

INSTITUTTET FOR HUSBYGNING

Forelæsningsnotat nr. **65**

JOHS. F. MUNCH-PETERSEN

VIS VAND VÆK

GEOMETRISKE FORHOLDSREGLER MOD BYGNINGSSKADER

Den polytekniske Lærestalt, Danmarks tekniske Højskole

Lyngby 1983

1. FORORD

Dette notat handler om eksempler på geometriske foranstaltninger, der kan hindre eller reducere omfanget af skader på bygværker, hvor regnvand er (medvirkende) skadesårsag.

Geometri,
regnvand,
bygningsskader

Hovedsynspunktet er, at skader fra vand ikke blot bør forebygges ved valg af materialer og teknologi og ved vedligeholdelse. Man bør også under projekteringen tilstræbe en geometri, der reducerer vandpåvirkningen, og leder vandet hurtigt væk ad forudbestemte kanaler, herunder etablering af dræn og udtørringsmuligheder. Der skal samtidig udvises megen skepsis overfor løsningers funktionsduelighed på længere sigt og indbygges kontrol- og reparationsmuligheder.

De geometriske forholdsregler er tilmed ofte billige eller gratis, måske endog besparende, hvis god geometri betyder undgåelse af specielt høje kvalitetskrav til konstruktionens komponenter.

De opstillede principper må forekomme ret selvfølgelige, men de studerende opfordres til at se nærmere på huse og andre bygværker. Enhver kan uden besvær samle masser af eksempler på overtrædelser af regelsættet - hver dag.

Samtidigt viser eksemplerne fra praksis, at de gode løsninger ikke altid er så nemme at udforme, at udføre eller at betale for.

Konstruktive
forholdsregler
er mere end
geometri

De praktiske løsninger viser også, at det naturligvis ikke er ren geometri, men også materialekendskab, sund fornuft, sund skepsis og økonomiske overvejelser der skal kombineres ved den geometriske udformning af detaljer, fuger, komponenter osv., dvs. konstruktive forholdsregler.

I notatets titel står "geometriske forholdsregler", fordi denne del af de konstruktive forholdsregler er notatets udgangspunkt.

Notatets
faglige
forudsætninger

Da notatet er udarbejdet til kursus 6547, Bygningsskader og Klima, for B-studerende på 9. halvår, forudsætter notatet kendskab til husbygningsteknik, bygningsfysik og materiallære, dvs. til en række af DTH's forelæsningsnotater eller tilsvarende relevant litteratur, fx de nedenfor omtalte publikationer.

Selve skadesmekanismen er derfor kun kort omtalt, og vand- og fugtproblemer af anden art, fx facaders og tages udformning i relation til kondens og fugttransport, er ikke berørt.

Litteraturexempler

Forelæsningsnotater

Facadeelementer,
IFH-notat 55, 55A

Litteratur, der kan uddybe og supplere såvel emnet som de klimapåvirkede konstruktioners øvrige problemer, er bl.a. en række af B-studiets forelæsningsnotater, herunder notaterne 55 og 55A, Facadeelementer, udgivet af Instituttet for Husbygning, et notat som der henvises til fra dette notat.

Endvidere en række rapporter og anvisninger fra:

SBI,	Statens Byggeforskningsinstitut
TI og JTI,	Teknologisk Institut og Jydsk Teknologisk Institut
BPS,	Byggeriets Planlægningssystem
CtO,	Cementfabrikkernes tekniske Oplysningskontor, fx Beton-Bogen
FSO,	Fugebranchens Samarbejds- og Oplysningsråd
TOP,	Træbranchens Oplysningsråd
TOR,	Tagpapbranchens Oplysningsråd
samt	Murerfagets Oplysningsråd.

Hermed være ikke sagt, at firmapublikationer ikke også kan være glimrende.

10. august 1983

Johs. F. Munch-Petersen

3. VAND SOM SKADEVOLDER

- Vand
volder
vanskeligheder
- Ved langt de fleste skader på facader, altaner, broer og andre udendørs konstruktioner er vand direkte eller indirekte medvirkende til, at skaderne opstår.
- Selvfølgelig kan skader forårsages af andet end vand, fx konstruktionsfejl, funderingsfejl, beregningsfejl, temperaturbevægelser, eksplosioner, storme osv., men de seneste års erfaringer har vist, at de fleste af de skader, der er konstateret, ville være undgået eller væsentlig reducerede, hvis der ikke havde været vand til stede.
- Vand
Væde
Vanddamp
- Vand dækker i denne forbindelse regnvand, sne, is, smeltevand, fugt i konstruktioner, vanddamp/kondensvand osv..
- Vandmængden er ikke altid afgørende. Fx gælder det for såvel råd i træ som karbonatisering af beton, at processerne er kraftigst ved bestemte fugtindhold i materialerne.
- Vind
Varme
- Vind og varme kan være medvirkende faktorer med gunstig eller ugunstig virkning.
- Slagregn
- Regn plus blæst i form af slagregn kan gøre vandpåvirkningen større end i stille vejr. Dels rammer regnvandet flader, som i stille vejr er beskyttet af fremspring, dels betyder vindtrykket, at utætheder i fuger lækker mere.
- Udtørring
- Blæst kan på den anden side medvirke til hurtigere udtørring af opfugtede konstruktioner. Træ kan fx principielt godt tåle at blive vådt, når det bare tørrer ud igen. Fritstående trækonstruktioner kan stå i århundreder, fx norske stavkirker, japanske templer.
- Varme kan ligeledes medvirke positivt til udtørring.
- Varme, herunder direkte solpåvirkning, er dog ofte en negativ faktor, da de fleste skade-processer forløber hurtigere ved højere temperatur, fx kemiske nedbrydningsprocesser, svampeangreb i træ etc.
- Frost
- Frost er ligeledes medvirkende til skader, når vandet fryser til is i revner, sprækker, porøse sten m.v. i fx beton og tegl.

2. INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1. FORORD	1
2. INDHOLDSFORTEGNELSE	3
3. VAND SOM SKADEVOLDER	4
4. GEOMETRISKE FORHOLDSREGLER MOD BYGNINGSSKADER, PRINCIPPER	7
4.1 Generelle synspunkter	7
4.2 Hold vand væk fra facaden	9
4.3 Hold vand væk fra fuger	10
4.4 (Næsten) vandret fladers fuger	10
4.5 Lodrette fladers fuger	11
5. GEOMETRISKE FORHOLDSREGLER MOD BYGNINGSSKADER, EXEMPLER FRA PRAXIS	12
5.1 To-trins fugen	12
5.2 Vinduets placering i murhullet	14
5.3 Flade tage	16
5.4 Altaner og lignende	19
5.5 Murkroner og lignende	26
5.6 Tage med undertag	28
5.7 Opgaver	32
6. "RESUME"	33

Råd
 Svamp
 Korrosion
 Salttransport
 Dimensionsændringer

Vand kan forårsage/medvirke til mange slags skader. Råd og svamp i træ og korrosion af stål er åbenlyse eksempler. Vand kan transportere salte med uønskede virkninger, fx tørsalte ind i betonkonstruktioner eller imprægneringsmidler ud af trækonstruktioner. Salttransport kan endvidere give misfarvning og grobund for fx alger.

Vand kan endvidere medføre dimensionsændringer for en række materialer. Det er eksempelvis velkendt, at træ ved af- eller befugtning ændrer dimension (mest på tværs af årerne) og kaster sig.

Vand
 plus
 andre
 stoffer

Vands skadevoldende virkning skyldes ofte samvirken med andre stoffer m.v., fx CO₂, ilt og svampe for henholdsvis karbonatisering, korrosion og råd/svampeangreb.

I nogle tilfælde vælger man da at beskytte mod skader ved forholdsregler mod disse andre stoffer, fx træimprægnering mod råd og svamp.

Overfladebehandlinger kan være særdeles farlige. Nok begrænser de generelt i en årrække vandets mulighed for at trænge ind - men mange overfladebehandlinger hindrer samtidigt udtørring. Siliconebehandling og kalkning er normalt ufarligt, mens malinger m.v. bør analyseres nøje.

Overflade-
 behandling
 kan være
 farlig

Et velkendt eksempel er bundrammen i et vindue: En virkelig "god" maling udvendig holder ikke, men fremkalder tværtimod råd, især efter nogle år, når samlinger og glasslister er blevet lidt utætte. Træet opfugtes af regn herfra - og fra rumluftens fugt, ved kondens og fugtvandring i træet. Fugten hindres i at fordampe.

Tilsvarende gælder bjælker i det fri, hvad enten de er af træ eller beton.

Den ideelle
 overflade-
 behandling

En ideel overfladebehandling afviser regnvandet, lader bjælken ånde, udtørre i varmt og tørt vejr.

En maling har måske ikke disse egenskaber, og da oversidens behandling nedbrydes hurtigst p.gr. af ultraviolet bestråling, risikerer man, efter nogle år, at bjælken bliver et "badekar".

Asfaltbelægning
kræver
dræn m.v.
se pag. 24-25

Man kunne også nævne, at simple asfalt-
slidlag direkte på betonflader (dæk, alta-
ner, broer) ikke på længere sigt sikrer
mod opfugtning af betonen, men med sikker-
hed hindrer udtørring. En sådan konstruk-
tion kræver mange lag, membraner etc.,
eksempelvis som brobelægninger opbygges.

Endelig kunne nævnes de senere års mange
eksempler på frostødelagte havemure, malet
hvide med kraftig maling.

Selv om mange skader kan undgås ved rig-
tigt valg af materialer og overfladebe-
handlinger og ved god vedligeholdelse,
bør konstruktioner alligevel holdes så
tørre som muligt og gives de bedste mulig-
heder for udtørring.

Reducer
vandpåvirkningen
ved god
overfladegeometri

Midlet er konstruktive, herunder geometri-
ske, forholdsregler: Overdækninger, afdæk-
ninger, fald, dræn osv., hvor der på de
følgende sider vil blive vist principiel-
le og praktiske eksempler.

Som omtalt i forordet, er det derimod ik-
ke hensigten her at gå yderligere ind på
skadesmekanismer i forbindelse med vand,
fugt etc., ligesom forholdsregler mod fugt-
transport og kondens i tage og ydervægge
(dampspærre, ventilation m.v.) heller ik-
ke omtales.

4. GEOMETRISKE FORHOLDSREGLER MOD BYGNINGSSKADER, PRINCIPPER

4.1 GENERELLE SYNSPUNKTER



Et træhus i et barsk klima, bygget 1586 i Wolfenschiesen. Stort tagudhæng. Tag med kraftigt fald. Afskærmning over vinduer. Udkraget stokværk.
- Sne og vand vises væk

(Handbuch der Architektur, II, 7, Stuttgart, 1900)

Vis vand væk

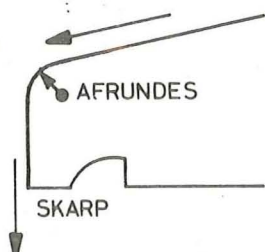
Når vand volder vanskeligheder, må det logiske svar være helt at undgå regnpåvirkning på konstruktionen, eller i hvert fald på kritiske eller fugtfølsomme komponenter og fuger.

Led vand væk

Kan dette ikke opnås, må man søge at reducere regnpåvirkningen at lede regnvandet væk så hurtigt som muligt at lede vandet væk over flader, der er udformet dertil, såvidt muligt væk fra, ikke hen over fuger at lede vandet væk fra - ikke ned på - andre bygningsdele.

Overfladestruktur
Skarpe/runde kanter

Overfladestrukturen m.v. har stor indflydelse på vandafledningsevnen. Glatte overflader leder vandet hurtigt væk. Tegloverflader absorberer en del regn og reducerer således, ved kortere regnskyl, den mængde vand, der løber ned ad en facade. Mønstre og riller kan lede eller bremse vandet og medvirke til patineringen på (u)heldig måde.



Skarpe kanter fastholder vandet. Dette udnyttes fx langs skarpkantede drænoter o.lign.. Hvor vand skal afledes fra en vandret flade, skal kanterne derimod afrundes. For træ gælder eksempelvis afrunding med radius mindst 3 mm - eller i det mindste en tilsvarende affasning.

Stol
ikke
på
fugning

Trods alt vil der naturligvis være mange fuger, der rammes af regnvand. Det siger sig selv, at fugerne skal udformes og udføres omhyggeligt. Men det bør være en regel at gå ud fra, at enhver fuge kan/vil svigte en skønne dag. En fuge bør derfor udformes, så den

Dræn

enten har et indbygget dræn, der - uden skadespåvirkning - kan lede gennemsvivende vand væk. Drænet bør være velventileret, så fugtophobning undgås

Advarsel

eller er udformet, så den giver bygherren en tydelig advarsel om, at fugen er begyndt at svigte. Advarslen skal komme førend eventuelle skader begynder.

Vedligeholdelse
og reparation
skal forudses
og være mulig

Fugen skal under alle omstændigheder udformes, så den i praxis kan vedligeholdes, repareres, udskiftes på overkommelig og kontrollerbar måde.

Ventilerede hulrum kan være tveæggede sværd, da disse nok medvirker til udtørring af befugtede overflader, men samtidig kan medvirke til kondens, træk, fygesneansamlinger m.v. (og i visse tilfælde er i modstrid med BR's brandbestemmelser).

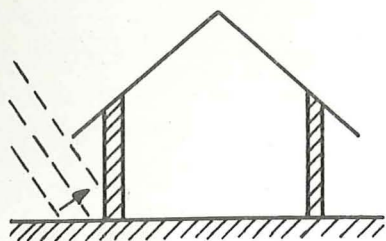
Den projekterendes skepsis skal også omfatte alle komponenters overflader. Vand kan trænge ind - senere, når fx sprækker er opstået.

Udtørring
skal
være
mulig

Dette må ikke give anledning til fugtophobning, frostsprængninger m.v.. Indtrængende vand må gives let adgang til at fordampe igen, jfr. også det tidligere sagte om overfladebehandlinger.

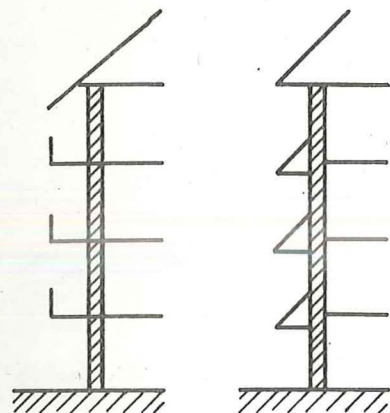
Det ovenfor sagte er ikke nyt eller overraskende. Det er enhver arkitekt, ingeniør eller entreprenør bekendt. Ikke desto mindre overtrædes disse simple regler ofte, fx fordi man har villet spare tid, penge eller arbejdskraft, af tankeløshed, eller som følge af arkitektoniske modestrømninger. Eksempelvis var 60'ernes og 70'ernes byggeri præget af plane facader uden tagudhæng, gesimser, drypriller og af vandrette flader uden eller med for ringe fald (tage, gesimser, sålbænke, bjælkeoversider). Den dag i dag kan man stadig få leveret vinduer uden fald i de nederste glas- og karmfalse!

4.2 HOLD VAND VÆK FRA FACADEN



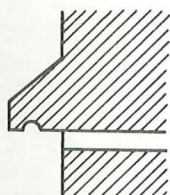
Tagudhæng, gerne stort, holder vandet væk fra den øverste del af facaden, hvor der ofte er kritiske steder ved døre og vinduer.

Den nederste del af facaden påvirkes, i hvert fald af opsprøjt fra terrænet.



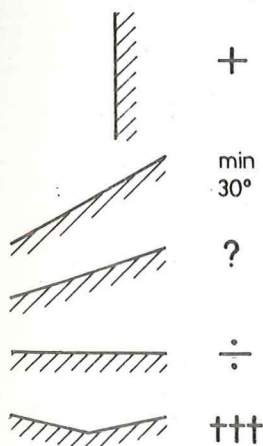
I høje huse er tagudhæng kun af værdi for facadens øverste del. Her må benyttes fremspring, mindst et for hver etage. En god beskyttelse af facaden opnås ved altangangshuse. Til gengæld får man så altanplader og -brystninger som problem.

Hvor en bygning forsynes med vandrette bånd til solafskærmning, bør disse samtidigt udformes, så de mindsker facadens regnpåvirkning.



Vandnæser, fremspring og lignende bør ligeledes anbringes overalt, hvor det er muligt, i hvert fald over alle vandrette samlinger, fuger osv.

LED VAND VÆK - HURTIGT



Endelig er det en god regel at skaffe det vand, der rammer fladerne, bort hurtigst muligt.

Flader skal derfor have fald, så stort som muligt, helst 30° eller mere. Visse flader, fx altaner, broer og P-dæk kan ikke udføres i "normal" beton med et for vandafledning rimeligt fald. Her må betonkvaliteten øges, fladen forsynes med belægning etc.

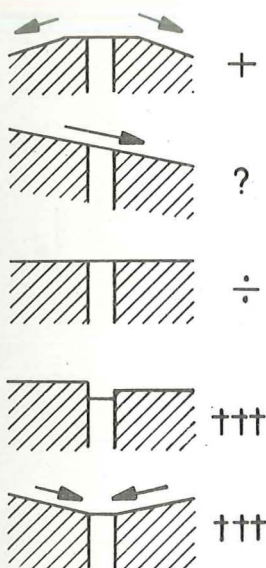
4.3 HOLD VAND VÆK FRA FUGER

Led vand
forbi
- hurtigt

Især på (næsten) vandrette flader er fuger et problem, fx mellem dækkene på en altangang, et P-dæk eller lignende.

Uanset fugens kvalitet er det imidlertid under alle omstændigheder bedst at holde vandet væk fra fugen, eller at lede det forbi fugen på de steder, hvor faldet på tværs af fugen er størst.

4.4 (NÆSTEN) VANDRETTE FLADERS FUGER



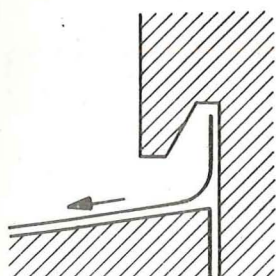
Den øverste figur viser en løsning, som ofte kan benyttes ved en sådan placering af fugerne i forhold til afløbene, at der overalt er fald bort fra fugerne, mod afløbet.

Den nederste figur, hvor fuger og afløb er placerede i samme område, er selvsagt dårlig, men har været anvendt på altangange og P-dæk, med dårligt resultat. Anordningen skyldes naturligvis, at det er pæneste/mest praktisk/billigst at anbringe nedløbsrørerne langs de søjler (vægge), der bærer dækket, dvs. samtidigt hvor to eller flere dæk mødes med fuger.

Ophobning af sne, is og smeltevand bidrager ofte til skaderne.

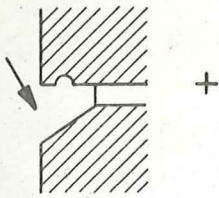
Figuren viser i princip en tæt (tag-)belægning ved overgangen mellem en tagplade og en mur.

Ved en samling af denne art er det primære krav, at holde vandet væk fra samlingen, opfyldt i stille regn. Samlingen er ikke sikker over for opsprøjt og opstuvning af vand. Ej heller, hvis der kan forekomme sne på den vandrette flade. Sne, der ikke ryddes omgående, bliver ofte til fast is, der måske smelter først ved samlingen, afhængigt fx af om bygværket er opvarmet, eventuel solpåvirkning osv..



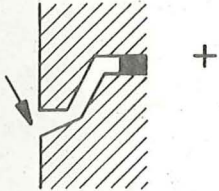
Belægningens fastgørelse ved muren bliver kritisk, især hvis der kan forekomme bevægelser mellem dæk og mur - og nogen bevægelse er der altid mellem to bygningsdele.

4.5 LODRETTE FLADERS FUGER



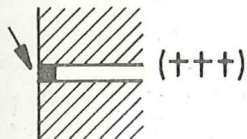
I den øverste figur er fugen beskyttet.

I den næstøverste figur er vist den kendte vandrette fuger fra præfabrikerede facader: Den overlappende fuger. (Se endvidere næste side).

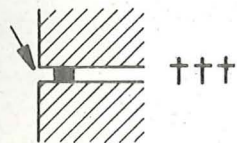


Den indvendige vindtætning er naturligvis et led i tætningen, så vindtryksforskelle ikke driver vand ind i samlingen.

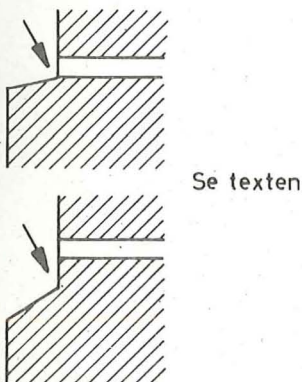
Fugen ventilerer samtidigt isoleringslaget og den lodrette (to-trins) fuger. I begge figurer er vandtætning og vindtætning skilt (ud- hhv. indvendigt).



De to midterste figurer viser et-trinsfuger, der normalt vil lække (efter nogen tid) bl.a. p.gr. af vindtrykkets påvirkning af fugen.



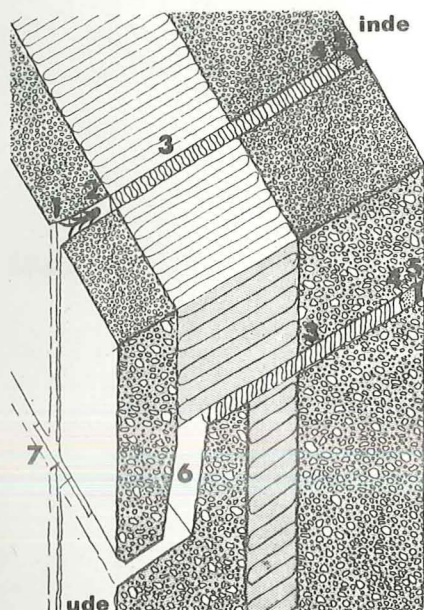
I den ene løsning ledes vandet forbi fugen, og den er således bedre end den næste, hvor den tilbageliggende fuger er lidt beskyttet, men til gengæld udstyret med en hylde, hvor vandet kan blive liggende.



De to nederste figurer viser principielt dårlige løsninger, men hvor den nederste dog er bedre, dels fordi fremspringet har ordentligt fald, dels - og især - fordi fugen er flyttet op fra fremspringet.

5. GEOMETRISKE FORHOLDSREGLER MOD BYGNINGSSKADER, EXEMPLER FRA PRAXIS

5.1 TO-TRINS-FUGEN



2-trinsfuger i betonelementfacader

(Fugebranchens
Samarbejds- og
Oplysningsråd,
figur 92.4)

To-trinsfugen er generelt - og i hvert fald i sandwichfacader - den rigtigste fuge.

Dens princip vises derfor her.

Notat 55 og 55A har en række eksempler i beton- og træfacader, og ved vinduer.

To-trinsfugens princip er at skille de to væsentligste fugefunktioner, vandtætning og vindtætning, til opfyldelse i hvert sit plan, udvendigt hhv. indvendigt.

Samtidigt er der dels opnået mulighed for temperaturbevægelser af de enkelte facaders udvendige lag uden belastning af fugematerialet, dels opnået mulighed for ventilation af varmeisoleringslaget.

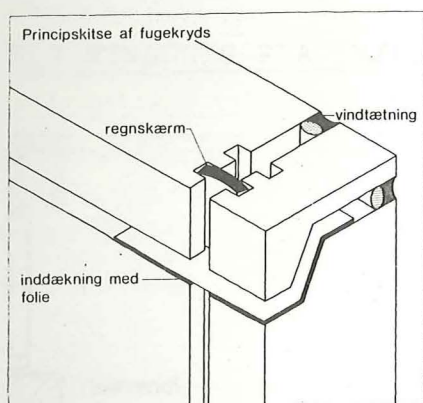
Den lodrette fuge har slagregnstætning udvendigt, fx som i den viste figur med et fliget neoprenebånd (1). Der kunne også have været to lodrette noter, en for et neoprenebånd, og den bagvedliggende som dræn (figuren pag. 13), eller et bånd og et drænende "vaskebrædt" i elementsiderne.

Hulrummet (2) bag slagregnstætningen er ventileret via den vandrette fuge, således at der ikke mellem fugebåndets (1) for- og bagside opstår en vindtryksforskul, der kunne drive meget vand ind i fugen.

Gennemsvivende vand fanges af de lodrette flige i båndet og ledes ud, i hver etage, i den vandrette fuge.

Fugen er isoleret med mineraluld (3) og vindtætnet indvendigt, med bundstopning (4) og fugemasse (5).

Den vandrette fuge (6) er "overlappende" og således vandtætnet udvendigt ved sin geometri. Vindtætningen indvendigt er udført som i den lodrette fuge, som vist her, eller fx ved udstøbning/udfugning mellem dæk og facader.



(SBI-anvisning 108)

Fugekrydset skal løses omhyggeligt. I begge figurer er vist en vandret folie (7), som sørger for, at vand på nederste facades afsats ikke kan drives ned i den lodrette fuge. Afsatsen har naturligvis fald udad. Neoprenbåndet (1) starter foroven i en facade i dens opragende flig (til højre for tallet 6) og trækkes ud til normalplaceringen (1) under afsatsen og forløber derefter lodret og slutter forneden i facadens nedragende flig.

Figuren på forrige side viser et klemt fugebånd, der ikke er fastgjort, undtagen i øverste ende. Temperaturbevægelser er muliggjort. I andre løsninger, fx i denne figur, ligger det slagregnsstoppende bånd i noter i elementsiden, også da uden anden fastholdelse end i toppen, tilbagetrukket.

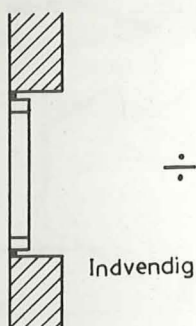
To-trinsfugens dokumenterede*) overlegne egenskaber i forhold til et-trinsfugen, er endnu et eksempel på, at fuger bør udformes, så tætningen ikke kun beror på een foranstaltning, eet fugemateriale.

Det kan derfor undre, at så mange vandrette konstruktioner har været udført med et-trinsfuger, ofte uden bevægelsesmuligheder over for svind, krybning, kastning, temperaturbevægelser m.v..

Netop flade tage, altaner, P-dæk etc. har jo en langt større regnpåvirkning end facader. Vandrette flader har ofte en sammenhængende vandfilm.

*) I 50'erne var fugerne i montagebyggeriet oftest et-trinsfuger, som meget ofte gav anledning til vandskader. Omkring 1960 udvikledes af P.E. Malmstrøm og Larsen & Nielsen fuger, der snart var afklarede som fuldt pålidelige to-trinsfuger, der dels viste sig tætte i praxis, dels afprøvedes i laboratorier i Norge, Danmark, England, Sverige og Canada. To-trinsfugen anerkendes i dag overalt som den bedste, så man vist roligt kan påstå, at det ofte vil være en ansvarspådragende fejl at benytte et-trinsfuger i facader.

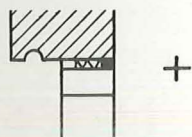
5.2 VINDUETS PLACERING I MURHULLET



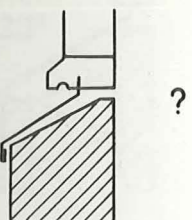
Uheldig udformning af overfladegeometrien og af fugerne omkring vinduer og døre har givet anledning til mange skader, såvel på vinduet som på den omgivende facade, uanset om denne er af træ, beton eller tegl.

Jo længere vinduet trækkes ind, jo bedre er det beskyttet, som i næstøverste figur.

Fugen over vinduet er ligeledes beskyttet. Her skal der udføres drypkant, eller lignende (lysningen) i facaden over vinduet.

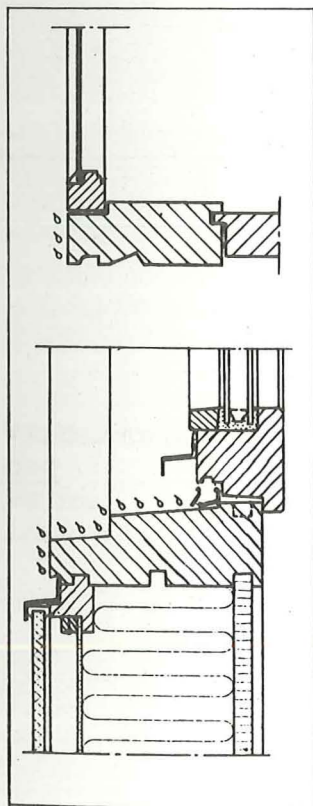


Fugen under vinduet er ikke beskyttet, især ikke under slagregn. Murhullet udformes med "sålbænk" - "indbygget" i facaden eller påsat.



I en rumstor betonfacade er sålbænken "indbygget". Vindueshullet er en homogen konstruktion, hvor afslutningsproblemet ikke eksisterer.

En påsat sålbænk indebærer en række fuger, der skal suppleres med drypriller, drypkanter m.v. langs vinduets underside.



Et særligt problem opstår ved sålbænkens afslutning mod murhullets lodrette begrænsninger (lysninger), se bl.a. forelæsningsnotaterne 55, 55A (og 60).

I facader med vinduesbånd og facader, opbygget over et træskelet, er problemet kritisk. Fugning mellem sålbænken og de lodrette stolper er en upålidelig løsning. "False", udstemninger og lignende i træet kan medføre en nogenlunde tæt afslutning, men træet er "såret". Endetræ er blottet, og der er etableret en sprække, der kan holde på vandet.

Vinduer med "indbygget træsålbænk" i form af en bred underkarm foran rammen er ikke en heldig løsning. Også den samler vand, der her angriber hjørnesamlinger, poste m.m..

De nederste figurer er taget (spejlvendt) fra K. Prebensen, Facaderenovering i Brøndby Strand, Byggeindustrien, 10, 1980 og viser forskellen mellem regnpåvirkningen på et gammeldags udadgående vindue og et indadgående vindue med "træsålbænk".

Fig. 1. Regnpåvirkningen er mere kritisk for indadgående vinduer end for de »gammeldags« udadgående.

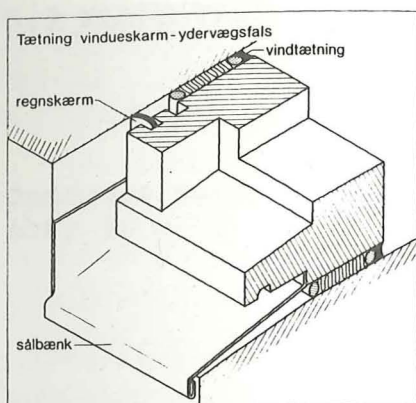
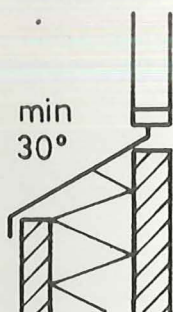


Illustration fra SBI-anvisning 108.

Bemærk, at sålbænken er ført så langt ind, at den kan bortlede nedsvivende vand fra noten bag regnskærmen i den lodrette fuge. Dette hulrum er samtidig ventileret.

Sålbænkens opkant langs murhullet, lysningen, er vanskelig at tætte perfekt mod facaden.



Sålbænken skal have fald.

Jo længere vinduet trækkes ind, jo bredere bliver sålbænken, og jo større chance er der derfor for, at (større) vandmængder, sne, is og opsprøjt kan skade vinduets underkarm, ramme, false, og fugen mellem sålbænk og karm. Den nederste fuge mellem ramme og karm er særligt vanskelig at beskytte ved indadgående vinduer.

I moderne sandwichfacader - med 200-300 mm isolering - kan en sålbænk således blive meget bred. I Sverige anbefales derfor fald på 45°, i hvert fald 30°, på sålbænke.

Det skal i parentes bemærkes, at kompromisløsningen med et vindue, der sidder delvis tilbagetrukket, giver nye problemer. Der skal stadig etableres sålbænk, men nu skal der måske også udføres lysningspaneler indvendigt. Samtidig skal vinduet fastgøres med særlige kunstgreb, da karmen "lander" i isoleringen.

Det skal yderligere tilføjes, at isoleringslaget oftest er velventileret, således at bygningens vindtætning skal etableres langs det indvendige murhuls lysninger. Et yderligere argument for at trække vinduet helt ind.

Vindtætning
bag
varme-
isoleringen

Det kraftigt tilbagetrukne vindue er således bedst beskyttet mod regn, og er på naturlig måde bragt i forbindelse med den varme, vindtætte inderside af facaden. Til gengæld er udgifterne til løsning af sålbænkproblemet ofte store. Vinduer, anbragt beskyttet under gesimser, altaner og tagudhæng, placeres derfor ofte meget længere fremme.

5.3 FLADE TAGE

Opstuvet vand,
sne, is

Tilslutninger
ved
mure
skorstene
rørgennemføringer
ovenlys
skotrender

Flade tage, og tage med lille hældning, er blevet almindelige i de sidste år, skønt de principielt er særdeles uheldige i det danske klima med regn og sne. Skaderne opstår ikke blot som følge af, at vandet løber langsomt af - eller ligefrem kun fordamper lejlighedsvis. Skaderne opstår også (og måske især ?), fordi (opstuvet) vand/sne/is angriber kritiske afslutninger ved murkroner, skorstene, afløbsrør, aftræksrør, antenner, ovenlys osv.. Der findes gode løsninger, men de er dyre, vanskelige at udføre, kontrollere og vedligeholde. Hvis sådanne tage yderligere forsynes med knæk, fx skotrender i vinkelformede bygninger, bliver det ringe fald et endnu større problem.

Tage med små hældninger kræver i hvert fald mere - og mere kvalificeret - kontrol og vedligeholdelse end tage med fald.

I ovenstående er der i øvrigt ikke tænkt på skader som følge af fugtproblemer, kondens m.v. som følge af indeklimaet. Dette notat handler som sagt kun om regnvand og overfladegeometri m.v..

Bagfald
når taget
sætter sig

På flade tage (hældning under 15°) er der særlig stor fare for opstuvning af regnvand og tøvand. Sådanne tage burde ryddes for sne - og deres afløb holdes pinligt rene. Afløbene skal i øvrigt på de meget flade tage (tidligere udførte man endog tage uden fald) eventuelt højdejusteres efter nogle år. Man ser ofte, at afløbene sidder for højt, fordi det omgivende tag er sunket som følge af svind, krybning osv.. Problemet var (er) måske især aktuelt ved brug af støbejernsafløbsrør.

Skaderne opstår næsten altid ved revner og samlinger, hvor bevægelser mellem de forskellige bygningsdele har overbelastet tagpap, inddækninger, fugemateriale m.v..

Færdsel
på taget

Der ses dog også skader som følge af færdsel på taget og som følge af, at den projekterende ikke havde forudset, hvor højt vandet kunne stuve op.

Stuvning
indtil
afløb over
tagkant ?

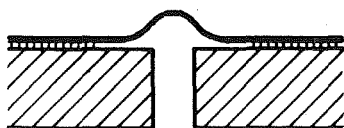
Principielt bør man måske som ved altaner regne med stuvning indtil afløb over tagkant o.lign. ud fra betragtningen, at et tilstoppet afløb ikke må medføre større skader. "Tagkanten" kan være høj i frostperioder, hvis taget har stort (koldt) udhæng med isdannelser.

Nogle principielle problemer kan belyses ved følgende forenklede figurer.

Dilatationsfuger

På et større sammenhængende tag må der etableres dilatationsfuger af hensyn til bevægelser, forårsaget af temperatur og eventuelt svind, krybning, sætning el.lign.. Sådanne fuger kan eksempelvis placeres langs fuger mellem præfabrikerede tagkomponenter.

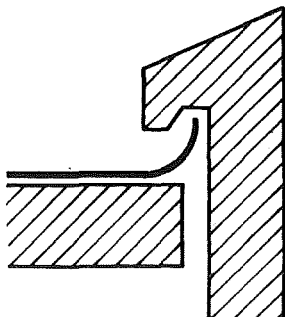
Herudover bør det overvejes, om sammenlæste bygningskomponenter faktisk er så sammenlæste, at der ikke kan forekomme mindre relative bevægelser. Det er de sjældent. Tagpap er eksempelvis ofte revnet langs fugerne mellem krydsfinerplader, der tilsyneladende var sømmet til et "ubevægeligt" tømmerunderlag.



Figuren viser en principiel mulighed for en dilatationsfuge mellem to tagplader. Den vandrette belægning udføres med en "vulst" over fugen, i et passende elastisk materiale. Hvis sådanne fuger krydser, skal man være opmærksom på, at den tredimensionale belastning på materialet i selve fugekrydset stiller langt større krav til materialets elasticitet, end der stilles langs dilatationsfugen.

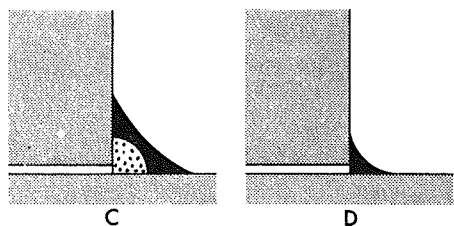
Tilsvarende gælder fugemasser.

Hvis en sådan vulst vender opad, er den i øvrigt sårbar over for trafik. Vender den nedad, samler den snavs og vand, (og er derfor farligere, når den svigter).



Tilsvarende gælder ved eventuelle bevægelser mellem en plade og en mur. Den viste vandtætte "folie" kan måske fungere, hvis den kun er klæbet på de lodrette og vandrette flader, men ikke langs den bløde overgang (hvor den i øvrigt, afhængigt af materialet, skal have en slags understøtning, der hindrer ødelæggelse fra fodtøj og eventuelt uønsket deformation af "folien").

En "folie", der førtes fuldklæbet helt ind i det skarpe hjørne, ville bryde for meget mindre bevægelser, også selv om "folien" var af en type, der kunne tåle et skarpt knæk.



Fra notat 55, pag. 71, er hentet to analoge illustrationer, der viser, hvorledes "hjørnefugning" mellem to komponenter udføres forkert (D) hhv. korrekt (C). Fugemassen skal have mindst mulige tøjninger og så små påvirkninger på vedhæftningsfladerne som muligt.

Der henvises endvidere til to illustrationer af dilatationsfuger i en motorvejsbro og et renoveret P-dæk, pag. 24-25.

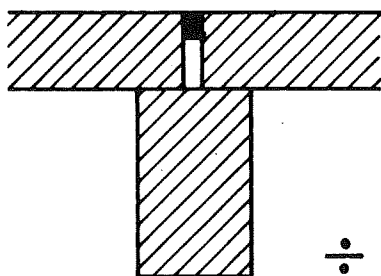
5.4 ALTANER OG LIGNEDE

En række konstruktioner må nødvendigvis have flader med begrænset fald: Altaner, P-dæk, broer m.v..

Fuger, inddækninger, afløb, giver ofte skader

Når faldet er ringe, bliver det extra vigtigt at etablere fald væk fra kritiske steder, især fuger, idet overfladerne kan være dækkede af sammenhængende vandfilm.

Selv om mange skader på disse bygningsdele har haft mangelfuld betonkvalitet og/eller for små dæklag på armeringen som væsentlig medvirkende årsag, kan det konstateres, at de opståede skader ofte er begrænsede til, ofte skyldes fejl ved fuger, inddækninger, kantafslutninger, rørgennemføringer, afløb osv., altså steder hvor der er fuger, samlinger, forskelligartede materialer blandet og eventuelle bevægelsesmuligheder. Her starter vandangrebet, eventuelt kombineret med varme- og frostpåvirkninger.

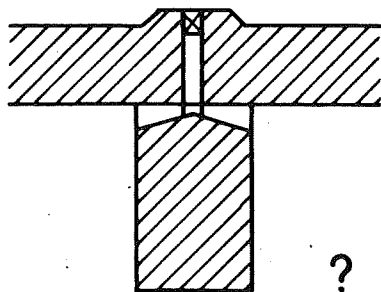


Figuren viser i forenklet form en uheldig altangangsløsning.

Fugen holder ikke evigt. Den er udsat for slid, sollys og bevægelser fra temperatur, svind osv.. Ved i øvrigt acceptable unøjagtigheder i elementernes dimensioner m.v. er der yderligere mange steder spring mellem de to elementers overflader, fald mod fuger m.v..

Når fugen begynder at svigte, siver vand ned på bjælkens overside, hvor det kan gøre megen skade, især hvis det indeholder tørsalt fra vinterens "snerydning".

Bygherren får ingen advarsel i tide.



Her er der til sammenligning udført nogle forbedringer:

Vandet holdes nogenlunde væk fra fugen. Gennemsvivende vand viser sig straks og bliver ikke liggende på bjælken.

(Dækkene er oplagt på to konsoller, specielt sikret mod skader fra vand).

Dermed være ikke sagt, at dette er løsningen.

1. FORORD

Dette notat handler om eksempler på geometriske foranstaltninger, der kan hindre eller reducere omfanget af skader på bygværker, hvor regnvand er (medvirkende) skadesårsag.

Geometri,
regnvand,
bygningsskader

Hovedsynspunktet er, at skader fra vand ikke blot bør forebygges ved valg af materialer og teknologi og ved vedligeholdelse. Man bør også under projekteringen tilstræbe en geometri, der reducerer vandpåvirkningen, og leder vandet hurtigt væk ad forudbestemte kanaler, herunder etablering af dræn og udtørringsmuligheder. Der skal samtidig udvises megen skepsis overfor løsningsers funktionsduelighed på længere sigt og indbygges kontrol- og reparationsmuligheder.

De geometriske forholdsregler er tilmed ofte billige eller gratis, måske endog besparende, hvis god geometri betyder undgåelse af specielt høje kvalitetskrav til konstruktionens komponenter.

De opstillede principper må forekomme ret selvfølgelige, men de studerende opfordres til at se nærmere på huse og andre bygværker. Enhver kan uden besvær samle masser af eksempler på overtrædelser af regelsættet - hver dag.

Samtidigt viser eksemplerne fra praxis, at de gode løsninger ikke altid er så nemme at udforme, at udføre eller at betale for.

Konstruktive
forholdsregler
er mere end
geometri

De praktiske løsninger viser også, at det naturligvis ikke er ren geometri, men også materialekendskab, sund fornuft, sund skepsis og økonomiske overvejelser der skal kombineres ved den geometriske udformning af detaljer, fuger, komponenter osv., dvs. konstruktive forholdsregler.

I notatets titel står "geometriske forholdsregler", fordi denne del af de konstruktive forholdsregler er notatets udgangspunkt.