

Borch

INSTITUTTET FOR HUSBYGNING

Forelæsningsnotat nr. **55**

JOHS. F. MUNCH-PETERSEN

FACADEELEMENTER

3. REVIDEREDE UDGAVE

Udgivet af og med tilskud fra Den private Ingeniørfond
København, 1979

INSTITUTTET FOR HUSBYGNING

Forelæsningsnotat nr. **55**

JOHS. F. MUNCH-PETERSEN

FACADEELEMENTER

3. REVIDEREDE UDGAVE

Den polytekniske Lærestalt, Danmarks tekniske Højskole,
København, 1979



Denne bog er trykt på genbrugspapir

ISBN 87-87245-92-2
Un 04-563
JJ trykteknik a/s, København

FACADEELEMENTER

i almindeligt, dansk, industrialiseret, fleretagers boligbyggeri.
side:

<u>0. Forord</u>	4
<u>1. Indledning og oversigter</u>	5
10 Emnets afgrænsning	5
11 Oversigt over facadeelementer i dette hæfte	7
12 Oversigt over funktionskrav til facade- og gavlelementer	8
13 Betonsandwichelementers støbeprocess	11
14 Træskeletelementers opbygning	12
15 Eksempler på udvendige overflader	13
16 Oversigt over funktionskrav til facadefuger	15
17 Funktionskravenes opfyldelse	17
18 Litteratur	23
<u>2. Facadelementernes konstruktive principper</u>	25
20 Generelle principper	25
21 Almindelige betohfacadeelementer	27
22 Træskeletfacadeelementer	42
23 Gavlelementer	43
24 Altaner	47
25 Facader og altaner ved terrassehuse og lign.	57
<u>3. Facadefuger</u>	63
31 Vind- og vandtætningsprincipper	63
32 Fugematerialer	68
<u>4. Eksempler. Detailler 1:5</u>	75
41 Indvendig afstivende skive	76
42 Udvendig afstivende skive	88
43 Sammenstyrtnings sikring	92
44 Lette træskeletfacader	97
45 Tag, hjørner m.v.	101
46 Udenlandske 2-trins fuger m.v.	105
47 Terrassehuseksempler m.v.	107
<u>5. Vinduers fuger</u>	113
50 Indledning	113
51 Vinduestyper	114
52 Eksempler på skadesårsager	115
53 Fugegeometri og vinduer	123
54 Vind- og regntætningsprincipper	125
55 Eksempler på principielle muligheder	130

FORORD

I foråret 1971 udsendtes Facadeelementer som forelæsningsnotat nr. 4 fra Institutet for Husbygning, Danmarks tekniske Højskole. I 1973 udsendtes en let revideret udgave som forelæsningsnotat 30.

Nærværende reviderede udgave indeholder dels en række af de løsninger, der var almindelige i 1970, dels eksempler på løsninger fra 1978-79.

Når jeg således har valgt ikke fuldt ud at bringe notatet up to date, skyldes det flere forhold (der kommenteres senere i notatet):

1. Løsningerne fra 1970 anvendes stadig, hvor bygningsreglementets seneste krav til øget isoleringstykkelser ikke finder anvendelse, og de viste løsninger er også stadig anvendelige, hvor danske ingeniører medvirker til montagebyggeri uden for landets grænser.
2. En sammenligning mellem løsningerne fra 1970 og fra idag viser, at principperne er stort set uændrede, dokumenterende at idéerne er sunde. Den øgede isoleringstykkelser i moderne boligbyggeri giver sig ofte ikke udtryk i andet end i eet ændret mål på samlingsdetaljerne. Den anvendte isolering er idag af en stivere kvalitet, hvilket giver mindre, forenkling revisioner af forbindelsen mellem for- og bagstøbning i betonsandwich-elementer. De ældre løsninger bør anvendes i lande, hvor kvaliteten af Batts ikke er så høj. Den forenkling kantgeometri for betonsandwich-elementer er ligeledes kun acceptabel, hvor produktionsteknologien er tilstrækkelig god og pålidelig.
3. Der er endnu idag - hvor en revideret udgave må udsendes - kun få eksempler på de konsekvenser, den øgede isoleringstykkelser måske vil medføre.
4. Endelig er det naturligvis af hensyn til de studerendes økonomiske situation fordelagtigt at undlade gennemgribende omtegning af principielt acceptable eksempler.

Notatet indeholder ikke de eneste mulige løsninger, men eksempler på acceptable løsninger med god opfyldelse af funktionskravene, udvalgt efter min personlige opfattelse af danske montagebyggerierfaringer.

Dispositionen følger nogenlunde en projekterende ingeniørs møde med problemerne ved udformningen af en facade: Oversigten over funktionskravene (som ligger bag projekteringsforløbet), de konstruktive forhold (skitseprojektstadiet), fugerne og detaljerne (detailprojektstadiet). Afsamme grund har jeg i et vist omfang medtaget altanens og vinduets problemer, idet disse konstruktive og fugemæssige problemer næppe kan separeres fra facadens og gavlens funktioner.

Hæftet afsluttes med danske og udenlandske eksempler, der viser de generelle princippers anvendelse på betonsandwichfacader og lette træfacader, samt af et afsnit om vinduers fuger.

Eksempler på betonsandwichfacader er også vist i forelæsningsnotatet om dæk- og vægelementer med bilag.

Jeg vil gerne bringe en tak til de, der har hjulpet mig med råd og samlingsdetaljer, de rådgivende firmaer Lemming & Eriksson FRI, og P.E. Malmstrøm FRI, A/S Dominia - Ingeniøraftdelingen, ingeniørdocent Henrik Nissen, DIAB samt Højgaard & Schultz A/S. Enkelte figurer er lånt andetsteds, især fra SBI-anvisninger. Se i øvrigt figurteksterne.

En særlig tak til arkitekt m.a.a. Klaus Blach for kritisk gennemlæsning af afsnittet om vinduers fuger.

30. juni 1979

Johs.F. Munch-Petersen

INDLEDNING

10 EMNETS AFGRÆNSNING.

Ordene facade og ydervæg anvendes oftest i flæng. En nærmere definition er vanskelig, idet ordbøger, leksika og teknisk litteratur m.v. har forskellige afgrænsninger.

Dette forelæsningsnotat omhandler facadeelementer og deres samlinger, afgrænset i et forsøg på en forenklet fremstilling af de grundlæggende projekteringsforudsætninger og -principper.

Følgende kriterier er da anvendt for emnets afgrænsning:

1. Hæftet omfatter kun (præfabrikerede) elementer (komponenter) og ikke traditionelle bygningsdele og konstruktioner, omend de omtalte principper i vidt omfang er generelle.
2. Der omtales kun de løsninger som i 1970-79 var almindeligst anvendte i dansk, industrialiseret, fleretagers boligbyggeri med enkelte sammenligninger til løsninger anvendt i andre bygningstyper. Mange andre lande benytter de samme eller analoge løsninger, da rimelige, tekniske krav giver de samme logiske svar i samfund med tilsvarende klima og levestandard.

(De omtalte ortodokse løsninger giver - efter min mening - de nødvendige og tilstrækkelige principielle forudsætninger for et selvstændigt studium af de i fabriks-, kontor- og institutionsbyggeri anvendte løsninger og avancerede eksperimenter.)

3. Facadens karakteristiske, principielle funktion er at danne klimaskærm, d.v.s. at sikre, at indeklimaet kan bestemmes af beboerne, uafhængigt af udeklimaet. Tag (og til en vis grad kælder) har også denne funktion. I facaden er der endvidere vinduer, der giver lys (udluftning) og synsmæssig kontakt med omgivelserne. Facaden kan iøvrigt have en række andre funktioner, f.eks. være et led i bygningens konstruktive system. Facadeelementerne er således de elementer, der danner (lodret) klimaskærm langs bygningens omkreds.
4. Jeg har imidlertid også medtaget en generel omtale af altanerne, for at give en samlet fremstilling af de problemer, den projekterende ingeniør møder under udformningen af facadeelementerne.

Det samlede, vandtætte råhus (en normal storentreprisefafgrænsning) omfatter fundamenter/kælder, væg- og dækelementer, tagkonstruktion samt de i dette hæfte omtalte "facadeelementer".

De elementtyper, der omtales sammen med de tilhørende fuger, er angivet i oversigten pag. 7.

5. Visse elementtyper er ikke medtaget. Metalfacadeelementer (stål, aluminium) er - endnu - oftest for dyre til almindeligt boligbyggeri.

Teglelementer er ligeledes udeladt. Visse teglelementtyper er i realiteten opbygget som et betonsandwich-element med frilagt overflade: Frilagte teglsten i stedet for frilagte stenmateriale. Andre typer udnytter teglets karakteristiske egenskaber (bedre stabilitet over for temperatur, fugt m.v. end beton) mere bevidst. De "æstetiske" værdier er et ikke uvæsentligt argument

for teglets anvendelse, måske også som følge af, at man kender teglet, mens præfabrikeret beton er noget nyt, man endnu ikke fuldt har lært at udnytte.

6. Når der i det følgende tales om sandwichelementer og træskelet-elementer, menes der brugsfærdige elementer med isolering omgivet af indre og ydre beskyttelseslag, i reglen færdigtbehandlede inklusive glas i eventuelle vinduer.

Opdelte elementer, hvor ydre og indre skive monteres separat, er i reglen uøkonomiske og ikke medtaget i hæftet. Kun i specielle tilfælde, f.eks. i komplicerede institutionsbyggerier, er en opdeling normalt rimelig. Den for tiden relativt populære (gavl) løsning med præfabrikerede vægelementer, der skal mures på stedet, omtales dog kort pag. 45.

7. I forhold til tidligere udgaver er tilføjet et afsnit om vinduers fuger, med den i afsnit 50, pag. 113, angivne begrundelse.

To praktiske bemærkninger

Som det fremgår af indholdsfortegnelsen, er notatet, udover forordet, inddelt i 5 hovedafsnit, med afsnit i et to-cifret nummeringssystem. Figurerne er - så vidt muligt - nummerede med 3 cifre, hvoraf de to første svarer til afsnittenes numre.

Notatets afsnit kan læses i rækkefølge. Afsnittene 11, 12, 15, 16 og 18 indeholder koncentreret information, der har betydning for notatets øvrige tekst og derfor bør gennemses, men som også bør reperiøres efter, at det øvrige stof er studeret.

11 OVERSIGT OVER FACADEELEMENTER I DETTE HÆFTE.

Almindelige facadeelementer.

(Ofte langs bygningens langsider.)

A. Betonsandwichelementer.

1. Indvendig afstivende skive (ikke bærende).
2. Udvendig afstivende skive (ikke bærende).
3. Bærende facade (indvendig bærende skive).

- a. Rumstore: type 1, 2, 3.
- b. Rumbrede, brystningshøje: type 1.
- c. Etagehøje, ikke rumbrede: type 3.

B. Træskeletfacadeelementer.

Aldrig bærende (i fleretagers byggeri).

- a. Rumstore.
- b. Vinduesbånd (over betonbrystning).
- c. Etagehøje, ikke rumbrede.

Gavlelementer.

A. Betonsandwichelementer (etagehøje, indvendig bærende skive).

B. Skalmuret vægelementkonstruktion.

Altaner.

A. Altandækelementer.

B. Altanbrystninger (beton, træ, metal).

C. Altandækkets understøtning:

1. Indbygget altan: På isolerede tværvægge.
2. Fortløbende altan:
 - a. På konsoller fra tværvægge.
 - b. På selvstændige vægge.

D. Facaden bag altanen (træskeletfacade, type a eller c).

E. Specialløsninger ved altan/gavl.

Eksempler på facader og altaner ved terrassehuse og lign.

Eksempler på vinduers fuger

12 OVERSIGT OVER FUNKTIONSKRAV TIL FACADE- OG GAVLELEMENTER.

1. Sikkerhedskrav.

- 1.1. Egenvægt optages af tværvægge
(f.eks. betonsandwichfacade).
optages af dæk
(f.eks. træskeletfacade).
optages af facaden i etagen under
(f.eks. gavl og selvbærende facade).
- 1.2. Lodret last fra dækelementer
optages ikke i facaden
(f.eks. almindelig facade i beton eller træ).
optages i facaden
(f.eks. gavl og bærende facade).
- 1.3. Vindlast (og vandrette kræfter, f.eks. fra personer)
overføres til tværvægge
(f.eks. betonbrystninger).
overføres til dæk
(f.eks. træskeletfacade).
(specielt kan facaden være en del af bygningens afstivende system, en bærende facade.)
(specielt må facaden fastholdes til særlige elementer (f.eks. bjælker), eksempelvis en let facade foran et større trapperum.)
(gavlen er ofte en del af det afstivende system).
(Den styrkemæssige beregning må for træfacader suppleres med en erfaringsmæssig vurdering af udbøjning og vibration fra vindstød.)
- 1.4. Sikkerhed under brand
(rimelig brystningshøjde, ingen brandspredende hulrum, krav til materialers "brandbarhed", brandmodstand, flammespredning m.v., redningsmuligheder (f.eks. vinduer)).
- 1.5. Kendt forløb af nedbrydning under klimapåvirkning og lign.
(f.eks. fastholdelsesbeslag og forbindelser mellem sandwichelementers skiver, skærpede krav, hvor kondens kan befrygtes.)
(f.eks. krav til armerings-dæklag.)
(f.eks. frostsikkerhed for beton.)
(f.eks. trykimprægning af træ.)
(f.eks. slitage på beslag, fra bygningsdeles bevægelser, sammenlign 4.4.)
- 1.6. Særlige krav (i hvert fald i højere huse) til forebyggelse af progressiv kollaps som følge af lokal overpåvirkning. I udlandet kan lignende krav opstilles i jordskælvszoner. Se pag. 45.

2. Komfortkrav.

- 2.1. Krav til vandtæthed
(f.eks. samlinger mellem en træskeletfacades enkelte dele, idet enhver del skal holdes tør eller skal være drænet.)
(specielt må forholdene i regnvejrr under mon- tagen undersøges, vandrette fuger er uafdækkede.)
- 2.2. Krav til damptransport.
(Dampstandsede lag.)
(kondensproblem.)
(eventuelt ventilation af isoleringslag, sammenlign 2.4.)
- 2.3. Krav til varmeisolering.
(bl.a. k-værdi, varmeakkumulering, overfla- detemperaturer, ingen kuldebroer etc.)
- 2.4. Krav til vindtæthed. (sammenlign 2.5.)
(f.eks. overlæg af vindstandsede lag i træ- skeletfacader.)
(f.eks. hindring af konvektionsstrømning, sammenlign 2.2.)
- 2.5. Krav til ventilation. (sammenlign 2.3.)
(ventilationen skal under kontrol, d.v.s. udluftningsmuligheder/luftfornyelse, i relation til eventuelt ventilationsanlæg/ oplukkelige vinduer/ventilationsspalter.)
- 2.6. Krav til lydtæthed.
(vinduet er i reglen bestemmende, især aktuelt ved lufthavne og større trafikårer.)
(flanketransmission, især problem ved lette facader.)
- 2.7. Krav til lysåbninger (vinduer).
(bl.a. belysning, udsyn/indblik fra naboer, solafskærmning, kuldenedfald (sammenlign 2.3.), vinduespuddning.)
Lyd, se 2.6.
Brand, se 1.4.
Udluftning m.v., se 2.5.

3. Teknologiske og byggetekniske krav.

- 3.1. Krav på grund af svindforhold. x)
- 3.2. Krav på grund af krybning. x)
- 3.3. Krav på grund af bevægelser iøvrigt. x)
(f.eks. temperaturbevægelser, solpåvirkning og sætninger i råhuset.)

(3.1., 3.2. og 3.3. har især betydning for fugerne og for den indre opbygning af sandwichelementerne.)

- x) 3.1., 3.2., og 3.3. er opstillet for betonsandwichelementer. I træskelelementer har man tilsvarende svind og kastning af træet samt bevægelser fra solpåvirkning, slagregn, elastisk og plastisk nedbøjning af det understøttende dækelement og sætninger i råhuset. Analogt for plader og overfladebehandlinger m.v.

- 3.4. Krav til komponentgeometri.
(producerbarhed, elementsamlinger, smig, noter o.s.v.)
(symmetriske fuger giver i reglen færrest elementvarianter)
- 3.5. Krav til montagemuligheder.
(bl.a. styrke, tyngdepunktsbeliggenhed, løfteanordninger, brækage, fastholdelse, justering, tolerancer, armering, beslag o.s.v.)

- 3.6. Krav til fugerne, se fugernes funktionskravliste.

4. Andre krav.

- 4.1. Krav til udseende. (form, farve, overfladestruktur, elementinddeling, fugemønster osv. osv.)
- 4.2. Krav til økonomi. (udformning, kvalitet, overflade, standard, ensartethed, repetition, formudnyttelse, fabrikationsseriens størrelse o.s.v.)
- 4.3. Krav til efterreparation. (f.eks. efter brækage.)
- 4.4. Krav til vedligeholdelse (herunder slitage fra personer o.lign., smlgn. 1.5.)
- 4.1. og 4.4. indeholder tilsammen også et krav om rimelige partineringsforhold ("selvrensende facader").
- 4.5. Fremføring af installationer. (f.eks. radiatorer.)
- 4.6. Færdiggørelsesarbejder, tilslutning.
(f.eks. tapet/maling, gulvtilslutning, el, vinduesplader, gardinophæng, persiener.)
- 4.7. Relationer til altaner og altangange.
(bl.a. adgangsforhold.)
- 4.8. Forholdene under/efter skader, f.eks. brand eller vandskade fører til krav. Brand og vandskade må ikke kunne brede sig urimeligt. (Især fugekrav.)

13 BETONSANDWICHELEMENTERS STØBEPROCES

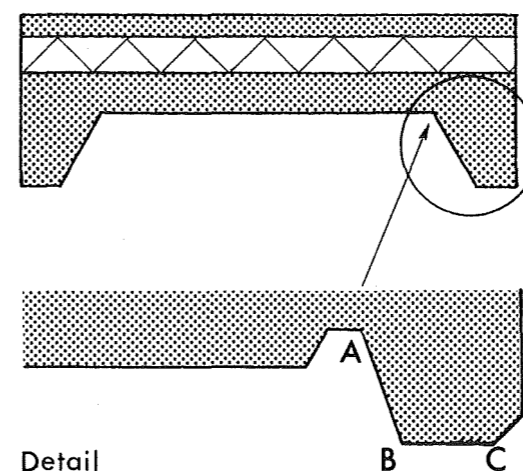
Betonsandwichelementer støbes vandret, normalt med ydersiden nedad, da eventuel profilering eller frilægning af stenmaterialet (ved retarder) lettest opnås på formsiden. Som følge heraf kaldes en facades udvendige skive forstøbningen, den indvendige bagstøbningen. Der er en voksende tendens til at støbe med ydersiden opad, med afsluttende strukturering ved afkostning, rulle eller andet værktøj.

Fremstillingsprocessen er - for facader med ydersiden nedad - følgende:

1. Formen olieres. Eventuelt benyttes retarder til senere frilægning.
2. Forstøbningens armering udlægges og forbindelser til bagstøbningen anbringes.
3. Udstøbning af forstøbning (6-8 cm). Eventuelt er der mellem proces 1. og 2. indskudt udlægning af særligt betonlag (speciel farve/særlige sten til frilægning).
4. Udlægning af isolering (10-20 cm). Stiv mineraluld eller skumplast.
5. Eventuel armering udlægges, forbindelser til forstøbningen etableres.
6. Udstøbning af øverste betonlag, bagstøbningen, hvilket i reglen er den afstivende/bærende skive (10-15 cm).
7. Afretning, klar til tapetsering. Mellem 5. og 7. kan inserts, elrør o.s.v. anbringes.
Vinduer indstøbes (nedlægges under 4.) eller fastgøres senere.

Figur 209-214 viser en række principielle eksempler på betonsandwichfacaders udformning.

Figur 130.

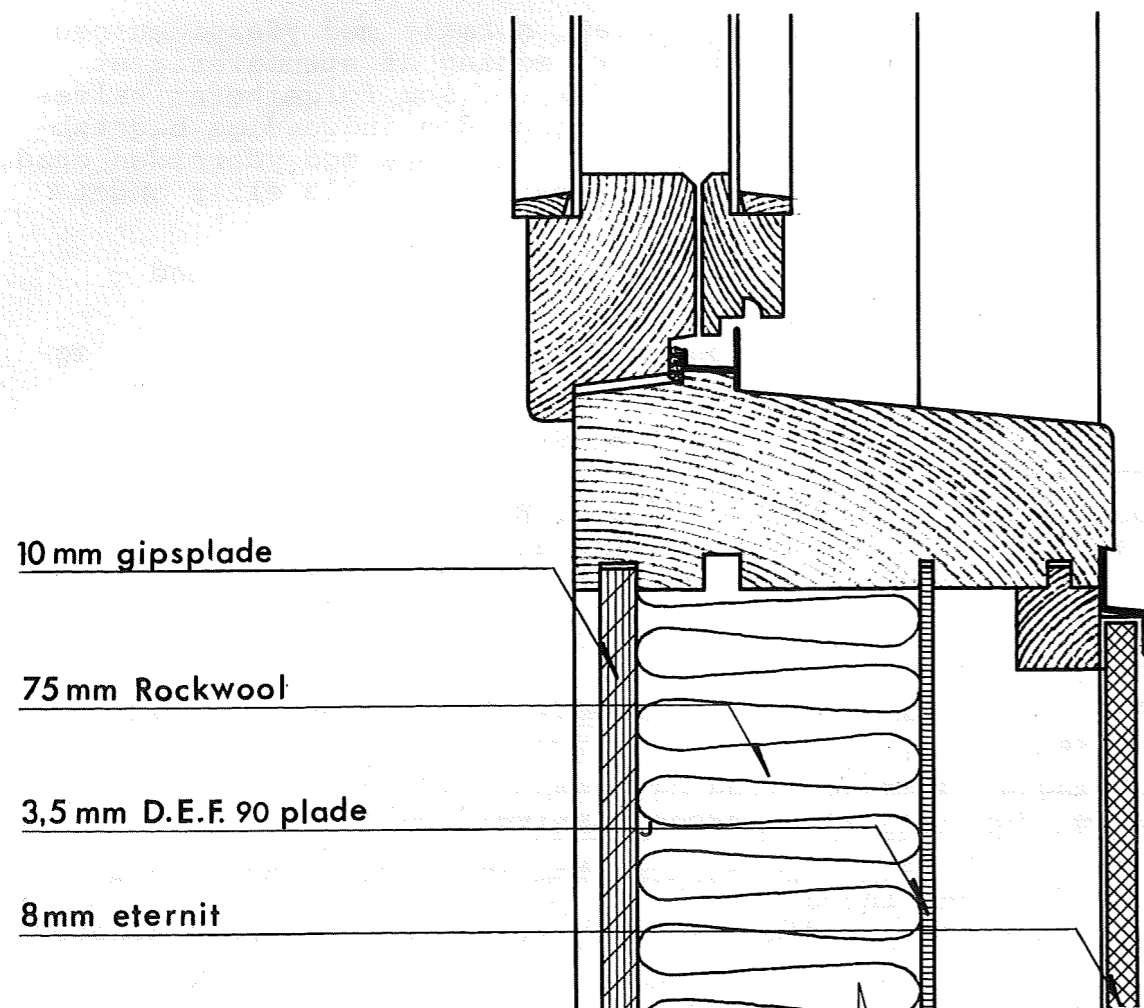


Hvis der ønskes to slags overflader, f.eks. frilagt ballast på facadens plane flade og grå beton på ribberne, er en not (A) som vist et gavnligt hjælpemiddel for fabrikken, der her ved har en veldefineret skillelinie mellem de to slags beton.

Fladen A-B bør af hensyn til afformningen have hældningen 1:5 med lodret. 1:7 eller endog 1:10 er mulig, efter aftale med fabrikken, afhængigt af formmateriellet. Rette vinkler er stærkt fordyrende, da de kræver løse formdele med skillelinie i den rette vinkels hjørne.

Udadgående hjørner bør affases (C-D). Formsamlingen bør ikke placeres ved C, men ved D, således at eventuelt "skæg" fra ud-sivende mørtel er delvist gemt bort fra facadeplanet.

14 TRÆSKELETELEMENTFACADERS OPBYGNING.



Figur 140. Principiel opbygning af træskeletfacader.

Træskeletfacadeelementer er i reglen opbygget af lodrette og vandrette træprofiler, hvor det lodrette tømmer optager vindkræfterne og overfører dem til dækket, mens det vandrette tømmer er afstivende og samlende. Elementerne isoleres i felterne mellem det lodrette og vandrette tømmer f.eks. med mineraluld. Indvendigt beklædes skelettet i reglen med en gipsplade, samt en damp-tæt membran, f.eks. aluminiumsfolie. Udvendigt anbringes en vand-tæt, klimabestandig, dekorativ plade. Denne plade kan også fastholde isoleringen, men i reglen er der et ventileret hulrum bag denne udvendige plade, og isoleringen fastholdes da udadtil af en brandsikker, vindtæt, diffusionsutæt plade, smlgn. princippet i figur 214.

Funktionen omtales pag. 18 - og bør også ses i relation til beskrivelsen af 2-trins fugeprincippet, afsnit 31, pag. 65 ff.

Facaden er i øvrigt normalt færdigmalet og forsynet med vinduer fra fabrikken.

Den viste facade er fra 60'erne. I dag er isoleringstykkelsen større, og vinduerne er ikke koblete men forsynet med termoglas.

15 EKSEMPLER PÅ UDVENDIGE OVERFLADER.

Betonsandwichfacader.

Glat, grå beton	billig grå farve skjolder uens, uskøn patinering.
Glat "hvid" beton	hvid cement, almindeligt tilslag hvid cement, kalcineret flint mere hvid, dyrere hvid cement, hvidt tilslag bedste, dyreste indfarvning. krakelerer ofte, uens patinering.
Farvet beton	farvet cement/farvet tilslag (som hvid beton)
Glat, afsyret beton	forbedrer ensartethed af farven (og patineringen).
Kanneleret (rillet) beton	camouflerer farvevariationer.
Mønstret overflade o.lign.	mønstret fremhæves eller ødelægges af patineringen, f.eks. vil lodrette riller lede snavset og blive fremhævede, mens vandrette riller vil give en uensartet patinering med tilfældigt placerede lodrette snavsstriber.
Frilagt stenmateriale	jo større sten, jo dyrere jo dybere frilægning, jo dyrere - også på grund af øget krav til betontykkelse (dæklag). retarder (der i reglen anvendes på formsiden) og afkostning (der i reglen foretages på elementets opside før afformningen) er normalt noget billigere end sandblæsning. almindeligt dansk stenmateriale er uensartet og giver et samlet indtryk af noget grå-brunt. importerede stenmaterialer (oftest svenske og norske) kan være sorte, grå, grønne, hvide, men næsten enhver farve kan opnås for penge. teglelementer er i nogle tilfælde blot en variant af betonsandwich-elementet ("frilagte" teglsten).
	Behandling med overfladerulle (groft mønster).
	Grov afkostning.
	Behugning af profileret (kanneleret) overflade (tysk "Brutalbeton").
	Tegl (skalmuring på stedet, anvendes en del på gavle af normale betonvægelementer).

Træskeletfacader.

Træ	høvlet, pløjet er almindeligt på etplanshuse specialplader til beklædning er ved at blive konkurrencedygtige.
Tegl	kun som skalmur på etplanshuse.
Eternit	billigt, ofte anvendt på boligblokke patinerer ofte uskønt (gråt skjolder, sort skjolder ofte endnu mere, hvidt er ikke hvidt, men patinerer måske mindst grimt).
Stål, aluminium o.lign.	plader, ofte profilerede stål, lakeres eller lign. Corten-stål, som ved begyndende korrosion danner et "beskyttende rustlag" aluminium kan benyttes ubehandlet, lakeret, eloxeret o.lign. endnu i reglen for dyrt til boligbyggeri.
Plast	problemer med brand og/eller farvebestandighed samt temperaturudvidelse.

Hvis de udvendige overflader er damptætte

(stål, aluminium, plast og en del typer maling på eternit) må damptransportmulighederne (ventilation bag pladen) nøje overvejes, se også teksten til figur 140.

Temperatur- og fugtbevægelser

må ligeledes overvejes

Maling af eternit

må specielt vurderes meget kritisk i samråd med leverandør af såvel maling som eternit plade!

16 OVERSIGT OVER FUNKTIONSKRAV TIL FACADEFUGER.1. Sikkerhedskrav.

- 1.1. Overførsel af trykkræfter. (f.eks. ved facadens lejeflade.)
- 1.2. Overførsel af trækkræfter. (f.eks. optagelse af vindsug.)
- 1.3. Overførsel af forskydningskræfter. (f.eks. i den indvendige, lodrette fuger mellem 2 gavlelementer.)
- 1.4. Sikkerhedskrav under (kortvarig) brand. (både gennembrændingstid og sikring mod spredning af brand og brandbare luftarter.)
- 1.5. Kendt forløb af nedbrydning under klimapåvirkning. (f.eks. beslag, smlgn. 4.4.)
- 1.6. Specielt sikkerhed mod lokal overpåvirkning og progressive collaps (i hvert fald i højere huse.)
- 1.7. Bevægelser m.v. (se 3.1., 3.2. og 3.3.) giver ofte et sikkerhedskrav.

2. Komfortkrav.

- 2.1. Krav til vandtæthed. (smlgn. elementkrav 2.1.)
- 2.2. Krav til damptransport (dampstandsende funktion).
- 2.3. Krav til varmeisolering (isolering og kuldebroløsning) (jfr. 2.2., 2.4. og 2.5.)
- 2.4. Krav til vindtæthed.
- 2.5. Krav til "ventilation" (kombination af 2.1., 2.2., 2.3. og 2.4.) (f.eks. udluftning af isolering og trykudligning i fuger, jfr. 1-trins contra 2-trins tætning, afsnit 31).
- 2.6. Krav til lydtæthed. (som dog sjældent er væsentligt i selve facaden, da vinduer giver dårlig lyd-isolering. Det er derimod væsentligt, at facaden ikke skaber lydbro eller flanketransmission mellem 2 rum.)

NB. Oversigterne pag. 8 og pag. 15 gælder principielt enhver facadetype/facadefuge. I fleretagers byggeri (over 2 etager) kan man imidlertid normalt kun benytte betonfacader i en statisk aktiv sammenhæng, se især punkt 1, sikkerhedskrav.

3. Teknologiske og byggetekniske krav.

- 3.1. Krav på grund af svindforhold.
- 3.2. Krav på grund af krybning.
- 3.3. Krav på grund af bevægelse iøvrigt
(f.eks. sætning i den bærende konstruktion og solpåvirkning på facaden).
- 3.1. - 3.3. Se bemærkninger under funktionskrav til facadeelementerne om kravenes formulering til beton - henholdsvis træfacader. Tilsvarende gælder for fugekravene.
- 3.4. Krav til komponentgeometri
(herunder også visse krav til formsamlinger).
- 3.5. Krav til montagemuligheder
(f.eks. hurtig montage, uden brækagerisiko).
- 3.6. Krav om udligningsmuligheder. Heraf følger også krav til produktionstolerancer og montagetolerancer i relation til fugematerialet, jfr. krav 3.1. - 3.5. samt 3.7.
- 3.7. Krav til fugeudførelse, eksempelvis
- Fremgår af de øvrige krav.
 - Simple vinterforanstaltninger.
 - Fugemassers vedhæftning, konsistens, formstabilitet.
 - Udstøbning, ilægning af armering, beslag o.s.v.

4. Andre krav.

- 4.1. Krav til udseende, herunder også camouflering af målafvigelser
(f.eks. krav til elementkanter og fugemateriale).
- 4.2. Krav til økonomi
(f.eks. let arbejdsgang, få fejlmuligheder, simpelt hjælpegrej, billigt fugemateriale, selvforskallende fuge o.s.v., o.s.v.).
- 4.3. Efterreparation
(herunder kontrolmuligheder og mulighed for udbedring af konstruktionsfejl).
- 4.4. Vedligeholdelse.
(herunder også f.eks. slitagemodstandsdygtighed for en fuge mellem to altandæk eller f.eks. vejrbestandighed af en neoprenestrimmel, smlgn. 1.5.).
- 4.5. Fremføring af installationer
(f.eks. hvor facadeelementerne indeholder indstøbte rør for radiatoropvarmning).
- 4.6. Fugekrav, afledt af elementkrav 4.6. - 4.8.
- 4.7. Krav om at dyr, fugle og insekter ikke får adgang til bygningen eller får ynglemuligheder. (Gråspurve, mejser m.v. forsøger ofte at yngle i åbne, overlappende betonelementfuger - og det larmer! Mus må holdes ude. Hvepse vil desværre ofte kunne yngle i fugerne - modforanstaltninger er ukendte).

17 FUNKTIONSKRAVENES OPFYLDELSE.

Samtlige relevante funktionskrav skal være opfyldt, men det afhænger af problemet, hvilke der er relevante, og hvilke der er vigtigst.

Få problemer har en entydig løsning, og enhver løsning er et kompromis om en mere eller mindre ideel løsning på hvert enkelt funktionskrav. To grupper funktionskrav vejer tungt: De økonomiske hensyn og sikkerhedskravene, da boligens pris er af væsentlig nationaløkonomisk og privatøkonomisk betydning, og da mennesket følelsesmæssigt nødt sætter faren for et menneskeliv i relation til en byggeomkostning.

På det indledende stade af projekteringen, diskuterer bygherre, arkitekt og ingeniør de mulige kombinationer af pris og konstruktionsprincip, der kan opfylde den pågældende opgaves hensigt, den gode bolig, i alle dens sociologiske og æstetiske aspekter.

De øvrige funktionskrav diskuteres kun perifert, men hensynene til dem indgår bevidst og ubevidst som følge af arkitektens og ingeniørens erfaringer fra tidligere projekter.

Under detailprojekteringen viser det sig - desværre - ofte, at det under skitseprojekteringen fastlagte må delvist ændres, f.eks. af hensyn til en fugedetaille eller en overset myndighedsbestemmelse.

Udgangspunkt for projekteringen er da de ovenfor i afsnit 11 - 16 opstillede lister over krav og muligheder, medens projekteringsforløbet omtrentligt følger dette hæftes disposition: Konstruktive principper - fugeprincipper - detailløsninger.

Sikkerhedskravene omtales i afsnit 2, facadeelementernes konstruktive principper samt under eksemplerne på detailløsninger.

Sikkerhedsproblemerne under brand, punkt 1.4., behandles ikke her, dog skal det nævnes, at isoleringen må indgå i overvejelserne. Mineraluld brænder ikke. Skumplast findes derimod i en række kvaliteter, og det kan i visse tilfælde anbefales at benytte en selvslukkende kvalitet langs et betonelements kanter som en billig foranstaltning mod spredning af brand. Under brand vil de fleste isoleringsmaterialer iøvrigt lide lokal skade, smelte, deformere, miste deres stivhed o.s.v.

Lette facadeelementer er opbygget over et træskelet af massivt træ, som brænder langsomt. Udfyldningen er indefra opbygget af f.eks. gipsplader (ikke brændbare), mineraluld, en ikke brændbar plade til fastholdelse af isoleringen, f.eks. en brandsikker eternitplade, et ventileret hulrum, som ikke er i forbindelse med andre hulrum, da skelettet går helt ud til den ydre plade, som f.eks. er af eternit (der normalt springer under brand), metal eller - i begrænset omfang - træ.

Komfortkravene opfyldes på lidt forskellig måde i betonsandwich-elementer og i lette træskeletelementer.

I betonsandwich-elementer er den ydre skive vandtæt (sammen med det udvendige fugemateriale), den indre skive vindtæt (sammen med det indvendige fugemateriale, se 2-trins-fugen, pag. 65.

Varmeisoleringskravene er opfyldt af isoleringslaget uden kuldebroer (korrosionsfri forbindelser mellem skiverne, se afsnit 21), men det må påses, at der ikke skabes kuldebroer ved og i fugerne, da dette kan give anledning til misfarvning af den indvendige overfladebehandling.

Da de to betonskiver har nogenlunde samme damptæthed, vil der være en vis fare for kondens i isoleringslaget eller på den ydre skives inderside. Isolationslaget må altså ventileres udad, gennem den vandrette fuge, se afsnit 31, pag. 63.

Man kan nære tiltro til visse skumplastisoleringers damptæthed, men man bør ikke stole på fugerne mellem isoleringspladerne og omkring stritter og beslag. Lodrette, udfræsedede spor på isoleringslagets yderside gør i hvert fald ikke skade som ventilationskanaler.

Facaden er lydtæt sammenlignet med vinduerne, og da den indvendige skive er tung, er flanketransmissionen nok ikke værre end den, andre vægge giver. I facaden er der i hvert fald fuger langs alle rumgrænser, dæk og vægge, fuger som i et vist omfang kunne gøres lydmassigt bedre for en begrænset merudgift. Se dog teksten til figur 216.

I lette træskeletfacader er vind-, vand- og fugttransportkravene opfyldt ved en række lag med forskellige funktioner, som bør ses i sammenhæng med princippet for fugernes 2-trins-tætning, afsnit 31.

Figur 140 viser en let facades principielle opbygning.

Indvendigt findes en (gips)plade, der bærer overfladebehandlingen og beskytter isoleringen. Bag denne findes en damptæt membran, f.eks. aluminiumsfolie, således at den væsentligste del af damptryksdifferensen mellem ude- og indeklimaet udlignes her. Membranen skal derfor have godt klemte overlæg. Isoleringen fastholdes mellem den indvendige plade og en udvendig, brandsikker, vindtæt, diffusionsutæt plade, således at isoleringen er beskyttet mod konvektionsstrømme fra vindtrykket og dog udluftet, så der ikke er nogen kondensfare. Kurven for vanddampenes mætningstryk (som funktion af temperaturfaldet gennem isoleringen) ligger altid over det aktuelle damptryk, der (næsten) er lig det ydre damptryk overalt i isoleringen, forudsat at den indvendige membrans damptæthed virkelig er væsentligt større end den udvendige plades. (Heraf følger, at 1-trins fugetætning er vanskelig i lette facader, jfr. afsnit 31).

Foran isoleringens udvendige plade er der et ventileret, drænet hulrum, udadtil beskyttet mod slagregn af den udvendige dekorative plade (f.eks. eternit). Den udvendige plades fuger er ikke vandtætte, jfr. afsnit 31, vind- og vandtætningsprincipper.

En let facade er ikke så lydtæt (2.6.) som en tung, men det er stadig vinduet, der er afgørende. Flanketransmission undgås ved fornuftig elementopdeling, d.v.s. fuger ud for alle dæk og vægge.

De teknologiske, byggetekniske og andre krav omtales bl.a. i sammenhæng med eksemplerne på detaljløsninger, under afsnittet om facadefuger og i et vist omfang under de konstruktive principper. Under projekteringen er det, for den projekterende ingeniør, især fugekravene og kravene til elementets kanter der giver problemer. De pag. 16 opstillede funktionskrav kan oversigtsmæssigt samles i nogle generelle grupper omkring problemerne revner, udseende og økonomi, uanset facadeelementets materiale.

Revner opstår som følge af svind og krybning i beton og mørtel, som følge af temperaturbevægelser og som følge af sætninger, f.eks. i fundamenter. Bygningskroppens dele undergår små, gensidige bevægelser. Dette vil gælde alle bygninger, hvad enten de er opført i murværk, beton eller stål, og hvad enten de er traditionelle eller utraditionelle, men det er klart, at jo større de enkelte dele, elementerne, er, desto større vil bevægelserne i fugerne blive.

Det er ikke muligt at hindre bevægelserne, men deres virkning, revnerne, må bringes under kontrol, således at revnerne opstår på fikserede steder. I fuger med mørtel kan man f.eks. behandle elementendeflader med asfalt eller et andet materiale, der bevirker, at revnerne opstår i skillefladen og ikke på et tilfældigt sted i fugematerialet med forvitring og skæmmende udseende til følge. Fugematerialet må heller ikke være så stærkt, at revnen opstår i elementet i stedet for. Anvendelse af plasticbinder i fugemørtel må af samme grund ske med varsomhed.

Bevægelsesproblemet optræder i to udgaver: Tilladelse af bevægelser på fastlagte steder, f.eks. fuger i facadeelementer hvor temperatursvingningernes virkning udlignes, og hindring af bevægelser, f.eks. ved fortandede fuger mellem elementer (gavle), der skal virke som en skive.

Facadens udseende er stærkt afhængigt af fugernes udformning. I visse tilfælde fremhæver man fugerne, i andre tilfælde søger man at camouflere dem, f.eks. kan lodrette kannelleringer på nogen afstand få de lodrette fuger til at "forsvinde". Generelt må synlige fuger placeres på en harmonisk måde efter et givet mønster. Fugen selv må også udformes, således at den virker tiltalende. Dette betyder, at fugeplacering, fugebredde, tilbageliggende fugers dybde, elementkanter og fugematerialets overfladekarakter må overvejes nøje.

Fugningen udføres ofte tilbageliggende. Derved opnås, at en ændring af fugematerialets farve eller overfladekarakter ikke virker skæmmende, at revner og lignende skjules i skyggen, at man er friere stillet ved valg af fugemateriale og sidst, men ikke mindst, at flader, der som følge af element- og montageunøjagtigheder er ude af plan, ikke virker skæmmende.

Indvendige fuger kan eventuelt dækkes med en træ-, metal- eller plasticliste, men bortset herfra må fremspringende fugemateriale anses for udelukket af økonomiske årsager.

Endelig må det påpeges, at fugens bredde bør være mindst 2-3 gange forskellen mellem største og mindste fugebredde, beregnet ud fra elementernes tolerancer, for at forskellen mellem de enkelte fuger ikke skal blive for synlig.

Af hensyn til udseendet er det vigtigt, at man overvejer formens opbygning under projekteringen. For det første må fugen udformes således, at afformningen kan ske uden fare for sår på synlige kanter og flader; for det andet må formsamlingerne kunne anbringes således, at det næsten uundgåelige "skæg" langs samlingen skjules i den endelige konstruktion. Samlingen må derfor ikke ligge langs den synlige kant, men må trækkes så langt tilbage, at fugematerialet (oftest tilbageliggende) dækker uregelmæssighederne. Endelig skal det i denne forbindelse nævnes, at man så vidt muligt bør undgå skarpe kanter, idet affasede kanter er væsentlig mindre sårbare under lagring, transport og montage. Se figur 130.

De økonomiske hensyn omfatter naturligvis elementets fremstillingspris, men herudover især økonomisk udformning af elementkanten (sideformen), økonomisk montage og reparationsmulighederne.

Sideformen må være relativ simpel og højst bestå af et stykke langs hver af de fire sideflader. Fugerne bør derfor være så ensartede som muligt, f.eks. bør alle lodrette facadefuger udføres ens.

Afformningen må være simpel og uden fare for sår på synlige flader og kanter. Af hensyn til formen og til afformningen bør udragende jern så vidt muligt undgås. Formsamlingerne må anbringes med omtanke, også af hensyn til elementets udseende. Jfr. figur 130.

Tynde flige bør undgås, f.eks. må den nedragende flig af den udvendige skive ved en overlappende fuge gives fornøden styrke, hvilket medfører, at isoleringstykkelsen ofte reduceres langs elementkanterne, se f.eks. figur 412.

Montagen og fugningen skal også være økonomisk. Det betyder bl.a. at fugen må udformes således, at følgende montagehensyn opfyldes:

Minimum af materialeudgift + arbejds løn, d.v.s.

- Simpel og hurtig anbringelse af elementet: Kranen må ikke vente, mens en tidsrøvende samling og opretning foretages.
- Simpel udførelse af fugningen, d.v.s. ikke for dybe fuger, men fuger med modhold og bekvem arbejdsstilling.
- Simpel udstøbning, d.v.s. god plads, ingen hjørner, og (helst) selvforskallende hulrum.
- Få fugematerialer, der kan påføres i det mindst mulige antal arbejdsoperationer - helst enten udstøbning eller efterfugning.
- Ensartede, helst symmetriske fuger.
- Mulighed for optagelse af målafvigelse.

Hvert element bør principielt holde sig inden for dets tiltænkte område, (når bortses fra montageknaster, bøjler og lignende), således at fejlphobning udelukkes; fugebredden må fastsættes således i relation til tolerancerne, at man sikrer sig, at fugen aldrig bliver hverken for stor eller for lille til, at udfugningen kan finde sted.

Endvidere må elementet udformes således, at afformning, transport og montage foregår let, uden brækagerisiko, med simpelt grej og sikre løfteanordninger, hvis anbringelse bør være sådan, at elementet hænger lodret. Netop for facadeelementer er det ofte vanskeligt at placere løftebolten korrekt i forhold til tyngdepunktet, smlgn. f.eks. figur 412, der viser, at elementet vil hænge skråt under montagen.

Reparationsmulighederne må også overvejes i forbindelse med detaljerne. Enhver fuge bør, såvidt det er muligt, udformes således, at den kan repareres billigt. Grundene til dette krav er:

- Visse fugematerialer skal vedligeholdes eller udskiftes efter en årrække.
- En eventuel garanti for fugematerialer omfatter kun materialer, ikke omkostningerne ved reparationen.
- Enhver samlingsfunktion er baseret på korrekt udførelse - og en udførelsesfejl er altid en mulighed, der må tages i betragtning.

Benyttes f.eks. en fugemasse, må den ikke anbringes mellem elementerne på en sådan måde, at elementerne efter montagen lukker for kontrol og reparation. I så fald er kontrol illusorisk, og reparationer vil medføre kostbare og skæmmende ophugninger.

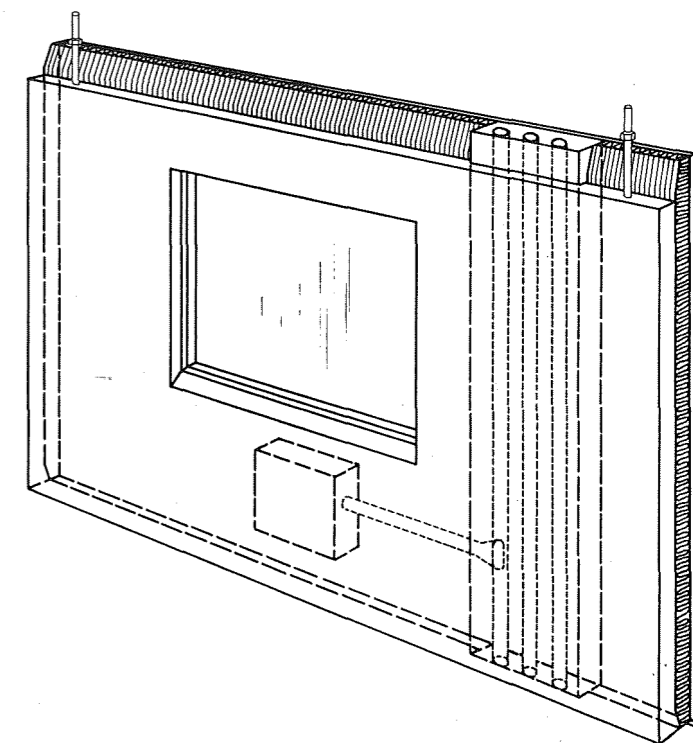
Til slut skal det omtales, at en række firmaer er begyndt at indstøbe varmeinstallationer i facadeelementerne, f.eks. rør til radiatorer eller kanaler til ventilations- og varmeanlæg, eventuelt også selve radiatoren/ventilationskabinettet, se f.eks. figur 170.

Indstøber man installationer i elementerne, eller er elementerne selv en del af installationen, (f.eks. hvis et element har hulrum til luftopvarmning) opstår et samlingsproblem, der stiller krav til nøjagtighed, fugeudformning og montage metoden. Samlingen mellem installationsdelene må kunne optage små målafvigelser, være let at etablere og hurtig at udføre. Samtidig må de indbyggede dele være beskyttede mod overlast.

Figur 170.

Varmluftskanaler i facadeelement.

Facadeelementet udføres, hvis det ønskes, med kanaler til indblæsning af opvarmet friskluft. Kanalerne, som er 90 mm i diameter, er varmeisolerede med skumplast og forsynede med færdige tilslutninger til indblæsningsmundstykket, som er placeret under vinduet.



Kanalerne forbindes efter en patentansøgt metode. (A-SYSTEM Byggelement AB, Sverige.)

Ovenstående gennemgang af funktionskravene samt de følgende afsnit om konstruktive problemer og vandtætning af fuger m.v. er opstillet ud fra de krav, vi normalt møder i Danmark. Specielle bygninger kan afføde særlige krav. I udlandet møder man f.eks. krav affødt af jordskælv (lokal overpåvirkning og sikkerhed mod progressiv kollaps på en anden måde), hurtige, store temperaturændringer og insektangreb (termitangreb forbyder mange steder anvendelsen af træ i facader). Funktionskravlisten er ikke komplet. Den internationale Standardiseringsorganisation ISO har udsendt en "Generel Check-list of Joint-functions". Heri omtales bl.a.:

En fuge skal:

- Modstå passage af insekter og skadedyr.
- Modstå passage af planter, rødder, frø og pollen.
- Modstå passage af varme.
- Modstå passage af lyd.
- Modstå passage af lys.
- Modstå passage af elektro-magnetisk udstråling.
- Modstå passage af lugt.
- Modstå passage af vand.
- Modstå passage af luft.
- Modstå passage af vanddamp.
- Ikke give kondensation.
- Ikke fremkalde lyde.
- Ikke fremkalde lugt.
- Modvirke misfarvning på grund af alger, mug, svampe og udblomstring.
- Modstå skade forårsaget af planter og mikro-organismer.
- Modstå skade forårsaget af vand, vanddamp, vandholdige opløsninger eller suspensioner.
(Her har man i almindelighed glemt at tilføje skade forårsaget af andre stoffer, der måtte trænge frem til fugen, f.eks. kobberholdigt vand der kommer frem til zink eller omvendt, og tjære der kommer i kontakt med tjærefjendtlige fugemasser.)
- Modstå skade forårsaget af forurenede luft.
- Modstå skade forårsaget af lys.
- Modstå skade forårsaget af elektro-magnetisk udstråling.
- Modstå skade forårsaget af frost og optøning.

Samt krav analoge til de i oversigten opstillede, dog synes hele produktions- og montageprocessen, og dermed økonomien, ikke tilstrækkeligt understreget. Sammenlign punkterne 3. og 4. pag. 10 og pag. 16 i min liste. Et element og dets fuger skal gennemtænkes med henblik på rimelig udførelse fra første skridt i projekteringsprocessen.

18 LITTERATUR

Listen angiver eksempler på udgivere af aktuel litteratur om facader og deres fuger. De fleste publikationer revideres eller omarbejdes med korte mellemrum.

Normer m.v.

- Bygningsreglementet, p.t. BR-77 (funktionskrav)
- DIF-normer (belastninger, materialer, konstruktioner)
- DS og DS/R (standard og rekommendationer, modul, detaljer)

Forskning, udvikling m.v., generelle anvisninger o.lign.

- SBI, Statens Byggeforskningsinstitut. Anvisninger, rapporter og ydeevnebeskrivelser (komponenter, fuger, ydeevne, funktionskrav, bl.a. varme, lyd, fugt, arbejdsbeskrivelser m.v.).
- BPS, Byggeriets Planlægningssystem (komponenter, detaljer).
- CIB, W61, Joints in Exterior Walls (Conseil International du Bâtiment, Working Group 61). (Forskning, især om regn- og vindtæthed).
- BKF - centralens forsøgsrapporter m.v. (Byggeteknisk Konstruktions Forskningscentral).
- Universiteter, teknologiske institutter udgiver også aktuel litteratur. Her kan i forbindelse med dette notats primære undervisningsformål bl.a. nævnes Laboratoriet for Varmeisolering, DIAB og Institutet for Husbygning.
- Murerfagets Oplysningsråd (materialer, arbejdsanvisninger)
- Træbranchens Oplysningsråd (materialer, beregninger, arbejdsanvisninger)
- Henrik Nissen: Modul og Montagebyggeri, DIAB, 1970

Aktuelle, praktiske eksempler

- "Byggeindustrien". Tidsskriftet beskriver bl.a. aktuelle byggerier, konstruktioner og komponenter.
- Firmabrochurer, eksempelvis Højgaard & Schultz A/S, hvis brochurer har bidraget til dette og flere andre IFH-forelæsningsnotater.

Instituttet for Husbygningens publikationer, se pag. 24.

PUBLIKATIONER FRA INSTITUTTET FOR HUSBYGNING, DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE

Forelæsningsnotater (købes på instituttet, nr. 55 dog i PF's boghandel)

IFH-Rapport	22	Erik Pedersen	Brandteknisk vurdering af ventilationsanlæg, 1973.
IFH-Notat	36	Richard Jessen	Murede huse, 1974.
IFH-Notat	37	Henning Larsen	Faserne i bygningsplanlægning, 1974.
IFH-Notat	39	Richard Jessen	Etageboligen, 1974.
IFH-Notat	40	Klaus Blach Henry W. Harrison Johs.F.Munch-Petersen	Geometry of Joints, 1975. (SBI-anvisning 99 er en dansk, udvidet udgave).
IFH-notat	41	Bjarne Chr. Jensen	Branddimensionering af konstruktionselementer i træ, 1975.
IFH-Notat	42	Egil Borchersen	Skivebygningers Statik, 1975.
IFH-Notat	44	Richard Jessen	Eenfamiliehuset, 1976.
IFH-Notat	46	Johs.F.Munch-Petersen	Huslejen = f(Pris, Politik, Produktivitet, Prioritering), 1976.
IFH-Notat	47	Johs.F.Munch-Petersen	Byggesystemets organisation og planlægning, 1976.
IFH-Notat	49	Egil Borchersen	Statik-noter til kursus 6501, 1977.
IFH-Notat	50	Egil Borchersen	Sikkerhedsmetoder og bygningspåvirkninger, 1977.
IFH-Notat	51	Torben Jakobsen	Bygningsbrandlovgivningen, 2.udgave, 1978.
IFH-Notat	52	Henning Larsen	Varmeisolering til husbehov, 1978.
IFH-Notat	53	Torben Jakobsen	Plast og brand, 1978.
IFH-Notat	54	Johs.F.Munch-Petersen	Dæk- og vægelementer, 2.reviderede udgave, 1978.
IFH-Notat	55	Johs.F.Munch-Petersen	Facadeelementer, 3.reviderede udgave, 1979.

De ikke nævnte numre er enten udgået, uaktuelle eller reviderede.

Rapporter om MINERALULDBASEREDE SANDWICHELEMENTER

IFH-Rapport	132	Egil Borchersen	Hovedrapport, 1978.
IFH-Rapport	112	Egil Borchersen Lauritz Rasmussen	Bæreevneforsøg, 1976.
IFH-Rapport	118	Lauritz Rasmussen	Luftlydisolation, 1976.
IFH-Rapport	126	Lauritz Rasmussen	Vægelementer under brandpåvirkning, 1978.
IFH-Rapport	127	Lauritz Rasmussen	Materialeprøvning af krydsfinér, 1978.
IFH-Rapport	128	Lauritz Rasmussen	Materialeprøvning af mineraluld, 1978.
IFH-Rapport	129	Lauritz Rasmussen	Bøjningsforsøg med korttidslast og langtidslast, 1978.
IFH-Rapport	130	Egil Borchersen	Korttids-bøjningsforsøg med dækelementer med kantskot, 1978.
IFH-Rapport	131	Egil Borchersen	Afstivende vægelementer, 1978.
SBI-Rapport	114	Asta Nicolajsen	Laboratorieforsøg til bedømmelse af de fugttekniske egenskaber, 1978.
SBI-Rapport	115	Uwe Lohse	Fugtphobning i væg- og tagelementer udsat for det naturlige klima, 1978.
Cowi-publ.	314	Tommy Bunch-Nielsen	k-værdimålinger, 1978.
Cowi-publ.	315	Tommy Bunch-Nielsen	Produktionsteknik, 1978.
Cowi-publ.	316	Leif B.Jørgensen Tommy Bunch-Nielsen	Økonomiundersøgelser, 1978.
Cowi-publ.	317	Tommy Bunch-Nielsen Knud Prebensen	Byggeteknik, 1978.
IFH-Rapport	110	Henning Larsen	Recent Danish Facade Joint Design, 1975
IFH-Rapport	125	Henning Larsen	Sandwichelementer af beton og mineraluld, 1975
IFH, LFV, LVK (Arkitektens Forlag)			DTH-NUL-ENERGIHUS, 1976

Rapporterne kan købes hos henholdsvis IFH, SBI, Cowiconsult og Arkitektens Forlag.

FACADEELEMENTERNES

KONSTRUKTIVE PRINCIPPER

20 GENERELLE PRINCIPPER.

Facadeelementet påvirkes muligvis kun af egenvægt (lodret) og vindlast (vandret). Disse kræfter overføres normalt til bygnings bærende system, d.v.s. til dækelementer og/eller vægelementer (i visse tilfælde bjælker eller søjler).

Sådanne facader er i reglen ophængt på væggene (betonfacader) eller står på dækkene (træskeletfacader). (Se figur 211, 213, 214.)

Facaden kan også være selvbærende, d.v.s. at facadens vægt overføres til elementet i etagen nedenunder.

Facaden kan være bærende, d.v.s. at den optager sin egenvægt og last fra dækkene. (Betonfacader i huse med bærende facader og eventuelt bærende hovedskillerum, samt gavle.)

Facaden kan også indgå i bygningens afstivende (stabiliserende) system over for vandrette kræfter (vind og massekraft), f.eks. en gavl i et hus med bærende tværvægge og - undtagelsesvis - en afstivende facade i et hus med bærende tværvægge.

Hvad enten facaden er ophængt, båret, selvbærende, bærende eller afstivende, optages vindkraften altid i dækkene. Præfabrikerede bygninger er skivekonstruktioner af dækskiver, vægskiver og gavlskiver (facadeskiver). Såvel bygningens samlede skivevirkning som de enkelte elementers stabilitet (forbliven i skiven) må analyseres.

Kun rent undtagelsesvis kan fugen mellem to præfabrikerede elementer optage momenter. De enkelte elementer fungerer som skiver og ofte også som plader. Helheden består af skiver, der kræver understøtning vinkelret på skivens plan langs alle fuger.

Ved udformning af facaderne må man derfor primært undersøge bygningens konstruktive hovedsystem og facadens relation hertil. I det følgende går jeg principielt ud fra det "normale" system i boligbyggeri: En lang, fleretagers bygning med bærende tværvægge.

Indledningsvis må man adskille konstruktionens hovedprincip, som bestemmer den pågældende bygnings "normale" facadeløsning fra de principper, der må benyttes for at løse de specialproblemer, der opstår omkring enkelte, "unormale" konstruktionsdele. Special-elementer, helst simple varianter af de normale elementer, skal da projekteres sammen med særlige fuger m.v.

Som eksempler på specialproblemer kan nævnes altangange, hjørnet mellem altan og gavl og facaden ud for et trapperum. Eksempler på løsninger vil blive vist senere, her skal problemstillingen kun omtales kort.

Altangangen har en række dækelementer, hvis dimensioner varierer med temperaturen. Husets bærende system har - næsten - samme temperatur (ca. 20°C) hele året, og altangangens dækelementer skal således have bevægelsesmuligheder i forhold til huskroppen. Samtidig må dækkene understøttes uden at forbindelserne til huskroppen giver kuldebroproblemer. Der opstår komplicerede fuger og forbindelser mellem kolde og varme konstruktionsdele.

En altan, der støder op til en gavl, giver også stabilitetsproblemer. Gavlen er en skive, opbygget af mindre skiver (der fungerer som vægelementer). For at gavlskiven skal fungere, skal a) fugerne mellem de enkelte gavlelementer kunne overføre skivekræfterne og b) gavlelementerne skal være fastholdt i skivens plan, d.v.s. fastholdt til dækskiverne. Det gavlelement, der bærer et altandækelement, kan ikke umiddelbart anses for fastholdt i gavlskivens plan, da altandækelementet ikke er en del af den pågældende etages dækskive. Altanen skal jo være isoleret fra dækkene (ingen kuldebro) og kunne ændre dimension i takt med udendørstemperaturen. Se i øvrigt pag. 54.

Et trapperum indeholder - i reglen - langs facaden ikke dækelementer i plan med de normale dækskiver. Mellemløbet er en halv etage forskudt, er ofte oplagt "bevægeligt" på Neoprene af hensyn til lydisoleringen og er i mange tilfælde slet ikke nær facaden. Facadeelementerne foran et trapperum må da fastholdes til tværvæggene (muligt for betonfacader, rumstore eller brystninger) eller til specialbjælker, helst i dækskivens plan (mulighed for træskeletfacader, der er etagehøje, uanset elementbredden).

Hvis et større trapperum med trappe, elevator o.s.v. placeres i hjørnet af en boligblok, bliver der problemer med stabiliteten af såvel gavlelementerne (ingen dækskive ud for de vandrette fuger) som af facadeelementerne (ingen understøtning over for egenvægt og vind, medmindre rumstore facadeelementer benyttes, ophængt på gavl og tværvæg).

En sådan trappe-elevatordløsning ses ofte foreslået ved højere huse, hvor trappe-elevator skakten giver adgang til en altangang. I så fald bliver altandækkets understøtning en yderligere komplikation, og en umiddelbar, økonomisk løsning er da ofte at flytte trappe-elevatord skakten uden for bygningen som en separat konstruktion, et "trappetårn". (Se i øvrigt afsnit 245, altan ved gavlhjørnet og figur 245).

21 ALMINDELIGE BETONFACADEELEMENTER.

211 Betonsandwich-elementets to skiver.

Betonsandwich-elementfacaden er opbygget af to betonskiver, adskilt af isoleringen.

Principielt kunne de to skiver tænkes at samvirke, men da den indvendige skive har konstant temperatur, ca. 20°C og den udvendige skive har temperaturer fra +20°C til +50°C (eller højere for mørke overflader), er det i praksis næsten ugørligt.

Egenvægt og eventuel anden lodret last fra dækelementerne m.v. kan optages ved skivevirkning. Vindlasten skal optages ved bøjning af (mindst) en af skiverne, der altså statisk fungerer som plade.

Principielt er den ene skive statisk aktiv (plade), den anden båret, understøttet, på den første. Ophængningen må foretages således, at den ydre skives temperaturbevægelser ikke hindres - eller i hvert fald således, at temperaturspændinger ikke bliver utilladeligt store.

Det er normalt at gå ud fra temperaturdifferencen 30° (+30°) mellem de to skiver, idet man beregner skivernes forbindelser således, at der ikke optræder (skadelige) revner i betonen og ikke indtræder flydning i forbindelserne ved denne temperaturforskelle. Man går i øvrigt ud fra, at hvis elementet er produceret ved en særligt høj (eventuelt lav) temperatur kan forbindelserne tillades at flyde en gang i elementets levetid. Dette kan være acceptabelt, men bør analyseres. Især må man også undersøge, om skiverne herved kan få skadelige revner.

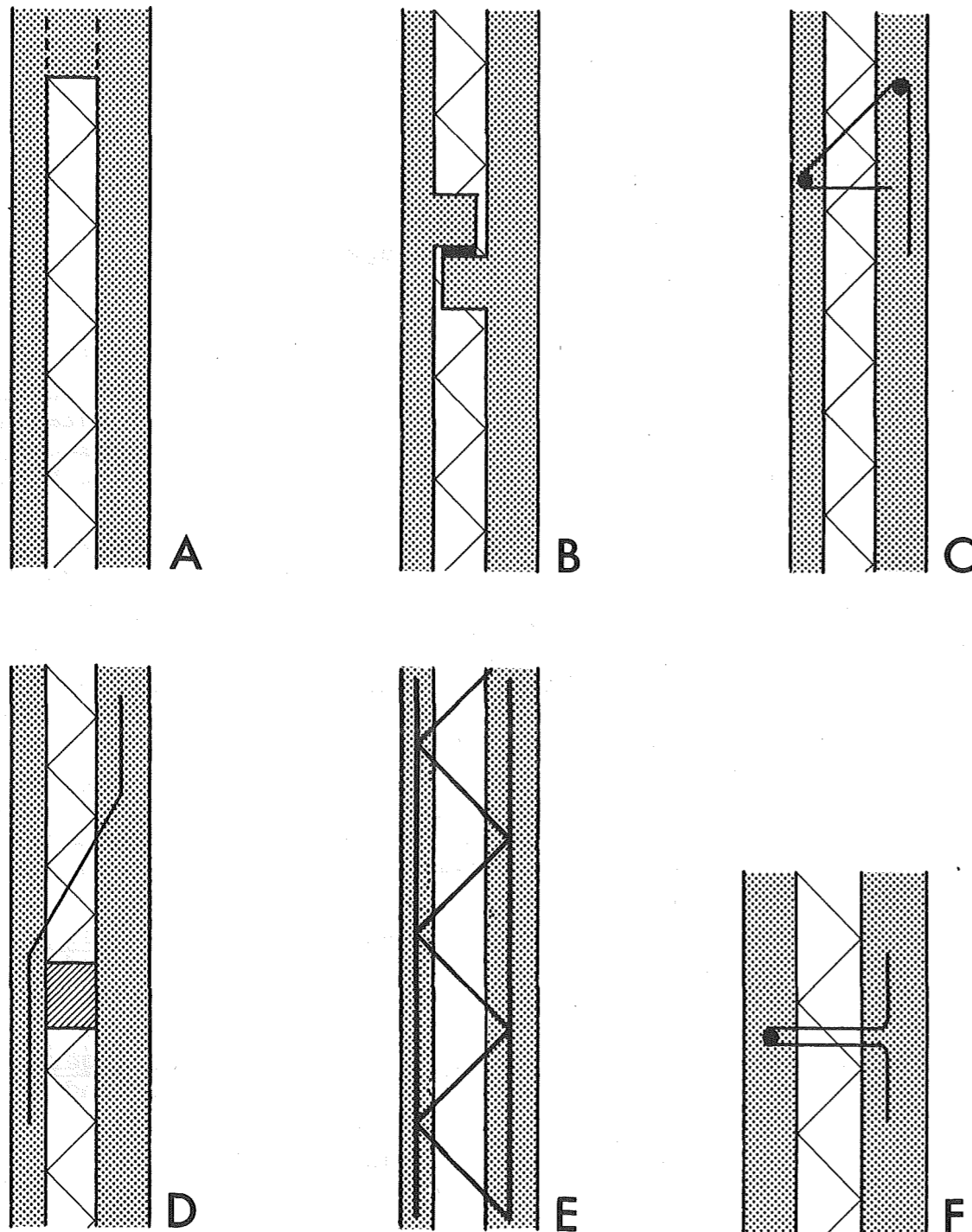
En betonforbindelse mellem skiverne er uacceptabel. Det skaber en kuldebro, og hvis betonforbindelsen har en vis udstrækning - eller der er flere forbindelser - vil forbindelserne selv revne og/eller skabe revner i skiverne. (Figur 207 A.)

Den ene skive kan ophænges på den anden med et neopreneleje, der reducerer kuldebroen og tillader gensidige bevægelser ved flere knaster. Løsningen er bl.a. produktionsteknisk uhensigtsmæssig. (Figur 207 B.)

Normalt benyttes forbindelser af rustfrit stål eller legeringer (f.eks. tinbrøns), se figur 207 C, D, E. Sådanne forbindelser giver ikke anledning til nogen kuldebroproblemer.

Den ene skive kan ophænges på den anden som vist på figur 207 C, hvor vægten af den ydre skive opløses i en skrå og en vandret komponent.

Der kan benyttes flere, ens trekantformede forbindelser, men de bør anbringes tæt ved hinanden. Anbringes de med afstand, opstår der bøjningsspændinger, som i reglen er større end flydespændingen, se beregningseksemplet til figur 208. Den viste forbindelse med en eller flere trekantede (afhængigt af skivens vægt) bør følgelig være "punktformig". For at hindre skiverne i at dreje sig i forhold til hinanden og for at hindre den ydre skive i at krumme under solbestråling (temperaturdifferens og restsvind), må der etableres flere forbindelser. Ofte vælger man galvaniserede u-bøjle-stritter, måske suppleret med afstandsklodser, der tillader de to skivers relative bevægelser, men optager de vandrette kræfter (figur 207 F).



Figur 207: Forbindelsen mellem sandwichelementets to skiver

- A. Betonforbindelse: Kuldebro. Hvis forbindelsen har en vis udstrækning (eller der er flere), vil temperaturudvidelser forårsage revner.
- B. Ophængning på neopreneleje. Besværlig støbeprocess.
- C. Punktformigt ophæng i korrosionsfri forbindelse.
- D. "Hængestænger", f.eks. på hver side af et vindue.
- E. "Lyn". Samvirkende skiver (pag. 32).
- F. Supplerende stritter, ofte galvaniserede, \varnothing 3-4 mm. Stritterne har kun sekundær betydning, og de kan accepteres udført galvaniserede. Forbindelserne C, D og E må derimod være korrosionsfaste, da de har sikkerhedsmæssig betydning.

En punktformig forbindelse, suppleret med stritter og afstandsklodser er naturlig i et facadeelement uden vinduer (eksempelvis en gavl), men er upraktisk i et facadeelement med vinduer. Den måtte etableres (symmetrisk) over (eller under) vinduet og ville således give ekstra påvirkninger i et begrænset tværsnit. Man kan da benytte den på figur 207 D viste forbindelse, som i princippet fungerer på samme måde, blot er den vandrette, stive forbindelse udeladt, således at der må benyttes afstandsklodser. Den skrå "hængestang" kan let gøres så lang, at den inden for flydespændingen kan tillade tværbevægelser. Forbindelserne kan da f.eks. benyttes parvis, en på hver side af vinduet.

Den på figur 207 D viste forbindelse er idag den almindeligste, eventuelt suppleret med afstandsklodser foroven og forneden, i alle slags sandwichelementer. Den er lettere at anbringe under støbeprocessen. Afstandsklodserne kan naturligvis udelades, hvis isoleringen er så stiv (f.eks. pladebatts), at de vandrette trykkræfter kan optages.

Stritter er nødvendige af hensyn til afformningen, og de medvirker til optagelse af vindstød (sug). Statisk vindsug kan - i hvert fald med rockwoolisolering - nok udlignes i den ventilerede fuge. Vindtryk optages i afstandsklodserne eller af isoleringen. Endelig holder stritterne forstøbningen plan under solbestråling.

Beregning af forbindelsen mellem for- og bagstøbning

Ser vi eksempelvis på et gavlelement med $h = 28M$, $b = 36M$, opbygget med 70 mm forstøbning, 150 mm isolering og 150 mm bagstøbning, påvirkes forbindelserne af:

$$\text{Egenvægt: } 2,8 \cdot 2,6 \cdot 0,07 \text{ (m}^3\text{)} \cdot 24 \text{ kN/m}^3 \sim 17 \text{ kN}$$

$$\text{Vindsug: } 2,8 \cdot 3,6 \text{ (m}^2\text{)} \cdot 0,8 \text{ kN/m}^2 \sim 8 \text{ kN}$$

$$\text{Vindtryk: } 2,8 \cdot 3,6 \text{ (m}^2\text{)} \cdot 1,0 \text{ kN/m}^2 \sim 10 \text{ kN}$$

hvor tallene for vindbelastning er eksempler, idet disse størrelser afhænger af lokale forhold og af elementets placering i bygningen, højden over terræn m.v. Vindforsøg kan være nødvendige.

Vindsug og vindtryk optages af stritterne (eventuelt optages trykket også (delvis) af isoleringen). Der er normalt 1 stritte, \varnothing 3-4 mm, anbragt i et 600 x 600 mm kvadratisk net, d.v.s. i dette eksempel ca. 40 stritter. Hver stritte (u-bøjle) skal således optage godt 100 N pr. tråd, træk eller tryk (søjle).

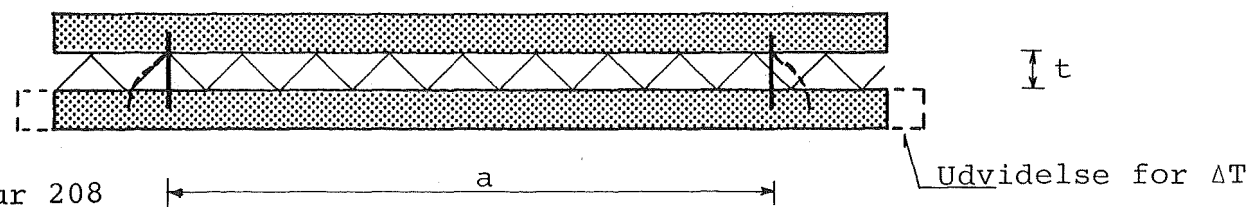
Egenvægt optages af bøjler (figur 207 C) eller hængestænger (figur 207 D).

Bøjlerne må være korrosionsbestandige - der er fare for kondens, da bøjlerne forbinder den kolde og den varme skive.

Kobbersiliciumlegeringer fås med styrkeegenskaber som blødt stål. Rustfrit stål kan benyttes, kvalitet 18/8 eller bedre. Murværksnormerne foreskriver for stritter bl.a. tinbronze af 93,8% kobber, 6,0% tin og 0,2% fosfor. Ofte anvendes en tinbronzelegering med en brudspænding på 700 N/mm², en flydespænding på 600 N/mm² og $E = 1,2 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$.

Hvis der benyttes to eller flere bøjler med lille afstand foroven i forstøbningens tyngdepunktslinie (figur 207 C), er beregningen simpel. Der er træk i de skrå jern, tryk (søjleberegning) i de vandrette.

Hvis elementet havde haft et vindue, ville man ikke ophænge forstøbningen i eet punkt, men vælge to ophæng, et på hver side af vinduet. De to ophæng ville da blive påvirket til bøjning på grund af temperaturudvidelsen over den vandrette afstand mellem ophængene. Korte jern, som de vandrette, vil da yderligere få en bøjningsspænding, der ofte er så stor, at man umiddelbart må opgive løsningen og i stedet vælge "hængestænger" (plus eventuelle afstandsklodser). Hængestænger har en væsentligt større længde (og tilsvarende mindre bøjningsspænding) og er i øvrigt ikke påvirkede til tryk, men kun til træk. (Figur 207 D).



På figur 208 er vist det generelle tilfælde. To ophæng, diameter d cm, med afstand a cm. Isoleringslaget er t cm tykt, og temperaturdifferensen mellem de to betonskiver er ΔT °C. Udvidelseskoefficienten er β .

På grund af symmetrien fås, at hvert ophæng udbøjes stykket

$$\frac{1}{2} \Delta a = \frac{1}{2} \cdot a \cdot \Delta T \cdot \beta$$

Udbøjningskurven er S-formet, idet rundjernene er indspændt i betonskiverne, og der er momentnulpunkt midt i rundjernet. Vi kan da beregne bøjningsspændingen i rundjernet, idet vi ser på et rundjern som et fra en skive udkraget jern,

længde $\frac{t}{2}$ cm med udbøjningen $\frac{1}{4} \Delta a$,

påvirket af kraften P kp (= forskydningskraften på midten) i den yderste ende.

$$u = \frac{1}{4} \Delta a = \frac{1}{3} \frac{P \left(\frac{t}{2}\right)^3}{EI} \quad \text{hvoraf} \quad \frac{P \cdot t}{I} = 6 \cdot \frac{\Delta a \cdot E}{t^2}$$

$$\sigma_{\text{bøjn}} = \frac{M}{W} = \frac{P \cdot \frac{t}{2}}{I \cdot \frac{d}{4}} = \frac{P \cdot t}{I} \cdot \frac{d}{4} = 1,5 \frac{\Delta a \cdot d \cdot E}{t^2}$$

$$\text{Indsættes } \Delta a = a \cdot \Delta T \cdot \beta, \text{ fås } \sigma_{\text{bøjn}} = 1,5 \frac{a \cdot \Delta T \cdot \beta \cdot d \cdot E}{t^2}$$

I ovennævnte gavlelement ville man da få, idet

$a = 3000$ mm, $d =$ f.eks. 10 mm og $t = 150$ mm

$\Delta T = 30$ °C og $\beta = 10^{-5}$ °C⁻¹

$E = 2,1 \cdot 10^5$ N/mm²

$d = 0,7$ cm

$\beta = 10^{-5}$ °C⁻¹

$t = 10$ cm

$$\sigma_{\text{bøjn}} = 1,5 \frac{3000 \cdot 30 \cdot 10^{-5} \cdot 10 \cdot 2,1 \cdot 10^5}{1,5^2 \cdot 10^4} = \text{ca. } 120 \text{ N/mm}^2$$

Rundjernene var i forvejen næsten udnyttede som søjler. En bøjningsspænding af denne størrelsesorden kan ikke optages, slet ikke hvis rundjernene også udnyttes som søjler for vindkraften.

I øvrigt kan man beregne

$$\Delta a = 3000 \cdot 30 \cdot 10^{-5} = 0,9 \text{ mm}$$

$$P = 6 \cdot \frac{\Delta a \cdot EI}{t^3} = 6 \cdot \frac{0,9 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot \pi \cdot 104}{1,5^3 \cdot 10^6 \cdot 64} \sim 165 \text{ N}$$

Så små kræfter ville næppe give anledning til revner.

Et skråt hængjern kan f.eks. gives længden 400 mm (ϕ 10 mm)

$$\sigma_{\text{bøjn}} \text{ bliver da } \left(\frac{150}{400}\right)^2 120 \sim 17 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{træk}} \text{ bliver } \frac{1700}{2 \cdot 78 \cdot \cos \phi} \sim 120 \text{ N/mm}^2 \text{ (for stor)}$$

Der må benyttes flere eller sværere jern.

Beregningsmetoden er i øvrigt karakteristisk for princippet i mange beregninger af forbindelser mellem to komponenter, der udefra påtvinges en relativ bevægelse.

Hvis den relative bevægelse, f.eks. forårsaget af en temperaturdifferens eller en sætning, kaldes u , er u beregningsmæssigt en konstant, givet af ydre omstændigheder.

Forskydningskraften P i forbindelsen, de to komponenters afstand t , samt forbindelsens inertimoment og elasticitetskoefficient må være forbundet ved en ligning af formen

$$u = \text{konstant} \frac{P \cdot t^3}{EI}$$

Spændingen i forbindelsen er givet ved en ligning af formen

$$\sigma = \frac{M}{W} = \text{konstant} \frac{Pt \cdot K}{I}, \text{ hvoraf fås}$$

$$\sigma = \text{konstant} \frac{u \cdot E \cdot K}{t^2}, \text{ hvor } K = \frac{I}{W} \text{ er en karakteristisk dimension, f.eks. den halve højde af et rektangulært tværsnit.}$$

σ skal være under en eller anden grænse, bestemt ud fra brudstyrken, udmattelsesstyrken eller lign., hvoraf følger

at u bør reduceres om muligt

at der bør vælges et materiale med lavt E

at der bør vælges så "tyndt" et tværsnit som muligt, d.v.s. et lille K , dog under hensyn til tilfældige slag, eventuel korrosionsfare m.v., og

at længden (t) af forbindelsen bør være størst mulig.

I praksis skal mange sådanne forbindelser samtidigt udnyttes til træk og/eller tryk vinkelret på bevægelsens retning. Træk er beregningsmæssigt problemløst. Tryk fører til søjleberegninger, ifølge hvilke

tværsnitsdimensionen K bør være størst mulig, og

længden t bør være mindst mulig.

I et påfaldende stort antal almindeligt forekommende tilfælde er opgaven uløselig, idet den "gunstigste" ("optimale") kombination af de mulige værdier af K , t , E for anvendelige materialer giver en regningsmæssigt uacceptabelt høj påvirkning.

Svaret er ofte en forbindelse, der kan optage (træk og) bevægelsen, mens trykket optages ved en anden forbindelse, en tryk-afstandsklods, så vidt muligt "friktionsløs". Neopreneplader er da ofte anvendelige.

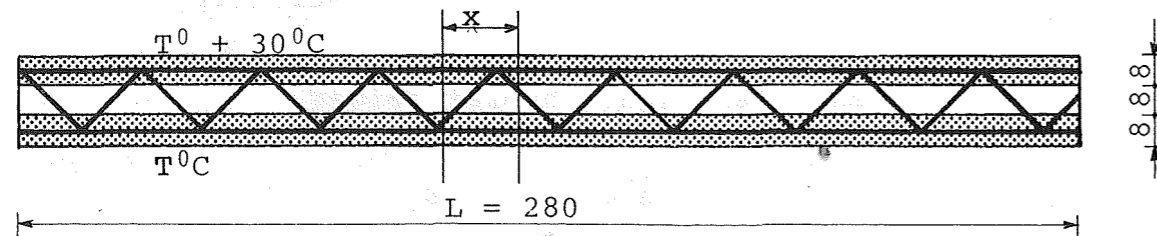
Beregningseksemplet viste, hvorledes en urealistisk forbindelse, 2 "stive" ophæng, der skulle tage tryk, træk og bevægelse, erstattedes med 2 "slappe" ophæng.

Endelig bør de såkaldte "lyn" omtales (figur 207 E). De er simplere at anvende på fabrikken. I stedet for afstandsklodser, stritter og skråforbindelser, der på "tilfældig" vis skal føres igennem isoleringslaget, kan man nu få simple arbejdsoperationer, med isolering i givne plademål, adskilt ved lineære forbindelser.

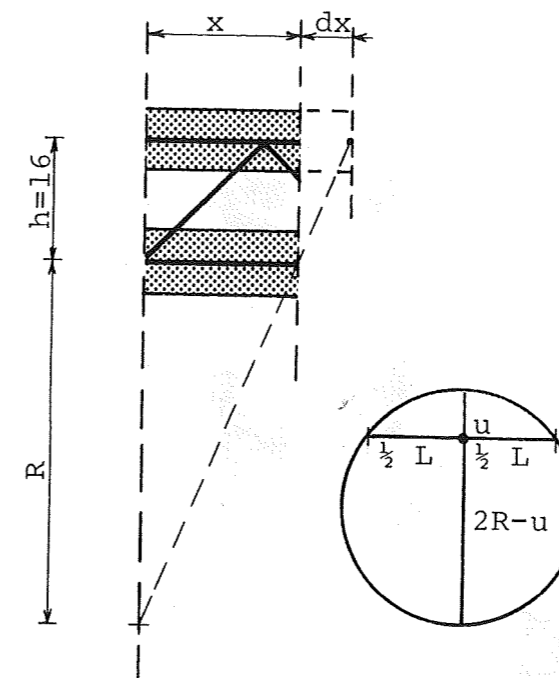
Forbindelsen er meget brugt i Sverige, men kan give anledning til betænkeligheder. De to skiver er låst sammen, og der er eksempler på, at skiverne er revnede, og at lynene er brudt. De to skiver vil, på grund af temperaturdifferensen, få en udbøjning, som vil variere med årstiden, og som kan give problemer ved fugerne, f.eks. give lydbroer mellem to naborum.

Taleksempel

Tænk vi os f.eks. et 2800 mm højt facadeelement, opbygget af to 80 mm tykke betonskiver med 80 mm isolering, og benyttes der lodrette lyn, kan udbøjningen tilnærmelsesvis skønnes, idet lynene - uanset indstøbningen i de to betonskiver - opfattes som simple gitre med temperaturdifferencen 30°C mellem de to "flanger".



Figur 209



Figur 210

Til længden x på den ene flange svarer længden $x + dx$ på den anden flange, hvor

$$dx = \Delta T \cdot \beta \cdot x = 30 \cdot 10^{-5} \cdot x$$

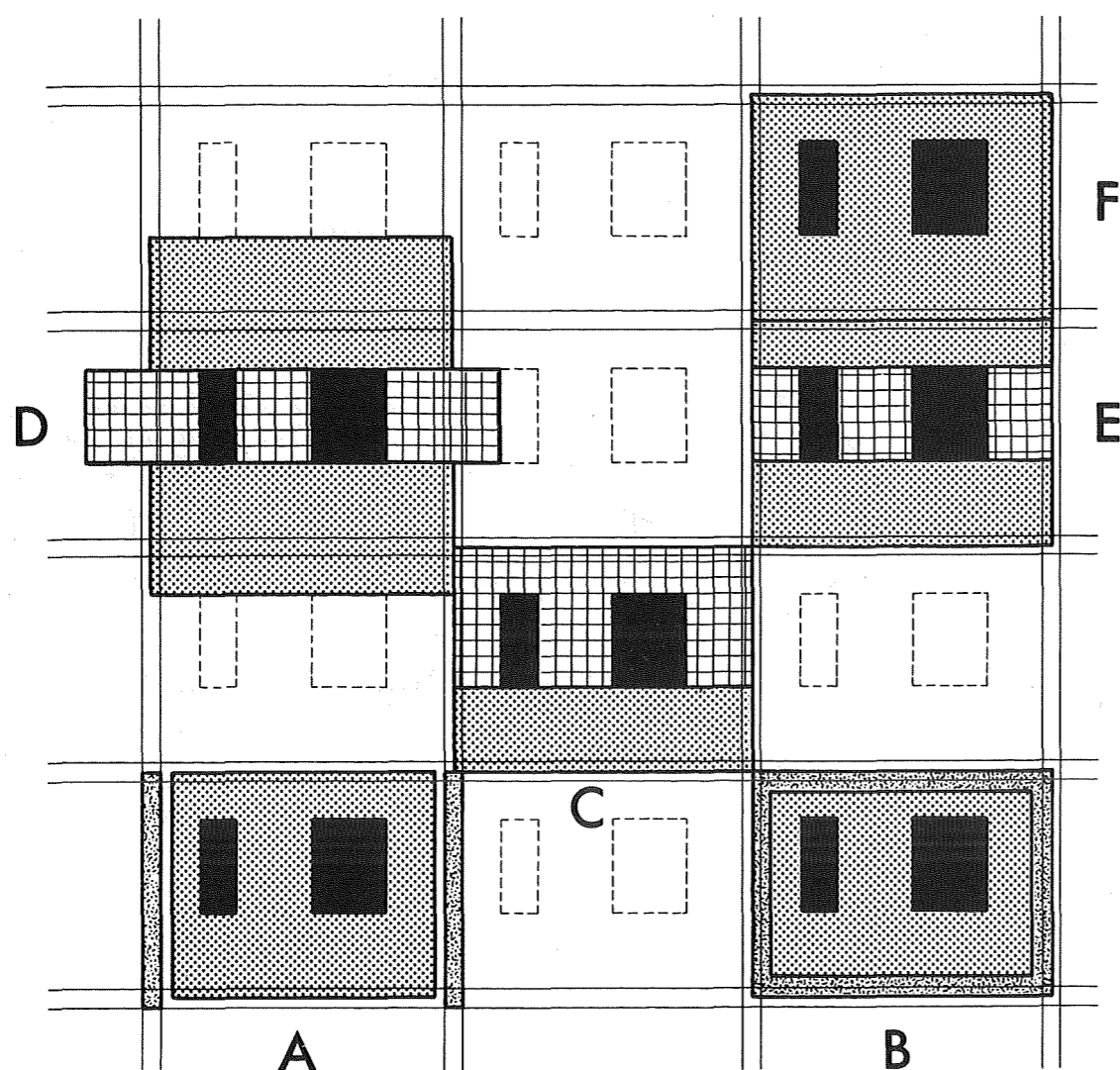
Krumningsradius R bestemmes af

$$\frac{x}{R} = \frac{dx}{h}, \text{ hvor } h \text{ er gitterdragerens} \\ \text{højde, } 160 \text{ mm} \\ \frac{1}{R} = \frac{30 \cdot 10^{-5}}{160}$$

Udbøjningen, u , bestemmes ved punkts potens (cirkulær udbøjningslinje) idet $2R - u \sim 2R$

$u \cdot 2R = \frac{L}{2} \cdot \frac{L}{2}$, hvor L er elementets højde (2800 mm).

$$u = \frac{L^2}{8R} = \\ \frac{2,8^2 \cdot 10^6}{8} \cdot \frac{30 \cdot 10^{-5}}{160} \sim 2 \text{ mm}$$



Figur 211: Eksempler på betonsandwichelementer.

- A. Rumstort element mellem fremspringende vægkanter (smlgn. figur 212, A og B).
- B. Rumstort element med de fremspringende kanter på elementet (smlgn. figur 212 D og figur 213 A/B).
- C. Betonbrystning med vinduesbånd til dækunderside. (smlgn. figur 214 B).
- D. Betonbrystning med nedragende flig og vinduesbånd (smlgn. figur 214 A).
- E. Rumstort element med vinduesbåndvirkning (smlgn. figur 214 C).
- F. Rumstort element med plan forside (smlgn. figur 213 C).

212 UDVENDIG AFSTIVENDE SKIVE (PLADE). (Figur 213 A og B).

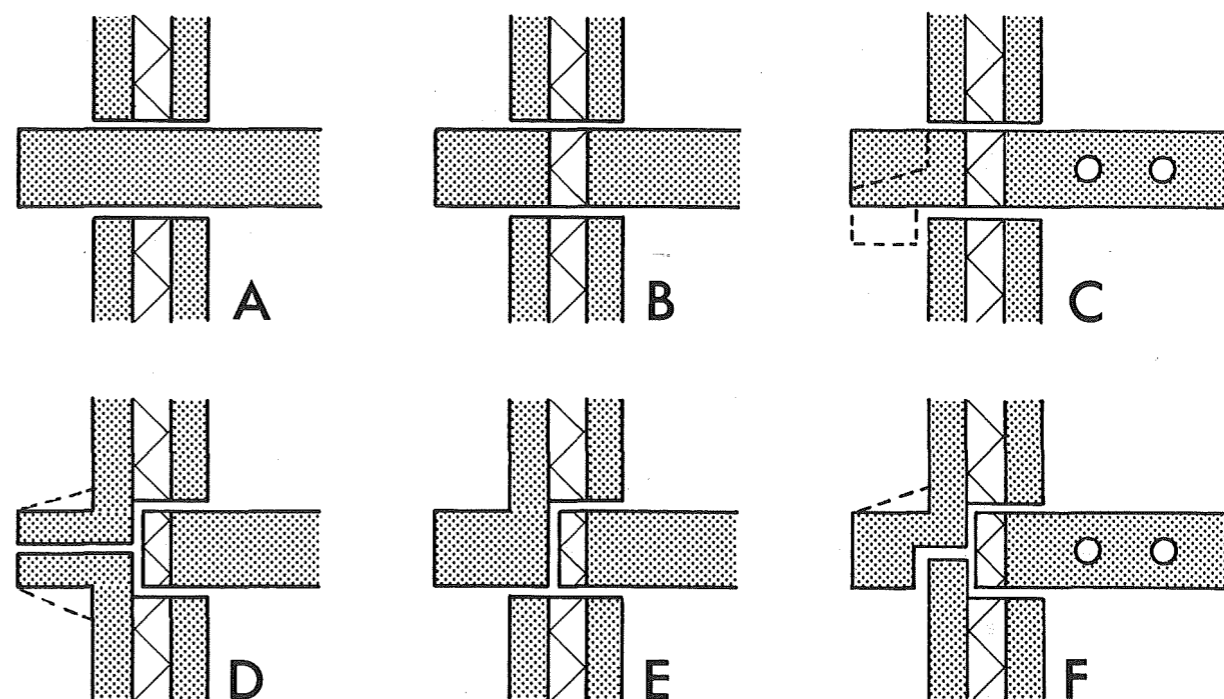
Da facaden skal forbindes til et (næsten) temperaturstabilt system af dæk og vægge, ville det være logisk at benytte den indvendige skive som elementets statisk virksomme, og dette er da også det normale. Fordelene herved kan også illustreres ved først at se på et facadeelement, hvor den ydre skive er statisk aktiv.

En rimelig løsning er normalt kun mulig, hvis facaden er rumstor. Begrundelsen for valget er altid æstetisk, aldrig teknisk. I det i figur 422 - 426 gengivne eksempel var det arkitektens ønske, at facadeelementerne skulle vise dæk- og vægskivernes placering bag facaden. Tidligere har man ofte ladet dæk og vægge gennembryde facadeplanet, så der dannes et synligt system af "søjler" og "bjælker", se figur 212 A, men de derved etablerede kuldebroer er uacceptable i moderne byggeri. Se figur 240 og den tilhørende tekst pag. 47.

Figur 212 B viser i vandret snit en løsning, hvor et almindeligt facadeelement monteres mellem to "søjler", der er adskilt fra væggen ved isolering. Et lodret snit ville principielt være magen til, se figur 212 C. De synlige søjler og bjælker er teknisk "falske", de har ingen bærende funktion.

Figur 212 D, E og F viser en alternativ løsning, hvor de "falske" søjler og bjælker indgår i sandwichelementets bærende skive. Sidstnævnte løsning blev valgt, fordi den gav færre elementer og fuger, og fordi det forekom logisk at udnytte den ydre skive, afstivet for bøjning ved "bjælkerne" og "søjlerne", til at optage vindkræfterne og til at videreføre egenvægt og vind til væggene.

Den udvendige skive kunne ikke benyttes som bærende bl.a. på grund af temperaturbevægelsen. Den måtte altså forbindes til væggene i hver etage for sig.



Figur 212. "Synlige" dæk- og vægforkanter.

De punkterede linier viser profiler, der er lettere at afforme og som har bedre vandafledningsegenskaber.

Se også figur 240 og den tilhørende tekst pag. 47.

I eksempelsamlingen sidst i hæftet er vist, hvorledes den udvendige skive er ophængt på isolerede vægknaster, forsynet med en neoprenelejeplade, der optager vægten og tillader de vandrette temperaturbevægelser. Princip i figur 215 A, se iøvrigt eksempelsamlingen, figur 422 - 426.

Den indvendige skive kunne reduceres til en 3 cm kyllingenetarmetret skive, da dens eneste kraftpåvirkning er tilfældige stød og slag fra lejlighedens beboere. Idag ville man - uanset den ydre skives eventuelle profilering - nok vælge indvendigt afstivende skive.

213. INDVENDIG AFSTIVENDE SKIVE (PLADE). (Figur 213 C og D).

Den udvendige skive er 6 - 8 cm tyk, afhængigt af frilægningsgrad o.s.v. (dæklag på armering). Isoleringen er 10 - 20 cm tyk. Den indvendige afstivende skive er 10 - 12 cm tyk, bærende facader dog 12 - 15 cm.

Dette er den normale, logiske løsning. Såvel facadeelementets statisk virksomme skive som dæk- og vægskiverne er på den indvendige side af isoleringen og kan forbindes uden temperaturbevægelsesproblemer. Svind, krybning o.s.v. må naturligvis tages i betragtning.

Princippet er generelt for alt montagebyggeri: Alle bærende elementer bør befinde sig inden for isoleringen. Når dette ikke kan opfyldes, f.eks. ved altaner, må problemet analyseres omhyggeligt for at holde de uundgåelige ekstraudgifter nede - og for at sikre en korrekt og sikker opfyldelse af alle funktionskrav.

Betonfacadeelementer af normaltypen optræder i tre udgaver:

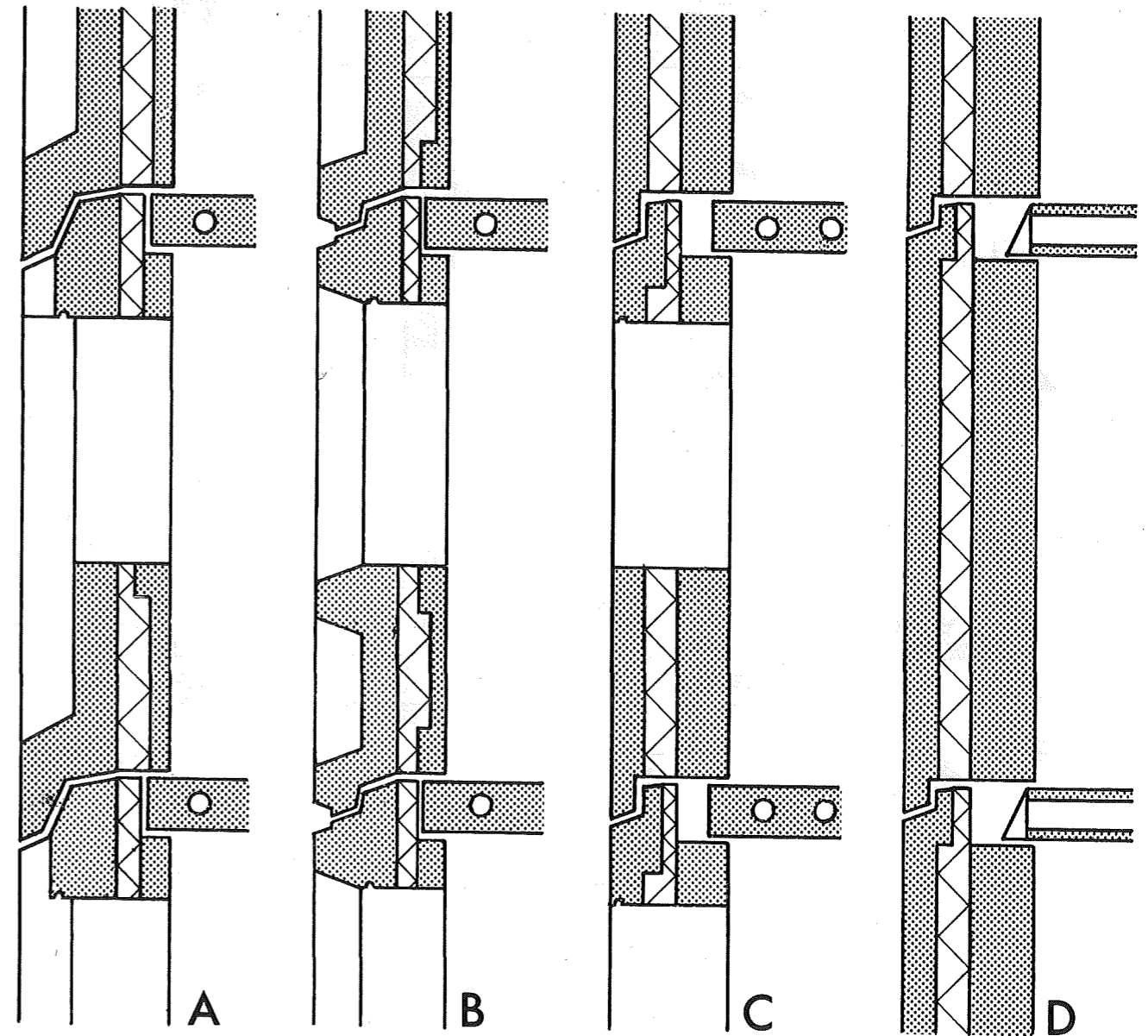
- Rumstore facadeelementer med indbygget vindue.
(Figur 211 F og figur 213 C.)
- Betonbrystninger med "vinduesbånd" af træelementer eller lign.
(Figur 211 C, D og figur 214 A, B.)
- Etagehøje, ikke rumbrede facadeelementer, evt. med vinduer.
(Figur 213 D.)

Type a. og b. er fra et montagesynspunkt ikke ligeværdige.

Den rumstore facade giver færre elementer og færre fuger og således den billigste og hurtigste montage. Til gengæld er elementerne tungere, hvad der kan være af betydning ved meget store betonfacader. De har en større vindflade, hvad der i reglen kun spiller en rolle ved lette facaders montage i blæsevejr. Kraner kan normalt alligevel ikke benyttes ved vindstyrker over 7.

Vinduet indgår i det rumstore facadeelement, d.v.s. at der er en klar adskillelse mellem de forskellige fugetyper: Vinduets egne fuger (oplukkelige/faste rammer). Vindueselementets fuger mod det omgivende betonelement. Fugerne mellem betonelementerne, lodrette ud for vægge, vandrette ud for dæk. (Figur 211 F.)

Betonbrystningen med vinduesbåndet (figur 211 C) giver en række forskellige, blandede fugetyper: To slags vandrette fuger (over/under brystning mod vinduesbånd). To slags lodrette fuger (mellem betonbrystninger og mellem snedkerelementer). De lodrette fuger mellem snedkerelementerne har endda to varianter, de der ender på brystningens overside, og de der ender (fortsætter) i betonbrystningens fuger.



Figur 213: Lodrette principielle snit i betonfacadeelementer.

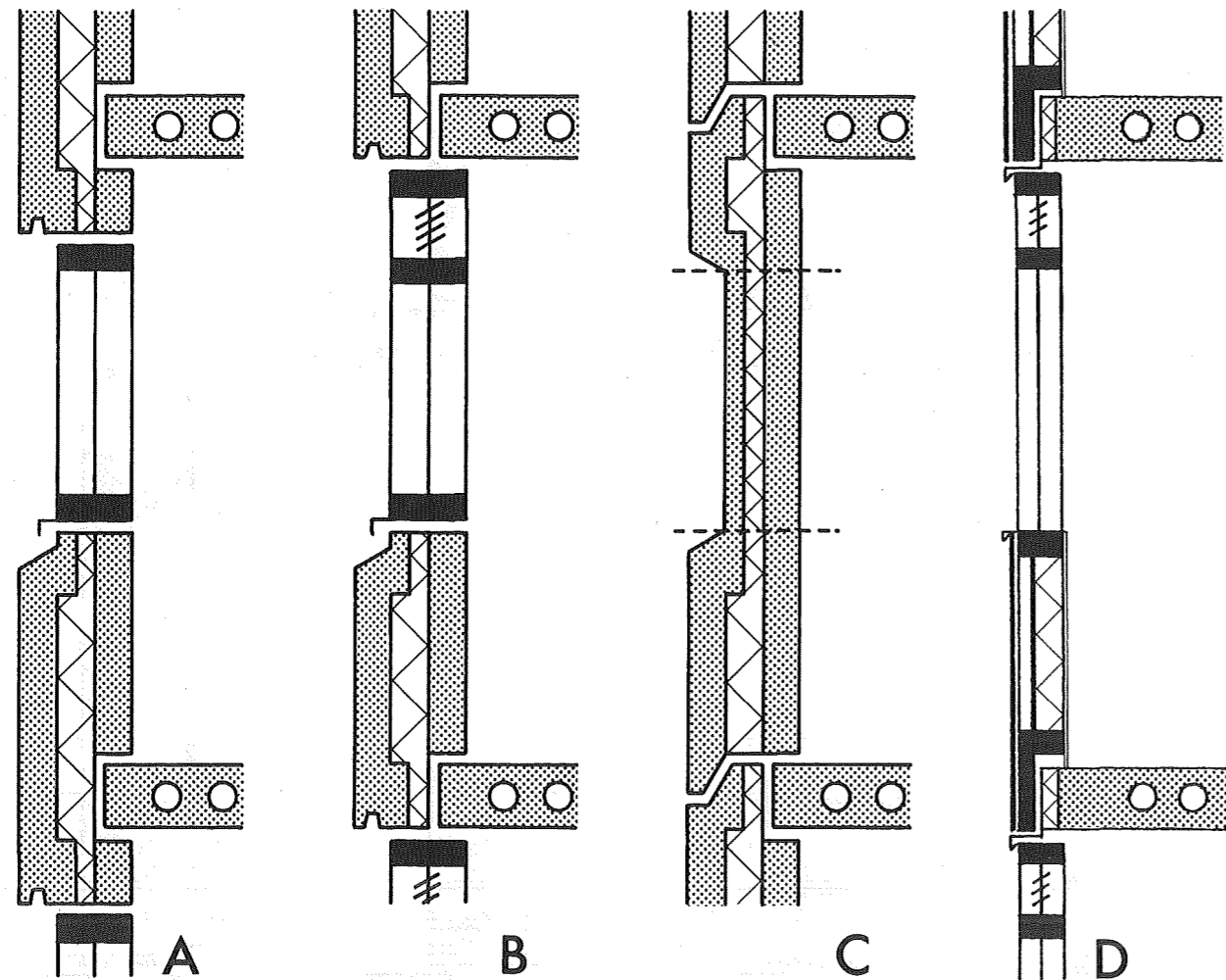
(Ikke i mål. Tykkelserne er for store i forhold til højden. Vindue, fugematerialer og udstøbninger m.v. er ikke vist.)

- A og B Udvendig afstivende skive.
(Smlgn. figur 211 B og eksemplerne figur 422 - 426.)
- C Indvendig afstivende skive.
(Smlgn. figur 211 F og eksemplerne figur 401 - 415.)
- D Bærende facade (indvendig skive) eller gavl.
(Smlgn. eksemplerne i figur 407, 408 og 412 - 415.)

A og B kan ophænges som vist på figur 215 A eller figur 423 og 425.

C kan ophænges som vist på figur 215 B og C, eller figur 403 - 405.

Bemærk, at der overalt er vandnæser over vinduet.



Figur 214: Betonsandwichelementer og let træskeletelement.

- A. Betonbrystning med nedragende flig.
(Smlgn. figur 211 D.)
- B. Som A, men mere produktionsvenlig brystning og montageprincip.
(Smlgn. figur 211 C)
- C. Rumstort betonelement med brystningsbåndvirkning.
(Smlgn. figur 211 E.)
- D. Let træskeletfacadeelement.

Hvis de lodrette fuger mellem betonbrystningerne ikke flugter med en eneste fuge mellem snedkerelementerne (som figur 211 D antyder) bliver løsningerne endnu mere komplicerede - og man må iøvrigt mistænke konstruktøren for at have skabt flanketransmission mellem naborum, indtil en nærmere analyse af snedkerelementet foran tværvæggen viser, at der - forhåbentligt - ikke er et lydproblem.

Af fugeproblematikken fremgår det også, at montagen er besværligere ved betonbrystninger: Der må være mange slags samlinger, beslag og justeringsanordninger. Der er flere elementer. Der er to slags elementer, der leveres fra to fabrikker (efter en tidsplan) og som monteres af to sjak, måske to faggrupper.

Iøvrigt kan man camouflere en rumstor facade som en betonbrystning med vinduesbånd ved at benytte to slags overfladebehandling, i brystningshøjde, og ud for vinduerne - og ved eventuelt at lade de to overflader ligge i hvert sit plan. (Figur 211 E og figur 214 C.)

Endelig må det nævnes, at en betonbrystning med vinduesbånd burde udformes således, at fugen under betonbrystningen/over facadebåndet ligger ud for dækket. (Figur 214 B.)

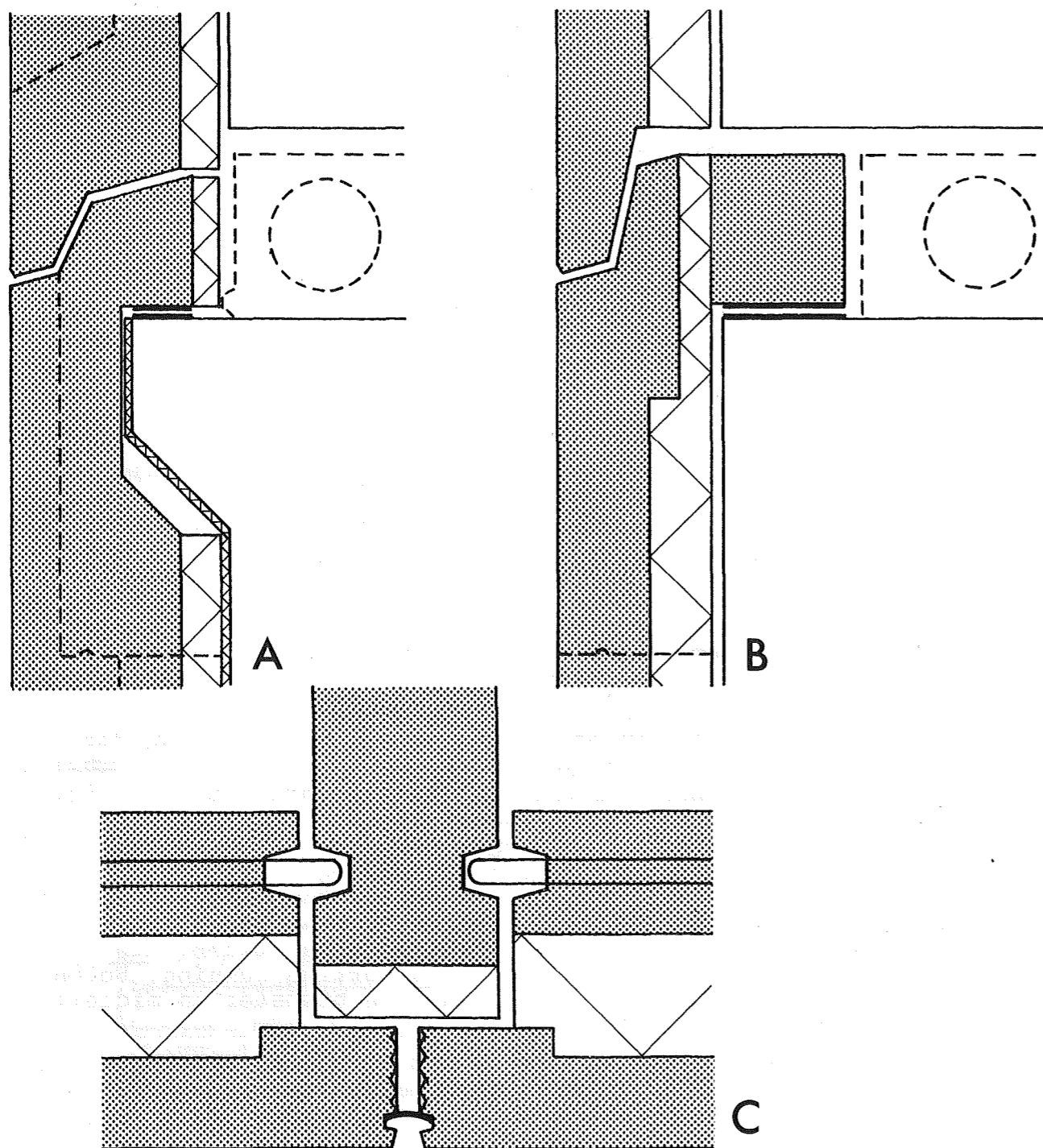
Desværre er der af andre grunde (bl.a. af hensyn til vindueshøjder og -placering, gardinophæng m.v.) tradition for, at betonbrystningen rager neden for dækket. (Figur 214 A.) Herved kompliceres elementerne yderligere: For det første bør brystningen nu ikke have plan inderside, da der derved opstår en vanskelig fuge mellem brystning og dækelement. (Smlgn. figur 216.) Svind, krybning, elastisk nedbøjning og solpåvirkning på brystningen vil give relative bevægelser som gør, at mørtel, betonudstøbning og lign. måske falder ud, revner, drysser etc. Der bliver en lyd- og lugtbro mellem rum over hinanden. Værk er næppe godt nok som fugemateriale, og fugemasser opfylder ikke brandkravene. Man kan da komplicere brystningen ved at lave en slids i den indvendige overflade, hvori dækket går (lidt) ind. Nu er den bærende skive til gengæld svækket eller helt afbrudt. For det andet kan det normale brystningselement ikke benyttes ved tag eller kælder. To variantelementer opstår. For det tredje er husets lukning en langsommelig proces. Vinduesbåndet kan ikke monteres i en given etage, førend brystningselementet i etagen ovenover er monteret, hvilket er særligt galt om vinteren.

Om vinteren er den hurtige lukning af huset af stor betydning. Vægelementerne opstilles og afstives midlertidigt. Dækkene oplægges. Fugearmeringen udlægges. Nu kan dæk- og vægfuger udstøbes, hvis klimaet er godt nok. Om vinteren ved temperaturer omkring frysepunktet eller lavere, er tilsætningsmidler til små betonmængder uden værdi, hvis de omgivende elementer ikke er opvarmede. Elektrisk fugeopvarmning er normalt for dyr og kompliceret, men metoderne er under udvikling. Hvis facaderne kan monteres, så huset er lukket, kan midlertidig opvarmning etableres, således at udstøbningsarbejdet kan foretages efter 1 døgn forløb. Kontinuert vintermontage er helt afhængig af husets hurtige lukning. Betonbrystninger stopper montagen, hvis man ikke bekoster en midlertidig facadelukning.

Betonfacadeelementer, type c, (figur 213 D) d.v.s. etagehøje, ikke rumbrede elementer benyttes kun, hvor facaden er bærende, da dækelementer normalt ikke kan bære en sandwichfacades vægt. En bærende facade påvirkes af egenvægt, eventuel last fra dækelementer og vindkræfter.

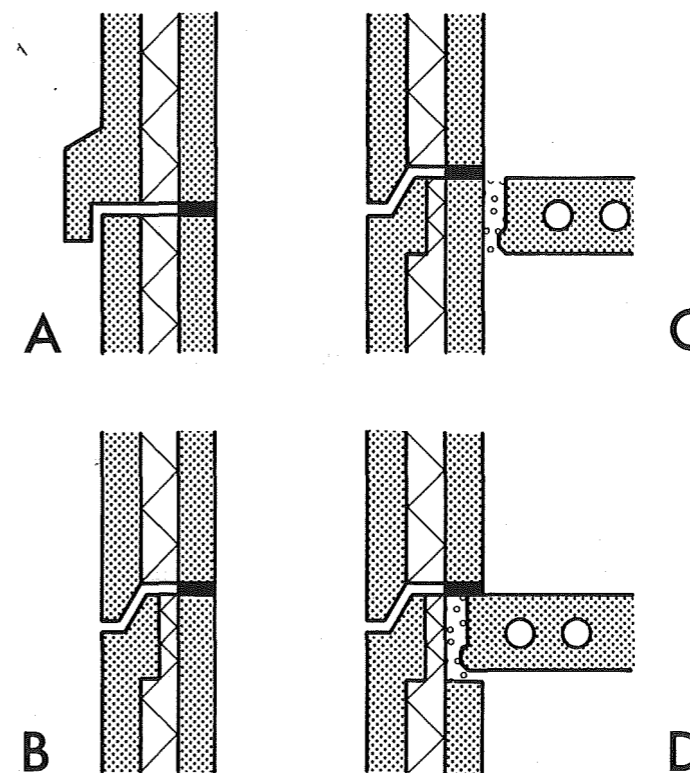
Vindkræfterne overføres til dækskiven. De enkelte facadeelementer er fastholdt til dækskiven. Egenvægt og dæklast optages i facadeelementets indvendige skive. (Udvendig bærende skive ville være utænkkelig, om ikke af andre grunde, så på grund af temperaturbevægelserne.)

En bærende facade er i reglen også en del af husets stabiliserende system (vind og massekraft), svarende til en gavl i et hus med bærende tværvægge. Elementtypen omtales nedenfor under gavle.



Figur 215. Ophængning af betonfacader.

- A. Udvendig afstivende skive. Ophængning på vægknast med neopreneleje til optagelse af vandrette temperaturbevægelser. (Smlgn. figur 213 A og B, 423, 425.)
- B. Indvendig afstivende skive. Ophængt på tværvægge ved "knast" på indvendig skive. (Smlgn. figur 213 C, 403 - 405.)
- C. Indvendig afstivende skive. Dobbeltnoterne fastholder facaden over for vandrette kræfter - og hindrer den i at krumme. U-bøjlerne fastholder udstøbningen og sikrer et rimeligt revneforløb. Løsningen anvendes en del ved betonbrystninger, som står på dækket (hjørneknasternes styrke må eftervises). Ved ophængte facader (B) lukker knasterne ("ørrer") af for fugen foroven, så den ikke kan udstøbes, se dog figur 433.



Figur 216: De vandrette fuger ved betonsandwichfacaden

- A. Angiver det normale princip: Overlappende fuger udvendigt = vandtætning og ventilation af isolering. Vindtætning indvendigt. Den kan være billigere eller dyrere end løsning B(!).
- B. Af æstetiske grunde foretrækkes denne løsning i reglen. Reduktionen i isoleringstykkelse er oftest uvæsentlig.
- C. Den ikke-bærende facade bør normalt ikke forbindes således til dækkene (lyd-, lugt-, brandkrav kan ikke opfyldes, hvis svind o.s.v. kan åbne fugen, se dog figur 433, hvor en række beslag langs fugen låser dæk og facade sammen, og hvor der i øvrigt i praksis blev udført supplerende foranstaltninger.)
- C. Forbedret udgave af C. (Smlgn. figur 213, 214, 402, 412, 414, 425, 433.)

22 TRÆSKELETFACADEELEMENTER. (Figur 214 D.)

Træskeletfacadeelementer er aldrig bærende i fleretagers byggeri. De har en egenvægt, som afleveres til dækket, der må beregnes for denne last. Ved spændvidder over 4 m bliver dækkets elastiske og plastiske deformationer ofte kritiske, især hvis dækket også skal bære "lette" skillevægge.

Facaderne påvirkes af vind, som via det lodrette tømmer og beslag overføres til dækskiven. Mange træfacader er stærke nok, men generende slappe over for vindstød. Problemet melder sig oftere ved klager fra beboere, der bliver nervøse, end i form af egentlige fugeproblemer, bortset fra lydproblemer ved tværvægstilslutninger, hvis der dannes revner ved vibrationerne.

Når såvel egenvægt som vind overføres til dækskiverne, er der ingen konstruktiv begrundelse for at foretrække rumstore elementer fremfor ikke-rumbrede, etagehøje elementer.

Produktionsteknisk foretrak man en overgang de ikke-rumbrede elementer, f.eks. de til Ballerupplanen udviklede elementtyper, opbygget ud fra modulære "standard"elementer i bredderne 90, 120 og 150 cm, hvorudfra en serie varianter for tilslutning til vægforkanter og dækforkanter simpelt kunne fremstilles ved addition af "løsdele" (figur 441 - 449, 451).

Produktionsprincippet er taget fra de i U.S.A. udviklede curtainwalls i stål og aluminium. Håndterlige størrelser for masseproduktion. De amerikanske elementtyper er imidlertid langt enklere end de danske. Der er få varianter, dels fordi elementerne gentages henover store kontorbygningers plane facader, dels fordi elementerne hænger helt uden på dæk- og vægskiverne. Med de i Danmark valgte materialer, ud fra vore funktionskrav og planløsninger og med vort prisniveau, må fugerne ved dæk og væg forbedres som det omtales senere. Vi får derfor flere varianter, og vi skal ydermere slutte facaderne til gavlelementer, altaner o.s.v.

Det må nok erkendes, at et dansk boligbyggeri, uanset størrelse og forenklingsgrad, vil give så mange varianter af modulære, ikke-rumbrede træfacadeelementer, at fremstillingsprocessen snarere vil blive forenklet ved at vælge rumstore træfacadeelementer, hvori til gengæld de enkelte fuger, detaljer, samlinger, komponenter o.s.v. er firma"standardiserede", et synspunkt amerikanerne iøvrigt også hylder for facadeelementer til enfamiliehuse i serieproduktion, såvel for elementer i træ som i stål og aluminium. Det er nemlig i høj grad de enkelte rum, der gentages i et veltilrettelagt projekt.

Træskeletfacadeelementer bør være brugsfærdige af hensyn til husets lukning. De kan volde problemer i blæsevejr på grund af deres store vindflader i forhold til vægten, men dette problem bør løses direkte, ikke ved at montere et halvfærdigt skelet.

Træskeletfacaden er på et enkelt punkt betonfacaden overlegen: Den kan lettere udformes med altandøre. Af hensyn til afformning, transport, stivhed under montagen og de statiske funktioner i det færdige hus, samt af hensyn til en rimelig detailudformning, bør en facade med dør normalt udformes som en lukket ramme, ikke som en portal. Som det f.eks. fremgår af figur 441 - 442, er der normalt kun plads til en konstruktiv forbindelse under døren af yderst beskedne dimensioner: Et stykke tømmer, men ikke en armeret betonbjælke. Er

der tale om franske døre, kan de indpasses i en betonfacade, da man her af brugsmæssige hensyn kan hæve dørens underkant op over gulvniveau.

Bag altaner benyttes i reglen lette træskeletfacader (se pag 52).

Prismæssigt står de to facadetyper generelt ens. Det er væsentligst overfladens pris, der er afgørende. En træskeletfacade kan beklædes med mange, i reglen pladeformede materialer, billige som grå eternit, dyrere (og eventuelt meget dyre) som f.eks. eloxerede/emaljerede (profilerede) aluminiumsplader, endog tynde betonplader med frilagte stenmaterialer! Betonfacadens pris bestemmes primært også af overfladen, fra grå beton til frilagte, importerede stenmaterialer og lign.

23 GAVLELEMENTER. (Figur 213 D.)

Gavlen er normalt opbygget af enten betonsandwichelementer eller af betonvægelementer, som senere skalmures (eller beklædes f.eks. med et træskelet og plader).

Det er karakteristisk for den typiske gavl i det almindelige tværvægshus, at den både er en klimaskærm (facade) og en bærende væg, der medvirker i bygningens afstivende system (vindkraft, massekraft). I den skalmurede gavl er betonvægelementerne bærende, skalmuren klimaskærm. I sandwichelementet opfylder de to skiver hvert sit funktionskrav.

A. Betonsandwichgavlen

er principielt opbygget som betonsandwichfacaden. Dens indvendige, bærende skive er i reglen 15 cm tyk og ligner ganske en 15 cm væg. Lodret selvforskallende, fortandet fuge og etagekryds som for vægelementer.

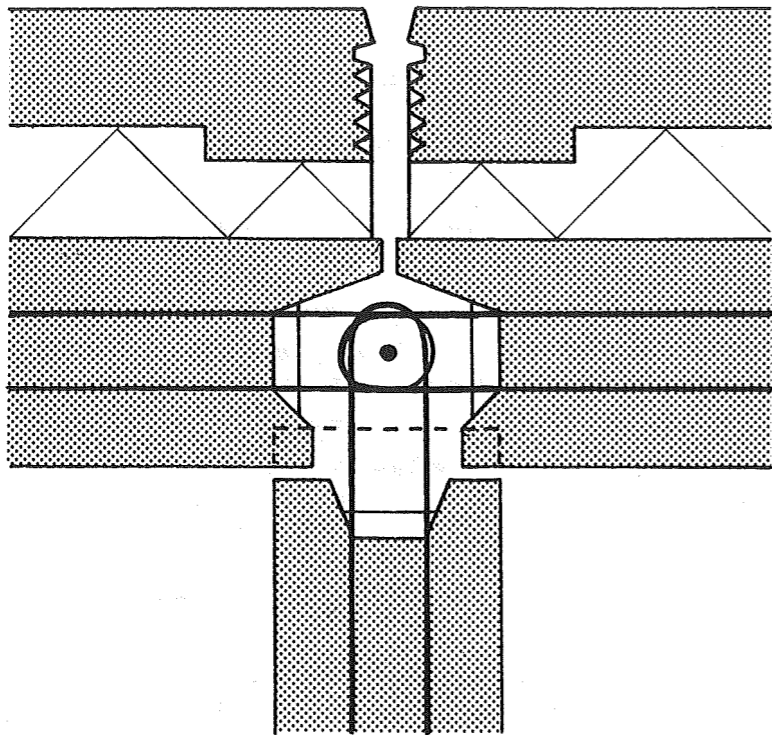
I et hus med bærende tværvægge har gavlens indvendige skive en række statiske funktioner. Den optager bl.a.

- egenvægten og dæklasten (som enhver anden væg)
- vindlasten vinkelret på gavlen, som overføres til dækskiven (som enhver anden facade) og
- sin del af vindlasten på facaderne, idet gavlen virker sammen med de andre tværvægge i det tværstabiliserende system. Gavlen får således en (næsten) ensformigt fordelt, lodret last fra egenvægt og dæklast plus en træk/trykpåvirkning fra vind på tværs af bygningen. Trækket er (næsten) altid mindre end trykket fra egenvægt + dæk og giver ingen særlige problemer.
- I en række almindeligt forekommende tilfælde støder bygningens længdeafstivende væg op til gavlen. Gavlen forbindes da med længdevæggen med en fuge, der kan optage forskydningskræfter ved fortanding og u-bøjler/øjebolte med lodret låsejern, se figur 217 og 433 - 434.

Gavlens lodrette belastning kan da modvirke trækraften i det længdestabiliserende system.

Iøvrigt må det understreges, at når en længdevæg støder op til en tværvæg (en gavlvæg eller en trappetværvæg), etableres der næsten altid en bøjleforbindelse i fugen. I reglen medvirker tværvæggen i det længdestabiliserende system, og forbindelsen dimensioneres herefter. Hvis tværvæggen ikke medvirker, etableres der alligevel bøjleforbindelse, idet to på hinanden vinkelrette vægge vil være vekslende og forskelligt påvirkede (og understøttede), således at en uarmeret fuge ville revne, drysse, give lydbro eller lign. Især ved lejlighedsskel må fugen mellem to på hinanden vinkelrette vægge udformes omhyggeligt.

- e) Gavlens skiveberegning er ganske analog til vægberegningerne, med de tillæg som vind vinkelret på gavlen og forstøbningens ophængning giver. (Gavlen er således ikke en ren skivekonstruktion).
- f) Gavlens enkelte elementer må fastholdes til dæskiverne, og de almindeligste forbindelser er bl.a.: Langsgående armering i dækfugerne føres ind i etagekrydset og ned i gavlens lodrette fuger eller forbindes med etagekrydsets vandrette armering. Løfteboltene i gavlelementet forbinder gavlelementet til det armerede etagekryds.



Figur 217. Forbindelse mellem gavl og længdeafstivende væg.

Den punkterede udformning af længdevæggen ville sikre bedre mod en lydbro mellem naboledigheder.

Gavlelementerne i hjørnerne er det ikke muligt at fastholde ordentligt via etagekrydset til dækfugernes langsgående armering, idet dækfugen langs facaden ikke er armeret. (Fugen er normalt ikke udstøbt, men isoleret mod facaden.)

Gavlelementets yderste hjørne må da forbindes med beslag til dækelementet - eller dækelementet må have en indstøbt u-bøjle (eller øjebolt) som fastholder gavlelementets yderste løftebolt (eller en indstøbt dorn).

Disse samlinger må iøvrigt analyseres grundigt i lys af f.eks. Ronan-Point ulykken i England, hvor en eksplosion i en lejlighed fjernede et gavlelement, hvorefter store dele af gavlen og en række dækelementer i mange etager faldt ned.

Bygningsreglementet angiver for bygninger med mere end seks etager, at et lokalbrud i den bærende konstruktion ikke må føre til fremadskridende sammenstyrtning af bygningen (progressiv kollaps). Bygningsreglementet 1972 og den nye lastnorm DS 410 indeholder de detaljerede forudsætninger for en eftervisning af opfyldningen af kravet, angivelse af et lokalbruds omfang og de kræfter, der skal kunne optages. I almindelighed opfyldes kravet ved etablering af trækforbindelser mellem (alle) elementerne, se eksempelsamlingen, afsnit 43. I jordskælvsområder vil analoge forbindelser - også i lave bygninger - være nødvendige.

Hvis det yderste dækelement er en altan, kan gavlen ikke umiddelbart fastholdes til dækket, se nedenfor under altaner, pag. 54.

B. Den skalmurede gavl er ikke en elementløsning, men da den er populær, bør den omtales kort. Begrundelsen for at skalmure et montagebygget hus er udelukkende teglets æstetiske egenskaber, herunder også folks traditionsbundne opfattelse af teglet som noget gedigent. I et-plans byggeriet er det f.eks. et salgsargument, at et træskelethus er skalmuret.

Prismæssigt, teknisk, vedligeholdelsesmæssigt er skalmuren ikke bedre end sandwichelementet, tværtimod. Patinering af en teglfacade foregår på kendt vis, men om den er smukkere end en veludført, selvrejsende betonfacade, der patinerer væsentligt langsommere, er en smagssag.

Montagemæssigt er skalmuren en belastning for byggeriet. Gavlen er ikke isoleret og vandtæt samtidig med resten af råhuset, men først når skalmuren er færdig, et forhold der ofte sinker færdiggørelsesarbejderne urimeligt. I hvert fald tvinges færdiggørelsesarbejderne ind i en ulogisk arbejdsgang, hvor gavllejlighederne færdiggøres senere end de øvrige lejligheder. De enkelte sjak kan ikke færdiggøre en blok ad gangen, og indflytningen sinkes.

På arbejdspladsen skal der tilføjes en række nye momenter: Stillads, baljer, stentransport o.s.v. Selve opmuringen er i øvrigt ikke noget problem, og resultatet teknisk forsvarligt, forudsat at en række forudsætninger opfyldes: Muren skal mindst opføres af halvsten (108 mm) udført som murværk i klasse A, medens skalmure i bredsten (168 mm) tillades opført som murværk i klasse B. Der skal altid mures med fyldte fuger. Isoleringen skal opsættes, så den bliver på sin plads i 50 år, uden at synke, uden at give sprækker. Dræning af flagregn må etableres. Skalmuren skal fastholdes med trådbindere ("stritter") af korrosionsfast materiale, i en dimension, der (som søjle) kan optage vindtrykket, og som samtidig (ved bøjning i stritten,

kan optage skalmurens temperaturbevægelser. Tegl udvider sig kun ca. halvt så meget som beton. Konstruktionen kan anvendes til skalmure i indtil 25 m højde. En omhyggelig beregning skal foretages. Det væsentligste praktiske problem er imidlertid at få anbragt binderne tilstrækkeligt nøjagtigt, og især at sikre, at binderne i den færdige konstruktion har den rigtige form uden utilsigtede knæk og er ført ind og fastholdt korrekt, ombøjet i fugerne. Både arbejdsudførelse og tilsyn er krævende.

Beregningen kan f.eks. udføres som angivet i SBI-anvisning 101, Trådbindere til forankring af skalmure, 2. reviderede udgave 1976. Beregningerne viser, at en skalmur opført i bredsten kan fastholdes med bindere pr. 150 mm i vandret retning og med en lodret afstand mellem binderrækkerne på 2,8 m, svarende til etagehøjden.

En gavl opbygget af præfabrikerede vægelementer kan således skalmures ved at anbringe binderrækkerne i etagekrydset. I de øverste etager må der dog indføres ekstra binderrækker på grund af det ringe normaltryk i muren, hvorfor facadeelementerne her bliver specialelementer.

Murkronens højde over øverste binderrække må ikke være større end at skalmurens egenlast kan modstå vindsuget. Normkrav anfører, at murkronens højde over øverste binderrække ikke må være mere end 200 mm. I det omtalte eksempel må højden dog ikke være mere end 130 mm svarende til 2 skifter mursten. For at sikre fastholdelse af skalmuren anbefales yderligere at anbringe en ekstra binderrække i øverste skifte.

Forudsætningerne var i øvrigt i eksemplet, at hulrummet mellem skalmur og væg var 12 cm bredt. Stritterne (\varnothing 4 mm, af tinbronze med $E = 1,2 \cdot 10^6$ kp/cm²) skal føres mindst 6 cm ind i hver af de to mure og have ombuk på mindst 5 cm. Udtræksstyrken skal sikres (forsøg). Der henvises til beregningen, idet ovenstående kun er et resumé med talværdier ud fra eet sæt valgte forudsætninger.

Der kan også henvises til det af DIF udsendte tillæg 1 til DS vedrørende skalmure.

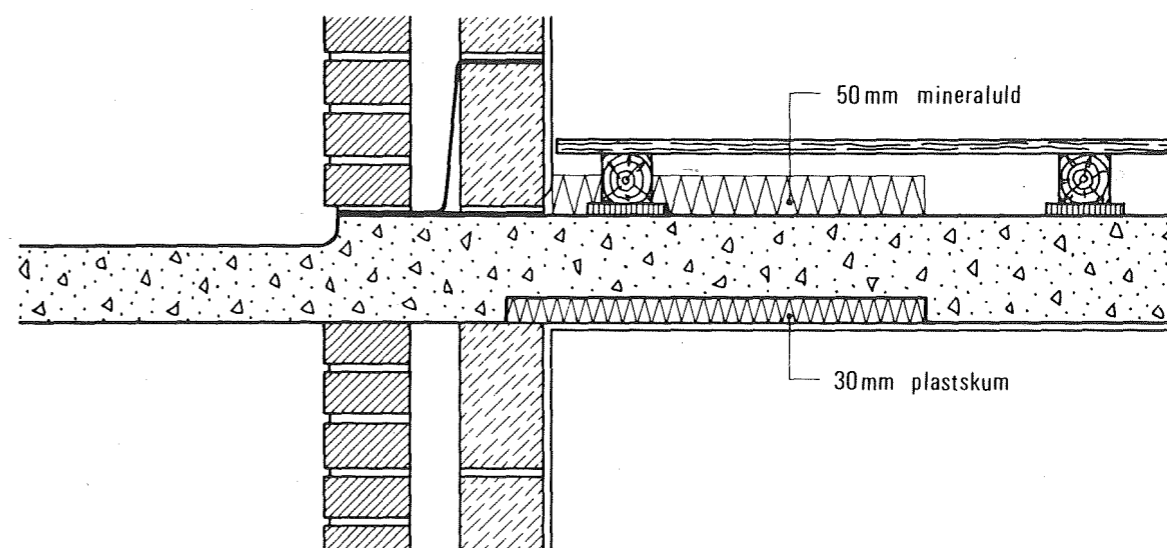
24 ALTANER.

241 Altandækelementer.

Altandækelementet spænder næsten altid parallelt med facaden, båret på vægkonsoller, tværvægge eller selvstændige bærende elementer. Det kan ikke være en udkraget del af de almindelige dækelementer, selv om dette er statisk muligt, idet der derved dannes en kuldebro - og indre spændinger på grund af temperaturdifferenser. Spændingerne (og revnerne) kan man nok holde styr på ved armering, men det må normalt frarådes at søge at mildne kuldebroen ved påklæbet isolering på den indvendige del af dækket, se figur 240. Løsningen har været benyttet i gamle dage ved traditionelt byggeri med på stedet støbte dæk, men erfaringerne er ikke gode. Et betonloft, hvoraf en del er isoleret mod en kuldebro, vil uvægerligt vise et kraftigt farvespring i overgangen mellem isolering og beton som følge af forskellig tilsmudsningshastighed. Isoleringen vil have en tilbøjelighed til at løsne sig, hvis den er påklæbet, idet der dannes kondensfugt i skillefladen mellem isolering og beton. Er isoleringen indstøbt, bliver den normalt hængende, men hvis isoleringen ikke er absolut damptæt, er der risiko for fugtakkumulering.

Altandækelementet bør altså være et selvstændigt element, anbragt helt uden for facadens isoleringslag. Det er belastet af egenvægt og bevægelig last, samt eventuelt af vægten fra altanbrystningen, vind på brystningen etc. Statisk virker det i det væsentlige som ethvert andet dæk, simpelt understøttet på (tvær)vægge.

Altandækket er sjældent hult som de almindelige dækelementer. Da det i reglen ikke har nogen overfladebehandling, og i hvert fald sjældent en egentlig vandtæt belægning, kommer væsentlige mængder vand i kontakt med betonoversiden, der er næsten vandret. Med et hult dæk vil der være stor risiko for, at vandet vil trænge ned i



Figur 240. Ældre form for kuldebroisolering.

Selvstændige altandækelementer må foretrækkes, se teksten.

hulrummene gennem små revner og lign. Fugerne langs altandækelementets ender vil i mange tilfælde blive væsentligt mere komplicerede, hvis sådant vand skal bortledes effektivt, og hvis vandet fylder hulrummet (eller drækanaler), er der en alvorlig frostsprængningsrisiko.

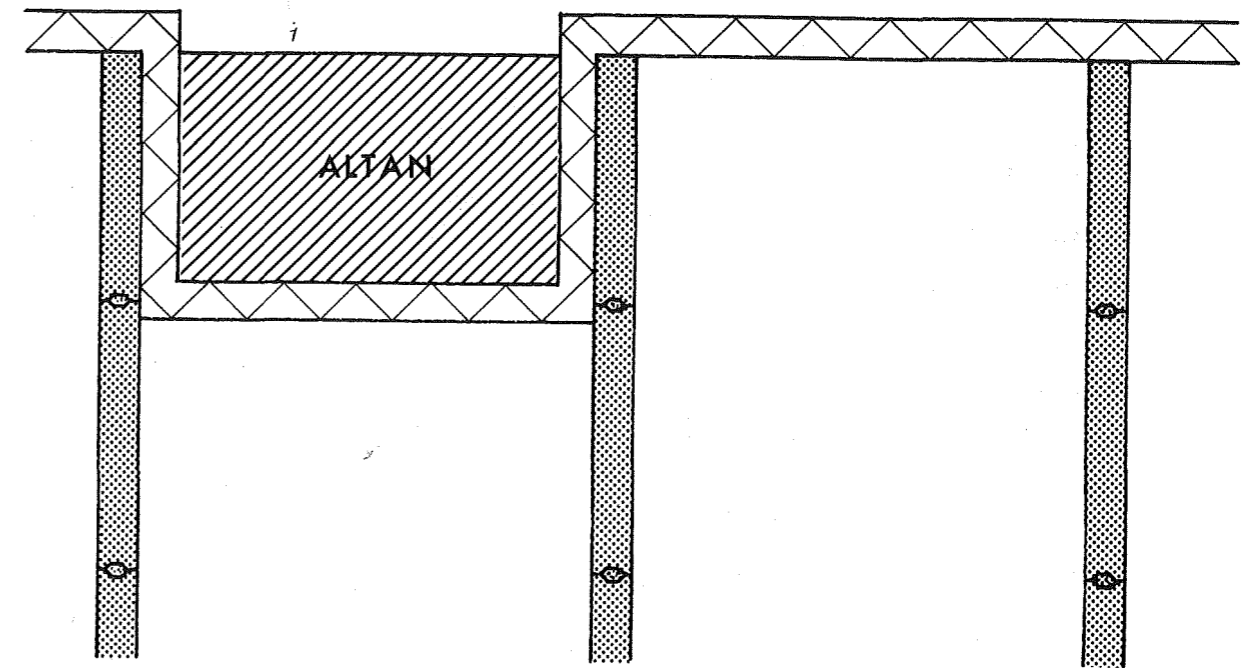
Altandækket er normalt massivt, med plan underside eller med ribber. Oversiden er i reglen ubehandlet og har fald af hensyn til regnvandet. For at overfladen skal blive acceptabel, må dækket støbes med oversiden nedad mod formsiden, et forhold man må tage højde for i tegneteknikken og under fabrikationen, for at man kan undgå spejlvendte placeringer af afløb og armeringsnet anbragt i den gale side af elementet (overside i fabrikationen = underside i konstruktionen).

Altandækket har i reglen tværfald (vinkelret på bygningen). Man har hidtil ofte ledet regnvandet udad (i de kommuner hvor dette er tilladt). Det bliver mere og mere almindeligt at lede regnvandet via afløb til faldstammer, placeret langs facaden.

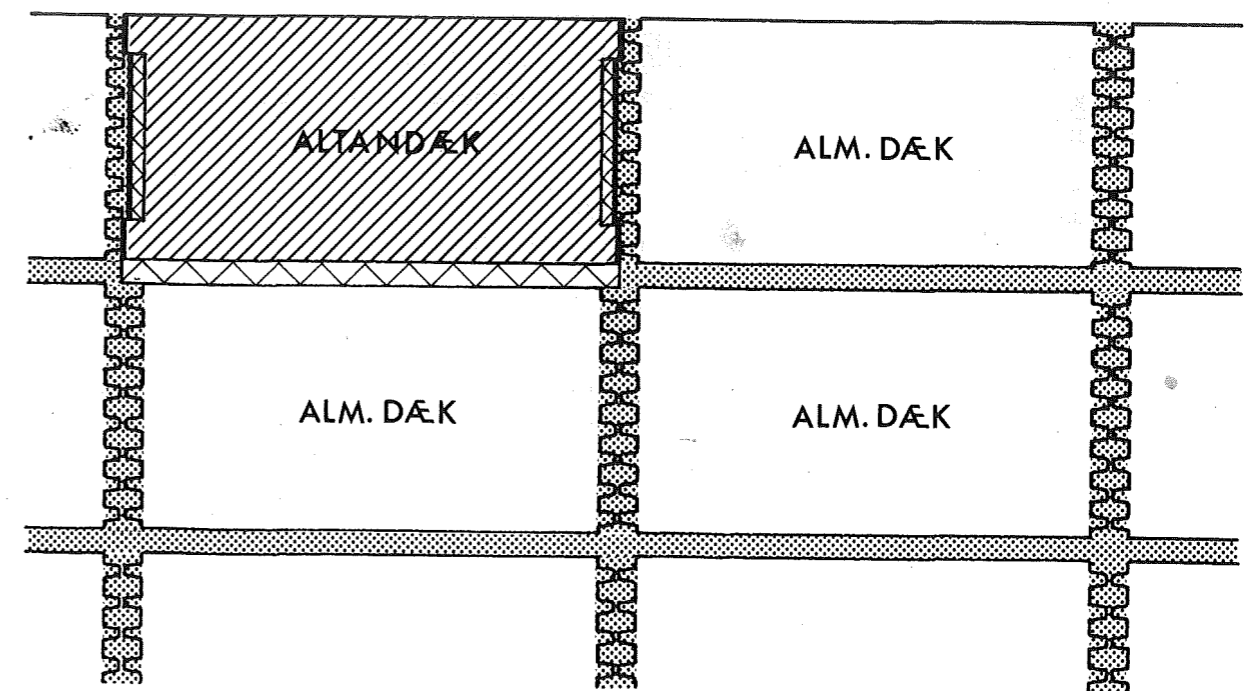
Det er meget vigtigt, at man gør sig klart, at det normale afløb kan blive forstoppet af blade, bolde og lign. Man må derfor udforme altandækket således, at opstuvet vand ikke kan løbe ind i huset. Hvis altandækket f.eks. har hulkehl langs alle 4 sider, skal (en del af) hulkehlen langs brystningen være lavere end de øvrige hulkehle, og brystningen tilsluttet således, at det opstuede vand kan løbe bort her. Da de fleste altanplader har fald udad, bliver hulkehlen langs facaden oftest så høj, at der bliver en ubehagelig højdedifferens mellem det normale, danske bølgeparketgulv (10 cm over betondækket) og altandækkets overside. Man må enten affinde sig hermed (normalt) - eller lægge et "overgulv", f.eks. af trykimprægneret træ, på altanen (lejligheder for kørestolsinvalidere etc.).

Iøvrigt bør hulkehleens højde langs altansidevægge om muligt udformes således, at disse tværvægselementer kan understoppes, uden at de må udformes som specialelementer med en særlig (lavere) højde.

Altandækkets temperatur følger udeklimaet. Det må derfor oplægges, så bevægelserne kan optages, se figur 241, der viser, at dækket er oplagt med dilatationsfuger langs een (eller to) endeflader, at dækendeflader er isoleret, at dækfugen mellem altan- og normaldæk er isoleret, og at de eneste kuldebroer er de fire bæreknafter for dækelementet.



VANDRET SNIT I VÆG OG FACADE



Udstøbte og armerede dækfuger og etagekryds

PLAN AF DÆKFUGER M.V.

Figur 241. Indbygget altan.

Altandækket har dilatationsfuge langs en (to) endeflader.

242 Altanbrystninger.

Altanbrystninger udføres af beton, jernskelet, træ, eternit etc., eventuelt i kombination. De tunge brystninger, i beton, giver en række problemer. Vægten øger påvirkningen på tværvægskonsoller. Betonbrystninger er de sværeste at "indspænde" (udkrage) fra dækene, og de fastholdes derfor i reglen for enderne til tværvægge, konsoller, søjler eller lign., hvor fugen må udformes, så temperaturbevægelserne kan optages.

I eksempelsamlingen er vist nogle eksempler på forbindelsesmuligheder, se figur 409 - 411.

243 Altandækkets understøtning.

Den indbyggede altan understøttes på tværvæggene, som skal isoleres på den mod altanen vendende side. (Figur 241.)

Den fortløbende altan kan være en altangang, der giver adgang til en række lejligheder fra et fælles trappehus, en løsning der ofte anvendes i højhuse for at begrænse antallet af elevatorer. Der kan henvises til Bygningsreglementet, bl.a. til §§ 4.1 og 6.9.4 om adgangsveje, hensyn til bevægelseshæmmede, flugtveje og luftsluser. (Altanen fungerer eventuelt som luftsluse i huse over 8 etager.)

Den fortløbende altan kan også være en række private altaner, adskilt enten af bærende vægge eller af lette skillevægge, afhængigt af altanens understøtningskonstruktion.

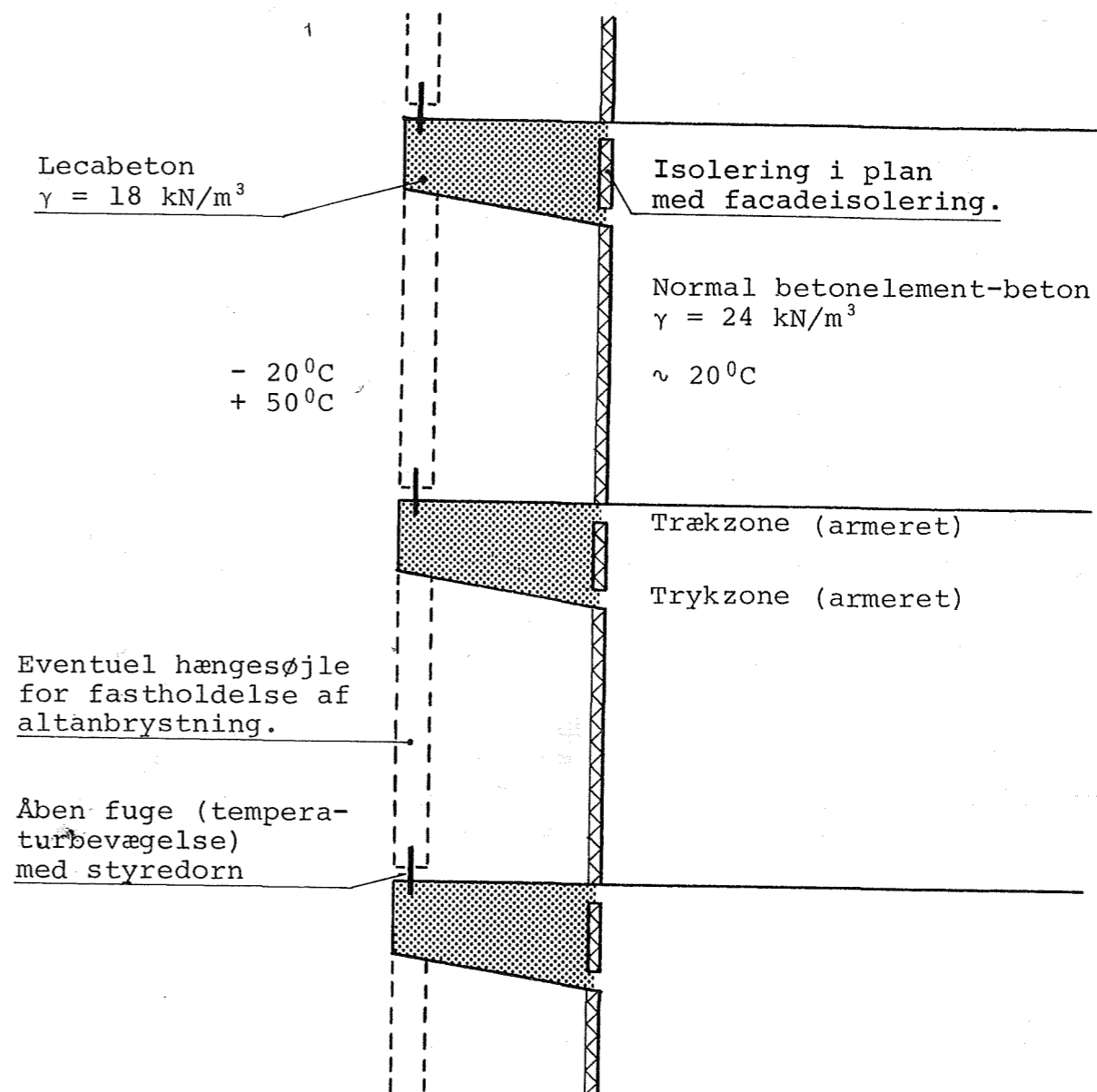
Den fortløbende altan understøttes enten på konsoller, udkraget fra vægelementerne, eller på selvstændige altanvægge.

Altangangskonsoller kan f.eks. være udformet som vist på figur 242 fra Gladsaxeplanen.

Konsollen er en kuldebro, men virkningen er reduceret på to måder, der tilsammen giver et acceptabelt resultat og en dyr produktionspris. (De selvstændige vægge er billigere, men beslagene er dyre.)

- Konsollen er udført i tæt lecabeton - rumvægt 18 kN/m^3 og $\sigma_T = 24 \text{ N/mm}^2$. Dette giver i sig selv en væsentlig forbedring af temperaturforløbet, i forhold til forholdene ved en betonkonsol på en betolvæg. Skillefladen mellem konsollens lecabeton og væggen jernbeton ligger ud for facadens isolationslag. Da lecabetons varmeledningsevne ved $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ er ca. halvdelen af betons, vil en større del af temperaturændringen finde sted i lecabetonkonsollen, en mindre del i betolvæggen. Den indvendige overfladetemperatur er om vinteren højere på en væg med lecabetonkonsol end på en væg med betonkonsol.
- Konsollen er kun forbundet med væggen gennem to små betontværnsnit, omkring trækjernene foroven og trykjernene forneden, og er ellers adskilt fra væggen med isolering i plan med facadens isoleringslag. De små kuldebrotværnsnit, forbundet til den store væg, hæver ligeledes overfladetemperaturen på væggen.

Konsolløsningen er naturlig, hvis der er tale om en altangang. Benyttes der altanbrystninger af beton, bliver konsollens højde kritisk, selv ved en altangang af minimumsbredde, allerede ved spændvidder omkring 4,5 m. Altanpladernes tykkelse kan ikke medregnes



Figur 242. Vægkonsoller for fortløbende altangang.

i konsollens nyttehøjde, da der er glideleje, neoprene eller lign. Altanbrystningen kan tænkes fastgjort til altandækket, men i reglen foretrækker man at fastgøre den til konsollen (smlgn. figur 409-411). En ofte anvendt løsning er da at forsyne konsollen med en "hængesøjle", til hvilken brystningen fastgøres. Søjlen fremtræder som en søjle, men er i realiteten en lodret nedragende bjælke, udkraget fra den udkragede konsol. På grund af temperaturbevægelserne kan en søjlerække i facaden ikke være bærende og forbundet til den fra vægskiverne udkragede konsol, og fugen mellem søjleunderside og dækoverside/konsoloverside er da også åben, kun er søjlen forsynet med en styrende dornforbindelse til konsollen.

Hvis en fortløbende altan opdeles i private altaner, vil man idag ikke benytte konsoller. Opholdsaltaner er nu 1,80 m brede eller mere, og en konsol ville derfor blive for høj til at tillade passage mellem to altaner, hørende til samme lejlighed, subsidiært se unaturligt høj ud i forhold til den lette skillevej mellem to naboaltaner. Minimumsbredden af en opholdsstue er 39 M, og den dimensionsgivende altan er - mindst 3,9 x 1,8 m. Man vil benytte den på figur 475 viste løsning eller benytte selvstændige altanvægge.

Selvstændige altanvægge kan opbygges af relativt normale tværvægge - eller af søjleæg, hvor to altaner hører til samme lejlighed. Væggene er, som altanerne, uisolerede og ændrer temperatur med klimaet. (Figur 243.)

Altankonstruktionen består da af altandæk, med temperaturlængdeudvidelser i forhold til altanvæggens centerlinier, og af altanvægge med temperaturhøjdeudvidelser i forhold til råbygningen. Altandækket kan da f.eks. låses til en væg i den ene ende og have et "glideleje" for bevægelser parallelt med facaden i den anden ende.

Væggene skal stabiliseres i bygningens længderetning og holdes indtil råhuset. Dette kan f.eks. ske ved i hvert etagekryds at forbinde altanvæggens etagekryds med tværvæggens etagekryds ved hjælp af fladjern med største dimension vandret. Altangangens lodrette last optages i væggene. Vandrette kræfter vinkelret på facaden optages i fladjernet (søjlevirkning). Vandrette kræfter parallelt med facaden optages ved forskydning/bøjning i fladjernet. Væggens temperaturudvidelse optages ved bøjning i fladjernet. Altangangen er stabil.

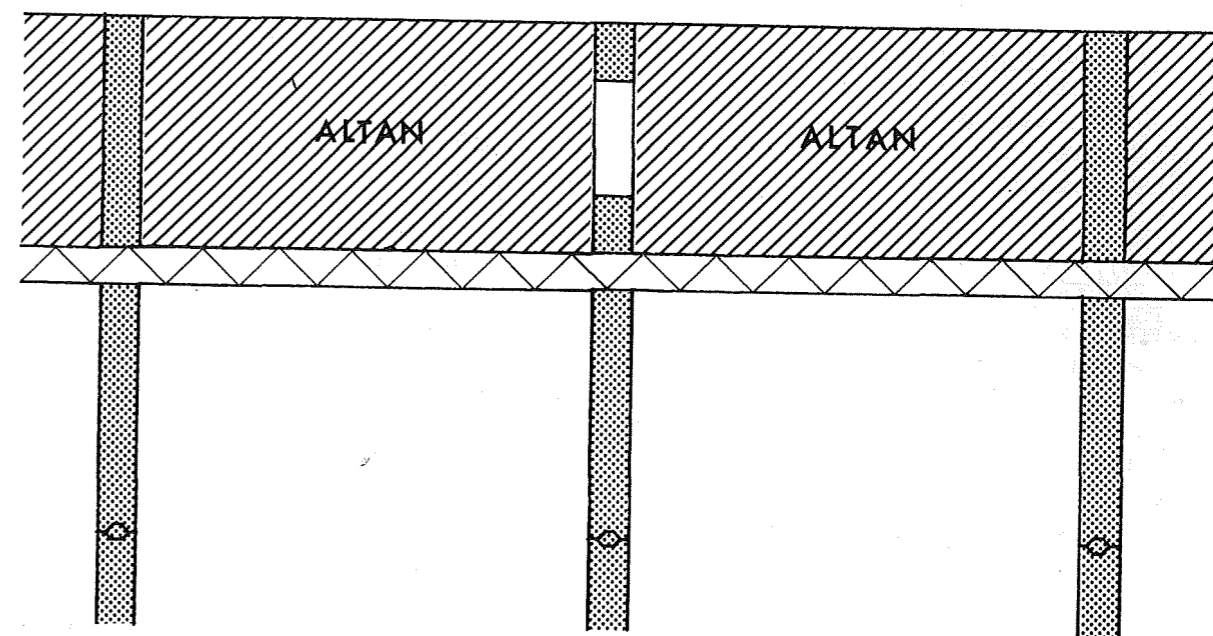
Fladjernene skal naturligvis være "absolut" korrosionsfaste, og er iøvrigt i reglen ikke af rustfrit stål, men af en legering med lavere elasticitetskoefficient.

Vindlasten bør bestemmes ved vindforsøg, specielt kan forholdene omkring gavlhjørnet ikke skønnes umiddelbart ud fra belastningsforskrifterne.

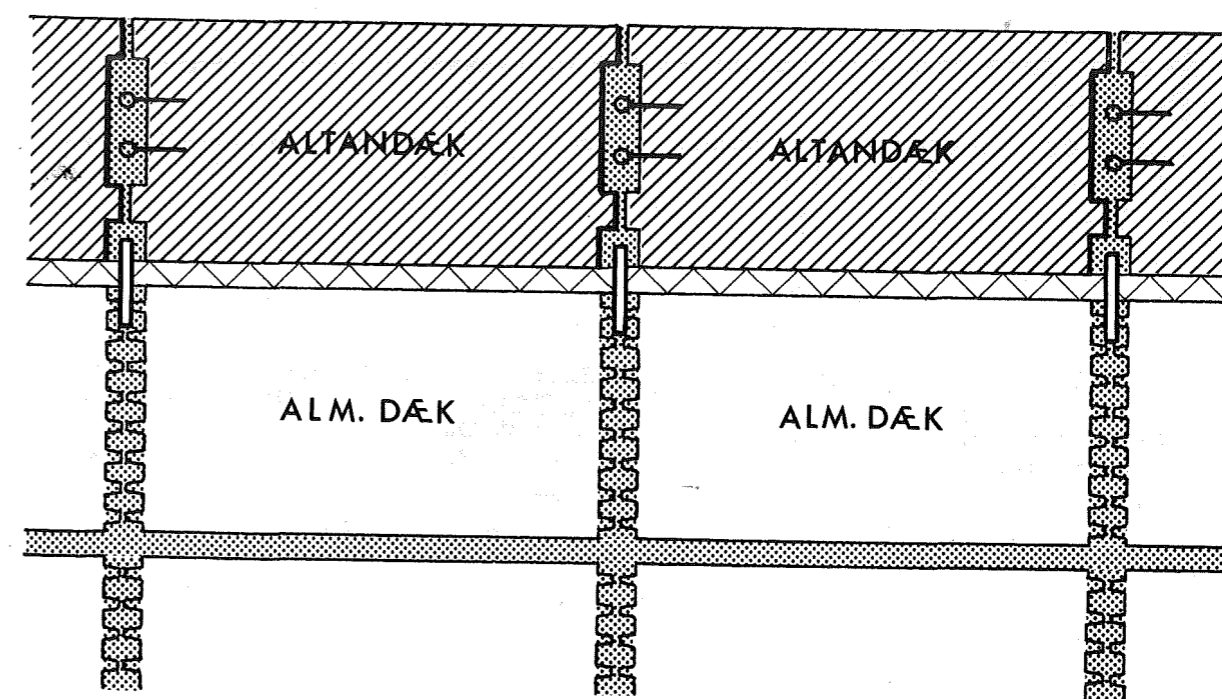
Principielt kunne man også vælge at fastholde altandækkene, hvorved altanvæggene ikke behøvede at stå i takt med tværvæggene. Temperaturudvidelsen af dækkene - og af en eventuel betonfacades ydre betonskive - i forhold til råhuset ville begrænse mulighederne, og iøvrigt give en række vanskelige fuger.

244. Facaden bag altanen.

Denne facade er i reglen en træskeletfacade, som lettere kan monteres og justeres i forhold til de omgivende tværvægge, dæk og altaner, og som lettere kan udformes med altandør (se pag. 43). Altandøren kan dog også - ved indbyggede altaner - sidde i tværvæggen. Tværvæggens isolering etableres ligeledes i reglen ved træskelelementer.



VANDRET SNIT I VÆG OG FACADE



Udstøbte og armerede dækfuger og etagekryds

PLAN AF DÆKFUGER

Figur 243. Fortløbende altan.

(Altangang eller (som vist) inddelt i private altaner.)
Altandækkets dilatationsfuger er vist med kraftig streg.
Smlgn. figur 244.

245 Altan ved gavlhjørnet.

Ved fortløbende altaner (private eller altangange) er konsolløsningen mulig i hjørnet mellem altan og gavl, særligt da konsolhøjden her kan øges uden gener

De selvstændige vægge er en anden mulighed. I begge tilfælde må de ofte ekstraordinært store vindpåvirkninger fastlægges ved forsøg.

Ved indbyggede altaner bliver forholdene betydeligt mere komplicerede. Altanpladen er da eventuelt understøttet på en bærende tværvæg (isoleret "altanflunke") og på en væg, der er en forlængelse af de normale gavlelementers indvendige, bærende vægskive (figur 244). På ydersiden er det i reglen naturligt af arkitektoniske grunde at isolere denne del af gavlen på normal vis med mineraluld og udvendig betonskive. Den indvendige mod altanen vendende side må også isoleres, f.eks. ved en på stedet opsat træskeletbeklædning, svarende til den sædvanlige isolering af altanflunkerne. Skalmur og præfabrikeret beton er dyrere og vanskeligere muligheder for isolering af tværvæggen.

Vægdelen er således isoleret på begge sider - men tilføjes den ved sin kontakt med den normale vægskive så mange kalorier, at isoleringen kan holde dens middeltemperatur tilstrækkeligt nær råhusets middeltemperatur? I modsat fald vil altanens understøtning få revner i fugen mod gavlen.

Mindre bevægelser kan vel optages af armeringen i etagekrydset, men der er fare for korrosion eller brud ved større temperaturbevægelser.

Problemet er iøvrigt det samme, hvor to indbyggede altaner støder op mod hinanden. Den mellem altanerne stående forlængelse af tværvæggen må isoleres på begge sider.

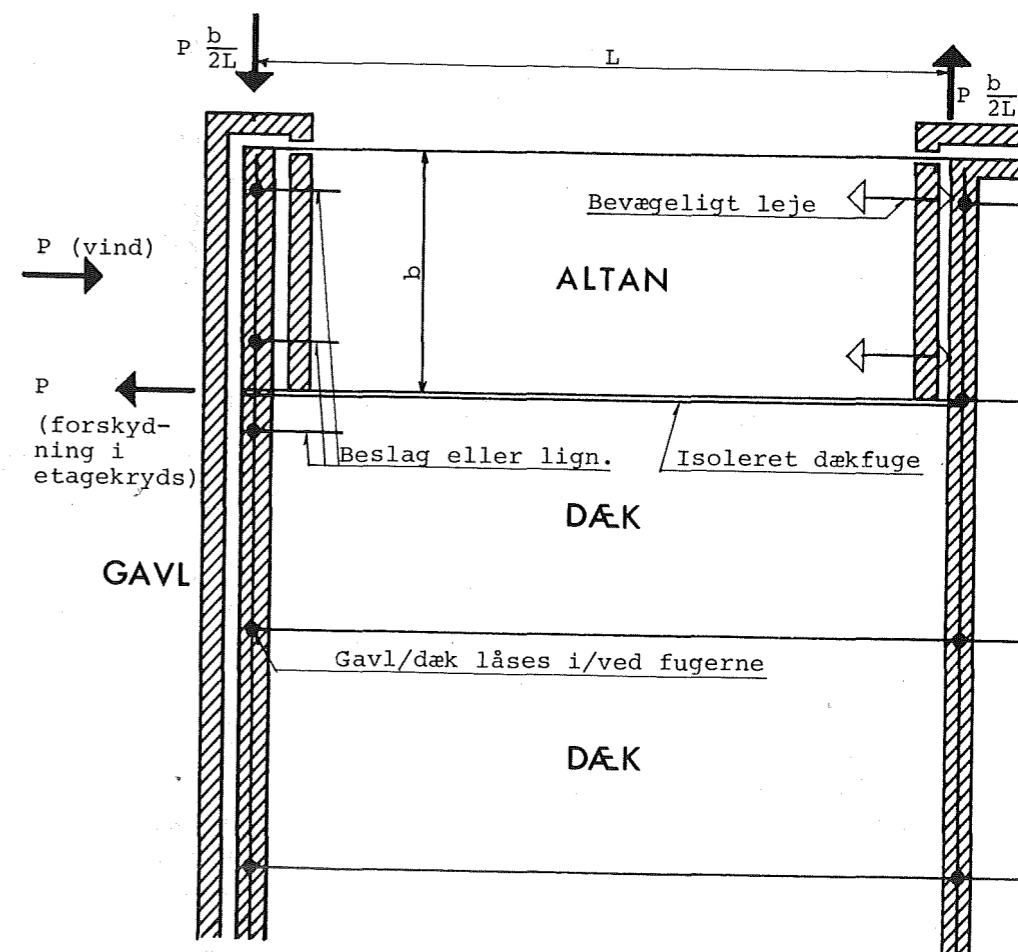
Løsningen er blevet anset for forsvarlig ved 120 cm brede altaner. Idag er altaner mindst 180 cm brede, og løsningen bør nok ikke anvendes, i hvert fald ikke i højere byggeri.

Brede, indbyggede altaner bør antageligt understøttes på selvstændige vægge ved hjørnet gavl/altan og mellem to altaner, hvor de selvstændige vægge fastholdes f.eks. som omtalt ovenfor. Isoleringen kan spares. En indbygget altan er da understøttet på en væg, hvis højde er bestemt af udetemperaturen og på en isoleret, temperaturuafhængig tværvæg. Bevægelserne kan sagtens optages i de forskellige fuger langs dækkets kanter ved en fornuftig fugeudformning - og niveauforskellene kan ikke ses. Da altanfløbenes faldstammer idag er af plast, opstår der ingen problemer, da muffesamlingerne er indrettet på at optage bevægelser og drejninger.

En dobbeltisolering er naturligvis en lille fordel, da man derved kan reducere temperaturudvidelserne noget. Ofte vil æstetiske hensyn - alle altaner bør fremtræde ens - føre til, at altangavlsvæggen isoleres som de øvrige altaner.

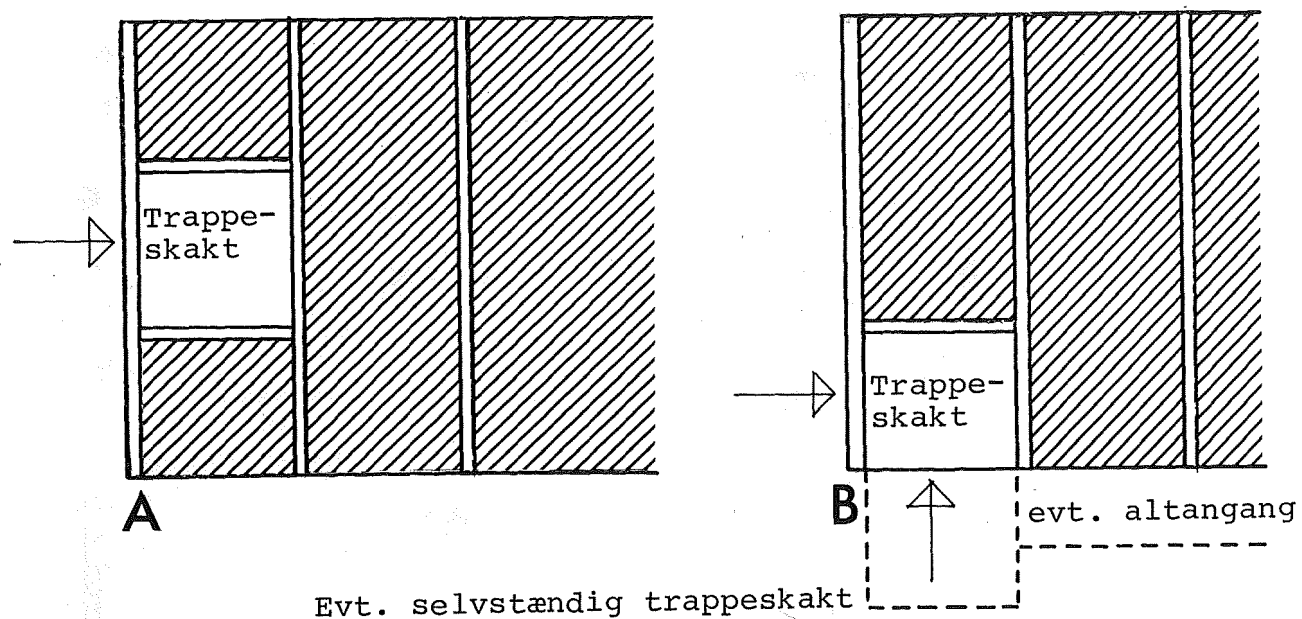
Gavlens stabilitet i altanhjørnet kræver en nærmere undersøgelse:

1. Ved selvstændige vægge er stabiliteten opnået f.eks. ved de ovenfor omtalte fladjern, slappe for bøjning om en vandret akse (temperaturbevægelser) stive for bøjning om en lodret akse (vind på altan/gavlhjørne).



Figur 244. Altandæk ved dobbeltisoleret gavl. (Smlgn. figur 243.)

2. Er altanen understøttet på en dobbeltisoleret del af gavlens bærende skive, er der flere løsninger. En sådan altan er i dag sjældent i Danmark, da den har ringe brugsværdi, hvis den kun er 120 cm bred, og da værdien af dobbeltisoleringen er yderst tvivlsom, hvis altanen er bredere. Den yderste del af den bærende skive holdes næppe "varm nok" set fra et konstruktivt synspunkt.
 - 2a. Det yderste gavlelement fastholdes til den normale gavl ved beslag, ganske som en selvstændig væg.
 - 2b. Det yderste gavlelement fastholdes til altandækket som vist på figur 244. Etagekrydset mellem gavl- og altandækelement indeholder et beslag eller en armering, der forbinder de to elementer. Altandækkets anden ende understøttes på tværvæggen på en sådan måde, 1) at den lodrette belastning overføres (to eller flere bæreknafter), 2) at vandret temperaturudvidelse parallelt med facaden tillades (f.eks. neoprene under knasterne), og 3) at dækelementet ikke kan forskydes vinkelret på facaden (udstøbt, armeret etagekryds, knasterne strøget med varm asfalt på sidefladerne). Vindkraften vinkelret på gavlelementet overføres da til den normale gavl og den indvendige dækskive som forskydning i gavlens armerede etagekryds, og momentet fra vindkraften optages som to lige store kræfter, vinkelret på facaden i de to etagekryds (gavl og tværvæg).



Figur 245. Trappeskakt ved gavl, stabilitetsproblem.

Visse planløsninger giver problemer af ovennævnte art i andre forklædninger. Et trapperum ud for en gavls midte giver et (mindre) stabilitetsproblem, se figur 245 A, hvor gavlelementerne ud for trappeskakten må sikres ved særlige konstruktioner, når den normale dækskive ikke har forbindelse til gavlenes etagekryds.

Et større trapperum (trappe, elevator) i hjørnet mellem gavl og facade giver et særdeles kompliceret problem, især hvis trapperummet står i forbindelse med en altangang i et højhus (figur 245 B). Man har da: En absolut ustabil gavlskive uden vandret understøtning af dækelementerne, en facade uden vandret afstivning, som skal ophænges på en ustabil gavl, samt en temperaturafhængig altangang, der skal understøttes på en ustabil gavl. Løsningen på problemet er at flytte hele trapperummet ud i et selvstændigt trappetårn eller at flytte trappeskakten bort fra gavlen. En nærmere undersøgelse af danske højhusprojekter viser - på skitsestadiet - mange trappeskakte ved gavlen, mens der, så vidt jeg ved, aldrig er monteret et sådant højhus. Forholdsregler mod progressiv kollaps og/eller vindbelastningsforskrifterne kan ikke opfyldes, medmindre man enten tilføjer væsentlige, på stedet støbte konstruktioner, særlige bjælker langs facade og etagekryds, eller udnytter trappen som stabiliserende element. Løsninger, der er stærkt fordyrende i montagebyggeri, som komplicerer trappe-elevatorløsningen unødigt, og som giver en ringe lydisolation (trapper bør lægges på neoprene).

25 FACADER OG ALTANER VED TERRASSEHUSE OG LIGN.

1950-60'ernes industrialisering af boligbyggeriet var baseret på en rationalisering af projektering og udførelse, der gav en række, teknisk-/økonomiske resultater. Den umiddelbare rationaliseringsgevinst var en halvering af antallet af mandtimer pr. m² og en besparelse i kr/m² for boliger af samme kvalitet (korrigeret for et hastigt voksende prisindeks). En sekundær virkning var, dels at økonomiske analyser af alternative løsninger fik en næsten magisk indflydelse på beslutningsprocesserne, dels at påviste besparelser ofte blev omsat i kvalitetsudvidelser af teknisk, måske endog statussymbolpræget, karakter. Den voksende tekniske levestandard i almindelighed og det stigende renteniveaus accellererende indflydelse på huslejerne gjorde bedømmelsen af den færdige boligs absolutte og relative kvalitet vanskelig.

Resultatet er, at man ved en vis ret kan sige, at industrialiseringens velsignelser er svære at se, og at rationaliseringen har ført til stereotype, plane facader og kranbestemte bebyggelsesplaner med lange, ensartede blokke. Hertil kommer den generelle kritik af huslejeniveauet.

Det er måske mere retfærdigt at kalde 1960'erne for industrialiseringens gennembrudsperiode, og at anse de kommende år for den periode hvor de uomtvistelige produktionskapacitetsmæssige og økonomiske fordele omsættes i boliger, der påny vurderes ud fra en samlet vurdering af psykisk og fysisk klima, inklusive økonomi og opvaskemaskiner.

Der kan henvises til en omfattende litteratur, med bl.a. sociologer, læger, klimaforskere, arkitekter og byggeforskere som forfattere, med nøgleord som miljø og menneskevenlige boliger.

De ingeniørmæssige problemer, der er en følge af boliganalyserne, omfatter bl.a. det fysiske indeklima. Også for "facadelementer" vil der opstå nye problemer, og i hvert fald nye og mere komplicerede problemkombinationer.

Som et eksperiment er en række projekter f.eks. blevet udformet som terrassehuse. Umiddelbart betragtet en kompliceret løsning af boligproblemet. m²-prisen er højere end for almindelige lejligheder, hvilket er umiddelbart diskriminerende: Miljø og anvendelighed af altanen vurderes sjældent, og arealet af altaner, terrasser og udestuer, selv de velafskærmede og velanvendelige, medregnes ikke til det boligareal, hvoraf m²-prisen beregnes.

Denne og lignende husformer medfører, at en langt større del af råhusets komponenter får karakter af facader, gavle og altaner, hvorfor en summarisk oversigt over husformens konstruktive problemer må være relevant i en beskrivelse af facadeelementer, uanset at hustypen er ny og næppe tilnærmelsesvis har fundet sin form.

Terrassen er - måske - mere et tilfældigt resultat af den nye boligvurdering. Der er muligvis i vort klima mere hold i "udestuerne", en betegnelse der dækker skærmede altaner af traditionel afstamning, men f.eks. øget i areal til 4,8 x 2,4 m, forsynet f.eks. med skydeglass til forårsbrug, med store blomsterkummer o.s.v. Terrasser og udestuer koster penge, terrasser mest. Værdien må også ses i relation til udnyttelsesmuligheden i det danske klima.

Byggeindustrien nr. 1, 1971, indeholder en første undersøgelse, Terrassens Klima, som viser, at udestuer kan gøres anvendelige i et rimeligt antal timer pr. år ved læskærme, strålevarme m.v. En alt for udstrakt anvendelse af afskærmning mod klima og naboers blikke medfører, at terrassen bliver lukket som en indbygget altan, til en højere pris, ved anvendelse af teknisk vanskeligere bygningsdele.

Ønsket om varieret facadearkitektur giver varierende etageantal, spring inden for den enkelte blok i etageantallet, forskydninger af facadeplanet (langs facaden og vertikalt), mange ud- og indadgående hjørner, inddækningsproblemer m.v. (Se f.eks. pag. 107).

Ønsket om en nærmere kontakt mellem beboerne giver en integration af fællesarealer, butikker, boliger osv., osv., der ligeledes på "tilfældig" vis kombinerer facade typer m.v., samtidig med at interne, delvist åbne adgangsveje, korridorer, halvåbne altangange m.v. skaber "facade problemer" for elementer inden i huset i form af brand- og varmeisoleringskrav.

De tæt-lave bebyggelser i 2-4 etager er en anden, ny linie i boligudviklingen, der ligeledes medfører øgede krav til den konstruktive indsigt og fantasi, og som på facadens områder fører til problemkombinationer af tilsvarende art som i terrassehuset.

I Storbritannien har en række højt industrialiserede boligbyggerier været udformet med "altangange", som mere har karakter af et egentligt vejanlæg, hvor f.eks. mælkeemandens el-drevne bil kan køre, forbindende blokke i forskellige niveauer med udgangspunkt i terræn (især hvor byggepladsen er skrånende). Sådanne løsninger medfører en skærpelse af de omtalte krav til altanganges stabilitet.

Terrassehuset var iøvrigt oprindeligt en boligtype til bjergskråninger. På plant terræn vil den, udover facadeproblemerne, medføre konstruktive problemer i de nedre etager, f.eks. i form af "kolde" søjler, der bærer den ene side af en iøvrigt "varm" konstruktion (se figur 251).

Hustypen er under udvikling, og må anses som et æstetisk - sociologisk - klimamæssigt eksperiment. Det hidtil mest markante eksempel på et præfabrikeret terrassehus findes måske i Canada, Habitat 67, Montreal, se figur 250.

Det amerikanske "Breakthrough" program for boligindustrialisering omfatter adskillige bokssystemer for terrassehuslignende boligformer, hvad der må formodes at bygge på en økonomisk positiv analyse (i modsætning til det canadiske eksperiment).

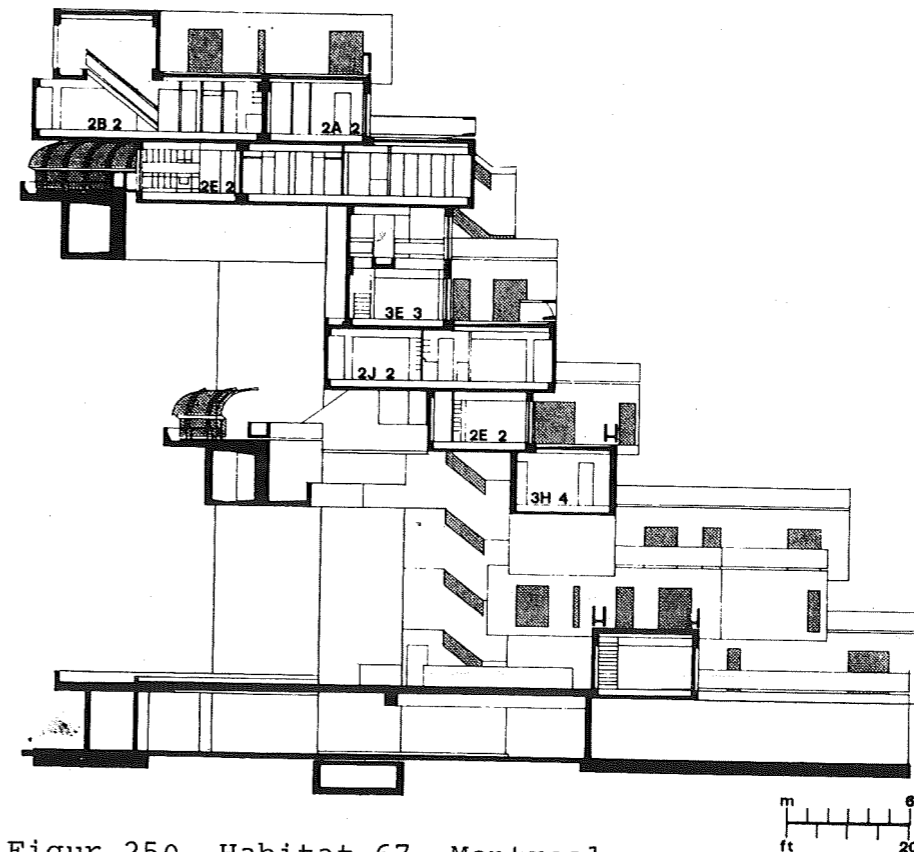
I Danmark må det også overvejes om terrassehusets byggeprogram bør påtvinges vort "normale" tværvægssystem, udviklet til vor traditionelle boligtype.

Den canadisk-amerikanske selvbærende-boks-konstruktion ville i Europa nok være kostbar idag. Den ville give rige, monumentale fleksibilitetsmuligheder i det ydre, men ville låse lejlighedernes flexible indretning endnu mere end vort normale tværvægssystem.

Terrassehusets udvikling synes i dag at være et afsluttet kapitel, i terrassehusets rene form. En lang række tæt-lave projekter (bortset fra traditionelle rækkehuse, der vel også er tæt-lave) indeholder stadig den - efter min mening - tvivlsomme, uoverdækkede terrasse = den uoverdækkede altan.

Skal ønskerne om flexible lejligheder - og storfamilielejligheder, kollektiver o.s.v. - virkelig gøres, bør vi snarere basere os på et rammesystem. (Dette gælder iøvrigt uanset om boligformen i sig selv er traditionel, tæt-lav, terrasseret eller ej, idet rammesystemet er det logiske svar på intern fleksibilitet.)

Plan og snit, 1:600



Figur 250. Habitat 67, Montreal.

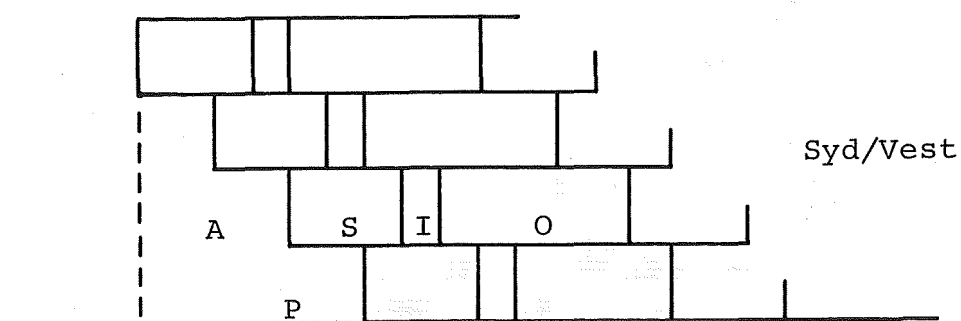
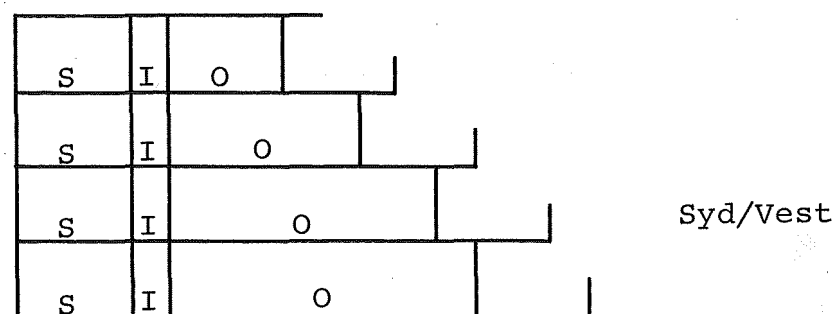
(Arkitekterne Moshe Safdie & David, Barrott, Boulva.)

Karakteristisk snit i boligbebyggelsen. De 354 boksenheder er stablet oven på hinanden i fem halvpyster. De er spændt sammen ved hjælp af lange bolte og støtter sig til tre elevatorårne. Pyramiderne står på et dæk, hvorunder tilkørsels- og parkeringspladserne er placerede.

Figuren viser et eksempel på en hustype, der er helt frigjort fra almindelige konstruktive principper - med et tilhørende sæt ingeniørmæssige problemer.

Byggeriet blev ikke en succes, dels fordi terrasserne var lidet anvendeligt udformede for canadisk klima, dels fordi byggeprisen var uacceptabelt høj, bl.a. som følge af at installationskombinationerne ikke var analyserede, at der benyttedes halvfærdige bokse, at den ydre klimaskærm ikke fulgte boksene, men udførtes individuelt, og at adgangsvejene ikke var løst, men blev opbygget af "tilfældige" specialelementer.

Illustrationen er taget fra Arkitektur, nr. 4, 1967, hvor bebyggelsens princip beskrives og dens arkitektoniske og miljømæssige kvaliteter fremhæves.



Figur 251. En simpel terrassehustype.

Øverst et tværsnit i et simpelt terrassehus opbygget ud fra gængse konstruktionsprincipper: Bærende tværvægge, lejlighedsskel og installationer (I) til bad og køkken lodret over hinanden. Soveværelserne (S) bliver ens i alle etager. Opholdsstuerne (O) vokser fra for små over rimelige varianter til for store. Planløsningerne må bygge på variationer af tilslutningen af køkkenet til installationskernen I, opholdsstuenes format og indføjelser af ekstrarum i opholdssiden.

Forbedringer er f.eks.: Installationskernens lodrette binding ophæves. Tværsnittets konstante form afløses af varierende tværsnit. De enkelte boliger udformes i vinkel om terrassen. Boligerne "stables", som om de lå på en skråning, hvorved der opstår uudnyttede arealer i nord/øst siden, som f.eks. udnyttes til parkering, adgangsveje o.s.v. (Figur 251, nederst.) Herved kan der eventuelt opstå konstruktive problemer med en "varm skive", der bæres over åbne og halvåbne arealer af "kolde" søjler.

I eksempelsamlingen er "Brøndby Strand" et eksempel på en mere avanceret terrassehustype, tillempt danske forhold.

Nyere husformer vil som sagt give nye problemer og nye kombinationer af kendte problemer. Blandt disse problemer kan bl.a. nævnes følgende, der ikke alle er knyttede til ethvert terrassehus, og som for manges vedkommende er mere eller mindre rationelt løst, også i eksisterende, traditionelle bebyggelser og i tæt-lavt byggeri:

- a. Komplicerede altaner, gavle og facader med tilslutningsvarianter ved ud- og indadgående hjørner og frem- og tilbagerykninger af facadeplanet.
- b. Læskærmes udformning og fastholdelse.
- c. Mulighed for bærende system i to retninger.
- d. Facader/vægge/søjler halvt udendørs/indendørs.
- e. Eventuelt varierende væghøjde (eventuelt inden for samme element) i forbindelse med facaden.
- f. Tykke altandæk opbygget à la sandwichelementer (Fugttransport? Kuldebro? Montage? Statik? Afvanding?).
- g. Udendørsklimaundersøgelser og -foranstaltninger.
- h. Installationsproblematik, herunder bl.a. afvanding af terrasser og køkken-bad-kombinationer med varierende placering i de enkelte etager.
- i. Facadefuger i tredimensionalt fugemønster.
- j. Isolerings-, kuldebro- og ventilationsproblematik.
- k. Vægskiver opbygget af kolde og varme dele (eventuelt understøttet på enkelte, kolde søjler).
- l. Parkering under (i) huset.
- m. Brandproblemer ved interne adgangsveje.
- n. Lydproblemer, bl.a. i forbindelse med altaner og interne korridorer.
- o. Vægt af beplantninger, jord m.v.

Nogle løsninger af altanen til terrassehuse vises i eksempelsamlingen, figur 471 - 475.

Endeligt skal det nævnes, at man - uanset hustype - ofte møder solafskærmningen som et konstruktivt problem i forbindelse med facadeløsningen.

FACADEFUGER

31 VIND- OG VANDTÆTNINGSPRINCIPPER.

I indledningen er opstillet en oversigt over facadefugernes funktionskrav. I et efterfølgende afsnit vil disse krav opfyldelse blive illustreret ved en række eksempler.

Erfaringer fra praksis viser, at de funktionskrav, der volder flest vanskeligheder, er vind- og vandtæthedskravene, netop de krav, der især er karakteristiske for facadefugen.

Grundene hertil er dels, at der har været anvendt fugematerialer, der var for dårlige eller for svære at anvende korrekt under de givne forhold, dels at forståelsen for problematikken har været for overfladisk.

En gennemgang af principper og materialer må derfor være på sin plads forud for eksempler fra praksis.

Vind- og vandtæthedskravene.

Kravet om vandtæthed er absolut, i hvert fald kan man kun undtagelsesvis acceptere, at "en anelse" vand alligevel trænger igennem, f.eks. på ubehandlede kælderydervægge i sekundære rum, hvor man normalt accepterer en beskedent fugttransport, så længe fordampningen fra den indvendige overflade ikke giver gener.

Kravet om vindtæthed indebærer kun, at luftgennemgangen skal være så lille, at hygiejniske, komfortmæssige og økonomiske krav tilgodeses i rimeligt omfang, hvilket bl.a. betyder, at man ved gode og billige fugematerialer skal undgå støvtransport, træk og tab af isoleringsværdi ved konvektion i elementets isolering. Hvis facaden og dens fuger ikke giver trækfornemmelser på grund af luftgennemgang, er varmetabet som følge af den minimale luftgennemgang uden betydning. Der kan i denne forbindelse gøres opmærksom på, at et vindue på grund af kuldestråling ofte giver en trækfornemmelse, som fugerne får skylden for. At varmetabsberegningerne omfatter et fugetab, må ikke tages som mål for den tilladelige fugeutæthed. Fugerne bør tilstræbes udført langt bedre, og det nødvendige friskluftskifte må etableres ved bevidst ventilation, f.eks. midlertidigt åbne vinduer, ventilationsanlæg etc. At mange fuger, især vinduesfuger, ikke vedligeholdes i rimeligt omfang, er heller ikke en undskyldning for dårlig fugetætning.

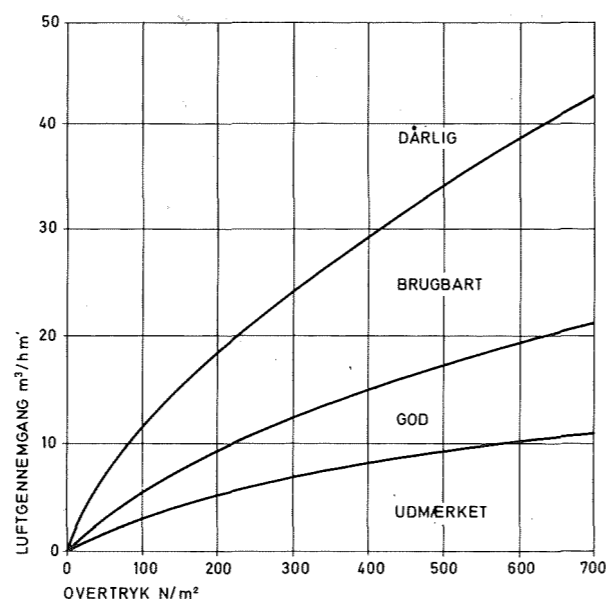
I NKB skrift nr. 5 (Nordisk Komite for Bygningsbestemmelser, Felles nordiske retningslinjer for lette ikke-bærende yttervegger) er angivet et forslag (figur 310) til krav om vindtæthed, der omfatter facaden plus dens fuger, hvor fugerne normalt er dimensionsgivende, (også for lette træskeletfacader, hvis disse er udført korrekt, se ovenfor under træskeletfacader, klemte overlæg).

Figur 310.

Vinduers lufttæthed.

Prøvemethode beskrevet af civilingeniør Alice Kjær i SBI-notat 26, april 1973.

Figur 310 viser et klassifikationskema for et standardvindue på 1,2 m x 1,2 m.

1-trinstætning.

Vi har altså et absolut vandtæthedskrav og et defineret vindtæthedskrav.

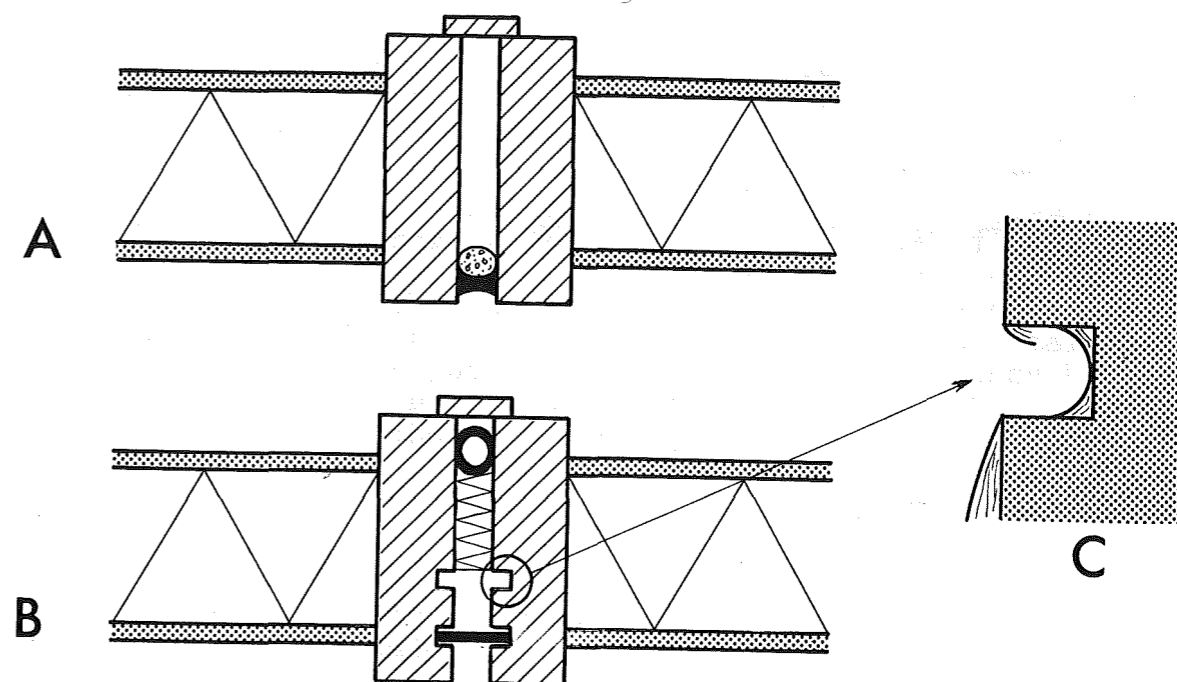
Den umiddelbare løsning af facadens vind- og vandtætningsproblem er en simpel, tæt fuge mellem facadeelementerne, en 1-trinstætning med et passende, tæt, klæbende, elastisk fugemateriale, der på samme tid etablerer vind- og vandtætning (figur 311 A).

I praksis er det næsten umuligt at gøre en 1-trins fuge absolut tæt. Fugematerialet ældes f.eks. ved iltning, ved ultraviolet bestråling eller som følge af fordampning af blødgøringsmidler etc. Elementernes bevægelser (svind, krybning, temperaturbevægelser etc.) er måske større end materialet umiddelbart eller efter nogen tid kan tåle. Klæbeevnen, vedhæftningen bliver mangelfuld, hvis overfladerne f.eks. er våde, olierede, støvede, primet forkert, eller indeholder stoffer, der reagerer kemisk med fugemassen. Fugning mod malet træ er i reglen nytteløs, da malings vedhæftning normalt ikke varer evigt. Elementets overflader er ikke altid fejlfri, og små skår og sprækker fyldes ikke med fugemasse. Endelig kan der under påføring af fugemassen opstå små, upåagtede revner, f.eks. som følge af at udfugningen er en diskontinueret proces over facaden som helhed.

Der er udarbejdet prøvemethoder med tilhørende klassifikation (udmærket, god, brugbar og dårlig) for facaders og vinduers vind- og vandtæthed.

Figur 310 viser eksempelvis klassifikationskemaet for vinduers vindtæthed, taget fra SBI-notat 26, civilingeniør Alice Kjær: Vinduers lufttæthed, regntæthed og stivhedsforhold (april 1973).

Der kan henvises hertil og til YDEEVNEBESKRIVELSE 2, VINDUER, 1974, hvor vinduers ydeevne defineres. Endvidere til YDEEVNEBESKRIVELSE 3, IKKE-BÆRENDE YDERVÆGGE og til SBI-FUGTPECER, samt ANVISNING 77, 108 og 111, hvor en række forhold af betydning for facader og deres fuger beskrives.



Figur 311. 1- og 2-trinstætning.

Figuren viser den lodrette fuge mellem to træskeletfacadeelementer (for hvis opbygning, der ikke er redegjort). Figur 311 A viser 1-trinstætning, hvor vind- og vandtætning søges opnået ved en udvendig fugning med fugemasse. Hvis fugemassen ikke er helt tæt på grund af små udførelsesfejl vil vindtryksdifferensen udvendigt/indvendigt presse vand gennem fugen, idet den simple dækliste indvendigt næppe er noget værd. Figur 311 B viser 2-trinstætning. Udvendigt er der vandtætnet med en strimmel (f.eks. neoprene eller tryk-imprægneret træ, eventuelt en fugemasse) styret af to noter. Slagregn trænger ikke ind, men indsvivende vand ledes lodret ned langs noten, idet de 4 skarpe kanter virker som "kanaler" for de små vandmængder (smlgn. figur 311 C, der viser overfladespændingens virkning på vandfilmen). Hulrummet er ventileret, således at der ikke er nogen vindtrykdifferens over strimlen. Bag not og hulrum er der anbragt en rockwoolstrimmel (brandsikring) og en klemt neopreneslange (vindtætning indvendigt). Dæklisten inderst har kun en æstetisk funktion. Indvendig kunne også vindtættes med fugemasse.

Princippet anvendes også ved betonsandwichelementer, når støbeteknikken er så god, at den skarpkantede not eksisterer i praksis. Ved høje huse i områder med slagregn ville jeg dog personlig foretrække vaskebrædtløsningen, se figur 312.

2-trinstætning.

I erkendelse af vanskeligheden ved at finde et fugemateriale der er absolut vandtæt, og i erkendelse af at det er vindtrykdifferensen, der er den primære årsag til vandtæthedsproblemet, bliver det logiske svar 2-trinstætning (ventileret fuge): Vandtætning ved facadens yderside, vindtætning ved facadens inderside, kombineret med ventilation af hulrummet mellem de to trin, en ventilation, der samtidigt kan benyttes til udluftning af isolationen.

En gammel erfaring bekræfter princippet: Udvendig brædebeklædning på klink giver færre fugtskader end notede brædder. Åbne sprækker hindrer vandindtrængen (trykudligning!) og udlufter isoleringen.

Vandtætning udvendigt.

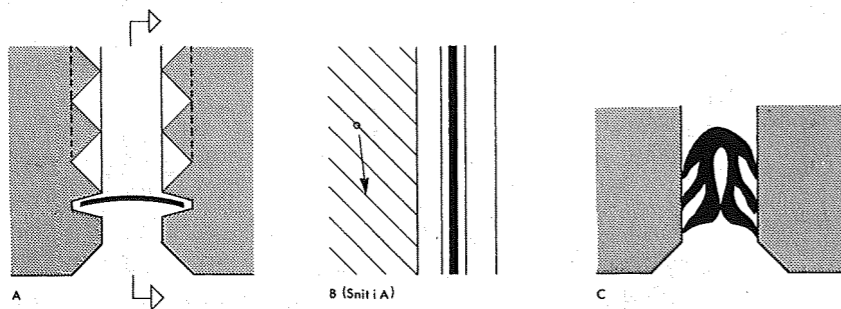
Den normale fremgangsmåde er at vandtætne de vandrette fuger ved overlappning, d.v.s. at det øverste facadeelement har en neddragende kant, der dækker over en opdragende flig på det nederste facadeelement (figur 313).

Den lodrette fuge vandtættes ved en kombination af fugemateriale og dræning. I erkendelse af, at absolut vandtætning er næsten umulig, kan man tætne med et materiale, der hindrer slagregn, men tillader vandet at sive ind. En neoprenestrimmel opsat i noter på facadeelementernes lodrette kanter er en nærliggende mulighed. Der vil sive vand om bag neoprenen (ind i fugen), men når fugen er ventileret via den vandrette, overlappende fuge, er der tale om så lidt vand, at det vil følge elementets lodrette kanter nedad, blot disse kanter f.eks. ved riller, noter eller lign. leder vandet. (Figur 311 og 312)

Vindtætning indvendigt,

d.v.s. bag det ventilerede hulrum. Den lodrette og vandrette fuges fugematerialer må mødes i fugernes skæringspunkt. En selvfølgelig, der ofte overses.

Princippet er vist i en række varianter i eksempelsamlingen, såvel for facadefuger som for vinduesfuger.

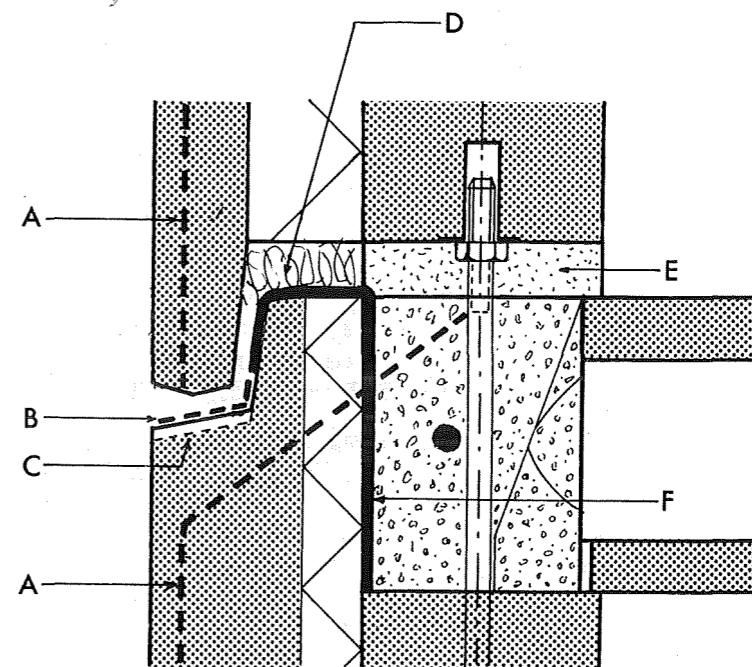


Figur 312. 2-trinstætning i lodret fuge i betonfacadeelementer.

Figuren viser det udvendige vandtætnende trin. Figur 312 A viser en erfaringsmæssigt god fremgangsmåde med en 3 mm neoprenestrimmel i en not, og et "vaskebrædt" som dræn for indsvivende vand, smlgn. figur 311 B. I stedet for en skarpkantet not benyttes et "vaskebrædt" (45°-vinkler), hvorved en vanddråbe ledes udad, ca. under 1:5. Figur 311 C viser i princip en i de sidste år ofte anvendt løsning med forskellige former for mønsterbeskyttede neopreneslangeter, som dels standser slagregnen, dels virker som lodret dræn i åbningerne mellem finnerne. (Eksempelvis vari-lock.) Iøvrigt benyttes også not i betonfacadeelementer, forudsat at støbeteknikken er i orden, således at skår eller stenreder ikke leder vandet ind. "Strimmel" + dræn + trykudligning er det væsentligste.

I figur 312 A, B og C forudsættes hulrummet bag neoprenen således at være ventileret, så der ikke er nogen vindtrykdifferens over strimlen.

Den vandrette fuge er åben og kan benyttes til ventilation af isoleringen og af fugens indre hulrum. Fugen må være så bred, at der ikke kan opstå kapillarsugning, men dette krav opfyldes normalt af sig selv på grund af, at fugen også skal være bred nok til at optage produktions- og montageunøjagtigheder i facader og råhus. Overlappningens højde blev tidligere sat lig vindtrykket, d.v.s. 80 mm (vandsøjle), ud fra betragtningen at vindtrykket kunne presse en sammenhængende vandfilm 80 mm op i en fuge. Imidlertid er en vandret fuge lang i forhold til sin bredde, og da den er ventileret, er der ingen betydelig trykdifferens (med mindre hele fugen er dækket af vandfilmen, hvad der forekommer lidet sandsynligt på en normal facade). Erfaringerne synes at vise, at en højde på 5 cm er tilstrækkelig.



Figur 313. Overlappende, vandret fuge i betonfacadeelementer.

Fugen er vandtæt på grund af den neddragende flig på øverste facadeelement. Fugen er vindtæt i etagekrydset (som iøvrigt principielt er som de øvrige etagekryds med udstøbning og understopning (E)). D er en rockwoolstopning, der må stoppes ind først for at hindre understopningsmørtlen E i at trænge ud i den overlappende fuge. F (fuldt optrukket) er en PVC-folie, der beskytter isoleringen mod vand i montageperioden. Neoprenestrimlen i den lodrette fuge er vist punkteret (A). Det ses, at strimlen trækkes ind og fastholdes i udstøbningen. Den følger altså overlappningens princip. Fugen er åben, ventilerer isolationen og eliminerer vindtrykdifferensen over neoprenen i den lodrette fuge. Den svagt skrånede afsats ved B/C kan tænkes dækket af en vandfilm, som vind på langs ad facaden kan føre hen til den lodrette fuge. For at hindre en så kraftig vandpåvirkning af neoprenestrimlens øvre del kan man enten klæbe en PVC-folie over den lodrette fuge (punkteret B) eller forsyne afsatsen med en tværgående not i nærheden af den lodrette fuge (punkteret C). Se også figur 408.

32 FUGEMATERIALER.

Fugematerialerne kan f.eks. opdeles i 4 grupper, hvor den fjerde gruppe dækker et vidt område af fremgangsmåder og ideer:

1. Mørtel og betonudstøbning.
2. Stopning med værk, mineraluld og lign.
3. Fugemasser.
4. Lister, strimler, afdækninger og lign.

321 Mørtel og betonudstøbning.

Udfugning med mørtel (bastard- og cementmørtel) og udstøbning med beton benyttes, udover til egentlig bærende fuger, kun i begrænset omfang til facadefuger. Se dog eksemplerne på fuger omkring vindue.

Som følge af svind i fugematerialet og restsvind i de omliggende elementer vil der opstå revner, således at fugen ikke er tæt, og således at fugematerialet kan drysse og eventuelt falde ud.

Mørtel er imidlertid et billigt materiale, som på naturlig måde f.eks. afslutter fugning indvendigt mellem en betonfacade og en betonvæg. I reglen er vind- og vandtætningen da opnået med andre midler. Mørtlen optræder funktionsmæssigt i stedet for en dækliste.

Mørtel og betonudstøbning bruges sjældent til vandtætning. I gavle med 2-trinstætning er den vandrette, indvendige fuge vandtætning ved den beton og mørtel, der af statiske grunde udstøbes og understoppes i etagekrydset. Tilsvarende gælder den lodrette fuge.

En mørtelfuge vil få revner, og hvor den er synlig, bør man søge at få et tiltalende revneforløb, f.eks. ved at svække vedhæftningen til den ene elementoverflade ved en passende overfladebehandling (asfalt, maling eller lignende) eller ved tilbageliggende fugning. Dæklistes og tapetsering af fugen med glasfibervæv er en tredje mulighed, især hvor overfladerne senere tapetseres. Mørtlen skal under alle omstændigheder hindres i at falde ud, f.eks. ved at gøre fugetværsnittet svalehaleformet.

322 Stopning med værk, mineraluld og lign.

Metoden er gammel og var indtil anden verdenskrig næsten den eneste benyttede til opnåelse af vindtæthed. Den i dag næsten glemte kalfatringsteknik var i øvrigt så god, at stopning også kunne benyttes til vandtætning.

I dag er værkstopning erstattet med mineraluldstopning (det norske ord, dytteremser, benyttes ofte i litteraturen om mineraluldstrimler til dette formål), idet stopning med mineraluldstrimler giver langt bedre vindtætning end værkstopning.

Fugen bør være 1,5 - 2 cm bred og mindst 7 - 8 cm dyb, med godt modhold for stopningen. Der skal stoppes, så en god udfyldning opnås, hvad der i praksis er vanskeligt at opnå uden omfattende kontrol. Stopningen kan også udføres ved at den ene elementflade påklæbes en (bred) mineraluldstrimmel, der bliver klemt under montagen af det næste element. Kontrol er også her vanskelig.

Vindtætningen udføres derfor mere og mere ved anvendelse af (de billigere) fugemasser eller lign., om end fuger stadig ofte udfyldes med værk for at forbedre fugens lydisoleringsegenskaber, for at undgå kuldebroer, og for at gøre fugen rimeligt brandsikker (se figur 311 B). Fugemasser med blød overflade må afdækkes.

Værk- eller skumplaststrimler benyttes ofte som underlag for fugning med fugemasser (eller mørtel). (Figur 320.)

323 Fugemasser.

Som tidligere omtalt må fugemasser anvendes med omtanke for opnåelse af et praktisk resultat, der svarer til fugemassens tekniske egenskaber. SBI-anvisning 108 giver en glimrende, systematisk oversigt.

Der findes et stort antal fugemasser, og deres tekniske egenskaber og anvendelsespecifikationer bør studeres omhyggeligt. Ofte vil det være gavnligt at benytte fabrikanternes tekniske konsulenter, især da nye materialer uafbrudt bringes på markedet.

Egenskaber, der må undersøges, er bl.a.:

Fugemassens overflade	Fugemassens farve. Kan den males? Hårdhed (funktion af tiden?) Glat? Klæbrig? Bliver fugemassen hængende/løber den?
Adhæsion (vedhæftning) til elementoverfladen	Styrke i relation til elementoverfladens struktur og materiale. Må overfladen være våd? Fugtig? Støvet? Hvilke fremmede stoffer tåler massen kontakt med? (Olie, tjære, asfalt, træ-impregnering o.s.v.) Hvilken primer skal der bruges?
Holdbarhed og fugedimension	Ændres dens vedhæftning og Ændres dens konsistens med tiden? Tørres den ud? og sprækker? Klimapåvirkning (f.eks. lys, fordampning) Styrke- og deformationsegenskaber (plastisk/elastisk) Egenskabernes ændring med temperaturen f.eks. i området -30° til +70°C. Anbefalelsesværdige dimensioner bredde, tykkelse og disses tolerancer.
Alternative bredder	Kan den samme fuge, med forskellige bredder som følge af produktions- og montageunøjagtigheder, udfuges med forskellige, ensudseende fugematerialer?
Arbejdsgang	Hvorledes påføres massen? (Sprøjte? Kniv?) Konsistens og evne til at fylde uregelmæssigheder? Modhold? (underlag af strimler, værk) Pot-life (brugstid) for to-komponente masser, der blandes før brug. Hærdningstid? Ved hvilke temperaturer kan den påføres? Skal den opvarmes?

Disse oplysninger må vurderes i relation til de tilstødende elementers mulige dimensioner, tolerancer, materialer, overflader, styrke over for f.eks. træk fra fugemassen o.s.v. En god fugemasse er intet værd, hvis den f.eks. trækker malingen af et træelement.

Fugemasser anvendes til vindtætning i stedet for stopning, hvor en god kvalitet skal opnås, eller hvor fugens dybde ikke er stor nok til stopning.

Fugemasser kan anvendes til vandtætning i 2-trins-fuger (hvor udluftningen, dræningen, må opnås ved en gennemtænkt anbringelse af modhold o.s.v. i fugen). I visse tilfælde er en 2-trins-fugning ikke mulig, og da er de gode (oftest dyre) fugemasser i reglen den eneste udvej. Konsekvenserne af mindre udførelsesfejl må overvejes og eventuelt give sig udtryk i valget af f.eks. isoleringsmateriale (ikke-vandsugende).

Sammensætning.

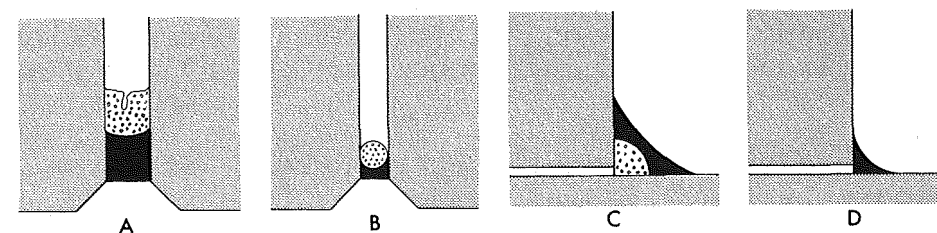
Bindemidlet i en fugemasse giver den tættnede virkning og kan være tørrende eller ikke-tørrende olier, asfalt, gummi- eller plastpolymere eller blandinger heraf. Hertil kommer ofte et opløsningsmiddel, som giver massen en passende konsistens på udførelses-tidspunktet.

Fyldstoffer og pigmenter er tilsætningsstoffer, der giver massen en passende konsistens, farve og pris. I reglen falder både pris og kvalitet med stigende tilsætning af fyldstof.

Der skelnes mellem plastiske og elastiske fugematerialer. De plastiske fugemasser ældes med tiden og bliver hårdere, og den afgørende egenskab er det ældede materiales evne til at optage små bevægelser uden brud. Ældningen foregår hurtigere, når fugemassen er udsat for ultraviolet lys, varme o.s.v., og plastiske fugematerialer bør derfor ikke anvendes udendørs, men eventuelt som vindtætningsmiddel indvendigt. Levetiden er, afhængigt af fugens form, bevægelserne og klimapåvirkningen, for dårlige fugemasser ca. 1 år. Der findes gode fugemasser, der har fungeret acceptabelt i 15 år - fra de kom på markedet, mens højere levetid er baseret på skøn ud fra accellererede forsøg.

Plastiske fugemassers tværsnit bør være kvadratisk med en sidelinie på mindst 10 mm (figur 320). Til fugebredder over 25 mm bør plastiske materialer ikke anvendes, da de i reglen vil flyde. Til vindtætning findes stivere masser (med meget fyldstof), der kan benyttes op til 30 mm, men enkelte sprækker må da accepteres efter nogle år. De er ofte karakteriserede ved en stiv hinde med blødt, uhardet materiale bag. De tåler relativt store bevægelser een å to gange, men brydes så hurtigt. I praksis bør de plastiske fugemasser ikke anvendes i fuger med egentlige bevægelser.

De elastiske fugemasser bevarer i højere grad deres egenskaber. De kan ofte benyttes ved breddevariationer op til $\pm 15\%$ og endda bevare deres form efter mange bevægelser. Fugemassens tykkelse bør være mindre end fugens bredde, og helst bør fugemassen være tyndest på midten. Et timeglasformet tværsnit er ideelt, idet der er en relativt bred vedhæftningsflade og en lille gennemsnits-tykkelse, således at forbruget af den relativt dyre masse reduceres, samtidigt med at trækket i fugemassen giver så små spændinger som muligt i vedhæftningsfladen (figur 320).



Figur 320. Fugemassers tværsnit.

Plastisk fugemasse (A) bør normalt have et stort tværsnit, således at overfladehærdningens indflydelse på plasticiteten er mindst mulig. Min. 10 mm x 10 mm. Max. bredde oftest 25 mm, da massen ellers "flyder". Dybden er normalt ca. 10-12 mm. Begrænset levetid. Bør ikke anvendes, hvor der er egentlige fugebevægelser.

Elastisk fugemasse (B) bør have et lille tværsnit for at spare på det dyrere fugemateriale og for at give så lille deformationsmodstand som muligt. Deformationsmodstanden giver træk i kontaktfladerne, hvorfor det viste timeglasformede tværsnit er velegnet (lille deformationsmodstand, stor kontaktflade). Min. bredden kan være nogle få mm, afhængigt af bevægelser m.v. Max. bredde op til 20-25 mm (dyr fugning). Bevægelse max. f.eks. $\pm 15\%$.

C viser en korrekt fugning i et hjørne. Timeglasformet tværsnit som B, medens D viser en uacceptabel fugning, der vil revne ved fugen mellem elementerne.

Den ideelle fugemasse bør

1. Have god overfladestyrke, men lille deformationsmodstand.
2. Have god vedhæftning til ikke-forbehandlede, måske tilsmudsede overflader - i hvert fald de i den aktuelle fuge forekommende overflader.
3. I hvert fald kun kræve en simpel forbehandling.
4. Være lige så "ældningsfri" som bygningen.
5. Kunne påføres ujævne overflader, f.eks. frilagt beton.
6. Ikke give misfarvning.
7. Kunne påføres i regnvejr (i hvert fald på våde overflader).
8. Kunne påføres ved temperaturer ned til -10°C .
9. Være elastisk (smlgn. punkt 1) af hensyn til bevægelser fra bl.a. temperaturvariationer, fugt, svind m.v.
10. Kunne anvendes i fuger, hvor forskellen mellem største og mindste bredde er 20-25 mm som følge af produktions- og montageunøjagtigheder.

Kravene er "utopiske", men illustrerer samtidigt, hvorfor neoprenestrimler i noter er så populære i montagebyggeriet (med en klima-uafhængig montagetidsplan!).

I øvrigt kan der henvises til SBI-anvisning 108, Fugemasser og Facadefuger, 1977, hvor fugemassernes egenskaber og anvendelse er nærmere beskrevet, med eksempler på fugers praktiske udførelse og beregning af fugedimensioner i relation til fugemasse, elementtolerancer og bevægelser forårsaget af fugt, temperatur, svind o.s.v.

EKSEMPEL

Mellem 6 m lange, rumstore betonfacadeelementer ønskes - af æstetiske grunde - den lodrette fuger så smal som muligt og gerne med et lyst fugemateriale.

Hvilke muligheder har man inden for normale økonomiske rammer?

Fugeprincippet bør være 2-trins-fugning efter det normale princip: Overlappende vandret fuger og ventileret lodret fuger med neoprenestrimmel (se figur 312). Neoprenestrimlen kan erstattes med en fugemasse påført med sprøjte mod et modhold af skumgummi, indlagt i fugen. Fugemassen kan ikke føres lodret ned i forsiden af facaderne i hele husets højde, da ideen med vaskebrættet (dræningen) da ikke etableres i hver etage. Skal fugemassen, som neoprenestrimlen, trækkes ind øverst i elementet, må dette naturnødvendigt udføres før næste etages facader monteres. Om vinteren kan man altid montere en neoprenestrimmel, mens isslag, fugt og lave temperaturer hindrer anvendelsen af fugemasser. Montagen sinkes.

	Neoprene	Fugemasse	God fugemasse
<u>Pr. m:</u>	Billigst	Dyrere	Dyrest
<u>Montage:</u>	Billigst	Dyrere og kræver modhold	
<u>Vinter:</u>	Kan udføres	Mange spilddage	Nogle spilddage
<u>Princip:</u>	Normalt	Normale principper giver ovenstående besværligheder. Ændrede principper er dyrere og/eller dårligere.	
<u>Farve:</u>	Altid sort	Kan være lysere (grå)	

For et vist antal ekstra kroner, afhængigt af fugemassens kvalitet er det muligt at benytte fugemasse, men en nærmere undersøgelse af dimensioner m.v. viser, at løsningen enten bliver af tvivlsom kvalitet eller væsentligt dyrere end neoprene.

Beregninger (jfr. SBI-anvisning 108) vil i øvrigt vise, at der ikke opnås en smallere fuger med fugemasse end med neoprenestrimler. Kun den lysere farve kan anføres som en fordel(?) ved fugemassen.

KONKLUSION

1. Altid 2-trins-tætning med ventileret dræn.
2. Udvendigt benyttes neoprenestrimmel (se dog afsnittet om vinduesfuger). Benyttes fugemasse i stedet for neoprenestrimmel skal fugen være vedligeholdelsesvenlig (og bygherren gjort opmærksom på problemet).
3. 1-trins-tætning med fugemasse er en forkert fremgangsmåde.

Oversigt over fugemassers egenskaber og anvendelse mm.

De anførte talværdier er ikke baseret på systematiske laboratorieundersøgelser, men på erfaringer fra praksis. I forbindelse med tallene må det bemærkes, at en fugemasses evne til at optage bevægelser er afhængig af bevægelsens art, temperaturen og massens ældningstilstand. Tilsvarende er levetiden afhængig af bevægelserne og vejrpåvirkningen.

SBI-anvisning 108, Fugemasser og Facadefuger, 1977, pag. 5 angiver flg.:

	Gruppe 53 Plastiske, hindedannende fugemasser	Gruppe 54 Plastiske, ikke-hindedannende fugemasser	Gruppe 55 Sejplastiske fugemasser	Gruppe 56 Termoplastiske fugemasser	Gruppe 57 Fugemassebånd	Gruppe 58 Elastiske fugemasser
Typiske bestanddele	Tørrende olie Ikke-tørrende olie Harpiks Polymere Asbestfiber	Ikke-tørrende olie Harpiks Polymere Asbestfiber	Plastificeret butylgummi Polyakrylater Pigment Opløsningsmiddel	Gummiasfalt Harpiks Asbestfiber	Ikke-tørrende olie Polymere Delvis vulkaniseret polymere Gummiasfalt	Polyakrylater Polysulfider Polyuretaner Siliconer Pigment
Påføringsmåde	Sprøjte/kniv	Sprøjte/kniv	Sprøjte	Støbning, varm Hånd/kniv	Hånd/kniv	Sprøjte/kniv Støbning, kold
Anvendelsesområder	Fuger mellem beton, tegl, træ, stål etc.	Beskyttede fuger mellem beton, tegl, træ, stål etc.	Fuger mellem beton, tegl, træ, stål, aluminium etc. Glasindsætning	Horisontale fuger i gulv, tag etc. Vertikale fuger	Beskyttede fuger. Bundfyldning for fugemasser. Glasindsætning	Fuger mellem beton, tegl, træ, stål, aluminium etc. Glasindsætning
Fugestørrelse:						
maks. bredde mm	20-25	20-25	20-25	20-25	20-25	20-30
min. bredde mm	8	8	5	10	3	8
min. dybde mm	7	7	6	10	5	4
Maks. fugedeformation i pct. af fugebredde.						
Træk og tryk:	10	10	15	10	5	25
Forskydning:	40	40	50	40	40	75
Adhæsion	Dårlig til god	Moderat til god	God	Moderat til god	God	God til meget god
Ældning	Danner overfladehinde. Bliver gradvis stivere. Adhæsionen svækkes	Forbliver klæbrig. Bliver gradvis stivere. Adhæsionen svækkes	Klæbefri på få uger. Færdighærdet på 3-6 måneder. Bliver gradvis stivere. Adhæsionen svækkes	Klæbefri efter afkøling. Bliver gradvis stivere. Adhæsionen svækkes	Forbliver klæbrig. Bliver gradvis stivere. Adhæsionen svækkes	Hærder til gummi-produkter. Hårdheden øges gradvis. Adhæsionen svækkes
Holdbarhed, år	5-15	5-20	15-20	1-10	20 el. derover	20 el. derover
Bemærkninger	Bør sædvanligvis ikke overmales	Kun til fuger, hvor misfarvning ved tilsmudsning er uden betydning	Bør sædvanligvis ikke overmales	Støbmasser, kun til horisontale fuger	Bør presses på plads	Bør kun anbringes af specialister. Kan overmales, men kun med specialmaling

324 Lister, strimler, afdækninger og lign.

Overskriften omfatter et utal af materialer og fremgangsmåder til opfyldelse af en række funktionskrav, især vind- og vandtætning. Materialerne kan være folier, strimler og profiler, der klemmes, limes eller stoppes.

En systematisk inddeling er vanskelig, men nogle eksempler omtales nedenfor.

Neoprene og andre kunstgummilignende produkter anvendes ofte i form af strimler (slagregnstætning foran vaskebrædtet i den lodrette betonfacadefuge, f.eks. figur 312 A) og i form af profiler.

Materialiet må specificeres, da f.eks. betegnelsen "Neoprene" ikke er en tilstrækkelig garanti for et vejrbestandigt produkt.

Profilerne har været brugt til isætning af glas i biler og metalfacader i en lang årrække. U-formede lister, der lægges om glassets kant, kan tætnes, hvis de f.eks. trykkes ind i en not i en metalfacade, men der benyttes i reglen skruebeslag, låsestrimler og lign., se figur 321.

Rørformede profiler kan presses ind i fuger og herved give en rimelig vindtætning (eller vandtætning i en ventileret fuge), forudsat at kontaktfladerne er jævne. Hvis fugebredden varierer, må flere størrelser anvendes, og arbejdet med at lægge profilet ind kan blive vanskeligt. "Vacuumslanger" er rørformede profiler, der leveres evakuerede. De lægges let ind i fugen, og når luften slipper ind i profilet, ekspanderer de og giver en god tætning (kunne anvendes i figur 311 B indvendigt).

Neoprenestrimmel plus vaskebrædt erstattes nu i et vist omfang i betonfacader af et rørformet neopreneprofil med udvendige ribber. Profilet trykkes ind og fastholdes af ribberne, samtidigt med at ribberne danner lodret dræn til erstatning af vaskebrædtet (figur 312 C).

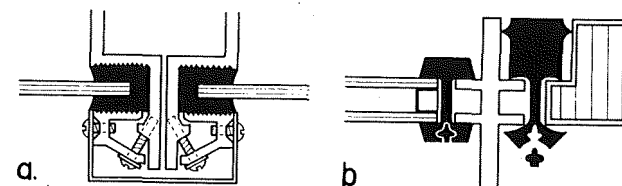
Plastfolie og selvklæbende tape anvendes i et vist omfang som vindtætningsmiddel, hvor det kan fastholdes f.eks. af dæklister af træ. PVC-folier anvendes på betonsandwich-elementer til beskyttelse af isoleringen mod regn under montagen. De klæbes på facadeelementets øvre kanter på fabrikken (figur 313).

Folier, zinkafdækninger o.s.v. anvendes i mange vandrette, overlappende fuger, dels for at etablere den vandafledende overlappning, dels for at supplere denne hen over den lodrette fuge (f.eks. figur 313 og 441).

Også for denne materialegruppe gælder det, at egenskaber og anvendelsesteknik må specificeres nøje, og at detaljens udformning bør baseres på en vis skepsis med hensyn til egenskaberne, arbejdsudførelse og den projekterendes evne til at forudse alle konsekvenser. Generelt bør samlinger udføres, så resultatet af en fejl kun giver lokale skader.

Forsøg: Læg et stykke rustfrit stål i solen på en række strimler af tilfældigt udvalgte plastfolier. Resultatet er ofte begyndende korrosion af stålet, f.eks. på grund af at der frigøres klor.

EKSEMPLER DETAILLER, 1:5



Eksempler på anvendelse af neoprentætningslister i metalfacader. Ved (a) opnås tætningen ved at et metalbeslag skrues fast mod den U-formede tætningsliste. Ved (b) etableres tætningen med en speciel „filler strip“, som låser tætningslisten fast om elementerne.

Figur 321. Neoprenetætningslister i metalfacader.

(SBI særtryk 149, Fugeproblemer ved elementbyggede ydervægge.)

41 Betonsandwich-facadeelementer med

INDVENDIG AFSTIVENDE SKIVE.

Detallerne er tegnet efter samlingsdetaller udlånt af rådgivende ingeniørfirma P. E. Malmstrøm, FRI.

Byggeri: GRANTOFTEN, København, 1968-69.

Arkitekt: Kjeld og Elsebeth Ussing, MAA.
Hasselager & Georg Nielsen, MAA.

Hovedentreprenør: Jespersen & Søn A/S.

Figur 401. Lodret facadefuge. (Smlgn. figur 312 og 413.)

Udvendig vandtætning med neoprenestrimmel og vaskebrædt (smlgn. figur 404). Hulrummet bag neoprenestrimlen er ventileret via den vandrette fuge (figur 402). Eventuelt nedsivende vand på vaskebrættet ledes ud i den vandrette fuge (figur 402 og 404). Vægforkanten er isoleret med påklæbet skumplast.

Indvendig vindtætning med mineraluldstopning, afsluttet af cementmørtel, fastholdt ved not i elementkanten. Svindrevner dækkes ved påklæbet glasvæv.

Figur 402. Vandret facadefuge. (Smlgn. figur 313 og 412.)

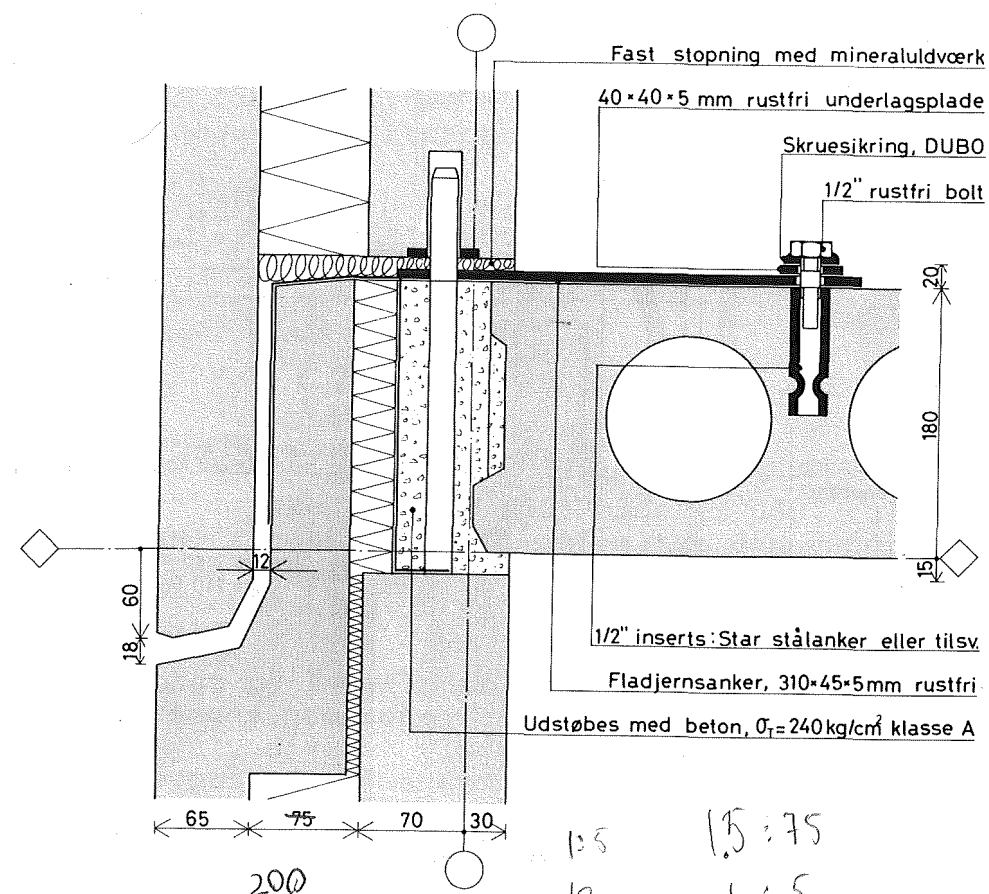
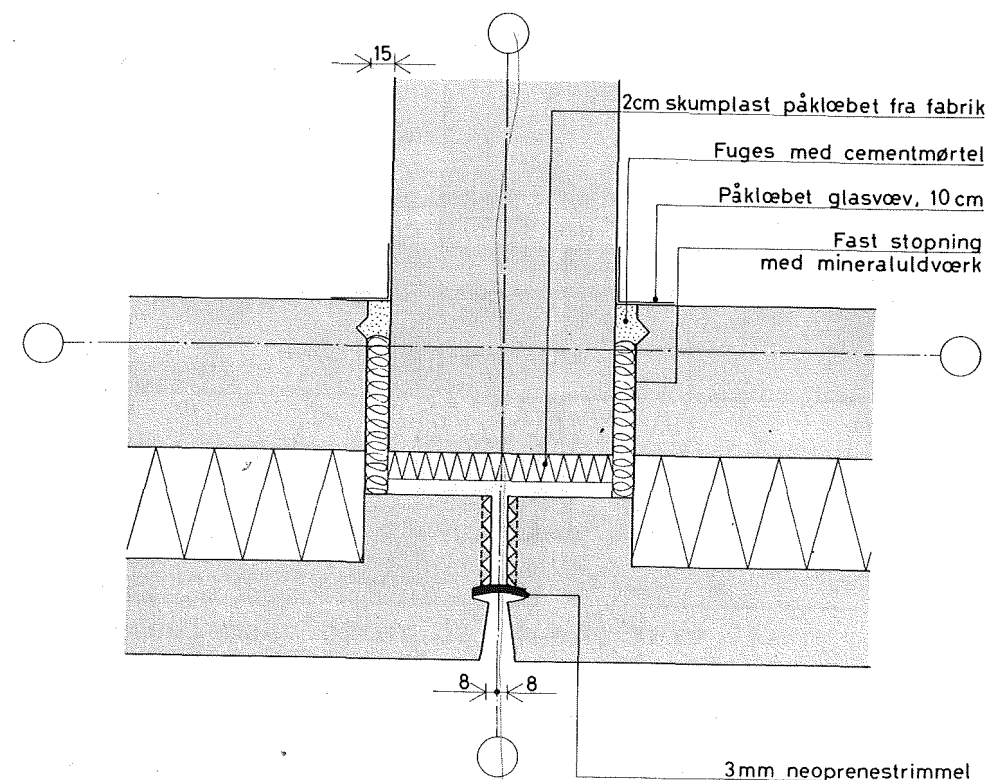
Udvendig vandtætning ved overlappning, hvis højde her er ekstra stor for at placere den vandrette fuge i et rimeligt fugemønster bl.a. under hensyn til altanbrystningerne. Fugen ventilerer isoleringen og giver trykudligning i den lodrette fuge.

Indvendig vindtætning med mineraluldstopning. Den påklæbde PVC-folie beskytter isoleringen mod fugtskader forårsaget af eventuelt nedsivende kondensvand i isoleringen i elementet ovenover, af "drænvand" fra vaskebrættet (smlgn. figur 404), af vandskade i lejligheden ovenover, eller af regnpåvirkning på lagerplads eller byggeplads.

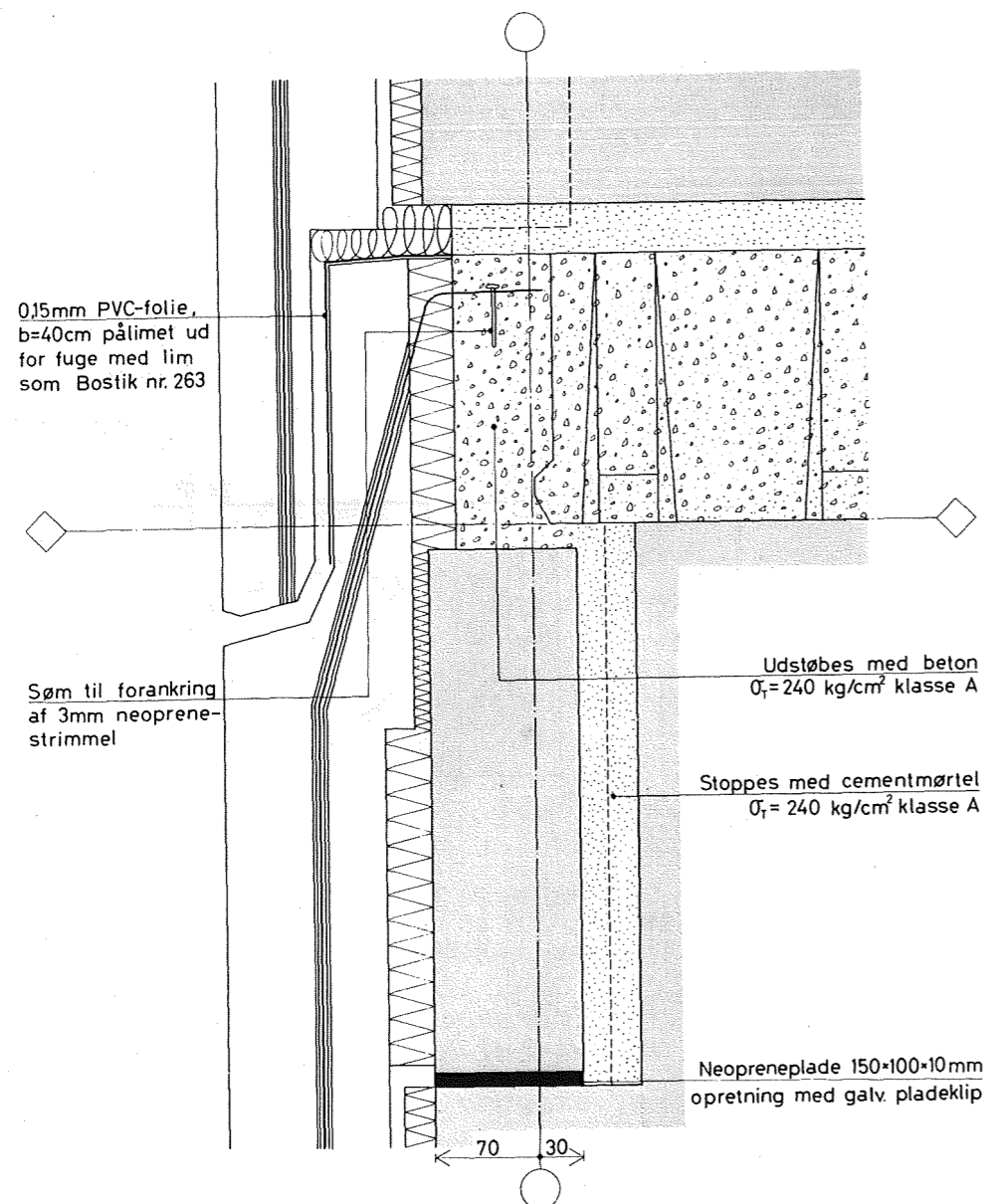
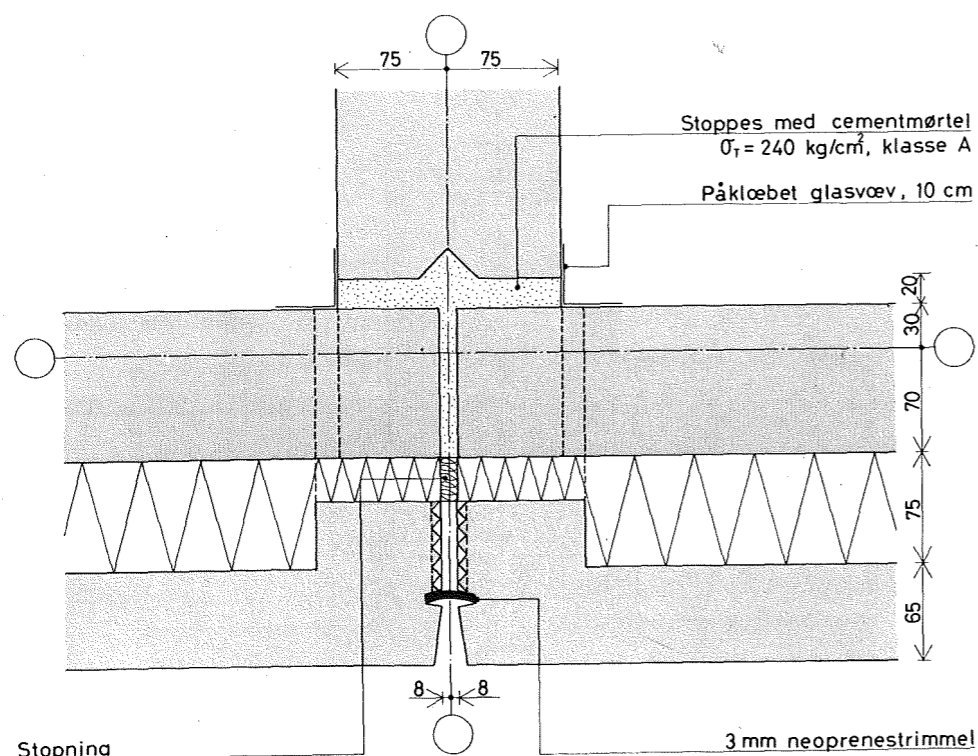
Dækelementet går lidt ind i den udstøbte, vandrette fuge, således at de to lejligheder er brand- og lydmæssigt adskilt, selv om elementerne svinder lidt etc. (smlgn. figur 216).

Figuren viser endvidere elementets vandrette fastholdelse ved hjælp af rustfri beslag, inserts og elementernes løftebolte. Der må tilsikres en effektiv tilspænding, stål mod stål, ved insertsen (der bør have anlæg ganske lidt over dækelementets overflade, for at den fornødne friktion kan opretholdes), idet pasbolte ikke kan benyttes med normal teknik for iboring af inserts.

Elementerne hænger iøvrigt på væggene, se figur 403, 404, 405.



1:5
1:70
1:5
1:200



Figur 403. Vandret snit i facadeophæng.

Facadens indvendige skive er ved udragende knaster (vist i snit i figur 404) ført ind over væggen (som har en tilsvarende udsparring med lejeplade, figur 405). For at stopningen med cementmørtel i fugerne omkring facadeknasterne ikke skal trænge ud til vaskebrædtet, er der, udvendigt fra, stoppet en rockwoolstrimmel ind i fugen. Det påklæbte glasvæv har her, udover at dække over mindre svindrevner, også den funktion at bidrage til at reducere en eventuel lydbro gennem en sprække i udfugningen.

Note til figur 401-408

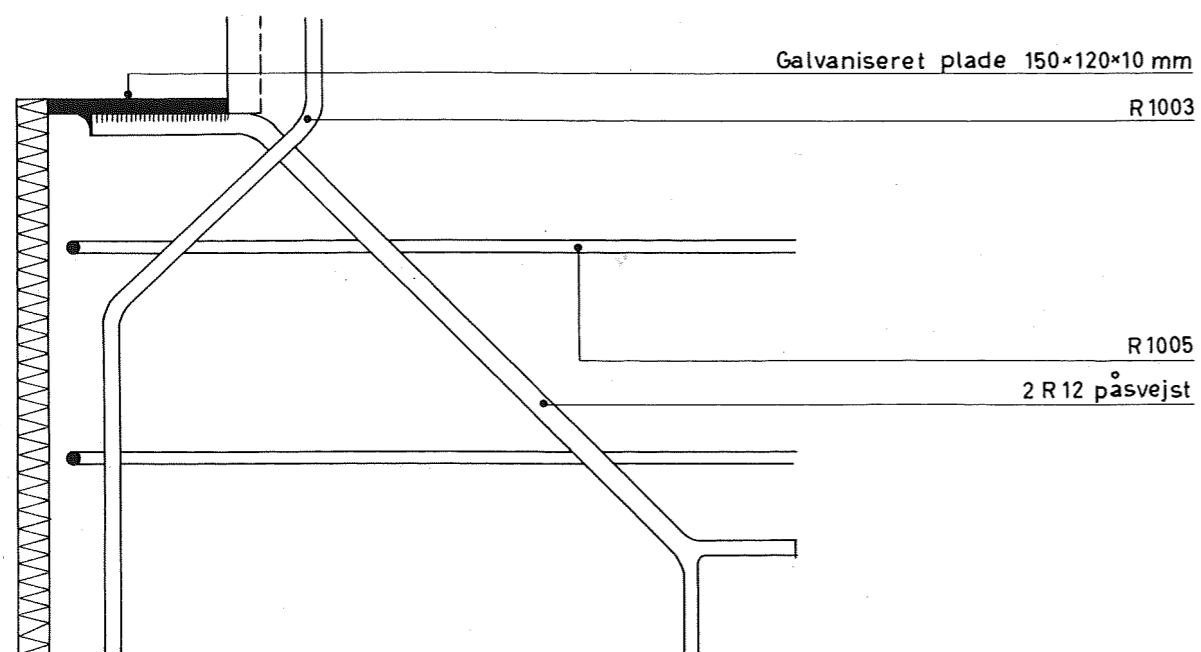
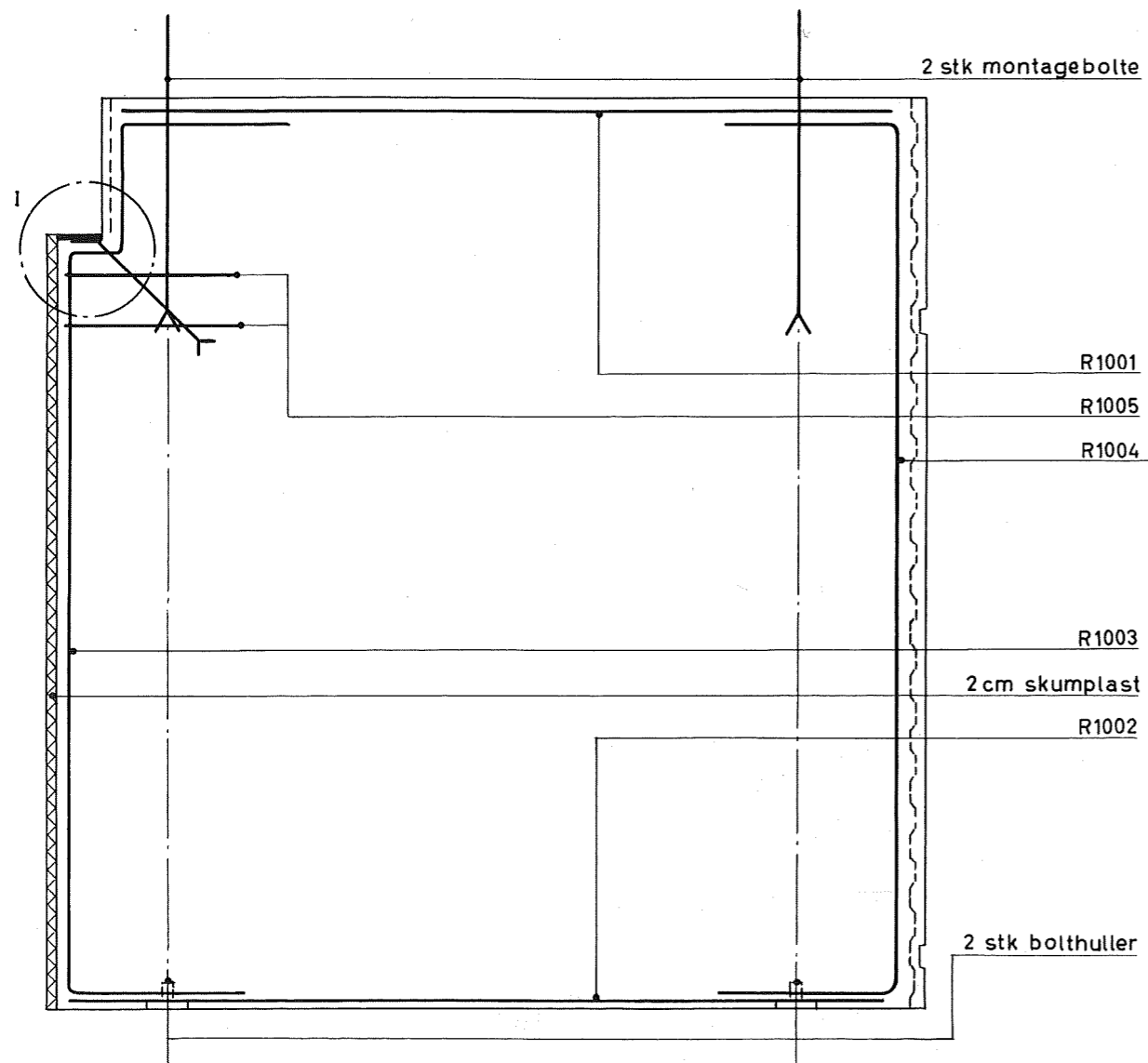
Et dansk facadeelement efter de nyeste krav vil ofte adskille sig fra det viste ved en eller flere af nedenstående ændringer:

- Dobbeltnot i stedet for not plus vaskebrædt, jfr. teksten til fig. 311, 312 og 313 og figur 412-414 samt H & S brochurer, bl.a. sandwichfacader 3/1 og samlingsdetaljer.
- Større isoleringstykkelse.
- Ingen forøgelse af det ydre betonlag/formindskelse af isoleringstykkelsen langs elementkanterne.
- Den i figur 402 viste mineraluldstopning ville være suppleret med en mørtelpølse mod mus(!), der kravler op i den lodrette fuger(!). Ofte ville der være en mørtelunderstopning: Stabilede, ikke ophængte facader synes at vinde frem. Facaderne monteres sammen med væggene, og facaderne er i tæt-lavt byggeri ofte bærende.

Figur 404. Lodret snit i facadeophæng.

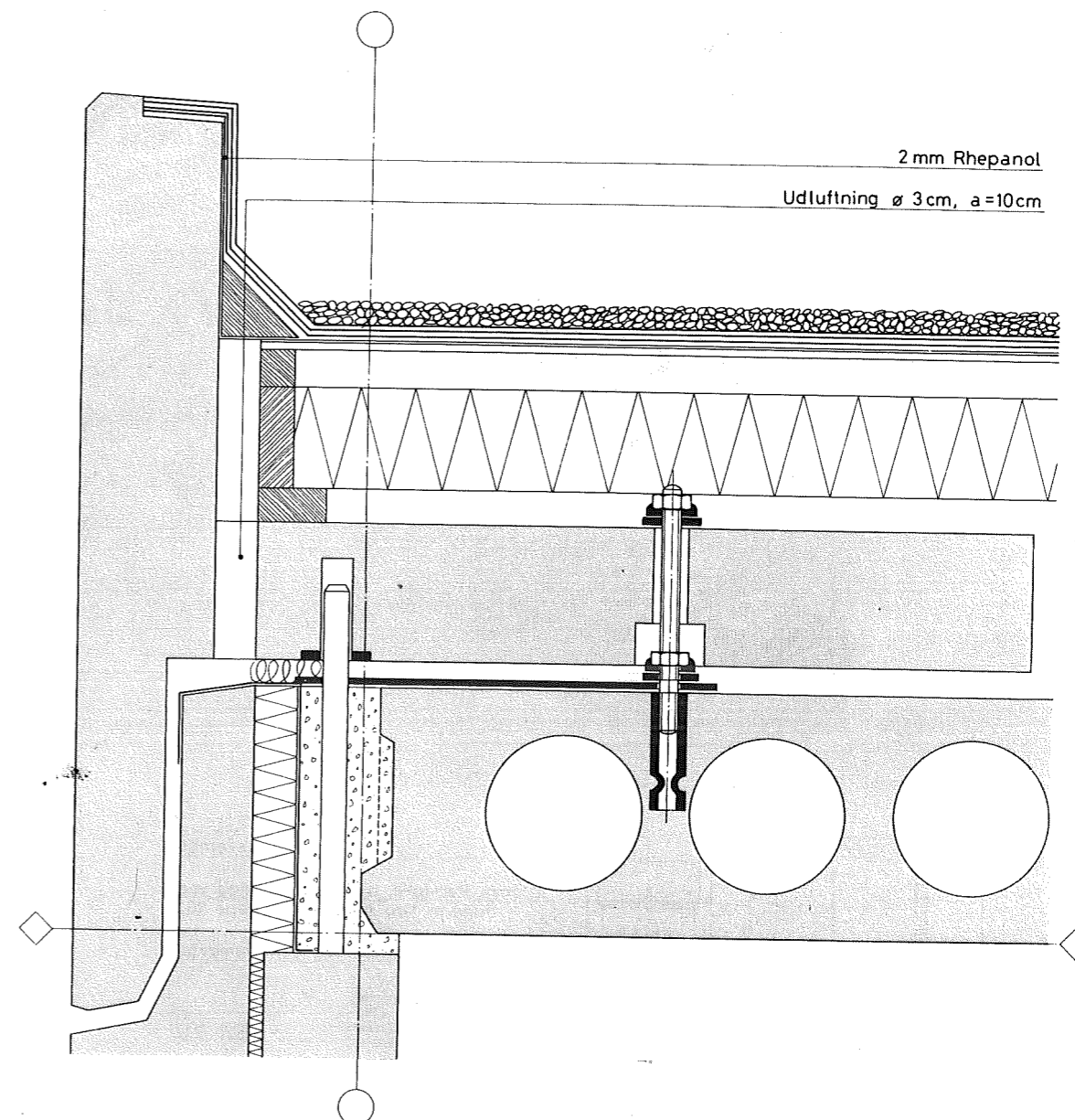
Neoprenestrimlen trækkes ind og fastholdes i udstøbningen ved etagekrydset. Neoprenestrimlen følger altså den vandrette, overlappende fuger. Den påklæbte PVC-folie trækkes ud for den lodrette fuger ned og ud på den svagt skrånende elementoverside, jfr. teksten til figur 313.

Facaden er ophængt på lejeplader på tværvæggen (figur 405). På lejepladen anbringes neoprene (trykudligning, optagelse af svindbevægelser) og galvaniseret pladeklip (indnivellering i højde). Væggen understoppes med cementmørtel på sædvanlig vis, men forinden er der lukket ud mod facadefugen med rockwoolstopning (indefra, smlgn. med stopningen vist på figur 402).



Detail I

Figur 405.

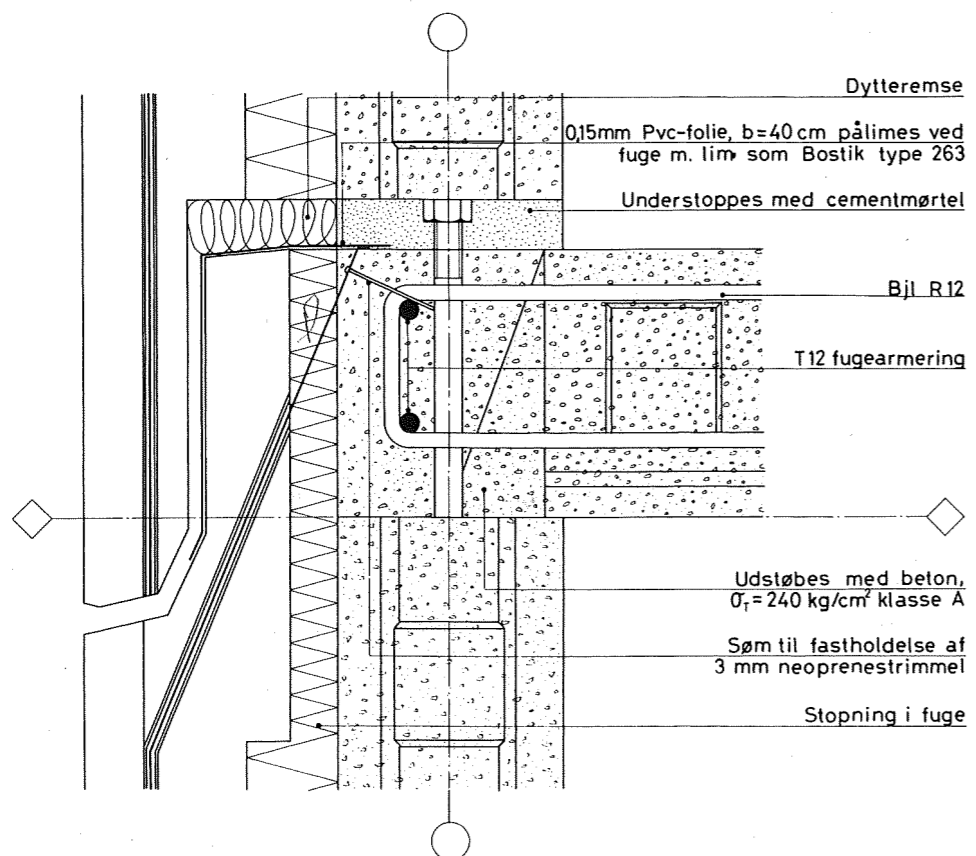
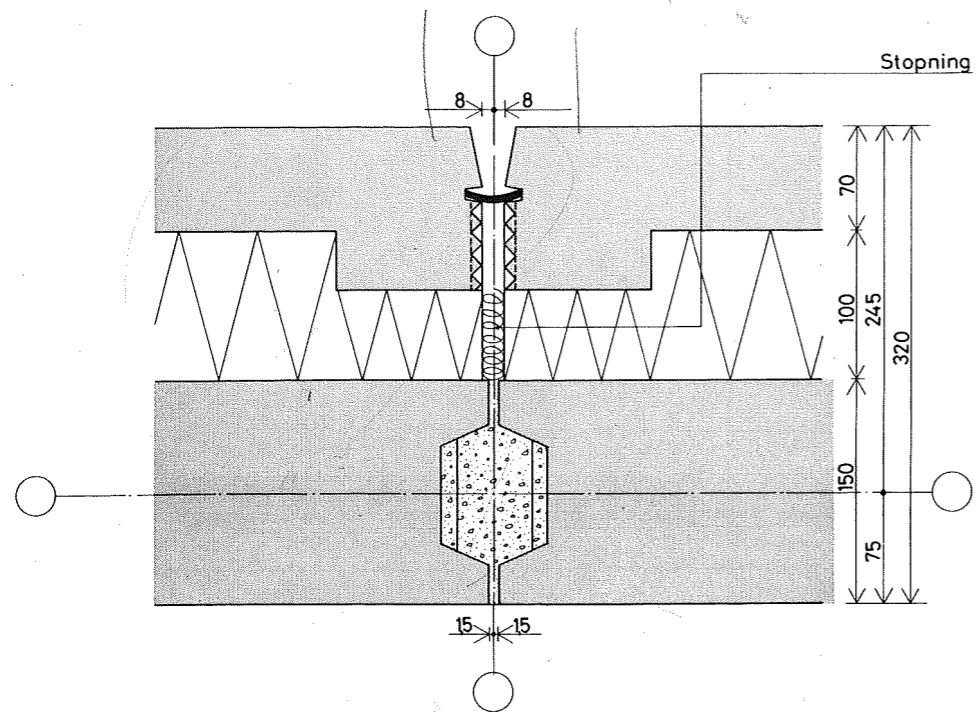


Figur 406. Taggesims til facaden i figur 401 - 405.

Der benyttes fladt tag og den viste taggesims kunne a) have været en del af øverste facadeelement (specialelement, se figur 452) eller b) have været en løs, lodret plade, fastholdt ved beslag eller lign. (smlgn. figur 426) eller c) som vist være en selvstændig enhed, der på grund af den vandrette flig er stabil i sig selv under montagen. Den må dog som vist fastboltes for optagelse af vandrette kræfter. Montagedorn i facade og inserts m.v. i analogi med figur 404. Gesimsen hviler iøvrigt på 4 neopreneskiver. Bemærk isoleringens udluftning.

Figur 405. Væg med lejeflade for facade.

Opstalt 1:20 og detaille 1:5 af væg med lejeflade for facader som vist i figur 401, 402, 403, 404. Lejefladen (med anker) og knastens armering må sikres korrekt placering, smlgn. teksten til lejeknasten for udvendig bærende facade (figur 423).



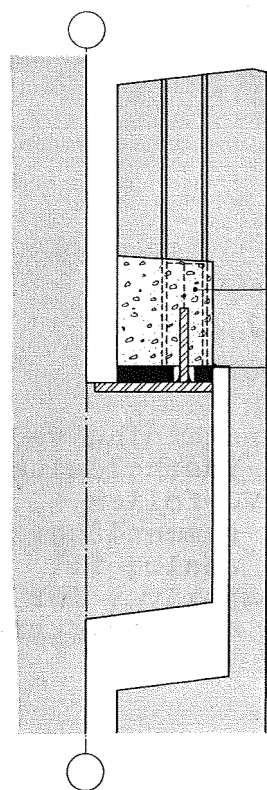
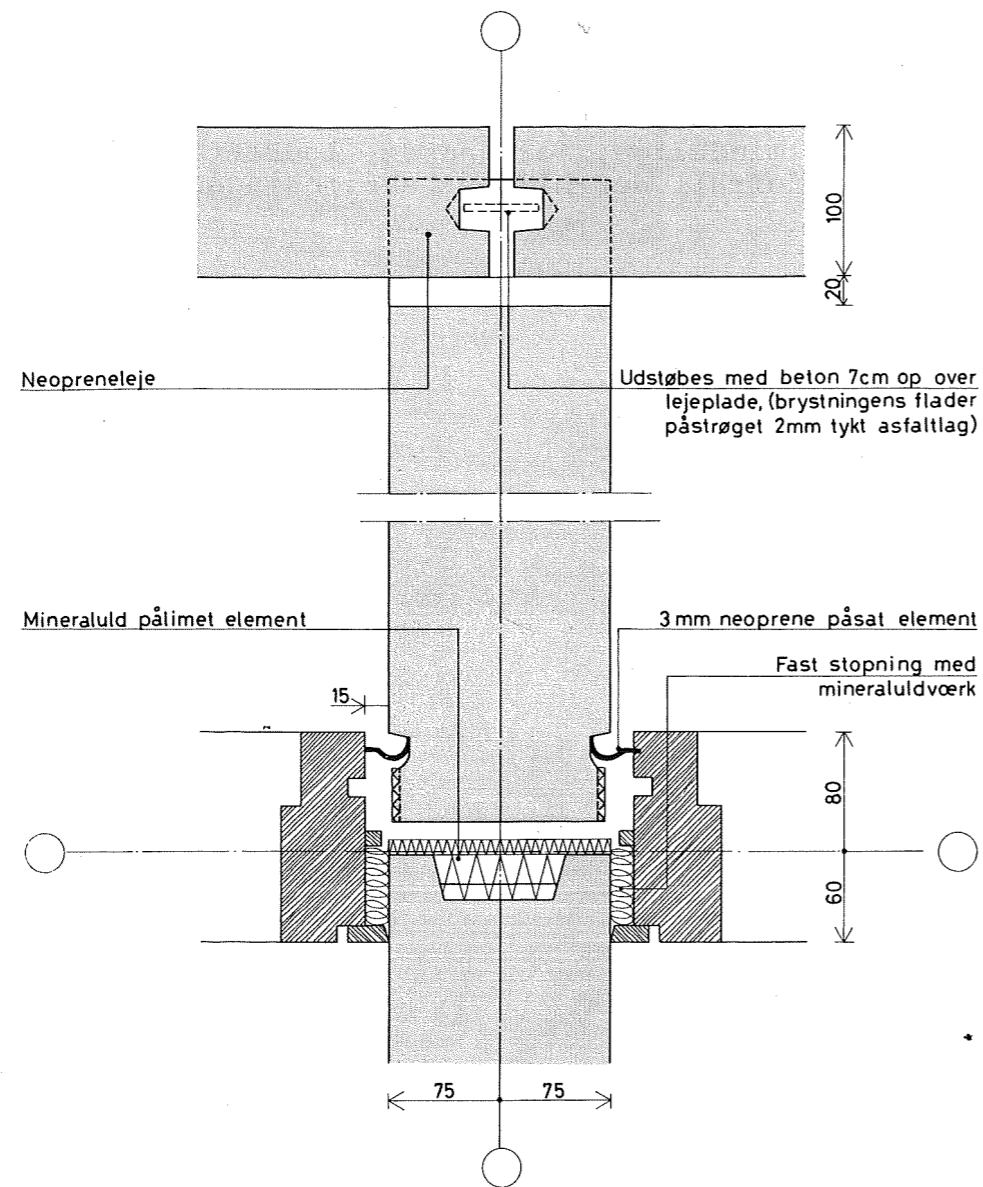
Figur 407. Lodret gavlfuge. (Smlgn. figur 401).

Udvendigt vandtætning med neoprene og vaskebrædt, indvendigt vind-tætning ved udstøbning af den lodrette fuge, der er ganske magen til den almindelige, fortandede, lodrette vægfuge. Bemærk stopningen (udefra), der hindrer udstøbningen i at løbe ud på vaskebrættet.

Figur 408. Vandret gavlfuge (smlgn. figur 402 og 313)

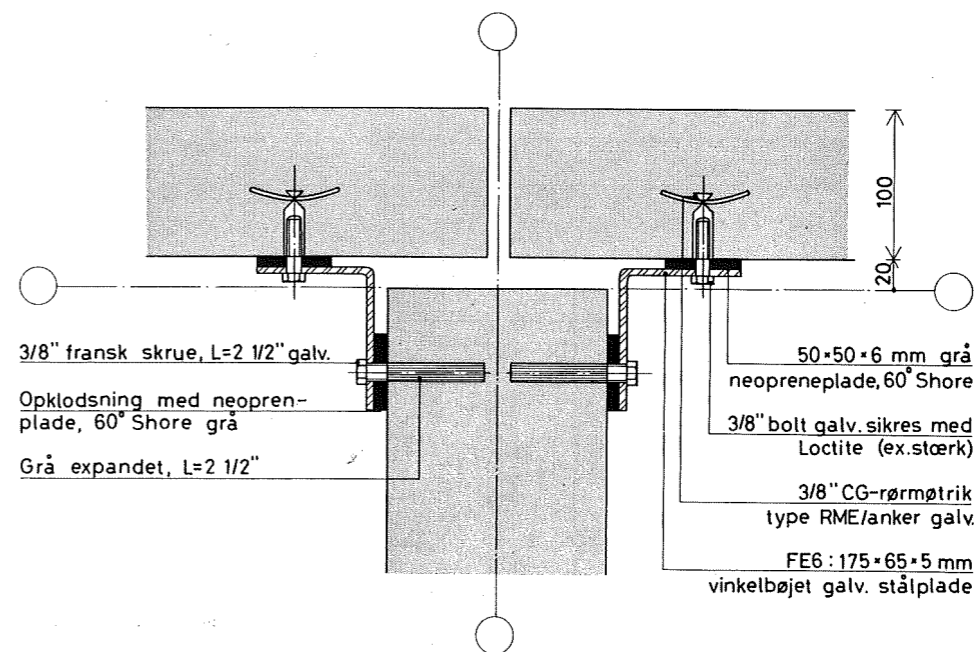
Lodret snit i lodret gavlfuge. (smlgn. figur 404)

Udvendigt vandtætning ved overlapning, indvendigt vindtætning ved cementmørtel og udstøbning. Bemærk neoprenestrimlens fastholdelse, dytteremsen som modhold for mørtelunderstopningen, PVC-folien, samt fugearmeringen (i etagekryds og i dækfuge), der sammenlåser dæk- og gavlskiverne. Iøvrigt er dæk/vægfugen ganske analog til det almindelige etagekryds: Knasfuge, montagebolt, papskiver for dækudsparinger, armering, udstøbning, nivellering af montagemøtrik og understopning.



Figur 409 og 410. Fortløbende altan,

med lette facader, selvstændige altanvægge og betonaltanbrystninger (smlgn. figur 243 og 244).



Figur 411. Altanbrystningsbeslag.

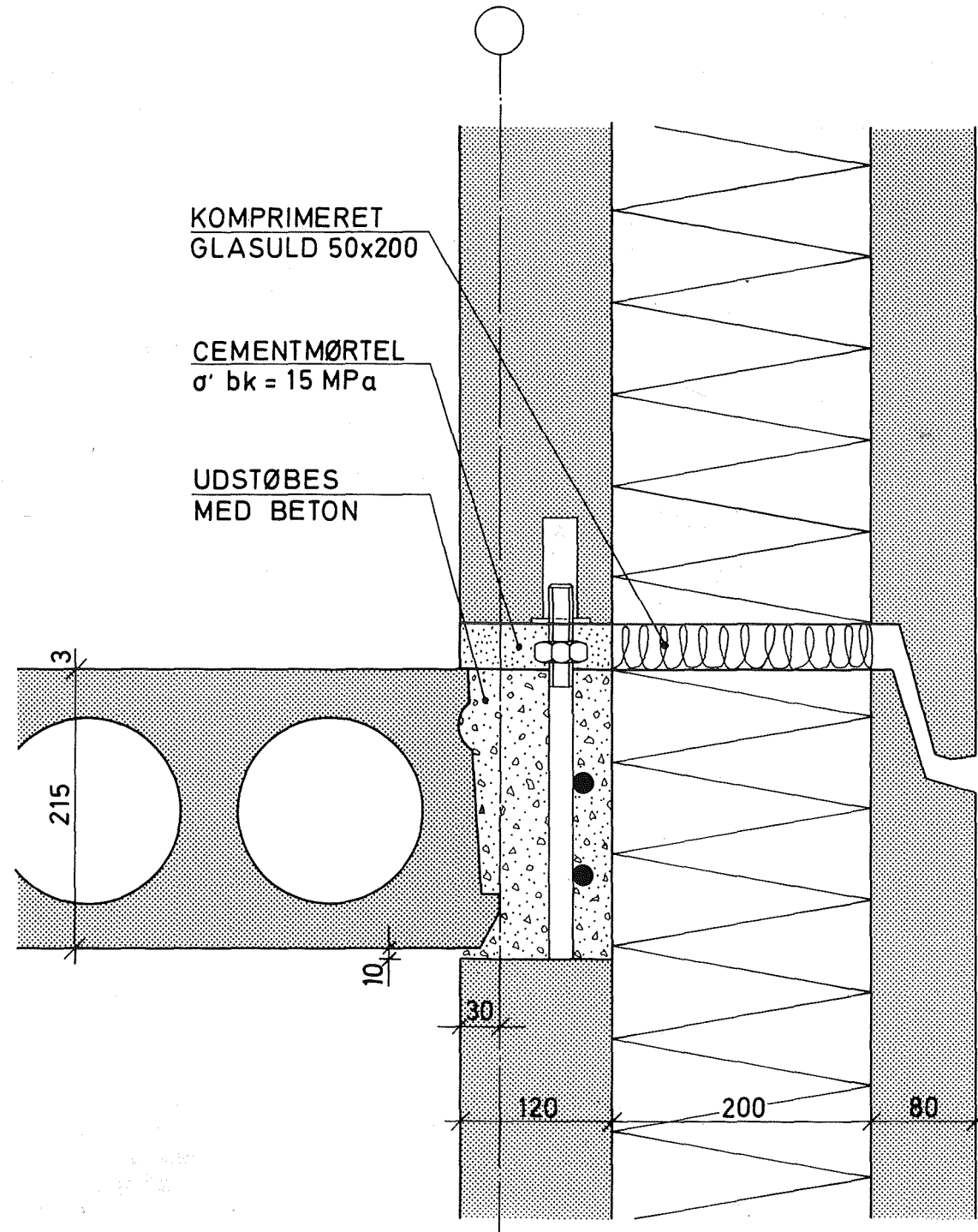
Figur 409, 410 og 411 viser betonbrystningens fastholdelse til altanvæggen. Den er ophængt foroven (figur 409, 410) og fastholdt ved beslag forneden (figur 411). Den vandrette fuge mellem brystning og altandæk har ingen bærende funktion og kan f.eks. frit udnyttes til dræning af altanpladen, hvis afløbet er forstoppet.

Figur 409 viser, at altanvæggen ikke er forbundet til den normale tværvæg. Den fastholdes ved beslag, smlgn. figur 243 og 244.

De lodrette fugers vand- og vindtætning er opnået ved kombination af principperne for tunge og lette facader, se eksemplerne, med udvendig vandtætning, drænet, ventileret hulrum og indvendig vindtætning (bemærk listen som modhold for mineraluldstopningen).

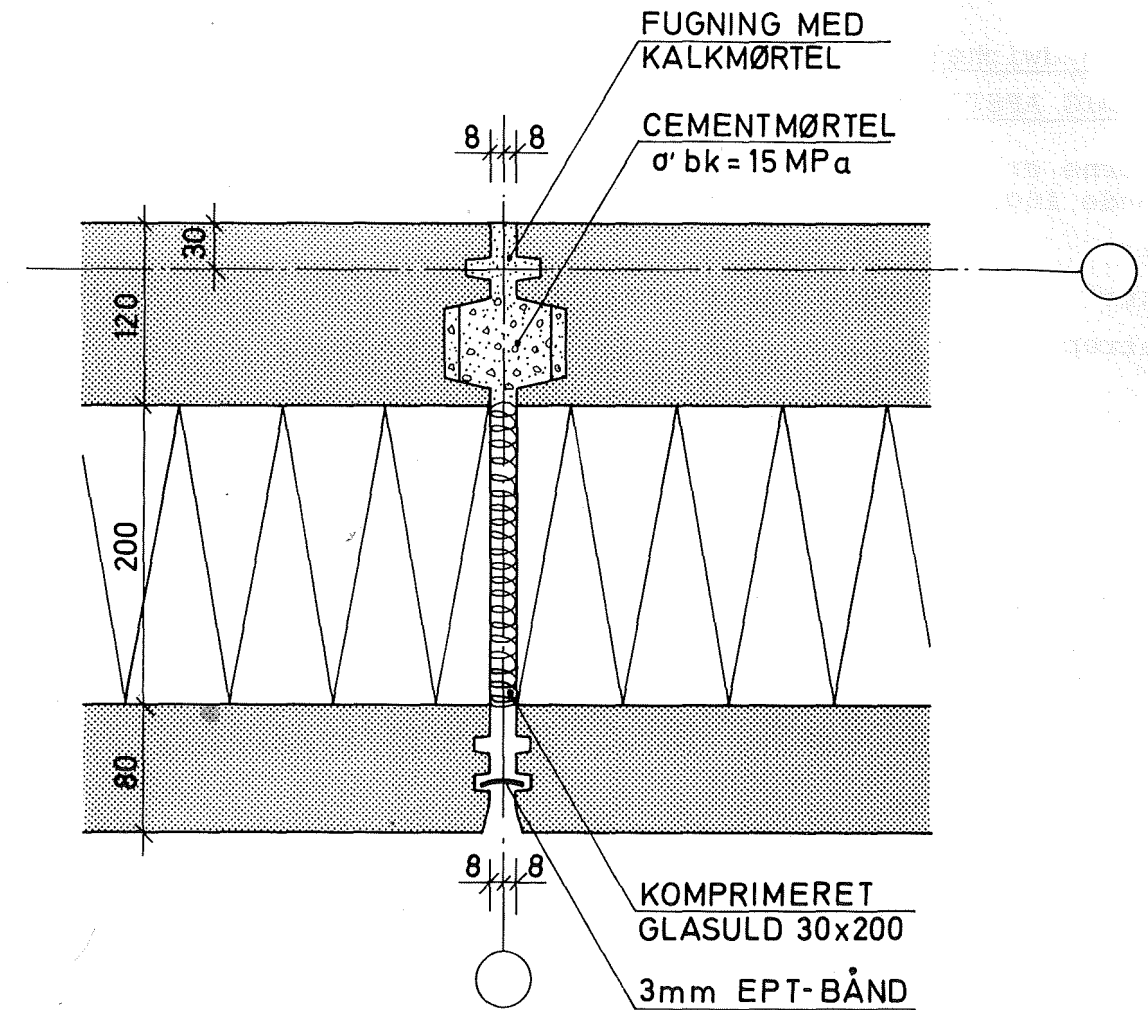
INDVENDIG AFSTIVENDE SKIVE, NYERE EKSEMPLER

Højgaard & Schultz detaljer, dels fra Lavenergihuset i Hjortekær (arkitekt: Instituttet for Husbygning), dels fra H & S brochure 3/1, Sandwichfacader, boliger og institutioner.



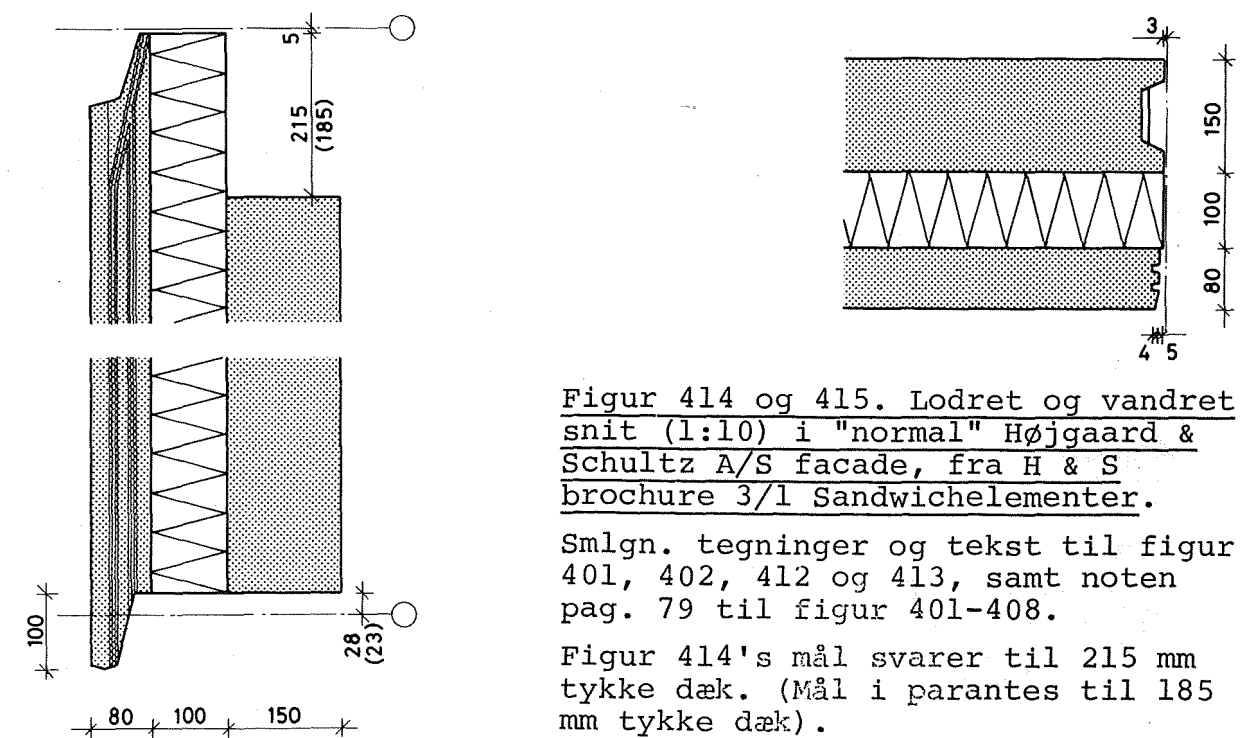
Figur 412. Vandret facadefuge, Lavenergihus, 1:5.

Smlgn. figur 402. Stor isoleringstykkelse uden tykkelsesreduktion ved fugen, jfr. figur 413, 414 og 415, der viser dobbeltnot for neoprenestrimmel og dræn. Stablet facade, ikke ophængt som vist på figur 403, 404 og 405. Se også noten pag. 79 til figur 401-408.



Figur 413. Lodret facadefuge, Lavenergihus, 1:5.

Smlgn. figur 401 og teksten til figur 412. Her er vist en fuge, hvor der ikke tilsluttes en tværvæg/gavl.



Figur 414 og 415. Lodret og vandret snit (1:10) i "normal" Højgaard & Schultz A/S facade, fra H & S brochure 3/1 Sandwichelementer.

Smlgn. tegninger og tekst til figur 401, 402, 412 og 413, samt noten pag. 79 til figur 401-408.

Figur 414's mål svarer til 215 mm tykke dæk. (Mål i parantes til 185 mm tykke dæk).

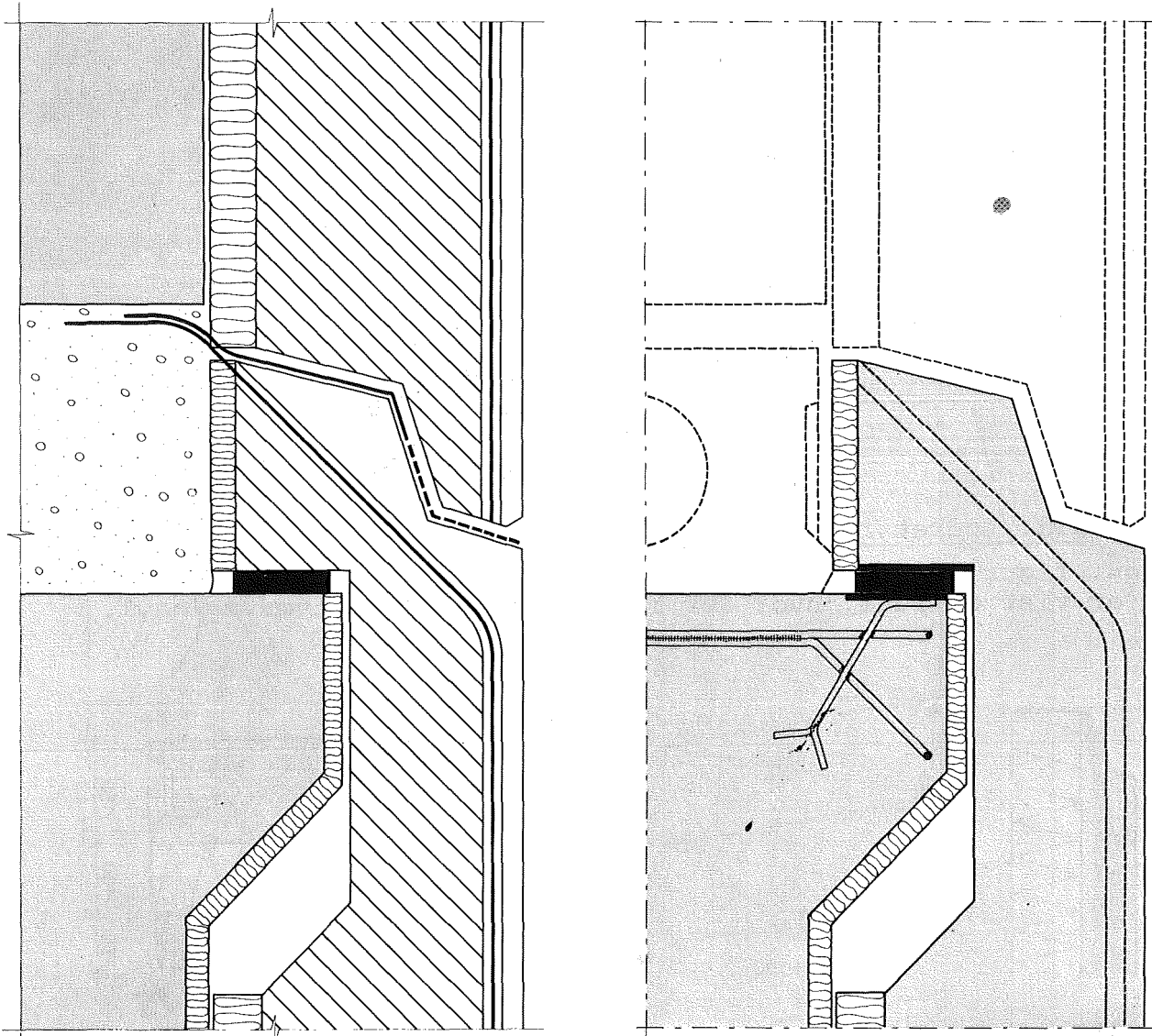
42 Betonsandwichelementer med UDVENDIG AFSTIVENDE SKIVE.

Detallerne er tegnet efter samlingsdetaller, udlånt af rådgivende ingeniørfirma P. E. Malmstrøm, FRI.

Byggeri: HYRDEVANGEN, København, 1959-60.

Arkitekt: Magn. Stephensen, MAA.

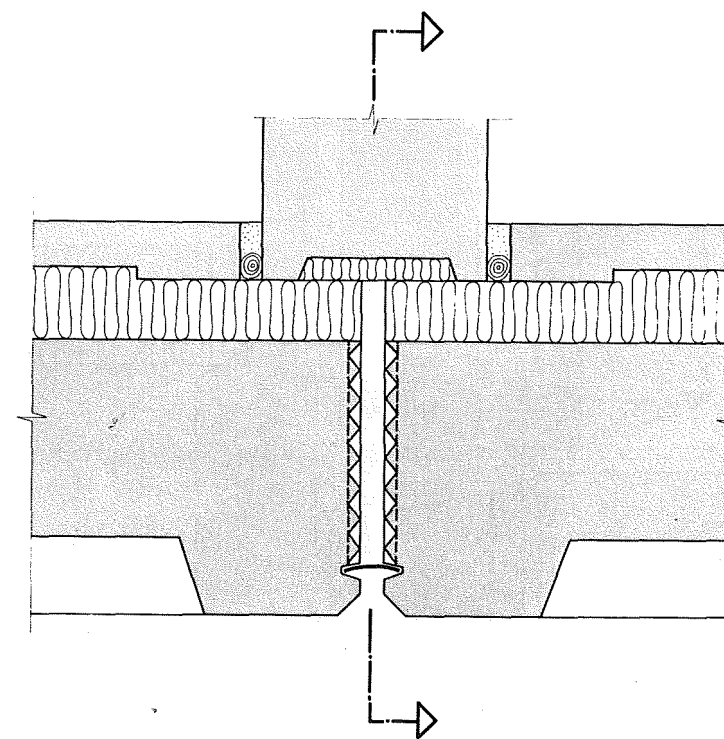
Hovedentreprenør: Larsen & Nielsen Constructor A/S.



Figur 422. Lodret snit i lodret fuge (snitpile på figur 424).

Figur 423. Facadens ophæng på isoleret, armeret vægknast.

Facadens udvendige skive er ophængt på en isoleret, armeret vægknast. Den viste neoprene plade er den eneste kuldebro. Neoprenepladen er af den armerede type, som bl.a. også anvendes ved lejer for større dragere, broer etc. Udover neoprenepladen er der lagt galvaniseret pladeklip på lejeflader for indnivellering i højderetningen.



Figur 424. Vandret snit i lodret fuge. Snitpile angiver figur 422.

Den lodrette last (egenvægten) optages i vægknasten. Den vandrette last (vind) i de på figur 425 viste stritter.

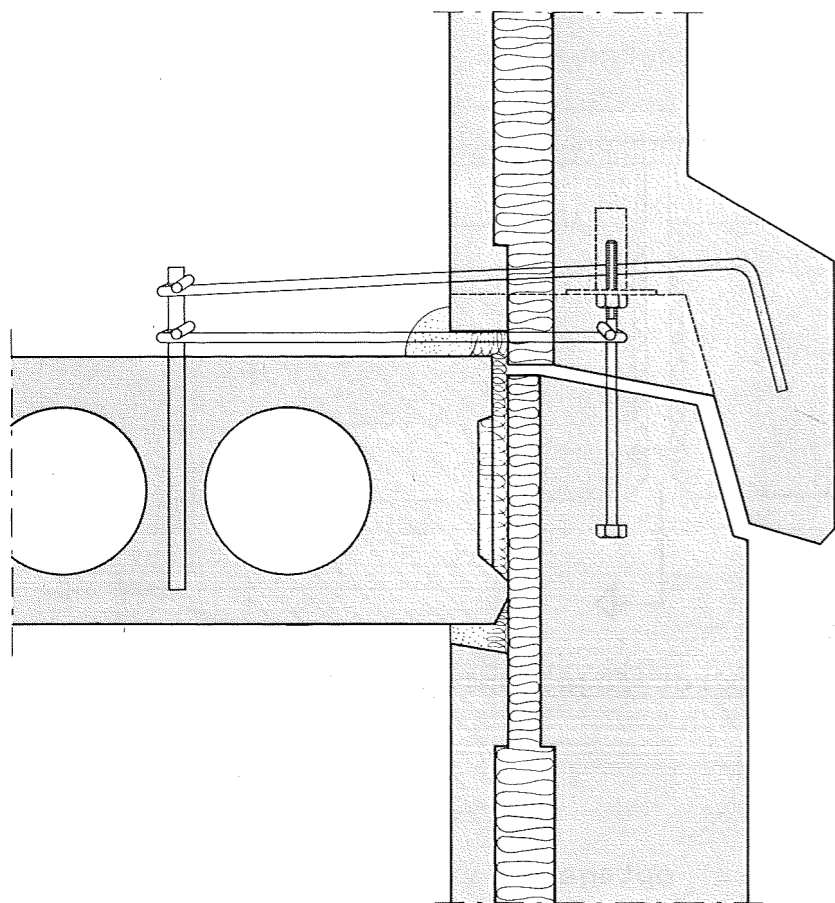
De vandrette temperaturbevægelser optages i neoprenepladen med relativt små, vandrette kræfter.

Både facadeelementets og vægelementets lejeflader er forsynet med galvaniserede stallejeplader af hensyn til den koncentrerede last. På figur 423 ses, at vægknastens armering og lejefladerne danner en præfabrikeret, sammensvejst enhed, der sikrer, at armeringens placering i formen er så nøjagtig som mulig. Lignende principper kan anbefales overalt, hvor lejetrykkene er store, og hvor armering må placeres med stor nøjagtighed, f.eks. i top af søjler, i bæreknaster for trappereposer o.s.v. (smlgn. figur 405).

Når man har valgt at placere knasten foroven og ikke forneden, skyldes det, at en hængende facade er hurtigst at montere, og at en hængende facade er umiddelbart stabil ved tilføjelse af mindre forbindelser til optagelse af vind. En stående facade ville kræve langt sværere trækforbindelser - og være farligere, hvis noget svigtede. Smlgn. figur 425.

Figur 422 og 424 viser den normale neoprene-vaskebrædt-vandtætning, udvendigt, isoleret vægforkant ved påklæbet mineraluld og vindtætning ved stopning plus mørtel. (Smlgn. figur 401 som er væsentligt bedre med en ordentlig stoppedybde og modhold for stopningen. En rimelig (og senere anvendt) løsning er vindtætning med en plastisk fugemasse, dækket f.eks. med lister eller mørtel).

Smlgn. også teksten til figur 313 med figur 422 og 425.



Figur 425. Lodret snit i vandret fuge.

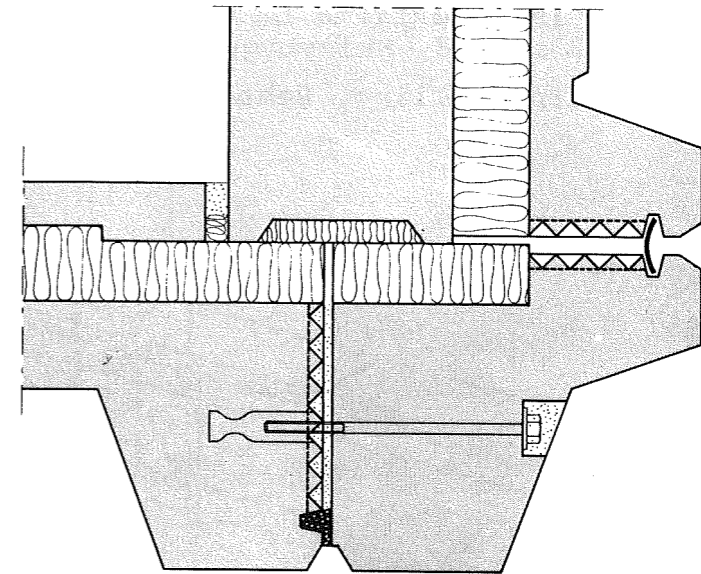
Figuren viser en overlappende fuge. Vindtætning som i figur 424 (se kommentarerne hertil).

De vandrette kræfter fra vind og sug overføres til dæskiverne ved indstøbte, rustfrie rundjern, hvis dimension og fri længde er afpasset således, at udbøjningen på grund af temperaturbevægelser, kombineret med tryk fra vind ikke giver for store spændinger.

Figuren viser iøvrigt en svejst forbindelse, som har to svagheder: a) det er ikke normalt i Danmark at benytte montagesvejsning, da kontrollen er vanskelig, og da der ikke er råd til at benytte certifikatsvejsere til nogle få samlinger.

I Sovjetunionen er metoden almindelig, og når alle samlingerne er svejste og rigeligt dimensionerede, er metoden rimelig. Den kan - måske - blive aktuell i Danmark, hvis bestemmelserne til sikring mod lokal overpåvirkning skærpes.

b) Det fra elementet udragende rundjern bliver uvægerligt bøjet under transporten. På byggepladsen skal rundjernet dels rettes ud, dels snos omkring dornen før svejsningen, og resultatet bliver en lidet retlinet søjle, med væsentlige tillægsspændinger.

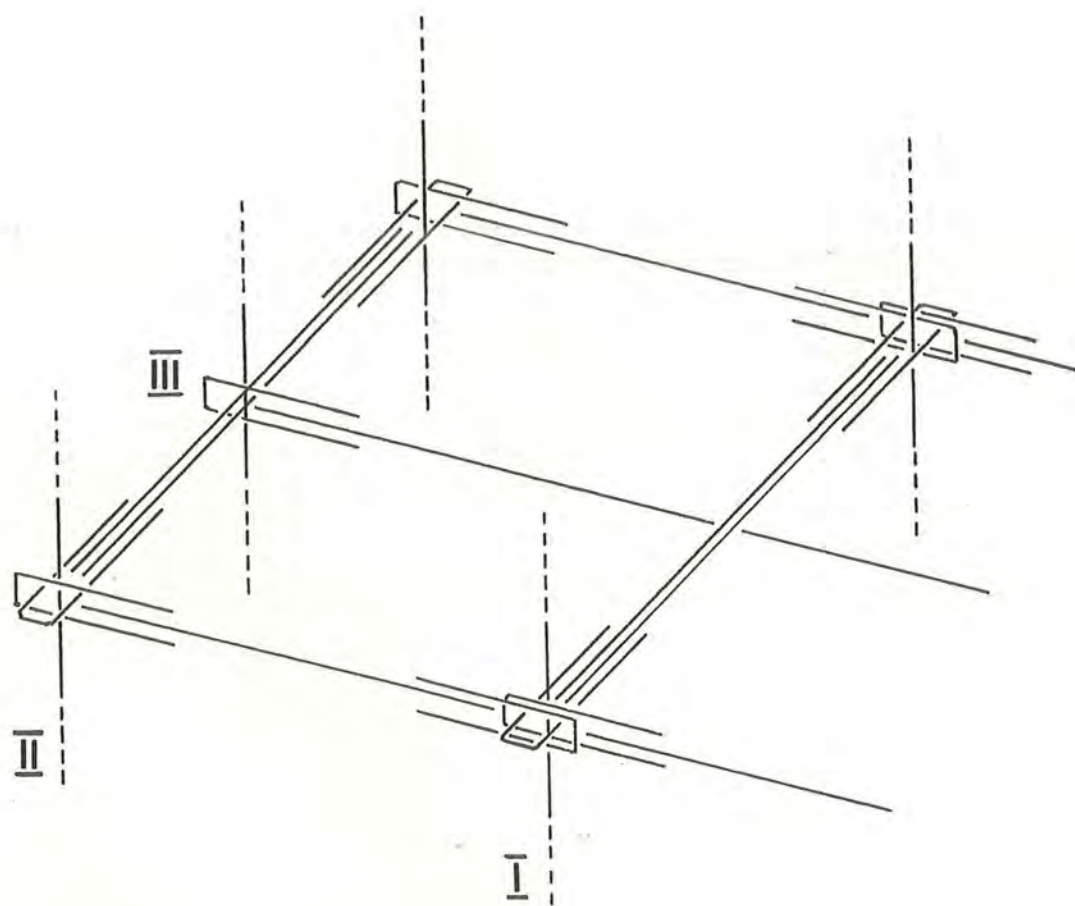


Figur 426. Facade-/gavlhjørne til facaderne vist i figur 422-425.

Figuren viser et eksempel på, hvorledes man ved produktion af et mindre specialelement (hjørnesøjlen) kan opnå, at både facade og gavl kan fremstilles i de normale forme (specialelement-form er undgået). Gavlelementet og dets fuge er helt normal. Facadeelementet er en variant af normalelementet, idet tre inserts er indstøbt på vaskebrædtsiden. Hjørneelementet fastboltes på fabrikken med rustfri bolte, og den viste vandtætning med mørtel og mastic må anses for rimeligt sikker. I værste fald skal mastic'en efter en årrække fornys. Løsningen er derfor acceptabel, og den optræder kun i bygningens fire hjørner. (Smlgn. figur 453, hvor specialelement benyttes).

43 Betonsandwichelementer med indvendig afstivende skive og Sikring mod fremadskridende sammenstyrtning

Detallerne er udarbejdet i forbindelse med projekt til Øresunds-kollegiet af rådgivende ingeniørfirma Lemming & Eriksson. Se iøvrigt SBI-anvisning 82 og 118, Skivebygningers Stabilitet 1 og 2. (Arkitekt Wanscher, Collin, Bolling, Behnke, MAA.)

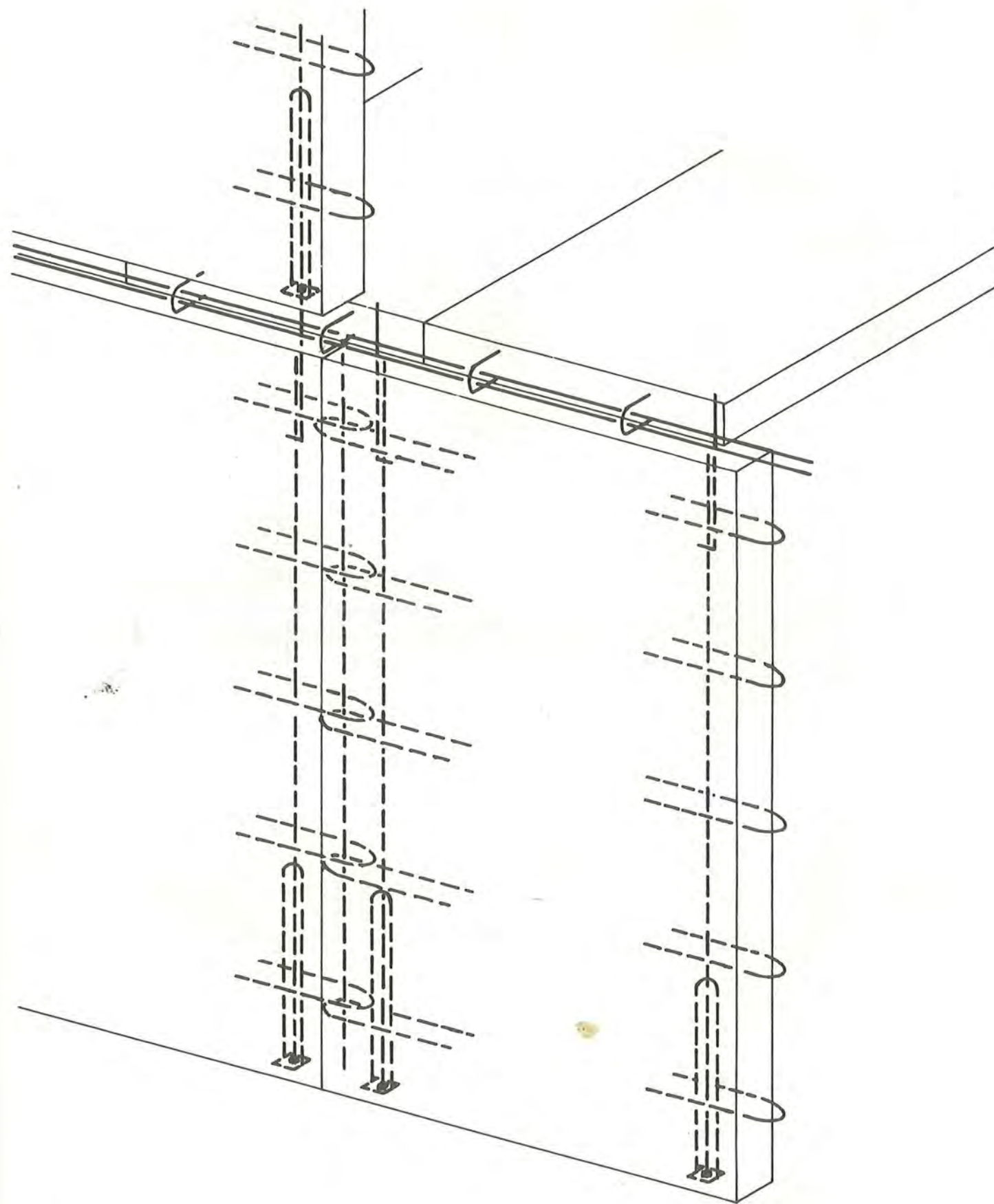


Figur 431. Isometrisk principskitse af armering.

I angiver sammenlåsningen af dæk-, tværvæg- og facadeelementerne ud for tværvæggens etagekryds.

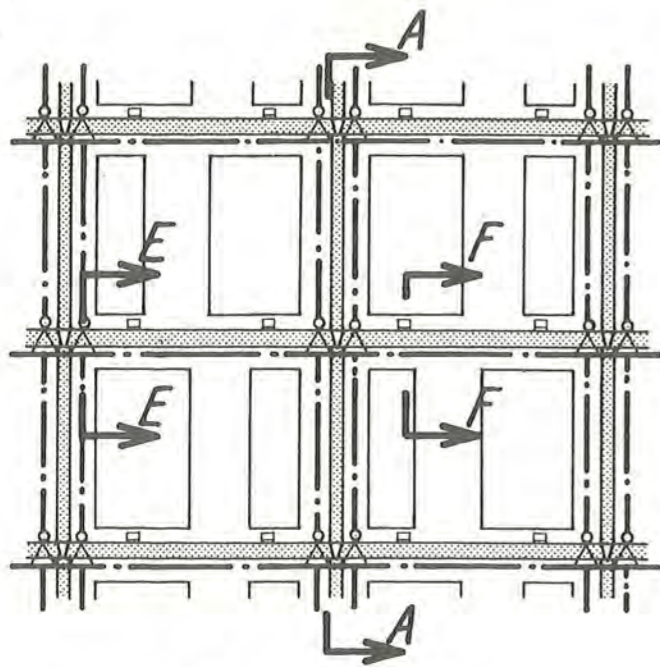
II angiver sammenlåsningen i gavlhjørnet.

III angiver sammenlåsningen af dæk- og gavlelementerne.

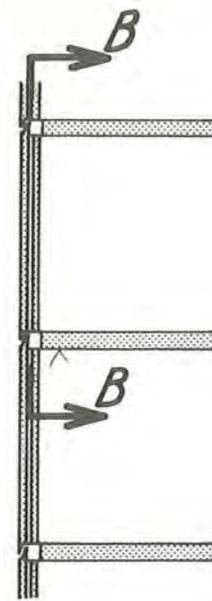


Figur 432. Principiel skivearmering i elementgavl.

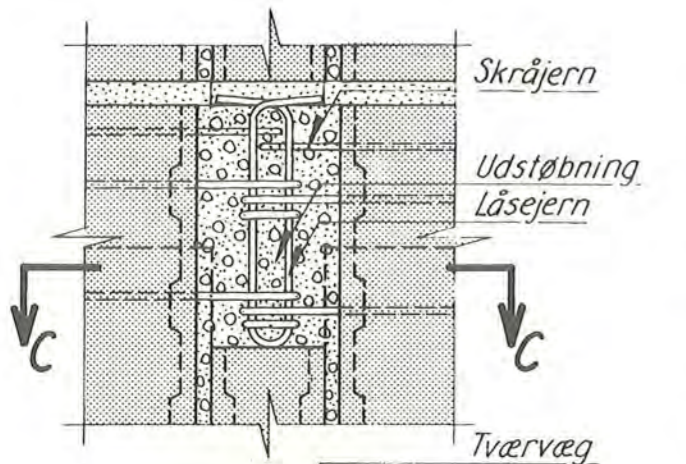
Smlg. iøvrigt figur 434 og 435.



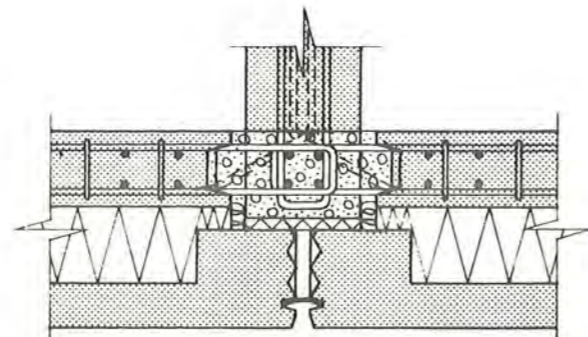
Indvendig facade, opstalt, 1:100



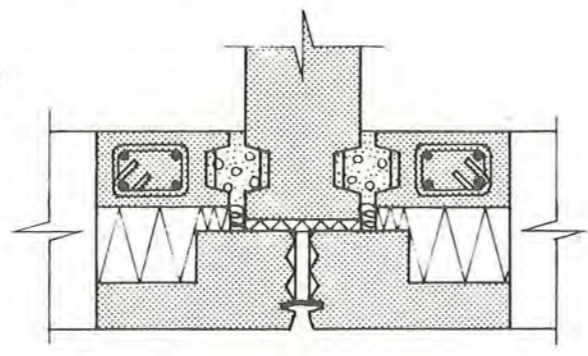
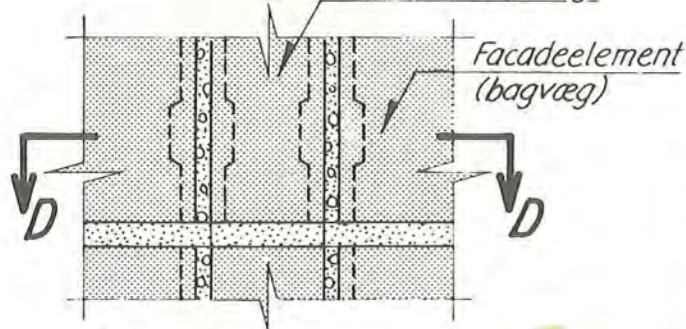
Snit A-A, 1:100



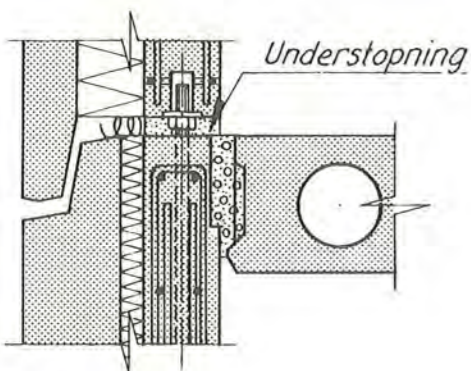
Snit B-B, 1:10



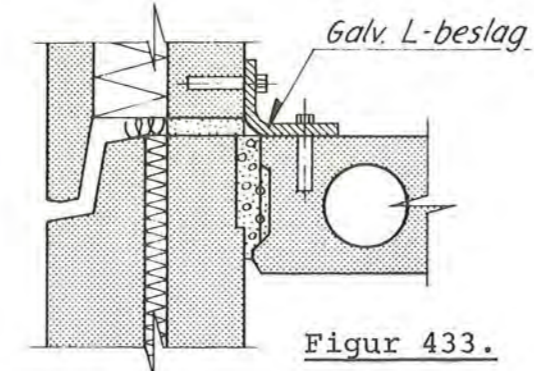
Snit C-C, 1:10



Snit D-D, 1:10



Snit E-E, 1:10



Snit F-F, 1:10

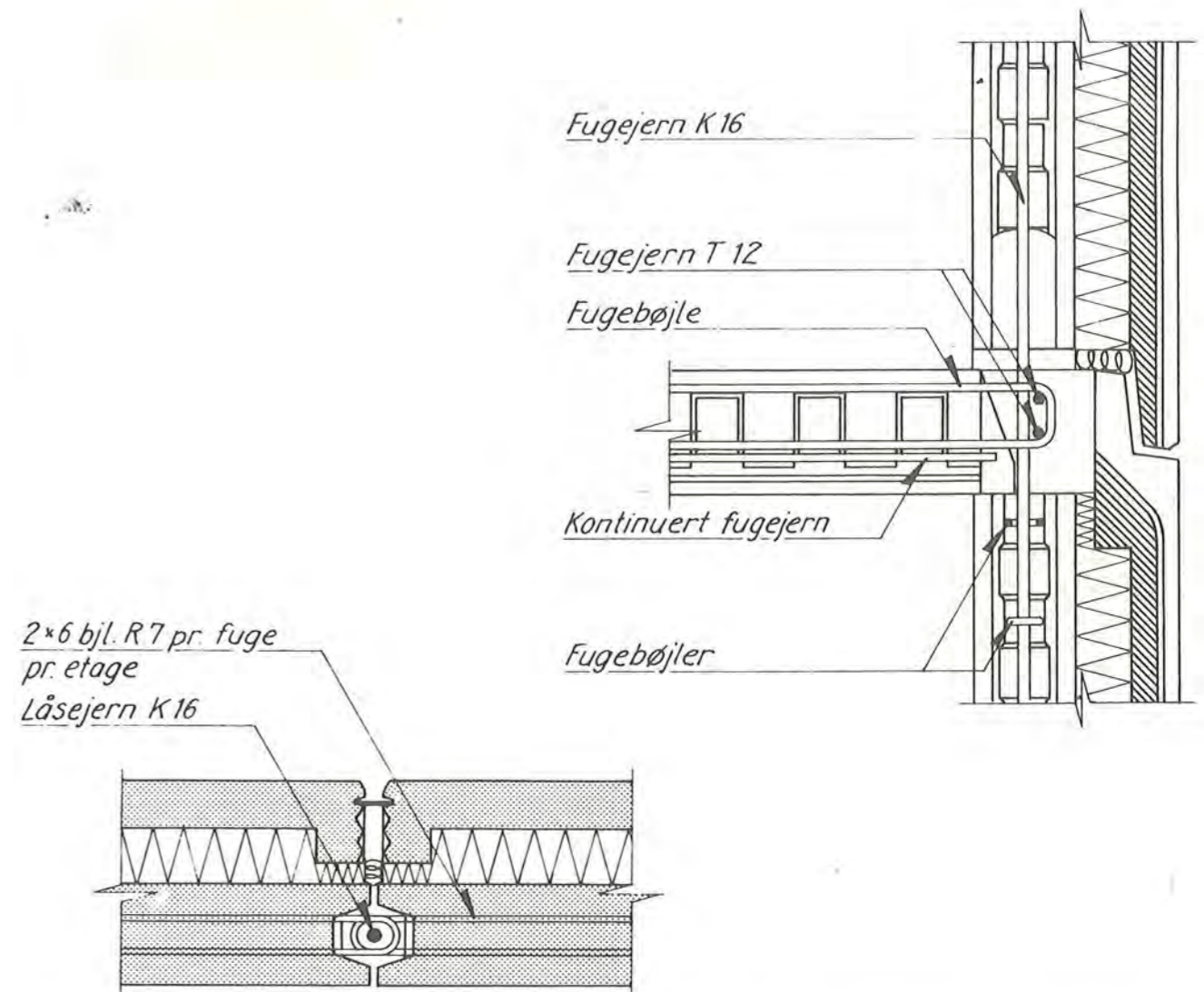
Figur 433.

Figur 433 viser facadeskivens forbindelser med dæskiverne og vægskiverne.

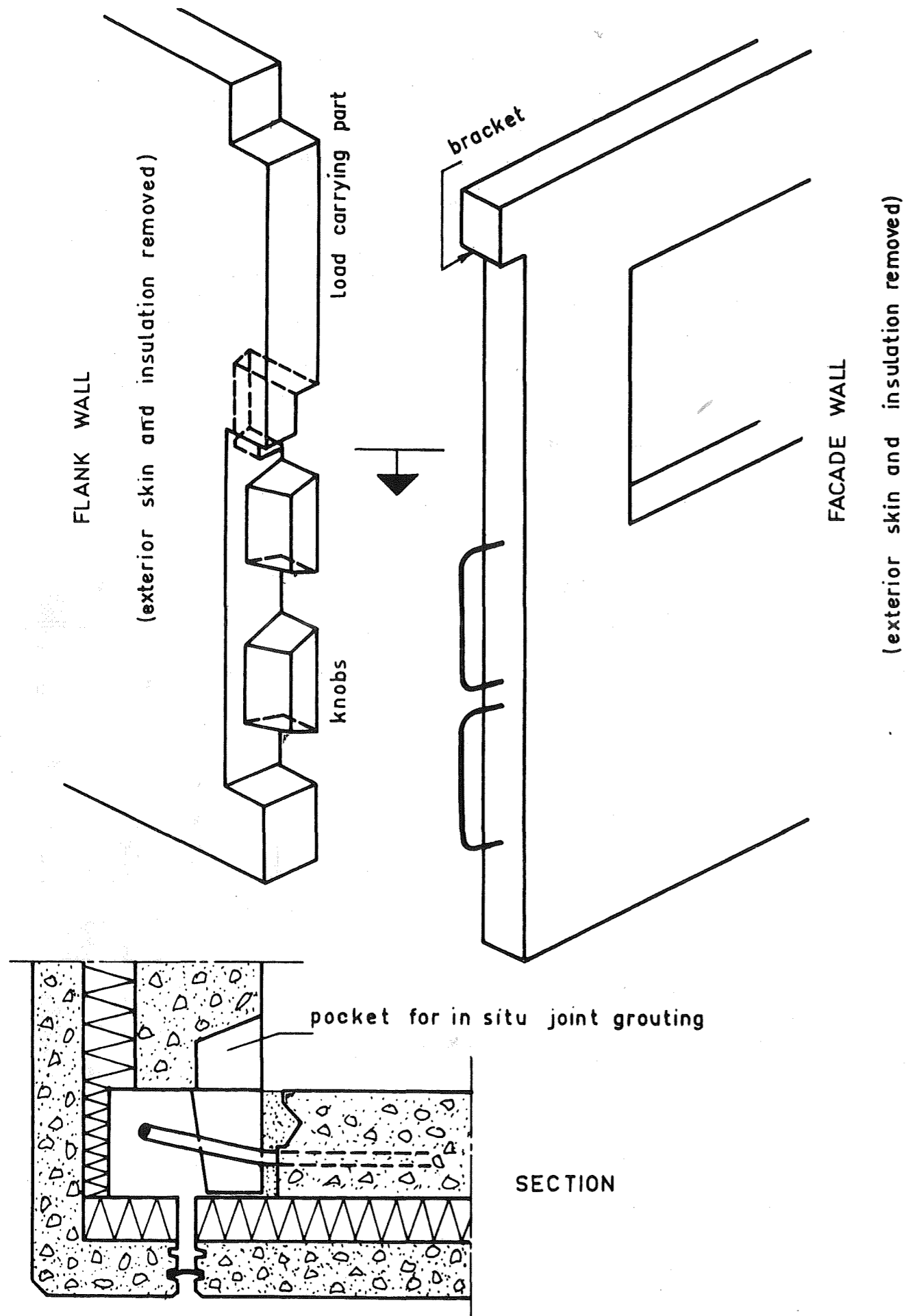
Snit E-E og F-F viser en vandret fuger analog til figur 313 og 412, med visse modifikationer. Facaden understoppes med cementmørtel og kunne for så vidt være selvbærende. Fugen mellem dæk og facade er lukket med en simpel udstøbning, men da dækket og facaden er sammenlåst med galvaniserede beslag (snit F-F) er fugen antageligt rimeligt tæt, specielt da den også dækkes af en gardinkasse (smlgn. teksten til figur 216). Beslag + dobbeltnoter (snit D-D) optager de vandrette kræfter.

Snit B-B, C-C og D-D viser, at facadens egenvægt kan optages på to måder: a) selvbærende facade som omtalt ovenfor og b) ved de i snit C-C og B-B (øverst) viste, armerede "ører" på den indvendige skive. Dobeltnotens funktion er omtalt ved figur 215: Den kan optage vandrette kræfter og hindre facadens krumning. At den er for-tandet har næppe nogen statistisk betydning. (Restsvindet i elementerne åbner antageligt fugen lidt.)

Snit C-C viser elementernes sammenlåsning.



Figur 434. Sammenstyrtningssikring af gavl- og dæskive.



Figur 435. Sammenlåsning af gavl- og facadelement.

Larsen & Nielsen-detalle.

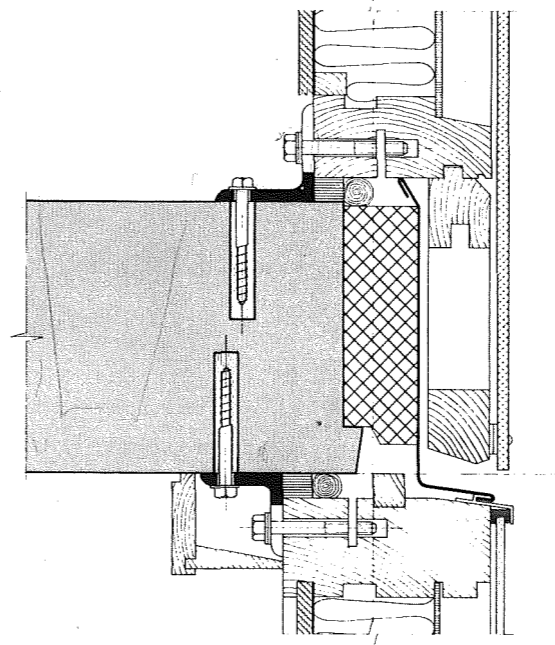
44 LETTE TRÆSKELETFACADER.

Detallerne er tegnet bl.a. efter samlingsdetaller udlånt af rådgivende ingeniørfirma P. E. Malmstrøm, FRI.

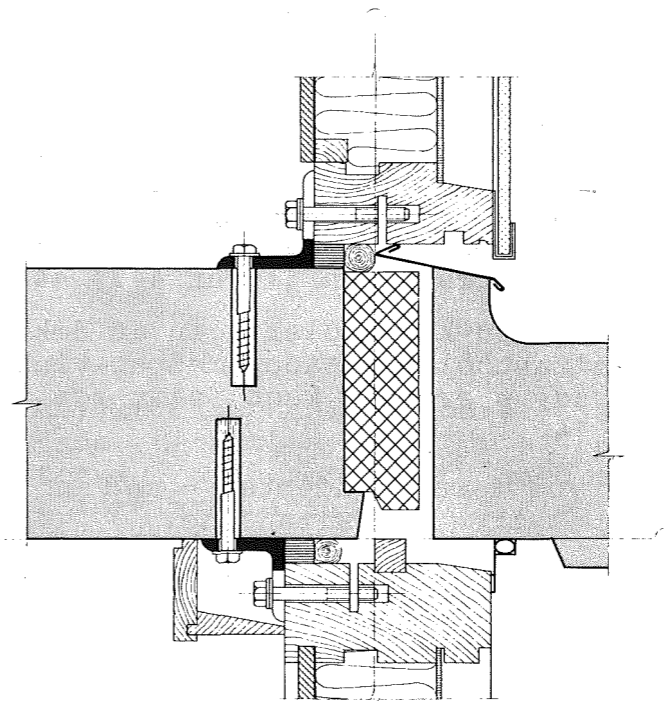
Byggerier: BALLERUPPLANEN, GLADSAXEPLANEN m.fl. 1962-66.

Arkitekter: Agertoft & Juul Møller, Hoff & Windinge MAA, m.fl.

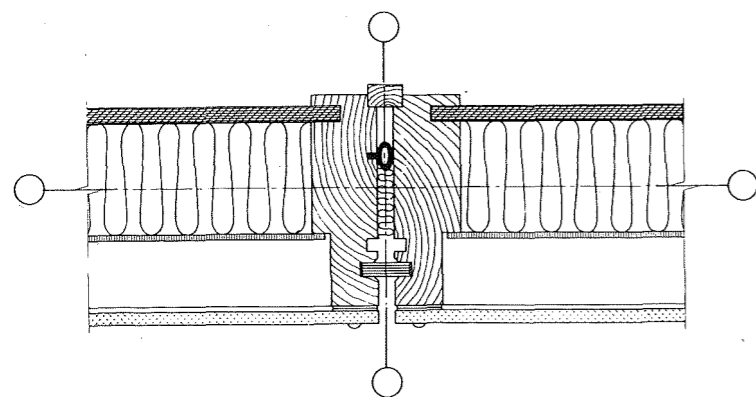
Leverandør: Bl.a. Velux.



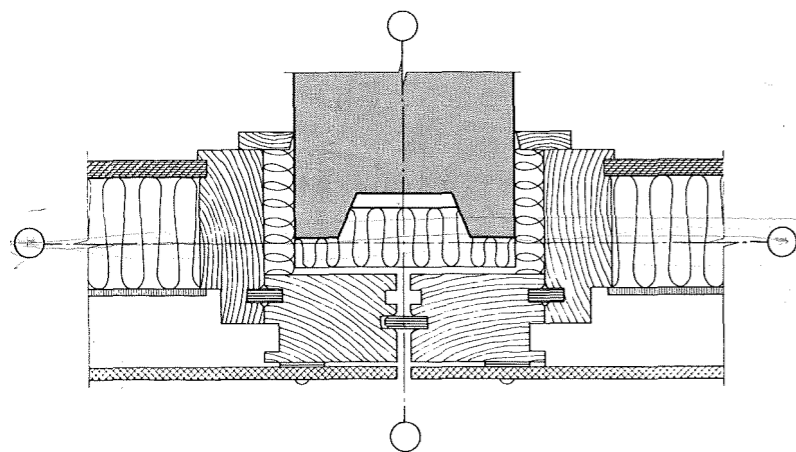
Figur 441.
Vandret facadefuge.



Figur 442.
Vandret facadefuge ved
altan.



Figur 443.
Lodret facadefuge.



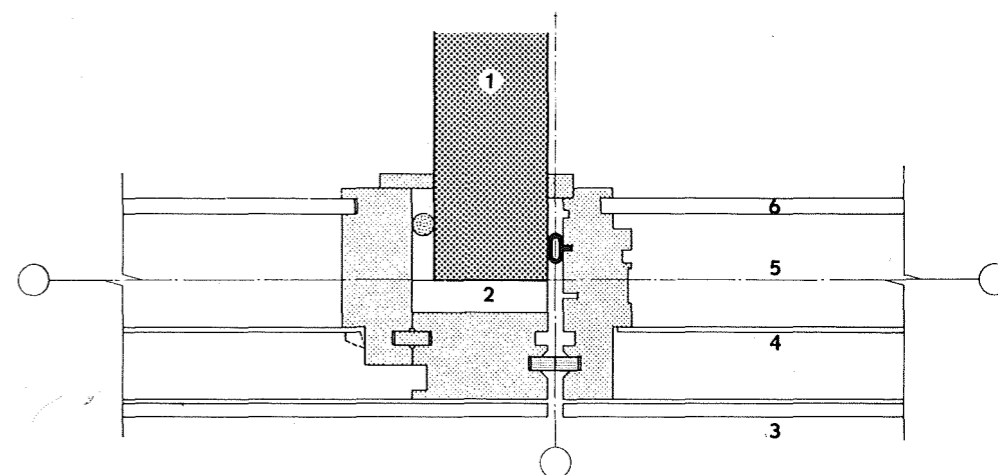
Figur 444.
Lodret facadefuge
ved tværvæg.

Figur 441 viser den vandrette facadefuge. Udvendt vandtætning ved overlappning, indvendigt vindtætning med plastisk fugemasse (rockwoolstrimmel stoppet ind som modhold). Facaden fastholdes ved vinkeljernbeslag (galvaniserede), idet der på byggepladsen bores (efter skabelon) huller for expandet-dyvler med franske skruer. Dækforkanten er isoleret med gasbeton, indlagt i formen. På forsiden af gasbetonen påsømmes en gennemgående zinkinddækning, der giver brandsikring mellem etagerne, og som etablerer vandafledning i den overlappende fuge (smlgn. drænoter i figur 443 og 444). Hulrummet bag yderste plade er ventileret - og dermed også den lodrette fuges hulrum bag træsløjfen (figur 443, 444).

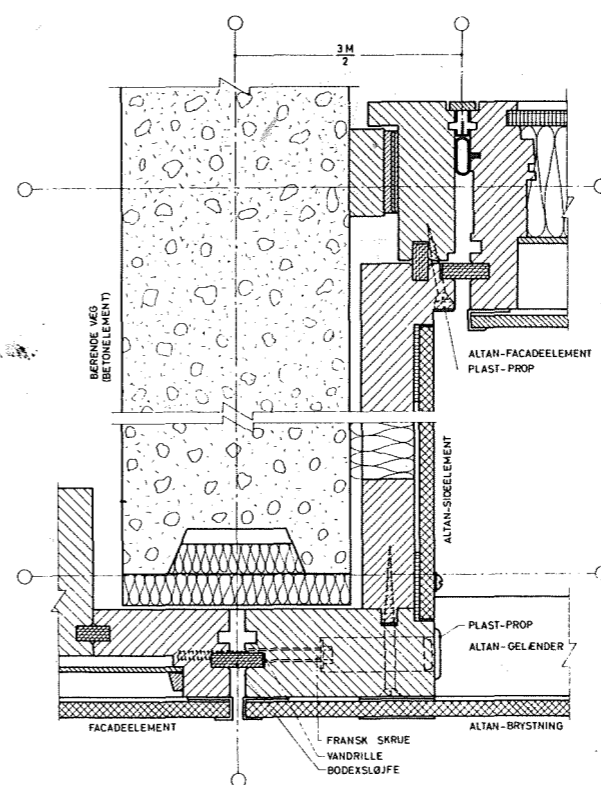
I dag ville man ofte undlade gasbeton-kantisoleringen af dækket, isolere med mineraluld og måske fastholde facaden med et vinkelbeslag mellem dækforkant og facadens øverste kant, samt øge isoleringstykkelsen, se figur 447-449.

Figur 442 viser, at den samme type facadeelementer - med en mindre produktionsændring - også benyttes bag altanerne.

Facadernes opbygning: Figur 140, pag. 12.



Figur 445.
Lodret facadefuge ved gasbetonvæg.



Figur 446.
Hjørne ved indbygget altan.

Figur 443-444-445 viser de lodrette facadefuger.

Det ses, at elementernes lodrette kanter er produktionsteknisk ensartede, uanset om fugen er ud for en bærende tværvæg eller en gasbetonvæg, eller om fugen ingen vægttilslutning har. Fugens princip er forklaret i figur 311. Figur 443 har vindtætning ved en neopreneslange, figur 444 ved en rockwoolstopning mod modhold, og figur 445 viser til venstre plastisk fugemasse (alternativ mulighed for figur 444) og til højre neopreneslange (som figur 443).

Figur 446 viser samlingerne ved en indbygget altan. Det er også her principielt de samme elementdele og løsninger, som i de "normale facader".

Figur 409 viser en løsning ved fortløbende altaner med selvstændige altanvægge.

Figur 447-449.

Forslag til lette
facadekomponenter,
der opfylder BR-77

I "Byggeindustrien"
nr. 3, 1979, præsenterer akademiingeniør Per O. Kjærby og ingeniørdocent Henrik Nissen to prototyper på lette facadekomponenter, der opfylder BR-77's krav, d.v.s. en k-værdi på max. $0,30 \text{ W/m}^2\text{°C}$.

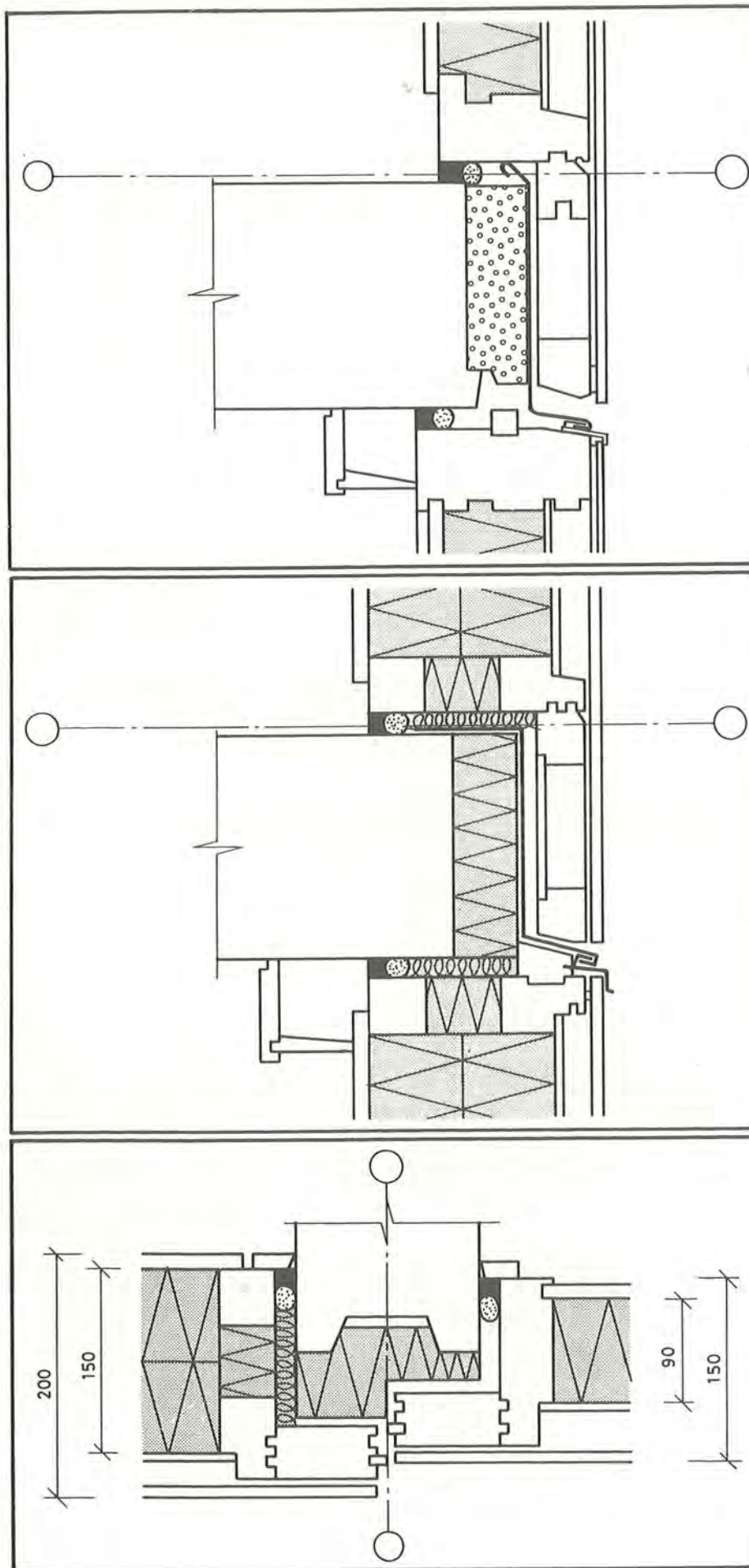
Figurerne er taget fra artiklen. Øverst ses den kendte Velfac-facade, smlgn. figur 441.

I midten ses en ny prototype, hvori (limet) mineraluld forbinder for- og bagkarm. Det andet forslag benytter en hård masoniteplade til formålet.

Gennemgående karme ville give et urimeligt træforbrug og varmetab.

Nederste figur viser de tilsvarende vandrette snit i den nye og den gamle løsning.

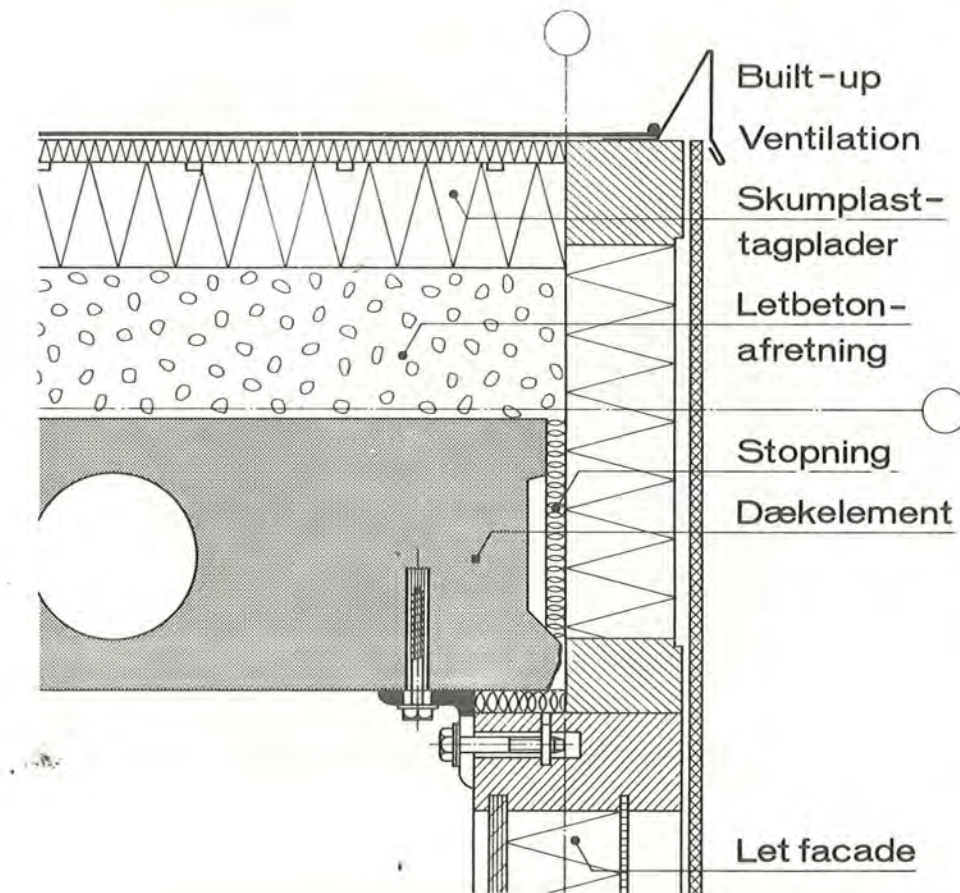
Prototyperne vil blive prøvet ud fra ydeevnekriterier. (Træfondens legat. DIA-B i samarbejde med Bygningssnedkernes Aktieselskab, Højgaard & Schultz A/S, Institut for Byggeteknik, Kunstakademiet)



45 TAG, HJØRNER M.V.

Figurerne er fra Eriksson, Nissen og Lemming Pedersen, Montagebyggeriets Statik og Teknik, DIF-EV.

Se også figur 406, 426 og terrassehuseksemplerne figur 471-475.

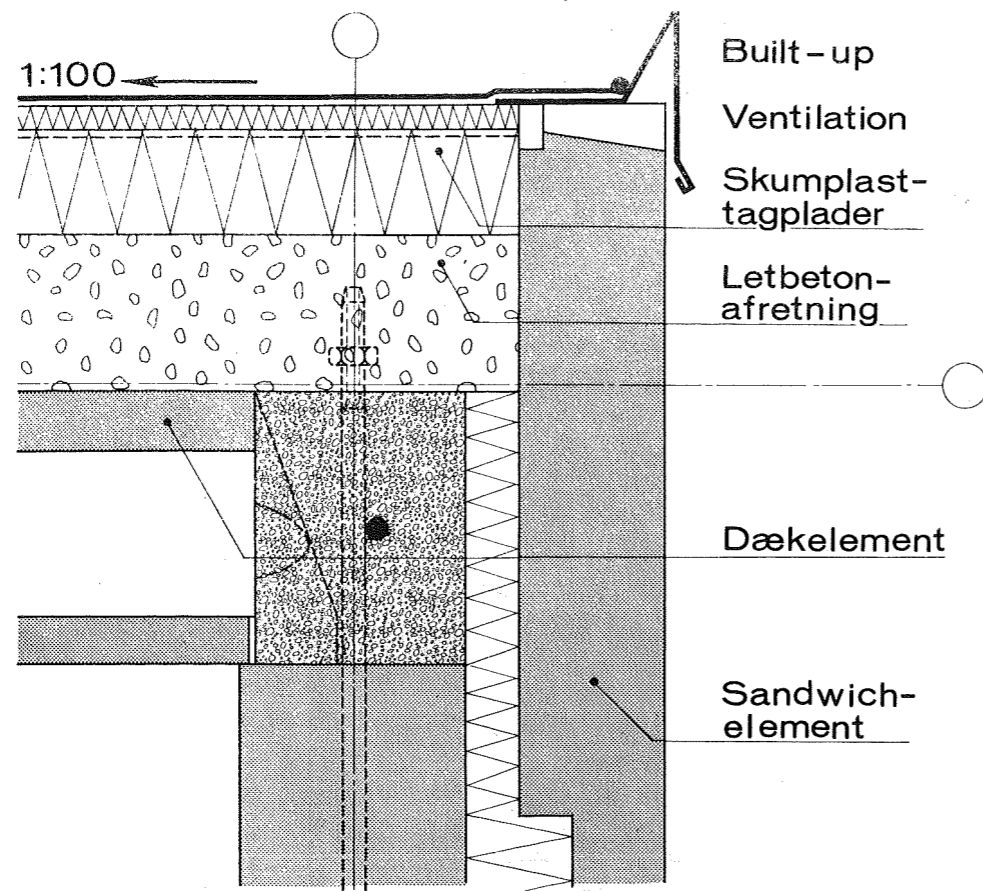


Figur 451. Let facades afslutning ved fladt tag.

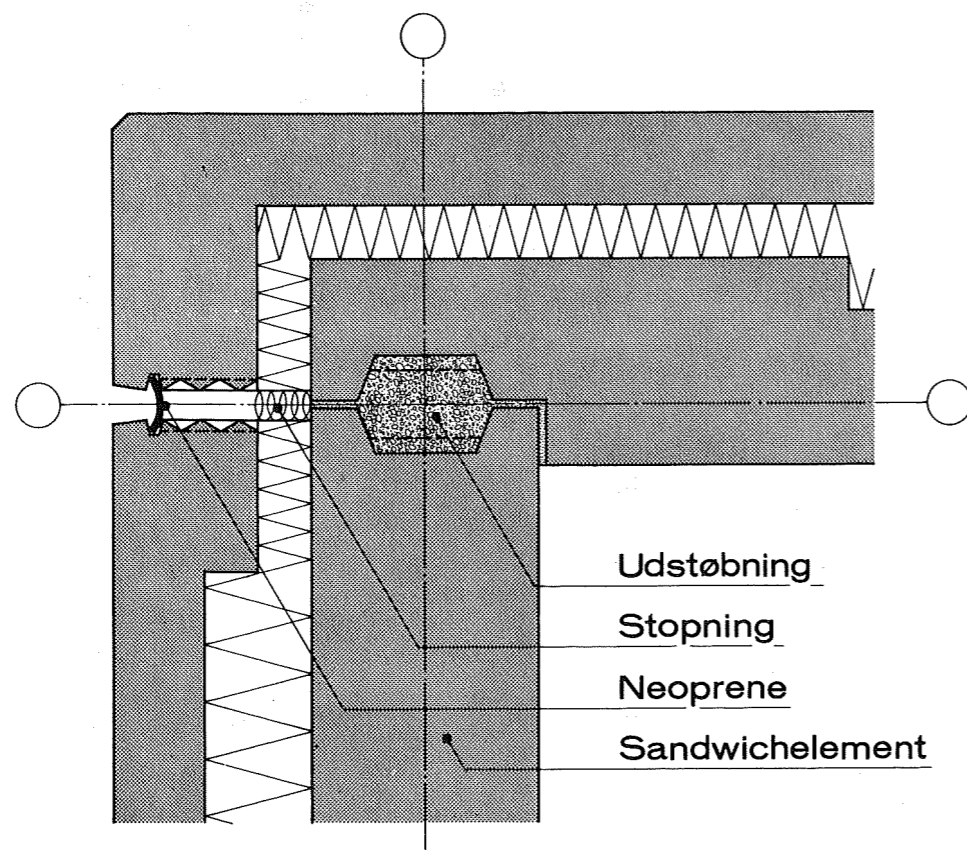
Figur 451 viser, hvorledes en variant af facaderne i figur 441-445 kunne afsluttes ved et fladt tag.

Figur 452 viser den tilsvarende løsning for et betonsandwichelement, et specialelement, smlgn. figur 406.

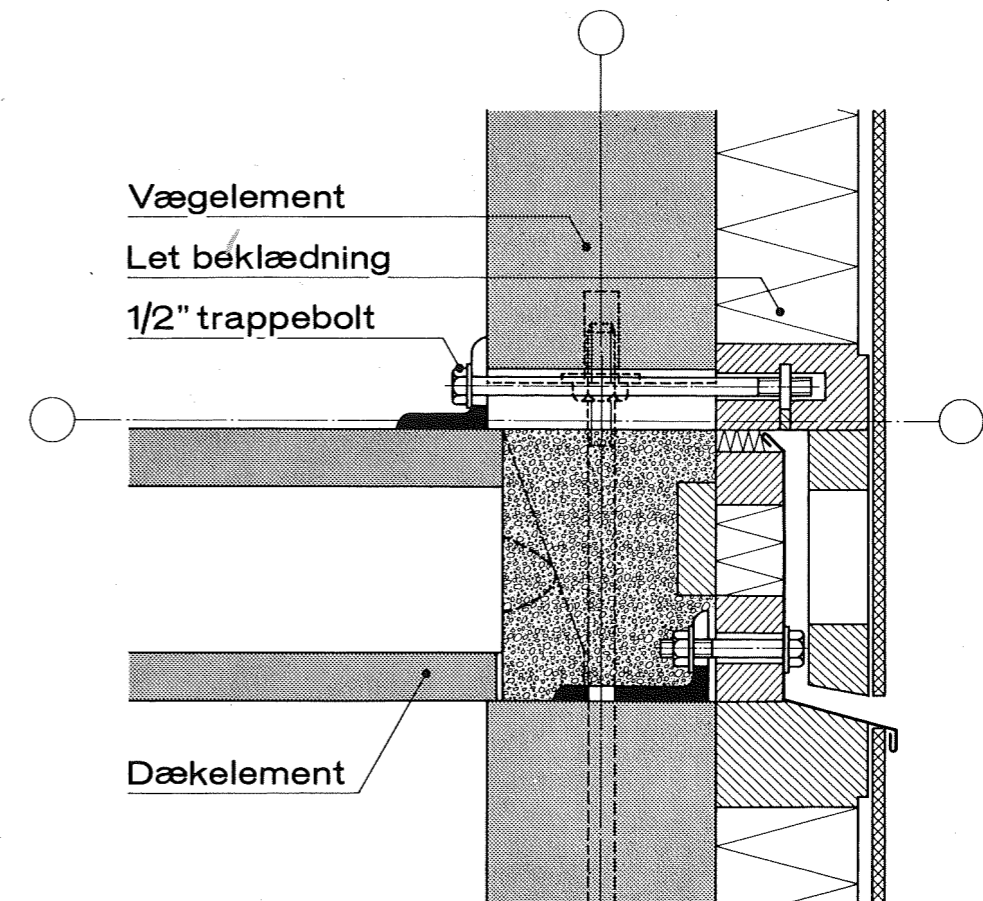
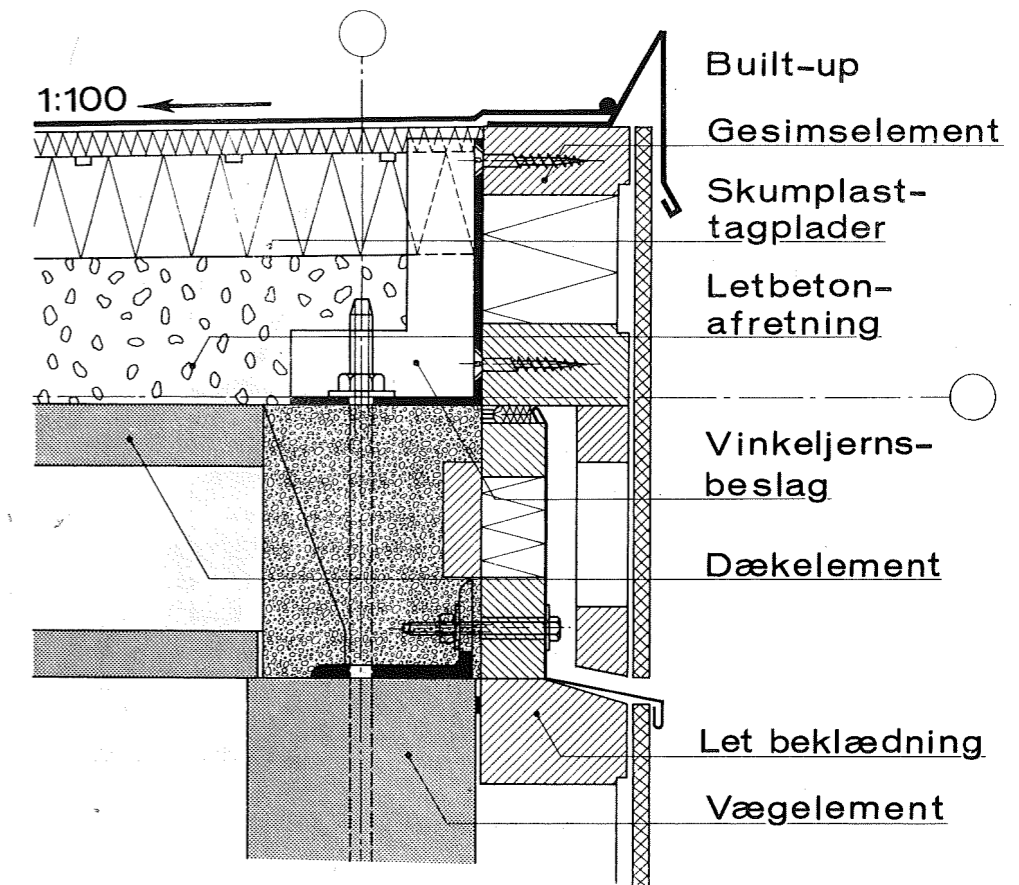
Figur 453 viser en hjørneløsning med et normalt og et specielt betonsandwichelement, smlgn. figur 426.



Figur 452. Sandwichfacades afslutning ved tag.



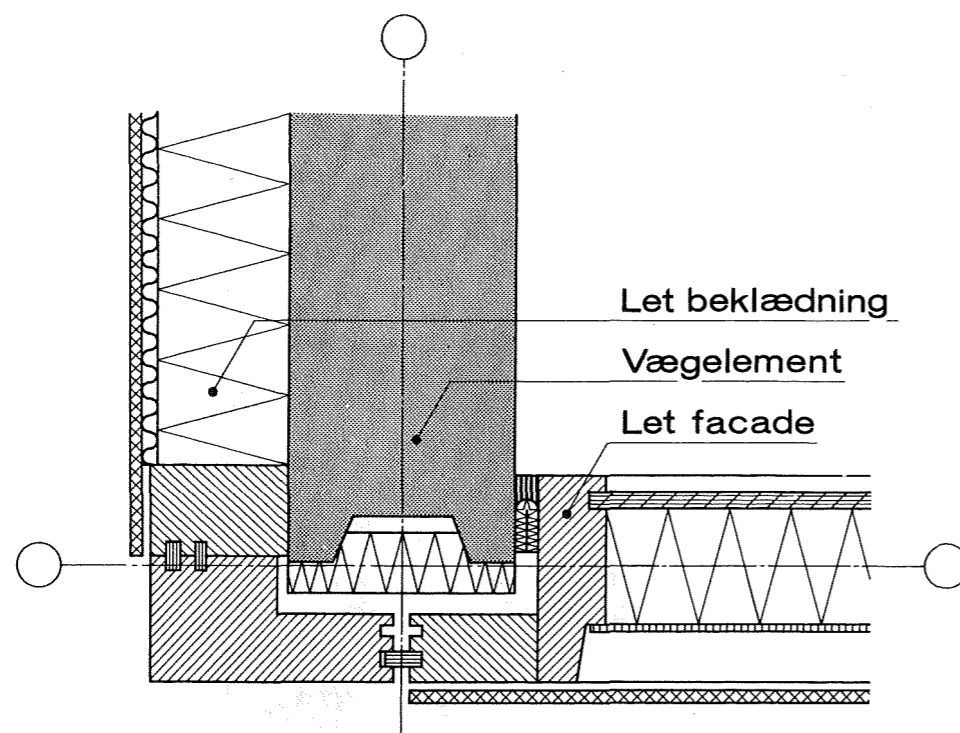
Figur 453. Hjørne mellem betonsandwichfacader.



Figur 454-455. Let gavlbeklædning.

Afslutning ved tag (smlgn. figur 454 og 452).

Vandret fuge ud for dæskive (smlgn. figur 441 og 408).



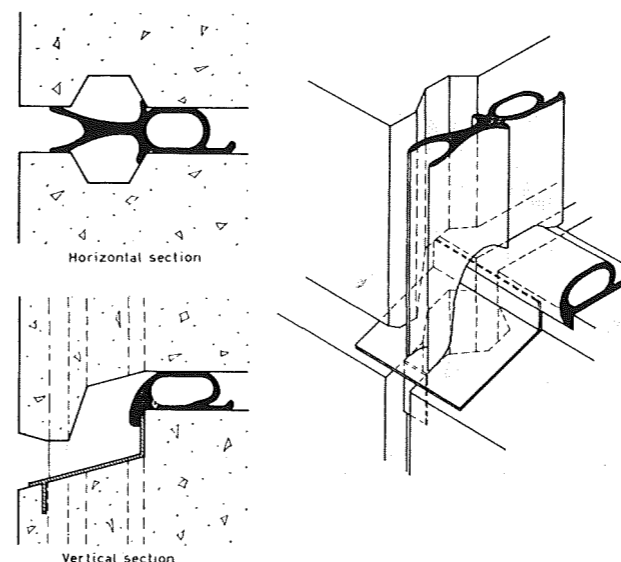
Figur 456. Hjørne mellem let facade og let gavlbeklædning.

Figur 454-455-456 viser eksempler på en let gavlbeklædnings fuger m.v. Principper ganske som for lette facader.

I etagekrydsudstøbningen optages det lette elements egenvægt ved indstøbning af den udragende klods over beslaget.

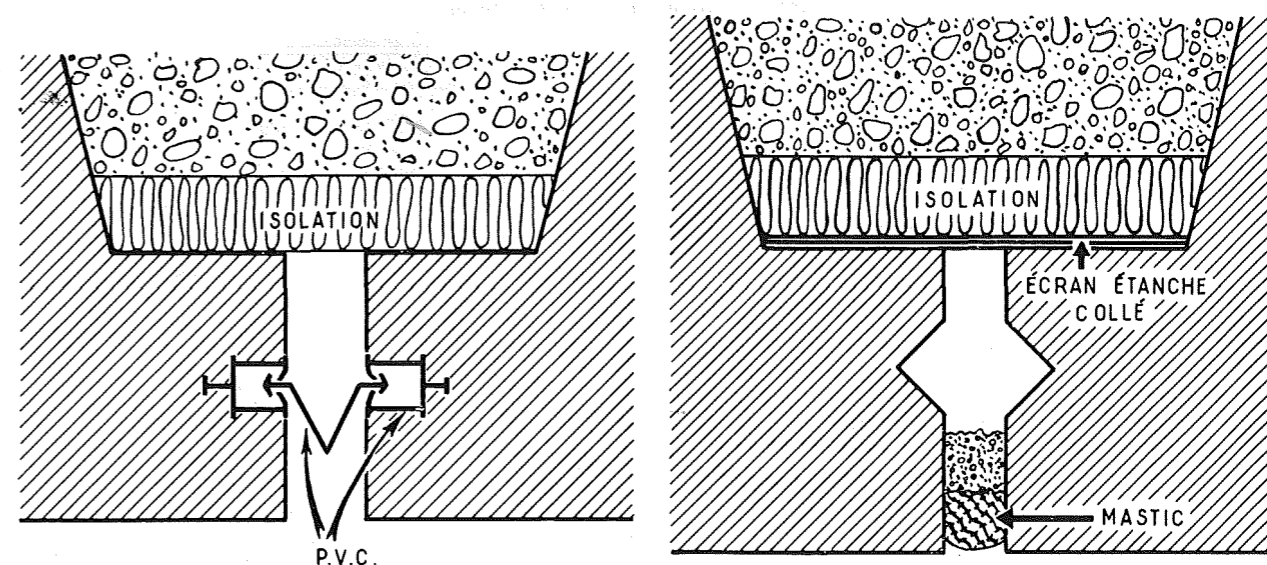
46 UDENLANDSKE 2-TRINS FUGER M.V.

taget fra CIB's rapport 51 B, symposium on weathertight joints for walls, Oslo 1967 (NBI). Praktisk taget alle lande anbefalede på basis af forsøg og praktiske erfaringer den ventilerede fuger (2-trins-fuger), i Danmark, Norge (og Canada) benyttet siden 1960.



Figur 461. Isaksen, NBI, Norge.

En 2-trins fuger helt i neoprene. I det vandrette snit (øverst) ses et ekstruderet neopreneprofil med vandtætning (næsten) yderst, ventileret hulrum, og med vindtætning inderst i form af et klemt, rørformet profil. Det lodrette snit (nederst) viser vindtætningen ved en neoprenslange.

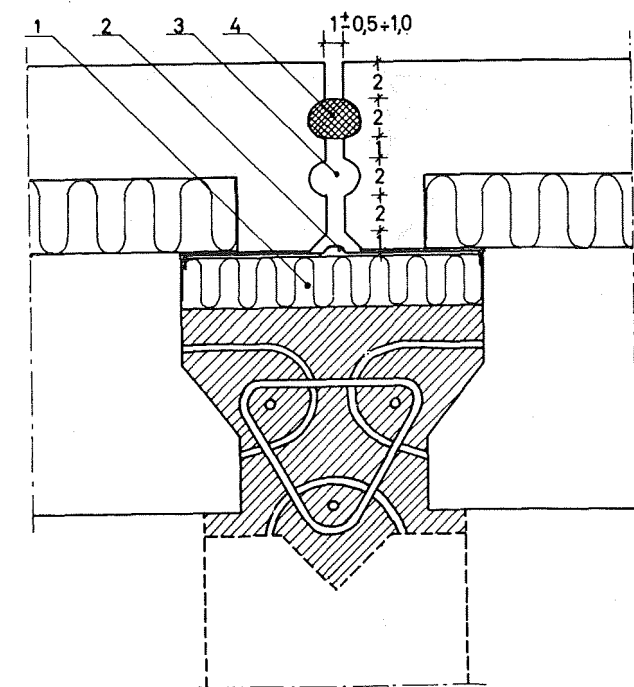
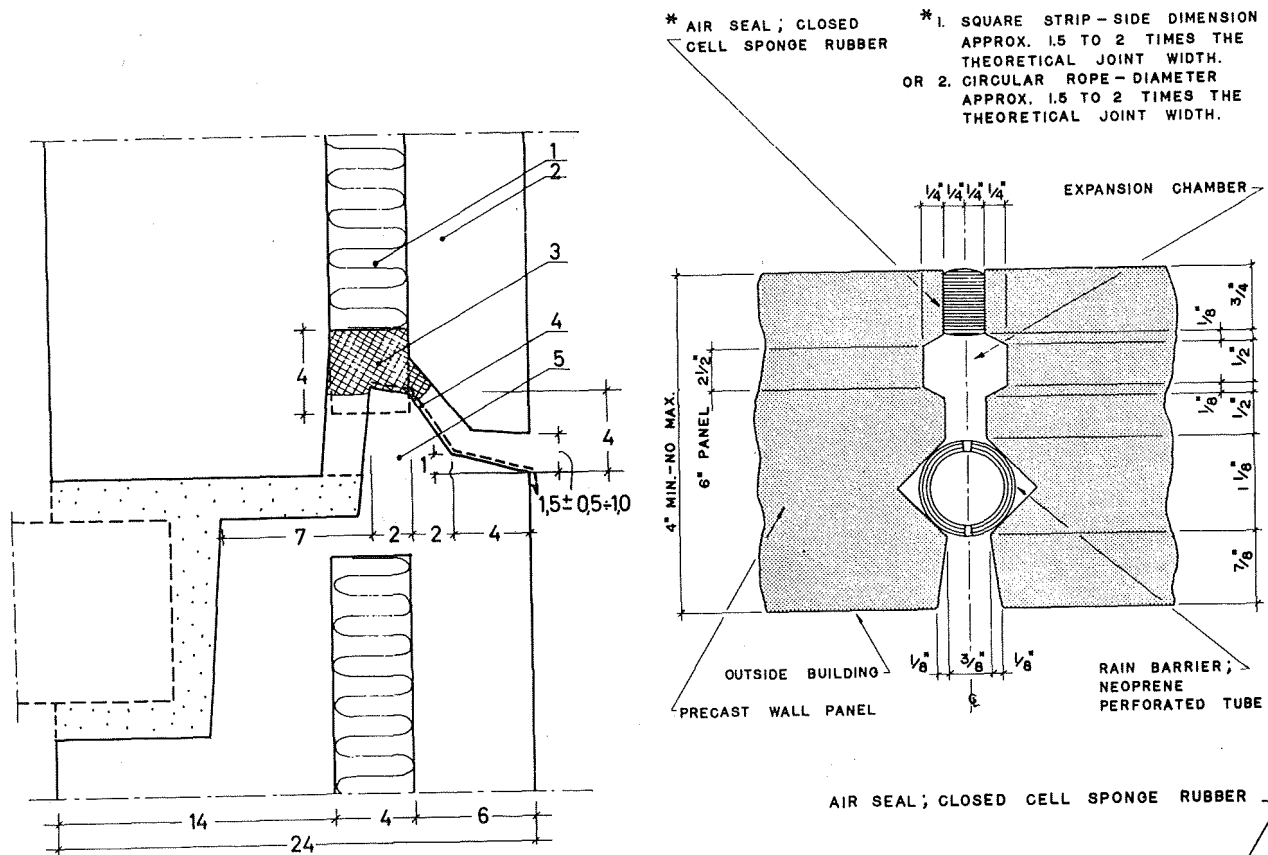


Figur 462. Eberhard, Frankrig.

Til venstre en PVC-løsning, hvor det løse plus de indstøbte profiler erstatter neoprene plus vaskebrædt. Til højre en løsning med plastisk fugemasse i stedet for neoprene og en not i stedet for vaskebrædt (tilfredsstillende, hvis støbeteknikken er god nok til at sikre en fejlfri not uden skår og stenreder).

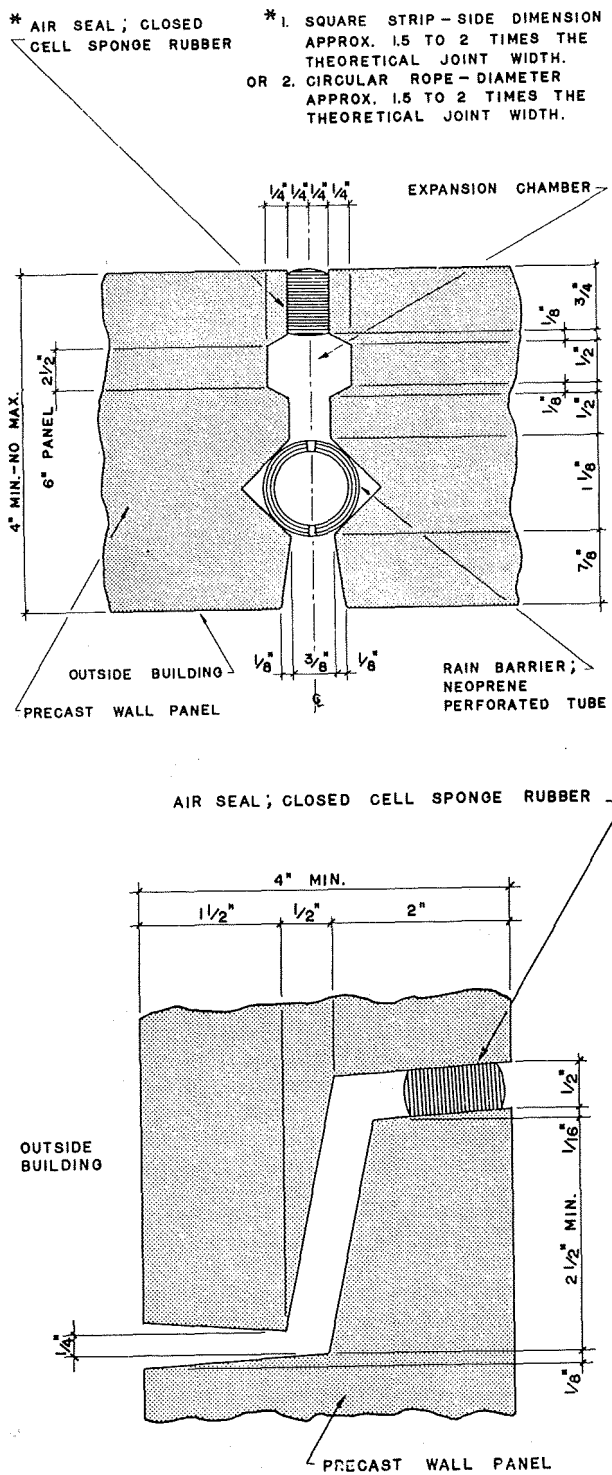
PVC-løsningen har været anvendt på mange franske byggerier, men har ofte ikke helt fungeret efter hensigten og set sjuksket ud, da det er vanskeligt at skyde det løse PVC-profil på plads, når mål- unøjagtigheder (især under montagen) medfører, at de to faste PVC-profiler har varierende afstand og ikke er parallelle.

Smlgn. i øvrigt figur 401 og 413.



Figur 463. Lewicki, Polen.

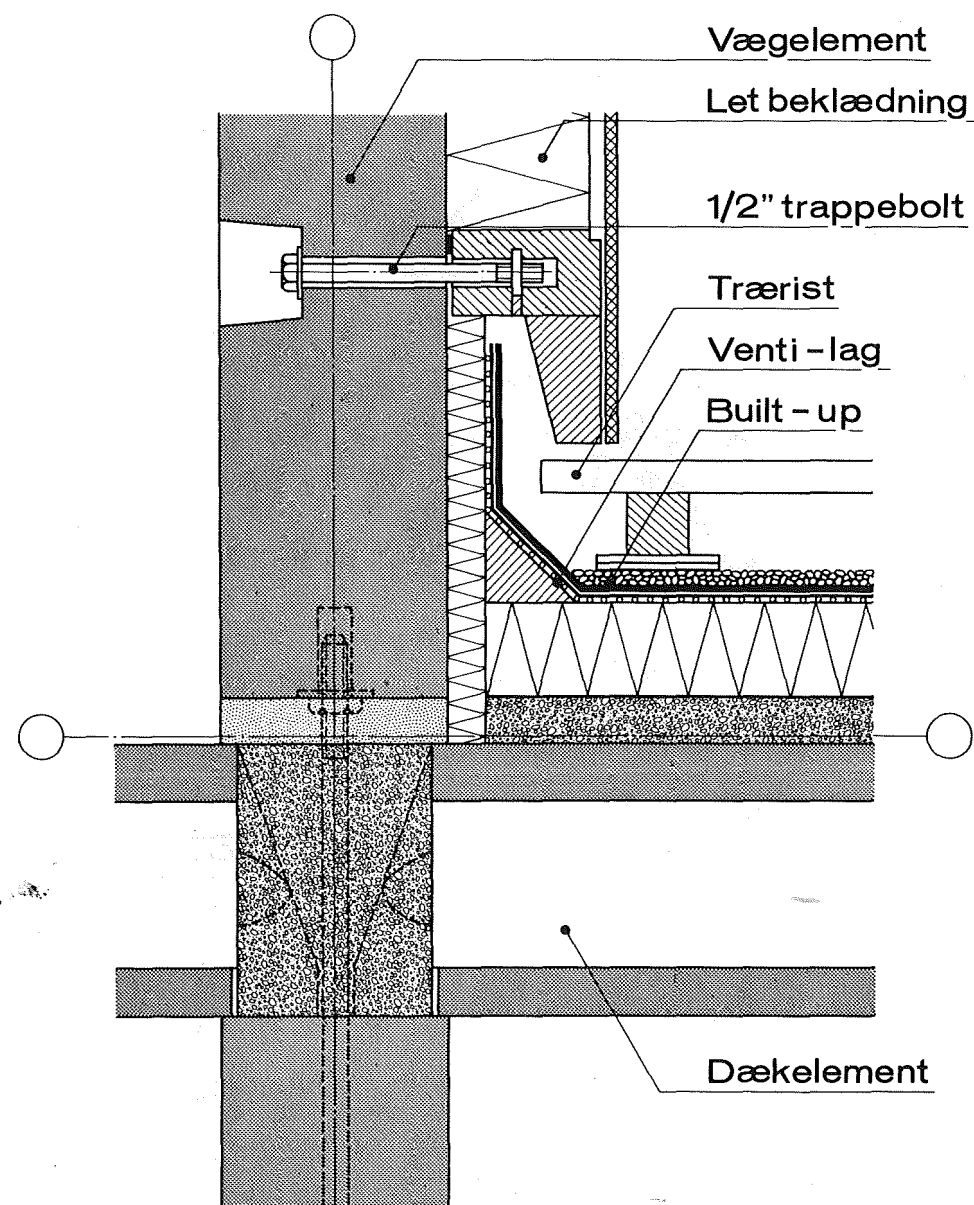
Fugen er ventileret, og vaskebrættet erstattet af et "trykudligningskammer" mærket 3. I stedet for neoprene benyttes en skumplaststrimmel (PVC). Smlgn. figur 401 og 413.



Figur 464. Holbek, Canada.

Endnu en fuge, der ligner de danske med udvendig vandtætning og indvendig vindtætning, overlappende fuge o.s.v. Som vandtætning benyttes en neopreneslange, der tilmed er perforeret for yderligere at sikre, at hulrummet er ventileret.

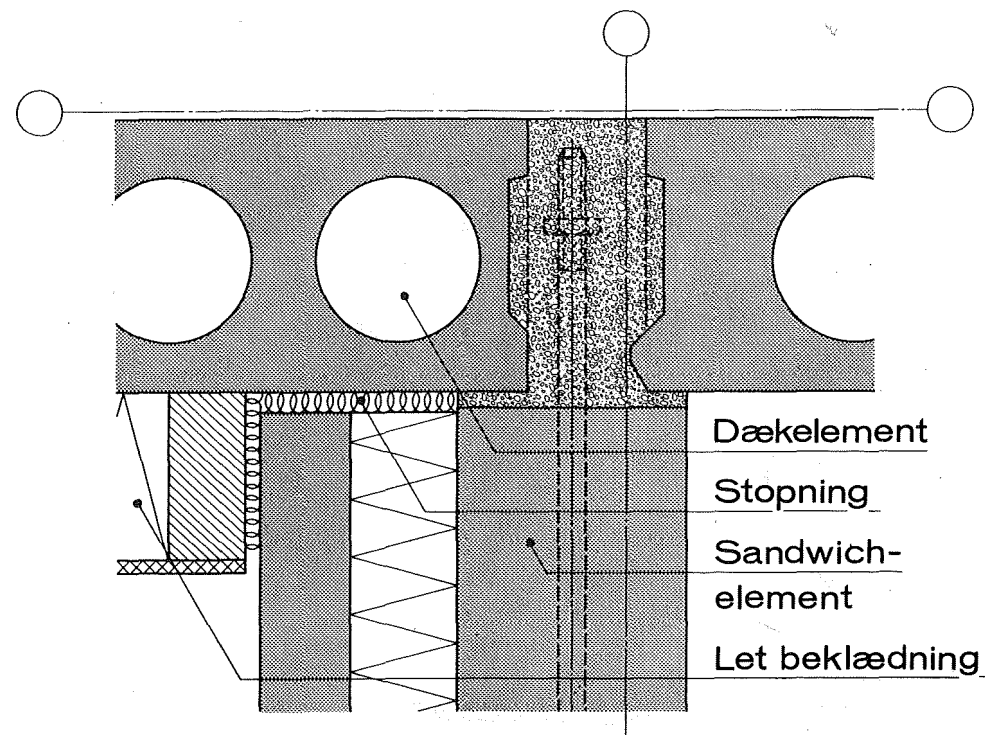
47 TERRASSEHUSEKSEMPLER M.V.



Figur 471. Isoleret altan, isoleret tværvæg.

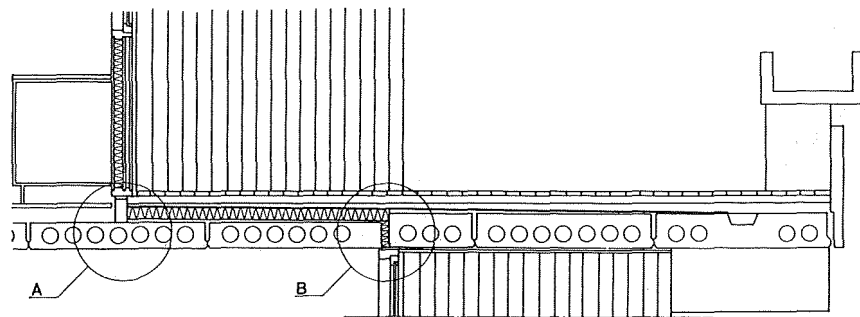
Tværvæggen er isoleret med en let træelementbeklædning (smlgn. figur 454-455). Altandækkets isolering og vandtætte built-up er beskyttet mod solbestråling og slid af et trykimprægneret trægulv (med afstand mellem brædderne). Derved er gulvniveau ude noget højere end gulvniveau inde, men da regnvand ledes bort på oversiden af built-up'en, er inddækningsproblemerne ved altandøren overkommelige.

Figur 471-472 er fra Montagebyggeriets Statik og Teknik.



Figur 472. Sandwichfacade + isoleret dæk.

Figuren viser et lodret snit i en "overragende" altan. (Kun feltet nederst til venstre er udendørs, feltet til højre og overetagen er indendørs. Hele den bærende konstruktion er "indendørs" (smlgn. figur 475)).



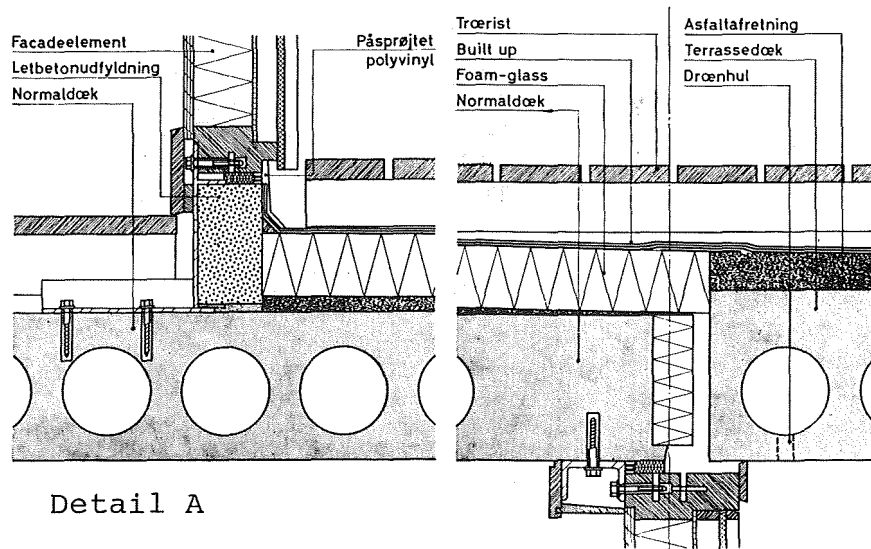
Lodret snit i terrassedæk, etage 3. 1:50.

Figur 473-474.

Smlgn. teksten til figur 471.

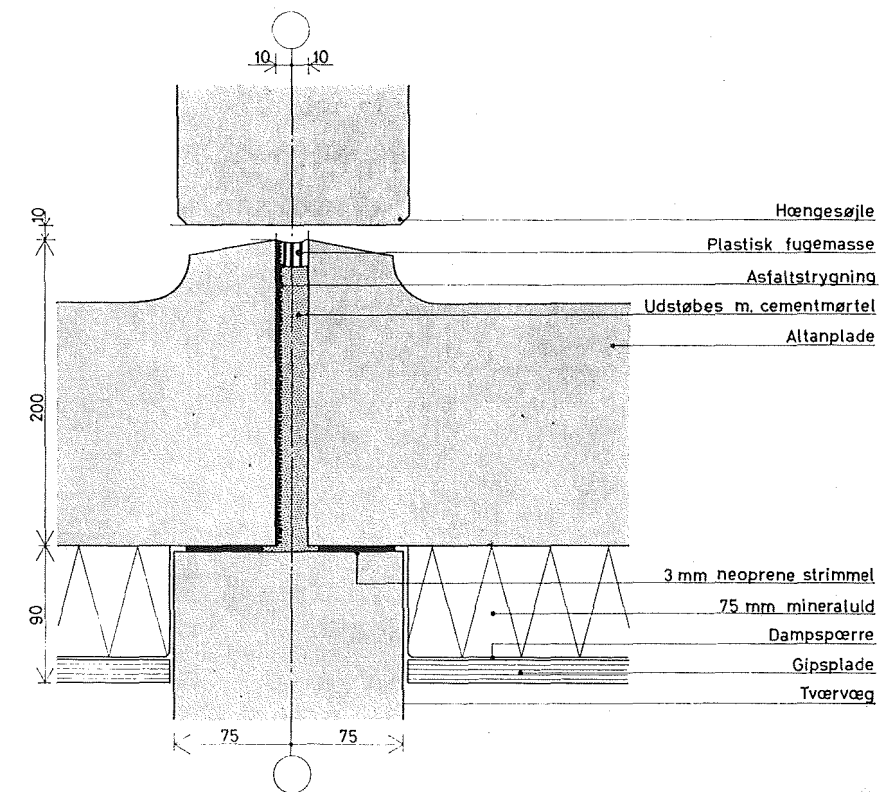
De normale dæk er "indendørs", d.v.s. indenfor den isolerende klimaskærm. Til højre ses et altandæk, som giver solafskærmning for en del af den nederste terrasse. Dette dæk er koldt og må have dilatationsfuger som alm. altandæk.

(DIAB 17, Vejlesøparken, Ole Hagen Maa, Lemming og Eriksson, FRI.)



Detail A

Detail B



1:5. Lodret snit i samling mellem altandæk og væg i etage 1.

Figur 475. Altandækkonsol.

Hængesøjlen øverst svarer til hængesøjlen i figur 242. I det aktuelle eksempel er "hængesøjlen" en væg mellem to altaner, idet vægelementet er 360 cm bredt, hvoraf de 180 cm er "indendørs", resten adskiller de 180 cm brede altaner. "Hængesøjlen" er altså en udkraget vægdel, og figuren viser, at fugen under væggen ikke er understoppet, således at væggen frit kan variere med temperatursvingningerne udendørs. Altandækkene hviler på neoprene og har dilatationsfuge over konsollen.

Den viste isolering anbringes kun i enkelte hobbyrum under altanerne. I soverum, køkkener o.a. rum med høj relativ luftfugtighed er løsningen næppe ideel, dels på grund af kuldebroen altandæk - væg (kun afbrudt af 3 mm neoprene), dels på grund af problemet med at gøre dampspærren effektiv.

Altanpladerne er oplagt på neoprene og kan således frit ændre længde med temperaturen. Fugen mellem pladerne er udstøbt med mørtel som underlag for en plastisk fugemasse. Den ene altanplades ende-flade er strøget med asfalt, således at "brudfladen" er defineret, når altanpladen på grund af restsvind indledningsvis åbner fugen - en åbning der udnyttes som dilatationsfuge ved temperaturbevægelser.

Fugemassen skal have lang levetid (den er vanskelig at udskifte), have gode deformations- og styrkeegenskaber og skal kunne påføres straks efter altanpladernes montage (uanset vejret) før vægkonsollen monteres. Figuren angiver plastisk fugemasse, et vidt begreb. Det afgørende er massens dokumenterede egenskaber, herunder også dens kontaktegenskaber over for asfalt.

På en åben altangang blev fugningen tidligere udført med asfaltmasser. Nu benyttes i reglen thiokol, som bedre hæfter og tåler slid.

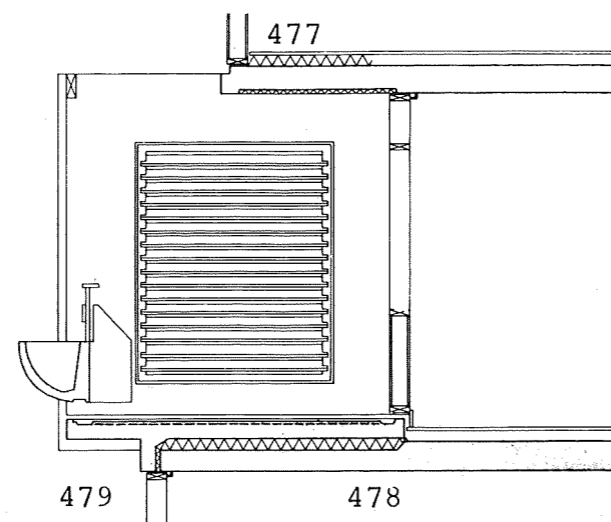
(Ejnar Danø, DIAB, Byggeindustrien nr.22, 1970, Aktuelle byggerier, Albertslund Nord, Mangor og Nagel MAA, P.E. Malmstrøm, FRI.)

BRØNDBY STRAND, København 1970.

Detallerne er tegnet efter samlingsdetaller udlånt af A/S Dominia - Ingeniøraftdelingen.

Arkitekt: Svend Høgsbro og Th. Dreyer, MAA.

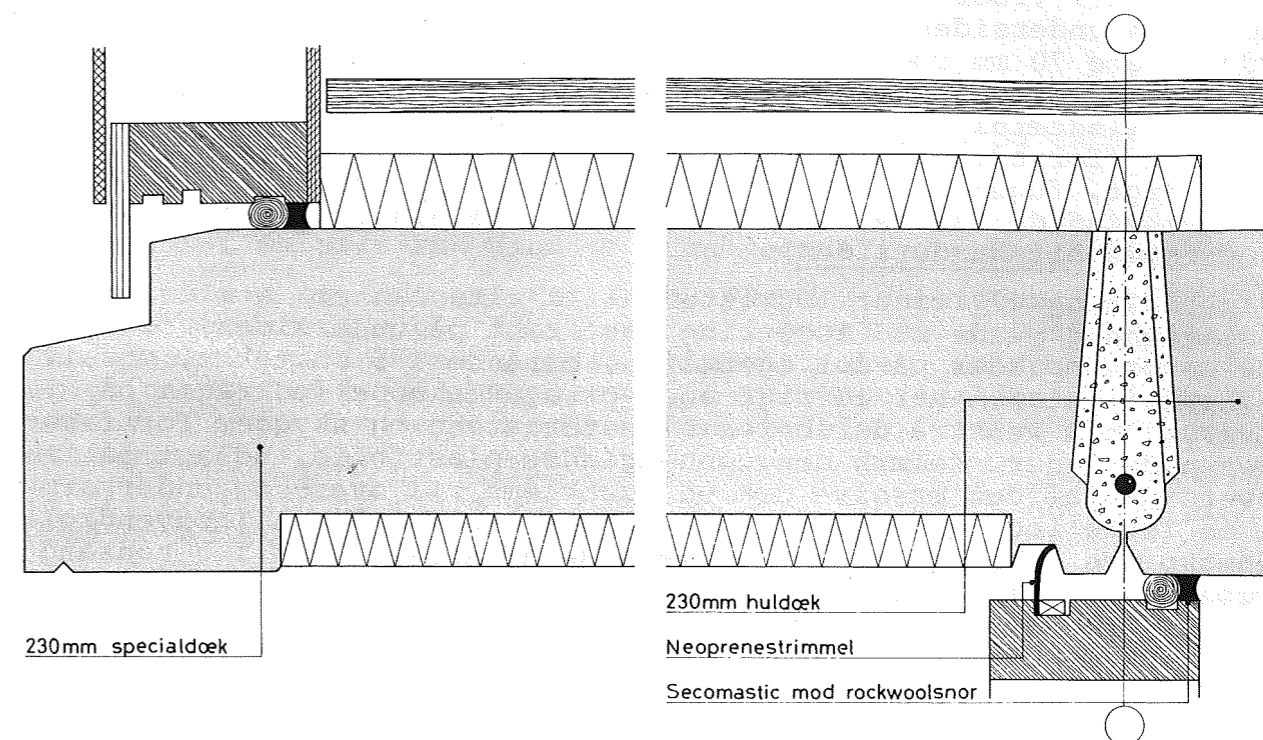
Hovedentreprenør: Larsen & Nielsen Constructor A/S.



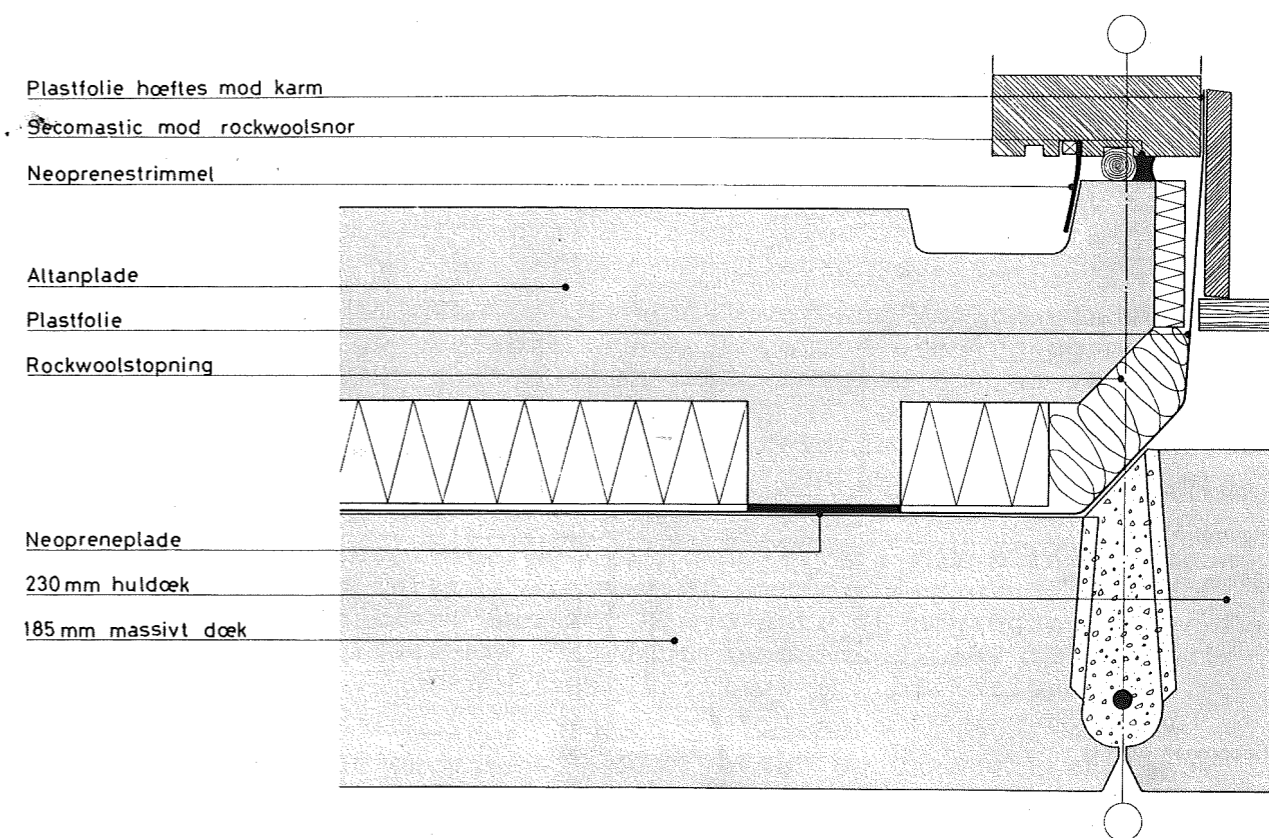
Figur 476. Brøndby Strand.

Foto: Svend Høgsbro, MAA.

Brøndby strand er et tværvægshus med (især) lette facader. Figur 477, 478 og 479 er lodrette snit i samme plan gennem en 240 cm bred altan, foroven afskærmet ved at næste etages stue rager 120 cm ud over altanen. Altanen afskærmer selv stuefacaden i etagen nedenunder ved et 60 cm overhæng.



Figur 477. Lodret snit i stue over altan/stue.



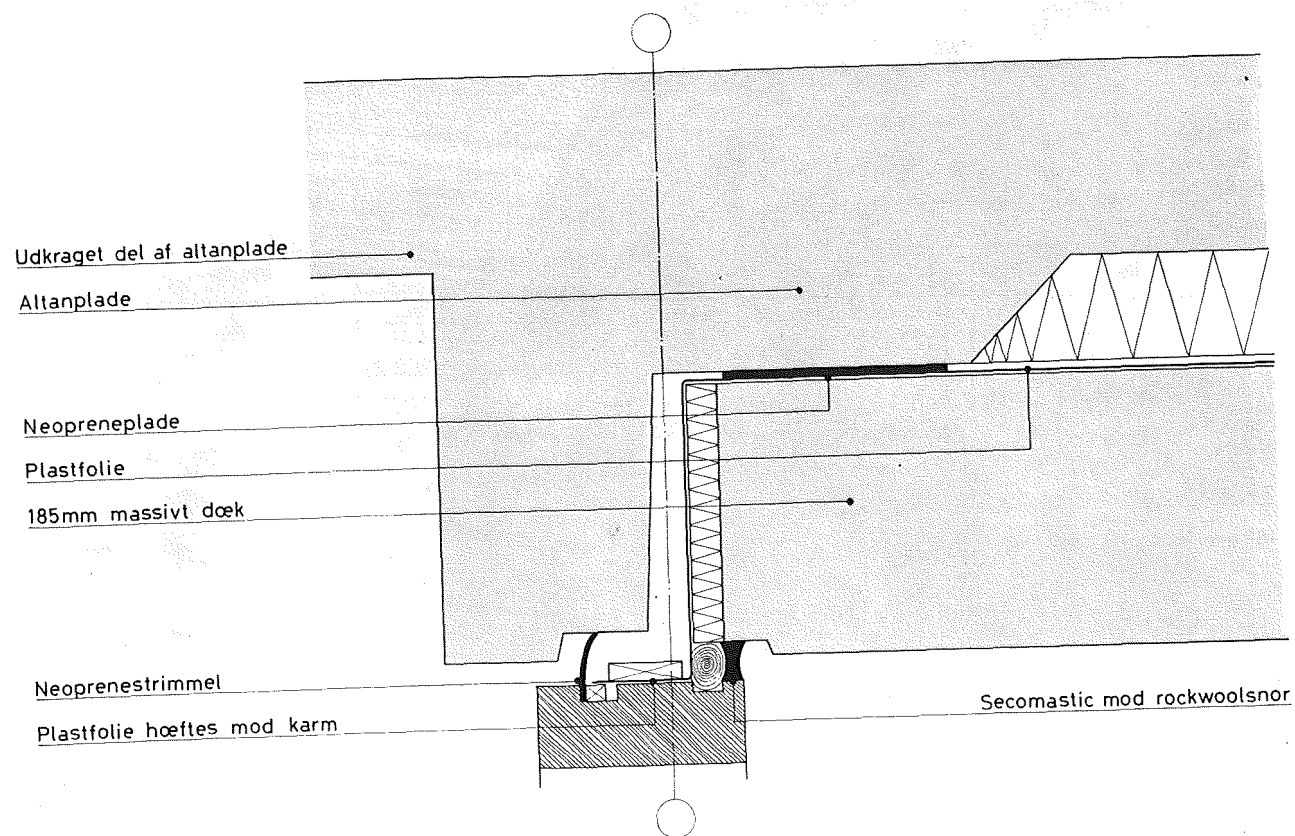
Figur 478. Lodret snit i altan/stue over stue.

Figur 477 og 478 er placeret så de viste, lodrette modullinier flugter.

Figur 479 (pag. 112) ligger umiddelbart til venstre for figur 478. Tekst pag. 112.

Figur 477 viser et specialdæk, båret på bærende tværvægge, isoleret på undersiden (mod altanen) ved indstøbt isolering. Der er yderligere 70 mm rockwool oven på dækket, udlagt mellem gulvstrøerne. Den lette facade (til venstre) har overlappende kant og indvendig vindtætning med plastisk fugemasse. Den lette facade bag altanen (forneden til højre) har drypkant plus neoprenestrimmel udvendigt, fugemasse indvendigt (fugen er godt beskyttet mod vand på grund af det store overhæng, 120 cm. På højhuse kunne slagregn dog ramme altanundersiden).

Figur 478 og 479 viser lodrette snit i altandækket, som er en selvstændig plade med isolering faststøbt på undersiden, oplagt på neopreneplader på det egentlige, bærende 185 mm tykke, massive dæk. Altanpladen har iøvrigt en overrørende ende (udkraget på tværs), til venstre der bærer blomsterkassen og skygger for facaden nedenunder. Bemærk dengennemgående plastfolie, udlagt på oversiden af det massive dæk og fastklemt til over- og underkarm i de lette facader på figur 478 og 479. Folien er en (nødvendig) dampspærre, anbragt på den varme side af isolationen i betonsandwichkonstruktionen.



Figur 479. Lodret snit i altan over altan/stue.

VINDUERS FUGER

50 INDLEDNING

Dette hovedafsnit omhandler dels fugen mellem karm og ramme, dels fugen mellem karm og det omgivende facadeelement.

Afsnittet omhandler vinduer af træ, ud fra byggetekniske krav til fugerne. Der omtales kun vinduer i en facade i et almindeligt hus.

Emnet er stort og medtages for at antyde for de studerende, at enten må man sætte sig ordentligt ind i emnet eller også skal man ikke tage et ansvar, men må opsøge specialister. En række principper gældende for facadeelementer og deres fuger gælder også for vinduer, f.eks. argumentet om to-trins tætning fremfor et-trins tætning.

Når dette afsnit er tilføjet i forhold til tidligere udgaver af dette notat skyldes det flere forhold:

For det første synes ingeniørerne i højere grad at blive inddraget i vinduesdetaljeringsen end før, dels under selve projekteringsprocessen, i samarbejde med arkitekter og/eller (hos) vinduesfabrikanter, dels under den mere og mere almindelige afprøvning af vinduers vind- og regntæthed. Endelig ses en tendens til, at ingeniøren drages til (med-) ansvar, hvis en uheldig vinduesudformning medfører skader for bygherren. Dette gælder naturligvis under alle forhold, hvis han faktisk har medvirket.

Vinduer projekteres traditionelt af arkitekter, men der er næppe tvivl om, at den moderne teknologi muliggør så mange nye tekniske løsninger, at andre teknologer må inddrages i et samarbejde, under projekteringen, ved forsøg eller ved udarbejdelse af garantier, varedeklarerationer o.s.v. fra leverandøren.

Forholdet understreges af de nyeste, stærkt skærpede krav til vinduers tæthed og isoleringsevne, naturligvis især i egentlig høj-isolerede huse med varmevekslings-ventilationssystemer.

For det andet er der ofte en glidende overgang mellem vindue og facadeelement, begge præfabrikerede. Detailudformning og montage er nært forbundne. Hvis facadeelementet leveres som en færdigbehandlet enhed med isat vindue, er forskellen mellem facade og vindue lille, især da, hvis det er en let træskeletfacade, hvor vinduets karm smelter sammen med "facadens" konstruktive tømmer, se f.eks. figur 140.

Om ingeniøren er kvalificeret til at deltage i udviklingsprocessen beror på hans egen interesse, valg af emner under studieforløbet og hans efteruddannelse. Han kan blive det. Et udgangspunkt er f.eks. træteknologi, overflade- og imprægneringsbehandling, SBI's anvisninger og rapporter, Teknologisk Institut's publikationer o.s.v. o.s.v.

Af særlig interesse er ydeevnebeskrivelser og varedeklarerationer. SBI har udgivet ydeevnebeskrivelser for vinduer og ikke-bærende ydervægge. Herudover udgiver en række producenter af vinduer, fugematerialer og termoruder brochurer og anvisninger, ofte med en tilknyttet garanti, varedeklareration eller lignende. Ca. 20 vinduesproducenter har stiftet VS0, Vinduesproducenternes Samarbejdsorganisation, som har etableret DVK, Dansk Vindueskontrol, en kontrolordning, der omfatter produktion og produkter, sigtende på de mange forhold, det ikke er rimeligt at få belyst ved en ydeevnebeskrivelse.

DVK indeholder bl.a. detaljerede bestemmelser for materialer og arbejdsudførelse, som skal sikre en forsvarlig mindste kvalitet, også udover de kvaliteter, der i dag kan måles på de færdige vinduer. For tiden søger termorudeleverandørerne at organisere en tilsvarende ordning.

Dermed er problemerne ikke løst. Vinduerne skal isættes de enkelte byggeriers facader. Fugen og fastgørelsen skal også løses.

51 VINDUESTYPER

Den faste del af vinduet kaldes karmen. Karmen er fastholdt til den omgivende facade (eller væg, gulv), eventuelt er den en del af en træskeletfacades konstruktive tømmer (stolper eller lignende). En bevægelig del består af ramme (og glas) i et oplukkeligt vindue. Fast glas isættes i reglen direkte i karmen.

Karmen har en yderside og en inderside, samt en vægside og en lysningsside. Den består i hvert fald af fire stykker, 2 sidekarme, 1 underkarm og 1 overkarm. Den kan være underinddelt for flere vinduesrammer ved (lodrette) lodposte og (vandrette) tværposte. Rammerne har tilsvarende overramstykke, underramstykke og 2 sideramstykker, samt eventuelle sprodsler. DS 1005 indeholder terminologi og målbenævnelser for vinduer af træ.

Vinduer kan have et, to eller tre lag glas. To og tre lag glas er i dag almindeligt i nybyggeri - og kan udføres med én eller to rammer med to- eller 3-lags termorude og/eller enkelte glas. To rammer kan være separate eller koblede, så de åbnes under ét (pag. 128).

Det tredje lag glas er ved at vinde frem. Ofte spares der ikke væsentligt på varmeudgifterne herved i forhold til den øgede anlægsudgift, men der opnås en øget komfort. Selv med to glas er der en ikke uvæsentlig "kuldestråling" fra en vinduesflade. Denne kuldefornemmelse mistolkes i øvrigt ofte som træk fra utætte fuger. Ved tre lag glas opnås, at den sidste meter langs vinduerne kan udnyttes som en normal del af rummet ved normal påklædning, også hvor der ikke står en radiator under vinduet.

Det kan således være forholdsvis mange m² udnytteligt areal, der vindes i vintertiden. Ud fra synspunktet om øget komfort, areal og møbleringsmuligheder er det tredje lag glas pengene værd.

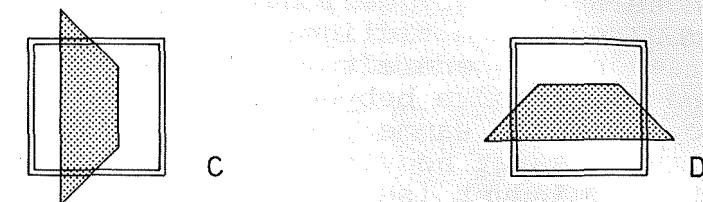
Vinduer benævnes efter deres åbningsmåde. Det almindeligste vindue har sidehængte rammer med hængsler mellem en sideramme og den tilsvarende sidekarm. Rammerne kan være udad- eller indadgående, og være venstrehængslede eller højrehængslede på samme måde som døre. På en lukket dør/vindue kan man normalt (kun) se hængslerne fra den side, hvortil døren/rammen åbnes. Se figur 510.

Sidehængte rammer åbnes om en lodret akse. Hvis denne akse ikke ligger langs en karm, kaldes vinduet populært et drejevindue. Det er naturligvis ikke vinduet, der drejer, men rammen. Et vindue med sidehængt ramme, drejer ved normal brug om en akse langs karmen, men kan have pudsebeslag, der tillader drejning om en anden lodret akse, således at pudsningsen (der korrekt hedder poleringen) kan foretages på begge sider af glasset (glassene).

Vinduer, der åbner om en vandret akse, kaldes populært henholdsvis tophængte, bundhængte eller "vippevinduer" (korrekt er f.eks. vindue med tophængt ramme). Endvidere findes der "skydevinduer". Skydevinduer er almindelige i Storbritannien. I Danmark benyttes de sjældent, da de er vanskelige at gøre tætte. "Skydevinduer" kan have forskydelige glas uden ramme.

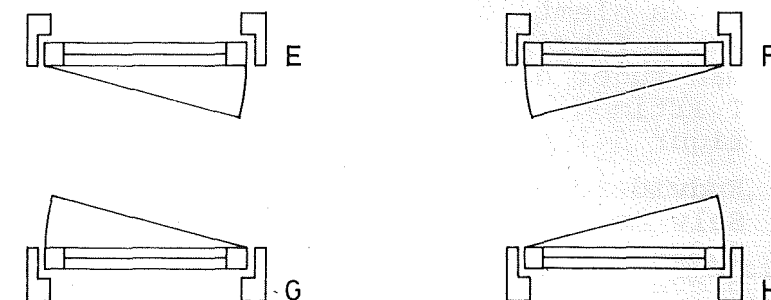
A-D er opstalter.

- A. Sidehængte rammer.
- B. Tophængt ramme.
- C. Drejerramme.
- D. Vipperamme.



For A gælder: (idet E-H er vandrette snit med bygningens rum liggende "over" snittet)

- E. Venstrehængslet, udadgående.
- F. Højrehængslet, udadgående.
- G. Venstrehængslet, indadgående.
- H. Højrehængslet, indadgående.



Figur 510. Vinduesbetegnelser efter åbningsmåde (af rammen)

52 EKSEMPLER PÅ SKADESÅRSAGER, i relation til moderne vinduer

I de seneste år er der konstateret et væsentligt stigende antal råd- og svampeskader på vindueskonstruktioner. Dette gælder f.eks. også i Sverige, der har en lignende udvikling som vi i udformningen af vinduer. Der nævnes f.eks. en 40-dobling i angrebet af visse svampeskader.

Det er især angreb af korkhatte, der har taget et stort omfang. De er almindelige i naturen på dødt træ. De tåler langvarig udtørring, d.v.s. mange år ved en træfugtighed på 5-10%, hvorefter de kan live op igen ved fornyet vandtilførsel. De har en optimal vækst ved 30-35° og kan overleve ved ret høje temperaturer.

Egenskaber som tørke- og varmeresistens giver korkhattene mulighed for at udkonkurrere andre svampearter i vindues- og facadepartier, der lejlighedsvis opvarmes og udtørres stærkt. Korkhattene nedbryder også kerneved, inficeret gennem svindrevner, der (altid) opstår under træets udtørring. Indtrængende vand har ofte svært ved at fordampe gennem de smalle sprækker.

En god, tæt overfladebehandling med maling kan, selv med god vedligeholdelse, ikke dække svindrevnerne, og vil samtidig, jo tættere den er, jo mere bidrage til at indtrængende fugt ikke påny fordamper. (Se f.eks. BYG-ERFA, erfaringsblad 79-05-15, Tømmerkorkhat i tage og Vindueskonstruktioner).

De mange skader har måske nok nogle sammenhænge med moderne byggeskik, men er uanset avisernes anvendelse af ordet "byggesjuk" oftest ikke udtryk for egentlige, ansvarspådragende undladelser, men er snarere resultatet af manglende viden. De traditionelle vinduer var heller ikke for gode.

De gamle vinduer var generelt utætte, isolerede dårligt, mange råd- nede hurtigt, og de krævede megen vedligeholdelse.

Som eksempel på forhold, der medvirker til råd- og svampeskadernes voksende betydning kan nævnes:

a. Arkitektoniske udtryk

Moderne boligbyggeri har i nogle tilfælde ikke den beskyttelse mod regn, som tidligere bygninger havde. Nogle mangler f.eks. tagudhæng (generelt og specielt over døre), gesimser og vandnæser. I andre bebyggelser tilstræbes en plan flade, med facade og vindue i samme plan, uden at den forsynes med de vandafledningsmæssigt nødvendige vandnæser, drypkanter o.s.v. over og under vinduet (se figur 520's tekst, især sidste afsnit).

Den "overlappende" fuges princip (sammenlign f.eks. figur 313) synes glemt, og man forlader sig tilsyneladende på fugemasser. Nogle fabrikanter reklamerer (ansvarsfrit) med, at hvis bare man fuger hele vejen rundt om vinduet udvendigt(!) er alt godt. Tværtimod. Se afsnittet om et- og to-trinsfuger, pag. 65 og figur 541 og følgende figurer med tilhørende tekst.

Endvidere er uopdelte ruder og rammer blevet væsentligt større. Selv om bygningsreglement 77 reelt foreskriver et mindre vinduesareal, vil det næppe ændre forholdet. De enkelte rammer er blevet større, og det giver problemer, der dels skyldes den øgede dimension og vægt, der giver større muligheder for at træet arbejder og skaber sprækker, dels skyldes den i dag opnåelige træ-kvalitet, se b.

b. Trækvaliteten

Træ udskæres i dag af mindre dimensioner træstammer end tidligere. Selv med god sortering vil man derfor få en højere procent splint i forhold til kærne end før, og dermed et mere porøst materiale, med muligheder for opfugtning og gode betingelser for råd og svamp.

Forholdet forværres af, at der nu anvendes større trædimensioner til karm og ramme, dels af hensyn til de større vinduesrammer, dels af hensyn til den voksende anvendelse af termoruder i stedet for et lag glas (i dybere false, se figur 520, 521 og 523). De større trædimensioner vil også medføre, at de uundgåelige vindridsers antal og størrelse vokser.

Hvis de normale sorteringsregler anvendes, får vi i dag et ufor- delagtigere træmateriale.

Bemærk i øvrigt, at det anses for normalt med udskiftning efter ganske kort tid af ca. 1% af nye vinduer.

c. Vedligeholdelse

Mange skader skyldes endvidere manglende vedligeholdelse. Principielt har vedligeholdelsens omfang vel ikke ændret sig i mange år, men trækvaliteten har forværret forholdet. Gammeldags, små vinduer kunne endvidere tåle en del svækkelse, før de måtte udskiftes. De havde ét lag glas, med masser af kondensvand.

Isblomster, som vore bedsteforældre elskede som børn - opstod når det frøs mere end ca. 10° udvendigt om vinteren. Kondens- vandet løb ned i kitfalsene, opfugtede træet og afsprængte det yderste lag maling, især på nederste ramstykke. Det ses tydeligt på ældre ejendomme. Manglende kit og afsprængt maling advarede den ansvarsbevidste i gamle dage (som i dag): Arlig (delvis) vedligeholdelse.

Man søger naturligvis at begrænse den udvendige vedligeholdelse, der især er dyr på fleretages ejendomme, og specielt i dag, hvor rammerne ofte ikke blot kan hægtes af og behandles indendøre.

For at spare tilstræber man for træet en vedligeholdelsesfre- kvens på 4 år. To lag glas, og dermed reduceret fugtpåvirkning fra kondensvand, hjælper os. Bortset herfra er vi også i dag i en kompromissituation, idet malingen dels skal være tæt nok til at hindre regnvands indtrængningen udefra, dels skal være åben nok til at tillade fugtvandring i træet indefra og ud.

Trykimprægning er en hjælp, men langt fra en garanti. Alt træ bliver ikke imprægneret lige godt. Ofte imprægneres store dimen- sioner, der senere opskæres og blotter ikke-imprægnerede flader. Alt træ skal i øvrigt afrettes efter imprægning, hvorfor over- fladerne bør efterbehandles.

Det er naturligvis bedst at benytte egentligt trykimprægneret træ (efterbehandlet) og at fortsætte - årligt! - med overflade- behandling, ikke med maling, men med træimprægneringsmidler. Hertil kommer eftersyn af fuger, sprækker o.s.v., opretning af beslag, eftersyn af glasfalse o.s.v. Eftersyn fører ofte til reparation eller udskiftning af fugemasser, fugebånd, tætnings- lister o.s.v.

En effektiv vedligeholdelse forudsætter, at byggeriet er rigtigt projekteret, med gode detaljløsninger, godt håndværk o.s.v. o.s.v., så udgifterne til den - årlige!- vedligeholdelse bliver rimelig.

d. Glasfalse

Overgangen fra ét lag glas til termoruder er et fjerde eksempel på, at ny teknologi kan have børnesygdomme.

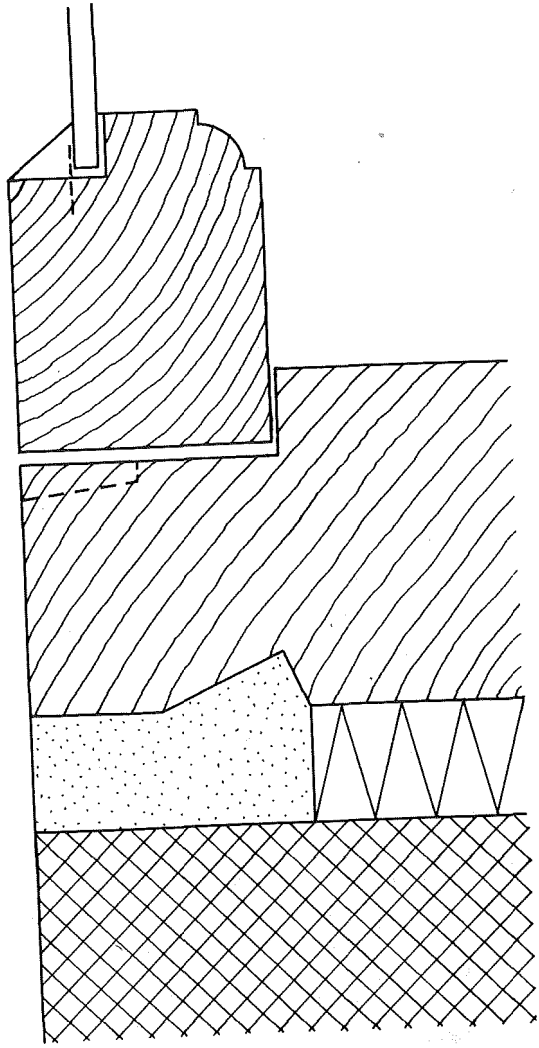
Gamle vinduer (figur 520) har ét lag glas i en relativt smal fals med kit på linoliebasis, som tørrer og sprækker. Er falsen ikke korrekt grundet, falder kittet i øvrigt ud.

Når det tynde, indvendige kitlag tørrer ud, dannes der en sprække, der i høj grad bidrager til den ovenfor omtalte opfugtning af nederste ramstykke. Maling og kit skal holdes vedlige hvert år. Træet vil ofte begynde at rådne, især i hjørnerne, og mange vin- duer "reddes" for en tid af vinkelformede hjørnebånd. Foroven burde problemet være mindre, men da man ofte ser at oversiden af vinduer (og døre) ikke er (tilstrækkeligt) malet, er der mulighed for vandindtrængen, især gennem det ubeskyttede endetræ i hjør- nesamlingerne i rammerne.

Den relativt dårlige, udvendige, skråt afskårne linoliekit fal- der ofte ud, sprækker o.s.v. Det er et spørgsmål, om rammerne kun tager skade af den grund, hvis falsene er ordentligt behand- lede. Det er sikkert lige så ofte det indefra kommende kondens- vand, der gør skade. Hvis den udvendige kit er løs eller faldet af, er der i det mindste afløb. Den udvendige kit løsner sig i øvrigt ofte, især langs glasset, ikke langs falsen. I så fald bliver både udefra og indefra kommende vand fanget.

Termoruden blev oprindeligt også isat med kit, omend af en bed- re kvalitet (figur 521). Rude plus kit blev fastholdt af afstands- klodser og af glaslister af træ. Falsene blev væsentligt dybere af hensyn til termorude og glaslister (40-50 mm mod 10 mm), og det betød dels at væsentligt mere vand kunne angribe en væsent- lig større træoverflade, dels at vandet i hjørnerne af rammerne kunne nå ind ikke blot til første, men ofte også til anden lim- fuge i tapsamlingerne.

Vand kommer der ind, selv om kittet er bedre. Især når glaslisterne ikke er ordentligt fastholdt med omhyggeligt anbragte skruer. De lodrette glaslister sømnes ofte på, og følgen er i reglen, at listerne på et å to år arbejder sig løs, står måske i spænd som en flitsbue. Løse glaslister er et almindeligt syn selv på i øvrigt relativt pænt vedligeholdte huse. Tyrkertroen på, at man nutildags kun behøver vedligeholdelse udvendigt hvert fjerde år er udbredt.



Figur 520. Ældre vindue med ét lag glas, 1:1.

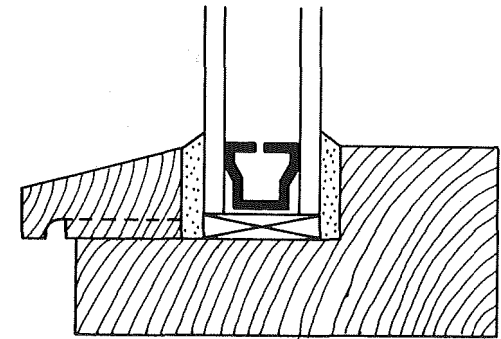
Et lag glas fastholdt med stifter og linoliekit. Linoliekit skal vedligeholdes jævnlige, da det udtørker. Oftest foretages kun en efterkitning af den udvendige, skråt afskårne kit (den tynde, indvendige kit kan kun vedligeholdes, hvis glasset tages ud). Hvis falsen ikke er ordentligt grundet, suger træet linolien, og vedhæftning og holdbarhed reduceres væsentligt.

Indefra trænger kondensvand, udefra regnvand ned i falsen og opfugter træet, der eventuelt begynder at rådne, samtidig med at malingen, især på ydersiden, skaller af. Kittet løsnes også ved frostsprængninger fra nedsivet vand. Forholdene er udpræget værste i det nederste ramstykke og dets to hjørner.

Falsen mellem ramme og karm er ikke vindtæt og har ikke fald udad for vand, der følgelig kan stå i bund-falsen i ugevis.

Fugen mellem karm og murværk er stoppet med værk og lukket udad med mørtel (bemærk mørtelfalsen i karmunderside). Fugen er ikke vandtæt, da mørtelen ofte sprækker, uden at falde ud. Når vinduet er omgivet af murværk, der kan optage og afgive fugt, er probelmet af mindre betydning, undtagen i underkarmen.

Figur 520 viser en ikke helt ualmindelig løsning, hvor underkarmen ikke har vandnase, og hvor der ikke er sålbænk. Dette er betænkeligt. En sådan plan facade medfører, at karmunderside næppe holdes tør. Den opfugtes fra sprækken mod mørtelen og kan rådne. Murværket udsættes endvidere for mere vand end godt er, især er der fare for frostsprængninger i øverste skifte under vinduet. Ved renovering af ældre vinduer bør der påsættes lister med vandnaser over vinduet, på tværposten (hvis den findes) og langs eller i nedre ramstykke, eventuelt også langs underkarmen. Underkarmfalsen bør ændres som vist punkteret. En sålbænk kan måske etableres.



Figur 521. Termorude isat med kit, 1:1

Førhen blev termoruder isat med kit, således som vist på figuren, der som de følgende er taget fra SCAN-GLAS brochurer.

De to lag glas er limet til et aluminiumprofil. Hvis denne forsegling ikke holder, "punkterer" ruden, således at luften mellem ruderne tilføres fugt. Dette betyder, at der i den kolde årstid dannes kondensvand mellem ruderne. Det er derfor væsentligt, at forseglingen beskyttes mod solvarme og nedbrydning fra ultraviolet lys: Glasliste plus kit skal dække aluminiumprofilet. Derved reduceres også kuldebroen.

Sammenlign i øvrigt med vinduet med koblede rammer, figur 543-545, hvor der er sørget for, at mellemrummet mellem de to lag glas er ventileret, og vel at mærke ventileret udad. Det skal være kold udeluft, der mellem glassene opvarmes til relativt tørrere luft, ikke varm, fugtig stueluft, der afkøles med kondens mellem glassene til følge.

Ruden er fastholdt med kit og glaslister samt bære-, kant- og sideafstandsklodser. Der er således gode muligheder for, at der kan være/dannes hulrum, hvori der kan stå vand, der trænger ind udefra gennem sprækker i kittet, efterhånden som det nedbrydes (kondensfugt indefra forekommer i reglen kun i dårligt ventilerede opholdsrum, men ofte dagligt i bad og køkken).

Kittet skal efterses og vedligeholdes årligt.

Glaslisten er forsynet med drænriller (punkteret), der fungerer, hvis vandet ikke hindres i at nå dræne på grund af kit, tilstopning m.v. Bundfalsen burde være med fald udad. Se i øvrigt figur 522.

Glaslister fastholdes bedst med skruer. Ofte sparer man skruerne i de lodrette og øverste glaslister og benytter søm. Disse lister slår ofte fra. Glaslister skal efterses og vedligeholdes årligt.

Nedre glasliste har (naturligvis) vandnase og fastholdes af skruer.

De nyeste forskrifter for isætning af termoruder foreskriver benyttelse af fugebånd mellem termorude og fals, henholdsvis glasliste og i øvrigt et åbent hulrum hele vejen rundt langs rammerne, drænet udad med visse mellemrum under nederste glasliste (figur 522-523).

Disse drænsprækker tilstoppes af snavs og insekter - eller lukkes ved at dårligt vedligeholdte fugebånd glider ned foran dem. Hvis glaslisterne tilmed ikke sidder fast, og falsene er dårligt overfladebehandlede, er der lagt op til omfattende skader. Den åbne fugning er i øvrigt begrundet med, at man herved bedre kan sikre termorudens korrekte isætning, og dermed reducere antallet af punkterede ruder.

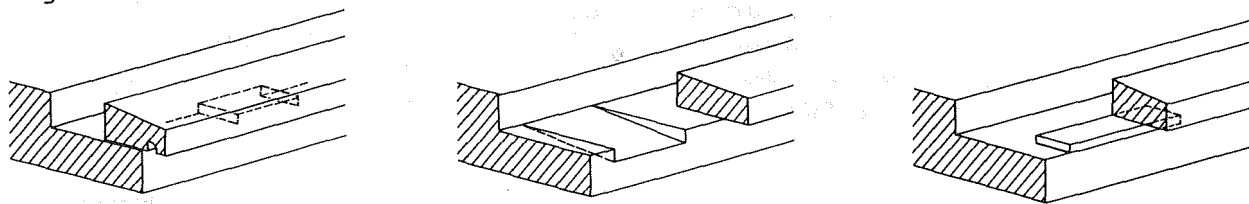
Det må derfor understreges, at kit/fugebånd/glaslister skal efterses og eventuelt repareres hvert år, at drænene skal renses (nederste glasliste burde ofte tages af), at en ny type aluminiums-glasliste med dræning langs hele nedre ramstykke er at foretrække for træglaslister med få dræn, at alle glaslister bør skrues på, at de nederste, vandrette false i ramme og karm bør have fald udad, og at de to nederste hjørnesamlinger i rammens fals bør beskyttes fra falsens bund til forsideramme (glasliste afskæres skråt) således, at indtrængende vand ledes til drænene, ikke til limfugerne. Hertil kommer godt håndværk - træ plus overfladebehandling - speciel beskyttelse af endetræ, vandnåser eller drypriller over og under fuger ved vinduet, jævnlig vedligeholdelse også af tætningslister, beslag og hængsler.

Endelig kan det nævnes, at de øgede isoleringstykkelser medfører, at facadernes tykkelse vokser væsentligt. Et lavenergihus med teglmur får ca. 40 cm tykke facader. Dette medfører en række problemer:

Hvis vinduet trækkes ud i facadeplanet får man meget dybe karmtilsætninger. Lavenergihuse stiller ekstra krav til fuger, der skal være tætte og skaber temperatur-, træk- og kondensproblemer, der skal løses (udvendigt kræves som altid drypnåser o.s.v.).

Trækkes vinduet helt ind, skal oversiden af ydermuren plus isoleringen beskyttes mod regn under vinduet. Sålbanke under vinduer har til alle tider været løst forkert, især ved sålbankens afslutning mod vinduesåbningens lodrette sider. I dag synes endog den vandrette fuge mellem underkarm og sålbank at skabe problemer, igen fordi man stoler på fugemassernes egenskaber.

Anbringes vinduet "midt imellem" bliver det vanskeligt at fastholde karmen, da en centralt placeret skrue kun kan gribe i isoleringslaget.



Figur 522. Eksempler på løsning af dræningsproblemet i nedre ramme-fals

Alle false burde have fald udefter.

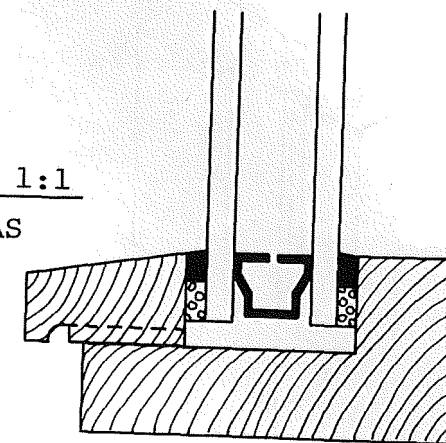
Venstre eksempel er billigst, men drænet tilstoppes, hvis fugebåndet synker ned. Miderste eksempel er nok bedre. Højre eksempel er sikrest, med dræn i næsten hele falsens længde. En nyere aluminiumsliste giver tilsvarende dræn hele vejen. Drænet skal jævnligt renses. Det er vigtigt, at ramstykke-kernes hjørner drænes og forsegles i hele falsens dybde. (Eksempler fra SCAN-GLAS brochure).

Figur 523. Moderne isætning af termorude, 1:1

Også denne figur er taget fra en SCAN-GLAS brochure. Der må henvises til de seneste udgaver, hvor flere eksempler gives.

Opklodsning er ikke vist.

I uddrag lyder teksten, idet der i øvrigt må henvises til brochurernes fulde tekst:



"Uanset hvilke monteringsystem, der anvendes, skal hele bundfalsen have en forsvarlig udluftning.

Eksemplet er en kombination af fugebånd og topforsegling såvel indvendig som udvendig. For armerede bånd med hårdhed Shore A 60 kan sideafstandsklodser udelades.

I de tilfælde, hvor båndets hårdhed ikke er tilstrækkelig til at sideafstandsklodser kan udelades, må der i fugebåndet foretages en udsparring for klodserne.

På ydersiden må fugebåndet ikke lukke for udluftningsspalterne.

Fugebåndet kan være butyl eller polyisobutyl, med eller uden råbestandig tekstilarmering. Alternativt kan bånd af cellgummi eller cellplast anvendes. Denne båndtype skal have lukkede celler og være vandafvisende.

Vandabsorberende materialer som skumplast eller skumgummi må ikke anvendes".

Hertil kan jeg føje:

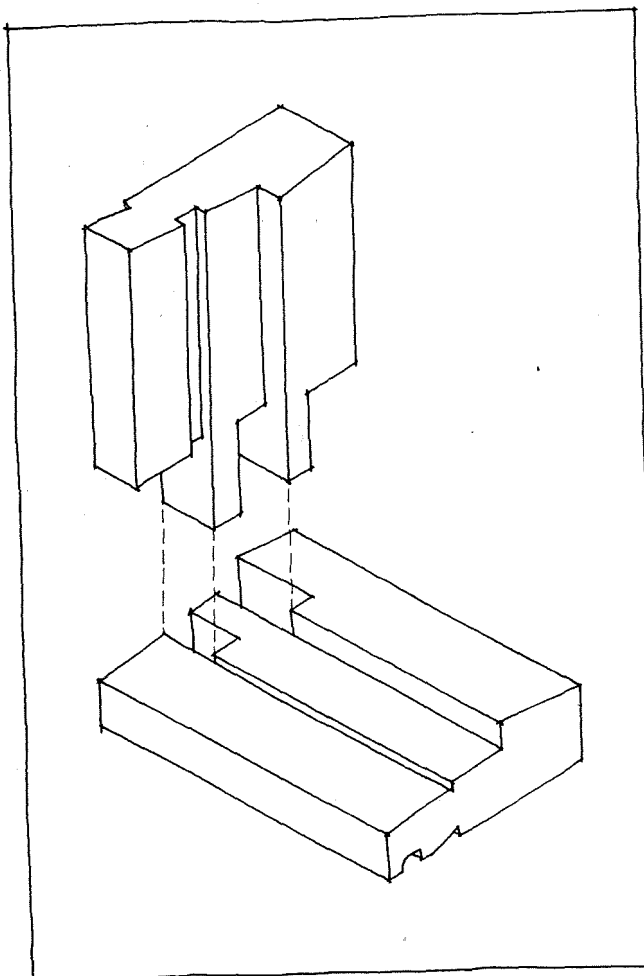
Se teksten til figur 520-522 vedrørende fald i fals, gennemgående dræning, forsegling af falsens nedre hjørner og anvendelsen af skrue i glaslister.

Topforsegling er udmærket, men det er dyrere end blot at benytte fugebånd. Topforsegling bør i hvert fald anvendes udvendigt på nederste glasliste og ca. 20 cm op langs de lodrette glaslister.

Det er vigtigt, at placeringen af fugebåndene ikke ændres med tiden. Synker de ned, dannes en "grøft", der samler vandet. Rudens forsegling mellem glas og aluminiumprofil udsættes for nedbrydning, d.v.s. at ruden "punkterer" og giver kondensgener mellem glassene. Nedsunkne bånd lukker for drænsalterne. Glaslisterne skal derfor anbringes meget præcist, med helt korrekt klemvirkning.

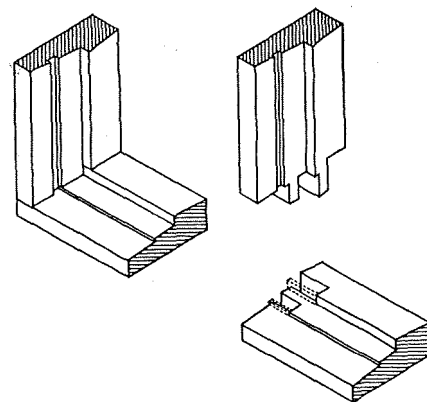
Benyttes sideafstandsklodser, bør vandtætningen ved de afbrudte (?) fugebånd kontrolleres.

Der er et åbent, ventileret hulrum hele vejen rundt om glasset. Det er udmærket, hvis ventilation og dræn ikke er tilstoppet. Ellers kan det blive katastrofalt, jf. teksten til figur 520-522.



Figur 531 a

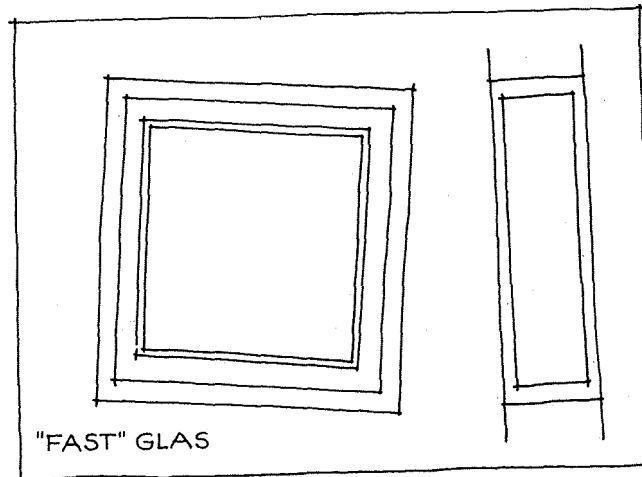
Se teksten.
Smlgn. figur 543-545.



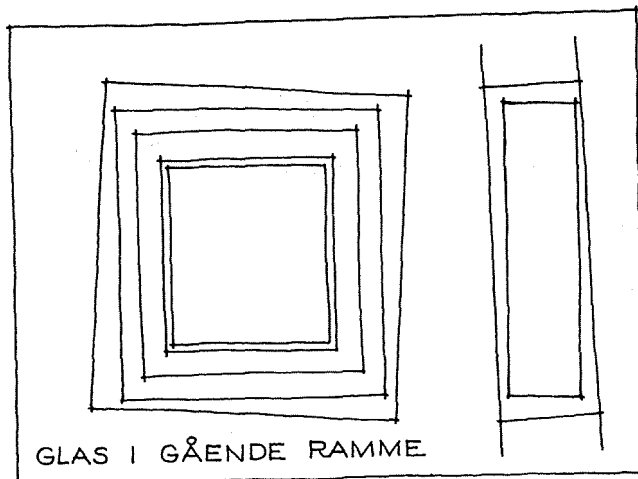
Eksempel på samling, der medfører afstikning. Hvis ikke tappene i sidekarmen skal skæres med særlige jern, må de viste punkterede partier ved tappene i underkarmstykket afstikkes.
NB! Det bør bemærkes, at en afstikning ikke kan konstateres, efter at vinduet er samlet.

Figur 531 b

Smlgn. figur 531 a
(Normalvinduer af træ)



"FAST" GLAS



GLAS I GÅENDE RAMME

Figur 532

Se teksten.
Figurerne er fra
SBI-anvisning 99, 1975,
Samlinger, sammenbygnings-
principper for byggekomponenter.

53 FUGEOMETRI OG VINDUER

Nogle enkelte eksempler på de geometriske problemer, der opstår ved vinduers detailprojektering og montage gives nedenfor. De enkelte byggesager indeholder hver deres sæt. Eksemplerne er taget fra SBI-anvisning 99, "Samlinger" (Sammenbygningsprincipper for Byggekomponenter) af Klaus Blach og Børge Kjær, m.a.a. Denne anvisning er i øvrigt en betydeligt udvidet udgave af "Geometry of Joints", CIB-report, No 36, og IFH-forelæsningsnotat nr. 40.

Den nye SBI-anvisning 99 anbefales ikke blot i relation til facadeelementer og vinduer, men generelt for samlinger i byggeri med komponenter i træ, beton o.s.v. Som eksempel gengives figur 531 a og den tilhørende tekst:

"Vær varsom med at ændre integrerede løsninger"

De største koordineringsproblemer ved samlinger i mere end en retning opstår, hvor der stilles ekstraordinære eller mange krav samtidigt.

Dette forhold kan illustreres ved samlingen mellem et lodret karmstykke og bundkarmen til et vindue.

Profilerne, som indgår i samlingen, skal tilfredsstille hensynet til vinduets tæthed, rammens uhindrede gang og anslag, hensynet til samlingens medvirken til karmens samlede stabilitet, fremstillingsteknikkens muligheder, gængse handelsdimensioner o.s.v.

Det sker, at vindrillen i det lodrette karmstykke placeres, så den efter samlingen med bundstykket fortsætter som en hulhed til karmens underside, hvilket selvkært er uacceptabelt.

Når omvendt alle hensyn er tilgodeset i udformningen, vil denne ofte være så bundet til de givne forudsætninger, at den kan betragtes som entydig. Selv små ændringer i den viste samling vil kunne gribe forstyrrende ind. Ved sammenbygning af forskellige typer af facadekomponenter optræder der ofte et lignende kompleks af funktionelle og geometriske koordineringsproblemer. Tegningen understreger, at det hverken er de lodrette eller de vandrette fuger og samlinger, men hjørnerne og krydsene, som er samlingsproblemerne kardinalpunkter."

Eksemplet viser, at amatører på snedkerområdet - men måske specialister på andre områder - bør undlade på egen hånd at "forbedre" karm og rammeprofiler. Ændringer kan f.eks. betyde, at tappes og falses placering ikke er sammenfaldende, så hjørnet indeholder åbninger, sprækker eller urimeligt små "flige" (se figur 531 b).

Et andet eksempel er figur 532, hvis tekst lyder:

"Særlige problemer ved fugeudligning"

Nøjagtigheden, hvormed de komponenter, der anbringes først i en bygning, kan fremstilles og monteres, er som tidligere nævnt afgørende for de efterfølgende komponenters indbygningsvilkår.

Nøjagtigheden vil i reglen vokse trinvis fra komponenterne i det bærende delsystem til apertingskomponenterne, hvilket trods alt er fordelagtigere end det omvendte.

Eksempelvis kan et vindueshul i en vægkomponent af beton efter montagen sidde skævt eller være skævt. Det relativt nøjagtige vindue gør det forholdsvis let at vurdere, hvorledes dette skal anbringes i vindueshullet, hvis det er nok, f.eks. for et vindue med fast glas, at de enkelte fuger holder en konstant bredde (fugeudligning).

Imidlertid kræver visse komponenter en nøjagtig justering til lod og vage for at kunne fungere tilfredsstillende. Sidehængte vinduer og døre må således uden hensyn til omgivelsernes skævheder monteres lodret, hvorefter kileformede fuger må accepteres, selvom der derved stilles særlige krav til fugens størrelse, konstruktion og materialer.

Med mindre andre hensyn gør sig gældende, benyttes fugeudligning i stor udstrækning ved montage af efterfølgende komponenter, fordi de indbyrdes unøjagtigheder da bliver mindre generende."

Jeg kunne også - i direkte relation til dette notat - have citeret anvisningens pag. 29 om koordinering af (vandrette) facadefuger eller pag. 30, der beskriver de konsekvenser, det får for den lodrette karms form og geometri, når der stilles supplerende krav i form af opstillingsmuligheder for lette vægge, eventuelt med lydisolationskrav. Dimensionerne bliver i øvrigt - som venteligt - størst ved vinduer med indadgående rammer. Se i øvrigt figur 443-445, der viser facader med indadgående rammer, nogen lydisolations og plads til lodret rør for centralvarme.

Geometrien kommer også ind i billedet ved overvejelser om vinduespolering. Der er som regel ingen direkte problemer ved vinduer med vippe- eller drejerrammer, der kan svinges 180°, eller med indadgående sidehængte rammer.

Med termoruder er det enkle hensyn, der skal tages til rør, skabe, indfatninger m.v. Der burde også tages hensyn til rimelig plads til gardiner, også dobbelte af svær kvalitet.

Med koblede rammer (figur 543-545) øges kravene, afhængigt af fabrikatet. Der er fire flader, der skal kunne pudses i bekvem stilling. Udadgående vinduer er bekvemmere af hensyn til gardiner, nips, potteplanter o.s.v. De er i reglen også nemmere at gøre tætte. De må enten pudses udefra (ét plans-byggeri eller professionelt fra pudsealtan eller lignende) eller må udformes specielt med henblik på pudning (pudsebeslag). Ældre vinduer med to, små sidehængte rammer i en karm med lodpost kan pudses skiftevis, fra den kendte stilling, siddende i vinduet med ryggen ud (figur 510 A).

Der kan henvises såvel til Byggebogsbladene om vinduespolering som til SBI-anvisningen om rudestørrelser.

Sluttelig skal nævnes, at udskiftning af glas, glaslister og fugebånd helst skal kunne ske uden stillads.

54 VIND- OG REGNTÆTNINGSPRINCIPPER

Kravene til vinduesfuger er principielt de samme som til andre facadefuger, se pag. 63. Svaret er principielt det samme: to-trins-tætning, ikke ét-trins-tætning.

For fugen mellem ramme og karm kan princippet gennemføres, som følge af de små fugedimensioner, selv om det, at rammen skal kunne åbnes, begrænser mulighederne.

Vindtætning opnås ved tætningslister (og gode beslag). Tætningslister skal være bestandige, ikke vandsugende, ikke klæbende til rammen, passende elastiske, lette at anbringe, justere og udskifte og være sådan udformede, at slagregn ikke fanges af profilet (fare for råd, samt ubehagelige dryp, når en indadgående ramme åbnes).

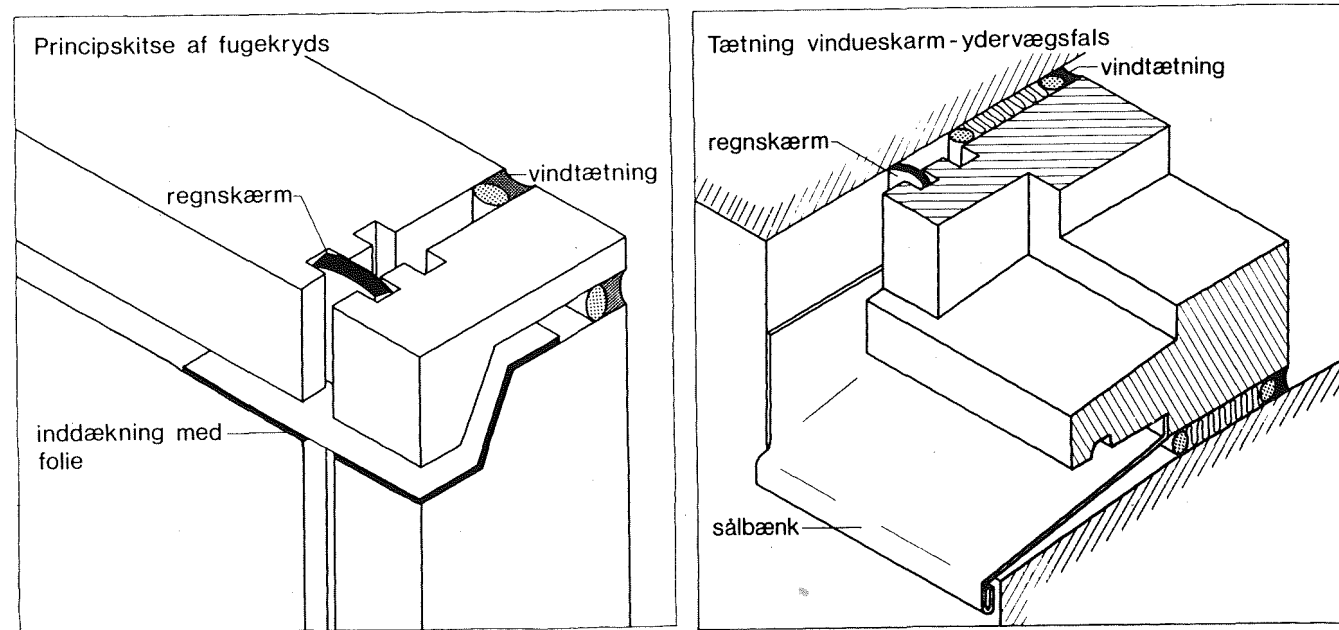
Tætningslisterne skal naturligvis mødes i hjørnerne, hvis vinduet skal være tæt. Dette kan opnås ved at alle fire lister anbringes langs rammens fire anslag på karmen. Imidlertid er det fordelagtigt, om tætningslisten i fugen ved hængslerne ikke anbringes på anslaget, men på falsen, således at vinduet ved lukning presser listen i stedet for at forskyde og i det lange løb ødelægge listen.

I de to hjørner ved hængselssiden må listen da anbringes med omtanke, hvis der ikke skal opstå to utætheder. Denne forholdsregel træffes desværre sjældent, fordi det er billigst at lade alle falsene, noter o.s.v. være ens i alle ramstykke af hensyn til træbearbejdningen.

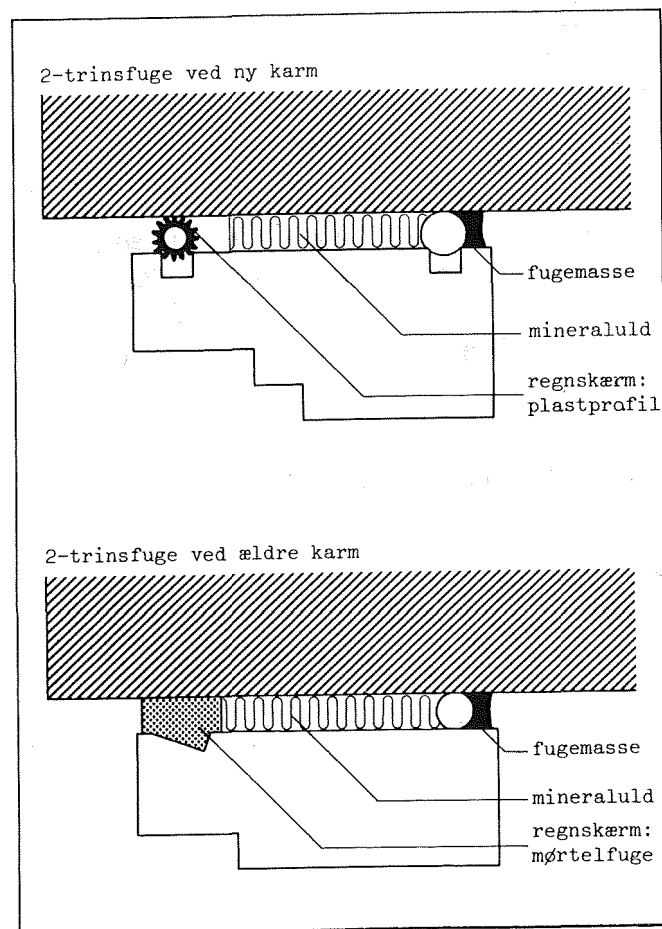
Af tilsvarende årsager bliver vandnæser i f.eks. underkarm ofte til-dannet som rektangulære noter med små dimensioner. Den på figur 544 viste vandnæse har rigtigere dimensioner og er afrundet fortil for ikke at svække træet.

Vandtætning må opnås uden brug af fugemateriale for oplukkelige vinduers fuge mellem ramme og karm. Det bør derfor tilstræbes at holde mest muligt vand borte fra vinduet, f.eks. ved tagudhæng, fremspringende konstruktioner, og i hvert fald vandnæser over vinduet og i tværpostes undersider.

Tætningen er to-trins: Vandtætning udvendigt med fald og opkant, dryprille, lodrette noter o.s.v., se figur 543-545 og 551-553. Vindtætning udvendigt. På grund af fugens små dimensioner er en direkte vandspærre i form af f.eks. en neoprenestrimmel i en lodret fuge mellem to facadeelementer, unødvendig.



Figur 541. Analoge fugeprincipper: To-trins-tætning med regnskærm plus vindtætning i den lodrette fuge (drænet, ventileret hulrum) og overlappende fugning plus vindtætning i den vandrette fuge. Se i øvrigt teksten (SBI-anvisning 108, Fugemasser og Facadefuger).



Figur 542. To-trins-fuger ved ny og ældre karm.

(BPS, Renoveringsdetaljer, (31) i.01.203).

I fugerne mellem karm og facade kan princippet om to-trins-tætning oftest let gennemføres, se eksempelvis figur 541, der viser analogien mellem fugerne mellem facadeelementer, og fugerne mellem karm og facade.

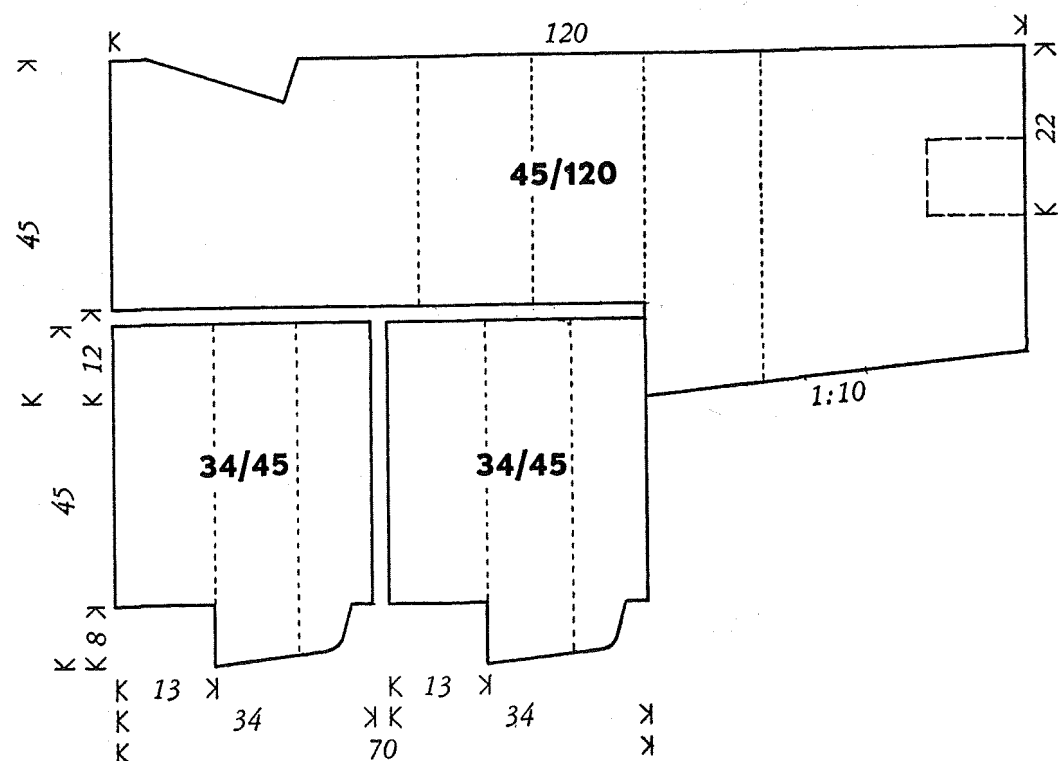
Figuren er hentet fra SBI-anvisning 108, Facademasser og Facadefuger. Den langs karmen viste regnskærm illustrerer et princip. Der kunne lige så godt være brugt f.eks. mørtel, se figur 542. Benyttes fugemasse er det væsentligt at erkende, at dette ikke giver sikkerhed mod vandindtrængen. Hulrummet skal (uanset fugematerialet) drænes, i øvrigt også af hensyn til ventilation af fugen, så indefra kommende, varm, fugtig luft ikke giver kondens og fugtophobning.

På figur 541 er hulrummet bag regnskærmen drænet og ventileret nedefra, idet sålbænken er trukket langt ind. Bemærk også, at underkarmstykket er bredere end sidekarmstykkerne. Det giver en bedre hjørnesamling og plads til ordentlig vandnæse i underkarmstykkets underside. Underkarmstykket har naturligvis fald udad i falsen.

Den viste sålbænk illustrerer et princip. I praksis vil man ofte føre den noget længere ud foran facaden, således at afdryppende vand ikke misfarver facaden, hvor det tilfældigvis - drevet af vinden - løber af, i reglen ved sålbænkens ende. Denne bør derfor for enden have en opkant eller en tværgående vandafledningsrille (sammenlign figur 313, rillen C).

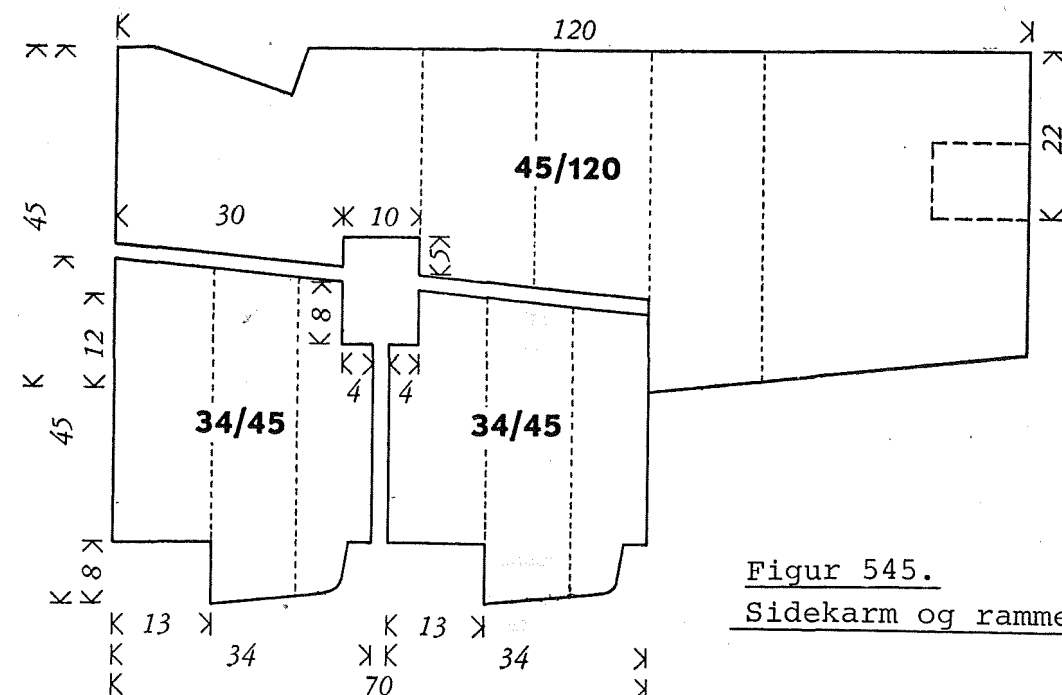
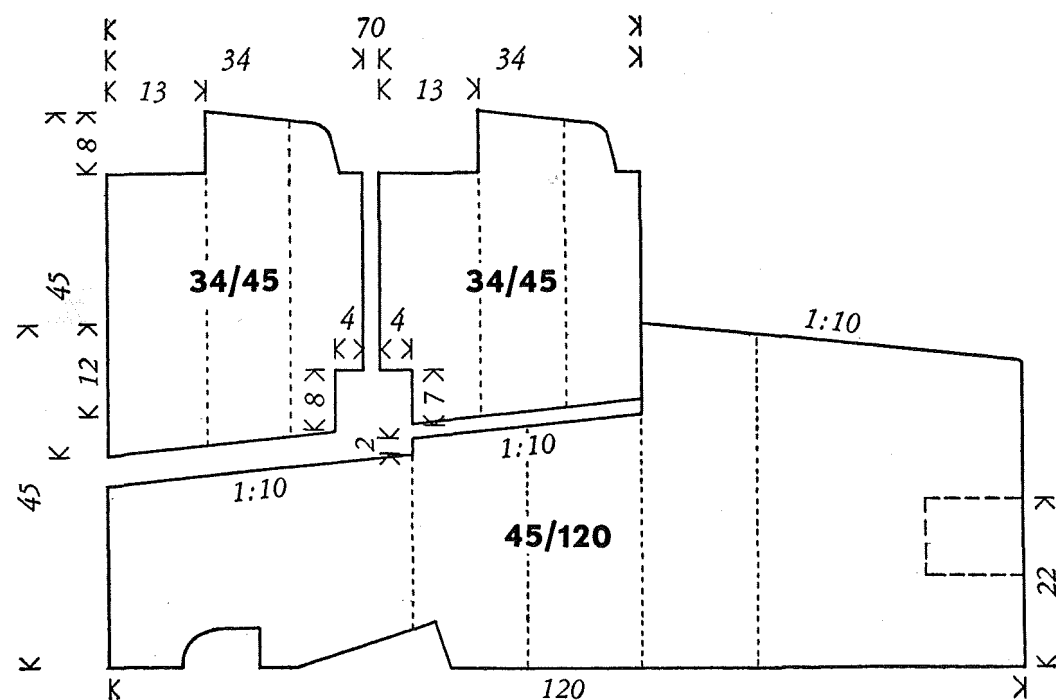
Den på figuren viste opkant beskytter facaden mod vandindtrængen, men der bliver "patinerede", lodrette striber under sålbænkens ender. Opkanten bør derfor - som sålbænken - føres længere ud foran facaden.

Bemærk, at sålbænkens tilslutning til facaden er kritisk ved enderne. Såvel lodret nedløbende vand på facadens lodrette flade i vindueshullet, som vand på sålbænken, der drives af vinden, påvirker denne samling. Samlingen er tilmed udsat for differensbevægelser af forskellige materialer ved varierende temperaturer. Sålbænke bør føres "ind i facaden" om muligt.



Figur 543. Overkarm og rammer, 1:1.

Figur 544. Bundkarm og rammer, 1:1.

Figur 545.
Sidekarm og rammer, 1:1.

Figur 543-545 viser vandret og lodret snit i målestok 1:1 i et vindue med sidehængte, udadgående rammer med påkoblede forsatsrammer (Vinduestype B 4 i Normalvinduer af Træ, SBI-anvisning 22, 1955). Vinduestype som figur 510 A.

De punkterede linier angiver snitfladernes placering ved hjørne- (tap-) samlingerne. Bemærk disses sammenfald med profilernes noter og anslag, jfr. figur 531.

Det vandrette snit (lodrette fuger, figur 545) er regntæt, hvis den indvendige vindtætning er i orden. Eventuelt indsvivende vand ledes ned i de viste, skarpkantede noter (vandriller, ofte kaldet vindriller i ældre litteratur. En typisk to-trins-tætning i stil med figur 311 B.

Det lodrette snit i den vandrette fuge ved underkarmen (figur 544) viser, at vand fra de lodrette vandriller lander foran et lille opspring i den udadhældende karmfals. Rammernes underside har også fald udad. To-trins-tætning, forudsættende indvendig vindtætning. Underkarmen har vandnase og mørtelnot. Bemærk, at nederste, vandrette mørtelnot ligger så langt tilbage, at der kan etableres dræning, ventilation af stopningen bag de lodrette mørtelnoter.

Det lodrette snit i den vandrette fuge ved overkarmen (figur 543) viser, at et sådant vindue ikke er velegnet, hvis der ikke er et fremspring, f.eks. 1/4 stens tilbagerykning eller et tagudhæng, umiddelbart over vinduet. Rammer slagregn vinduet, vil der stå vand på rammens overside. Fald kan etableres, hvis fugens bredde øges udad til. Vinduet bør derfor kun trækkes helt frem i facadeplanet, hvis særlige forholdsregler tages. Nogle håndværkere vil protestere mod en mørtelfals i overkarmen. Den anses for unødvendig.

55 EKSEMPLER PÅ PRINCIPIELLE MULIGHEDER

De følgende eksempler på lodrette og vandrette snit viser ikke færdigtbearbejdede profiler. De viser kun nogle principielle muligheder. Profilerne skal justeres afhængigt af bl.a. hensynene til æstetiske forhold i relation til den omgivende facades geometri, herunder også vinduets større eller mindre udsatte placering (tagudhæng, gesimser o.s.v.), fabrikantens ønsker i relation til trædimensioner, disses opskæring, sammenlimning ud fra mindre profiler, tappes/skærejerns rationelle udformning, vinduets brug (enkeltvis, indsat i facader af en eller flere typer og/eller sammenbygning i vinduesbånd o.s.v.). Mange flere forhold kunne nævnes.

Når eksemplerne viser flere forskellige fugematerialer, er dette ikke udtryk for, at man i praksis skal blande så mange materialer og arbejdsmetoder. Figurerne viser kun nogle mulige fremgangsmåder, langt fra dem alle, med tilhørende kommentarer.

Figur 551, lodret snit mellem overkarmstykke og facade, 1:2,5

Facadens udformning, materiale, placering af isolering m.v. er der ikke redegjort for, men det er antaget, at facaden er isoleret efter Bygningsreglement 77, og at der ikke er kuldebroer mellem de ydre og indre konstruktive lag.

Figur 551-553 viser alternative løsningsmuligheder, og de tre figurer skal derfor ikke ses som ét forslag til løsning. De tre figurer har principielt ensartede detailmål, men små ændringer forekommer ved rammer og karme, afhængigt af den valgte fugeløsning.

Mellem karm og facade er vist en gammeldags stopning med en indvendig dækliste. Denne løsning giver en tilfredsstillende vindtætning. Der må etableres modhold for stopningen, her vist som en 6-8 mm liste, der eventuelt bankes flad eller fjernes under montagen. En snæver fuge er i øvrigt vanskelig, måske umulig, at gøre vindtæt ved stopning. Andre udformninger er mulige, afhængigt af facadens materiale. En stopning giver mulighed for damptransport, og dermed kondens på kolde facadeoverflader. Især på beton er dette et problem.

Isoleringens placering i facaden er ikke vist, men den bør overvejes nøje af hensyn til ventilation af isolering og fuge, af hensyn til stopningens placering, og endeligt af hensyn til mulighederne for en god fastholdelse af karmen til facaden.

I nyere, højisolerede facader er der allerede set mange eksempler på en u hensigtsmæssig indbyrdes placering af karm og isolering, hvor karmens fastholdelse til facader klares med Storm P. beslag.

Vandtætningen mellem facade og karm er ofte et let løst problem, hvis vinduet er rykket tilbage i forhold til facadeflugten, og hvis facaden rager ned foran overkarmen. Ved højhuse må man dog forvente, at slagregn direkte kan nå endog overkarmfugen.

På figuren er vist, at den fremspringende facade - foran karmen - har en afrundet vandnase ($r = 10$ mm), der hindrer vand i at løbe ind mod karmfugen. Facaden kan eventuelt direkte rage ned foran karmen, så en "overlappende fuge" etableres.

Der er endvidere alternativt vist en dækliste, der er rykket frem i forhold til karmen, f.eks. ved mellemlagsklodser, uden på de dæklistes (vist punkteret), der dækker de lodrette karmfuger. Løsningen giver vandafledning og effektiv ventilation af såvel den vandrette fuge som af de øvrige fuger, idet den under figur 541 og 552 omtalte ventilation af bund- og sidefugerne nu kombineres med en egentlig mulighed for cirkulation (ind i bundfuge, op i sidefugerne, ud i øverste, her viste fuge).

En så drastisk ventilation af karmfugerne er normalt ikke nødvendig, men er helt i overensstemmelse med to-trins fugeprincippet. Se i øvrigt figur 552 og figur 541-542 med tilhørende tekst.

Mellem ramme og karm er vist en fuge med udvendige spærringer for vand og en indvendig tætningsliste.

Karmen har en god vandnase, dybde 5 mm, længde 10 mm, med afrunding for ikke at svække træet. Den bliver - desværre - oftest udført mindre og skarpkantet, eventuelt med samme profil som vist punkteret på karmens vægside. De på karmens vægside viste noter er oftest ens og udført, selv om de ikke skal bruges i alle fuger. Disse noter kan tjene flere formål, dels fugning som vist i figur 552-553, dels sammenkobling (med træsløjfer) af flere vinduer, f.eks. i vinduesbånd. Et "type-vindue" har således ofte disse noter for at øge vinduets umiddelbare anvendelsesområde. De udføres i alle fire karmstykkers vægside, fordi det er lettest at producere ensartede profiler (med identiske not-dimensioner). (Endog i underside underkarm!)

Vandnåsen udelades ofte. Den bør kun udelades, når vinduet er beskyttet mod slagregn.

Rammens overside har delvis fald udad, og et lille opspring, der yderligere er en spærring for eventuelt regnvand. Rammer med vandret overside ses. Det er en dårlig løsning ved ubeskyttede vinduer, dels fordi vandet kan stå i fugen, dels fordi den indvendige vindtætning kan blive våd.

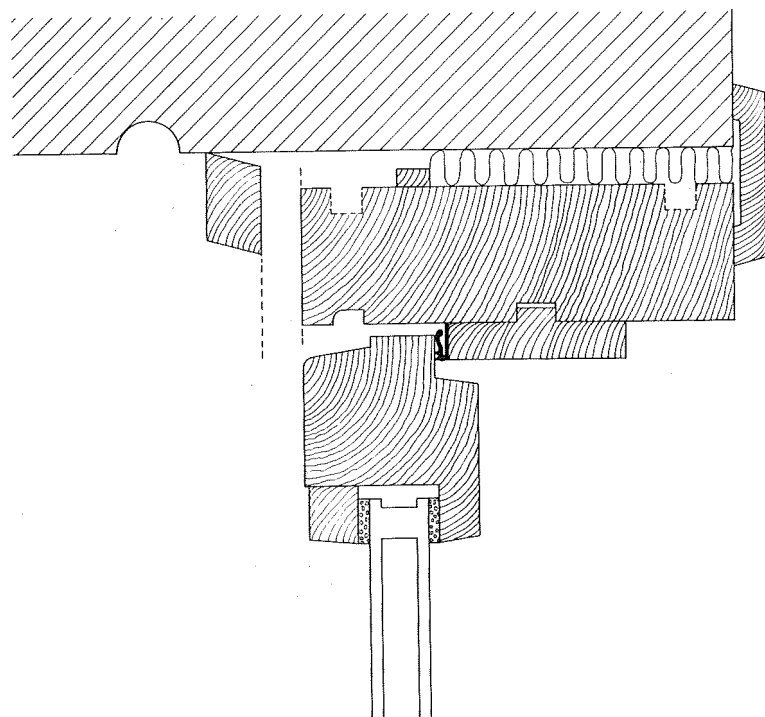
Den viste tætningsliste er en normal udførelse, men ikke ideel. Den fyldes med snavs, eventuelt også med vand, der kan fryse eller dryppe ned, når vinduet åbnes. Især på vinduer med indadgående rammer er dette et problem. En bedre tætningsliste er vist på figur 552-553.

Tætningslisten er fastholdt til en træliste, der er sømlimet til selve karmen. Ved at dele karmen i to stykker spares muligvis penge, idet karmen kan fremstilles af en mindre trædimension.

Termoruden er vist tætnet med fugebånd uden topforsegling. Det er acceptabelt i den øverste fuge. Mellemløbet mellem ramme og termorude er åbent og ventileret i nederste fuge mellem ramme og termorude. Det hævdes, at ventilationen forbedres, hvis der i øverste rammestykke bores to lodrette 8 mm huller (som skal udmunde bag opspringet)! Dette er næppe nødvendigt, hvis termoruden isættes og vedligeholdes korrekt. Se i øvrigt afsnittet pag. 120 om termoruder og teksten til figur 552. Sådanne to huller indebærer en fare for vandindtrængen, især naturligvis, hvis en udadgående ramme står åben i regnvejret.

Glaslisten har en sådan lodret dimension, at den og fugebåndet beskytter termorudens forsegling og bryder kuldebroen, mens den vandrette dimension er afpasset, så den ikke springer frem foran overrammen, d.v.s. at regnvand passerer samlingen mellem liste og ramme. Figur 553 viser en glasliste, der springer lidt frem, idet listen derved bliver noget stivere.

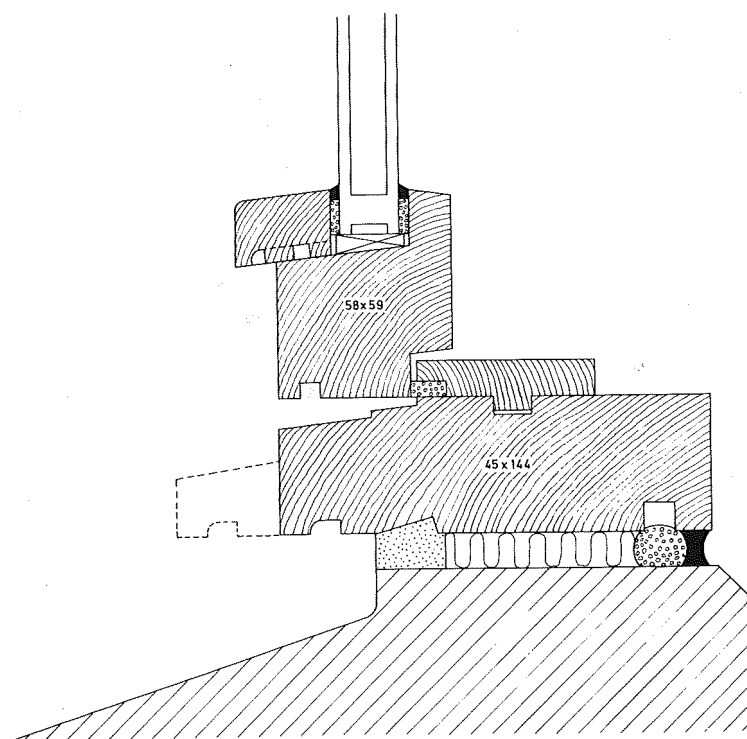
Nogle teknikere hævder, at en fremspringende glasliste er acceptabel, da problemet med vand i en sprække (der egentligt ikke burde være der) er uafhængigt af listens frem- eller tilbagespring. Personligt foretrækker jeg den tilbagespringende glasliste, undtagen for den nederste glasliste, se figur 552.



Figur 551. Overkarm og ramme, 1:2,5.

Figur 552. Bundkarm og ramme, 1:2,5

Sammenlign også figur 553.



Figur 552, lodret snit mellem underkarmstykke og facade, 1:2,5

Hvis den viste facade er en sandwichkonstruktion af tegl eller beton, er der intet problem med karmens fastholdelse til det indre 100-120 mm tykke konstruktive lag. Der er derimod måske et isolerings/kuldebroproblem, idet adskillelsen (isoleringsmaterialet) mellem de to konstruktive lag (f.eks. beton/beton eller sålbænk/tegl) kommer tæt på den del af facaden, der angribes af slagvand under underkarmstykket. Facaden eller vinduesplaceringen må eventuelt revideres, eller underkarmstykket må forsynes med et ekstra profil, der flytter den nødvendige vandnæse udad. I så fald må ventilationen af den lodrette fuge mellem karm og facade overvejes nøje, jfr. figur 553 og 541-542.

Fugen mellem karm og facade er en to-trins-fuge med mørtel udvendigt, stopning for at bryde kuldebroen, og vindtætning indvendigt med en elastisk fugemasse, fuget mod et modhold i form af en skumgummiliste eller lignende. At tætnes udvendigt med mørtel er oftest fuldt tilstrækkeligt. Det er derimod logisk at benytte en (damptæt) fugemasse indvendigt. Ved den nedre, vandrette fuge må der dog træffes foranstaltninger til at beskytte mørtelfugen mod slagregn og væsentlige regnmængder. Drypnæsen i underkarmen - i en ordentlig dimension, placeret 10-15 mm foran fugen - er en nødvendighed.

Når vinduet er placeret tilbagetrækket, bliver der under vinduet en flade med et (ofte kun svagt) fald udefter, f.eks. en sålbænk.

Under slagregn kan ikke uvæsentlige vandmængder ligge på denne flade, således at denne flade skal have opspring mod fugerne ved underkarmstykket og ved facaden (for enderne af fladen), jfr. figur 541-542.

Fugen mellem ramme og karm har fald med et lille opspring i karmen (bag drænoterne i sideramstykkerne, figur 553) og vandnæse i underramstykket. Vandnæsen er lille og skarpkantet, men vel nok acceptabel. Dens dimension og placering svarer til de lodrette drænoters på figur 553, som en produktionsforenkling.

Løsningen fungerer kun, hvis den indvendige vindtætning er i orden, så vinden ikke blæser vand ind gennem fugen. Løsningen minder om den overlappende fuges princip, f.eks. figur 313. Et fald udad på underramstykkets underside vil fordyre produktionen, men muligvis forbedre fugen.

Tætningslisten er på figur 552 vist som cellegummiliste i en not. Dette er nok den bedste løsning, også på længere sigt (bemærk at der står cellegummi-, ikke skumgummiliste, af hensyn til vand!). Listen skal i hvert fald have en vandtæt overflade. Termoruden er vist isat med afstands- og sideklodser, drænet glasliste med fremspring og vandnæse, fugebånd med topforsegling, jfr. figur 523 med tilhørende tekst.

Dræningen af hulrummet mellem termorude og ramme/glasliste samt forseglingen af samlingerne mellem rammens stykker er som tidligere omtalt væsentlig, jfr. afsnit 52 d, glasfalse, pag. 117.

Topforsegling anbefales, især udvendigt, men bør altid udføres i nederste fuge og ca. 20 cm op i de lodrette fuger mellem glasliste og termorude. Herved forbedres vandtætningen og fastholdelsen af fugebåndet.

Bemærk, at ramme og karm i det store og hele har ens detaildimensioner i alle tre snit (figur 551-553). Bemærk også de tre forskellige løsninger af fugen mellem karm og facade indvendigt.

Disse løsninger stiller forskellige krav til tolerancerne i produktion og under montage, således at de uundgåelige målafvigelser camoufleres på acceptabel måde. Figur 553 er måske den løsning, der stiller de mildeste krav.

Figur 553, vandret snit mellem sidekarmstykke og facade, 1:2,5

Mange kommentarer til figur 551 og 552 gælder også for dette snit.

Fugen mellem karm og facade er her vist udført med udvendig vandtætning med et rillet plastprofil og drænot, indvendig vindtætning som i figur 552, kuldebroisolering ved stopning mod modhold som i figur 551. Bemærk, at der skal være et drænet, ventileret hulrum mellem plastprofil og stopning, således at øverste vandrette og de to lodrette fuger ventileres til nederste fuge (figur 552).

I stedet for det viste plasprofil kunne f.eks. være benyttet en neoprenestrimmel (figur 541), en dækliste (figur 551) eller mørtel, som vist på figur 553 til venstre: Med NB er markeret, at den nødvendige, lodrette ventilation må sikres, således at såvel anbringelsen af mørtel som af stopning giver anledning til overvejelser.

Fugen mellem karm og ramme er vist med drænoter plus cellegummiliste. Igen en to-trins-fuge med dræn plus vindtætning, á la figur 541, men uden neoprene. En sådan fuge fungerer normalt udmærket, når vindtætningen vedligeholdes.

Bemærk, at cellegummilisten her er drejet 90° i hængselsiden i forhold til de på figur 551-552 viste lister. Det er en fordyrelse i produktionen, at et af de fire rammestykker har en ændret placering af noten for tætningslisten. Løsningen er at foretrække, fordi en cellegummiliste, placeret som vist på figur 552, i hængselsiden vil blive ødelagt ved at blive klemt sideværts i stedet for som vist at blive trykket af det bevægelige ramstykke.

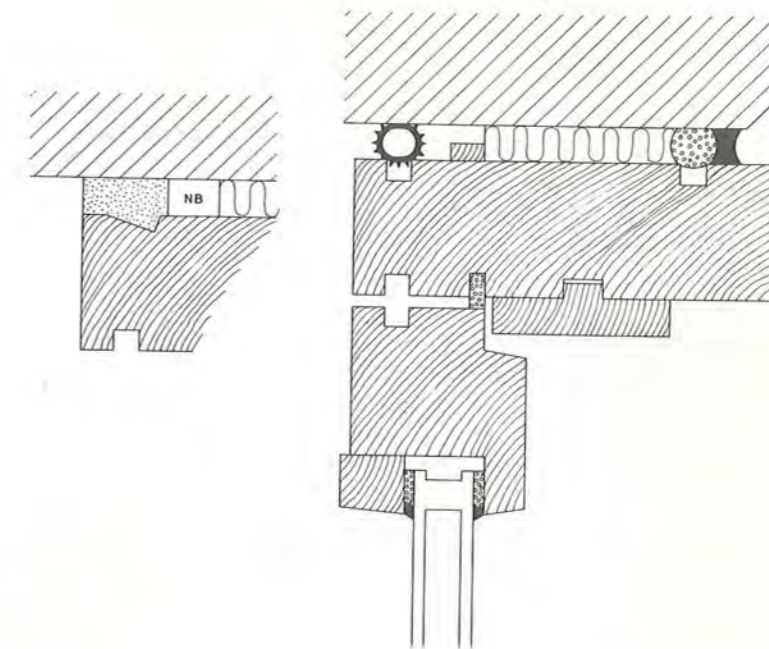
Glaslisten er fremspringende, se teksten til figur 551.

I den lodrette fuge mellem karm og ramme modsat hængselsiden kan det viste profil ofte ikke benyttes. Både ramme og karm må affases, som vist på figur 545, for at tillade vinduets bevægelse. Affasningens størrelse er afhængig af hængslets omdrejningsakses placering, vinduets bredde og rammens dimension. Der gennemføres (naturligvis?) i praksis samme affasning i begge sider af vinduet.

Bemærk, at vinduer med indadgående rammer har analoge problemer, som dog delvis må løses på andre måder. Eksempelvis er den øverste vandrette fuge oftest "lettere", den nederste oftest "sværere" at løse tilfredsstillende i relation til vandtætning. "Vippevinduer" har såvel indad- som udadgående rammestykker langs de lodrette fuger.

For "vippevinduer" er løsningen ved overgangen mellem de to fugetyper, hvor hængslet tilmed er anbragt, vanskelig at finde, men det er gjort tilfredsstillende af en række fabrikanter.

Vinduers tæthed overfor vind og regn bør afprøves, f.eks. på SBI.



Figur 553. Sidekarm og ramme, 1:2,5.