

# Yttervegg med rammeverk av tynne stålprofiler

Av sivilingeniør Lars Magnus Moberg



Særtrykk 223  
Norges byggforskningsinstitutt 1974

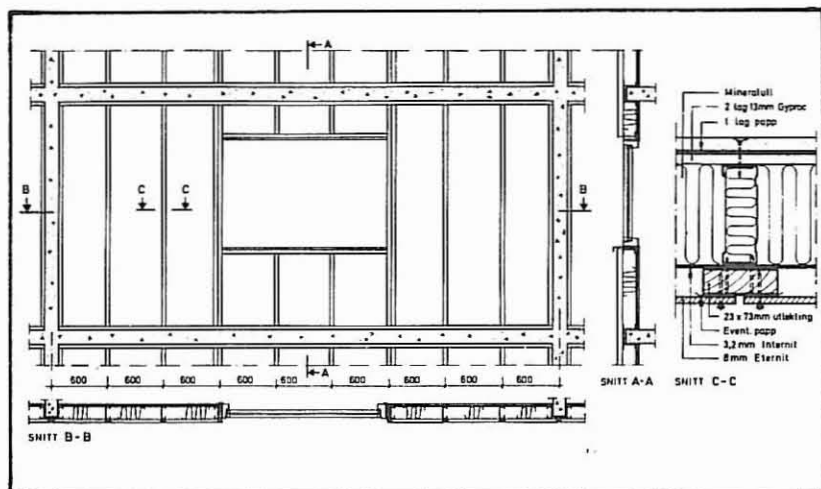


Fig. 1. Typisk ytterveggfelt

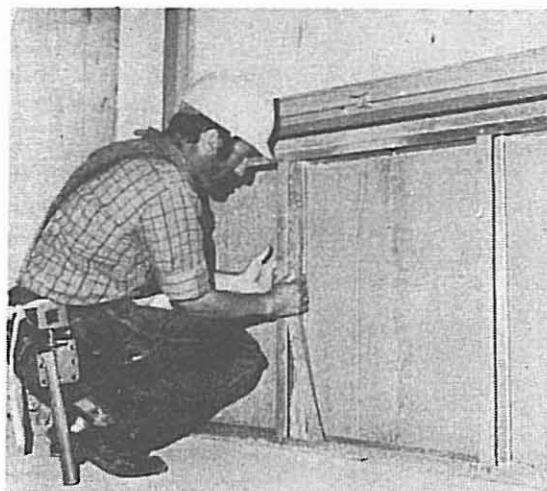


Fig. 2. Montering av yttervegg

Norcem introduserte i 1971/72 et nytt fasadesystem som tilfredsstillte Byggeforskriftenes krav til ikke-bærende yttervegger i branntrygge bygg. I systemet benyttes som rammeverk kaldformede U-profiler av galvanisert tynnplate. Fasadesystemet er allerede tatt i bruk i flere større bygg, og konstruksjonsløsningen synes funksjonelt å virke fullt tilfredsstillende.

Norges byggforskningsinstitutt har bistått ved detaljeringen og utprøvingen av veggkonstruksjonen. Etter oppdrag av Norcem har NBI gjennomført en større prøveserie for å få klarlagt bygningsfysiske egenskaper og få verifisert et beregningsgrunnlag for den styrkemessige dimensjonering. I denne artikkel blir referert erfaringer som er vunnet gjennom dette utviklingsarbeid. Sett på bakgrunn av den økende interesse i byggeindustrien for tynnplateprofiler formodes at disse erfaringer kan være til hjelp for interesserte planleggere, entreprenører og byggherrer.

## Fasadesystemet

Reisverket av R- eller FR-profiler festes til svilleprofiler (SK-profiler) som skytes eller boltes fast til bærende dekke- og/eller veggkonstruksjoner. Regnet innenfra har veggkonstruksjonen følgende oppbygning:

Ett, alternativt to lag 13 mm gipsplater, diffusjonstett sperre, 95 mm eller 120 mm høye stålprofiler i c/c 600 mm med hulrommet utfyllt med mineralullmatter, 3,2 mm Internit og utlektet ytterkledning.

Konstruksjonsprinsippet og detaljer fremgår av figurene 1 og 2.

## Styrkedimensjonering av rammeverket

Denne fasadekonstruksjonen er i prinsippet oppbygd som en tradisjonell bindingsvegg med rammeverk av tre. Rammeverk og festedetaljer skal styrkeberegnes for opptak av vindkrefter og i tillegg bør alltid en ytterveggs stivhet eller utbøyning kontrolleres.

Normalt vil etasjehøyden ligge i området 2,4–3,0 m. Fasadeveggene er gjerne i større eller mindre grad gjennombrutt av vinduspartier, og de dimensjonerende vindkrefter er avhengig av byggets høyde og geografiske beliggenhet. (Aktuelt variasjonsområde for vindlasten vil være ca 65–200 kp/m<sup>2</sup>.) Med kaldformede U-profiler med tverrsnitthøyde 95 mm eller 120 mm vil en kunne dekke de fleste aktuelle fasadeutførelser.

I det følgende skal gis et forenklet dimensjoneringsgrunnlag for rammeverket. Det vil fremgå av dette at dimensjonering av rammeverk med tynne stålprofiler kan utføres like raskt som med tradisjonelle treprofiler.

## Stålprofilene

I figur 3 er vist de aktuelle stålprofiler.

SK-profilet er et svilleprofil som normalt benyttes som innramming av reisverket, men profilet kan også utnyttes for opptak av mindre momentpåkjenninger.

R-profilet er det vanlige reisverkprofil. Det har en tverrsnittsform som gir profilet en optimal moment- og skjærkapasitet.

SK- og R-profilene vales i standarddimensjoner med 45, 70, 95 og 120 mm tverrsnitthøyde. Kun 95- og 120-profilene vil være egnet for de vanlige fasadekonstruksjonene. Profilene leveres i dag fra norsk produsent i platetykkelse opp til ca 0,95 mm. Godstykkelse under 0,6 mm bør helst ikke benyttes i yttervegger.

sg 69.022.326  
M

2ex

A. 624.072.33 : 624.014.2

RF-profilen er et forsterkningsprofil som er vel egnet for montering rundt større vinduspartier. Profilet produseres i godstykkelser 1,5 mm og med samme tverrsnittshøyder som SK- og R-profilene. FR-profilene lages ennå ikke i Norge og må importeres.

Valsede tynnplater leveres i et meget stort antall typevarianter avhengig av stållegering, produksjonsmetode, korrosjonspreparering osv. De avgjørende kvalitetsegenskaper for platematerialer til konstruksjonsbruk er stålets flytegrense og korrosjonsbestandighet.

Flytegrensen for tilgjengelige platematerialer ligger i området ca 2000–5000 kp/cm<sup>2</sup>. De høyere stål kvaliteter er ofte lite egnet for valsing eller knekking av mer komplekse profiltyper. Også prisspørsmålet spiller inn her. Imidlertid bør helst ikke benyttes stål med lavere flytegrense enn 3000 kp/cm<sup>2</sup> i profiler for statisk påkjente konstruksjoner. De mest aktuelle kvaliteter vil ha en flytegrense på 3000–3500 kp/cm<sup>2</sup>.

De benyttede profiler er av galvanisert tynnplate og tykkelsen og den tosidige galvanisering vil utgjøre 0,03–0,05 mm. Dette bør tas hensyn til. Kun netto stål tverrsnitt kan utnyttes statisk.

I etterfølgende avsnitt er benyttet disse tegnbetegnelser:

- $f$  – spenning i trykkflens (basert på effektivt tverrsnitt)
- $f_y$  – flytespenning
- $I$  – effektivt treghetsmoment
- $I_0$  – største treghetsmoment (lavt spenningsnivå)
- $W$  – effektivt motstandsmoment for trykkflens
- $W_0$  – største motstandsmoment for trykkflens (lavt spenningsnivå)
- $W_y$  – minste motstandsmoment for trykkflens (for flyting)
- $E$  – stålets elastisitetmodul =  $2,1 \cdot 10^6$  kp/cm<sup>2</sup>
- $t$  – profiltykkelse
- $b$  – effektiv bredde av trykkflens
- $b_0$  – full flensbredde

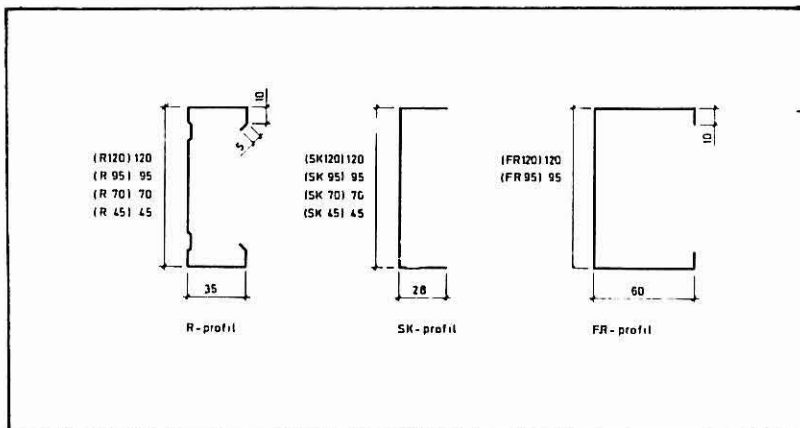


Fig. 3. Aktuelle tynnplateprofiler

#### Momentkapasiteten

Karakteristisk for tynnplate profiler er at trykkflensens bærekapasitet avtar ved økende trykkspenninger som følge av spenningsomlagringer og deformering (utbuling) av flens. Dette betyr at profilens treghets- og motstandsmoment er avhengig av spenningsnivået. Beregningsmessig kan en ivareta denne effekten ved å regne med en effektiv bredde av trykkflens, kfr. figur 4. Den effektive flensbredden blir en funksjon av spenningsnivå, E-modul og geometrisk utforming av profilet.

For beregning av effektiv bredde av avstivet trykkflens kan benyttes formelen

$$\frac{b}{t} = 1,9 \sqrt{\frac{E}{f}} (1 - 0,475 \sqrt{\frac{E}{f}} \frac{t}{b_0})$$

Formelen er en modifisert versjon av von Karmanns formel og er i overensstemmelse med anbefalingene i den amerikanske "AISI" tynnplatenorm. "Specification for the Design of Cold-formed Steel Structural Members" utgitt av "American Iron and Steel Institute".

I tabell 1 er vist beregnet effektiv flensbredde, treghetsmoment og motstandsmoment for de mest aktuelle profildimensjoner ved fire forskjellige spenningsnivå.

Ifølge "AISI" skal maks spenning i profilet ved ordinær belastning ikke overskride 0,6  $f_y$ , dvs. en sikkerhetsfaktor på ca 1,65. For vindlast kan tillatte spenninger økes med 33 1/3 %. Ut fra dette kan med tilfredsstillende nøyaktighet følgende formler benyttes for beregning av momentkapasiteten

$$M_{\text{till. ord. bel.}} = W_y f_y / 1,65 \quad (2)$$

$$M_{\text{till. vind. last}} = 1,33 W_y f_y / 1,65 \quad (3)$$

$$M_{\text{brudd}} \approx M_{\text{flyt}} = W_y f_y \quad (4)$$

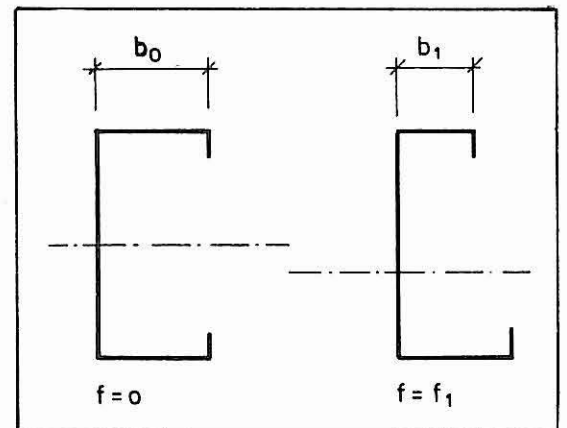


Fig. 4. Treghetsmomentets avhengighet av spenningsnivået

	t mm	f=0-750 kp/cm <sup>2</sup>			f = 1500 kp/cm <sup>2</sup>			f = 2000 kp/cm <sup>2</sup>			f = 3000 kp/cm <sup>2</sup>			<sup>1</sup> )M <sub>till.</sub> ord. bøl.	<sup>1</sup> )M <sub>till.</sub> vind last	<sup>2</sup> )M <sub>flyt.</sub> ≈ M <sub>brudd</sub>
		b <sub>o</sub> mm	I <sub>o</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>o</sub> cm <sup>3</sup>	b	I	W	b	I	W	b	I	W	kp/cm	kp/cm	kp/cm
R 95	0,6	35	17,0	3,58	30	16,3	3,35	27	15,9	3,22	23	15,3	3,03	5500	7340	9090
	0,65	35	18,4	3,88	31	17,8	3,67	29	17,5	3,57	25	16,9	3,38	6150	8200	10140
	0,7	35	19,9	4,18	32	19,4	4,02	30	19,0	3,90	26	18,4	3,70	6730	8980	11100
	0,75	35	21,3	4,49	33	20,9	4,36	31	20,6	4,24	28	20,0	4,07	7400	9850	12210
	0,8	35	22,7	4,78	34	22,5	4,71	32	22,1	4,58	29	21,5	4,38	7970	10620	13140
	0,9	35	25,5	5,36	35	25,5	5,36	33	25,1	5,23	31	24,7	5,09	9250	12330	15270
	1,0	35	28,4	5,97	35	28,4	5,97	34	28,1	5,88	32	27,7	5,75	10470	13960	17250
R 120	0,6	35	29,4	4,90	30	28,3	4,61	27	27,6	4,43	23	26,6	4,19	7620	10160	12570
	0,65	35	31,8	5,30	31	30,8	5,05	29	30,4	4,93	25	29,4	4,68	8520	11360	14040
	0,7	35	34,2	5,70	32	33,5	5,50	30	33,0	5,37	26	31,9	5,10	9280	12370	15300
	0,75	35	36,7	6,11	33	36,2	5,97	31	35,6	5,83	28	34,8	5,62	10210	13610	16860
	0,8	35	39,1	6,52	34	38,9	6,45	32	38,3	6,30	29	37,4	6,07	11030	14730	18210
	0,9	35	44,0	7,23	35	44,0	7,23	33	43,4	7,15	31	42,7	7,00	12710	16980	21000
	1,0	35	48,9	8,15	35	48,9	8,15	34	48,6	8,05	32	47,8	7,86	14300	19180	23580
FR 95	1,5	60	56,8	11,95	59	56,4	11,80	57	55,8	11,62	52	54,0	11,00	20000	26670	33000
FR 120	1,5	60	95,4	15,90	59	95,0	15,75	57	93,8	15,45	52	91,0	14,70	26750	35650	44100
SK 95	0,75	28	14,8	3,12										<sup>2</sup> )3400	<sup>2</sup> )4530	
SK 120	0,75	28	25,9	4,32										<sup>2</sup> )4710	<sup>2</sup> )6290	

<sup>1</sup>) - for stål med  $f_y = 3000 \text{ kp/cm}^2$

Tabell 1. Tverrsnittskarakteristika og momentkapasiteter for R, -FR- og SK-profiler

<sup>2</sup>) - gjelder kun for avstivede profiler

I tabellen er gitt profilenes momentkapasitet for stål med  $f_y = 3000 \text{ kp/cm}^2$  beregnet etter disse formler.

Den her angitte dimensjoneringsmetode er for de aktuelle fasadevegger til den sikre side. I virkeligheten vil platekledningen, eventuelle spikerlag osv., virke sammen med profilene og føre til en heving av momentkapasiteten. Samvirkeeffekten er imidlertid vanskelig å anslå styrkemessig, og det anbefales at stålprofilene dimensjoneres for opptak av hele momentpåkjenningen. (Når det gjelder kontroll av veggutbøyningen, bør samvirkeeffekten utnyttes. Dette blir nærmere omtalt senere.)

Svilleprofilet SK har en utforming som gjør det lite egnet for opptak av større momentpåkjenninger. Profilet mangler lippene som avstiver flensene i R- og FR-profilene. I yttervegger kan det ofte være hensiktsmessig å utnytte profilet for opptak av momentpåkjenninger, da gjerne ved å kombinere SK-profil med andre profiler. I den aktuelle veggutførelse blir profilene avstivet med platekledning festet til profilene med selvborende skruer i c/c ca 250 mm. Belastningsprøving av mindre modeller tyder på at platekledde SK-profiler kan utnyttes for en momentkapasitet

$$M_{\text{till,ord.bel.}} \approx 0,6 W_o f_y / 1,65$$

(5)

For vindlast kan som tidligere angitt momentkapasiteten økes med 33 1/3 %. I tabellen er gitt verdiene for SK av tykkelse 0,75 mm. (Dette var tykkelsen på profilene anvendt ved vår modellprøving. For nærliggende profiltykkelser kan en få frem opplysende verdier ved å interpolere lineært.)

Figur 5 viser en av de større belastningsprøver NBI har utført for å få verifisert styrke- og stivhetsegenskapene. En fasadeseksjon i full stør-

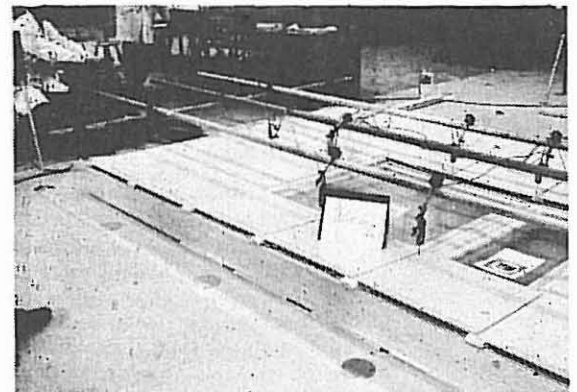


Fig. 5. Prøvebelastning av vegg i full størrelse (foto tatt ved et overtrykk på 250 kp/m<sup>2</sup>)

relse ble vakuumbelastet i laboratoriet. Ved hjelp av omsluttende folie og undertrykk var det mulig å undersøke veggene både i bruks- og bruddstadiet med jevnt fordelt last. Med dette belastningsarrangementet er det relativt lett å oppnå kontrollerte laster opp til  $1000 \text{ kp/m}^2$ .

### Deformasjonsberegninger

Ytterveggers utbøyning under dimensjonerende last bør alltid kontrolleres. I Byggeforskriftene er ikke oppgitt noen deformasjonskriterier for vegger. En felles nordisk komité anbefalte for noen år siden at ytterveggers utbøyning burde begrenses til  $1/300$  av etasjehøyden. Dette deformasjonskriteriet må karakteriseres som meget strengt og vil normalt være dimensjonerende for valget av stålprofiler.

NBI's erfaring med dimensjonering av de aktuelle ytterveggkonstruksjoner tyder på at et utbøyningskriterium på  $1/200$  av etasjehøyden korresponderer godt med den styrkemessige utnyttelsen av stålprofilene, og vi anbefaler at dette deformasjonskriteriet legges til grunn for dimensjoneringen.

Noen vindusprodusenter foreskriver spesielle stivhetskrav til omgivende veggkonstruksjon. Når slike krav foreligger, bør disse selvsagt følges. (Det kan her være av interesse å nevne at ved prøvingen vist i figur 5 røk vindusglasset først ved en belastning på ca  $600 \text{ kp/m}^2$ .)

Deformasjonsmålinger på plateklede vegger viser at en får samvirke mellom kledning og stålprofilene ved den vanlige festeanordning (selvborende skrue i  $c/c$  200–300 mm). Dette samvirket bør utnyttes ved deformasjonsberegningene. Beregningsmessig kan en enklest ta hensyn til det ved å justere stålprofilens stivhet med en prosent-sats. Våre erfaringer tyder på at følgende prosentjusteringer kan benyttes for de aktuelle fasadevegger

For R 95	10–20 %	tillegg	i 10
For R 120	7,5–15 %	tillegg	i 10
For RF	0–7,5 %	tillegg	i 10
For SK	15–25 %	reduksjon	i 10

I<sub>0</sub> legges til grunn for deformasjonsberegningene. De her angitte prosentverdier er kun veiledende og må vurderes nærmere mot den valgte konstruksjonsløsning.

### Festedetaljer

Det er utført en del forsøk for å finne frem til monteringsvennlige og styrkemessig tilfredsstillende sammenføynings- og festedetaljer. Generelt kan sies at det ikke byr på noen større problemer å få til hensiktsmessige løsninger. Interesserte kan henvende seg til Norcem v/Eternitfabrikken eller NBI for opplysning om detaljene.

Ved oppsetting av innvendige skillevegger med rammeverk av tynnplateprofiler er det vanlig at stenderprofil monteres til svilleprofil ved fiksering.

Dvs. med en fiksertang presses stål fra flens i SK-profil inn i flens på R-profil. Denne festeanordning bør helst ikke benyttes i mer påkjente yttervegger.

### Vindlasten

Det synes å herske noe forvirring når det gjelder valg av dimensjonerende vindlast på yttervegger. Slik vi tolker gjeldende belastningsstandard, NS 3052, blir for de fleste bygg den dimensjonerende formfaktor  $c = 1,3$  i trykk.

Formfaktoren for vindlast på sekundære ytterveggkonstruksjoner skal settes lik 1,0. (I de danske vindforskrifter, som er bygd opp analogt de norske, er angitt at formfaktoren for vindtrykk på et mindre veggareal a kan beregnes etter formelen  $c = 1,0 - 0,3 a/A$  der A er hele veggens areal.) I tillegg kommer det innvendige undertrykk som normalt vil ha en formfaktor 0,3. Disse to formfaktorer summeres opp til en total formfaktor  $c = 1,3$ . (NS 3052 pkt. 6.3.3 og 6.3.2.)

Forøvrig gjøres oppmerksom på at når det gjelder dimensjoneringen av en ytre utlekket værhud, er formfaktoren 1,2 i sug.

Ifølge belastningsstandarder skal vindtrykket bestemt ved gesimshøyde benyttes over hele vegg-høyden. Tolket bokstavelig kan dette kravet i enkelte tilfeller synes noe urimelig. En relativ vanlig byggeutførelse er en høyhusseksjon innkorporert i en større lavblokkseksjon. Her bør en vel tillate seg å tolke standarden litt liberalt og variere vindlasten etter et rimelig skjønn.

### Kuldebroeffekter

Bruk av stål i ytterveggkonstruksjoner kan medføre uheldige kuldebroeffekter om en ved konstruksjonsutførelsen ikke tar de nødvendige forhåndsregler. Et rammeverk av stålprofiler vil gi vegg en lavere midlere k-verdi enn en tradisjonell vegg med rammeverk av tre. Sett på bakgrunn av det betydelige varmetap en yttervegg normalt har gjennom vindusflatene, må et mindre varmetap gjennom veggstendere kunne betraktes som uvesentlig. Mer uheldig kan virkningen av lave overflatetemperaturer på innvendige veggflater være. Det er her to uheldige effekter som kan inntreffe.

- Fuktkondens på innvendig overflate. Med f.eks. et innklima med lufttemperatur  $+21^{\circ}\text{C}$  og relativ fuktighet 50 % vil en kunne få kondens på veggflate om temperaturen her kommer under ca  $+10,5^{\circ}\text{C}$ .
- Termisk sverting (populært kalt støvkondens). Dersom det er lave overflatetemperaturer på enkelte veggområder, kan svertingen av disse virke visuelt sjenerende. Intensiteten av den termiske sverting er tilnærmet proporsjonal med temperaturfallet luft/veggflate.

For registrering av kuldebroeffektene har NBI gjennomført et større antall laboratoriemålinger. I NBI's prøvehus i Trondheim har vært undersøkt en vegg i full skala. Ved laboratoriet i Oslo er blitt utført en serie varmetekniske målinger på mindre veggmodeller.

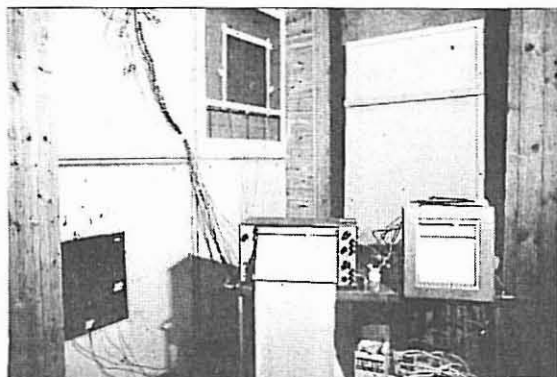


Fig. 6. Laboratoriemåling av k-verdier og overflatetemperaturer på veggmodeller og utetemperatur  $-20^{\circ}\text{C}$

### Veggens overflatetemperaturer

Her skal refereres resultater fra temperaturmålingene på de mindre veggmodellene. Disse målinger burde være en god pekepinn for hvilken temperaturfordeling som kan forventes i praksis.

Det benyttede oppriggings- og målearrangement fremgår av figur 6. Veggmodeller med et bredde/høyde forhold på 1,0 m/1,2 m ble montert i vegg mot fryserom. Temperaturen i fryserommet var  $-20^{\circ}\text{C}$ , og temperaturen i varmt rom ble holdt på  $+21^{\circ}\text{C}$ . Veggmodellenes overflatetemperaturer på varm side ble registrert med termoelement koplet til skriver.

Modellene var oppbygd som et karakteristisk veggutsnitt med stålstender sentrisk plassert i modell. (På modellene var den ytre utlekkede kledning sløyfet, da det ble antatt at denne ikke ville få noen innflytelse på de varmetekniske målinger.)

I figur 7 er vist de målte overflatetemperaturer på 4 veggtyper oppbygd med R 95-0,65 og Rockwool 33  $\text{kg}/\text{m}^3$

Type 1: Innvendig kledning bestående av en 13 mm gipsplate.

Laveste veggtemperatur  $+15,5^{\circ}\text{C}$   
Temp. over sparklet skruhode  $+13,8^{\circ}\text{C}$

Type 2: Innvendig kledning bestående av to 13 mm gipsplater.

Laveste veggtemperatur  $+17,3^{\circ}\text{C}$   
Temp. over sparklet skruhode  $+14,7^{\circ}\text{C}$

Type 3: Som 1, men med et kuldebrytende mellomlegg av 12 mm porøs trefiberplate.

Laveste veggtemperatur  $+17,8^{\circ}\text{C}$   
Temp. over sparklet skruhode  $+14,2^{\circ}\text{C}$

Type 4: Som 1, men med slisset stender.  
Laveste veggtemperatur  $+16,7^{\circ}\text{C}$   
Temp. over sparklet skruhode  $+16,4^{\circ}\text{C}$

Temperaturfallet er konsentrert til et veggfelt ved stender av bredde ca 150–200 mm.

Platekledningen festes normalt til stålprofilene med selvborende skruer. Disse skruene er små konsentrerte kuldebroer som gir et ekstra temperaturfall over skruhode. Ovenfor er gitt målte temperaturer over *sparklet* skruhode for de 4 veggtyper. Det er vesentlig at skruhodene gies en skikkelig oversparkling, kfr. figur 8. Tykkelse på dette sparkellag bør være minst 3 mm. Målinger på *usparklede* skruehoder tyder på at dette sparkellaget vil dempe temperaturfallet med vel  $1^{\circ}\text{C}$ .

Når det gjelder utførelsen med et kuldebrytende underlegg, veggtype 3, kan vi ikke innse at varmetekniske hensyn berettiger denne finesse. Ut fra branntekniske vurderinger er denne utførelsen og noe uheldig pga. det ekstra hulrommet som introduseres i veggen.

Type 4 er tatt med for å vise den interessante effekten som kan oppnåes ved en slissing av tynnplateprofiler. I praksis vil den mest effektive utførelse være å benytte flere tynne, forskjøvede slisserekker. Økonomi og styrkemessige implikasjoner gjør i dag denne utførelse noe utopisk, men en bør ha den i bakhodet når det gjelder en del spesielle konstruksjoner.

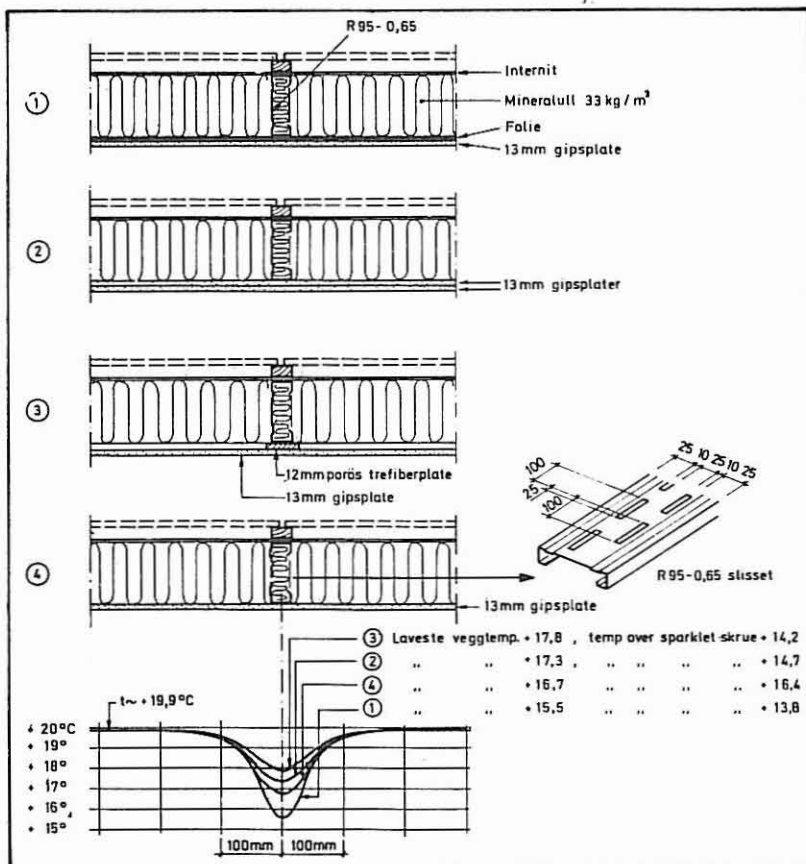


Fig. 7. Overflatetemperaturer på innvendige veggflater ved romtemperatur  $+21^{\circ}\text{C}$

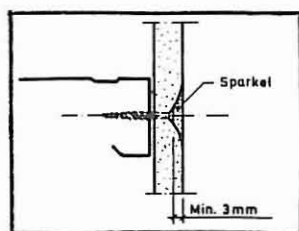


Fig. 8. Sparkel over skruehoder

I varmeteknisk henseende vil den beste utførelse være som type 2, men med kun innerste gipsplater skrudd fast til stålprofil og ytterste gipsplate bør limes.

### Veggens k-verdi

Midlere varmegjennomgangskoeffisient for veggtype 1 med stenderer i  $c/c = 600$  mm er med varmestømmåler (kfr. figur 6) målt til

$$k_{R95-0,65} = 0,38 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

For tilsvarende vegg, men med R 120-0,65 og 120 mm mineralull ble varmegjennomgangskoeffisienten målt til

$$k_{R120-0,65} = 0,34 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

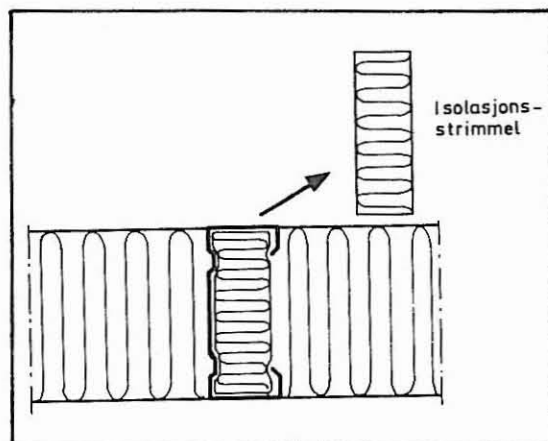


Fig. 9. Anordning av mineralull ved stender

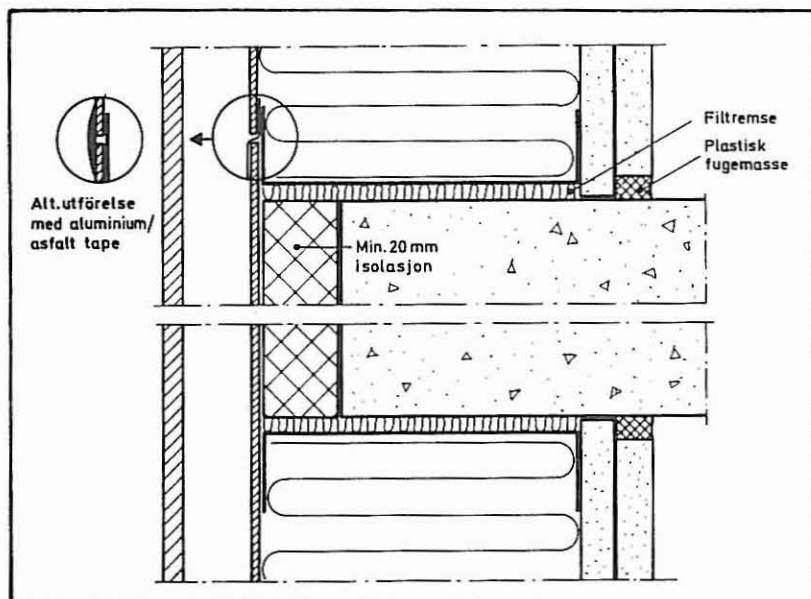


Fig. 10. Feste av yttervegg til betongdekke

Med 0,65 mm tykke stålprofiler vil ca 25 % av veggfeltets totale varmetap være foranlediget av stålprofilene. For vegg med 0,85 mm stålprofiler kan k-verdiene beregnes til

$$k_{R95-0,85} \approx 0,41 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$k_{R120-0,85} \approx 0,37 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

(De oppgitte k-verdier er bestemt ut fra laboratoriemålinger under godt kontrollerte betingelser. For veggkonstruksjoner i praksis bør opereres med et tillegg på ca 10 % til de refererte k-verdier.)

### Isoleringsdetaljer

Det er viktig at mineralullen monteres slik at den slutter tett an mot stenderne. Får en luftlomme mot stålprofilene, kan dette gi muligheter for konveksjonsstrømmer som er varmeteknisk (og brannteknisk) meget uheldig. I figur 9 er vist den anbefalte utførelse. I hulrommet i R-profilene legges inn en isolasjonsstrimmel. Rockwool produserer i dag isolasjonsstrimler spesiallaget for dette formål. Denne utførelse sikrer et bedre resultat enn om tilstøtende mineralullplater presses inn i R-profil. Med stenderer i  $c/c$  600 mm kan en ved denne montering og benytte mineralullplater i standardformat.

Spesiell omtanke krever utformingen av ytterveggs innfestningsdetaljer til bærende huskonstruksjon. Figur 10 viser den benyttede løsning ved betongbygg. Betongen er i forkant tildekket med min. 20 mm høyverdig isolasjon og mellomsvilleprofil og betong er anordnet et kuldebrobytende skikt.

### Termisk sverting

Det kan være på sin plass her å gi en nærmere omtale av effekten termisk sverting. Den fysiske virkemåte er forsøkt fremstilt i prinsippskissen figur 11. Støvparklene blir påvirket av omgivende luftpartikler (-molekyler). Luftpartiklens kinetiske energi tiltar med økende temperatur, og støvparklene i romluften blir følgelig påkjent av en resultantkraft som driver dem perpendikulært

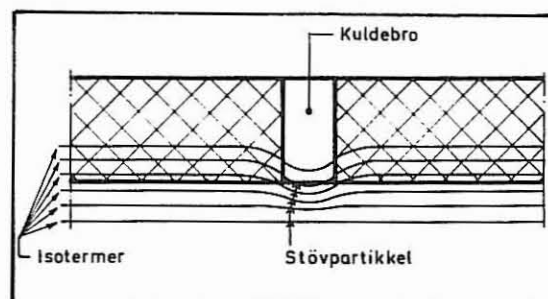


Fig. 11. Termisk sverting

isotermene mot den kaldere veggflaten. Mindre avsatte støvpartikler kan være meget vanskelige å få fjernet, da molekylære bindingskrefter kan virke. Den termiske svertingsintensitet er tilnærmet proporsjonal med temperaturgradienten luft/overflate og er i langt mindre grad avhengig av de absolutte temperaturer. Alle veggoverflater blir i årenes løp mer eller mindre misfarvet ved støvtilsmussing. Det avgjørende for en gunstig visuell bedømmelse av misfarvingen er at støvansamlingen ikke er konsentrert om enkelte veggområder slik at disse skiller seg ut. Store temperaturgradienter over mindre veggfelt bør følgelig mest mulig unngås, men det er knapt mulig på forhånd å kunne angi de kritiske temperaturgrenser overflater skal tilfredsstillende for at den termiske sverting ikke skal virke sjenerende.

#### Branntekniske krav

Det er først og fremst de branntekniske krav som har foranlediget utviklingen av veggssystemet, og det er godkjent av Statens Branninspeksjon for bruk i *branntrygg bygning*.

Det kan her være av interesse å referere forskriftenes krav på dette felt. Ifølge Byggeforskriftene av 1. august 1969 skal bygning i 3 eller flere etasjer oppføres som branntrygg bygning. Kravet er også gjort gjeldende for noen typer bygg i to etasjer.

For bygningsdelen yttervegg i branntrygt bygg er beskrevet

55:42411 "Yttervegg skal i alt vesentlig bestå av ubrennbar materiale. Til isolasjon og tetning må bare brukes ubrennbar materiale eller materiale som på grunn av sine egenskaper eller sin bruk ikke bidrar til spredning av brann.

Departementet kan tillate bruk av annet materiale enn ubrennbar materiale nærmere spesifisert i Kommunal- og Arbeidsdepartementets midlertidige forskrifter for bruk av brennbare kledninger og brennbare isolasjonsmaterialer i bygninger til fasadekledning" (nærmere spesifisert i Kommunal- og Arbeidsdepartementets "Midlertidige forskrifter for bruk av brennbare kledninger og brennbare isolasjonsmaterialer i bygninger av 2. april 1973").

55:42412 "I bygning for leilighet, forretning, kontor, skole samt for industri- og verkstedsformål uten særlig brannfarlig virksomhet kan ikke-bærende yttervegg i viss utstrekning inneholde brennbar materiale under forutsetning av at brannvesenet med det stigemateriell det rår over, kan komme til bygningens fasader for å slukke brann. Slike vegger er ikke tillatt i bygning med over 8 etasjer.

Krav til vegg som nevnt ovenfor:

- Den utvendige kledning skal være av ubrennbar materiale. Departementet kan tillate bruk av annet materiale enn ubrennbar materiale.
- Den innvendige kledning skal være tennvernende minst A 10.
- All isolasjon skal være av ubrennbar materiale og fylle veggen slik at det ikke dannes hulrom.

- Hvor den utvendige kledning er utlektet, skal det utenpå bindingsverk, isolasjon, og eventuelt papplag festes en kledning som er ubrennbar eller godkjent av departementet til dette formål.
- Veggen utføres slik ved tilslutning til etasjeskiller og til vegg som begrenser branncelle, at brann i veggen hindres i å spre seg forbi disse."

De noe mildere krav til ikkebærende yttervegger i bygninger opp til 8 etasjer kan fortolkes slik at brannvesenet kan gi tillatelse til at disse vegger oppføres med rammeverk av tre. For yttervegger i bygg over 8 etasjer må formodes at det ikke vil bli tillatt å benytte trestendere.

Generelt angir forskriftene at yttervegg skal i *alt vesentlig* bestå av ubrennbar materiale. Dette kravet er vanskelig å kvantifisere, og normalt er konstruksjonene gjenstand for sentral godkjenning av kommunale brannvesen eller Statens Branninspeksjon (som er departementets rådgivende organ i branntekniske spørsmål). Imidlertid må det formodes at en begrenset bruk av spikerslag, f.eks. rundt vinduer, vil bli tillatt om disse er forsvarlig innpakket av ubrennbar materiale. Problemet her er kvaliteten av utført arbeid på byggeplass som kan introdusere et ekstra usikkerhetsmoment.

Når det gjelder bruken av trevindu, har det vært vanlig å tillate disse brukt uansett antall etasjer.

Ved utvendig utlektet kledning skal hulrommet innvendig beskyttes av et ubrennbar kledningsmateriale, som Internit. Forøvrig bemerkes seksjoneringskravet ved etasjeskiller. Benyttes brennbar folie og/eller papp, skal denne brytes ved etasjeskiller.

Byggeforskriftene stiller ingen branntekniske klassekrav (som f.eks. A30 eller B30) til den ikkebærende yttervegg. Den innvendige kledning skal imidlertid være tennvernende minst A10, dvs. at en innvendig kledning med én 13 mm gipsplate på skjelettvegger er brannteknisk tilfredsstillende.

Når det gjelder den filosofi de branntekniske krav til ytterveggen bygger på, kan det vel generelt sies at kravene primært sikter mot å hindre at brann skal kunne spre seg, mens kravet til gjennombrenning av veggen er mer sekundært.

#### Litt om lydisolering og veggkledning

Forskriftene har ingen krav om lydisolering av yttervegger. For bygninger utsatt for kraftig trafikkstøy, kan det være aktuelt å spesifisere lydisoleringende krav til ytterveggen. I så fall kreves gjerne en vegg med spesielle vindusløsninger, da denne detalj normalt er det svake ledd.

Ved yttervegger som henges utenpå bygget, kan en få lydlekasje gjennom tilslutningene yttervegg/etasjeskiller og yttervegg/innvendig skillevegg. Denne lydlekasje eller flanketransmisjon kan gi en merkbar reduksjon av lydisoleringen mellom tilstøtende rom om disse tilslutningsdetaljer ikke er gjennomtenkt. Det er her to forhold en bør passe på.

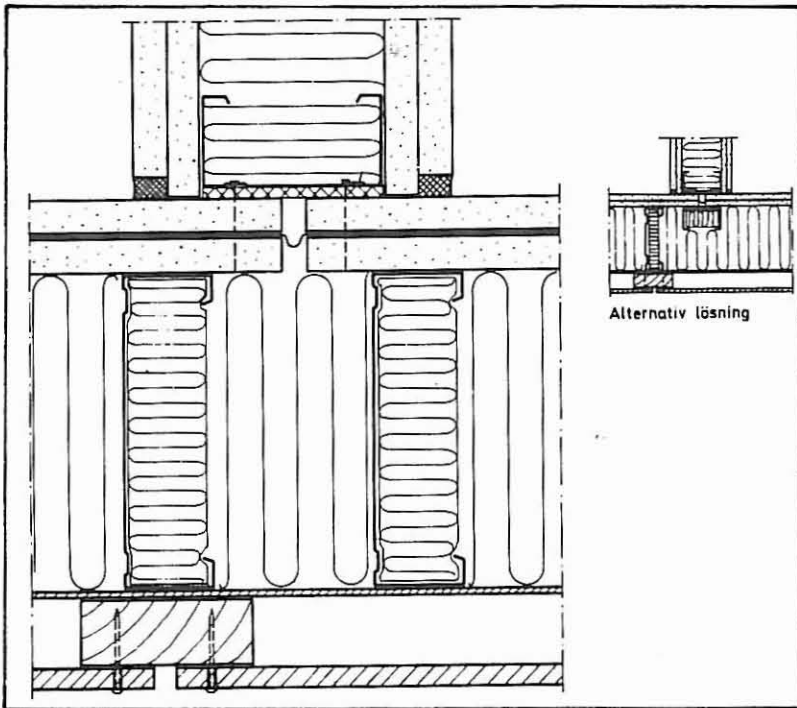


Fig. 12. Tilstlutning mot lydisolerende skillevegg

- At innvendig platekledning (membran) brytes ved lydskillende konstruksjoner.
- At tilslutningene utføres mest mulig tett.

Den vanligste tilslutningsmetode for vegg-systemet, som vist i figur 10, vil medføre minimal flanketransmisjon. Om det monteres lydisolerende skillevegger, anbefales en utførelse av tilslutningen mot yttervegg som vist i figur 12.

Innvendig platekledning tettes mot tilstøtende konstruksjoner med plastisk fugemasse. Dette sikrer mot lydlekkasje og forseglr samtidig effektivt fuktspærren.

Interniten som fungerer som brannvern, skal samtidig virke som vindspærre og må følgelig monteres med tette skjøter. (En ekstra vindspærre med papp er ikke nødvendig og er heller ikke å anbefale av branntekniske hensyn.)

Når det gjelder den innvendige gipsplatekledning, foreligger 3 alternativer.

- Alt. 1. En 13 mm plate
- Alt. 2. To 9 mm plater
- Alt. 3. To 13 mm plater

En skikkelig utførelse med én 13 mm gipsplate anses fullt ut å tilfredsstille kravene til en yttervegg. Hvorvidt byggherren vil gå til det skritt å montere dobbel gipsplatekledning, blir en avveining av økonomi mot de funksjonelle forbedringer denne kledning vil gi. Her skal kort kommenteres de veggens egenskaper som bør inngå i en slik vurdering.

**Brannteknisk:** Ifølge brannforskriftene kan de tre veggalternativ betraktes som likeverdige.

**Varmeteknisk:** En utførelse med dobbel platekledning vil gi gunstigere temperaturfordeling over veggflaten.

**Lydteknisk:** En vegg med dobbel platekledning vil ha ca 5 dB bedre lydisolering enn med enkel kledning. (Tas ikke spesielle forhåndsregler ved utforming av vindusdetaljer osv., vil den bedre lydisolering av veggflaten være av mindre praktisk interesse.)

**Veggstyrke:** Gipsplater er lite egnet til å motstå konsentrerte enkeltkrefter fra slag, støt osv. Også når det gjelder evnen til å gi feste for opphengte gjenstander, har gipsplaten sine svakheter. Med hensyn til kledningens mekaniske styrke vil de kraftigere kledninger, alt. 2 og særlig alt. 3, by på fordeler.

### Utviklingsmuligheter

Tynne stålprofiler har allerede lenge her i landet vært benyttet som rammeverk i ikkebærende innvendige skillevegger. I artikkelen er beskrevet bruken av profilene i et ytterveggsystem som har fått en økende utbredelse i løpet av de to siste år. Neste skritt i utviklingen vil være å utnytte profilene for opptak av normalkrefter. Vi vet at i USA benyttes profilene som bærende rammeverk i toetasjes bygg, og en lignende utnyttelse her i landet ansees ikke for urealistisk. Det kan opplyses at NBI i samarbeid med Norcem vil studere nærmere bruken av profilene i bærende yttervegger.