



# LUND UNIVERSITY

## Putsade fasader : teori och praktiska erfarenheter

Sandin, Kenneth

1984

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Sandin, K. (1984). *Putsade fasader : teori och praktiska erfarenheter*. (BFR Rapport (R); Vol. R88:1984). Byggeforskningsrådet (BFR). <http://libris.kb.se/bib/7417528>

*Total number of authors:*

1

### General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00

**Rapport**

**R88:1984**

# **Putsade fasader**

**Teori och praktiska erfarenheter**

**Kenneth Sandin**

**Byggeforskningsrådet**

R88:1984

PUTSADE FASADER  
Teori och praktiska erfarenheter

Kenneth Sandin

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
810118-5 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Lunds Tekniska Högskola, Avd Byggnads-  
materiallära, Lund

PUTSADE FASADER

Teori och praktisk erfarenhet

Kenneth Sandin

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
800118-5 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Byggnadsmateriallära, LTH, Lund.



## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	FÖRORD . . . . .	5
	SAMMANFATTNING . . . . .	6
	SUMMARY . . . . .	7
1	INLEDNING . . . . .	8
2	VANLIGA FASADBEHANDLINGAR . . . . .	10
2.1	Allmänt . . . . .	10
2.2	Begrepp . . . . .	11
2.3	Putsbbruk och putsuppbbyggnad . . . . .	14
2.4	Ytskikt . . . . .	18
2.5	Impregnering . . . . .	25
3	TEKNISKA KRAV OCH PROBLEM . . . . .	33
3.1	Frostsprängning . . . . .	33
3.2	Saltangrepp . . . . .	37
3.3	Vidhäftning . . . . .	43
3.4	Rörelser och sprickbildning . . . . .	47
3.4.1	Orsaker till rörelser . . . . .	48
3.4.2	Uppträdande spänningar . . . . .	50
3.4.3	Spricköverbryggande förmåga hos tunna ytskikt . . . . .	54
3.5	Åldring-nedbrytning . . . . .	57
3.6	Diverse utseendefel . . . . .	62
3.7	Redovisning av materialegenskaper . . . . .	65
4	VAL AV PUTS/YTSKIKT . . . . .	68
4.1	Generella synpunkter på fasadunderhåll . . . . .	68
4.2	Vattenavvisande - vattenabsorberande ytbehandling . . . . .	74
4.3	Grundningens betydelse . . . . .	76
4.3.1	Grundning vid oorganiska tjockputser . . . . .	77
4.3.2	Grundning vid organiska ytskikt . . . . .	80
4.4	Val av puts/ytskikt vid nyproduktion . . . . .	81
4.4.1	Generellt . . . . .	82
4.4.2	Murverk av tegel . . . . .	84

4.4.3	Murverk av autoklaverade lättbetong- block . . . . .	87
4.4.4	Murverk av lättklinkerblock . . . . .	88
4.4.5	Element av autoklaverad lättbetong . . . . .	89
4.4.6	Betongväggar . . . . .	90
4.5	Val av puts/ytskikt vid renovering . . . . .	91
4.5.1	Generellt . . . . .	91
4.5.2	Murverk med tjockputs av KC- eller M-bruk . . . . .	96
4.5.3	Murverk med tjockputs av kalkbruk . . . . .	100
4.5.4	Kalkputs på trähus (revetering) . . . . .	103
5	SKADEEXEMPEL . . . . .	105
5.1	Spjälkningar i nyputsad och målad tegelfasad . . . . .	106
5.2	Flagnande ytskikt på ny KC-puts . . . . .	112
5.3	Spjälkningar i ny kalkputs . . . . .	114
5.4	Flagnande organiskt ytskikt på autoklaverad lättbetong . . . . .	119
5.5	Flagnande organiskt ytskikt på asbestcementskivor . . . . .	122
5.6	Spjälkningar i tegelfasad som yt- behandlats med organiskt ytskikt . . . . .	126
5.7	Flagnande organiskt ytskikt vid putsläggning . . . . .	132
5.8	Flagnande organiskt ytskikt på gammal kalkputs . . . . .	135
5.9	Flagning och spjälkning i gammal kalkputs med organiskt ytskikt . . . . .	137
5.10	Sprickbildning i organiskt ytskikt på gammal kalkputs . . . . .	140
5.11	Misslyckade renoveringar av kyrka i Skåne . . . . .	144
	LITTERATUR . . . . .	150
	BILAGA Ytskikts- och impregneringsprodukter . . . . .	152

## FÖRORD

Vid Byggnadsmateriallära, Lunds Tekniska Högskola, genomfördes 1975-80 ett forskningsprojekt rörande putsens inverkan på fasadens fuktbalans. Under arbetets gång framkom önskemål om en allmän behandling av hela putsproblematiken. BFR beviljade anslag för att göra detta och föreliggande rapport är en del av slutredovisningen av detta projekt (BFR-anslag 800118-5). Förutom föreliggande rapport består slutredovisningen av en fördjupad behandling av vissa problemområden, Sandin (1983).

Till projektet har en referensgrupp varit knuten. Under första tiden ingick Arne Hillerborg, Lars-Erik Nevander, Sven Persson, Vitold Saretok och Lars-Erik Wargsjö i denna referensgrupp. Senare utökades gruppen med Olof Andersson och Ingmar Holmström. Referensgruppen har varit till stor hjälp vid uppläggning och genomförande av projektet.

För utskrift och figurritning har Anni-Britt Nilsson och Britt Andersson svarat.

Till ovanstående och till många andra, både personal vid LTH och utomstående, framför jag mitt varma tack.

Lund i mars 1983  
Kenneth Sandin



## SAMMANFATTNING

Rapporten är en översiktlig behandling av praktiska frågeställningar och problem i samband med putsade fasader.

Olika fasadbehandlingar beskrivs med avseende på ingående material, egenskaper och användningsområden. I huvudsak behandlas oorganiska tjockputser, oorganiska och organiska ytskikt samt impregneringar.

De vanligaste tekniska problemområdena i samband med putser och ytskikt behandlas översiktligt. Stor vikt läggs härvid vid samverkan mellan puts/ytskikt och underlag. Vidare diskuteras inverkan av olika yttre faktorer. De problemområden som diskuteras är frostsprängning, saltvittring, vidhäftning, sprickbildning, åldring och nedbrytning. Även en del renodlade utseendefel beskrivs.

Vid det slutliga valet av puts/ytskikt måste alla de tekniska frågorna beaktas samtidigt. En stor del av rapporten ägnas åt frågeställningarna i samband med detta. Olika tänkbara situationer behandlas var för sig, både i samband med nyproduktion och renovering.

I rapporten beskrivs slutligen ett antal skadefall. Skadornas utseende och tidsmässiga utveckling beskrivs med fotografier och text. Olika tänkbara skadeorsaker analyseras varefter den mest sannolika skadeorsaken redovisas. Med utgångspunkt från dragna slutsatser anges även vilka förebyggande åtgärder som skulle ha vidtagits, för att undvika skadan.

## SUMMARY

This report gives a brief description of some practical matters and problems concerning renderings and surface coatings. A detailed study of some important matters has been carried out by Sandin (1983).

Different facade treatments are described regarding composition, properties and practical application.

The most common technical problems in connection with renderings and surface coatings are described briefly. A great deal of attention is paid to the co-operation between the rendering or surface coating and the background. The effect of different factors is discussed. The technical matters dealt with concern frost and salt action, bond, crack formation, ageing and deterioration.

When choosing a rendering or surface coating all the technical matters must be studied at the same time. A great part of the report is devoted to this choice and different practical situations are also discussed.

Finally some damages are described. Different possible reasons for the damages are discussed and preventive measures are given.

## 1 INLEDNING

Fasadputser och fasadfärger har ofta varit föremål för ganska upphetsade diskussioner. Olika uppfattningar, grundade på helt olika utgångspunkter, står mot varandra och är i allmänhet oförenliga. Fuktproblematiken har ofta stått i förgrunden. Andra faktorer, vilka påverkar putsen/ytskiktet i minst lika hög grad som fukten, har ägnats mindre intresse. Bristen på en samlad behandling av hela problematiken har medfört stora svårigheter att bedöma betydelsen av olika argument.

Med ovanstående bakgrund gjordes en inventering med avseende på dagens puts-kunnande. Denna utfördes främst genom litteraturstudier och diskussioner med olika personer som har anknytning till putsbranschen. Resultatet redovisades i form av en detaljerad genomgång av ett antal olika frågeställningar i Sandin (1983). Fuktproblematiken har tidigare behandlats i Sandin (1980). Under arbetets gång framkom önskemål att göra en mer "praktisk" publikation av dagens puts-kunnande. Den tidigare redovisningen ansågs i vissa delar vara alltför teoretisk.

Föreliggande rapport är ett försök att uppfylla ovanstående önskemål. Rapporten vänder sig främst till de praktiskt verksamma inom putsbranschen, t ex entreprenörer, konsulter och fastighetsförvaltare. Önskemålet att göra redovisning så samlad som möjligt har medfört att några mer omfattande motiveringar till olika påståenden och ställningstaganden inte kan ges. Detta görs däremot i Sandin (1983).

En strävan har varit att vara så objektiv som möjligt. Att alla skall uppfatta rapporten som helt objektiv är dock en utopisk tanke. I vissa frågor har det varit nödvändigt att göra egna värderingar. I största möjliga utsträckning redovisas dock även motstridiga uppfattningar.

I vissa fall kan olika tolkningar av vissa begrepp inom putsbranschen vara besvärande och föranleda missförstånd. För att eliminera detta ges i kapitel 2 en kort beskrivning av olika putser och ytskikt. Vidare diskuteras här vissa nomenklaturfrågor.

I kapitel 3 redovisas olika tekniska krav och problemställningar samt vilka faktorer som härvid har betydelse. Detta kapitel är till stor del en sammanfattning av Sandin (1983). I kapitel 4 görs en sammanvägning av olika faktorer som påverkar puts/ytskiktsvalet i en given situation.

I kapitel 5 redovisas ett antal skadeexempel. Skadorna beskrivs till utseende och förlopp, olika tänkbara skadeorsaker diskuteras, författarens bedömning av direkta skadeorsaker redovisas och förebyggande åtgärder anges.

## 2 VANLIGA FASADBEHANDLINGAR

### 2.1 Allmänt

Nomenklaturen inom fasadbehandlingsbranschen är i vissa fall något svävande och oklar. Ibland används ett visst uttryck för olika saker. I andra fall används olika uttryck för i princip samma sak. Som exempel kan nämnas begreppet "tjockputs". Vissa personer avser med detta uttryck en puts med en viss tjocklek. Andra personer menar att en tjockputs skall bestå av ett visst antal skikt, i allmänhet tre.

En lämplig utgångspunkt för att systematisera nomenklaturen är putskapitlet i HusAMA 72. Här används de grundläggande begreppen ytskiktsvariant, behandlingstyp och brukstyp.

Enligt HusAMA 72 är den slutliga putsytans struktur helt avgörande för ytskiktsvarianten. Bortsett från enstaka undantag saknar ingående material betydelse för ytskiktsvarianten. Som exempel på ytskiktsvarianter kan nämnas slätputs, kvastad puts och stänkt puts.

De olika ytskiktsvarianterna kan uppnås med ett antal olika behandlingstyper, vilka talar om hur olika brukstyper kombineras. Behandlingstypen anger alltså antal skikt och brukstyper. Brukstypen anger i sin tur brukets principiella sammansättning eller fabrikat.

Enligt HusAMA 72 kan man uppnå en viss ytskiktsvariant med helt skilda material och behandlingstyper. Ytskiktsvarianten "finsprutad puts" kan till exempel bestå av ett enda skikt "plastputs" eller av tre skikt kalkcementbruk. Den förra kan ha en tjocklek ca 2 mm och den senare ca 20 mm. För att den färdiga putsen på fasaden skall vara väldefinierad måste alltså både behandlingstypen (putsens uppbyggnad av olika skikt med olika sorters bruk) och ytskiktsvarianten (strukturen) anges.

Nomenklaturen i HusAMA 72 är entydig, men följs inte alltid. Vidare kan det i vissa fall vara svårt att dra gränsen mellan olika behandlingar, till exempel en tunn puts och en målning. För att slippa dessa gränsdragningsproblem används ofta begreppet ytskikt för det yttersta skiktet i en fasadbehandling.

Ett fasadbehandlingsalternativ som inte nämns i HusAMA är behandling av fasadytan med ett vattenavvisande preparat som inte bildar någon film på ytan och överhuvudtaget inte syns. Vattenavvisande impregnering, hydrofobering och silikonimpregnering är vanliga begrepp i detta sammanhang. Det första torde vara det lämpligaste.

## 2.2 Begrepp

Vill man behålla gängse språkbruk är det inte möjligt att göra helt entydiga definitioner så att varje begrepp betyder en enda sak. Överlappningar och tvetydigheter blir oundvikliga. Förtydningar kan i sådana fall bli nödvändiga. De vanligast förekommande begreppen kan sammanfattas på följande sätt:

**Ytbehandling:** Generellt begrepp för en behandling (Fasadbehandling) i skyddande och/eller förskönande syfte (putsning, målning, impregnering).

**Putts:** Generellt begrepp för en fasadbehandling som ger ett heltäckande skikt med minsta tjocklek 0.5 mm. Kan avse både enskilt skikt och ett helt system.

**Ytskikt:** Generellt begrepp för det yttersta skiktet i en fasadbehandling (färg, ytputs, slutputs).

Impregnering:	Behandling av fasadytan med ett preparat som tränger in i materialet och inte bildar något synligt skikt på ytan.
Ytskiktsvariant:	Ytstrukturen hos en puts eller ytskikt.
Behandlingstyp:	Beskriver hur en puts är uppbyggd.
Oorganiskt bindemedel:	Innehåller i huvudsak oorganiska komponenter (kalk, cement, murcement, gips och vattenglas). Mindre tillsatser av organiskt material kan förekomma.
Organiskt bindemedel:	Innehåller i huvudsak organiska komponenter (olja, alkyd och syntetiska polymerer).
Utstockning: (Grovsputs)	5-15 mm tjockt putsskikt som skall fylla ut ojämnheter i underlaget samt ge ytan önskad planhet och i vissa fall önskad ytstruktur.
Plastputs: (Plastfärg)	Begreppen används ofta för ytskikt med syntetiska polymerer som bindemedel.
Ädelputs:	Oorganisk puts som är genomfärgad och utförd med fabriksstillverkat torrbruk.
Tjockputs:	Puts med oorganiskt bindemedel och en totaltjocklek större än 8 mm.
Tunnputs:	Puts med en tjocklek 0.5-4 mm.

Slamning:	En tunnputs som kvastats ut. Underlagets struktur syns, t ex fogindelning.
Slätputs:	Putts med helt slät yta.
Stänkpuds:	En tunnputs som stänks eller sprutas på ytan.
Spritputs:	Putts där 20-50 % av sanden utbyts mot singel med kornstorlek 3-10 mm för att ge viss struktur.
Skrapad puts: (Rivputs)	Efter det att putsen hårdnat något, skrapas de yttersta 2-3 mm bort för att ge viss struktur.
Grundning:	Första påföring av puts eller ytskikt. Grundningens uppgift är främst att ge god vidhäftning för den slutliga behandlingen.
Underlag:	Det material på vilket en puts, ett ytskikt eller en impregnering appliceras. (För ett ytskikt kan alltså putsen vara ett underlag).
Vattenavvisande fasadbehandling:	Behandling som medför att det regnvatten som träffar fasaden i huvudsak inte absorberas.
Revetering:	Fritt hängande tjockputs med armeringsnät som fästs i väggen. I allmänhet avses puts på trävägg.
Filmbildande ytskikt:	Ytskikt som ger ett heltäckande skikt på ytan. I allmänhet avses organiska ytskikt.



Avfärgning: Målning med kalkfärg. (Begreppet används även i vissa fall för målning med andra färger.)

### 2.3 Putsbruk och putsuppbbyggnad

De traditionella putsbruken består av ett oorganiskt bindemedel, sand, vatten och tillsatsmedel. På senare tid har det även utvecklats putser med helt andra komponenter. Bindemedlet kan vara organiskt, sanden ersatt med annan ballast och vattnet ersatt av något lösningsmedel. Dessa putstyper faller dock utanför ramen för detta avsnitt.

Bindemedlen kan indelas i hydrauliska och icke hydrauliska bindemedel. Det enda icke hydrauliska bindemedlet är vanlig kalk, "luftkalk". Ett vanligt kalkbruk hårdnar i två skeden. I det första skedet sker en uttorkning, varvid det bildas kalciumhydroxidkristaller, vilka ger en viss hållfasthet åt bruket. I det andra skedet, när vattenhalten blivit tillräckligt låg, börjar det egentliga hårdnandet (karbonatiseringen). Under inverkan av luftens koldioxid ombildas kalciumhydroxiden till kalciumkarbonat. Denna process, som är en nödvändighet för att få en god kvalitet på putsen, sker långsamt från ytan och inåt. Dåliga klimatbetingelser (till exempel för torrt, för blött eller för kallt) kan störa denna karbonatisering i mycket hög grad.

Hydrauliska bindemedel som används i Sverige är främst cement, murcement och hydrauliskt kalk. Dessa bindemedel börjar att hårdna direkt efter vattentillsatsen. För att hårdnandet skall fortgå krävs viss tillgång till vatten.

Ett kalkbruk kan enligt ovan vara både hydrauliskt och icke hydrauliskt. Med benämningen "kalkbruk" avses vanligen det icke hydrauliska bruket. Avses ett hydra-

uliskt bruk bör detta anges särskilt. För att undvika missförstånd används ibland benämningen "luftkalk" för den icke hydrauliska kalken.

Det i praktiken mest använda bindemedlet består av en blandning av luftkalk och cement. Cementet ger ett säkert och snabbt hårdnande samt tillräcklig hållfasthet. Kalken ger en bättre smidighet hos det färska bruket och medför även att putsen inte blir alltför "stark".

Sanden till ett bruk måste uppfylla vissa krav, i huvudsak

- låg humushalt
- låg ler- och slamhalt (mindre än 10 procent)
- rätt korngradering
- lämplig mineralsammansättning (t ex gnejs, granit och kalksten)

Det största problemet i samband med sanden är korngraderingen. I princip skall korngraderingen vara sådan att de mindre kornen fyller ut mellanrummet mellan de större kornen. Detta krav återges i HusAMA 72 i form av ett siktdiagram, där gränskurvor för "tillåten" korngradering finns inlagda. Se FIG. 2:1.

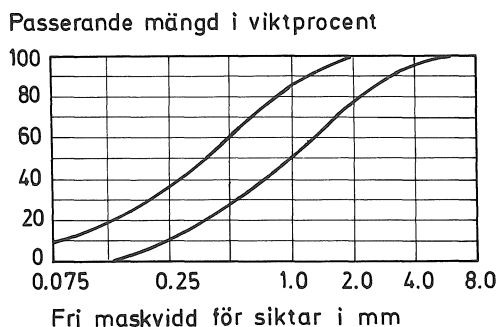


FIG. 2:1. Siktdiagram enligt HusAMA.

Vattnet till ett bruk får inte vara förorenat eller salthaltigt. Använd helst drickbart vatten!

Tillsatsmedel används för att modifiera egenskaperna hos både det färska och det hårdnade bruket. Luftporbildare är det vanligaste tillsatsmedlet. Det färska bruket får härigenom en smidigare konsistens och det hårdnade bruket en bättre frostbeständighet. Lufthalten i det färska bruket bör vara 10-20 %. Andra tillsatsmedel till putsbruk är

- konsistensförbättrande medel
- acceleratorer (påskyndar hårdnandet)
- retardatorer (fördröjer hårdnandet)
- vattenavvisande medel

De flesta tillsatsmedlen skall tillsättas i mycket små mängder, vilket medför stor risk för feldosering på en arbetsplats. Om möjligt bör tillsatsmedlen inblandas av bindemedels- eller bruksleverantören.

Brukssammansättningen anges med en bokstav-sifferkombination. Bokstavs-beteckningen är en förkortning av bindemedelstypen enligt följande

K	luftkalk
K <sub>h</sub>	hydrauliskt kalk
C	cement
KC	kalkcement
M	murcement

Bokstavs-beteckningen följs av ett mängdförhållande (viktsdelar) mellan bindemedel och sand. Summan av ingående bindemedel skall alltid vara 100. Ett vanligt bruk är KC 50/50/650 vilket innehåller 50 kg kalk, 50 kg cement och 650 kg sand.

Tidigare användes volymdelar i stället för viktsdelar. Härvid användes kolon i stället för snedstreck mellan de olika komponenterna. En omräkning från volymdelar

till volymdelar kan göras med hjälp av densiteterna

Kalk	650 kg/m <sup>3</sup>
Murcement	1000 kg/m <sup>3</sup>
Cement	1300 kg/m <sup>3</sup>
Sand	1300 kg/m <sup>3</sup>

En omräkning av KC 50/50/650 ger KC 2:1:12. Tidigare förekom även beteckningen KC 21/4 för detta bruk.

I HusAMA 72 indelas bruken efter olika hållfasthet i olika klasser. De vanligaste bruken är

Bruksklass	Bruksbeteckning
A	C 100/300 KC 10/90/350 M 100/350
B	KC 35/65/550 M 100/600
C	KC 50/50/650 M 100/900
D	KC 50/50/950

Vid nyproduktion används uteslutande dessa bruk. I samband med renoveringar används även andra varianter, till exempel kalkbruk. Ett vanligt fabriksblandat bruk för renoveringar är KC 60/40/625, vilket motsvarar KC 3:1:16.

Vattenmängden väljs så att bruket får en lämplig konsistens för det praktiska hanterandet i samband med putsningsarbetet.

Putsuppbyggnaden bestäms bland annat av underlaget, förväntade påfrestningar och estetiska krav. Antalet ingående skikt i putsen är vanligen 1-3. En grund-

princip vid putsuppbbyggnaden är att styrkan i de olika skikten skall avta utåt. Studerar man hela fasaden görs dock ofta avsteg från denna princip. På autoklavverad lättbetong är i allmänhet putsen starkare än underlaget.

Den under de senaste 20-30 åren vanligaste putsuppbbyggnaden är den traditionella treskiktsputsen, bestående av grundning, utstockning (grovputs) och ytskikt.

I HusAMA 72 (TAB P/2 och P/3) redovisas ett antal möjliga putsuppbbyggnader på olika underlag. Med utgångspunkt från en given ytskiktsvariant och ett givet underlag ges där alternativa putsuppbbyggnader. I vissa fall ges ett enda alternativ. I andra fall ges ett 10-tal olika alternativ, både 1, 2 och 3-skiktsbehandlingar.

I samband med renoveringar är HusAMA 72 inte alltid tillämpbar. Andra bruk och putsuppbbyggnader kan bli aktuella. Den grundläggande regeln härvid bör dock vara att bruket skall få ett tillfredsställande hårdnande samtidigt som det inte blir för starkt.

På senare tid har det blivit vanligt att utföra fritt hängande putser i samband med tilläggsisoleringar. Principen härvid är att en armeringsmatta fästes i väggen med infästningsanordningar, som medger varierande rörelsefrihet. Putsen appliceras sedan på armeringsmattan, som alltså blir den egentliga putsbäranden. Systemen har stora likheter med den gammaldags reveteringen.

#### 2.4 Ytskikt

Ett ytskikt är enligt den tidigare definitionen det yttersta (synliga) skiktet i en fasadbehandling. Ytskiktets materialsammansättning och tjocklek kan variera inom vida gränser. Bindemedlet kan vara orga-

niskt eller oorganiskt och tjockleken kan variera från ett tunt färgskikt till en ganska tjock puts. Om yt-skiktet skall bli tjockt eller tunt avgörs i huvudsak av ballasten. Adderas en viss mängd ballast (med en viss korngradering) till en färg kan ytskiktet definieras som en puts.

De oorganiska bindemedel som idag används är kalk, kalkcement, cement och silikat (kalivattenglas). Av dessa används silikat främst till målningsbehandlings- i relativt tunna skikt (mindre än 0.5 mm). De övriga bindemedlen används både till målning och tunnputsning.

En generell egenskap hos de oorganiska färgerna är att deras inverkan på fuktförhållandena i väggen är försumbara. För fabriksblandade färger, som ofta innehåller tillsatsmedel, kan förhållandena dock bli annorlunda.

De oorganiska färgerna ger i allmänhet inte en helt jämn kulör på fasaden. Dessa färgskiftningar ("liv i ytan") anses av många som en estetisk fördel.

Kalkfärg består av kalk, vatten och färgpigment. Kalkfärg finns att köpa färdigblandad. I dessa färger ingår även mindre tillsatser av fin ballast (filler) och tillsatsmedel. Kalkfärg används i huvudsak som ytskikt på kalkputs vid renoveringar. Kalkfärg har en relativt dålig beständighet, vilket medför att ommålning måste ske ofta. Hur ofta ommålningen måste ske beror i hög grad på hur pass utsatt fasaden är för väder och vind, vilka estetiska krav man ställer samt på betingelserna vid appliceringen. Bäst resultat uppnås när färgen appliceras i många tunna skikt, upp till 5-6 skikt rekommenderas i vissa fall. Tjocka skikt medför stor risk för avflagnings. Ett stort problem med kalkfärg är att vädret vid appliceringen har en avgörande betydelse för kvaliteten hos den färdiga ytan. Ett regn några dagar efter målningen kan medföra att färgen tvättas

bort. En bra utförd kalkmålning uppges se hyfsad ut i 2-10 år. Den lägre siffran kan gälla för ett utsatt kyrktorn och den högre siffran för en relativt skyddad fasad. De fabriksblandade kalkfärgerna anses ha en bättre beständighet. Någon siffra går dock inte att ange, eftersom erfarenheten ännu inte är så lång. Dessa färger kräver inte mer än 2-3 strykningar för ett gott resultat.

En fördel med kalkfärg är att den inte påverkar underlaget. En misslyckad målning medför sålunda ingen risk för att underlaget skadas. Eftersom färgen inte påverkar underlaget ställs det heller inga väsentliga hållfasthetskrav på underlaget. Det enda krav som ställs är att underlaget är renborstat. Gamla löst sittande kalkskikt måste avlägsnas.

Kalkcementfärg, som till skillnad mot kalkfärg alltid tillverkas i fabrik, består av kalk, vitcement, färgpigment, finkornig ballast, tillsatsmedel och vatten. Kalkcementfärgens beständighet är väsentligt bättre än kalkfärgens. Normalt är det tillräckligt med två strykningar. Kalkcementfärg kräver tillgång till fukt för att härda ordentligt. Vid torr väderlek kan det bli nödvändigt att fukta ytan dagarna efter appliceringen. En nackdel med kalkcementfärg är att vid fuktig och kall väderlek (på hösten) finns det risk för att ytan blir flammig. Detta gäller inte vita färger. Denna flammighet beror på kalkutfällningar och är praktiskt taget omöjlig att avlägsna.

Kalkcementfärgens krav och påverkan på underlaget är likartade med kalkfärgens. Lämpliga underlag för kalkcementfärg är kalkputs med god hållfasthet och kalkcementputs.

Cementfärg består av vitcement, färgpigment, tillsatsmedel och vatten. En viss mängd finkornig ballast kan även förekomma. Cementfärger görs ofta vattenavvisande genom olika tillsatsmedel. Färgen appliceras i två

skikt och beständigheten är god, likvärdig med kalkcementfärger. Kraven på tillgång till fukt under härdningen (2-3 dygn efter appliceringen) är större för cementfärg än för kalkcementfärg.

Cementfärg används främst på betong, cement- och kalkcementputser.

Silikatfärg består av vattenglas (kalisilikat), färgpigment, tillsatsmedel och finkornig ballast. Förr i tiden levererades alltid bindemedel och övriga komponenter var för sig. På senare år har man genom olika tillsatser lyckats tillverka en enkomponentfärg som levereras färdig för användning. Färgen appliceras oftast i två skikt.

Silikatfärg härdar under inverkan av luftens koldioxid, varvid vattenglaslet bildar kiseltsyra. Enligt vissa uppgifter reagerar vattenglaslet även med mineraliska underlag, varvid en "kemisk förankring" sker. Silikatfärg kan bli mycket hård och ställer större krav på underlaget än de andra oorganiska färgerna.

Silikatfärg har mycket god beständighet och kan användas på alla mineraliska underlag. En nackdel är att färgen är starkt alkalisk och etsar vissa material, till exempel glas.

De hittills behandlade ytskikten kan betraktas som färgskikt och påverkar inte ytans struktur i någon större utsträckning. Vill man ha ett tjockare ytskikt, till exempel för att få en viss ytstruktur, måste man välja en tunnputs.

Oorganisk tunnputs består av bindemedel, ballast, tillsatsmedel och vatten. Som bindemedel används främst kalkcement, även om det finns tunnputser med enbart kalk eller cement som bindemedel. Beträffande härdningen gäller samma sak som för respektive färger.



Eftersom en tunnputs är tjockare än en färg kommer den att påverka underlaget i väsentligt större utsträckning. Tunnputsen kan i sig bygga upp spänningar, som sedan överförs till underlaget. Kraven på underlagets hållfasthet blir alltså större när en tunnputs skall användas. Underlaget bör alltid ha bättre hållfasthet än tunnputsen. En cementtunnputs på en kalkputs är direkt olämpligt. Även kraven på god vidhäftning är stora för en tunnputs.

Beständigheten hos en tunnputs är bättre än beständigheten hos motsvarande färg. Eftersom skiktet är tjockare finns det helt enkelt mer material som kan eroderas bort innan underlaget syns. Tunnputserna tål även rengöring betydligt bättre.

Tunnputserna marknadsförs under en mängd olika namn. Som exempel kan nämnas stänkpuds, ädelstänkpuds, slamning, ädelslamning, tunnputs, ädeltunnputs, strukturputs och finputs.

Ökas ytskiktets tjocklek ytterligare erhålles en tjocklek som hamnar mellan en tunnputs och en tjockputs. Spritputs och skrapad puts (rivputs) är exempel på sådana. Dessa ytskikt tillverkas i allmänhet genomfärgade (ädelputser) och har mycket god beständighet. En riktigt utförd sådan behandling anses hålla i minst 50 år.

Beroende på dessa ytskikts stora tjocklek ställs stora hållfasthetskrav på underlaget. Det vanligaste användningsområdet är som ytskikt i en traditionell treskiktspuds.

De organiska bindemedlen kan varieras praktiskt taget obegränsat. Det äldsta organiska ytskiktet i fasadsammanhang är oljefärgen. På 1940-talet kom alkydfärgen, som kan sägas vara en utveckling av oljefärgen. På 1950-talet introducerades helsyntetiska bindemedel i Sverige. I början användes i huvudsak polyvinylacetat.

Senare introducerades polyvinylklorid, akrylat mm. I början fanns stora problem med dålig beständighet och inte minst en alltför stor optimism på de nya färgerna. Denna överdrivna optimism finns delvis kvar än idag. Även om dagens syntetiska ytskikt har en god beständighet så går det inte att använda dem hur som helst.

En väsentlig skillnad mellan organiska och oorganiska bindemedel är att de förra är filmbildande och har större fukt- och temperaturrelater. Ett organiskt ytskikt har även större elasticitet, vilket är en fördel. (Vid kyla försvinner dock elasticiteten delvis.) Organiska ytskikt är mer eller mindre vattenavvisande. Ånggenomsläppligheten hos organiska ytskikt varierar kraftigt, från mycket täta till relativt genomsläppliga.

En fördel med vattenavvisningen är att fasaden kan hållas relativt torr. En nackdel med vattenavvisningen är att det vatten som kommer in, till exempel genom sprickor, får svårt att komma ut. Ytskiktets rörelser medför även att de mekaniska påfrestningarna på underlaget ökar, främst vid stora skiktjocklekar. Med hänsyn till detta måste man ställa större hållfasthetskrav på underlaget vid organiska ytskikt än vid oorganiska. En dålig kalkputs bör aldrig förses med ett organiskt ytskikt.

Ett organiskt ytskikt anses i allmänhet vara lättare att rengöra, samtidigt som det är mindre smutsattraherande. Stora variationer kan dock förekomma, även hos ytskikt med i princip samma bindemedel. Olika tillsatsmedel har mycket stor betydelse. På ett organiskt ytskikt som mjuknar kraftigt vid hög temperatur, kan mycket väl smutspartiklarna fastna bättre än på ett organiskt ytskikt.

De organiska ytskikt som används idag är i huvudsak helsyntetiska, även om det förekommer ytskikt som är

baserade på alkyder. En stor skillnad mellan olika organiska ytskikt är om de är vatten- eller lösningsmedelsbaserade. Ett lösningsmedelsbaserat bindemedel innehåller väsentligt mindre partiklar, vilket möjliggör en bättre inträngning i underlaget. Ett vattenbaserat ytskikt kan inte användas vid låga temperaturer. Gränsen för applicering av vattenbaserade ytskikt anges ofta till +5<sup>o</sup> C. Ett lösningsmedelsbaserat ytskikt kan appliceras även vid minusgrader.

Att ange några generella skillnader i egenskaper hos de olika organiska ytskikten går inte. Små modifieringar i recepten kan medföra att egenskaperna ändras mycket kraftigt. Ytskikten kan i princip tillverkas med vilka egenskaper som helst!

I materialbroschyrer och i dagligt tal används ofta en mängd mer eller mindre väldefinierade begrepp i samband med organiska ytskikt. Plastfärg nämns ofta med ett negativt tonfall, samtidigt som latexfärg påstås vara det bästa tänkbara. Vad är då en plastfärg? Ordet plast är svårt att definiera entydigt. I princip kan man säga att en plast skall innehålla polymera organiska föreningar. Med denna definition på plast blir praktiskt taget alla organiska ytskikt "plastytskikt". Den rena oljefärgen kan dock hamna utanför begreppet plastfärg. En latexfärg definieras som en färg där bindemedlet består av små partiklar som är finfördelade i vatten. Eftersom dessa små partiklar består av polymerer så är utan tvekan en latexfärg en plastfärg.

För att undvika definitionsproblem i samband med plast bör man använda begreppet organiskt ytskikt i stället för plastfärg. Om bindemedlet kan definieras som plast eller inte saknar praktisk betydelse. Det avgörande är i stället om ytskiktet är filmbildande (organiskt) eller inte.

De i Sverige vanligast förekommande ytskiktens produktnamn och "typ" redovisas i BILAGA.

## 2.5 Impregnering

En impregnering är enligt den tidigare definitionen en behandling som tränger in i ett material och inte bildar något synligt skikt på ytan. Syftet med en impregnering kan vara olika. Det vanligaste syftet i fasad-sammanhang är att göra ytan vattenavvisande. I samband med stenfasader och utsmyckningar kan syftet även vara att förstärka materialet. Ibland används en impregnering som en förbehandling innan organiska ytskikt appliceras på en fasad. Syftet med denna impregnering kan vara förstärkning av underlaget eller vattenavvisning. De preparat som diskuteras här är främst avsedda till att impregnera en yta i efterhand. Vissa material tillverkas från början "vattenavvisande" rakt igenom, till exempel autoklaverad lättbetong och vissa putser. Härvid används delvis andra preparat.

Det verksamma ämnet i en vattenavvisande impregnering är i allmänhet en silikonharts. Denna silikonharts har stora likheter med en kvartskristall. Den väsenstliga skillnaden är att vissa syreatomer är utbytta mot en alkylgrupp enligt FIG. 2:2.

När ett material impregneras attraheras  $\text{SiO}$ -gruppen till materialet medan den vattenavvisande alkylgruppen vänder sig utåt enligt FIG. 2:3.

Impregneringsvätskan tränger in i materialet och absorberas på porväggarna i ett mycket tunt skikt. Ett molekyllager är tillräckligt för att göra porväggarna vattenavvisande. Eftersom impregneringsskiktets tjocklek är så liten påverkas knappast porsystemets utseende. Porerna är fortfarande öppna efter impregneringen. En konsekvens av detta är att materialets renodlade ånggenomsläpplighet (diffusion) inte påverkas av impregneringen. Vattengenomsläppligheten reduceras däremot mycket kraftigt, eftersom alkylgruppen är vattenavvisande. Vattnet kan helt enkelt inte "fästa" på porväggarna. Ett vattenavvisande filmbildande ytskikt

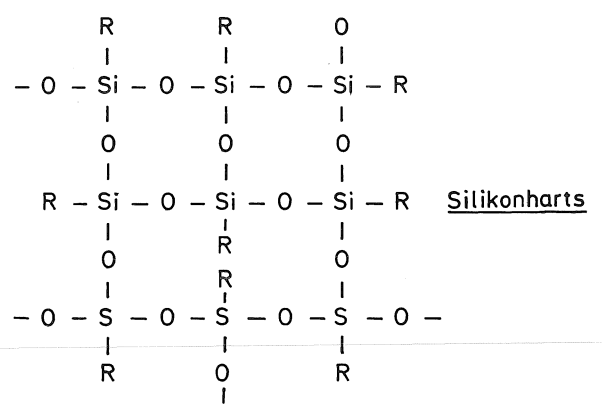
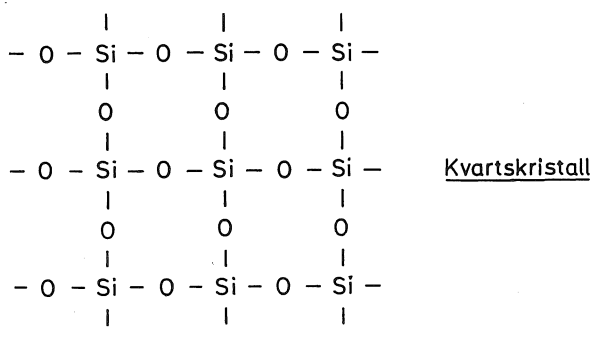


FIG. 2:2. Kvartskristall respektive silikonharts.

○ = alkylgrupp(R)  
 ● = SiO - grupp

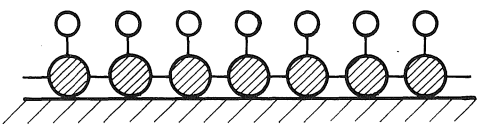


FIG. 2:3. Princip för silikonimpregnering.

kan däremot medföra att både ånggenomsläpplighet och vattengenomsläpplighet reduceras. Den principiella skillnaden mellan ett obehandlat material och ett material med en impregnering respektive ytskikt illustreras i FIG. 2:4.

En förutsättning för att en vattenavvisande impregnering skall fungera på avsett sätt är att det regnvatten som träffar fasaden inte på något ställe får kontakt med oimpregnerat material. Inträffar detta suges vatten obehindrat in och sprider sig bakom impregneringen. För att impregneringen skall få avsedd funktion måste följande krav uppfyllas:

- hela ytan skall behandlas
- stora sprickor får ej finnas
- visst minsta impregneringsdjup
- impregneringen måste vara beständig

Den maximala sprickbredd som kan accepteras är 0.2-0.3 mm. Bredare sprickor är svåra att få vattenavvisande.

Det minsta erforderliga impregneringsdjupet är beroende av materialstrukturen. I kompakta material, till exempel betong och vissa stenmaterial, anses 2 mm vara tillräckligt. I porösa material, till exempel puts, tegel och autoklaverad lättbetong, bör impregneringsdjupet vara minst 5 mm.

Impregneringens beständighet påverkas främst av alkaliteten i underlaget. Vissa silikoner bryts ned mycket snabbt av en hög alkalitet, till exempel i puts och betong. Avgörande för alkalibeständigheten är i huvudsak den alkylgrupp (R i FIG. 2:2) som används. I de första silikonerna, som introducerades på 1950-talet, bestod alkylgruppen av en metylgrupp ( $\text{CH}_3$ ). Dessa silikoner, som är de billigaste och som används än idag, är inte alkalibeständiga. Livslängden hos en sådan silikon i en alkalisk miljö är bara något år. Appli-

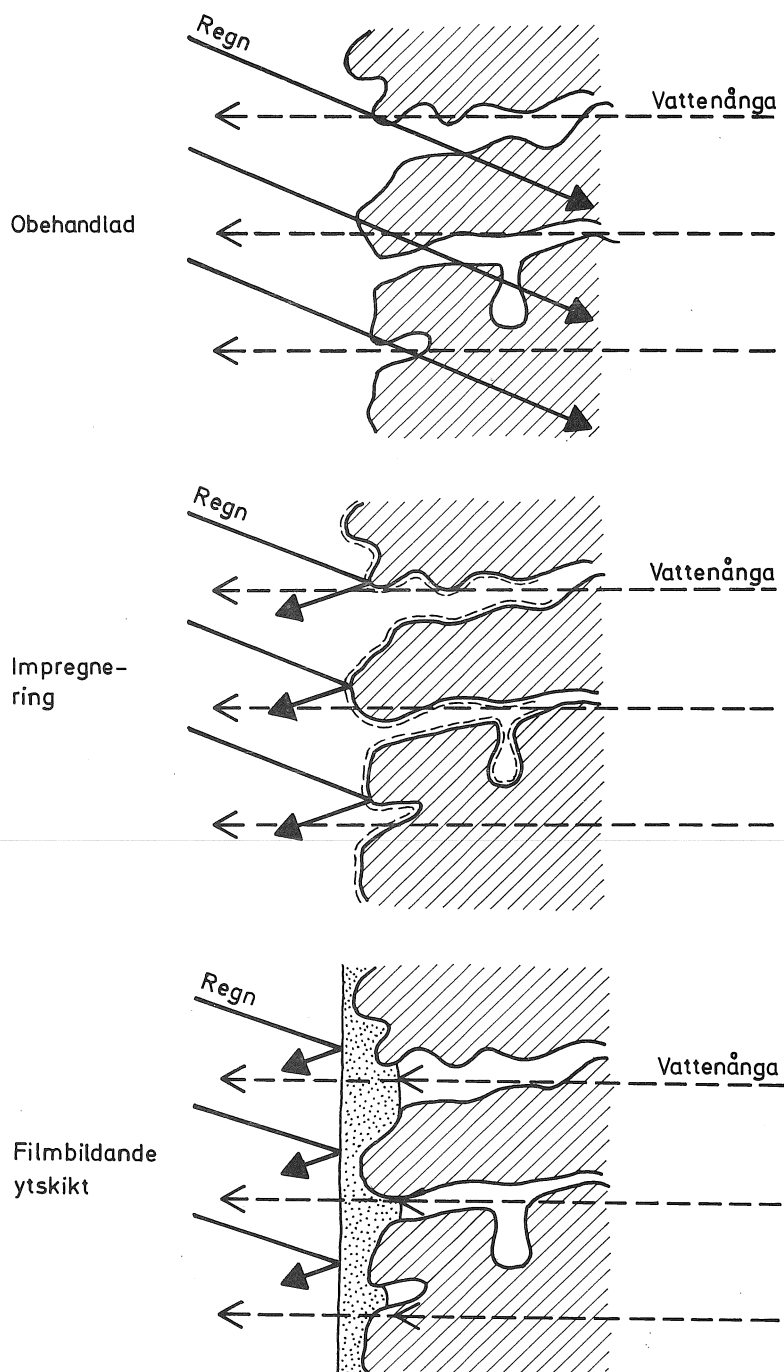


FIG. 2:4. Ytbehandlingens inverkan på fukttransporten.

ceras en metylsilikon på en tegelfasad kan efter något år fogarnas impregnering helt ha brutits ned, medan stenarnas vattenavvisning är bra. Effekten av detta blir då att vatten sugts in i fogarna, varefter stenarna absorberar vatten från fogarna. Eftersom uttorkningsmöjligheterna genom stenarna försämras på grund av impregneringen, kan slutresultatet bli att fasaden får ett högre fuktinnehåll med impregneringen än vad den skulle fått obehandlad.

För att en silikonharts skall vara alkalibeständig måste en större alkylgrupp än metyl användas, till exempel propyl-grupper ( $C_3H_7$ ) eller butyl-grupper ( $C_4H_9$ ).

Nymurade tegelfasader har alltid en mycket hög alkaliitet i fogarna. Med hänsyn härtill bör en sådan fasad inte impregneras alltför snabbt. Minst en månad bör man vänta mellan murning och impregnering.

De vattenavvisande silikonpreparaten marknadsförs under en mängd mer eller mindre fantasifulla namn. Den i fasaden färdiga slutprodukten är alltid densamma, nämligen en silikonharts. Det enda som skiljer är alkylgruppen. Preparatet som appliceras kan dock variera, även om alkylgruppen är densamma. Skillnaden ligger främst i vilket lösningsmedel som används och i vilket polymerisationsstadium silikongrupperna befinner sig. För fasadimpregneringar används i huvudsak följande typer

- silikonater
- silikonhartser
- silaner
- siloxaner

Silikonater har vatten som lösningsmedel. Efter det att vattnet avdunstat reagerar silikongrupperna med varandra under inverkan av luftens koldioxid och bildar en silikonharts. En nackdel med silikonat är



att inträngningsdjupet i vissa (täta) material blir begränsat. En fördel är att det går att impregnera fuktiga ytor.

Silikonhartser består av färdigpolymeriserad silikonharts upplöst i ett lösningsmedel, i allmänhet lacknafta eller motsvarande. I fasaden sker ingen kemisk reaktion. När lösningsmedlet avdunstat är impregneringen fullt verksam. En nackdel med silikonharts är att de färdigpolymeriserade molekyllgrupperna är stora och sålunda inte kan tränga in i små porer. En fördel jämfört med silikonat är att ytor som tidigare gjorts vattenavvisande enkelt kan behandlas igen.

Silaner består av enskilda silikonmolekyler upplösta i ett lösningsmedel, ofta alkohol. Under inverkan av luftens fuktighet reagerar de enskilda molekyllerna med varandra och bildar en silikonharts. Eftersom både lösningsmedlet och silikonpreparatet består av relativt små molekyler ger silanerna den bästa inträngningen i underlaget, även i mycket små porer. En nackdel med silaner är att de, på grund av de små molekyllerna, är mycket lättflyktiga. Risk finns för att preparatet hinner avdunsta innan det hinner polymeriseras. Liksom silikonater kan silaner appliceras på något fuktiga underlag.

Idag pågår även en utveckling av vattenbaserade silaner.

Siloxaner består av delvis polymeriserade silikongrupper upplösta i ett lösningsmedel, ofta alkohol. Genom förpolymeriseringen blir siloxaner mindre lättflyktiga än silaner, samtidigt som inträngningsförmågan reduceras.

Genom att variera alkylgruppen och silikontypen kan man få ett vattenavvisande impregneringsmedel för de flesta situationer. På icke alkaliska underlag duger den billigare varianten med en metylgrupp. Vill man

däremot ha en beständig impregnering på ett alkaliskt underlag måste en annan (och dyrare) alkylgrupp väljas. Även med en alkylgrupp som betraktas som alkalibeständig, måste man dock vänta en tid (någon månad) innan man impregnerar färsk puts och betong. Den färsk putsen eller betongen har nämligen en alltför hög alkalitet.

På mycket finporösa underlag (betong och vissa stenarter) måste man välja en silan eller siloxan för att få en betryggande inträngning. På grovporösa underlag kan även silikonater och silikonhartser fungera.

Silikonolja är en annan vattenavvisande produkt, som inte skall användas till vattenavvisande fasadimpregneringar. Det har dock förekommit att silikonoljor använts på fasader. Resultatet har blivit en smutsattraherande fasad, eftersom silikonolja är något "oljiga". Det är vidare tveksamt om en sådan behandling kan betraktas som en impregnering, eftersom den mer eller mindre fyller upp porerna.

Livslängden, d v s den tid impregneringen fyller sin funktion att vara vattenavvisande, varierar kraftigt. Den kan dessutom vara svår att definiera. En viss nedbrytning, och därmed en viss ökning av vattenabsorptionen, behöver ju inte betyda att livslängden är slut. Väljs en icke alkalibeständig behandling på ett alkaliskt underlag, kan vattenavvisningen praktiskt taget upphöra helt efter några månader. Hur länge en alkalibeständig behandling, som gjorts på rätt sätt, behåller sin vattenavvisande effekt vet man inte. Produkterna är nämligen inte tillräckligt gamla ännu. Den praktiska livslängden är dock enligt tillverkarna mer än 15-20 år.

I vissa fall vill man göra en impregnering för att förstärka det befintliga materialet i fasaden. För detta ändamål används idag främst en kiselsyreester, som i fasaden ombildas till kiseldioxid. I putssam-

manhang är metoden relativt ovanlig.

Möjligen kan man tänka sig att fixera en något vittrad yta med kiselsyreester. Härvid är det dock av största betydelse att förstärkningen görs ända in till friskt material. I annat fall riskerar man ett hårt skal på ytan medan hållfastheten längre in är dålig.

Den förstärkande impregneringen kan kombineras med vattenavvisning. Denna variant kan vara en slutlig fasadbehandling eller utgöra en grundning (primning) för ett annat ytskikt. En vattenavvisande impregnering under ett organiskt ytskikt kan fungera som en extra säkerhet mot vatteninträngning vid slagregn. Om det uppstår en spricka i ytskiktet, eller om det är slarvigt applicerat, kommer ju impregneringen att överta den vattenavvisande funktionen. Vid stora genomgående sprickor gäller dock inte detta.

De i Sverige vanligast förekommande impregneringsmedlens produktnamn och "typ" redovisas i BILAGA.

---

### 3 TEKNISKA KRAV OCH PROBLEM

Putser och ytskikt utsätts alltid för ett antal påfrestningar. För att dessa påfrestningar inte skall medföra några skadliga effekter måste putser och ytskikt uppfylla vissa krav. I vissa fall kan dessa krav specificeras siffermässigt, men oftast saknas denna möjlighet. Man får då tillgripa kvalitativa bedömningar och framför allt grunda sig på den praktiska erfarenheten.

I detta avsnitt behandlas kortfattat de väsentligaste påfrestningarna och deras inverkan på fasadens funktion. Den teoretiska behandlingen av olika problemområden är mycket summarisk eller obefintlig. Huvudvikten har lagts vid de praktiska konsekvenserna. Den teoretiska bakgrunden till olika påståenden finns i Sandin (1983).

De olika problemområdena behandlas här var för sig. Vid en bedömning i praktiken måste alla faktorer studeras samtidigt. Alla krav och önskemål kan sällan uppfyllas i en given situation. En kompromiss blir nödvändig. Härvid är det i högsta grad väsentligt att man gör en rimlig avvägning mellan olika krav. Ställs för stora krav i ett visst avseende, kan resultatet bli att andra elementära krav inte uppfylls.

#### 3.1 Frostsprängning

I Norden torde frostangrepp vara en av de vanligaste skadeorsakerna i samband med fasader. Skadorna kan visa sig på olika sätt. Avflagnad färg, spjälkning av tegel eller puts och total sönderfrysning av vissa partier är några exempel. Skadorna är i huvudsak av estetisk natur men kan i vissa fall utvecklas så att risk finns för byggnadens bestånd.

När en frostskada inträffat är det ofta svårt att ange

en enda orsak till det inträffade (bortsett från att självklart fuktinnehållet varit för högt). Samverkan mellan flera faktorer är ofta avgörande. Ett misstag i den byggnadstekniska utformningen eller ett mindre fel i materialtillverkningen behöver inte medföra frostskador. Inträffar misstagen samtidigt ökar däremot risken kraftigt. Frostskadorna behöver inte heller inträffa första eller andra vintern, utan kan mycket väl dröja till dess klimatet är särskilt påfrestande. Vintern 1980-81 var mycket besvärlig med hänsyn till frostpåkänningar. Vintern var inte speciellt kall, men mycket fuktig och med många nollpunktspassager. Enligt danska uppgifter vara det i det detta avseende den värsta vintern på 30 år.

Begreppet frostbeständighet kan inte betraktas som en generell materialegenskap. Ett material kan mycket väl vara frostbeständigt i en viss miljö men inte i en annan. Begreppet frostbeständighet är alltså relativt. Något absolut siffervärde på ett materials frostbeständighet går inte att ange. I materialbroschyrer anges stundtals att ett visst material är frostbeständigt (frostresistent, frosthärdigt, etc). Dessa påståenden baserar sig då på en viss provningsmetod eller praktisk erfarenhet. Ändrar man provningsmetod eller användningssätt av materialet, kanske det skulle klassificeras som icke frostbeständigt.

Frostbeständighetsproblematiken i samband med ytbehandlade fasader är mycket komplicerad och några generella provningsmetoder, som ger helt tillförlitliga resultat, finns inte. Vid bedömningar av risk för framtida frostangrepp och vid skadeutredningar måste man till stor del förlita sig på den praktiska erfarenheten. Denna erfarenhet tillsammans med olika hypoteser och provningsmetoder kan ge ett hyfsat bedömningsunderlag.

I samband med putsade fasader måste man skilja på de enskilda materialens och kombinationens frostbestän-

dighet. En kombination av två material, vilka var för sig anses frostbeständiga i aktuell miljö, kan mycket väl få en dålig frostbeständighet.

För enskilda material redovisar Fagerlund (1972) tillåtna fukttillstånd för att något frostangrepp ej skall ske. Det måste dock påpekas att inhomogeniteter i materialen kan förändra dessa värden. I tegel kan det finnas inre lamelleringar, i vilka islinser kan bildas och förorsaka sprängningar. Den praktiska erfarenheten tyder på att många skador beror på detta. Islinsbildning har även iakttagits i gamla svaga kalkputser.

Den praktiska erfarenheten har även visat att frostangreppen förvärras vid närvaro av salter. I murverk som har uppstigande markfukt blir risken för frostska-  
dor speciellt stor efter en ytbehandling, eftersom denna kan höja både fukt- och saltinnehållet.

Målning med organiska färger på tegel har erfarenhetsmässigt givit upphov till frostska-  
dor i relativt många fall. En vanlig förklaring till dessa skador är att färgskiktet inte gjorts heltäckande, vilket medfört lokalt höga fuktinnehåll vid sprickor eller andra defekter. En liten frostska-  
da öppnar sedan större möjligheter för vattnet att tränga in, vilket sedan accelererar skadeutvecklingen. Erfarenheten är väsentligt bättre om det finns en slamning mellan tegel och färgskikt. En möjlig förklaring till detta är att slamningen fungerar både som "fuktutjämnare" vid regn och som "fuktmottagare" vid frysning.

Med utgångspunkt från praktisk erfarenhet, hypoteser och laboratorieprovningar kan följande slutsatser dras med avseende på frostbeständighetsproblematiken:

- Luftporbildande tillsatser i oorganiska putsbruk förbättrar frostbeständigheten och bör alltid användas.

- Frostbeständigheten hos KC-bruk ökar med cementhalten.
  
- Ett putsbruk av bruksklass C med luftinblandning (12-15 %) har i de flesta situationer en tillräcklig frostbeständighet. Vid kraftig frostpåkänning bör ett bruk i bruksklass B väljas.
  
- En puts måste få tillfälle att härda innan den utsätts för frysning.
  
- Dåliga betingelser under putsens härdning kan ge dålig frostbeständighet i framtiden. Snabb uttorkning eller alltför långsam bortsugning av det färska brukets överskottsvatten är några exempel.
  
- De flesta frostsador har ett samband med läckage eller dåliga avtäckningar. Även taksprångets storlek har stor betydelse.
  
- Ytbehandla ej fuktiga murverk på hösten/vintern.
  
- Murverk med uppstigande markfukt bör ej ytbehandlas.
  
- Tunna ytskikt direkt på tegel har visat sig vara vanskligt. En slamning mellan tegel och ytskikt har visat sig fungera bättre. Ju tjockare slamning, desto säkrare resultat.
  
- Tegel som skall ytbehandlas bör vara frostresistent enligt SIS 22 01 11.

- Tunna ytbehandlingar medför i allmänhet ingen förbättring av fasadens frostbeständighet. I vissa fall kan motsatsen inträffa.

### 3.2 Saltangrepp

Närvaro av salter i byggnadsmaterial kan medföra estetiska och tekniska olägenheter. Dessa salter kan ha helt olika ursprung. I vissa fall finns de från början i materialet. I andra fall tillförs de i efterhand, till exempel från marken genom uppstigande markfukt. Salterna kan även bildas i väggen genom olika kemiska reaktioner.

Det allvarligaste saltangreppet visar sig i form av en total nedbrytning av materialet. Den andra ytterligheten är att saltet inte medför några olägenheter alls. Mellan dessa ytterligheter finns hela skalan representerad, till exempel ytavflagning, ytvittring och utblomstringar på ytan.

Enbart närvaron av salt medför i allmänhet inga olägenheter. För att olägenheter skall uppstå måste även andra förutsättningar vara uppfyllda. Den väsentligaste faktorn härvid är att det även finns fukt närvarande. Olika fuktförhållanden och olika salttyper kan medföra helt skilda konsekvenser.

De vanligast förekommande salterna är sulfater, nitrater och klorider. Som exempel på positiva joner kan nämnas kalcium, natrium och magnesium. Den vanligaste källan för saltet är uppstigande markfukt. Sulfater finns praktiskt taget i all markfukt och härstammar bland annat från luftens svaveldioxid. Nitrater i marken kan exempelvis komma från urin och gödning. Klorider finns alltid i havsvatten och är alltså aktuellt vid kusterna. I gamla källare finns ofta rester av vanligt koksalt (klorid) från en tidigare lagring av



saltade produkter.

Ofta räknas även "kalkutfällningar" till saltangrepp. Kalkutfällningen härstammar från den kalciumhydroxid som tillförs genom kalk och cement, till exempel i puts- och murbruk. Kalciumhydroxiden bildar slutligen en svårlöslig kalciumkarbonat på ytan. Problemet behandlas separat i andra avsnitt.

Olika salter är olika farliga med hänsyn till risken för saltsprängning. Särskilt farliga torde sådana salter vara som kristalliserar med olika kristallvattenhalt vid olika temperatur och fuktighet i luften. Även salternas förmåga att lösa sig i vatten samt den luftfuktighet som erhålles över en mättad saltlösning har stor betydelse för om salternas närvaro i väggen skulle ge några problem. Om saltets karaktäristiska RF-värde är lägre än luftens relativa fuktighet kan nämligen saltet absorbera vatten från luften, vilket i sin tur medför att de fuktmekaniska förhållandena i väggen ändras. Karaktäristiska RF-värden och maximal löslighet vid 20 °C redovisas i TAB. 3:1 för några vanliga salter.

TAB. 3:1. Löslighet och karaktäristiskt RF-värde för några vanliga salter vid 20 °C.

Salt	Löslighet (g/l)	RF-värde (%)
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1215	55
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	758	55
$\text{CaCl}_2$	745	33
$\text{NaCl}$	358	76
$\text{MgSO}_4$	355	90
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	214	92
$\text{Na}_2\text{SO}_4$	193	93
$\text{CaSO}_4$	2.02	98
$\text{CaCO}_3$	0.013	--

Saltsprängningsmekanismerna och olika faktorer som inverkar är inte helt kända. Olika uppfattningar står delvis mot varandra. Det enda helt säkra är att det är ett komplicerat förlopp med många inverkande faktorer samt att risken för skador i huvudsak är koncentrerad till det ställe där avdunstning förekommer. Sker avdunstningen från ytan sker saltutfällningen där, vilket i vissa fall medför en ytvittring. Ligger däremot avdunstningszonen inne i väggen, till exempel under en puts, kommer salthalten att öka där med åtföljande sprängningsrisk. I murverk kan förhållandena bli helt olika i mursten och fog, eftersom dessa har helt olika egenskaper. Även olika murstenar i samma vägg kan besitta helt olika egenskaper. I gamla tegelmurverk är det mycket vanligt att vissa stenar vittrar kraftigt, medan andra intilliggande stenar är helt oskadade. De stenar som vittrar kan exempelvis vara lösbrända, medan de oskadade är mer hårdbrända. Den lösbrända stenen är mer finporös än den hårdbrända, vilket medför att den lättare suger åt sig vatten med tillhörande salt. Salthalten blir alltså högre i den lösbrända stenen. Den lösbrända stenen har även sämre hållfasthet, vilket förvärrar situationen ytterligare.

Vid nyproduktion är allvarliga saltangrepp ovanligt. Det vanligaste problemet vid nyproduktion är saltutfällningar på nyuppförda tegelmurverk. Dessa försvinner dock i allmänhet efter något eller några år utan att någon speciell åtgärd behöver vidtas.

Vid renovering av äldre hus kan det finnas kraftiga saltangrepp, vilka måste åtgärdas på något sätt.

Även om det finns många frågetecken i samband med saltvittring ges i det följande några synpunkter och riktlinjer för hur man kan stoppa eller åtminstone minska en fortsatt skadeutveckling när man ställs inför en saltskada. Åtgärderna kan indelas i 3 steg enligt följande:

1. Analys av fukt- och saltförhållandena.
2. Stäng av fukt- och saltkällorna.
3. Om punkt 2 är omöjlig, eller om det i väggen befintliga saltet är skadligt, måste saltet avlägsnas eller passiveras.

Analysen av fukt- och saltförhållandena syftar till ett fastställande av varifrån fukt och salt kommer. Härvid måste man då beakta samverkan mellan fukt och salt. Fuktkvoter (eller något annat fukttillstånd), saltkoncentrationer och jämviktsfukthalter på olika djup och höjd i väggen är nödvändiga att känna till för en lämplig diagnos. En kemisk analys av salterna är också värdefull. Att enbart grunda sin bedömning på fuktkvoter är förrädiskt. Dels kan fuktkvoten variera mycket kraftigt inom ett visst material, beroende på varierande materialegenskaper. Dessutom kan saltinnehållet påverka fuktkvoten. I ett material utan salt kanske en viss relativ fuktighet ger fuktkvoten 0.5 %. I samma material med ett visst salt kanske motsvarande siffra blir 5 %. Ett exempel på vilka misstag som kan begås genom att enbart studera fuktkvoten illustreras av FIG. 3:1. Med utgångspunkt från enbart fuktkvotfördelningen blir slutsatsen att fukt tillförs från ytan. Genom att även studera jämviktsfuktkvoterna ser man emellertid att detta inte är självklart. Fuktkvoterna inne i väggen ligger nämligen över jämviktsfuktkvoterna där. I ytan är däremot fuktkvoterna ungefär desamma som jämviktsfuktkvoterna. Anledningen till att ytan har ett högre fuktinnehåll är helt enkelt att salthalten är högre där.

När man skaffat sig en uppfattning om varifrån fukt och salt kommer, blir nästa steg att stänga av fortsatt tillförsel. Detta låter enkelt, men kan många gånger vara besvärligt och dyrbart. Ibland är det också praktiskt omöjligt. I många fall med saltskador

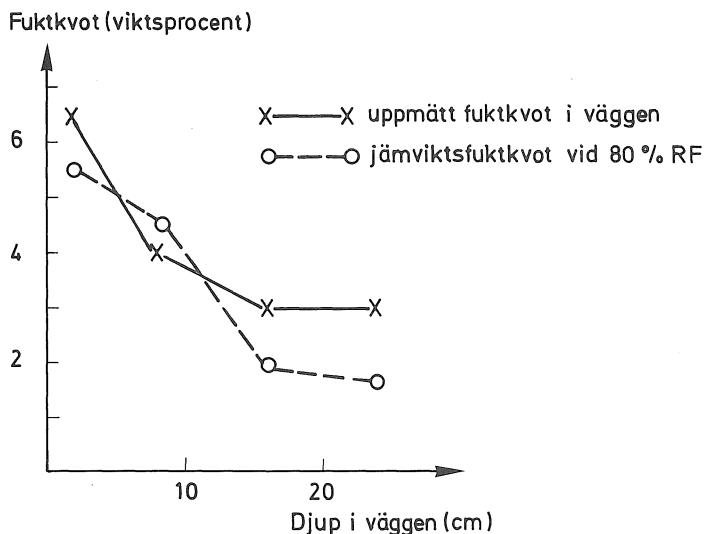


FIG. 3:1. Exempel på fuktförhållanden i tegelvägg med visst saltinnehåll.

kommer salt och vatten från uppstigande markfukt. I sådana fall skall alltså markfukten elimineras. Åtgärder för detta är bland annat dränering eller inbyggnad av något kapillärbrytande skikt i väggen. Det senare kan göras genom uppsågande av slitsar, i vilka något kapillärbrytande material placeras. Ett annat alternativ är injicering av kemiska preparat som gör ett snitt av väggen vattenavvisande.

Om man inte lyckas med att avstänga salttillförseln, eller om det i väggen befintliga saltet är skadligt, måste andra åtgärder vidtas. Om salttillförseln fortsätter måste dessa åtgärder eventuellt upprepas med vissa tidsmellanrum. Exempel på sådana åtgärder är avlägsnandet av saltet, passivering av saltet eller styrning av saltsprängningsmekanismen.

Borttagande av saltet (avsaltning) kan göras på i huvudsak två sätt, nämligen genom utbyte av salthaltigt material eller genom någon form av extraktion med vatten. I de fall saltet i huvudsak finns i en puts

kan det första alternativet vara tänkbart. När däremot saltet är lokaliserat till djupare belägna delar av väggen eller om väggmaterialet av andra skäl inte får utbytas, måste avsaltningen göras genom extraktion. Några säkra metoder, som är praktiskt användbara i större skala, finns inte för detta.

Passivering av väggens saltinnehåll innebär att ett med hänsyn till saltsprängning farligt salt omvandlas till ett ofarligt salt. Principen för detta är att tillföra ett kemiskt preparat som reagerar med aktuellt salt. Metoden är dock inte helt riskfri eftersom nya salter tillförs väggen. Förutom risken för överdosering finns även risken för skadliga biprodukter.

Ett annat sätt att påverka saltsprängningen, utan att stänga av fukt- och salttillförseln, är att styra fukt- och saltförhållandena i riskzonen. Vill man undvika synliga saltutfällningar och ytvittring kan man förflytta avdunstningszonen inåt i väggen. Detta kan göras genom att göra det yttersta skalet vattenavvisande. Alternativt kan man göra ytan helt tät så att ingen avdunstning förekommer. Dessa metoder medför dock en stor risk för att skadorna på längre sikt blir allvarligare. En avdunstningszon inne i väggen medför ju att påfrestningarna där blir stora. Har väggmaterialet hög hållfasthet kan metoderna lyckas. Ofta är emellertid hållfastheten dålig.

Har väggmaterialet, av kulturhistoriska eller andra skäl, stort värde och till varje pris måste bibehållas, kan man tillgripa en så kallad "offerputs". Detta innebär att en relativt svag puts appliceras på ytan. Sammansättning och tjocklek väljs så att avdunstningszonen hamnar i putsskiktet. Resultatet blir att putsen skadas istället för underlaget. Teoretiskt verkar detta enkelt, men i praktiken kan det vara svårt att genomföra. Metoden används dock som en nödlösning.

### 3.3 Vidhäftning

En god vidhäftning är en grundförutsättning för att putser och ytskikt skall fungera tillfredsställande. Dålig vidhäftning i samband med tjockputs medför bompartier, som efterhand kan utvecklas till putsnedfall. Vid organiska ytskikt kan följderna av en dålig vidhäftning bli blåsbildning, som efterhand utvecklas till avflagnings. Blåsbildning i organiska ytskikt anges ofta bero på ett högt "ångtryck inifrån". Denna förklaring är dock mycket tveksam. De ångtryck som kan uppstå är nämligen mycket små. En mer sannolik förklaring är fukt- och temperaturrörelser hos ytskiktet i kombination med dålig eller obefintlig vidhäftning. När blåsan väl har bildats kan vatten, is och salt utvidga den ytterligare så att den slutligen brister.

Vidhäftningszonen utsätts för ett flertal olika påkänningar. Omedelbart vid putspåslaget uppträder en spänning på grund av putsens egenvikt. När putsen (eller ytskiktet) börjar torka och hårdna tillkommer krympspänningar. Senare tillkommer spänningar på grund av fukt- och temperaturrörelser, vindkrafter, rörelser i underlaget samt inverkan av frost- och saltangrepp. Även rent kemiska reaktioner kan ge påkänningar.

Frågan om hur stor vidhäftningen måste vara för att putsen inte skall lossna i praktiken är svår att besvara. För att kunna bära sin egenvikt krävs ingen större vidhäftning. Yttre påfrestningar, till exempel fukt- och temperaturrörelser, krympning vid hårdnandet, rörelser i stommen och frostpåkänning, medför dock stora spänningar i vidhäftningszonen. En enkel tumregel är att vidhäftningen bör vara lika stark som putsens draghållfasthet. Mot detta kan dock invändas att om både putsens hållfasthet och vidhäftningshållfastheten är större än underlagets hållfasthet, kommer ett eventuellt brott att ske i underlaget, vilket är allvarigare än om enbart putsen lossnar. Med hänsyn härtill kan man då formulera kravet så att vidhäft-

ningshållfastheten skall vara lika med putsens hållfasthet, men något mindre än underlagets hållfasthet.

Några generella siffermässiga krav på erforderlig vidhäftning finns inte. I HusAMA 72 uttrycks vidhäftningskravet verbalt med "puts skall häfta vid underlag och mellan olika påslag". I ER-översikten för puts anges att en högre vidhäftningshållfasthet än 0.2 MPa är utan praktisk betydelse. När det gäller målning på underlag med hög hållfasthet förekommer ibland högre krav. 0.8 MPa har nämnts som ett lägsta värde vid målning på betong.

En god vidhäftning förutsätter att putsen/ytskiktet har en perfekt kontakt med underlaget. Detta innebär i sin tur att förutsättningarna för en god vidhäftning grundläggs vid appliceringen. Får man inte en god kontakt vid appliceringen, finns inga större förutsättningar för att vidhäftningen skall bli god. Har man däremot en god kontakt från början, kommer vidhäftningen att öka med tiden. Ett grundläggande problem är sålunda hur man skall få en god kontakt mellan puts och underlag. I detta sammanhang används även begreppet "vätning", dvs putsens/ytskiktets förmåga att väta underlaget. Underlagets förmåga att suga åt sig vatten och bindemedelsblandningen från putsen/ytskiktet är härvid av avgörande betydelse. Detta påverkas i sin tur, förutom av underlagets sugförmåga, av brukets sammansättning. Några andra faktorer som påverkar vidhäftningen är underlagets skrovlighet och renhet samt härdningsbetingelserna.

Betydelsen av att putsen väter underlaget ordentligt, och vilka faktorer som påverkar detta, framgår tydligt i Högberg (1967). Högbergs undersökningar visar entydigt att underlagets sugförmåga samt brukets förmåga att avge vatten-bindemedelsblandningen till underlaget är helt avgörande för vidhäftningen. En kraftig sugning hos underlaget är alltid riskabel för putsens vidhäftning. Detta kan man lätt motverka genom en

förvattning innan putsningen. Vid kraftigt sugande underlag duger dock inte en lätt duschning, utan en verklig vattning behövs. (Vattningen får dock inte vara så kraftig att fritt vatten finns på ytan vid putsningen. En viss sugning skall alltid finnas.) Görs detta erhålles en mycket god vidhäftning med alla vanliga putsbruk. Om man däremot inte förvattnar ordentligt, måste man använda bruk med mycket vatten i förhållande till bindemedelsmängden. Detta innebär att man antingen måste välja ett magert bruk med "normalkonsistens" eller ett lättflytande bruk. Vid en traditionell treskiktspots medför grundningsskiktet att sugningen dämpas för själva utstockningen. För att grundningsskiktet, som är ett fett bruk, skall få god vidhäftning måste detta ha en mycket lättflytande konsistens (välling).

Tillsatsmedel till bruket kan påverka vidhäftningen i hög grad. Luftporbildare används i de flesta bruk för att förbättra frostbeständighet och arbetbarhet. Dessa luftporbildare medför dock en försämrad vidhäftning. Anledningen till detta är enligt Högberg att en ansamling av luftporer sker i vidhäftningszonen och att luftporinblandningen medför en mindre vattenhalt i bruket.

Underlagets skrovlighet har enbart betydelse under den första tiden efter appliceringen. På lång sikt kan man få bra vidhäftning även mot släta ytor, till exempel glas. På en helt slät och icke sugande yta är det dock svårt att rent praktiskt applicera en tjockputs. En föregående grundning med ett tunt lager blir här nödvändig.

Underlagets renhet har självfallet en stor betydelse. Fett och sot på ytan försämrar vätningen kraftigt. En mindre mängd lösa partiklar kan dock tillåtas. Den applicerade putsen/ytskiktet kan absorbera dessa partiklar. När mängden lösa partiklar blir för stor är detta inte möjligt. En ordentlig rengöring av under-



laget är sålunda en absolut förutsättning för en god vidhäftning.

Härdningsbetingelserna efter appliceringen påverkar vidhäftningsutvecklingen på samma sätt som hållfasthetsutvecklingen i själva bruket/ytskiktet. Detta innebär till exempel att en snabb uttorkning av en KC-puts ger en sämre vidhäftning. Detta beror dels på att de kemiska reaktionerna inte sker ordentligt och dels på att krympsprickor kan uppstå i vidhäftningszonen. För ett kalkbruk måste karbonatiseringen ha nått in till vidhäftningszonen innan man kan räkna med någon större vidhäftning, vilket kan ta lång tid.

Den grundläggande förutsättningen för en god vidhäftning hos en puts, förmågan att väta underlaget, kan lätt kontrolleras i samband med putsningsarbetet. Härvid fästes en gasväv på underlaget, vilken sedan putsas över. Efter någon minut dras putsen bort och kontaktytan studeras. För att det skall finnas förutsättningar för en bra vidhäftning skall underlaget vara helt täckt av bruksrester eller bindemedelspasta.

Principerna för att få god vidhäftning är enkla och entydiga, varför några problem med vidhäftningsbrott egentligen inte skulle behöva förekomma. Det mest grundläggande kravet är att underlaget är rent och att putsen/ytskiktet väter underlaget ordentligt, vilket är lätt att kontrollera på arbetsplatsen. Vid starkt sugande underlag kan det vara svårt att uppnå fullständig vätning. Detta kan då åtgärdas på två sätt. Antingen minska underlagets sugning eller använda ett putsbruk som har en lättflytande bindemedelsvälling. I den putstradition som finns idag använder man en kombination av dessa metoder. Först en lätt förvattning och sedan grundning med ett lättflytande grundningsbruk. Vid påslaget av utstockningen reducerar sedan grundningsskiktet underlagets sugning i appliceringsögonblicket. Är å andra sidan underlagets sugförmåga mycket liten uppstår praktiska svårigheter vid appli-

ceringen av en tjockputs. En grundning kan i ett sådant fall förbättra sugningen. En del putsunderlag består av olika material, både kraftigt sugande och icke sugande. En grundning kommer i ett sådant fall att i viss mån utjämna skillnader i underlagets sugförmåga, och därmed förenkla putsningsarbetet.

### 3.4 Rörelser och sprickbildning

Sprickbildning beror sjävfallet på någon form av rörelse och att denna rörelse blivit större än vad materialet kan tåla. Behandlingen av sprickbildningsrisken kan således uppdelas i två delar, nämligen rörelsens storlek och materialets förmåga att deformeras utan att spricka. Genom att påverka dessa två faktorer kan man i viss mån förhindra eller styra sprickbildningen.

Fasadsprickor kan ha ett mycket varierande utseende, både i fasadens plan och i djupled. Ett visst sprickmönster indikerar i allmänhet en viss orsak till den rörelse som förorsakat sprickan. Sprickor kan indelas efter olika kriterier. Som exempel kan nämnas regelbundna-oregelbundna sprickor, rörliga-orörliga sprickor, gamla-nya sprickor, allvarliga-ofarliga sprickor, ytliga-genomgående sprickor samt många-enstaka sprickor. I samband med putser och ytskikt finns en väsentlig skillnad mellan sprickor som finns i underlaget och sprickor som enbart finns i ytskiktet. En spricka i en ytputs definieras som en ytskiktsspricka. Om man sedan applicerar ett nytt ytskikt på denna ytputs, så kommer sprickan att övergå till en underlagsspricka. Den gamla ytputsen blir ju i detta fall ett underlag till det nya ytskiktet.

### 3.4.1 Orsaker till rörelser

En ofta diskuterad rörelsetyp i puts-skiktet är den icke reversibla krympningen i samband med att putsen/ytskiktet härdar. Andra rörelsetyper är temperatur- och fuktrörelser, när temperaturen respektive fukttillståndet ändras. Dessa rörelser är reversibla. Även åldring av organiska ytskikt kan ge upphov till rörelser av samma typ som krympningen. Putsen/ytskiktet kan även utsättas för påfrestningar som beror på rörelser i underlaget.

Krympningen i en puts beror i huvudsak på att en del av blandningsvattnet försvinner från putsen. Eftersom krympningen beror på en uttorkning, kommer klimatet att ha stor betydelse för krympningen. Hög temperatur, låg luftfuktighet, solstrålning och hög vindhastighet är några faktorer som påskyndar krympningen. Även ballasten har betydelse för krympningen. En alltför finkornig ballast kräver en högre vattenhalt, vilket medför en större krympning. En god kornstorleksfördelning minimerar krympningen.

Krympningens storlek i samband med putsbruk är ofta av underordnad betydelse. Väsentligare är storleken på de spänningar som uppstår då putsen hindras att krympa. En stor fri krympning behöver nödvändigtvis inte betyda höga spänningar då putsen förhindras att krympa. För kalkbruk och cementbruk är förhållandena omvända. Ett kalkbruk har stor fri krympning men ger endast små spänningar. Ett cementbruk har liten krympning men kan ge stora spänningar.

Temperaturrörelser beror självklart på varierande temperatur. En ökande temperatur medför en volymökning och om denna volymökning hindras uppstår i stället spänningar. Oorganiska material har ofta relativt små temperaturrörelser. Organiska material uppvisar däremot stora temperaturrörelser.

Temperaturen i väggen uppvisar både en dygns- och en årstidsvariation. Temperaturen på väggens insida följer i stort sett inomhustemperaturen. Utsidans årsvariation (dygnsmedelvärde) följer i stort sett utomhusluftens årsvariation. Absolutbeloppet är dock någon grad högre beroende på solinstrålning och värmeövergångsmotstånd vid ytan.

Temperaturens dygnsvariation på väggens utsida kan vara mycket stor och ge upphov till mycket kraftigare temperaturgradienter än årsvariationen. Den faktor som härvid har störst betydelse är solstrålningen. Mörka ytor absorberar solstrålning bättre än ljusa, vilket medför att yttemperaturen blir mycket högre i väggar med mörka färger. I FIG. 3:2 visas resultaten från mätningar av yttemperaturen på identiska västväggar (putsade) med olika färg.

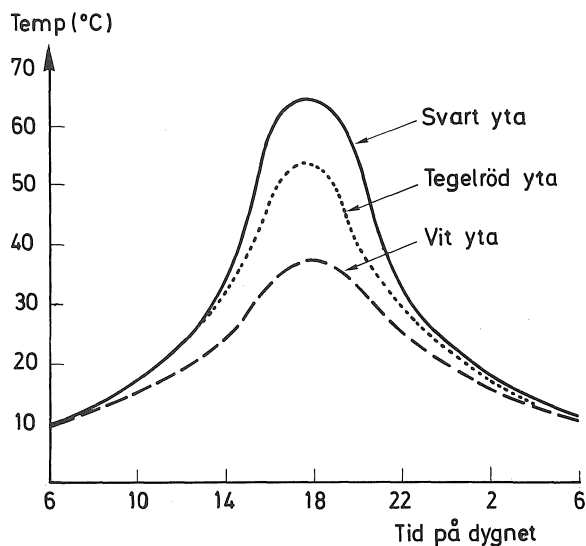


FIG. 3:2. Yttemperaturens dygnsvariation en solig junidag.

Fuktberoende rörelser har sitt ursprung i ett varierande fukttinnehåll. Ett ökande fukttinnehåll medför en svällning av materialet. Sambandet mellan rörelsen och fukttinnehållet varierar kraftigt för olika material.

Organiska material har väsentligt större fuktrörelser än oorganiska. Oorganiska putser och underlag har fuktrörelser mindre än 0.1 %. För organiska ytskikt kan fuktrörelsen mycket väl uppgå till 5 %. Trä kan ha ännu större fuktrörelser.

#### 3.4.2 Uppträdande spänningar

De spänningar som kan uppstå i samband med puts/ytskikt är skjuvspänningar mellan puts/ytskikt och underlag samt tryck/dragspänningar, både vinkelrätt mot och parallellt med fasadytan. Olika kombinationer och olika yttre faktorer medför helt olika spänningsbild. I vissa fall kan dragspänningarna parallellt med fasadytan bli så stora i ett ytskikt att en spricka uppstår. I andra fall kan skjuvspänningarna bli så stora att dessa blir avgörande för en viss skadeutveckling. Ytterligheterna i dessa sammanhang är en "svag" puts på ett "starkt" underlag, respektive en "stark" puts på ett "svagt" underlag. I putssammanhang kompliceras förhållandena i mycket hög grad genom att man ofta har flera olika skikt. Även ojämnheter i ytan och felstäl- len har mycket stor betydelse.

I det följande beskrivs kortfattat några typexempel enligt FIG. 3:3. Begreppet "puts" i dessa exempel skall tolkas i en vid mening. Förhållandena är identiska för tunna ytskikt.

##### Exempel 1: Felfri puts mitt på fasaden

Här uppstår enbart tryck- eller dragspänningar parallellt med fasadytan. Om putsen vill krympa mer än underlaget uppstår dragspänningar i putsen och tryckspänningar i underlagets yttre delar. Vill i stället putsen svälla mer än underlaget får spänningarna motsatt tecken. Dragspänningar parallellt med fasadytan

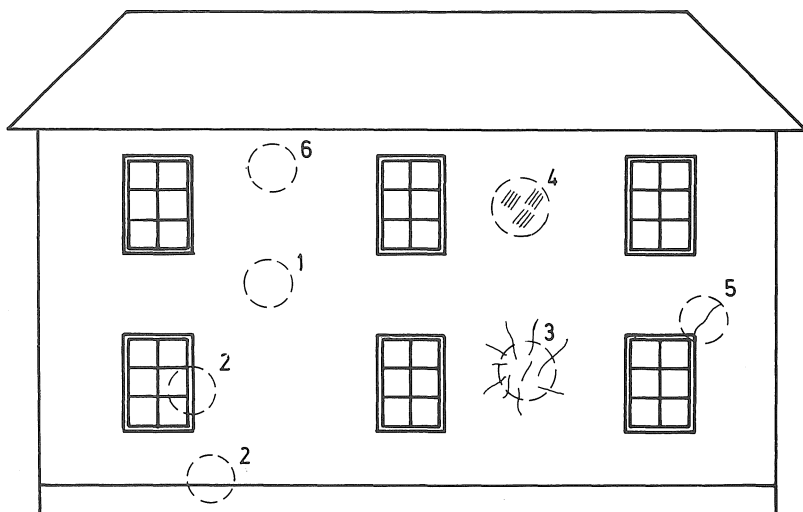


FIG. 3:3. I texten diskuterade exempel.

kan alltså uppstå både i puts och underlag. Överstiger dessa spänningar draghållfastheten kan en spricka bildas. Krympnings- och krackeleringsprickor i puts kan bero på detta. När en spricka väl har uppstått i putsen, blir spänningen i putsens plan noll vid sprickan. Samtidigt uppstår emellertid andra spänningar enligt exempel 3.

#### Exempel 2: Felfri putskant

Vid kanten finns det enbart skjuvspänningar mellan puts och underlag och drag- eller tryckspänningar vinkelrätt mot fasadytans plan. När man avlägsnar sig från kanten övergår dessa spänningar i drag- eller tryckspänningar parallellt med fasadytan.

Risken för sprickbildning är liten vid en putskant, eftersom det inte finns några större spänningar här. Risken för spjälkning mellan puts och underlag är dock stor, eftersom det samtidigt verkar en spänning som vill skjuva bort putsen och en spänning som vill lyfta putskanten. Är vidhäftningen dålig, finns uppenbara

risker! Spjälkningen behöver nödvändigtvis inte ske i vidhäftningszonen. Har underlaget en väsentligt mindre draghållfasthet än putsen respektive vidhäftningshållfastheten, kan brottet mycket väl uppstå i underlaget. Spjälkning i gasbetong med en cementputs och i gammal kalkputs med en kraftig organisk tunnputs kan vara praktiska exempel på ovanstående.

#### Exempel 3: Spricka i putsen

Om putsen krymper måste all kraftöverföring över sprickan ske via skjuvspänningar i vidhäftningszonen och dragspänningar parallellt med ytan i underlaget. Beräkningsmässigt blir spänningen i underlaget oändligt stor vid sprickan. En linjärelastisk beräkning ger alltså som resultat att underlaget skulle spricka! Av praktisk erfarenhet vet vi att detta sällan är fallet. "Plastisk" deformation och krypning är några orsaker till att en spricka inte alltid uppstår i underlaget.

#### Exempel 4: Lokal ojämnhet i putsen

Vid lokala tjockleksvariationer i putsen uppstår spänningskoncentrationer. Det geometriska utseendet på tjockleksvariationen är helt avgörande för spänningsbilden. Den lokala tjockleksvariationen kan bero på ojämnt underlag eller på en slarvig applicering. Vissa putstyper medför i sig kraftiga tjockleksvariationer, till exempel "strukturputs" och spritputs.

Är vidhäftningen mellan puts och underlag dålig eller obefintlig i anslutning till ojämnheten, kan spänningarna bli mycket stora och föranleda sprickbildning. Små sprickor runt "upphöjningarna" i en strukturputs kan vara exempel på detta.

#### Exempel 5: Oskadad puts över spricka i underlaget

Om det finns en spricka i underlaget medan däremot putsen är oskadad, uppstår det inga spänningskoncentrationer när putsen krymper eller sväller. Om däremot underlaget krymper uppstår det stora dragspänningar i putsen över sprickan.

#### Exempel 6: Oskadad puts med lokalt bomparti

Är både putsen och underlaget oskadat uppstår inga spänningskoncentrationer. Finns det sprickor i underlaget uppstår däremot spänningskoncentrationer i kanten av bompartiet, vilket kan medföra en successiv utökning av bompartiet.

Enligt exemplen uppstår det lokala spänningskoncentrationer vid diskontinuiteter i puts eller underlag, till exempel felställen och kanter. Här kan alltså både puts, underlag och vidhäftningszon utsättas för stora påfrestningar. När en skada inträffat kan det vara svårt att entydigt peka på en enda orsak. Samverkan mellan flera olika faktorer kan medföra en skada, som inte inträffar under inverkan av varje faktor för sig. Som exempel kan nämnas ett nytt ytskikt på en kalkad, dåligt rengjord fasad. Finns inga diskontinuiteter eller dylikt kan detta mycket väl fungera. I praktiken finns det dock ojämnheter, både i ytskiktet och i underlaget, och blir dessa tillräckligt stora kan en skada utvecklas. Kalkskiktet medför här en dålig (eller ingen) vidhäftning mellan ytskikt och underlag, vilket i kombination med ojämnheterna initierar skadan. Enbart ojämnheter i ytskiktet eller underlaget behöver däremot inte medföra någon skada.

Många skador i samband med organiska ytskikt på mineraliska underlag förklaras ofta med att ytskiktet varit för tätt, med åtföljande risk för vattenansamling och frostsprängning. Enbart denna förklaring är dock inte tillräcklig för att förklara flertalet av före-



kommande skador. Ett tätt ytskikt kan ju inte släppa in något vatten, varför risken för frostsador i praktiken inte skulle finnas. En mer sannolik förklaring till många skador är att ytskiktet först spricker vid någon svag punkt, till exempel under inverkan av stora dragspänningar i ytskiktets plan. Härefter sker en spjälkning (i underlaget eller i vidhäftningszonen) under inverkan av skjuvspänningen och dragspänningen vinkelrätt mot ytskiktets plan. Detta medför att sprickkanterna viker upp sig alltmer. Denna skadeutveckling påskyndas sedan i hög grad av inträngande vatten, som ger både frostsprängning och andra nedbrytningseffekter. För att eliminera denna typ av skada gäller det alltså att undvika sprickbildning i ytskiktet. Ytskiktets "täthet" har inte med detta att göra. Ytskiktets fuktegenskaper kan däremot ha betydelse för skadans fortsatta utveckling. Den överdrivna betoningen av att ett ytskikt inte får vara tätt har till och med medfört att sprickor och andra felställen ibland ansetts som gynnsamma! Detta är dock helt felaktigt. I verkligheten är de i stället orsaken till många skador!

#### 3.4.3 Spricköverbryggande förmåga hos tunna ytskikt

Flertalet fasader är mer eller mindre spruckna i ytan. Sprickorna kan vara av helt olika typer; till exempel ytliga krackeleringssprickor, djupare krympsprickor, fogsprickor och sättsprickor. En intressant fråga i detta sammanhang är om sprickorna kan överbryggas med något ytskikt.

En grundläggande princip i samband med spricköverbryggande ytskikt är att ytskiktet skall överbrygga sprickan, men ej förhindra sprickans rörelse. Ytskiktet skall alltså arbeta med sprickan och inte mot sprickan! På frågan vilka egenskaper ytskiktet skall ha, är "stor brottöjning" ett näraliggande svar. Mot detta invändes ibland att töjningen över en spricka blir

oändligt stor (från noll till en viss sprickbredd), varför inget ytskikt kan klara detta. Inget av dessa påståenden återger verkligheten på ett korrekt sätt. Förhållandena är betydligt mer komplicerade. En mycket viktig faktor är ytskiktets förmåga att "sprida ut" deformationen utanför sprickkanten. Ju större detta spridningsområde blir, desto gynnsammare blir deformations- och spänningsbilden i ytskiktet. Den maximala deformationen i sprickan är alltså, förutom av ytskiktets brotttöjning, även beroende av spridningsområdet. Denna egenskap är i sin tur beroende av bland annat ytskiktets tjocklek. En större tjocklek ger ett större spridningsområde.

En avgörande förutsättning för ett spricköverbryggande ytskikt är att det kan deformeras relativt mycket utan att spricka. Detta krav kan endast uppfyllas av organiska ytskikt. Deformationen kan ske på principiellt olika sätt, nämligen elastiskt eller plastiskt/visköst. Om deformationen sker elastiskt finns det ingen återstående deformation, efter det att sprickan återgått till sitt ursprungliga läge. I ett plastiskt/visköst ytskikt sker däremot en flytning, vilket medför att ytskiktet får en större (bestående) längd när sprickan vidgar sig. När sprickan åter sluter sig är ytskiktet "för stort", vilket medför att ytskiktet på något sätt måste "böja sig" över sprickan. Efter ett upprepat antal töjningar kan ett utmattningsbrott ske.

Det ideala spricköverbryggande ytskiktet bör deformeras elastiskt. Har man väl kommit in i det plastiska/viskösa området får man räkna med en fortgående förändring av deformationsbilden över sprickan, vilket efterhand kan leda till att sprickan kan "slå igenom". Några faktorer som har mycket stor betydelse i detta sammanhang är ytskiktets åldring samt att ytskiktets egenskaper varierar kraftigt med temperatur och fuktighet. Detta gäller även vid elastiska deformationer.

Det elastiska området hos organiska ytskikt har ofta

en begränsad utsträckning, även om det är stort i jämförelse med oorganiska ytskikt. Risken är alltså stor att man kommer in i det plastiska området över sprickan. Förhållandena kan förbättras avsevärt genom att ytskiktet armeras, till exempel med fibrer eller väv. Tanken med armeringen är inte att förstärka ytskiktet. Syftet är i stället att förlänga det område kring sprickan som bidrar till spricköverbrygningen. Genom att armeringen har en större elasticitetsmodul än själva ytskiktet, hindras detta att deformeras så mycket över själva sprickan. Armeringen fördelar helt enkelt deformationen på ett större område.

Med hänsyn till sambandet mellan ursprunglig sprickbredd ( $b$ ), sprickrörelse ( $\Delta b$ ) och ytskiktets tjocklek ( $d$ ) kan några ytterlighetsfall urskiljas. Om  $\Delta b=0$  och  $d=b$  (vilket kan vara fallet vid fina, ytliga krackeleringssprickor i en puts) så blir töjningen över sprickan liten. Det finns alltså goda möjligheter för ett någorlunda elastiskt ytskikt att klara detta fall, även vid små skiktjocklekar. En förutsättning är dock att ytskiktet är elastiskt även vid låga temperaturer och efter åldring.

Om  $\Delta b=b$  och  $d=b$  så blir töjningen så stor att man måste räkna med plastiska/viskösa deformationer i hela ytskiktet. Efter en utvidgning och sammandragning finns alltså risk för att ytskiktet "böjer" sig över sprickan. Om  $\Delta b=b$  och  $d>b+\Delta b$  så ökar förutsättningarna för en i huvudsak elastisk deformation (åtminstone i ytskiktets ovansida).

Om  $\Delta b>b$  och  $d=b$  finns inga möjligheter att varaktigt överbrygga sprickan om man inte använder armerade ytskikt.

Om ytskiktet appliceras när sprickan är utvidgad är risken för att sprickan "slår igenom" ytskiktet liten. I stället ökar risken för att ytskiktet bildar ett veck över sprickan när rörelsen återgår.

Ett alternativ vid spricköverbrygning är att applicera flera skikt med delvis olika egenskaper. Man kan först applicera ett plastiskt material som "fördelar" deformationen på en längre sträcka. På detta skikt kan man sedan applicera ett elastiskt material, som delvis förhindrar att ytskiktet välver sig över sprickan.

En helt annan metod att överbrygga en spricka är att undvika att ytskiktet får någon vidhäftning närmast sprickan. Töjningen kan härigenom fördelas på en större sträcka.

Storleken på sprickrörelser i praktiken samt olika ytskikts förmåga att överbrygga en viss sprickrörelse är okända. Denna brist på dimensioneringsmetoder innebär att man i praktiken måste grunda sina bedömningar på praktisk erfarenhet och hypoteser. Detta medför i sin tur att olika skolor kan bildas. I Sverige dominerar uppfattningen att ett ytskikt inte kan överbrygga en spricka. I Tyskland har man däremot en annan uppfattning. Att spricköverbrygning till stor del anses fungera i Tyskland kan bero på att man här ofta gör sprickorna vattenavvisande innan ytskiktet appliceras. Detta innebär att om ytskiktet trots allt spricker över sprickan, så blir konsekvenserna mindre allvarliga.

### 3.5 Åldring-nedbrytning

Alla byggnadsmaterial utsätts i sin användning för olika former av nedbrytande krafter. Nedbrytningsprocesserna kan vara långsamma eller snabba beroende på materialens art och struktur samt den miljö de exponeras i. Begreppet "beständighet" används ofta för ett materials förmåga att motstå nedbrytningsprocesserna. För att begreppet skall vara meningsfyllt bör det även anges mot vilket angrepp materialet är "beständigt".

I fasadsammanhang är även begreppet "åldring" vanligt

förekommande. Med detta begrepp avses normalt en långsamt fortskridande förändring av fasaden. Härvid avses inte någon speciell nedbrytningsprocess och åldringen behöver inte heller vara negativ. Många gånger anses en åldrad fasad vara vacker.

Vid angivandet av ett materials "livslängd" avses i allmänhet den tid materialet anses fylla sin funktion (estetiskt eller tekniskt) under inverkan av i aktuell miljö förväntad nedbrytning. Härvid förutsättes då att materialet endast utsätts för en "naturlig åldring". Den verkliga livslängden kan bli väsentligt mindre beroende på direkta "skador". Dessa skador kan dock indirekt bero på den "naturliga åldringen". Begreppen "åldring", "nedbrytning" och "skada" är alltså starkt förknippade med varandra även om det finns skillnader.

Olika materialgrupper är olika kraftigt utsatta för åldring under inverkan av normalt utomhusklimat. I putssammanhang finns det en väsentlig skillnad mellan organiska och oorganiska material. De organiska materialen är i allmänhet utsatta för en kraftigare åldring.

De i fasadsammanhang intressanta faktorerna, vilka har betydelse för åldring och nedbrytning, är i huvudsak solstrålning, luftens syre och ozon, temperatur, fukt, PH-värde, mikroorganismer, eroderande partiklar och luftföroreningar.

Solens UV-strålning samt luftens syre och ozon påverkar den inre strukturen hos organiska material. Material, som från början varit elastiska, kan härigenom bli spröda. Under samtidig inverkan av en dragspänning kan materialet även spricka.

En hög temperatur påskyndar alla kemiska reaktioner och kan alltså vara negativ ur åldringssynpunkt. En gammal tumregel säger att reaktionshastigheten fördubblas när temperaturen ökar 10 °C. En låg temperatur

kan å andra sidan också vara skadlig. Frostangrepp kan till exempel påverka materialegenskaperna negativt, även om några synliga skador inte syns. Osynliga frostangrepp kan påskynda andra nedbrytningsmekanismer. Låga temperaturer medför också att vissa material blir hårda och spröda. Många temperaturväxlingar, till exempel på en solbelyst sydfasad, kan ge en snabb åldring på grund av utmattning.

Fukt påverkar nedbrytningen på flera olika sätt. Frostsprängning är ett välbekant fenomen. Fukten medför även en svällning, vilket bland annat innebär att angreppsytan hos organiska material blir större och alltså att förutsättningarna för andra nedbrytningsmekanismer ökar. Urlakning är ett annat i fasadsammanhang ofta diskuterat fenomen. Fukten har även stor betydelse som transportmedium för salter och är en grundförutsättning för mikroorganismer.

Alkalier, dvs ett högt PH-värde, kan vara både positivt och negativt för nedbrytningen. Korrosion på stål, till exempel armeringsnät, förhindras vid ett högt PH-värde. Här är det alltså önskvärt att bibehålla putsens höga PH-värde. I samband med vissa organiska ytskikt kan däremot ett högt PH-värde vara mycket skadligt. Det höga PH-värdet kan medföra att det uppstår kemiska reaktioner som bryter ned ytskiktet (förtvålning). Problem med förtvålning uppstår främst vid användandet av olje- och alkydbaserade ytskikt på färsk puts och betong. Om underlaget ges tillfälle att karbonatisera i ytan sjunker PH-värdet, varvid risken för förtvålning minskar. I en fuktig vägg kan dock PH-värdet i ytan öka igen efter en ytskiktsapplikering, varvid risken för förtvålning åter föreligger.

Mikroorganismer kan "äta upp" vissa beståndsdelar i en del material. Samtidigt kan dessa mikroorganismer absorbera fuktighet från luften och alltså medföra att materialet hålls fuktigt.

Eroderande partiklar, till exempel regn och sand, som under inverkan av vinden träffar en fasad medför en viss bortnötning av ytan. I vissa fall anses detta vara positivt, eftersom då fasaden kan hålla sig ren. I reklambroschyrer nämns ibland uttrycket "självtvättande" färg! Erosionen sker dock ofta ganska ojämnt, varför fasaden lätt blir flammig.

Luftföroreningarnas inverkan på fasadmaterial har ökat mycket kraftigt de senaste decennierna. Med utgångspunkt från fotografier på en staty i Tyskland har i FIG. 3:4 den synliga vittringen uppskattats som funktion av tiden. Som synes av figuren börjar vittringshastigheten att öka i samband med industrialiseringen på 1870-talet. Vittringen har därefter ständigt accelererat.

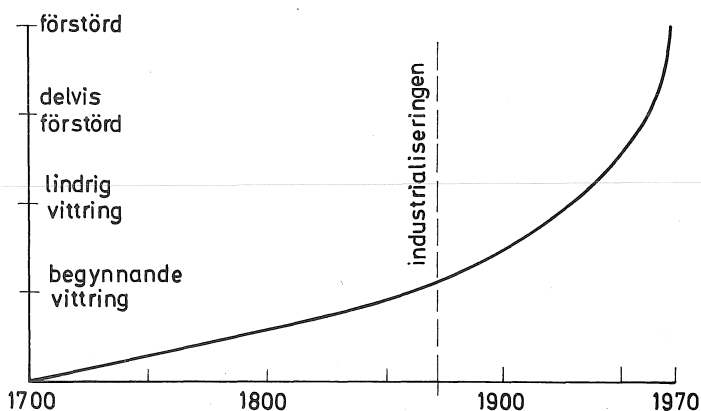


FIG. 3:4. Grafisk beskrivning av nedbrytningens accelererande förlopp (Winkler, 1973).

De luftföroreningar som anses ge de största nedbrytningseffekterna är svaveldioxid (från fossila bränslen), koldioxid (från industrier och bilavgaser), klorider (från havsvatten och industrier) och kväveföroreningar (från industrier). Av dessa föroreningar är svavlet den allvarligaste.

Föroreningarnas nedbrytande effekt beror inte enbart

på mängden föroreningar i luften. Andra faktorer som inverkar är luftens relativa fuktighet, andra luftföroreningar, regnförhållanden och byggnadens utformning. Vid regn kommer exempelvis luften att "tvättas", varvid föroreningarna löser sig i regnet, som således blir förorenat och kan angripa de byggnadsdelar som träffas av regnet. I andra fall kan hela byggnaden angripas av luftföroreningarna i gasform.

Den komponent som främst angrips är karbonat ( $\text{CO}_3$ ), vilken ingår i många stenarter och putser. Kalksten består exempelvis av karbonat medan sandsten kan bestå av småkorn, som sammankittats av karbonat. Bindemedlet i de flesta putser innehåller kalciumkarbonat. Vid reaktionen mellan kalciumkarbonat och svaveldioxid bildas gips.

Angrepp av svavelföroreningar kan vara av helt olika karaktär. I FIG. 3:5 illustreras två ytterligheter.

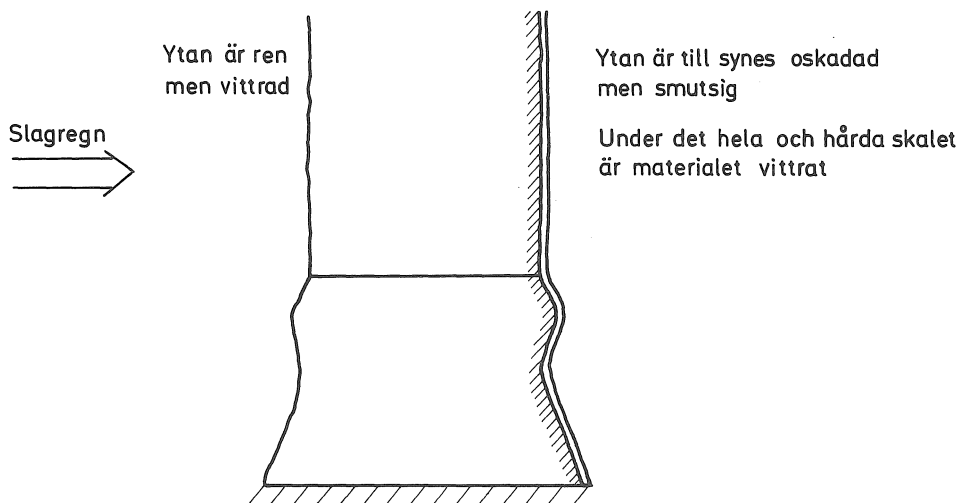


FIG. 3:5. Angreppsformer på nederdelen av en pelare.

Ytor som utsätts för mycket regn kommer att vara rena, eftersom ytan ständigt vittrar. Partier som inte utsätts för någon större regnmängd, kommer däremot att



se smutsiga ut (sot och dylikt fastnar i gipsen), samtidigt som man förleds att tro att materialet är opåverkat. I verkligheten kan materialet vara starkt nedbrutet längre in i väggen. Under inverkan av fuktomlagring i fasaden anrikas ofta reaktionsprodukterna från svavelangrepp till ytan. Detta förhållande gäller även vid angrepp av andra luftföroreningar. Koldioxidhaltigt vatten kan lösa kalciumkarbonat och föra fram detta till ytan, där ånyo kalciumkarbonat bildas. I en kalkputs kan resultatet av detta bli en anrikning av bindemedlet till ytan och en samtidig urlakning längre in. Denna mekanism bidrar säkerligen till det ofta iakttagna förhållandet med ett hårt skikt ytterst och ett mycket löst bruk längre in.

### 3.6 Diverse utseendefel

Förutom de tidigare behandlade problemområdena, vilka kan förorsaka allvarliga tekniska skador i putsen, finns det ett antal mer eller mindre vanliga fel, som i huvudsak medför estetiska brister. För fastighetsägaren är dessa naturligtvis mycket allvarliga och kan mycket väl motivera en ombehandling av fasaden.

Det vanligaste utseendefelet är att ytan ser flammig ut. Orsakerna till detta kan vara flera. Ojämn sugning i underlaget kan medföra att ytskiktet får varierande egenskaper och därmed olika utseende. Ibland syns detta direkt men i andra fall märks det först efter några år. Appliceras ytskiktet i flera omgångar, reduceras inverkan av underlagets ojämna sugning. Alternativt kan man i samband med organiska ytskikt göra en speciell förbehandling, till exempel en vattenavvisande impregnering. Ojämn struktur i underlaget kan medföra att fasaden upplevs som flammig. Ju tjockare ytbehandlingen är, desto mindre märks detta. Lagningar i en gammal putsfasad är typexempel på ovanstående. Här kan både ojämn sugning och avvikande struktur i ytan sam-

verka. Varierande skikt tjocklek kan för vissa ytskikt medföra flammighet. Ett exempel på detta är så kallade "blankfläckar". Dessa uppstår då vätskan i ytskiktet inte sugs bort tillräckligt snabbt. Den direkta orsaken kan vara att ytskiktet lokalt blivit för tjockt. Blir ytskiktet å andra sidan för tunt kanske det inte hinner "flyta ut" på fasaden, vilket också medför flammighet.

Varierande sammansättning hos bruket eller ytskiktet kan självklart medföra ojämn färg. Även klimatet under och efter arbetet har stor betydelse. Om identiska ytskikt appliceras under olika klimatbetingelser, t ex en solig respektive en regnig dag, kan utseendet bli helt olika. För att reducera inverkan av varierande klimat och materialsammansättning bör arbetet planeras så att stora sammanhängande partier utföres med samma materialleverans under samma dag. Partier som behandlas vid olika tillfällen bör vara "naturligt" avgränsade.

Varierande bearbetning av putsytan kan vara orsak till både ojämn sugning och ojämn struktur.

Saltutfällningar kan ge en flammig yta på de flesta ytskikt. Förutom att salter från murverk kan transporteras genom ytskiktet, så kan även vissa beståndsdelar från själva ytskiktet lösas upp och tränga fram till ytan. Kalkutfällning på en nyapplicerad kalkcementfärg är ett specialfall. Problemet är mest markant på mörka färger eftersom utfällningen är vit. Utfällningen syns ofta en kort tid (någon vecka) efter målningen och är vanligast vid målning sent på hösten. Ett fuktigt murverk, låg utetemperatur och hög fuktighet ökar risken för kalkutfällningar. Dessa kalkutfällningar är praktiskt taget omöjliga att avlägsna. En viss "utjämning" sker dock efterhand.

Kemiska reaktioner och nedbrytning av icke beständiga färgpigment är några andra orsaker till ojämn färg.

Dessa reaktioner kan även medföra att kulören helt enkelt ändras på hela fasaden. Angreppen kan också vara koncentrerade till vissa partier, till exempel vid lokalt hög vattenbelastning.

Nedsmutsningen av en fasad medför ibland en snabb försämring av utseendet. Ofta får fasaden en ojämn nedsmutsningsbild. Vissa partier är rena medan andra är smutsiga. Anledningen till detta är i allmänhet inte en ojämn nedsmutsning utan en ojämn rentvättning vid regn. Nedsmutsningsbilden beror på ett samspel mellan nedsmutsningen och rentvättningen. Båda dessa faktorer är i sin tur beroende av fasadens material och utformning samt klimatet. Putsen påverkar nedsmutsningsbilden genom själva putsmaterialet, ytans struktur, kulören, fuktegenskaperna samt porositeten.

Putsmaterialets inverkan på nedsmutsningen hänger samman med ytans förmåga att attrahera smutspartiklar samt förmågan att hålla kvar dessa under regn.

Ytans struktur kan variera från helt slät till en mycket grov spritputs. I starkt förorenade miljöer anses ofta en slätputs fungera bäst med avseende på nedsmutsningen. Även en grov spritputs kan dock fungera utmärkt. Strukturen i ytan är nämligen här så pass "storskalig" att ytan i mindre skala kan betraktas som slät. Hos en stänkputs är däremot förhållandena annorlunda. De "småfickor" som bildas mellan "stänken" håller kvar smutsen lättare.

Ytans struktur påverkar även ögats förmåga att upptäcka smutsen. På en slät yta syns smutsen väsentligt bättre än på en skrovlig yta.

Putsens porositet och fuktegenskaper påverkar både nedsmutsningen i sig och rentvättningen. En varierande porstruktur medför ett varierande fuktillstånd, vilket i sin tur medför olika benägenhet att attrahera smutspartiklar. Samma fenomen gäller vid varierande

värmeisoleringsförmåga i väggen. Ett mer eller mindre synligt ruttmönster i ett putsat murverk är exempel på ovanstående. De varierande fukttegenskaperna kan delvis elimineras genom användandet av flera skikt i ytbehandlingen.

En icke sugande yta tvättas vid varje slagregn. En olämplig utformning av fasaden kan dock medföra att vissa partier inte träffas av något vatten. En fasad som å andra sidan absorberar allt vatten kommer aldrig att bli tvättad vid regn. De flesta i praktiken förekommande putser och ytskikt har sugtegenskaper mellan dessa ytterligheter.

Några siffermässiga kvantifieringar med avseende på nedsmutsning och rentvättning av olika ytskikt går inte att göra. Den för närvarande bästa bedömningsgrunden är den praktiska erfarenheten från aktuell plats. Dessa erfarenheter varierar kraftigt mellan olika orter och i vissa fall även inom en viss ort. En byggnad i ett grönområde har ju en helt annan smutsbelastning än en byggnad intill en genomfartsled. Även regnbelastningen kan vara helt olika. Varierande föroreningsgrad och slagregnsbelastning medför att ett visst ytskikt kan få helt olika nedsmutsningsbild på olika platser. Även mellan två fasader på samma fastighet kan en avsevärd skillnad föreligga. Å andra sidan kan även principiellt likartade ytskikt i en identisk miljö uppvisa stora olikheter med avseende på nedsmutsning.

### 3.7 Redovisning av materialegenskaper

Ofta höjs röster för att fabrikanter av ytskiktsmaterial skall redovisa ingående delmaterial samt den slutliga produktens egenskaper. Detta är naturligtvis önskvärt ur många synvinklar. Man måste dock i detta sammanhang ställa sig frågan: "Vad skall egenskapsredovisningen användas till?" Att redovisa en mängd

egenskaper som man inte kan värdera eller är helt betydelselösa är meningslöst! Risken finns till och med att man "drunknar" i meningslösa siffror och glömmar väsentliga krav som man bör ställa på ett ytskikt. Genom att ett 10-tal provningsintyg från olika tester redovisas, kan en lekman lätt få uppfattningen att ett visst ytskikt är mycket bra. Ytskiktets väsentligaste egenskap, förmågan att fungera i praktiken på just den aktuella fasaden, är däremot kanske mycket dålig!

Vilka egenskaper skall man då redovisa och vilka krav skall man ställa? Vilka egenskaper är mest väsentliga? Tyvärr kan inget entydigt svar ges på dessa frågor!

Att fastställa en provningsmetod är inte svårt. Att utforma en relevant provningsmetod, som ger användbara resultat, är däremot ofta mycket svårt. De flesta provningsmetoder, eller tolkningen av resultaten, kan alltid på något sätt kritiseras. Därför är det alltid av största betydelse att man talar om syftet med provningsmetoden samt hur erhållna resultat skall tolkas. I vissa fall kan det även vara motiverat att tala om hur man inte får tolka resultaten!

Gemensamt för all puts- och ytskiktsprovning är att fuktegenskaperna ägnas stort intresse. Vidare görs i allmänhet provningen på ett enda underlag. Samverkan mellan puts/ytskikt och underlag studeras knappast alls. Vad har man för glädje av att veta ytskiktets egenskaper på autoklaverad lättbetong, om man skall använda det på en gammal kalkputs eller på tegel?

Enligt författarens åsikt läggs ofta alltför stor vikt vid fuktegenskaperna hos själva ytskiktet. Andra egenskaper, till exempel åldring och mekanisk samverkan med underlaget, beaktas alltför lite. Det mest välunderbyggda siffermässiga krav man kan ställa på en puts gäller lufthalten i färska oorganiska bruk. En lufthalt på ca 15 % ger en relativt god frostbeständighet. Detta är verifierat både genom laboratorieförsök och

genom praktisk erfarenhet.

För en mängd egenskaper finns inga välunderbyggda siffermässiga krav. Vi har däremot en kvalitativ uppfattning om önskvärda data. Ånggenomsläppligheten bör vara hög. Vidhäftningen bör vara hög och alkalibeständigheten god. Töjningen bör i allmänhet vara stor. Uppträdande spänningar skall samtidigt vara små. Åldringens inverkan på egenskaperna skall vara liten.

För vissa egenskaper råder däremot helt motsatta uppfattningar beträffande önskvärda egenskaper. Vattengenomsläppligheten är det mest typiska exemplet. Vissa hävdar att fördelarna med en stor vattengenomsläpplighet uppväger nackdelarna. Andra hävdar att fördelarna med en låg vattengenomsläpplighet uppväger eventuella risker.

Bristen på siffermässiga krav gör bedömningen av egenskaperna svår och kan i vissa fall leda till en "negativ" materialutveckling. Om man fäster alltför stor vikt vid fuktegenskaperna, och gör allt för att "förbättra" dessa, kan nämligen andra (och kanske viktigare) egenskaper försämrans.

En relevant bedömning av olika materialegenskaper försvåras också av att de i laboratoriet uppmätta egenskaperna kan avvika kraftigt från de i praktiken erhållna. Olika klimat och underlag kan medföra helt olika egenskaper.

Med hänsyn till alla svårigheter och oklarheter vid bedömningen av putsers och ytskikts egenskaper måste mycket stor vikt läggas vid den praktiska erfarenheten, när man skall välja i en given situation. De i produktblad angivna egenskaperna skall granskas kritiskt. Vidare skall man inte fästa alltför stor vikt vid enstaka egenskaper. Att en egenskap verkar bra kan i allmänhet inte väga upp en dålig egenskap. Den svagaste länken är alltid avgörande!

#### 4 VAL AV PUTS/YTSKIKT

I tidigare kapitel har olika putser och ytskikt samt olika krav och problem diskuterats var för sig. När man står inför en given situation och skall välja fasadbehandling måste alla krav och problem beaktas samtidigt. Förutom dessa tekniska frågor tillkommer ett antal andra aspekter, vilka har stor betydelse för det slutliga valet. Ekonomiska, kulturhistoriska och rent känslomässiga krav kan i vissa fall vara helt motstridiga mot de tekniska kraven. En annan mycket viktig faktor som måste beaktas är det framtida underhållet.

I detta kapitel diskuteras först några generella frågeställningar och problem med avseende på fasadunderhållet. Därefter behandlas två vanliga och kontroversiella frågeställningar, nämligen om ett ytskikt skall vara vattenavvisande eller inte samt grundningens betydelse i putssammanhang. Slutligen detaljbehandlas det praktiska valet av puts/ytskikt i några vanliga situationer. Denna behandling görs dock enbart ur en rent teknisk synvinkel. Övriga aspekter måste bedömas från fall till fall. Några generella riktlinjer går inte att ange. En fastighetsägare kanske lägger stor vikt vid de kulturhistoriska kraven, medan en annan lägger större vikt vid de ekonomiska aspekterna (på lång eller kort sikt).

##### 4.1 Generella synpunkter på fasadunderhåll

Alla fasader kräver underhåll i någon form. Ingen fasad är, även om reklambroschyren påstår det, helt underhållsfri. En fasads "livslängd" blir i hög grad beroende av underhållet. Ett eftersatt underhåll leder ofelbart till en ful fasad och inte sällan till direkta skador. Som exempel på nödvändigt underhåll kan nämnas översyn av anordningar för vattenavledning från fasaden. Bristfälliga sådana anordningarna kan medföra allvarliga frostsador i en fasad, som i övrigt är

felfri. Slutresultatet av ett dåligt underhåll av fasadkompletteringar (stuprör, fönsterbleck etc) kan mycket väl bli att hela fasaden måste repareras, t ex en total omputsning. Sådana skador kan man rimligen inte hänföra till ett dåligt fasadmateriäl, utan de beror helt och hållet på ett dåligt underhåll. Sådant elementärt underhåll diskuteras inte i det följande. Här behandlas enbart underhållet av själva fasadytan.

Två grundläggande frågor vid fasadunderhåll är "när" och "hur" underhållet skall ske. Några generella svar går inte att ge. Olika personer har ofta olika värderingar och synsätt som leder till helt skilda uppfattningar.

När skall underhållet ske? Ett enkelt svar på denna fråga är: "När fasaden uppvisar tekniska brister eller blivit ful". Vissa tekniska brister är enkla att se. I andra fall kan det vara svårt att avgöra om underhåll är tekniskt motiverat eller om det enbart är en utseendefråga, till exempel vid sprickbildning.

Underhållsbehov betingat av rena utseendefrågor blir alltid en subjektiv bedömning. Statustänkande, ambitionsnivå och ekonomi blir helt avgörande. En del fastighetsägare anser att en viss ojämnhets hos fasadens ytskikt är vackert. Man pratar härvid om naturligt åldrande och "patina". I vissa fall nämns även att fasaden "smutsas vackert". Andra fastighetsägare anser däremot att en fasad skall vara absolut perfekt och utan några färgvariationer eller dylikt. Samma fasad upplevs alltså helt olika av olika personer och några generella regler beträffande tidpunkten för när fasaden skall underhållas går inte att ange. Varje fastighetsförvaltare måste fastställa egna kravnivåer med avseende på fasadens utseende. Även med sådana kravnivåer är det omöjligt att ge några generella underhållscyklar. Fasadens nedbrytning och försmutsning påverkas nämligen av en mängd, delvis opåverkbara faktorer. Klimat och luftföroreningar har en avgörande



betydelse. Olika läge i landet eller inom en viss stad medför helt olika påfrestningar. En fasad som är utsatt för ett hårt klimat kanske kräver underhåll efter 1 år medan samma fasad i ett skyddat läge kanske är i det närmaste helt opåverkad efter 10 år. Kalkmålning på ett utsatt kyrktorn respektive på en helt skyddad gårdsfasad är ett typiskt exempel på detta.

Hur skall underhållet ske? Även denna fråga påverkas kraftigt av subjektiva värderingar. Dessa värderingar återspeglar sig även i rent tekniska ställningstaganden, vilket har medfört att det finns olika uppfattningar om det tekniskt sett bästa sättet att behandla och underhålla en putsad fasad.

När man diskuterar fasadunderhåll måste klart fastslås att det inte finns någon universalmetod, som alltid är användbar. Lite tillspetsat kan man även påstå motsatsen, nämligen att ingen metod är så dålig att den aldrig kan användas.

I tidskriftsartiklar förekommer det ibland att vissa fasadbehandlingsalternativ döms ut totalt medan andra höjs till skyarna. I en artikel som behandlar fasadmålning kan man exempelvis läsa: "Med hänsyn till det framtida, nödvändigtvis upprepade underhållet är det alltså direkt olämpligt att måla normala putsfasader med organisk färg". I samma artikel framföres en mängd fördelar med kalkfärg, t ex "kalkfärgen ger inga fuktproblem, den är billig och det gamla lagret går lätt att borsta bort. Genom vittringen håller den sig hyggligt fräsch även i smutsig atmosfär".

Liknande (eller rakt motsatta) onyanserade påståenden är tyvärr vanligt förekommande och vilseledande för fastighetsförvaltarna. Vem skall man tro på? En fastighetsägare som har låtit måla sin fasad med en organisk färg och råkat ut för ett misslyckande håller säkert med om det första påståendet ovan. Det finns emellertid även många som råkat ut för att en kalkfärg

vittrat bort totalt inom 1 år efter kalkningen. Dessa anser troligen inte att det andra påståendet är någon fördel.

Man kan räkna upp en mängd för- och nackdelar med alla fasadbehandlingsalternativ. Det stora problemet vid det slutliga valet är att väga dessa för- och nackdelar mot varandra.

Vid bedömningen av lämpligt underhållsalternativ i en given situation är utan tvekan den befintliga putsens och ytskiktets uppbyggnad och kvalitet den viktigaste tekniska faktorn. Därutöver måste hänsyn tas till byggnadens läge, framtida underhåll, kulturhistoriska krav, ambitionsnivå samt ekonomi.

Möjliga underhållsalternativ kan variera kraftigt, från lokal fläckborttagning till total omputsning. Mellan dessa ytterligheter finns en mängd alternativ, till exempel tvättning, ytskiktsreovering och lokal putslagning med nytt ytskikt.

Varje underhållsalternativ kan utföras på en mängd olika sätt. Vid en ytskiktsreovering kan man till exempel välja mellan en fasadfärg och en tunnputs, vilka sin tur kan indelas i organiska och oorganiska. Impregnering av fasadytan är ett annat alternativ, vilket även kan användas i kombination med andra alternativ.

De olika alternativen beskrivs utförligt i Saretok (1975) och Saretok (1976). I det följande diskuteras främst några av de faktorer som måste beaktas vid val av underhållsalternativ.

Den befintliga putsens och ytskiktets uppbyggnad och kvalitet har mycket stor betydelse vid fastställandet av lämplig underhållsmetod. En modern KC-puts har i allmänhet en mycket god kvalitet och tål de flesta underhållsalternativen. Är ytputsen till exempel en

skrapad puts (rivputs) kan tvättning vara en tillräcklig åtgärd. Består däremot ytskiktet av en KC-färg är enbart tvättning inte tillräcklig, utan ett nytt ytskikt måste appliceras. Valfriheten vid val av ytskikt är ur teknisk synpunkt stor, både organiska och oorganiska ytskikt kan användas.

Vid en gammal kalkputs med dålig hållfasthet är däremot underhållsalternativen starkt begränsade. Putsen tål kanske varken en ordentlig tvättning eller ett organiskt ytskikt. Kalkning kanske är det enda alternativet, om man inte vill kosta på byggnaden en total omputsning.

Mellan dessa ytterligheter finns en mängd kvalitetsnivåer, som är svåra att bedöma. Här blir det då fråga om en "riskbedömning" för de olika alternativen. Uppskattad livslängd, tänkbara problem och ekonomi måste då ställas mot varandra.

Byggnadens läge har betydelse bland annat genom klimats och luftföroreningarnas inverkan. I ett skyddat läge har man mycket stor valfrihet med avseende på ytskiktet. I ett för regn och luftföroreningar utsatt läge, bör däremot ytskiktet väljas med hänsyn härtill. Ojämn nedsmutsning, kraftig vittring och risken för frostangrepp är några faktorer som bör beaktas.

Kulturhistoriska krav medför ibland en kraftig begränsning av antalet fasadbehandlingsalternativ. Ofta är kalkputs och kalkmålning det enda alternativet. Man skall dock klart särskilja de kulturhistoriska och de tekniska kraven, när man studerar olika alternativ. Att välja gammaldags material och metoder bara för att man använde dem förr är ett tveksamt urvalskriterium. Det kanske finns bättre och hållbarare metoder idag. Man måste helt enkelt ställa olika krav samt för- och nackdelar mot varandra.

Framtida underhåll, ambitionsnivå och ekonomi är några väsentliga faktorer, som är starkt förknippade med varandra. Det går att snygga upp en fasad till en mycket låg kostnad. Men hur länge är fasaden snygg? 1 månad, 1 år eller 10 år? Är det överhuvudtaget meningsfullt att fundera på kortare tid än 5 år? När man diskuterar olika fasadbehandlingsalternativ måste man ta hänsyn till kostnaden och utseendet under hela husets livslängd. Även det framtida underhållet skall inkluderas. Detta underhåll är i sin tur starkt beroende av ambitionsnivån och aktuellt fasadmaterial. Hur kraftig nedbrytning eller nedsmutsning kan man acceptera innan underhåll blir nödvändigt? Svaret härpå kan endast grunda sig på fastighetsägarens subjektiva bedömning. Om nedbrytning och nedsmutsning sker relativt jämnt över fasaden upplevs detta inte på något dramatiskt sätt. En från början vit fasad kan till exempel långsamt övergå i en grå fasad, utan att någon reagerar. Vill man däremot absolut ha en vit fasad kan det bli nödvändigt med ofta återkommande underhåll på platser med kraftiga luftföroreningar. Erforderligt underhåll, vid en viss given ambitionsnivå, blir starkt beroende av fasadens ytskikt. Detta medför alltså att man måste beakta det framtida underhållet, när man gör ekonomiska kalkyler. En kalkmålad fasad går till exempel inte att tvätta, utan en omkalkning är det enda alternativet. En KC-puts eller en organisk färg går däremot att tvätta

I argumentationen för kalk- och kalkcementfärger påstås ibland att dessa färger alltid är de bästa, eftersom det går att måla om fasaden hur många gånger som helst utan att man får några problem. Organiska färger anses däremot alltid vara olämpliga. Anledningen till detta uppges vara att färgen blir för tät efter ett antal ommålningar och att man då måste avlägsna hela putsen. Hur många ommålningar avses och hur tät får färgen bli? Ingen kan svara på detta! Även om man av någon anledning anser att putsen måste avlägsnas efter ett antal renoveringar behöver detta inte

innebära att alternativet är det dyraste på lång sikt. En ekonomisk kalkyl på lång sikt är det enda sättet att erhålla underlag för en långsiktig bedömning. Olika fasader ger självfallet olika utfall. En låg byggnad i skyddat läge (som inte kräver några ställningar vid en ommålning) och en hög byggnad i utsatt läge (där ställningsbyggandet tar en stor del av underhållskostnaden) är två ytterligheter.

Upphandlingsförfarandet i samband med fasadunderhåll varierar mycket kraftigt. Ofta är anbudsunderlaget från beställaren mycket bristfälligt. Entreprenörerna får själva bilda sig en uppfattning om lämpliga åtgärder och lämna en offert för sitt eget förslag. Detta medför att anbudena ofta varierar mycket kraftigt och ibland kan det vara helt omöjligt att jämföra anbudena. Som exempel på detta kan nämnas att i ett fall, där en fastighetsförvaltare infordrade anbud på "uppsnygning av fasaden", erhöles ett antal anbud som varierade mellan 50.000:- och 300.000:-! Det högsta anbudet gällde en total omputsning. Det billigaste anbudet gällde applicering av ett nytt ytskikt.

För att kunna få någorlunda jämförbara anbud måste beställaren i anbudsunderlaget fastställa sina önskemål och krav. Färdiga arbetsbeskrivningar är inte nödvändiga, däremot måste klart redovisas vad som skall ingå i arbetet. Ett sätt är att kräva anbud på några olika alternativa åtgärder, till exempel total omputsning eller enbart ett nytt ytskikt.

#### 4.2 Vattenavvisande-vattenabsorberande ytbehandling

Inom fasadbranschen finns det olika uppfattningar huruvida en ytbehandling skall vara vattenavvisande eller inte. Förespråkare för vattenavvisande ytbehandlingar pekar på den torra väggens fördelar. Som exempel på sådana fördelar nämns mindre energiförluster, långsammare nedbrytning och mindre nedsmutsning. Mot-

ståndarna till vattenavvisande ytbehandlingar pekar främst på riskerna. Ökad risk för salt- och frostsprängning, försämrade uttorkningsmöjligheter och ojämn nedsmutsning nämns som exempel.

Principerna för att förhindra vatteninträngning i en putsad fasad kan indelas i två huvudgrupper. Antingen förser man ytan med en beläggning som inte släpper igenom fukt i vattenfas eller impregnerar man porväggarna så att fasadens sugkraft försvinner. I praktiken förekommer även mellanformer mellan dessa ytterlighetsfall. Även med avseende på den vattenavvisande effekten förekommer olika nivåer, så att mer eller mindre vatten tillåts tränga in i väggen.

Den väsentliga skillnaden mellan impregnering och ytbeläggning är att impregneringen inte täpper till några porer, vilket däremot en ytbeläggning kan göra. En impregnering påverkar alltså inte fukttransporten i ångfas. Med en ytbeläggning sker däremot en viss reduktion av ångtransporten. En annan väsentlig skillnad är att impregneringen tränger in i materialet, medan ytbeläggningen enbart finns på ytan. Egenskaperna hos en viss typ av vattenavvisande preparat kan variera mycket kraftigt. Detta behandlas i kapitel 2. Här redovisas enbart vissa principiella synpunkter.

Som nämnts ovan råder det delade meningar om en fasad skall göras vattenavvisande eller inte. I Tyskland är man mer positiv till vattenavvisning än i Sverige. Som exempel på den stora skepsisen (eller osäkerheten) i Sverige kan nämnas att tegelindustrin inte lämnar någon som helst garanti för fasader som gjorts vattenavvisande. Å andra sidan finns det lyckade objekt även i Sverige. Varför man lyckats ibland och misslyckats ibland har sällan utretts.

En väl fungerande vattenavvisning på fasaden har stora fördelar. Främst kan nämnas mindre energiförluster genom väggen och långsammare nedbrytning av fasadmateri-

alet. Även vattengenomslag har i vissa fall eliminerats med vattenavvisande impregnering. För att nå ett gott resultat måste dock arbetet utföras med stor noggrannhet, samtidigt som förutsättningarna analyseras i detalj. En vattenavvisande impregnering förmår inte att hindra vatteninträning i stora sprickor. Som gränsvärde kan en sprickbredd på 0.2-0.3 mm vara rimligt. En förutsättning för ett gott resultat är även att impregneringen görs tillräckligt djupgående. 5 mm torde vara ett lämpligt riktvärde. I finporösa material, t ex betong, kan ett mindre impregneringsdjup tillåtas. Finns förutsättningar för att vatten kan tillföras bakifrån, t ex via markfukt, bör någon vattenavvisande behandling inte utföras.

När det gäller kraftigt vittrade fasader, t ex en gammal kalkputs, saknas större erfarenheter av vattenavvisande impregneringar. Vattenavvisande ytbehandlingar i form av organiska tunnputser har däremot använts i samband med renoveringar av sådana fasader. Ibland har resultatet blivit bra, medan i andra fall följden blivit en relativt snabb skadeutveckling. Några kriterier för när en puts är så dålig att den inte kan behandlas med en organisk tunnputs eller färg finns inte. Tills vidare avrådes därför från att behandla "dåliga" kalkputser. Även i samband med användandet av organiska ytskikt på reveterade hus förekommer en del misslyckanden, även om kalkputsen från början verkade bra. Organiska ytskikt på tegel har också medfört problem i vissa fall. Finns det däremot en utstockning eller slamning mellan ytskikt och tegel är erfarenheten väsentligt bättre.

#### 4.3 Grundningens betydelse

Grundningens funktion och olika principer i samband med grundningen är frågor som ofta diskuteras. Vad är då en grundning? I princip kan man särskilja två olika fall. I samband med oorganiska putser avses ett tunt

puts-skikt närmast underlaget. På denna grundning appliceras sedan ytterligare oorganiska puts-skikt. Begreppet grundning används även i samband med en förbehandling innan organiska ytskikt appliceras. Andra begrepp för denna grundningstyp är grundering och primning. Funktionen hos de två olika grundningstyperna är delvis något olika, varför de i det följande behandlas var för sig.

#### 4.3.1 Grundning vid oorganiska tjockputser

I puts-litteraturen uppges att grundningen skall

- svara för vidhäftningen mellan underlag och puts
- reglera och utjämna sugningen
- förstärka underlagets yta
- vara spärr mot inträngande regnvatten

Den första punkten är en självklarhet. Av de övriga punkterna är den andra, reglering och utjämning av underlagets sugning, i särklass viktigast. De två sista punkterna är mer diskutabla. Att grundningen skall förstärka underlaget är direkt tveksamt. Grundningen förmår inte tränga in i underlaget i någon större utsträckning. Resultatet blir enbart att underlagets yta fixeras, vilket lika väl kan göras med andra putser. En farlig följd av resonemanget kan däremot bli att ett mycket svagt underlag, till exempel gammalt kalkbruk, grundas för att ge ett gott underlag för den fortsatta putsningen. Detta är dock helt felaktigt!

Det huvudsakliga motivet för grundningen är att reglera och utjämna underlagets sugning. Enligt avsnitt 3.3 grundlägges vidhäftningen i putsningsögonblicket. För att få en god vidhäftning måste putsen få perfekt kontakt med underlaget. Har underlaget en alltför kraftig sugning, finns risk för att vissa bruk inte "väter" underlaget ordentligt, med åtföljande risk för dålig vidhäftning. Ett grundningsskikt, med ett bruk som



förmår väta underlaget ordentligt, reducerar sugningen för nästa skikt. Denna reduktion av sugningen kan man i och för sig åstadkomma genom en förvattning. Av praktiska skäl är dock en grundning säkrare. Är å andra sidan underlagets sugning mycket dålig eller obefintlig är det av praktiska skäl svårt att applicera en tjockputs. Putsens egenvikt medför att putsen vill glida. En grundning i ett sådant fall medför att underlagets sugning förbättras, varvid putsningsarbetet förenklas.

I vissa fall kan underlagets sugning variera kraftigt på samma fasad, till exempel över mursten och fogbruk. En puts direkt på en sådan fasad kan få högst varierande egenskaper. Detta kan senare visa sig i form av ett rutmönster över fogarna. En grundning eliminerar delvis dessa effekter.

Grundningen i samband med oorganiska tjockputser är enligt ovan välmotiverad i många fall. Hur skall då grundningen utföras och hur länge skall man vänta innan nästa putsskikt appliceras? Beträffande valet av grundningsbruk gäller att bruket skall vara bindemedelsrikt och ha en lättflytande konsistens. Härom är alla överens. För grundning i samband med KC-putser finns fabriksblandade cementrika torrbruk med färgpigment. Genom färgpigmenten är det lätt att avgöra vilka ytor som verkligen grundats. Cementrika grundningsbruk är dock inte lämpliga alla gånger. Om man vid renoveringen av en gammal kalkputsad byggnad har bestämt sig för en ny kalkputs, så strider den cementrika grundningen mot flera principer. Grundningsbruket skall alltid anpassas till det befintliga underlaget och den utanpåliggande putsen. Ibland kan det även vara motiverat att utelämna grundningen.

När det gäller det praktiska utförandet av själva grundningen finns det olika uppfattningar. Ena sidan hävdar att grundningen skall göras heltäckande till 1-2 mm tjocklek. Den andra sidan hävdar att underlaget skall skymta fram här och där. Motivet för det senare är att grundningen inte skall bli för tjock. Den icke heltäckande grundningen kan dock inte uppfylla alla funktioner enligt ovan. Sugningen kommer exempelvis fortfarande att vara ojämn. I vissa fall kan till och med sugningen vara mer ojämn efter grundningen! En heltäckande grundning, som kvastas ut, bör alltså vara att föredra.

Även när det gäller tiden mellan grundning och applicering av nästa puts-skikt finns det olika uppfattningar. Ena sidan föredrar att arbeta "vått i vått", medan andra sidan rekommenderar ett dygn mellan grundning och nästa puts-skikt. Mot den första metoden kan invändas att denna inte uppfyller kravet att förbättra sugningen på dåligt sugande underlag. Väntar man för länge (3-4 timmar) finns också risk för att grundningen delvis härdat, men fortfarande har en för dålig hållfasthet för att klara en ny puts-applisering. Den andra metoden, med minst ett dygns väntan, torde vara säkrare. Man får emellertid inte låta grundningen härda för lång tid. Vid putsning på grundningar som fått härda några månader, har man i vissa fall fått samma problem som vid putsning på icke sugande underlag.

Den idag dominerande uppfattningen gällande grundningen i samband med oorganiska putser kan sammanfattas

- grundning skall i allmänhet utföras
- sugande ytor skall förvattnas innan grundningen
- grundningen skall vara heltäckande och 1-2 mm tjock

- ett bindemedelsrikt och lättflytande bruk skall användas
- tiden mellan grundning och nästa puts-skikt skall vara 1-3 dygn
- grundningen skall skyddas mot snabb uttorkning

#### 4.3.2 Grundning vid organiska ytskikt

Syftet med denna grundning är i princip samma som för grundning vid oorganiska tjockputser. Olika fabrikanter har olika typer av grundningspreparat. Vissa tillämpar principen att grunda med en utspädd lösning av samma bindemedel som finns i det slutliga ytskiktet. Andra fabrikanter har speciella grundningsmedel, anpassade till olika situationer.

De vanligaste grundningsprinciperna indelas i följande grupper

- ett tunt skikt på ytan
- ett preparat som delvis tränger in i och förstärker underlaget
- en impregnering som gör underlaget vattenavvisande

Ett grundningsskikt som inte nämnvärt tränger in i underlaget kan direkt jämföras med grundningen i samband med oorganiska tjockputser. I princip skiljer endast material och tjocklek.

En grundning som tränger in i underlaget och förstärker detta (djupgrundning) har däremot en helt annan funktion. Syftet med denna grundning är främst att få ett fastare underlag för den slutliga ytskiktsappliance-

ringen. Denna grundningstyp har uppenbara fördelar, men samtidigt medför den stora risker. Den största risken är en alltför stor tilltro till metoden. Ordet gjuvgrundning får ibland användaren att tro på en förstärkning av vilka underlag som helst. Detta är dock helt fel. Grundningen förmår i allmänhet inte tränga in mer än någon millimeter. Att förstärka en gammal dålig kalkputs med en grundning är helt orealistiskt. För detta krävs det helt andra (och dyrbara-re) metoder. En djupgrundning förmår endast att fixera och förstärka en vittrad yta. Är själva putsen dålig så hjälper ingen grundning! I vissa fall har man även försökt fixera den gamla kalkavfärgningen med en grundning, innan applicerandet av ett organiskt ytskikt. Resultatet har dock ofta blivit mycket dåligt. Den gamla kalkfärgen måste helt enkelt tas bort innan något organiskt ytskikt kan appliceras. Effekten av en djupgrundning kan lätt provas på den aktuella fasaden. Olika fasader kan nämligen ge helt olika resultat.

En vattenavvisande impregnering som förbehandling i samband med organiska ytskikt är relativt ovanligt i Sverige. I Tyskland görs detta däremot relativt ofta och erfarenheterna därifrån är goda. Fördelen med en sådan behandling är att om ytskiktet spricker, så hindrar impregneringen vatteninträngning via sprickan.

De olika grundningstyperna kan med fördel kombineras med varandra. Ingen grundning kan dock åstadkomma något mirakel med en gammal dålig puts.

#### 4.4 Val av puts/ytskikt vid nyproduktion

Det praktiska valet av puts och ytskikt i en given situation påverkas av en mängd olika faktorer, som ibland kan vara helt motstridiga. Förutom rent tekniska faktorer så har även ekonomiska, känslomässiga och estetiska faktorer stor betydelse. Det principiella valet av puts/ytskikt måste fattas av byggherren. Här-

vid skall han väga samman de olika faktorerna. Den slutliga arbetsbeskrivningen upprättas sedan i allmänhet av en konsult. I det följande diskuteras olika faktorer, främst tekniska, som måste beaktas av både byggherre och konsult. Först redovisas en del synpunkter som är gemensamma för all putsning och ytskiktsbehandling. Därefter behandlas några särdrag hos vanliga väggtyper. Särfallet med puts på utvändig tilläggsisolering behandlas inte alls. En studie av sådana fasader pågår för närvarande.

Begreppet nyproduktion i rubriken innebär att en puts eller ett ytskikt appliceras på ett icke ytbehandlat underlag. Själva byggnaden behöver således inte vara ny. Om en tidigare oputsad tegelfasad putsas så faller detta inom denna rubrik. Samma sak gäller om en tidigare puts knackas ned fullständigt.

#### 4.4.1 Generellt

Beställarens första ställningstagande gäller i allmänhet fasadens struktur och kulör. Redan här begränsas antalet tänkbara behandlingsalternativ. Väljs till exempel en slät yta och underlaget är ojämnt, så måste en utstockning med ett oorganiskt putsbruk göras. Väljs å andra sidan en struktur, som skall visa underlagets fogmönster, så är en utstockning utesluten.

Beställarens nästa ställningstagande gäller ytskiktet. Den tidigare fastställda ytstrukturen kan i allmänhet uppfyllas av ett flertal ytskikt, både organiska och oorganiska. Med hjälp av HusAMA kan sedan en slutgiltig detaljbeskrivning upprättas.

Olika putsbruk, ytskiktsvarianter och ytskikt beskrivs i kapitel 2. Vid valet mellan olika alternativ måste hänsyn tas till (förutom rent tekniska aspekter, som beror på underlaget och diskuteras i följande avsnitt) beställarens, entreprenörens och myndigheternas krav.

Beställarens krav kan gälla utseende, livslängd, rengöringsmöjligheter, framtida underhåll, värmeisolering och ekonomi. Entreprenören kan ha önskemål om att utföra arbetet vid en viss tidpunkt. Myndigheterna kan ställa krav till exempel på utseende och brandskydd.

Tidpunkten för arbetets utförande kan i vissa fall ha betydelse för valet av ytskikt. Skall arbetet utföras sent på hösten är alla vattenbaserade produkter känsliga. Förutom rena frostsador kan även störande missfärgningar inträffa på t ex en KC-färg. Lösningssmedelsbaserade ytskikt kan däremot appliceras även vid minusgrader. Problemet med kyla under putsningsarbetet kan elimineras genom intäckning och uppvärmning. Detta medför dock en merkostnad, samtidigt som det inte löser alla problem.

Den tidplan som upprättas för putsarbetena skall man självklart försöka följa. Detta får dock inte bli något självändamål utan man måste anpassa sig till omständigheterna. Är till exempel putsningen tänkt att ske sent på hösten och det då visar sig att underlaget är mycket blött, är det tveksamt att fullfölja arbetet. Ur teknisk synpunkt kan det vara bättre att vänta med putsningen till våren.

Alla överväganden och ställningstaganden skall utmynna i anbudsunderlag och arbetsbeskrivningar. Dessa kan utformas på olika sätt, men måste alltid vara entydiga och klart tala om vad som ingår i arbetet. Det mest entydiga sättet är att i detalj beskriva hela arbetet. Härvid skall då anges förarbeten, rengöring, förlagning, armering, förvattning, putsningsarbeten, eftervattning och efterarbeten. Även eventuella åtgärder som kan tänkas bli nödvändiga på grund av yttre omständigheter bör anges. Detta kan till exempel gälla uppskjutande av arbetet eller intäckning och uppvärmning på grund av regn och kyla. Vid upphandlingen av arbetet begärs lämpligen ett pris på arbetet under förutsättning att inga komplikationer tillstöter. För

olika åtgärder, som sedan kan bli tänkbara utöver detta, begärs tilläggspriser. Beslutet om dessa åtgärder måste vidtas, fattas senare av beställare och entreprenör gemensamt.

Ett alternativt sätt att utforma arbetsbeskrivningen är att enbart ange utseende och kvalitetskrav på den färdiga fasadbehandlingen. Denna metod ger entreprenören stor frihet att välja det exakta utförandet. Samtidigt ökar också entreprenörens ansvar för hela arbetet.

Oberoende av vilken beskrivningsmetod som används bör alltid HusAMA ligga som en grundläggande referens.

#### 4.4.2 Murverk av tegel

Tegelfasader, både gamla och nya, blir ibland föremål för någon form av ytbehandling. I samband med nyproduktion är det inte ovanligt att man väljer en mindre god tegelkvalitet, med motiveringen att fasaden skall ytbehandlas. Detta har dock straffat sig många gånger. Teoretiskt kan det ligga något i resonemanget att en ytbehandling minskar fuktupptagningen och därigenom förbättrar frostbeständigheten. Den praktiska erfarenheten har dock visat att så inte är fallet. En tunn ytbehandling direkt på tegel medför en större frostpåkänning på underlaget. En grundläggande regel är därför att tegel som skall ytbehandlas måste uppfylla samma krav på frostresistens som fasadtegel. Även om så är fallet behöver detta inte vara någon garanti för ett lyckat resultat. Det finns många exempel där en tegelfasad, som fungerat utan anmärkning i 50-tals år, målats och därefter fått mycket kraftiga frostsador under första vintern.

I gamla fastigheter är ofta isoleringen mot uppstigande markfukt bristfällig. Om en sådan tegelfasad ytbehandlas, kommer väggens fuktinnehåll att öka, med

tillhörande risk för frost- och saltsprängning. Samma sak gäller om fukt tillförs "bakvägen" på andra sätt, till exempel genom läckage. En fasad som är utsatt för onaturliga fuktbelastningar (t ex uppstigande markfukt eller läckage), bör inte putsas eller ytbehandlas. Förutom de tidigare nämnda skaderiskerna kan fasaden även missfärgas.

Det säkraste alternativet vid ytbehandling av tegel-fasader är att först applicera en tjockputs (KC-bruk) och därpå ett ytskikt. Detta ytskikt kan vara oorganiskt eller organiskt. Nackdelen med detta system är att fasadens tegelstruktur försvinner. Vill man ha denna struktur kvar, måste hela ytbehandlingen göras tunnare. Härigenom ökar då risken för skador. Den praktiska erfarenheten har nämligen visat att ju tunnare ytbehandlingens totaltjocklek är, desto större är risken för skador. Erfarenheten är sämst för filmbildande, icke vattengenomsläppliga organiska färger direkt på tegel.

Anledningen till att tunna vattenavvisande ytskikt fungerar sämst är sannolikt att det uppstår sprickor i övergången mellan sten och fog. En slarvig applicering kan också bidra till en ofullständig täckning. Vid sprutning måste man spruta in i fogen från alla håll. Sprutar man enbart nerifrån, kommer fogens undre del och översida på tegelstenen att få dålig täckning enligt FIG. 4:1.

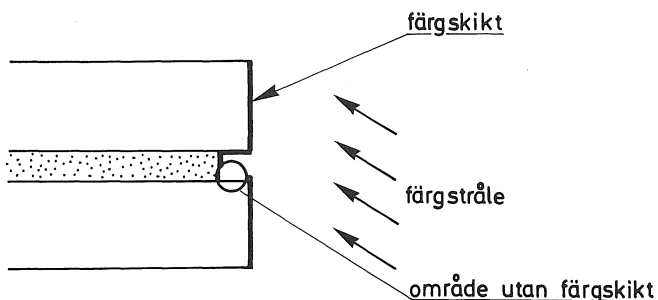


FIG. 4:1. Slarvig applicering ger dålig täckning.



Även om man får fullständig täckning i fogen, är risken stor för att kanterna på tegelstenarna får dålig täckning eller att det blir kraftiga tjockleksvariationer i ytskiktet. Detta kan medföra spänningskoncentrationer med tillhörande risk för sprickbildning

Har man väl fått sprickor i det vattenavvisande ytskiktet, kan regnvatten lätt tränga in. Uttorkningen blir däremot begränsad på grund av ytskiktet. Lokalt kan då fukttinnehållet bli så högt att frostsador inträffar.

Problemen med inträngande vatten genom ytskiktssprickor kan reduceras genom att fasaden impregneras med vattenavvisande preparat innan ytskiktet appliceras.

Mellan ytterligheterna tjockputs och enbart ett färgskikt finns ett antal varianter, vilka ofta benämns "slamning". Dessa slamningar görs lämpligen med KC-bruk (KC 50/50 eller KC 35/65). Putsens totala tjocklek bör vara minst 4-5 mm. För att garantera denna tjocklek bör appliceringen göras i flera omgångar, till exempel grundning och slamning. Slamningen kan sedan ytbehandlas i önskad kulör. Alternativt kan slamningen göras med ett genomfärgat bruk. En annan fördel, som nås genom att applicera flera skikt, är att olika sugning i underlaget inte "slår igenom" i den färdiga fasaden. Med en enda applicering av 3-4 mm KC-bruk finns risk för att fasaden blir "rutig" i samband med regn.

Vid all ytbehandling av tegel ställs stora krav på vidhäftningen. Är vidhäftningen dålig, kan salt- och frostpåverkan lätt förorsaka avflagningar.

Tidigare påpekades att tegel som skall ytbehandlas skall ha god kvalitet. Detta gäller även själva murningarbetet. Väl fyllda fogar är en grundförutsättning. En ytbehandling eller putsning på ett murverk med dåligt fyllda fogar är alltid ett vågspel.

På senare tid har vattenavvisande impregneringar av tegelfasader diskuterats livligt. I vissa fall har sådana impregneringar med framgång använts för att eliminera vattengenomslag. I andra fall har resultatet blivit förvärrade skador. Anledningen till misslyckandena har dock inte analyserats i detalj. En orsak är utan tvekan att impregneringen inte gjorts tillräckligt djup. Strykning med pensel en enda gång är inte tillräckligt! En annan orsak är att man använt impregneringsvätskor av dålig kvalitet.

Tegeltillverkarna i Sverige är mycket skeptiska till vattenavvisande impregneringar och tunna ytbehandlingar på tegel. Detta visar sig bland annat i att deras frostbeständighetsgaranti upphör att gälla om fasaden ytbehandlas på detta sätt.

#### 4.4.3 Murverk av autoklaverade lättbetongblock

På murverk av autoklaverad lättbetong rekommenderar fabrikanterna idag en enda typ av ytbehandling, nämligen den traditionella tjockputsen. Enligt lättbetongfabrikanternas anvisningar skall denna bestå av en 1-2 mm grundning med KC 10/90/350, en 5-10 mm utstockning med KC 50/50/650 och en 4-8 mm ytputs av ädelputs. Som ytputs anges spritputs, skrapad puts och stänkputs. Vid putsning i slagregnsrik zon skall putsen uppfylla HusAMA:s krav på viss täthet mot slagregn.

På ovanstående puts lämnar lättbetongfabrikanterna i vissa fall en garanti. En förutsättning för detta är dock att känsliga partier armeras med ett svetsat trådnät. I lättbetonghandboken ges utförliga anvisningar om var armering krävs. Ur rent praktisk (och ekonomisk) synpunkt kan det vara lämplig att armera hela ytan. Beträffande valet av ytputs så förutsätter garantin en oorganisk ädelputs. Ur teknisk synvinkel är dock andra alternativ fullt tänkbara, både organiska och oorganiska.

Ur arbetsteknisk synvinkel föreligger en markant skillnad mellan modern lättbetong och lättbetong av äldre datum. Den moderna lättbetongen är i sig delvis vattenavvisande, vilket ställer vissa krav vid putsningen. Förvattningen kan i vissa fall utelämnas, samtidigt som "torktiden" för de olika påslagen blir längre. Äldre lättbetong måste däremot nästan alltid förvattnas. Vid upprättandet av arbetsbeskrivningar bör detta beaktas.

#### 4.4.4 Murverk av lättklinkerblock

Fram till mitten av 1970-talet användes lättklinkerblock i huvudsak inom lantbruket och för byggande av torpar- och källargrunder. Till dessa typer av murverk fanns entydiga putsanvisningar.

Rekommendationerna för puts på fasadmurverk av lättklinkerblock är dock inte lika entydiga, som för puts på murverk av autoklaverade lättbetongblock.

En väsentlig skillnad mellan de båda murverkstyperna är att lättklinkerblocken har en relativt liten vattensugning. Detta medför bland annat att motiven för en grundning med ett lättflytande A-bruk delvis försvinner. Den grova strukturen hos lättklinkerblock medför också vissa praktiska svårigheter vid applicerandet av ett tunt och lättflytande skikt. Risken är stor att det lokalt blir alltför tjockt.

Det enda fall där ett grundningsbruk är aktuellt i samband med lättklinkerblock är då underlagets struktur skall vara synlig (slamning). Härvid appliceras ett (i genomsnitt) 2-3 mm tjockt skikt A-bruk som sedan avfärgas med oorganisk färg. Detta alternativ är det billigaste men bör inte användas i utsatta lägen.

Ett säkrare alternativ är att applicera en 7-8 mm tjock puts, som sedan avfärgas. Denna puts kan app-

liceras i ett enda påslag och bruket skall vara ett B-bruk, KC 35/65/650 eller M 100/600. Till avfärgningen rekommenderar tillverkarna oorganiska färger. Ett problem med det tjocka påslaget direkt på den dåligt sugande väggen är den långa "torktiden" för putsen. Detta medför bland annat att klimatbetingelserna vid putsningstillfället bör vara gynnsamma med avseende på uttorkning. Att putsa sent på hösten kan vara riskfyllt. Avsaknaden av grundningsskikt kan även medföra att fogmönstret syns igenom putsen på grund av olika sugning över block och fog.

Det säkraste alternativet är att applicera en puts i två skikt. Denna puts kan sedan ytbehandlas med valfritt ytskikt. Det första putspåslaget görs med ett B-bruk till 3-5 mm tjocklek. På detta bruk kan man sedan, utan några praktiska problem, applicera ett 8-10 mm tjockt putsskikt, som kan ges önskad struktur. Som bruk rekommenderas här B- eller C-bruk. Genom att det första bruket nu har en viss sugkapacitet, ställs inte samma krav på klimatet vid appliceringen av det andra skiktet. Som alternativ till det andra putsskiktet och avfärgningen kan en ädelputs användas.

I utsatta lägen bör alltid tvåskiktsbehandlingen användas. Problemet med putsning vid kall och fuktig väderlek måste beaktas vid upprättandet av tidplan och arbetsbeskrivning. Vid appliceringen av det första putsskiktet måste klimatet vara gynnsamt.

#### 4.4.5 Element av autoklaverad lättbetong

Elementväggar av autoklaverad lättbetong kan ur utseendesynpunkt ytbehandlas på två principiellt olika sätt, nämligen med eller utan synliga fogar.

Elementväggar, som inte skall ha synliga fogar, kan putsas på samma sätt som blockväggar. Ett billigare alternativ till denna tjockputs är en vävarmerad or-

ganisk tunnputs. Detta förfarande är relativt nytt, varför någon större erfarenhet ännu inte finns. Metoden verkar dock lovande. Den organiska tunnputsens måste påföras i flera skikt, vilket medför en relativt tät beläggning. Med hänsyn härtill bör väggen vara relativt torr vid ytbehandlingen. Beträffande praktiska detaljer hänvisas till materialfabrikanterna.

Elementväggar som skall ha synliga fogar, har fasade elementkanter och ytbehandlas med tunnputser. Idag dominerar användandet av organiska tunnputser och erfarenheterna är goda om arbetet utförs korrekt. De flesta skador som inträffat, kan direkt hänföras till fel i arbetsutförandet. För att ytskiktet skall fungera på avsett sätt måste det vara heltäckande. För att med säkerhet få ett heltäckande skikt skall tunnputsens appliceras i två skikt till en totaltjocklek 1-2 mm. Det ena skiktet bör strykas eller rollas ut. Vidare skall fogarna behandlas separat. En flödig penselstrykning med aktuell tunnputs är oftast tillräcklig. Förmår denna behandling inte fylla ut springan mellan elementen, måste specialbruk användas. Detaljanvisningar beträffande det praktiska arbetet lämnas av materialfabrikanterna.

En tunn avfärgning på lättbetongväggar anses i allmänhet inte vara tillräcklig. Samma sak gäller en enda sprutning med en tunnputs. Orsaken till detta är främst svårigheten att få ett enda skikt heltäckande.

#### 4.4.6 Betongväggar

Väggar av betongblock kan i princip ytbehandlas som tegelväggar. Slätgjutna betongväggar kan dessutom direkt ytbehandlas med färger och tunnputser. Innan ytbehandlingen utföres måste väggen rengöras noggrant. Vid gjutningen bildas ofta en gjuthud, som ovillkorligen måste bort. Vidare kan det finnas formolja på ytan, vilket kan äventyra vidhäftningen.

Ett ytskikt på betong måste ha hög alkalibeständighet. Akrylatbaserade ytskikt har visat sig fungera bra och dominerar idag.

#### 4.5 Val av puts/ytskikt vid renovering

Valet av ytbehandling vid nyproduktion är enligt föregående avsnitt ur teknisk synpunkt relativt enkelt och problemfritt. I samband med renoveringar av äldre fasader kan dock valet bli svårt och osäkert. Några entydiga generella rekommendationer går inte att ge. Varje fasad måste bedömas från fall till fall. Förutom val av material måste man även ta ställning till hur omfattande eventuella reparationer och förarbeten skall göras. Det ena ytterlighetsfallet är att enbart applicera ett nytt ytskikt på fasaden. Det andra ytterlighetsfallet är en nedknackning av all gammal puts, följt av en total omputsning. Det senare alternativet kan många gånger klassificeras som nyproduktion enligt avsnitt 4.4.

Vilket alternativ som skall väljas i en given situation beror, förutom på tekniska faktorer, även på en mängd andra faktorer, vilka diskuteras i avsnitt 4.1. Det väsentliga är dock att man vet de möjliga konsekvenserna av valet. En total omputsning är självklart säkrare, men också dyrare än en enkel ytskiktsapplicering utan nämnvärda förarbeten.

I det följande diskuteras först några generella frågor vid renoveringar. Avsnitt 4.4.1 är naturligtvis tillämpligt även här. Därefter diskuteras några vanliga praktiska situationer.

##### 4.5.1 Generellt

En stor skillnad vid nyproduktion och vid renovering är att i förra fallet är underlaget ofta välkänt,

medan vid renoveringar underlagets egenskaper ofta är okända. Ett första steg måste då bli att bedöma underlagets tillstånd. Innan detta är gjort är det meningslöst att diskutera olika alternativ. Denna bedömning måste avse både det befintliga ytskiktet och det därunder befintliga materialet. Även hela väggens konstruktion bör vara känd. En annan sak man bör ägna stor omsorg åt är eventuella skador. Är renoveringen föranledd av direkta skador, så måste skadeorsakerna elimineras innan fasaden åtgärdas. Vid all renovering måste man ha klart för sig att den svagaste länken alltid är avgörande för slutresultatet.

Bedömningen av det befintliga ytskiktet syftar främst till att fastställa ytskiktstypen och dess kondition. Det gamla ytskiktets kondition har stor betydelse för eventuella förarbeten. Ytskiktstypen avgör till stor del vilken metod som skall användas för en eventuell borttagning av ytskiktet. Bedöms ytskiktet vara i så bra kondition att det kan sitta kvar, kommer ytskiktstypen i viss utsträckning att begränsa urvalet av nytt ytskikt. En huvudregel är att oorganiska ytskikt inte kan appliceras på organiska ytskikt. Det omvända är dock möjligt inom vissa gränser. Ibland kan det även vara olämpligt att applicera två olika oorganiska ytskikt på varandra. En kalkfärg på en gammal silikatfärg är ett exempel. Samma sak kan gälla för organiska ytskikt. Ett lösningsmedelsbaserat ytskikt kan i vissa fall lösa upp det gamla ytskiktet. Tillverkarens anvisningar måste alltid studeras omsorgsfullt!

Det gamla ytskiktets kondition bedöms främst visuellt. Är ytskiktet krackelerat och delvis flagnat skall det avlägsnas. Är ytan kritande, vilket undersöks genom att stryka med handen, måste ytan renborstas eller förstärkas. En dålig yta kan även upptäckas genom "tejpprovet". Härvid appliceras en tejpbitt, som sedan dras bort och studeras med avseende på kvarsittande material. Mängden material som fastnar på tejpens är ett mått på ythållfastheten. Metoden är främst avsedd

fär kontroll av lösa sandkorn på en putsad yta. Genom att med en kniv rista ett gitter innan tejpprovet, kan även en dålig vidhäftning upptäckas. Bompartier hos ett ytskikt kan upptäckas genom att försiktigt dra över ytan med t ex skaftet på en mejsel. Vid bompartier blir då ljudet dovt.

Kan man inte genom arkivhandlingar eller motsvarande få uppgifter om ytskiktstypen, finns vissa enkla metoder att "ringa in" ytskiktet. Tidpunkten för ytbehandlingen kan utesluta vissa ytskikt. Fasader som är ytbehandlade innan 1900-talet har sannolikt en kalkfärg. Silikat- och oljefärg har använts sedan början på 1900-talet. Cement- och kalkcementfärgerna kom på 1940-talet. Moderna organiska ytskikt introducerades på 1950-talet.

Med hjälp av mycket enkla analysmetoder på platsen kan ytskiktstypen "inringas" ytterligare. Man börjar med att skilja mellan organiskt och oorganiskt ytskikt. Om en knivspets trycks mot ytan (på ett ställe med ett relativt tjockt ytskikt) och ytskiktet splittras i småsmulor, så är det sannolikt ett oorganiskt ytskikt. En vattenbegjutning av ytan kan också ge svar på frågan om det är ett organiskt eller ett oorganiskt material. Organiska ytskikt är i allmänhet vattenavvisande. Genom tillsatser eller efterbehandling kan dock även oorganiska ytskikt bli vattenavvisande, varför en viss försiktighet måste iakttas. Ett säkrare sätt är att med en cigarettändare bränna en flaga av ytskiktet. Lukt- och rökutveckling indikerar att det är ett organiskt ytskikt. Genom användande av enkla kemiska analysmetoder kan ytskiktet specificeras ytterligare. Sker det en gasutveckling och upplösning av bindemedlet (det bubblar på ytan) vid påförandet av 5-10 %-ig saltsyra, så innehåller ytskiktet kalk eller cement. Ballast i andra ytskikt kan ge samma resultat, varför en helt säker utsago inte är möjlig med denna metod. Påverkas ytskiktet av kaustiksoda, så har ytskiktet olja eller alkyd som bindemedel. Gamla färgskikt kan



dock vara relativt svåra att lösa upp. De olika provningsmetoderna är sammanställda i TAB. 4:1.

TAB. 4:1. Analysmetoder för att fastställa ytskiktstyp.

	Bindemedel					
	oorganiska				organiska	
	kalk	kalkcement	cement	silikat	olja	alkyd annat
Splittras av knivsegg	x	x	x	x		
Suger vatten	x	x	x	x		
Gasutveckling med saltsyra	x	x	x			
Löses av kaustiksoda					x	(x)
Ger lukt/rök vid förbränning					x	x x

Bedömningen av hela underlaget, även det som finns under ytskiktet, syftar främst till att ge en uppfattning om dess hållfasthet och frostbeständighet. Härvid är det mycket viktigt att hela väggens konstruktion och kondition klarlägges. Arkivhandlingar och en enkel provning på platsen kan ge tillräckliga svar. Genom att knacka med en hammare kan eventuella bompartier i en puts upptäckas. Genom att trycka mot en puts med en mejsel kan man få en ungefärlig uppfattning om putsens hållfasthet. Kan man utan svårighet trycka igenom hela putsen, så är den i dålig kondition. Observera att ibland finns det ett hårt "ytskal" över en mycket dålig puts. Det är alltså väsentligt att prova genom hela putsen. Kan man däremot inte utan mycket stor ansträngning trycka in en mejsel så är putsen i god kondition. Mellan dessa ytterligheter finns en mängd

svårbedömbara putser. Provningen av putsens hållfasthet bör göras både i torrt och i vått tillstånd. En KC-puts ger oftast samma resultat i vått respektive torrt tillstånd. För en kalkputs kan däremot en stor skillnad finnas. En dåligt karbonatiserad kalkputs kan vara hård i torrt tillstånd. I vått tillstånd kan den däremot bli "mjuk" och således utgöra ett dåligt underlag för ett nytt ytskikt. Olika kvalitetsnivåer hos putsen medför olika begränsningar i ytskiktetsvalet samt omfattningen av lagningsarbetena. Direkta skador på fasaden skall självklart repareras i samband med renoveringen. Innan detta görs måste dock orsaken till skadorna fastställas. Ofta är detta mycket enkelt. Vanliga orsaker till lokala puts- och ytskiktsskador är läckande hängrännor och stuprör samt bristfälliga avtäckningar. Vid besiktningen innan renoveringen måste stor vikt läggas vid en mängd detaljer, vilka i hög grad påverkar fasaden. Förutom avvattningsanordningarnas kondition kan nämnas

- lutning på balkonger och dylikt
- anslutning mot nästan vågräta ytor
- tecken på uppstigande markfukt
- tecken på läckage
- speciellt hög luftfuktighet inomhus
- väderstreckets inverkan på fasadens kondition
- olika material i fasaden
- sprickor
- skillnader/likheter med intilliggande fastigheter

Med utgångspunkt från iakttagelserna vid besiktningen och eventuella provningar samt övriga faktorer som påverkar åtgärds paketet (fastighetsägarens önskemål med avseende på hållbarhet, kostnad, utseende etc) kan slutligen en arbetsbeskrivning eller ett anbudsunderlag upprättas. I denna handling skall alla åtgärder i samband med renoveringen anges, även sådana åtgärder som inte direkt har med putsen eller ytskiktet att

göra. Ofta är det svårt att avgöra omfattningen av nödvändiga åtgärder innan arbetsställningarna monterats. I praktiken innebär detta att arbetets omfattning inte kan fastställas förrän entreprenör antagits och arbetet påbörjats. Upphandlingen av arbetet måste därför grunda sig på en uppskattning av nödvändiga åtgärder. I anbud och offerter bör den ekonomiska regleringen, vid avvikelser från anbudsunderlaget, anges. Bedömningen av vilka åtgärder som skall vidtas görs lämpligen gemensamt av entreprenör och fastighetsägare.

En renovering behöver inte göras på samma sätt på fastighetens alla fasader. Vissa fasader kan motivera en total omputsning, medan det på andra kan vara tillräckligt med en avfärgning.

#### 4.5.2 Murverk med tjockputs av KC- eller M-bruk

Kalkcement introducerades som putsmaterial efter första världskriget. Efter andra världskriget började kalkcement och murcement dominera marknaden och är idag praktiskt taget allenarådande för tjockputser vid nyproduktion. De fasader som skall renoveras är således inte speciellt gamla. De flesta har en ålder på 30-40 år. Några kulturhistoriska krav på materialvalet vid renoveringen är i allmänhet inte aktuella.

Kalkcement- och murcementputser har i allmänhet god hållfasthet och vidhäftning till underlaget. Själva putsens hållfasthet kontrolleras med mejsel enligt tidigare avsnitt. Är hållfastheten mycket dålig bör putsen knackas bort, varefter fasaden putsas om. Detta är dock sällan aktuellt. Lokala partier kan däremot vara dåliga och kräva reparation. Även större bompartier ( $0.3 \text{ m}^2$ ) och sprickrika partier bör avlägsnas och omputsas.

Är hållfastheten och vidhäftningen god medför själva

putsen i princip inga begränsningar vid ytskiktetsvalet. Är däremot putsens kvalitet och vidhäftning till underlaget sämre, och man av någon anledning inte vill göra en omputsning, blir valfriheten mindre. En dålig hållfasthet och vidhäftning utesluter tjocka ytskikt, både organiska och oorganiska. En sprickrik puts medför att även tunna organiska ytskikt är olämpliga. För en sprickrik puts med dålig hållfasthet och vidhäftning återstår då endast målning med oorganiska färger. Ur beständighetssynpunkt kan även kalkfärgen uteslutas.

Den gamla putsens ytskikt kan medföra ännu större begränsningar vid val av nytt ytskikt. I exemplet ovan förutsattes att själva putsen också var ytskikt, d v s inte var ytbehandlad med någon färg. Finns det en organisk färg på ytan, utesluts även oorganiska färger. Den enda möjliga åtgärd som då återstår, bortsett från en total omputsning, är en ny målning med organisk färg. Detta kan mycket väl lyckas, men måste betraktas som ett osäkert alternativ.

De vanligaste KC-baserade ytputsarna (t ex spritputs, skrapad puts (rivputs) och stänkpuds) kan ses som en del av den egentliga putsen. Är kvalitet och vidhäftning god, så medför dessa ytputsar inga begränsningar vid val av nytt ytskikt. Självklart måste dock ytan rengöras innan det nya ytskiktet appliceras. Finns det inga direkta skador och ytputsen i övrigt är bra, kanske åtgärderna kan inskränkas till enbart en rengöring.

Har fasaden ett ytskikt av en oorganisk färg eller någon organisk ytbehandling begränsas valfriheten, om dessa ytskikt inte skall avlägsnas. KC- och C-färger kan i princip ytbehandlas med valfritt ytskikt. En silikatfärg begränsar däremot de nya ytskikten till ny silikatfärg eller ett organiskt ytskikt. Ett organiskt ytskikt begränsar valfriheten ytterligare. Endast ett nytt organiskt ytskikt är här tänkbart.

I TAB. 4:2 redovisas tänkbara och otänkbara ytbehandlingsalternativ vid olika kvalitetsnivåer och ytskikt hos den befintliga fasaden.

TAB. 4:2. Olika ytbehandlingsalternativ vid olika tillstånd hos befintlig KC- eller M-putsad fasad.

Putskvalitet	Befintligt ytskikt (3)	Ytbehandlingsalternativ					
		enbart rengöring	KC-, C-färg	silikatfärg	oorganisk tunnputs (2)	organisk färg	organisk tunnputs (2) total omputsning
Putts med god hållfasthet utan sprickor	Oorganisk ytputs	x	x	x	x	x	x
	KC-, C-färg (4)		x	x	x(5)	x(5)	x(5)
	Silikatfärg	x		x		x(5)	x(5)
	Organisk ytskikt (6)	x	-	-	-	x	x
Putts med god hållfasthet men med sprickor (1)	Oorganisk ytputs	x	x	x	x		x
	KC-, C-färg (4)		x	x	x(5)		x(5)
	Silikatfärg	x		x			x(5)
	Organiskt ytskikt (6)	x	-	-	-		x
Putts med tveksam hållfasthet utan sprickor	Oorganisk ytputs		x	x		x	
	KC-, C-färg (4)		x	x		x(5)	
	Silikatfärg			x		x(5)	
	Organiskt ytskikt (6)		-	-	-	x	
Putts med dålig hållfasthet eller tveksam hållfasthet och sprickor	Oorganisk ytputs	x	x				x
	KC-, C-färg (4)	x	x				x
	Silikatfärg			x			x
	Organiskt ytskikt (6)	-	-	-	-	-	x

x = fullt tänkbart alternativ

- = otänkbart alternativ

ingen markering anger att alternativet är möjligt men betänkligt

Kommentarer till TAB. 4:2

Tabellen är mycket grov, men kan användas som en första gallring mellan olika alternativ. Självklart kan andra alternativ än de angivna bli aktuella. I sådana fall krävs dock en noggrann analys av det speciella fallet. Vidare kan extremt kraftig klimatpåfrestning medföra ytterligare begränsningar

1. Sprickorna förutsätts vara putssprickor, t ex krympsprickor. Stora sprickor, t ex sättsprickor kräver speciella åtgärder.
2. Kan i vissa fall förändra den gamla ytstrukturen.
3. Det befintliga ytskiktet förutsätts sitta kvar, om det inte är vittrat eller har dålig hållfasthet. Avlägsnas ytskiktet helt, blir alternativet identiskt med oorganisk ytputs.
4. Fallet med K-färg är ej medtaget, eftersom denna färg skall tas bort innan nytt ytskikt appliceras.
5. Stora krav ställs på rengöring och borttagning av gammal vittrad färg.
6. Alltför många behandlingar med organiska ytskikt, främst organiska tunnputser, kan medföra vissa risker. Vid tveksamma fall bör det gamla ytskiktet avlägsnas, innan något nytt ytskikt appliceras.

#### 4.5.3 Murverk med tjockputs av kalkbruk

Kalkputsade fasader är mycket vanliga i renoverings-sammanhang. Kalkputser är alltid svåra att bedöma, vilket medför osäkerheter vid val av renoveringsmetod. Någon "helt säker" metod med lång "livslängd" finns inte. Balansgången mellan önskemålet om lång "livslängd" ur vittringssynpunkt och risken för att ytbehandlingen medför direkta skador är svår. En kalkavfärgning är med tanke på risken för direkta skador ett bra val. Med hänsyn till den förväntade "livslängden" är det dock ett sämre val. En organisk färg, som fungerar på avsett sätt, har en väsentligt längre "förväntad livslängd". Risken för direkta skador är dock större med denna färgtyp.

Kvaliteten på den befintliga kalkputsen kan variera mycket kraftigt. Detta gäller inte bara mellan olika fastigheter, utan även på samma fastighet. Fasader orienterade mot den dominerande slagregnsriktningen har ofta en väsentligt sämre kvalitet än övriga fasader. Många kalkputser har ett relativt hårt yttre skikt, medan putsen längre in är mycket lös. Görs ett hål i det hårda skalet, kan i vissa fall den underliggande putsen rinna bort!

En komplikation vid gamla kalkputsade fasader är att dessa ofta renoverats flera gånger tidigare. Många lager med gamla kalkskikt är ingen ovanlighet. Även flera skikt av olika ytskiktstyper förekommer. Innan något nytt ytskikt appliceras bör de gamla färgskikten avlägsnas i största möjliga utsträckning. En annan komplikation kan vara att man måste ta kulturhistoriska hänsyn, vilket i hög grad begränsar valfriheten.

Kalkputser med mycket god hållfasthet kan ytbehandlas med både organiska och oorganiska färger samt "kalktunnputser". På fasader som är mycket utsatta för slagregn, finns dock en viss risk med organiska ytskikt. Användandet av organiska färger ställer stora

krav på rengöring och borttagning av gamla ytskikt. Gamla kalkskikt måste ovillkorligen bort. Väljs i stället en ny kalkavfärgning minskar kraven på borttagning av den gamla kalkfärgen. Löst sittande skikt måste dock alltid tas bort. För att en organisk färg skall fungera måste putskvaliten vara god, samtidigt som putsen skall vara någorlunda sprickfri.

Kalkputser med en genomgående mycket dålig hållfasthet kan överhuvudtaget inte ytbehandlas på ett tillfredsställande sätt. Skall fasaden inte putsas om får man räkna med kalkning praktiskt taget varje år. Väljs en omputsning, är en kalkcementputs att föredra. Mellan ytterligheterna "mycket god hållfasthet" och "mycket dålig hållfasthet" ligger i praktiken de flesta kalkputserna, till exempel det tidigare nämnda fallet med ett hårt skal över ett löst kalkbruk. Rent generellt gäller då att ju mer tveksam man är till putsens kvalitet, desto mer tveksam skall man vara till organiska ytskikt. Oorganiska ytskikt är dock alltid användbara. Några exakta gränser går inte att ange.

Ett vanligt problem är renovering av en relativt sprickrik och dålig kalkputs med ett mer eller mindre flagnat organiskt ytskikt. Ett nytt organiskt ytskikt är klart olämpligt i detta fall. För att kunna applicera en oorganisk färg måste det gamla ytskiktet tas bort. Är putsen tillräckligt dålig går inte detta utan att putsen skadas, vilket i praktiken innebär att hela fasaden måste putsas om. Är man inte villig till detta återstår endast ett nytt organiskt ytskikt utanpå det gamla. Detta kan mycket väl ge ett gott resultat, men måste ändå betraktas som en chansning.

I TAB. 4:3 redovisas tänkbara och otänkbara ytbehandlingsalternativ vid olika kvalitetsnivåer och ytskikt hos den befintliga fasaden.



TAB. 4:3. Olika ytbehandlingsalternativ vid olika tillstånd hos en befintlig kalkputs.

		Ytbehandlingsalternativ						
Putskvalitet	Befintligt ytskikt (3)	Enbart rengöring	K-färg	KC-färg	Silikatfärg	Kalktunnputs (1)	Organisk färg (2)	Total omputsning
Putts med god hållfasthet	Ytputs av kalkbruk	x	x	x	x	x	x	
	K-färg		x	-	-	-	-	
	KC-färg			x	x		x(4)	
	Silikatfärg	x			x		x(4)	
	Organiskt ytskikt (5)	x	-	-	-	-	x	
Putts med tveksam hållfasthet	Ytputs av kalkbruk		x	x	x			
	K-färg		x	-	-			
	KC-färg			x	x			
	Silikatfärg				x			
	Organiskt ytskikt (5)		-	-	-			
Putts med dålig hållfasthet	Ytputs av kalkbruk	-	x	x	x	-	-	x
	K-färg	-	x	-	-	-	-	x
	KC-färg	-		x	x	-	-	x
	Silikatfärg	-			x	-	-	x
	Organiskt ytskikt (5)	-	-	-	-	-	-	x

x = fullt tänkbart alternativ

- = otänkbart alternativ

ingen markering anger att alternativet är möjligt men betänkligt

#### Kommentarer till TAB. 4:3

Tabellen är mycket grov, men kan användas

som en första gallring mellan olika alternativ. Självklart kan andra alternativ än de angivna bli aktuella. I sådana fall krävs dock en noggrann analys av det speciella fallet. Vidare kan extremt kraftig klimatpåfrestning medföra ytterligare begränsningar

1. Kan i vissa fall förändra den gamla ytstrukturen.
2. Förutsätter en praktiskt taget sprickfri fasad.
3. Det befintliga ytskiktet förutsätts sitta kvar om det inte är vittrat eller har dålig hållfasthet. Avlägsnas ytskiktet helt blir alternativet identiskt med ytputs av kalkbruk.
4. Stora krav på rengöring och borttagning av gammal vittrad färg.
5. Alltför många behandlingar med organiska ytskikt kan medföra vissa risker. Vid tveksamma fall bör det gamla ytskiktet avlägsnas innan nytt ytskikt appliceras.

#### 4.5.4 Kalkputs på trähus (revetering)

En revetering är i princip en nätarmerad fritt hängande puts. De flesta renoveringsaktuella reveteringar har en vassrörsmatta som armering och putsbruket är i allmänhet ett kalkbruk. För att putsen inte skall häfta vid den underliggande trästommen, monteras en papp på denna innan putsningsarbetet. En väsentlig skillnad gentemot puts på murverk blir sålunda att putsen inte har någon vidhäftning mot underlaget. Även fuktutbytet i vattenfas mellan puts och underlag (till exempel vid slagregn) är förhindrat.

Avsaknaden på vidhäftning innebär att de putsprickor som eventuellt uppstår vid rörelser i puts och trästomme (krympning samt fukt- och temperaturrörelser) kan bli större än i puts på ett murverk. Med ett icke vattenavvisande oorganiskt ytskikt har detta ingen praktisk betydelse. Appliceras däremot ett organiskt vattenavvisande ytskikt, som samtidigt försämrar uttorkningsmöjligheterna efter ett regn, kan problem uppstå. Genom sprickorna kan nämligen vatten tränga in och eftersom fuktutbytet med underlaget är förhindrat måste vattnet spridas åt sidorna i putsen. Lokalt kan mycket höga fukttillstånd nås intill sprickorna. Kalkputsens dåliga frost- och vittringsbeständighet kan då medföra en snabb skadutveckling.

Problemet med inträngande vatten i sprickor (i samband med vattenavvisande ytbehandlingar) kan delvis elimineras genom att göra även sprickorna vattenavvisande. Genom en omsorgsfull vattenavvisande impregnering, innan ytskiktet appliceras, kan sugningen i sprickor upp till 0.2-0.3 mm elimineras.

Med hänsyn till ovanstående bör man i första hand välja ett oorganiskt icke vattenavvisande ytskikt på reveteringar med kalkputs. Vill man ha ett vattenavvisande organiskt ytskikt måste mycket stora krav ställas på den gamla putsens kvalitet. En förbehandling med en vattenavvisande impregnering ökar säkerheten i samband med organiska ytskikt. Finns det större sprickor (någon mm) är förutsättningarna för ett lyckat resultat med ett organiskt ytskikt mycket små. I övrigt gäller synpunkterna i avsnitt 4.5.2.

## 5 SKADEEXEMPEL

När en puts- eller ytskiktsskada är ett faktum, fokuseras ofta intresset till frågan om vem som skall ta ansvaret för det inträffade. Alltför sällan görs en grundlig, om ens någon, analys av orsakerna till skadorna. Någon tar på sig ansvaret och bekostar en reparation. Ibland blir resultatet bra. Andra gånger blir däremot resultatet nya skador. En skadeutredning kunde kanske ha eliminerat nya problem. Bristen på skadeanalyser medför även att samma misstag kan begås på andra liknande objekt.

Syftet med detta kapitel är att med några exempel belysa olika mer eller mindre vanliga skadesituationer. Alla exemplen är hämtade från verkligheten. I många fall förekommer det flera skadetyper på en och samma fastighet. För att renodla exemplen har ibland en enda skadetyper utvalts till behandling.

Urvalet av skador gör inga anspråk på att spegla frekvensen av skador i praktiken. De beskrivna skadorna är av mycket varierande omfattning. En del skador kostar några tiotusentals att reparera. Andra kan kosta miljonbelopp. Vidare är skadeorsakerna i en del fall självklara. I andra fall finns det däremot inga entydiga skadeorsaker. Det kan synas onödigt att diskutera självklara skadeorsaker. Det faktum att skadan inträffat, pekar dock på att så inte är fallet.

De olika skadeexemplen är disponerade på samma sätt. Först ges en bakgrund och skadebeskrivning. Därefter diskuteras tänkbara orsaker till skadorna. Ofta diskuteras flera olika möjliga orsaker, varefter några kan uteslutas. Vid sådana resonemang är det viktigt att analysera samverkan mellan olika faktorer. Faktor A eller B kanske var för sig inte kan ge någon skada. Om däremot A och B är aktuella samtidigt, kan en skada mycket väl inträffa. Efter genomgången och värderingen av de olika tänkbara orsakerna, redovisas vilka före-

byggande åtgärder som skulle ha vidtagits, för att undvika problemen. Slutligen ges några kommentarer till skadefallet.

Några reparationsåtgärder med anledning av den inträffade skadan diskuteras inte.

Alla slutsatser beträffande skadeorsaker är dragna av författaren. Som framgår av exemplen finns det även andra uppfattningar. Detsamma gäller de förebyggande åtgärderna.

## 5.1 Spjälkningar i nyputsad och målad tegelfasad

### 5.1.1 Bakgrund och skadeutseende

I ett villaområde uppstod snabbt skador i den ytbehandlade putsen och i vissa fall även i det underliggande teglet. Villaområdet är beläget i Mellansverige och ligger relativt skyddat för väder och vind. Villaområdet, som totalt består av cirka 500 hus, uppfördes etappvis. Skadorna uppstod under första vintern i den första etappens hus. Den andra etappens hus var då ännu inte färdigställda.

Skadorna bestod av spjälkningar i putsen eller i underlaget. Spjälkningarnas storlek varierade från någon  $\text{dm}^2$  till några  $\text{m}^2$ . Vissa hus var helt oskadade, medan andra kunde uppvisa omfattande skador. Skadorna förekom i alla väderstreck.

Enligt bygghandlingarna består ytterväggarna av en högisolerad tegelvägg, som skall putsas och målas. Teglet betecknas som "industritegel". Putsen skall bestå av en grundning med A 22-bruk och en minst 5 mm tjock utstockning med ett B 11-bruk. Utstockningen skall ges en grov struktur genom kvastning. Ytbehandlingen skall bestå av en vattenbaserad organisk färg, som appliceras i två skikt.

I byggprocessen inblandade parter fastslog omedelbart att det var fråga om frostskador. Som direkt skadeorsak nämndes att färgen var för tät.

#### 5.1.2 Diskussion av tänkbara skadeorsaker

Om det var fråga om frostskador så måste det aktuella fuktinnehållet ha varit högre än det kritiska fuktinnehållet med avseende på frostsprängning, när temperaturen i putsen sjönk under noll grader.

Ett högt aktuellt fuktinnehåll kan bero på:

- Extrem slagregnsbelastning
- Kondens av inifrån kommande fukt
- Uppstigande markfukt
- Byggfukt
- Läckage eller bristfällig vattenavledning

Ett lågt kritiskt fuktinnehåll kan bero på:

- Ogynnsam porstruktur (t ex låg lufthalt)
- Dålig hållfasthet
- Ogynnsam materialkombination

Några mätningar av aktuellt och kritiskt fuktinnehåll har inte gjorts. Att väggarna var blöta konstaterades dock visuellt. Genom en besiktning och diskussioner med berörda parter har de olika tänkbara orsakerna till skadorna bedömts enligt följande:

Extrem slagregnsbelastning föreligger inte i aktuellt fall. Byggnaderna ligger i slagregnszon 2 enligt SBN-kommentaren 1975:3. Vidare ligger byggnaderna relativt skyddat. Att en extrem slagregnsbelastning inte var någon primär skadeorsak, styrks också av det faktum att skadorna förekom i alla väderstreck.

Kondens av inifrån kommande fukt kan inte heller anses ha varit orsak till aktuella skador. De mängder som kan kondensera är alltför små för att ge frostskador

på så pass kort tid.

Uppstigande markfukt kan direkt uteslutas, eftersom tegelväggen vilar på en betongplatta över marknivån. Skadorna var inte heller speciellt lokaliserade till låga höjder.

Byggfukt var med säkerhet den dominerande orsaken till väggarnas höga fukttinnehåll. Murning, putsning och målning har ibland utförts i mycket snabb följd. I extremfall har murning och putsning gjorts "löpande". Tiden mellan putsning och målning har varit "någon vecka". Murningen, som delvis utförts under hösten-vintern, har gjorts med tegelstenar som lagrats "i det fria" utan någon täckning. Vissa tegelstenar (enstaka eller hela pallar) kan alltså vid murningen ha varit helt kapillärmättade. Att teglet som lagrades på arbetsplatsen var mycket blött, konstaterades vid besiktningen. Vid murning och putsning tillför man sedan ytterligare fukt. Ett mycket högt fukttillstånd, lokalt fullständig kapillärmättnad, kan alltså förväntas i väggen. Under putsningsarbetet intäcktes fasaden och värmdes med värmebläktar. Den härav åstadkomna uttorkningen är dock mycket liten och framför allt sker den lokalt. När sedan ytskiktet appliceras försämras uttorkningsmöjligheterna ytterligare.

Läckage kan inte ha varit någon väsentlig orsak till skadorna.

Bristfällig vattenavledning kan lokalt ha förhöjt fukttinnehållet. Enligt uppgift utfördes i vissa fall plåtarbetena långt efter det att fasaden färdigställts i övrigt.

Ogynnsam porstruktur och dålig hållfasthet kan föreligga i både puts och tegel. För att en puts skall vara "frostresistent" anses att lufthalten i det färskta bruket skall vara minst 10-15 %. I aktuellt fall uppmättes lufthalten till 1-2 %! Enligt bygghandlingarna

skulle putsningsarbetet göras med KC 35/65/550. I verkligheten användes KC 50/50/300. Ballasten, upphandlad som "putssand", hade en graderingskurva enligt FIG. 5:1, vilket måste anses som undermåligt.

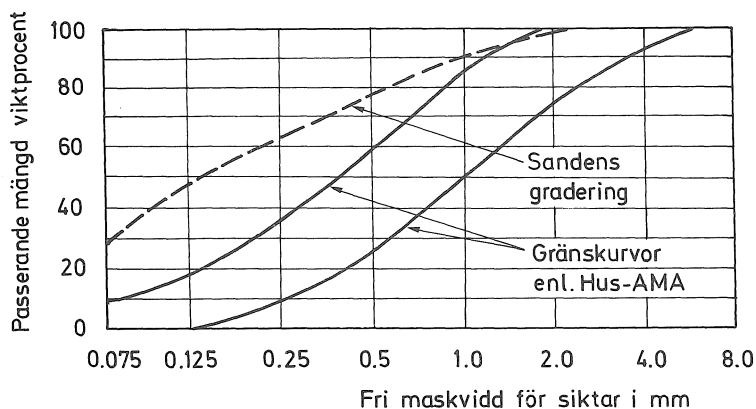


FIG. 5:1. Ballastgradering hos "putssanden".

Putsbruket har alltså en sammansättning som inte är av bästa klass. Putsningen har dessutom utförts under dåliga klimatbetingelser, delvis under vintern, på mycket fuktigt underlag. De stundtals inkopplade värmebläktarna har medfört en snabb lokal uttorkning närmast bläktarna. På andra partier har däremot ingen uppvärmning skett. Dessa förhållanden har medfört mycket dåliga härdningsbetingelser. Lokalt kan även putsen ha frusit innan någon nämnvärd härdning har skett. Det finns alltså förutsättningar för att den färdiga putsen kan ha fått en mycket dålig kvalitet.

Även teglet torde ha en betänklig kvalitet. Tegelleveranserna kom från olika tegelbruk och uppvisar stora skillnader i färg och densitet, vilket tyder på en varierande bränningsgrad. Förutom att detta medför en varierande frostresistens, så kan även fuktförhållandena påverkas, vilket i sin tur kan påverka den färdiga putsens kvalitet och frostbeständighet. Även tegel från samma tegelbruk kan uppvisa sådana variationer.



En ogynnsam materialkombination kan ha förvärrat skadeutvecklingen. Skiktgränsen mellan två material är en känslig zon. Av erfarenhet vet man att en tjockputs fungerar bra på tegel. Ett organiskt ytskikt direkt på tegel är däremot mer osäkert. I aktuellt fall finns en puts, med varierande tjocklek, mellan tegel och ytskikt. Putsen är bitvis mycket tunn, någon millimeter, vilket ur frostsynpunkt kan vara i tunnaste laget. Den enligt handlingarna avsedda 5 mm tjocka utstockningen torde ha varit gynnsammare. Den organiska färgen har dessutom endast applicerats i ett enda skikt medelst spruta, vilket har medfört en bristfällig täckning. Slagregn kan alltså lätt ta sig in genom förekommande "pinholes" och öka fuktinnehållet. Ytskiktet kan också sänka putsens kritiska fuktinnehåll i ytan.

### 5.1.3 Slutsatser och förebyggande åtgärder

Aktuella skador kan entydigt hänföras till frostsprängning. Flera olika faktorer har bidragit till skadeutvecklingen. Från den föregående diskussionen kan följande primära skadeorsaker sammanställas:

- Byggfukt
- Dålig uppvärmning under arbetet
- Bristfällig vattenavledning
- För låg lufthalt i bruket
- Fel ballastgradering
- Fel brukssammansättning
- Dålig tegelkvalitet
- För tunt putsskikt
- Slarvigt applicerat ytskikt

Att utpeka en enda skadeorsak är omöjligt, eftersom skadorna beror på en samverkan mellan flera olika faktorer. För att med någorlunda säkerhet slippa aktuellt problem måste alltså flera åtgärder vidtagas.

En grundläggande åtgärd är att minska byggfukten. Detta kan göras genom att tegelpallar och den färdigmurade väggen skyddas från regn och snö. Som putsbruk bör KC 35/65/550 eller KC 50/50/650 användas. Ballastgraderingen skall ligga inom gränskurvorna enligt FIG. 5:1. Bruket bör ha en lufthalt på ca 15 %. Vidare bör utstockningen appliceras i två skikt så att totaltjockleken blir minst 5 mm. Före, under och efter putsningsarbetet bör uppvärmning ske. Alternativt (och bättre) utföres putsningsarbetet under den varma årstiden. Innan ytskiktet appliceras skall putsen ha härdat tillräckligt, minst en vecka. Ytskiktet skall appliceras i två skikt till fullständig täckning. Första skiktet bör borstas in i ytan. Finns risk för frost skall uppvärmning ske före, under och efter ytskiktappliceringen. +5 °C anses vara en minimitemperatur vid användandet av vattenbaserade ytskikt. Här redovisade åtgärder tar hänsyn till alla angivna tänkbara skadeorsaker utom den dåliga tegelkvaliteten. Denna skall dock självklart uppfylla kravet på "frostresistens" enligt murstensstandarderna.

#### 5.1.4 Kommentarer

Det beskrivna skadefallet är ett extremfall, där många direkta fel begåtts samtidigt. De olika primära skadeorsakerna är däremot var för sig inte extrema, och medför inte alltid någon skada. Enbart en felaktig ballastgradering eller felaktig brukssammansättning skulle sannolikt inte ha medfört någon direkt skada. Enbart byggfukten skulle däremot kunnat medföra aktuella skador. Om man å andra sidan eliminerar enbart byggfukten, så är detta ingen garanti för att skador inte skall uppstå.

Ett enkelt sätt att undvika problem med själva putsbruket är att använda fabriksblandat bruk. Att blanda på byggplatsen medför alltid en viss osäkerhet, både med avseende på sammansättning och ballastgradering.

Skadorna måste anses som helt onödiga och ansvaret kan man i huvudsak lägga på putsentreprenören. Så många fel får man helt enkelt inte göra samtidigt!

## 5.2 Flagnande ytskikt på ny KC-puts

### 5.2.1 Bakgrund och skadeutseende

I ett nyuppfört villaområde i Skåne uppstod snabbt flagningar i den målade putsen. Skadorna visade sig under den första vintern. Vid denna tidpunkt var villaområdet inte färdigställt. Husen har i allmänhet ett relativt skyddat läge.

Ytterväggarna består av träreglar med värmeisolering och ett yttre skal av lättklinkerblock, som fungerar som putsunderlag. Putsen består av ett fabriksblandat B-bruk, påslaget i ett 5-8 mm tjockt skikt. Ytskiktet är en vattenbaserad organisk färg. Putsnings- och målningarbetet utfördes under alla årstider.

---

Skadorna visade sig i form av att ytskiktet tillsammans med en del puts flagnade. Omfattningen av flagningen varierade kraftigt och var inte orienterad till något speciellt väderstreck. Vissa hus var helt oskadade, medan andra kunde ha omfattande skador.

Entreprenörens omedelbara reaktion var att det helt enkelt var "fel färg". Skadeorsaken skulle alltså ligga i färgvalet.

### 5.2.2 Diskussion av tänkbara skadeorsaker

Skadeutseendet tydde till viss del på frostsprängning. Den aktuella putsen borde dock vara så pass frostresistent att några skador inte skulle inträffa i normala

fall. Någon speciell omständighet, som förorsakat skadorna, måste alltså föreligga. Några tänkbara sådana omständigheter är

extrem fuktbelastning  
"fel färg"  
felaktigt bruk  
bristande omsorg vid putsningsarbetet

Skadorna fanns i alla väderstreck och även i skyddade lägen. Någon extrem fuktbelastning är alltså inte orsak till skadorna.

"Fel färg" kan inte heller anses vara någon primär skadeorsak. Vid en närmare besiktning befanns nämligen att fasader som ännu inte hade målats, uppvisade omfattande skador. Färgen har möjligen förvärrat skadeutvecklingen, men framförallt medför färgen att skadorna syns mycket bättre.

Putsens kvalitet var delvis mycket dålig. På vissa fasader, som ännu inte hade målats, kunde man med handen borsta bort putsen. Detta gav då anledning att misstänka något fel i bruket. Denna misstanke kunde dock avfärdas utan någon analys av bruket. Över fogarna var nämligen bruket på vissa fasader av mycket god kvalitet. Hade det varit något fel i det färskaste bruket skulle hela putsytan ha blivit av dålig kvalitet.

Bristande omsorg vid putsningsarbetet är den avgörande faktorn till aktuella skador. Synliga avbildningar av iskristaller i putsen visar att putsen ibland fick frysa innan den hårdnat. De använda murstenarna hade mycket dålig sugförmåga, vilket fick till följd att brukets överskottsvatten fanns kvar under hårdnandet. Detta medförde i sin tur att putsen blev porösare och svagare. Över fogarna sögs däremot överskottsvattnet bort snabbare, vilket medförde en bättre putskvalitet.

### 5.2.3 Slutsatser och förebyggande åtgärder

Skadorna beror helt på bristande omsorg vid putsapplicereringen och under putsens härdning. Den avgörande faktorn är för tidig frysning. Problemet kunde ha undvikits genom att putsningen utförts då risk för köldgrader inte hade förelegat. Alternativt hade man varit tvungen att klä in väggarna och värma. Denna uppvärmning skulle då ha påbörjats någon dag innan putsningen och pågått till några dagar efter putsningen. Med tanke på underlagets dåliga sugning skulle brukets vatteninnehåll ha varit så lågt som möjligt. En grundning skulle ha förbättrat sugförhållandena och därmed även putskvaliteten.

### 5.2.4 Kommentarer

Att putsningsarbeten inte skall utföras när det finns risk för köldgrader är självklart och behöver inte kommenteras.

---

Hur underlagets sugning påverkar putsens kvalitet är däremot mindre välkänt. Vissa mindre laboratorieförsök har dock visat att ett icke sugande underlag kan ge en väsentlig sämre putskvalitet än ett sugande underlag. Förhållandena är välkända inom betongteknologin, där det finns ett direkt samband mellan vatteninnehåll och hållfasthet.

## 5.3 Spjälkningar i ny kalkputs

### 5.3.1 Bakgrund och skadeutseende

På en sydfasad på en flera hundra år gammal byggnad i norra Skåne gjordes en total omputsning med kalkbruk. Fasaden ligger relativt skyddad mellan två flyglar. Under första vintern uppstod lokala spjälkningar och putsnedfall. Enligt uppgift föregicks putsnedfallet av

en "lokal missfärgning, som måste vara fuktfläckar".

Väggen är en tjock sandstensmur och rummen bakom är både uppvärmda och ouppvärmda. Skadorna var ej lokaliserade till någon speciellt del med avseende på inomhusklimatet. Putsen består av grundning med KC 10/90/350 och en utstockning (5-20 mm tjock) med rent kalkbruk. Ytan avfärgades sedan med kalkfärg. Putsningsarbetet utfördes "på sommaren" och avfärgningen på "förhösten".

Vid besiktningen av skadorna hade reparationsarbetet påbörjats. Runt alla skador hade putsen delvis avlägsnats, varför någon detaljbild av skadorna inte gick att få. Vid en okulär besiktning av oskadade partier föreföll putsen ha en god kvalitet. Inga nämnvärda krympnings- eller krackeleringssprickor fanns. Enligt tillgängliga uppgifter verkar själva arbetsutförandet vara gjort på ett "korrekt" sätt.

Vid ett närmare studium av putsen visade det sig att "hållfastheten" varierade kraftigt. Bitvis var putsen "hård" genom hela tjockleken. På andra partier var ytan (2-3 mm) hård, medan putsen på större djup var "mjuk". På vissa partier gällde även motsatsen, dvs mjuk yta med hårdare puts längre in. Det senare förekom dock endast i ringa omfattning. Intill de ursprungliga skadorna hade putsen delvis spjälkats i ett antal 0.5-1 mm tjocka skikt. Grundningsskiktet uppvisade inga defekter och vidhäftningen mellan utstockning och grundning var utan anmärkning.

Entreprenör, konsult och fastighetsförvaltare kunde inte finna någon direkt orsak till skadorna, utan konstaterade att kalkputsning är "nyckfull". Från annat håll framkastades förklaringen att "det går inte att putsa på sandsten".

### 5.3.2 Diskussion av tänkbara skadeorsaker

Påståendet att det inte går att putsa på sandsten kan direkt avfärdas. Om så hade varit fallet borde dessutom problemen ha varit koncentrerade till vidhäftningszonen. Grundningsskiktet var helt utan anmärkning. Vidare var vidhäftningen, såväl mellan grundning och underlag som mellan grundning och utstockning, perfekt. Problemen fanns i själva utstockningen.

Erhållna uppgifter beträffande skadeutvecklingen samt iakttagelsen att putsen var spjälkad intill skadorna tyder på frostsprängning. Det aktuella fukttinnehållet vid frysning har alltså varit högre än det med avseende på frostsprängning kritiska fukttinnehållet.

Ett högt aktuellt fukttinnehåll kan bero på extrem slagregnsbelastning, kondens av inifrån kommande fukt, uppstigande markfukt, byggfukt, läckage eller bristfällig vattenavledning. Inget av detta kan direkt påvisas i aktuellt fall. (Jfr 5.1.2)

Ett lågt kritiskt fukttinnehåll kan bero på ogynnsam porstruktur, dålig hållfasthet eller ogynnsam materialkombination.

Att hållfastheten hos kalkputsen var dålig kunde lätt konstateras vid besiktningen. Under ett hårt skal var enligt ovan putsen i allmänhet mjuk. Troligen har putsen inte karbonatiserat ordentligt. (Någon mätning av detta har inte gjorts). Någon direkt orsak till en dålig karbonatisering har inte kunnat påvisas. (Se vidare avsnitt 5.3.4)

Porstrukturen hos putsen har inte analyserats. Enligt uppgift användes dock ett bruk utan luftporbildande tillsatser, vilket är ogynnsamt med hänsyn till risken för frostsprängning.

Någon ogynnsam materialkombination kan inte påvisas.

Om underlaget varit "icke sugande", hade risken för frostsador i putsen ökat, eftersom det regnvatten som träffar putsen då inte kan sugas bort. I aktuellt fall är dock underlaget "kraftigt sugande".

### 5.3.3 Slutsatser och förebyggande åtgärder

Skadorna kan hänföras till frostsprängning. Att ange någon entydig primärorsak till detta går inte. Kunskaperna beträffande kalkputs är helt enkelt för dåliga. Uppenbarligen har dock inte putsen karbonatiserat ordentligt.

Den enda rimliga åtgärd som kunde ha vidtagits, är att ha använt ett kalkbruk med luftporbildande tillsatsmedel. Om denna åtgärd hade varit tillräcklig för att undvika problemen, är dock tveksamt. För att man skulle ha fått en större säkerhet mot aktuella skador, skulle man ha varit tvungen att vidta särskilda åtgärder för att påskynda karbonatiseringen. Detta är dock en relativt konstnadskrävande åtgärd, samtidigt som kunskaperna om hur man skall göra är bristfälliga.

Den säkraste och mest radikala åtgärden hade varit att använda ett KC-bruk, till exempel KC 60/40/650. Ett annat alternativ hade varit ett hydrauliskt kalkbruk.

### 5.3.4 Kommentarer

Den dåliga frostbeständigheten hos nyapplicerade kalkputsar är ett stort problem. Man måste utan tvekan instämna i det tidigare nämnda konstaterandet att "kalkputsning är nyckfull". Alltför ofta sker misslyckanden, utan att någon entydig förklaring kan ges till skadorna. Ofta blir den enda förklaringen att putsen inte har karbonatiserat ordentligt. Denna förklaring är dock inte till stor hjälp för att undvika framtida problem.



Hur lång tid tar det innan en kalkputs är genomkarbonatiserad? Vilka åtgärder kan vidtagas för att påskynda karbonatiseringen? Hur hårda frostpåfrestningar tål en genomkarbonatiserad kalkputs? Kunde man ge entydiga svar på dessa frågor, skulle sannolikt problemen med frostskadade kalkputser reduceras mycket kraftigt.

Erforderlig härdningstid, för att få en genomkarbonatiserad kalkputs, beror på en mängd faktorer. De dominerande faktorerna torde vara putstjocklek, lufttemperatur och putsens fuktinnehåll. En stor putstjocklek och låg lufttemperatur medför att erforderlig tid blir lång. Karbonatiseringen kräver ett visst fukttillstånd i putsen. Är det för blött eller för torrt, kan karbonatiseringen upphöra helt. Karbonatiseringshastigheten kan även reduceras om ytan blir "för tät". Fältundersökningar har visat att erforderlig tid, för att en kalkputs skall bli genomkarbonatiserad, varierar mellan några veckor och några år!

Den enda (med dagens kunskaper) rimliga åtgärden för att påskynda karbonatiseringen, är att försöka styra putsens fuktinnehåll. I praktiken innebär detta att putsen skall skyddas mot solsken och alltför mycket regn, vilket kan vara besvärligt. Vid torr väderlek bör en viss uppfuktning av putsen ske. Hur länge detta bör pågå är idag okänt. En gissning är att det handlar om minst någon månad.

Med hänsyn till risken för frostsprängning är det önskvärt att putsen får karbonatisera så "lång tid som möjligt" innan vintern. Det bästa är alltså att putsa på våren. Under alla omständigheter får en kalkputsning inte ske på senhösten. I äldre tider fanns en fastställd arbetssäsong för putsning under tiden 1 april-1 oktober. Denna tid förefaller i längsta laget och borde dessutom variera med den geografiska belägenheten.

Är man inte beredd att acceptera ovanstående problem och osäkerheter med kalkbruk, återstår bara en sak; nämligen att övergå till kalkcementbruk, vilken härdar på ett betydligt säkrare sätt. Förhoppningsvis skall dock kunskaperna beträffande kalkbruk förbättras så pass mycket, att man utan alltför stora betänkligheter skall kunna använda kalkbruk där det är kulturhistoriskt motiverat.

Som ett alternativ har man på senare tid återinfört det hydrauliska kalkbruket. Härigenom försöker man samtidigt uppfylla de antikvariska kraven på "originalmaterial" och de tekniska kraven på ett säkert hårdnande. Någon längre erfarenhet av detta (i modern tid) finns dock inte ännu.

#### 5.4 Flagnande organiskt ytskikt på autoklaverad lättbetong.

##### 5.4.1 Bakgrund och skadeutseende

På en industribyggnad på västkusten uppstod första vintern mindre flagningar i det organiska ytskiktet. Under den andra vintern förvärrades skadorna kraftigt. Byggnadens väggar består av liggande lättbetongelement med densiteten  $360 \text{ kg/m}^3$ . Monteringen av ytterväggarna utfördes under sensommaren. Under hösten applicerades en vattenbaserad organisk tunnputs.

Skadorna förekommer enbart på en sydfasad, som har ett för väder och vind utsatt läge. Skadorna visar sig i form av stora "bubblor" och nedfall av ytskiktet. På ytskiktet finns någon millimeter lättbetong. Lättbetongen bakom det nedfallna ytskiktet är "mjölig".

##### 5.4.2 Diskussion av tänkbara skadeorsaker

Skadorna beror otvivelaktigt på frostsprängning. De

direkta skadeorsakerna skall alltså sökas i de faktorer som kan ge ett högt fukttinnehåll eller ett lågt kritiskt fukttinnehåll med avseende på frostsprängning. Ett högt fukttinnehåll kan i aktuellt fall bero på extrem slagregnsbelastning eller en alltför hög byggfukthalt. Övriga i exempel 5.1 nämnda fuktkällor är osannolika som skadeorsak.

Extrem slagregnbelastning föreligger utan tvekan. Byggnaden ligger nämligen i en slagregnsrik zon enligt SBN-kommentaren 1975:3. Vidare ligger den skadade fasaden i den dominerande slagregnsriktningen och terrängen framför fasaden är helt öppen. Byggnadens avsaknad av taksprång har ytterligare förvärrat situationen.

En ordentligt applicerad organisk tunnputs skulle till stor del ha hindrat vatteninträngningen utifrån. Ytbehandlingen hade dock i aktuellt fall dålig täckning. En riklig förekomst av pinholes kunde konstateras. Dessa pinholes medför att vattenupptagningen under ett slagregn inte nämnvärt reduceras, jämfört med förhållandena utan tunnputs. Uttorkningen kan däremot reduceras kraftigt.

Förutsättningarna är alltså goda för att det skall uppstå ett högt fukttinnehåll i väggen under inverkan av slagregn.

Vid leveransen har lättbetongen ett fukttinnehåll som ligger under det kritiska med avseende på frostsprängning. Tiden mellan monteringen av lättbetongelementen och ytbehandlingen var det aktuella året mycket nederbördsrik. Det slutliga byggfukttinnehållet kan således ha blivit relativt högt.

Även om fuktbelastningen är kraftig, så kan man fråga sig varför skadorna uppstod. En lång praktisk erfarenhet från liknande förhållanden talade för att det skulle fungera problemfritt. Man har nämligen ytbe-

handlat lättbetong på samma sätt under en lång tid utan några större problem. Ytterligare någon faktor bör alltså ha bidragit till skadorna. En sådan faktor är lättbetongens låga densitet. I strävan att nå bättre värmeisoleringsförmåga, har densiteten hos lättbetong sänkts efterhand. Härav följer att hållfastheten försämras, vilket i sin tur kan medföra att förhållandet mellan aktuellt fuktillstånd och det kritiska fuktillståndet med avseende på frostsprängning förskjuts i ogynnsam riktning. Den tidigare praktiska erfarenheten gällde framför allt lättbetong med högre densitet.

Ytbehandlingen kan ytterligare ha sänkt det kritiska fuktillståndet.

#### 5.4.3 Slutsatser och förebyggande åtgärder

Hög byggfukthalt, kraftig slagregnsbelastning i kombination med en bristfällig ytskiktsapplicering samt den försämrade frostbeständigheten hos lättbetongen är de primära skadeorsakerna. Skadorna kunde dock mycket väl ha uppstått även vid en lägre byggfukthalt. De förebyggande åtgärderna måste inriktas på att minska vattenupptagningen. Detta görs numera genom att all autoklaverad lättbetong, som produceras i Sverige, är mer eller mindre vattenavvisande. Härigenom minskas byggfukthalten, samtidigt som effekten av eventuella brister i ytskiktet inte får så förödande konsekvenser.

#### 5.4.4 Kommentarer

Skadefallet är en god illustration av vad som kan inträffa när man modifierar ett material och fortsätter att tillämpa gammal arbetsteknik.

Med den gamla lättbetongen, som hade densiteten 500 kg/m<sup>3</sup> och högre, var problem med frostsador begränsade. Slarvmarginalerna var stora. Under slutet av 1970-talet minskades dock densiteten för att få bättre värmeisolering. Härigenom minskades frostbeständigheten och därmed tillkom vissa restriktioner vid användandet. Slarvmarginalerna minskades helt enkelt. Tidigare kunde man tillåta vissa defekter i ytskiktet. Det nya materialet tillät dock inga sådana defekter.

Problemet förvärrades dessutom av det faktum att det rent arbetstekniskt, med på marknaden förekommande ytskikt, blev svårare att applicera ett ytskikt. Tidigare kunde man få en organisk färg heltäckande med en enda sprutning. På den nya lättbetongen var detta dock svårare.

Det beskrivna skadefallet var ingen engångsföreteelse. Åtskilliga liknande fall förekom under ett par år. Idag anses dock problemen lösta. De åtgärder som vidtagits är främst att vattensugningen hos lättbetongen reducerats, ytskikten modifierats för att bli lättare att applicera samt utförliga anvisningar för ytbehandlingen.

## 5.5 Flagnande organiskt ytskikt på asbestcementskivor

### 5.5.1 Bakgrund och skadeutseende

I samband med fönstermålning på en villa i Skåne applicerades en organisk tunnputs på de tidigare målade fönsterbröstningarna på sydsidan. Efter två år kunde man se tydliga småsprickor i ytskiktet och efter ytterligare två år började viss avflagning att ske. De största sprickornas utseende (efter 4 år) framgår av FIG. 5:2-3. Förutom dessa väl synliga sprickor fanns det rikligt med krackeleringssprickor. På flagnade ytskiktsbitar satt den gamla färgen kvar. Brottet skedde alltså mellan gammal färg och asbestcementskiva.

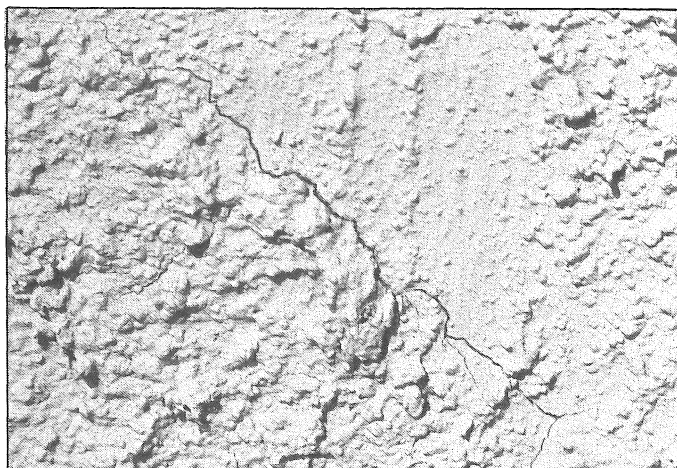


FIG. 5:2. Sprickbildning i ytskiktet.



FIG. 5:3. Sprickbildning i ytskiktet.

Ytskiktsappliceringen föranleddes av att den gamla färgen "mattats" och fått en kritande yta. Några tecken på sprickor eller avflagnings fanns inte. Stålbörstning av ytan medförde inte att den gamla färgen lossnade. Innan tunnputsens applicerades, gjordes en

noggrann tvättning med "målar-soda". Tunnputsen, som var lösningsmedelsbaserad, applicerades med "pensel-stöppling". Skikttjockleken blev 0.1-3 mm.

#### 5.5.2 Diskussion av tänkbara skadeorsaker

Skador i samband med organiska ytskikt uppges ofta bero på att ytskiktet har olämpliga fuktegenskaper. Aktuellt skadefall är dock ett exempel då fukten inte kan ha haft någon primär betydelse. En första misstanke är i stället att tunnputsen från början fått en dålig vidhäftning, till exempel beroende på dålig rengöring. Det faktum att brottet sker mellan det gamla färgskiktet och underlaget, visar dock att tunnputsen har en tillräcklig vidhäftning till det gamla färgskiktet. Vidhäftningen hos det gamla färgskiktet är emellertid för dålig. Varför? Den gamla färgen visade ju inga tecken på dålig vidhäftning när tunnputsen applicerades. Det gick inte ens att med stålborstning avlägsna den gamla färgen!

Sprickbildningen måste självklart bero på någon rörelse. Krackeleringssprickorna visar att tunnputsen har krympt. Denna process har sannolikt pågått under hela 4-årsperioden. Under denna tid har även ytskiktets elasticitet minskat, vilket medfört successivt ökande spänningar. Under inverkan av värme - kyla och fukt - torka har ett stort antal rörelsecykler överlagrats på den fortgående krympningen. Den stora tjockleksvariationen i tunnputsen medför enligt avsnitt 3.4 stora spänningskoncentrationer i underlaget. Innan tunnputsen applicerades fanns inga sådana spänningskoncentrationer. Det fanns helt enkelt inga väsentliga påkänningar på det gamla färgskiktets vidhäftningszon innan tunnputsen applicerades! Efter appliceringen av tunnputsen blev däremot påkänningen mycket stor vid lokala tjockleksvariationer, vilket medförde att den gamla färgen lossnade från underlaget. När detta väl har inträffat, blir påkänningarna i ytskiktet mycket stora

vid tjockleksvariationerna, vilket i sin tur kan medföra en sprickbildning. Härefter blir spänningskoncentrationerna ännu större! Under inverkan av varierande temperatur och fuktillstånd kan sedan en fortgående skadeutveckling ske.

Ovanstående skademekanism styrks helt av skadebilden. De små krackeleringsprickorna i hela ytskiktet indikerar en relativt kraftig krympning. Dessa sprickor är mest markanta där ytskiktets tjocklek är störst. De större sprickorna, där avflagningen börjat, finns vid stora tjockleksvariationer. I FIG. 5:2-3 syns detta klart.

### 5.5.3 Slutsatser och förebyggande åtgärder

Skadorna beror på att det gamla färgskiktet inte tålde påfrestningarna från det nya ytskiktet. Krackeleringsprickorna hos det nya ytskiktet tyder vidare på att dess sammansättning inte var lämpad för så tjocka skikt som användes.

En första åtgärd för att undvika problemet skulle ha varit en fullständig borttagning av det gamla färgskiktet. Detta hade dock inte eliminerat krackeleringsprickorna. Ett tunnare skikt med mindre tjockleksvariationer hade förbättrat situationen ytterligare.

Ett alternativ till aktuellt ytskikt hade varit en vanlig målning. Härvid hade man inte behövt ställa samma hårda krav på borttagning av den gamla färgen.

### 5.5.4 Kommentarer

Skademekanismen är sannolikt mycket vanlig, även vid ytbehandling av putsade fasader. Den gamla färgen förefaller ha en god vidhäftning och får sitta kvar.



Är det nya ytskiktet tunt blir påfrestningarna små och det nya ytskiktet kan fungera utan problem. Ju tjockare det nya ytskiktet är, desto större blir påfrestningarna och vid en viss tjocklek inträffar skadorna. Den svagaste länken brister helt enkelt. Denna kan ligga i den gamla färgen eller i underlaget. Situationen förvärras av kraftiga tjockleksvariationer i ytskiktet.

Kunskaperna är för närvarande inte tillräckliga för att beräkningsmässigt förutse problemen. Vi vet inte hur tjocka skikt eller hur stora tjockleksvariationer som kan tillåtas vid olika hållfasthet i underlaget. Generellt kan man dock påstå att organiska ytskikt ger större påfrestningar, på grund av att deras rörelser är väsentligt större än rörelsen hos det oorganiska underlaget.

Upprepade ytbehandlingar med tunna organiska ytskikt ger i princip samma resultat som en behandling med ett tjockt ytskikt av samma typ. Upprepade tunna behandlingar ger dock inte några markanta tjockleksvariationer och bör därför vara gynnsammare.

## 5.6 Spjälkning i tegelfasad som ytbehandlats med organiskt ytskikt

### 5.6.1 Bakgrund och skadeutseende

En tegelvilla från 1890-talet ytbehandlades med en ca 1 mm tjock organisk tunnputs. Efter något år uppstod mindre avflagningar. I tron att ytskiktet inte var tätt nog, applicerades då ytterligare ett skikt med samma tunnputs på de skadade partierna. Ett år efter detta skedde en mycket snabb skadeutveckling med omfattande spjälkningar i teglet enligt FIG. 5:4-5.

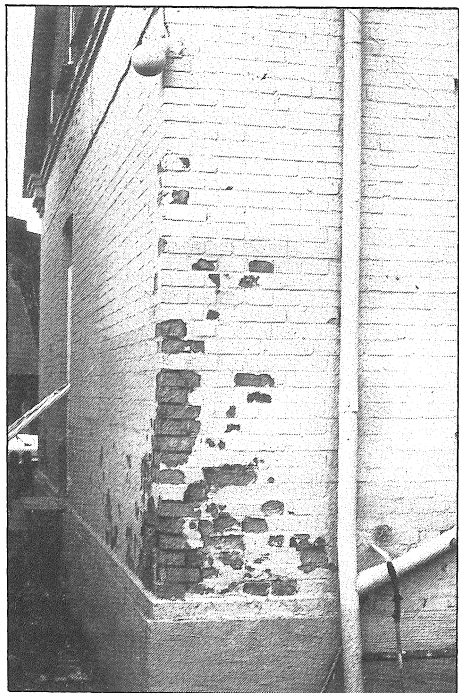


FIG. 5:4. Skadeutseende, översikt.



FIG. 5:5. Skadeutseende, närbild.

Väggen är en 1 1/2-stensvägg, murad med kalkbruk. Kalkbruket har idag en mycket dålig kvalitet. Teglet har varierande kulör, men var helt utan skador innan ytskiktet applicerades. Tegelväggarna går ner i marken och den nedersta halvmetern är sedan länge putsad med ett putsbruk av okänd sammansättning.

Skadorna är främst koncentrerade till ett stråk ovanför sockeln, 0.5-1 m upp. Ytskiktet på sockeln (samma ytskikt som på själva tegelfasaden) är helt oskadat.

Fastigheten har efter ytskiktsappliceringen stått obodd. Värmen har bara varit påslagen vid stark kyla, för att undvika frysskador på vattensystemet.

Efter de första skadorna var inblandade parter överens om att orsaken till skadorna var en dålig täckning hos ytskiktet. Härav följde beslutet att ytbehandla en gång till. Resultatet blev en snabbare skadeutveckling. Nu började man i stället misstänka att ytskiktet blivit för tätt. För att få en någorlunda god grund att stå på i denna förvirrade situation, gjordes en mer djupgående analys av skadeorsakerna.

#### 5.6.2 Diskussion av tänkbara skadeorsaker.

Skadeutseendet pekade entydigt på frostsprängning. Ett naturligt första steg i skadeutredningen blev då att kartlägga fuktillståndet i väggarna samt att bestämma ytskiktets fuktegenskaper.

Ytskiktets fuktegenskaper provades på uttagna prover, i huvudsak enligt ER-nämndens metoder. Enligt dessa metoder skall ytskiktet vara applicerat på autoklaverad lättbetong. Av naturliga skäl var inte så fallet vid aktuell provning. Resultaten framfår av TAB. 5:1.

TAB. 5:1. Ytskiktets fuktegenskaper.

Provets läge	Underlag	Genomsläpplighet för vatten under tryck ( $\ell/m \cdot h$ )			Genomsläpplighet för fukt ( $g/m^2 \cdot h \cdot mmHg$ )	
		0-30	30-90	90-300	våt	torr
		minuter				
200 cm över mark	10 mm tegel	0.40	0.25	0.15	0.12	0.03
100 cm över mark	10 mm tegel	0.00	0.03	0.03	0.20	0.03
30 cm över mark	4-8 mm puts	0.28	0.01	0.01	0.46	0.10

Anm: På provet 100 cm över mark hade nytt ytskikt applicerats vid den första reparationen.

Vid en jämförelse med HusAMA 72 framgår av TAB. 5:1 att kravet på vattengenomsläpplighet är uppfyllt. Kravet på ånggenomsläpplighet är däremot inte uppfyllt. Resultaten visar också att det avsedda syftet med ombehandlingen efter de första skadorna uppfylldes. Provet på 100 cm höjd är ju i det närmaste helt vattentätt. Vidare framgår att ytskiktet på sockeln har en väsentligt större ånggenomsläpplighet. Några nya ledtrådar beträffande skadorna ger inte sifforna.

Fukttillståndet i väggarna bestämdes genom att mäta den kapillära mätnadsgraden ( $S_{\text{kap}}$ ) på olika djup och höjd. Den kapillära mätnadsgraden definieras här som

kvoten mellan aktuell fuktkvot och den fuktkvot som erhålles vid ett dygns kapillärsugning. Resultatet redovisas i FIG. 5:6.

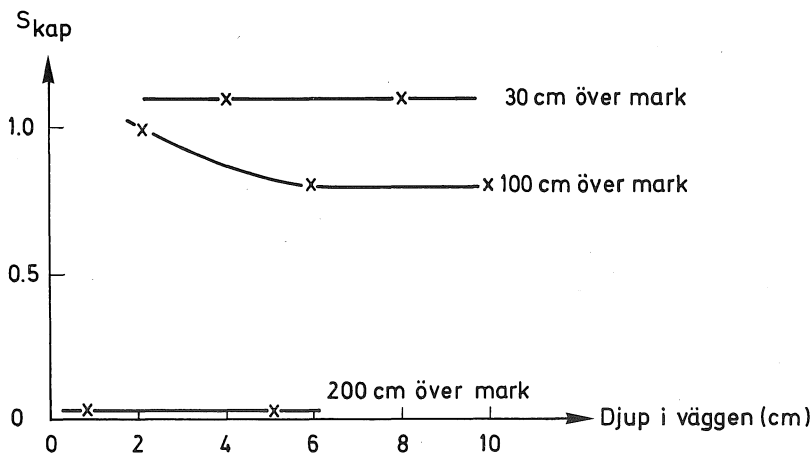


FIG. 5:6. Kapillära vattenmättnadsgrader i väggen.

De kapillära vattenmättnadsgraderna visar ett klart avtagande fukttillstånd vid ökande höjd över marken. På nivån 200 cm är väggen praktiskt taget torr. På den lägsta nivån är däremot fukttillståndet mycket högt. Att fukttillståndet är högre mot ytan på nivån 100 cm beror sannolikt på att det fanns skador här, vilket medför att regnvatten lätt kan tränga in. Fukttillståndet tyder i övrigt entydigt på att uppstigande markfukt föreligger.

Vid besiktningen av fastigheten visade det sig att källaren var mycket fuktig. Väggarna var genomblöta på insidan. Utvändigt fanns ingen ytvattenavledning. Intill väggarna fanns rabatter med matjordsfyllning. Dessa iakttagelser styrker ytterligare att uppstigande markfukt föreligger.

Även skadebilden, med i huvudsak skador nedtill, indikerar att markfukt är orsak till skadorna. Varför är då sockeln oskadad? Det sannolika svaret är att sockelputsen har fungerat som "utjämningsventil". Vid

frysning i den putsade delen har vattnet kunnat pressas ut i putsen. På den övriga fasaden fanns inte denna möjlighet.

Även slagregn kan ha bidragit till skadorna. Förekomsten av defekter i ytbehandlingen medför att slagregn kan tränga in. Detta är ett välkänt problem vid användandet av organiska ytskikt på tegelmurverk.

Att fastigheten har stått ouppvärmad har ökat frostpåkänningarna i hög grad. Dels har uttorkningen av väggarna försämrats och dels har frosten gått djupare in i väggen. Detta ökar risken för frysning i flera skikt, vilket ökar risken för skador.

#### 5.6.3 Slutsatser och förebyggande åtgärder

Skadorna beror på frostsprängning. Uppstigande markfukt är en starkt bidragande orsak till det höga fuktinnehållet i väggarna. Så länge fasaden inte var ytbehandlad kunde detta vatten avdunsta snabbt. Efter ytskiktsappliceringen reducerades avdunstningen mycket kraftigt. Även slagregn kan lokalt ha bidragit till skadorna.

Den bästa förebyggande åtgärden hade varit att inte ytbehandla fasaden. Om detta nödvändigtvis skall göras måste den uppstigande markfukten elimineras. Innan detta görs är en ytbehandling meningslös. Den säkraste ytbehandlingen är sedan en tjockputs, vilken dock döljer tegelstrukturen. En tunn ytbehandling på gamla tegelmurverk är alltid ett vågspel. En kompromiss är att slamma fasaden med ett KC-bruk och måla med en oorganisk färg.

#### 5.6.4 Kommentarer

Skadefallet är ett exempel på ett direkt felaktigt materialval. Det organiska ytskiktet har medfört en ökning av fuktinnehållet, samtidigt som det tillåtna fuktinnehållet vid frysning kan ha sänkts. Det senare beror på att ytskiktet hindrar vattnet från teglet att pressas ut på ytan vid frysning. Är vidhäftningen dålig kan ytskiktet pressas ut. Är däremot vidhäftningen god kan sprängningen ske inne i stenen. En puts mellan ytskikt och tegel kan vid frysning fungera som "tryckutjämnare". Denna puts kan även fungera som "fuktutjämnare" vid slagregn. Putsen medför också att det är lättare att få ett heltäckande ytskikt.

En oorganisk färg hade inte medfört samma skadeutveckling. Möjligen hade färgen flagnat. Aktuella skador blev däremot mycket allvarliga och fastighetägaren fick i huvudsak själv svara för följderna.

---

### 5.7 Flagnande organisk ytskikt vid putslagning

#### 5.7.1 Bakgrund och skadeutseende

En reveterad villa ytbehandlades med en organisk färg. Den gamla kalkputsen var relativt skadad och lagades med murcementbruk. Innan ytskiktet applicerades, grundades hela fasaden med en primer.

Efter ett år började ytskiktet flagna på de partier av fasaden som var lagade. Se FIG. 5:7. Efterhand spred sig skadorna även till den gamla kalkputsen.

#### 5.7.2 Diskussion av tänkbara skadeorsaker

Vid en närmare studie av skadan visade det sig att primern på murcementbruket var "mjölig". Vidare fanns det kraftiga krympsprickor runt lagningarna.

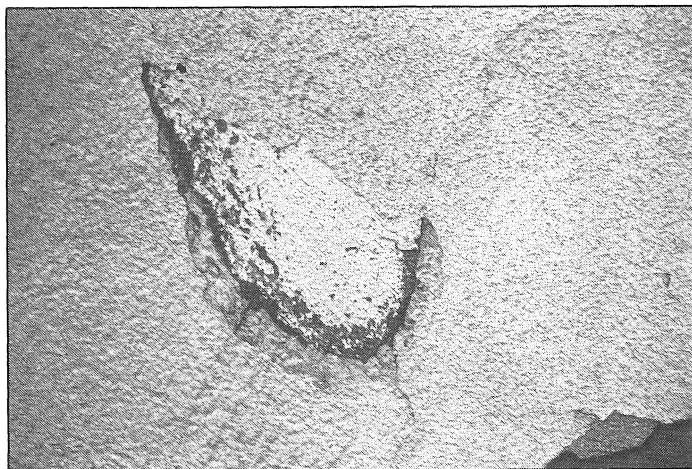


FIG. 5:7. Skadeutseende.

Den möjliga primern visar att denna varit utsatt för en kemisk nedbrytning. Sannolikt har primern inte varit tillräckligt alkalibeständig för att klara miljön på putslagningarna. Följden av detta har blivit en mycket dålig eller obefintlig vidhäftning mellan ytskikt och underlag. Resultatet hade troligen blivit bättre utan primer!

Det tunna ytskiktet har inte haft några möjligheter att överbrygga krympsprickorna runt lagningarna. Härigenom uppkommer goda förutsättningar för lokala spänningskoncentrationer enligt avsnitt 3.4. Vidare är sydsidan utsatt för en kraftig slagregnsbelastning. Förekomsten av sprickor och begynnande flagningar medger då att stora mängder vatten kan tränga in och påskynda nedbrytningen. Denna fortsatta nedbrytning sker då främst i det gamla kalkbruket. Bruket i lagningarna är relativt beständigt och klarar sig väsentligt bättre.



### 5.7.3 Slutsatser och förebyggande åtgärder.

Två primära skadeorsaker kan direkt påvisas, nämligen primerns nedbrytning och krympsprickorna runt lagningarna. Dessa orsaker hade var för sig kunnat ge skador, möjligen med ett annat tidsförlopp och en annorlunda skadebild. Kombinationen gav en mycket snabb skadeutveckling.

Aktuell fasad var inte lämpad för behandling med en organisk färg. I princip fanns det endast två tänkbara åtgärder. Det billigaste alternativet är att acceptera vissa skavanker och endast kalkavfärga fasaden. Detta alternativ har en relativt begränsad hållbarhet. Putsens dåliga kondition skulle sannolikt inte tåla en kraftig rengöring, vilket är en förutsättning för andra ytbehandlingsåtgärder. Det andra alternativet är sålunda en total omputsning.

### 5.7.4 Kommentarer

En mjölande primer kan bero antingen på ett direkt materialfel eller på att primern appliceras innan putsen fått härda tillräckligt. Problemet är mindre vanligt. Sprickor runt lagningar är däremot vanligare. Problemet torde vara störst på reveterade fasader. Här finns nämligen inget underlag som kan motverka lagningens krympning. Risken för krympsprickor är således mycket stor. Appliceras en organisk färg på en sådan fasad, innan sprickorna utbildats, så kommer färgen att spricka när krympsprickorna bildas. Härefter kan vatten tränga in och förorsaka en skadeutveckling, främst i den gamla putsen. Själva lagningen har ofta tillräcklig beständighet för att inte skadas. Väntar man med ytskiktappliceringen tills krympsprickorna utbildats färdigt, minskar skaderiskerna. Problemet är dock inte helt eliminerat. Organiska ytskikt på revinger är alltid förenat med vissa risker.

## 5.8 Flagnande organiskt ytskikt på gammal kalkputs

### 5.8.1 Bakgrund och skadeutseende

Två kalkputsade fastigheter ytbehandlades med organiska ytskikt. Två år senare började ytskikten flagna. På den ena fastigheten skedde flagningen i huvudsak på slätputsade partier enligt FIG. 5:8. Ytskiktet var här tunt och kan betraktas som en färg. På den andra fastigheten, vars fasad bestod av en revetering, lossnade ytskiktet på hela fasaden enligt FIG. 5:9. Ytskiktet var i detta fall tjockare och kan betraktas som en tunnputs. Skadorna förekom i huvudsak på sydsidan.

### 5.8.2 Diskussion av tänkbara skadeorsaker

I båda fallen fanns det ett gammalt kalkskikt mellan det nya ytskiktet och putsen. Kalkskiktet har medfört en dålig (eller ingen) vidhäftning. I fallet enligt FIG. 5:8 hade man försökt fixera den gamla kalkningen med en "djupgrundningsvätska". Verkan av detta var uppenbarligen endast av psykologisk natur.

I fallet enligt FIG. 5:9 fanns även relativt stora sprickor i den gamla putsen, vilket förvärrat situationen ytterligare.

### 5.8.3 Slutsatser och förebyggande åtgärder

I båda fallen har det gamla kalkskiktet haft en avgörande betydelse för skadorna. Förstärkningen av kalkskiktet (vid skadan enligt FIG. 5:8) har inte fungerat. Hade kalkfärgen avlägsnats fullständigt hade sannolikt inga problem uppstått i detta fall. Kalkputsen hade nämligen en god kvalitet.

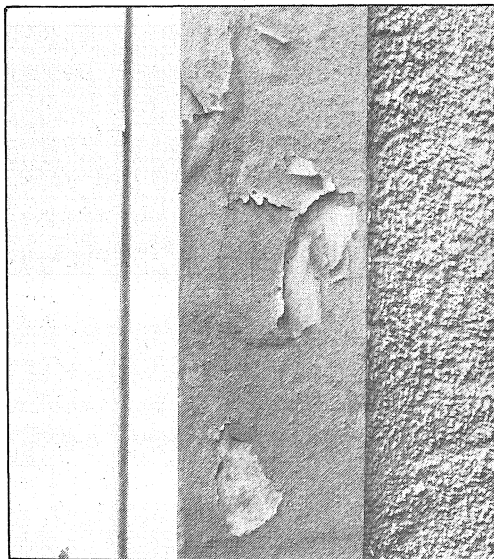


FIG. 5:8. Skadeutseende, tunt ytskikt.

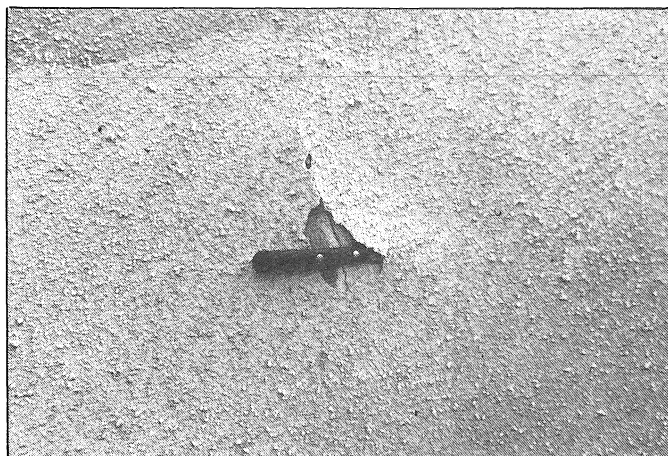


FIG. 5:9. Skadeutseende, tjockt ytskikt.

I fallet enligt FIG. 5:9 är det tveksamt om ytskiktet hade fungerat även om kalkfärgen hade avlägsnats. Förekomsten av sprickorna i denna fasad skulle mycket väl kunna medföra en successiv skadeutveckling. Kalkputsens var nämligen i detta fall av något sämre kva-

litet. En oorganisk färg hade varit det bästa alternativet.

#### 5.8.4 Kommentarer

Den beskrivna situationen är mycket vanlig. Man låter alltför ofta gamla kalkavfärgningar sitta kvar i samband med applicerandet av organiska ytskikt. Även om kalken verkar bra och inte har flagnat så måste den avlägsnas. Hållfastheten är ofta för dålig för att klara framtida påkänningar. Får man en spricka i ytskiktet, kan kalkskiktet fungera som ett läskapper bakom ytskiktet. Härigenom ökar påfrestningarna mycket kraftigt, samtidigt som vidhäftningen försämras av fukten.

Tanken att förstärka gamla kalkskikt är teoretiskt korrekt. I praktiken är den däremot mer tveksam. För att principen skall fungera måste förstärkningen göras ända in till fast underlag. Förekomsten av många kalkskikt försvårar detta och resultatet blir ofta att endast ytan blir förstärkt. Användandet av förstärkningspreparat invagar lätt användaren i en falsk säkerhet. En kritande yta kan nämligen lätt göras icke kritande. Detta kanske är det enda resultatet. Längre in i kalkfärgen kan hållfastheten fortfarande vara dålig.

### 5.9 Flagning och spjälkning i kalkputs med organiskt ytskikt

#### 5.9.1 Bakgrund och skadeutseende

En fastighet från 1920-talet, med en spritputs av kalkbruk, ytbehandlades med ett organiskt ytskikt. Första vintern uppstod flagningar på sydfasaden.

Fastigheten är belägen i slagregnsrikt område och har ett relativt utsatt läge. Under årens lopp har fasaden tidigare målats med kalkfärg ett antal gånger. Vid ytskiktsbehandlingen bedömdes kalkputsens ha en mycket god kvalitet.

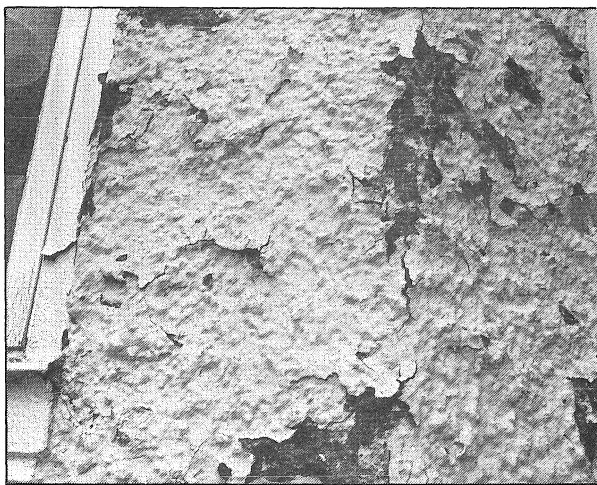


FIG. 5:10. Skadeutseende, översikt.



FIG. 5:11. Skadeutseende, närbild.

### 5.9.2 Diskussion av tänkbara skadeorsaker

Skadorna har stora likheter med några av de tidigare skadefallen (5.5, 5.7 och 5.8). I aktuellt fall har dock skadeutvecklingen varit mycket snabb och kraftig.

Vid en noggrann besiktning av skadorna framkom att på spritputsens toppar (stenar) fanns ingen gammal kalk under ytskiktet. Mellan stenarna (i dalarna) fanns däremot mycket tjocka kalkskikt med dålig inre hållfasthet. Även det nya ytskiktets tjocklek varierade kraftigt enligt FIG. 5:12.

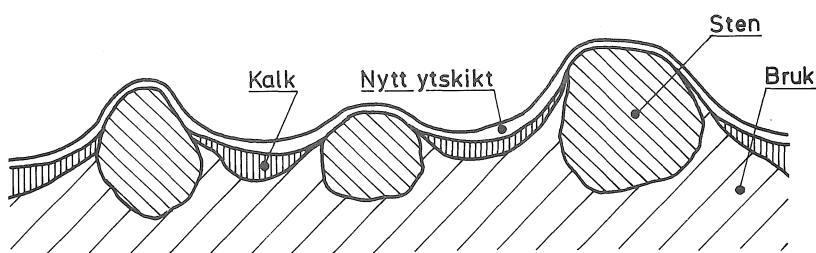


FIG. 5:12. Putsens utseende.

De gamla kalkskiktens dåliga hållfasthet medför att det nya ytskiktet kan betraktas som helt "frihängande" mellan stenarna. På stenarna är däremot vidhäftningen mycket god. Under inverkan av rörelser i ytskiktet (krympning, fukt- och temperaturrörelser) uppstår stora spänningskoncentrationer. Förutom att dessa spänningar kan medföra sprickor i ytskiktet, så kan stora spänningar uppstå i underlaget. Ytskiktet kan helt enkelt "dra bort" stenarna.

När ytskiktet väl har börjat spricka och flagna, kan vatten tränga in och förorsaka en snabb nedbrytning på grund av frostsprängning. Att kalkputsens kvalitet från början var god, behöver inte betyda att frostbeständigheten var god. Dessutom är frostpåkänningarna (när ytskiktet börjat spricka) mycket stora i aktuellt fall.

### 5.9.3 Slutsatser och förebyggande åtgärder

Kombinationen av tjocka kalkskikt i dalarna mellan stenarna och en stor variation i skiktjocklek hos det nya ytskiktet är den sannolika primärorsaken till skadorna.

Av praktiska skäl är det svårt att få bort kalken i dalarna, samtidigt som det är svårt att få ett någorlunda jämntjockt ytskikt på en spritputs. Med hänsyn härtill är ett oorganiskt ytskikt att föredra, eftersom detta inte ger några väsentliga påfrestningar på underlaget. Skall ett organiskt ytskikt användas, torde en djupgående grundning med ett vattenavvisande preparat öka säkerhetsmarginalerna kraftigt.

### 5.9.4 Kommentarer

Skadefallet illustrerar ett vanligt praktiskt förhållande, nämligen att en fasad får skador, medan de övriga är oskadade. Den skadade fasaden är ofta orienterad mot söder och har störst slagregnsbelastning. Sannolikt är kvaliteten hos denna fasad sämre än hos de övriga redan vid reoveringen.

## 5.10 Sprickbildning i organiskt ytskikt på gammal kalkputs

### 5.10.1 Bakgrund och skadeutseende

En kalkputsad byggnad från sekelskiftet ytbehandlades med ett tunt organiskt ytskikt. I samband med reoveringen gjordes även vissa omputsningsarbeten. Efter några år uppstod ett nätverk av sprickor, med en maskvidd på några dm, i ytskiktet enligt FIG. 5:13-14.

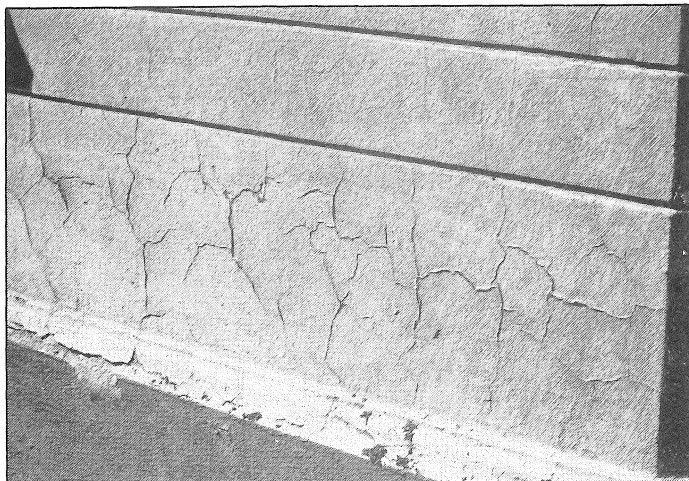


FIG. 5:13. Skadeutseende, översikt.

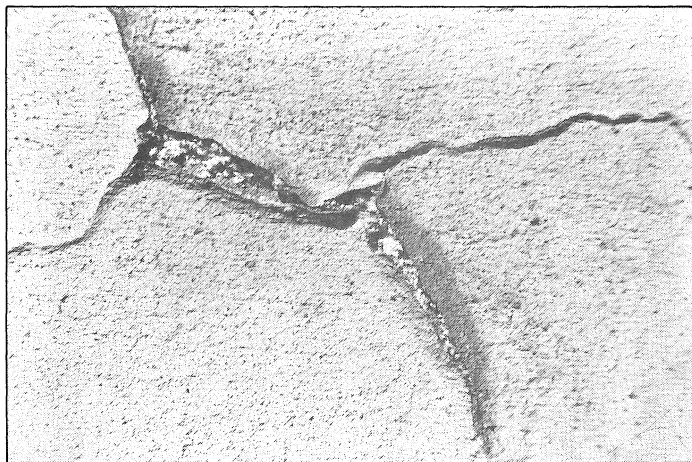


FIG. 5:14. Skadeutseende, närbild.



Byggnaden är belägen i Mellansverige och är inte speciellt utsatt för väder och vind. Väggarna består av tegel som kalkputsats och kalkkats. Innan fasaden försågs med det organiska ytskiktet hade inga störande sprickor upptäckts.

Vid en närmare besiktning av fasaden visade det sig att sprickor fanns på alla fasader där underlaget bestod av originalputsens. På partier som omputsats i samband med renoveringen, fanns inga problem. I anslutning till sprickorna hade ytskiktet "vikts upp". På vissa ställen hade ytskiktet flagnat lokalt intill sprickorna. I dessa fall låg brottzonen i gamla kalkskikt, som delvis satt kvar på ytskiktet. Sprickorna fanns inte enbart i ytskiktet, utan gick alltid in i putsen. I dessa putsprickor fanns rikligt med saltutfällningar enligt FIG. 5:14. Putskanterna intill sprickorna var kraftigt vittrade.

#### 5.10.2 Diskussion av tänkbara skadeorsaker

Sprickorna beror självklart på någon form av rörelse. Rörelserna kan teoretiskt härstamma från ytskiktet eller från underlaget. Ytskiktet är mycket tunt (kan betraktas som en målning) och underlaget har en hård (3-4 mm tjock) "ytskorpa". Denna kombination medför att ytskiktet sannolikt inte kan utveckla tillräckligt stora krafter, för att förorsaka några sprickor i underlaget. Sprickmönstret tyder också på att det är fråga om krympsprickor i den gamla putsen. Den primära skadeorsaken är alltså att ytskiktet inte förmått överbrygga de gamla krympsprickorna i kalkputsens. Fukt- och temperaturrörelser i den gamla kalkputsens har helt enkelt medfört att ytskiktet utsatts för så stora töjningar över sprickorna, att ytskiktets brotttöjning slutligen överskridits. Innan själva ytskiktet har spruckit, har det skett en "välvning" i ytskiktet över sprickorna, vilket tyder på en stor plastisk (permanent) deformation.

Efter det att sprickorna gått igenom ytskiktet, har en fortsatt skadeutveckling skett. Under inverkan av fukt- och temperaturrörelser hos ytskiktet, har kanten fortsatt att lossna längre och längre in. De kvarvarande kalkskikten under ytskiktet har härvid haft stor betydelse, eftersom dessa medfört en dålig vidhäftning.

Efter sprickbildningen kan vatten ha sugits in i sprickorna och förvärrat skadorna. Dels kan kalkskiktet ha absorberat vatten, varvid vidhäftningen försämrats. Dels kan vattnet ha förorsakat frostsprängningar kring sprickorna. Uttorkningen av det absorberade vattnet har vidare i stor utsträckning skett genom sprickorna, vilket har medfört en saltanhopning. Detta kan i sin tur ha förorsakat saltvittring.

### 5.10.3 Slutsatser och förebyggande åtgärder

Den primära orsaken till skadorna var att ytskiktet inte kunde överbygga den gamla putsens krympsprickor. Skadorna förvärrades sedan av den dåliga vidhäftningen och av inträngande vatten.

Ett tjockare organiskt ytskikt hade möjligen kunnat överbygga sprickorna. Ett tjockare organiskt ytskikt medför å andra sidan större mekaniska påfrestningar på underlaget. Stora krav måste då ställas på den gamla putsens hållfasthet. Samma sak gäller för vävarmerade ytskikt.

Ett bättre resultat hade sannolikt erhållits om man efter en noggrann rengöring (borttagning av alla gamla kalkskikt) impregnerat fasaden med ett vattenavvisande preparat innan ytskiktet applicerades. Med denna metod hade man inte förhindrat själva sprickbildningen, men reducerat den fortsatta skadeutvecklingen.

Ett alternativt ytskikt i aktuellt fall är målning med en oorganisk färg. I detta fall försöker man inte ens överbrygga sprickorna. En sådan färg medför dock inte en förvärrad nedbrytning runt sprickorna. Vidare blir det visuella intrycket av sprickorna mindre märkbart än vid en organisk färg.

#### 5.10.4 Kommentarer

Problem med att underlagets sprickor går igenom ett organiskt ytskikt är relativt vanligt. Har man gjort en ordentlig rengöring innan ytskiktsappliceringen och underlaget har en god kvalitet (till exempel KC-puts), sker i allmänhet ingen fortsatt skadeutveckling vid måttliga slagregnsbelastningar. Sprickorna kan då betraktas som enbart ett estetiskt problem.

Ofta kan det vara svårt att på förhand bedöma den gamla putsens tillstånd. Ytan kan vara hård och sprickorna obetydliga. Skenet kan dock bedra. Under det hårda skalet kan putsen vara "totalt söndervittrad" och sprickorna kanske bara har "slammat igen" i ytan.

Innan man bestämmer sig för ett organiskt ytskikt måste den gamla putsen undersökas ordentligt. Några siffermässiga kriterier vid val av ytskikt finns inte. I brist på sådana kriterier kan man endast göra en subjektiv bedömning. En tumregel härvid bör vara att om man känner sig tveksam beträffande den gamla putsens kvalitet, så blir även ett organiskt ytskikt tveksamt.

### 5.11 Misslyckade renoveringar av kyrka i Skåne

#### 5.11.1 Bakgrund och skadeutseende

Kalkputsens på tornet på en skånekyrka var i dåligt skick och kyrkorådet beslöt att en renovering skulle

utföras. Tidigare hade tornet kalkats relativt ofta. För att slippa dessa återkommande kalkningar valdes en organisk tunnputs som ytskikt.

Några år senare hade stora delar av ytskiktet ramlat ned på sydsidan. Detta reparerades, men nya skador uppstod snabbt. Skadornas utseende framgår av FIG. 5:15-16.

En skadeutredning visade att den enda tänkbara åtgärden i detta skede var en total omputsning av tornet. Den befintliga kalkputsen bedömdes ha alltför dålig hållfasthet för att klara ett nytt ytskikt. Två olika alternativ diskuterades inför omputsningen. Det ena alternativet innebar en nedknackning av all kalkputs och omputsning med KC-puts. Med hänsyn till vissa praktiska svårigheter med detta alternativ (tjockleken hos den gamla putsen varierade från ett par cm till 10 cm) angavs som alternativ en nätarmerad KC-puts. Nätarmeringen skulle då fixeras i murverket.

Kyrkorådet bestämde sig för nedknackning av befintlig puts och omputsning med en nätarmerad KC-puts, vilken skulle målas med silikatfärg. Riksantikvarieämbetet kunde dock inte acceptera detta alternativ, utan förordade i första hand en lagning av befintlig puts. I andra hand förordades en omputsning med rent kalkbruk utan nätarmering.

Kyrkorådet följde Riksantikvarieämbetets förslag och en omputsning med rent kalkbruk utfördes. Resultatet (efter första vintern) framgår av FIG. 5:17-18.

#### 5.11.2 Diskussion av tänkbara skadeorsaker

Det avgörande misstaget vid den första renoveringen var ytskiktsvalet. Putsen hade en mycket dålig kvalitet och kunde helt enkelt inte klara de påfrestningar som tunnputsens medförde. Att kvaliteten var dålig från

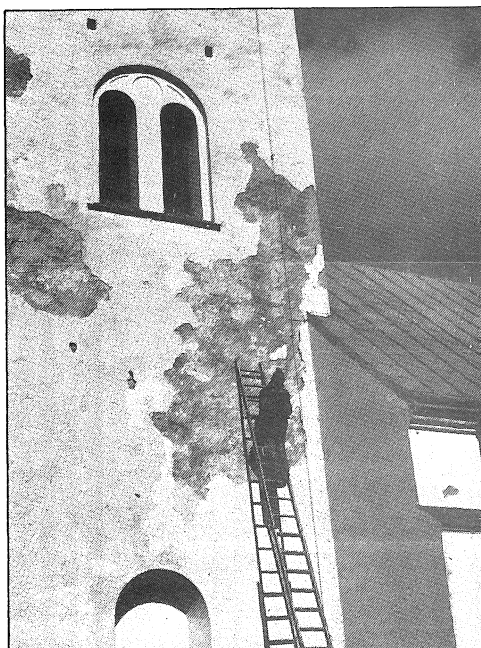


FIG. 5:15. Skadeutseende efter första renoveringen,  
översikt.

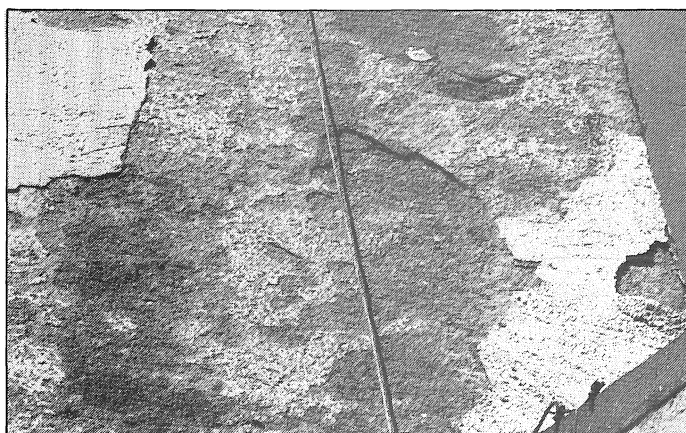


FIG. 5:16. Skadeutseende efter första renoveringen,  
närbild.

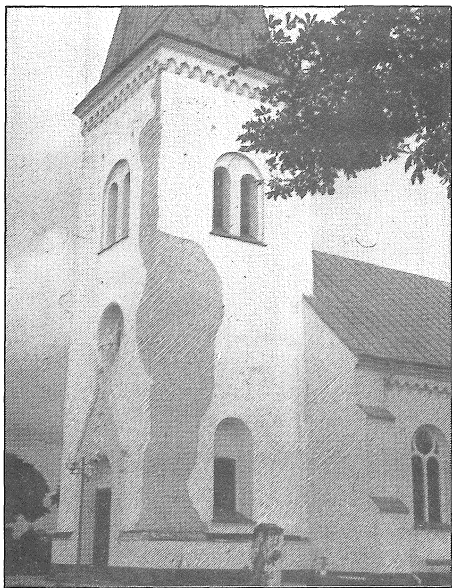


FIG. 5:17. Skadeutseende efter andra renoveringen, översikt.



FIG. 5:18. Skadeutseende efter andra renoveringen, närbild.

början styrks bland annat av att det förekom rikligt med lagningar. Det kraftiga ytskiktet medförde sannolikt så stora spänningar i underlaget att detta drogs sönder. Följden blev sprickor och putsnedfall. Här-efter kan slagregn ha trängt in och förvärrat skador-na. Att fukten bidragit till den kraftiga skadeutveck-lingen framgick klart vid besiktningen. Lokalt fanns det nämligen kraftig islinsbildning i den gamla kalk-putsen.

Orsakerna till misslyckandet vid omputsningen med kalkbruk har inte analyserats. Av FIG. 5:18 framgår dock att det finns rikligt med krympsprickor i ut-stockningen, vilken uppenbarligen har applicerats i mycket tjocka skikt. Det tjocka putsskiktet, i kombi-nation med putsning på hösten, har även medfört att karbonatiseringen blivit dålig. En hög slagregnsbe-lastning har vidare givit stora frostpåkänningar.

### 5.11.3 Slutsatser och förebyggande åtgärder

Det första misslyckandet beror på ett felaktigt yt-skiktsval. Den gamla kalkputsen hade för dålig kvali-tet för ett organiskt ytskikt. Möjliga åtgärder var i stället att fortsätta med kalkning varje år eller en total omputsning. Att peka på en direkt skadeorsak vid det andra misslyckandet går inte. Se vidare avsnitt 5.3.3.

### 5.11.4 Kommentarer

De två misslyckandena är var för sig inte ovanliga. De vidtagna åtgärderna representerar två ytterligheter. Första gången användes en kraftig, vattenavvisande och relativt diffusionstätt organisk tunnputs. Andra gån-gen användes en vattenabsorberande och diffusionsöppen kalkputs. Båda misslyckas! Exemplet visar bland annat att ytskiktsvalet inte endast kan grundas på fuktegen-

skaperna, vilket är en vanlig uppfattning. Beträffande putsning med kalkbruk se även avsnitt 5.3.4.



## LITTERATUR

Brasholz, A, 1978, Handbuch der Anstrich- und Beschichtungstechnik. (Bauverlag GmbH.) Wiesbaden-Berlin.

Brasholz, A, 1981, Beschichtungs- und Anstrichschäden bei Alt- und Neubauten. (Bauverlag GmbH.) Wiesbaden-Berlin.

Dührkop, H, Saretok, V, Sneck, T & Svendsen, S D, 1966, Bruk-murning-putsning. (Statens råd för byggnadsforskning.) Stockholm.

Fagerlund, G, 1972, Kritiska vattenmättnadsgrader i samband med frysning av porösa och spröda material. (Institutionen för byggnadsteknik, Lunds Tekniska Högskola.) Rapport 34. Lund.

Honold, R, 1979, Reinigung, Schutz und Konservierung von Aussenfassaden. (Bauverlag GmbH.) Wiesbaden-Berlin.

HusAMA 72, 1972. (Byggandets Samordning). Stockholm.

Högberg, E & Hedelin, J, 1964, Slammade tegelfasader. (Puts- och murbrukslaboratoriet.) Malmö.

Högberg, E, 1967, Mortar bond. (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport 40/67. Stockholm.

Jacobson, L & Lindgren, H, 1972, Fasadnedsmutsning. (Statens institut för byggnadsforskning.) Rapport R23:1972. Stockholm.

Kalkfärg på fasad, 1979. (Statens råd för byggnadsforskning.) Informationsblad B4:1979. Stockholm.

Klopfer, H, 1976, Anstrichschäden. (Bauverlag GmbH.)  
Wiesbaden-Berlin.

Lindberg, B, 1978, Målning av mineraliska underlag.  
(Nordiska institutet för färgforskning.) T10-78M.  
Köpenhamn.

Sandin, K, 1980, Putsens inverkan på fasadens fukt-  
balans - huvudrapport. (Avdelningen för byggnads-  
materiallära, Lunds Tekniska Högskola.) Rapport  
TVBM-1004. Lund.

Sandin, K, 1983, Puts- och ytskiktsproblem. (Avdel-  
ningen för byggnadsmateriallära, Lunds Tekniska  
Högskola.) Rapport TVBM-3013. Lund.

Saretok, V, 1975, Behandla inte dålig puts - reparera.  
Byggnadsindustrin 8. 75, p 26-28. Stockholm

Saretok, V, 1976, Underhåll och reparation av putsade  
och oputsade murverksfasader. (Statens råd för bygg-  
nadsforskning.) Rapport R14:1976. Stockholm.

Saretok, V, 1982, Ytskikt på betonggolv, murytor och  
liknande. (Svensk Byggtjänst.) Rapport 9. Stockholm.

Svendsen, S D, 1966, Maling og slemming av tegl-  
steinsfasader. (Norges byggforskningsinstitutt.)  
Särtryck 128. Oslo.

Weber, H, 1980, Fassadenschutz. (Expert-Verlag.)  
Grafenau.

Winkler, E M, 1973, Stone - properties, durability in  
man's environment. (Springer-Verlag.) Wien-New York.

I denna bilaga redovisas de i Sverige vanligast förekommande produkterna i samband med ytbehandling av putsade fasader. För att översikten skall bli så fullständig som möjligt, redovisas även torrbruk för traditionella putsningsarbeten.

Vid insamlandet av produktdata tillskrevs alla fabrikanter eller generalagenter som fanns med i AB Svensk Byggtjänst Byggvaruregister 83-03-21, med en begäran om uppgifter beträffande deras produkter. I första hand redovisas dessa svar. För fabrikanter eller generalagenter som inte svarat på förfrågan har produktdata hämtats i Svensk Byggekatalog 1981.

Fabrikanter eller generalagenter som inte svarat på förfrågan och som inte finns med i Svensk Byggekatalog (häfte 9, 21 och 30) finns inte heller med i bilagans redovisning.

#### TRADITIONELLA TORRBRUK TILL PUTS

<u>Tillverkare</u>	<u>Produktnamn</u>	<u>Sammansättning</u>	<u>Kommentarer</u>
CEMENTA AB	Cementa Signalbruk	KC 10/90/350	Färgat grundningsbruk
	Gullex Mur- och Putsbruk A	M 100/350	I främsta hand murbruk
	Gullex Mur- och Putsbruk B	M 100/600	I främsta hand murbruk
	Puts- och Murbruk C	KC 50/50/650	
	Kalkbruk	K 100/1050	
ERNSTRÖM & CO AB	Serponit Rödgrund	KC 10/90/350	Färgat grundningsbruk
	Serponit Puts- och Murbruk B	KC 35/65/550	Till fasader med god hållfasthet
	Serponit Puts- och Murbruk C	KC 50/50/650	Till fasader med svaga underlag
	Serpotex	KC	Tunnputs- och lagningsbruk
	Serponit Kalkbruk	K 100/900	
	Serponit Hydrauliskt Kalkbruk	KK <sub>h</sub> 55/45/800	

FINJA BETONG AB	Finja Grundningsbruk	KC 10/90/350	
	Finja Stockningsbruk	KC 50/50/600	
	Finja Reparationsbruk	KC 60/40/750	
HH, BETONG AB	H-grundningsbruk	KC 10/90/350	
	H-stockningsbruk	KC 50/50/650	
	H-reparationsbruk	KC 50/50/900	
STRABRUKEN AB	Terrasit Signalbruk	KC 10/90/350	Färgat grundningsbruk
	Kalkcementbruk 1:1:8	KC 35/65/550	I främsta hand murbruk
	Kalkcementbruk 2:1:12	KC 50/50/650	
	Kalkcementbruk Special 3:1:16	KC 60/40/650	
	Kalkbruk Special	K 100/900	

## OORGANISKA YTSKIKT

Tillverkare Generalagent	Produktnamn	Bindemedel	Åtgång (kg/m <sup>2</sup> )	Kommentar
CEMENTA AB	Cementa fasadfärg	Cement	0.5-1.0	Vattenavvisande
ERNSTRÖM & CO AB	Serponit Stänkputs	KC 35/65	4	
	Serponit Rivputs	KC 50/50	24	
	Serponit Spritputs	KC 50/50	12-15	
	Serponit Härdputs	KC 35/65	4	Speciellt till tegelslamning
	Serponit KC-färg	KC	0.7-1.0	
	Serpokon Tunnpus	KC	4	Vattenavvisande. Avsedd till lättbetongelement.
	Serpokon Fasadfärg	KC	1	Vattenavvisande
	Serponit Kulkulfärg	Kalk	0.5	

FAXE FASAD- PRODUKTER AB	Kalkocit	Kalk	0.4-0.5	Våtblandad kalk- färg
JOMA PRO- DUKTER AB	Thorseal	Cement	2	Vattentätande
	Thorseal Plaster Mix	Cement	4-6	Vattentätande
	Quickseal	Cement	1-2	Vattenavvisande
NORDSJÖ AB	Nordsjö Sili- katfärg	Kalivatten- glas	0.3-0.5	1-komponent
SKANDINAVISKA BYGGPRODUKTER AB	Snowcem	Cement	0.5-0.8	Vattenavvisande
STRÅBRUKEN AB	Terrasit ädel- stänkputs	KC	3	
	Terrasit skra- pad ädelputs	KC	28	
	Terrasit ädel- spritputs	KC	14	
	Terrasit ädel- slamning	KC	8-12	
	Nyasit ädel- tunnputs	KC	2-3	
	Nyasit Speci- al färgputs	KC	2-3	Speciellt till betongytor
	Nyasit fin	KC	1	KC-färg
	Strå kalk- färg	K	0.8	
SVERAG BYGG- MATERIAL AB	Aktivan	KC 50/50/185	1.5	
	Aktivan Fin	KC	0.3-0.5	KC-färg
UNIVERSAL- FÄRG AB	Sylitol Kultur- färg	Kalivatten- glas	0.4-0.7	1-komponent silikatfärg
WELIN & CO AB	Keim Mineral- färg	"Silikatbas"	1	2-komponent silikatfärg
	Keim Granital	"Silikatbas"	0.6	1-komponent silikatfärg

## ORGANISKA YTSKIKT

Tillverkare Generalagent	Produktnamn	Bindemedel (Lösningsmedel)	Åtgång (kg/m <sup>2</sup> )	Kommentar
ALFORT & CRONHOLM AB	Muresco	Akryl (Lacknafta)	0.2-0.3	
	Murtex	Akryl (Vatten)	0.2-0.3	Identisk med Alcro Bas
BECKER, AB WILH.	Renässans Fa- sadfärg	Vinyltoluen- akrylat (Lacknafta)	0.3-1.3	
CEMENTA AB	Cementa De- korputs	"Vinylplast" (Vatten)	2-2.5	
ENGWALL, PEHR AB	Silix Fasad- färg	Akryl (Vatten)	0.8-2.3	
ERNSTRÖM & CO AB	Serponit Akryl färg/puts	Akryl (Vatten)	0.8-2.5	
FAXE FASAD- PRODUKTER AB	Faxe Struktur	Alkyd (Lacknafta)	0.8-1.3	Tidigare Hany- san, Kenitex
	Faxe Akrylat	Akryl (Vatten)	0.7-2.5	
HP-FÄRG AB	Plitong	Styrenakrylat (Lacknafta)	0.2	
JOMA PRO- DUKTER AB	Thorocoat	Akryl (Vatten)	0.7-3	
JOTUN	Glamur	Styrenakrylat (Lacknafta)	0.2-1.2	
	Profil	Akryl (Vatten)	1.0-2.5	
	Gardex	PVA (Vatten)	0.2-0.4	
NORDSJÖ AB	På Mur	Akryl (Lacknafta)	0.2-0.4	
	Sandokryl F, M och G	Akryl (Vatten)	0.5-1.5	
NORDISKA YTSKYDD AB	Murolite	Styrenakrylat (Lacknafta)	0.3-3	
SKANDINAVISKA BYGGPRODUKTER AB	Sandtex	Ej angivet (Vatten)	0.5-3	
SNÖLAND AB	Drywall	Styrenakrylat (Vatten)	0.5-4	

SVERAG AB	Akticon	Alkyd (Lacknafta)	1-2	
SAVSJÖ FÄRG- FABRIK AB	Struktal	Akryl (Vatten)	0.6-1.5	
UNIVERSAL- FÄRG AB	Capatong fa- sadfärg	Akryl (Vatten)	0.3-0.7	
	Caparol Spritz- puts 25	Akryl (Vatten)	2.5	
	Capa-Roll DF 500	Akryl (Vatten)	1.6-2.2	Avsedd till lättbetong
	Duparol fa- sadfärg	Ej angivet (Lacknafta)	0.3-0.7	

## VATTENAVVISANDE IMPREGNERINGAR

Tillverkare Generalagent	Produktnamn	Innehåll (Lösningsmedel)	Åtgång (l/m <sup>2</sup> )	Kommentar
CEMENTA AB	Cementa Fasad- skydd Barra Sil	"Silikontyp" (Lacknafta)	0.5	Alkalibe- ständig
FAXE FASAD- PRODUKTER AB	Faxe torr	"Silikontyp" (Lacknafta)	0.25	
JOMA PRO- DUKTER AB	Thoroclear 777	"Silikontyp" (Vatten)	-	
NATIONAL CHEMSEARCH AB	Impervo yt- skydd	"Silikontyp" (Ej angivet)	0.25-0.5	
NORDISKA YTSKYDD AB	Hydrolite 290	Siloxan (Etanol)	0.25-0.5	Alkalibe- ständig
SNÖLAND AB	Everdry A	Siloxan (Lacknafta)	0.5-1	Alkalibe- ständig
	Everdry Hydrox	Silikonharz (Lacknafta)	0.5-1	
	Everdry Stan- dard	Silikonat (Vatten)	0.5-1	Korttidsverkande, ej alkalibe- ständig
WELIN & CO AB	Keim Lotexan	Siloxan ("Lös.n.medel")	0.2-1	Alkalibe- ständig
	Keim Silan- grund	Silan (Etanol)	0.2-1	Alkalibe- ständig





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
810118-5 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Lunds Tekniska Högskola, Avd. Byggnads-  
materiallära, Lund.**

**Art.nr: 6704088**

**Abonnemangsgrupp:  
Z. Konstruktioner och material**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm**

**R88: 1984**

**ISBN 91-540-4174-0**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Cirkapris: 45 kr exkl moms**