



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

R31:1977

632

**Funktionsbetingade
utböjningskrav hos
icke-bärande ytterväggar**

Byggnadsstatik

**Hjalmar Hedlund
Bertil Neyman**

Byggforskningen

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VAG. OCH VATTEN
BYGGINST

R31:1977

FUNKTIONSBETINGADE UTBÖJNINGSKRAV HOS
ICKE-BÄRANDE YTTERVÄGGAR

Hjalmar Hedlund
Bertil Neyman

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
750356-8 från Statens råd för byggnadsforskning till
Sven Tyrén AB, Stockholm.

Nyckelord:
ytterväggar
icke bärande väggar
deformationer
utböjning
vindlaster
funktionskrav
normer

R31:1977

ISBN 91-540-2692-X
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

INNEHÅLL

	Sid
SAMMANFATTNING	4
1 INLEDNING	8
2 DEFINITIONER OCH FÖRKLARINGAR	10
2.1 Utformning av icke bärande ytterväggar	10
2.2 Rörelsetyper /20/	11
3 BELASTNINGAR	13
3.1 Allmänt	13
3.2 Yttre laster	13
3.3 Vindlast	13
3.4 Temperaturgradienter	17
3.5 Initialutböjningar	18
4 FUNKTIONSKRAV	19
4.1 Formulering	19
4.2 Indelning av funktionskraven	19
4.3 Funktionsbetingade deformationskrav	20
4.31 Produktionsbetingade krav	20
4.32 Verksamhetsbetingade krav	21
4.33 Krav betingade av miljöanspråk	22
4.331 Utseende	22
4.332 Trygghetskänsla	24
4.333 Täthet	24
4.334 Vibrationer	26
4.34 Krav betingade av trygghetsanspråk	27
4.35 Underhållsbetingade krav	27
4.4 Sammanfattning av funktionsbetingade deformationskrav	29
5 SYNPUNKTER OCH REKOMMENDATIONER	30
5.1 Jämförelse mellan normer och rekommendationer i olika länder	30
5.2 Rekommendation	32
5.3 Utvecklingstendenser, utblick	33
FIGURER	35
LITTERATURFÖRTECKNING	44
LISTA ÖVER BREVKONTAKTER	47

SAMMANFATTNING

Lätta, icke axialbärande ytterväggar har, i Sverige sedan mitten av 1900-talet, fått en utökad användning i byggnader. Skälen härtill är flera, men arkitektoniska önskemål och för vissa hustyper produktionstekniska fördelar är de viktigare. Vid utformning och dimensionering av lätta ytterväggar är ett av problemen att fastställa deformationskraven. En mycket översiktlig sammanställning av några fasadtillverkarens praxis visade att den skiljde avsevärt vid helt likartade fasader.

Ändamålet med denna större inventering var därför att försöka klarlägga de funktionsbetingade deformationskraven genom dels ett litteraturstudium, dels kontakter med in- och utländska tillverkare, forskare och institutioner.

De funktionsbetingade deformationskrav som inventerats är

1. Produktionsbetingade krav
2. Verksamhetsbetingade krav
3. Krav betingade av miljöanspråk
4. Krav betingade av trygghetsanspråk
5. Underhållsbetingade krav
6. Krav betingade av ombyggnadsbehov

Resultatet av inventeringen är att ytterst få undersökningar utförts. Endast när det gäller väggar som innehåller fönster av enkelglas, flerglasrutor, värmeabsorberande glas så finns det någorlunda funktionsbetingade deformationskrav. I övrigt finns det rekommendationer i olika länder när det gäller tillåtna deformationer. Dessa rekommendationer skiljer sig mellan olika tillverkare och länder. Vid jämförelse måste man beakta att när det gäller vindbelastningen, som ofta är den dimensionerande lasten, så skiljer den sig från land till land genom att man förutsätter olika formfaktorer och olika vindhastigheter. Den senare kan ju vara förklarlig men inte den förra. De huvudsakliga deformationskraven som framkommit vid inventeringen är

i Sverige

anger kommentarerna till Aluminiumnormerna som tillåten förändring vid vindlastpåverkan följande riktvärden:

Fasader och tak av profilerad plåt $f_{\max} = L/90$

Fasader vid höga utseendekrav $f_{\max} = L/200$

De svenska plåttillverkarna anger $L/90$ för plåten vid spännvidder upp till 3 m och $L/150$ för väggreglar upp till 8 m. Vid högre krav på väggens funktion och utseende brukar man höja kravet till

L/200. Byggstandardiseringen har utarbetat funktionskrav och provningsmetoder för fönster,

i Danmark

publicerades nyligen egenskapsbeskrivningar för fönster och icke bärande ytterväggar. Fönstrens styvhet vid ett övertryck av 1,5 kN/m² bedöms enligt nedan

Styvhet	ringa	medel	stor
Utböjning i förhållande till fönstrets minsta dimension	1/100	1/250	1/500

Beträffande ytterväggens styvhet anges följande testmetod:

Väggen som skall användas på mindre höjd än 6 m över omgivande mark, påförs gradvis mitt emellan golv och tak en horisontell linjelast av 0,5 kN/m. Vägg som skall användas mellan 6 och 30 m över omgivande mark påförs på motsvarande sätt en linjelast av 1 kN/m. Väggen värderas därvid enligt följande. Väggen har tillräcklig styvhet för linjelast om uppkommande deformation ej överstiger 10 mm och om arbetslinjen visar en jämn, nästan rätlinjig kurva. Den kvarstående deformationen får ej vara större än 2 mm. Därutöver bedöms väggens styvhet vid linjelast med utgångspunkt från nedanstående skala

Styvhet	acceptabel	god	utmärkt
Utböjning	10	8	4

Detta styvhetskrav kan omräknas till en relativ styvhet vid dimensionerande vindlast,

i Norden

angav Nordiska kommittén för byggnadsbestämmelser sommaren 1961 ett förslag att väggens respektive väggdelens styvhet skall vara så stor att deformationen inte överstiger L/300,

i Tyskland

tillämpas DIN 18056. I punkt 5.33 anges: "Den beräkningsmässiga utböjningen för horisontella och vertikala regler får vid dimensionerande belastning ej bli större än L/200 vid spännvidder upp till 3 m. Vid större spännvidder får utböjningen ej bli större än L/300. Används isolerglas skall tillverkarnas utböjningskrav beaktas."

Tyska glastillverkare anger normalt för isolerglas en tillåten utböjning av L/300, dock max 8 mm och om lödd sammanfogning tillämpas eller värmeabsorberande glas gäller L/500, dock max 6 mm. En av de största aluminiumfasadtillverkarna tillämpar numera

L/500 för alla fasader för att möjliggöra insättning av valfritt glas,

i England

tillämpas DD4:1971, som anger en testmetodik för fönstrens stormsäkerhet. Vindbelastningen är mycket hög, vilket framgår av nedanstående uppställning.

Fönsterklass	Max vindhast. under 3 sek	Sannolik max vindlast
Fönster i skyddat läge	40 m/s	1,5 kN/m ²
"- moderat "	45 "-	1,9 "-
"- utsatt "	50 "-	2,3 "-
"- mycket utsatt "	55 "-	2,8 "-

Vindtrycket har beräknats med formfaktorn 1,5. För fönster i närheten av byggnadens hörn skall fönsterklassen ökas ett steg. Vid dessa höga vindlastar är däremot utböjningskraven tämligen låga. Det anges L/125 för fönster med enkelglas och L/175 för fönster med isolerglas. Dessa krav är klart lägre än de som anges av glastillverkarna. Ovanstående krav gäller endast för fönster med mindre kantlängder än 3 m.

i Amerika

anges i "Uniform Building Code" ungefär samma regler som tillämpas i England.

Att kunskaperna beträffande funktionsbetingade deformationskrav för fasader är så begränsade är i och för sig inte så förvånande - problemet är komplicerat. Man kan ju bara jämföra med deformationskraven för bjälklag som uppbar mellanväggar, som kan skadas av deformation. Dessa krav är i mycket liten utsträckning funktionsbetingade, vilket framgår av resultatet när man tillämpar kraven för vissa mellanväggstyper.

Med ledning av de resultat som framkommit vid inventeringen samt till begränsad del av egna teoretiska bedömningar lämnas följande rekommendationer för lätta fasader till bostäder, kontor, sjukhus och liknande med i Sverige tillämpade belastningar. Formfaktorn bör sättas till 1,2 och för höga och smala hus till 1,6.

Rekommendationer

1. Fasaden bör ges en sådan styvhet att deformationen inte överstiger L/250.
2. Om fasaden innehåller fönster med flerglasrutor bör dessa fasaddelar ges en sådan styvhet att deformationen inte överstiger L/300. Dock måste glastillverkarens eventuellt avvikande krav beaktas.

3. Om fasaden innehåller fönster med värmeabsorberande glas minskas motsvarande värde till L/500.

Den nya energinorm som gäller i Sverige kommer att medföra tjockare väggar och styvheten kommer därmed oftast att öka, varför ovan angivna krav kan innehållas utan nämnvärd kostnadsökning jämfört med dagens rekommendationer.

1 INLEDNING

Fasadväggar utformades från äldre tider fram till början av 1900-talet huvudsakligen som bärande konstruktioner med fönster placerade i "hål i mur". Under 1900-talet, och för Sveriges del med början av 1950-talet, började man emellertid tillämpa "icke bärande fasader", oftast då lätta transparenta fasader, s k "Curtain walls". Orsakerna till denna förändring har varit flera, men arkitektoniska och produktionstekniska skäl är de viktigare.

De icke bärande väggarna medför andra tekniska problem än vad som gäller för bärande fasadväggar med fönster i "hål i väggen". Speciellt de icke bärande väggarnas täthet mot fukt och vind har medfört tekniska problem. Som ett delproblem härvidlag ingår fasadkonstruktionens styvhet.

Det är ett ekonomiskt krav och ofta även ett arkitektoniskt önskemål att få så materialbesparande och därmed så klena profiler som möjligt. Speciellt har lättmetallkonstruktioner som har ett högt materialpris gjorts mycket klena och med liten böjstyvhet. Vid förfrågan hos olika fasadtillverkare beträffande den funktionsbetingade böjstyvheten hos olika fasadkonstruktioner har framgått att några mera ingående analyser inte utförts. Man grundar sig på en praxis som visar sig vara olika från tillverkare till tillverkare och från land till land. Speciellt vid anbudsvärdering mellan olika fasader, då man försökt bedöma fasadens driftkostnader, har det varit svårt att värdera styvheten. Olika tillverkare har också framfört önskemål om att få deformationskraven klarlagda.

Det har varit vår avsikt att sammanställa ett bakgrundmaterial till de faktorer som kan inverka på valet av deformationsbegränsande kriterier för lätta, icke bärande ytterväggar. Efterföljande studie skulle drivas som en inventering av tillgänglig litteratur, en diskussion med fasadtillverkare samt en etablering av kontakter med olika forskare på detta område.

Det har dock visat sig att det knappast finns någon relevant litteratur som belyser dessa problem utförligt. Forskarna påpekar också att det erfordras en stor forskningsinsats för att få klarhet i dessa frågor. Många nya uppslag och impulser har vi tyvärr inte kunnat erhålla. Av fasadtillverkarna har vi fått veta vilken praxis som tillämpas och vilka erfarenheter man vunnit. Någon entydig bakgrund till den tillämpade praktiken finns dock inte.

Eftersom det relativt snart stod klart att de informationer som vi kunde inhämta var mycket begränsade, så har insamlingen och värderingen av informationerna kompletterats med en inventering av olika deformationskrav hos icke bärande ytterväggar som betingas av

funktionen. Kunskap kan då vinnas både av teoretiska resonemang och av praktiska försök på laboratoriet. Vår svårighet har varit att vi endast kunnat ägna oss åt teoretiska spekulationer. Laboratorieförsök har av naturliga skäl inte kunnat genomföras inom ramen av detta arbete. På så sätt har vi endast kunnat diskutera vissa frågor medan andra har lämnats obesvarade eller inte behandlats alls. Avsikten med detta arbete har varit att finna ett visst styvhetskriterium för lätta ytterväggar som säkerställer dess goda funktion. I studien diskuteras systematiskt olika funktioner hos väggen som kan leda till olika deformationsbegränsande krav. Dessa sammanställs som delresultat i en tabell. Denna tabell kan användas för att avgränsa olika områden som beträffande styvheten kan anses representera olika kvalitetsklasser. Skulle det komma fram nya och bättre underbyggda forskningsresultat på detta område kan tabellen lätt utökas och justeras. Även en förändrad teknik i samband med tillverkningen av icke bärande ytterväggar kan ge anledning till en justering av tabellen och eventuellt av kraven.

Då det inte varit möjligt att genomföra detta arbete som en ren litteraturinventering har vi valt att systematiskt diskutera de deformationskraven påverkande funktionerna och i samband därmed hänvisa till litteraturen. Själva metodiken i undersökningen av funktionsbetingade deformationskrav har angivits av Kärrholm, Dubinski /20/. I denna studie har vi försökt att tillämpa denna teknik på ett praktiskt fall.

I bilagan ingår även en uppställning på de forskare vi har brevväxlat med och de tillverkare som vi kontaktat.

I och för sig är det inte så förvånansvärt att kunskaperna beträffande funktionsbetingade deformationskrav för fasader är så begränsade. Om man jämför med bjälklag och de deformationskrav som bör ställas på dem vid exempelvis olika typer av mellanväggar som står på eller under bjälklagen, så är kunskaperna mycket begränsade. Betongbestämmelserna, exempelvis, föreskriver dels olika styvhet för plattor och balkbjälklag. Respektive krav varierar sedan inte för olika typer av mellanväggar, vilket självfallet är helt fel. Kunskapsbristen när det gäller deformationskrav för bjälklag kostar landet mycket mer än vad motsvarande gör beträffande fasader. Detta förhållande skall naturligtvis inte motivera att man inte forskar vidare beträffande fasader.

Författarna tackar för värdefullt stöd som professor G. Kärrholm givit samt till övriga forskare, tillverkare m fl som bidragit med egna utredningar och uppgifter.

2 DEFINITIONER OCH FÖRKLARINGAR

2.1 Utformning av icke bärande ytterväggar

Det finns ett nästan oändligt antal olika konstruktioner av lätta ytterväggar. Ofta är fasaderna speciellt ritade för vissa byggnader och detaljutformningen varierar inom vida gränser. Det finns dock vissa huvudtyper som mycket kortfattat skall beskrivas /7/, /8/, /9/, /10/, /11/, /15/.

1. Fasaden kan placeras inom en mur- eller väggöppning. På det viset uppstår den klassiska utfackningsväggen, i princip en utökning av själva fönstret. Byggnadssättet ansluter också till fönstertekniken. Den enklaste formen av denna vägg utgörs av det längsgående fönsterbandet. Nästa steg är att bröstningarna helt försvinner. Det enda som når fram till fasadytan är bjälklagskanter och eventuellt mellanväggskanter. Inom dessa rutor eller linjer som utgörs av stommens bärande delar insätts den våningshöga utfackningsväggen (FIG 1).
2. Fasaden kan hängas utanför den bärande stommen. Den bildar då en egen yta som inte avbryts vid tvärväggar eller bjälklagskanter. Man talar om gardinväggar (icke bärande, utanför hängande), Curtain walls. Dessa används som ett arkitektoniskt uttrycksmedel.

Vid Curtain walls skiljer man mellan följande konstruktionsprinciper:

- a) Konstruktioner med vertikala regler (FIG 2)

Väggens primära bärande element utgörs av lodräta stolpar, som är förankrade i den bärande konstruktionen. Mellan stolparna bygger man in fasta eller öppningsbara fönster och bröstningspaneler. Stolparna kan antingen fästas i underkanten eller i överkanten. Normalt föredras en upphängning i överkanten så att knäckningsrisken elimineras.

- b) Konstruktioner med horisontella regler (FIG 3)

Väggens primära bärande delar utgörs av horisontella regler som är förankrade i bjälklagskanterna, i eventuellt gjutna bröstningar eller i fasadpelarna. Bröstningspanelerna och fasta eller öppningsbara fönster sätts in mellan reglarna, eventuellt kan lodräta stolpar sättas emellan.

För industribyggnader används ofta väggar av korrugerad plåt som monteras på ett väggregelsystem. Väggtypen används för närvarande företrädesvis i sådana fall där miljökraven inte är så höga. Av denna anledning omfattas denna typ egentligen inte av denna utredning.

c) Ramkonstruktioner (FIG 4)

Ramkonstruktioner utformas normalt som elementkonstruktioner där en stor del av tillverkningen kan förläggas till fabriken. De på verkstaden tillverkade elementen behöver endast hängas upp i bjälklagskanterna. Ramarna är i princip utformade med randspröjsar som består av halva profiler. Dessa skjuts vid monteringen i varandra så att slutna hålprofiler uppstår. Inom ramen kan nya vertikala eller horisontella profiler anordnas så att fönster och bröstningspaneler kan sättas in. I korsningspunkten mellan fyra olika ramhörn uppkommer i detta fall tämligen komplicerade tätningsproblem, som erfordrar speciellt utformade passbitar.

d) Skivkonstruktioner (FIG 5)

Härmed menas en elementtyp som saknar bärande spröjsar, regler eller profiler. Fasadelementets bärkraft och styvhet åstadkoms genom att hela plåtar avkantas längs ränderna samtidigt som pyramidliknande strukturer pressas i ytorna så att ryymbärande konstruktioner uppstår. Fönsteröppningar stansas in i ytorna. Kanterna avkantas och skruvas ihop med fönstren. En avancerad form av denna konstruktionstyp utgörs av samverkande skivkonstruktioner, där ett inre skikt (plåt) via ett isolerskikt av tillräcklig styrka och styvhet mekaniskt kopplas eller limmas till ett yttre skikt. Med denna typ kan man uppnå en hög styvhet med ganska liten materialförbrukning, samtidigt reduceras fogarnas längd till ett minimum.

2.2 Rörelsetyper /20/

I detta arbete studeras utböjningar vinkelrätt mot fasadytan. Förskjutningen vinkelrät mot fasadytan kallas transversalförskjutning. Minskas transversalförskjutningen med systemlinjens rörelse återstår utböjningen (FIG 6).

Axialförskjutning, dvs förskjutning i någon riktning parallell med fasadytan, har inte studerats i detta arbete (FIG 7).

Utböjningar kan försiggå med olika hastighet, som kan

påverka styvhetskravet. En rörelse kan till exempel upplevas mycket kraftigare om den sker snabbt än om den sker långsamt.

Utböjningar kan ha olika varaktighet. En långvarig krökning hos till exempel en fönsterruta inverkar ogynnsamt på brotthållfastheten, som är lägre vid långtidsbelastningar än vid momentanbelastningar.

Även frekvensen av utböjningen kan spela en viss roll vid valet av deformationskriterium.

3 BELASTNINGAR

3.1 Allmänt

Fasader utsätts för tämligen svårdefinierbara påverkningar av regn, vind och temperaturändring. Det har bedömts motiverat att beskriva belastningarna litet mer även om orsaken till en utböjning inte kan ha någon betydelse för en eventuell utböjningsbegränsning. Att välja rätt belastning kan i många fall vara ännu svårare än att välja rätt styvhet.

3.2 Yttre laster

I allmänhet är icke bärande ytterväggar ganska lätta. Det finns dock ändå en viss tyngd som måste överföras till byggnadsstommens bärande delar. Genom excentriskt lastangrepp kan både böjande och vridande moment uppkomma, vilka kan leda till utböjning vinkelrätt mot fasadens plan. Speciellt kan excentriskt anordnade infästningsanordningar föra in böjande moment i fasadkonstruktionen. Dessa är sällan dominerande i förhållande till vindlasten. De kan dock heller inte försummas (FIG 8).

Anordnas putsbalkonger, markiser, rengöringsfordon e d måste deras inverkan på utböjningstillståndet beaktas.

I Svensk Byggnorm 75 anges även horisontella krafter som skall antas påverka fasadkonstruktionen.

3.3 Vindlast

I Svensk Byggnorm 75 anges den vindhastighet som skall tillämpas vid dimensionering samt formfaktorer för en del olika typfall. Skälen till att vindlasten, trots att den finns angiven i Byggnormen, tas upp till diskussion nedan är flera. Vid jämförelser med utländska rekommendationer beträffande lätta fasaders styvhet måste man beakta om man där tillämpar ungefär samma förutsättningar vid beräkning av vindlast. Rekommendationerna är ofta helt empiriska. En bevisat god regel kan ju bero på att man kombinerat en för hög vindlast med en för låg styvhet och vice versa. Ett annat skäl är att formfaktorerna för många byggnadsformer är dåligt kända. Formfaktorerna som anges representerar egentligen ett medelvärde av olika formfaktorer på olika ställen av en fasad. Formfaktorerna enligt Byggnormen är väl ägnade att användas vid dimensionering av byggnadskroppen i sin helhet. Då de dock har denna medelvärdesegenskap är det inte säkert att man erhåller rätt värde när man dimensionerar en mindre del av en större yta. I /5/ beskrivs skadefall hos fasader som tydligen beror på att utsatta fasadpartier dimensionerats med för låga formfaktorer.

Även vindens turbulenta karaktär, dess variation i tiden, är väsentlig vid en riktig dimensionering av ytterväggar och beklädnadsmaterial.

Av denna anledning lämnas nedan mycket kortfattat en redogörelse av vindens turbulenta natur och av de belastningar som vinden kan förorsaka /1/, /2/, /3/, /4/, /5/, /6/.

Den egentliga vinden utgörs av en luftströmning som störs dels av termiska blandningsrörelser, dels av friktionen mot marken. Dessa störningar förorsakar virvlar av mycket varierande storlek. De största virvlarna kan ha flera tusen meter i diameter. Dessa virvlar orsakar byar som varar i flera minuter. På skalans andra sida uppstår mycket små virvlar, som orsakas av mindre hinder. Dessa virvlar har mycket kort varaktighet, ofta endast bråkdelar av sekunder. På så vis uppstår ett komplext mönster, där större turbulens överlagras av små virvlar. Därför varierar vindens styrka på ett komplicerat och oregelbundet sätt. Man kan uppfatta detta som en svängningsrörelse omkring ett visst medeltryck. Det är därför viktigt att observera vilken tid en viss vindmätning avser.

Vindstyrkan enligt Beaufort-skalan avser medelvärdet under 10 min, vilket är lägre än medelvärdet under 3 sekunder som ligger till grund för Byggnormens kurvor. En hög vindhastighet orsakas ofta av en liten virvel som är överlagrad över en större virvel. I gengäld har en liten virvel en mindre utsträckning och blir därför dimensionerande endast för en mindre yta. Det är därför rimligt att förutsätta att en mindre del av en fasad, t ex ett enskilt fasadelement, skall dimensioneras för ett större tryck än den konstruktionen som skall motstå hela byggnadens vindtryck. Man är i allmänhet överens om att 2 - 3 sekundersvinden skall läggas till grund för dimensionering av en byggnads fasad och beklädnader.

Då man inte med säkerhet vet hur mycket det exakt blåser inom en viss tid har man med hjälp av långvariga vindobservationer och statistiska metoder kunnat bestämma vad som förefaller vara sannolikt. I likhet med många andra länders bestämmelser utgår man i Byggnormen från en vindhastighet som med viss sannolikhet förekommer i genomsnitt just en gång på 50 år. Under varje 50-årsperiod finns en 63 %-ig sannolikhet att den antagna vindstyrkan inträffar eller överträffas. Kurvorna i Byggnormen fastställer en dimensionerande vindhastighet för varje ort i Sverige.

I fortsättningen utgår vi ifrån att denna vindstyrka ger en realistisk bild av verkligheten även om man kan förmoda att det på vissa orter och placeringar finns vissa säkerhetsmarginaler.

Hittills har vi diskuterat vinden så som den skulle uppstå på ett visst ställe där ännu ingen byggnad placerats. En byggnad utgör ett hinder i vindens väg och påverkar vindflödet i dess omedelbara omgivning. På den mot vinden vända sidan bromsas luftflödet, varvid ett tryck uppstår på denna sida. Det största trycket uppstår när hela luftmassans rörelseenergi används för att bygga upp stagnationstrycket

$$(q \text{ (N/m}^2\text{)} = 0.6 v^2 \text{ (m/s)}^2 \text{)} .$$

Samtliga lokala tryck respektive sugkrafter som uppstår uttrycks i relation till stagnationstrycket (formfaktor multiplicerad med stagnationstrycket).

Luften tvingas att flyta runt och över byggnaden. Luften accelereras och det uppstår sugkrafter på taket och på gavelväggarna. På den från vinden vända sidan uppstår ett stort virvelområde som ger sugkrafter på denna fasadsida.

De största sugverkningarna uppstår vid byggnadens hörnpartier, där luftflödet har den högsta hastigheten. Ju större hastighet luften har desto större sugkrafter kan förväntas. Vid hög och smal byggnad kommer luften huvudsakligen att flyta runt gavlarna. De största sugkrafterna kommer i detta fall att belasta fasaden. Vid en bred och låg byggnad däremot strömmar luften huvudsakligen över taket som då får de största sugkrafterna.

I /1/ beskrivs vindkanalundersökningar för modeller av byggnader. Vid mätningarna konstaterades mycket stora undertryck i närheten av modellkanterna på gavelväggarna. Luftströmmen länkas av där så att häftiga turbulensområden uppstår. Sugkrafterna kunde uppgå till ungefär 1,5 gånger medeltrycket.

I /2/ beskrivs mätningar av vindtryck på beklädnads-material vid färdiga byggnader. På den från vinden vända sidan uppmättes stora varianter i sugkrafterna, speciellt inom de lägre delarna av fasaderna. Perioder med låg turbulens avlöser perioder med hög turbulens. Under dessa uppmättes mycket höga spetstryck.

Vindbelastningen på fasaden utgörs dock inte enbart av det yttre trycket. Det uppkommer även tryck- eller sugkrafter på insidan av fasaden. Om det finns öppningar i den mot vinden vända sidan av byggnaden uppstår ett övertryck inne i byggnaden. Detta ökar belastningen på fasaddelar som samtidigt utsätts för yttre sugkrafter. Öppningar i den från vinden vända sidan däremot ger upphov till undertryck inne i byggnaden. Detta ökar i sin tur belastningen på fasaddelar som utsätts för yttre tryckkrafter. Den invändiga vindlasten påverkas av fasadernas täthet och tryckets möjligheter att sprida sig inne i byggnaden.

I engelska "Recommendation for the gradient of window" DD4:1971 rekommenderas att räkna med en resulterande

formfaktor av $C = 1.5$. Det konstateras där att denna formfaktor kan vara något låg i ett fåtal speciella fall. Inom ett område med bredden 3 m från byggnadens hörn bör man räkna med 25 % högre formfaktor.

Utgår man från de engelska belastningsbestämmelserna kan fasader dimensioneras med lägre vindbelastningar än vad som anges i DD4. För i förhållande till bredden låga byggnader anges formfaktorer för yttre tryck som varierar mellan +0.7 och -1.0. För i förhållande till bredden höga byggnader anges värden mellan +0.8 och -1.2. Därtill skall ett inre vindtryck läggas som varierar mellan -0.3 och +0.2 beroende på hur otätheter i fasaden är fördelade på byggnadens fyra sidor. Fasaden skulle då i sin helhet dimensioneras för en resulterande formfaktor som kan, beroende på omständigheterna, variera mellan 1.0 och 1.4.

Eaton /5/ har i England utfört inventering av vindskador hos tak, fasader och beklädnader. Han konstaterar skador även på beklädnader som dimensionerats enligt gällande engelska bestämmelser. Han drar slutsatsen att formfaktorn 1.5 borde användas vid dimensionering av beklädnader och fasader, både på sug- och trycksidan. Formfaktorer upp till -2.5 (med 3 sek vindstyrka) kan mycket väl uppstå inom fasaddelar i närheten av byggnadens hörn.

I Tyskland är det brukligt att skilja mellan normala byggnadsverk och tornliknande byggnadsverk /32/. I det förra fallet sätts formfaktorn till 1.2, i det senare fallet till 1.6. Fasaden dimensioneras sedan för hela denna vindlast. Man brukar där hos fasadtillverkare inte fördela vindlasten på olika fasader och göra tillägg för inre vindlaster.

Enligt Svensk Byggnorm skulle en yttervägg hos en vanlig kontorsbyggnad med normal otäthet få en resulterande formfaktor lika med +1.0 respektive -0.9. Detta måste med hänsyn till erfarenheterna från England och praxis från Tyskland betraktas som tämligen låga värden. Det förefaller motiverat att räkna med en resulterande formfaktor av åtminstone $C = \pm 1.2$. Vid tornliknande byggnader eller vid mycket höga byggnader bör formfaktorerna bestämmas från fall till fall.

Vindens dynamiska verkan leder ej sällan till skador på fasadbeklädnader. Därför skall något nämnas om detta.

Vindens styrka varierar enligt ett komplicerat och oregelbundet mönster såsom tidigare påpekats. Man kan uppfatta vindstyrkans variation som en svängningsrörelse omkring ett medeltryck. Varje komplicerad svängningsrörelse kan uppdelas i ett visst antal enkla svängningar med olika amplituder och olika frekvenser, så också vindtrycksvariationen. Alla dessa enkla svängningars frekvenser kan sammanfattas till ett frekvensspektrum. Alla dessa svängningar kan på-

verka fasaden svängningsmässigt. Olika forskare har börjat sammanställa frekvensspektra som kan användas vid bedömning av vindens dynamiska verkan på fasader och beklädnader /2/, /5/. Även på Chalmers Tekniska Högskola bedrivs forskning på detta område. Någon i detta sammanhang praktisk användbarhet har materialet dock ännu inte.

3.4 Temperaturgradienter

En belastning som kan leda till krökning av fasadens profiler utgörs av temperaturskillnader genom själva fasadkonstruktionen. Tidigare har man oftast arbetat med fasader med genomgående profiler som utgör en sk köldbrygga i fasadkonstruktionen. Temperaturskillnaderna mellan in- och utsida har då varit tämligen måttliga. Idag använder man nästan uteslutande konstruktioner där man på något sätt bryter köldbryggan mellan in- och utsidan. Man isolerar insidan från utsidan, vilket gör att man kan ha ganska stora temperaturskillnader mellan fasadkonstruktionens olika skikt (FIG 11).

Om man kopplar fasadens delar rent mekaniskt i förhållande till varandra, så att en sammansatt konstruktion uppstår, kan stora krökningar uppstå, som framgår av FIG 12.

Utböjningar och påkänningar kan ofta komma upp i samma storleksordning som de av andra belastningar. Visserligen behöver man inte kombinera de största utböjningar av vindlast och temperaturskillnad, men delvis kan de mycket väl sammanfalla. Så kan t ex en krökning på grund av ett moment i en infästning till bjälklaget mycket väl ske samtidigt med en krökning på grund av en temperaturskillnad.

Yttemperaturen kan nå höga respektive låga värden, vilket framgår bl a av /29/. På sommaren kan yttemperaturer vid solinstrålning på mörka fasadytor stiga upp till 70°C. Mörka ytor kan absorbera mycket värme. Ännu högre temperaturer kan uppstå i inåtgående nischer, som på tre sidor är omgivna av mörka ytor. Även ljusa ytor (rostfritt) kan få yttemperaturer över 50°C. Speciellt om ytorna är något nedsmutsade, vilket framgår av egna mätningar.

På vintern kan enligt Birkeland /14/ temperaturen på den yttersta beklädnaden på grund av avstrålningen ligga något under lufttemperaturen. Man bör vara speciellt observant på temperaturchocker, som kan uppstå under förhållandevis kalla, molniga dagar, när solen plötsligt bryter igenom molntäcket. Under sådana förhållanden kan utsidan av beklädnadsmaterialet bli förhållandevis varm medan insidan förblir tämligen kall. Detta kan leda till stora utböjningar hos konstruktionsdelar som utsätts för sådan påverkan.

3.5 Initialutböjningar

Initialutböjningar kan ses som utböjningar som orsakas av nollbelastning. Den måste tas med i betraktelsen då den utgör en avvikelse från ett ideellt läge som kan inverka på fasadens funktion. Det är därför rimligt att kräva att initialutböjningen inte får överstiga ett visst värde om deformationsbegränsningen verkligen skall vara meningsfull.

Betraktar man toleranskraven som ställs i HusAMA 72 på traditionellt tillverkade väggelement framgår följande. För buktighet längs sida krävs i klass 3 både för väggar av stål- och träelement att buktigheten ej överstiger 3 mm på mätlängd mellan 1,8 och 6,0 m. Detta svarar mot en utböjning mellan $L/600$ och $L/2000$ dvs ett tämligen litet värde i förhållande till den utböjning som kan anses rimlig för en sådan vägg. I fortsättningen förutsätts därför att krokigheter på grund av tillverkningsfel ej är av den storleksordningen att de överskuggar utböjningar respektive krökningar på grund av belastningar.

Ofta är fasaderna anpassade till byggnadssättet och till förväntade toleranser och initialfel. Initialfel spelar endast undantagsvis och vid olämplig konstruktionsutformning en avgörande roll vid sidan om utböjningar på grund av belastning eller temperaturgradienter.

4 FUNKTIONSKRAV

4.1 Formulering

I Svensk Byggnorm 75 krävs beträffande en konstruktionsdels styvhet att den skall vara så stor att skadliga formändringar och sprickbildningar inte uppstår. Kravet ställs här direkt i och med att man säger att inget som är skadligt för konstruktionsdelens funktion skall få förekomma. När det gäller fasadens styvhet kan det bl a betyda att fasaden skall kunna motstå förekommande belastningar utan att fönsterrutor spricker och utan att regn- och lufttätningar skadas så att vatten tränger igenom fasaden. Om kraven ställs direkt som funktionskrav erhålls i princip största möjliga valfrihet för den tekniska lösningen som skall uppfylla kraven.

Tyvär är dock sambandet mellan det tämligen abstrakta funktionskravet och den tekniska lösningen långt ifrån entydigt. I många fall och speciellt i detta fall saknas det tillräckliga kunskaper för att kunna tillämpa de direkta funktionskraven och omvandla dem till entydiga tekniska egenskaper. För att få krav som är enklare att förstå och tillämpa är det ännu så länge nödvändigt att ställa dessa indirekt på de tekniska egenskaperna. För styvheten betyder detta att man t ex kräver att utböjningen inte överstiger en viss del av spännvidden. En stor fördel med detta förfarande är att egenskaperna kan mätas och kontrolleras på ett entydigt sätt. I gengäld måste kraven successivt förändras och modifieras beroende på att de tekniska lösningarna förändras.

Alla angivelser som vi funnit i litteraturen i samband med fasaders utböjning har uttryckts som förhållande mellan maximal utböjning och spännvidd. Kvoten betyder i princip en lutningsändring. Den är dock inte entydig. Exempelvis är vinkeländringen för en punktbelastad balk ca 30 % mindre än vinkeländringen för samma balk med jämnt fördelad last som ger motsvarande böjande moment. Vidare är det inte alltid så att vinkeländringen är den storheten som behöver begränsas.

I det följande har vi i enlighet med gängse praxis undersökt utböjningskraven indirekt som kvot mellan maximal utböjning och mittutböjning.

4.2 Indelning av funktionskraven

Varje konstruktionsdel inom en byggnad skall tjäna ett visst syfte. Skall ändamålet fyllas krävs att konstruktionsdelen har vissa tekniska egenskaper. Kraven skall anpassas så att de är tillräckliga och nödvändiga. Ställs för höga krav måste ett onödigt högt pris betalas. Ställs för låga krav fyller inte

konstruktionsdelen sin funktion. Ofta kan skarpa gränser inte dras. Man måste oftast ange ett mer eller mindre brett område, som representerar en rimlig kvalitet för en teknisk egenskap hos en viss konstruktionsdel. Arbetsmetoden blir alltså att låta funktionen avgöra kravnivån på den tekniska egenskapen.

I vårt fall är ifrågavarande konstruktionsdel fasaden och den tekniska egenskapen, som vi vill definiera ett krav eller en kvalitetsnivå på, är styvheten. Ändamålet med fasaden är i mycket korta drag att avgränsa och upprätthålla ett visst önskat rums klimat och miljö inom byggnaden. Fasaden tilldelas i samband med detta olika funktioner som den skall fylla. In- och utflödet av värme, luft, ånga, regn, snö, ljus, strålning och ljud kontrolleras med hjälp av ytterväggen. Den skall skydda mot brand, gaser, föroreningar. Alla dessa funktioner skall fasaden fylla, åtminstone under en viss tid och med ett visst underhåll.

Styvhet är en teknisk egenskap som krävs till en viss nivå för att fasaden skall kunna fylla de sig tilldelade funktionerna. Funktionerna är alltså många och kan indelas på olika sätt. Nedan används en indelning som givits i /20/. Kraven som följer av funktionerna kan indelas på samma sätt enligt följande uppställning.

1. Produktionsbetingade krav
2. Verksamhetsbetingade krav
3. Krav betingade av miljöanspråk
4. Krav betingade av trygghetsanspråk
5. Underhållsbetingade krav
6. Krav betingade av ombyggnadsbehov.

Den första gruppen hänför sig till framställningsskedet. Övriga grupper avser anspråk som härleds från användningsskedet. Styvhetskraven skall i tur och ordning diskuteras i samband med fasadens olika funktioner. Som inledningsvis framhållits finns endast mycket litet relevant litteratur som belyser sambandet mellan styvhetskrav och funktion. Vi har därför varit tvungna att försöka dra slutsatser av egna teoretiska spekulationer. Andra frågor som kräver laboratorieförsök har vi tyvärr varit tvungna att förbigå. De styvhetskrav som vi funnit eller kommit fram till har vi sedan som delresultat fört in i en tabell. Meningen med tabellen är att se om det är möjligt att finna ett visst område som skulle representera ett med hänsyn till samtliga funktioner rimligt styvhetskrav.

4.3 Funktionsbetingade deformationskrav

4.31 Produktionsbetingade krav

Härmed avses restriktioner som betingas av tillverkningen och monteringen av fasaden.

Många industrifasader uppförs som rena platsbyggen. Man fäster profiler i den bärande stommen som senare skall utgöra det bärande skelettet i fasaderna. Ofta väljs profiler som är styva i en riktning men vecka i den andra (exempelvis U-balkar). Ibland sammansätts profilerna successivt till ett bärverk, så att de enskilda profilerna är ganska vecka, medan den sammansatta profilen blir styv. Det gäller då att anpassa profilernas styvhet så att de i sig själva är tillräckligt styva så att montaget skall kunna genomföras utan att inbyggandet av nästföljande paneler, fyllningar och fönster försvåras eller omöjliggörs. Normalt sker montaget vid renodlade platsbyggen i stort sett utan större svårigheter.

De flesta högvärdiga fasaderna tillverkas som elementkonstruktioner. Fasaden sammansätts av komponenter som tillverkas på en verkstad. Elementen får då givetvis vara så styva att de tål att transportera både med fordon till byggnadsplatsen och med kran till monteringsstället.

Det förefaller rimligt att kräva att utböjning på grund av egen vikt i liggande position ej skulle bli större än utböjning av dimensionerande transversallast.

Ett annat fall som måste betraktas är när fasadelementen från början tillverkas i större längder än vad som svarar mot de slutliga upplagsförhållanden (exempelvis tvåvåningshöga fasadelement som sedan får ett mellanupplag).

4.32 Verksamhetsbetingade krav

Härmed avses restriktioner som betingas av fast eller rörlig apparatur i anslutning av fasaden och som skall fungera tillfredsställande här fasaden böjer ut.

I allmänhet fäster man sällan apparater på en fasad. Det är dock inte ovanligt att man fastsätter hyllor, fönsterbänkar och liknande upplagsytor i fasadväggar. Rimligt är att upplagda föremål ligger kvar även vid extrema utböjningar av fasaden.

Sambandet mellan maximal vinkeländring och relativ utböjning framgår av FIG 13.

En relativ utböjning $\frac{\delta}{L} = \frac{1}{200}$ ger vinkeländringen

1:65. Denna lutning är tillräckligt stor för att runda pannor kommer i rullning, speciellt om vinkeländringen kommer med ett litet ryck av en vindstöt. Om detta är ett funktionskrav är svårt att bedöma. Nedböjningen hos en hylla är dock klart synlig och iakttagbar. Detta exempel tyder på att fasader ej bör

vara vekare än säg $\frac{\delta}{L} = \frac{1}{175}$.

Det är svårt att fastställa generella krav som kan härledas från roterande maskiner i anslutning till fasaden. Naturligtvis måste fasadens svängningstal kontrolleras, så att inte resonanssvängningar i fasaden medför skada eller att människor uppfattar svängningarna som störande än att själva maskinen, fläkten eller motorn störs i sin funktion. Ett undantag kan möjligen känslig instrumentutrustning i vetenskapliga laboratorier vara som kan störas av fasadens rörelser. Någon betydelse i allmänhet kan dock dessa speciella fall inte ha.

En "rörlig apparatur" som förekommer i samband med fasader är fönstret. Om fönstret i sig självt har bristande styvhet kommer det att deformeras i sitt eget plan, en omständighet som kan inverka skadligt på glasrutans hållfasthet eller på fönstertätningen. I och för sig har dock denna typ av deformation inom fönstrets plan inget med den transversalutböjning att göra som vi är intresserade av. Öppnas fönstret fås en belastning som ger en utböjning av fasaden vinkelrät mot sitt eget plan. Utböjningen är dock i allmänhet mindre än den som fås av vindbelastning och inte dimensionerande.

4.33 Krav betingade av miljöanspråk

Härmed avses restriktioner som sammanhänger med en viss av nyttjaren eftersträvd miljö som fasaden skall upprätthålla. Fasaden utgör ju en gräns mellan ute- och inommiljö och skall fylla en funktion som filter och tätskärm. Även utseendet hänförs till miljön.

4.331 Utseende

Fasader är viktiga arkitektoniska uttrycksmedel. Tillkomsten av de lätta fasaderna beror till stor del på ett arkitektoniskt önskemål att motverka det tunga och massiva intrycket hos stora och höga hus. Det är då rimligt att undersöka i vad mån linjer och former som sammanhänger med utböjningen inverkar på det eftersträvide fasadmönstret.

Det mänskliga ögat har ganska god förmåga att upptäcka avvikelser från förväntade former eller mönster. De största olägenheterna torde uppstå när vissa fogar som utgör linjer i fasadmönstret ändrar bredd eller lutning. Fogproblem sammanhänger dock mest med rörelser och förskjutningar inom själva fasadytan.

Utböjningar resulterar i krökningar som kan upplevas och upptäckas både på utsidan och på insidan av fasaden. På utsidan är betraktningssavståndet i allmänhet större, varför man ej ser små avvikelser. Man har dock en ganska god överblick över en större del av fasaden. Utböjningar och krökningar framträder då

genom upprepningar på så sätt att de bildar ett iakttagbart mönster i fasaden. Många gånger upptäcks utböjningar och buktigheter genom speglingar i fasad- eller fönsterglasen. Ett exempel på detta är Kulturhuset i Stockholms centrum. I dess glasfasad speglar sig ett höghus med regelbundet rutmönster. Under vissa temperaturförhållanden uppstår krökningar i fönsterrutorna som medför kraftiga förvriddningar i spegelbilden.

Den yttre bilden av fasaden upplevs troligen inte just när 50-års-stormen pågår. Utböjningar av temperaturskillnader eller rörliga belastningar är dock klart iakttagbara.

Fasaden kan även observeras inifrån. Ögat saknar då den stora översikten. Å andra sidan finns gott om andra till stommen, mellanväggar samt taket hörande linjer, som kan användas som referenslinjer. Utböjningar och krökningar kan då tämligen lätt upptäckas. Även på insidan kan speglingar observeras, speciellt vid lampbelysning när det är mörkt ute. Från insidan kan fasadens rörelser upplevas även vid stora vindstyrkor. Därtill kommer att rörelser på grund av vindstötter sker ganska snabbt, vilket gör att även relativt små förskjutningar kan observeras. I /20/ konstateras med anledning av detta att en ytterväggs rörelser under snabba variationer i vindtrycket väcker sådant obehag att jämförelsevis hårda restriktioner blir nödvändiga.

I England finns ett förslag av Institution of Structural Engineers /30/ som vill begränsa kvoten mellan total utböjning och spännvidd till 1/250-del för visuellt betydelsefulla byggnader ur utseendesynpunkt.

När det gäller den visuella upplevelsen av fasaders utböjningar från insidan, torde det vara rörelsens absoluta belopp som spelar den största rollen. Befinner man sig omedelbart intill fasaden fixerar ögat huvudsakligen en punkt som kan jämföras med en referenspunkt i rummet i närheten av fasaden. Ju närmare fasaden jämförelsepunkten (eller linjen) ligger, desto mer uppfattas rörelsen. Det spelar då naturligtvis stor roll hur mellanväggarna är anslutna till fasaden. Används en "teleskopinfästning" med en bred list som täcker en eventuell springa upplevs rörelsen naturligtvis mycket mindre. Det skulle krävas en serie av perceptionspsykologiska försök för att få en uppfattning om vilka faktorer som har betydelse i sammanhanget och var toleransgränsen ligger. Tills vidare får vi hålla för troligt att de visuella kraven betingar en styvhet mellan L/200 och L/300 för fasader på bostadshus, kontorshus eller andra byggnader med höga miljöanspråk.

4.332 Trygghetskänsla

Som framgår av rubriken är det i detta fall inte nödvändigtvis en fråga om verklig trygghet. En yttervägg som ser väldigt rank ut lutar man sig inte gärna emot i 15:e våningen av en byggnad, även om den i själva verket har tillräcklig hållfasthet. På samma sätt inställer sig tveksamhet inför en yttervägg som känns vek och eftergivlig. Ett minimikrav som man rent instinktivt ställer på en vägg är att den inte märkbart ger efter när man med axeln kastar sig mot den och att den inte skall vibrera och darra vid samma tillfälle. Detta kräver man oavsett den faktiska brottsäkerheten av väggen.

Det förefaller rimligt att kräva att utböjningen för en linjelast 0,4 kN/m (enligt SBN 75) skall ligga mellan 2 och 4 mm. Av FIG 14 framgår sambandet mellan utböjning av denna punktlast och utböjning av dimensionerande vindlast q_v . Det finns tydligen ett område mellan L/200 och L/300 inom vilket utböjning vid dimensionerande vindlast normalt skall ligga om fasaden inte skall kännas otillfredsställande vek och eftergivlig.

4.333 Täthet

I detta sammanhang avses fasadens täthet mot genomträngning av luft, ånga och vatten både utifrån och in samt inifrån och ut. Fasaders och fönsters lufttäthet har undersökts i annat sammanhang, då denna spelar stor roll för byggnaders värmeekonomi och ventilation. Det finns mycket litteratur och försöksmaterial som beskriver sambandet mellan luftläckage och tryckskillnad. Tyvärr finns dock inte en enda publikation som beskriver sambandet mellan luftläckage, tryckskillnad och utböjning. Samtal med olika in- och utländska fasadtillverkare tycks dock tyda på följande erfarenhet.

För fasadens luft- och vattentäthet är rörelserna och förskjutningarna i fasadens eget plan av stor betydelse. Sådana axialförskjutningar orsakas av temperaturändringar, fuktändringar, sättningar, rörelseskillnader mellan stomme och fasad. Det finns tätningssystem som klarar axialförskjutningarna mer eller mindre bra. De system som har svårt för att klara axialförskjutningarna i sig själva drabbas naturligtvis dessutom av transversalförskjutningens effekter som man ofta för enkelhetens skull bortser ifrån. Å andra sidan kan man också säga att system som är väl dimensionerade för att ta upp förekommande axialförskjutningar inte försämras av så små utböjningar som det här är frågan om, nämligen L/200 eller mindre.

Det kan konstrueras fall där fasadens utböjning har betydelse för fasadens regntäthet. Ett exempel på detta är en fasad med beklädnadsplattor och öppna

fogar. Fogbredden måste då avpassas så att å ena sidan inte fogbredden blir så stor att regndroppar faller igenom och å andra sidan så liten att det rinnande regnvattnet ej bildar vattenfilm över fogen. Genom vattenfilmen kan tryckskillnader uppstå mellan uteluften och den bakom beklädnaden liggande tryckutjämnande luftspalten. Önskvärda fogbredder ligger, med hänsyn till denna funktion, mellan 2 - 4 mm. Fogbredden kan ändras när fasaden böjer ut, som framgår av FIG 15.

Om exempelvis beklädnaden ligger 150 mm utanför den bärande profilens tyngdpunktlinje och avståndet mellan infästningarna för beklädnaden är 25 cm fås att utböjningen för transversallast bör ligga vid $L/400$ om fogbreddsvariationen på grund av denna utböjning ej skall bli större än 1 mm. Det är dock inte nödvändigt att ansätta hela den dimensionerande vindlasten. Det är tillräckligt att ansätta den största vindlasten som kan förekomma i samband med regn med en frekvens en gång om året. Denna vindlast är ungefär hälften så stor som den dimensionerande vindlasten, varför den med hänsyn till fogutformningen största utböjningen inte bör överstiga $L/200$ vid dimensionerande vindlast.

Även lufttättheten hos öppningsbara fönster kan studeras rent teoretiskt. Det kan uppstå glapp mellan en fönsterkarm som skruvats fast i fasadens bärande profiler och fönsterbågen på grund av utböjningskurvans form. Ett fönster av måttlig storlek är på den ena sidan normalt upphängt i två gångjärn och på den andra sidan i ett beslag. När fönstret böjer ut behöver bågen endast följa med i infästningspunkterna. Där emellan kan fönstret krökas enligt sin egen utböjningskurva. Om man antar att man har samma styvhetskrav för fönstret som för fasaden kan glappet få storleksordningen upp till en tredjedel av fasadens utböjning beroende på fönstrets storlek och placering i fasaden (FIG 16).

Antas att tätningslistan klarar ett glapp av 2 mm, varav 1 mm utnyttjas för ofrånkomliga toleranser får endast 1 mm förbrukas av utböjningsskillnaden om inte fönstret skall bli otätt. Fasadens utböjning får då inte bli större än såg i medeltal $0.1/0.2 = 0.5$ cm. Är våningshöjden 3 m betyder detta ett utböjningskrav av $L/600$. Någon större betydelse för energiförbrukningen har dock otättheten inte vid denna mycket sällan förekommande dimensionerande vindbelastning.

Byggstandardiseringen har föreslagit att prova fönstrets luftgenomgång vid maximalt 500 Pa. Antas att dimensionerande vindlast är 1200 Pa mildras utböjningskravet till $L/250$.

4.334 Vibrationer

Vibrationskällor i närheten av fasaden är den naturliga vinden, trafiken och svängande maskiner. Fasadens responsbenägenhet är beroende av dess svängningstal, som är en funktion av massbeläggningen och styvheten. Större styvhet ger större svängningstal och större massbeläggning ger mindre svängningstal. Ett mycket preliminärt överslag kan göras med hjälp av följande uttryck:

$$f(\text{Hz}) = 6 / \sqrt{\sigma_e (\text{cm})}$$

där σ_e är maximal utböjning av fasaden under inverkan av egen vikt som tänks verka i horisontell riktning.

Svängningstalet för lätta ytterväggar varierar inte mycket som framgår av FIG 17. Om fasaden dimensionerats för en viss horisontell vindlast q_v , som ger den relativa utböjningen $(\frac{\sigma}{L})^v$ och om dess egenvikt är q_e fås fasadens svängningstal enligt diagrammet. Egenfrekvensen för lätta fasader ligger någonstans mellan 5 och 10 Hz respektive 300 och 600 sv/minut.

Som tidigare nämnts kan vinden uppfattas som en komplicerad svängningsrörelse omkring ett visst medelvärde. Varje komplicerad svängningsrörelse kan sammanställas av enkla svängningsförlopp med olika frekvens och intensitet. Alla dessa svängningar kan mätas och sedan sammanställas i s k frekvensspektra. På Chalmers Tekniska Högskola sammanställer man dylika spektra som sedan skall utnyttjas vid undersökning av takbeklädnaders responsbenägenhet under inverkan av den naturliga vinden. En liknande metod skulle kunna användas för att undersöka fasader och fasadbeklädnader. Enligt forskarna på Chalmers saknas dock mycket forskningsarbete ännu innan detta kan göras.

I princip är det så att vindens svängningar påverkar fasaden mer eller mindre starkt, beroende på energiinnehåll och frekvens i varje vindtryckssvängning. Det är alltså inte enbart de vindtryckssvängningar som ligger inom resonansområdet 5 - 10 Hz som påverkar fasaden svängningsmässigt utan det är även svängningarna utanför resonansområdet. Tryckvariationerna inom resonansområdet är för fasaden som konstruktions-element ofta mindre betydelsefulla då de är energifattiga och av liten lokal utsträckning. För mindre delar av fasaden, dvs fasadbeklädnader, kan de dock vara mycket betydelsefulla. I praktiken har det endast undantagsfall observerats att hela fasaden kommit i svängning. I litteraturen har vi inte funnit någon beskrivning av ett konkret fall. Däremot konstateras flerstädes att det är högfrekventa tryckändringar som orsakar en stor del av de skador som uppstår på fasadbeklädnader. Man skulle möjligen kunna säga att fasader inte bör bli för tunga i förhållande till styvheten. Svängningstalet bör i alla fall

inte utan vidare underskrida 5 Hz. Om utböjning av egenvikt vid motsvarande horisontell uppläggning ej blir större än utböjning av dimensionerande vindlast torde detta krav normalt uppfyllas. Fasadens utböjningsdiagram ser då i stort sett ut som vindtrycksdiagrammet med undantag av ett mycket smalt område inom de högsta frekvenserna där fasaden "svarar" något mer än vad som svarar mot motsvarande statiska belastning. Fasaden kan då dimensioneras och utböjningen beräknas med statiska metoder direkt med det vindtryck som svarar mot vindhastigheten.

Andra vibrationskällor är svängande eller roterande maskiner inom eller i närheten av byggnaden. I detta fall är det mest ändamålsenligt att vibrationsisolera maskinen i förhållande till byggnadsstommen och fasaden. Inom kontorsbyggnader har någon gång fasader kommit i svängning på grund av dåligt isolerad ventilationsutrustning. Är det fråga om större svängande maskiner som skall användas inom en byggnad är det ofta ofrånkomligt att vibrationer fortplantar sig i stommen. Fasadens svängningsegenskaper bör i detta fall kontrolleras så att den inte kommer i resonans med störningskällan. Även vibrationer från trafiken kan under vissa förhållanden orsaka resonanssvängningar och ljud i fasaden.

4.34 Krav betingade av trygghetsanspråk

Här avses krav som betingas av människans fysiska säkerhet. Brottdeformationerna är givetvis mycket större än deformationerna i brukstillståndet. Det kan vid olämplig konstruktiv utformning inträffa att konstruktionen ändrar verkningsätt så att tvångskrafter uppstår (FIG 18). Därigenom kan brottsäkerheten bli otillfredsställande. Detta skall dock förhindras genom lämplig konstruktiv utformning och inte genom större styvhet.

4.35 Underhållsbetingade krav

En fasads deformationsegenskaper påverkar mer eller mindre behovet av underhåll. Ofta är sprickbildningen hos fasadmaterialet mest besvärande. I sprickorna angrips fasadmaterialet av inträngande vatten och aggressiva gaser. Icke bärande fasader består dock ofta av byggnadsmaterial som glas och metall som är relativt okänsligt för sprickbildning. Vissa ytbeläggningar kan dock ta skada av stora utböjningar. Det finns exempelvis uppgifter om att eternitskivor ej bör utsättas för större utböjning än $L/300$.

I övrigt är det mest fogmaterialen som skall ta upp de till fogarna koncentrerade rörelserna. För fogmaterialens bestånd och för fogarnas täthet har axialrörelserna dock den största betydelsen.

Fönsterrutornas spricksäkerhet och täthet påverkas starkt av fasadens benägenhet att böja ut. Det finns två problem som kan uppkomma, dels kan fönsterrutan spricka sönder, dels kan isolerglasets försegling bli otät.

Det första fallet är en hållfasthetsfråga som i princip kan lösas rent beräkningsmässigt. Man beräknar påkänningarna på grund av vindlast på glaset som är upplagt på oefftergivliga linjeupplag, därtill lägger man spänningar som uppstår i glaset på grund av upplagets krökning. Glastjockleken anpassas sedan så att de kalkylerade spänningarna ej överstiger ett visst i förhållande till glasets hållfasthet tillåtet värde. Det är dock inte enkelt att genomföra beräkningen rent praktiskt. Dels finns ingen beräkningsmetod som ger god överensstämmelse med tillgängliga försöksresultat, dels är glasets hållfasthet ingen entydig materialkonstant. Glasets hållfasthet påverkas av åldringseffekter, statisk utmattning och defekter i glasytan och måste behandlas med statistiska metoder. Beträffande beräkningsmetoderna råder osäkerhet om glaskantens uppläggningsförhållanden samt om membranspänningarna i glasrutan. Utan att gå in i detalj skulle man kunna säga att en generell lösning av spänningsfördelningen i glasrutan ännu inte fastställts. Hos Pilkington /18/ har man nyligen utfört en omfattande undersökning av olika dimensioneringsmetoder. Förenklade och halvempiriska ansatser har bäst motiverat försöksresultaten. Om man inte behärskar spännings-tillståndet på grund av transversalbelastning är det föga meningsfullt att superponera spänningar på grund av karmens utböjning. Det påpekas dock i rapporten att karmens utböjning har stor inverkan på glasrutans hållfasthet. Karmens böjlighet måste tydligen kompenseras med större glastjocklek.

Normalt är det inte den enkla glasrutans hållfasthet som är dimensionerande för fasadens styvhet. Ofta används isolerglas i fönster och fasader. Detta kan bestå av två eller flera ihoplimmade eller -lödda rutor. Utrymmet mellan rutorna fylls med torkad luft. Blir förseglingen otät uppstår lätt kondens mellan rutorna så att de måste bytas ut. Det används idag huvudsakligen två skilda förseglingstyper /16/. Metallförseglade isolerrutor har metalliserade glaskanter mellan vilka man löder ett blyband. Vid limmade isolerrutor limmas en distansprofil med förseglingssmassa mellan glasrutorna.

Vid samtal med olika glastillverkare och leverantörer har det framkommit att dessa två isolerglastyper har något olika egenskaper. Lödda rutor är något känsligare för utböjningar och vibrationer.

Tillverkarna av lödda isolerglasrutor kräver att fasader inte skall få större utböjning än $L/500$ vid något belastningsfall. Ibland nöjer man sig efter speciell utredning med mindre styvhet. Förmodligen upp-

skattas i detta fall belastningens art och rimlighet i förhållande till byggnadens placering. Det har förekommit misslyckanden, då isolerrutorna monterats på för vek fasadkonstruktion. Ett exempel på detta är Kaknästornet, där flera rutor har bytts ut på grund av för vek spröjskonstruktion.

För limmade glas är utböjningskraven inte så stora. Tillverkarna anger $L/300$ som godtagbar gräns. I Tyskland brukar man tillägga att glaskantens absoluta utböjning ej heller får vara större än 8 mm. Detta krav skulle då bli avgörande vid glaskanter med större längd än 2,4 m.

Hos värmeabsorberande glas uppstår kraftiga temperaturspänningar i glastrutorna. I detta fall kräver man att utböjningen ej får bli större än $L/500$ eller att glaskantens absoluta utböjning inte får bli större än 6 mm. Det senare kravet skulle då bli avgörande vid glaskanter med större längd än 3 m (FIG 19).

4.4 Sammanfattning av funktionsbetingade deformationskrav

Deformationskraven har sammanställts i FIG 21 för att kunna avgränsa ett visst område för godtagbar styvhet hos icke bärande ytterväggar. Skarpa gränser kan naturligtvis inte anges. Det är alltid fråga om mer eller mindre hög kvalitet. Tabellen är på grund av utredningens teoretiska karaktär ej uttömmande eller fullständig. Många förutsättningar har valts ganska godtyckligt. Det finns ändå mycket som tyder på att tyngspunkten hos de funktionsbetingade deformationskraven har fått ett rimligt läge.

Styvhetskraven är starkt förknippade med dagens teknik och tekniska lösningar. Ändras de tekniska lösningarna kan även vissa styvhetskrav ändras.

5 SYNUNKTER OCH REKOMMENDATIONER

5.1 Jämförelse mellan normer och rekommendationer i olika länder

I olika länder tillämpas olika regler beträffande fasaders styvhet. Egentliga normer och bestämmelser förekommer sällan. Däremot finns ofta rekommendationer som ges ut av metalltillverkarnas eller fönstertillverkarnas föreningar. Det finns också provningsmetoder för att testa fönsters och fasaders regn-, luft- och stormsäkerhet. I anslutning till dylika provningar har man ibland angivit enkla värderingar av styvheten.

De flesta normer och rekommendationer avser minimikrav som mycket väl kan skärpas om det av någon anledning skulle vara motiverat. Glastillverkarnas krav föranleder ofta en skärpning av dylika minimikrav.

I Tyskland tillämpas DIN 18056 /34/. Om fönsterväggens största utböjning sägs i punkt 5.33 "Den beräkningsmässiga utböjningen för horisontella och vertikala regler får vid dimensionerande belastning ej bli större än $L/200$ vid spännvidder upp till 3 m. Vid större spännvidder får utböjningen ej bli större än $L/300$. Används isolerglas skall tillverkarnas utböjningskrav beaktas." I detta fall begränsas sålunda en beräkningsmässig utböjning. I den verkliga konstruktionen är styvheten ofta något större. Detta beror på en icke medräknad samverkan mellan de egentligt bärande profilerna och kompletterande material som fyllningar, glasrutor, klämlister m m. Denna effekt får man sålunda inte tillgodoräkna sig enligt DIN 18056. Man ser också att utböjningskravet ökas med ökande spännvidd. Detta tyder på att utböjningens absoluta mått inte bör bli för stort. Kravet kan vara betingat av utseendet och trygghetskänslan.

I England tillämpas DD4:1971 /35/, som anger en testmetodik för fönstrens stormsäkerhet. Vindbelastningen är mycket hög, vilket framgår av nedanstående uppställning.

Fönsterklass	Max vindhast. under 3 sek	Sannolik max vindlast
Fönster i skyddat läge	40 m/s	1,5 kN/m ²
-"- moderat läge	45 -"-	1,9 -"-
-"- utsatt läge	50 -"-	2,3 -"-
-"- mycket utsatt läge	55 -"-	2,8 -"-

Vindtrycket har beräknats med formfaktorn 1,5. För fönster i närheten av byggnadens hörn skall fönsterklassen ökas ett steg. Vid dessa höga vindlaster är däremot utböjningskraven tämligen låga. Det anges $L/125$ för fönster med enkelglas och $L/175$ för fönster med isolerglas. Dessa krav är klart lägre än de

som anges av glastillverkarna. Ovanstående krav gäller endast för fönster med mindre kantlängder än 3 m.

DD4 stämmer relativt väl överens med Amerikas "Uniform Building Code" /33/, som i kap 5404 innehåller styvhetskrav för fönster. Glasets upplag kan anses vara tillfredsställande om utböjning av upplagskanterna vid dimensionerande last inte blir större än $L/175$ av spännvidden.

I Norden utsåg Nordiska kommittén för Byggnadsbestämmelser sommaren 1961 ett utskott som skulle framlägga förslag till byggnadsbestämmelser för lätta, icke bärande ytterväggar. År 1963 överlämnade utskottet sitt förslag till kommittén /38/. Beträffande utböjningen sägs där följande:

"Deformationen av dels enbart vindlast, dels enbart utåtriktad linjelast, dels enbart den nämnda punktlasten (60 kg verkande på den inre beklädnaden, anbragt i ogynnsammaste läge) skall för väggen som helhet och för delar av väggen inte vara större än $L/300$ av dess höjd eller beträffande delar av väggen deras spännvidd."

I Danmark publicerades nyligen egenskapsbeskrivningar för fönster och icke bärande ytterväggar /39/, /40/. I fönsterdelen anges följande värdering för ett fönsters styvhet. Fönstret har tillräcklig styvhet vid pulserande vindbelastning om inte brott inträffar eller om inga deformationer kvarstår. Vidare kan fönsters styvhet vid ett övertryck av $1,5 \text{ kN/m}^2$ bedömas enligt nedan.

Styvhet	ringa	medel	stor
Utböjning i förhållande till fönstrets minsta dimension	1/100	1/250	1/500

Beträffande ytterväggens styvhet anges följande testmetod:

Väggen som skall användas på mindre höjd än 6 m över omgivande mark, påförs gradvis mitt emellan golv och tak en horisontell linjelast av $0,5 \text{ kN/m}$. Vägg som skall användas mellan 6 och 30 m över omgivande mark påförs på motsvarande sätt en linjelast av 1 kN/m . Väggen värderas därvid enligt följande. Väggen har tillräcklig styvhet för linjelast om uppkommande deformation ej överstiger 10 mm och om arbetslinjen visar en jämn, nästan rätlinjig kurva. Den kvarstående deformationen får ej vara större än 2 mm. Därutöver bedöms väggens styvhet vid linjelast med utgångspunkt från nedanstående skala.

Styvhet	acceptabel	god	utmärkt	
Utböjning	10	8	4	2 mm

Detta styvhetskrav kan omräknas till en relativ styvhet vid dimensionerande vindlast enligt FIG 20.

I Sverige har Byggstandardiseringen nyligen utarbetat ett underlag för bestämning av funktionskrav för fönster samt tillhörande provningsmetoder /28/. Fönster indelas beroende på inbyggnadshöjd i olika klasser. Klass B avser fönster i byggnader mellan 6 och 30 m, klass C mellan 30 och 70 m höjd. Fönstrens stormsäkerhet provas vid en belastning som svarar mot dimensionerande vindlast vid kusten med formfaktorn 1,0. Beträffande styvheten anges endast att fönster ej skall uppvisa påtagliga deformationer eller skador.

I Sverige gäller Monteringstekniska kommitténs monteringsföreskrifter för isolerrutor /36/. Av fönstret respektive väggen krävs i detta sammanhang att det skall dimensioneras så att det kan bära tyngden av isolerrutan utan att deformeras. Därmed menas i första hand deformationer i fönstrets eget plan, så att karmen inte antar rombisk form. Om deformationer vinkelrätt mot fönsterytan finns inga krav. Möjligen skulle man kunna konstruera ett krav med utgångspunkt från fogmaterialen, där tillverkarens anvisningar beträffande komprimeringen skall följas. Vid utböjningar ändras fogmaterialens komprimeringsgrad, vilket troligen för glastillverkaren är ett skäl att ompröva garantifrågan vid eventuella skadefall.

I Sverige anger kommentarerna till Aluminiumnormerna som tillåtna formändringar för fasader vid vindlastpåverkan följande riktvärden:

"Fasader och tak av profilerad plåt $f_{\max} = L/90$
 Fasader vid höga utseendekrav $f_{\max} = L/200$."

Detta är i god överensstämmelse med de uppgifter som finns i plåttillverkarnas broschyrmaterial, där man för enklare plåtfasader på väggregelsystem anger $L/90$ för plåten över en spännvidd av 2 - 3 m och $L/150$ för väggreglarna upp till 8 m. Har man högre krav på väggens funktion och på utseendet brukar man höja kravet till $L/200$.

5.2 Rekommendation

Av denna inventering av tillgänglig litteratur och av relevanta funktionskrav kan vissa försiktiga slutsatser dras.

- a) Om man bortser från utböjningskrav som betingats av isolerglasrutans spricksäkerhet och täthet utgör en utböjning av högst $L/250$

en godtagbar styvhet för en högvärdig fasad. I enklare fall som t ex vid utfackningsväggar med liten spännvidd, kan man normalt nöja sig med utböjningar mindre än $L/200$.

- b) Isolerglasrutans beständighet kräver i vissa fall strängare krav än ovanstående. Dessa anges i första hand av glastillverkarna. Det är möjligt att kraven ändras när isolerglasets teknik utvecklas. Orienteringsvis kan nämnas att metallförseglade isolerglasrutor och isolerglasrutor med värmeabsorberande glas kräver utböjningar mindre än $L/500$. Övriga isolerrutor kräver normalt en utböjning mindre än $L/300$.
- c) Dimensionerande vindlast skall bestämmas med reducerande formfaktorn $C = \pm 1,2$. Vid utpräglat tornliknande byggnader med i förhållande till baslängden hög höjd bör formfaktorn ökas till $C = \pm 1,6$.

5.3 Utvecklingstendenser, utblick

I Sverige publicerades nyligen Svensk Byggnorm SBN 75 Supplement 1, Energihushållning m m. I denna norm begränsas den högsta tillåtna fönsterytan i förhållande till husets yta. Vidare krävs bättre värmeisolering än vad som tidigare varit fallet. Detta förhållande begränsar naturligtvis den lätta öppna fasadens möjligheter. Det blir förmodligen svårare att åstadkomma ett öppet och luftigt intryck hos fasaden, vilket ursprungligen var en viktig målsättning när man valde en Curtain wall fasad. Möjligen kommer metall och glasfasader att användas mindre ofta i framtiden.

Kraven på fönstrets värmeisoleringsförmåga har också skärpts. I praktiken blir det isolerglasfönster med två och tre rutor som kommer att användas i mycket stor utsträckning. Större utböjningar än $L/300$ kan för närvarande inte rekommenderas. Vid metallförseglade rutor och vid värmeabsorberande glas krävs ännu större styvhet.

Även fasadens bröstningsdel måste vara väl värmeisolerande. Bröstningar med mindre än 15 cm mineralull kommer knappast till utförande. Man kan då förmoda att även fasadprofilerna kommer att bli djupare och styvare än vad som hittills varit fallet. Att åstadkomma större styvhet kommer i framtiden troligen att betinga en mindre marginalkostnad än nu.

En annan omständighet som inverkar fördelaktigt på fasadens styvhet är brandskyddskravet. Ofta erfordras en konstruktion vid bjälklagskanten som skall förhindra att lågor kan slå över från en våning till nästa. Denna konstruktion kan även användas för infästning av fasaden. Man kan då erhålla en extra inspanning som reducerar utböjningen.

Avslutningsvis kan konstateras att de funktionsbetingade deformationskraven ännu inte utforskats systematiskt. Av de brevsvår som vi fått av olika forskare runt världen framgår att detta upplevs som ett angeläget problem vars lösning kräver en stor arbetsinsats. I Sverige har vi nyligen fått nya bestämmelser som förmodligen kommer att få djupgående konsekvenser för fasaderna både vad beträffar fasadtyp och fasadteknik. Det är rimligt att till en början nöja sig med de regler som sammanfattats ovan även om de är dåligt underbyggda. När fasadtekniken sedan stabiliserat sig kan det vara meningsfullt att på nytt undersöka dessa problem för att vinna djupare kunskaper om utböjningskraven för icke bärande ytterväggar.

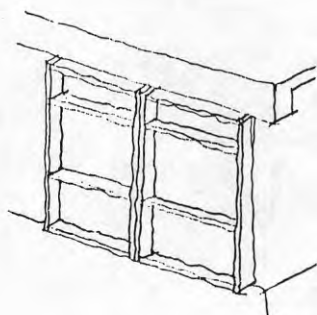


FIG 1. Utfackningsvägg

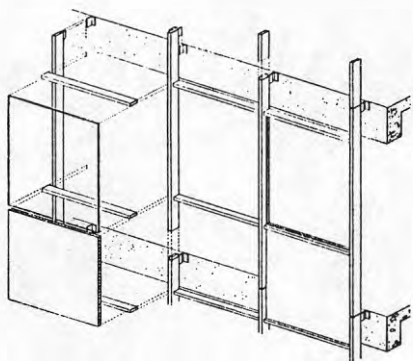


FIG 2. Curtain wall med vertikala regler

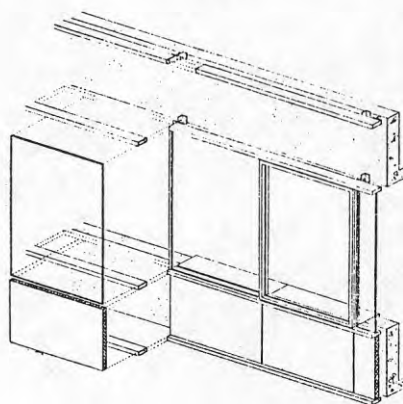


FIG 3. Curtain wall med horisontella regler

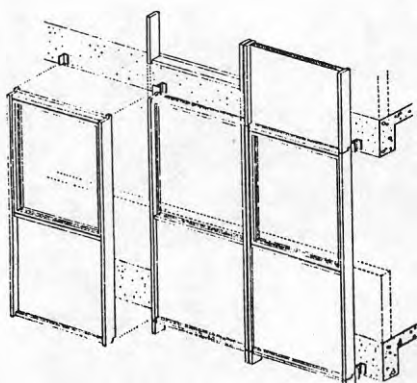


FIG 4. Curtain wall som remkonstruktion

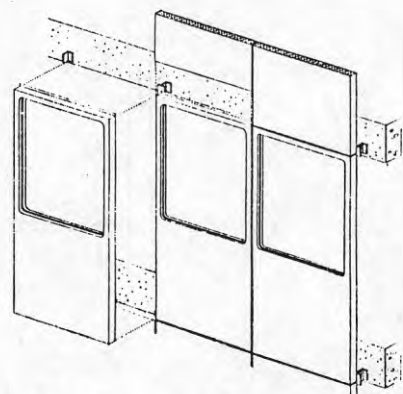


FIG 5. Curtain wall som skivkonstruktion

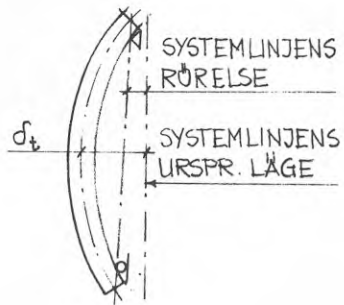


FIG 6. Transversalförskjutning



FIG 7. Axialförskjutning

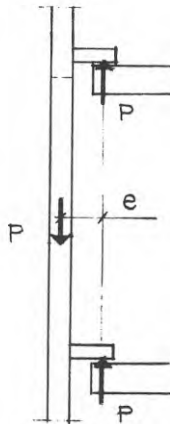


FIG 8. Excentriskt lastangrepp vid infästning

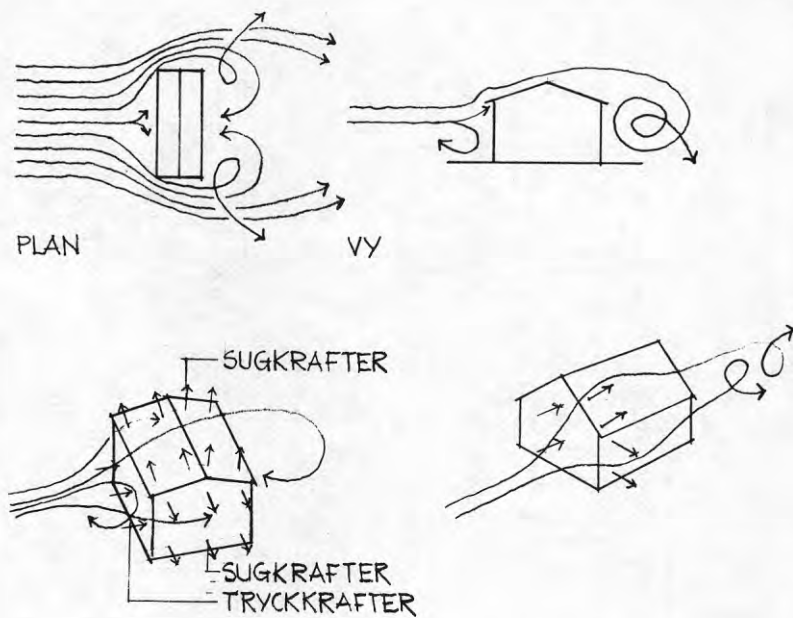


FIG 9. Luftströmningar och vindkrafter vid en byggnad.

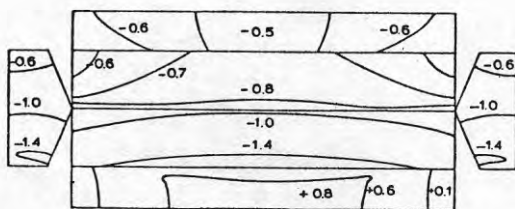
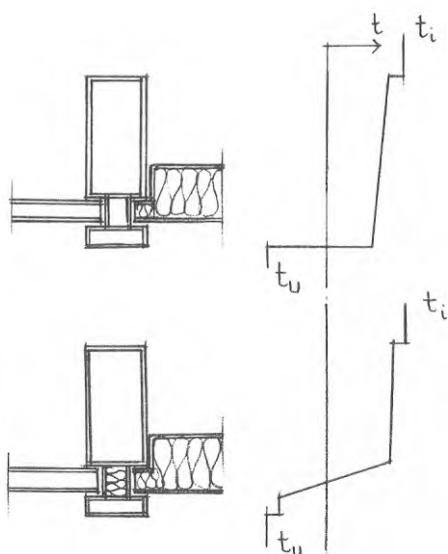
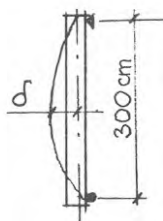


FIG 10. Tryckfördelning över en liten byggnad



TEMPERATURFÖRDELNING
 a) MED KÖLDBRYGGA
 b) MED BRUTEN KÖLDBRYGGA

FIG 11. Temperaturfördelningen över fasadprofiler.



Förutsättningar:
 temperaturskillnad 20°C
 aluminiumprofil
 elementhöjd 3 m
 konstruktionens tjocklek, $d = 15\text{ cm}$
 ger $\delta = 0.35\text{ cm}$ $\delta/L = 1/850$

FIG 12. Exempel på krökning på grund av temperaturgradient genom fasaden.

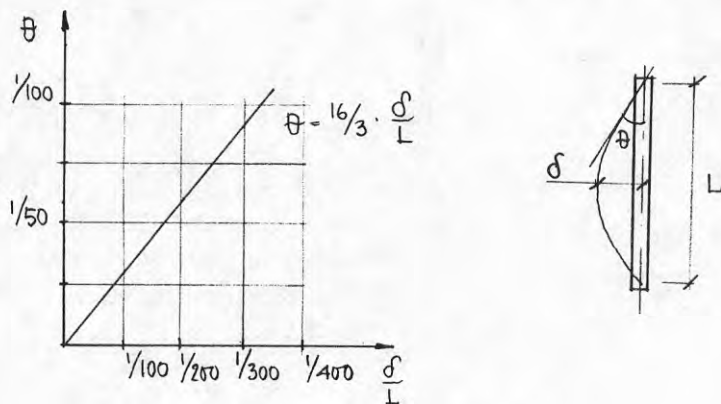


FIG 13. Samband mellan maximal vinkeländring och relativ utböjning.

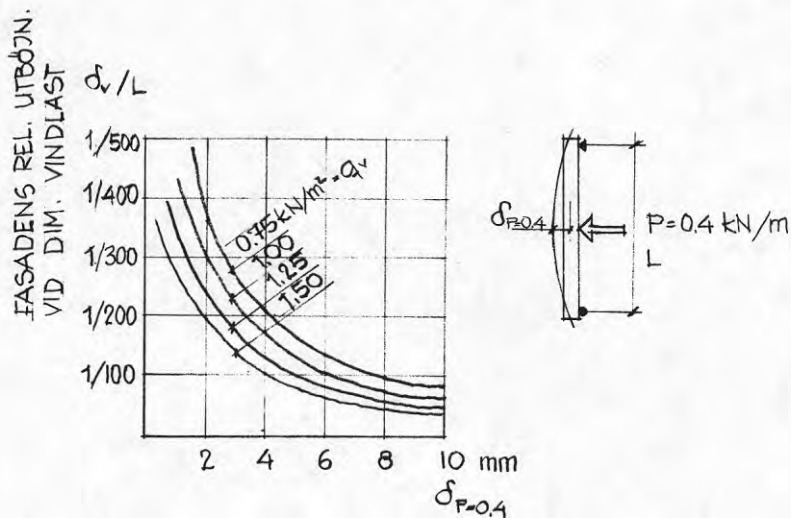


FIG 14. Samband mellan fasadens utböjning vid linjelast 0,4 kN/m och dess relativa utböjning vid dimensionerande vindlast.

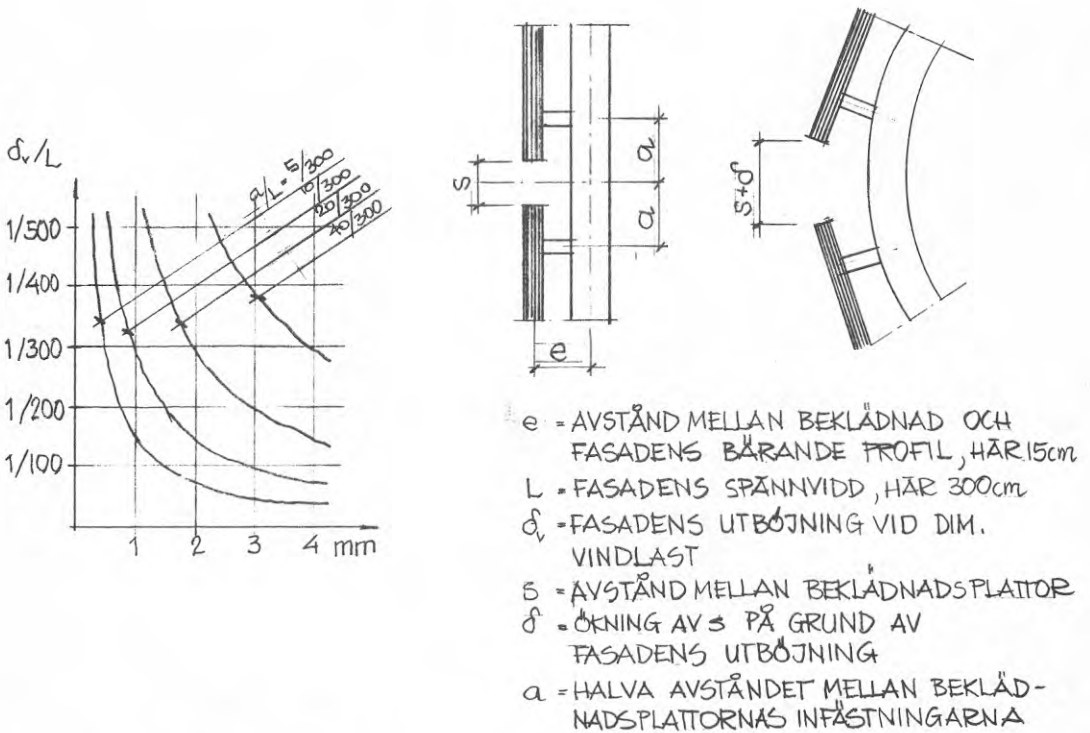


FIG 15. Exempel på förändring av fogbredden mellan beklädnadsplattor på grund av fasadens utböjning.

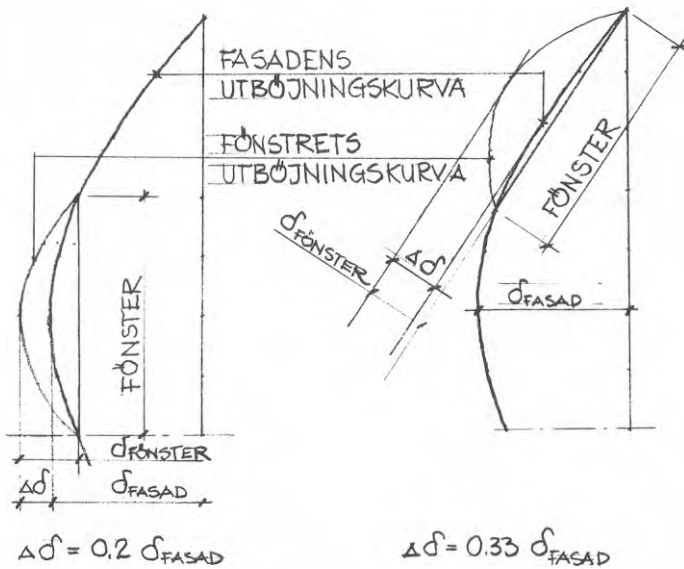


FIG 16. Utböjningsskillnad mellan fasad och fönster vid samma relativa styvhet.

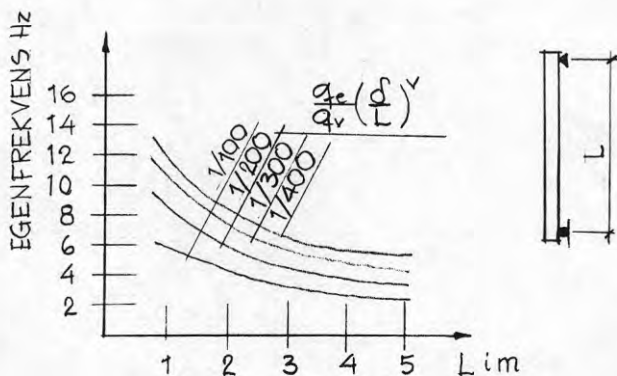


FIG 17. Egenfrekvens hos fasadelement vid olika förhållanden $\frac{q_e}{q_v} \left(\frac{\delta}{L}\right)^v$, där q_e = fasadens egenvikt, q_v = vindlast, $\left(\frac{\delta}{L}\right)^v$ = fasadens relativa utböjning vid vindlast.

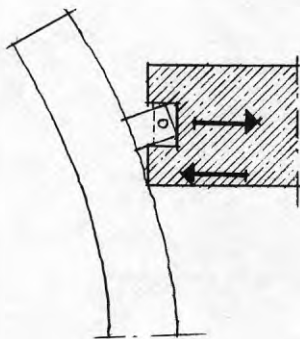


FIG 18. Tvångskrafter vid fasadinfästning på grund av stor utböjning.

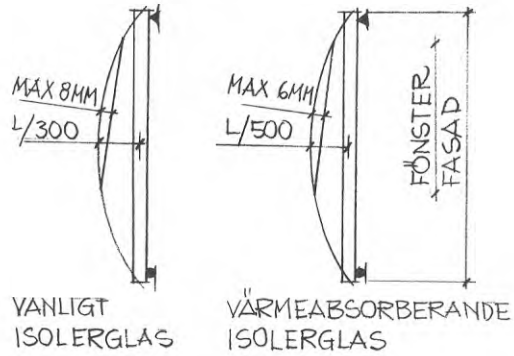


FIG 19. Utböjningskrav för isolerglas i Tyskland.

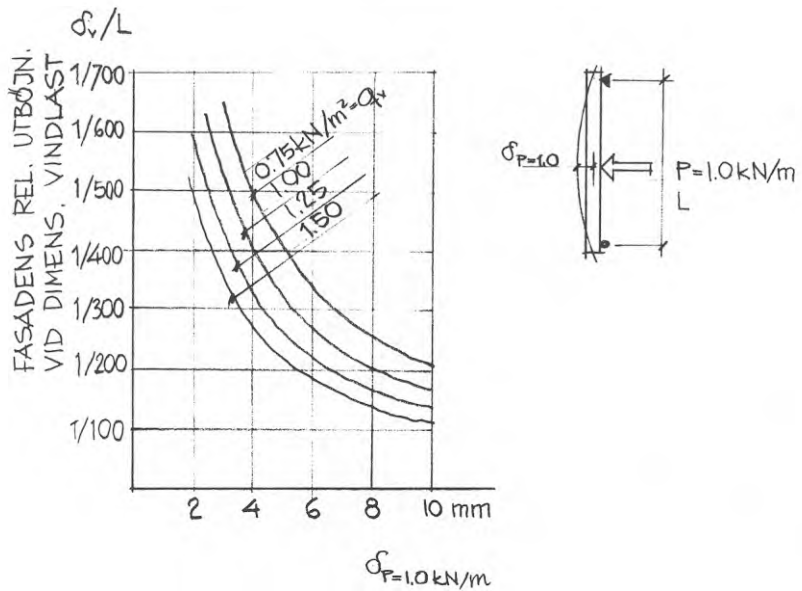


FIG 20. Samband mellan fasadens utböjning vid linjelast 1,0 kN/m och dess relativa utböjning vid dimensionerande vindlast.

FUNKTIONSKRAV	UTBÖJNING				
	L/100	L/200	L/300	L/400	L/500
VERKSAMHET		---	---		
MILJÖ: UTSEENDE		---	---	---	
TRYGGHET		---	---		
TÄTHET		---	---	---	
UNDERHÅLL ENKELGLAS	---				
ISOLERGLAS		---	---	---	---
ÅNSPRÅK	RINGA	MEDEL	HÖGA	HÖGSTA	

LITTERATURFÖRTECKNING

Vindbelastning

- 1 Lusch, G, 1961, Windkanaluntersuchungen an Gebäuden von rechteckigem Grundriss mit Flach- und Satteldächern. (Institut für Strömungsmechanik der Tech. Hochschule) Bericht Nr 613. München.
- 2 Dalgliesh, W A, September 1971, Statistical Treatment of Peak Gusts on Cladding. (Proceedings of the American Society of Civil Engineers) Journal of the Structural Division
- 3 Miyoshi, S, Ida, M, Miura, T, 1971, Wind Pressure Coefficients on Exterior Wall Elements of a Tall Building. Proceedings, Third International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures. Tokyo
- 4 The assessment of wind loads, July 1970. (Building Research Station) Digest 119.
- 5 Eaton, K J, May 1975, Cladding and the wind. Building Research Establishment Current Paper, CP47/75.
- 6 Schwartz, B, 1973, Witterungsbeanspruchung von Hochhausfasaden. HLM 24, Nr 12 Dez.

Ytterväggar, Fasader

- 7 Schaal, R, 1961, Vorhangwände, Curtain Walls. (Verlag Callwey) München.
- 8 Ferber, B, 1971, Wandbaukonstruktionen. DBZ 3.
- 9 Gockel, B, 1964, Über die Verwendung von vorgehängten Fassaden in gestalterischer, konstruktiver und technischer Hinsicht. (Dissertation) Darmstadt.
- 10 Fengler, M, 1962, Skelettbanten mit Fassaden - elementen. (Verlagsanstalt Koch) Stuttgart.
- 11 Moberg, L M, 1974, Yttervegg med rammeverk av tynne stålprofiler. (NBI) Saertrykk 223.
- 12 Bartha, J, Karacson, S, 1972, Problèmes structuraux et de résistance relatifs aux murs légers partiellement métalliques. (Université Technique) Budapest.
- 13 Rousseau, P E, Modifications de conception des murs-rideaux résultant de la pratique d'essais sur échantillons de grandes dimensions.

- 14 Birkeland, Ø, 1962, Ikke-bærende yttervegger. (Norges Byggeforskningsinstitutt) Håndbok 11B
- 15 Aluminium-Fassaden, 1965. (Bericht der Aluminium-Zentrala) Düsseldorf.

Glasning, Fogning

- 16 Adamson, B, Backman H, 1975, Glas i hus. (Esselte Studium, Uniskol) Lund
- 17 Robertsson, L, Chen, P, 1967, Glass Design and Code Implications for Extremely Tall Buildings. (Building Research) May-June.
- 18 Linsley, G, Pignon, G, Strength of Glazing under Wind Loading. (Pilkington, Laboratory) Report No 312.
- 19 Weathertight joints for walls, 1968 (Norges Byggeforskningsinstitutt) CIB Report Nr 11.

Utbøjning

- 20 Kärrholm, G, Dubinski, M K, 1971, Funktionsbetingade Deformationskrav (Chalmers Tekniska Högskola, Inst för Byggnadsteknik, Byggnadsakustik och Byggnadskonstruktion)
- 21 Langkau, H J, 1969, Mittragende Wirkung von Ausfachungen im Metallbau. (Bauen mit Aluminium)
- 22 Back, E, Didriksson, I, Norberg, G, 1974, Comparison of Mechanical Properties of Non-Load-Bearing Panels in Walls. (Svenska Träforskningsinstitutet).
- 23 Schriften des Instituts für Fenstertechnik. Rosenheim.

Provning av fönster och fasader

- 24 Conducting Strength Tests of Panels for Building Construction (ASTM) Designation E72-61.
- 25 Methods of Tests for Resistance to Air and Water Penetration, 1968 (British Standards Institution) BS 4315.
- 26 Lossius, P, 1962, Styrkeprøvning av vinduer. (Norges Byggeforskningsinstitutt) Särtryck Nr 65.
- 27 Schriften des Instituts für Fenstertechnik. Rosenheim

- 28 Fönster provningsmetoder, klassindelning, 1976. (BST - Byggstandardiseringen) Remiss 1422.
- 29 Window and Wall Testing, 1973, (ASTM) STP 552.
- 30 Report on the Testing of Structures, Sept 1964. (The Institution of Structural Engineers)

Normer och Rekommendationer

- 31 Code of Basic Data for the Design of Buildings. Chapter v Loading. (British Standards Institution)
- 32 DIN 1055: Lastannahmen im Hochbau, Verkehrslasten - Windlast. Deutsche Normen.
- 33 Uniform Building Code, 1973 Edition.
- 34 DIN 18056: Fensterwände, Bemessung und Ausführung. Deutsche Normen.
- 35 Draft for Development DD4: 1971, Recommendations for the Grading of Windows. Resistance of Wind Loads. (British Standards Institution)
- 36 Monteringsföreskrifter för isolerrutor. (Monteringstekniska kommittén)
- 37 Directives communes pour l'agrément des façades légères. (Le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) Paris, France.
- 38 Förslag till byggnadsbestämmelser för lätta, icke bärande ytterväggar, 1961. (Nordiska Kommittén för Byggnadsbestämmelser)
- 39 Vinduer, ydeevne beskrivelse 2, 1974. (Statens Byggeforskningsinstitut) København.
- 40 Ikke-baerende ydervægge, generel, 1976, SBI-ydeevnebeskrivelse 3. (Statens Byggeforskningsinstitut) København
- 41 Pähengsvegger NBI (21).001, 1961. (Norges Byggeforskningsinstitut)
- 42 Aluminiumvinduer NBI (31).011, 1962. (Norges Byggeforskningsinstitut)
- 43 Richtlinien für die Aussehreibung und Lieferung von Aluminiumfassaden, 1970. (Metallbauverband) Frankfurt
- 44 Richtlinien für Fassadenbekleidungen mit und ohne Unterkonstruktion, 1975. (Ministerialblatt für Nordrhein-Westfalen)

LISTA ÖVER BREVKONTAKTER

- 1 Prof J F S Carruthers
BRE, Princess Risborough Laboratory
England
- 2 Prof E R Ballantyne
CSIRO, Division of Building Research
Australien
- 3 Prof J R Sasaki
National Research Center,
Division of Building Research
Canada
- 4 Prof M Pedersen
Danmarks Tekn Högskola, Inst för husbygging
Danmark
- 5 Prof R Hansen
MIT, Dep of Civil Engineering
Amerika
- 6 T Gjelsvik
Norges Byggforskningsinstitut
- 7 GLASEXCO, Dept Insulating Glazing
Belgien
- 8 Pilkington Brothers Ltd,
Technical Advisory Service,
England
- 9 Institut für Fenstertechnik, Rosenheim
Västtyskland
- 10 FAECF Technical Committee
Nederländerna
- 11 Schöningen GmbH,
München, Västtyskland
- 12 Josef Gartner & Co
Gundelfingen, Västtyskland

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 750356-8 från
Statens råd för byggnadsforskning till Sven Tyrén AB, Stockholm**

R31: 1977

**ISBN 91-540-2692-X
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6600631
Abonnemangsgrupp:
Z. Konstruktioner o. material**

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

Cirka pris: 22 kronor + moms