



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R42:1972

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VÅG- OCH VÅJTEN
BIBLIOTEKET

Fogar i betongelement- fasader

**Valter Hasselblad
K. Allan Andersson**

Byggforskningen

Efter 1950 har det i Sverige utförts ett stort antal hus med ytterväggar av betongelement. Tätningen av fogarna mellan elementen har ofta misslyckats med skador och kostsamma reparationer som följt. Rapporten redovisar iakttagelser från en undersökning av ett hundratal byggnader i södra Sverige uppförda efter Skånska Cementgjuteriets allbetongsystem. Syftet har varit att ta reda på omfattningen av olika skadetyper och deras samband med byggnadens omgivning och beskaffenhet, att föreslå åtgärder för undvikande av skador och att initiera vidare undersökningar. Arbetet har inneburit studium av bygghandlingar, intervjuer med hyresgäster, fackmän och forskare, besiktning av byggnader och detaljer, stickprovsmätningar och laboratorieförsök.

I ett schema redovisas fasadfogars principiella funktion som skydd mot regn och blåst. Fogskadornas omfattning varierar starkt med väderstreck och förekomst av avledare (taksprång m.m.). För en riktig bedömning av skadeorsakerna måste fogrörelserna studeras och ställas i relation till fogbredden. Ytliga skador på fogsträngar synes ha samband med fogmassans typ. Mera djupgående skador kan ha flera orsaker. Elementkanternas kvalitet och fogdjupet samt fönstrens egenskaper har stor inverkan på risken för läckageskador. Risken kan till stor del neutraliseras med dränering eller absorption.

Undersökningen omfattar flervånings bostadshus byggda enligt allbetongsystemet samt enstaka objekt med fasader i annat utförande. Ett hundratal byggnader har undersökts, fördelade på ett 40-tal objekt i 20 olika orter, söder om en linje Karlstad—Uppsala.

Undersökningen har inneburit studium av bygghandlingar, intervjuer och besiktning. Fotografier har tagits av intressanta detaljer. I enstaka fall har vi tagit prov på fogmaterial, mätt fogbredd, fogdjup, elementens buktighet och fukt i botteningsmaterial samt gjort stickprov på läckor i ytterfogar, undertryck i lägenheter och fogars dygnsrörelse. En 1958 påbörjad mätning av fogars långtidsrörelser har fullföljts. Enstaka, enkla laboratorieförsök har gällt vattens strömning genom små hål, blötning med färgat vatten, stenulls fuktupptagning samt vissa egenskaper hos fogmassor: hårdhet, vidhäftning, blödning, durometerkaraktäristik, töjningens fördelning inom ett fogmassetvärnsnitt.

Utifrån insamlade fakta har vi sökt förklara varför skador inträffar. Materialets omfattning tillät inte en statistisk bearbetning. Eftersom fogarnas beteende väsentligen synes bero på ett antal faktorer, som var för sig kan ha avgörande inverkan, har det visat sig lämpligt att behandla en faktor i taget. De samband som redovisas är ett begränsat urval. Vissa omdömen baseras på ett fåtal observationer eller intervjuer.



FIG. 1

R42:1972

Nyckelord:

fogar, betongelementfasader (SCGs allbetongsystem), fogskadeorsaker, fogning (arbetsutförande)

Denna rapport hänför sig till anslag C 529 från Statens råd för byggnadsforskning.

Kostnaderna för undersökningen har delats lika mellan rådet och AB Skånska Cementgjuteriet.

UDK 69.022.32
691.328
691.58

SfB Gf 2
(21)
(41)

ISBN 91-540-2073-5

Sammanfattning av:

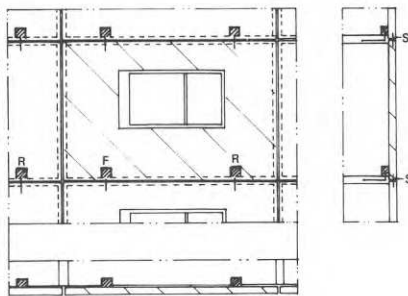
Hasselblad, V & Andersson, K, A, 1972, *Fogar i betongelementfasader*. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R42:1972, 131 s., ill. 23 kr.

Rapporten är skriven på svenska med svensk och engelsk sammanfattning.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, 111 84 Stockholm
Telefon 08-24 28 60

Grupp: konstruktion



F = Klack som är fast förbunden med bjälklaget
 R = Klack som medger horisontell rörelse
 S = Styrning som medger vertikal rörelse

FIG. 2

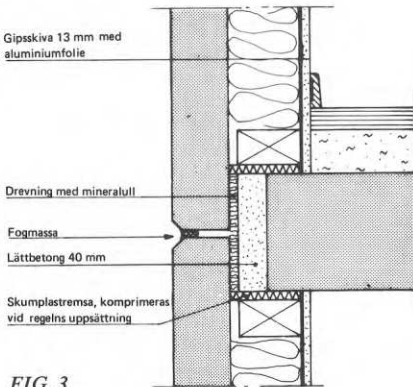


FIG. 3

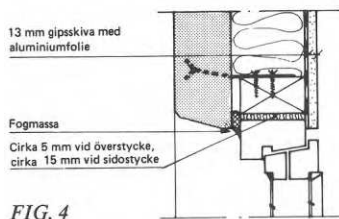


FIG. 4

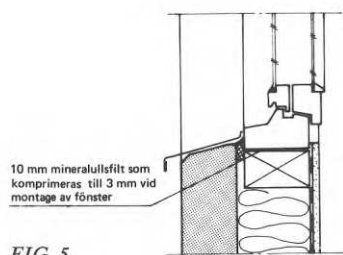


FIG. 5

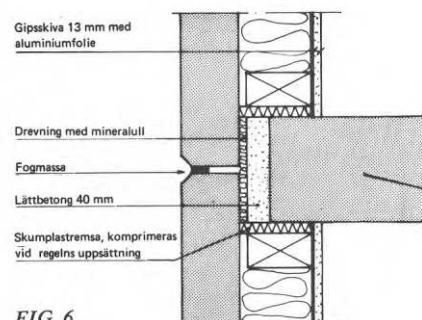


FIG. 6

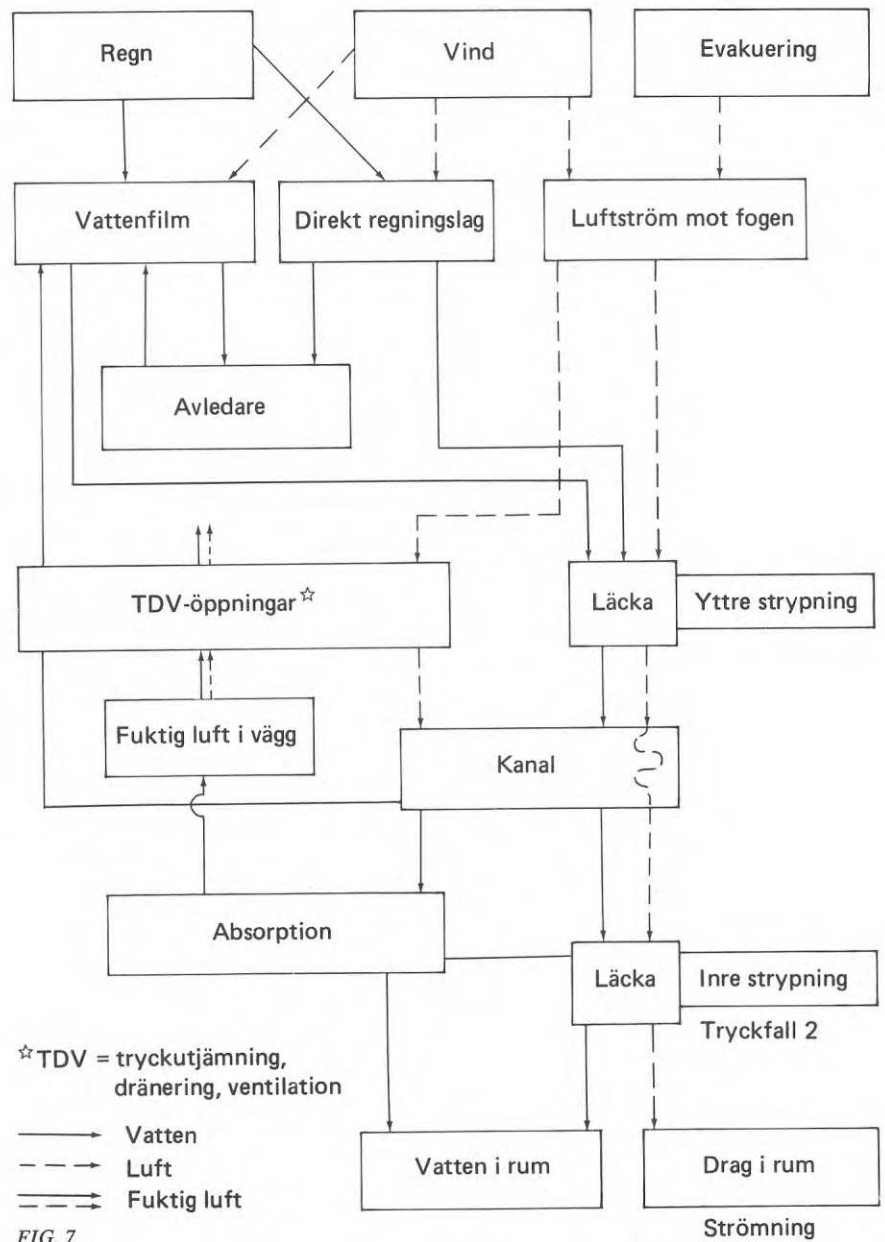


FIG. 7

Allbetongsystemet

Den typiska långfasaden enligt allbetongsystemet är utförd enligt fig. 1–6. Elementens yta har oftast frilagd ballast. I gavlarna utgörs det inre skiktet av en 12–15 cm tjock, platsgjuten, bärande betongvägg, på vilken isoleringen klistras utan regelverk.

Fogtätningen mellan betongelement inbördes samt mellan element och fönsterkarm består som regel av en yttre sträng av fogmassa och bakom denna en bottningslist. Innanför bottningslisten finns en luftkanal och längre in en drevning. Runt fönster har fogen ibland utförts som kälfog utan bottningslist. Fogar vid balkongpartier och i allmänhet även dilatationsfogar i långfasader har tätats på samma sätt som elementfogarna.

Fogtätningens funktion

En översiktlig bild av fasadfogarnas principiella verkan som skydd mot regn och blåst har erhållits (fig. 7). Funktionen har här behandlats som ett ström-

ningsproblem. De delfunktioner som i andra sammanhang kallas för tätning benämns här strypning (fullständig strypning = tätning). Den i schemat omtalade avledaren kan vara ett taksprång, ett bleck, en utstickande elementkant, en nisch i väggen, ett utstickande väggparti, en tunga som lappar över i en horisontalfog eller liknande. Av insamlade erfarenheter framgår att den viktigaste funktionen hos de s.k. TDV-öppningarna är dränering. Öppningarna kan ha en area av cirka 1/2 cm².

Slagregn och sol

Klimatet påverkar fogarnas funktion. Vid fogar med bristande dränering synes risken för fuktskador vara störst i de väderstreck, som är utsatta för slagregn. Förekomsten av skador på fogsträngarna beror på solljusets och slagregnets kemiska, fysikaliska och mekaniska påverkan. Inom större delen av det undersökta området torde påverkan vara störst i sydvästfasader. I de fall där läckor i väggen medfört invändig nedfuktning har fasaden ej haft vindskydd.

Slagregnets fördelning på en fasad har visat sig vara ojämn. Regnet samlas till områdena närmast takfoten och hörnen. Stor höjd och bredd hos huset synes öka slagregnsintensiteten och därmed läckagerisken inom dessa kritiska områden. Slagregnets koncentration till dessa ytor innebär att takfotens och hörnens utformning får betydelse för fasadens funktion (fig. 8).



FIG. 8

Fukten kommer utifrån

Evakuering med mekanisk utsugning, som är vanligast i de undersökta husen, ger undertryck i lägenheterna. Man har menat att detta skulle medverka till läckage genom fasaden. Vi fann emellertid att vådring för att bli av med överskottsvärme förekom även vid så låga temperaturer som $+3^{\circ}\text{C}$ och måttlig vind. Därvid bortfaller undertrycket. Dock bör fogarna konstrueras så att de fungerar även vid undertryck inomhus.

För att utvärdera om fuktigheten i rumsluften påverkar ytterfogen har vi gjort stickprovskontroller på botteningsmaterialens fukttinhåll. Fuktens fördelning tyder på att den har kommit utifrån.

Rörelser

Stommen i de undersökta husen är till största delen av armerad betong. Dess last-, temperatur- och fuktrörelser påverkar fogarna. Laströrelserna är i första hand långtidsnedböjningar hos bjälklag. Temperaturrörelserna synes vara relativt obetydliga. Fuktrörelserna är i första hand långtidsrörelser på grund av krympning och i andra hand en årstidsbunden rörelse p.g.a. variationer i rumsluftens relativa fuktighet. Stommens rö-

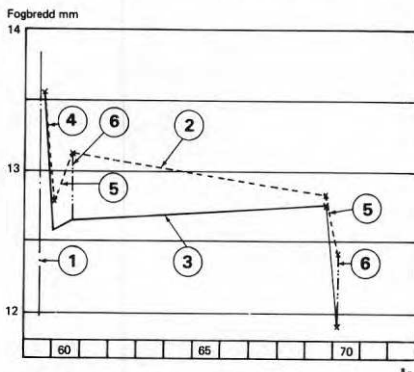


FIG. 9. Fogbreddens variation i en söderfasad och en norrfasad på ett kontorshus i Malmö.

1. Fogning
2. Norrfasad
3. Söderfasad
4. Tendens av krympning
5. Tendens av fuktighetens årsvariation
6. Tendens av solstrålning

relser innebär att fogarna mellan elementen under större delen av sin livstid är utsatta för tryck. (fig. 9.)

Liksom fogarna påverkar väggens funktion inverkar väggens konstruktion på fogarnas funktion. Utskjutande balkongpartier delar fasaden, skuggar den och leder bort vatten. En värmeisolering av stenull kan absorbera mätliga mängder vatten, som läcker in genom ytterfogen.

Elementens färg påverkar fogarna. En mörk färg ger större temperaturrörelser i elementen än en ljus. Fogar mellan långa element har uppvisat större skador än lika breda fogar mellan små element i samma fasad. På grund av olika krympning i elementens betongskikt blir elementen konvexa utåt, vilket ger rörelser i djupled i fasaden. De kan ge upphov till stora fogrörelser, t.ex. mellan element och sockel. En undersökning av rörelserna i elementens plan visar att dessa icke påverkas nämnvärt av skillnader mellan glidfriktion och vilofriktion i upplagen. Några exempel på sättningar i fasaderna har konstaterats. Dessa har gett olika former av skador i horisontella och vertikala fogar.

Rörelserna i en fasad kan uppdelas efter orsak, tidsberoende, riktning och storlek. Dimensionering av elementfogar bör i första hand ta hänsyn till rörelser i fogens breddled, då dessa är svårast att uthärda. Vid rörelser i fogens längdled veckas skinet på skinnbildande massor. Vid rörelser med växlande riktning, särskilt snabba sådana, bör elastiska material användas. Vid enkelriktade rörelser kan sega plastiska material vara lämpliga. Vid provning av fogmassor kan rörelser simuleras på olika sätt.

Bristande vidhäftning

Elementkanternas kvalitet bestämmer till stor del fogarnas täthet. Mätning med pordektorer har avslöjat läckor i elementkanter. Dessa kan härledas till otät betong i kritiska zonen (fig. 10). Med hjälp av strömnings- och blötningförsök har konstaterats att små mängder vatten vid slagregn lätt kan passera genom porer i elementkanterna och att detta vatten kan åstadkomma generande fläckar på ytmaterial i lägenheter. Dräneringskanaler och öppningar bör finnas men kan vara små. De bör vara utformade så, att de fångar och leder ut ur väggen det vatten som passerar ytterfogen och så att de inte på något ställe släpper in vatten i väggen eller rummet. Elementkanterna bör vara så porfria som möjligt. Dessutom bör anslutningsdjupet (t_d) vara tillräckligt stort.

Betongelement med frilagd ballast har i jämförelse med vissa andra fasadmateri- al såsom metall, glas, målat trä osv. en betydande förmåga att absorbera regnvatten (fig. 8). Elementkanternas utformning har betydelse för dräneringen av fogarna. Porer i elementkanten kan

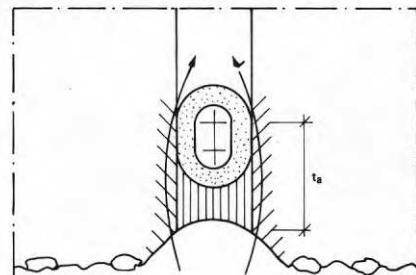


FIG. 10

initiera brott i fogsträngen. En stickprovundersökning visade ringa inverkan på säkerheten mot vidhäftningsbrott av normala rester av formolja på elementkanten. Reklamationsfall har inrapporterats där fogsträngen släppt mot dammiga (mjöliga) betongytor, varför borstning och i många fall grundning är att rekommendera. Sugande elementkanter synes även kunna minska vidhäftningen. Enstaka frostsador på elementkanter med porös betong har konstaterats där botteningslisten varit fuktugande. Brustna lagningar med cementbruk på elementkanter har observerats även vid mjuka fogmassor.

Grundning av fogkanter kan motiveras av flera olika orsaker. Särskilt vid de elastiska fogmassorna är den av betydelse. Fogmasselieferantörerna rekommenderar olika slag av primer till olika ändamål. Tjockleken av primerskiktet synes ha betydelse för fogmassans vidhäftning mot betongen. Primern bör vara beständig mot alkaliskt vatten. Primerns torktid bör kontrolleras.

Fönster

Läckor i fogar runt fönster har konstaterats, då fönstren har gjutits in i elementen utan efterföljande fogning och fogen inte skyddats av avledare. Rörelser i bjälklagen och karmarna gör att sprickor eller släppor uppträder vid karmhörn i fogar med liten bredd. En avledare över fönstret minskar slagregnsbelastningen på fogarna i och kring fönstret. Där betongelementen varit utbytta mot murad, fristående vägg har stora skador konstaterats i fogarna vid sidokarmstycken hos fönstren vid husets ändar. Skadorna beror på långtidsrörelser i betongstommen. Där fönsterbleck av traditionellt utförande använts på hus med stark slagregnsbelastning, utan underliggande massafog, har man måst tillgripa fogning med fogmassa mellan blecket och elementet. Vid noggrant utförande av massafogen har man i något fall kunnat utelämna fönsterblecket. Fogen mellan blecket och karmen kan orsaka tidiga målningsskador på bottenkarmstycket.

Ytterfogen mellan båge och karm har utförts med en strypning i form av en smal springa. Ibland har denna springa varit över 2 mm, vilket synes ha medver-

kat till läckage. Innanför strypningen finns i allmänhet en kanal som fångar vatten och damm. I några typer har den yttre strypningen och kanalen vid bottekarmstycket flyttats in och ytterbågen utformats till en avledare med droppkant. Undersökningar tyder på att det är lämpligt med TDV-öppningar vid nedre karmhörn. Fogen mellan ytter- och innerbåge har i allmänhet lämnats öppen.

En mycket viktig förutsättning för att ett fönster skall fungera väl är att tätningen mellan innerbåge och karm är god. Kraven på en lämplig tätningslist är många. Det synes som om vissa slang- och v-lister av gummi närmar sig en täckning av kraven.

Fogarna mellan karmens och bågarnas olika delar har icke tätats utan endast övermålat. Rörelserna har gjort, att fogarna öppnat sig och släppt in fukt i träet. Därigenom har tidiga målningsskador kunnat uppstå på utsidan. Läckage genom otäta karmhörn har förekommit i vissa typer av fönster. Kittfogen mellan glas och ytterbåge bör förbättras. Fönstrens nedre del är hårdast utsatt för regn och tinande snö. Detta gäller särskilt de nedre hörnen dit nederbörden samlas genom drivning. Ett förslag till förbättrat träfönster redovisas i rapporten.

Fogens utförande

Fogarna mellan betongelementen har haft breddmått (basmått) mellan 6 och 14 mm. Måttavvikelse har uppstått vid elementtillverkning och montage, varför det icke torde vara lämpligt med basmått under 14 mm. Fogbredden efter montage bör kontrolleras. Fogspalten bör lämnas tom omedelbart bakom ytterfogen. Värmeisolering i form av drev eller dylikt läggs lämpligen på samma djup som värmeisoleringen i väggen. Fogspalten bör dräneras. Exempel finns på väl fungerande öppna horisontalfogar där dränering och tätning mot drag utförts längre in i väggen.

Ytterfogens funktion kan påverkas av bottningen. Bottningslist bör icke vara fuksugande och bör vara mjukare än de elastiska fogmassor, som normalt läggs med ca 1/2 cm tjocklek. Cirkulära slanglister av cellgummi eller cirkulära cellplastlister kan användas. Cellplastlisterna kan ge upphov till bläsbildning i fogmassan. Bottningsläge i djupled bör kontrolleras.

Fogsträngen

Med plastiska respektive elastiska fogmassor menas här fogmassor som har liten respektive stor förmåga att med hjälp av inre krafter återgå mot sin ursprungliga form efter deformation och avlastning. Deras täthet, vidhäftning och anpassbarhet har gjort att de fått vidsträckt användning. De fogmassor som huvudsakligen har använts i de observerade fasaderna har varit:

Olje-, syntetharts- eller polyisobutylbenaserade, skinnbildande, plastiska
Akrylatbaserade, plastiska
Polysulfidbaserade, elastiska.

Sammansättningen och egenskaperna har varierat kraftigt. Fogmassornas egenskaper påverkas starkt av de vätskor de innehåller. Skador, särskilt i form av sprickor och släppor, har förekommit. De skinnbildande fogmassornas egenskaper bestäms till största delen av skinnets egenskaper. I fogar med rörelser spelar troligen skinnets seghet en avgörande roll.

De plastiska fogmassorna bör läggas med större fogdjup än de elastiska massorna, bl.a. med hänsyn till påverkan från bottningen.

De elastiska fogmassornas deformationsmotstånd och övriga reologiska egenskaper bör studeras närmare. De mjukare massor som använts på senare tid har inneburit förbättrad säkerhet mot släppor. En ytterligare förbättring kan förväntas med nya tillsatser till fogmassan.

Fogsträngens tvärsnitt har varierat i form och mått. Normalt läggs de plastiska fogmassorna med plan utsida och de elastiska med konkav utsida. De elastiska fogmassorna bör läggas med en minsta tjocklek icke understigande 1/3 av fogbredden om denna utnyttjats helt för rörelseupptagning. Töjningens fördelning i fogsträngens tvärsnitt kan studeras med hjälp av rutlinjerade provkroppar (fig. 11). De största lokala de-

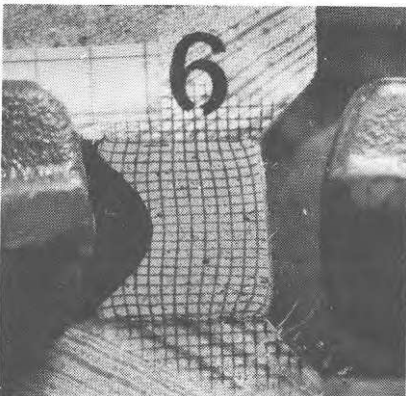


FIG. 11

formationerna i fogsträngen uppstår när fogen komprimeras. En därpå följande sträckning ställer stora krav på massans elasticitet (återgångsförmåga) varför denna egenskap är av intresse. Andra egenskaper av intresse är t.ex. rinning, bläsbildning och benägenhet att krakeletera. Färgskikt på rörelsefogar har spruckit. Ett lyckat objekt med sand inbläst i den nylagda fogmassans yta har utförts. Fogning med cementbruk har visat gott resultat i horisontalfogar mellan element som är staplade på varandra.

Endast de allra bästa plastiska fogmassorna med segt skinn kan med försiktighet användas i betongfasader som exponeras för solljus och slagregn. Krav på helt slät yta kan i regel icke uppfyllas. Plastiska fogmassor är olämpliga där

man kan komma åt att peta i fogen, eller där fogen utsätts för snabba rörelser. De mjuka, elastiska fogmassorna på polysulfidbas ger i allmänhet en fog med slät och hållbar yta, tålig mot petning. Vid riktig dimensionering, elementtillverkning, grundning, dränering m.m. fungerar de väl även i fasader som är hårt exponerade för solljus och slagregn. Vita eller mycket ljusa polysulfidfogmassor bör i allmänhet undvikas.

Arbetsutförande

Fogning av husfasader kan karaktäriseras som ett individberoende manuellt arbete med komplicerat sammansatta material under starkt varierande yttre förutsättningar för att åstadkomma en komponent som till sin funktion inte är helt enkel att beskriva och förstå. Ett lyckat fogningsarbete förutsätter därför

att goda handlingar i form av ritningar och beskrivningar på element, fönster och fogar finns och följs, att fogningen utförs med rätt personal och vid rätt tidpunkt samt att arbetet kontrolleras.

Fogning av fasadfogar har skett med personal som varit anställd av byggnadsentreprenören eller hos en underentreprenör. Underentreprenörerna har varit glasmästerier, plattsättningsfirmor eller renodlade fogningsfirmor. Kraftiga variationer i utförandet har observerats mellan olika fogläggare tillhörande samma eller olika företag. Nyttan av att instruera och utbilda fogläggare i yrket har framgått klart vid långa byggobjekt där samma person arbetat flera år.

Fogning vid låga temperaturer (under ca 5°C) har som regel gett försämrat resultat. Fogning vid extremt höga sommartemperaturer har medfört att primern torkat och härdat för snabbt. Exempel på ofullständig blandning av tvåkomponentmassor har observerats. Fogning har relativt ofta skett med för små fogdjup.

En fogs kvalitet kan icke bedömas genom att enbart betrakta den färdiga fogens yta. Kontroll måste ske före, under och efter fogning. En mycket enkel kontroll under några minuter kan avslöja fel som kan ha avgörande betydelse för fogens funktion.

Joints in facades made up of precast concrete sections

Valter Hasselblad & K Allan Andersson

Since 1950, a large number of buildings have been constructed in Sweden with external walls composed of precast concrete sections. Sealing of the joints between the sections has often been unsatisfactory, with damage and costly repairs as a consequence. This report describes observations made during an investigation of some hundred buildings in southern Sweden, most of them constructed according to the Allbetong system developed by Skånska Cementgjuteriet. The aims of this investigation have been to ascertain the extent of various types of damage and their relationship with the environment and nature of the building, to propose measures whereby the damage can be prevented and to initiate further investigations. Work comprised studies of building documents, interviews with tenants, experts and research workers, inspection of buildings and details, as well as spot measurements and some minor laboratory tests, partly based on new methods.

The principal function of facade joints in providing protection against rain and wind is illustrated in a chart. The occurrence of joint damage exhibits a great variation with geographical orientation and the presence of features which deflect precipitation (roof overhangs etc). To be able to assess the causes of damage correctly, it is necessary to study joint movements and to relate these to the width of the joint. It would appear that surface damage to joint runs bears a relation to the type of jointing compound, while damage which penetrates more deeply may be due to several causes. The quality of the edges of the precast sections and the depth of the joint, as well as the properties of the window, exert a

major influence on the risk of damage due to seepage. This risk can to a large extent be neutralised by drainage or absorption. Cases of seepage have been observed even when the external run of joint exhibited no damage.

The investigation covers multi-storey residential buildings constructed in accordance with the Allbetong system and also some buildings with facades of a different nature. About 100 buildings, comprised in some 40 projects in twenty localities south of a line drawn between Uppsala and Karlstad, have been studied.

The study comprised examination of building documents, interviews and inspections. Photographs were taken of details of interest. In some cases, we took samples of the jointing compound, measured the width and depth of the joint, the curvature of the precast section and the amount of moisture in the material of the retainer strip, and made spot checks with regard to seepage in external joints, the presence or otherwise of a negative pressure inside the flats, and the diurnal movements of the joints. A measurement programme relating to the long-term movements of joints, begun in 1958, has been completed. Some simple laboratory tests were performed regarding the flow of water through small holes, wetting with coloured water, the moisture absorption of mineral wool and certain properties of jointing compounds, such as hardness, adhesion, bleeding, durometer characteristics and the distribution of strain over a cross section of the jointing compound.



FIG. 1

National Swedish Building Research Summaries

R42:1972

Key words:

joints in facades made up of precast concrete sections (the Allbetong system), causes of damage to joints, jointing (procedure)

This report refers to Grant No C 529 from the Swedish Council for Building Research.

The costs of the investigation have been shared equally between the Council and AB Skånska Cementgjuteriet.

UDC 69.022.32
691.328
691.58
SfB Gf 2
(21)
(41)
ISBN 91-540-2073-5

Summary of:

Hasselblad, V & Andersson, K A, 1972, *Fogar i betongelementfasader*. Joints in facades made up of precast concrete sections. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Report R42: 1972, 131 p., ill. 23 Sw. Kr.

The report is in Swedish with summaries in Swedish and English.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, S-111 84 Stockholm
Sweden

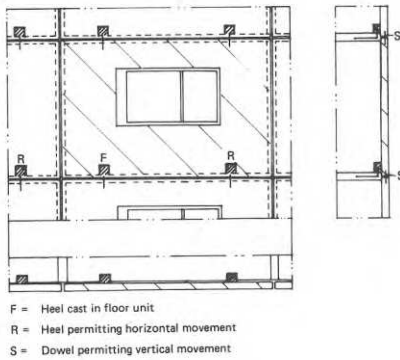


FIG. 2

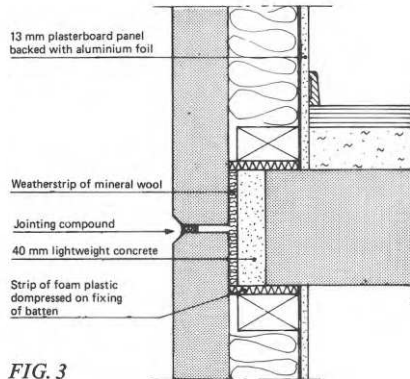


FIG. 3

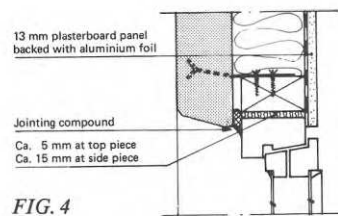


FIG. 4

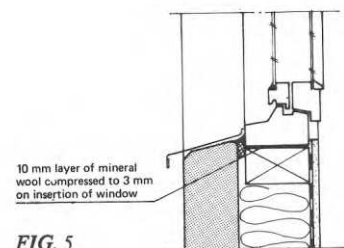


FIG. 5

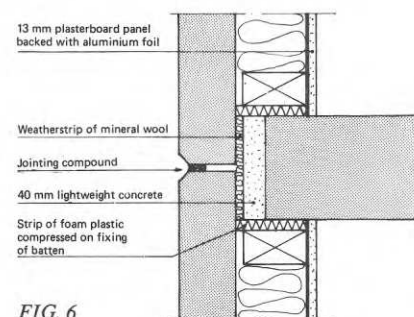
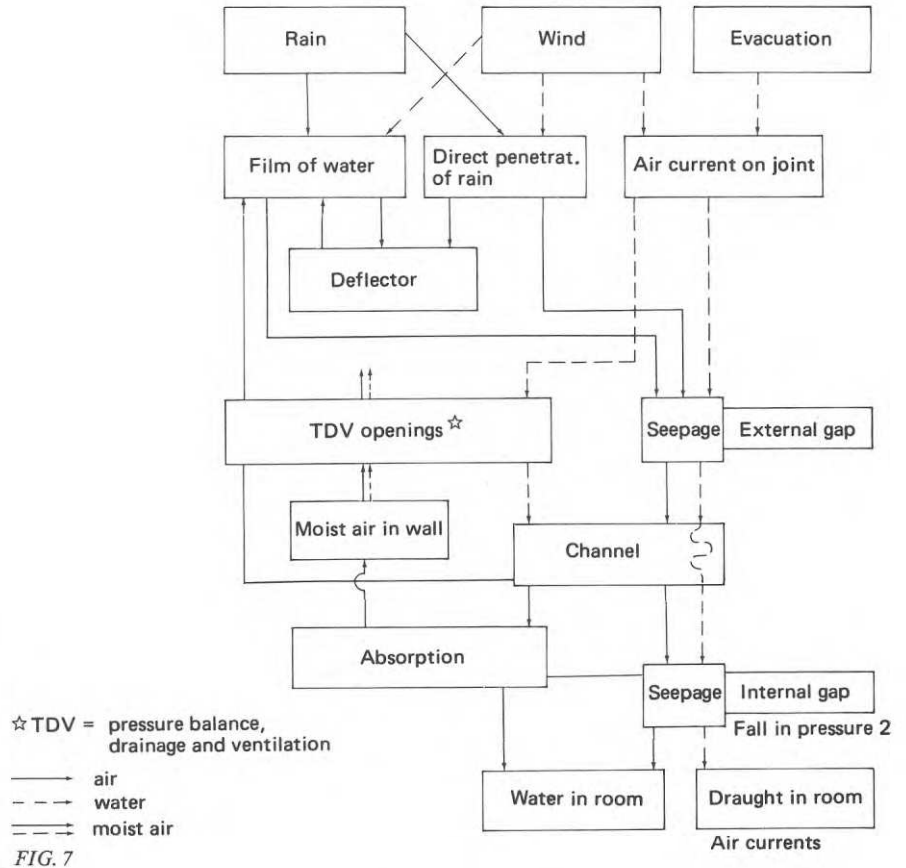


FIG. 6



We have endeavoured to explain, on the basis of the facts collected, why such damage occurs. The extent of the material did not permit statistical treatment. Since it seems that behaviour of the joints is essentially dependent on a number of factors, each of which may on its own exert a critical influence, it appeared best to deal with one factor at a time. The relations which are stated represent a limited sample. Some assessments are based on a few observations or interviews.

The Allbetong system

The construction of a typical longitudinal facade according to the Allbetong system is shown in figs. 1–6. The surface of the precast sections often consists of exposed aggregate. At the ends of the building, the internal layer consists of an in-situ load-bearing concrete wall, 12–15 cm in thickness, on to which the insulation is glued without framing.

Sealing of the joints between the precast sections and between the sections and window frames generally consists of an external run of jointing compound with a retainer strip behind. Beyond the retainer strip there is an air duct and, further in, a weatherstrip. Joints around windows have sometimes been constructed as fillet joints without a retainer strip. Joints near balconies and also the expansion joints in longitudinal facades have generally been sealed in the same way as those between the precast concrete sections.

The function of the joint sealant

A general picture of the principal action of joints in a facade, as a means of protection against rain and wind, has been obtained (fig. 7). The function has in this

case been treated as a flow problem. The partial functions which in other contexts are referred to as sealing are in this case denoted by the term throttling (complete throttling = sealing). The deflector referred to in the chart may be a roof projection, a window flashing, a projecting corner of a precast section, a recess in the wall, a projecting part of the wall, a tongue which covers a horizontal joint, or similar. It is evident from the information collected that the most important function of a TDV opening designed to ensure pressure balance, drainage and ventilation¹ is the one of drainage. Such openings may have an area of about 1/2 cm².

Driving rain and sunshine

Climate affects the function of a joint. The risk of moisture damage in joints which are inadequately drained would appear to be greatest in facades which are exposed to driving rain. The occurrence of damage to joint runs depends on the chemical, physical and mechanical action of the rain. Over most of the area investigated, the effect seems greatest in south-westerly facades. In cases where seepage through the wall caused moisture to appear on the inside, the facade had no protection from the wind.

It was found that distribution of the rain over a facade is uneven. The rain collects at areas nearest to the eaves and the corners. It appears that the intensity of driving rain and therefore also the risk of seepage in these critical areas, increases if the height and width of the building are large. Concentration of driv-

¹This opening is known as a TDV opening in Sweden and is a standard feature Swedish window design.

ing rain to these areas implies that the design of the eaves and corners is significant with regard to the function of the facade (fig. 8).



FIG. 8

Moisture comes from the outside

Mechanical extraction of air which is most common in the buildings studied results in the pressure inside the flats being lower than that outside. It has been suggested that this would contribute to seepage through the facade, but we found that windows are opened in order to get rid of excess heat even when temperatures are as low as $+3^{\circ}\text{C}$ and there is a moderate wind, and this equalizes pressures. Joints should however be constructed in such a way that they will function even when the pressure indoors is lower than that outside.

In order to ascertain whether humidity of the air in the room has an effect on the external joint, we made spot checks on the moisture content of the material in the retainer strip. Distribution of the moisture indicates that it originates outside.

Movements

Most of the buildings studied have frames of reinforced concrete. The movements of this due to loading, temperature and moisture have an effect on the joints. Loading movements are chiefly long-term deflections of floor slabs. Temperature movements seem to be comparatively insignificant. Moisture movements are mainly long-term movements due to shrinkage, and there is also a seasonal movement due to variations in the relative humidity of the air in the rooms. Owing to the movements in the frame, the joints between the precast sections are subjected to compression over most of their lives (fig. 9).

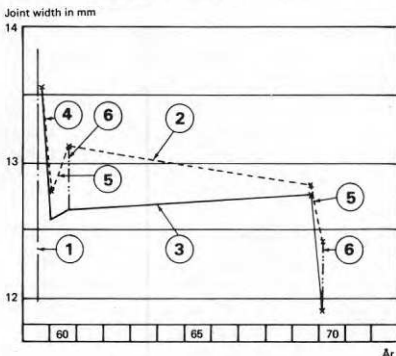


FIG. 9. Variation in joint width in a south and north facade of an office building in Malmö.

1. Jointing
2. North facade
3. South facade
4. Trend due to shrinkage
5. Trend due to annual moisture variation
6. Trend due to solar radiation.

In the same way as the joints affect the function of the wall, the design of the wall also affects the function of the joints. Projecting balconies break up the facade, cast shadow on it and deflect water. Heat insulation consisting of mineral wool is capable of absorbing moderate quantities of water which seeps in through the external joint.

The colour of a precast section affects the joint. If a section has a dark colour, its temperature movements will be larger than if it were of a light colour. Joints between long sections have shown greater damage than joints of the same width between small sections in the same facade. Owing to differential shrinkage in the concrete layer of the precast sections, these become convex outwards and cause movements at right angles to the plane of the facade.

Large movements may be caused in the joints, e.g. between the precast section and the foundation. An examination of movements in the plane of the precast section shows that these are not affected to an appreciable extent by differences between sliding and static friction at the bearing surfaces. Some examples of settlement have been noted in the facades. These gave rise to damage of different types in horizontal and vertical joints.

The movements in a facade can be classified on the basis of cause, time dependence, direction and magnitude. Sizing of joints between sections should primarily be based on movements across the width of the joint, since these impose the greatest stresses on the joint. During movements in the longitudinal direction of the joint, the skin on skin-forming jointing compounds becomes creased. Where there are alternating movements, and particularly when these occur quickly, resilient materials should be used, while in the case of movements which are in one direction only, ductile plastic materials may be suitable. During testing of jointing compounds, movements may be simulated in various ways.

Unsatisfactory adhesion

To a large extent, the quality of the edges of the precast sections determines the watertightness of the joints. Measurements with a porosity detector have revealed points of seepage at the edges of sections, which are caused by permeability of the concrete in the critical zone (fig. 10). It has been demonstrated with the aid of flow and saturation tests that, during driving rain, small quantities of water can easily pass through pores at the edges of sections and that this water can give rise to troublesome stains on surfacing materials inside the flats. There must be drainage channels and openings, although these may be small. They must be designed in such a way that they will collect and drain away out of the wall any water which may have passed through the external joint and will not at any point permit water to enter the wall or the room. The edges of the precast sections should be as impermeable as possible, and the depth of adhesion (t_a) should also be sufficiently large.

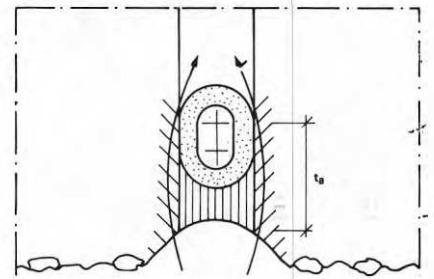


FIG. 10

Compared with certain other facade materials such as metal, glass, painted wood etc, precast concrete sections with an exposed aggregate have considerable capacity to absorb rainwater (fig. 8). The shape of the edges of the section is significant from the point of view of the drainage of the joints. Pores in the edges of the section can initiate rupture in the joint run. Investigation by means of spot checks has shown that normal quantities of shutter oil left on the edges have only a slight effect on the adhesion strength of a joint. Complaints have been reported with regard to cases where the joint run has sagged against dusty (powdery) concrete surfaces, and brushing and in many cases priming of the concrete is therefore recommended. It would also appear that absorbent section edges can reduce adhesion. Some cases of frost damage to edges of sections made of porous concrete have been found where the retainer strip was absorbent to moisture. Failure of areas on the edges of precast sections which were made up with cement mortar has been noted even in places where the jointing compound used was soft.

There are several reasons why the edges of precast sections should be primed. Particularly in the case of resilient jointing compounds, this is important. The suppliers of jointing compounds recommend different types of primer for different purposes. It seems that the thickness of the coat of primer is significant for the adhesion of the jointing compound to the concrete. The primer should be resistant to alkaline water. Its drying time should be checked.

Windows

Seepage has been noted in joints around windows where the windows had been cast into the precast section without subsequent sealing and when the joint had not been protected by a deflector. Owing to movements in the floor slab and the window frames, cracks or sags occur in joints of small width at the corners of the frames. A deflector above the window reduces the loading due to driving rain on the joints in and around the window. On end walls consisting of brickwork instead of precast concrete sections, extensive damage has been found in the joints at the side pieces of the window frames. The damage is due to long-term movements in the concrete building skeleton. In cases where window flashing of traditional design, without any jointing compound below, has been used on buildings subject to heavy loading due to driving rain, jointing with a compound had to be resorted to between the flashing and the precast section. Where the jointing compound was

applied carefully, the window flashing could in some cases be omitted. Failure of the joint between the flashing and the frame may cause early damage to the paintwork on the bottom of the frame.

The external joint between the casement and the frames has been in the shape of a narrow gap. The width of this gap has in some cases exceeded 2 mm, and this would appear to have caused seepage. Inside this gap there is generally a channel which collects water and dust. In some types of window the external gap and the channel on the bottom crosspiece of the frame have been moved inwards and the outer casement formed into a deflector with a drip. Studies indicate that it is best to provide TDV openings designed to ensure pressure balance, drainage and ventilation (TDV, see footnote earlier) at the lower corners of the frame. The joints between the outer and inner casement have as a rule been left open.

A satisfactory seal between the inner casement and the frame is very important if a window is to work properly. There are many demands which a suitable sealing strip must satisfy. It seems that certain tubular and V-shaped strips of rubber satisfy requirements.

Joints between different parts of the frames and casements have been left unsealed and been given only a coat of paint. Owing to movements, the joints opened up and admitted moisture into the wood, resulting in early damage to the paintwork on the outside. Seepage through open corners in the frame has occurred in certain types of window. The putty joint between the glass and the outer casement should be improved. The lower part of a window, and particularly the bottom corners into which precipitation is driven by the wind, is most exposed to rain and melting snow. The report includes a proposal for an improved wooden window.

Design of the joints

The width of a joint (the basic dimension) between precast sections has varied between 6 and 14 mm. Differences in dimension occur during manufacture and erection of the sections, and for this reason a basic dimension smaller than 14 mm is probably unsuitable. The width of the joint after erection should be checked. The jointing gap immediately behind the external joint should be left empty. It is best if thermal insulation in the form of caulking or similar is placed at the same depth as the thermal insulation in the wall. The jointing gaps should be drained. There are examples of satisfactory open horizontal joints where drainage and sealing against draughts were provided further inside the wall.

The function of the external joint may be affected by the retainer strip. The retainer strip should not be absorbent and should be softer than the resilient jointing compounds which are normally laid at a thickness of about 1/2 cm. Tubular strips of cellular rubber or circular strips of cellular plastic may be used. Strips of cellular plastic may give rise to blistering in the jointing compound. The depth of the retainer strip inside the joint should be checked.

The joint run

The terms plastic and resilient jointing compound refer to jointing compounds which have a small or large capacity respectively to return, with the aid of internal forces, to their original form after deformation and removal of the load. Owing to their impermeability, adhesion and adaptability, they have gained wide acceptance. The jointing compounds mainly used in the facades under observation have been:

Skin-forming plastic compounds based on oil, synthetic resin or polyisobutylene

Acrylate-based plastic compounds

Polysulphide-based resilient compounds.

There is a great variation in composition and properties. The properties of jointing compounds are greatly affected by the liquids which they contain. Damage has occurred, especially in the form of cracks and sagging. The properties of skin-forming jointing compounds are largely determined by the properties of the skin. In joints subject to movement, it is probable that the ductility of the skin is of critical importance.

The depth of joint in the case of plastic jointing compounds should be greater than for resilient compounds, due, i.e. to the effect exerted by the retainer strip.

The deformation resistance and other rheological properties of the resilient jointing compounds should be studied more closely. The softer compounds used recently have provided a better factor of safety against sagging. New additives in the jointing compound may result in further improvements.

The cross section of the jointing compound has varied both as regards shape and dimensions. Plastic compounds are normally laid with the outside plane and the resilient ones with the outside concave. If the joint is used completely for accommodation of movements, resilient compounds should be laid with a minimum thickness not less than 1/3 of the width of the joint. The distribution of strain over the cross section of the jointing compound can be studied using diamond-patterned test specimens (fig. 11). The largest local deformations in the run of joint occur when the joint is compressed. Stretching subsequent to this makes great demands on the resilience of the compound, and this property is therefore of interest. Other properties of interest are e.g. running, blistering and the tendency to crack. Coats of paint on movement joints have cracked. One type

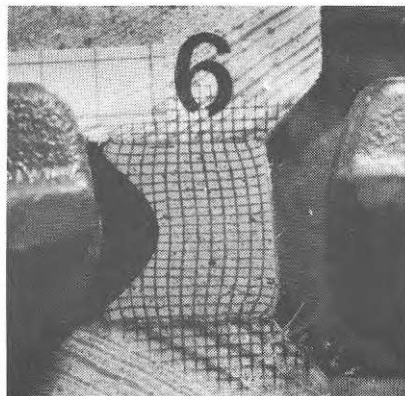


FIG. 11

of joint where sand was blown into the surface of the newly applied compound has had a successful subsequent history. Jointing with cement mortar has been found satisfactory in horizontal joints between precast sections placed on top of one another.

It is only the very best plastic jointing compounds with ductile skins which can be used with care in concrete facades exposed to sunshine and driving rain. Generally speaking, the requirements as to a completely smooth surface cannot be satisfied. Plastic jointing compounds are unsuitable where the joint is accessible to interference or where the joint is subjected to quick movements. The soft resilient jointing compounds based on polysulphide generally provide a joint with a smooth and durable surface, resistant to extrusion. Provided that sizing, manufacture of the sections, priming, drainage etc. are all correctly done, they will work well even in facades with a high degree of exposure to sunshine and driving rain. As a rule, white or very light polysulphide-based jointing compounds should be avoided.

Workmanship

Jointing in building facades may be characterised as manual work, the quality of which is dependent on the individual performing it, which uses materials of complex composition under greatly varying external conditions in order to construct a building component whose function cannot be described in simple words and is difficult to understand. In order therefore that jointing should be satisfactory, it is necessary

that good documents should be provided in the form of drawings and specifications for the precast sections, windows and joints, and that these should be complied with,

that jointing should be carried out by the proper people and at the correct time, and

that the work should be checked.

The laying of joints in facades has been carried out using staff employed by the building contractor or a sub-contractor. These sub-contractors have been glaziers, tiling firms or specialist jointing firms. Great variations in workmanship have been noted between different jointers belonging to the same or different firms. The advantage of instructing and training jointers in this trade has been evident on large building projects where the same person has worked for a number of years.

As a rule, jointing at low temperatures (below about 5°C) has provided less satisfactory results, while work during extremely hot periods in the summer has resulted in premature drying and hardening of the primer. Examples have been found where two-pack compounds have been mixed incompletely. Comparatively often, joint depths have been small.

The quality of a joint cannot be judged simply by examining the surface of the completed joint. Checks must be carried out before, during and after jointing. A very simple check lasting a few minutes may reveal faults which may be critical for the function of the joint.

Rapport R42:1972

FOGAR I BETONGELEMENTFASADER

JOINTS IN FACADES MADE UP OF PRECAST
CONCRETE SECTIONS

av Valter Hasselblad & K Allan Andersson

Denna rapport hänför sig till anslag C 529 från Statens råd för byggnadsforskning. Kostnaderna för undersökningen har delats lika mellan rådet och AB Skånska Cementgjuteriet. Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm
ISBN 91-540-2073-5

Rotobekman Stockholm 1972

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING

SUMMARY		Sid.		Sid.	
1	INLEDNING	14	5	INVERKAN AV YTTERVÄGGENS KONSTRUKTION	37
1.1	Undersökt problem	14	5.1	Väggens indelning	37
1.2	Målsättning	14	5.2	Värmeisoleringsmaterial	37
1.3	Undersökningens gång	14	5.3	Invändigt tätskikt	38
1.4	Rapportens uppställning	15	6	INVERKAN AV ELEMENTENS EGENSKAPER	39
1.5	Redovisning av undersökningens resultat	17	6.1	Elementens färg	39
1.6	Beteckningar, definitioner, begreppsbestämningar	17	6.2	Elementens längd	39
2	BESKRIVNING AV ALLBETONG-FASADEN	19	6.3	Elementens betongskikt	39
2.1	Långfasader	19	6.4	Elementens styvhet	40
2.2	Gavlar	19	6.5	Infästningarnas utformning	40
2.3	Fogar	21	6.5.1	Förutsättningar för stegvis rörelse	40
2.4	Fönster	21	6.5.2	Beräkning av rörelsestegens storlek	41
2.5	Balkonger	22	6.5.3	Undersökning av fogrörelsen	41
2.6	Evakueringssystem	22	6.5.4	Resultat av beräkning och mätning	43
3	INVERKAN AV KLIMATET	23	6.6	Infästningarnas placering	47
3.1	Väderstrecket inverkan på läckageskador	23	6.7	Sättningar i infästningar och upplag	47
3.2	Väderstrecket inverkan på skador på fogsträngar	23	6.8	Elementkanternas täthet	47
3.3	Läge i landet	27	6.8.1	Strömningsförsök	49
3.4	Läge i terrängen	27	6.8.2	Blötningförsök	49
3.5	Aggressiv luft	27	6.8.3	Slutsatser efter undersökning med pordetektor samt försök	49
4	INVERKAN AV HUSETS EGENSKAPER	29	6.8.4	Fasadfogars principiella funktion som skydd mot regn och blåst	51
4.1	Husets höjd och bredd	29	6.9	Elementens absorptionsförmåga	53
4.2	Takets utformning	29	6.10	Elementkanternas utformning för dränering	55
4.3	Evakueringssystem	31	6.11	Porer i elementens kantytter	55
4.4	Rumsklimat	31	6.12	Formolja på elementkanter	55
4.5	Stommen	32			
4.5.1	Laströrelser i stommen	32			
4.5.2	Temperaturrelörelser i stommen	32			
4.5.3	Fuktrörelser i stommen	33			

	Sid.		12 Sid.		
6.13	Damm på elementkanter	56	9.2	Bottningslistens hud	79
6.14	Elementkanternas porositet	56	9.3	Packningsgraden hos lösa bottningsmaterial	81
6.15	Elementkanternas frostbe- ståndighet	56	9.4	Bottningslistens reologiska egenskaper	81
6.16	Lagningar av elementkanter	57	9.5	Blödning från bottningslist	83
7	INVERKAN AV FÖNSTER	59	9.6	Gasläckage från bottnings- listens celler	83
7.1	Ytterfog mellan element och fönster	59	9.7	Monteringsverktyg för bottningslist	83
7.1.1	Fog vid överkarmstycke	61	10	INVERKAN AV GRUNDNING	84
7.1.2	Fog vid sidokarmstycke	63	10.1	Primertyper	84
7.1.3	Fog vid bottenkarmstycke	63	10.2	Kemisk förankring mellan fogmassa och primer	84
7.1.4	Fogar vid fönsterbleck	65	10.3	Primerns volymtorrhalt och skiktthjocklek	84
7.2	Innerfog mellan vägg och fönster	65	10.4	Antalet komponenter i primern	85
7.3	Ytterfog mellan båge och karm	66	10.5	Primerns viskositet	85
7.3.1	TDV-öppningar mellan båge och karm	66	10.6	Primerns härdning	85
7.4	Fog mellan ytter- och innerbåge	67	10.7	Primerns färg	85
7.5	Innerfog mellan båge och karm	67	10.8	Primerns vidhäftning mot bottningen	87
7.6	Fogar mellan karmens och bågens delar	69	10.9	Övriga egenskaper hos primern	87
7.7	Fog mellan ytterbåge och glas	69	10.10	Arbetets utförande vid grundning	87
7.8	Fönstrens nedre hörn	70	11	INVERKAN AV FOGMASSAN	88
7.9	Summering av synpunkter på fönsterfogar	70	11.1	Fogmassetyper	88
8	INVERKAN AV FOGSPALTENS UTFORMNING	71	11.2	Fogmassans kemiska samman- sättning	89
8.1	Fogspaltens bredd	71	11.3	Vätskor i fogmassan	89
8.2	Fördjupning vid fogen	71	11.4	Skinnets bildningshastig- het och tjocklek	91
8.3	Drevning av ytterfog	73	11.5	Skinnets seghet	91
8.4	Ytterfogens värmeiso- leringsförmåga	73	11.6	Fogmassans djupmått	91
8.5	Dränering av fogspalten	73	11.7	Målning av skinnbildande fogmassor	95
8.6	Öppen horisontell ytterfog	75	11.8	Petning i fogar	
9	INVERKAN AV BOTTNINGENS EGENSKAPER	77	11.9	Jämförelse mellan akrylat- baserade och polysulfid- baserade fogmassor	95
9.1	Bottningens fuktabsorption	77	11.10	Fogmassans förmåga att för- dela töjning	96
9.1.1	Konstaterande av fukt i eller omkring bottningen	79			

	Sid.		Sid.
11.11	97	13.2	116
		13.3	117
		13.4	117
11.12	97	13.5	117
11.12.1	99	13.6	119
11.13	101	13.7	119
11.13.1	101	13.8	119
11.14	101	13.9	120
11.14.1	101	14	123
11.14.2	102		
11.14.3	102		
11.14.4	103		
11.14.5	106		
11.15	106		
11.16	106		
11.17	107		
11.18	107		
11.19	109		
11.20	109		
11.21	109		
11.22	109		
12	111		
12.1	113		
12.2	114		
12.3	114		
12.4	114		
12.5	115		
13	116		
13.1	116		
		LITTERATUR	124
		BILAGA	130

1. INLEDNING

1.1 Undersökt problem

Sedan början av 1950-talet har det i Sverige utförts ett stort antal hus med ytterväggar i betongelement. Fogarna mellan elementen och mellan element och fönster har som regel tätats med plastiska eller elastiska fogmassor. Denna tätning har i många fall misslyckats med skador och kostsamma reparationer som följd. Det är därför befogat att försöka ta reda på varför misslyckandena skett och hur man om möjligt skall kunna undvika dem.

Undersökningen har begränsats till att omfatta bostadshus i flera våningar byggda enligt det av Skånska Cementgjuteriet utvecklade allbetongsystemet. För jämförelses skull har dessutom undersökts enstaka objekt med fasader i annat detaljutförande.

1.2 Målsättning

Mera i detalj har avsikten varit att

ta reda på i vilken omfattning skador uppträtt, skadornas art och hur de avhjälpes

försöka överblicka sambandet mellan inträffade skador och byggnadernas geografiska belägenhet och placering i terrängen

försöka överblicka sambandet mellan inträffade skador och fasadernas byggnadstekniska utformning

försöka klargöra förutsättningarna för att skador av den typ som hittills inträffat skall kunna undvikas

föreslå lämpliga konstruktiva förbättringar av fasaddetaljer

försöka bedöma behovet av forskning inom området

1.3 Undersökningens gång

Ett hundratal byggnader fördelade på ett 40-tal objekt i 20 olika orter i södra och mellersta Sverige har undersökts.

Undersökningen har inneburit studium av ritningar och beskrivningar samt intervjuer med fastighetsförvaltare, hyresgäster, fog- och byggfackmän, materialproducenter och forskare.

Byggnaderna har besiktigats på platsen och fotografier har tagits av intressanta detaljer. I enstaka fall har prov tagits på fogmaterial och mätningar gjorts av fogbredd, fogdjup, elementens buktighet samt förekomsten av fukt i bottningsmaterial. Undersökningen har även omfattat stickprov på läckor i ytterfogar, undertryck i lägenheter och fogars dygnsrörelse. En 1958 påbörjad mätning av fogars års- och långtidsrörelser har fullföljts.

Enstaka, enkla laboratorieförsök har utförts. Det har gällt vattens strömning genom små hål, blötning med färgat vatten, stenulls fuktupptagning samt vissa egenskaper hos fogmassor såsom hårdhet, vidhäftning och blödning. Fogmassors durometerkaraktistik och töjningens fördelning inom ett fogmassetvärnsnitt har också undersökts.

Med utgångspunkt från de fakta som hopsamlats och med hjälp av gällande fysikaliska lagar och deras tillämpning på det problem det här är frågan om har sedan försök gjorts att förklara varför skador i vissa fall inträffar och i andra fall inte. Någon statistisk bearbetning av insamlat material har icke varit möjligt på grund av materialets ringa omfattning.

1.4 Rapportens uppställning

Eftersom fogarnas beteende väsentligen synes bero på ett antal faktorer som var för sig kan ha avgörande inverkan på någon egenskap hos fogen så har det visat sig lämpligt att behandla en faktor i taget under sin egen rubrik. Såvitt möjligt har också allt insamlat material redovisats under den rubrik, där den närmast hör hemma.

Vissa avvikelser från den valda dispositionen har dock fått göras. Således behandlas en så viktig punkt som inverkan av ytbeskaffenheten hos elementens kanter tillsammans med elementen. Rörelser i fasadfogar som är en företeelse som påverkas av flera faktorer har däremot fått sin egen rubrik.

I slutet av rapporten har en särskild sammanställning gjorts över iakttagna skador i samband med fogar.

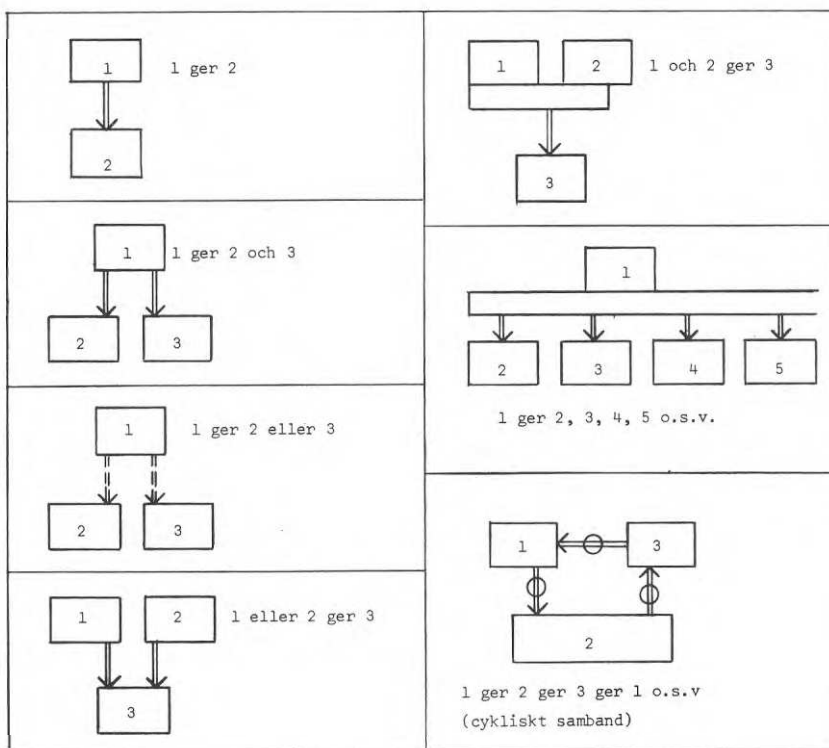


Fig. 1. Symboler för beskrivning av samband i sambands-scheman.

Fig. 2. Deformations- och tidsdiagram för ett hypotetiskt material enligt Nielsen (1968). Spänningen är konstant fram till avlastning. Krypning har i viss litteratur benämnts viskoelastisk deformation eller kallflytning. Spänningsminskning vid konstant deformation benämnes relaxation.

Tab. 1. Benämning på material med hänsyn till deras deformationsegenskaper.

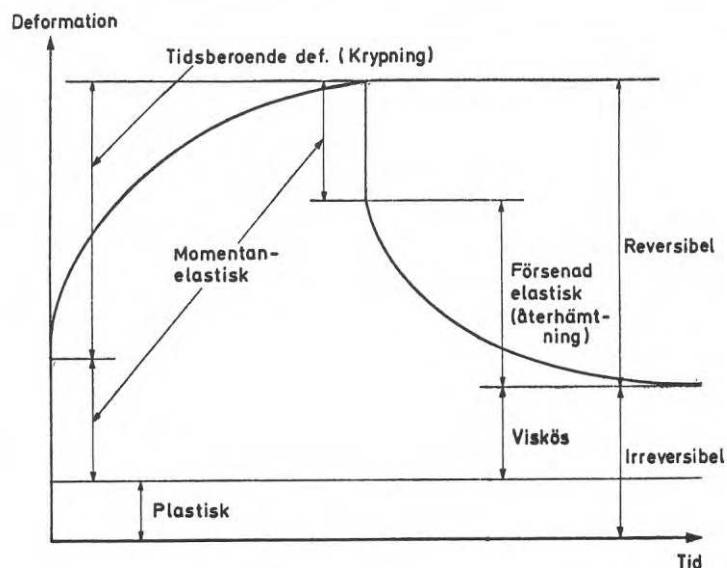


Fig. 1. Symbols used for description of relationships in the schedule of relationships.

Fig. 2. Deformation — time diagram for a hypothetical material according to Nielsen (1968). The stress is constant up to removal of the loading. In some literature, creep is called viscoelastic deformation or cold flow. Reduction of stress at constant deformation is designated relaxation.

Tab. 1. Designation of materials with regard to their deformation characteristics.

Benämning	Betydelse
Segt material	Material med hög brottöjning
Sprött material	Material med låg brottöjning
Hårt material	Material med högt deformationsmotstånd
Mjukt material	Material med lågt deformationsmotstånd
Elastiskt material	Material som har stor förmåga att med hjälp av inre krafter återgå mot sin ursprungliga form efter deformation och avlastning
Plastiskt material	Material som har liten förmåga att med hjälp av inre krafter återgå mot sin ursprungliga form efter deformation och avlastning

TAB 1.

1.5 Redovisning av undersökningsresultat

Förutom ordinarie sätt att redovisa undersökningsresultat (text, figurer, tabeller) har använts s k sambandsscheman med symboler enligt fig 1. Det har syntts angeläget att ge så många samband som möjligt i form av denna grafiska bild, eftersom den är lätt att läsa och ger snabb och god överblick. Den kan också lätt byggas på vid andra undersökningar och den kan användas som checklista vid konstruktion, utförande, kontroll och felsökning och som hjälpmedel vid undervisning.

Av innehållsförteckningen framgår att ett mycket stort antal variabler påverkar fasadfogarnas utseende, funktion, konstruktion och utförande. Då antalet objekt, tillgänglig tid och tidigare erfarenheter varit begränsade i förhållande till antalet variabler har det varit omöjligt att för varje variabel klart ange dess samband med övriga variabler. Dessutom får de delvis betraktas som omdömen som givits på grundval av ett fåtal observationer eller intervjuer. I den mån sambanden verifierats t ex genom tidigare undersökningar eller genom mätningar och försök har detta angivits i texten.

Redovisning av undersökningsresultat har under hand skett till ER-nämnden och Bygg-AMA genom medverkan i arbetsgrupper.

1.6 Beteckningar, definitioner, begreppsbestämningar

De deformationstermer som använts i texten är de som använts av Nielsen (1968). Betydelsen framgår av fig 2.

Material med olika deformationsegenskaper har betecknats enligt tab 1.

Begreppet "yttre fogsträng" betecknar fogmassa plus bottning + eventuell grundning (eller motsvarande enheter t ex foglist).

Begreppet "fogspalt" betecknar utrymmet mellan fogkanterna.

Begreppet "rörelsefog" betecknar en fog där fogkanterna rör sig i förhållande till varandra.

Definition av olika rörelsetyper har givits i 12. Rörelseriktningar och fogformer har definierats i 11.

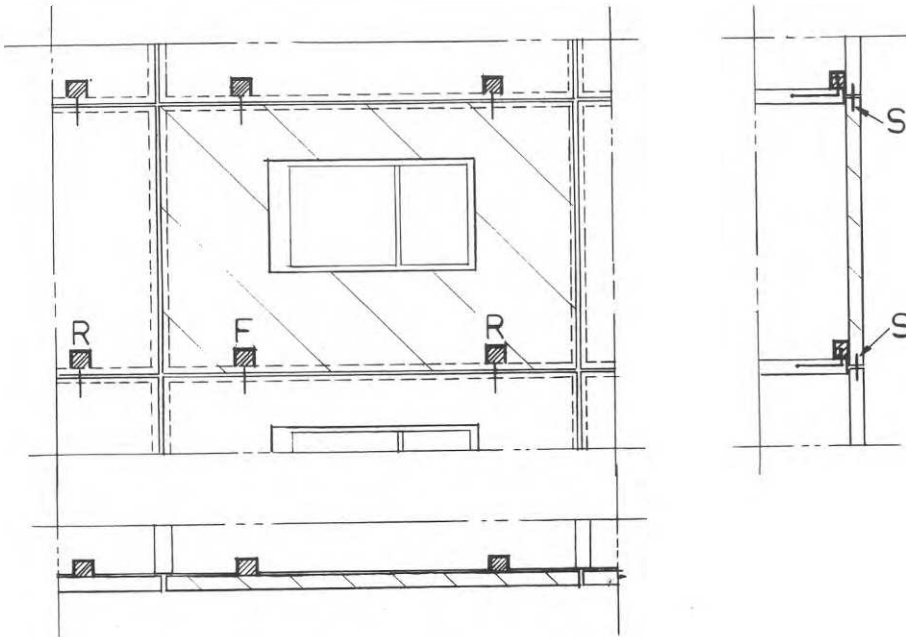


Fig. 3. Allbetonghus, långfasad med balkongpartier samt gavel. Den motsatta långfasaden är slät, se Fig. 23.

Fig. 4. Infästning av ett fasad-element typ Allbetong.

Fig. 3. »Allbetong» building, one long facade with balcony sections and one end face. The opposite long facade is plain. See FIG. 23.

Fig. 4. Fixing of an »Allbetong» facade section.



- F = Klack som är fast förbunden med bjälklaget
 R = Klack som medger horisontell rörelse
 S = Styrning som medger vertikal rörelse

2. BESKRIVNING AV ALLBETONG-FASADEN (fig 3)

2.1 Långfasader

Den typiska långfasaden, som icke har någon bärande funktion, består utifrån räknat av:

8 cm tjocka, förtillverkade, våningshöga, 4 - 5 m långa (rumstäckande) betongskivor, vilande nedtill med två klackar på bjälklaget och upptill styrda i fasadens djupled i två punkter i ovanför sittande element respektive i översta bjälklaget. Den ena upplagsklacken är fast förbunden med bjälklaget. Den andra medger viss rörelse. Se fig 4. Elementens yta har oftast frilagd ballast.

10 cm mineralullsisolering och regelverk av trä. Ibland är mineralullen skyddad utvändigt med en fiberskiva, monterad så att en luftspalt finnes mellan skivan och betongelementet.

13 mm aluminiumfolierad gipsskiva med varierande invändig ytbehandling.

Anslutningarna mellan långfasad och stomme framgår av fig 5 och 6.

2.2 Gavlar

Gavlarna, som till skillnad från långfasaderna är bärande, består utifrån räknat av:

8 cm tjocka, förtillverkade våningshöga, 3 - 4 m långa betongelement. Elementet är upptill försett med två klackar i vilket det hänger och nedtill styrs det i två punkter i nedanför sittande element respektive i byggnadens sockel. Klackarna medger viss rörelse.

10 cm mineralullsisolering klistrad på inre bärande betongvägg.

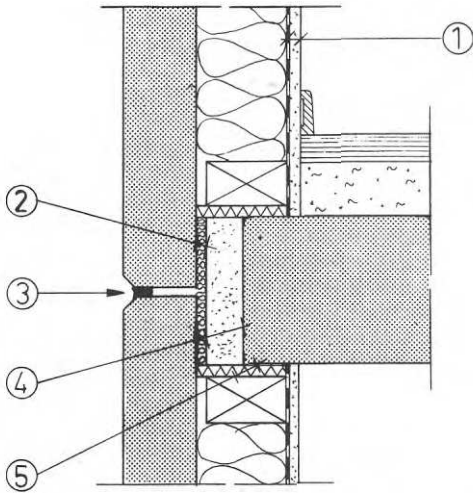


Fig. 5 1. Gipsskiva 13 mm med aluminiumfolie
2. Drevning med mineralull
3. Fogmassa
4. Lättbetong 40 mm
5. Skumplastremsa, komprimeras vid regelns uppsättning

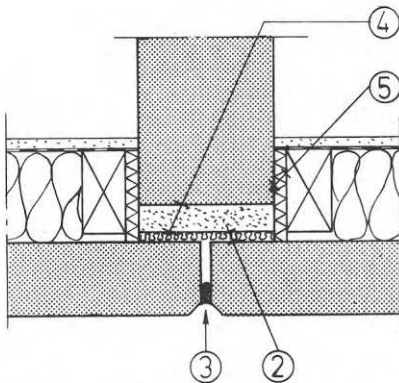


Fig. 6 Beteckningar enligt Fig 5.

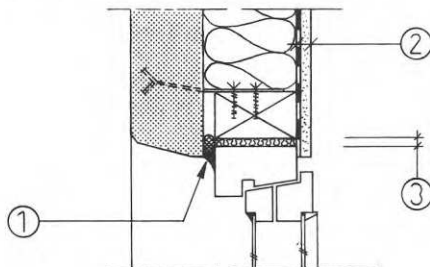


Fig. 7 1. Fogmassa
2. 13 mm gipsskiva med aluminiumfolie
3. Cirka 5 mm vid överstycke, cirka 15 mm vid sidostycke

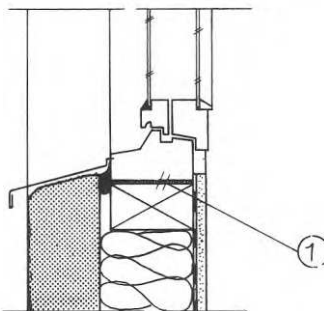


Fig. 8 1. 10 mm mineralullsfilt som komprimeras till 3 mm vid montage av fönster

Fig. 5. Anslutning mellan långfasad och bjälklag i ett Allbetonghus.

Fig. 6. Anslutning mellan långfasad och innervägg i ett Allbetonghus.

Fig. 7. Anslutning mellan långfasad och fönstrets över- och sidokarmstycke i ett Allbetonghus.

Fig. 8. Anslutning mellan långfasad och fönstrets bottenkarmstycke i ett Allbetonghus.

Fig. 5. Joint between long facade and floor unit in an »Allbetong» building.

Fig. 6. Junction between the long facade and the internal wall in an »Allbetong» building.

Fig. 7. Joint between the long facade and the upper and side window frames in an »Allbetong» building.

Fig. 8. Joint between long facade and the bottom frame of a window in an »Allbetong» building.

12 - 15 cm tjock, platsgjuten, bärande betongvägg med varierande invändig ytbehandling.

2.3 Fogar

Fogtätningen mellan betongelementen inbördes samt mellan element och fönsterkarm består av en yttre sträng av fogmassa och bakom denna en bottningslist. Innanför bottningslisten finns en luftkanal och längst bak en drevning med otjärat drev, mineralull eller skumplast. I vissa fall har luftkanalen utelämnats och drevningen börjar omedelbart bakom bottningslisten. Runt fönster har fogen ibland utförts som en kälfog utan bottningslist.

Anslutningar mellan yttervägg och fönster framgår av fig 7 och 8.

Fogar vid balkongpartier och i allmänhet även dilatationsfogar i långfasader har tätats på samma sätt som elementfogarna.

Anslutningen mellan gipsskiva och betongstomme respektive fönster har ibland försetts med täcklist av trä.

2.4 Fönster

Fönstren är i allmänhet dubbla, kopplade, inåtgående, sidohängda träfönster. Fönster och omgivande regelverk är förankrade i betongelementet med plattstänger enligt fig 7.

Fogar mellan fönstrets olika delar är ofta utförda enligt följande:

<u>Fog mellan</u>	<u>Utförande</u>
Karmens olika delar	Enkeltappning, spikning eller skruvning, målning
Karm och båge	Avledare strypning, kanal och invändig filtpackning
Bågens olika delar	Tappning, skruvning, målning
Utv. båge och glas	Kittning med industrikitt
Inre båge och glas	Kitt plus glaslist

<u>Fog mellan</u>	<u>Utförande</u>
Fönsterbleck och karm	Infällning, målning
Fönsterbleckets ändar och element	Öppna eller med fog-massa

Vid något objekt har fönsterblecket slopats.

Färgerna har varit olje-, alkyd- eller dispersionsfärger, oftast med vitt pigment.

2.5 Balkonger

Balkongerna utföres vanligen som utskjutande partier på en av långfasaderna, se fig 1. Mellanväggarna, som går vinkelrätt mot husets längdriktning, sticker ut och bär upp balkongpartierna. Vid balkongerna utföres ytterväggen av trä med lätt ytterbeklädnad.

2.6 Evakueringssystem

Det system för rumsventilation som är dominerande hos de undersökta husen är mekanisk utsugning av förbrukad luft. Anordningarna för intagning av friskluft har varit av varierande slag. I allmänhet har systemet medfört undertryck i rummen då fönster och dörrar varit stängda.

3. INVERKAN AV KLIMATET

3.1 Väderstreckets inverkan på läckageskador

Enligt Warnbo (1966) och Järnmark (1968 b) är årsmedelvärdet av slagregnmängden för de flesta orter i Sverige mycket olika i olika väderstreck. Om man bortser från inverkan av den omgivande terrängen och byggnadens form skulle man alltså kunna få olika stor risk för inträngning av vatten i fasader i olika riktningar. De läckageskador som konstaterats bekräftar i någon mån detta. Denna iakttagelse är dock av begränsat värde vad det gäller skador i rum då det oftast är tillräckligt med läckage vid enstaka tillfällen för att bestående skador skall uppstå. Någon helt klar bild av väderstreckets betydelse för upplagring av fukt i väggen har inte kunnat ernås. Vissa iakttagelser tyder dock klart på att vid bristande dränering i fogar fås de mest markanta fuktskadorna i det väderstreck som är mest utsatt för slagregn, se fig 9.

3.2 Väderstreckets inverkan på skador på fogsträngar

Skillnader mellan fasader i olika väderstreck med avseende på skador på fogsträngarna har konstaterats vara stora. Vid oskyddade fasader varierar skadefrekvensen så kraftigt att det ur funktionell synpunkt utan vidare kan vara riktigt att använda andra material eller dimensioner i fasader mot nord, nordost och nordväst än i övriga väderstreck. En sådan uppdelning förutsätter dock en mer ingående kännedom om fogars funktion och beständighet än man för närvarande har.

Den naturliga förklaringen till skillnaderna mellan väderstrecken är olika stor inverkan av solljus och upprepade slagregn på fasaderna. Fördelningen av solljusets påverkan i olika väderstreck framgår av ett flertal skrifter (Andersson, Wahling & Matti m.fl. 1964, Eichler 1968, Künzel & Gertis 1969, Lagerstedt & Mateleur 1959 och Pleijel 1962). Slagregnets fördelning visas av Warnbo (1966) och Järnmark (1968 b). Kombinerar man solstrålningens direkta och indirekta verkan med slagregnsfördelningen finner man att fogarna i sydvästfasaderna borde påverkas kraftigast

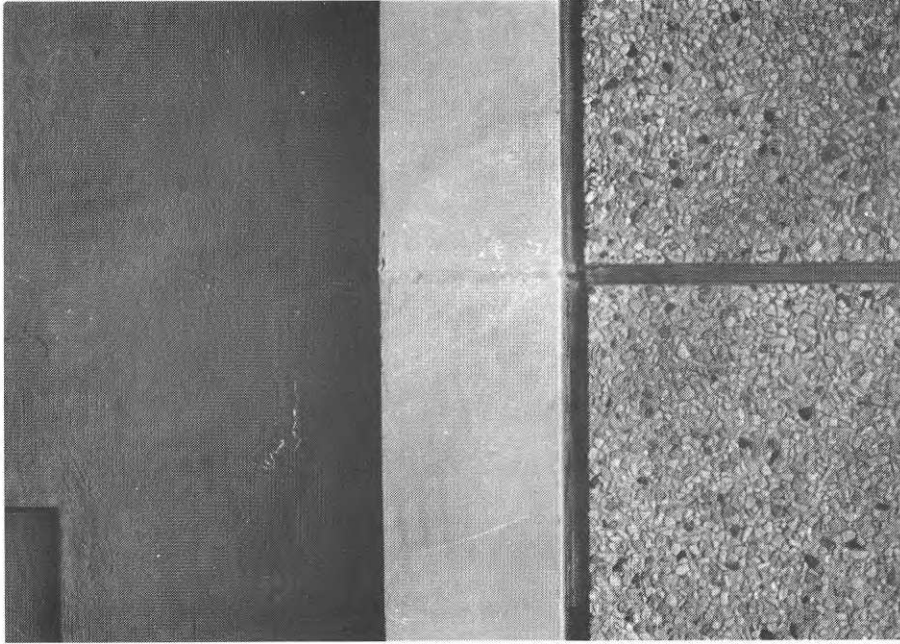


Fig. 9. Detalj vid grundmur i gavel mot sydväst. Den vertikala fogen bildar ett dike i vilket vattnet samlas genom horisontell drivning. Vattnet har utbildat en rand på fasadbandet. Läckvatten har samlats innanför fogsträngen. På grund av bristande dränering har det sökt sig inåt i golvkonstruktionen och nedåt i sprickan i grundmuren där det har trängt ut och avsatt kalk i grundmuren. Övriga fasader på samma hus saknar dessa läckageskador.

Fig. 9. Detail at basement wall on the south-west end face. The vertical joint forms a channel in which water collects due to horizontally driving rain. The water has formed an edge along the facade joint. Water has leaked in behind the jointing compound, and, due to inadequate drainage, has penetrated into the floor construction and down the crack in the basement wall, where it has surfaced and deposited lime on the face of the wall. There are no instances of similar damage on other facades of the same building.

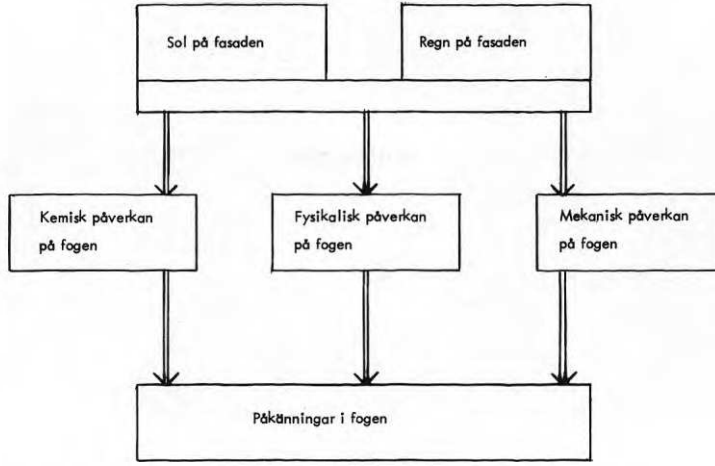


Fig. 10

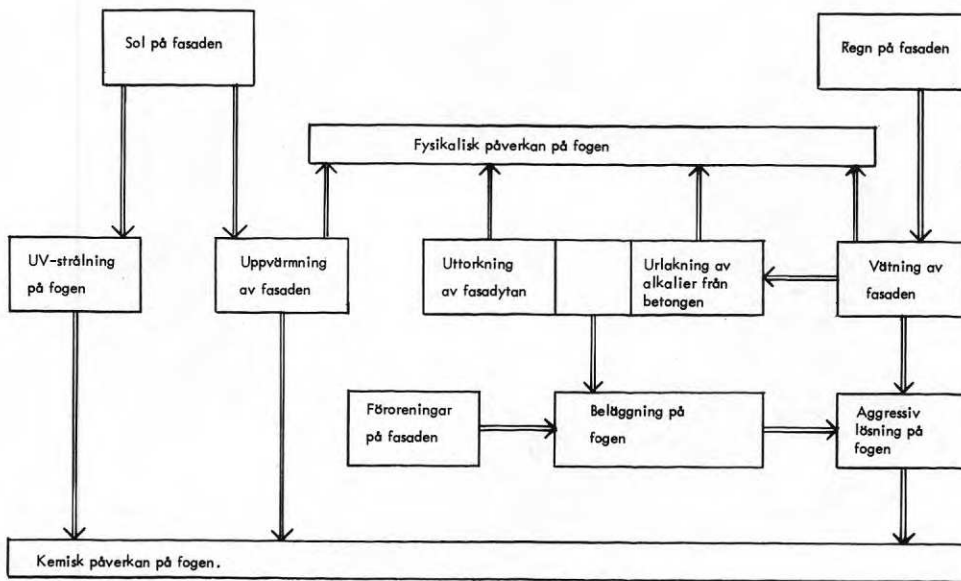


Fig. 11

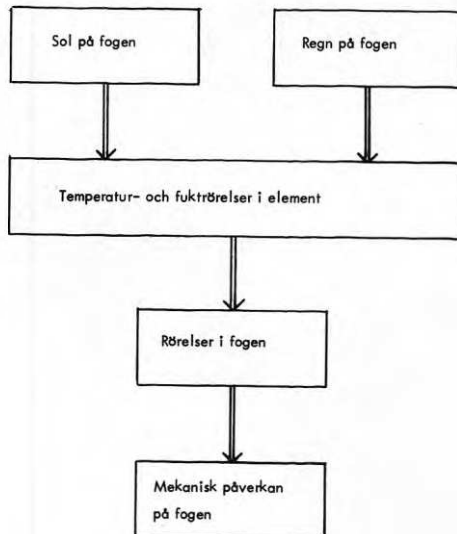


Fig. 12

Fig. 10. Översikt över sambandet mellan sol och regn på fasaden och påkänningar i fogen.

Fig. 11. Översikt över fysikalisk verkan på fogen av sol och regn på fasaden. Jämför Friberg (1970) och Palmgren (1964).

Fig. 12. Översikt över mekanisk påverkan på fogen av sol och regn på fasaden.

Fig. 10. Chart showing relationship between sunshine and rain on a facade and the stresses in a joint.

Fig. 11. Chart showing the physical and chemical section on the joint due to sunshine and rain on the facade. See also Friberg (1970) and Palmgren (1964).

Fig. 12. Chart showing mechanical action on the joint due to sunshine and rain on the facade.



Fig. 13. Hus belägna i en nord-sydlig dal. I gavlar mot norr och söder har samlats läckvatten som trängt in i golvet i bottenvåningen. Sedan fogen vid sockeln öppnats har läckvatten försvunnit.



Fig. 14. Lovartsidan av ett hus omedelbart efter ett lätt slagregn. Observera nederbördens ojämna fördelning.

Fig. 15. Läsidan av samma hus som i Fig. 14. Frånvaron av taksprång gör att väggens övre del är oskyddad. Observera att fönstren ej har någon nämnvärd absorptionsförmåga i jämförelse med betongelementen.

Fig. 16. En betongfasad omedelbart efter en snöby. Bilden ger ett exempel på nederbördens fördelning på lovartsidan av ett hus. Observera inverkan av de vertikala avledningarna. Snö har samlats vid fönstrens nedre del.



Fig. 13. Buildings situated in a north-south valley. In the end faces to the north and south, seepage water has collected and penetrated into the floor on the bottom floor. When the joint at the basement was opened, seepage of water stopped.

Fig. 14. The windward side of a building immediately after a light shower. Note the uneven distribution of the rain.

Fig. 15. The lee of the same building as in Fig. 14. Owing to the absence of a roof overhang, the top of the wall is unprotected. Note that the windows have no appreciable absorption capacity in comparison with the concrete sections.



Fig. 16. A concrete facade immediately after a snow shower. The photograph gives an example of the distribution of precipitation on the lee of a building. Note the effect of the vertical pattern. Snow has collected at the bottom of the windows.

inom större delen av det undersökta området. Detta överensstämmer också med observerad skadefördelning.

Samspelet mellan solljus, slagregn, fasad och fogar är komplicerat och har ej kunnat klarläggas i detalj. Med ledning av vad som hittills är känt går det att skissera huvudlinjerna i sambandet mellan påverkan och skador på det sätt som framgår av fig 10 - 12.

3.3 Läge i landet

Undersökningen omfattar hus belägna söder om en linje Karlstad - Uppsala, ($55,6^{\circ}$ - $59,9^{\circ}$ nordlig bredd).

Något samband mellan uppträdande skador och byggnadens läge inom området har inte kunnat konstateras. Skador på fogsträngar samt läckor har uppträtt både i kust- och inland.

3.4 Läge i terrängen

I de fall där läckor i väggen medfört invändig nedfuktning har fasaden ej haft vindskydd av omgivande terräng. I ett fall där ett bostadsområde ligger i en nord-sydlig dal har vatten konstaterats i golv samt i anslutning vägg-golv i bottenvåningen vid gavlar mot norr och söder. Husens utseende framgår av fig 13. Gavlarna är utförda av betongsandwichelement och långfasaderna har horisontella band av enkla betongskivor. Vattnet har troligen kommit in genom takfoten och förts genom vertikalfogar till bottenvåningens golv där det har haft svårt att ta sig ut genom den tätt slutna utvändiga bruksfogen. Sedan denna fog bilats upp har fukten ej uppträtt inomhus.

3.5 Aggressiv luft

Någon inverkan av aggressiv luft har ej kunnat konstateras på undersökta fogar.

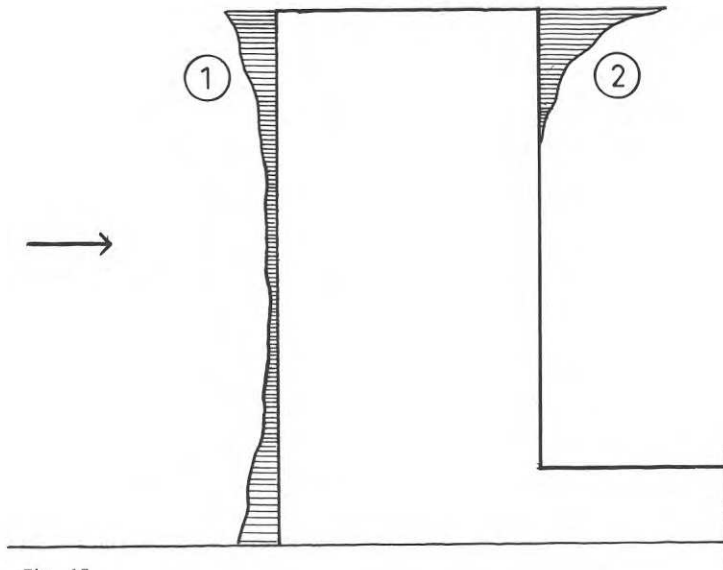


Fig. 17

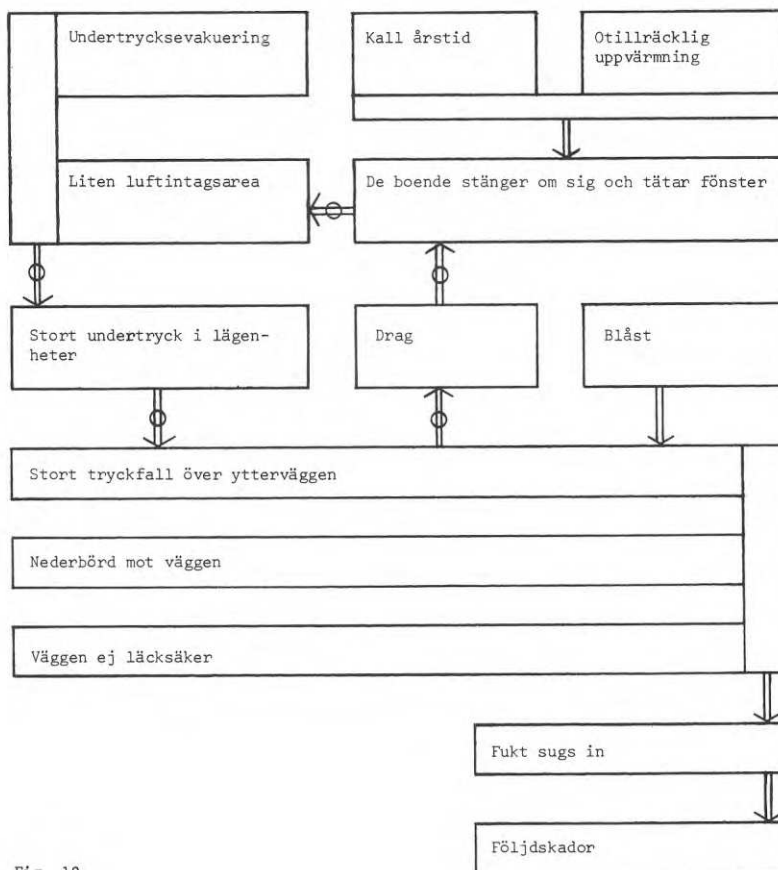


Fig. 18

Fig. 17. Diagram över trolig slagregnsfördelning på fasaderna i Fig. 14 och 15. Väggarna skyddas ej av något utskjutande taksprång.

Fig. 18. Schema över evakueringsystemets inverkan på fuktläckage genom yttervägg. Sambandskedjan brytes om de boende öppnar för att vädra ut överskottsvärme.

Fig. 17. Diagram showing probable distribution of shower over the facades in Figs. 14 and 15. The walls are not protected by a roof overhang.

Fig. 18. Chart showing the effect of the air extraction system on seepage of moisture through the external walls. The chain of relationships is broken when the windows are opened to remove excess heat.

4. INVERKAN AV HUSETS EGENSKAPER

4.1 Husets höjd och bredd

Svensk Byggnorm 67 anger att vindhastigheten ökar med ökat avstånd från marken. Detta innebär också att slagregnsintensiteten ökar med ökat avstånd från marken.

Den mängd slagregn som en vägg utsätts för fördelar sig ojämnt. Detta framgår av fig 14 och 17. Samma fenomen påpekas också av Pettersson (1969) och Ingelman-Sundberg (1969). Ju större väggen är, ju större mängd slagregn samlas troligen till områdena närmast takfoten samt vid hörnen. Det är rimligt att tro att slagregnsintensiteten inom dessa områden då ökar. När väggens absorptionsförmåga har upphört utbildas en vattenfilm på väggen. Tjockleken och varaktigheten av denna vattenfilm är beroende av bl.a slagregnsintensiteten. Allmänt kan man alltså anse för troligt att påfrestningar av slagregn i de kritiska områdena av en fasadvägg ökar med ökande höjd och bredd hos huset, varav höjden har störst inflytande. Fördelningen av de läckageskador som uppträtt på de undersökta husen bekräftar i någon mån detta. Flera höga, breda hus har uppvisat invändig läckageskada på något ställe i takvinkeln i den lägenhet som ligger i näst översta våningen vid husets hörn.

4.2 Takets utformning

Eftersom de svåraste slagregnsbelastningarna inträffar högst upp på huset har takfotens utformning betydelse för fasaden på så sätt att den kan tjänstgöra som virvelbildare och avledare för den översta delen av fasaden. Fig 14 visar lovartsidan och fig 15 visar läsidan av ett hus som nyss har varit utsatt för ett måttligt slagregn. Av fasadernas utseende att döma har slagregnet i princip fördelat sig så som fig 17 visar, vilket också bekräftas av inträffade läckage. Väggens övre del skyddas här ej av utskjutande taksprång. Särskilt intressant är det att studera läsidan av huset. Om fasaden hade varit starkt smutsad hade man troligen här kunnat få smutskoncentrationer av det slag som visas av Järnmark (1968 a). En viss inverkan av lovartbelägna småhus kan inte uteslutas, jämför Ingelman-Sundberg (1969) fig nr 2C. Även takets form kan troligen ha en betydande inverkan liksom anblåsningvinkeln (Wirén 1969).

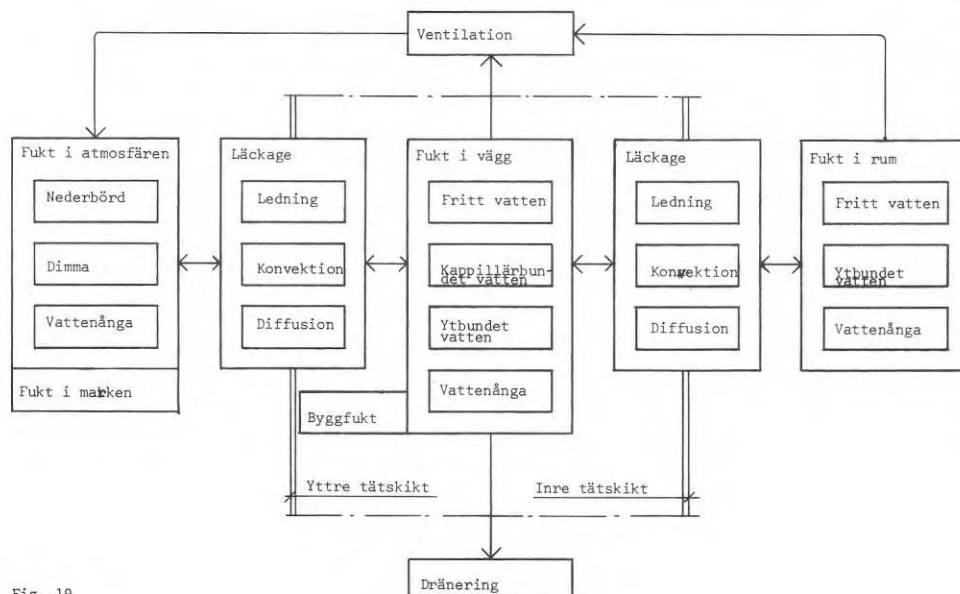


Fig. 19

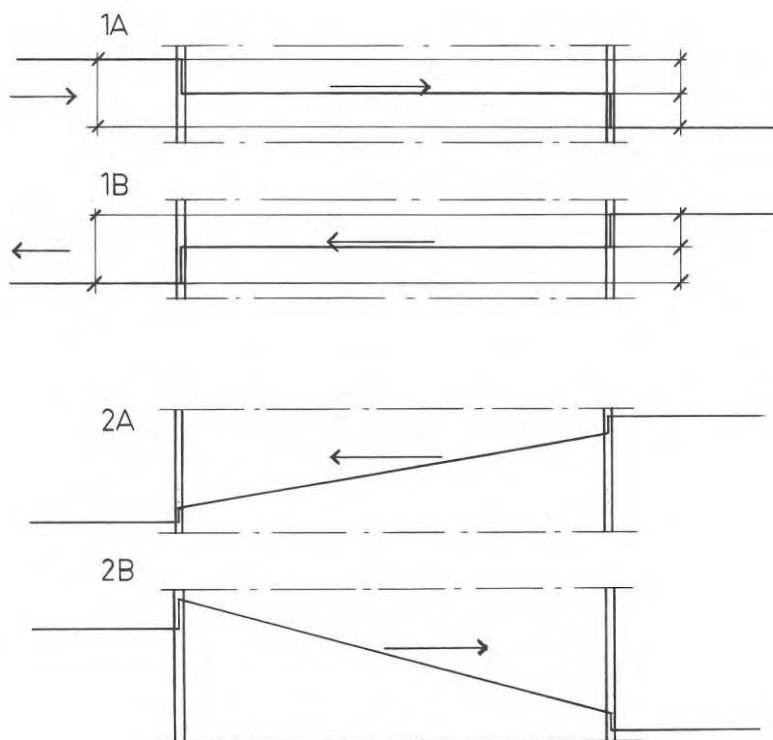


Fig. 20

Fig. 19. Fuktformer och fukttransport vid yttreväggar.

Fig. 20. Fukt drivande faktorer vid yttreväggar:

1. Tryckskillnad över väggen – ledning, konvektion.

Ex. 1a Tryckkurva vid undertrycksevakuering och vind mot fasaden.

Ex. 1b Tryckkurva vid övertrycksevakuering och vind från fasaden

2. Temperaturskillnad över väggen – diffusion.

Ex. 2a Temperaturkurva för skuggad fasad på vintern.

Ex. 2b Temperaturkurva för solad fasad på sommaren.

3. Kapillärkraft – sugning

4. Tyngdkraft – rinning.

Fig. 19. Forms of moisture and movement of moisture through external walls.

Fig. 20. Factors which force moisture through an external wall:

1. Pressure difference across the wall – conduction, convection

Ex. 1a Pressure curve in the case of extraction of air by suction when there is wind on the facade.

Ex. 1b Pressure curve in the case of extraction of air by excess internal pressure with the wind blowing away from the facade.

2. Temperature difference across the wall – diffusion

Ex. 2a Temperature curve for shaded facade in the winter

Ex. 2b Temperature curve for sunlit facade in the summer

3. Capillary force – suction

4. Gravity – running.

4.3 Evakueringssystem

Det evakueringssystem med mekanisk utsugning av använd luft som hittills varit det dominerande för bostadshus ger ett undertryck i lägenheterna. Av intervjuer med ett flertal byggtkniker framgår att man anser att detta undertryck har väsentlig inverkan på förekomsten av läckage genom fasaden. För att närmare undersöka detta har stickprovsmätningar utförts i fyra olika bostadshus på olika orter. Mätningen avsåg att bestämma om något betydande tryckfall förekom över fasadväggen. Något sådant tryckfall har icke kunnat konstateras. Det visar sig att bortvädring av överskottsvärme genom fönster och fönsterdörrar pågår till och med vid så låga temperaturer som +3°C och måttlig vind. Särskilt gäller detta de fastigheter som saknar goda möjligheter för den boende att individuellt reglera värmeförseln till rummen. Därvid brytes den sambandskedja som visas i fig 18.

Den tid på året som evakueringssystemet har störst möjlighet att inverka torde vara strax före eldningssäsongens början på hösten. Genom torkning under sommaren har då i allmänhet sprickorna i fasadens ytterskikt ökat i bredd, vilket även bidrar till att öka läckagerisken. Om värmesystemet är snålt dimensionerat eller fungerar illa t.ex vid inflyttningen i fastigheten är det sannolikt att risken för utbildande av ett undertryck i lägenheterna ökar. Som framgår av schemat i fig 18 kan man hindra fukten genom att göra fasaden läcksäker, en åtgärd som även förhindrar läckage p.g.a det tryckfall som utbildas av vind mot fasaden.

4.4 Rumsklimat

För att få en mera fullständig bild av fuktproblemen vid fasadfogar ~~fordras~~ bl.a att man observerar inverkan av fuktighet i rumsluften. Som framgår av fig 19 och 20 kan rumsluftens fukt på olika sätt transporteras genom en fasadvägg och dess fogar. Enligt Lorentsen (1968) kan invändigt övertryck i kombination med befuktad rumsluft leda till kondensering och isbildning i eller på fasadväggar. Den dominerande mängden av den utkondenserade fukten härrör sig från luft som sipprat genom springor eller hål i det invändiga tätskiktet.

Av naturliga skäl (se fig 20) uppträder dessa fenomen lättast på en skuggad läsida vid evakuering med invändigt övertryck.

Nylund (1963 a) har genomfört en undersökning av kondensrisken i en väggtyp som nära ansluter till Allbetong-husets gavelkonstruktion. Lägenheterna hade separat uppvärmning med varmluftsaggregat. Varm-luften pressades med fläkt ut i takhöjd i rummen. Returluften passerade under dörrar tillbaka till aggregatet. Vid behov tillfördes friskluft till varmluftaggregatet.

Nylunds undersökning visar att risken för kondens vid insidan av betongytterskivan icke ökade när fogarna tätades utifrån med fog-massa.

Vid de stickprovskontroller som genomförts vid denna undersökning har icke på något ställe kunnat konstateras fukt innanför den yttre fog-strängen som klart har kunnat härledas till kondensering av rumsfukt. Fuktens fördelning tyder däremot på att den har kommit utifrån.

4.5 Stommen

Stommen i de undersökta husen är till största delen utförd av plats-gjuten armerad betong. I denna uppstår rörelser beroende på last och variationer i temperatur och fuktighet.

4.5.1 Laströrelser i stommen

På grund av last på bjälklagen bl.a från ytterväggselement, böjer dessa ned. Nedböjningen ökar efter hand på grund av krypning. Be-roende på om de nedersta elementens upplag vilar på bjälklag eller grund kommer den nedersta eller näst nedersta fogen att ta upp största delen av denna rörelse. Exempel på sådana starkt komprimerade hori-sontalfogar har observerats.

Bjälklagens nedböjning kan även medföra rörelser mellan fönster och element om fönstret är fäst i regelstommen och denna i sina tur in-passad mellan bjälklagen, se 7.1.

4.5.2 Temperaturrörelser i stommen

I hus med uppvärmning är stommens rörelse på grund av temperatur-

växlingar sannolikt liten.

Temperaturskillnaderna mellan sommar och vinter är av storleksordningen 5°C enligt Ronge (1961).

Om fogningen skett under kall årstid och uppvärmningen av huset startar en tid efteråt kan detta dock ge upphov till att fogbredden ökas mellan elementen med åtföljande dragtöjning i fogsträngen. Detta samband har icke kunnat studeras i denna undersökning.

4.5.3 Fuktrörelser i stommen

Fuktrörelserna i stommen är liksom i elementen av två slag, dels en långtidsrörelse på grund av fortskridande uttorkning (krympning), dels en årstidsbunden rörelse på grund av variationer i relativ fuktighet i inneluften. Betongens fuktrörelser är relativt väl klarlagda (Nylund 1968 och Ödman 1969).

Variationerna i rumsluftens relativa fuktighet visas av Nevander. Det framgår att relativa fuktigheten är högst under sommaren.

En stickprovsundersökning har utförts på 22 st vertikalfogar på ett kontorshus i Malmö med i princip samma konstruktion som Allbetonghusen. På grund av att betongen i stommen i detta hus är betydligt mera krympbenägen än elementen beroende på olika betongkvalitet har stommens krympning gett klart utslag i diagrammet, se fig 21. Värdena i diagrammet är korrigerade med hänsyn till uteluftens temperatur vid mättillfällena. Elementens längd är 2600 mm.

Resultaten från mätningarna i Malmö antyder inverkan av en årstidsbunden fuktrörelse. Denna rörelse redovisas även av Nylund (1968) samt av Ryder & Baker (1970). I byggnaden med betongstomme och enkla element av betong med upplag i stommen samverkar de årstidsbundna fuktrörelserna i stomme och element sannolikt enligt schemat i fig 22.

De tendenser som i övrigt kan utläsas av mättningsresultaten är följande:

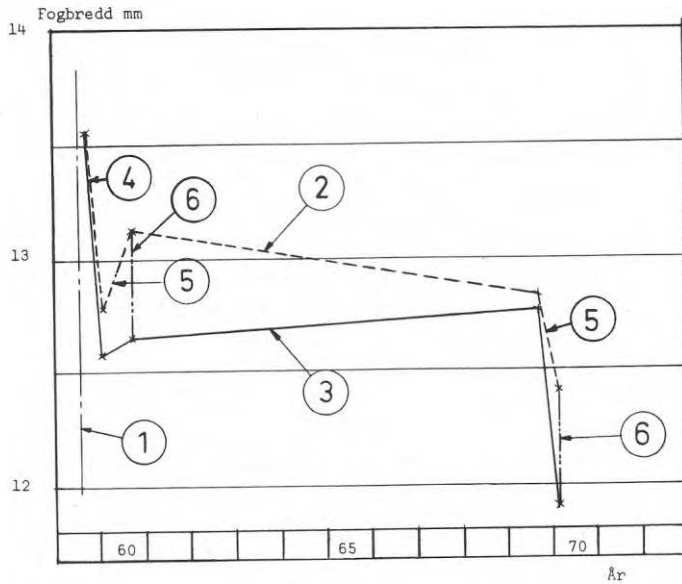


Fig. 21

Fig. 21. Fogbreddens variation i en söderfasad och en norrfasad på ett kontorshus i Malmö. Värdena är medeltal av 11 foggar och är korrigerade för skillnad i uteluftens temperatur. Mätningarna har skett 22/9 1959, 18/1 1961, 21/9 1961 (solsken), 17/10 1969 och 28/2 1970 (solsken). Elementens längd är 2 600 mm.

1. Fogning
2. Norrfasad
3. Söderfasad
4. Tendens av krympning
5. Tendens av fuktighetens årsvariation
6. Tendens av solstrålning.

Fig. 22. Inverkan på fogbredden av årstidsbundna variationer i relativ fuktighet i hus med betongstomme och på denna upplagda, enkla fasad-element.

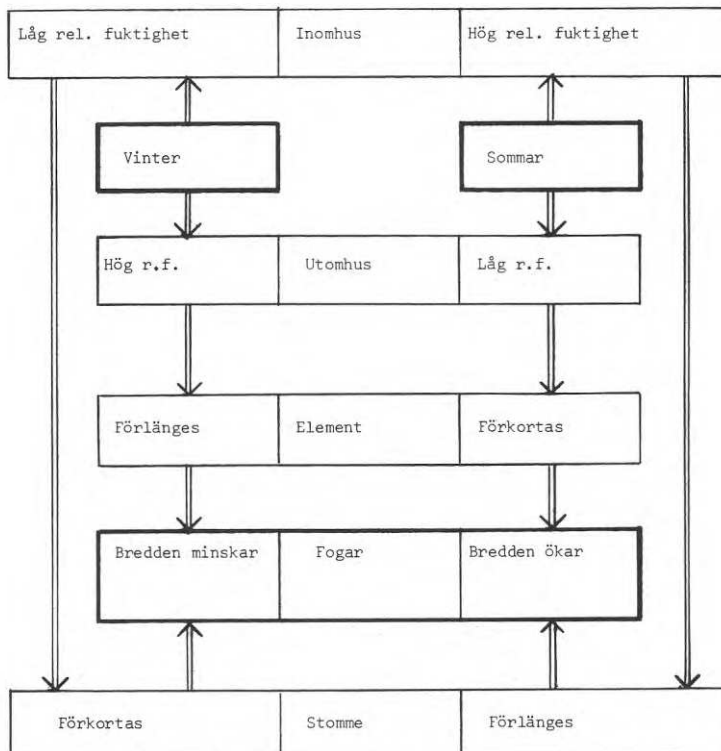


Fig. 22

Fig. 21. Variation in joint width in a south and north facade of an office building in Malmö. The values are the mean of 11 joints and are corrected for differences in the temperature of the external air. Measurements were made on 22.9.1959, 18.1.1961, 21.9.1961 (sunshine), 17.10.1969 and 28.2.1970 (sunshine). The length of the wall section is 2600 mm.

1. Jointing
2. North facade
3. South facade
4. Trend due to shrinkage
5. Trend due to annual moisture variation
6. Trend due to solar radiation.

Fig. 22. The effect on joint width of annual variation in relative humidity in a building with a concrete frame and single infill facade sections.

Rörelserna visar samma storleksordning, ungefär 1/2 promille av elementlängden, som påvisats av Nylund (1968).

Fogarna står under större delen av sin livstid utsatta för tryck, till stor del beroende på att stommens krympning dominerar över elementens.

Solstrålningen höjer elementens temperatur över omgivningens vilket medför att rörelserna blir större i söderfasaden än i norrfasaden.



Fig. 23. Slät, sammanhängande betong-elementfasad. Fördelningen av skadorna på fogsträngarna visar att denna fasads fogar är hårdare påkända än balkongsidans, se Fig. 3. Skadorna är störst vid de stora elementen.

Fig. 24. Fuktabsorbition i plastimpregnerad stenull. Bilden visar två vattendroppar ca 15 min. efter appliceringen på kanytan av en stenullsskiva. Den vänstra droppen har lagts på en yta som ej tidigare varit våt. Den högra droppen har lagts på en yta som tidigare varit våt och därefter fått torka. Den högra droppen är till största delen absorberad av stenullen.

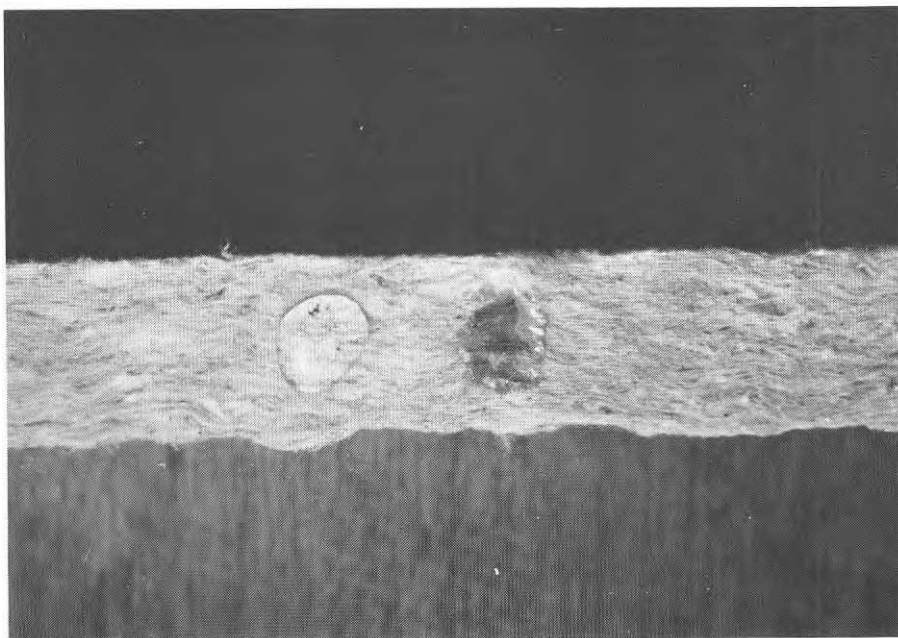


Fig. 23. Continuous plain facade made up of concrete sections. The distribution of damage to the runs of joint shows that joints in this facade are subjected to greater stresses than those on the facade containing the balconies, see fig. 3. Damage is greatest adjacent to the large sections.

Fig. 24. Absorption of moisture into mineral wool impregnated with plastic. The photograph shows two drops of water about 15 minutes after application to the edge of a mineral wool slab. The left-hand drop was placed on a surface that had not been wetted previously, while the right-hand drop was placed on a surface that had been wet and been allowed to dry. Most of the right-hand drop has been absorbed by the mineral wool.

5. INVERKAN AV YTTERVÄGGENS KONSTRUKTION

Ryd (1968) har angett de klimatbetingade funktionskraven på en byggnads klimathölje, varav fasaden är en del. Av dessa krav är det vissa som har visat sig vara värda särskild uppmärksamhet när det gäller fogar. Fogen skall hålla mot materialnedbrytning, utestänga vind, nederbörd och föroreningar, moderera värme genomgång (särskilt lokal sådan) samt bibehålla sitt utseende. Det är bekant att fogarnas beskaffenhet kan påverka väggens funktion i övrigt. Det visar sig också att väggens egenskaper kan påverka fogarnas funktion.

5.1 Väggens indelning

Om en fasad är uppdelad t.ex. med balkongpartier enligt fig 3 kan man för upptagande av rörelserna hos fasadelementen i horisontellt led tillgodoräkna sig mera än en fog per element. Tillsammans med balkongpartiernas skuggande och vattenavledande verkan gör detta att påfrestningen på fogarna i en sådan fasad blir mindre än i en slät, sammanhängande fasad t.ex enligt fig 23. Skadornas fördelning i de undersökta husen ger ett visst stöd för detta.

5.2 Värmeisoleringsmaterial

Om ytterfogarna i en fasad släpper igenom vatten kan detta absorberas i väggen i varierande mängd beroende på egenskaperna hos de i väggen ingående materialen. I en yttervägg typ Allbetong är det härvid främst värmeisolerings- och drevningsmaterialens fuktupptagande förmåga som är av intresse. Vid inventering av de skador som orsakats av vatten som läckt genom fasaden in i rummet har det framkommit en klar skillnad mellan den ursprungliga Allbetongväggen med isolering av stneull och senare konstruktioner med isolering av styrenecellplast. Cellplast av denna typ har mindre förmåga att absorbera fukt och detta är en av orsakerna till att den har kommit till användning i fasadelement av betong. Stenullen har däremot, sedan den en gång varit våt en betydande förmåga att absorbera vatten. För att närmare belysa detta har utförts ett enkelt försök med plastimpregnerad stenullsskiva som belades med vattendroppar. Resultatet framgår av fig 24.

Stenullsisoleringen i den ursprungliga Allbetongfasaden har sannolikt starkt bidragit till att hindra de måttliga mängder av vatten som läckt in genom ytterfogarna att komma in i rummen.

Tack vare stenullens öppna struktur kan det absorberade vattnet så småningom dräneras och ventileras bort eller passera genom kapillärer. Tack vare plaststabiliseringen bibehåller stenullen sin form så att värmebryggor ej uppstår.

5.3 Invändigt tätskikt

Förutom de vanliga utförandena med aluminiumbelagd gipsskiva respektive betongskiva har i undersökningen ingått enstaka objekt med invändigt tätskikt av diffusionstät papp respektive puts plus cellplast. Den invändiga tätningen mellan fasadvägg och stomme samt mellan fasadvägg och fönster har bestått av bruk, lister, remsor eller spackel. Sprickor och hål i det invändiga tätskiktet har förekommit i varierande omfattning.

Ingenting har framkommit som tyder på, att fogarnas funktion i hus av den typ, det här är frågan om, märkbart påverkas av hur det invändiga tätskiktet utförts.

6. INVERKAN AV ELEMENTENS EGENSKAPER

Elementens färg, dimensioner och infästningssätt har inverkan på de rörelser som påverkar fogarna. Läckage i ytterfogen påverkas av elementens kvalitet. Elementens geometriska form speciellt kantdetaljerna samt elementens ytbeskaffenhet har betydelse för nederbördens verkan på fogarna. Fogsträngens vidhäftning påverkas av elementkantens ytbeskaffenhet och betongens porositet. Elementkanterna kan vara känsliga för nedblötning och frysning. Lagningar på elementkanter kan brista.

6.1 Elementens färg

Elementens färg har betydelse för elementens och fogarnas uppvärmning av strålning. Künzel & Gertis (1969) anger olika temperaturkurvor för fasadbeklädnad med olika färg. Ju mörkare färg ju större temperaturvariation erhålles. De anger också ett direkt samband mellan fasadytans temperatur och längdändringen hos fasadskivan, vilket även bekräftas av Ryder & Baker (1970).

Denna undersökning innefattar icke någon särskild kontroll av nämnda samband.

6.2 Elementens längd

Flertalet undersökta fasader har haft element av ungefär samma längd i en och samma fasad. I de fasader där så icke varit fallet har man kunnat konstatera tydliga skillnader i skadornas omfattning på fogsträngens yta. (Fig 23).

Fogar mellan långa element har uppvisat större skador än lika breda fogar mellan små element i en och samma fasad.

6.3 Elementens betongskikt

Ett enkelt fasadelement av betong med frilagd ballast kan betraktas som en lamellskiva bestående av tre skikt.

1. Ytterskikt av stenrik och cementpastafattig "frilagd" betong med relativt låg krympbenägenhet och tryckhållfasthet.
2. Mellanskikt av homogen betong med armering. Detta skikt skyddas under härdningen av de andra skikten så att det ej torkar ut så

snabbt. Därigenom minskas dess krympbenägenhet. Dessutom minskas krympningen p.g.a armeringen.

3. Inre skikt av stenfattig, cementpastarik betong som ofta haft ett högt vattencementtal vid gjutningen och därefter snabbt torkat ut varigenom det har fått ökad krympbenägenhet.

När det inre skiktet krymper i förhållande till de övriga skikten blir elementet belastat så att det böjes och blir konvext utåt. Utförda stickprovsmätningar ger vid handen att krökningsradier omkring 250 m är ganska vanliga och att krökningen varierar kraftigt. Inverkan av elementets kantlängdsförhållande och fönsterhål är oklar. Om elementet är försett med fastgjuten mosaik eller klinkerbeklädnad ökar i allmänhet krökningen.

6.4 Elementens styvhet

Om två element med olika styvhet ansluter till samma fog kan en betydande rörelse uppstå i fogens djupled beroende på att elementens böjrörelser blir olika stora. Samma typ av rörelse uppkommer när ett element ansluter till en annan byggnadsdel. Fig 25 visar en fog mellan ett övre element av 80 mm frilagd betong och ett betydligt styvare sockelelement. Vid elementets mitt har det övre elementet rört sig utåt i förhållande till det nedre, beroende på olika utböjning av i huvudsak krympning.

6.5 Infästningarnas utformning

Som framgår av fig 2 är elementen upplagda på två klackar. När elementen rör sig glider minst en av klackarna på underlaget. Fråga har uppkommit i vad mån denna glidning sker kontinuerligt eller stegvis. Man menar att en stegvis rörelse skulle medföra chockbelastning på fogsträngen.

6.5.1 Förutsättningar för stegvis rörelse

En stegvis rörelse skulle kunna uppkomma på följande sätt. När elementet strävar att ändra sin längd hindras det i sin rörelse av friktionskrafter vid infästningarna. Allteftersom elementet vill längdändras mera växer de mothållande krafterna tills vilofriktionen övervunnits. Elementet glider då på sina upplag tills krafterna minskat till glidfriktionsvärdet. Därefter startar uppladdningen av krafterna på nytt tills vilo-

friktionsvärdet uppnåtts o.s.v. En förutsättning för att rörelsesteg skall uppstå är alltså att det existerar en skillnad mellan vilo- och glidfriktionskoefficienterna vid infästningarna. De olika momenten i en stegvis rörelse för ett element, upplagt på två klackar, framgår av fig 26. Ur bilden fås rörelsestegets storlek

$$f = l_2 - l_1 = \frac{(P_v - P_a) \times l_1}{A \times E}$$

där A är elementets tvärsnittsarea.

6.5.2 Beräkning av rörelsestegens storlek

Om man äger kännedom om elementets och infästningarnas egenskaper kan man beräkna storleken av krafter och deformationer som uppstår vid elementets rörelser. Som exempel väljer vi ett element med mått enligt fig. 27. Vi antar följande:

- a. Endast den nedre 900 mm höga delen medverkar
- b. Tvärsnittet är homogent med en korttidselasticitetsmodul $E = 300.000 \text{ kp/cm}^2$
- c. Skillnaden mellan vilo- och glidfriktionskoefficienten vid bärlackarnas upplag på bjälklaget är 0,3
- d. Böjningens geometriska inverkan kan försummas.

Den tilläggskraft P som svarar mot skillnaden mellan vilo- och glidfriktion blir 190 kg. Denna kraft förmår deformera elementdelen mellan klackarna med 0,0025 mm, vilket skulle representera rörelsestegets storlek. Motsvarande utböjning hos elementet räknat på hela längden blir 0,38 mm. Stödvinkeländringen vid klackarna blir $2,35 \times 10^{-4}$ rad.

6.5.3 Undersökning av fogrörelsen

För att få en uppfattning om i vad mån stegvis rörelse förekommer i Allbetongfasadfogar har två stickprovsundersökningar utförts under medverkan av Tekniska Röntgencentralen, Stockholm.

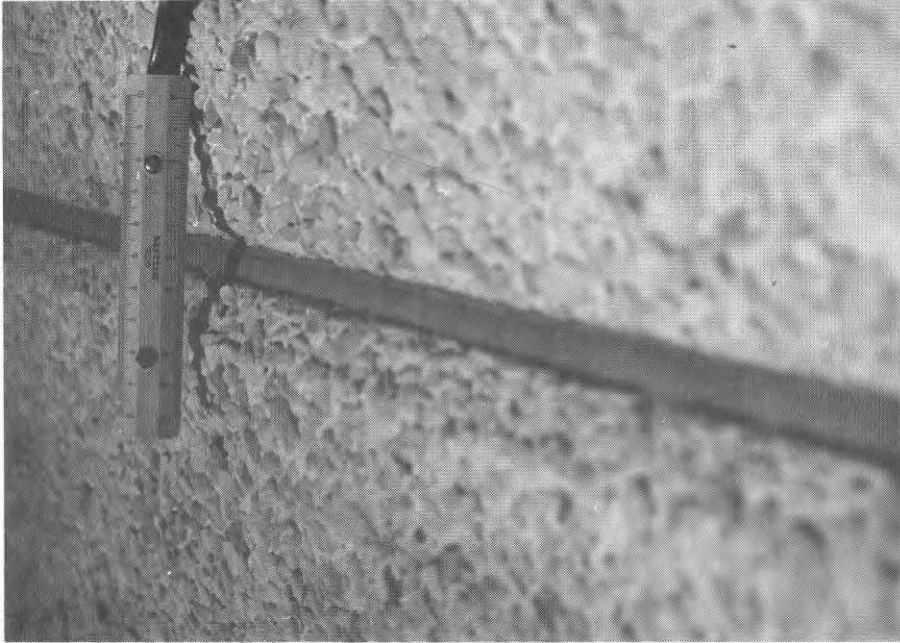


Fig. 25. Fog mellan ett övre element av 80 mm frilagd betong och ett betydligt styvare sockelelement. Vid elementets mitt har det övre elementet rört sig utåt i förhållande till det nedre, beroende på olika utböjning av i huvudsak krympning.

Fig. 26. Kraft- och längdändring vid stegvis rörelse hos ett fasadelement. Exempel med förlängning av elementet.

a = kraftbild omedelbart före glidning då vilofriktionen är helt utbildad.

b = kraftbild omedelbart efter glidning då enbart glidfriktion är utbildad.

Böjningens geometriska inverkan försummas.

Fig. 27. Dimensioner hos fasadelement som undersökts med avseende på stegvis rörelse.

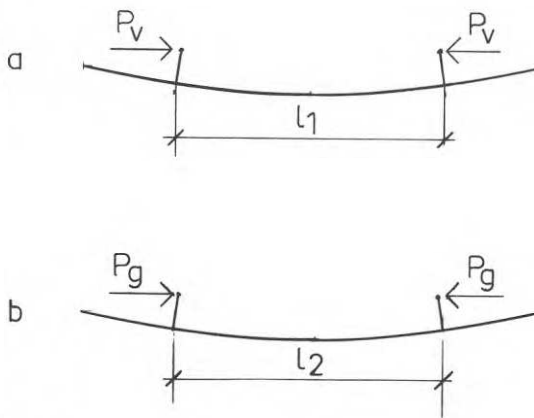


Fig. 26

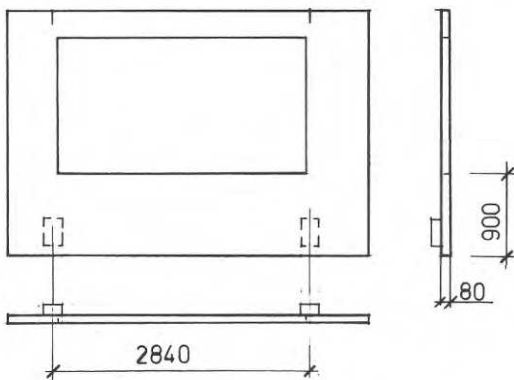


Fig. 27

Fig. 25. Joint between an upper section of 80 mm exposed-aggregate concrete and a considerably stiffer basement section. At the midpoint of the sections, the upper one has moved outwards in relation to the lower one, due to differential deflection caused primarily by shrinkage.

Fig. 26. Changes in force and length during gradual movement of a facade section. Example of the extension of the section.

a = force pattern immediately prior to slip when the static friction is fully developed

b = force pattern immediately after slip when only the sliding friction has been developed

The geometrical effect of bending has been ignored.

Fig. 27. The dimensions of facade sections which have been examined for gradual movement.

Två vertikalfogar har undersökts, den första vid TRCs huvudkontor i Stockholm, den andra på ett bostadshus i Sollentuna, där elementen har dimensioner enligt fig 27.

För uppmätningen har använts en mätbygel försedd med trådtöjningsgivare enligt fig 28. Denna har kalibrerats med hjälp av en mikrometer enligt fig 29 och monterats in i fogen i höjd med upplagsklackarna enligt fig 30.

De på bygelmonterade töjningsgivarna inkopplades till en dynamisk mätbrygga typ Hottinger-Baldwin och fogrörelserna registrerades dels med en pennskrivare typ Esterline-Angus samt dels med en Oscillomink Jet-recorder.

Exempel på de registrerade rörelsedigrammen framgår av fig 31 och fig 32.

6.5.4 Resultat av beräkning och mätning

Elementens rörelse under ett dygn är i stort sett kontinuerlig. Förekommande friktionsbetingade, stegvisa rörelser är maximalt av storleksordningen några tusendels millimeter. De krafter som frigöres vid den stegvisa rörelsen är maximalt av storleksordningen några hundra kp per våningshöjd och rörelsens hastighet kan delvis bromsas upp av fogsträngen då dennas deformationsmotstånd ofta är betydande. Registrerade ultrasnabba rörelser är betingade av vibrationer i byggnaden eller mätbygelmonteringen beroende på trafik m.m. och har en frekvens av 150 - 200 Hz. Böjsvängningar kan inte uteslutas men dämpas troligen av anslutande fönster och regelverk.

Förekommande svängningsrörelser kan eventuellt bidra till att någon egentlig vilofriktion ej säkert utbildas.

På grund av undersökningens ringa omfattning bör resultatet prövas med vidare mätningar.

Ryder & Baker (1970) visar en stegvis rörelse som erhållits vid mätningar i England. Registreringen har här skett med potentiometrar med spolar, lindade av tråd med diametern 0,025 mm. Potentiometerns konstruk-

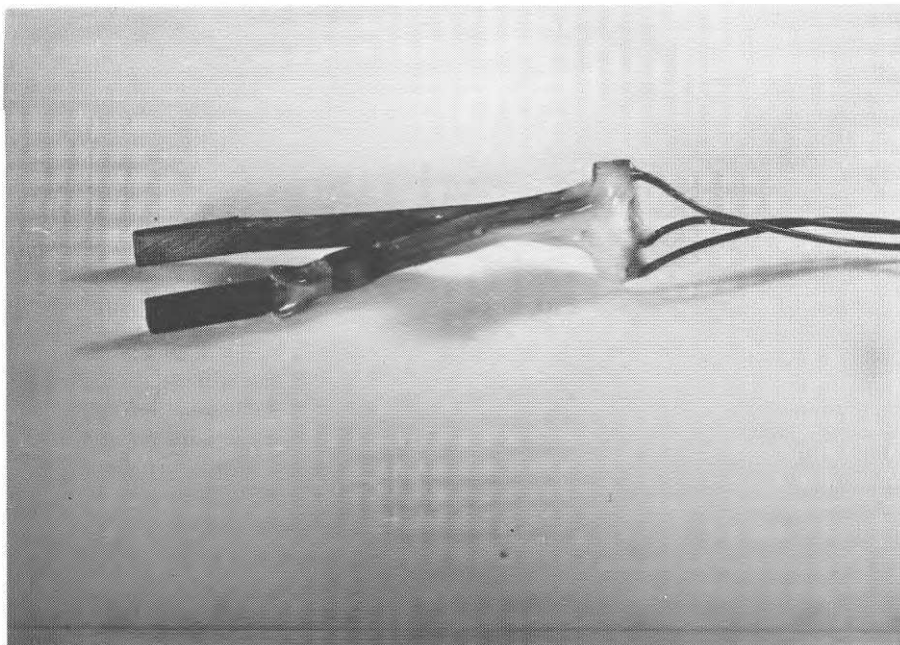


Fig. 28. Mätbygel med trådtöjningsgivare för mätning av fogrörelse. Bygelns längd 75 mm. Stålblåt 9 x 0,7 mm.

Fig. 29. Kalibrering av mätbygel med hjälp av mikrometer. Töjningsgivarna var under kalibreringen inkopplade till mätutrustningen.

Fig. 30. Mätbygel monterad i fogen.

Fig. 28. Clamp gauge with wire strain gauges for measurement of movements in joints. Length of the damp 75 mm, sheet steel 9 x 0.7 mm.

Fig. 29. Calibration of clamp gauge using a micrometer. During calibration, the strain gauges were connected to the measuring equipment.

Fig. 30. Clamp gauge mounted in the joint.

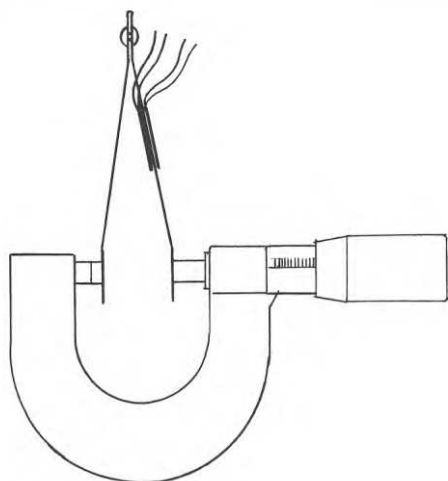
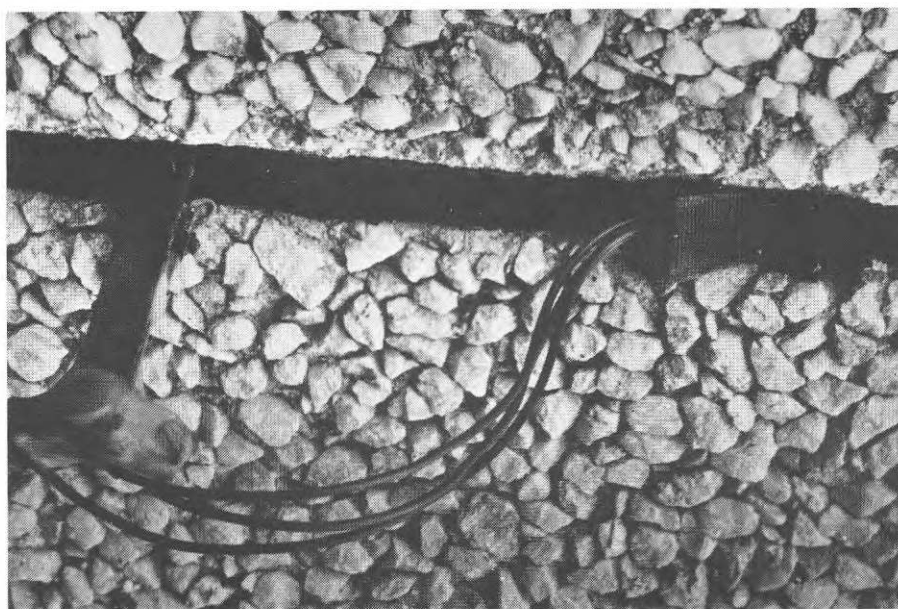


Fig. 29



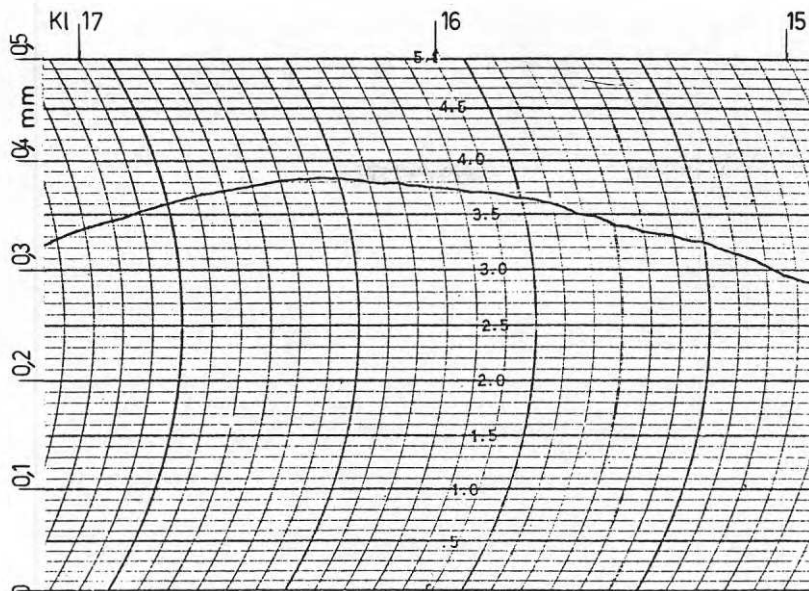


Fig. 31

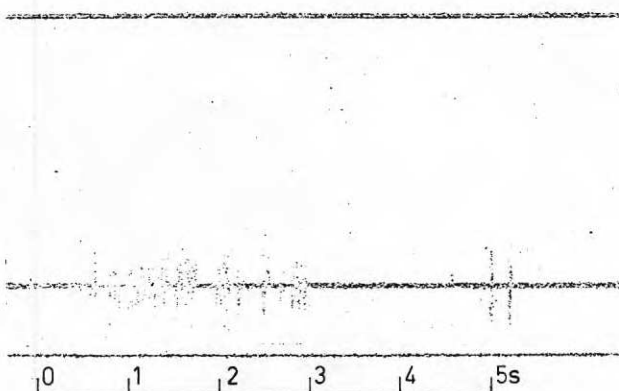


Fig. 32

Fig. 31. Del av diagram vid mätning av rörelse i fog i solbelyst fasad mot sydväst i Sollentuna den 13.3.1970. Registreringen har skett med hjälp av pennskrivare typ Esterline-Angus.

Fig. 32. Del av diagram erhållet vid mätning av rörelse i fasadfog i Stockholm. Registreringen har skett med hjälp av Oscillomink Jet Recorder. Förekommande snabba rörelser har en frekvens av 150 – 200 Hz och är betingade av vibrationer i byggnaden eller mätbygeln beroende på trafik m.m. Liknande rörelser erhöles vid slag med handen mot väggen.

Fig. 31. Part of diagram obtained during measurements of joint movements in a south-west facade in the sun at Sollentuna on 13.3.1970. Measurements were recorded using a type Esterline-Angus pen plotter.

Fig. 32. Part of diagram obtained during measurements of movements in facade joints at Stockholm. Measurements were recorded using an Oscillomink Jet Recorder. The fast movements recorded have a frequency of 150–200 Hz and are caused by vibration in the building or the clamp gauge due to traffic etc. Similar movements were obtained when the wall was hit by the hand.



Fig. 33. Horizontalfog vid grundmur, utsatt för sättning-rörelse. Rörelsen har troligen sin orsak i eftergivlighet i upp-lag och nedböjning hos bjälklag på vilka elementen vilar. På grund av rörelsen har fogmas-san knäckt ut.

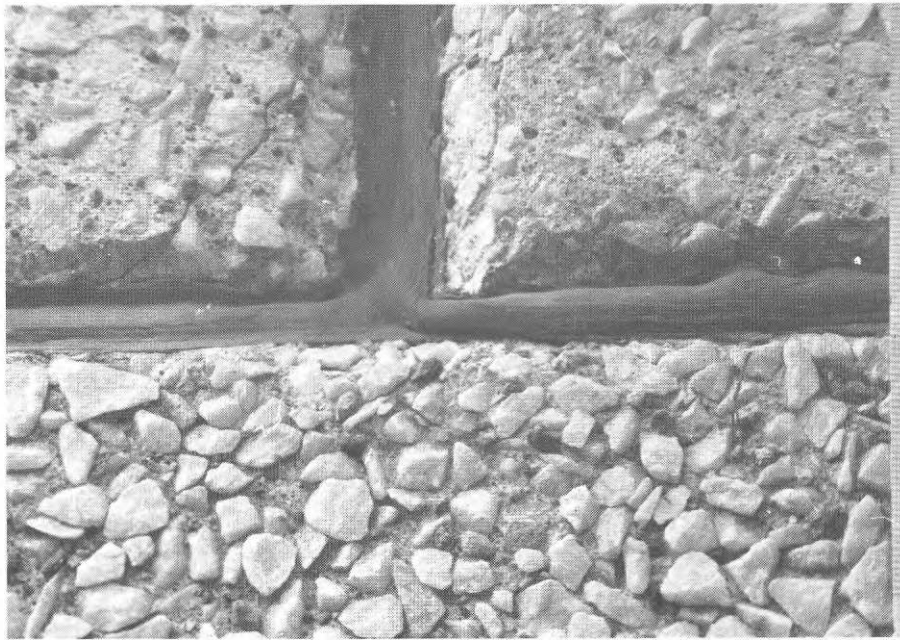


Fig. 34. Skador i fogar på grund av sättning hos element. Det högra elementet har kommit att belasta horizontalfogen så att den knäcker ut. Vertikal-fogen utsättes för en rörelse i längdled. Denna rörelse har gett upphov till skjvsprickor i fog-massan och i det vänstra ele-mentet.

Fig. 35. Sambandsschema över orsaken till läcker i ytterfog. Läcker i elementkant är vanligast och beror på otät betong i kritiska zonen eller för litet anslutningsdjup.

Fig. 33. Horizontal Joint in basement wall subjected to settlement movements. The movement is probably due to the resilience of the support and deflection of the floor on which the sections are seated. The jointing compound has been extruded due to this movement.

Fig. 34. Damage to joints due to settlement of the sections. The right-hand section has imposed a load on the horizontal joint so that it has been extruded. The vertical joint is being subjected to a longitudinal movement. This movement has caused diagonal cracks in the jointing compound and in the left-hand section.

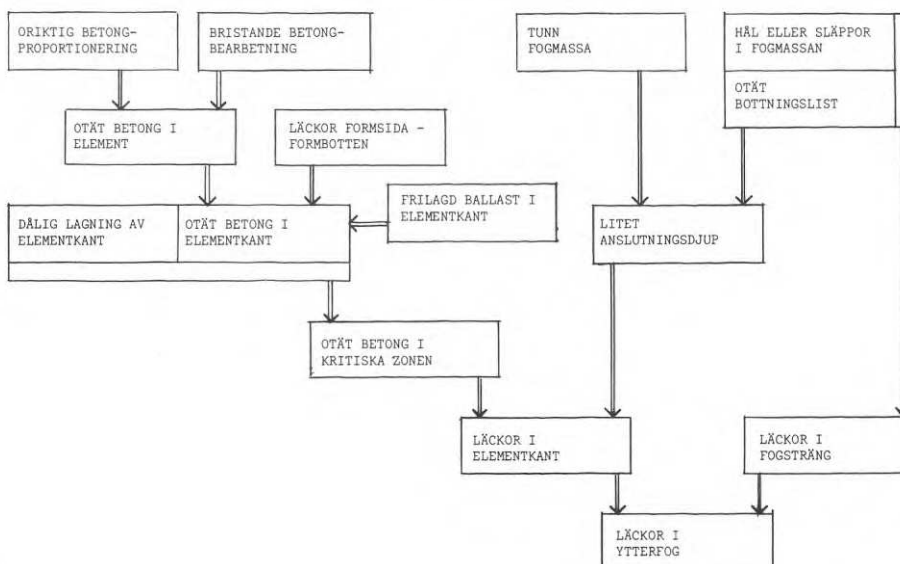


Fig. 35. Chart showing causal relationships for seepage in external joints. Seepage at the edges of sections is the most common and is due to permeability of the concrete in the critical zone or to inadequate depth of adhesion.

Fig. 35

tion synes ha bidragit till att ge markerade steg i rörelsedigrammet. Utformningen av elementens infästningar synes således ha ringa inverkan på förloppet hos fogens dygnsrörelse i elementens plan.

6.6 Infästningarnas placering

Elementens upplagsklackar är i allmänhet placerade en femtedel av elementlängden från ändarna.

På grund av elementens böjrörelse fås en rörelse i fogarnas djupled. Denna rörelse kan ge upphov till deformationer i fogsträngarna, särskilt i hushörn samt vid anslutningar till balkongpartier och grundmurar, se exempelvis fig 25.

6.7 Sättningar i infästningar och upplag

Sättningar har visat sig förekomma i några av de undersökta elementfasaderna. Orsaken kan vara medböjningar i bjälklag, deformationer i upplagsdetaljer, sättning i stommen eller i grunden o.s.v. På grund av att sättningen oftast är en rent vertikal rörelse har skador på grund av dessa mest visat sig i horisontella fogar. Dessutom förekommer enstaka skador i vertikala fogar där skillnader i sättning mellan fogkanterna ger utslag.

Exempel på fogar skadade av sättningsrörelser visas i fig 33 och 34.

6.8 Elementkanternas täthet

Förekomsten av läckor i ytterfogen påverkas starkt av elementkanternas kvalitet. Sambandet framgår av fig 35. För att närmare verifiera detta förhållande har stickprovsundersökningar gjorts med pordetektor enligt fig 36. Därvid har konstaterats läckor i elementkanten. Dessa kan härledas till otät betong i kritiska zonen, se fig 37 eller ett alltför litet anslutningsdjup. Några genomgående porer i element har ej påträffats.

I de flesta fall där läckage av vatten konstateras har elementens kanter varit av sådan kvalitet att porer har kunnat förekomma. Betydelsen av dessa porer har verifierats med enkla strömningsförsök.

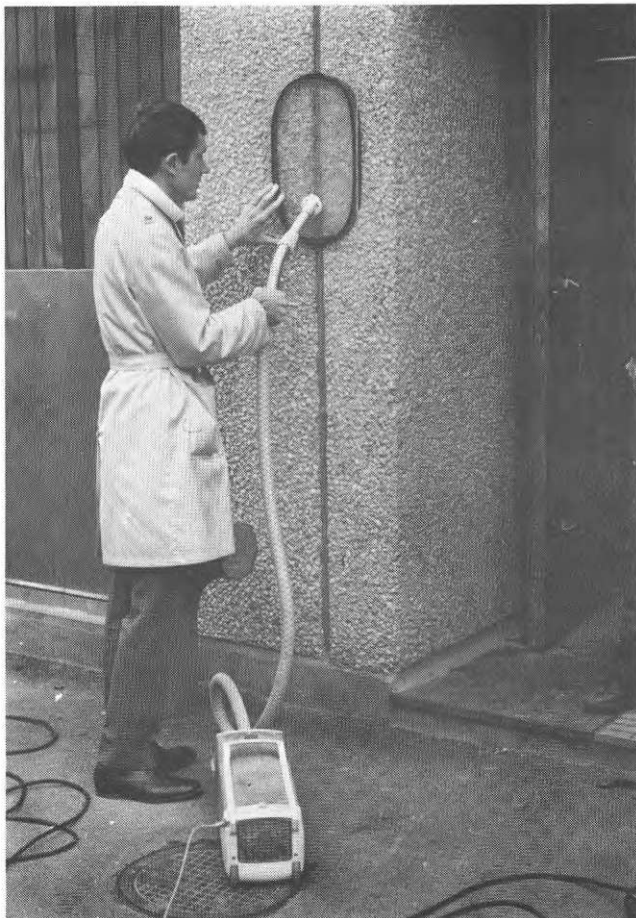


Fig. 36. Sökning av porer i fasadfogar. Fogen dränkes in med såplösning. Sugplattan som består av plexiglas med mossugumilist tryckes olika hårt mot fasaden. Dammsugaren åstadkommer då olika stort vakuum. Vid porerna uppstår efter hand såpbubblor.

Fig. 37. Läckrisker i ytterfog. Pilarna markerar den vanligaste läckagevägen genom den snedstreckade, kritiska zonen. Fogens anslutningsdjup t_a har markerats under förutsättning att bottningslisten har tät hud och ligger an mot betongen. Fogens täthet blir beroende av betongkvaliteten i kritiska zonen och anslutningsdjupets storlek.

Fig. 38. Vattenström genom porer i 10 mm teaskiva vid olika drivtryck.

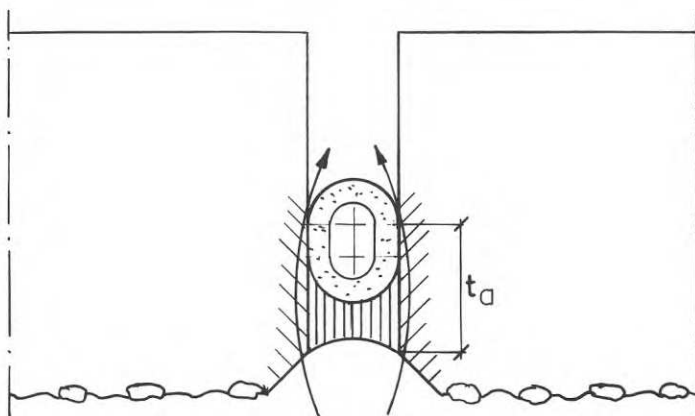


Fig. 37

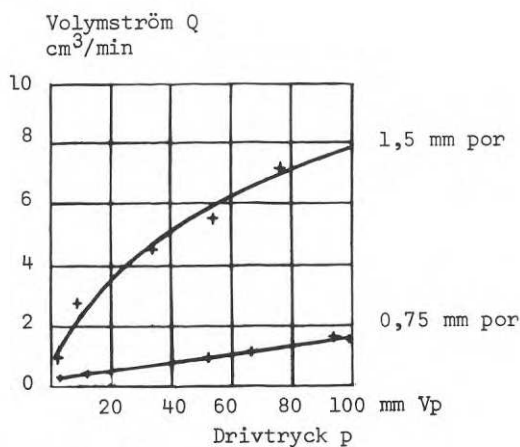


Fig. 38

Fig. 36. Tracing of pores in facade joints. The joint is soaked with a soap solution and the suction pad consisting of plexiglass with a mousse rubber edge strip is pressed against the facade with different amounts of force, in which way the vacuum cleaner exerts a suction of varying intensity. Soap bubbles arise after a time over the pores.

Fig. 37. Seepage risks in external joints. The arrows mark the most common seepage path through the critical zone which is marked by cross hatching. The depth of adhesion t_a of the joint has been marked under the assumption that the retainer strip has an impermeable external skin and adheres to the concrete. The impermeability of the joint will depend on the quality of concrete in the critical zone and on the size of the depth of adhesion.

Fig. 38. Flow of water through the pores of a 10 mm teak board as a function of the forcing pressure.

6.8.1. Strömningsförsök

Två olika porer borrades i en teaskiva med tjockleken 10 mm. Genom att ansluta rörformiga behållare till skivans övre yta med kittfog kunde skivan utsättas för varierande ensidigt vattentryck. Den utströmmande vattenmängden uppfångades i ett mätglas och avlästes kontinuerligt. Porerna hade diametern 1,5 resp. 0,75 mm. Resultatet framgår av fig 38.

Enligt Pettersson (1969) är det icke alltför sällsynt att medelvindhastigheten under en entimmesperiod uppgår till 20 m/s. Räknar man med en formfaktor $C = 0,7$ erhålles ett vindtryck av 18 mm Vp. Antar man att ett slagregn faller vid denna vindhastighet och förmår upprätthålla en vattenfilm över fogen i 10 minuter skulle man genom en por med diameterna 1,5 mm få in 33 cm^3 och genom en por med diametern 0,75 mm 4 cm^3 vatten under förutsättning att det tryckfall som vinden orsakar i fogen helt tas upp av ytterfogen.

6.8.2 Blötningförsök

På ett ljuskopieringspapper för ritningar breddes med fingret ut en centiliter färgat vatten. Vattnet färgade en yta av cirka $0,5 \text{ m}^2$ av pappret.

6.8.3 Slutsatser efter undersökning med pordetektor samt försök

Små mängder vatten kan vid slagregn lätt passera porer i elementkanter.

För att åstadkomma generande fläckar på ytmaterial i lägenheter erfordras endast små mängder vatten.

Dräneringskanaler och öppningar bör finnas men kan vara små. De bör vara utformade så att de fångar och leder ut ur väggen det vatten som passerar ytterfogen och så att de inte på något ställe släpper vatten in i väggen eller rummet.

För att i möjligaste mån begränsa läckaget genom ytterfogarna bör elementkanterna vara så porfria som möjligt. Dessutom bör anslutningsdjupet vara tillräckligt stort, se fig 37.

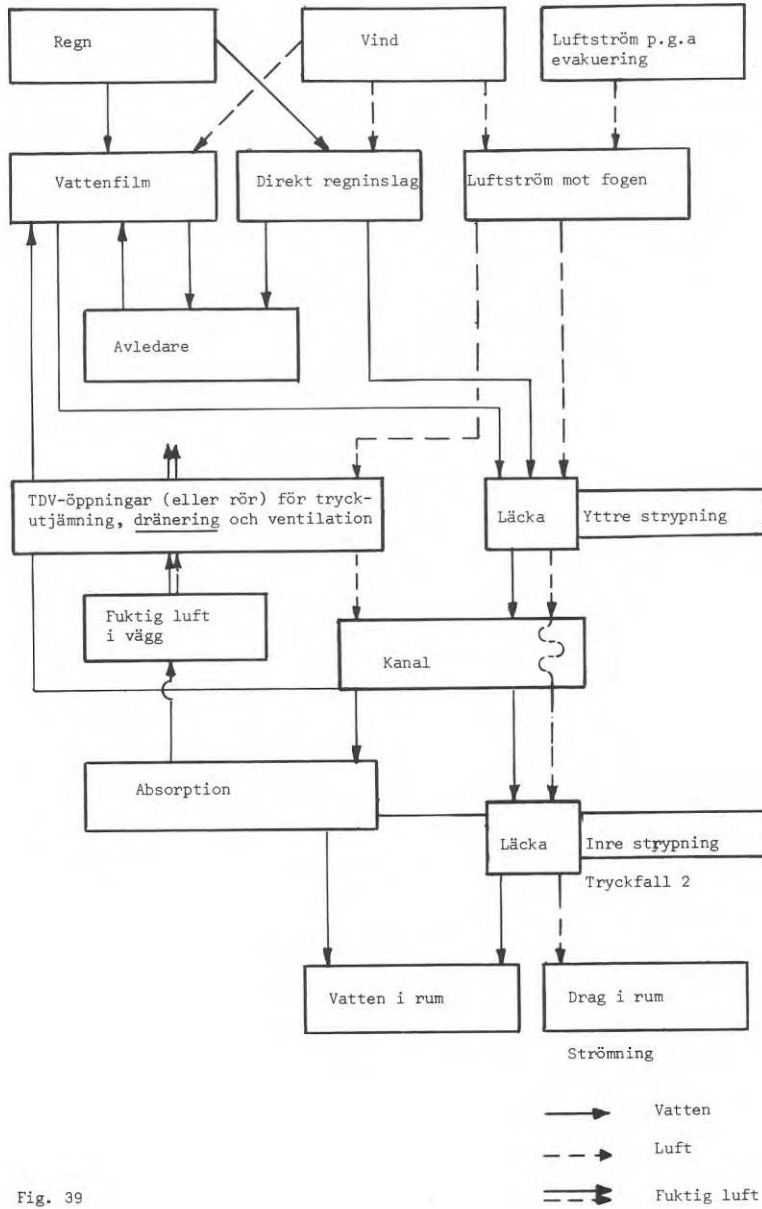


Fig. 39

Fig. 39. Schema över fasadfogars principiella funktion som skydd mot regn och vind. Kapillärlär transport samt diffusion av fukt genom fasaden har ej medtagits i schemat.

Fig. 39. Chart showing the general function of facade joints as protection against rain and wind. Capillary movement and diffusion of moisture through the facade have not been included in the chart.

Utformningen av fasadytans anslutning till fogen har betydelse. (Arbeitskreids Fugenmassen 1968).

Det effektiva tätningsdjupet kan i viss mån anpassas efter betongens täthet. Är man osäker utföres lämpligen en provfogning med varierande fogdjup. Tätheten undersökes med pordetektor, varefter fogdjupet kan bestämmas.

För förståelse av de undersökta fogarnas funktion kräves att man studerar även de detaljer som finns bakom den yttre fogsträngen. Sådana studier har lett till att en översiktlig bild av fasadfogars funktion har erhållits.

6.8.4 Fasadfogars principiella funktion som skydd mot regn och blåst

Med ledning av gjorda observationer och försök samt studier av tillgänglig litteratur om fasadfogor och fönster kan en bild fås av en fasadfogs principiella verkan som skydd mot regn och blåst. Gjorda observationer pekar också på att denna funktion hos fogen är den viktigaste och känsligaste. Funktionen kan lämpligen behandlas som ett strömningsproblem för en vätska, vatten och en gasblandning, luft. Man får då den uppställning som visas i schemat i fig 39. De delfunktioner som i andra sammanhang kallas för tätning benämnes här strypning. (Fullständig strypning = tätning, medger ingen strömning). I olika fall kan olika delar av schemat vara olika klart framträdande i detaljerna. Det har dock visat sig att schemat är principiellt tillämpligt på alla hittills studerade lösningar.

Överst i funktionsmodellen finner vi de tre viktigaste faktorerna i en slagregnsbelastning på en fasadfog nämligen regn, vind och luftström p.g.a evakuering. Regn och vind tillsammans ger upphov till direkt regninslag mot fogen, samt att en vattenfilm driver mot fogen. Vind och evakuering ger tillsammans en luftström mot fogen.

Ett effektivt sätt att skydda fogen mot vatten är att anordna en avledare. Den kan bestå av ett taksprång, ett bleck, en utstickande elementkant, en nisch i väggen, ett utstickande väggparti, en tunga som lappar över i en horisontalfog eller liknande. Avledaren kan leda vattnet förbi fogen, dock kommer i allmänhet vattnet tillbaka till

fasaden på andra sidan fogen.

Det vatten som inte ledes av från fogen tränger fram till den yttre strypningen. I denna strypning kan finnas läckor av den typ som beskrives i 6.8. Luftstömmen mot fogen ger här ett tryckfall som driver vattnet genom läckorna. Beroende på poreernas sträckning kan även tyngdkraften i vissa fall bidra.

Bakom den yttre strypningen finns i fogen i regel en kanal. Genom att kanalen oftast är mycket vid i förhållande till läckorna i den yttre strypningen uppstår inget nämnvärt tryckfall mellan kanalens yttre och inre del. Därmed förlorar också luftströmmen huvudparten av sin förmåga att föra med sig vatten (och dammpartiklar). Vattnet kan tack vare tyngdkraften fångas och ledas nedåt och åt sidan.

Är kanalens botten respektive sidor tillräckligt täta och kanalen i övrigt rätt utformad kan läckvattnet ledas till öppningar i fogen och ut genom dessa. En sådan öppning i en fog har i allmänhet tre delfunktioner nämligen tryckutjämning, dränering och ventilation (jfr. Svendsen 1968). Därför kallas de här för TDV-öppningar. Vad det beträffar luftstömning är de jämnställda med läckorna i den yttre strypningen. Däremot bör de vara så utformade att de inte släpper in vatten. Av insamlade erfarenheter framgår att den viktigaste delfunktionen hos TDV-öppningar är dränering. Ett exempel på utförande av kanal och TDV-öppningar framgår av fig. 40.

Om kanalen och TDV-öppningarna inte fungerar kan läckvattnet istället absorberas i väggen och då främst i värmeisoleringen, se 5.2. Detta innebär att fukten hindras att tränga in i rummet så länge som väggens absorptionsförmåga icke överskrides. Å andra sidan innebär det risker genom att luften i väggen hålles fuktig så att risk för röta och korrosion uppstår. Betänker man det faktum att en kubikmeter mättad luft av + 10°C endast innehåller 9,4 gram vatten förstår man att relativa fuktigheten kan hållas skadligt hög i väggen under lång tid av små mängder vatten. TDV-öppningar och läckor kan förmodligen endast i måttlig grad bidra till att fukten i väggen ventileras bort. Kapillär transport

och diffusion genom fasaden har ej medtagits i schemat eftersom detta icke är direkt bundet till fogar av de undersökta typerna utan snarare till väggytorna mellan fogarna. Dock torde dessa fenomen spela en viss roll t.ex när det gäller uttorkning av läckvatten som kommit in genom fogarna och absorberats av väggen. (Jfr. tegel- och lättbetongfasader). Något exakt mått på betydelsen av kapillär transport och diffusion har icke kunnat erhållas ur gjorda observationer. En viktig iakttagelse är dock att absorptionen kan vara kritisk för material med täta ytskikt. Ett typiskt exempel är målade träfönster, se 7.6.

I ytterväggar av typ Allbetong är ytterfogen avsedd att även täta mot drag. En TDV-öppning per rum med genomströmningsarean $0,5 \text{ cm}^2$ försämrar tätningen i relativt liten omfattning.

Om öppningens totala motståndskoefficient enligt Andersson & al (1964) sättes till 1,5 fås för luft av normaltillstånd följande samband mellan tryckfall P_e och luftvolymströmmen Q (m^3/s):

$$P_e = 1,5 \frac{1.293}{2 \times 9.82} \left(\frac{Q}{0,5 \times 10^{-4}} \right)^2 \text{mm Vp}$$

Härur fås

$$Q = 0,57 \times \sqrt{P_e} \text{ m}^3/\text{h}$$

Antar man detta läckage fördelat på fem kvadratmeter väggyta fås en kurva som ligger långt under den som Nylund (1966) har angivit för den fasta delen av en vägg, innefattande de fogar som förekommer i väggkonstruktionen.

6.9 Elementens absorbtionsförmåga

Betongelement med frilagd ballast har i jämförelse med vissa andra fasadmaterial såsom metall, glas, målat trä osv. en betydande förmåga att absorbera regnvatten. Detta framgår tydligt vid studier av fasader omedelbart efter ett lätt slagregn, se fig 14 - 16.

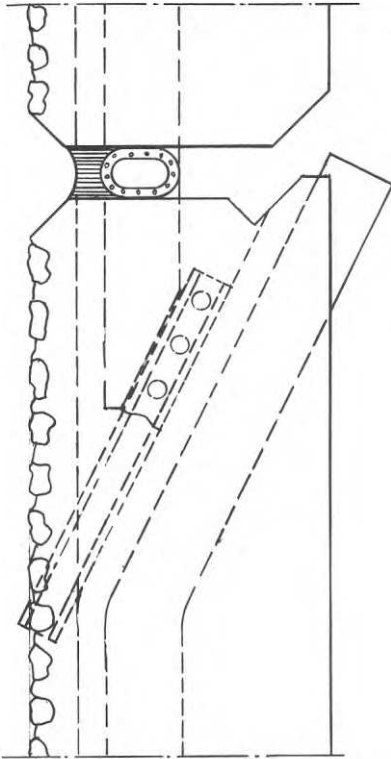


Fig. 40

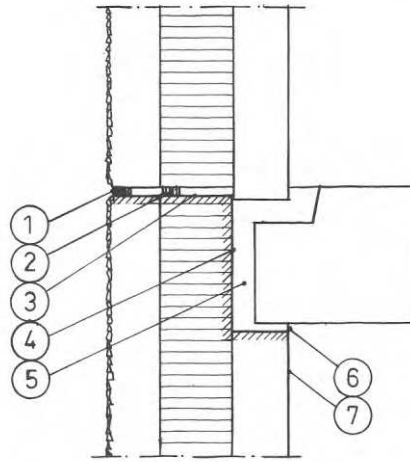


Fig. 41

Fig. 40. Exempel på utförande av kanal i horisontalfog och TDV-öppning i vertikalfog. Det vatten som läcker in i vertikal-fogen ledes nedåt och genom det perforerade röret (TDV-öppningen). Det vatten som kommer in i horisontalfogen ledes i kanalen till vertikal-fogen och dräneras ut på samma sätt.

Fig. 41. Exempel på felaktigt dränerad horisontalfog mellan betongelement. Vertikalsektion. Vatten som läcker in genom yttre-fogen 1 kan passera den otäta drevningslisten 2 och rinna på cellplasten 3 och vidare i gränsskiktet 4 mellan bruksfyllningen 5 och cellplasten. Det passerar ut vid takvinkeln 6 och missfärgar väggens innersida 7.

Fig. 42. Fogprov med elastisk polysulfidbaserad fogmassa, draget till brott i Hounsfield Tensiometer med draghastigheten 10 mm/minut. Brottet startade vid poren i den högra betongkroppen.

Fig. 43. Hounsfield Tensiometer med provstycke under brott.

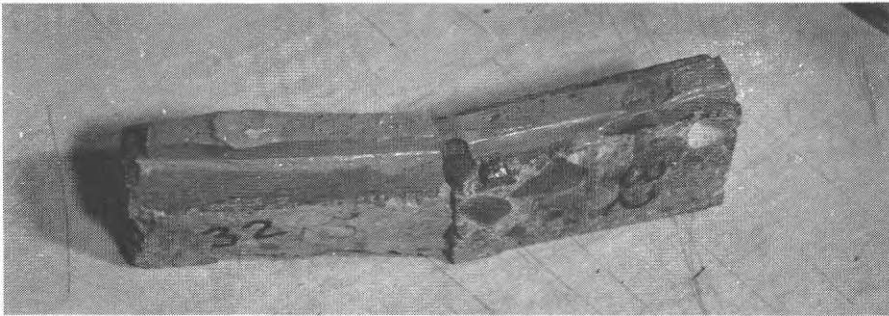
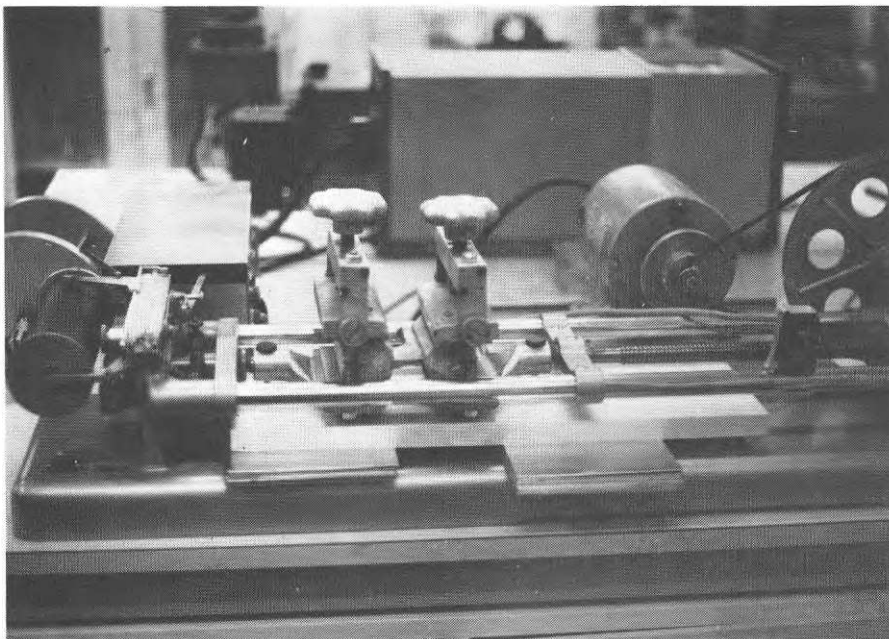


Fig. 40. Example showing the construction of a channel in a horizontal joint and a TDV opening in a vertical joint. Water which seeps into the vertical joint is taken downwards and away through the perforated tube (TDV opening). Water which penetrates into the horizontal joint is taken to the channel in the vertical joint and is drained away in the same way.

Fig. 41. Example of faulty drainage in horizontal joint between concrete sections. Vertical section. Water which seeps in through the external joint (1) can get past the permeable weather strip (2) and drip onto the cellular plastic (3), and penetrate further to the boundary layer (4) between the mortar fill (5) and the cellular plastic. The water finally emerges at the corner (6) between the wall and the ceiling and discolours the inside of the wall (7).

Fig. 42. Tensile test to failure in a Hounsfield Tensiometer of a joint comprising resilient jointing compound based on polysulphide. Rate of loading 10 mm/minute. Failure was initiated at the pore in the right-hand concrete section.

Fig. 43. Hounsfield Tensiometer with test piece at failure.



6.10 Elementkanternas utformning för dränering

Elementkanternas utformning har visat sig ha betydelse för fogens förmåga att dräneras på rätt håll. Observerade skador på insidan av ytterväggar samt stickprovsundersökningar av uppskurna fogar har visat att horisontella fogar kan leda vattnet inåt i väggen. Ett typiskt exempel på en sådan felaktigt dränerad fog visas i fig 41. Den ursprungliga Allbetongväggen har icke visat liknande tendenser.

6.11 Porer i elementens kantytter

Vid stickprovsundersökning på laboratorium har det visat sig att porer i fogkantens yta kan initiera till brott, se fig 42. Provtagningen har skett i en Hounsfield Tensiometer med en hastighet av 10 mm/minut, se fig 43. Det måste därför anses troligt att sådana porer kan ha en betydande inverkan på brottsäkerheten i en fog med dragspänningar i vidhäftningsytan.

6.12 Formolja på elementkanter

I allmänhet tillverkas fasadelement av betong i formar som före gjutningen behandlas med formsläppmedel. Oftast innehåller dessa formsläppmedel en mineralolja. Rester av oljan kan finnas kvar på elementkanterna när fogning skall ske. Dessa rester är svåra att observera vid en okulär besiktning av en släppa i en fog. Därför är det också svårt att på fältet fastslå ett samband mellan vidhäftningsbrott och förekomst av formolja.

Vid stickprovsundersökning på laboratorium erhöles den tendensen att en flödig indränkning av betongen med formolja ett dygn före fogning kunde minska vidhäftningsbrottspåningen hos en polysulfidbaserad fogmassa med klorkautschukprimer med bortåt 20%. De små rester formolja som normalt finns på elementkanterna torde således ha ganska ringa inverkan på säkerheten mot vidhäftningsbrott. Ytterligare undersökning av olika oljors inverkan kan dock vara berättigad.

6.13 Damm på elementkanter

På grund av variationer i tillverkningsförutsättningarna kan elementkanterna vara mer eller mindre dammiga. Johansson (1970) visar att formsläppmedlet kan ha en betydande inverkan. Han visar också att man med borstning och lätt tryckluftblåsning kan ta bort dammet så att dess inverkan troligen blir försumbar när det gäller färgers vidhäftning. Av erfarenheter inrapporterade från olika fogfackmän är det i allmänhet nödvändigt att rengöra elementkanterna från löst sittande partiklar före fogningen. Ibland kan det även vara nödvändigt med ytförstärkande preparat, alltså en form av primerbehandling. Reklamationsfall har inrapporterats där fogsträngen släppt mot dammiga (möjliga) betongytor.

6.14 Elementkanternas porositet

Ett poröst material, vars porer inte utgöres av helt slutna celler är i allmänhet sugande. Detta kan vid fogning troligen ha den inverkan att fogkanterna kan suga vätska från fogsträngen. Enstaka försök har utförts med en oljebaserad fogmassa, lagd mot tegel. Efter två veckor observerades en betydande insugning av olja i teglet. I ett fall där fogen mellan två byggnader med tegelfasader utförts med en elastisk fogmassa har fogsträngen släppt mot den nya fasaden med tegel av lägre volymvikt, se fig. 44. Detta kan bero på att primem sugits för långt in i det nya teglet eller att detta tegel haft en möjlig yta. En liknande inverkan hos betong och lättbetong kan rimligen förväntas. Någon kontroll av detta har dock inte ingått i denna undersökning.

6.15 Elementkanternas frostbeständighet

Frostskador har i enstaka fall konstaterats i elementkanter vid fogar som har fuktugande brottningslist, se 9.1. Betongens porositet kan ha bidragit till skadorna.

6.16 Lagningar av elementkanter

För att återställa ett element som på något sätt har blivit skadat har man använt varierande material och metoder. De material som observerats förekomma har varit cementbruk med eller utan plasttillsats, polyesterbruk, epoxibruk, fogmassa och fogmassa plus stenballast. Förbehandling av brottytan med vidhäftningsförbättrande medel har förekommit.

Brustna lagningar med cementbruk har observerats även vid fogsträngar med lågt deformationsmotstånd, se fig.45. Frågan om de plasthaltiga brukens beständighet är något oklar och gör vidare undersökningar önskvärda.

Material	Längdvtv. koeff mm/km °C	Temp.rörelser	Fuktrörelser
Glas	8,5	Små långsamma	Inga
Furu // fibrerna	5	Små långsamma	Måttliga
Furu I -"-	34	Måttliga långsamma	<u>Stora</u>
Aluminium	24	<u>Stora, snabba</u>	Inga
Koppar	17		
Stål	12,2		
Betong	14	Måttliga	Måttliga

Tab. 2. Temperatur- och fuktrörelser hos material som ingår i eller omger fönster i en betongfasad. På grund av materialets olika egenskaper uppkommer bl.a. de fogrörelser som anges i Tab. 3.

Tab. 2. Temperature and moisture movements in materials which form part of, or are placed around, windows in a concrete facade. The joint movements specified in Tab. 3 are partly due to the different properties of these materials.

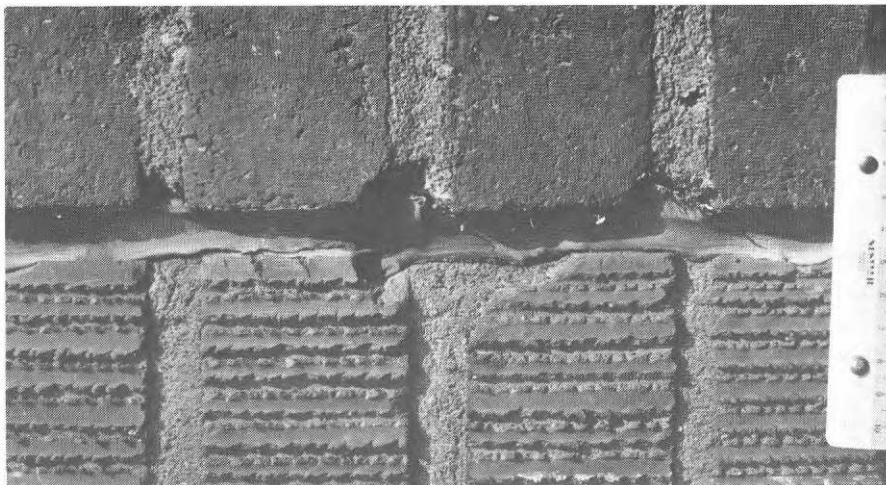


Fig. 44. Fog med polysulfidbaserad elastisk fogmassa, lagd mellan två byggnader med olika slag av tegel. Fogen har släppt mot det nya teglet med lägre volymvikt.



Fig. 45. Brusten lagning av elementkant. Lagningen har utförts med cementbruk. Fogmassan är av plastisk typ och har lågt töjningsmotstånd.

Tab. 3. Mest betydande rörelser i fogar vid nedre fönsterhörn av temperaturvariationer (T) och fuktvariationer (F) i de anslutande materialen.

I fogar mellan karm och element uppstår även långtidsrörelser av last (4.5.1, 7.1).

Fig. 44. Joint made up of resilient jointing compound based on polysulphide laid between two buildings constructed with different kinds of brick. The joint has sagged against the brick of lower density.

Fig. 45. Failure of made-up edge of concrete section. The edge had been made up with cement mortar. The jointing compound is a plastic type and has low straining resistance.

DEL	Glas	Al-skena	Båge bottenstycke	Karm bottenstycke	Bleck kortkant	Element
Glas		T				
Båge Sido- stycke		T	F			
Karm Sido- stycke				F	T	F
Bleck Lång- kant				T		T
Element				F	T	

TAB 3.

Tab. 3. Most significant movements in joints at the lower corners of the window due to variations in temperature (T) and variations in moisture (F) in the adjacent materials.

In joints between window frames and the concrete sections, there are also long-term movements due to loading (4.5.1, 7.1).

7. INVERKAN AV FÖNSTER

I och kring fönster uppstår ett flertal fogar av varierande funktion och konstruktion. I princip kan deras motståndsförmåga mot regn och blåst bedömas med utgångspunkt från schemat i fig. 39.

Resultatet från fältundersökningar och övriga studier kan uppdelas på de olika fogarnas placering i konstruktionen.

7.1 Ytterfog mellan element och fönster

Ytterfogen, som oftast utförts med fogmassa enligt fig. 7 och 8 har till uppgift att skydda mot regn och vind i likhet med fogen mellan elementen. Betydelsen av en tätning mot drag har bl.a. framhållits av Lyng (1962)

Där fönster placerats långt ut i fasaden och tätning med fogmassa skett har i något fall kunnat misstänkas att uppträdande fuktskador berott på läckage i fogen mellan element och karm.

Där fönster gjutits in i elementen och massafogen ersatts med en list till hälften instucken i ett spår i karmen och till hälften ingjuten i betongen, har läckor uppstått, då fogen icke varit skyddad av avledare. Läckorna har i första hand uppträtt i hörn, där listen varit skarvad med överlappning.

Någon speciell dränering (utöver väggens egen) av fogar mellan element och karm har icke utförts.

När bjälklagen böjer ner påverkar de de vertikala reglar som i allmänhet finns intill fönstrets sidokarmstycke. I de fall då fönstret är kort och placerat mitt över plattfältet och elementet är upplagt på klackar nära plattans upplag, uppstår en skillnad i vertikal rörelse mellan fönstret och elementet.

De rörelser som uppstår i fogen mellan karm och element framgår delvis av TAB 3. Dessutom uppstår på grund av fönstrens infästning vertikala rörelser beroende av bjälklagens nedböjning av last (4.5.1.).

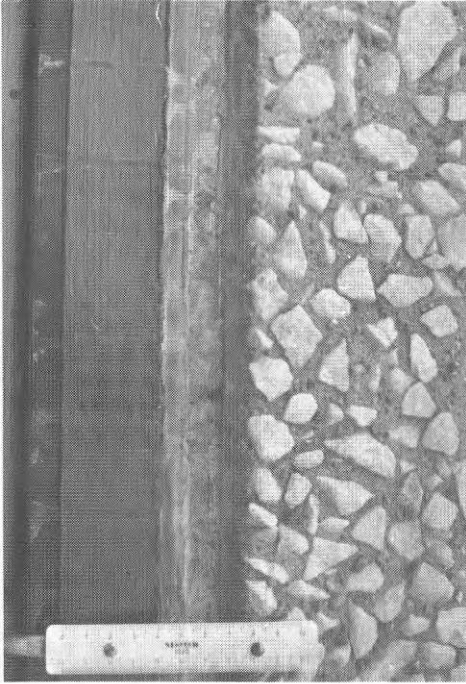


Fig. 46. Odränerad fog vid överkarmstycke. Läckvatten som samlats vid fogen har långsamt trängt ut genom betongen och fällt ut kalk på karmstycket. Fasaden uppvisar in- och utvändiga fuktskador.



Fig. 47. Släppor i fog mellan karm och element. Släpporna koncentrerar sig till karmhörnen. Karmen är i detta fall målad med emulsionsfärg.

Fig. 48. Fogar vid nedre karmhörn. Fogning under blecket utförd i efterhand. Rörelserna har åstadkommit släppa vid sidokarmstycket samt sprickor i fogar mellan trästycken samt mellan trä och plåt. Observera att spikhuvudet har lättat samt att målningskador uppträtt p.g.a sugning i oskyddat ändträ.

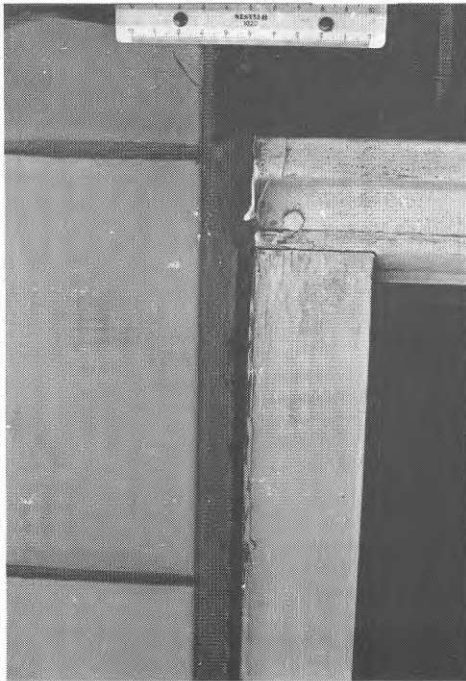


Fig. 49. Fönster utan fönsterbleck. Bottenkarmstycket har dragits fram en bit över elementkanten. Elementkanten har målats.

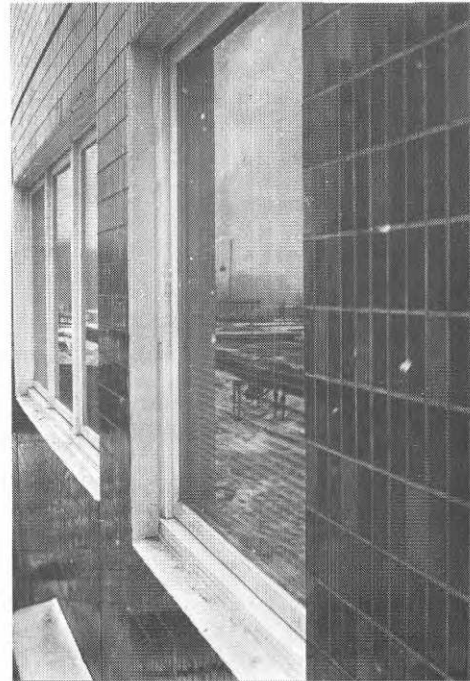


Fig. 46. Undrained joint at top window frame. Seepage water which has collected at the joint has slowly penetrated outwards through the concrete and deposited lime on the frame. The facade exhibits external and internal damage due to moisture.

Fig. 47. Sags in the joint between window frame and wall section. The sags are concentrated at the corner of the frame. The frame in this case has been painted with an emulsion paint.

Fig. 48. Joints at the lower corner of the frame. Jointing underneath the flashing was carried out subsequently. Movements have caused sagging at the side piece and cracks in the joints between the timbers and also between the timber and sheet metal. Note that the head of the nail has come away from the metal and that there is damage to the paintwork due to suction into the untreated end grain.

Fig. 49. Window without flashing. The bottom frame has been made to project a little over the edge of the concrete section which has been painted.

I allmänhet är fönstren förankrade i elementen med plattstänger som hindrar fogrörelse på grund av elementens och regelverkets olika tendens att krökas. Dessa infästningar torde dock icke nämnvärt kunna påverka den vertikala rörelsen i fogen.

7.1.1 Fog vid överkarmstycke

Elementet har här oftast utförts utan avledare, vilket medfört att vatten från fasadytan runnit in mot karmen. I smutsande atmosfär har ränder bildats på elementkant och karm.

För att minska slagregnsangreppet på fönstret har man ibland utformat elementkanten med droppnäsa eller försett karmen med en avledare i form av en trälist.

Det har tydligt framgått av undersökningen att avledare kring fönstret har stor betydelse för dess slagregnssäkerhet och beständighet. Enklarest ordnas dessa avledare genom att placera fönstret indraget i väggen och utföra en droppnäsa över det ute vid fasadytan. Där ingen avledare funnits i elementkanten och fönstren gjutits fast i elementen utan massafog har vattenläckage förekommit. Dränering av överkarmstycket har hittills icke utförts.

Om väggen är dränerande och de horisontella fogarna mellan elementen läcker in vatten eller om fogen över fönster är så placerad och utförd att den läcker är det lämpligt med en dränering av överkarmstycket, om detta är placerat så att vattnet ej leds förbi. Dräneringen kan bestå av hål borrade vertikalt uppåt från kanalen i karmstycket. Fall har inträffat, där man har anledning tro att en sådan dränering skulle kunnat hindra uppkomsten av in- och utvändiga fuktskador, se fig. 46.

Sprickor och släppor har konstaterats i några fall i massafogen. Dessa synes ha sin orsak i rörelser i fasadens plan. Bjälklagens nedböjning samt karmträets krympning samverkar. På grund av karmens måttliga böjstyvhet kommer de största påfrestningarna att uppträda vid karmhörnen. Detta visar sig i skadornas fördelning, se fig. 47. I några fall har släppor uppstått mellan elastisk fogmassa och karm som varit målad med emulsionsfärg.

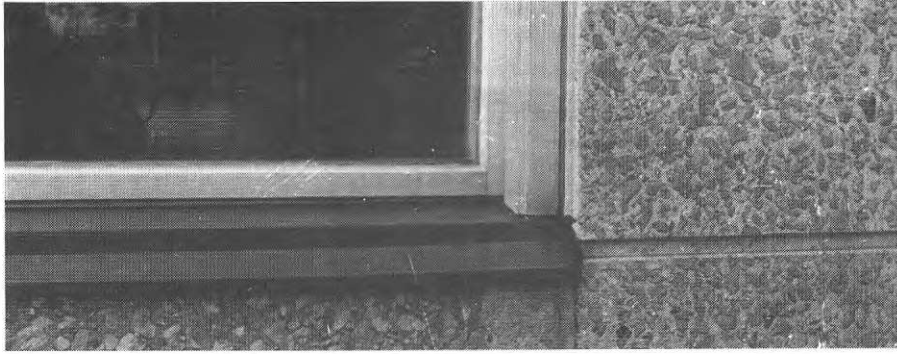


Fig. 50. Fönster med uppdraget bleck. Blecket är uppdraget under den yttre bågen, infällt och fogat vid ändarna, varigenom karmhörnet till stor del skyddas. P.g.a att blecket är utdraget har regnvattnet ej kommit åt att tvätta fasaden just under blecket.



Fig. 51. Fönster med tidiga målningskador på trä vid fogar. Fogar mellan bågstycken och karmstycken, fog kring plugg samt fog mellan bleck och karm har sprickor genom vilka vatten från regn och tinande snö kan tränga in. Observera ändträets sugning i bottenbågstycket. Den skarpa kanten på karmbottenstycket är ej helt täckt med färg.

Fig. 52. Tätning mellan gipsskivor och fönsterkarm med trälist.

Fig. 50. Window with flashing brought up over the frame. The flashing is brought under the external casement, recessed and jointed at the ends, providing a large measure of protection for the corner of the frame. Owing to the fact that the flashing projects, rain does not touch the facade immediately below the flashing.

Fig. 51. Window showing early damage to paintwork on the wood near the joints. The joints between the casement and the frame, the joint around the plug and the joint between the flashing and the frame has cracked, allowing water from rain and melting snow to penetrate. Note suction into the end grain into the bottom casement timber. The sharp edge on the bottom frame piece is not completely covered by paint.

Fig. 52. Seal between plasterboard and window frame by means of wood strips.



7.1.2. Fog vid sidokarmstycke

Denna fog har i allmänhet varit skyddad av vertikala avledare och har därför fått en måttlig slagregnsbelastning. Vid nedre karmhörn har läckage påvisats då karmen varit fastgjuten, se 7.1.

Skador på fogsträngen har konstaterats vid karmhörn, speciellt det nedre, se fig. 48.

Där betongelementen varit utbytta mot fristående murad vägg har stora skador konstaterats vid de fönster som sitter vid husets ändar. Skadorna har sin orsak i de stora rörelser som uppstår i fogen på grund av betongbjälklagets krympning och nedböjning. På grund av markens dämpande inverkan på rörelsen har skadorna varit av något mindre omfattning i den nedersta våningen.

7.1.3. Fog vid bottenkarmstycke

Massafogen och elementkanten har i allmänhet varit skyddade av ett fönsterbleck som fungerat som avledare för fogen och för väggpartiet under fönstret. Där massafogen utelämnats och slagrengspåkänningen varit betydande har läckage uppstått och fogning har måst ske i efterhand vid bleckets främre del, se fig. 48. I något fall har blecket utelämnats och bottenkarmstycket dragits fram en å två cm över elementkanten och fogats mot denna, se fig. 49. Elementkanten har målats.

Inga invändiga fuktskador har konstaterats beroende på detta förfarande. Ett av skälen till slopande av fönsterblecket har varit att man då undviker den ojämna nedsmutsning av fasadytan som annars kan uppstå i starkt förorenad luft, se fig. 50.

Vid intervjuer med hyresgäster har det framgått att besvärande drag kan uppstå vid fönstrets underkant, där fogen ej täckts med fogmassa eller på likvärdigt sätt. Att draget upplevs som besvärande beror delvis på att möblerna ofta av naturliga skäl grupperas så att man sitter vid ett bord vid fönstret.



Fig. 53a. Fönster med bristfällig dränering. Vatten från fogen mellan sidostyckena kan rinna inåt i karmhörn. Dräneringsöppningen i bottenkarmstyckets drivvattenränna har placerats en bit från hörnet varigenom en vattenficka bildas. Motsvarande typ av fuktskada framgår av Fig. 53b.

Fig. 53b. Invändig fuktskada beroende på bristfällig dränering vid nedre karmhörn enligt Fig. 53a. Av bilden framgår även att den inre anslutningen mellan karm och vägg utförts med trälist.

Fig. 54. Snö på nedre delen av fönstret. Snön kan ligga kvar och tina långsamt, varvid fogarna i fönstret blir utsatta för långvarig blötning.



Fig. 53a. Window with deficient drainage. Water from the joint between the side pieces can run inwards at the corner of the frame. The drainage opening in the drainage channel of the bottom frame piece has been placed some distance from the corner, allowing formation of a pocket of water. The corresponding type of damage due to moisture is shown in Fig. 53b.

Fig. 53b. Internal damage due to moisture owing to deficient drainage at the bottom corner of the window frame, according to Fig. 53a. It can also be seen that the junction between frame and wall on the inside is in the form of wood strips.

Fig. 54. Snow on the bottom part of the window. Snow may be left behind and melt slowly, as a result of which the joints in the window are subjected to long-term wetting.

7.1.4. Fogar vid fönsterbleck

Fogen mellan fönsterbleck och bottenkarmstycke har i allmänhet utförts så att bleckets kant har stuckits in i ett spår i karmen. Fogen har därefter erhållit samma målningsbehandling som fönstrets i övrigt. Vid fabriksmålade fönster har denna behandling utgått, varvid fogen lämnats öppen. Tidiga målningsskador har observerats vid denna fog, se exempelvis fig. 48. I något fall har fogen flyttats upp under den yttre fönsterbågen, varvid denna fungerar som avledare för fogen, se fig. 50.

Bleckets framkant har i allmänhet anslutits till elementet enligt fig. 8. Vid hus med stor slagregnsbelastning har detta utförande ej visat sig ensamt kunna hindra inträngning av vatten under blecket, se fig. 48. Stickprovsundersökningar har gett den tendensen att blecket bör anslutas så att en strypning och en omedelbart innanför denna belägen dränerad kanal erhålles. För att förhindra nedsmutsning av fasaden enligt fig. 50 kan blecket utföras så att det leder tillbaka vattnet till fasadytan. Därvid erhåller man emellertid den nackdelen att slagregnsbelastningen ökar på väggparti och fönster längre ner på väggen. Det har observerats att slagregnsbelastningen därigenom kan bli betydligt större under fönstren än vid sidan av fönstren beroende på att fönstren ej absorberar vatten i nämnvärd utsträckning.

Fönsterbleckets ändrar har anslutits på olika sätt till elementet. Det förekommer öppen eller fylld fog med eller utan infällning i elementet. Där fogen mellan bottenkarmstycke och element ej fyllts, har man istället fyllt fogen mellan bleckets ände och elementkanten, se fig. 48, 50 och 51.

7.2 Innerfog mellan vägg och fönster

Fogar mellan karm och vägg har i allmänhet drevats med otjärat drev, mineralull eller cellplast. Den inre tätningen har utförts som klämtätning mellan gipsskivan och karmen eller med täcklist av trä, se fig. 52 och 54.

7.3 Ytterfog mellan båge och karm

I de typer av inåtgående fönster som studerats består ytterfogen av en strypning och en kanal innanför denna. Fogen har varit helt eller delvis skyddad av de avledare som karm och element bildar. Vid de fönster, där läckage förekommit har i allmänhet strypningen varit ganska svag, d.v.s. springan mellan karm och båge har varit mera än 2 mm bred. Det torde vara lämpligt att strypningen göres så hård som möjligt.

Kanalens uppgift är att fånga läckvatten och leda detta till TDV-öppningarna vid karmhörn. De fångar även en viss mängd damm. I några typer av fönster har kanalen i bottenkarmstycket (drivvattenrännan) slopats. Den yttre bågen har här utformats med droppkant så att den fungerar som avledare, se fig. 50. Ytterbågens bakkant ansluter så nära som möjligt till karmen så att en strypning bildas. Bakom denna har utformats en mindre kanal genom att innerbågens hörn avfasats, se bil. 1. Tätningsskena (SIS 81 81 14) har icke använts på de undersökta husen.

7.3.1. TDV-öppningar mellan båge och karm

Erfarenheterna från denna undersökning tyder på att TDV-öppningen (6.8.4) bör placeras vid karmhörn. För fogen mellan sidostycken är detta naturligt. För bottenstycken med drivvattenränna kan det även vara en fördel beroende på strömningen i horisontell led längs fasaden. Placeras TDV-öppningen en bit från hörnet kan en ficka bildas vid karmhörn som samlar vatten. I vissa fall har detta bidragit till läckage in i rummet. Ett exempel på bristfällig dränering visas i fig. 53a och motsvarande typ av fuktskada i fig 53b. Undersökningar utförda av van As (1968 b) tyder på att dräneringsöppningar vid karmhörn ger en förbättrad funktion.

TDV-öppningarna bör vara så stora att tryckfallet över den yttre strypningen blir obetydligt, varigenom mängden läckvatten minskar. De bör dock inte vara så stora att fönstrets isoleringsförmåga äventyras.

7.4 Fog mellan ytter- och innerbåge

I de observerade fönstren har springan mellan bågarna lämnats öppen för att medge ventilation av utrymmet mellan dem. På den svenska marknaden förekommer fönster med tätningslister mellan bågarna som applicerats för att öka fönstrets värme- och ljudisoleringsförmåga samt reducera inträngningen av damm mellan rutorna. Dessa typer av fönster ingår ej i denna undersökning. Grassow (1968) visar träfönster med en kanal i fogen mellan bågarna. I flera av de observerade fönstren har en motsvarande kanal utbildats genom fasning av bågstyckenas ytterhörn vid fogen. Bil. 1.

7.5 Innerfog mellan båge och karm

Fogen mellan båge och karm är i de studerade fönstren försedd med en tätningslist placerad så nära fönstrets insida som möjligt och fästad på bågans anslagsfals. Tätningens uppgifter är i stort sett att:

täta mot drag och damm

vara så tät att tryckfallet över den yttre strypningen blir obetydligt (7.3)

hindra rumsluft att tränga ut mellan glasen och kondensera ut fukt på ytterglasets insida

isolera mot ljud och kyla

medge öppning och stängning av fönstret utan hinder eller skador.

För att tätningen skall kunna fylla dessa uppgifter kräves bl.a. att:

den i sig själv är tät och slät och kan skarvas tätt

den kan dras om hörn obruten

dess tätningsförmåga helst är progressiv så att den tätar bättre ju större det yttre övertrycket är

fästytor respektive tätytor är släta och täta (även i hörn)

den har tillräckligt stor följsamhet (spann) så att den förmår uppta måttavvikelser och deformationer i fogen utan att tätningstrycket

blir för litet eller för stort. En kurva över sambandet mellan fogbredd och kompressionskraft bör finnas för varje listtyp
sättningen är låg och återgångsförmågan efter deformation god

den är åldringsbeständig i den aktuella miljön
den är fäst på lämpligt sätt

den har någon värmeisolerande förmåga

den är indifferent till omgivningen.

Wigen (1958) har visat att den inre tätningens utförande har avgörande betydelse för fönsters lufttätthet och slagregnssäkerhet.

Dalaker (1968) har undersökt olika tätningslisters egenskaper.

Grassow (1968) har angett när tätningslistor anses nödvändiga för att uppnå erforderlig slagregnssäkerhet.

Van As (1968 a och c) visar stora skillnader i slagregnssäkerhet mellan två fönsterkonstruktioner, där den bättre bl.a. är försedd med invändig tätningslist.

I de här undersökta fönstren har den inre tätningen varit utförd med filtpackning eller skumplastlist med öppna celler och i några fall slanglist eller v-list av plast eller gummi.

Några klara skillnader i de olika listernas funktion utöver vad som redan är känt har varit svåra att observera vid fältundersökningen. Dock kan man konstatera, att en list som i sig själv icke är lufttät, t.ex. filtpackning eller en skumplastlist med öppna celler, icke kan förhindra att kondens uppträder på ytterrutans insida. Besvärande drag från fönster med otillfredsställande tätningar har rapporterats av boende.

Mot alla hittills använda typer av tätningslist kan riktas en eller annan anmärkning enligt ovanstående kravförteckning, dock synes det som vissa slang- och v-lister av gummi närmar sig en god täckning av kraven. Framtagandet av nya gummityper och ett ökande intresse från gummiindustrins sida för tätningsproblem i byggnader inger förhoppningar om att det viktiga problemet med fönsters lufttätthet skall få bättre lösningar.

7.6 Fogar mellan karmens och bågens delar

Fogarna har utförts enkeltappade med spikning eller skruvning och övermålats. Färgerna har varit olje-alkyd- eller dispersionsfärger, oftast med vitt pigment.

Läckage har i några typer av fönster förekommit genom otäta karmhörn. I något fall har drivvattenrännan fortsatt genom sidokarmstycket. Man har försökt täta hörnet med en smal sträng av plastisk fogmassa men denna har ej varit tillförlitlig.

Rörelser i fogen i karmhörnet har gjort att fogen öppnat sig och underlättat läckage. Om karmen varit hårt fastgjuten eller fogad till väggen med en hård fogsträng har detta ökat fogspringans bredd efter torkning och krympning av karmen.

Tidiga målningsskador har observerats i stor omfattning på träet vid fogarna i fönstrets nedre del. I några fall har även begynnande röta uppstått. Detta synes bero på att fogarna ej är täta. Fukt sugas in i träet, åstadkommer rörelser och frestar på färgens vidhäftning, se fig. 48 och 51. Van As (1968 c) har observerat detta fenomen.

7.7 Fog mellan ytterbåge och glas

Denna fog har utförts med kitt baserat på linolja eller en blandning av linolja och icke torkande oljor. Som fyllmedel har använts enbart krita eller krita blandad med asbestfibrer med flera fyllmedel. Kittfalsen har grundats och i några fall även färdigmålats före kittning. Glasningsskena har ej använts i någon större omfattning.

Med ledning av observerade målnings- och rötskador synes det lämpligt att:

falsen om möjligt förses med rundad yttre kant och färdigmålas före kittning

bästa möjliga kitt eller fogmassa användes. Det kan tänkas att mjuka akrylatbaserade fogmassor kan vara lämpliga

en liten kälfog lägges vid glasets insida vid bottenstycket för att skydda fogen mot kondensvatten

bottenstyckets övre yta utföres med någon lutning inåt

7.8 Fönstrens nedre hörn

De flesta läckage och skador som observerats vid fönster har inträffat vid fönstrens nedre hörn. Orsakerna till detta är flera. Vatten samlas genom direkt regnpåslag och genom horisontell och vertikal drivning på glas och längs fogar, genom stänk från fönsterbleck och genom tining av snö, som samlas vid fönstret (se fig 53b och 54). De i fönsterhörnen anslutande delarna har olika rörelseegenskaper, se TAB. 2.

Detta gör att rörelser uppstår i fogarna i huvudsak enligt TAB. 3. På grund av rörelserna öppnar sig fogarna så att fukten kan tränga in.

Det framgår av de iakttagna skadorna, att det är väl motiverat att i fortsättningen ägna stort intresse åt att lösa de fogproblem som här finns då de i många fall synes avgörande för fönstrens underhållsbehov.

7.9 Summering av synpunkter på fönsterfogar

Som en sammanfattning av synpunkter från ovanstående text om fogar i fönster har ett förslag till detaljer för ett träfönster uppritats (BIL. 1). Exempel på fönsterbleck har inritats men man kan under gynnsamma betingelser tänka sig att slopa detta. Bottenkarmstycket bör då dragas fram ett stycke över elementkanten (7.1.3.).

8. INVERKAN AV FOGSPALTENS UTFORMNING

8.1 Fogspaltens bredd

För att en massafog skall kunna ta upp elementens rörelser under tillräckligt lång tid utan att skadas fordras att fogspalten har en viss minsta bredd. Fogens breddmått på ritningar gällande rumsstora element, har ökats under den aktuella byggperioden från 6 mm via 10 mm till 14 mm eller mera med 10 mm som ett minimimått efter montage (Andersson 1969). Elementfabrikerna har ofta ställt sina formar med 3 - 5 mm mindre mått än det som angivits för elementet på ritningarna. Formarna har varit av varierande material, styvhet, krymp- och krypbenägenhet, slitstyrka och tillverkningsnoggrannhet. Monteringen har skett med varierande noggrannhet. Måttavvikelser i stommar har inverkat på monteringen. Infästningsdetaljerna har medgivit varierande ställmöjlighet. Efterjustering av för smala fogar har i några fall skett genom sågning.

Majoriteten av fogarna har enligt stickprovsmätningar bredder mellan 8 och 18 mm. Eftersom det är viktigt för fogens goda funktion att minimimåtten icke underskrides är det av värde att detta kontrolleras. Kontrollen kan utföras med tolk enligt fig.55.

De fogbredder som man normalt strävat efter i de undersökta fasaderna har varit så små att måttavvikelser av tillverkning och montage fått en stor procentuell inverkan på slutresultatet. Detta har ibland förorsakat mindre gott utseende. Detta framträder tydligast vid fogkors före fyllning av fogen, se fig. 56.

8.2 Fördjupning vid fogen

Genom att regnvatten driver på en fasad kan det samlas i fördjupningar i fasaden. Den vanligaste utformningen av fogspalten i en Allbetongfasad medför att ett dike bildas där regnvattnet kan samlas. (Bishop 1968). Detta kan ha inverkan på mängden av läckvatten i fogen. Ränder på grundmurar av vatten från vertikalfogarnas fördjupning har iakttagits, se fig. 9.

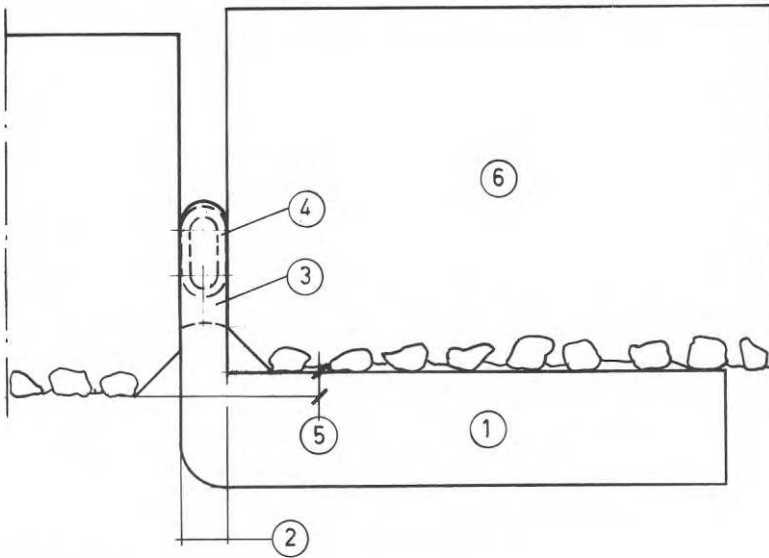


Fig. 55



Fig. 55. Tolk (1) för kontroll av att fogspaltens minimidimensioner ej underskrider. Minimibredd (2) skall innehållas. Dessutom skall plats finnas i djupled för fogmassa (3) och bottenlist (4). Bottenlisten bör vara av sådan dimension som ger litet antal dimensionsbyten. Vid tandning (5) i fogen hålles mallen mot det element (6) som ligger djupast in i fasaden.

Fig. 56. Fogkors med stora procentuella variationer mellan de anslutande fogarnas bredd. De övre elementens tunna hörn har skadats vid avformning och transport.

Fig. 57. Klumpar av kemikalier som trängt ut ur horisontalfogarna och avlagrats utanpå fogsträngen.

Fig. 55. Gauge (1) for checking that the dimension of the joint gap is not less than the minimum dimension specified. The minimum width (2) must be kept. There must also be space inwards for the jointing compound (3) and the retainer (4). Retainer strips should have such dimensions that changes in dimension can be kept as little as possible. If there is a difference in level (5) at the joint, the gauge is placed against the section (6) which is situated further in the facade.

Fig. 56. Junction of four joints. The percentage variation in width is large between adjacent joints. The thin corner of the upper section has been damaged during removal of formwork and transport.

Fig. 57. Lumps of chemicals which have migrated out of the horizontal joints and been deposited outside the run of joint.



8.3 Drevning av ytterfog

Utrymmet omedelbart innanför massafogen har ibland lämnats tomt, ibland fyllts med drevningsmaterial såsom otjärat drev eller mineralull. Avsikten med detta har varit att värmeisolera fogen samt att i viss mån stoppa läckande vatten. I något fall har det även använts som botten för fogmassan (9.3).

I några fall har detta förfarande haft till följd att läckvatten samlats i fogspalten under slagregn, speciellt i de horisontella fogarna som fungerar som en hylla för vattnet. När detta vatten sakta trängt ut genom fogen igen har det fört med sig lösta kemikalier som avlagrats på fogens utsida, (fig. 57) eller på elementen.

För att dränering av fogarna skall fungera på ett säkert sätt synes det därför lämpligt att lämna fogspalten tom i området omedelbart innanför den yttre fogsträngens botten. Värmeisolering å fogen förlägges i stället lämpligen på samma djup som värmeisoleringen i väggen (fig. 5 - 8).

8.4 Ytterfogens värmeisoleringsförmåga

Om ytterfogens värmeisoleringsförmåga är mindre än betongskivan blir risken för kondensering av fukt mot baksidan av fogsträngen större än mot baksidan av betongen och man skulle då kunna få en skadlig anhopning av fukt vid fogen. Vid studier av starkt nedkylda fasader på vilka rimfrost fallit ut kan man klart se var värmebryggorna finns i fasaden, (fig. 58).

Fördelningen av fläckarna ger ingen antydning om att värmeisoleringsförmågan skulle vara väsentligt lägre vid fogarna än i elementen.

8.5 Dränering av fogspalten

Öppningar i ytterfogar har förekommit i några fall i horisontalfog mellan grundmur och element, fig. 59. I två fall har självbildade dräneringshål observerats i vertikalfogars nedre avslutning där fogmassan av någon anledning blivit tunn, (fig. 60).



Fig. 58. Gavel av ett Allbetonghus med rimfrost och snö på fasadytan. Värmeläckor framträder vid infästningar samt intill det mindre lufttäta, vertikala fasadbandet. Inga värmeläckor kunde observeras vid fogarna mellan elementen. Fotot taget vid en lufttemperatur nära 0°C efter en tid av lägre temperatur.

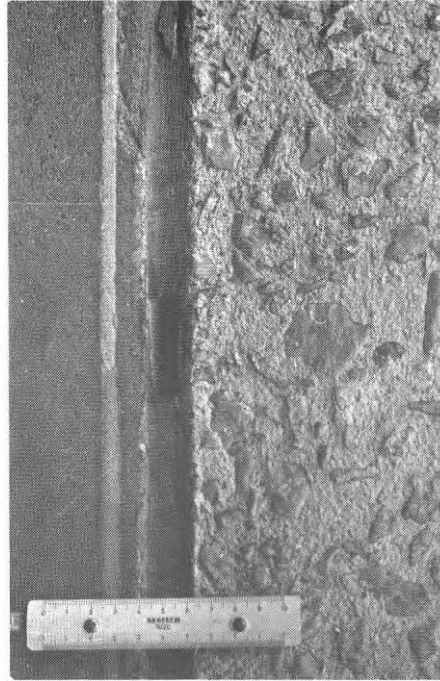


Fig. 59. TDV-öppning i horisontalfog mellan fasadelement och grundmur med huvuduppgift att dränera fogen.

Fig. 60. Självbildat dräneringshål vid vertikalfogs nedre avslutning. Fogmassan har vid läggningen blivit tunn vid botteningslistens avslutning, varför den så småningom brustit. Botteningslistan var här torr. Vid några övriga motsvarande punkter i samma fasad var den fuktig.

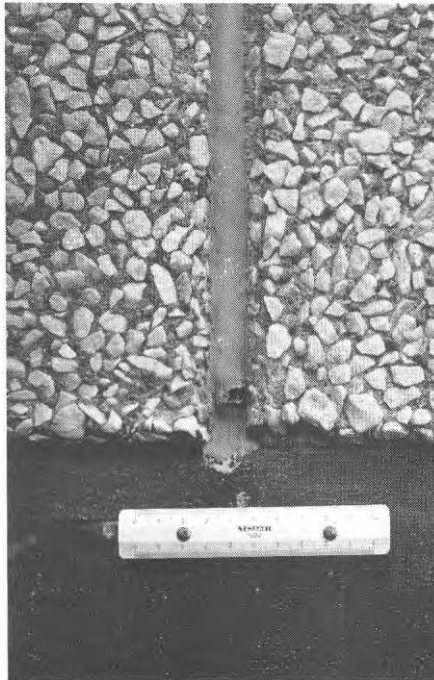


Fig. 61. Öppen, lutande horisontalfog mellan fasadelement av betong. Vid infästningarna har fogen utförts horisontell (1).

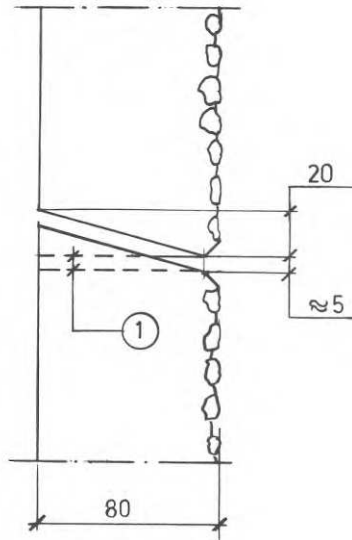


Fig. 61

Fig. 58. End face of an »Allbetong» building with hoar frost and snow on the surface. There is heat leakage at the points of fixing and next to the vertical joint which is less imperious to air. No heat leakage could be found between the sections at the joints. The photograph was taken at an air temperature of about 0°C after a period of lower temperature.

Fig. 59. TDV opening in horizontal joint between facade section and basement wall with the principal duty of draining the joint.

Fig. 60. Natural formation of drainage hole at the bottom end of a vertical joint. When being laid, the depth of compound at the end of the retainer strip tapered off and gradually became perforated. The retainer strip was dry at this point, while at some other similar points along the facade it was wet.

Fig. 61. Open inclined horizontal joint between concrete facade sections. At the points of fixity (1) the joint was run horizontally.

För att undvika inträngning av vatten och olämpligt mycket luft samt insekter kan dräneringsöppningar i vertikalfogar lämpligen utformas med rör (fig. 46).

I något fall har dräneringsöppningar upptagits i efterhand för att släppa ut vatten (3.4).

8.6 Öppen horisontell ytterfog

I ett av de studerade husen med en höjd av 16 våningar har den horisontella fogen mellan elementen utförts med en smal, öppen fogspalt med lutning enligt fig. 61. Vid infästningarna har dock fogspalten utförts horisontell. Innanför elementen finns en dränerande luftspalt. Isoleringen är av absorberande typ, stenull respektive lättbetong.

Invändigt skydd mot drag har utförts med remsor av porös träfiberplatta vid stomme och hårfiltmatta vid fönster. Särskilda friskluftsintag har anordnats vid fönster. Enligt uppgift har inga invändiga fuktskador rapporterats i detta hus. Fogöppningens inverkan på väggens värmeisoleringsförmåga har inte studerats.

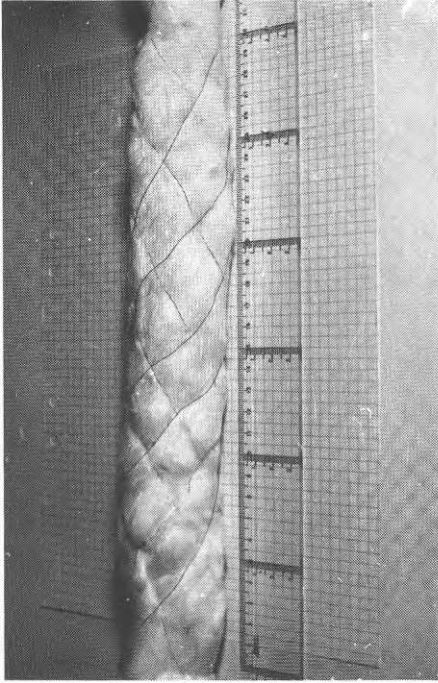


Fig. 62. Glasullsnöre som i några fall använts som bottningslist för plastisk fogmassa. Snöret är armerat med ståltråd och fungerar även som värmeisolerande drevning.

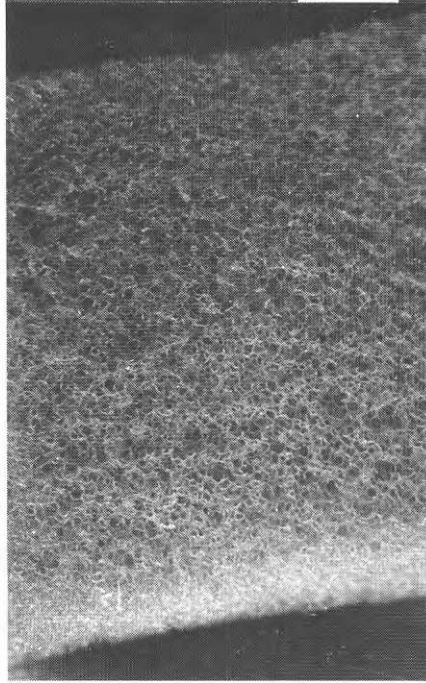


Fig. 63. Närbild av bottningslist av polyeten med öppen struktur.

Fig. 64. Närbild av bottningslist av polyeten med stor andel slutna celler.

Fig. 65. Bottningslist av styrenbutadiengummi eller etenpropengummi med hud (1) och slutna celler (2).

Fig. 66. Horisontalfog mellan sandwichelement i en ekonomibyggnad. Elementkanterna har frostsadats. Bottningslisten är av polyeten med öppen struktur. Betongen är något porös.



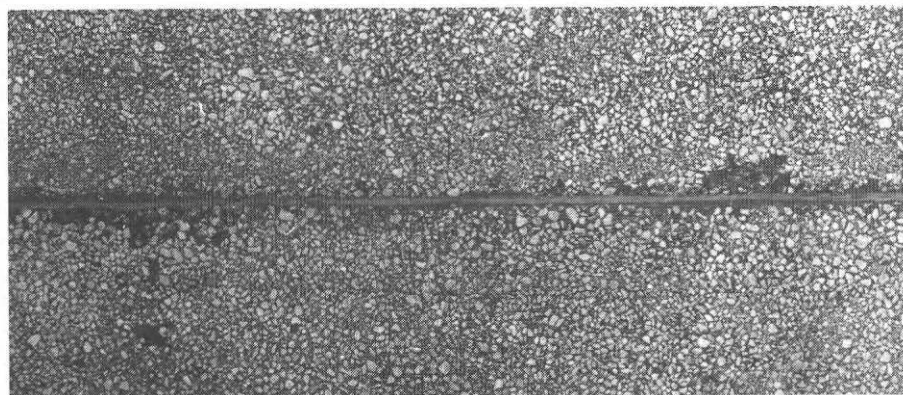
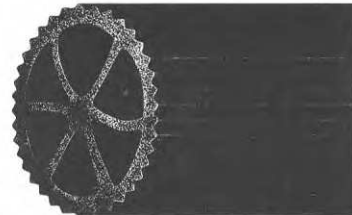
Fig. 62. Glass wool yarn used in some cases as a retainer strip for plastic jointing compound. The yarn is reinforced with a steel wire and also acts as weather stripping to provide thermal insulation.

Fig. 63. Close-up of polyethylene retainer strip with an open structure.

Fig. 64. Close-up of polyethylene retainer strip with a large proportion of closed cells.

Fig. 65. Retainer strip of styrene butadiene rubber or ethylene propylene rubber with skin (1) and closed cells (2).

Fig. 66. Horizontal joint between sandwich units in a farm building. The edges of the sections have been damaged by frost. The retainer strip is of open-structure polyethylene. The concrete is somewhat porous.



9. INVERKAN AV BOTTNINGENS EGENSKAPER

Olika typer av bottning för fogsträngar har observerats, se TAB. 4 och fig. 62 - 65 samt 11. Av dessa har plastlister och gummislangar med slutna celler och hud på senare tid varit dominerande. Under åren 1969 - 70 har en gummislang av etenpropengummi börjat användas. I enstaka fall har snören, tillverkade av fogmassor på basis av oljor och polyisobutylene använts som bottning i kälfogar.

Bottningens vattenupptagning har visat sig kunna ha skadlig inverkan på fogen. Hud på bottningslister är förmånligt. Hårt packade lösa bottningsmaterial kan trycka ut mjuka fogsträngar. Bottningslisters reologiska egenskaper har inverkan på fogens funktion. Gasläckage från bottningslister säges ha påverkat fogmassan. Bottningslisterna måste monteras försiktigt och noggrannt.

9.1 Bottningens fuktabsorption

Enligt Lorenzen (1968) har konstaterats frostsador i elementkanter vid fogar. Vid denna undersökning har påträffats ett fall med sådan frostsprängning i horisontalfogar mellan sandwichelement i en ekonomibygnad, se fig. 66. I båda fallen har bottningslistan varit utförd av fuktsugande material. Elementen som visas i fig. 66 har stavvibrerad betong. Betongens porositet kan ha bidragit till frostsadorna i detta fall.

På grund av att vissa fogmassor är känsliga för alkaliskt vatten kan en fuktbemängd bottningslist bidra starkt till att fogmassan försämras genom att den under stora delar av året upprätthåller en våt alkalisk miljö i fogspalten. I ett fall med läckande elementkanter och bottningslist av öppen skumplast har starka tendenser till nedbrytning av en akrylatbaserad fogmassa konstaterats. Det är att förmoda att även andra fogmassor påverkas negativt av en sådan miljö.

Vid laboratorieprovningar av polysulfidbaserade fogmassor har de flesta massorna på den svenska marknaden uppvisat en försämrad vidhäftning mot betong efter lagring i alkaliskt vatten. Eftersom orsakerna till bristande vidhäftning kan vara flera har det ej varit möjligt att vid fältundersökning klart kunnat konstatera något samband med bottningslistens vattenupptagning.

Material	Celler	Yta	Tvärsnitt
Otjärat drev	-	Fibrig	Ej förformat
Stenull	-	Fibrig	Ej förformat
Glasull	-	Fibrig	Cirkulärt
Polyeten	Öppna	Oskyddad	Kvadratisk eller cirkulärt
Polyeten	Slutna och öppna	Hud	Cirkulärt
Naturgummi Styrenbutadien- gummi Kloropren- gummi och blandningar	Öppna eller slutna eller båda eller inga	Hud	Cirkulärt Cirkulärslang Slang med ekrar

TAB 4.

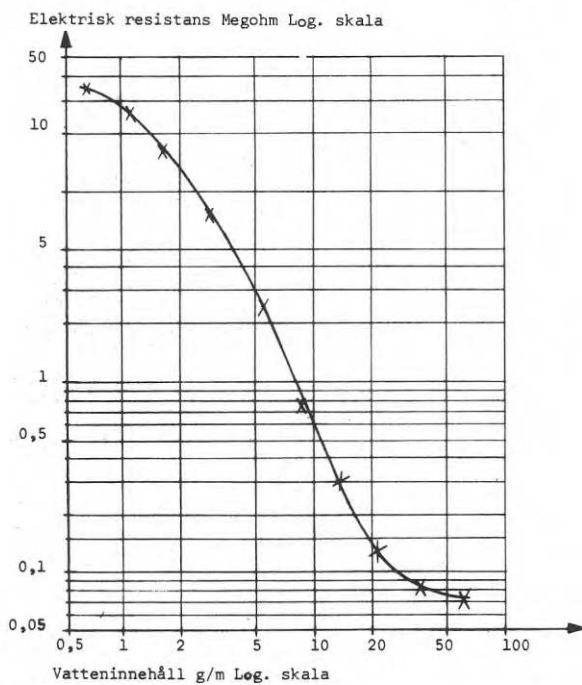
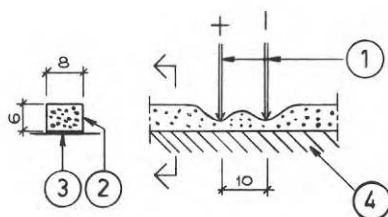


Fig. 67

Tab. 4. Observerade typer av bottening för yttre fogsträng.

Fig. 67. Tendenskurva för sambandet mellan elektrisk resistans och fukttinnehåll hos en fönstertättningslist av skumplast med öppna celler, mätt enligt figuren med Kamoden Multitester modell 370 – WRT.

1 = Mätspetsar
2 = Polyetenskumplast med öppna celler
3 = Adhesiv och skyddspapper
4 = Isolerande underlag.

Tab. 4. The investigated types of retainer strip which are used in external joints.

Fig. 67. Curve showing relation between electrical resistance and moisture content for an open-cell foamed plastic weather strip for windows, measured according to the Figure by means of the Kamoden Multitester Model 370 – WRT.

1 = measuring probes
2 = open-cell polyethylene foamed plastic
3 = adhesive and protective paper
4 = insulating substrate.

9.1.1. Konstaterande av fukt i eller omkring bottningen

Det har visat sig omöjligt att förutsäga om vatten finns innanför fogmassan enbart genom att studera fasadytan. Som ett alternativ till öppning av fogen har en metod utarbetats att på elektrisk väg avslöja fukt.

För ändamålet anskaffades ett elektriskt mätinstrument typ Kamoden Multitester modell 370 - WRT med 5 st mätområden för elektrisk resistens. Instrumentets mätspetsar vässades och sammansattes till en mätsond. Avståndet mellan spetsarna var 10 mm. Instrumentet kalibrerades mot en 6 x 8 mm fönstertättningslist av polyetenskumplast vars vatteninnehåll konstaterades genom vägning. Listen var under kalibreringen upplagd på isolerande underlag. Resultatet framgår av fig. 67. Mätanordningen visade sig reagera för mycket små fuktmängder. Genom att sticka mätsonden genom fogmassan och avläsa resistensen kan man konstatera om fukt finns i området närmast bakom massan.

De fogmassor som påträffats är i torrt tillstånd isolerande. Samma gäller bottningslisterna med ett undantag för en mera sällan använd slang av massivt gummi.

9.2 Bottningslistens hud

Av naturliga skäl inses att en tät hud på en bottningslist kan hindra att listen tar upp vatten. Stickprov med plastlister utan hud och gummilister med otät hud visar en betydande förmåga att ta upp vatten om cellerna är öppna.

En bottningslist med tät hud torde även kunna bidra till att bottningslisten kan fungera som tätning. Den kan öka tätningsdjupet. (fig. 37) och dessutom kan den fungera som reservtätning om det uppstår hål eller släppor i fogmassan, (fig. 94).

Huden har även betydelse om bottningslisten skall fungera som provisorisk tätning. Dessutom har den betydelse för fogmassans vidhäftning vid listen, (fig. 96).

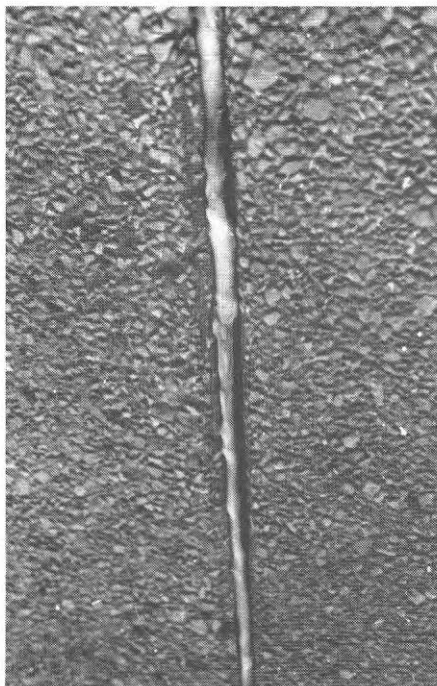


Fig. 68. Släppor i fog med plastisk oljebaserad fogmassa. Den hårt packade stenullen som utgör bottning har expanderat och tryckt ut fogmassan. I släpporna har bildats moss. Jfr Fig. 69.

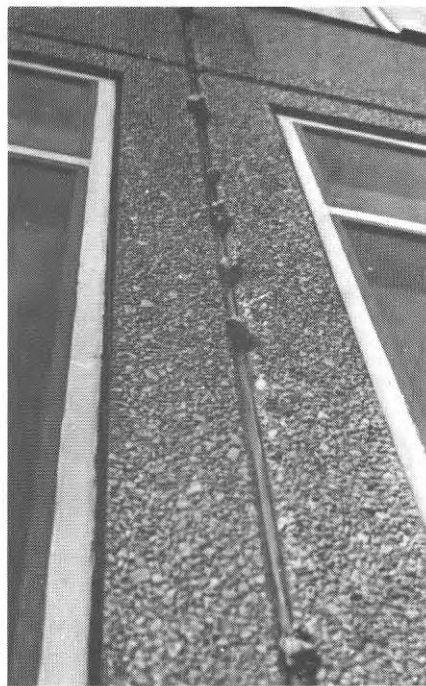


Fig. 69. Samma fogtyp som i Fig. 68 men i solbelyst fasad. Fogmassan har runnit ut genom hå i skinnet och bildat klumpar på fogen.

Fig. 70. Framsidan av ett fogstycke med plastisk fogmassa har belagts med ett tunt färgskikt och påstämplats ett mönster med 1 mm rutor. Bilden visar att töjningen i fogmassan har fördelats ojämnt, särskilt i den hälft som är närmast plåten. Bottningslisten ligger kvar vid betongen, jfr Fig. 71.

Fig. 71. Samma provstycke som i Fig. 70 sett från undersidan.

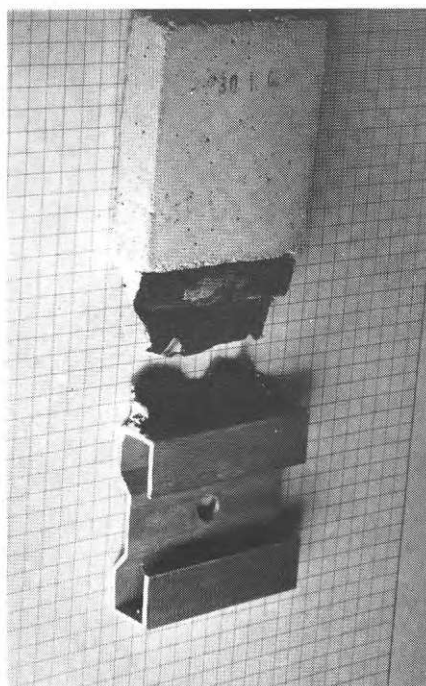


Fig. 68. Sags in joint containing plastic compound with an oil base. The highly compressed mineral wool used as retainer strip has expanded and extruded the jointing compound. Moss has grown in the sags. See also Fig. 69.

Fig. 69. The same type of joint as in Fig. 68 but in a facade exposed to the sun. The jointing compound has run out through holes in the skin and formed lumps on the joint.

Fig. 70. Front view of a section of joint with plastic jointing compound laid on a hard retainer strip. The jointing compound has been given a thin coat of paint and been stamped with a pattern consisting of 1 mm squares. The photograph shows that distribution of strain in the compound has been uneven, particularly in the half nearest the sheet. The retainer strip remains next to the concrete, see also Fig. 71.

Fig. 71. The same test specimen as in Fig. 70, viewed from underneath.



9.3 Packningsgraden hos lösa bottningsmaterial

I ett fall där hårt packad lös stenull använts som bottning för en oljebaserad skinnbildande fogmassa har skador observerats enligt fig. 68 och 69. Skadorna enligt fig. 68 synes ha uppkommit så att mineralullen långsamt har expanderat och tryckt ut fogsträngen så att den släppt från fogkanten. I den exponerade ytan av stenullen har bildats mossor. Skadorna enligt fig. 69 förekommer i huvudsak på solbelysta fasader. Det tjockare skinn som här har bildats synes ha spruckit dels på grund av den rörelse som finns i fogen, dels på grund av det tryck som stenullen utövar. Detta tryck har medfört att den på grund av soluppvärmningen relativt lättflytande fogmassan har runnit ut genom hålen i skinet och bildat klumpar.

9.4 Bottningslistens reologiska egenskaper

Om bottningslisten är elastisk (TAB.1) kan man räkna med att den ligger an mot fogkanterna. Detta är en förutsättning för att den skall kunna bidra till en ökning av tätningsdjupet i rörelsefogar.

Om bottningslisten skall användas som provisorisk tätning är det nödvändigt att den har en begränsad relaxation så att den under tillräckligt lång tid utövar en tillräckligt stor kraft på fogkanterna. Detta är ett villkor för att den skall sitta kvar och tjänstgöra som tätning.

För att kunna avgöra vid vilka fogbredder en viss dimension av en bottningslist är lämplig fordras bl.a. att man äger kännedom om det samband mellan fogbredd och kompressionskraft som gäller för listen. Sådana samband har hittills varit ofullständigt klarlagda.

Att helt hindra vidhäftning mellan fogmassa och bottningslist synes i de flesta fall vara svårt och olämpligt. Därför är det av betydelse att listen i en rörelsefog ej har så stort deformationsmotstånd att den hindrar eller starkt försvårar en lämplig fördelning av töjningen i fogmassan. En av bottningslistens viktigaste uppgifter är just att möjliggöra en sådan fördelning. I fig. 70 och 71 visas en bit av en fog, bestående av tunn plastisk fogmassa och en bottningslist av gummi med stort deformationsmotstånd.



Fig. 72. Brott i svart akrylbase-rad, plastisk fogmassa. Brottet har skett i den relativt tunna fogmassan vid en skarv i botteningslisten, som består av polyeten med öppen struktur. Listan har troligen sträckts vid inläggningen. Krympning i fogmassan kan möjligen ha bidragit. Fogmassans yta är knottig. Fotot taget i fasad mot väster efter 2 år.

Fig. 73. Mall för kontroll av botteningslistens läge i djupled. Vid tandning i fogen (2) läggs mallen (1) mot det element som ligger djupast in i fasaden (3). Mallen kan även användas för kontroll av att minimifogbredden ej underskrides.

Fig. 74. Orsaker till behov av grundning.

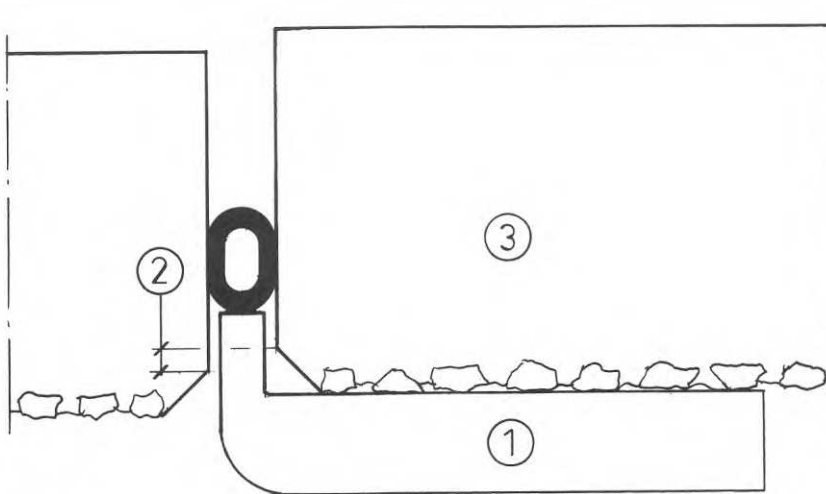


Fig. 73

Fig. 72. Failure of black plastic compound with an acrylate base. Failure occurred in the relatively thin compound over a joint in the retainer strip which consists of open-structure polyethylene. It is probable that the strip was stretched when inserted, and shrinkage in the jointing compound has also probably contributed to failure. The surface of the compound is rough. The photograph was taken on a westerly facade after 2 years.

Fig. 73. Gauge for checking the position of the retainer strip inside the gap. When there is a difference in level (2) between the sections, the gauge is laid against the section (3) which is situated deeper. The gauge can also be used to check that the width of the gap is not less than the minimum dimension specified.

Fig. 74. Reasons why priming is necessary.

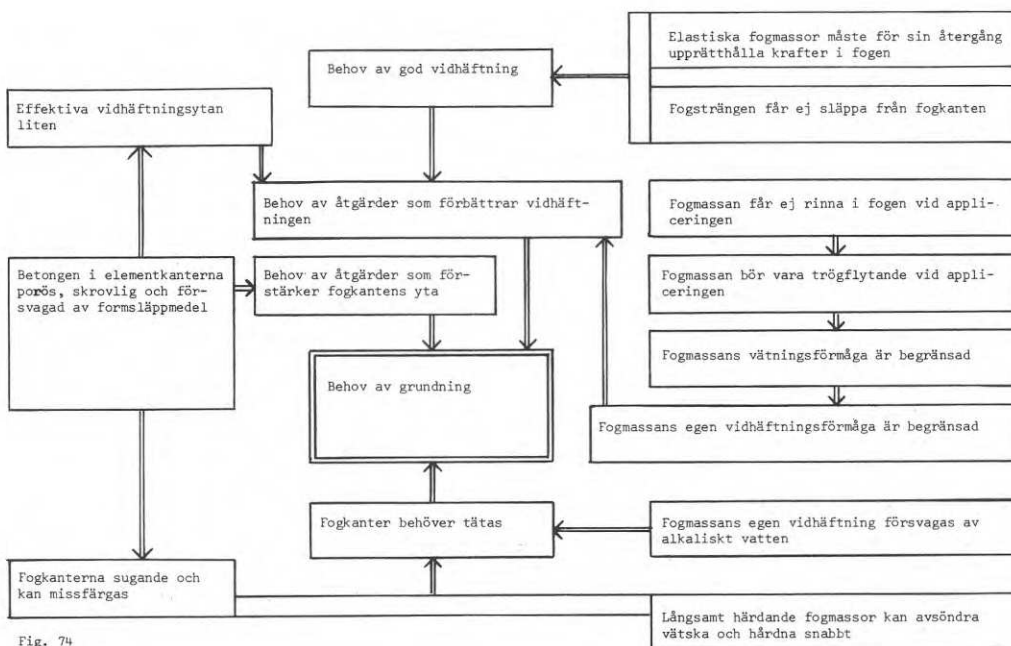


Fig. 74

Fogmassan har belagts med ett tunt färgskikt och påstämplats ett mönster av rutor med 1 mm sida.

Den plastiska fogmassans bristande förmåga att fördela töjning har ytterligare förstärkts av bottningslisten som stannat kvar vid en av fogkanterna.

Vid inläggning av bottningslist kan det ibland vara svårt att hindra att listen töjes något. Vid måttlig friktion mot fogkanterna och lågt töjmotstånd hos fogmassan återgår listan efter hand mot sin ursprungliga längd. Detta har i vissa fall medfört brott i fogmassor med god vidhäftning mot listen, se fig. 72.

9.5 Blödning från bottningslist

Fisher (1968) anger att risk finns för missfärgning av fogmassan vid användning av bottningslister av butyl- och kloroprengummi. Rapporter från svenska fogmasseleverantörer antyder att även andra gummisorter i vissa fall kan föranleda missfärgning av fogmassan.

9.6 Gasläckage från bottningslistens celler

Om en massiv list med slutna celler utsätts för en yttre belastning eller uppvärms bildas ett övertryck i listens celler. Om cellväggarna eller huden ej är täta avger listen då gas som passerar ut genom listens mantelyta. Enligt rapporter från fog-fackmän har det inträffat fall där gas enligt uppgift trängt ut i nylagd, ohärdad fogmassa och orsakat blåsbildning i denna. Bottningslisten som var av polyeten hade enligt uppgift erhållit skador vid monteringen, som utförts med skarpkantad stålspackel. (Fisher 1968).

9.7 Monteringsverktyg för bottningslist

Skarpkantad stålspackel kan åstadkomma skador på bottningslisten med läckor som följd och bör således undvikas. Med hjälp av en mall kan man kontrollera att bottningslisten monterats på rätt djup i fogen, se fig. 73. Fältundersökningen ger vid handen att fogdjupet kan variera kraftigt på en och samma byggnad. (11.6, 11.14.4).

10. INVERKAN AV GRUNDNING

För de elastiska fogmassorna krävs i allmänhet en grundning av betongen i fogkanterna för att förbättra vidhäftningen. För de oljebaserade skinnbildande fogmassorna kan det ibland vara nödvändigt att grunda fogkanterna för att förhindra att olja suggs upp av fogkanterna i likhet med vad som sker vid kittning av fönster. En översikt av de viktigaste skälen till grundning ges i fig. 74.

10.1 Primertyper

De på den svenska marknaden förekommande typerna av primers för polysulfidbaserade fogmassor är vanligen lacker baserade på klorkantschuk eller polyuretaner (Nylén 1968). Volymtorrhalt varierar enligt uppgift mellan 18 och 45 %. (Engström 1969).

Antalet komponenter i primern är antingen en eller två. De är avsedda att appliceras med pensel men kan ha olika viskositet. I allmänhet föreskrives primerbehandling endast en gång. Användbarhetstid och torktid varierar med olika typ och olika arbetstemperatur. Missfärgning kan förekomma av primer på betong. Primern kan visa olika vidhäftning på olika typer av bottningslister.

10.2 Kemisk förankring mellan fogmassa och primer

Om primern och fogmassan innehåller ämnen som har benägenhet att reagera med varandra skapas förutsättningar för en kemisk förankring mellan dem. Detta anses förbättra vidhäftningen.

10.3 Primerns volymtorrhalt och skiktthjocklek

Fältundersöknigen ger vid handen att vissa fogmasse-primersystem ger mera släppor än andra. Enstaka vidhäftningsprov på laboratorium ger en tendens för att tunt primerskikt ger sämre vidhäftning än ett tjockare. Andra stickprovsundersökningar visar en tendens till bättre vidhäftning hos system med primer med hög volymtorrhalt vid provning efter lagring i kalkvatten. Det är att förmoda att en hög torrhalt innebär att det färdiga primerskiktet blir tjockare. Det fyller porerna i betongen bättre, tätar bättre och ger en slätare yta för fogmassan att häfta mot. Exempel på släppning i en fog med mjuk polysulfidbaserad fogmassa visas i fig. 75.

10.4 Antalet komponenter i primern

Från fogentreprenörer har uttalats önskemål om att primern skall vara färdigblandad när den levereras. Om primern består av en komponent undviks risken med felaktig blandning.

10.5 Primerns viskositet

En högre viskositet (trögflutenhet) kan medge att tjockare skikt av primer kan appliceras i en strykning. Den kan dock vara svårare att stryka ut och dess penetrations- och vätningsförmåga kan reduceras så att vidhäftningen mot betongen kan påverkas. Några nackdelar härav har denna undersökning dock icke kunnat påvisa.

10.6 Primerns härdning

Stickprovsundersökningar med primer av härdande typ tyder på att det skulle vara förmånligt för vidhäftningen mellan fogsträng och elementkant om fogningen sker mot torr men ej fullt härdad primer. Man skulle således för sådana typer av primer kunna ange en tidsperiod inom vilken fogning bör ske, ett fogningsintervall, se fig. 76. Eftersom kemiska processers hastighet påverkas av temperaturen måste denna tas i beaktande. Vid temperatur omkring + 20°C synes de vanliga primertyperna ha ett fogningsintervall på några timmar.

10.7 Primerns färg

Påfrestningarna i fogen har visat en tendens att vara stora vid kanterna ute vid fasadytan och det är därför särskilt viktigt att man grundar där. Därvid kan man knappast undvika att man grundar mindre ytor som sedan kommer att vara synliga. Det är därför ett önskemål att primerna är färglösa. Mindre missfärgningar har påträffats under fältundersökningen. Det kan å andra sidan vara en fördel ur kontrollsynpunkt om primern ger någon liten förändring av ytan på betongen.

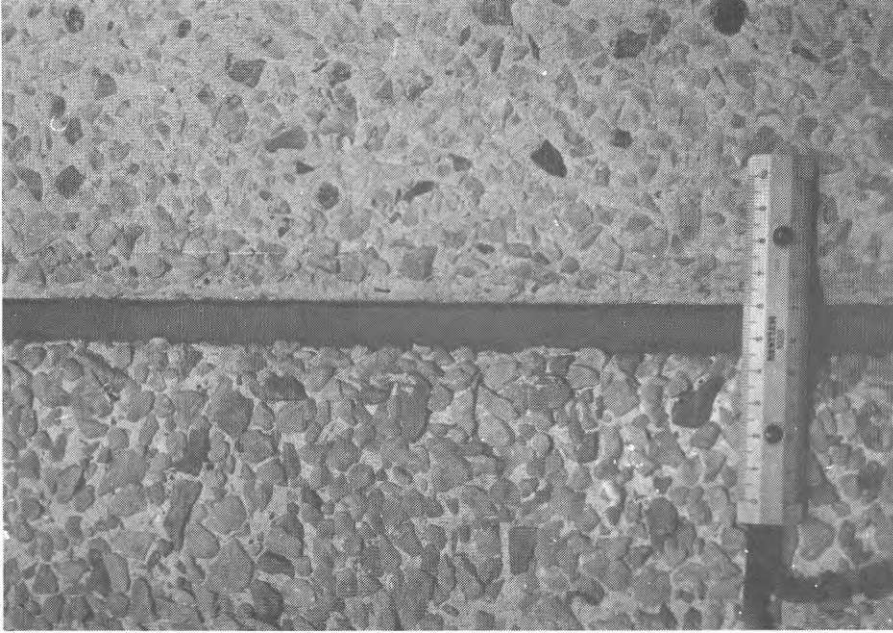


Fig. 75. Exempel på släppor i fog med mjuk, polysulfidbaserad fogmassa. För att undvika sådana skador fordras ett primersystem med stor säkerhetsfaktor och ett noggrant arbetsutförande.

Fig. 76. Primerns fogningsintervall.

1. Härdningen påbörjas
2. Maximal lämplig härdningsgrad
3. Primern torr
4. Antagen härdningskurva vid hög temperatur
5. Antagen härdningskurva vid låg temperatur
6. Fogningsintervall vid hög temperatur
7. Fogningsintervall vid låg temperatur.

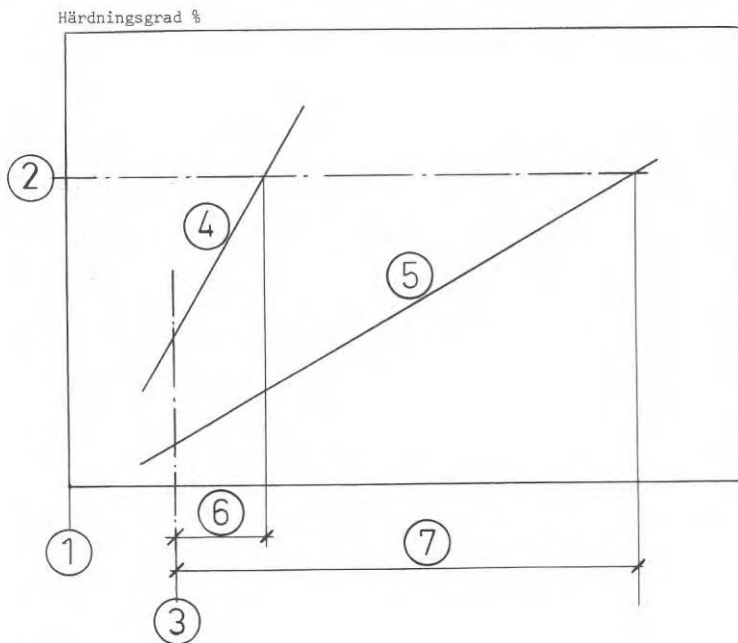


Fig 76

Fig. 75. Examples of sags in joint with a soft jointing compound with a polysulphide base. A primer system with a high factor of safety and careful workmanship are required in order to prevent damage of this nature.

Fig. 76. Jointing intervals for a primer.

1. Hardening begins
2. Maximum suitable degree of hardening
3. Primer dry
4. Assumed hardening curve at a high temperature
5. Assumed hardening curve at a low temperature
6. Jointing interval at a high temperature
7. Jointing interval at a low temperature.

10.8 Primerns vidhäftning mot bottningen

Belastningsförsöken enligt fig. 95 och 96 ger en antydning om att bottningslistan kan samverka med fogmassan för att försvåra uppkomsten av skarpa veck i fogsträngen av knäckning vid minskande färgbredd. Detta förutsätter vidhäftning mellan bottningslist och fogmassa. Så var också fallet i fig. 96 i fogens mittparti. I fogens sidopartier hindrades vidhäftningen genom att den där applicerade primern fungerar som släppmedel mot gummilisten. Det torde vara av värde att klarlägga olika primertypers vidhäftning mot olika förekommande underlag.

10.9 Övriga egenskaper hos primern

En förutsättning för att vidhäftningsbrott ej skall inträffa är att primerns hållfasthet är större än fogmassans. I ett fall där fogning med elastisk fogmassa skett mot fönsterkarmar, målade med emulsionsfärg kan färgen misstänkas ha brustit och bidragit till uppkomst av släppor (fig. 47).

Primern bör vara beständig mot alkaliskt vatten.

10.10 Arbetets utförande vid grundning

Kvaliteten hos arbetsutförandet torde i allmänhet ha haft större inflytande på vidhäftningshållfastheten än på fogmassans egen hållfasthet. Det kan därför vara motiverat att vid formuleringen av ett vidhäftningssystem använda en större säkerhetsfaktor för vidhäftningssystemet än för fogmassans kohesionshållfasthet.

11. INVERKAN AV FOGMASSAN

Som yttre fogsträng har på de observerade husen använts fogmassor. Motiven för detta har i huvudsak varit följande:

De är i sig själv täta och sluter tätt mot fogkanter även sådana med grunda ojämnheter. De ger en skarvfri lufttätning.

De sitter i allmänhet fast i fogen utan särskilda åtgärder (förutom grundning).

De anpassar sig automatiskt till den vid fogningen befintliga fogbredden. Detta medför måttliga precisionskostnader för tillverkning och montage av element och fönster.

Elementkanterna kan ges en enkel och robust utformning vilket förenklar formsättning, avformning, lagring och transport och minskar skador.

De kan fås i ett flertal färger. Med lämpligt färgval kan de mildra den negativa verkan av måttavvikelser i fogen.

Enstaka försök har företagits med foglister istället för fogmassa. Under de sista två åren har viss fogning börjat ske med lister i vertikala fogar. Erfarenheterna av detta är hittills oklara och starkt varierande, men utvecklingen på detta område fortsätter.

11.1 Fogmassetyper

De fogmassor som huvudsakligen har använts i de observerade fasaderna har varit:

Olje-, syntetharts- eller polyisobutylbaserade, skinnbildande, plastiska.

Akrylatbaserade, plastiska.

Polysulfidbaserade, elastiska.

Fogmassor på basis av bitumen, butyl-, uretan- eller silikongummi har hittills icke använts i nämnvärd omfattning.

Cementbruk har använts där nämnvärda rörelser icke förekommer. Olika slags kitt har använts vid glas i fönster (se 7.7). Lister eller snören formade av plastiska fogmassor har ej använts i nämnvärd omfattning.

11.2 Fogmassans kemiska sammansättning

Rikedomen på olika råmaterial till kitt, plaster och elaster gör att marknaden har försetts med fogmassor med starkt varierande sammansättning. (Perstorpsboken 1968, Gummiteknisk Handbok 1967, Damusis 1967). Den kemiska sammansättningen påverkar egenskaperna i avgörande grad. (Bieneman 1967, Higgins 1967, Faud 1967, Cook 1967).

På grund av den snabba utvecklingen inom polymerteknologin och de ökade kunskaperna om sambandet mellan polymerernas sammansättning och egenskaper kan man förvänta sig att nya fogmassor med förbättrade egenskaper kommer att tillföras marknaden efterhand. (Palmgren 1967, Schröderheim 1968).

De skinnbildande fogmassornas beståndsdelar samt dessas viktigaste funktioner framgår av TAB. 5. Akrylat- och polysulfidbaserade fogmassors egenskaper beror till stor del på baspolymerens egenskaper. Dessutom medverkar fyllmedel, pigment, mjukgörare, härdningsmedel och lösningsmedel.

11.3 Vätskor i fogmassan

Särskilt de plastiska fogmassornas egenskaper är i hög grad beroende av de vätskor de innehåller, men även de elastiska påverkas i viss mån (Gustavsson 1960 och 1962 samt Walter 1968 a), Vätskorna tjänstgör som bindemedel och häftmedel och gör fogmassan mjuk. Tillsats av lättflytande vätskor förbättrar applicerbarheten och vätningen och därmed indirekt vidhäftningen. Vissa oljor oxideras av luften och ger fogmassan en hud som skyddar mot ytterligare påverkan från luften.

Beståndsdel	Huvudsaklig funktion
Torkande oljor (växtoljor)	Binder, mjukgör, bildar skinn, häftar
Härdningsmedel	Påskyndar skinnbildningen
Icke torkande oljor	
Petroleumvaxer	Binder, mjukgör
Alkyder och andra syntetiska hartser	Binder, mjukgör, påverkar beständighet och utseende
Polyisobutylen	Binder, klibbar
Lösningsmedel	Reglerar konsistensen
Krita, kiselgur, talk, metallbronser, färgpigment m.m.	Fyller, stabiliserar, ger färg, skyddar mot ljus
Asbestfibrer	Fyller, stabiliserar, armerar

Tab. 5. Beståndsdelar i olje-, syntetharts- och polyisobutylenerbaserade plastiska fogmassor och deras huvudsakliga funktion.

Fig. 77. Konsekvenser av fogmassans eventuella innehåll av olämplig vätska.

Tab. 5. Constituents in plastic jointing compounds based on oil, synthetic resins and polyisobutylene, and their main function.

Fig. 77. Consequences due to the jointing compound containing an unsuitable liquid.

TAB 5.

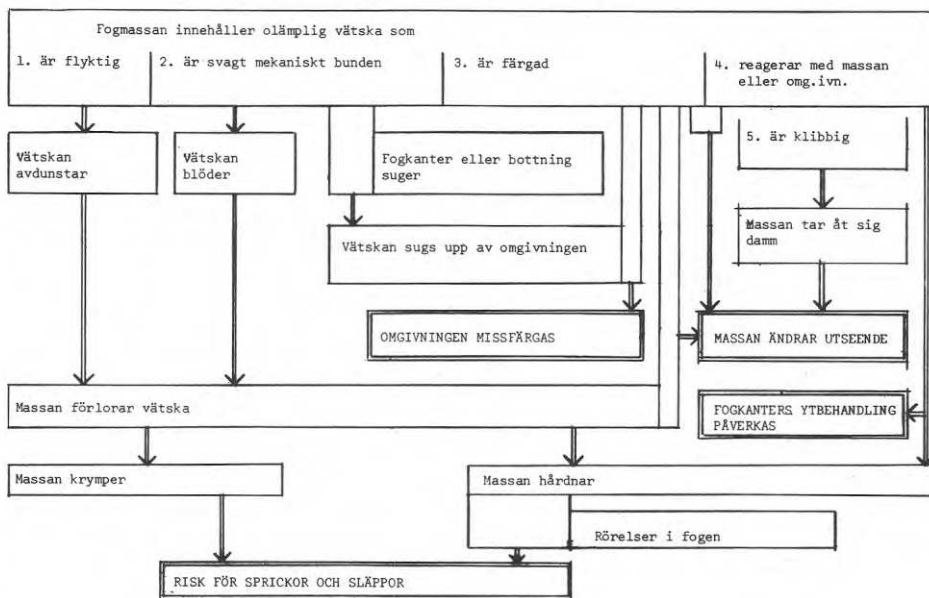


Fig. 77

De nämnda författarna redovisar också risker med olämpliga vätskor i fogmassan.

Sammanställes dessa med de erfarenheter som inrapporterats under undersökningens gång fås ett sambandsschema enligt fig. 77.

De konsekvenser som framträdde tydligast under fältundersökningen var sprickor och därefter släppor. Även krakelering förekom. Typiska exempel på skador framgår av fig. 78, 79, 80 och 81.

11.4 Skinnets bildningshastighet och tjocklek

Vid fältundersökningen har påträffats oljebaserade, skinnbildande fogmassor med både hög och låg skinnbildningshastighet. I några fall hade fogmassan ännu efter flera år (i ett fall efter 12 år, se fig. 82) i fogar med måttlig rörelse ett skinn som var mindre än en millimeter tjockt. I andra fall hade fogmassan hårdnat i hela sitt djup och spruckit (se fig. 79).

11.5 Skinnets seghet

Vid iakttagelser av fogar lagda med skinnbildande fogmassor har det framkommit en skillnad i fråga om skinnets förmåga att ta upp rörelse, d.v.s. skinn av olika slag har olika brottöjning, fig. 83 visar en fog med segt skinn. När man trycker på fogen med ett finger spricker skinnet först vid ganska stor töjning. Denna egenskap synes vara mycket viktig.

11.6 Fogmassans djupmått

Vid fogning med skinnbildande fogmassor där skinnet kan spricka av rörelse i fogens breddled kan fogdjupet ha betydelse för livslängden på så sätt att nytt skinn kan återbildas kring sprickorna efter hand som de uppstår tills sprickan har gått helt igenom fogsträngen. För jämförelse mellan olika rektangulära och triangulära fogtvärsnitt kan då möjligen som ett jämförelsetal användas den i fogtvärsnittet inskrivna cirkelns diameter.

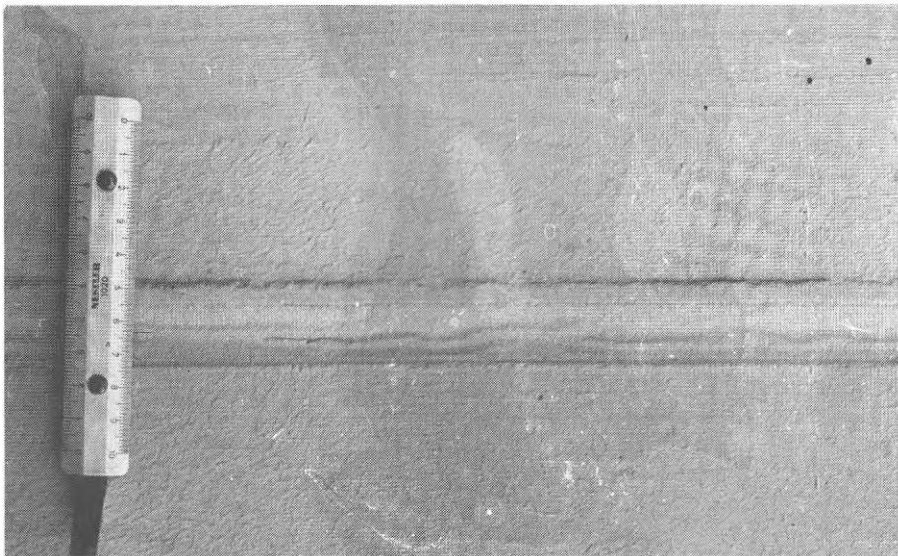


Fig. 78. Fog med oljebaserad fogmassa efter 11 år i fog med rörelse i fogens längdriktning (sättning). Fogmassan har här hårdnat betydligt. Skinet har veckats. Vinkelrätt mot vecken har sprickor uppstått.

Fig. 79. Vertikalfog med fogmassa och horisontalfog utan rörelse med cementbruk. Den oljebaserade fogmassan har efter hand spruckit och hårdnat helt igenom.

Fig. 80. Fogkors i gavel mot söder efter 9 år. Vertikalfogen mellan de nedre elementen är fogad med polysulfidbaserad elastisk fogmassa, de övriga med oljebaserad, skinnbildande massa. I den senare har oregelbundna sprickor bildats.



Fig. 78. A joint containing an oil-based compound after 11 years movement in the longitudinal direction of the joint (settlement). The jointing compound has dried considerably, a skin has formed and there are cracks at right angles to the folds.

Fig. 79. Vertical joint with jointing compound and no-movement horizontal joint with cement mortar. After a time, the oil-based jointing compound cracked and dried completely.

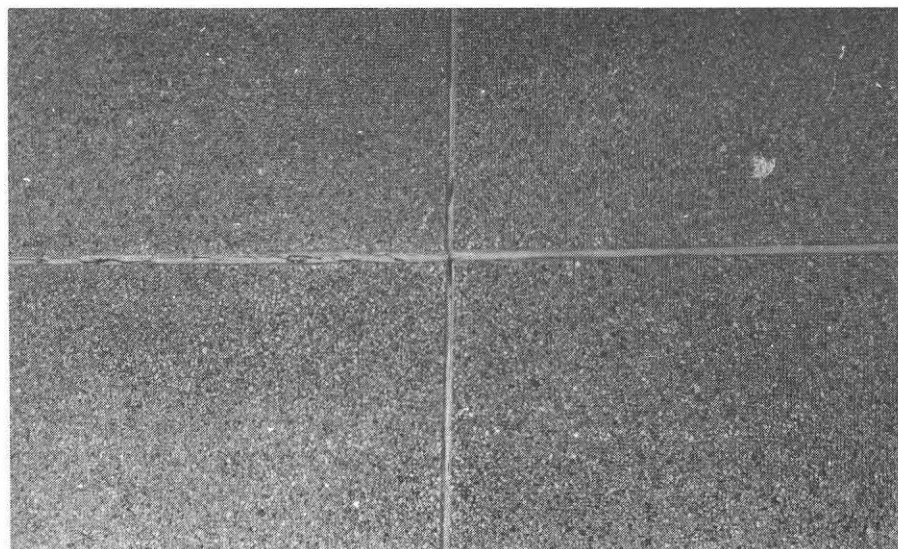


Fig. 80. Junction of four joints in southerly end wall after 9 years. The vertical joint between the lower sections contains a polysulphide-based resilient jointing compound and the others an oil-based skin-forming compound. Irregular cracks have formed in these latter joints.



Fig. 81. Fog med tunn oljebaserad, skinnbildande fogmassa. Rörelserna i träpanelen p.g.a krympning vinkelrätt mot fibrerna har åstadkommit kraftiga sprickor i massan. Fogen har lagts med mindre god finish. Observera skadorna på fönstret. Fotot taget efter 2 år i västfasad.

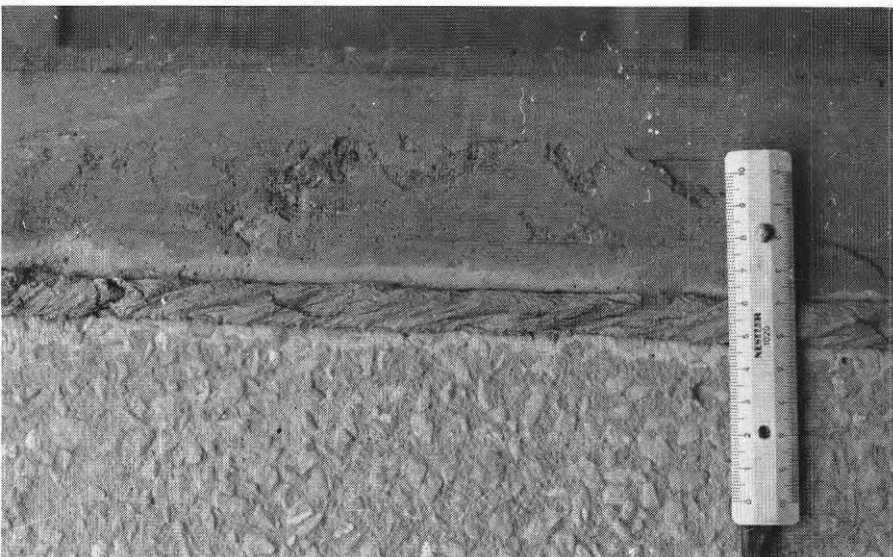


Fig. 82. Vertikalfog mellan rumsstora betongelement med övermålad, skinnbildande oljebaserad fogmassa, fotograferad efter 12 år i en delvis skuggad gårdsfasad. Färgen och fogmassan har bildat ett skinn med tjocklekar upp till 0,5 mm. Enstaka sprickor förekommer i skinnet.



Fig. 83. Fogmassa med segt skinn. När man trycker på fogen med ett finger spricker skinnet först vid ganska kraftig töjning. Skinnet har i detta fall hög brotttöjning.

Fig. 81. Joint with a thin oil-based skin-forming jointing compound. Movements in the wood panel due to shrinkage at right angles to the fibres have caused large cracks in the compound. The finish was not fully satisfactory. Note the damage to the window. The photograph was taken after 2 years in the west facade.

Fig. 82. Vertical joint between room-size concrete sections containing pointed-over skin-forming oil-based jointing compound, photographed after 12 years in a partially shaded courtyard wall. The paint and the jointing compound have formed a skin with a thickness of up to 0.5 mm. There are isolated cracks in this skin.

Fig. 83. Jointing compound with a tough skin. When the joint is depressed with a finger, the skin will crack only after quite large deflection. In this case the ultimate strain of the skin is high.

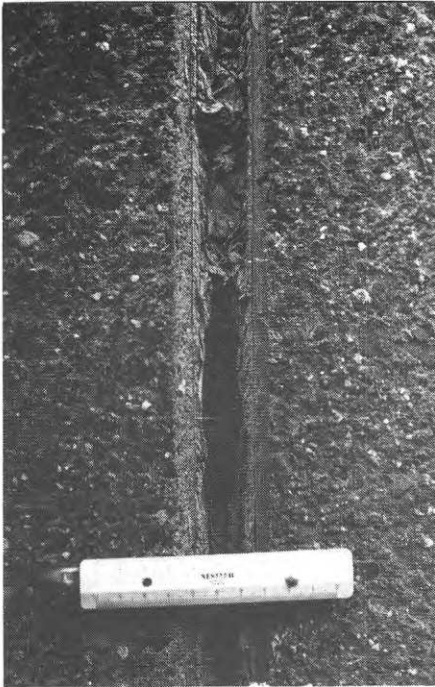


Fig. 84. Extrusion damage in oil-based jointing compound at a height of about 1 metre above ground.

Fig. 85. Running in joint containing acrylate-based plastic compound. The jointing compound is in this case so thin that it forms folds.

Fig. 86. Acrylate-based jointing compound which has been subjected to the action of alkaline moisture emanating from the concrete. In this case change has taken place at the facade surface of the joint where the compound has formed a thin crust.

Fig. 87. Acrylate-based jointing compound which has failed next to the edge of the concrete section. The joint has a considerable movement, to some extent in opposite directions. The edge of the joint constitutes a strong discontinuity and local strain at this point is therefore large. A retainer strip of cellular rubber yarn, which is hard in comparison with the compound, may have contributed to the damage. The thickness of the jointing compound is about 5 mm. Soot has collected in the surface cracks.

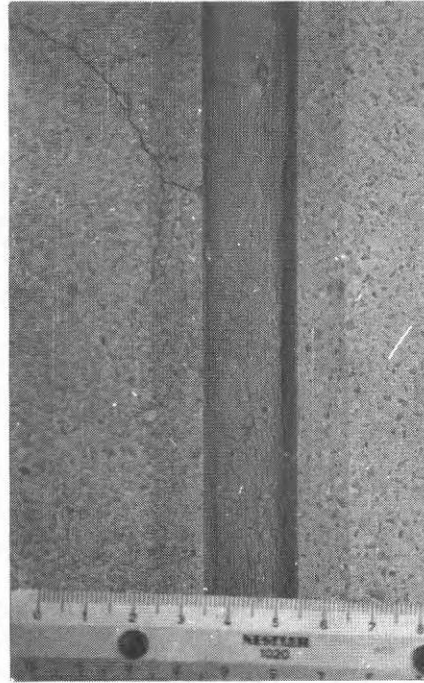
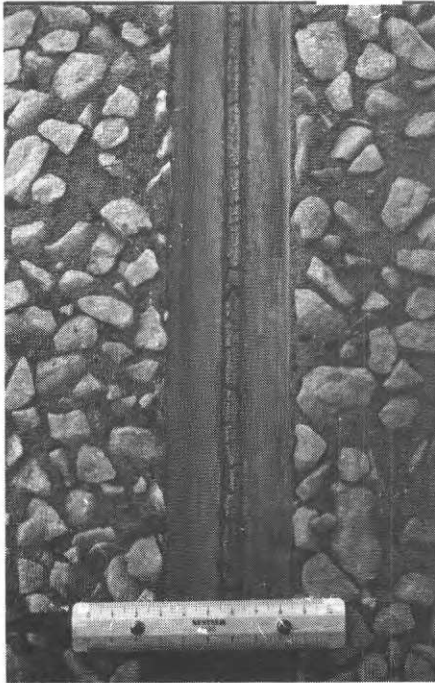


Fig. 86. Acrylate-based jointing compound which has been subjected to the action of alkaline moisture emanating from the concrete. In this case change has taken place at the facade surface of the joint where the compound has formed a thin crust.

Fig. 87. Acrylate-based jointing compound which has failed next to the edge of the concrete section. The joint has a considerable movement, to some extent in opposite directions. The edge of the joint constitutes a strong discontinuity and local strain at this point is therefore large. A retainer strip of cellular rubber yarn, which is hard in comparison with the compound, may have contributed to the damage. The thickness of the jointing compound is about 5 mm. Soot has collected in the surface cracks.

Fig. 87. Acrylate-based jointing compound which has failed next to the edge of the concrete section. The joint has a considerable movement, to some extent in opposite directions. The edge of the joint constitutes a strong discontinuity and local strain at this point is therefore large. A retainer strip of cellular rubber yarn, which is hard in comparison with the compound, may have contributed to the damage. The thickness of the jointing compound is about 5 mm. Soot has collected in the surface cracks.

11.7 Målning av skinnbildande fogmassor

För att förbättra utseendet målas ibland fogar med samma färg som de anslutande elementen eller fönstren. Detta ger i allmänhet ett gott resultat, särskilt om bindemedlen i färgen och fogmassan är kemiskt besläktade. Därigenom samverkar färgskiktet med fogmassans skinn.

I fig. 82 visas en fog med övermålad, oljebaserad fogmassa. Färgen har här ingått som en del i fogmassans skyddande skinn. Den har möjligen på grund av sin sprödhet i viss mån ökat sprickbildningen i fogytan, men något klart belägg för detta har inte kunnat erhållas.

11.8 Petning i fogar

De mjuka plastiska fogmassorna med lågt deformationsmotstånd har visat sig ha ringa motståndsförmåga mot åverkan. Kraftiga skador har observerats, särskilt vid entréer och på en höjd av ca 1 m från markplanet. Exempel på en sådan skada visas i fig. 84.

De polysulfidbaserade fogmassorna har i regel visat sig ha god motståndsförmåga mot petning.

11.9 Jämförelse mellan akrylatbaserade och polysulfidbaserade fogmassor

De akrylatbaserade fogmassorna har en relativt god beständighet och förmåga att ta upp rörelser, varför de har kommit att jämföras med polysulfidmassorna vad det gäller lämplighet för fasadfogar. Av de iakttagelser som gjorts på fältet och i litteraturen (se bl.a. Faud 1967, Ganslandt 1967) framgår att:

de har mycket god vidhäftning i förhållande till sitt inre deformationsmotstånd.

vidhäftning ofta kan ske mot icke helt torra ytor

primer normalt ej erfordras

massan levereras färdigblandad i en komponent och även i ljusa färger

massan är utpräglad termoplastisk, varför den blir hård i kyla och ger ett mindre gott resultat vid fogning då.

Dessutom kan den vid stark uppvärmning rinna sakta i fogen.

dess plastiska egenskaper gör att man bör kräva ett större fogdjup

den kräver mycket mjuk ej fuktabsorberande bottningslist som ej får vara sträckt

den är känslig mot våta alkalier t.ex. våt betong, varför den bör undvikas i starkt slagregnspåkända betongfasader

ytan tar åt sig damm

den är känslig för petning under första månaderna

den luktar skarpt i början

Exempel på olika slag av skador i akrylatbaserade fogmassor framgår av fig. 72, 85, 86 och 87.

11.10 Fogmassans förmåga att fördela töjning

En elastisk fogmassa måste för sin återgång upprätthålla krafter i sig så länge den är deformerad. Dessa krafter sprids av jämviktskäl i hela tvärsnittet. Detta betyder att deformationen fördelas på tvärsnittets olika delar. Koncentrerade, lokala, procentuellt, mycket stora deformationer som annars utan hinder kunde uppstå, fördelas även över tvärsnittet. Fördelningen blir mycket olika vid olika rörelseriktningar i fogen (11.14.4).

Ett material som deformeras plastiskt eller visköst äger inte samma förmåga att fördela töjning. Töjningens fördelning blir ojämn och i högsta grad beroende av yttre lokal påverkan. Diskontinuiteter i tvärsnittet (t.ex. vid fogkanter) blir bestämmande för var deformationen tas upp.

Även material som i sitt normala arbetsområde är elastiska kan vid stark påfrestning uppföra sig som ett plastiskt material. Exempel på detta är kontraktionen hos en provstav av kolstål eller tuggummi-effekten hos fogmassor. (Grunau 1967, Jackson & Welch 1968).

För den som skall dimensionera fogtvärsnitt som är utsatta för rörelser med växlande riktning är det av stort intresse att veta vilken lokal deformation man kan tillåta utan att den kvarstående (irreversibla) deformationen blir för stor. Detta kräver att det för varje material finns värden framtagna på den kvarstående deformationen efter olika stor påtvingad deformation och därefter följande avlastning.

Sådana provningar har bl.a. utförts av Cook (1967) på polysulfidbaserade fogmassor. Vid sådan provning synes det nödvändigt att studera deformationernas variation inom provkroppen.

11.11 Samband mellan deformationsmotstånd och gummi hårdhet hos elastiska fogmassor.

Hårdheten hos de på den svenska marknaden förekommande elastiska fogmassorna anges i ° Shore A. Siffervärdet överensstämmer i stort med värden i ° IRH erhållna efter provning enligt SIS 16 22 01.

Ur dessa värden på gummi hårdhet kan man få en viss uppfattning om fogmassans inre deformationsmotstånd. Uppgifter i litteraturen samt resultat, erhållna vid mätningar har sammanställts i fig. 88. Sammanställningen ger vid handen att man vid en grov jämförelse mellan elastiska fogmassor skulle kunna säga att deformationsmotståndet, mätt i kp/cm^2 är proportionellt mot kvadraten på gummi hårdheten, mätt i ° Shore A vid samma temperatur. Vid massor med stor krypning är värdena osäkra. Man måste då ta stor hänsyn till deformationshastighet respektive mättid, jämför 11.12.1.

11.12 Fogmassans deformationsmotstånd

Ju större deformationsmotstånd en fogsträng har ju större blir de krafter och spänningar som uppträder i fogar och element vid en rörelse i fogen. Dessa krafter och spänningar kan leda till brott i fogmassan eller släppor mellan fogmassa och fogsträng. Dessutom kan elementen skadas.

Det är av denna anledning intressant att känna till sambandet mellan fogrörelsen och de krafter som uppträder i fogsträngar av olika typer. För de hittills använda fogmassorna redovisas endast i undantagsfall sådana samband. Speciellt gäller detta förhållandena vid minskande fogbredd.

Hårdhet H. Log.skala

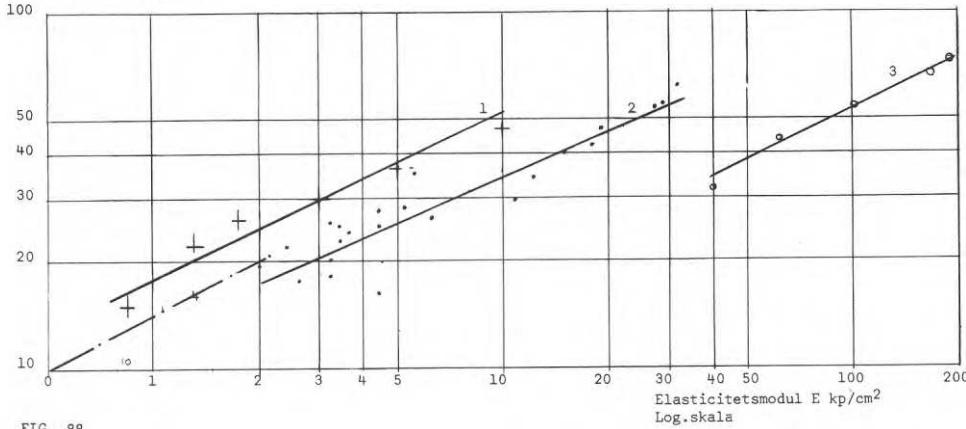


FIG. 88

Fig. 88. Samband mellan hårdhet och elasticitetsmodul för gummi och gummiliknande fogmassor.

1. Butylgummibaserade fogmassor $^{\circ}$ Shore A, Dragmodul (Walter 1968 a)
2. Polysulfidgummibaserade fogmassor $^{\circ}$ Shore A, Dragmodul 200 % (Walter opubl.)
3. Gummi $^{\circ}$ IRH vid formfaktor 1.0 (Tryckmodul 20 %) (SIS 16 26 02 Fig. 2)
4. Jämförelsekurva, exempel på $\frac{E}{H^2} = \text{konstant}$.

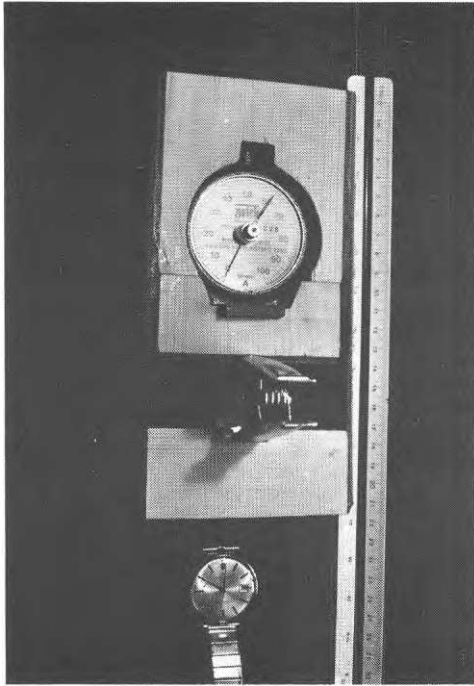


Fig. 89. Försöksutrustning för bestämning av durometerkaraktistik. Fogmasseprovet klämmas mellan den rörliga mellersta träbiten och hårdhetsmätaren.

Fig. 89. Testing equipment for determination of the durometer characteristics. The jointing compound specimen is squeezed between the movable pieces of wood in the middle and the hardness tester.

Fig. 90. Durometerkaraktistik för några olika fogmassor vid rumstemperatur efter åldring i rumstemperatur ca 6 mån. Kurvans höjdläge ger ett mått på deformationsmotståndet vid olika lång belastningstid. Kurvans lutning ger ett mått på massans kryphastighet. I denna typ av diagram blir kurvorna nära räta linjer.

1. Polysulfidbaserad fogmassa 1.
2. Polysulfidbaserad fogmassa 2.
3. Silikonbaserad fogmassa.
4. Polyuretanbaserad fogmassa.

Fig. 88. Relation between hardness and modulus of elasticity for rubber and rubberoid jointing compounds.

1. Jointing compounds based on butyl rubber $^{\circ}$ Shore A, tensile modulus (Walter 1968 a)
2. Jointing compounds based on polysulphide rubber $^{\circ}$ Shore A, tensile modulus 200 % (Walter, unpublished)
3. Rubber $^{\circ}$ IRH with a form factor of 1.0. (Compression modulus 20 %) (SIS 16 26 02, Fig. 2)
4. Comparative curve, an example of $E/H^2 = \text{konstant}$.

Fig. 90. Durometer characteristics for some jointing compounds at room temperature after aging for six months at room temperature. The level at which the curve is situated is a measure of the deformation resistance for loading times of different lengths. The inclination of the curve is a measure of the rate of creep of the compound. The curves are practically straight lines in this type of diagram.

1. Polysulphide-based jointing compound type 1
2. Polysulphide-based jointing compound type 2
3. Silicon-based jointing compound
4. Polyurethane-based jointing compound.

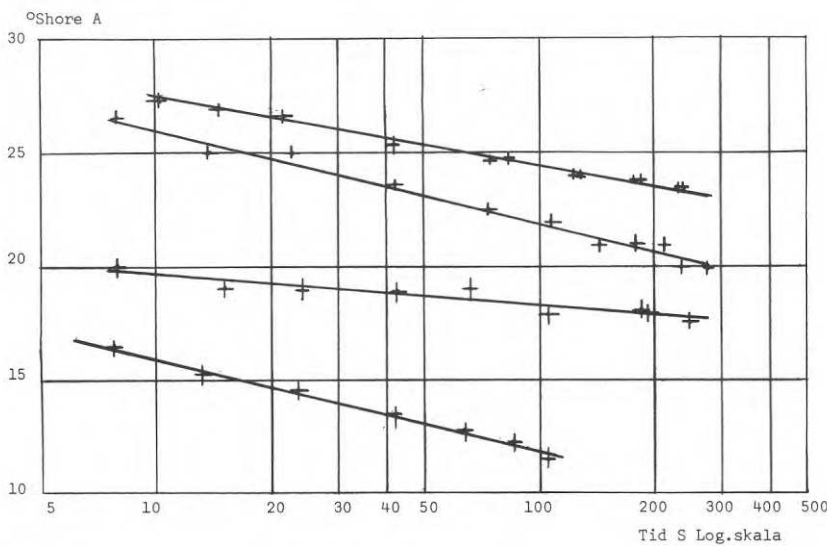


Fig. 90

11.12.1 Reologisk identifikation av fogmassor

Då de elastiska fogmassornas reologiska egenskaper allt mera visat sig ha betydelse för dess funktion har det framkommit ett behov av en enkel metod för reologisk identifikation av dessa material.

Eftersom mätning av hårdhet endast är en korttidsmätning och upptagande av spännings- och töjningsdiagram kan vara kostsamt och tidsödande är ingen av dessa metoder helt lämpliga.

Walter (1968 b) har vid sina undersökningar använt sig av en hårdhetsmätare och gjort två avläsningar, den ena efter 5 s och den andra efter 180 s.

Enstaka försök har nu utförts med flera avläsningar. Mätningen har skett med en hårdhetsmätare (durometer) graderad i $^{\circ}$ Shore A, fabrikat ZWICK, som belastats tillsammans med ett provstycke 5 x 10 x 30 mm med en fjäderklämma, se fig. 89. Denna anordning har för registrering lagts tillsammans med en klocka med sekundvisare på exponeringsskivan på en automatisk elektrostatisk kopieringsapparat typ Rank Xerox. Härigenom har kunnat erhållas automatiska registreringar av punkter på en kurva över sambandet tid - hårdhetsvärde. Kurvorna har kallats durometerkaraktistikor. Exempel visas i fig. 90.

Om mätningar av detta slag utföres vid olika åldring och temperatur är det möjligt att man på ett relativt enkelt sätt kan skaffa sig en uppfattning om fogmassans reologiska egenskaper (bl.a. dess deformationsmotstånd).

Det är även tänkbart att man med en förbättrad försöksapparat kan göra upprepade mätningar med bestämda tidsintervall i samma punkt och på så sätt få ett mått på materialets återgångsförmåga.

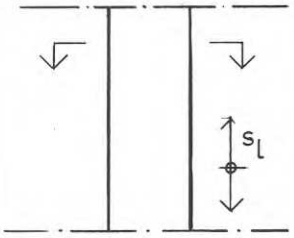
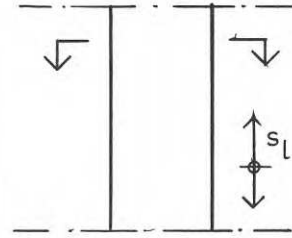
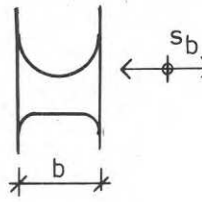
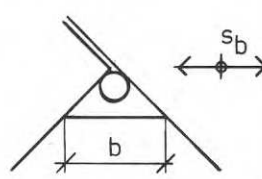
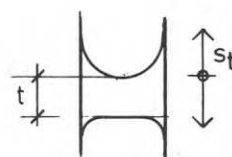
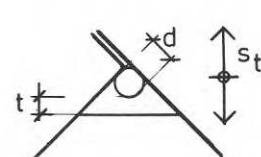
FOGFORM RÖRELSE- RIKTNING	STUMFOG	KÄLFOG
LÄNGDLED		
BREDDLED		
DJUPLED		

Fig. 91. Vanligen föreskrivna fogformer för elastiska fogmassor i fasadfogar samt rörelseriktningar. Jfr Bygg 356:2 betr. fogformer. (Ingwall & Östlund 1969).

Fig. 92. Biplan stumfog (1) och bikonkav käl-stumfog (2).

Fig. 91. Types of joint usually specified for resilient jointing compounds in facade joints, together with directions of movement. See also Bygg 356:2 regarding types of joint. (Ingwall & Östlund 1969).

Fig. 92. Bi-planar butt joint (1) and bi-concave combined fillet and butt joint (2).

Fig 91

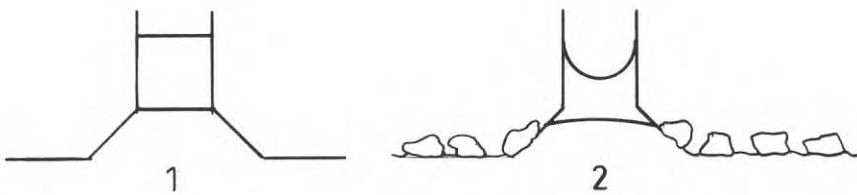


Fig. 92

11.13 Vidhäftning hos polysulfidfogmassor

Då fogmassan är elastisk uppstår krafter vid rörelse i fogen. För att inte släppa behöver fogmassan häfta mot fogkanterna. Polysulfidmassornas förmåga att häfta vid olika ytor är varierande. På betong används primer för att förbättra vidhäftningar. Samma gäller för många andra material. Material med blank och hård yta erbjuder särskilda problem.

11.13.1 Vidhäftningsförbättrande tillsatser

Till en början innehöll de polysulfidbaserade fogmassorna fenolharts som starkt förbättrade vidhäftningen. Sedan det konstaterats att denna tillsats kunde orsaka missfärgning på stenmaterial och betong övergick man till system med grundning av fogkanterna kombinerat med fenolfria massor. På senare tid har utvecklats massor med tillsatser av epoxiharts som vidhäftningsförbättrande medel. Verkan av dessa har ännu icke kunnat studeras närmare.

11.14 Fogmassans tvärsnitt

Formen på fogmassans tvärsnitt har visat sig ha betydelse för fogens förmåga att ta upp rörelse utan att brista. Kraven på tvärsnittets form synes variera beroende på om massan är elastisk eller plastisk och skinnbildande. (Gjelsvik 1968).

11.14.1 Bikonkav stumfog

Detta fogtvärsnitt är numera det vanligen föreskrivna för fasadfogar, se fig. 91. Denna form ger stor vidhäftningsyta i förhållande till det minsta tvärsnittet, vilket reducerar vidhäftningsspänningen vid dragrörelse i breddled. Genom att det är konkavt på båda sidor blir knäckningen nära centrisk när fogbredden minskar. Den koncentrerade töjningarna i tvärsnittets ytterhörn utjämnas något genom hålkälsverkan.

Biplan stumfog, se fig. 92, tillämpas numera så gott som enbart för skinnbildande fogmassor, där det kan vara riktigt att med minsta möjliga materialåtgång åstadkomma ett tvärsnitt i vilket man kan skriva in största möjliga cirkel, (11.6).

11.14.2 Bikonkav käl-stumfog

Orsaken till att denna typ av tvärsnitt (fig. 92) förekommer är att fogspaltens bredd kan variera, fogmunstyckets diameter är konstant och man strävar efter att ta bort breddvariationernas inverkan på fogarnas utseende. Fördelarna med detta utförande är att man slipper byta munstycke på grund av fogspaltens breddvariation då man fogar utan särskild efterslätning. De lokala deformationerna vid fogkanterna av rörelse utjämnas och den verk samma fogbredden ökar vid fasadytan med minskad risk för sprickor eller släppor.

Nackdelen med denna typ av tvärsnitt är att fogsträngen kan komma att ligga mot mindre tät och slät betong (6.8) vilket kan förorsaka läckage och släppor samt ojämn fogkant. Om så är fallet bör det för tätning effektiva fogdjupet räknas från den linje där betongen är slät.

11.14.3 Kälfog

Kälfog med bottningslist (plankonkav kälfog) föreskrives numera för elastiska fogmassor, fig. 91. Orsaken till detta är att fogen annars förlorar sin förmåga att ta upp rörelse utan att brista. Ett flertal observationer av fogar runt fönsterkarmar bekräftar detta.

Bottningslister av vanligt slag kan ofta vara svåra att applicera. Enstaka fogningar har utförts med bottningslist av snöre, tillverkat av mjuk, icke hårdnande plastisk fogmassa vilket tryckts fast i fogen.

Kälfog utan bottningslist kan vara lämplig vid skinnbildande fogmassor av samma skäl som gäller för biplan stumfog. Det torde vara en fördel om fogen i detta fall utföres något konvex.

11.4.4 Fogtvärsnittets djup - breddförhållande

För de elastiska fogmassorna spelar förhållandet mellan tvärsnittets djup och bredd en roll för storleken av de lokala spänningar och deformationer som uppträder i fogen vid en viss rörelse. Detta har studerats av Tons (1963 och 1967).

Vid den nu företagna fältundersökningen påträffades brott i fogmassan vid kanterna eller mitt i fogen. Brottets läge kunde hypotetiskt hänföras till förhållanden mellan djup och bredd i fogen samt rörelsens riktning och storlek, fig. 93 och 94.

För att verifiera dessa samband utfördes smärre försök med bitar av fogsträng, lagda mellan trästycken och härdade ca 1/2 år i rumstemperatur. Fogens tvärsnittsytta stämplades med en gummi-stämpel med kvadratiska rutor med sidlängden 1 mm (jämför Grunau 1868). Fogstyckena belastades i breddled så att fogbredden ökade respektive minskade.

Ur försöken kan man utläsa följande tendenser:

Om fogen utsättes för 25 % breddminskning bör, tills vidare erfarenhet vunnits, den minsta tjockleken hos fogmassan inte understiga 1/3 av fogbredden. Vidhäftning mellan mjuk botteningslist och fogmassa kan ha positiv verkan, fig. 95.

Vid breddminskning av 25 % blir de maximala, lokala deformationerna oftast minst dubbelt så stora som vid 25 % breddökning, fig. 96.

En breddminskning med därpå följande breddökning ställer stora krav på fogmassans elasticitet (återgångsförmåga). Särskilt gäller detta vid fogkanterna. En mindre god återgångsförmåga kan här leda till brott i fogmassan eller till vidhäftningsbrott, fig. 93, 96 och 97.

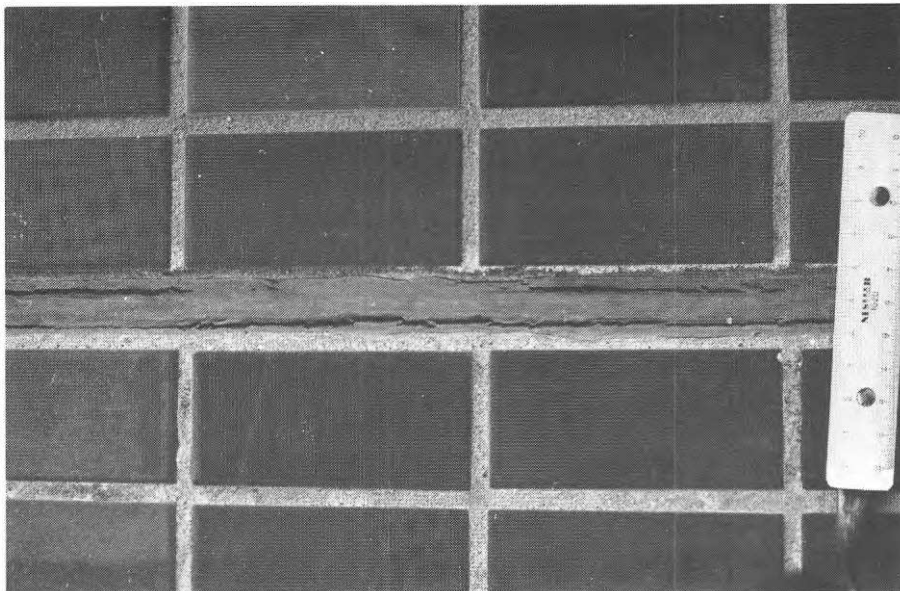


Fig. 93. Sprickor nära fogkanten i polysulfidbaserad fogmasa med otillräcklig återgångsförmåga. På grund av klinkerbelädnaden har fuktrörelsen blivit så liten att den icke nämnvärt har kunnat motverka temperaturrörelsen i elementen. Fogen har därigenom tidvis utsatts för större kompression än vid fasadelement av enbart betong. Deformationerna i kantrutan har blivit stora, jfr Fig. 96.

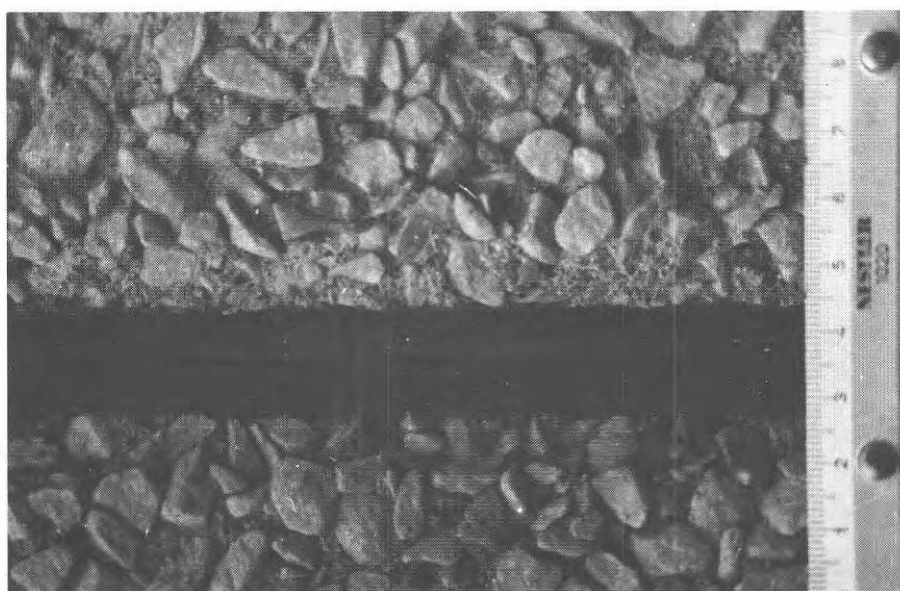


Fig. 94. Spricka mitt i bikonkav fog av hård polysulfidbaserad fogmassa. Fogmassans minsta tjocklek är ca 1/4 av fogbredden, varigenom spänningarna koncentrerats till fogens mitt. Fogmassans yta visar begynnande ytsprickor. Bottningslistan av cellgummi är intakt.

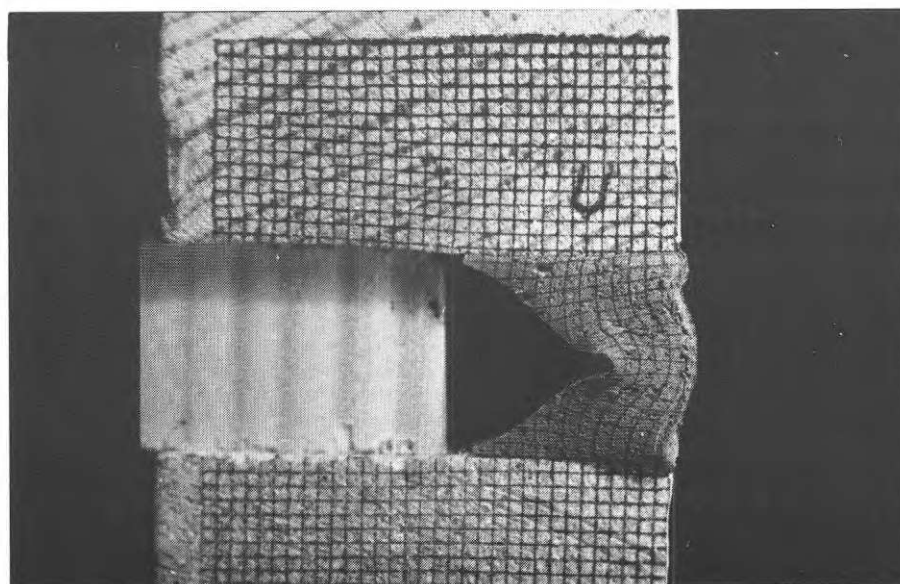


Fig. 95. Knäckning i fogtvärsnitt med litet djup-breddförhållande (ca 1/4) och ingen vidhäftning vid bottningslist. Fogbredden har minskats 20 %. Fogmassan är polysulfidbaserad.

Fig. 93. Cracks near the edge of the joint in polysulphide-based jointing compound of insufficient resilience. Owing to the pebble dashed surface, moisture movement has been so small that it has not been able to influence sufficiently the temperature movement in the sections, and the joint has therefore at times been subjected to a larger compression than would have been the case for facade sections of only concrete. The deformations in the edge panel have been large, see also Fig. 96.

Fig. 94. Crack in the centre of bi-concave joint of hard polysulphide-based jointing compound. The least thickness of the compound is about 1/4 of the joint width, and stresses have therefore been concentrated at the centre of the joint. The surface of the jointing compound exhibits incipient cracks. The retainer strip of cellular rubber is intact.

Fig. 95. Extrusion in joint cross section having small depth-width ratio (about 1/4) and no adhesion to the retainer strip. The width of the joint has been decreased by 20 %. The jointing compound has a polysulphide base.

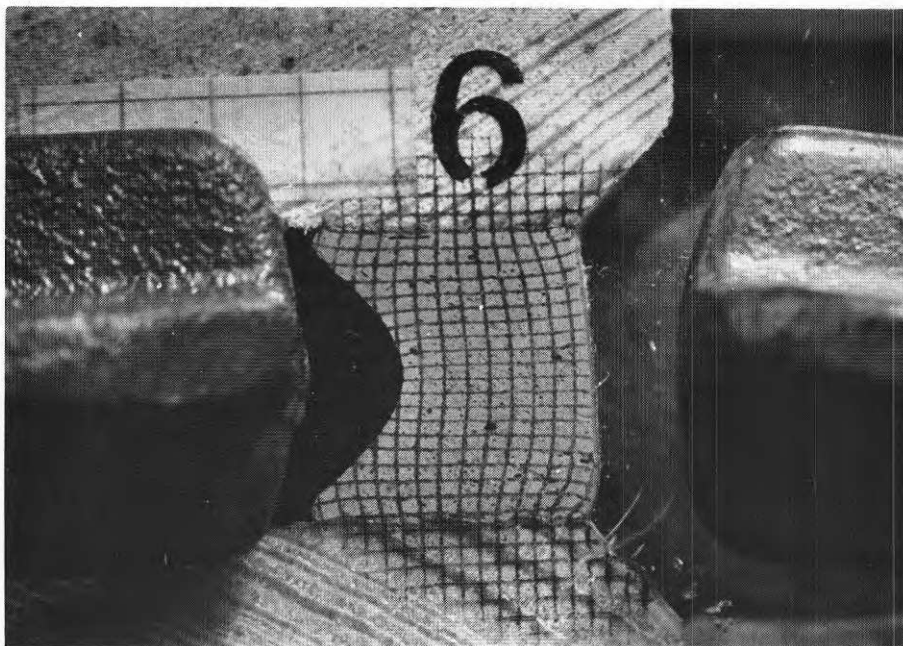


Fig. 96. Plankonkavt fogtvärnsnitt av polysulfidbaserad fogmassa, utsatt för breddminskning 25 %. Djup-breddförhållande ca 1/2,3. Vidhäftning finns mellan bottenlist och fogmassa vid fogens mitt. Töjningen i den nedre yttre kantlutans förlängda diagonal är ca 60 %. Töjningen i djupled i tvärsnittets centrum är ca 50 %. Fogstyckets ändtor har styrts av anoljade glassivor.

Fig. 97. Släppa i fog med mycket ljus polysulfidfogmassa. Fogmassan är hård. Den har lossnat helt från ena fogkanten. Foto taget efter 6 år i västerfasad.

Fig. 98. Inverkan av den färska fogmassans rinning i horisontalfog.



Fig. 96. Planoconcave joint cross section of polysulphide-based jointing compound subjected to a reduction in width of 25 %. Depth-width ratio approximately 1/2.3. There is adhesion between the retainer strip and the jointing compound at the centre of the joint. The strain in the extended diagonal of the lower external edge panel is about 60 %. The strain in depth at the centre of the cross section is about 50 %. The end faces of the joint have been retained by plates of glass which were coated with oil.

Fig. 97. Sag in joint containing very light polysulphide jointing compound. The compound is hard. It has come away completely from one edge of the joint. Photograph taken in west facade after 6 years.

Fig. 98. Effect due to running of the green jointing compound in the horizontal joint.

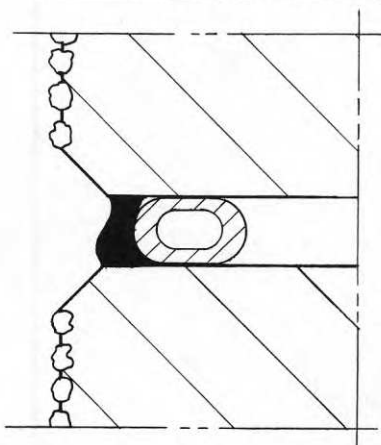


Fig. 98

11.14.5 Materialkonstanter för dimensionering av fogmassetvårsnitt

Under den aktuella perioden har dimensioneringen av fogmassans tvårsnitt skett efter olika regler. Bygg AMA:s uppgifter om tvårsnittsmått och diverse leverantörers uppgifter om tillåten rörelse m.m. har använts.

För framtiden vore det önskvärt att dimensioneringen kunde ske efter likartade linjer som nu sker med t.ex. byggnadskonstruktion av stål, nämligen:

1. Spänningar och deformationer beräknas i de kritiska punkterna i konstruktionen. Hänsyn toges härvid till storleken och riktningen av yttre påverkan samt konstruktionens geometriska och reologiska egenskaper.
2. De beräknade värdena jämförs med materialkonstanter som framtagits genom provning, varvid hänsyn toges till rörelsens frekvens. På provningsvärdena lägges en säkerhetsfaktor, som beslutas av vederbörande institution eller myndighet.

11.15 Pigment i fogmassan

För att åstadkomma vita eller mycket ljusa fogmassor på polysulfidbas fordras att man sätter till ganska stor mängd pigment vid tillverkningen. Detta medför i allmänhet att fogmassan blir hårdare (Cook 1967) och får större deformationsmotstånd, vilket yttrar sig i form av vidhäftningsbrott, fig. 97. Massor av denna typ saluförs numera i allmänhet icke.

11.16 Fogmassans rinning

Fogmassans konsistens vid appliceringen måste vara så lös att den går att forma till den önskade fogsträngen och så att den ger bästa möjliga vätning av fogkanterna. Den får dock icke rinna för mycket. Detta kan vara svårt att åstadkomma vid olika temperaturer. Rinning har observerats i ett stort antal horisontella fogar. Den har visat sig så att fogen buktar, se fig. 98.

11.17 Luftblåsor i fogmassan

Vid blandning av tvåkomponentfogmassor är det svårt att helt undvika att blanda in luft i fogmassan. Luften samlar sig i små blåsor, vilka ligger kvar i fogsträngen, fig. 96. Blåsor som ligger i eller intill fogsträngens yta utbildar fördjupningar i denna, se fig. 97 och 99.

Blåsor av denna typ synes ej nämnvärt kunna påverka fogens funktion. Blåsor i fogmassan kan även orsakas av bottningen. (9.6, 9.7).

11.18 Ytsprickor och krakelering

Vid fältundersökningen har i några fall påträffats fina sprickor i ytan på polysulfidfogmassan, orienterade i fogens längdriktning d.v.s. vinkelrätt mot den huvudsakliga rörelse och kraftriktningen, se fig. 99.

Orsaken har i ett fall bedömts vara hårdnande i massans ytskikt, som blivit sprött. I ett annat fall har ingen skillnad i hårdhet mellan ytskiktet och fogmassan i övrigt kunnat konstateras. Grundorsakerna har ej kunnat fastställas. Som exempel på tänkbara orsaker kan nämnas känslighet för ultraviolett strålning eller ozon, användning av såpvatten vid fogstrykningen, ofullständig härdning m.m. Ytsprickorna kan tack vare sin orientering tänkas bidra till de djupare sprickor som har observerats i samma fogsträngar.

Ytmönster med mera oregelbunden riktning, s.k. krakelering har iakttagits på två olika typer av polysulfidmassor, fig. 100 visar ett exempel på ett sådant mönster som iakttagits på i övrigt helt intakta, 8 år gamla fogar. Ytskiktet, som har en tjocklek av storleksordningen 0,1 mm synes bestå av plastiskt material, möjligen mjukgörare som migrerat från fogmassan. Krakeleringen har icke kunnat sättas i samband med någon vidare sprickbildning i massan.

Kraftig krakelering kan enligt uppgift uppstå om den ohärdade massan utsätts för snö, fig. 101.



Fig. 99. Ytsprickor i polysulfidfogmassa vinkelrätt mot töjningsriktningen. Fogmassans yt-skikt är sprött. På ytan syns spår efter blåsor. Skala: Det svarta blyertsstiftets diameter = 0,92 mm.

Fig. 100. Krakelering på ytan av en polysulfidfogmassa. Skala: Fogbredden är ca 19 mm.

Fig. 101. Kraftig krakelering i fog med polysulfidbaserad fogmassa. Enligt uppgift har den utsatts för blöt snö omedelbart efter läggningen.

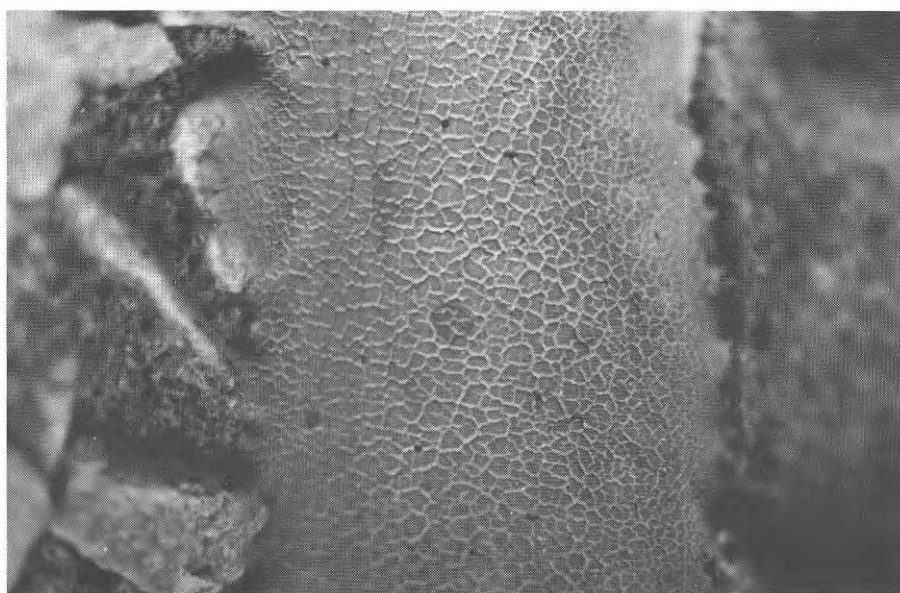
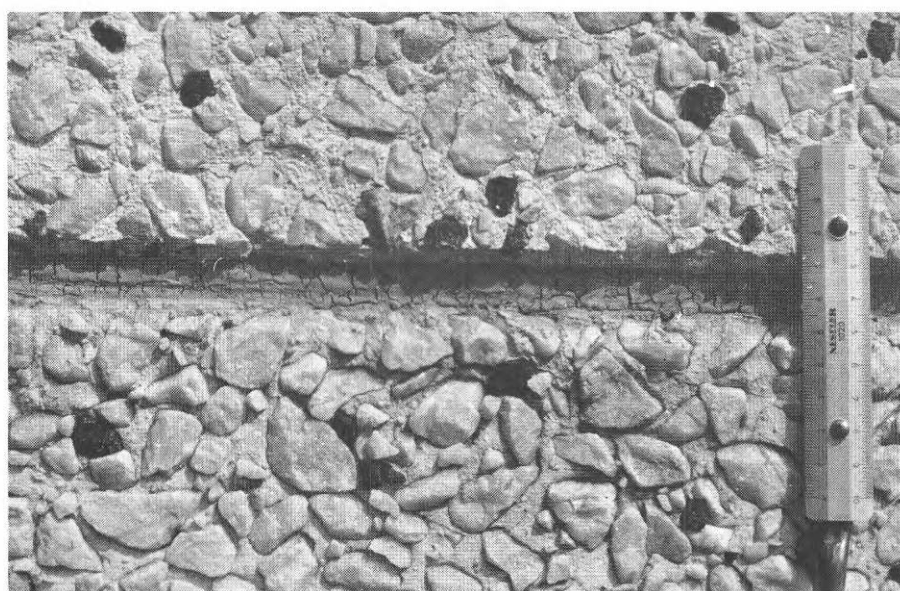


Fig. 99. Surface cracks in the polysulphide jointing compound at right angles to the direction of strain. The surface layer of the compound is brittle, and traces of blowholes may be seen. Scale: the diameter of the black pencil lead is 0.92 mm.

Fig. 100. Cracking in the surface of polysulphide jointing compound. Scale: the width of the joint is about 19 mm.

Fig. 101. Heavy cracking in joint with a polysulphide-based compound. According to information, it was exposed to wet snow immediately after being laid.



11.19 Målning av elastiska fogmassor

Målning av elastiska fogar har förekommit i ringa omfattning. I fig. 102 visas ett exempel på en sådan fog. På grund av rörelsen i fogen har kraftiga lokala deformationer uppstått nära den ena fogkanten. Detta har haft till följd att det spröda färgskiktet spruckit och bildat ett oregelbundet mönster i fogen. Det kunde inte klarläggas om en spricka i färgskiktet kan initiera en spricka i fogmassan.

11.20 Sand i fogmassans yta

I ett fall där betongelementen hade fastgjuten tegelstav i ytan önskade man maskera massafogarna mellan elementen med samma typ av sand som användes i fogbruket mellan stavarna. Arbetet tillgick så att man med ett blästmingsaggregat blåste in sanden i den nylagda, icke härdade polysulfidfogmassan. Fogarna synes ha fungerat väl, se fig. 103.

11.21 Fogning med cementbruk

I en av de undersökta hustyperna uppförda 1954 har de horisontella fogarna tätats med cementbruk. Se fig 104. Elementen har här staplats på varandra till en höjd av 7 våningar och är ledat förankrade i stommen. Väggens innerskikt har utförande enligt 2. De vertikala fogarna har fogsträng av en skinnbildande oljebaserad fogmassa som så småningom har hårdnat och spruckit, se fig. 79. Inga invändiga fuktskador har konstaterats i dessa hus.

11.22 Allmänna omdömen om fogmassors lämplighet

Endast de allra bästa plastiska fogmassorna med segt skinn kan med försiktighet användas i betongfasader som exponeras för solljus och slagregn. (Jämför Nylund 1963 C). Krav på helt slät yta kan i regel icke uppfyllas.

Plastiska fogmassor är olämpliga där man kan komma åt att peta i fogen, eller där fogen utsättes för snabba rörelser.

De mjuka, elastiska fogmassorna på polysulfidbas ger i allmänhet en fog med slät och hållbar yta, tålig mot petning. Vid riktig dimensionering, elementtillverkning, grundning, dränering m.m. fungerar de väl även i fasader som är hårt exponerade för solljus och slagregn. Vita eller mycket ljusa polysulfidfogmassor bör i allmänhet undvikas. (Nylund 1963 c)

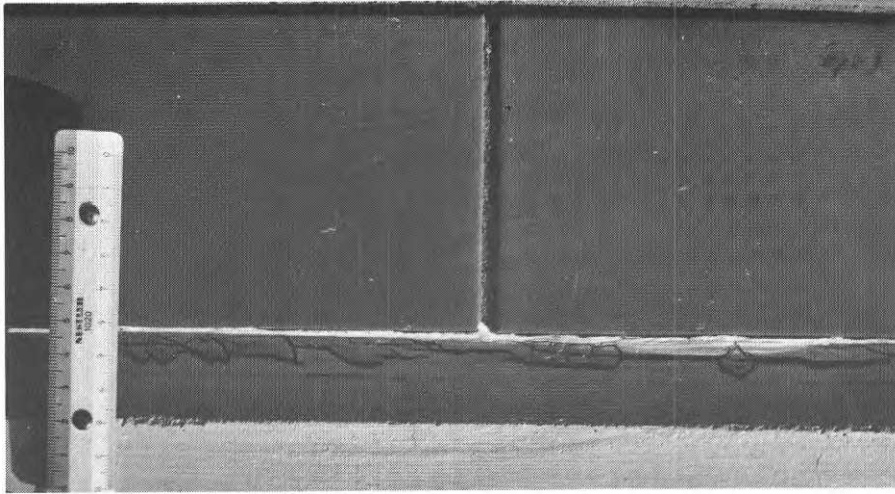


Fig. 102. Exempel på fog med övermålad elastisk fogmassa. På grund av rörelser i fogen har kraftiga lokala deformationer uppstått nära den ena fogkanten. Detta har haft till följd att färgskiktet spruckit.

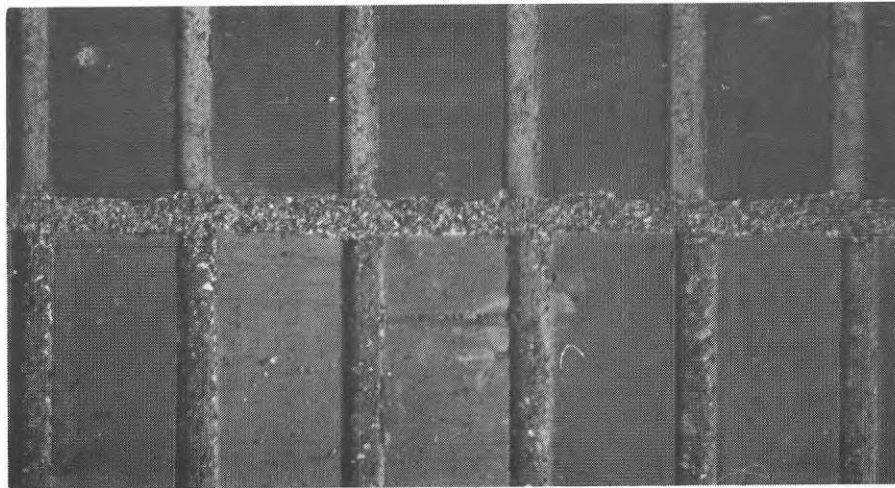


Fig. 103. Fog mellan betongelement med fastgjuten tegelstav. Den vertikala fogen är utförd med polysulfidbaserad fogmassa. Omedelbart efter appliceringen har sand blåsts in i fogmassans yta. Fotot är taget efter 7 år i östfasad.

Fig. 104. Sektion genom horisontalfog, belastad av elementens egenvikt och fogad med cementbruk (1). Utsidan är slät betong med vertikala refflor (2). Se även Fig. 79.

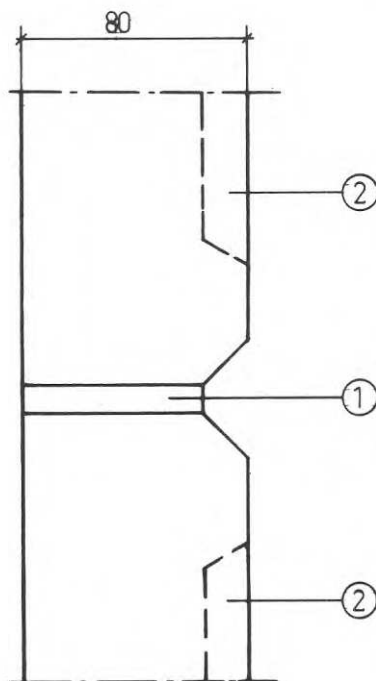


Fig. 104

Fig. 102. Example of joint with painted-over resilient jointing compound. Owing to movements in the joints, large local deformations have occurred near one edge of the joint. As a result of this, the paint layer has cracked.

Fig. 103. Joint between concrete sections with brick facing cast on. The vertical joint is constructed with a polysulfide-based jointing compound. Sand was blown into the surface of the compound immediately after it had been laid. The photograph is taken after 7 years on the east facade.

Fig. 104. Section through horizontal joint loaded by the dead weight of the section and jointed with cement mortar (1). The outside is plain concrete with vertical grooves (2). See also Fig. 79.

12. INVERKAN AV RÖRELSER I FOGEN

I flera avsnitt i denna avhandling talas om de rörelser som uppstår i fasadfogarna. I 3. ges en översikt över sambandet mellan sol och regn på fasaden och rörelser i fogarna. I 4.5 talas om rörelserna i stommen och dess inverkan på fogrörelserna. (Inverkan av rörelser i mark har ej studerats). Egenskaper hos elementen påverkar rörelserna i fogarna (6).

Vid fogar i och kring fönster uppstår rörelser av olika slag (7.8). Fogarna påverkas av dessa rörelser på olika sätt (11 m.fl.).

För behandling av de olika rörelser som uppstår i fasadfogar kan det vara lämpligt att indela dem i olika typer med hänsyn till orsaker, tidsberoende och riktning.

En sammanställning av olika typer av rörelser som synes aktuella i en Allbetongfasad finns i TAB 6. Av tabellen framgår indelningen med hänsyn till rörelsernas orsak och tidsberoende. De tidsbundna namn som ingår i tabellen har definierats enligt följande.

Långtidsrörelse = Rörelse i en och samma riktning som varar under längre tid än ett halvt år och ej orsakas av årstidsbundna variationer i miljön.

Årsrörelse = Rörelse som är orsakad av årstidsbundna variationer i miljön.

Dygnsrörelse = Rörelse som är orsakad av skillnader i miljö mellan olika tider på dygnet.

Tillfälliga rörelser = Rörelser beroende på tillfälliga ändringar i miljö eller rörlig last.

Snabba rörelser = Rörelser som ej är direkt orsakade av ändringar i miljön och är snabbare än de tillfälliga rörelserna. Orsakerna kan vara snabba lastväxlingar, svängningar eller skillnad i vilo- och glidfriktion vid upplag.

Tidsbundna namn	Orsaksbundna namn				
	Temperaturrörelse	Fuktrörelse	Laströrelse	Svängningsrörelse	Stegvis rörelse
Långtidsrörelse	--	Uttorkning Krypning	Krypning Sättning	--	--
Årsrörelse	Utetemp.	Rel. fukt. ute och inne	--	--	--
Dygnsrörelse	Solstrålning Lufttemp. och -fuktighet		--	--	--
Tillfällig rörelse	Mulet - soligt regn - uttorkning		Rörlig last	--	--
Snabba rörelser	--	--	Vindlast Stötar	Svängningar	Friktion (6.5.1)

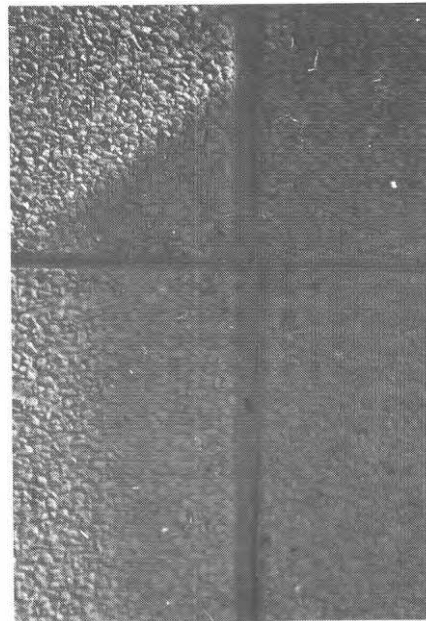
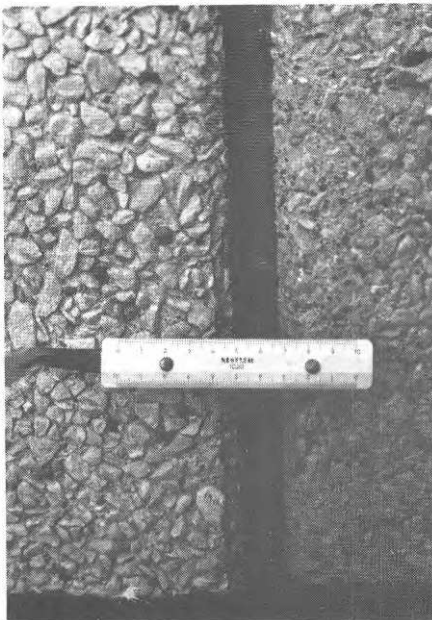
TAB. 6

Tab. 6. Orsaker till rörelser, aktuella för fogar i en betongelementfasad med träfönster. Betäckningar med hänsyn till deras orsaker och varaktighet.

Fig. 105. Spricka i en icke fullgod, hård polysulfidfogmassa i en norrfasad. Det högra elementet har rört sig utåt i sin nedre del. Förskjutningen är ungefär lika stor som fogbredden. Sprickan är ej genomgående.

Fig. 106. Släppor och sprickor i dilatationsfog med elastisk, polysulfidbaserad fogmassa. Fotot taget vid horisontalfogen mellan tredje och fjärde våningen. Sprickbredden ökar uppåt.

Fig. 107. Krympspricka i betongstomme vid entré till trapphus. Sprickan fortsätter i massafogen mellan fasadelement och balkongväggen.



Tab. 6. Causes of movement which occur in joints in a concrete facade with wood windows. Designations with regard to the causes and duration of these movements.

Fig. 105. Crack in a hard polysulphide jointing compound in a north facade which was not quite up to standard. The bottom of the right-hand section has moved outwards. The displacement is about the same as the width of the joint. The crack does not go right through.

Fig. 106. Sags and cracks in expansion joint containing resilient polysulphide-based jointing compound. The photograph was taken at the horizontal joint between the third and fourth floors. The crack width increases upwards.

Fig. 107. Shrinkage crack in concrete frame at entrance into staircase. The crack continues in the jointing compound in the joint between the facade section and the balcony wall.



12.1 Rörelsens riktning

Vid dimensionering av fogar i fasader har man i första hand att ta hänsyn till rörelser i fogens breddled, fig. 91.

Rörelser i djupled förekommer i huvudsak där de anslutande elementkanterna har fått olika krökning, (6.3, 6.4, 6.6).

Rörelser i längdled förekommer exempelvis där fogkanterna är av olika material som vid fönster eller där två små element ansluter till ett stort elements ena kant. Vid ojämn sättnings kan även sådan rörelse uppstå.

Av 11.14.4 framgår att en rörelse i fogens breddled som minskar fogbredden kan ge upphov till starka lokala deformationer. Det är icke osannolikt att en fram- och återgående rörelse på $\pm 25\%$ av fogbredden kan vara svår att uthärda även för de bästa fogmassorna på marknaden.

Vid rörelser i djupled pekar redan ett enkelt geometriskt resonemang på att man skall kunna tillåta 2 - 3 gånger större rörelser än i breddled. Fig. 105, visar en spricka i en icke fullgod, hård polysulfidmassa i norrfasad. Rörelsen i fogens djupled har här varit ungefär lika med fogbredden. Sprickan är ej genomgående.

Vid rörelser i fogens längdled uppstår i elastiska fogmassor vid fogkors och hörn likartade deformationer och spänningar som vid rörelse i djupled. Ett exempel på ett brott orsakat av sådan rörelse framgår av fig. 34.

I skinnbildande fogmassor utsättes skinnets för sneda drag och tryckdeformationer som ger utslag i form av sprickor och veck, se fig. 78.

De lokala deformationer och spänningar som uppstår i fogar utsatta för rörelse i en eller flera riktningar kan på nuvarande stadium vara svåra att beräkna. Det är möjligt att man med hjälp av studier av rutmönstrade provkroppar under belastning kan komma fram till ett användbart underlag för sådana beräkningar.

12.2 Små rörelser med hög hastighet och frekvens

Vid fältundersökningen har iakttagits enstaka, stora glasrutor som fogats med plastisk, oljebaserad fogmassa. På grund av vindstötter har glaset kunna sättas i svängning. Fogmassan har så småningom vibrerats ur fogen och runnit nedåt glaset. Fenomenet kan jämföras med vibrering av färsk betongmassa. Vid fogar som kan utsättas för rörelser av sådan karaktär synes det nödvändigt att använda sig av elastiska material (fogmassor eller lister).

12.3 Stora långtidsrörelser

Förutom rörelsens riktning och tidsberoende har av naturliga skäl även storleken av rörelsen betydelse för fogens funktion. Verkan av stora långtidsrörelser har observerats i dilatationsfogar och krympsprickor mellan husdelar samt vid fogar som påverkas av kryp- och sättningsrörelser. I fig. 106 visas en dilatationsfog med elastisk fogmassa som dragits sönder. Vid fogar av denna typ synes det motiverat att vänta med den slutliga fogningen minst två år. Under tiden kan en provisorisk fogning med bottningslist av beständigt material eller med en djupliggande, plastisk fogmassa anordnas. Den slutliga fogen lägges sedan direkt utanför den provisoriska.

Fig. 107 visar en krympspricka vid ett trapphus som bidragit till en begynnande sprickbildning i fogen.

I fig. 81 visas verkan av krympning i träpanel vinkelrätt mot fibrerna på en oljebaserad, skinnbildande fogmassa.

12.4 Fogmassornas rörelsetålighet

Den utveckling som pågått sedan mitten av 1950-talet synes ha påverkat de plastiska fogmassorna så att man numera kan räkna med att de i allmänhet fungerar tillfredsställande vid noggrannt arbetsutförande i fogar där dygnsrörelserna och tillfälliga rörelser i breddled är upp till $\pm 5\%$ av den i tvärsnittet inskrivna cirkelns diameter. För års- och långtidsrörelser samt för rörelser i djupled och längdled synes något större rörelser kunna tillåtas. Vid kombinerade rörelser reduceras värdena. Snabba rörelser med hög frekvens bör undvikas.

De moderna elastiska polysulfidbaserade fogmassorna synes under goda förutsättningar i allmänhet kunna uthärda dygnsrörelser i fogens breddled på $\pm 5 - 10 \%$ kombinerade med årsrörelser på $\pm 2 - 5 \%$ och långtidsrörelser upp till 10% av fogens bredd. Rörelser som gör att fogen tidvis står under tryck synes innebära särskild risk för brott (11.14.4). För rörelser i fogens djupled och längdled synes 2 - 3 gånger högre värden kunna tillämpas. Vissa uppgifter om rörelsetålighet lämnas av respektive tillverkare.

12.5 Simulering av rörelser

Det har framgått att de rörelser som uppstår i fasadfogar är av sammansatt natur.

Flera författare har studerat rörelserna i detalj. (Nylund 1968, STUPRE Working Groupe E 1968, Künzel & Gertis 1969, Ryder & Baker 1970). Vid de olika provningar som företas på fogmassor har man försökt simulera dessa rörelser på olika sätt. Dessutom har man försökt simulera växlingarna i miljön. Nylund (1963 c) har placerat fogmassor av olika fabrikat i en och samma fasad.

Ballentyne & Brown (1968) har utomhus exponerat stänger av metall och trä vars rörelser fått påverka provstycken med fogmassa.

Provningar av dessa slag synes ge ett väsentligt bidrag till kunskaperna om olika fogmaterials funktion vid lika yttre förutsättningar.

13. INVERKAN AV FOGNINGENS UTFÖRANDE

Fogning av husfasader kan karaktäriseras som ett individberoende manuellt arbete med komplicerat sammansatta material under starkt varierande yttre förutsättningar för att åstadkomma en komponent som till sin funktion inte är helt enkel att beskriva och förstå. Det har vid undersökningen klart framträtt att förutsättningarna för ett lyckat fogningsarbete därför är flera.

Att goda handlingar i form av ritningar och beskrivningar på element, fönster och fogar finnes och följes.

Att fogningen utföres med rätt personal och vid rätt tidpunkt.

Att arbetet kontrolleras.

13.1 Fogläggare

Fogning av fasadfogar har skett med personal som varit anställd av byggnadsentreprenören eller hos en underentreprenör. Underentreprenörerna har varit glasmästerier, plattsättningsfirmor eller renodlade fogningsfirmor.

Krafftiga variationer i utförandet har observerats mellan olika fogläggare tillhörande samma eller olika företag. Nyttan av att instruera och utbilda fogläggare i yrket har framgått klart vid långa byggobjekt där samma personal använts flera år.

13.2 Fogning vid fuktig väderlek

Om fogning sker vid fuktig väderlek riskerar man att fogkanterna är våta när primern och fogmassan appliceras. Därigenom äventyras i allmänhet vidhäftningen. Ett undantag utgör i viss mån de akrylatbaserade, plastiska massorna som enligt uppgift kan häfta väl även på ytor som vid fogningen varit något fuktig. Vid nederbörd riskerar man också fuktangrepp på fogmassan innan den härdat, se exempelvis fig. 101. I allmänhet avråder materialtillverkarna bestämt från fogning vid fuktig väderlek.

13.3 Fogning vid låg temperatur

De flesta fogmassor är mer eller mindre termoplastiska vid läggningen, d.v.s. de blir mera trögflytande i kyla. Detta gäller särskilt de akrylatbaserade massorna, (11.9). De blir därmed mindre formbara och svårare att trycka ut i fogen. Vättningsförmågan minskar och därmed vidhäftningen. Några fall av mindre väl utförd fogning av denna orsak har påträffats.

Vid lufttemperatur omkring 0°C finns risk för rimfrost på fogkanterna, fig. 58, varigenom vidhäftningen kan äventyras.

Vid lägre temperatur ökar oftast härdningstiden kraftigt. Därmed ökar även risken för påverkan på fogmassan före härdningen. Termoplastiska massor kan behöva värmas före appliceringen vid låga temperaturer.

I allmänhet avrådes från fogning vid temperaturer under $+5^{\circ}\text{C}$. Fogning har dock skett vid temperaturer under 0°C med gott resultat.

13.4 Fogning vid hög temperatur

Vid extremt höga sommartemperaturer kan problem uppstå genom att primern härdar för snabbt, att fogmassan delvis härdar innan den har hunnit appliceras och att fogmassan rinner efter applicering mot de varma elementen. Exempel på fogar med mindre god vidhäftning har påträffats där man kunnat misstänka inverkan av att primern härdat för mycket före fogningen (10.6). Vid höga temperaturer är det alltså lämpligt att arbeta med små satsstorlekar av primer och massa och korta fogningsetapper.

13.5 Ställningar

Fogning har utförts från marken, från stege, fast ställning, rull- eller hängställning. I vissa fall har även fogning skett från kran-korg eller med hjälp av s.k. fasadcykel. En vanlig typ av hängställning för fogning framgår av fig. 108.

Någon kontroll av de olika ställningarnas inverkan på fogens kvalitet har ej ingått i denna undersökning. Dock har noterats att en intäckt fast ställning med god belysning kan möjliggöra fogning under svåra väderleksförhållanden.



Fig. 108. Vanlig typ av hängställning för fasadarbeten. Hand- eller maskindrivna typer finns med en eller två linor.

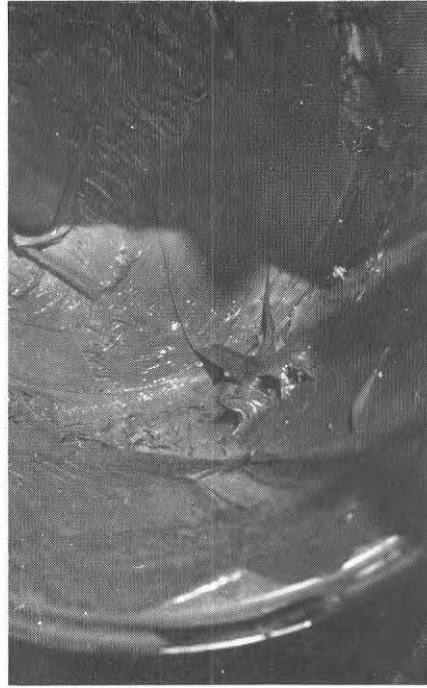


Fig. 109. Rester av oblandad massa vid botten i en burk med polysulfidfogmassa. Blandningsspiralen har ej förts ut till periferin av burkens botten, vilket även bekräftades vid studium av botten från utsidan, där spåren efter blandaren framgick.

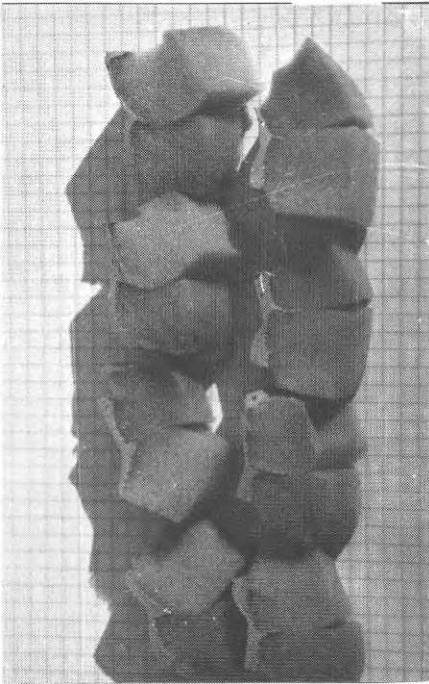


Fig. 111. Fog med mindre gott utförande. Fogspalten är för smal. En träbit har kvarlämnats i fogen. Massan har lagts för långt ut mot frilagd betongyta. Tillsätningen har försämrats av ballasten. (Plastisk fogmassa).

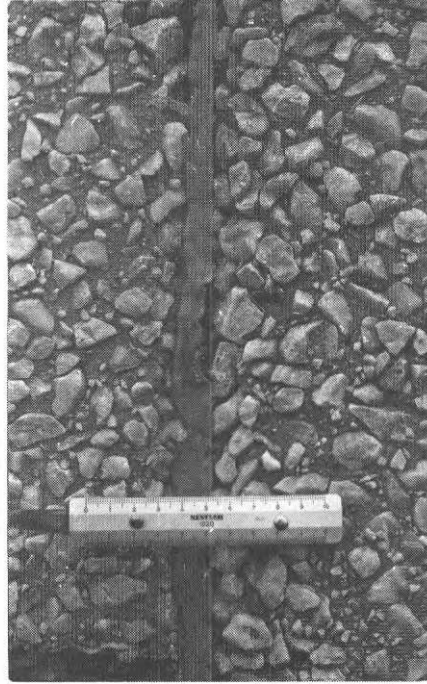


Fig. 108. Usual type of suspended scaffold for work on a facade. There are manually or mechanically operated types with one or two ropes.

Fig. 109. Residue of unmixed compound at the bottom of a tin containing polysulphide-based compound. The spiral track of the mixer does not come up to the periphery of the bottom of the tin, which was also confirmed by a study of the outside of the tin where the track of the mixer could be seen.

Fig. 110. Cross section through a joint run containing resilient compound. Depth of the joint is 1–2 mm at some point. The retainer strips are foamed plastic of open-cell type. The strip was wet when the joint was cut open. The sample is taken after 3 years in a facade to the north. Appearance of the joint surface was acceptable. The squares in the photograph have 5 mm sides.

Fig. 111. Joint of slightly unsatisfactory construction. The gap is too narrow, a piece of wood has been left in the joint and the compound has been laid too far out towards the exposed concrete face. Smoothing of the joint was made difficult by the aggregate (Plastic jointing compound).

13.6 Blandning av tvåkomponentmassor

Vid stickprov som tagits vid pågående fogningsarbete har konstaterats att risk föreligger att den blandning av tvåkomponentmassor som utföres på arbetsplatsen kan ge mindre gott resultat. En speciell risk föreligger vid periferin av blandningskärllets botten där det kan uppstå oblandade rester fig. 109. Om dessa följer med vid appliceringen kan de troligen vara orsak till lokala, ofullständigt härdade partier och färgskiftningar i fogsträngen. Några enstaka exempel på sådana synpunkter har också upptäckts i lagda fogsträngar.

Det torde vara lämpligt att arbeta med maskinstyrda blandningsverktyg med automatisk tidsinställning, så att fogmassan blir blandad i sin helhet under tillräckligt lång tid. Blandningen bör ske så att så lite luft som möjligt blandas in i fogmassan.

13.7 Appliceringsverktyg

Vid applicering av fogmassorna har oftast använts handsprutor, i huvudsak beroende på att de är mera lätthanterliga än de som drivs med tryckluft. Någon skillnad i kvalitet mellan fogar lagda med olika slag av sprutor har inte med bestämdhet kunna iakttagas. Vid intervjuer med fogentreprenörer och fogläggare har det dock framgått att det finns ett allmänt önskemål om en lätthanterlig eldriven appliceringsutrustning speciell vid fogning med trögflytande massor. Penn (1967) har redovisat olika slag av fogningsverktyg.

13.8 Rätt fogdjup

Kontroller som utförts vid fältundersökningen visar att fogning ofta har skett med små fogdjup. Orsaken till detta har ofta varit en ambition att spara på fogmassan då dennas andel av totalkostnaden varit betydande. Upphandling av fogmassor har oftast skett inklusive material. Det är möjligt att en upphandlingsform där köparen tillhandahålles materialet vore lämpligare för denna typ av entreprenad.

Fig. 110 visar tvärsnitt genom en fogsträng med elastisk fogmassa där fogdjupet på vissa ställen är endast 1-2 mm. Fogen hade här ett fullt acceptabelt utseende på ytan.

Fogdjupet bestäms indirekt vid läggningen genom att bottningslisten placeras på ett visst djup i fogen. Ett enkelt verktyg fig. 73, kan vara till god hjälp vid kontroll av listens djupläge (9.7).

Resultatet av fältundersökningen med pordetektor (6.8) ger vid handen att de värden på fogdjup som angivits för fogmassor klass A i Bygg AMA (1965) ej ger tillräckligt stort tätningsdjup för att helt hindra passage av vatten genom betongens kritiska zon i element av den kvalitet som förekommit.

Det är av stor betydelse för fogens funktion att fogmassan lägges med tillräckligt djup (6.8, 11.6, 11.14.4).

13.9 Kontroll

En fogs kvalitet kan icke bedömas genom att enbart betrakta den färdiga fogens yta. Undersökningen ger vid handen att kontroll måste ske både före, under och efter fogning. Det framgår också klart att redan en mycket enkel kontroll under några minuter kan avslöja fel som kan ha helt avgörande betydelse för en fasads funktion ur fogsynpunkt.

Beroende på kraven på fogarna kan olika kontroller ha olika stor betydelse från fall till fall. Här nedan uppräknas några punkter som vanligen är aktuella.

Före fogning kontrolleras att:

elementkanterna är av föreskriven kvalitet (eventuellt efter likare), rena och torra samt försedda med föreskrivna dräneringskanaler. fogspalten är torr och uppfyller föreskrivna toleranser samt är fri från hinder fig. 111

Under fogning kontrolleras att:

väderleken är lämplig

föreskrivna material användes. (Primer, bottning, massa)

materialet appliceras på föreskrivet ställe i fogen,

fig. 111 och i rätt mängd. (Viktigt!)

föreskriven dränering utföres

bottningslister ej sträckes vid inläggningen

att vidhäftning kan fås mot kantmaterialet fig. 112

eventuell primer appliceras föreskrivet antal gånger på

tillräckligt stor yta

primern får torka men ej härda för mycket före appliceringen

av massan

tvåkomponentmassor blandas på föreskrivet sätt.

Efter fogning kontrolleras att:

rätt fogdjup innehålles. (Viktigt!)

fogmassan har god vidhäftning (Andersson 1969)

fogmassan härdat på avsett sätt

fogens utseende är godtagbart, fig. 111

fogen är så tät som kräves i handlingarna (6.8.3).



Fig. 112. Släppa i kälfog av polysulfidbaserad fogmassa. Fogen är lagd mellan betongelementet och den svarta, blanka ytan av ugnshärdad silikatfärg på en asbestcementskiva. På grund av rörelserna och den olämpliga fogformen har fogen brustit där vidhäftningen är sämst. Man har försökt täta släppan med akrylatfogmassa men denna har brustit på grund av den extremt lilla fogbredden (= sprickbredden).

Tab. 7. Ledtrådar till avsnitt som behandlar skador och dess orsaker.

Fig. 112. Run in fillet joint containing polysulphide-based compound. The joint is between a concrete section and the shiny black surface of an asbestos cement slab with stove-hardened silicate paint. Owing to movements and the unsuitable design, the joint has failed where adhesion is the worst. An attempt was made to seal the sag with an acrylate jointing compound, but this failed due to the extremely small joint width (= crack width).

SKADA	SE	SKADA	SE
SKADOR PÅ FOGSTRÄNG		Skrynklor, veck	11.3, 11.9
Krakelering	11.18, 13.2	Rinningar	11.9, 11.16, 12.2
Skorpa	11.9	Knutor	9.3
Ytsprickor	11.18	Petningsskador	11.8
Sprickor i skinn	11.4, 11.5	Missfärgningar, utfällningar	8.3, 9.5
Djupa sprickor vid fogkanten	6.7, 9.4, 11.10, 11.14.4, 12.1, 12.3	SKADOR PÅ ELEMENT	
centriskt i fog	11.3, 13.8	Frostskador	6.15, 9.1
excentriskt i fog	6.6, 12.1	Brustna lagningar	6.16
Tvärsgående sneda	11.9	Missfärgning	8.3, 10.7, 4.2
oregelbundna	11.3, 12.1	Ojämn smutsning	7.14, 8.2
Porrer, blåsor	11.10, 12.3	SKADOR PÅ FÖNSTER	
Släppor	9.6, 11.17	Målningsskador, begynnande röta	7.6, 7.8
	13.6	Kalkutfällning	7.7.1
	6.13, 6.14	SKADOR PÅ GRUNDMUR	3.1, 8.2
	9.3, 10, 11.15	SKADOR I GOLV	3.1, 3.4
	12.3, 13.4	SKADOR PÅ INNERYTOR	6.8, 6.10, 7.1
			7.3.1, 7.5, 13.8

Tab. 7. Key to sections which deal with various types of damage and their causes.

14.

SKADETYPER

De erfarenheter som erhållits vid denna undersökning torde bl.a. vara användbara som ett stöd vid fastställande av orsaker till skador i och vid fasadfogar. I detta kapitel skall därför göras ett försök att samla skadetyperna i olika grupper med hänsyn till var och hur de yttrar sig med hänvisningar till de tidigare avsnitt där orsakerna till skadorna behandlas.

Allmänt kan sägas

Skadornas omfattning varierar starkt med väderstreck (3.1, 3.2) och förekomst av avledare (4.2, 6.8.4).

För en riktig bedömning av orsaker till skador på fogsträngar måste fogens rörelser studeras ingående (12) och ställas i relation till fogspaltens bredd (8.1).

Arten av de ytliga skadorna på fogsträngar har ofta samband med fogmassans typ (11). Mera djupgående skador kan ha flera olika orsaker.

Elementkanternas kvalitet och fogdjupet (6.8) samt fönstrens egenskaper (7) har stor inverkan på risken för läckageskador. Risken kan till stor del neutraliseras med dränering (6.8.3, 6.8.4, 7.3.1) eller absorption (5.2)

Läckageskador har ofta förekommit oberoende av skador på yttre fogsträng (6.8.3).

För närmare studium av olika skadetyper kan ledtrådar erhållas ur TAB 7 till de avsnitt av avhandlingen som på ett eller annat sätt berör skadorna och deras orsaker. Av naturliga skäl ger tabellen inte någon fullständig bild av skadesammanhangen.

LITTERATUR

I nedanstående referensförteckning användes följande förkortade beteckningar:

BYGG = BYGG, Handbok för Hus, väg- och vattenbyggnad, tredje upplagan.

NBRI = Norwegian Building Research Institute.

Andersson, K.A., 1969, Upphandling och kontroll vid fog-entreprenader, (Byggförlaget) Byggnadsindustrin 8:1969, sid. 69 - 75, Stockholm

Andersson, PO, Wahling, B, Matti, S m.fl. 1964, Allmänt om uppvärmning och ventilation (Byggmästarens Förlag) BYGG kap. 651, Stockholm

Arbeitskreis "Fugenmassen" des Deutschen, Beton-Vereins E.V., 1968, Verarbeiten von Fugenmassen im Betong fertigteilbau (Wilhelm Ernst & Sohn) Beton- und Stahl-betonbau 7:1968, Berlin.

As, W van, 1968 a, Investigation fasades aspects, methods, equipment and judgment. NBRI Report 51 C, sid 84 - 89, Oslo.

As, W van, 1968 b, Rain penetration through window joints. NBRI Report 51 C, sid. 315 - 320, Oslo.

As, W van, 1968 c, Investigation into the possibilities of improving raintightness of wooden windows, doors and frames in brickwork. NBRI Report 51 c, sid. 321 - 326, Oslo.

Ballantyne, E.R., Brown, N.G., 1968, The testing of building sealants for movement joints. NBRI Report 51 c, sid 123 - 126, Oslo.

Bieneman, R.A., 1967, Drying oil caults (Rienhold Publishing Corporation) Sealants, sid 270 - 282, New York.

Bishop, D, 1968, The performance of drained joints.
NBRI Report 51 c, sid 241 - 248, Oslo.

Bygg AMA 1965, (AB Bygg AMA), Kapitel G 1, Rörelse-
fogar mellan monteringsfärdiga element. Stockholm.

Cook, J.P., 1967, Polysulfide sealants, (Reinhold
Publishing Corporation) Sealants, sid 175 - 195,
New York.

Dalaker, M, 1968, Gaskets in window joints. NBRI Report
51 c, sid 134 - 140.

Damasis, A, 1967, Sealants, (Reinhold Publishing
Corporation), New York.

Eichler, Friedrich, 1968, Banphysikalische Entwurfslehre,
(Verlagsgesellschaft Rudolf Müller), Köln-Braunsfeld.

Engström, J, 1969, Fogtätning, (AB Casco) Bygget 3:1969,
sid 13.

Faud, R.H., 1967, Acrylic sealants (Reinhold Publishing
Corporation) Sealants, sid 226 - 234, New York.

Fischer, R.E, 1968, Sealing joints: the technology and
the art, (Mc Graw-Hill inc.).
Architectural Record May 1968, sid 203 - 210, New York.

Friberg, G, 1970. Så påverkar miljön polymera material,
(Fackpressförlaget).
Plastvärlden nr 3 1970, sid 39 - 43, Helsingborg

Gansland, E, 1967. Gummi som konstruktionsmaterial,
(Förlags AB Plastvärlden) Gummiteknisk Handbok sid 273 - 288,
Helsingborg

Gjelsvik, T, 1968. Design of joints with building sealants,
NBRI Report 51 c, sid. 160 - 163, Oslo.

Grassow, H., 1968. Normfensterkatalog (B.G. Teubner)
Stuttgart.

Grunau, E.B, 1967. Fugen in Hochbau (Verlagsgesellschaft
Rudolf Müller), Köln-Braunsfeld.

Grunau, E.B, 1968. Verantwortung und Möglichkeiten des
Architekten für eine sichere Verfüging im Hochbau (VEB
Verlag für Bauwesen).
Die Bauzeitung 12 1968, Berlin.

Gummiteknisk Handbok, 1967, (Förlags AB Plastvärlden),
Helsingborg.

Gustavsson, B., 1960. Fogmassor och andra tätningemedel,
(Byggnadsvärlden AB) Byggnadsvärlden 38:1960, sid 809-812,
Stockholm

Gustavsson, B., 1962. Fogmassor, (Statens institut för
byggnadsforskning) Byggnadsforskningens Informationsblad
1962:38, Stockholm.

Higgins, J.J., 1967, Butyl and Related Solvent Release
Sealants, (Reinhold Publishing Corporation) Sid 283 - 299,
New York.

Ingelman - Sundberg, Martin, 1969. Några närströmningsproblem
invid ytan av fasader och byggnader. (Statens institut för
byggnadsforskning).
Rapport nr 25:1969, sid. 157 - 172, Stockholm

Jackson, B.S. & Welch, M.J., 1968. Single part rubber based
sealants in the building industry. NBRI Report 51 c, sid 180 - 185.

Johansson, A., 1970. Formbestyrkningsmedel, (Svenska Cementför-
eningen) Cement & Betong 1970:2, sid. 189 - 194, Malmö.

Järnmark, T., 1968 a, Slagregn 1. Presentation och definition
(Statens institut för byggnadsforskning). Informationsblad
nr 39:1968, Stockholm.

Järnmark, T., 1968 b. Slagregng 2. Slagregnsfördelningen i Sverige. (Statens institut för byggnadsforskning). Informationsblad nr 40:1968, Stockholm.

Künzel, H., Gertis, K., 1969. Thermische verformung von Aussen wänden. (Bauverlag GmbH). Betongsteinzeitung, 9/1969, sid 528 - 535, Wiesbaden.

Lagerstedt, E., Marteleur, T., 1959, Värmelära (Byggmästarens Förlag) BYGG, kap. 143, Stockholm

Lorentsen, M., 1968, Fukttransport - Fogar (Ingenjörfirman Jacobson & Widmark AB) Fukt i Fasader. Projekteringsdag 68/2. Sid. 5 - 11, Stockholm

Lyng, O., 1962, Anslutning mellan karm och vägg. (Statens Institut för Byggnadsforskning). Byggnadsforskningens informationsblad 1962:18.

Nielsen, A., 1968. Byggnadsmaterials reologi, (Institutionen för byggnadsteknik, Tekniska Högskolan i Lund) Bulletin 3, Lund.

Nylén, P., 1968. Målningsmaterial, (Byggmästarens Förlag) BYGG, kap. 289, Stockholm.

Nylund, P.O., 1963 a. Kondens i väggar, (Statens institut för byggnadsforskning). Blad 1963:26, Stockholm.

Nylund, P.O., 1963 b. Fogar i ytterväggar av betong-fogmassor. (Byggmästarens Förlag). Byggmästaren 11:1963, sid 271 - 274, Stockholm.

Nylund, P.O., 1963 c. Fogmassor som tätning i betongfasader (Byggmästarens förlag) Byggmästaren 11:1963, sid 275 - 279, Stockholm.

Nylund, P.O., 1966. Vindtäthet hos flerskiktswäggar. (Byggmästarens Förlag) Byggmästaren 11:1966, Stockholm

- Nylund, P.O., 1968. Rörelser hos fasadelement av betong (Byggmästarens Förlag) Byggmästaren 5:1968, sid. 24 - 31, Stockholm.
- Palmgren, H., 1967. Syntetgummityper. (Förlags AB Plastvärlden) Gummiteknisk Handbok sid. 246 - 254, Helsingborg.
- Penn, C.B., 1967. Equipment for sealant application, (Reinhold Publishing Corporation) Sealants, sid. 270 - 282, New York.
- Perstorpsboken, Plastteknisk Handbok, 1968, (Maskin AB Karlebo) Stockholm.
- Pettersson, Ove, 1969. Byggnadsaerodynamiska problemställningar - en översikt. (Statens Institut för Byggnadsforskning). Rapport 25:1969, sid. 11 - 42, Stockholm.
- Pleijel, Gunnar, 1962. Sol- och klimatfrågor i samhällsplanering (Byggmästarens Förlag) BYGG, kap. 841, Stockholm.
- Ronge, H., 1961. Bostadsklimatet i murverkshus och betonghus. (Statens Råd för Byggnadsforskning) Handling nr 38, Stockholm.
- Ryd, H., 1968. Byggnaders klimathölje. (Statens Institut för Byggnadsforskning) Informationsblad nr 26, 1968, Stockholm.
- Ryder, J.F. & Baker T.A., 1970. The extent and rate of joint movements in modern buildings (Building Research Station). Report to the International Symposium for the Construction Industry. Joint Movement, Design & Materials, Brighton.
- SBN 67, Svensk Byggnorm 1967, (Statens Planverk) Publ. 1, Stockholm.
- Schröderheim, G., 1968. Från etenplast till propenoxidplast, (Teknisk Tidskrift) Teknisk Tidskrift nr 32, sid. 627 - 631, Stockholm.

SIS 16 22 01, 1962, Gummi. Bestämning av hårdhet (Sv. Standardiseringskommision) Utg. 1. Stockholm.

SIS 81 81 14, 1967, Fönstersnickerier. Fönster och fönsterdörrar, inåtgående. Profiler. (Sv. Standardiseringskommision) Utg. 1, Stockholm.

Stupre, Working Group E, 1968. Joints between concrete wall cladding elements, (Norwegian Building Research Institute) NBRI Report 51 C, sid 212 - 215.

Tons, E., 1963. Geometry of simple joint seals under strain. (Nat. Research Council-Building Research Institute) New Joint Sealants - Publ. 1006, sid 40 - 61, Washington D.C.

Tons, E., 1967. Physical aspects of sealant i a joint, (Reinhold Publishing Corporation) Sealants, sid 34 - 51, New York.

Walter, A.H., 1968 a. Lim,klister och fogtätningmaterial. (Byggmästarens Förlag) BYGG, kap. 286, Stockholm.

Walter, A.H., 1968 b, Untersuchungen über den härtungsverlauf Kalthärtender Polysulfid-Versiegelungsmassen (Ullstein, GmbH). Adhäsion 4:1968, Berlin.

Warnbo, B., 1966. Slagregn (Svenska Riksbyggen) Teknisk Utredning nr 4, Stockholm.

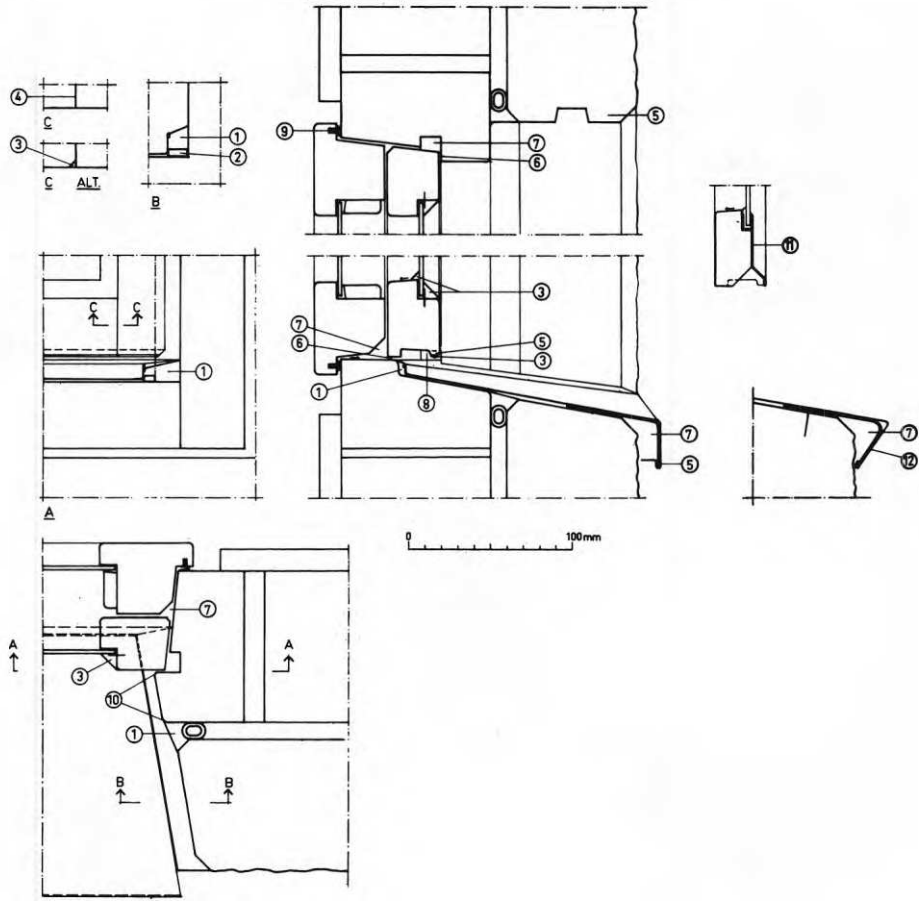
Wigren, R., 1958, Vinduer av tre, (Norges Byggeforskningsinstitut) Rapport nr 28. Oslo.

Wirén, B., 1969. Vind- och läbildningsproblemet ur strömnings-teknisk synpunkt. (Statens institut för byggnadsforskning). Rapport 25:1969 sid. 69 - 83. Stockholm.

Ödman, S.T.A., 1969. Betongblandningens inverkan på krympningen (Byggmästarens Förlag) Byggmästaren 6:1969, sid. 13 - 15.

Bil. A Sammanställning av synpunkter och erfarenheter beträffande träfönster i Allbetongfasad. (7).

1. Elastisk fogmassa av god kvalitet.
2. Mjuk botteningslist med låg vattenabsorbtion, eventuellt snöre av plastisk fogmassa.
3. Fogmassa av hög kvalitet.
4. Vattenfast, fyllande lim som skyddar ändträet.
5. Avledare
6. Strypning (springa, helst smalare än 2 mm).
7. Kanal som fångar vatten och damm.
8. Öppning för tryckutjämning, dränering och ventilation (TDV-öppning).
9. Starkast möjliga strypning. Progressiv, mjuk packning med stort spann och så täta hörn som möjligt (V-list av EPDM-gummi som ex.).
10. Rundat hörn som ger obrutet färgskikt.
11. Alternativt utförande av yttre bottenbågstycke med aluminiumskena som vid sina ändrar medger att den vertikala massafogen dras ned och skyddar bågens sammanfogning. Skenans längd lika med glasets.
12. Alternativt utförande av fönsterbleck vid starkt smutsad atomosfär.



R42: 1972

Denna rapport hänför sig till anslag C 529 från Statens råd för byggnadsforskning. Kostnaderna för undersökningen har delats lika mellan rådet och AB Skånska Cementgjuteriet.

**Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm
Grupp: konstruktion**

Pris: 24 kronor