LUND UNIVERSITY

Vattenavvisande impregnering - Fullskaleförsök 1992-2002. Slutrapport.

Sandin, Kenneth

2003

Link to publication

Citation for published version (APA):
Sandin, K. (2003). *Vattenavvisande impregnering - Fullskaleförsök 1992-2002. Slutrapport.* (Rapport TVBM; Vol. 3109). Avd Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola.

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

LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
LUNDS UNIVERSITET

Avd Byggnadsmaterial

VATTENAVVISANDE IMPREGNERING

Fullskaleförsök 1992-2002

Slutrapport

Kenneth Sandin

TVBM-3109 Lund 2003

LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
LUNDS UNIVERSITET

Avd Byggnadsmaterial

VATTENAVVISANDE IMPREGNERING

Fullskaleförsök 1992-2002

Slutrapport

Kenneth Sandin

TVBM-3109 Lund 2003

ISRN: LUTVDG/TVBM--03/3109--SE (1-30)

ISSN: 0348-7911 TVBM

Lunds Tekniska Högskola
Byggnadsmaterial
Box 118

221 00 LUND

Tel: 046-2227415
Fax: 046-2224427
www.byggnadsmaterial.lth.se

FÖRORD

I ett antal SBUF-finansierade forskningsprojekt har vattenavvisande fasadimpregneringar studerats ingående. I samband med dessa projekt startades ett antal fullskaleförsök. För att få möjlighet att följa dessa objekt under en längre tidsperiod beviljades ytterligare ett anslag för 5-årsperioden 1997-2001 genom utvecklingsbidraget 7021.

I föreliggande rapport redovisas resultaten kortfattat från samtliga fullskaleobjekt. En mer fullständig redovisning av flertalet objekt finns i tidigare publicerade lägesrapporter. Fullskaleförsöken har olika karaktär och har drivits under olika lång tid. I det äldsta objektet har mätningar gjorts sedan 1992. Gemensamt för alla projekten är att impregneringen gjorts för att försöka lösa någon form av fuktproblem. De aktuella problemen har varit fuktproblem på insidan, frostproblem på utsidan eller uppstigande markfukt.
De preparat som använts i fullskaleförsöken är till antalet mycket begränsade. På marknaden förekommer ett stort antal preparat. Resultaten från de aktuella fullskaleobjekten får inte tas som intäkt för att alla preparat har samma egenskaper.

Lund i januari 2003
Kenneth Sandin

INNEHÅLL

FÖRORD **1**

INNEHÅLL **3**

SAMMANFATTNING **5**

1 BAKGRUND **7**

2 OBJEKTBESKRIVNINGAR **9**

2.1 Äldre tegelbyggnad med fuktproblem på insidan 9
2.2 Nybyggd kyrka med kanalmur av tegel med regnläckage 11
2.3 Flerfamiljsbostäder med frostskador i fasadteglet 13
2.4 Villaområde med frostskador i tegelfasader 15
2.5 Lokal med uppstigande markfukt i tegelväggar 15
2.6 Fuktiga och vittrande källarväggar av tegel 15
2.7 Övriga objekt 16

3 FUKTMÄTNINGSPRINCIP **17**

4 RESULTAT **19**

4.1 Äldre tegelbyggnad med fuktproblem på insidan 19
4.2 Nybyggd kyrka med kanalmurar av tegel med regnläckage 20
4.3 Flerfamiljsbostäder med frostskador i fasadteglet 21
4.4 Villaområde med frostskador i tegelfasader 25
4.5 Lokal med uppstigande markfukt i tegelväggar 25
4.6 Fuktiga och vittrande källarväggar av tegel 26

5 SLUTSATSER **27**

LITTERATUR **29**

6 SAMMANFATTNING

I tidigare forskningsprojekt har vattenavvisande impregneringar studerats genom litteraturstudier och laboratorieprovningar. För att skapa en bättre helhet har dessa studier kompletterats med fullskaleförsök under en 10-årsperiod.

Fullskaleförsöken har avsett både vattenavvisande fasadimpregnering och injicering mot uppstigande markfukt i murverk. Uppföljningen har gjorts på olika nivåer. I vissa fall har omfattande fuktmätningar gjorts under 10 år. I andra fall har enbart intervjuer och besiktningar av objekten gjorts med några års mellanrum.

Orsakerna till impregneringarna har varierat. I några fall har det varit fråga om att försöka eliminera fuktproblem på insidan. I andra fall har det varit fråga om att försöka stoppa fortgående frostsprängningar i tegelfasader. Även försök att stoppa uppstigande markfukt i äldre murverk har gjorts.

Utfallet av de vattenavvisande fasadimpregneringarna har varit mycket framgångsrika. I ett objekt, med läckage genom ytterväggen vid regn, har dock utfallet inte varit helt tillfredsställande. En sannolik förklaring till varför detta objekt inte blev helt lyckat redovisas. Denna förklaring stämmer med tidigare laboratorieundersökningar. Försöken att stoppa fortgående frostsprängning har i stort sett lyckats helt. Enstaka mindre frostskador på enstaka stenar kan inte helt undvikas, eftersom detta skulle ställa orimliga krav på undersökningar innan impregneringen.

Försöken att stoppa uppstigande markfukt med injicering av vattenavvisande preparat har inte varit framgångsrika. Väggarna har förblivit fuktiga och vittringen på insidan har fortsatt. Orsaken till att dessa objekt inte blivit framgångsrika är sannolikt att det är omöjligt att kontrollera injiceringen i murverket. I allmänhet är murverket blött vid injiceringen, vilket försvårar preparatets inträngning i väggen. Ett annat problem är att det kan finnas sprickor och håligheter, vilka medför att preparatet kan "ta den lättaste vägen" och inte hamna på avsedd plats.

Sammanfattningsvis har fullskaleförsöken bidragit med värdefulla erfarenheter. Tillsammans med tidigare studier i ämnet har kunskapsnivån inom området ökat väsentligt. Fortfarande finns frågetecken. Ett sådant frågetecken är tillåtna marginaler vid impregneringen. Som exempel kan nämnas vilka noggrannhetskrav som måste ställas på utbyte av frostskadade tegelstenar innan en impregnering.

1 BAKGRUND

Många skador i ytterväggar beror på ett högt fuktinnehåll, oftast förorsakat av vattenupptagning vid slagregn. Vattenavvisande impregneringar är ett sätt att minska vattenupptagningen. Misstänksamheten mot sådana impregneringar har dock delvis varit stor i Sverige. I andra länder, till exempel Tyskland, har preparaten använts under lång tid.

Med syftet göra en grundlig studie av vattenavvisande impregneringar, både med avseende på fördelar och risker, startades forskning inom området vid Fuktgruppen vid Lunds Tekniska Högskola 1990. Denna forskning avsåg till en början litteraturstudier och laboratorieförsök. Härvid konstaterades många fördelar, men även risker. De senare avser främst förekomst av sprickor och att det är svårt att kontrollera arbetsutförandet. Dessa senare aspekter ansågs mycket väsentliga och omöjliga att studera i laboratorieförsök. Resultaten från litteraturstudier och laboratorieförsök redovisas i rapporter enligt litteraturförteckningen.

För att få erfarenhet från praktiken beslöts att i detalj studera ett antal fullskaleobjekt under en längre tid. De objekt som skulle ingå i studien skulle väljas så att så många olika aspekter som möjligt kom med. Arbetet skulle utföras av olika entreprenörer vid olika årstider och på olika konstruktioner med olika problem.

Det första objektet impregnerades 1992 och där finns idag 10 års erfarenhet.

2 OBJEKTBESKRIVNINGAR

Objekten har olika karaktär. I några fall handlar det om fasader som haft regngenomslag med fuktiga insidor som följd. I andra fall handlar det om tegelfasader med frostsprängning på utsidan. En tredje kategori är uppstigande markfukt i ytterväggar eller källarväggar.

I detta avsnitt beskrivs de olika objekten kortfattat med avseende på konstruktion, orsak till impregneringen samt hur impregneringen gjordes. I vissa fall finns utförligare beskrivningar i tidigare lägesrapporter enligt litteraturlistan.

2.1 Äldre tegelbyggnad med fuktproblem på insidan

Byggnaden är en 1½-plansvilla byggd 1953. Ytterväggarna består utifrån räknat av

120 mm tegelmur
70 mm karbamidskum
70 mm lättbetong
puts

Karbamidskumningen gjordes ungefär 1975. Nuvarande ägare köpte huset 1990 och påbörjade direkt en invändig renovering. I samband med denna renovering upptäcktes fuktfläckar på insidan av ytterväggarna. Bland annat var den invändiga målningsbehandlingen missfärgad av fukt. Fasadernas tillstånd varierade. Teglet uppvisade inga skador. Fogarna var däremot i vissa fall i dålig kondition med delvis kraftigt vittrade fogar.

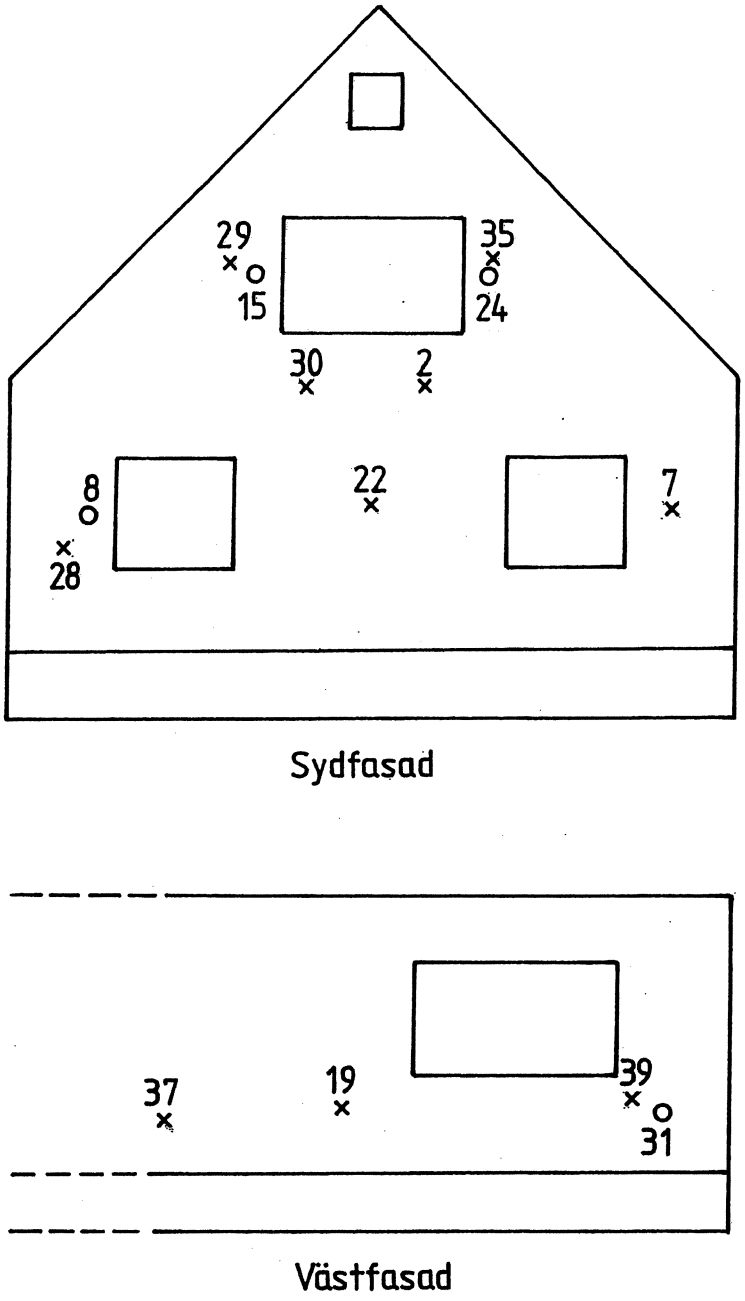
För att studera effekten av en vattenavvisande impregnering beslöts att sydfasaden skulle impregneras och ingå i fullskaleförsöken. För att optimera forskningsdelen beslöts vidare att endast en del av fasaden skulle omfogas, medan på en annan del de dåliga fogarna skulle behållas. Syftet med det senare var att studera utfallet under "sämsta tänkbara förutsättningar".

Sydfasaden impregnerades 1992-06-05 med ett lacknaftabaserat silan/siloxanpreparat. Impregneringen gjordes av den svenska generalagenten för preparatet. Väderleken vid impregneringen var soligt och mycket varmt. Appliceringen gjordes flödigt med penselstrykning två gånger med cirka ½ timmes mellanrum. Appliceringen gjordes uppifrån och nedåt. Varje applicering gjordes så flödigt att preparatet rann cirka 50 cm nedåt eller så att ytan hade en vätskefilm under cirka ½ minut.

Senare kompletterades impregneringen genom att även väst- och östfasaden behandlades av fastighetsägaren med samma preparat. Västfasaden behandlades i augusti 1994 och östfasaden under våren 1995.

Fukttillståndet i fasaderna har registrerats genom manuella mätningar enligt avsnitt 3. Mätningarna har utförts genom fastighetsägarens försorg cirka en gång per månad från 1992 till 2002 då "kattaskrället förstörde instrumentet". Mätningarna påbörjades innan impregneringen utfördes för att erhålla en referensnivå på fukttillståndet.

Placering av mätpunkter framgår av FIGUR 1. En mer detaljerad beskrivning finns i *Sandin 1993 TVBM-7052*.



FIGUR 1. Placering av mätpunkter.

2.2 Nybyggd kyrka med kanalmur av tegel med regnläckage

Kyrkan byggdes 1982 och ytterväggarna består av kanalmurar

120 mm tegelmur
140 mm mineralull
120 mm tegelmur

På insidan av västgaveln förekom kraftiga saltutfällningar på hela väggen. Efter kraftiga slagregn rann vatten ut på golvet och genom öppningar (vid dörrar och valv) i väggen. Dessa läckage fanns redan vid garantibesiktningen.

Problemen ansågs till en början bero på läckage vid vindskivorna. Vindskivorna åtgärdades utan att någon väsentlig minskning av läckagen kunde noteras. Olika alternativ att lösa problemen diskuterades. Ett alternativ var att riva den yttre tegelmuren och mura en ny. Slutligen beslöts att försöka med en impregnering och låta väggen ingå i fullskaleförsöken.

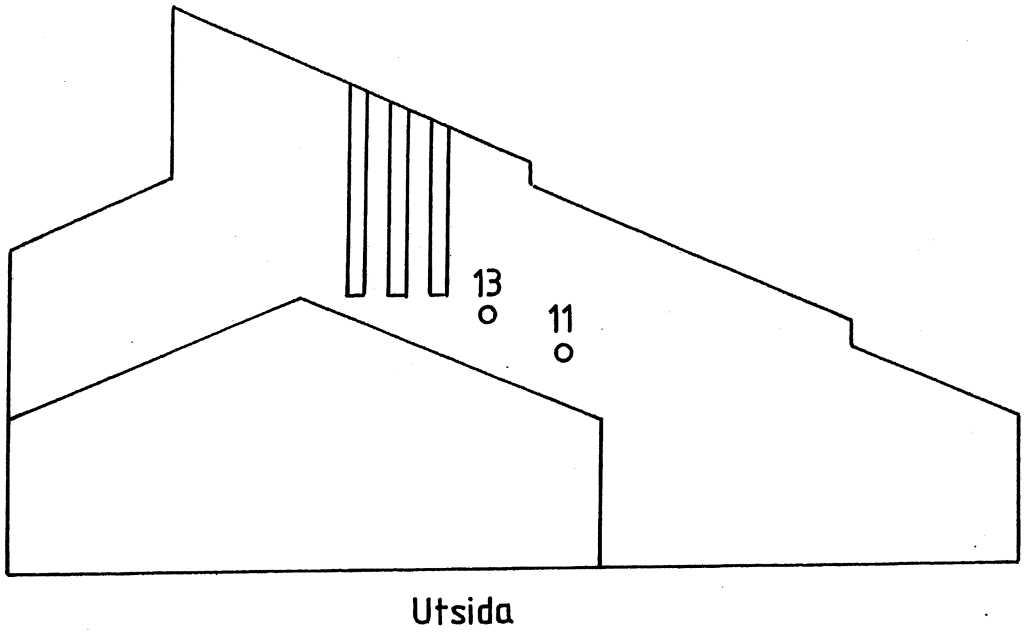
Kyrkoförsamlingen har svarat för alla kostnader i samband med impregneringen och själva anlitat en entreprenör som utfört impregneringen.

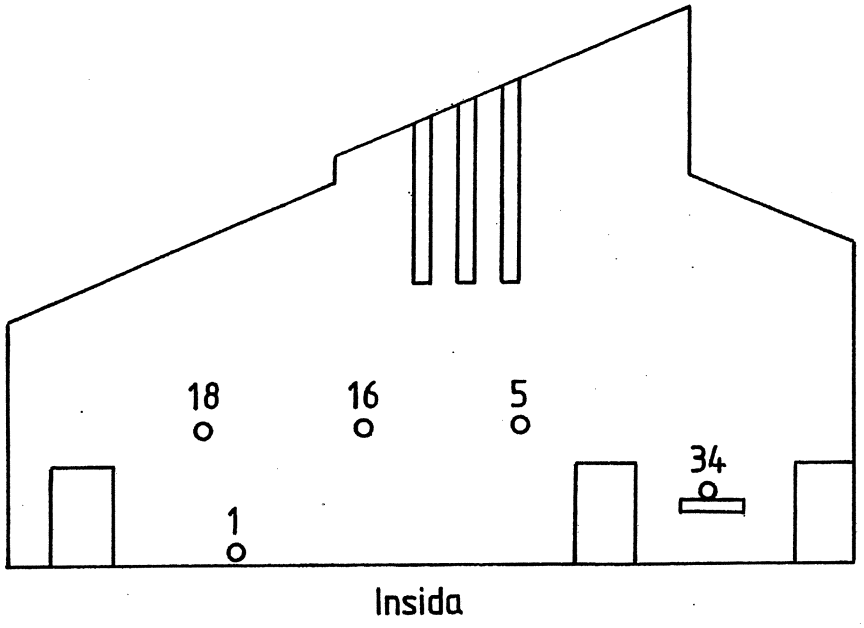
Fasaden var i relativt god kondition. Inga frostskador fanns på teglet. Fogningen hade vissa defekter i form av mindre håligheter och sprickbildning mellan fog och tegel. Dessa defekter var dock inte av anmärkningsvärd omfattning.

I entreprenörens uppdrag ingick att ansvara både för komplettering av fogar och impregnering. Vid en senare besiktning konstaterades att vissa brister fortfarande fanns när det gäller fogarna. Impregneringen skulle enligt överenskommelse med entreprenören utföras vid "gynnsamma väderbetingelser" i slutet av juni eller början av juli 1992. Impregneringen gjordes något senare vid två tillfällen. 10 juli impregnerades "de delar som kunde nås med stege". Förfarandet vid denna impregnering är okänt. 22 juli impregnerades övriga delar från en sky-lift. Den senare impregneringen gjordes med två flödiga appliceringar med spruta "vått i vått". Den senare appliceringen gjordes under sämsta tänkbara förutsättningar. Natten innan appliceringen träffades fasaden av mycket kraftiga slagregn. Vissa uppgifter nämner siffran 20-25 kg/m^2. Detta innebär att murverket skulle ha varit helt vattenmättat. Vid mätning av fukttillståndet i ytan vid appliceringstillfället konstaterades vattenmättnad. Förhållandena vid appliceringen var alltså de sämsta tänkbara.

Fukttillståndet i fasaderna har registrerats genom manuella mätningar enligt avsnitt 3. Mätningarna har utförts genom LTH:s försorg från 1992 till 2000. Mätningarna påbörjades innan impregneringen utfördes för att erhålla en referensnivå på fukttillståndet.

Placering av mätpunkter framgår av FIGUR 2. En mer detaljerad beskrivning finns i *Sandin 1993 TVBM-7053*.





FIGUR 2. Placering av mätpunkter.

2.3 Flerfamiljsbostäder med frostskador i fasadteglet

Det aktuella bostadsområdet uppfördes i slutet av 1960-talet och består av 22 huskroppar enligt FIGUR 3. Relativt kort tid efter färdigställandet uppstod frostskador i form av spjälkningar i tegelfasaderna. Efterhand har skadeutvecklingen accelererat. Frostskadorna har störst omfattning på västgavlarna men förekommer även på andra fasader.

Gavlarna är cirka 100 m^2 och består utifrån räknat av

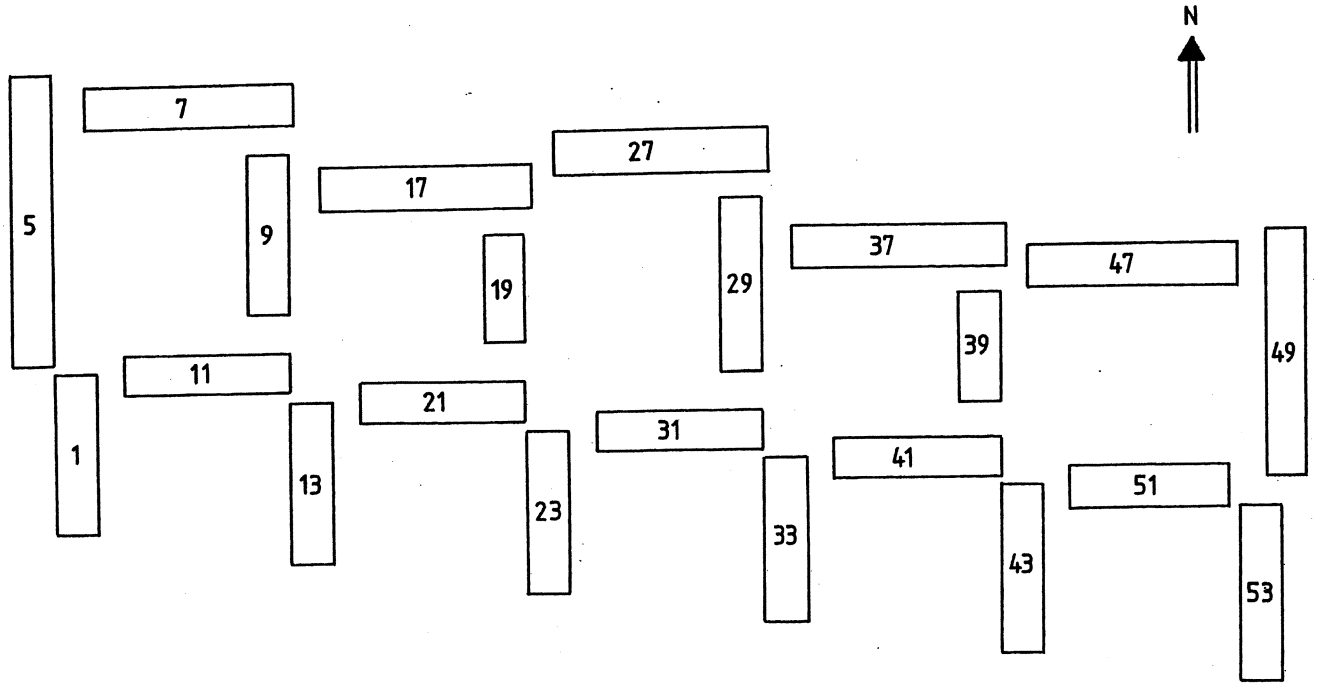
½-stens tegelmur
luftspalt
mineralull
bärande betongvägg

1996 beslöts att 3 av gavlarna skulle ingå i projektets fullskaleförsök. De utvalda gavlarna är västgavlarna på byggnaderna 11, 21 och 41. På de aktuella gavlarna utbyttes alla skadade tegelstenar, mellan 10 och 50 stenar per gavel, mot nya stenar samtidigt som fogarna kompletterades.

Gavel 11 impregnerades i november 1996 med en nyutvecklad "pasta" genom leverantörens försorg. Efter tecken på att denna pasta inte fungerade tillfredsställande gjordes en ny impregnering med ett beprövat silan/siloxanpreparat upplöst i lacknafta i april 1998.

Gavel 21 impregnerades i november 1996 med ett beprövat silan/siloxanpreparat upplöst i lacknafta genom leverantörens försorg.

Gavel 41 behandlades inte utan skulle vara en referensfasad.



FIGUR 3. Situationsplan över bostadsområdet.

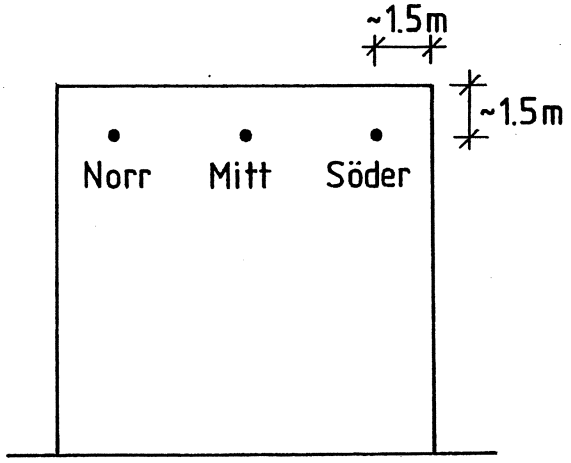
I de tre gavlarna monterades fuktgivare enligt avsnitt 3. Placeringen framgår av FIGUR 4. Alla fuktgivare placerades på tegelmurens halva djup.

I september 1998 utökades försöken till att även omfatta västgavlarna på byggnaderna 37 och 47.

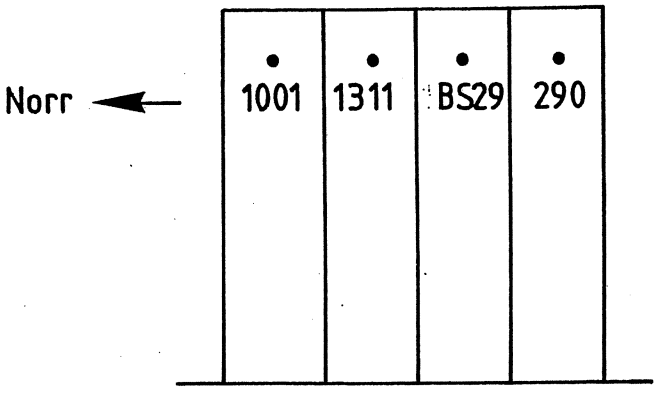
Gavel 37 indelades i 4 olika fält och behandlades med olika preparat enligt FIGUR 5. Appliceringen gjordes av oberoende entreprenör genom flödig sprutning två gånger "vått i vått". Preparatet 290 är detsamma som använts på de tidigare gavlarna. De övriga preparaten är vattenbaserade. Fuktgivare monterades enligt FIGUR 5.

Gavel 47 impregnerades med preparatet 1001 av oberoende entreprenör genom flödig sprutning två gånger "vått i vått". Fuktgivare monterades på samma sätt som i FIGUR 4.

Hösten 1998 impregnerades ytterligare syd- och västgavlar efter utbyte av skadade stenar och fogkomplettering. I dessa gavlar monterades inga fuktgivare. Mätningarna i de övriga väggarna har gjorts av personal från LTH.



FIGUR 4. Placering av fuktgivare i gavlarna 11, 21 och 41.



FIGUR 5. Fältindelning och placering av fuktgivare i gavel 37.

2.4 Villaområde med frostskador i tegelfasader

Området består av 32 villor med tegelfasader. Teglet är av olika sorter. I samband med att tegelleverantörens garantitid (10 år) gick ut utbyttes alla skadade tegelstenar på tegelleverantörens bekostnad. I samband med detta arbete erbjöds villaägarna en gratis impregnering av fasaderna. 19 villaägare accepterade detta erbjudande med resten avböjde.

Arbetet utfördes sommaren 1993. Vid utbyte av skadade stenar fick entreprenören i uppgift att undersöka alla stenar med avseende på inre spjälkningar. Detta gjordes genom att försiktigt knacka på stenarna. En dov klang indikerar att stenen har inre spjälkningar. Entreprenören räknade även antal tegelstenar som byttes. Fogarna kompletterades vid behov.

Efter att fogarna härdat några veckor impregnerades fasaderna med ett lacknaftabaserat silan/siloxanpreparat genom flödig sprutning två gånger "vått i vått".

Några fuktmätningar har inte gjorts i fasaderna. Däremot har fasaderna besiktigats 1995 och 1999. Härvid har eventuella nya skador noterats genom okulärbesiktning från marken.

2.5 Lokal med uppstigande markfukt i tegelväggar

Lokalen är en mindre utställningslokal med massiva ytterväggar av 1-stens tegelmur. Invändigt förekommer rikligt med saltutfällningar och vittring av ny KC-slamning.

För att stoppa den uppstigande markfukten injicerades ett vattenavvisande preparat i murarna i aug 1995. Först borrades två rader med hål "nästan genom murverket". Med sonder i hålen torkades med mikrovågsteknik. Efter avsvalning injicerades preparatet utan övertryck. I vissa hål konstaterades att preparatet "bara försvann".

Innan injiceringen kartlades fukttillståndet i murarna samtidigt som 9 fuktgivare monterades på olika platser och på olika djup. Avläsning har gjorts vid enstaka tidpunkter.

Under vissa perioder har även klimatet inne i lokalen och ute registrerats.

2.6 Fuktiga och vittrande källarväggar av tegel

Byggnaden är en sekelskiftesbyggnad med murverk av tegel. I källaren är väggtjockleken 40 – 60 cm. Problem med uppstigande markfukt och inträngande fukt utifrån har förekommit under lång tid. Följden har blivit vittrande puts på källarväggarna.

1987 avlägsnades all puts på insidan av källarväggarna. Utvändigt utfördes ny dränering och utsidan försågs med platonmattor för att förhindra fuktinträngning utifrån. Nedtill i väggarna injicerades med ett preparat (Vandex) mot uppstigande markfukt. På golvet lades klinker och nedtill på väggarna sattes kakel. Efter några år började kakelplattorna lossna.

Vid en besiktning 1998 konstaterades nedfallna kakelplattor och vittrad puts upptill på väggarna. På golvet fanns inga skador.

I samråd med fastighetsägaren beslöts att försöka stoppa problemen ännu en gång genom att injicera ett vattenavvisande preparat nedtill i väggarna. För att särskilja inverkan av inträngande fukt utifrån och uppstigande markfukt underifrån valdes både en yttervägg och en mellanvägg mellan två källarutrymme. Vidare utvaldes andra väggar med motsvarande konstruktion som referensväggar. Dessa väggar injicerades inte. All kakel och puts avlägsnades från de aktuella väggarna. Härefter säckskurades väggarna med ett tunt skikt KC-bruk.

Injiceringen gjordes under överinseende av generalagenten för den aktuella metoden. Hål borrades till ett djup av 75% av väggtjockleken nedtill i två rader i två intilliggande tegelskift. Avståndet mellan hålen var cirka 15 cm. Ett vattenavvisande preparat injicerades med övertryck i alla hålen. I flera fall uppstod problem på olika sätt. I vissa fall kunde inget preparat pressas in. I andra fall strömmade det preparat som pressades in i ett hål ut genom ett annat närliggande hål.

För att följa utvecklingen av fukttillståndet i väggarna monterades fuktgivare enligt avsnitt 3. Väggarna har även besiktigats för att studera eventuell vittring.

2.7 Övriga objekt

Tidigare beskrivna objekt har studerats i detalj, både med avseende på utförandet av impregneringen och uppföljning efteråt. Utöver dessa objekt har även ett antal andra objekt studerats mer översiktligt. Informationen om dessa objekt grundar sig delvis på andrahandsuppgifter.

Dessa objekt har i många fall varit likartade med de ovan beskrivna. I vissa fall har dock helt andra typer studerats. Ett sådant objekt är en nyuppförd trädgårdsmur i tegel. Av estetiska skäl ville fastighetsägaren inte ha någon betong- eller plåtavtäckning på ovansidan. I stället valdes ett rullskift av tegel överst som behandlades med ett vattenavvisande preparat på ovansidan och på sidorna. Längre ner gjordes ingen vattenavvisande behandling. Efter 3 år fungerar behandlingen utan anmärkning. Inga skador finns och det översta rullskiftet är renare och har mindre algpåväxt än muren i övrigt. Eventuell påväxt är lätt att spola bort på den behandlade delen.

Resultaten från övriga objekt, gällande både fasadimpregnering och injicering mot uppstigande markfukt, överensstämmer helt med resultaten från objekten enligt avsnitt 2.1 – 2.6 och behandlas inte mera.

3 FUKTMÄTNINGSPRINCIP

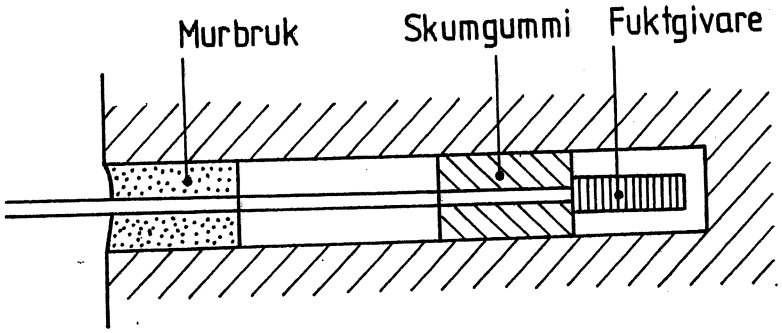
Fuktgivarna som använts i de olika objekten är inte helt identiska. Fuktgivarna som användes i det första objektet enligt avsnitt 2.1 kan ses som en prototyp till de mer standardiserade givarna som utvecklades senare och användes i de övriga objekten. De första givarna hade större spridning än de senare standardiserade givarna. Detta medför dock ingen principiell skillnad, även om enstaka mätningar inte är helt jämförbara.

Fuktgivarna mäter inte det direkta fuktinnehållet i teglet eller fogarna. Mätvärdet motsvarar i stället fuktkvoten i en träbit som finns i kontakt med teglet eller fogen. Det erhållna mätvärdet är till viss del temperaturberoende. Eftersom syftet med mätningarna endast varit att få en grov jämförelse mellan olika situationer har någon hänsyn till detta temperaturberoende inte tagits. Det erhållna mätvärdet är sålunda ett relativt mått på fukttillståndet. Kvalitativt kan följande relationer användas vid bedömningen av rådande fukttillstånd:

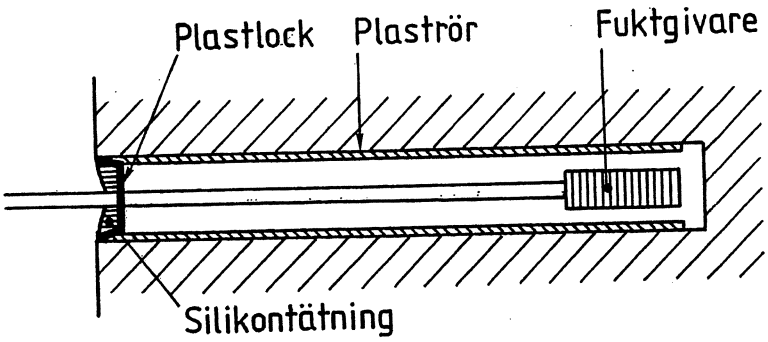
Mätvärde	*Relativ fuktighet*	*Fukttillstånd i tegel*
8 - 15	*50 – 80 %*	*Torrt*
15 - 20	*80 – 95 %*	*Torrt*
20 – 25	*95 – 100 %*	*Fuktigt*
25 - 30	*100 %*	*Blött*
30 - 40	*100 %*	*Mycket blött*
40 - 50	*100 %*	*Kapillärmättat*

Även monteringen av fuktgivarna gjordes på något olika sätt. Gemensamt för monteringen är att ett hål med diametern 12 mm borras till önskat mätdjup. Härefter förs givaren in till mätdjupet och borrhålet i övrigt avskärmas från givaren. Avskärmningen av givaren har gjorts antingen med en ”tät” skumgummibit eller med ett plaströr enligt FIGUR 6 - 7. Tätning med plaströr bedöms vara mer effektiv.

Avläsningen har gjorts manuellt med olika tidsintervall med ett traditionellt träfuktmätningsinstrument.



FIGUR 6. Montering av fuktgivare med skumgummi.



FIGUR 7. Montering av fuktgivare med plaströr.

4 RESULTAT

Resultaten från objekten enligt avsnitt 2.1-2.3 redovisas i detalj för tiden fram till 1999 i separata lägesrapporter. I det följande ges endast en sammanfattande redovisning av resultaten från samtliga objekt.

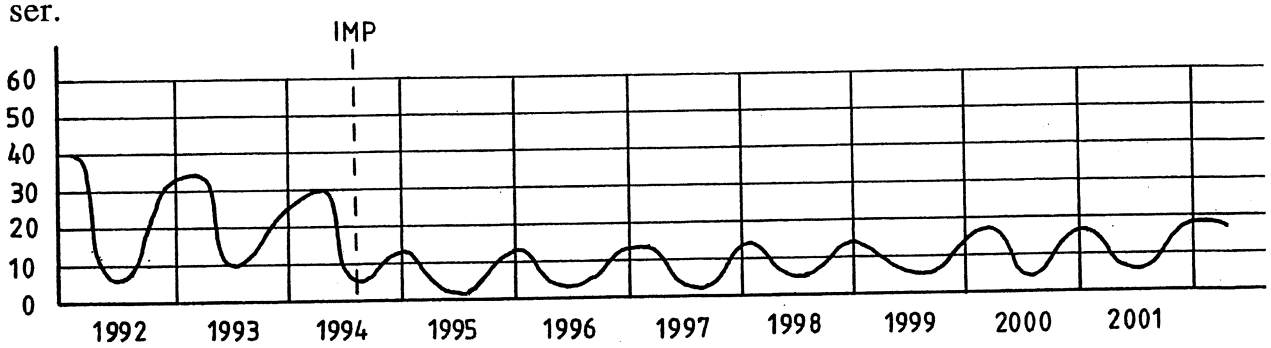
4.1 Äldre tegelbyggnad med fuktproblem på insidan

Samtliga mätresultat fram till 1999 redovisas i *Sandin 1999, TVBM-7139*. De fortsatta mätningarna fram till "kattaskrällets" inträdande i projektet visar i princip samma resultat.

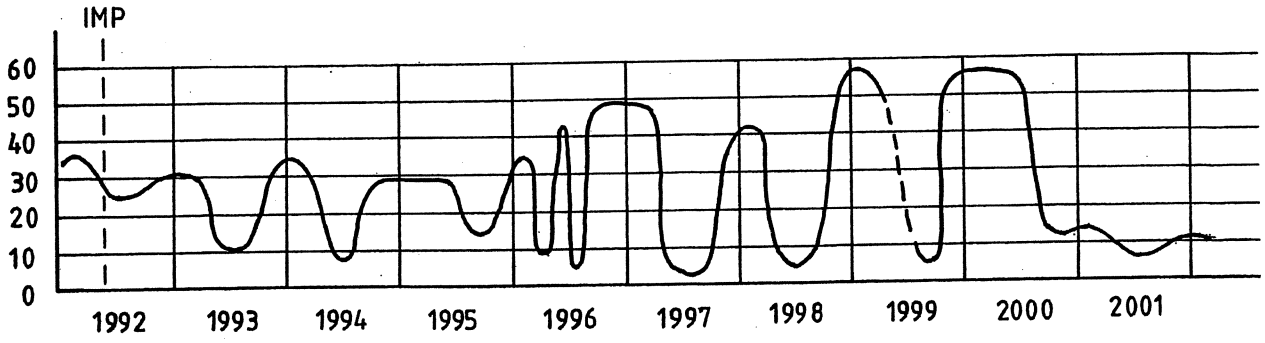
Resultaten måste tolkas från förutsättningarna vid impregneringen. Vid 4 av mätpunkterna åtgärdades inte de dåliga fogarna innan impregneringen. I vissa av dessa mätpunkter märks ingen markant sänkning av fukttillståndet efter impregneringen. I alla mätpunkter där fogarna åtgärdades innan impregneringen har murverket blivit helt torrt efter impregneringen.

I FIGUR 8-9 redovisas typexempel på mätresultat i mätpunkter med reparerade respektive ej åtgärdade fogar.

Sammanfattningsvis kan konstateras att impregneringen fungerat helt enligt vad man kan förvänta. Murverket med bra fogar blev helt torrt. Murverket med dåliga fogar blev inte helt torrt, även om en klar förbättring kunde märkas på flera platser.



FIGUR 8. Mätresultat i mätpunkt 37 på västfasad. Fogar reparerade innan impregnering.



FIGUR 9. Mätresultat i mätpunkt 22 på sydfasad. Fogarna är mycket dåliga och har inte reparerats innan impregnering. Fasaden påbyggdes sommaren 2000 med ett uterum. Härefter blir fasaden helt torr.

4.2 Nybyggd kyrka med kanalmurar av tegel med regnläckage

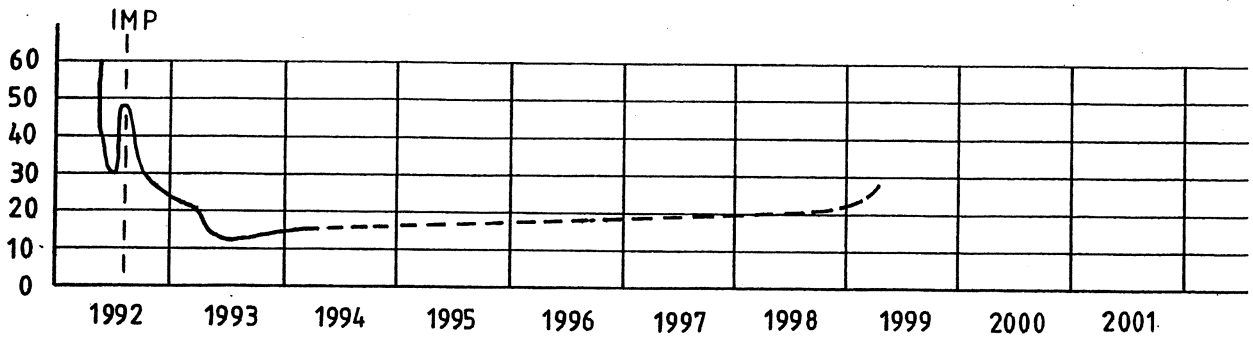
Samtliga mätresultat och övriga iakttagelser fram till 1999 redovisas i *Sandin 1999, TVBM-7141*. Några förändringar efter denna tidpunkt har inte rapporterats.

Alla läckage försvann efter impregneringen 1992. 1998 inträffade lokala läckage i samband med regn och västliga stormvindar. Härefter har läckagen fortsatt i mer eller mindre utsträckning. Läckagen har dock varit av väsentligt mindre omfattning än innan impregneringen.

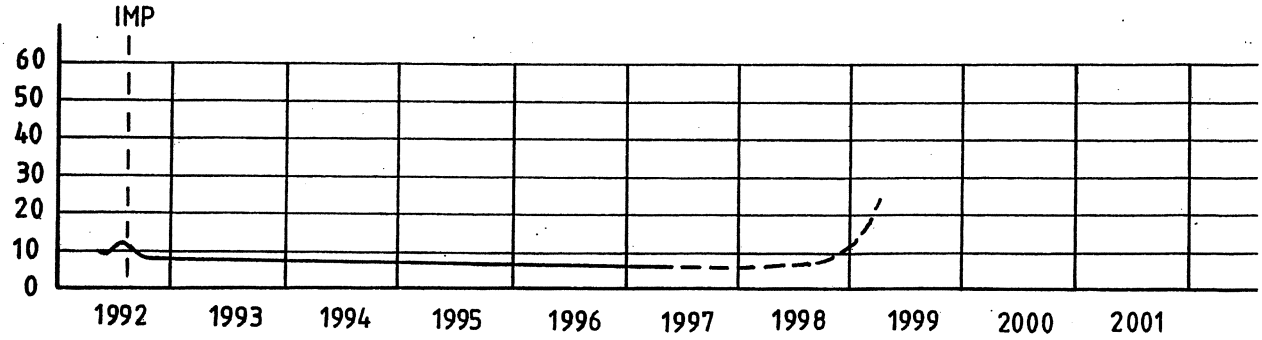
Även fuktmätningarna visar en viss ökning av fukttillståndet efter 1998 i vissa mätpunkter. I en mätpunkt på utsidan är fukttillståndet 1999 lika högt som innan impregneringen. I flertalet mätpunkter är dock fukttillståndet fortfarande lågt.

I figur 10-11 redovisas mätresultaten från en utvändig (mätpunkt 11) och en invändig (mätpunkt 34 där läckage förekom) mätpunkt. Andra mätpunkter visade omvänt resultat, d v s den yttre mätpunkten fick ett väsentligt högre fukttillstånd medan den inre mätpunkten förblev helt torr.

Som nämnts tidigare var förutsättningarna vid impregneringen de sämsta tänkbara. Det inträffade visar dock att det finns klara begränsningar för vattenavvisande impregneringar. Stor uppmärksamhet måste ägnas både åt fasadens tillstånd och betingelserna vid arbetets utförande. Risken för lokala problem är uppenbar.



FIGUR 10. Mätresultat i den yttre muren i mätpunkt 11.



FIGUR 11. Mätresultat i den inre muren i mätpunkt 34.

4.3 Flerfamiljsbostäder med frostskador i fasadteglet

Samtliga mätresultat och övriga iakttagelser fram till 1999 redovisas i *Sandin 1999, TVBM-7140*. Efter denna tidpunkt har ytterligare intressanta mätningar och iakttagelser gjorts, vilka kommenteras speciellt i det följande.

Resultaten från de ursprungligen impregnerade fasaderna 1996 (gavel 11, 21 och 41) är entydiga.

Gavel 21 som impregnerades med ett beprövat silan/siloxanpreparat torkade ut första våren efter impregneringen och har därefter förblivit torr. Inga nya frostskador har kunnat iakttas.

Gavel 11 som 1996 impregnerades med ett nytt preparat torkade inte ut som förväntat. Vid besiktning i mars 1997 konstaterades cirka 15 nya frostskador. Våren 1998 behandlades fasaden med samma preparat som gavel 21. Därefter torkade fasaden snabbt ut och har därefter förblivit torr. Inga nya frostskador har därefter iakttagits.

Gavel 41, som var en referensfasad utan impregnering, har generellt varit blöt och har efter varje vinter uppvisat ett ökande antal skadade tegelstenar.

I TABELL 1-2 redovisas resultat från fuktmätningar och besiktningar med avseende på frostskadade stenar under hela perioden. Att enstaka mätpunkter avviker kraftigt beror sannolikt på läckage i tätningen till givare eller läckage "bakifrån".

TABELL 1. Resultat från fuktmätningarna i gavlarna 11, 21 och 41.

	11:S	*11:M*	*11:N*	*21:S*	*21:M*	*21:N*	*41:S*	*41:M*	*41:N*
961108	32	35	32	31	34	32	27	33	26
961108	***Impreg med pasta***			***Impreg med 290***					
9703	36	38	40	47	44	36	51	37	38
970710	37	37	41	10	12	9	25	38	31
970904	9	9	9	10	10	9	16	23	14
9804	***Impreg med 290***								
980810	9	10	12	11	13	12	26	32	29
990428	9	10	12	13	26	12	25	37	36
000407	10	41	13	13	54	16	32	31	45
010626	9	11	11	10	19	10	31	30	35
020711	9	14	10	10	43	13	29	31	35

TABELL 2. Frostskadade tegelstenar i gavlarna 11, 21 och 41.

	Gavel nr 11	*Gavel nr 21*	*Gavel nr 41*
9703	15 nya stenar spjälkade	3 mindre flagningar	
9904	Inga nya skador	Inga nya skador	12 nya stenar spjälkade
0004	Inga nya skador	1 mindre ny flagning	Totalt ca 25 skadade stenar
0106	Inga nya skador	1 ny sten skadad	Totalt ca 30 skadade stenar
0207	Inga nya skador	Inga nya skador	Totalt ca 45 skadade stenar
SUMMA	*Inga skador efter impregneringen 1998*	*5 mindre flagningar. Några kan vara gamla skador.*	*45 kraftigt spjälkade stenar*

Gavlarna 37 och 47 var vid impregneringen blöta. På våren efter impregneringen var gavlarna fortfarande blöta. Ett år senare var fälten 290, BS29 och 1311 på gavel 37 torra. Dessa fält har därefter förblivit torra. Enstaka frostskador har upptäckts.

Fält 1001 på gavel 37 och gavel 47 har inte torkat ut efter impregneringen utan är fortfarande blöta. På fältet 1001 på gavel 37 har omfattande frostskador skett. På gavel 47 har ett mindre antal stenar spjälkat.

Impregneringen på fält 1001 på gavel 37 och hela gavel 47 har uppenbarligen inte fungerat tillfredsställande. (Observera att dessa partier impregnerats med samma preparat.) Vid kontroll av impregneringsdjupet på nedfallna bitar från gavel 37 konstaterades att inträngningsdjupet var lika med noll! Orsaken till att de nedfallna bitarna inte har någon impregnering är okänd. Alltför blött underlag eller för sparsam applicering kan vara möjliga förklaringar.

Resultat från fuktmätningar och besiktningar redovisas i TABELL 3-4.

TABELL 3. Resultat från fuktmätningarna i gavlarna 37 och 47.

	37:290	***37:BS29***	***37:1311***	***37:1001***	***47:S***	***47:M***	***47:N***
980918	35	36	34	37	34	37	39
980918 – 21	***290***	***Impregnering med BS29***	***1311***	***1001***	***1001***	***Impregnering med 1001***	***1001***
990428	44	33	37	40	39	45	39
000407	16	13	11	32	52	41	30
010626	14	14	9	12	12	19	11
020711	17	14	13	38	67	48	32

TABELL 4. Frostskadade tegelstenar i gavlarna 37 och 47.

	37:290	***37:BS29***	***37:1311***	***37:1001***	***Hela gaveln 47***
9905	Inga skador	Inga skador	Inga skador	5 nya hela stenar spjälkade	1 mindre flagning
0004	2 mindre flagningar	Inga skador	Inga skador	Totalt 8 spjälkade stenar	Inga nya skador
0106	Inga nya skador	Inga skador	Inga skador	Inga nya skador	2 nya mindre flagningar
0207	Inga nya skador	Enstaka ny mindre flagning	Enstaka ny mindre flagning	Totalt 9 spjälkade stenar	Inga nya skador
SUMMA	*2 mindre flagningar*	*Enstaka mindre flagning*	*Enstaka mindre flagning*	*9 hela stenar kraftigt spjälkade*	*3 mindre flagningar*

Övriga gavlar har besiktigats cirka en gång per år med avseende på frostskador.

Flertalet gavlar har fungerat utan anmärkning. I vissa fall har dock skador uppstått, i undantagsfall mycket kraftiga skador. Orsaken till skadorna på gavel 19 har inte analyserats. Gavel 27 misstänktes vara obehandlad och behandlades på nytt 1999. Därefter har inga väsentliga skador skett. Nedfallna bitar från gavel 39 analyserades med avseende på impregneringens inträngning. Härvid konstaterades att inträngningsdjupet var lika med noll. (Jämför fält 1001 på gavel 37.)

Resultaten redovisas i detalj i TABELL 5.

TABELL 5. Frostskadade tegelstenar i övriga fasader.

Gavel	*9905*	*0004*	*0106*	*0207*
5	Inga skador	Inga skador	Inga skador	Inga skador
7	Inga skador	2 skadade stenar	1 ny sten spjälkad	Inga nya skador
9	Inga skador	1 liten flisa	2 nya flisor	Inga nya skador
17	Inga skador	Inga skador	1 mindre flisa	Enstaka nya flisor
19	Inga skador	1 liten flisa	5 nya större skador	Totalt ca 20 större spjälkningar
27	10 nya skador	Inga skador*	1 mindre flisa	Enstaka nya flisor
29	Ej besiktigat	2 mindre skador och ca 10 mindre flisor	3 nya större spjälkningar	3 nya spjälkningar. (Gammal brottyta)
39	50 nya skador	Många nya småflisor	1 ny hel sten spjälkad	1 ny hel sten spjälkad
49	Inga skador	Inga skador	Inga skador	Inga skador
51	Inga skador	2 nya skador	Inga nya skador	1 ny spjälkning

* reparerat efter förra besiktningen

Anm: Flertalet av de mindre skadorna och enstaka större spjälkningar beror sannolikt på att befintliga inre skador i teglet inte upptäcktes vid utbytet av skadade stenar. I vissa fall kan även flagnade flisor förklaras med mekanisk påfrestning i samband med utbyte av intilliggande stenar.

En allvarlig negativ effekt visade sig i något fall. Efter impregneringen med det lacknaftabaserade preparatet trängde lacknaftalukt in i lägenheten. Sannolikt

trängde lukten in genom någon otäthet i betongstommen. Lukten var mycket besvärande och stannade kvar under flera månader. För att bli av med lukten installerades en undertrycksventilation i luftspalten. Härefter försvann lukten relativt snabbt.

Att flertalet fasader fungerade helt utan anmärkning medan enstaka fasader fick skador, i vissa fall mycket omfattande, visar en annan svårighet, nämligen kvalitetskontrollen. Det är mycket svårt att kontrollera impregneringens kvalitet i samband med appliceringen. Kvaliteten på impregneringen visar sig först efteråt. Genom omfattande kontroller kan situationen förbättras. Som exempel på åtgärder för att förbättra kontrollen kan nämnas noteringar om klimat innan och under appliceringen, applicerad mängd och fukttillstånd i ytan. Även en dokumentation av förarbetet måste ses som angelägen.

4.4 Villaområde med frostskador i tegelfasader

I detta område gjordes enbart besiktningar med avseende på spjälkningar i teglet. Utfallet av impregneringen måste betraktas som mycket framgångsrikt. På de impregnerade fasaderna inträffade endast några mindre flagningar på delar av enstaka stenar. På de icke impregnerade fasaderna fortsatte spjälkningarna i mycket stor omfattning. Enligt uppgift har spjälkningarna i några fall varit så omfattande att fasaderna rivits och murats om.

Resultaten av besiktningarna redovisas i TABELL 6.

TABELL 6. Antal utbytta stenar innan impregneringen och antal frostskadade stenar efter impregneringen.

	Antal fasader	*Utbytta stenar*	*Skadade stenar efter 2 år*	*Skadade stenar efter 6 år*
Ej impregnerade	*13*	*733*	*258*	*Ca 600*
Impregnerade	*19*	*1670*	*2*	*5*

4.5 Lokal med uppstigande markfukt i tegelväggar

Mätningar och besiktningar under 3 års tid visade att någon väsentlig förbättring av förhållandena inte skedde. Fukttillståndet förblev högt och vittringen fortsatte. Även i inneluften fanns ett fukttillskott som inte kan förklaras med något annat än avdunstning från väggarna.

I sammanhanget måste dock påpekas att väggarna inte har behandlats på utsidan. Ett visst tillskott från slagregn är sannolikt. Vittring förekommer dock även på innerväggar som inte utsätts för något slagregn.

En trolig förklaring till att någon förbättring inte skedde är svårigheten att kontrollera att injiceringen verkligen sprider sig på avsett sätt i väggen. I aktuellt fall torkades borrhålen med mikrovågsteknik innan injiceringen. Att driva bort allt vatten i en kapillärmättad vägg i ett sammanhängande horisontellt stråk utmed

borrhålen torde vara mycket svårt. En naturlig fråga är "var tar vattnet vägen?" Eftersom väggen är kapillärmättad finns rimligen ingen plats för det "uttorkade" vattnet. Även om man lyckades torka ut det aktuella stråket så skulle vattnet hinna sugas tillbaka under avsvalningsfasen innan preparatet injiceras.

Några mätningar har inte gjorts på senare tid. Enligt fastighetsägaren fortsätter vittringen än idag efter 7 år.

Sammanfattningsvis måste objektet betraktas som misslyckat.

4.6 Fuktiga och vittrade källarväggar av tegel

På insidan av ytterväggen har saltutfällningar och vittring fortsatt i stor omfattning. Väggen har fortfarande efter 4 år ett högt fukttillstånd.

På mellanväggen som injicerades är saltutfällning/vittring av väsentligt mindre omfattning än på den mellanvägg som inte behandlades. Även fukttillståndet har minskat i den behandlade väggen. I den obehandlade väggen är fukttillståndet fortsatt högt. Även ytorna på de båda väggarna har fått olika karaktär. Den obehandlade väggen har en mörk och något blank yta medan den behandlade väggen ser torr och "normal" ut. Orsaken till det olika utseendet är sannolikt förekomst av salter under ytan i den obehandlade väggen.

Att någon förbättring inte erhölls i ytterväggen kan ha flera förklaringar. En näraliggande förklaring är bristfälligt fuktskydd på utsidan mot jorden. En annan bidragande orsak kan var svårigheten att kontrollera injiceringen. Vid injiceringen i denna vägg konstaterades att preparatet kunde rinna ut i näraliggande hål.

De förbättrade förhållandena i den innervägg som injicerades jämfört med den icke behandlade väggen måste betraktas som en viss framgång och visar att metoden kan fungera om "allting stämmer". Resultatet måste dock betraktas med stor försiktighet. Den aktuella väggen är bara 4-5 m lång och mätning har bara gjorts i en enda punkt.

Sammanfattningsvis kan en förbättring konstateras i den mellanvägg som injicerades. Osäkerheterna är dock så många att några långtgående slutsatser inte kan dras. Under helt kontrollerbara förhållanden kan troligen metoden användas med framgång.

5 SLUTSATSER

Utfallet av objekten med fasadimpregnering måste betraktas som mycket framgångsrika medan objekten med injicering i murverk var mindre framgångsrika.

Det enda objekt med fasadimpregnering som inte fungerade "fullständigt" var kanalmuren med vattenläckage. Även i detta fall blev det dock en klar förbättring. En möjlig förklaring till att impregneringen inte fungerade helt kan vara att impregneringen gjordes under sämsta tänkbara förhållanden.

Även de enstaka fasaderna med spjälkningar på flerfamiljbostäderna kan bero på att impregneringen gjordes sent på hösten då muren var mycket blöt.

I de fall då impregneringen gjorts under gynnsamma förhållanden, på sommaren då väggen varit relativt torr, har framgången varit fullständig.

Mätningarna på den äldre tegelbyggnaden visar vikten av att fogarna är i god kondition. Mätningar i anslutning till mycket dåliga fogar visade här ingen sänkning av fukttillståndet.

Det äldsta objektet i aktuellt projekt har studerats under cirka 10 år och fungerar fortfarande utan anmärkning. Det finns ingen anledning att tro att det ska ske någon försämring inom överskådlig tid.

Ett problem är däremot vattengenomslag genom sprickor i samband med regn och kraftig vind. Det var detta som inträffade i kanalmuren. Man kan teoretiskt visa att så ska ske i vissa fall. Det något oväntade fenomenet i detta fall var att vattengenomslag skedde relativt ofta efter det att det skett första gången. Det tog 6 år innan det första genomslaget. Härefter har mindre genomslag skett flera gånger per år! En möjlig förklaring kan vara att sprickväggarna, som från början är vattenavstötande, beläggs med föroreningar från det inträngande vattnet. Härigenom upphävs den vattenavvisande förmågan. De dåliga förutsättningarna vid impregneringen kan i hög grad bidragit till det inträffade.

Sammanfattningsvis kan konstateras att hela projektet bidragit med väsentliga erfarenheter i samband med användandet av vattenavvisande preparat. En fasadimpregnering som görs på rätt sätt under gynnsamma förhållanden har mycket stora möjligheter att fungera under lång tid. Egentligen finns ingen tidsbegränsning.

Att stoppa uppstigande markfukt genom injicering med vattenavvisande preparat förefaller ha mindre förutsättningar att fungera. Några orsaker till detta är att det är omöjligt att kontrollera hur preparatet sprids inne i muren. Preparatet kan "rinna bort" genom otätheter och fickor i muren. Vidare är det svårt att impregnera ett kapillärmättat murverk. Preparatet måste då "byta plats" med vattnet. Ytterligare utveckling behövs i detta sammanhang. Ett sätt kan vara att använda koncentrat och förlita sig på att detta koncentrat blandar sig med vattnet i porerna.

LITTERATUR

Sandin, K, 1993, *Vattenavvisande fasadimpregnering – fullskaleförsök Harphult.* Avdelningen för Byggnadsmaterial. Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBM-7052. Lund.

Sandin, K, 1993, *Vattenavvisande fasadimpregnering – fullskaleförsök Lerberget.* Avdelningen för Byggnadsmaterial. Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBM-7053. Lund.

Sandin, K, 1993, *Vattenavvisande fasadimpregnering.* AMA-nytt, Mark-Hus 2/93.

Sandin, K, 1994, *Vattenavvisande fasadimpregnering.* Byggforskningsrådet. T15:1994. Stockholm.

Sandin, K, 1994, *Vattenavvisande fasadimpregnering.* Bygg&teknik 1/94.

Sandin, K, 1995, *Vattenavvisande fasadimpregnering – laboratorieundersökningar.* Avdelningen för Byggnadsmaterial. Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBM-3065. Lund.

Sandin, K, 1995, *Surface treatment with water repellent agents.* First international symposium on surface treatment of building materials with water repellent agents. Delft.

Sandin, K, 1996, *Vattenavvisande fasadimpregnering – inverkan av sprickor.* Avdelningen för Byggnadsmaterial. Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBM-3073. Lund.

Sandin, K, 1996, *Vattenavvisande fasadimpregnering – alkalikänslighet.* Avdelningen för Byggnadsmaterial. Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBM-3074. Lund.

Sandin, K, 1996, *Masonry water repellents.* Seventh International Conference on Durability of Materials and Components. Stockholm.

Sandin, K, 1996, *Some facts about hydrofobic facade impregnations.* 4th Symposium of Building Physics in the Nordic Countries. Espoo.

Krii, S, 1996, *Vattenavvisande impregnering – inträngningsdjup i tegelsten, kalksandsten och murbruk.* Avdelningen för Byggnadsmaterial. Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBM-5031. Lund.

Sandin, K, 1997, *Några fakta* om v*attenavvisande fasadimpregnering.* Bygg&teknik 8/97

Sandin, K, 1999, *Vattenavvisande fasadimpregnering – fullskaleförsök Harphult, Lägesrapport 1999.* Avdelningen för Byggnadsmaterial. Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBM-7139. Lund.

Sandin, K, 1999, *Vattenavvisande fasadimpregnering – fullskaleförsök Magistratsvägen, Lund, Lägesrapport 1999.* Avdelningen för Byggnadsmaterial. Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBM-7140. Lund.

Sandin, K, 1999, *Vattenavvisande fasadimpregnering – fullskaleförsök Lerbergets kyrka, Lägesrapport 1999*. Avdelningen för Byggnadsmaterial. Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBM-7141. Lund.

Sandin, K, 1999, *Influence of cracks on moisture conditions in facades with water-repellent treatments*. Internationale Zeitschrift fur Bauinstandsetzen und Baudenkmalpflege, 5 Jahrgang, Aedificatio Publishers, Heft 5, 499-522 (1999).

LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lunds universitet