

Sist-publ.
SBI-SÆRTRYK
206

UDK 69.059.22:551.556

Byggeindustrien nr. 6, 1970

Marius Johansen:
Stormskader på bygninger

STATENS
BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

I kommission hos Teknisk Forlag
København 1970



Stormskader på bygninger

Civilingeniør Marius Jobansen, SBI

Fig. 1. Luftfoto af boligblokke med let tag på betondæk. Vinden var vinkelret på den mest skadede blok. Spærenes fastgørelse svigtede. (Thorkild Balslev foto).



Stormskader på bygninger

*Civilingeniør Marius Johansen
Statens Byggeforskningsinstitut*

I efteråret 1969 anrettede en kraftig storm på ny en række bygningsskader – ikke mindst på tagkonstruktioner. Statens Byggeforskningsinstitut har undersøgt en del af disse skader og når til den konklusion, at der ikke er grund til at revidere normer og vejledning, men derimod at bede de projekterende om at følge dem noget nøjere end tilfældet er.

Stormen den 22. september forvoldte især mange bygningsskader i Nordjylland. For at undersøge om disse burde give anledning til revision af den gældende norm for fastsættelse af vindbelastninger, eller den i 1968 udsendte vejledning i SBI-særtryk 185, »Forankring af tage«, foretog SBI en besigtigelse af stormskader i Nordjylland og indhentede oplysninger om vindretninger og vindhastigheder. Som det fremgår af det følgende, så det ikke ud til, at der er grund til at skærpe normen eller revidere vejledningen. Derimod er der i høj grad grund til at opfordre både projekterende og udførende til at følge normer og vejledninger.

Vindhastigheder d. 22. september 1969

Flyvetjenestens kontinuerlige målinger i Ålborg og målinger hver tredje time på de meteorologiske stationer i Nordjylland viste vindhastigheder under de i vindbelastningsvejledningen forudsatte, undtagen i Skagen, hvor der kl. 10 målte ca. 10 pct. større vindhastighed end forudsat. Vindhastigheden kan have været noget større i perioden mellem de faste måletidspunkter kl. 7, 10, 13 o.s.v.

De almindeligste årsager til stormskader på bygninger

I det følgende redegøres for hovedindtrykket af de foretagne undersøgelser af bygningsskader i Nordjylland.

Tagdæknings fastgørelse

De fleste stormskader skete som sædvanligt på de traditionelle tage af tegl eller cementtagsten. Skaderne begrænses oftest til en eller nogle få afrevne tagsten ved gavlen i vindsiden eller nogle afrevne rygningsssten. Selv om de enkelte bygningsskader oftest er ringe, skulle antallet af skader og risikoen for mennesker være tilstrækkelig begrundelse for en bedre fastgørelse af tagsten.

Fastgørelsen af eternitbølgeplader svigter også i nogle tilfælde, hvor der kun er én skrue pr. plade. Det må derfor anbefales altid at anvende 2 skruer pr. plade ved ubeskyttet beliggenhed og ekstra skruer over udhæng.

Aluminiumbølgepladers fastgørelse med kamsøm 42/60 i hver tredje bølge-top ved ca. 1 m lægteafstand har beregningsmæssigt tiltrækkelig styrke også i randzonen i 3-4 etagers højde, forudsat at der ikke kan komme vindtryk på undersiden f. eks. over udhæng. Der blev da heller ikke observe-

ret nogen skader på grund af svigt i denne fastgørelse.

Taglægters fastgørelse

Det synes endnu at være almindeligt, at lægternes fastgørelse udføres af tømrerne på traditionel måde, og at der ikke foretages nogen beregning af den nødvendige styrke.

I fig. 2 er vist nogle nedblæste aluminiumbølgeplader på 2x2" lægter fra en firetagers bygning. Pladerne var fastgjort med kamsøm 42/60 i hver tredje bølgetop, og lægterne var fastgjort med 1 kvadratisk glat søm 38/100 pr. spær. Lægteafstanden var ca. 1,1 m og spærafstanden ca. 0,8 m. En beregning viste, at den nominelle styrke af lægternes fastgørelse i randzonen skulle være ca. 7 gange større, og på den øvrige del af taget ca. 3,5 gange større for at opfylde de nugældende normers sikkerhedskrav. Dvs. at fastgørelse af lægter for lette bølgeplader med stor lægteafstand ikke kan klares af et enkelt glat søm, som er almindeligt til fastgørelser af lægter for en tagdækning med lægteafstand på 25-35 cm. Men det må være den projekterendes opgave at foreskrive fastgørelsen.

Åses fastgørelse

Åsene har en lignende funktion som lægterne, men spændvidde og dimensioner er i reglen så store, at man også for at opfylde kravene i den gamle norm for trækonstruktioner, hvor der regnedes med 1/2 vindbelastning, måtte anvende beslag i stedet for søm til fastgørelsen. Fastgørelser beregnet efter den gamle norm opfylder dog sjældent den nye norms sikkerhedskrav. Fastgørelser udført før tillægget til belastningsforskrifterne udkom i 1956, er ofte slet ikke beregnet for sugning. Der er derfor grund til at efterse ældre åsekonstruktioners fastgørelser, især fastgørelserne ved gavle og tagskæg.

I fig. 3 er vist en del af et tagpap-tag på åse, hvor åsenes fastgørelse svigtede i begge tagflader. Åsene var fastgjort med vinkeljernsbeslag med en fransk skrue i ås og limtræramme. Efter de nugældende normer skulle fastgørelsens styrke være ca. 6 gange større i randzonen og ca. 2,5 gange større på den øvrige del af tagfladen. Bemærk i øvrigt den uheldige virkning

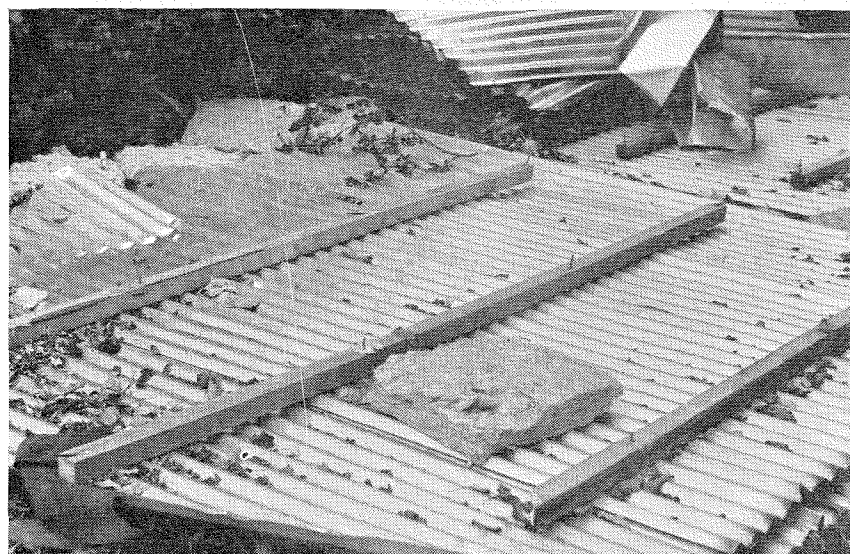


Fig. 2. Nedblæste tagflader af aluminiumbølgeplader på lægter. Forbindelsen mellem lægter og spær svigtede.

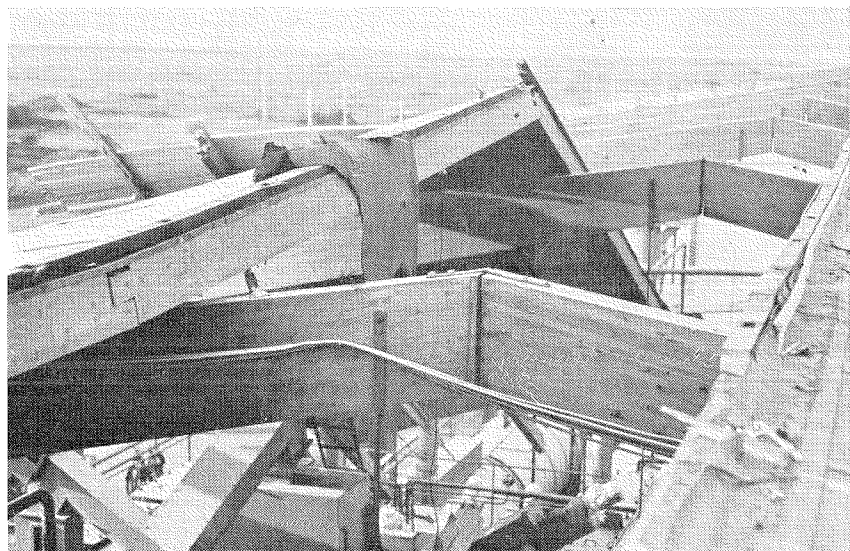


Fig. 3. Tagpap på åse, der er stødt i hvert fag og fastgjort med vinkeljern og franske skruer. Størstedelen af taget blæste af, da åsenes fastgørelse svigtede.

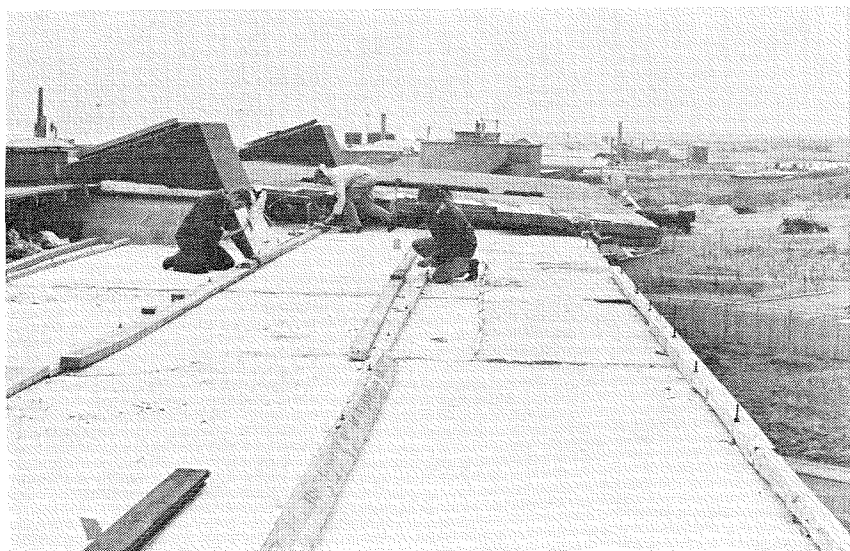


Fig. 4. Tagpaptag på betondæk. Vinden var parallel med bygningen. Størstedelen af taget blæste af. Spærenes fastgørelse svigtede.

af, at åsene er samlet et stykke fra understøtningen i hvert fag.

Spærs fastgørelse

Spærene bliver oftest fastgjort til remmene på traditionel måde med søm. I nogle tilfælde er det også tilstrækkeligt, f. eks. hvor spærene bærer både loft, isolering og en ikke for let tagdækning, og hvor taghældningen ikke er mindre end ca. 25°. Hvor spærene kun bærer en let tagdækning med lille hældning og er understøttet af remme med lille afstand, så egenvægtsreaktionen ved ydervæggen er lille, er det oftest nødvendigt at anvende sømbeslag eller lignende.

I fig. 4 er vist en del af et tagpap-tag over et betondæk, hvor spærene var fastgjort til yderremmen med 2 skråsøm 38/100 og 1 skråsøm 46/130 og fastgjort til de andre remme gennem lodrette tænger med 2 skråsøm 38/100 i hver rem.

Fastgørelsen ved yderremmen skulle efter de nugældende normer være ca. 7 gange stærkere og ved de øvrige remme ca. 2,5 gange stærkere.

Remmes fastgørelse

Remme på betondæk bliver oftest fastgjort med indstøbte bolte, placeret så de går gennem remmene. Ved rigtig udførelse giver indstøbte bolte en solid fastgørelse; men placeringen og indstøbningen bliver ofte udført skodesløst.

I fig. 5 er vist et eksempel, hvor flere bolte var placeret helt ved siden af remmen, så man for at kunne udnytte dem havde bøjet dem ind over remmens overside, hvor et par ombøjede søm så skulle fastholde bolteenderne. Et stykke af remmen, som var fastgjort med to ombøjede bolte, blev revet af under stormen. Begge bolte var knækkede, og den første i næste remlængde var ligeledes knækket, (se fig. 6) medens den anden var rettet noget ud og den tredje, som gik gennem remmen og var forsynet med møtrik, havde holdt (se fig. 5). Brudene i de knækkede bolte så ud til at være gamle, og det er ikke usandsynligt, at de er fremkommet straks ved ombøjningen.

Vægge, vinduer, porte o. l. i vindsiden

De foregående eksempler viser, at fastgørelserne skulle have været fra 2,5

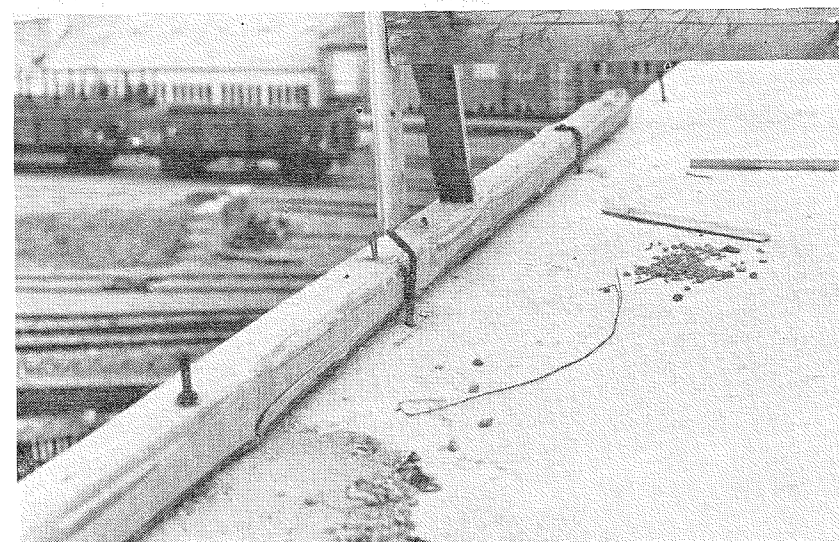


Fig. 5. Rem fastgjort til betondæk med uøjagtigt placerede bolte. Et stykke af remmen med 2 ombøjede bolte blev revet af.

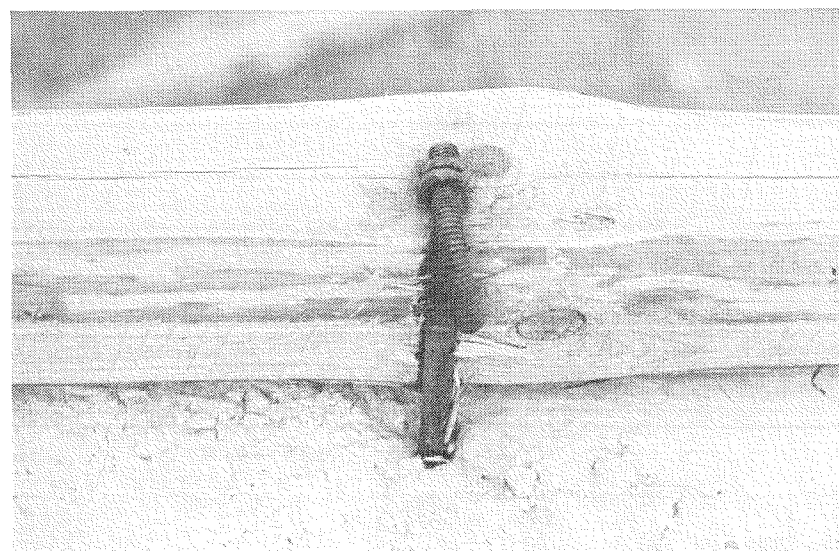


Fig. 6. Ombøjet bolt med brud, som så ud til at være gammelt.

til 7 gange stærkere for at have normal sikkerhed efter de nugældende normer. Ved beregningen af disse tal er det forudsat, at bygningerne var lukkede.

I nogle tilfælde vælter gavlen i vindsiden, hvilket kan ændre vindbelastningerne katastrofalt, især for den samlede tagkonstruktions forankring.

Det er vanskeligt at rekonstruere hændelsesforløbet ved stormskader, men der er grund til at være opmærksom på, at afrivning af tagsten eller plader i randzonen ved en gavl, hvor vindsuget er størst, kan fremkalde et indvendigt undertryk, som virker stabiliserende på den øvrige del af taget, men forøger vindbelastningen på gavlen i vindsiden. Hvis gavl, vinduer eller porte i vindsiden trykkes ind, er der stor fare for hele tagkonstruktionen,

medmindre væggen i læsiden også vælter.

Forholdene kan bedst belyses ved et eksempel. Forankringen af en 10 m fritbærende tagkonstruktion med lille hældning over en lukket bygning forudsættes påvirket af vindreaktion - egenvægtsreaktion = $320 - 60 \cdot 5 = 20$ kp/m. Forankringen dimensioneres for den nominelle belastning: $1,5 \cdot$ Vindreaktion - egenvægtsreaktion = $1,5 \cdot 320 - 300 = 480 - 300 = 180$ kp/m.

Hvis væg, vinduer eller porte i vindsiden trykkes ind, kan vindreaktionen på grund af det derved fremkaldte indvendige overtryk forøges fra 320 til $\frac{0,8 + 1,0}{0,8} \cdot 320 = 2,25 \cdot 320 = 720$ kp/m.

Forankringens belastning bliver 720

– 300 = 420 kp/m, altså 21 gange den forudsatte belastning, og 2,33 gange den beregnede nominelle belastning. For at opnå normal sikkerhed skulle forandringen dimensioneres for: $1,5 \cdot 720 = 300 = 780$ kp/m, altså $\frac{780}{180} = 4,3$ gange nominel belastning ved lukket bygning.

For en let tagdækning af f. eks. eternitbølgeplader, forudsættes fastgørelserne belastet med $64 - 20 = 44$ kp/m². Fastgørelserne dimensioneres for den nominelle belastning $1,5 \cdot 64 \div 20 = 76$ kp/m².

Hvis væggene i vindsiden trykkes ind, må fastgørelsernes belastning regnes forøget til

$$\frac{0,8 + 1,0}{0,8} \cdot 64 - 20 = 144$$

– 20 = 124 kp/m², altså 2,8 gange den forudsatte belastning, og 1,6 gange den beregnede nominelle belastning.

For at opnå normal sikkerhed skulle tagdækningens fastgørelse dimensioneres for: $1,5 \cdot 144 - 20 = 196$ kp/m², altså 2,6 gange den nominelle belastning ved lukket bygning. Hvis bygningen åbnes i vindsiden, bliver i dette eksempel den opadrettede vindbelastning 2,25 gange større, men da egen vægten er konstant virkende nedad, bliver belastningen på tagdækningens fastgørelser 2,8 gange større og belastningen på tagkonstruktionens forankringer 21 gange større.

Det grelleste tilfælde fås, hvis egen vægten er lig den nominelle opadrettede vindbelastning, og forankring derfor helt udelades.

Huse under opførelse

Huse under opførelse er ofte særligt udsatte for beskadigelser ved vindbelastninger. Frisk opmurede, uafstivede mure væltes let af en storm. Fig. 7 viser et eksempel.

Fig. 8 viser et hus fra samme byggelse. Taget var her færdigt, men der manglede endnu facadeelementer i vindsiden. Den opadrettede vindbelastning på taget har derfor været ca. dobbelt så stor som på de huse, der var lukkede. Taget blev her reddet ved nogle interimistiske forankringer og afstivninger. Men det er urimeligt farligt arbejde at sikre bygningen, når stormen først er begyndt. Det kostede



Fig. 7. Frisk opmuret, uafstivet murværk væltet af stormen.

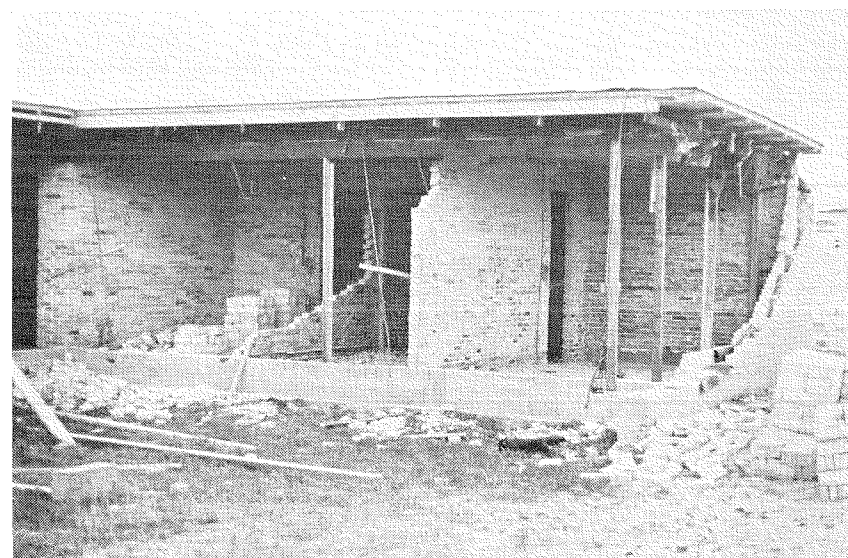


Fig. 8. Ødelæggelse af murværk i hus, som var åbent i vindsiden. Interimistiske forankringer reddede taget.

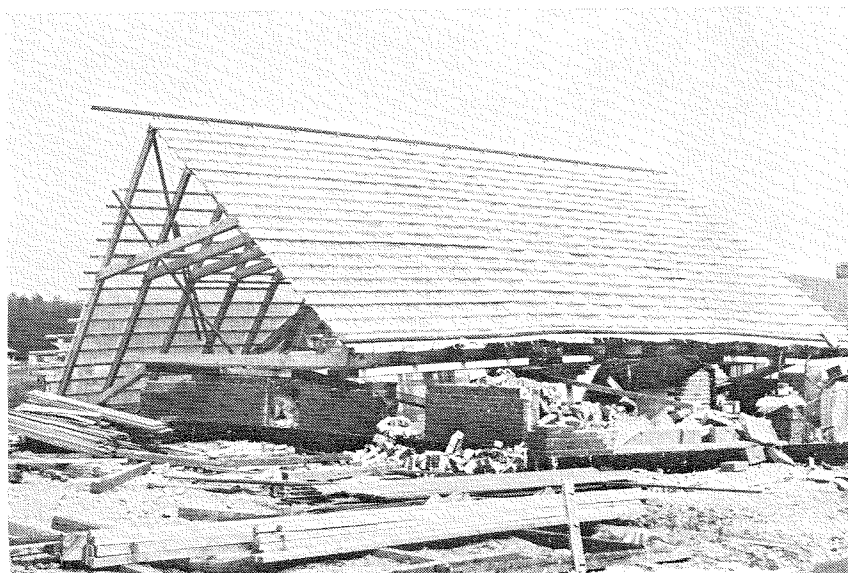


Fig. 9. Et hus under opførelse væltede i en kraftig blæst i 1968.

en tømrer livet et andet sted i Jylland.

Vindbelastninger på mure og høje tage kan kun optages, hvis de vindbelastede mure og taget har tilstrækkelig forbindelse med tværgående mure. Under opførelsen er mange huse temmelig ustabile. Fig. 9 viser et hus under opførelse i 1968. Murene væltede under en kraftig blæst, da der var lagt folie og lægter på taget.

Konklusion

Under stormen d. 22.9.69 har vindbelastningen formentlig i nogle tilfælde været noget større end den i belastningsforskrifterne forudsatte vindbelastning v , men dog næppe større end den ved beregninger benyttede nominelle vindbelastning $1,5 \cdot v$. Den nominelle styrke, som benyttes ved beregninger efter den nugældende norm for trækonstruktioner regnes som $\frac{1}{1,3}$

gange den karakteristiske styrke (karakteristisk styrke = middelstyrken – $1,7 \cdot$ spredningen). Konstruktioner, som er udført efter de nugældende normer skulle derfor kunne modstå noget mere end 1,5 gange den forudsatte vindbelastning. De hidtidige vindmålinger viser, at vindhastigheder større end forudsat forekommer så sjældent, at der ikke skulle være grund til at skærpe de nugældende regler for beregning af vindbelastninger eller at revidere SBI's vejledning om forankring af tage, SBI-særtryk 185.

Men ved de viste eksempler på stormskader skulle fastgørelserne have været fra 2,5 til 7 gange stærkere for at opfylde sikkerhedskravene i de nugældende normer DS 410 og DS 413. Da størstedelen af de eksisterende tage er udført, før de nugældende reviderede normer trådte i kraft, er det sandsynligt, at en stor del af de lette tage med lille hældning er udført med fastgørelser svarende til de viste eksempler eller endnu svagere.

Stormen i september viste endnu en gang, at der er grund til at foretage et eftersyn af tage med lille hældning og let tagdækning, som Boligministeriet opfordrede til i november 1968. Forsikringsoplysningen meddeler, at stormskaderne i 1967, 68 og 69 kostede ca. 150 mill. kroner svarende til ca. $7\frac{1}{2}$ års præmie.

Hovedindtrykket af SBI's undersøgelser er, at de projekterende og håndværkerne endnu er for lidt opmærksomme på vindbelastningens betydning, især for lette konstruktioner og tage med lille hældning, men også for bygninger med murede ydervægge med store vinduer eller porte og med få eller ingen afstivende skillevægge. Det overlades endnu i mange tilfælde til håndværkerne at udføre fastgørelser og forankringer på traditionel måde, og det kan næppe bebrejdes håndværkeren, når han, som f. eks. vist i fig. 2, til fastgørelse af lægter med 1 m afstand for et fladt aluminiumbølgetag anvender 4" søm, som traditionelt anvendes til lægter med 30 cm afstand for et tungt tegtag.

Det må være lige så selvfølgelig, at projektet materialet skal redegøre for forbindelserne mellem bygningsdelene, som for selve bygningsdelene.

Selv om fastgørelser og forankringer er nøje angivet i projektet materialet, er der desværre mange eksempler på farlige fejl ved udførelse, f. eks. indstøbes bolte ofte utilstrækkeligt eller unøjagtigt (se fig. 5), og franske skruer blive ofte slået i i stedet for skruet i.

Oftentimes kan sådanne fejl ikke ses, når de er udført. Det er derfor uhyre vigtigt, at der føres nøje kontrol under udførelsen, så fejlene kan afsløres, hvad enten de skyldes misforståelse eller skodesløshed.

Der er endvidere grund til at fremhæve, at hvis mure, store vinduer eller porte i vindsiden trykkes ind, kan der opstå et stort overtryk på tagets underside, hvilket især er katastrofalt for tagkonstruktionens forankringer. Det må derfor være en regel, at den bærende konstruktion, ydervægge, vinduer, porte og døre og disses forankringer skal have mindst lige så stor sikkerhed mod vindbelastning som tagdækningen. Indadgående porte og døre bør undgås på steder, der er ubeskyttet mod vind.

En vurdering af risikoen ved brud i de forskellige bygningsdele og deres fastgørelser vil vise, at der ud fra både økonomiske og sikkerhedsmæssige betragtninger i mange tilfælde bør ofres betydeligt mere på fastgørelser og forankringer, end det hidtil har været almindeligt.