

# Stormskader kan begrænses

Af civilingeniør Klaus Hansen, SBI

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

EX. 2  
- 6 JAN. 1993

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

00381 P

EX. 2  
14 JAN. 1983

Et nyt efterår og en ny vinter står for døren. Og det vil igen vise sig, at vinden vil få i tage, skorstene, havemure og bygninger under opførelse.

Stormen i november 1981 gav skader for godt ½ milliard kr. og viste, at bygninger opført efter gældende normer holdt. Men stormskaderne viste også, at forankringer

af tagbeklædninger ofte ikke udføres forsvarligt, samt at murede gavltrekanter og hegn ikke altid afstives over for vandret last.

Om skadesomfanget efter en endnu kraftigere storm kan der kun gisnes. Mange bygninger er ikke opført i henhold til nugældende normer, og mange bygninger er dårligt vedligeholdt.

»Et mareridt da den værste orkan i mands minde raserede i Thy« stod der hen over forsiden af Thisted Dagblad den 25. november 1981. Siden har stormen og omtalen lagt sig. Men det er nok værd, at opsummere nogle erfaringer fra denne og fra forudgående storme i 67, 68, 69 og 76, som også huserede i vore nabolande, se litteraturlisten.

Disse storme, som alle indelbar vindstyrker oppe i nærheden af vindnormens basisvindhastighed på 27 m/s, er en god prøve på bygningsbestandens evne til at optage vindbelastning. Erfaringer med bygninger i praktisk brug må fortsat indgå som et led i normarbejdet sammen med vindtunnelforsøg samt teoretiske og beregningsmæssige overvejelser.

## Skadeomfanget bør kunne nedbringes

Stormen i november 1981 medførte stormskader for godt 600 mill. kr. eller ca. 5% af den årlige bruttoinvestering i reparation og vedligeholdelse af bygninger. Skadesomfanget under de tidligere storme var af samme størrelsesorden — også i vore nabolande. England fik således

under stormen i januar 1976 skader for ca. 30 mill. pund og Sverige skader for ca. 130 mill. sv. kr. i 1969.

Et dansk forsikringselskab opgjorde skaderne efter novemberstormen til, at hvert 4. landbrug, hver 7. erhvervskunde og hver 13. hus- eller villaejer blev ramt af stormen. Fra England foreligger omfattende skadesoversigter, hvori stormskaderne rubriceres efter art, omfang, bygningstype og registreret vindhastighed, se (7).

Men et er skadernes absolutte



Figur 1. Sommerhuse opført af letbetonelementer med let 15° saddeltag. Tagene er ikke forankret til væggene. Stormen rev et tag helt af, hvorefter en dårligt afstivet gavlvæg tillige væltede. På godt halvdelen af de øvrige huse lettede og forskubbete taget sig, ligesom tagbeklædningen blev beskadiget.

pris, noget andet er, om en stor del af skaderne kunne have været undgået for en økonomisk indsats, som ikke overstiger skadeserstatningerne. Dette foreligger der desværre ikke egentlige analyser af. Men det formodes i alle rapporter om stormskader, at ganske mange skadetyper

kunne undgås for en ringe merinvestering under byggeriet. Dette gælder bl.a. de manglende eller meget svage forankringer af tage og murede gavltrekanter. Ofte er det alene omtanke, der savnes. Hertil kommer, at en bedre vedligeholdelse af konstruktionerne i ældre landbrugsbygninger ville forlænge disses levetid væsentligt.

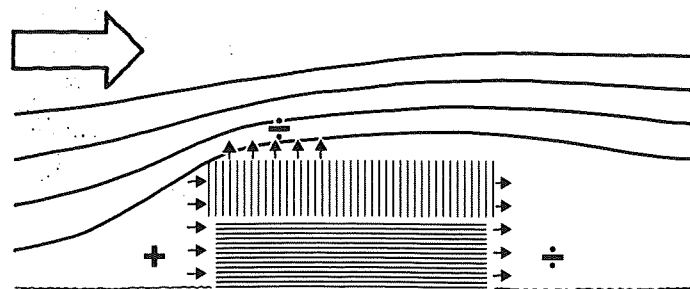
Hvilke forventninger kan man så have til skadesomfanget, hvis endnu kraftigere storme skulle forekomme? Buller konkluderer i (7), at dette vil blive meget stort og omfatte alle slags konstruktioner — også nyopførte. Men nogen egentlig analyse heraf foreligger ikke. Usikkerheden knytter sig især til de mange bygninger, som enten ikke er opført i henhold til nugældende normer eller er dårligt vedligeholdt.

## Personskader er sjældne

Antallet af personskader som



Figur 2. Alt for mange læmure af tegl eller letbeton opføres uden at være tilstrækkeligt afstivede.



Figur 3. Vind på langs giver tryk på gavlen i vindsiden, se figur 4, og sug på de øvrige flader. Specielt er det opadrettede sug på tagfladen stort i randzonen nærmest vindretningen, se figur 7 og 10. Tagudhæng i vindsiden er tillige påvirket af tryk nedefra.

følge af stormskader på bygninger har været meget begrænset. Under stormen i september 1969 registreredes et dødsfald og i november 1981 ingen.

I England registreredes ca. 20 dødsfald og 41 hårdt kvæstede som følge af stormskader på bygninger i perioden 1970-76. Vindbårne og faldende bygningsdele — oftest tagdele — var den væsentligste skadesårsag. Men også reparation af bygningskader mens stormen endnu stod på, gav anledning til flere personskader.

I relation til personskader er det et spørgsmål om f.eks. tagsten ikke skal fæstnes bedre. De engelske skadesstatistikker viser, at tagsten i stort antal afrives, også for vindhastigheder betydeligt under normens basishastighed.

#### Vindstyrken kendes ikke godt nok

Udgangspunktet for vindnormens vindlast er en basisvindhastighed på 27 m/s også kaldet »50-års-vinden«. Den er bestemt som 10 minutters middelhastighed i 10 m højde over åbent terræn, således at den overskrides med en middelhyppe på 0,02 gange pr. år.

Det synes herudfra at være en enkel sag at registrere, om de seneste storme har overskredet denne basisvindhastighed eller ej. Men antallet af vindmålestationer er begrænset og beliggenheden af de fleste er ikke ideel i forhold til normens betingelser. Der foreligger således ikke en klar afgørelse af, hvilke vindhastigheder vi har haft hvor under disse storme. I november 81 blev middelvindhastigheden over 10 min. i 10 m højde i Thisted Lufthavn maksimalt registreret til 28,3 m/s og det stærkeste vindstød til 43 m/s. Ekspertene er

enige om, at vi specielt i 67 og 81 har haft vindstyrker i nærheden af basisvindhastigheden — i det mindste nogle steder.

Endelig må det fremhæves, at vinden altid er urolig, og at hastigheden skifter hurtigt. Disse forhold accentueres yderligere for overfladevindens vedkommende, idet denne påvirkes af terræn-, beplantnings- og byggeselsforhold.

#### Vindbelastningens størrelse afhænger af mange forhold

Vindbelastning på bygninger, overflader, skorstene m.v. opstår ved de trykforskelle som vinden skaber i og omkring bygningerne. Trykforskelle som groft taget er proportionale med kvadratet på den vindhastighed, der kan registreres i bygningens nærhed. Denne vindhastighed er som tidligere omtalt stærkt afhængig af terræn- og bebyggelsesforhold i bygningens nærhed. Den omgivende bebyggelse kan i visse situationer ligefrem medføre en forøgelse af vindhastigheden, se (8).

Bygningens form og vindretningen er herefter afgørende for trykket på de enkelte overflader og udtagende bygningsdele. Vindnormen angiver for en lang række almindelige bygningsformer, hvilke formfaktorer, der kan regnes med. Men for mange bygværker vil der være forhold, som vindnormen ikke giver direkte anvisninger om. Her må man være specielt forsigtig, fordi det generelt er sådan, at områder i nærheden af knæk i bygningsoverflader og omkring udtagende bygningsdele er de hårdest belastede. Stormskader på gamle svækkede landbrugsbygninger giver et illustrativt billede af, hvor de største vindbelastninger optræder.

Foruden vindlast på yderflader skal der tages hensyn til



Figur 4. Murede gavltrekanter er ofte alene fastholdt i undersiden. Forankring til tagfladen er normalt også nødvendig. Den skadede gavl medfører overtryk i tagrummet og øger dermed risikoen for skader på tagbeklædningen og tagkonstruktionen i øvrigt.

trykforholdene inde i bygningen og i klimaskærmen. Vindlasten på klimaskærmens yderbeklædning afhænger af, om denne er ventileret eller ej, og om eventuelle ventilationsåbninger er placeret på steder, hvor trykforholdene er væsentligt forskellige fra de udvendige trykforhold.

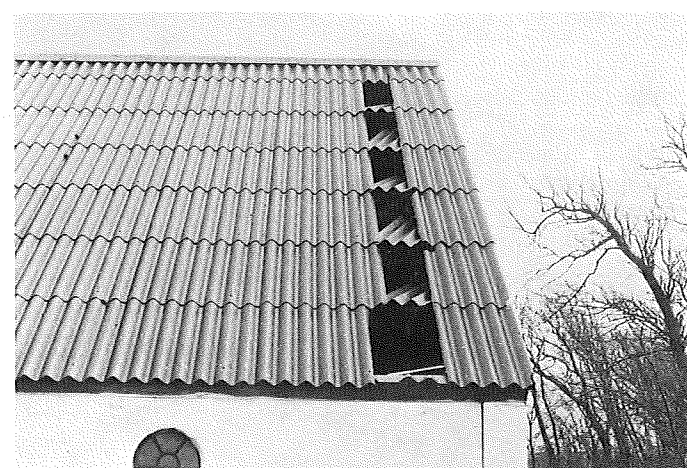
Indvendige trykforhold har specielt betydning, når mindre skader på tagbeklædninger, gavltrekanter, porte og vinduer radikalt ændrer lufttrykket inde i bygningen. En delvis ødelagt tagbeklædning medfører således undertryk i tagrummet, hvorved den øvrige sugpåvirkede tagflade



Figur 5. Et vindstød har lettet på taget og suget gardinet ud, hvorefter taget er faldet nogenlunde på plads igen, mens gardinet er kommet i klemme. Forankringen af taget til ydervæggene var foretaget med spinkle stålplakkebånd. (Foto: Tage Jensen).



Figur 6. Mange ældre landbrugsbygninger blev ramt af omfattende stormskader. Årsagen er ofte fugtige trækonstruktioner i dårlig stand. En bedre vedligeholdelsesindsats og mere omtanke, når konstruktionsdele fjernes, ville forlænge levetiden for mange af disse bygninger.



Figur 7. Tagbeklædninger i randzoner skal fæstnes ekstra godt. Den yderste række eternitbølgeplader på billedet var alene fastskruet langs den yderste kant ved gavlen og fastholdt under pladerne i næste pladerække. Det kraftige sug ved gavlen har knækket pladerne på langs, hvorefter de løse pladehalvdele er gledet ned og vippet ind bag lægterne.

de stabiliseres, mens lasten på gavltrekanter i vindsiden bliver forøget. De sekundære konstruktioner får derfor væsentlig betydning for belastningen på hovedkonstruktionen. Dette er specielt for vindbelastning.

Endelig spiller bygningskonstruktionens reaktion over for vindbelastninger en rolle for dennes størrelse og effekt, selv om bygninger ikke i samme omfang som træer og planter kan bøje af for vinden.

Skadesomfanget afhænger naturligvis primært af bygningskonstruktionens styrke, men også bygningsdelens masse, stivhed, plastiske egenskaber og udmattelsesstyrke har betydning. Massen og de plastiske egenskaber har betydning overfor meget korte og kraftige vindstød, hvis energiindhold er begrænset. Der foreligger så vidt vides ingen undersøgelse af dette forholds betydning for de mange skader på lette konstruktioner.

Stivheden og udmattelsesstyrken har især interesse i forbindelse med svingningspåvirkede konstruktioner, men har formentlig også betydning overfor de mange gentagne belastninger, som vindhastighedens fluktuationer giver anledning til. I denne forbindelse indgår også stivheden af samlingerne. Mange forankringer kræver store revneåbninger før de tager fat og giver således anledning til et stødtillæg til lasten på forankringen.

#### Skaderne gælder oftest tag

De fleste skader omfatter

- tagbeklædninger,
- tagkonstruktioner,
- tagkonstruktioners forankring,
- murede gavltrekanter,
- murede yder- og skalvægge,
- havemure,
- skorstene og antenner, samt
- vinduer og porte.

Skader optræder oftest på:

- bygninger under opførelse,
- landbrugsbygninger, og
- sekundære bygninger.

Men skaderne rammer også de øvrige bygningskategorier. Der skal ikke her gives en nøje gennemgang af de enkelte skadetyper, men kun en kort beskrivelse af disse som baggrund for en diskussion af årsagerne.

Udsat placerede eternitplader brydes ofte, fordi antallet af fastgørelser er for ringe. Skader på tagbeklædninger sker herudover oftest i form af en afsugning af tagkomponenter eller større tagflager, fordi forankringen til tagkonstruktionen er for lille. Specielt afrives tagsten i stort omfang på grund af manglende eller for dårlig forankring. For andre tagbeklædninger rives også lægterne med af, fordi disses forankring til spærene ofte er svagere end tagbeklædningens forankring.

Tagkonstruktionens enkelte komponenter skades sjældent, medmindre der er tale om gamle dårligt vedligeholdte konstruktioner. Dog er udkragede lægter i gavlparter ikke altid dimensio-

neret til at kunne optage kombinationen af tryk nedefra og sug oppefra.

Derimod er samlingerne mellem lægter og spær, spær og remme og remmenes forankring til bærende dæk og vægge meget ofte så ringe, at det kan undre, at antallet af skader herpå ikke er større. I nogle tilfælde reduceres skadernes omfang ved, at taget falder på plads igen efter at et vindstød helt eller delvis har overrevet tagets eventuelle forankringer.

Havemure og uafstivede murede gavltrekanter skades i stort omfang. Derimod registreres der få skader på flersidigt understøttede murfelter i ydervægge, selv om feltstørrelsen er stor og muren er svækket af vindues- og døråbninger.

Skorstene og antenner er på grund af deres placering særligt udsatte, og skader herpå leder ofte til følgeskader. Det har medført, at i det mindste et forsikringsselskab nu har skærpet kravene til antenner fastgørelse.

Skader på vinduer og porte kan være alvorlige, fordi dette ofte medfører væsentlige indvendige trykændringer. Mange afblæste tage eller tagdele er følgeskader efter at dårligt vedligeholdte porte er blæst ind.

Bygninger under opførelse må nødvendigvis være særligt udsatte, dels fordi bygningerne er åbne, og vindforholdene hele tiden ændres med bygningernes gradvise færdiggørelse, dels fordi afstivningen og fastgørelsen

af konstruktionerne i stor udstrækning må foregå via midlertidige foranstaltninger. Disse skader på bygninger under opførelse er ofte meget omfattende. Derimod sker det meget sjældent, at hele færdige bygninger ødelægges eller mister deres stabilitet.

#### Manglende dimensionering og dårlig udførelse

Det er en samstemmende konklusion i alle rapporter om stormskader, at bygninger som er opført i henhold til gældende normer og vejledninger kun i meget få tilfælde har taget skade. Men når skadesomfanget ikke er større end det er, skyldes dette ikke, at hovedparten af bygningsmassen overholder de gældende bestemmelser.

Mange ældre bygninger er opført i relation til gamle normer, mange bygninger er opført uden at bæreevnen er eller har skulle være eller er dokumenteret, og mange nyere bygninger opfylder ikke helt gældende normer og vejledninger.

Det opleves som om ikke alle tager normerne helt alvorligt, og at der specielt hos de udførende ofte er en manglende forståelse for de gældende krav. I denne forbindelse spiller den offentlige accept af skadesomfanget formentlig også ind. Stormen i november 81 rejste ikke en debat om sikkerhedsniveauet for vore bygninger.

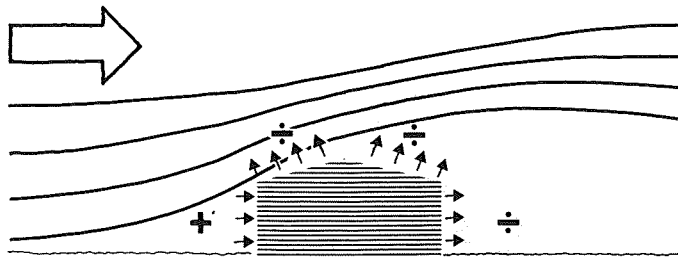
Når dimensioneringen er årsag til stormskader, skyldes dette oftest, at der ikke tages til-

strækkeligt hensyn til de optrædende sugkræfter, og at mange detaljer og forankringer ikke dimensioneres særskilt. Hårdt belastede randzoner og udkrænkninger udføres uden den nødvendige forstærkning, og mange samlingers udformning overlades mere eller mindre til de udførende.

Dårlig udførelse er årsagen til mange skader, men udførelsesfejlene hænger som nævnt ofte sammen med en dårlig eller ufuldstændig projekteringsindsats. Specielt udføres mange samlinger og forankringer forkert. Grundene hertil er mange:

- forankringerne er ofte ikke et naturligt og nødvendigt led i udførelsesprocessen,
- samlingerne er ofte ikke gennemprojekterede og udføres derfor efter »normal« praxis,
- samlinger og forankringer er ofte lettere at udføre forkert,
- de udførende er ofte ikke tilstrækkeligt vidende om forankringernes betydning, og
- kontrollen er mangelfuld, bl.a. fordi mange samlinger er skjulte.

Endelig er manglende vedligeholdelse årsag til mange skader. Trækonstruktioner i mange landbrugsbygninger skades, fordi træet er udsat for fugt og råd, og fordi skadede konstruktionsdele ikke altid bliver udskiftet eller forstærkes. Hertil kommer,



Figur 8. Vind på tværs af bygninger med fladt tag eller tag med ringe hældning giver opadrettet sug på tagfladen. Dette har man ikke tidligere været tilstrækkeligt opmærksom på, se figur 9, og praksis viser stadig, at forankringer af tage ikke altid vises tilstrækkelig opmærksomhed, se figur 1 og 5.

at andre konstruktionsdele ofte fjernes, når der skal skaffes plads til store maskiner og ombygges.

For andre bygninger har vedligeholdelsen af sekundære konstruktioner og nedbrydningen af specielt samlinger og forankringer betydning for skadesomfanget. Som tidligere nævnt kan skader på sekundære konstruktionsdele lede til omfattende følgeskader på andre bygningsdele.

Korrosion af spinkle forankringer kan medføre, at disse helt mister deres styrke. Mange forankringer er endvidere ikke synlige for eftersyn og reparation. Dette gælder f.eks. trådbindere i skalmure.

### Konklusion

Sammenfattende har de fleste bygninger klaret sig godt over for de storme, som har hærget de sidste 10-15 år. Men der er alligevel god grund til at lære af

det skete, fordi mere omtanke og små merinvesteringer kunne have reduceret skadesomfanget væsentligt.

Normerne, som blev skærpet i 1966, skal ikke skærpes, men forståelsen for at de skal overholdes må øges. Det er endvidere muligt, at normkravene til visse hustyper kan lempes.

De projekterende må søge at sikre:

- at særlig udsatte overflader og bygningsdele dimensioneres korrekt — specielt lette sugpåvirkede overflader og uafstivede murfelter, og
- at alle samlinger og forankringer udformes således at de er stærke nok og er enkle at udføre korrekt, — specielt samlinger mellem forskellige bygningsdele og — materialer.

Endvidere må der ske en behørig sikring af bygninger under opfø-

relse og foretages en vurdering af alle konstruktionsdeles levetid og behov for reparation og vedligeholdelse.

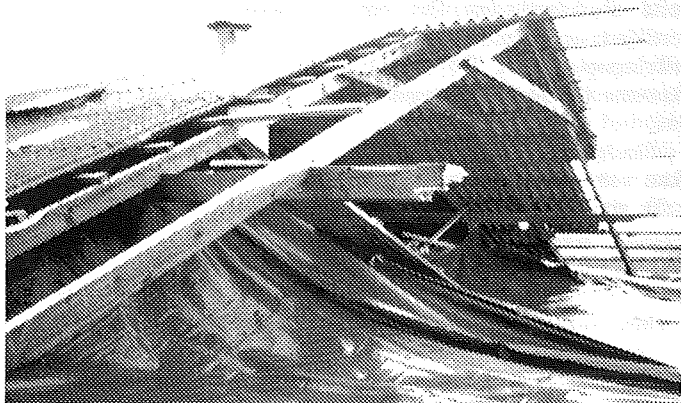
De udførende må have et bedre kendskab til de optrædende sugkræfter og dermed til begrundelsen for de mange forankringer, som ikke altid indgår som et naturligt led i byggeprocessen.

Drift og vedligeholdelse af bygninger bør også omfatte eftersyn af konstruktioners og forankringers tilstand. For udsat beliggende huse bør det tillige vurderes, om forankringen af tagene skal forstærkes. Dette gælder især for bygninger opført før 1966.

Under stormen i november 1981 blev et tag revet af, på trods af at spærenes forankring til remmene var blevet forstærket. Man havde glemt også at forstærke remmenes fastgørelse til det underliggende dæk.

### Litteraturliste

- (1) Byg-Erfa erfaringsblade, 820316, 820415 og 820820.
- (2) Marius Johansen, SBI: Stormskader på bygninger. Byggeindustrien 6, 1970.
- (3) Jarle R. Herje: Stormskader. Arbejdsrapport 34, NBI, 1980.
- (4) Åke Holmberg: Stormskader på bygninger. Rapport R29: 1970, BFR.
- (5) Germund Johansson: Stormskader i västra Sverige. Rapport R33: 1970, BFR.
- (6) Hans Falke m.fl.: Stormskader i Stockholmsområdet. Rapport R44: 1970, BFR.
- (7) P.S.J. Buller: Wind damage to buildings in the United Kingdom 1970-1976.
- (8) Egon Bjerregaard og Flemming Nielsen: Vindmiljø omkring Bygninger. SBI-anvisning 128, 1981.



Figur 9. 24° saddeltag på letbetondæk over 3 etagers boligblok fra ca. 1962. Spærene er forankret med stiksøm til remmene, som er boltet til letbetondækket. De viste stoleremme er ikke forankret til dækket. Stormen afrev store dele af sådanne tage fra boligblokke placeret både på langs og på tværs af vindretningen, fordi de omtalte forankringer var utilstrækkelige.



Figur 10. Gymnastiksal med scenerum, 470 mm hule mure med helstensbagvæg og pæptag med ringe hældning. Vind på langs af bygningen afrev først ca. 150 m<sup>2</sup> af taget nærmest gavlen, hvorefter dette ca. 90 m<sup>2</sup> store murfelt blev blæst ind. Taget var forankret med bolte 0,5 m ned i de omgivende mure. Gavlmuren var ikke forstærket med særskilte afstivende konstruktioner og mistede en understøttelseslinje, da taget var blæst af. (Foto: Tage Jensen).