LUND UNIVERSITY

Byggnadsmaterialforskning vid LTH : Del 3. Praktikfall

Bergström, Sven Gabriel

Published in:
Cement & Betong

1972

Link to publication

Citation for published version (APA):
Bergström, S. G. (1972). Byggnadsmaterialforskning vid LTH : Del 3. Praktikfall. *Cement & Betong*, *47*(1), 16-26.

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

Del III. Praktikfall

UDK 691

1. Inledning

I två tidigare artiklar [1, 2] har författaren redovisat forskningsområden, forskningsprojekt och den speciellt betonginriktade forskningen inom avdelningen för byggnadsmateriallära vid LTH. I denna artikel redovisas några praktikfall, där vi beretts tillfälle att testa forskningsresultatet och mätmetoder. De utvalda fallen har samtliga anknytning till betong. Samtliga utom ett är förknippade med fukt i undergolv av betong. Undantaget avser fukt i en väggkonstruktion.

Redovisningen kommer att göras med mycket kortfattad text, där huvudvikten läggs på en koncentrerad presentation av problemet, konstruktionen och den troliga skademekanismen. Vi kommer att tillsammans med institutionen för byggnadskonstruktionslära (professor *Bo Adamsson)* publicera en mer utförlig redogörelse för ett antal fall, av vilka några är desamma som fallen i denna artikel. Publiceringen görs av Byggforskningen. En begränsad, stencilerad förhandsupplaga finns tillgänglig [3].

Fallen presenteras anonymt, då vi vill undvika att skada någon av de inblandade intressenterna. Vårt huvudintresse är att sprida sådan kännedom om skadefall att man om möjligt undviker ett upprepande.

Liksom i de tidigare artiklarna i denna serie tillkommer prioriteten till vårt eget försöksmaterial och våra egna idéer de namngivna projektledarna.

2. Uttorkning av ett betonggolv

Projektledare: Civilingenjör Lennart Ahlgren

Detta är icke ett skadefall utan en noggrann uppföljning av fukttillståndet i ett betonggolv för att undvika att skador skulle inträffa, sedan plastmatta lagts på. En utförlig redovisning har publicerats [4].

Konstruktionen utgjordes av förtillverkade kassetter med 7 cm tjock platta, på vilken 5 cm platsgjuten betong lagts. Denna pågjutning gjordes ca 4 månader efter montering av kassetterna. Den platsgjutna betongen hade cementhalt 325 kg/m^3 och vct = 0,46.

Efter pågjutning förseglades betongen under minst fem dygn.

Undersökningar. Ur golvet utborrades cylindrar. Några av cylindrarna förvarades med förseglad mantelyta på arbetsplatsen i där rådande klimat, några förvarades i laboratoriet under olika klimatförhållanden och några användes för isotermbestämning. Provkropparnas viktändring registrerades, likaså klimatdata. Vi kunde härigenom följa uttorkningsförloppet i den verkliga konstruktionen och i simulerade klimat, vidare få underlag för testning av metoder att beräkna ett uttorkningsförlopp.

Resultat. På byggnadsplatsen rådde under de tre första månaderna efter gjutning ett klimat med 60–70 % r f. Därefter igångsattes uppvärmning, varvid relativa fuktigheten sjönk till 35–45 % under återstoden

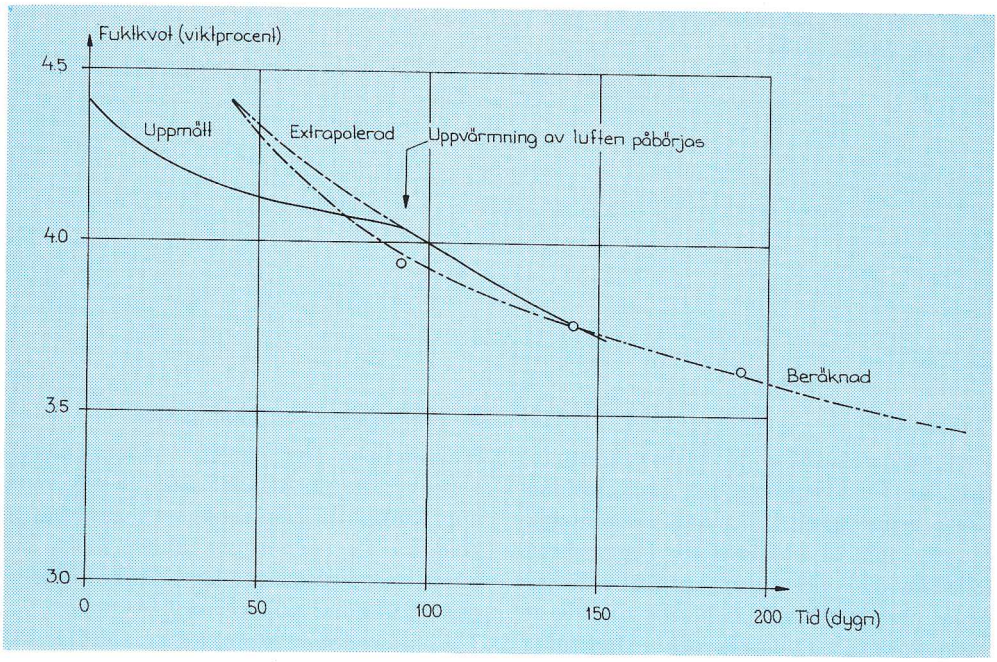
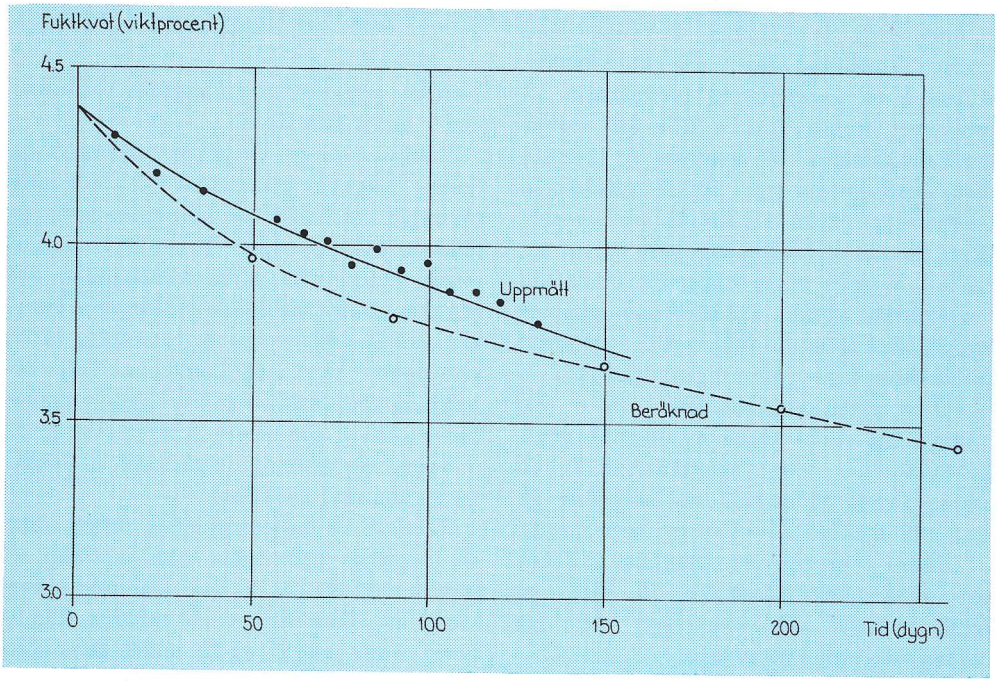


Fig. 1. Uppmätt och beräknad fuktkvot hos betongen på byggnadsplatsen.

Fig. 2. Uppmätt och beräknad fuktkvot hos betongen i laboratorieklimat med 46 % rf.



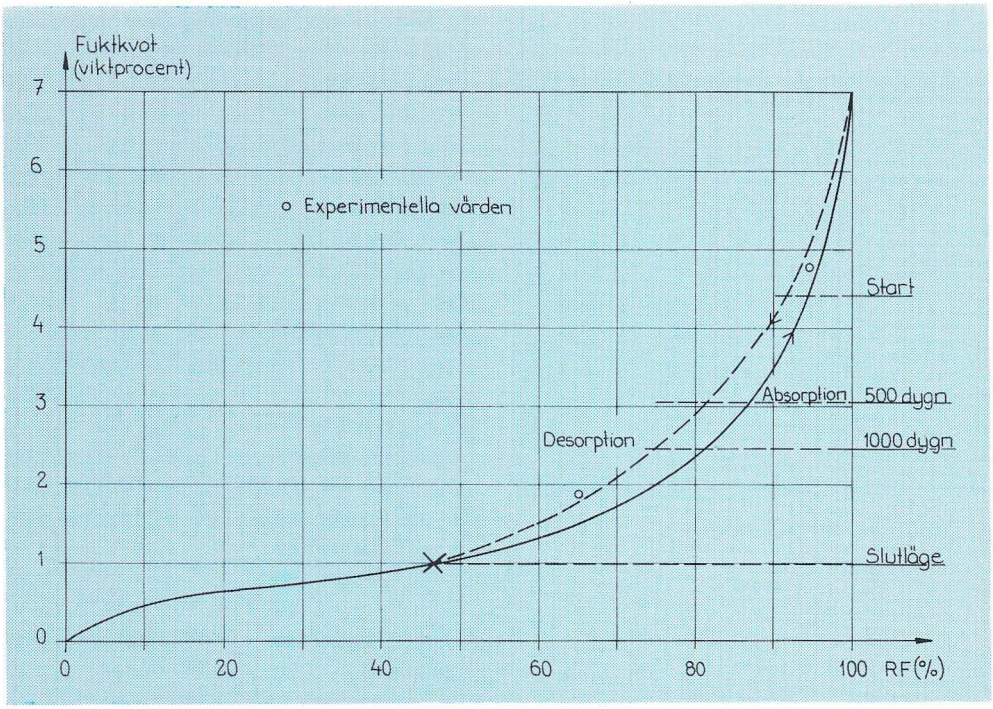


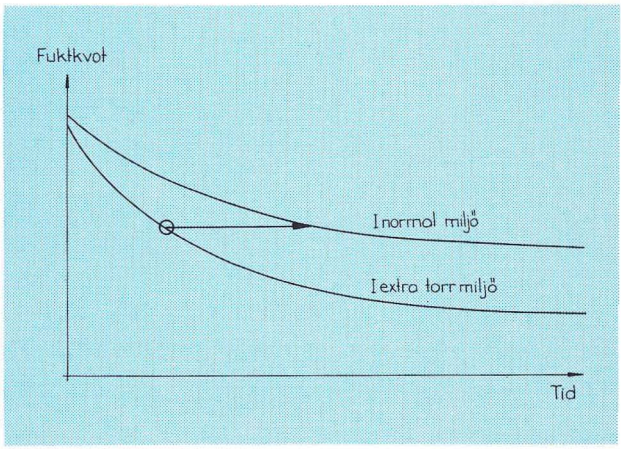
Fig. 3. Isotermer för överbetongen. De tidpunkter då olika fuktnivåer beräknats vara uppnådda har markerats.

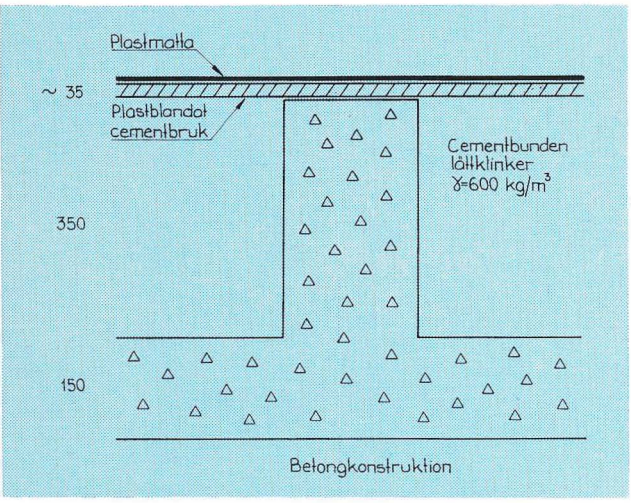
av torktiden. Detta förklarar knyckpunkten i den uppmätta kurvan i fig. 1.

Vi har försökt att beräkna förloppet med en teori som angivits av *Pihlajavaara* [5]. I beräkningen ingår endast en materialkonstant, typ diffusionskonstant, som bestämts genom anpassning av uppmätt och beräknad kurva i laboratorieförsök med konstant klimat. Resultatet av denna anpassning visas i fig. 2. Maximal avvikelse mellan uppmätt och beräknad kurva är ca 0,1 procentenheter i den genomsnittliga fuktkvoten. En anpassning av beräkningsmetoden till fallet med ändrat klimat ger beräknad kurva enligt fig. 1. Överensstämmelsen mellan teori och försök är som synes tämligen god.

Om golvytorna tillsluts vid olika tidpunk-

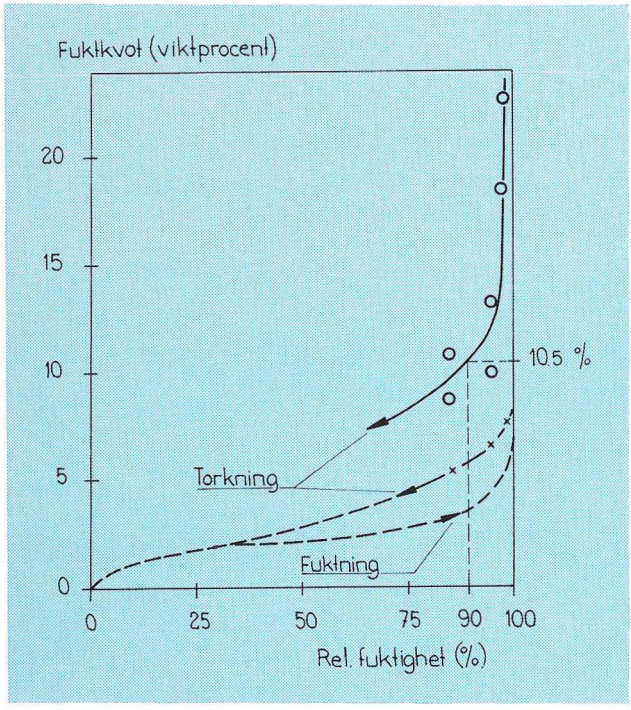
Fig. 4. Uttorkningen kan påskyndas genom att man under ett begynnelseskede arrangerar torrare klimat än normalt.





g. 5. Konstruktion med cementbunden lättklin-r. Mått i mm.

g. 6. Isotermer för cementbruk (streckad kurva) h cementbunden lättklinker (heldragen kurva) ligt fig. 5.



ter, t.ex. genom beläggning med plastmatta, så uppstår i hela konstruktionen ett fukttillstånd, som lämpligen kan karakteriseras med den instängda luftens relativa fuktighet. Detta (beräknade) fukttillstånd har för olika uttorkningstider angivits på den för ifrågavarande betong gällande jämviktsfuktkurvan (isotermen) i fig. 3. Som synes tar det mycket lång tid innan ett betonggolv torkat till lägre jämviktsnivåer än ca 90 %. För att påskynda uttorkningen kan man under ett begynnelseskede arbeta med mycket torr luft i omgivningen (fig. 4) varvid man emellertid noga måste bevaka risken för krympsprickor i olika byggnadsdelar. Alternativt måste man vid mattläggningen arbeta med lim och spackelmassor som tål mycket fuktig, alkalisk miljö.

3. Fukt i undergolv av cementbunden lättklinker

Projektledare: Civilingenjör Lennart Ahlgren

Konstruktionen framgår av fig. 5. Betongens kvalitet var K 300 P och den cementbundna lättklinkerns huvudsammansättning i volymandelar var

cement	1
lättklinker	8
finsand	0,5

vattenhalt ca 140 l/m³.

Problemet var till en början att man ville skydda det plastblandade cementbruket mot alltför kraftig uttorkning med åtföljande sprickbildning innan plastmattan lades på. På ett tidigt stadium fann man emellertid att den cementbundna lättklinkern innehöll mycket stor mängd fukt och att problemet snarare skulle bli att driva ut tillräcklig mängd fukt före mattläggningen.

Undersökningen omfattade bestämning av fuktkvot i olika delar av konstruktionen under en längre tid, bestämning av ingående materials isoterm och permeabilitet, registrering av klimat och beräkning av uttorkningsförlopp.

Resultat. Fig. 6 visar isotermer för det plastblandade cementbruket (streckade kurvor) och för lättklinkerbetongen (heldragen kurva). Om man med hänsyn till de ingående golvbeläggningsmaterialen vill begränsa fukthalten i undergolvet till att motsvara jämvikt med 90 % r f, så får lättklinkerbetongens fuktkvot vid läggningstillfället inte vara högre än 10,5 %. När våra mätningar började, låg fuktkvoten i allmänhet betydligt över detta värde. I enstaka fall låg värdena så högt som vid 18 %. Mätningar med kupa [1] provades och i samtliga fall uppstod kondensation, d.v.s. relativa luftfuktigheten steg till 100 %.

En beräkning av fukttransporten genom cementbruk och betongplattor har genom-

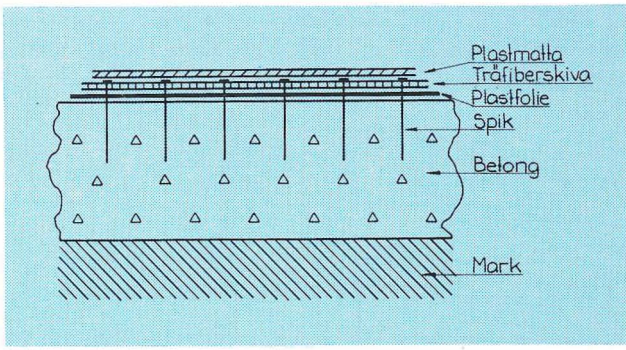
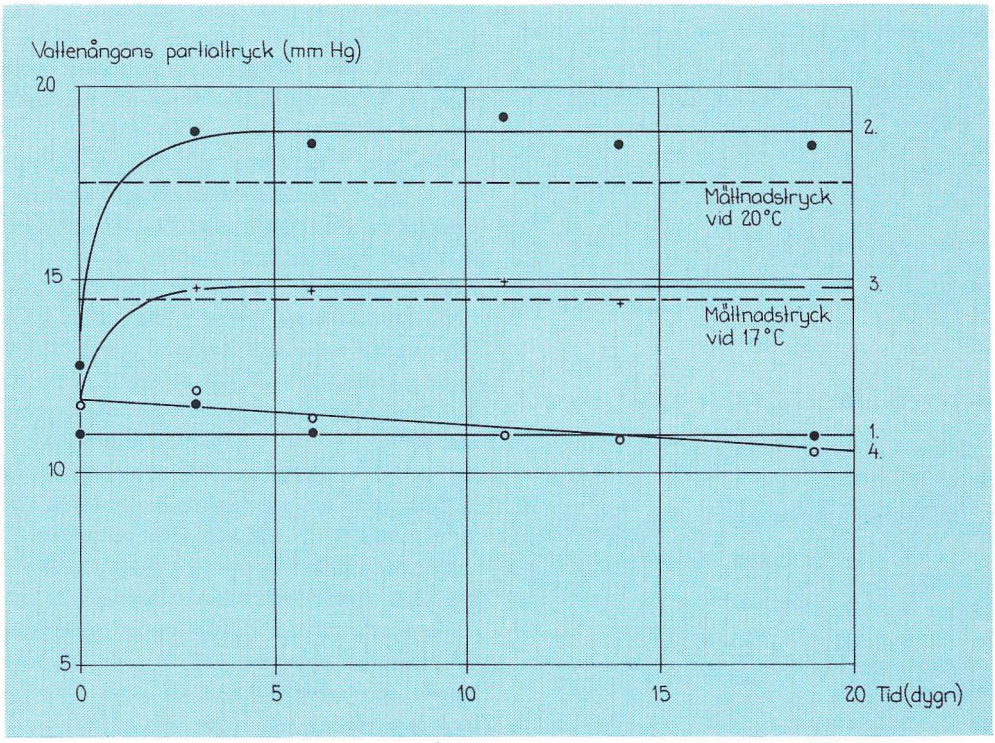


Fig. 7. Golvkonstruktion i fallet "gammalt betonggolv på mark".

Fig. 8. Partialtryck under kupa placerad på det gamla betonggolvet i fig. 7. Kondensation uppstår vid temperatur 20°C i mätpunkt 2 och 17°C i mätpunkt 3.



förts under antagande att luften i den cementbundna lättklinkern är mättad med vattenånga. Beräkningen gav vid handen att fuktkvoten under en tidsperiod av 10 månader endast skulle sänkas med 1,4 procentenheter. Detta resultat bekräftades av mätningar. Resultatet innebar att golvet inte kunde beläggas med plastmatta ännu efter 10 månader, varför överytan måste fuktspärras.

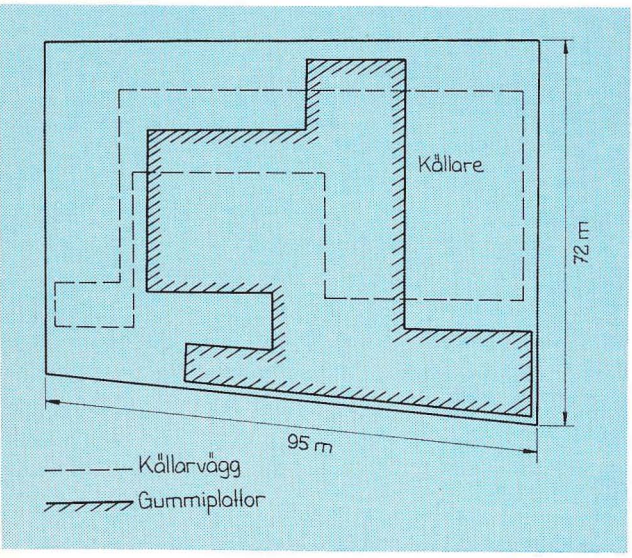


Fig. 9. Bottenplan och källarplan i fallet "kondensation under tätt övergolv".

Fig. 10. Golvkonstruktion på mark i fig. 9.

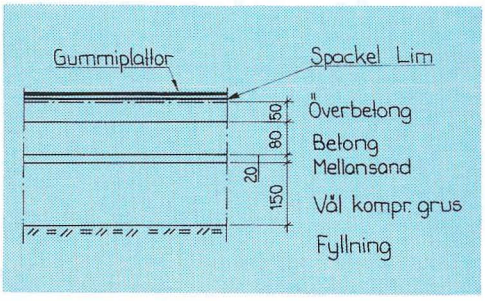
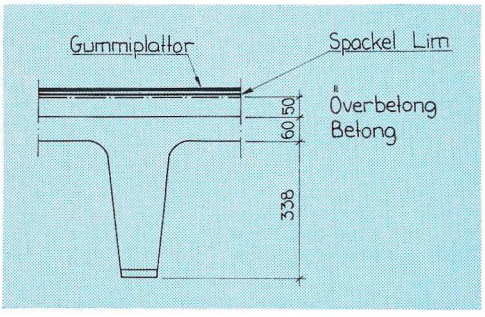


Fig. 11. Golvkonstruktion över källare i fig. 9.



4. Golvbeläggning på gammalt betonggolv på mark

Projektledare: Civilingenjörerna Lennart Ahlgren och Per-Olof Mattsson

Konstruktionen framgår av fig. 7. Betongen på mark hade tidigare tjänstgjort som golv i en industrilokal. Ingenting var känt om betongens kvalitet, om betongplattans tjocklek, om förekomst av kapillärbrytande skikt under betongplattan eller om grundvattennivåns läge. Vissa delar av betongytan var obehandlade, andra var belagda med parkett i asfalt. På vissa ställen var parketten men inte all asfalt borttagen. Stora delar av golvet var indränkta med maskinolja.

Problem. Vågar man på detta golv lägga den i fig. 7 visade övergolvkonstruktionen? Plastfolien blir punkterad, varför träfiberskivornas fukttillstånd kommer att motsvara fukttillståndet i betongen när ytan slutes till.

Undersökningen utfördes med kupa [1]. De i kupan registrerade partialtrycken i fyra olika mätpunkter framgår av fig. 8. I punkt 2 är partialtrycket högre än mättnadstrycket vid 20°C, i punkt 3 högre än mättnadstrycket vid 17°C. Detta innebär att kondensation skulle uppstå om golvtemperaturen sjönk till 20°C i punkt 2 och till 17°C i punkt 3.

Resultat. Konstruktionen kan inte tillstyrkas, enär träfiberskivorna kommer att bli instängda i mycket fuktig miljö med relativ fuktighet uppemot 100 % i de svåraste lägena. Man riskerar bl.a. att skivorna sväller och reser sig vid fogar ute på fält.

Golvet utfördes emellertid, och de förutsedda skadorna har uppstått.

5. Kondensation under tätt övergolv

Projektledare: Civilingenjör Lennart Ahlgren, professor Sven G. Bergström och civilingenjör Per-Olof Mattsson

Konstruktionen förekommer i bottenplanet av en byggnad. Bottenplan och källarplan visas i fig. 9. En del av bottenplanet utgörs av golv på mark, i övrigt av golv på källare. De två konstruktionstyperna visas i fig. 10 och 11. All betong var platsgjuten. Som golvbeläggning förekommer ca 4.000 m² gummiplattor. Dessa är gjorda i två skikt, det övre helt tätt, det undre poröst och mjukt. Plattorna har limmats fast med ett neoprengummilim. Avjämningsmassan var cementbaserad.

Problemet var att skador uppstod på golvbeläggningen redan några månader efter läggning. Skadorna har fortsatt att utvecklas och föranlett ett ständigt reparationsarbete.

Skadorna var av två huvudtyper. Den ena typen utgjordes av vidhäftningsbrott mellan platta och underlag. Den andra skadetypen var delaminering av plattorna, vilket tog sig uttryck i att vattenfyllda blåsor uppstod mellan plattans två skikt. En kartläggning av den senare skadetypens förekomst gav den i fig. 12 visade bilden: Samtliga skador fanns i golv på mark. Tendensen var densamma ifråga om vidhäftningsbrott. I båda fallen var det också uppenbart att fukthalten var hög i konstruktionen under plattorna. Vid lossrivning av plattor förekom ibland fritt vatten på den blottade betongytan. Den fuktiga miljön kunde förmodas vara en huvudorsak till skadorna.

Undersökningen inriktades på att kartlägga fukttillståndet på olika nivåer i konstruktionerna, att ta fram klimatdata, att bestämma erforderliga materialkonstanter för fukttransportberäkning och att undersöka hur de

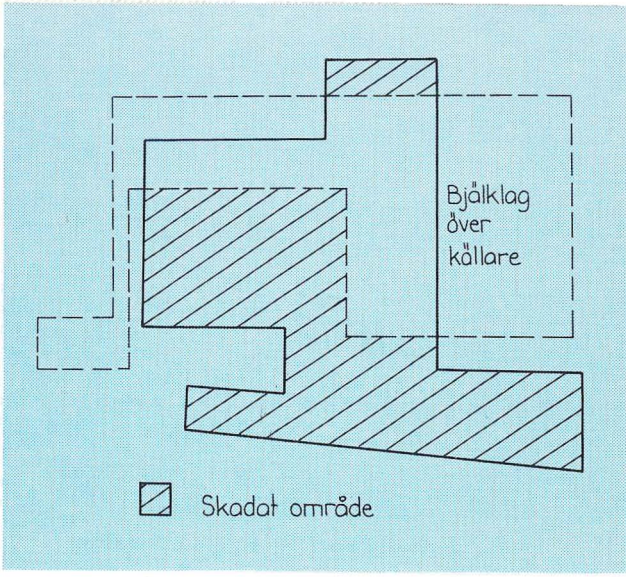


Fig. 12. Förekomst av delamineringsskador. Jfr fig. 9.

Fig. 13. Fuktfördelning i golv på mark. Heldragen linje vid läggningstillfället, streckad linje vid skadeutredning.

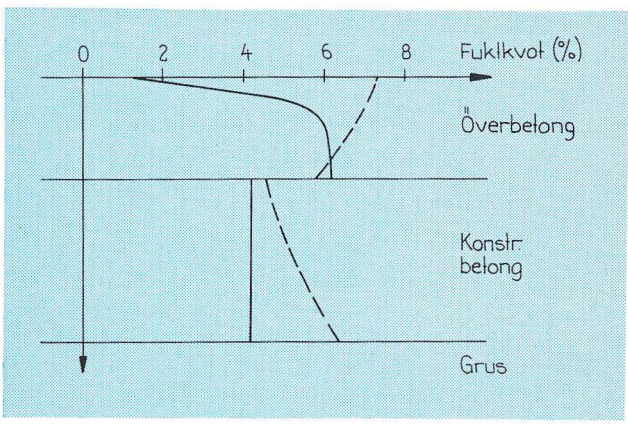
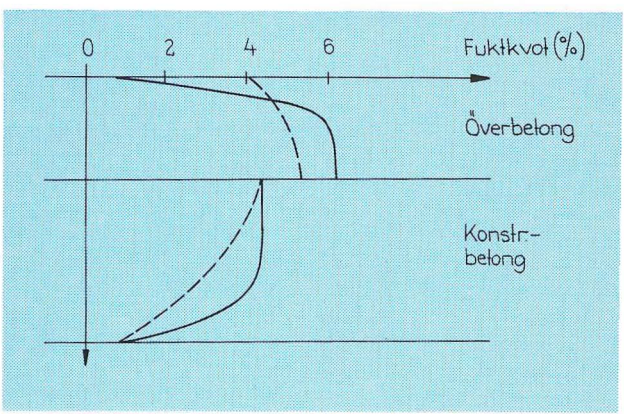


Fig. 14. Fuktfördelning i golv över källare. Heldragen linje vid läggningstillfället, streckad linje vid skadeutredning.



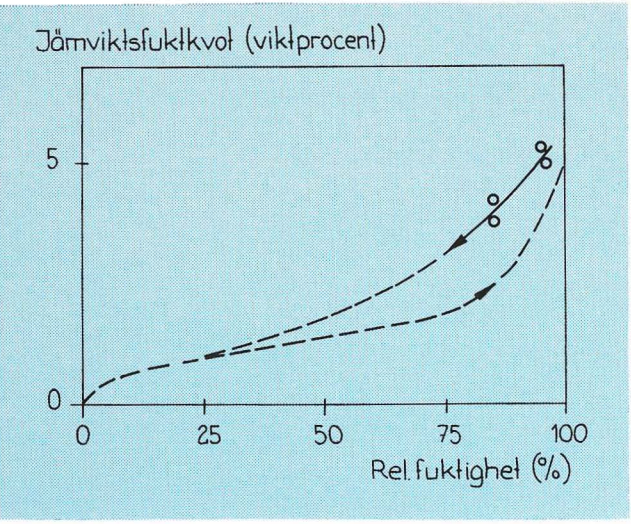


Fig. 15. Isotermer för konstruktionsbetong.

Fig. 16. Isotermer för överbetong.

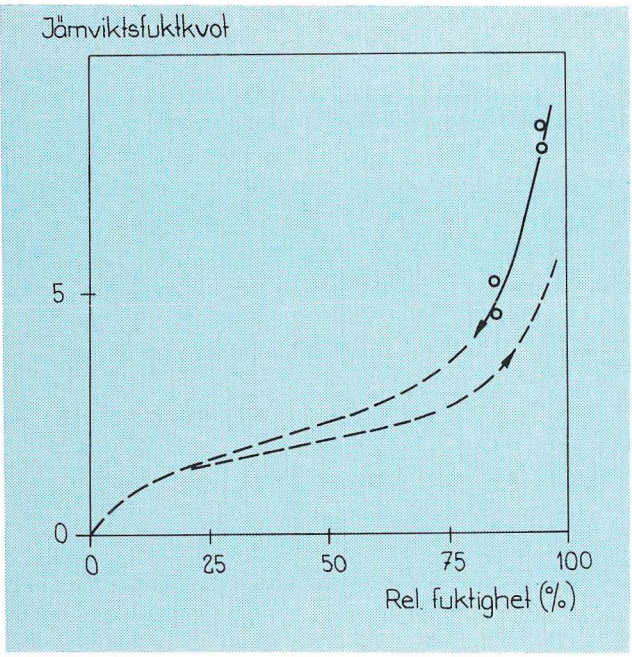
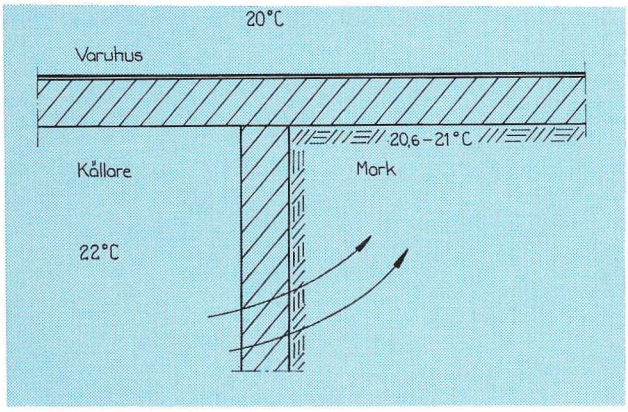


Fig. 17. Förklaringen till att temperaturen var högre i undersidan även vid golv på mark.



ingående materialen reagerade för hög fukthalt.

Resultat. I fig. 13 visas med streckad linje den av oss uppmätta fuktfördelningen i golv på mark, med heldragen linje den fuktfördelning som enligt vår bedömning troligen rådde när plattorna lades. Fig. 14 visar motsvarande för golv över källare. De två betongtypernas isotermer framgår av fig. 15 och 16.

Det är uppenbart att en fuktanrikning skett i fallet golv på mark såväl i överbetongens övre del som i konstruktionsbetongens undre del – detta bortsett från den helt naturliga utjämningen av den ojämna fuktfördelningen i överbetong efter tillslutning. Anrikningen i överbetongen sammanhänger med att temperaturfördelningen i konstruktionen är något ovanlig enligt våra klimatmätningar. På grund av att källaren har högre temperatur än luften över golvytan är temperaturen i genomsnitt någon grad högre i underytan även i fallet golv på mark, fig. 17. Fukten drivs då upp mot den helt täta gummiplattan. Fuktanrikningen i konstruktionsbetongen beror på att det kapillärbrytande skiktet inte var kapillärbrytande.

Vår beräkning av transporterade fuktmängder under den tid golvet har varit i bruk ger överensstämmelse med den uppmätta fuktanrikningen.

I fallet golv på källare uppstår inte fuktanrikning därför att konstruktionen kan torka ut genom den oförseglade underytan.

Fallet innefattade även vissa aspekter på limningens kvalitet, men de utelämnas i denna koncentrerade redogörelse.

6. Instängd byggfukt

Projektledare: Civilingenjörerna Lennart Ahlgren och Per-Olof Mattsson

Konstruktionen, som framgår av fig. 18, utgjorde golv i en gymnastiksal. I våningen under fanns omklädningsrum och duschrum. Över duschrummen hade plastfolie

lagts in mellan mineralull och bjälklagsbetong.

Problem. Två år efter det att byggnaden tagits i bruk observerades skador som visade sig som buckling av träfiberskivorna. Dessutom hade skarvarna mellan träfiberskivorna rest sig och avtecknade sig som mönster i golvet.

Undersökningen bestod i att golvet öppnades för inspektion, ingående materials fuktkvoter och fuktdiffusionstal bestämdes, händelseförloppet under byggnadstiden noterades, klimatdata anskaffades och fukttransportberäkningar gjordes.

Resultat. När golvet öppnades på de mest skadade ställena, vilka markerats på fig. 19, befanns korksmulepappen vara fuktfläckad och mögelangripen. Under plastfolien (se fig. 18) fanns fritt vatten i form av droppar. Vid skarvar i plastfolien – utförda omlott på en sträcka av ca 15 cm – hade uppenbarligen fritt vatten trängt in och fläckat korksmulepappen. Folien var punkterad på flera ställen och även där fanns fuktfläckar.

Ett exempel på resultat av fuktkvotsbestämningar visas i fig. 20. Värdena i överbetongen är mycket höga och ligger över det hygroskopiska området. Man kunde också konstatera att fuktkvoterna var högre omedelbart intill gjutfog i överbetongen än ett stycke ifrån fogen. Detta var särskilt märkbart för mineralullen.

En nära till hands liggande förklaring till fuktskadorna är ångtransport från duschrummen under golvet. Denna teori motsägs av följande två omständigheter:

1. De mer omfattande skadorna förekommer som fig. 19 visar oberoende av duschrummens lägen.
2. För att kondensation skall uppstå fordras enligt våra beräkningar stadigvarande en så hög luftfuktighet i utrymmena under golvet som ~80 % rf. Detta är inte sannolikt.

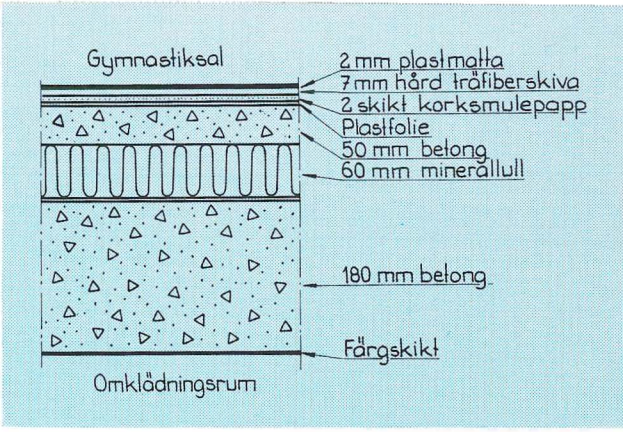
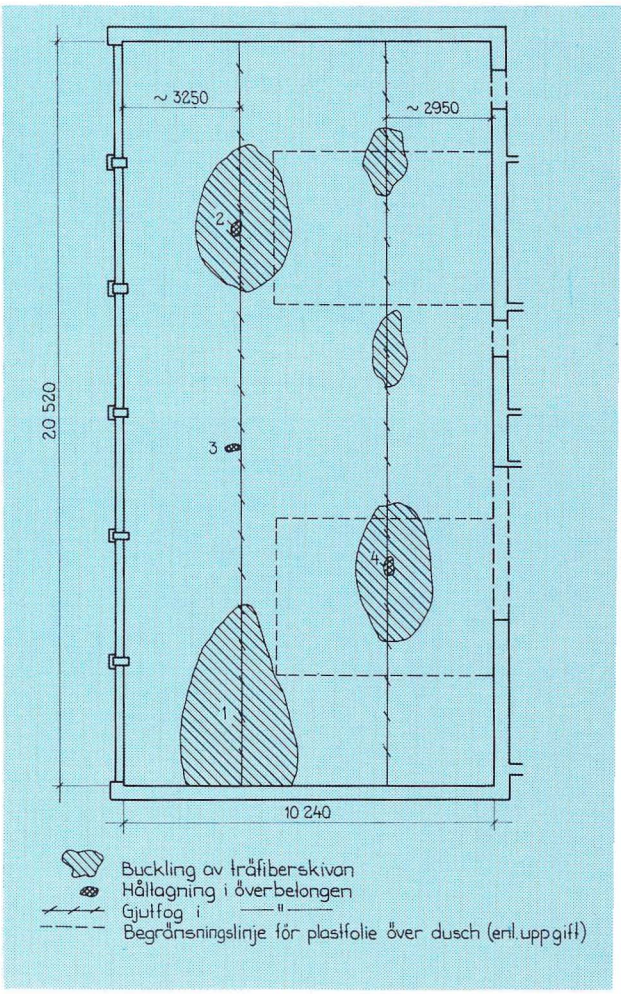


Fig. 18. Golvkonstruktion i gymnastiksal.

Fig. 19. Plan över gymnastiksalsgolv. Observera lägen av skador, gjutfogar i överbetong och duschrum i källare! Numrering avser provtagningsställen. Mått i mm.



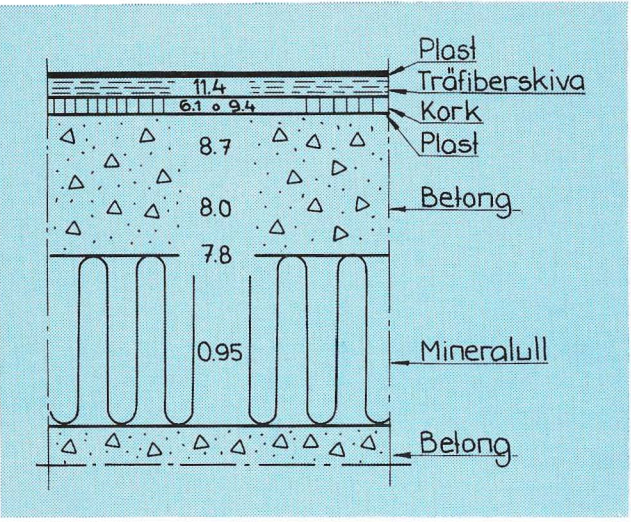


Fig. 20. Fuktkvoter i de olika materialen vid skadat ställe.

Fig. 21. Konstruktion i fallet "fuktanrikning i yttervägg".

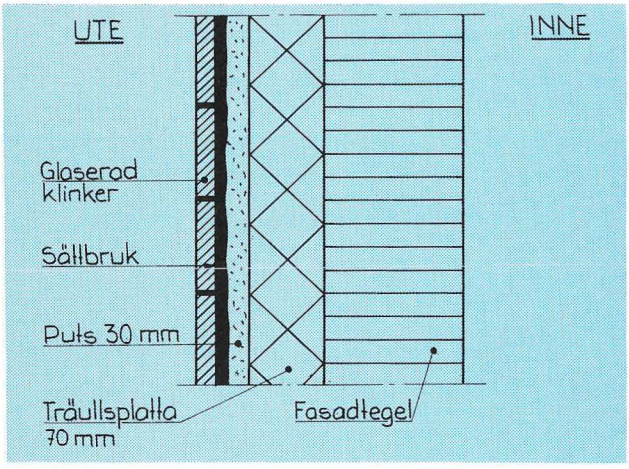
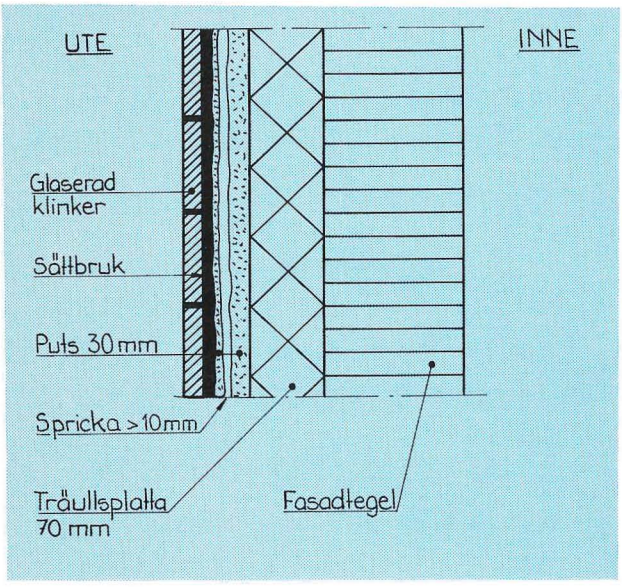


Fig. 22. Principskiss över sprickans läge.



Vi fann ingen annan skademekanism än följande stämma med mönstret:

Vatten har under byggnadstiden runnit ner i mineralullen genom fogarna. Det kan vara fråga om vatten från nederbörd innan byggnaden täcktes in eller/och vatten från vattenseparation i överbetongen. Teorin om vattenanrikning stöds av fuktkvotsfördelningen i de ingående materialen. Dessutom har byggfukt i konstruktionsbetong och överbetong stängts in av övergolvet. Huvudsakligen genom gjutfogarna har vattenånga nått plastfolien, där den kondenserat. Läckage vid skarvar och hål i folien har möjliggjort att ett mycket fuktigt tillstånd uppstått i träfiberskivorna, som svällt med buckling och skarvresning till följd.

7. Fuktanrikning i yttervägg

Projektledare: Civilingenjörerna Lennart Ahlgren och Göran Fagerlund

Konstruktionen (fig. 21) bestod inifrån räknat av 1-stens fasadtegel + 7 cm träullsplatta satt i putsbruk + 3 cm armerad puts + glaserade klinkerplattor i specialbruk. Väggen är alltså oventilerad. I utrymmen innanför väggen finns fri vattenyta, och rumstemperatur råder.

Problem. Klinkerplattorna hade antingen fallit ned över stora delar av väggytorna eller var skilda från väggen med spricka i putsbruket (fig. 22). Brottet i putsbruket hade skett i anslutning till sättbruket. I några fall löpte horisontella sprickor i fogarna mellan klinkerplattorna (fig 23).

Undersökningen omfattade kartläggning av skadebilden, bestämning av fuktkvot i olika delar av konstruktionen, bestämning av porositeter, densiteter och brukssammansättning, beräkning av fukttransport från innerytа mot den täta ytterytan samt beräkning av spänningar.

Resultat. I ännu ej sprucken vägg uppmättes mycket höga fuktkvoter i klinkerplatta, sättbruk, putsbruk och träullsplatta.

I samtliga fall låg fuktkvoten över det hygroskopiska området. Vatten måste ha tillförts materialen, sannolikt genom transport inifrån och kondensation i putsbruket. Man observerar att ingen fuktspärr finns på insidan och att ingen ventilation finns i väggen, vidare att väggens ytteryta är tät (*glaserade* klinkerplattor). En beräkning av transporterad vattenmängd ger resultat som överensstämmer med anrikad fuktmängd.

Vattenmättnadsgraden i putsbruket torde enligt våra beräkningar kunna komma farligt nära brukets kritiska vattenmättnadsgrad. Skademekanismen skulle då vara följande, se fig. 24:

På grund av fukttransport inifrån och ut mot det täta och kalla systemet klinkerplatta-sättbruk stiger vattenmättnadsgraden i putsbruket och når i vissa partier (skuggade i fig. 24) det kritiska värdet. Vid frysning expanderar dessa partier *med vertikal sprickbildning som naturlig följd.* Av statistiska skäl uppnås inte detta tillstånd samtidigt över hela väggytan, men med tiden sprider sig sprickbildningen, större bompartier uppstår och även horisontella böjsprickor kan uppträda i klinkerskivan.

Författaren vill gärna ta tillfället i akt att tacka alla sina utomordentliga medarbetare vid avdelningen för byggnadsmateriallära LTH för underlaget för dessa artiklar och för ett fint och engagerat arbete i verkstäder och laboratorier, vid ritbord och skrivmaskiner.

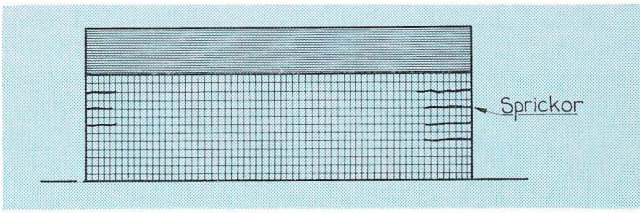


Fig. 23. Principskiss över horisontella sprickor i fogar mellan klinkerplattor.

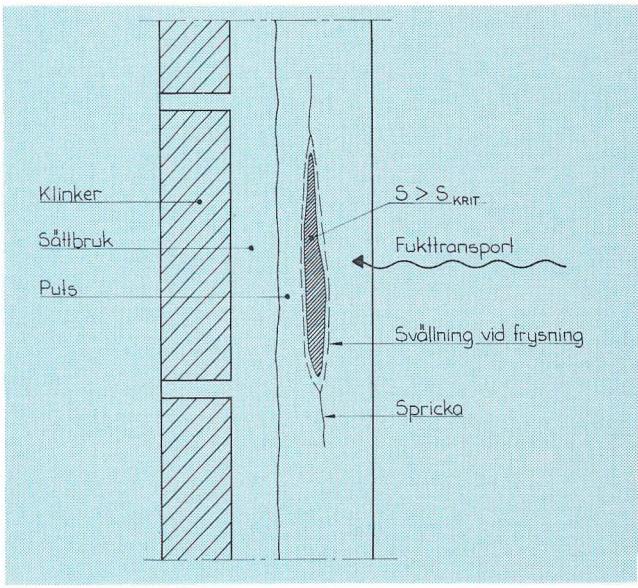


Fig. 24. Principskiss över förstörningsmekanismen. I skuggat parti har den kritiska vattenmättnadsgraden uppnåtts eller överskridits. Dessa partier expanderar vid frysning och spräcker omgivande material.

LITTERATURFÖRTECKNING

1. *S. G. Bergström:* Byggnadsmaterialforskning vid LTH. Del I. En översikt. Cement och Betong 1971:2.
2. *S. G. Bergström:* Byggnadsmaterialforskning vid LTH. Del II. Betongforskning. Cement och Betong 1971:4.
3. *Bo Adamsson, L. Ahlgren, S. G. Bergström, P.-G. Larsson och P.-O. Mattsson:* Fukt i golv och väggar. LTH, avd för byggnadsmateriallära och avd. för byggnadskonstruktionslära, sept. 1971.
4. *L. Ahlgren:* Uppföljning av uttorkningsförloppet hos golvbetong. LTH, inst för byggnadsteknik. Intern rapport 3, Lund 1967.
5. *S. E. Pihlajavaara:* Note on the drying of concrete. Statens Tekn. Forskningsanstalt, Helsingfors 1963.

Halmstad Boktryckeri AB 1972