



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

R30:1979

BM 357 (632, 636)

**Deformationsbegrän-
ningar avseende tak och
väggar av profilerad plåt**

Lennart Douhan

TEKNISKA HÖGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FÖR VÄG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

Byggforskningen

R30:1979

DEFORMATIONSBEGRÄNSNINGAR AVSEENDE TAK OCH VÄGGAR
AV PROFILERAD PLAT

Lennart Douhan

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 770755-2
från Statens råd för byggnadsforskning till Tekn. dr
ARNE JOHNSON Ingenjörbyrå ab, Stockholm.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R30:1979

ISBN 91-540-2981-3
Statens råd för bygnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1979 952853

INNEHÅLL

FÖRORD	5
1 BAKGRUND	7
2 METOD	9
3 RESULTAT	11
3.1 Svenska bestämmelser och rekommendationer	11
3.2 Utländska bestämmelser och rekommendationer	12
3.3 Kontinuitet i ändöverlapp	15
3.4 Deformationers inverkan på bärförmågan	19
3.5 Deformationers inverkan på klimatskyddet	20
3.6 Deformationers inverkan på kompletteringsdetaljer	28
3.7 Utseende	28
4 SLUTSATSER	31
4.1 Nuvarande deformationsbegränsningar	31
4.2 Funktionsbetingade deformationsbegränsningar	33
SAMMANFATTNING	37
LITTERATURFÖRTECKNING	39
BILAGA	41

FÖRORD

Föreliggande rapport avser dels att informera om aktuella deformationsbegränsningar för tak och väggar av profilerad plåt i Sverige och utomlands, dels att söka klarlägga de funktionella effekterna av deformationer i dessa konstruktioner.

Initiativtagare till utredningen har varit professor Rolf Baehre och tekn. lic. Hans Vinberg.

Praxis och erfarenheter beträffande svenska förhållanden har erhållits genom kontakter vid Domnarvets Jernverk, Gavle Verken AB, Gränges Aluminium, Icopal, Plannja AB, Rostfria Tak AB samt Thysells Industri AB. Uppgifter om utländska bestämmelser eller rekommendationer har lämnats av medlemmarna i ECCS-Kommitté 17 (European Convention for Constructional Steelwork).

För att studera töjningar resp. stukningar i ett papptäckt isolerat plåttak har en försöksserie genomförts vid KTH, Avdelning för Stålbyggnad. Material till försöken har tillhandahållits av Gränges Aluminium, Icopal och Rockwool AB.

Projektledare vid Tekn. dr ARNE JOHNSON Ingenjörbyrå ab har varit civ.ing. Håkan Engström.

Stockholm, december 1978

Lennart Douhan

1. BAKGRUND

Arligen förbrukas i Sverige ca 20 milj. m² profilerad stål- och aluminiumplåt för användning i tak och väggar.

Stor omsorg har under de senaste 15 åren ägnats åt att utveckla en adekvat beräkningsmetodik samt att optimera profiler med avseende på materialhållfasthet, bärförmåga och utförandeteknik.

Däremot saknas en rationell plattform för bedömning av deformationers betydelse med hänsyn till

- o plåtens lastupptagande bärförmåga och säkerhet
- o upplagens funktion och stabilitet
- o infästningarnas funktionsstabilitet till följd av sidokrafter och upprepade förskjutningar
- o takets eller väggens funktion med avseende på täthet, kvarstående vatten
- o materialegenskaper och konstruktiv utformning av kompletterande ytskikt (ex.vis takpapp, isolermaterial)
- o estetiska krav.

Hittills gällande deformationsbegränsningar bygger i huvudsak på tillverkarrekommendationer, tidigare utländska normer och positiva erfarenheter.

Deformationsbegränsningar innehåller tre väsentliga aspekter, som motiverar en kartläggning av problemkomplexet:

1. Funktionen av ett tak eller en vägg är beroende av deformationerna i bruksstadiet till en grad, som vi vad gäller de flesta konstruktioner inte känner till i dag. Detta innebär att normens krav på att funktionen skall säkerställas inte kan uppfyllas på annat sätt än genom val av en förhoppningsvis "funktionssäker" konstruktion. Ett sådant förfarande skapar osäkerhet.
2. Deformationsbegränsningar innebär restriktioner som har ekonomiska och konkurrensbegränsande effekter genom att säkerhetsmässigt fullt acceptabla konstruktionselement slås ut.
3. Profilerad plåt kommer i större utsträckning än hittills att vara en exportvara. Svenska profiler utmärks av relativt stora spännvidder tack vare ett högt utnyttjande av höghållfast material. I utlandet kan vissa protektionistiska tendenser skönjas att öka kraven på deformationsbegränsningar, vilket berövar svenska produkter något av konkurrenskraften. Så länge krav på deformationsbegränsningar inte kan diskuteras mot bakgrund av ovan nämnda skäl är det knappast möjligt att argumentera på ett övertygande sätt.

Mot denna bakgrund har vi funnit det angeläget att närmare studera ovan nämnda frågeställningar. Målsättningen har därvid varit att klarlägga faktorer som påfordrar deformationsbegränsningar samt att utarbeta rekommendationer för val av deformationsbegränsningar för frekventa tak- och väggtyper.

2 METOD

För att få synpunkter på och en eventuell bakgrund till aktuella deformationsbegränsningar i Sverige intervjuades inledningsvis de Svenska byggplåttillverkarna samt några representanter för tak-täckningsfirmor.

Samtidigt ombads medlemmarna inom ECCS-Kommitté 17 (European Convention for Constructional Steelwork) att informera om vilka krav eller rekommendationer som förelåg i respektive länder samt att, om möjligt, ge en bakgrund till dessa.

En litteraturinventering visade att vissa delproblem tidigare studerats. Resultaten av dessa studier har i flera fall kompletterats eller genom försök verifierat våra egna resultat och därigenom varit till god hjälp.

Teoretiskt har studerats hur deformationer inverkar på

- plåtens bärförmåga och säkerhet
- upplagens funktion och säkerhet
- infästningarnas funktion och säkerhet
- klimatskyddets funktion
- utseende

Till grund för dessa studier ligger i de flesta fall resultat från tidigare försök med transversalbelastad eller skivbelastad trapetsprofilerad plåt samt från försöksserier med olika fästdon.

För att studera töjningar resp. stukningar i ett isolerat tak har en försöksserie med aluminiumplåt, olika tjocklek på mineralull- respektive cellplastisolering samt olika papptyp utförts. Dessa försök, liksom även tidigare omnämnda, har utförts vid KTH, Avdelningen för Stålbyggnad.

3. RESULTAT

3.1 Svenska bestämmelser och rekommendationer

I Svensk Byggnorm 75 föreskrivs att "Byggnad anordnas så att formändringar och sprickor, som är skadliga för dess avsedda funktion, inte uppstår..." samt att "Byggnadsdel och dess upplages sådan styvhet att dess formändring eller förskjutning vid avsedd användning inte menligt påverkar byggnadsdelens funktion, skadar andra byggnadsdelar eller ger upphov till obehag." Speciellt anvisas "... för tak med liten lutning begränsas nedböjningen så att vattenavrinning möjliggörs."

Dessa allmänna funktionskrav återfinns även i normerna för aluminium och stål samt i förslaget till tunnplåtsnorm. I kommentarer till aluminium- resp. tunnplåtsnormen lämnas dessutom anvisningar för den konstruktiva utformningen.

Aluminiumnormerna ger följande riktvärden på tillåtna formändringar för tak och fasader vid snö- och vindlastpåverkan:

Takåsar	$f_{\max} = L/200$
Fasader och tak av profilerad plåt	$f_{\max} = L/90$
Fasader vid höga utseendekrav	$f_{\max} = L/200$
Tak av profilerad plåt med limmad isolering och papptäckning	$f_{\max} = L/200$

I Statens Stålbyggnadskommittés förslag till tunnplåtsnorm, som avses gälla för stål- och aluminiumplåt med tjocklek mindre än 4 mm, påpekas i en kommentar vikten av att utforma tak så att risken för kvarstående vattensamlingar blir liten. Därmed minskas risken för sprickor i tätskikt orsakade av sprickor i islager. För övrigt rekommenderas tillämpning av tunnplåtstillverkarnas anvisningar (se nedan).

HusAMA 72, kap. Tätskikt på yttertak, föreskriver för tätskikt klass 41 och 42 (plana tak) lägsta tillåtna nivå under utlopp 50 resp. 30 mm.

De svenska plåttillverkarna anger tillåtna deformationer av egenvikt och snö- resp. vindlast till för

Isolerade papptäckta tak	L/150 vid	$L \leq 4,5$ m
	30 mm vid	$4,5 \text{ m} < L < 6$ m
	L/200 vid	$L \geq 6$ m
Isolerade bandtäckta tak	L/150	
Isolerade dubbla plåttak	L/90	
oisolerade tak	L/90	
väggar utan speciella krav	L/90	
Väggar med höga krav på utseende	L/150	

Vindlasten skall härvid divideras med 1,2 för att på så sätt motsvara vanligt lastfall.

Begränsningen L/90 infördes i början av 50-talet av aluminium-plåttillverkarna efter förebild från England, och kom även att tillämpas av stålplåttillverkarna. Begränsningen L/200 för papp-täckta tak lär ha sin bakgrund i ett antagande om att skadlig istjocklek skulle vara 30 mm. På den tiden antogs att maximal spännvidd kunde bli 6 m. Vid istjocklek större än 30 mm skulle en spricka i isen kunna gå ner genom pappen. Efter diskussioner mellan plåttillverkare, isoler- och pappfabrikanter enades man 1972 om de ovan redovisade tilläggen för plåtar med spännvidder under 6 m.

3.2 Utländska bestämmelser och rekommendationer

I TAB. 1 har sammanställts aktuella deformationsbegränsningar för profilerad plåt för ett flertal länder. Några kommentarer:

I Holland, Frankrike och Västtyskland tycks allt oftare begränsningen L/300 användas för isolerade tak, och i ett västtyskt normförslag har också denna gräns införts. Anledningen anges vara krav från bl.a. taktäckare, som sedan länge velat ha ett styvare tak, då skador i tätskikt och isoleringens limskikt anses bero på rörelser i taket orsakade av vindlast.

Vid export till Finland arbetar svenska plåtleverantörer med begränsningen L/150.

I Holland används enligt uppgift ofta profilerad plåt i plana tak. Deformationsbegränsningarna är valda för att förhindra skador på grund av vatten ackumulering.

Även de östtyska gränserna har bestämts så att inte vattenfickor och därmed ökad belastning skall uppkomma. Dessutom påstås hänsyn ha tagits till töjning i taktäckningsmaterial, hållfasthet hos limfogar samt risk för svängningar orsakade av vindstötter.

TAB 1. Utländska bestämmelser och rekommendationer.

LAND	ISOL. TAK	OISOL. TAK	VÄGG
BELGIEN	Inga krav eller rek. praxis L/200		Inga krav el. rek. praxis L/150
ENGLAND	<p>Aluminiumplåt: L/90 (ber. enl. $\delta = \frac{3QL^4}{384EI}$) Stålblåt : L/100 (- " -) I ett normutkast anges följande begränsningar:</p> <p>(1) för att undvika skador i angränsande material - plåt med oelastisk täckning (asfalt etc.): L/325 - plåt med elastisk täckning (isolerskivor etc.): L/250 - plåt som bär styvt innertak (gipsskivor etc.): L/150</p> <p>(2) för att undvika permanent öppna överlappsskarvar, förstorade fästhål och brustna fogtätningar - aluminiumplåt: L/100 - stålblåt : L/100</p> <p>Normutkastet för takbjälklag av plåt anger tillåten nedböjning L/250 (ber. enligt $\delta = \frac{5QL^4}{384EI}$ för enfältsplåtar och $\delta = \frac{3QL^4}{384EI}$ för två- och trefältsplåtar).</p>		
FINLAND	Inga specificerade föreskrifter.		
ITALIEN	Rekommendation L/200		Inga föreskrifter
HOLLAND	- Nedböjningen orsakad av ständig last + jämnt utbredd last 1 kN/m ² skall begränsas till L/250. - Nedböjningen orsakad av en linjelast 2 kN/m parallell med upplagen skall begränsas till L/200.		Inga föreskrifter
POLEN	Inga föreskrifter Praxis L/200		Praxis vid isole- rade väggar L/150
VÄSTTYSKLAND	L/300 (Normförslag)	L/150 (Normförslag)	L/100 (Normförslag)

TAB 1. (forts.)

LAND	ISOL. TAK	OISOL. TAK	VÄGG
ÖSTTYSKLAND	Vid taklutning: < 5 %: L/300 Vid taklutning: > 5 %: L/200	L/150	L/100
UNGERN	För offentliga byggnader: L/200 För bostadshus : L/150 För övriga byggnader : L/100		
AUSTRALIEN		L/90	
KANADA	L/240 (Om plåten uppbär innertak av gips: L/360)		L/180

3.3 Kontinuitet i ändöverlapp

Vid beräkning av aktuell deformation betraktas normalt plåten som ledad vid ändöverlapp. Beroende på hur upplaget utformas fås emellertid kontinuitet i varierande utsträckning. Någon inspänningseffekt i åsar eller huvudbalkar kan däremot inte påräknas, härtill är deras vridstyvhet för låg.

Ändöverlappets längd är vanligtvis

vid isolerat tak	100 mm
vid oisolerat tak	200 mm
vid väggar	100 mm

I några fall rekommenderar tillverkaren längre överlapp när deformationerna skall begränsas.

Vid takplåtars ändöverlapp sker i regel infästning till takbalkar med ett fästdon i varje profilbotten. Beroende på överlappets längd kan varierande grad av kontinuitet erhållas.

Kraft-deformationssambandet vid infästning av trapetsprofilerad plåt är väl känt genom omfattande försöksserier utförda vid KTH, Avdelning för Stålbyggnad. Med hjälp av detta samband kan krafter och deformationer teoretiskt beräknas för olika plåtprofiler och plåttjocklekar. Utförda beräkningar visar god överensstämmelse med resultat från försök utförda av Gunnar Andersson, KTH, Institutionen för Konstruktionslära [1].

I FIG 2-4 redovisas beräknade effekter av ett överlapp enligt FIG 1 vid ena stödet av en fritt upplagd profil, belastad med och dimensionerad för snölast - snözon D - enligt resp. tillverkares dimensioneringsunderlag. FIG 5-7 visar motsvarande effekter vid fritt upplagd profil med överlapp vid båda stöden.

Vid högre belastning, och därmed mindre spännvidd, minskar inspänningseffekten något samtidigt som skruvlasten ökar. Inom profilernas normala användningsområden är variationerna dock så små att de i FIG 2-7 redovisade resultaten kan betraktas som karaktäristiska för profilen inom hela dess användningsområde.

I ovan redovisade fall antas att fritt upplagda plåtar sammanbinds till tvåfältsplåtar resp. innerplåtar i en mångfältskonstruktion. För flerfältsplåtar blir inte överlappens inverkan lika stor. För tvåfältsplåtar minskar nedböjning i innerfält maximalt med ca 45 % samtidigt som nedböjningen i ytterfält ökar maximalt ca 20 %, vilket lämpligen kan kompenseras genom att i ytterfältet välja mindre spännvidd eller styvare profil.

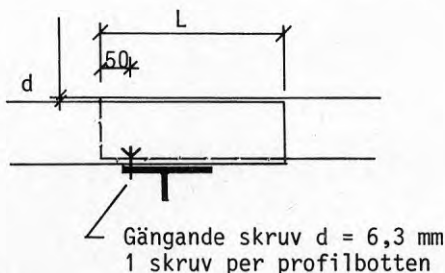


FIG 1. Ändöverlapp

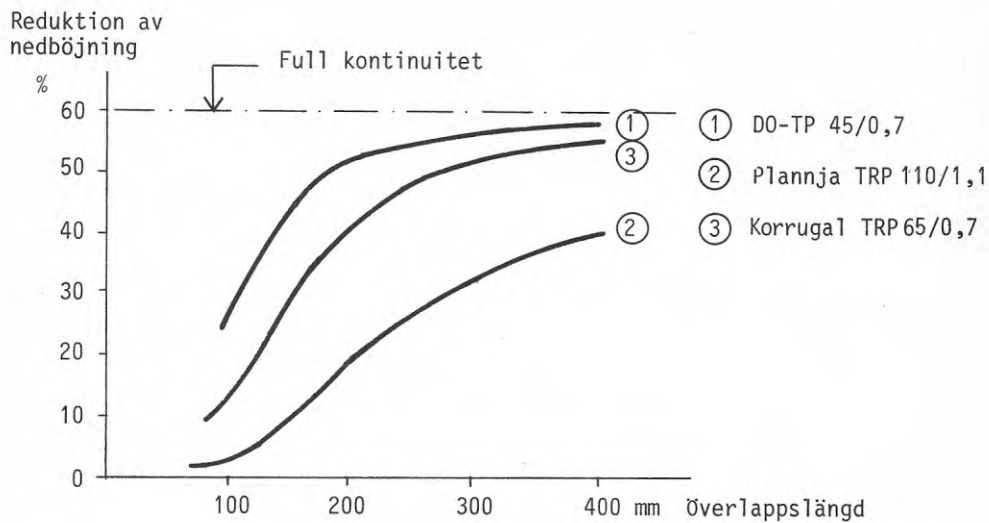


FIG 2. Reduktion av nedböjning p g a överlapp på ena sidan av fritt upplagd plåt.

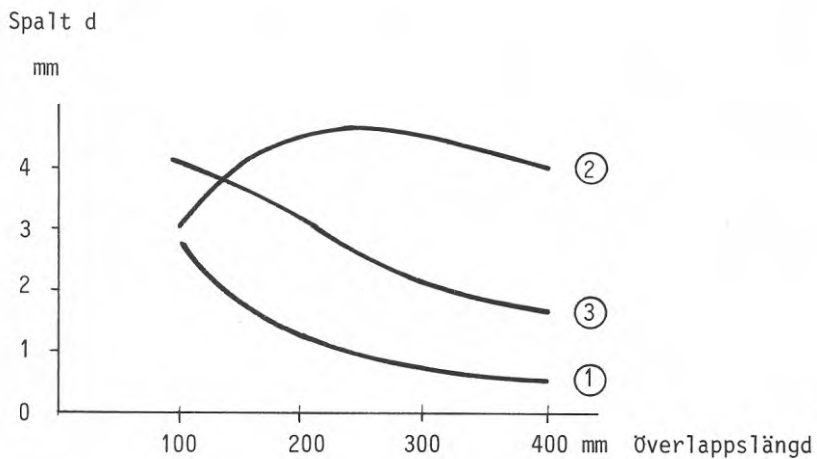


FIG 3. Spalt mellan över- och underplåt vid överlapp på ena sidan av fritt upplagd plåt.

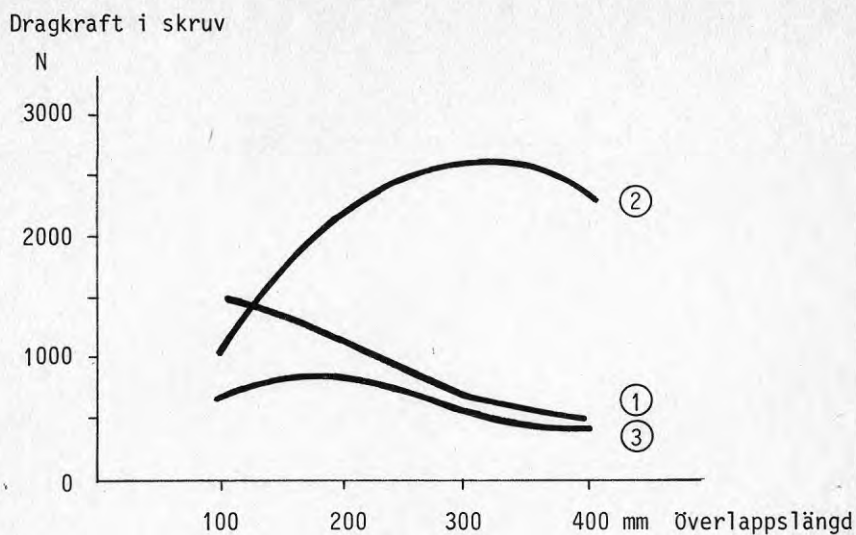


FIG 4. Dragkraft i skruv vid överlapp på ena sidan av fritt upplagd plåt. Skruvplacering enligt FIG 1.

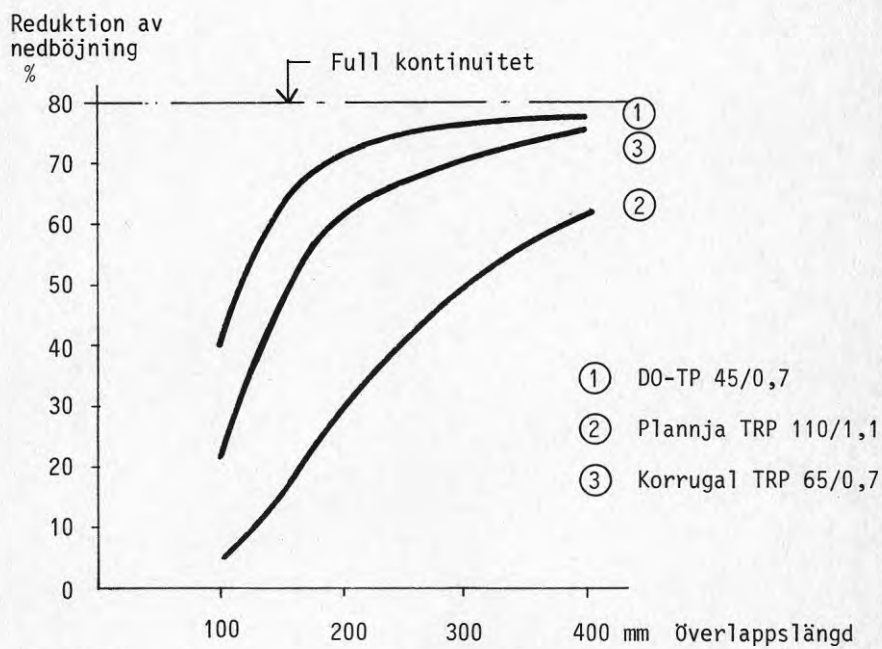


FIG 5. Reduktion av nedböjning p.g.a. överlapp på båda sidor av fritt upplagd plåt.

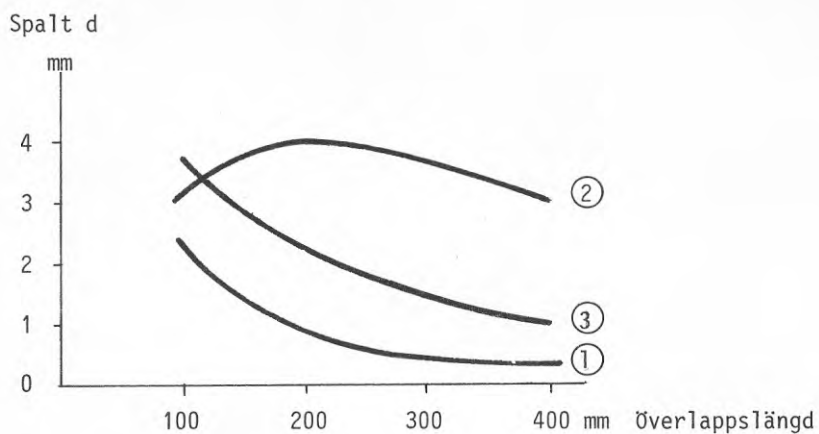


FIG 6. Spalt mellan över- och underplåt vid överlapp på båda sidor av fritt upplagd plåt.

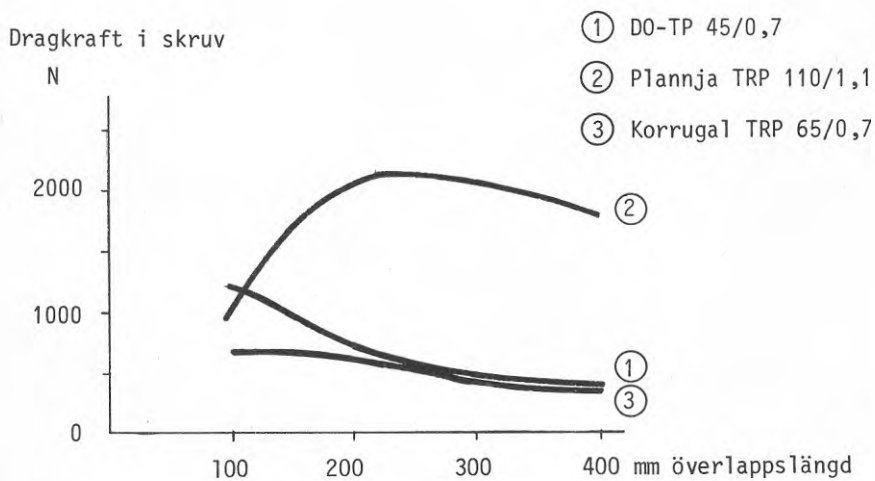


FIG 7. Dragkraft i skruv vid överlapp på båda sidor av fritt upplagd plåt. Skruvplacering enligt FIG 1.

3.4 Deformationers inverkan på bärförmågan

Stora deformationer av transversalbelastning på en tak- eller väggkonstruktion skulle kunna antas orsaka lokala effekter vid upplag eller påverka bärförmågan vid samtidig skivbelastning.

Vid upplag kan genom krökning eller snedställning plåten få en mycket liten upplagsyta (FIG 8, 9).

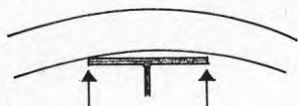


FIG 8.

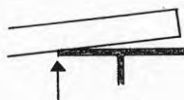


FIG 9.

Tillåten upplagsreaktion för trapetsprofilerad plåt får bestämmas genom beräkning enligt Statens planverks godkännanderegul nr 3, vilken kommer att ersättas av tunnplåtsnormen, eller genom provning.

Det teoretiska värdet, som baseras på provningar utförda vid KTH, Avdelning för Stålbyggnad [4], är proportionellt mot

$$\dots \left(1 + 0,01 \frac{l_s}{t}\right) \dots \text{ där}$$

l_s = upplagslängd

t = plåttjocklek

Detta innebär att vid minskande upplagslängd avtar den tillåtna upplagsreaktionen till ungefär halva värdet av vad som tillåts vid normal upplagslängd.

För många svenska profiler har emellertid tillåten upplagsreaktion bestämts genom provning och därmed har också hänsyn tagits till kanteffekterna. Provingarna utförs enligt SIS 27 11 12 för mellanupplag och ändupplag, i det senare fallet med upplaget i lutning minst 1:20, i princip enligt FIG 9.

För att studera transversalbelastningens inverkan på skjuvbucklingslasten hos skivor av trapetsprofilerad plåt gjordes 1977 en serie belastningsförsök med aluminiumplåt vid KTH, Avdelning för Stålbyggnad. Dessa försök, refererade i [5], visar att transversalbelastningen inte inverkar negativt utan i stället har en viss förhöjande effekt på globalbucklingslasten, och dimensionering kan alltså ske som vid plan skiva.

I de flesta fall är vridstyvheten hos åsar och takbalkar så låg att ev. tvångskrafter i plåtinfastningarna blir små. Med mycket vridstyva eller vridningsförhindrade balkar blir dock krafterna i fästdonen större och kan uppgå till samma storlek som redovisas i avsnitt 3.3. Vid i övrigt lika förhållanden ökar kraften i fästdonen när plåtens deformationer ökar, d.v.s. då spännvidden ökas eller plåttjockleken minskas. I det senare fallet blir ökningen relativt liten, men vid styva plåtar kan det finnas anledning till observans av plåtens infästning som fram-

går av exemplet i FIG 10. Speciellt gäller detta om plåten även skall uppta skivbelastning, eftersom denna ger upphov till såväl drag- som tvärkraft i ändupplagens fästdon.

Dragkraft i skruv

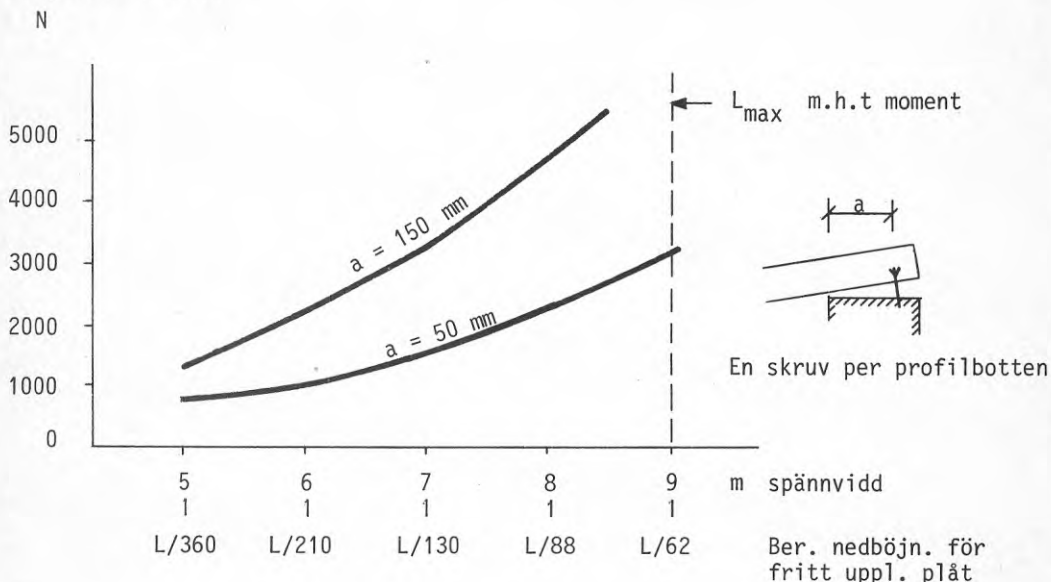


FIG 10. Beräknad dragkraft i skruv vid vridningsförhindrat upplag.
Stålblåt TRP 110/1,1, fritt upplagd.
Belastning $1,3 \text{ kN/m}^2$ (snözon D).

3.5 Deformationers inverkan på klimatskyddet

Yttre plåt

Oisolerade taks och väggars klimatskyddande funktion består i regel endast av att utestänga nederbörd. Samma funktion har också fasadplåten vid isolerade väggar och den yttre plåten vid isolerade dubbla plåttak.

Två egenskaper hos dessa konstruktioner är mer eller mindre deformationsberoende, nämligen vattenavrinning och täthet i ändöverlapp. Minsta förekommande taklutning för taktäckning med profilerad plåt är 1:10, med undantag för Plannjas taksystem TOP 7 där minsta tillåtna lutning är 1:16. Om inte bakfall skall uppstå vid belastning, får alltså vinkeländringen θ inte någons stans överskrida 1:10 eller 0,10 radianer. Hänsyn bör också tas till byggplatstoleranser. Med tillåtna toleranser för stål- eller betongstommar angivna i HusAMA 72 kan den initiella lutningsavvikelsen beräknas uppgå till maximalt 0,02-0,03 radianer. Den största tillåtna vinkeländringen vid taklutningen 1:10 blir sålunda ca 0,075 och vid lutningen 1:16 ca 0,035.

En begränsning av vinkeländringen θ kan uttryckas som en deformationsbegränsning av formen y/L :

	$\frac{\theta}{y/L}$
Enfältsplåt	3,2
Tvåfältsplåt	4,0
Trefältsplåt	3,7

För en tvåfältsplåt motsvaras alltså ovanstående vinkeländringsbegränsningar av deformationsbegränsningen 1/50 för taklutning 1:10 och 1/110 för taklutning 1:16.

Ändöverlapp

I HusAMA 72 föreskrivs att vid taktäckning av profilerad plåt med lutning mindre än 1:4 utföres ändöverlapp med tätningsband. Ändöverlappets längd skall vara för taktäckning minst 200 mm och för väggbeklädnad minst 100 mm. Beträffande glipa mellan plåtar i ändöverlapp sägs:

Tätande ändöverlapp får inte ha större språng (glipa) än att tätningsmedlet sammanpressas till täthet. Blindnitning får inte användas för eliminering av språng.

Icke tätat ändöverlapp i takyta får ha en glipa till underliggande plåt av högst sju gånger plåttjockleken.

Ändöverlapp i väggyta får ha en glipa till underliggande plåt av högst fem gånger plåttjockleken.

Ovanstående som avser obelastade konstruktioner innebär att spalten mellan över- och underplåt får uppgå till 3-9 mm beroende på plåttjocklek och byggnadsdel.

Vid fältmätningar på isolerade tak, utförda vid CTH, Institutionen för Konstruktionsteknik [6], har bl.a. ändöverlappens höjdskillnader uppmätts. Genomsnittsvärdena för de uppmätta taken varierar mellan 2 och 8 mm, maximalt uppgick höjdskillnaden till 20 mm.

Som jämförelse till dessa värden visas i FIG 11 ett exempel på hur deformationen inverkar på spaltens storlek. Spaltstorleken är i stort sett lika för samtliga plåttjocklekar inom samma profilhöjd men är betydligt mindre för lägre profiler (jfr reduktion av nedböjning, FIG 3).

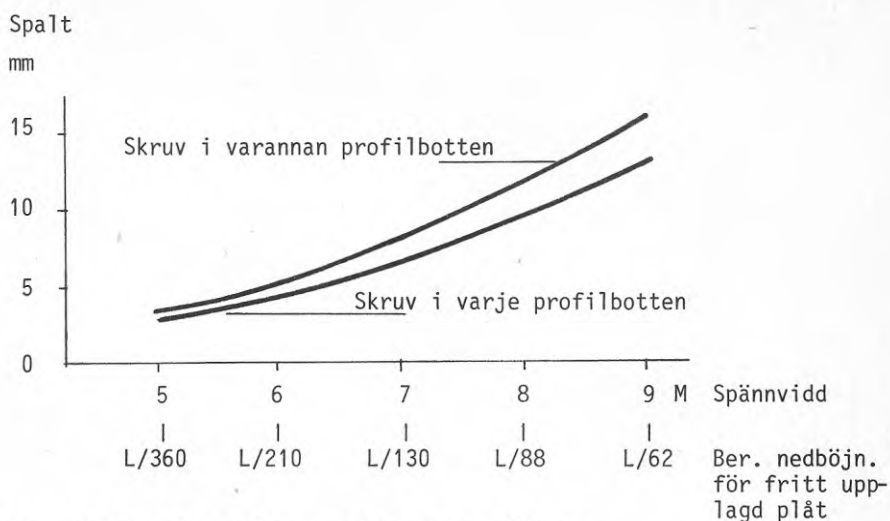


FIG 11. Spalt mellan plåtar i ändöverlapp, 200 mm.

Stålpåt 110/1,1, fritt upplagd.

Belastning $1,3 \text{ kN/m}^2$ (snözon D).

Tätskikt

Deformationsgränserna L/150, L/200 för isolerade tak uppges ofta vara valda med hänsyn till papptäckningen. Förutom det tidigare i avsnitt 3.1 omnämnda antagandet om en viss minsta skadlig is-tjocklek, finns dock inga motiv till dessa gränser redovisade.

Som direkt följd av takplåtens nedböjning uppstår töjningar och stukningar i pappskiktet. Hur stora dessa blir beror i första hand på det mellanliggande isolerskiktets styvhet. I FIG 12 visas resultat från försök med samverkanskonstruktioner av profilerad plåt, isoleringsmaterial och ytskikt. Med utgångspunkt från kurvan i FIG 12 och kraft-deformations sambandet för ett tätskikt har påkänning och töjning i skiktet beräknats.

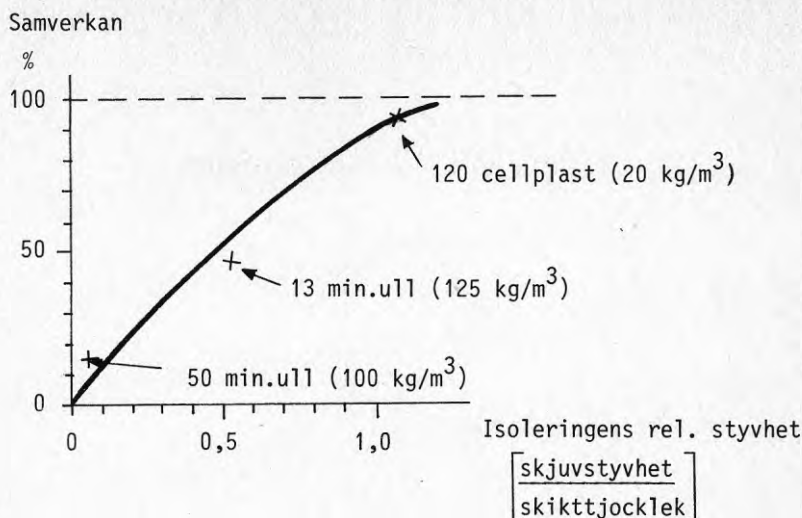


FIG 12. Samverkan mellan trapetsprofilerad plåt och ytskikt som funktion av den mellanliggande isoleringens relativa styvhet.

I FIG 13 och 14 (ur ICOPALS handbok Tak och tätskikt), som visar spännings-töjnings sambandet för sammansatta tätskikt, framgår den stora skillnaden i brotttöjning mellan de nya materialen med polyesterstomme (YAPv, SAPf) och äldre material.

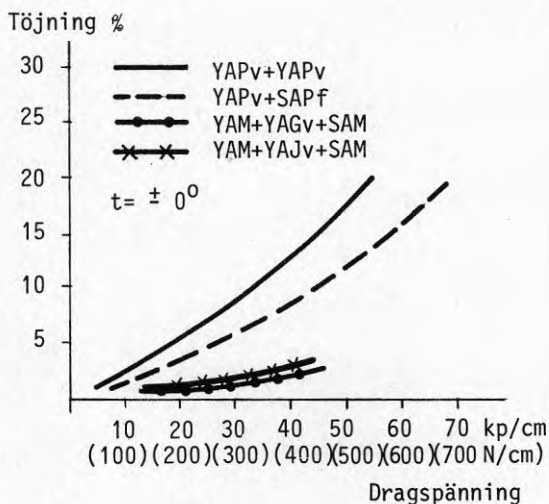


FIG 13. Spännings-töjningsdiagram för sammansatta tätskikt, längdriktning.

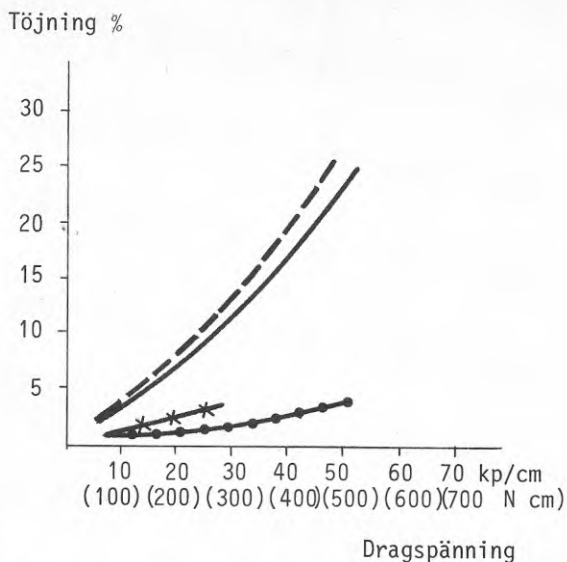


FIG 14. Spännings-töjningsdiagram för sammansatta tätskikt, tvärriktning.

Vid en beräkning av töjningen i dels ett ytskikt av mineralfiber- och lumpapp, dels ett ytskikt av två lag polyesterpapp vid olika kombinationer av profilerad plåt och isolering, kan konstateras:

- o Töjningen i ytskiktet varierar mycket lite med olika isolerhöjd.
- o Lägre höjd och större plättjocklek för den profilerade plåten medför ökad töjning i ytskiktet.
- o Vid användning i kombination med i Sverige förekommande trapetsprofilerad plåt och då plåten utnyttjas optimalt momentmässigt beräknas den maximala spänningen resp. töjningen i ytskiktet uppgå till nedanstående värden.

Ytskikt	Min.fiber-+ lumpapp		2 lag polyesterpapp	
Isolering	Cellplast (20 kg/m ³)	Min.u11 (180 kg/m ³)	Cellplast (20 kg/m ³)	Min.u11 (180 kg/m ³)
Max.spänning N/cm	ca 70	ca 20	ca 25	ca 10
Max.töjning %	ca 0,5	ca 0,2	ca 0,7	ca 0,2

Dessa värden skall ställas i relation till brottvärdena:

Ytskikt:	Min.fiber-+ lumpapp	2 lag polyesterpapp
Brottspänning N/cm :	400	680
Brottöjning % :	3	20

För att verifiera beräkningsmodellen utfördes en försöksserie med trapetsprofilrad plåt av aluminium med profilhöjd 40 mm och tjocklek 0,6. På plåten klustrades isolering och tätskikt. Den fritt upplagda plåten belastades med en punktlast och töjningen i plåt och pappskikt mättes. Skillnaden mellan maximalt uppmätt och beräknad töjning i pappskiktet, då plåten belastas motsvarande tillåtet exceptionellt moment, framgår av nedanstående tabell:

Isoler-material	Isoler-tjocklek mm	Papptyp	Max. uppmätt töjning %	Beräknad töjning %
Cellplast	100	1	0,38	0,35
	300	1	0,15	0,18
	300	2	0,17	0,29
Mineralull	100	1	0,21	0,17
	300	1	0,06	0,10
	300	2	0,10	0,11

Papptyp 1: Mineralfiber - + lumpapp
2: 2 lag polyesterpapp

I [1] anges 0,4 % vara lämplig begränsning av stukningen i ett pappskikt och med ett antagande om linjär töjningsfördelning över tvärsnittet konstateras att kravet blir dimensionerande då isoleringen är tjockare än 1,6 gånger profilhöjden. Med i dag aktuella isolertjocklekar blir detta krav bestämmande för de flesta takkonstruktioner.

Töjningsfördelningen över tvärsnittet är emellertid inte linjär. Den tidigare omnämnda försöksserien, som omfattade såväl töjnings- som stukningsförsök visade att

vid lika belastning blir töjningen resp. stukningen i pappskiktet mindre vid tjockare isolering beroende på dels ökad styvhet hos konstruktionen genom samverkan mellan ingående material, dels icke linjär töjningsfördelning,

vid samma spänning i plåtprofilen, vilket också innebär ungefär samma krökningsradie för profilen, blir töjningen resp. stukningen i stort sett lika vid olika isolertjocklekar beroende på en icke linjär töjningsfördelning.

A andra sidan kunde vid stukningsförsöken konstateras att veckbildning i pappskiktet kunde uppstå vid mindre stukning än 0,4 %. Vid såväl mineral- + lumpapp som polyesterpapp kunde en svag veckning av pappen över skarvar mellan isolerskivor iaktas vid en stukning 0,25 - 0,30 %. Klart utbildade veck, även över inre delar av isolerskiorna, uppstod vid 0,40 - 0,70 % stukning. Någon skillnad mellan de två papptyperna vad gäller veckbildning kunde inte iaktas.

I bilaga 1 visas några karaktäristiska resultat från den utförda försöksserien. Spridningen i mätvärden för ytskiktets töjning var vid vissa försök stor beroende på mättekniska svårigheter men sannolikt också på konstruktionens heterogena karaktär. Detta tillsammans med försöksseriens begränsade omfattning - 18 försök - gör att resultaten måste tolkas med en viss försiktighet. Det syns dock rimligt att, vid samma isoleringstyp, töjningen resp. stukningen i pappskiktet i huvudsak bestäms av enbart plåtprofilens krökning oberoende av isoleringstjocklek.

I de utförda försöken har veckbildning påbörjats när aluminiumprofilens krökningsradie varit 90 - 110 m vid cellplastisolering och 60 - 80 m vid mineralullsisolering. Dessa gränser kan omformas till deformationskriterier. För en fritt upplagd profil gäller

$$\frac{1}{\varphi} = \frac{M}{EI} = \frac{qL^2}{8EI}$$

$$y = \frac{5}{384} \cdot \frac{qL^4}{EI}$$

Varav kan lösas

$$\frac{y}{L} = \frac{40L}{384\varphi} \quad \text{där}$$

φ = krökningsradie

L = spännvidd (m)

y = maximal nedböjning

För den provade aluminiumprofilen, vars spännvidd normalt är ca 2 m, innebär ovanstående att deformationsgränserna blir ca 1/500 vid cellplastisolering och ca 1/300 vid mineralullsisolering. Detta gäller för den sammansatta konstruktionen plåt, isolering och papp.

Att ange kriterier för den sammansatta konstruktionen är emellertid olämpligt bland annat på grund av svårigheten att teoretiskt bestämma konstruktionens styvhet. Bättre är då att bestämma vilken krökningsradie profilen skulle ha haft vid veckningstillfället utan samverkan med isolering och papp. Ur försökresultaten kan denna minsta krökningsradie uppskattas till ca 25 m, vilket skulle motsvaras av deformationsgränserna

$$\frac{y}{L} = \frac{1}{240} \cdot L \quad \text{för fritt upplagd profil}$$

$$\frac{y}{L} = \frac{1}{330} \cdot L \quad \text{för tvåfäلتsprofil}$$

För klena profiler vid små spännvidder kan dessa gränser bli dimensionerande.

Stukningsförsöken slutade med brott i klistringen mellan plåt och isolering. Brotten inleddes med knäppningar när isoleringen började släppa från plåten. Detta inträffade då plåtens krökningsradie minskat till ca 20 m vid cellplastisolering och ca 30 m vid mineralullsisolering.

Försöksserien har utförts vid rumstemperatur, och det är givetvis av intresse att ta reda på hur giltiga resultaten är under verkliga förhållanden, i första hand vid låg temperatur.

P I Sandberg redovisar i sin rapport Tätskikt [2] hur brottöjning och brottspänning för ett antal olika tätskikt varierar med temperaturen. Brottöjningen sjunker i flera fall snabbt vid låga temperaturer men underskrider inte i något fall 2 % vid -20°C .

Materialen med polyesterstomme bibehåller i stort sett sin höga brottöjning även vid låga temperaturer, vilket framgår av FIG 15 (ur ICOPALS Handbok Tak och tätskikt).

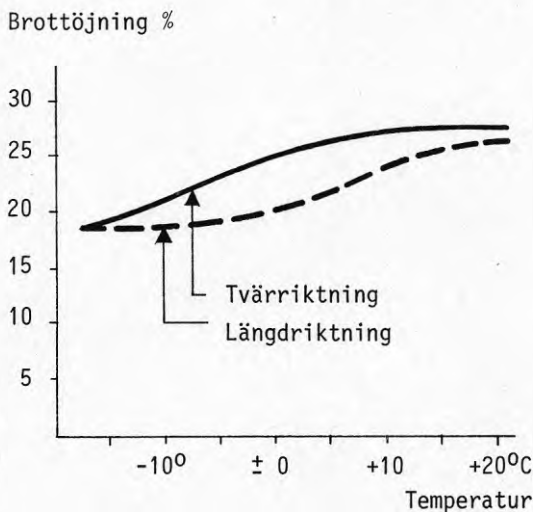


FIG 15. Brottöjningen som funktion av temperaturen för tätskikt YAPv 2700/90 + SAPf 1800/250.

Den ur temperatur- och deformationssynpunkt sannolikt mest känsliga detaljen i ett isolerat plåttak är klistringen mellan plåt och isolering, kanske speciellt över ändöverlapp där en vinkeländring mellan plåtarna uppstår. I den färdiga och uppvärmda byggnaden har detta skikt rumstemperatur, men under byggnadsskedet kan låga temperaturer i vissa fall förekomma. Skador i form av brott mellan plåt och isolering är dock sällsynta och arbetsutförandet är säkert minst lika betydelsefullt för takets hållfasthetsegenskaper som smärre differenser i styvhet. Problemet kan även undvikas genom mekanisk infästning av isoleringen.

3.6 Deformationers inverkan på kompletteringsdetaljer

Den profilerade plåten har sitt största användningsområde i tak och väggar till industri- och lagerbyggnader. Kompletteringsdetaljerna i dessa konstruktioner är i allmänhet få - ventilationsutrustning och rökluckor i tak, låga fönsterband och portar i väggar - och är antingen okänsliga för deformationer eller kräver speciella förstävningar som t.ex. portomfattningar.

För kontorshus, skolor, affärshus m.m. kan dock fasadens deformationer behöva begränsas med hänsyn till risken för otäthet och sprickor i fönsterrutor. Hedlund-Neyman lämnar i "Funktionsbetingade utböjningskrav hos icke-bärande ytterväggar" [1] följande rekommendationer för maximalt tillåten deformation vid vindlast beräknad med formfaktor $\mu = 1,2$:

Utfackningsväggar med liten spännvidd	L/200
Högvärdig fasad	L/250
Fasaddel innehållande isolerglasrutor	L/300
Fasaddel innehållande värmeabsorberande glas	L/500

I de båda sista fallen måste dock glastillverkarens eventuellt avvikande krav beaktas.

3.7 Utseende

Även rätt små avvikelser i lutning eller rätlinjighet kan uppfattas av det mänskliga ögat om det finns tillgång till referenslinjer. Större deformationer, som nedböjningar i tak av snölast eller rörelser i väggar av vindlast, kan ge intryck av otillräcklig bärförmåga.

I Kärrholm-Dubinski: "Funktionsbetingade deformationskrav" [8] diskuteras visuella effekter av deformationer i olika byggnadsdelar och beträffande ytterväggar konstateras att dessas rörelser under snabba variationer i vindtrycket väcker sådant obehag att jämförelsevis hårda restriktioner blir nödvändiga. I [7] anges som 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.

För övrigt saknas i stort sett uppgifter om lämpliga visuella deformationsgränser. Dock har man i England i en rekommendation från Institution of Structural Engineers infört restriktion L/250 för den totala utböjningen för visuellt betydelsefulla byggnadsdelar.

En grov indelning av deformationsgränser med avseende på fysiologiska effekter kan förslagsvis göras enligt nedan. Man måste emellertid också ha med i bilden att deformationens absoluta belopp i många fall spelar den största rollen, vilket motiverar strängare krav vid större spännvidder.

DEFORMATIONSGRÄNSFYSIOLOGISK EFFEKT

L/250 - L/300	_____	kan iakttagas
L/150 - L/200	_____	kan upplevas störande
L/60 - L/100	_____	kan skapa oro betr. bärförmåga

4. SLUTSATSER

4.1 Nuvarande deformationsbegränsningar

I 3.1 har redovisats svenska bestämmelser och svensk praxis vad gäller deformationsbegränsningar för tak och väggar av profilerad plåt. Bakgrunden till dessa gränser är diffus, det enda motiv som har framkommit är antagandet om att skadlig istjocklek för papp-täckta tak skulle vara 30 mm.

Detta förefaller vara ett antagande med säkerhetsmarginal. Om man antar att en spricka går igenom ett islager enligt FIG 16, att isens E-modul är 1500 MPa och dess längdutvidgningskoefficient $50 \cdot 10^{-6}$, blir den kritiska istjockleken vid ett temperaturfall på 20°C för mineralfiber- + lumppapp 110 mm och för 2 lag polyesterpapp 180 mm. Med kritisk istjocklek avses den istjocklek som orsakar brottspänning i pappskiktet.

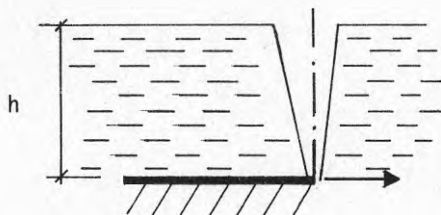


FIG 16. Kontraktionsspricka i islager orsakar dragspänningar i pappskikt.

Vid beräkning av den kritiska istjockleken har bortsetts från töjningen i pappskiktet, vilket påverkat resultatet ogynnsamt. Å andra sidan uppstår koncentrerade vidhäftnings- och dragspänningar mellan is, papp och underlag vid botten på sprickan, och det kan därför inte helt bortses ifrån att skador kan uppstå även vid lägre istjocklekar. Det är också tänkbart att skador kan uppstå i samband med frysning.

Oavsett vilken istjocklek som skall betraktas som kritisk, förefaller det dock en aning missriktad att låta denna utgöra kriterium för tillåten nedböjning. Istället kan krav ställas på tätskiktet: hög brotttöjning vid låg temperatur, dålig vidhäftning mot is, men framför allt på takets avvattning: taklutning, placering och utformning av brunnar. Problemet finns behandlat i [11].

Vid plana tak har emellertid en begränsning av den maximala istjockleken en viss relevans. Brunnar skall vara placerade i fältmitt, men avvattningen kan sättas ur spel genom igensatta avlopp. Av intresse i sammanhanget är att se vilken minsta styvhet som krävs på det plana taket för att förhindra vattenackumulation. För en fritt upplagd plåt illustreras förhållandet av FIG 17.

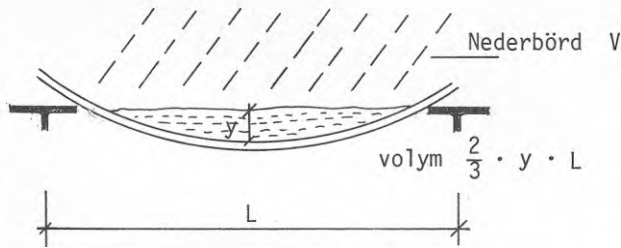


FIG 17. Vattenackumulation på grund av t.ex. igensatt takbrunn.

Den inom fältet fallande nederbörden

$$Q = \gamma \cdot V \text{ ger plåten en nedböjning}$$

$$y = \frac{Q L^3}{63EI} \text{ där } EI \text{ är plåtens böjstyvhet.}$$

I den nedböjda plåten ryms volymen $\frac{2}{3} \cdot y \cdot L$.

Denna volym måste vara mindre än volymen av nederbörden för att denna skall rinna över till fält med fungerande avlopp, d.v.s.

$$\frac{2 \cdot Q \cdot L^4}{3 \cdot 63EI} < \frac{1}{\gamma} Q$$

För en viss plåt kan den maximala spännvidden bestämmas genom

$$L < 0,10 \sqrt[4]{EI} \text{ med}$$

L uttryckt i |m| (spännvidd)

E uttryckt i |MPa| (elasticitetsmodul)

I uttryckt i $\left| \frac{\text{cm}^4}{\text{m}} \right|$ (tröghetsmoment)

Vid en granskning av de på den svenska marknaden förekommande trapetsprofilerade stål- och aluminiumplåtarna framgår att bärformågan m.h.t. tillåtet moment utgör en snävare gräns för spännvidden än ovanstående krav. Endast vid de styvaste stålprofilerna skulle teoretiskt vattenackumulation kunna uppstå, men först vid spännvidder som överskrider de normalt förekommande. För snözon E skulle exempelvis kravet motsvaras av en nedböjningsbegränsning $L/67$ för en 110 mm hög profil med plåttjocklek 1,1 mm och $L/87$ för en 200 mm hög profil med plåttjocklek 1,5 mm.

De utländska deformationsbegränsningarna är ofta, vilket framgår av 3.2, strängare än de svenska och en tendens till skärpning av kraven kan skönjas. I några fall uppges gränserna baserade på vissa konstruktiva betingelser, men några specificerade kriterier redovisas inte och flertalet av de tillfrågade anser deformationsgränserna vara av empirisk och subjektiv natur.

Någon skaderedovisning som skulle kunna motivera den skärpning av deformationsgränsen för isolerade tak som noterats för vissa länder föreligger inte, men på västtyskt håll anses rörelser i taket kunna orsaka skador i tätskiktet och isoleringens limskikt. Detta antagande motsägs i viss mån av svenska erfarenheter.

Stormskadeundersökningar av Holmberg [9] och Johansson [10] visade att skadorna till övervägande del berodde på otillräcklig hållfasthet i isoleringsmaterialet eller på att klistringen ej blivit riktigt utförd.

Sandberg [2] har kartlagt skador på tätskikt av asfaltpapp och funnit släppor i överlägg vara den mest frekventa skadetyper. Förutom problemen med släppor i överläggen, som Sandberg anser förmodligen mest vara en fråga om arbetsutförande, är skadorna i samband med anslutning till olika takdetaljer dominerande.

Sammanfattningsvis kan konstateras:

Vid denna utredning har inte framkommit några specificerade kriterier som grund för svenska eller utländska deformationsbegränsningar.

De utländska kraven är ofta strängare än de svenska och en tendens till ytterligare skärpning av kraven kan skönjas.

Erfarenheterna av svenska bestämmelser och svensk praxis ger inte anledning till någon skärpning av nuvarande gränser.

4.2 Funktionsbetingade deformationsbegränsningar

I avsnitten 3.3 - 3.7 har funktionella effekter av deformationer visats.

Man kan konstatera att en avsevärd reduktion av nedböjningen kan erhållas genom kontinuitet i ändöverlapp. Effekten är mest påtaglig vid fritt upplagda plåtar och för klens plåtprofiler, en kombination som knappast är aktuell i praktiken. Även för flerfältsplåtar är emellertid reduktionen av sådan storlek att den är av intresse, speciellt vid de klens profilerna där hög kontinuitetsgrad uppnås redan vid måttliga överlappslängder (se FIG 2 och 5).

De höga och styva plåtprofilerna fordrar längre överlapp, minst ca 400 mm, för att kontinuitetsgraden skall bli av betydelse, men används å andra sidan som en- och tvåfältsplåtar för vilka nedböjningen påverkas mest.

Det kan finnas anledning till observans av krafterna i ändöverlappets fästdon. FIG 4 och 7 visar skruvkrafter vid varierande överlappslängd för några plåtprofiler vid nuvarande deformationsgränser för isolerade tak. För samtliga profiler är skruvkraften lägre än den tillåtna och för de lägre profilerna gäller detta även när spännvidden ökas. Vid högre och styvare profiler kan däremot den tillåtna skruvkraften överskridas, vilket framgår av exemplet i FIG 10. För den visade profilen TRP 110/1,1 är tillåtna dragkraft i skruv 4000 N eller lägre beroende på skruvtyp och underlagets tjocklek och materialkvalitet. Det är, som synes

i FIG 10, nödvändigt att begränsa antingen upplagsbredden resp. överlappslängden eller spännvidden.

Med en deformationsbegränsning ca $L/150$ kan även vid ca 100 mm höga profiler överlappslängden väljas fritt vid i huvudsak vilande belastning. Är däremot vindlast dimensionerande måste strängare krav ställas med hänsyn till risken för utmattning i förbandet. Det bör observeras att med normal utformning av ändöverlapp föreligger kontinuitet endast vid belastning mot byggnaden.

För oisolerade tak och tak täckta med profilerad plåt måste vinkeländringen begränsas för att inte bakfall och därmed risk för kvarstående vatten skall uppstå.

En begränsning av vinkeländringen kan uttryckas som en deformationsbegränsning av formen y/L . För taklutning 1:16 (f.n. endast aktuell vid Plannjas taksystem TOP 7) blir denna begränsning $1/110$ och för taklutning 1:10 blir begränsningen $1/50$.

För ovanstående konstruktioner liksom för fasadplåt kan den maximala spalten mellan över- och underplåt i ändöverlapp behöva begränsas. Spaltstorleken diskuteras i 3.5, men något generellt gränsvärde har inte kunnat fastställas. Med den i dag använda deformationsbegränsningen $L/90$ blir spalten maximalt ca 10 mm vid 100 mm höga stål- och aluminiumprofiler med fästdon i varje profilbotten, vilket torde vara ett acceptabelt värde. Vid lägre profilhöjder minskar den maximala spaltöppningen.

Spalten eller nivåskillnaden mellan över- och underplåt är också av betydelse vid det isolerade taket, där en rörelse i ändöverlappet kan medföra att en till plåten klistrad isolering släpper lokalt. Vid försök med ändöverlapp |1| har konstaterats att lokala brott i klistringen mellan plåt och isolering, av såväl cellplast som mineralull, inträffar redan vid de vinkeländringar i överlappet som erhålls med i dag aktuella nedböjningsbegränsningar.

Det är däremot inte känt vilken inverkan dessa lokala brott har på hållfastheten, men som tidigare nämnts är skadetyper sällsynt. Sannolikt är risken störst vid styv isolering, d.v.s. mineralull med hög densitet och cellplast. Isolering med cellplast på plåttak förekommer i dag mycket sparsamt i Sverige. Den totala isolertjockleken är vidare oftast så stor att isoleringen delas upp i två lager, en skiva med lägre volymvikt närmast plåten, vilken borde vara gynnsamt med hänsyn till brott i klistringen, och ovanpå denna en styvare takskiva. Vid isolerade tak där nedböjningarna förväntas överskrida de i dag rekommenderade gränserna och vinkeländringarna i ändöverlapp befaras bli stora bör klistringen mellan plåt och isolering ersättas eller kompletteras med mekanisk infästning.

Det isolerade plåttakets övriga befarade problem orsakade av deformationer berör huvudsakligen tätskikt av asfaltpapp. Egna beräkningar och försök samt försök redovisade i |1| visar att risken för sprickor p.g.a. töjning i pappskiktet är minimal. Enligt Johansson |3| har sprickor i pappskikt orsakade av krympning och temperaturrörelser i cellplastisolering förekommit, och möjligen skulle risken för dessa sprickor accentueras vid ökande deformation. Problemet är emellertid i första hand material- och inte deformationsbetingat.

Sprickor i tätskiktet orsakade av is har diskuterats i 4.1.

Vid tryckspänningar i pappskiktet kan stukning och veckning inträffa. Enligt vad som visats i 3.5 kan ungefärliga gränsvärden för påbörjan till veckning uttryckas som

$$\frac{y}{L} \leq \frac{1}{240} \cdot L \quad \text{för fritt upplagd profil}$$

$$\frac{y}{L} \leq \frac{1}{330} \cdot L \quad \text{för tvåfältsprofil}$$

(L i m)

Dessa gränser kan bli dimensionerande för klena profiler vid små spännvidder.

Kompletteringsdetaljer och anslutande konstruktioner kan i vissa fall kräva deformationsbegränsningar av tak eller väggar. För den profilerade plåtens största användningsområde, tak och väggar till industri- och lagerbyggnader, föreligger dock normalt inte några sådana krav och några generella gränsvärden kan inte anges. För vissa andra fasader refereras utböjningskrav i 3.6.

Deformationsbegränsningar är i många fall motiverade ur estetisk synpunkt och stora deformationer kan även ge intryck av otillräcklig bärförmåga. Ett förslag till kvalitativ indelning av deformationsgränser med hänsyn till fysiologiska effekter lämnas i 3.7.

En näraliggande, ur arbetarskyddssynpunkt intressant, frågeställning är hur takplåtens deformation upplevs vid beträdande och som underlag för t.ex. isolerings- och taktäckningsarbete. För att bedöma detta finns fastställd en provningsstandard (SIS 27 11 13) enligt vilken gåbarhet och punktlastupptagande förmåga provas för att ge besked om plåtens beteende vid en viss spännvidd. Plåten belastas härvid med en personlast 1 kN och får efter avlastning inte uppvisa kvarstående bucklor eller kvarstående nedböjning överstigande 3 mm. Tillverkaren skall lämna uppgift om för vilken maximal spännvidd plåten är att anse som gåbar.

Vid en summering av de ovan redovisade funktionsbetingade deformationskraven finner man att plåtens bärförmåga i många fall begränsas enbart med hänsyn till materialhållfastheten. Detta får dock inte tolkas som stöd för ett okritiskt avskaffande av de i dag tillämpade deformationsgränserna av två skäl.

För det första kan inte utredningen göra anspråk på att fullständigt ha klarlagt deformationernas inverkan. Vissa problem, exempelvis tätskiktets anslutning vid brunnar, genomförningar etc., har inte studerats. Ej heller har kombinerade påkänningar av krympning, temperaturvariationer och deformation behandlats. För det andra har behandlingen av vissa problem rent teoretisk karaktär.

Med ovanstående reservation visar dock utredningen möjligheten att vid många byggnadsobjekt ställa lägre deformationskrav än vad som i dag är praxis. Vid den konstruktiva utformningen av dessa objekt, materialval etc., är det nödvändigt att ta hänsyn till de effekter som ökade deformationer medför. I första hand bör några pilotobjekt uppföras, där dessa effekter studeras och praktiska erfarenheter inhämtas.

SAMMANFATTNING

I Sverige förbrukas årligen ca 20 milj. m² profilerad stål- och aluminiumplåt för användning i tak och väggar.

Stor omsorg har under de senaste 15 åren ägnats åt att utveckla en adekvat beräkningsmetodik samt att optimera profiler med avseende på materialhållfasthet, bärförmåga och utförandeteknik. Däremot saknas en rationell plattform för bedömning av deformationers betydelse med hänsyn till takets eller väggens hållfasthetsmässiga, klimatskyddande eller estetiska funktion.

Syftet med denna rapport är dels att redovisa svenska och utländska bestämmelser och rekommendationer samt bakgrunden till dessa, dels att klarlägga de faktorer som kan påfordra deformationsbegränsningar.

Nuvarande deformationsbegränsningar

De svenska plåttillverkarna anger tillåtna deformationer av egenvikt och snö- resp. vindlast till för

isolerade papptäckta tak

vid $L \leq 4,5$ m	L/150
vid $4,5 \text{ m} < L < 6$ m	30 mm
vid $L \geq 6$ m	L/200

isolerade bandtäckta tak	L/150
isolerade dubbla plåttak	L/90
oisolerade tak	L/90
väggar utan speciella krav	L/90
väggar m höga krav på utseende	L/150

Vindlasten skall härvid divideras med 1,2 för att på så sätt motsvara vanligt lastfall.

Begränsningen L/90 infördes i början av 50-talet efter förebild från England. L/200 för papptäckta tak lär ha sin bakgrund i ett antagande att vid ett 30 mm tjockt isskikt skulle sprickor i isen kunna orsaka sprickor i tätskiktet. Den maximala spännvidden för takplåt uppskattades då till ca 6 m. Oavsett riktigheten i detta antagande bör det dock inte ge anledning till deformationsbegrän-

sande krav. Risken för sprickor på grund av isbildning skall istället beaktas genom krav på tätskiktet och takets avvattning.

De utländska deformationsbegränsningarna är i många fall strängare än de svenska och en tendens till skärpning av kraven kan skönjas. Så används till exempel i Holland, Frankrike och Västtyskland allt oftare begränsningen L/300 för isolerade tak och i ett västtyskt normförslag har också denna gräns införts. Anledningen uppges vara krav från bland annat taktäckningsfirmor, som sedan länge velat ha ett styvare tak, då skador i tätskikt och isoleringens limskikt anses bero på rörelser i taket orsakade av vindlast.

Någon skaderedovisning som skulle kunna motivera denna skärpning av kraven föreligger dock inte. Stormskadeundersökningar utförda i Sverige pekar i stället på otillräcklig hållfasthet i isolermaterialet och felaktigt utförd klistring som orsak till skador av detta slag.

Erfarenheterna av svenska bestämmelser och svensk praxis ger inte anledning till någon skärpning av nuvarande deformationsgränser.

Funktionsbetingade deformationsbegränsningar

Som regel utförs ändskarvar mellan plåtar med små överlapp och fungerar som leder. Med förlängda ändöverlapp kan hög kontinuitetsgrad och därmed väsentlig reduktion av deformationerna erhållas. Effekten är mest påtaglig vid fritt upplagda plåtar men även vid flerfältsplåtar är reduktionen av sådan storlek att den är av intresse, speciellt vid klina profiler där hög kontinuitetsgrad uppnås redan vid måttliga överlappslängder.

De höga och styva plåtprofilerna fordrar längre överlapp, minst ca 400 mm, för att kontinuitetsgraden skall bli av betydelse. Samtidigt ökar risken vid dessa profiler att

kraften i ändöverlappets fästdon blir otillåtet stor. Om den beräknade deformationen vid fri uppläggning begränsas till ca $L/150$ kan dock överlappets längd väljas fritt även för profiler med upp till ca 100 mm profilhöjd.

För oisolerade tak och tak täckta med profilerad plåt måste vinkeländringen begränsas för att inte bakfall och därmed risk för kvarstående vatten skall uppstå. Denna begränsning av vinkeländring kan uttryckas som en deformationsgräns och blir, om hänsyn även tas till byggplats-toleranser, $L/110$ vid taklutning 1:16 och $L/50$ vid taklutning 1:10.

För ovanstående konstruktioner liksom för fasadplåt kan den maximala spalten mellan över- och underplåt i ändöverlappet behöva begränsas.

Något generellt gränsvärde för spaltstorleken har inte kunnat fastställas, men med den i dag använda deformationsbegränsningen $L/90$ blir spalten maximalt ca 10 mm vid 100 mm höga stål- eller aluminiumprofiler med ett fästdon i varje profiltotten, vilket torde vara ett acceptabelt värde. Vid lägre profilhöjder minskar den maximala spaltöppningen.

Rörelser i ändöverlapp kan medföra att en till plåten klistrad isolering släpper lokalt. Brott i limskiktet har visat sig uppträda redan vid de vinkeländringar i överlappet som uppstår med nuvarande deformationsbegränsningar. Det är däremot inte känt vilken inverkan dessa lokala brott har på hållfastheten. Vid isolerade tak där nedböjningarna förväntas överskrida de i dag rekommenderade gränserna och vinkeländringarna vid ändöverlapp befaras bli stora bör dock klistringen mellan plåt och isolering ersättas eller kompletteras med mekanisk infästning.

Det isolerade plåttakets övriga befarade problem orsakade av deformationer berör huvudsakligen tätskikt av asfaltapp. Beräkningar och försök visar att risken för sprickor p.g.a. töjning i pappskiktet är mycket liten, medan däremot stukning och veckning av pappen kan inträffa vid tryckspänningar i skiktet. Ungefärliga gränsvärden för påbörjan till veckning kan uttryckas som nedböjningsbegränsningen

$$\frac{y}{L} \leq \frac{1}{240} \cdot L \quad \text{för fritt upplagd plåt}$$

$$\frac{y}{L} \leq \frac{1}{330} \cdot L \quad \text{för tvåfältsplåt}$$

(L i m)

Dessa gränser kan bli dimensionerande för klena profiler vid små spännvidder.

Kompletteringsdetaljer i tak och väggar till industri- och lagerbyggnader är som regel tämligen okänsliga för deformationer. Vid kontorshus, skolor, affärshus m.m. kan däremot fasadens deformationer behöva begränsas med hänsyn till risken för otäthet och sprickor i fönsterrutor. Kraven varierar från $L/200$ för utfackningsväggar med liten spännvidd till $L/500$ för fasaddel innehållande värmeabsorberande glas.

Deformationsbegränsningar är i många fall motiverade av estetiska skäl och stora deformationer kan även ge intryck av otillräcklig bärförmåga. En grov indelning av deformationsgränser med avseende på fysiologiska effekter kan förslagsvis göras enligt nedan. Man måste emellertid också ha med i bilden att deformationens absoluta belopp ofta spelar den största rollen, vilket motiverar strängare krav vid större spännvidder.

DEFORMATIONSGRÄNS	FYSIOLOGISK EFFEKT
$L/250$ - $L/300$	kan iakttagas
$L/150$ - $L/200$	kan upplevas störande
$L/60$ - $L/100$	kan skapa oro betr. bärför- måga.

Ovanstående gäller tak, synliga från undersidan. För vindpåverkan av fasader synes inga sådana funktionella krav kunna ställas.

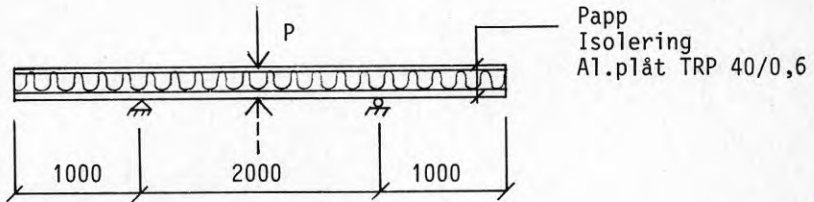
Resultatet av denna utredning visar möjligheten att vid många byggnadsobjekt ställa lägre deformationskrav än vad som i dag är praxis. Vid den konstruktiva utformningen av dessa objekt, materialval etc., är det dock nödvändigt att ta hänsyn till de effekter som ökade deformationer medför. I första hand bör några pilotobjekt uppföras, där dessa effekter studeras och praktiska erfarenheter inhämtas.

LITTERATURFÖRTECKNING

- |1| Andersson, G, Utvändigt isolerade plåttak, Deformationsbegränsande krav. Rapport 3, Inst. för Konstruktionslära, KTH, Stockholm, 1973.
- |2| Sandberg, P I, Tätskikt, Del 1. Rapport 79, Inst. för Byggnadsteknik, LTH, Lund, 1976.
- |3| Johansson, G, Utvändigt isolerade plåttak. Intern skrift S77:8, Inst. för Konstruktionsteknik, Stål- och Träbyggnad, CTH, Göteborg, 1977.
- |4| Andersson, T, Bergfors, A, Upplagstryckets inverkan på brottlasten hos trapetsprofilerad plåt. Intern skrift, Examensarbete vid Avd. för Stålbyggnad, KTH, Stockholm, 1973.
- |5| König, J, Belastningsförsök med skivor av trapetsprofilerad aluminiumplåt. Byggmästaren 9/1977.
- |6| Gullbrandson, B, Johansson, G, Fältundersökningar av utvändigt isolerade plåttak. Publ. S75:2, Inst. för Konstruktionsteknik, Stål- och Träbyggnad, CTH, Göteborg, 1975.
- |7| Hedlund, H, Neyman, B, Funktionsbetingade utböjningskrav hos icke-bärande ytterväggar, Statens Råd för Byggnadsforskning, Rapport R31:1977.
- |8| Kärrholm, G, Dubinski, M K, Funktionsbetingade deformationskrav. Rapport 1971:8, Inst. för Byggnadsteknik, Byggnadsakustik och Byggnadskonstruktion, CTH, Göteborg, 1971.
- |9| Holmberg, A, Stormskador på byggnader. Statens Råd för Byggnadsforskning, Rapport R29:1970.
- |10| Johansson, G, Stormskador i västra Sverige. Statens Råd för Byggnadsforskning, Rapport R33:1970.
- |11| Isbildning på tak. KBS-rapport nr 63, Byggnadsstyrelsen, 1970.

PROVNINGSPROGRAM

Provnigen utförd vid KTH, avd. för Stålbyggnad.

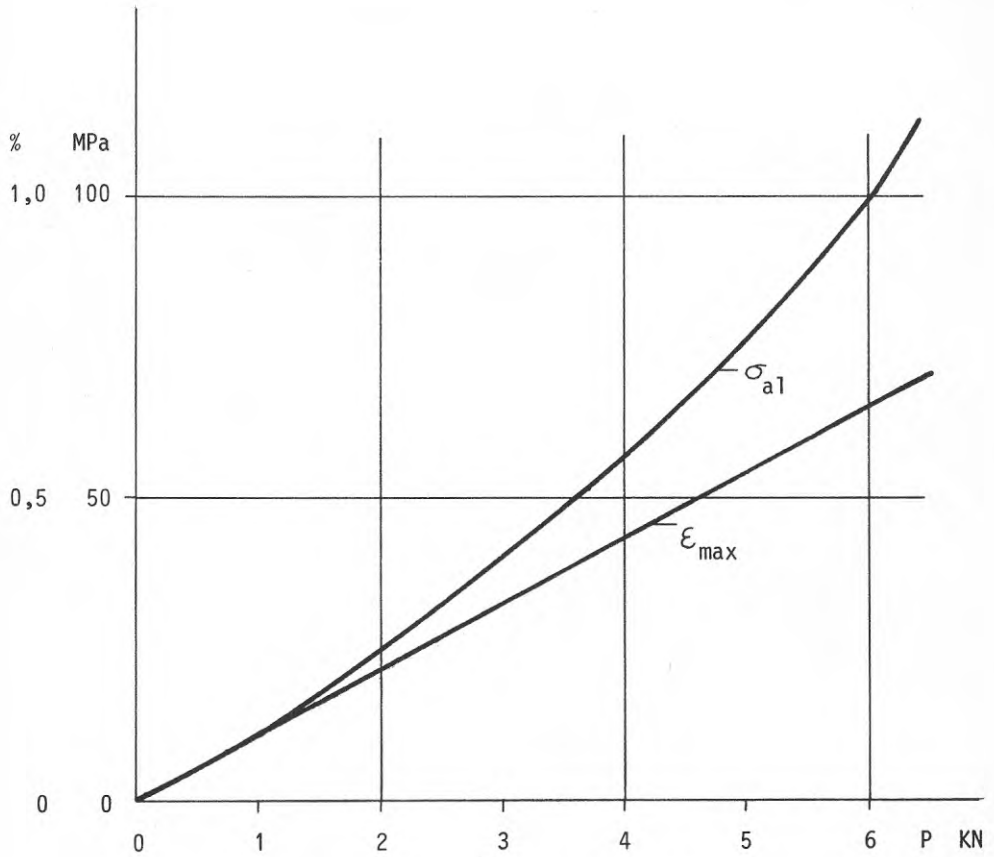


Isoler- material	Isoler- höjd mm	Papp- typ	Töjning Antal prov	Stukning Antal prov
Cellplast (20 kg/m ³)	100	1	1	1
	300	1	1	2
	300	2	2	2
Mineralull (180 kg/m ³)	100	1	1	1
	300	1	1	2
	300	2	2	2

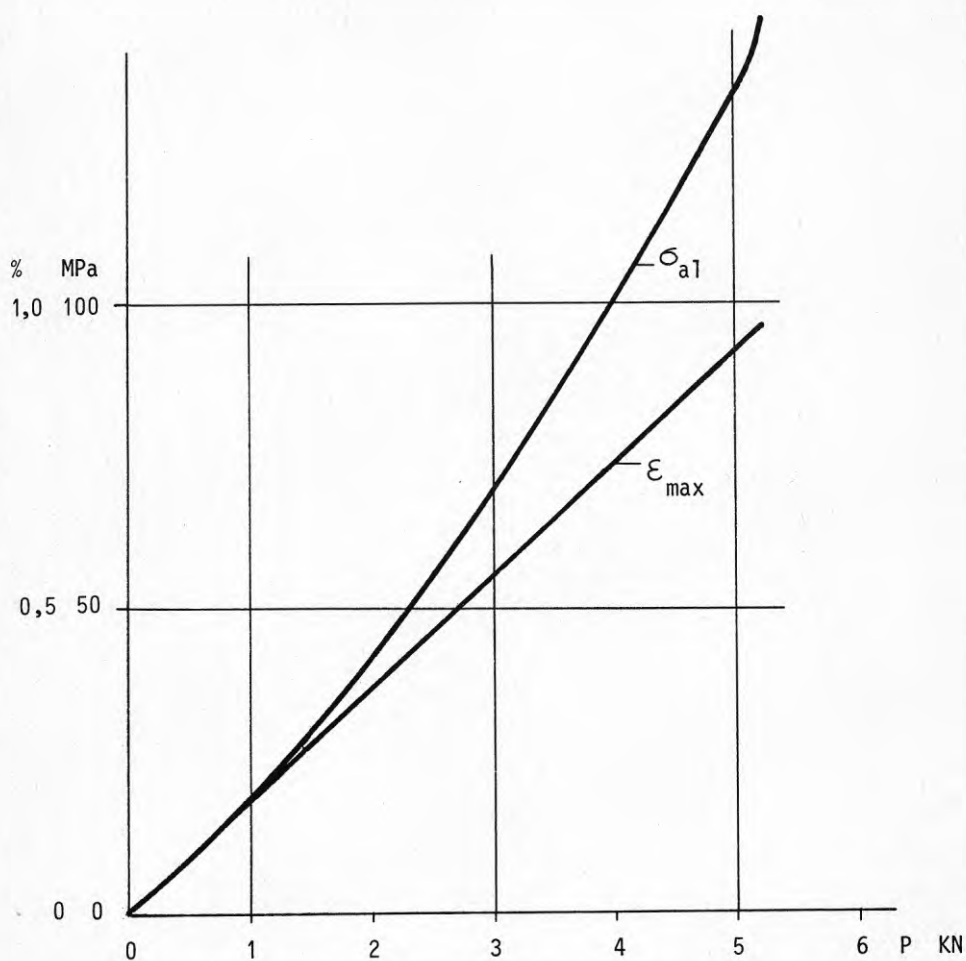
Totalt antal prov = 18

Papptyp 1: Mineralfiber + lumpapp (YAM 1200/50 + SAL 1800/600)

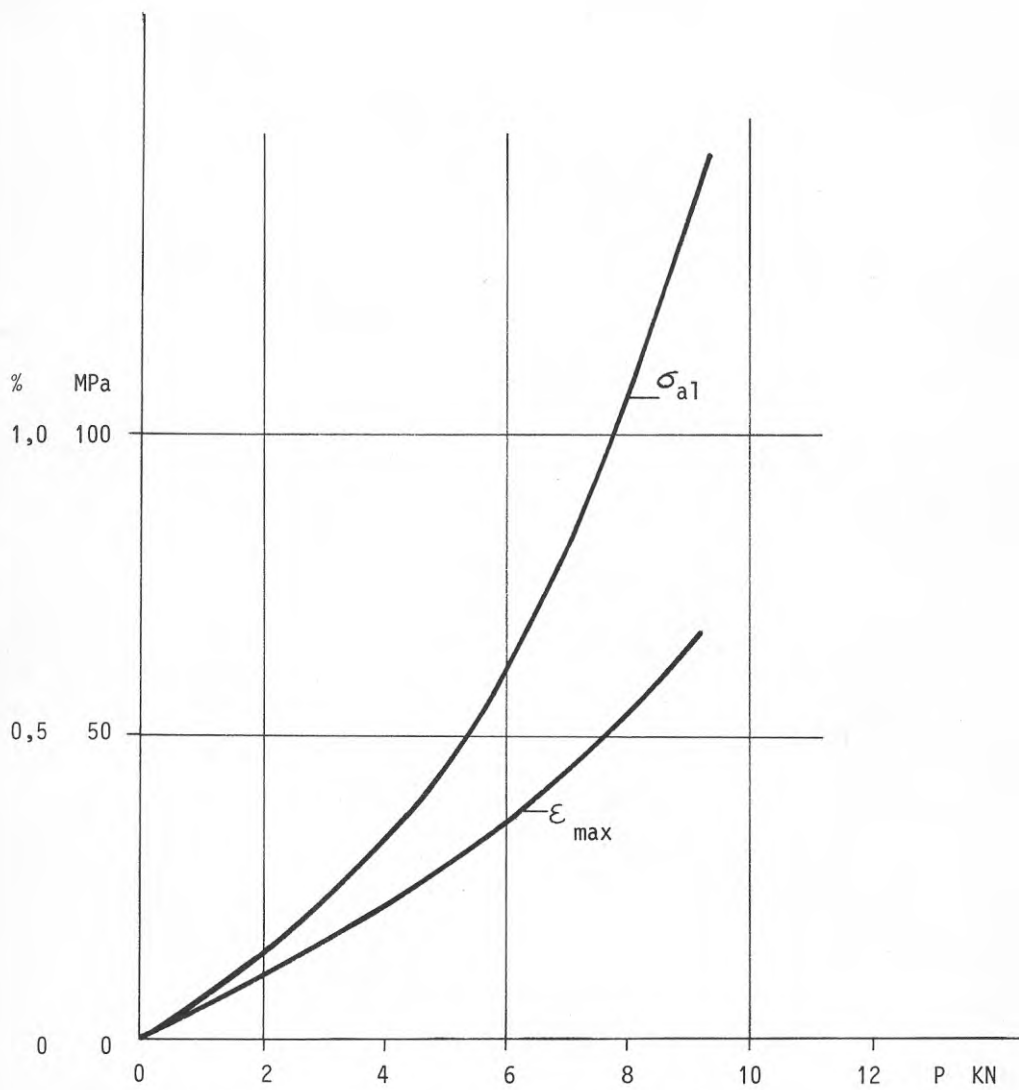
2: 2 lag polyesterapp (YAPv 2700/90 + SAPf 1800/250)



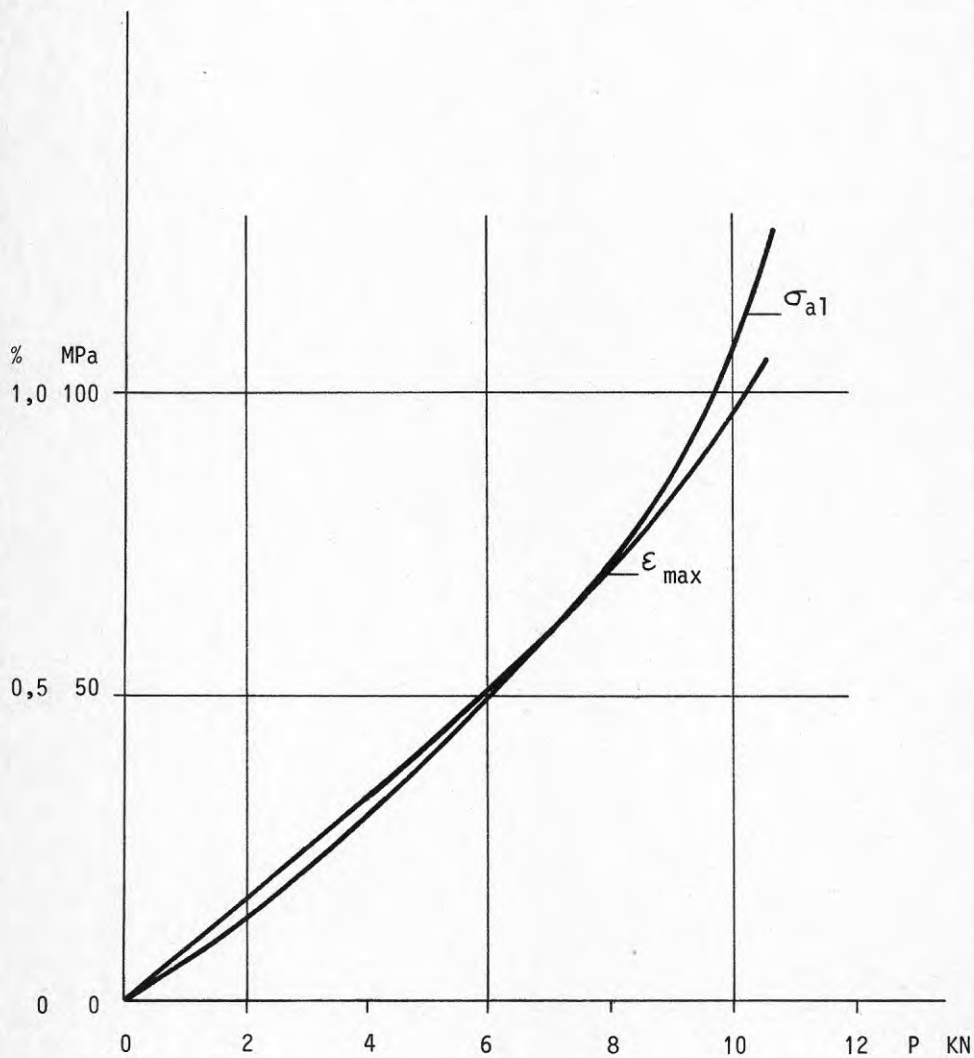
Max. töjning i papp ϵ_{max} och spänning i plåt σ_{a1} vid prov med
 mineralfiber- + lumppapp
 100 mm mineralull



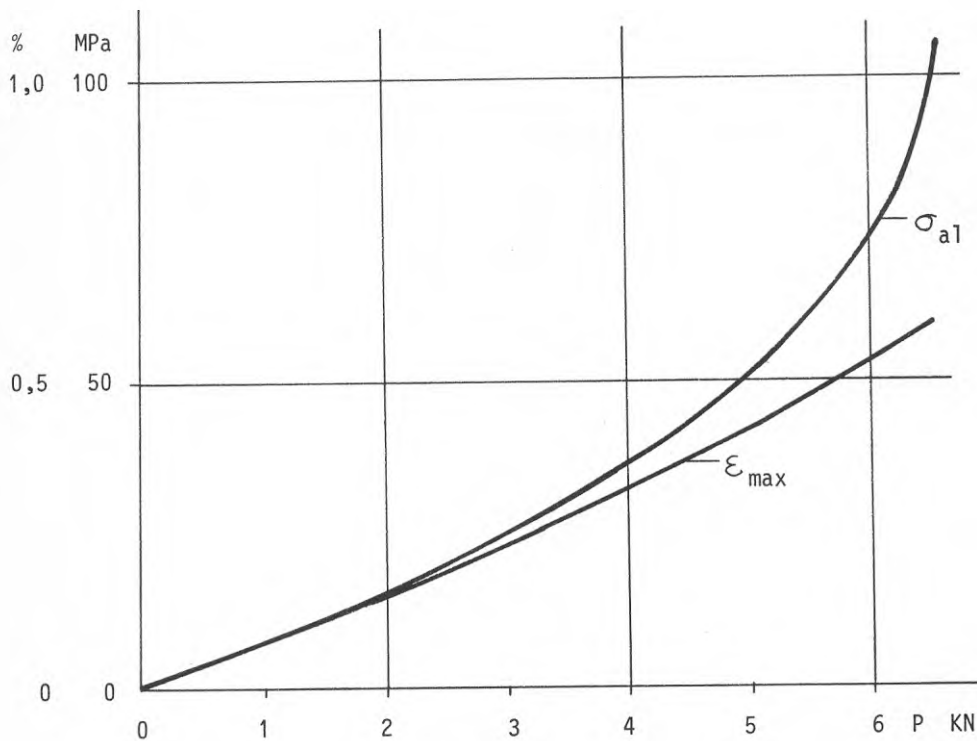
Max. töjning i papp ϵ_{max} och spänning i plåt σ_{a1} vid prov med
 mineralfiber- + lumppapp
 100 mm cellplast



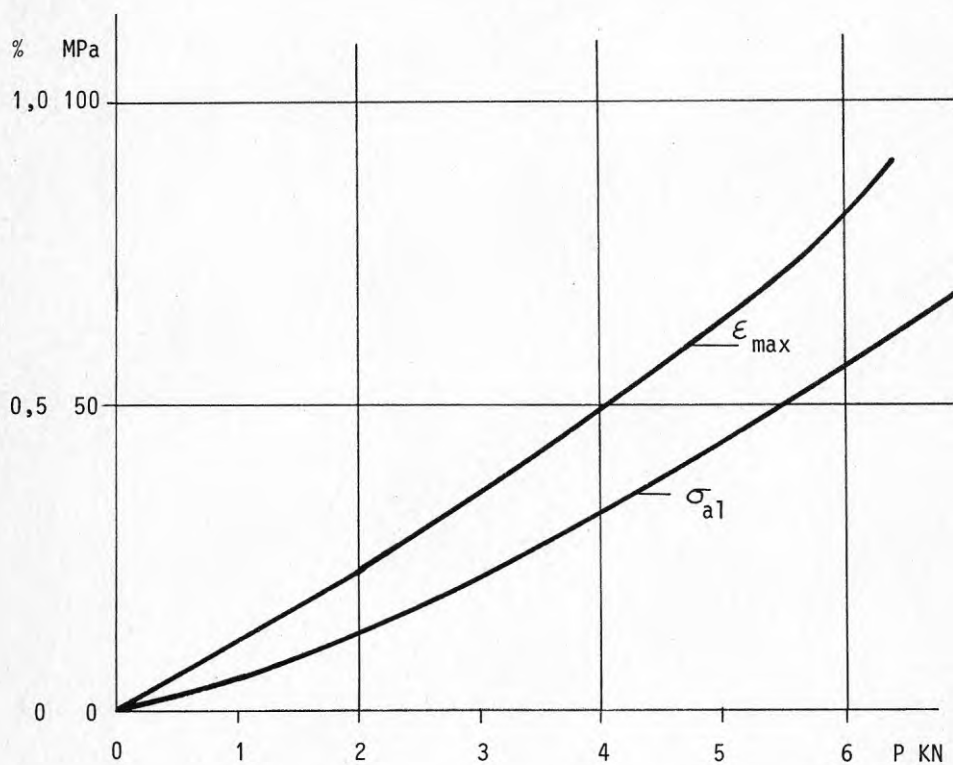
Max. töjning i papp ϵ_{max} och spänning i plåt σ_{a1} vid prov med
2 lag polyesterpapp
300 mm mineralull



Max. töjning i papp ϵ_{max} och spänning i plåt σ_{a1} vid prov med
 2 lag polyesterpapp
 300 mm cellplast



Max. stukning i papp ϵ_{max} och spänning i plåt σ_{a1} vid prov med
 mineralfiber- + lumpapp
 300 mm mineralull



Max stukning i papp ϵ_{\max} och spänning i plåt σ_{al} vid prov med
mineralfiber- + lumpapp
300 mm cellplast

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 770755-2 från
Statens råd för byggnadsforskning till Tekn.dr Arne Johnson
Ingenjörbyrå AB, Stockholm.**

R30:1979

ISBN 91-540-2981-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6600930

Abonnemangsgrupp:

Z. Konstruktioner o. material

Distribution:

**Svensk Byggtjänst, Box 1403
111 84 Stockholm**

Cirkapris: 20 kr exkl moms