LUND UNIVERSITY

Flyktiga ämnen från PVC-mattor på betong

Peterson, Olof

1992

Link to publication

Citation for published version (APA):
Peterson, O. (1992). *Flyktiga ämnen från PVC-mattor på betong*. (Rapport TVBM (Intern 7000-rapport); Vol. 7020). 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

AVD BYGGNADSMATERIAL
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA

FLYKTIGA ÄMNEN
FRÅN PVC-MATTOR PÅ BETONG

Olle Peterson

REPORT TVBM-7020

LUND SVERIGE

CODEN:LUTVDG/(TVBM-7020)/1-14/1992

ISSN 0348-7911

FLYKTIGA ÄMNEN
FRÅN PVC-MATTOR PÅ BETONG

Olle Peterson

RAPPORT TVBM-7020

AVD BYGGNADSMATERIAL
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA

BOX 118

221 00 LUND

Förord

Denna uppsats ingår i en serie som behandlar möjliga problem i samband med bestämning av relativ fuktighet i betong, dels med utrustning som arbetar enligt principen daggpunktsmätning, dels med utrustning som utnyttjar förändring i kapacitansen hos en plast som utsätts för luft med olika relativ fuktighet.

Just denna uppsats behandlar den möjliga verkan av andra ämnen än vatten, som kan frigöras i den miljö som råder under en på betong (eller flytspackel) fastlimmad PVC-matta.

Analysen tyder på att det mest intressanta ämnet är den alkohol som kan frigöras från mjukningsmedlet i PVC-mattan efter basisk hydrolys av den orto-ftalsyraester som utgör mjukningsmedlet. Alkoholen har en viss flyktighet, samtidigt som den är föga löslig i vatten.

Mattlim kan innehålla kolofonium som extra "klibbtillsats". För kolofoniet behövs ett lösningsmedel, och även detta kan tänkas påverka de två typerna av RF-givare olika.

Innehållsförteckning

Sammanfattning 2
1. Allmänt om PVC-mattor 4
2. Limning 6
3. Inverkan av neutral fuktighet 6
3.1 Verkan av neutralt vatten på PVC-mattan 7
3.2 Verkan av neutralt vatten på limskiktet 7

4. Verkan av basisk fuktighet 8
4.1 Verkan av basiskt vatten på PVC-mattan 9
4.2 Verkan av basiskt vatten på limskiktet 9

5. Möjlig påverkan på RF-mätning under PVC-matta . . 9

Appendix 11

Augusti 1992

Sammanfattning

Polyvinylkloridplasten och mjukningsmedlet i mattan beskrivs. Mjukningsmedlet är en ester, som är byggd av en tvåvärd syra, orto-ftalsyra, och en alkohol, ofta 2-etyl-hexanol.

PVC-plasten tål vatten, oavsett pH-värdet. Mjukningsmedlet tål neutralt vatten men inte vatten som är starkt basiskt. Sådant vatten hydrolyserar estern till två komponenter, nämligen fri alkohol och ett metallsalt av syran.

Medan estern är praktiskt taget luktlös har alkoholen 2-etyl-hexanol en obehaglig lukt. Eftersom alkoholen är svårlöslig i vatten uppkommer alkohol-dagg så snart droppar av fri alkohol förekommer i utrymmet mellan betongen och mattan. Man har anledning att befara att detta kan påverka de värden på den relativa fuktigheten som daggpunktsmätaren anger, och verkan kan vara olika i daggpunktsgivare och kapacitiva givare.

Det lim med vilket man fäster mattan vid underlaget består numera av vattendispersioner av polymerer av eten-vinylacetat, vinylakrylat, och eventuellt akrylnitril. Polymererna blir filmbildande då man sänker limdispersionens vattenhalt. Redan rent neutralt vatten kan bringa filmen att återgå till dispersion, varvid dess limverkan försvinner.

Det är vanligt att man ger limmet en tillsats av kolofonium, d v s abietin-syraharts, löst i organiskt lösningsmedel. Därmed bibehåller limmet en viss klibbighet även om det utsätts för så mycket vatten att dispersionen mister sin häftverkan.

Lösningsmedlet skall vara så sammansatt att det är föga lösligt i dispersionens vatten. Om limfabrikanten har valt en alkohol skall denna således ha ett inte alltför litet antal kolatomer i kedjan. Man får således räkna med att limmet kan bidra med en organisk vätska som kan påverka daggpunktsmätningen.

Avvikelsen hos den kapacitiva givaren från daggpunktsgivaren beror

dels på lösligheten hos den organiska vätskan i den plast som utgör mätkondensatorns dielektrikum, jämfört med lösligheten hos vatten,

dels på den organiska vätskskans dielkonstant. Denna är för 2-etyl-hexanol ungefär 13 % av vattnets dielkonstant, för kolväten är den väsentligt lägre.

Utsätts det hårdnade limmet för *basiskt* vatten förtvålas både de polymerer som dispersionen består av och kolofoniumhartset. Limmet mister då helt sin klibbförmåga. Några ämnen med särskilt obehaglig lukt uppkommer inte och inte heller några alkoholer som skulle kunna störa mätning med daggpunktsmetoden av den relativa fuktigheten under mattan. Däremot är det tänkbart att högre alkoholer förekommer från början i limmet, nämligen om detta innehåller kolofoniumtillsats.

Basiskt vatten uppkommer alltid under medverkan av hårdnat cement. Flytspackel innehöll, tidigare oftare än nu, kasein av teknisk kvalitet. Sådant kasein hade en tillsats av ammoniumklorid (salmiak). Även i sådana fall är det cementets basiska beståndsdelar som förorsakat att ammoniaken frigjorts, inte från kaseinet utan just från salmiakeni.

Även betong som helt saknar ammoniak eller ammoniumsalter kan sakta höja pH-värdet hos vatten som i form av ånga. flyttar sig till utrymmet mellan betong och matta med limskikt, och skillnaden i pH-värde blir obetydlig. Ammoniak är flyktig och överföres därför i stor mängd; å andra sidan är ammoniak en svag bas, som påverkar pH-värdet måttligt. Kalcium-, kalium- och natriumhydroxid är föga flyktiga, men hydroxidjonen är en stark bas; redan en ringa mängd ger stor höjning av pH-värdet.

1. Allmänt om PVC-mattor

Huvudbeståndsdelen i PVC-mattor är polyvinylklorid-plast, som i princip är uppbyggd av monomeren vinylklorid

(1) $CH_2{=}CH.Cl$

genom att ett stort antal molekyler av vinylklorid polymeriseras, t ex

(2) $CH_2{=}CH.Cl + CH_2{=}CH.Cl = -CH_2-\underset{\underset{Cl}{|}}{CH}-CH_2-\underset{\underset{Cl}{|}}{CH}-$

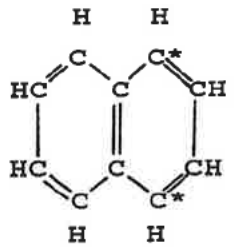
Två fria vinylklorid-molekyler --> Två "sammanlänkade" vinylklorid-molekyler

Den plast som på detta sätt bildas är hård och lämpar sig därför inte för tillverkning av så formbara föremål som PVC-mattor. Plasten lämpar sig däremot utmärkt för framställning av skivor för grammofoner där avkänningen sker med diamantnål.

I PVC-plast för mattor blandar man därför in en avsevärd andel s k *mjukningsmedel.* Detta skall låta sig väl blandas med PVC-plasten och det skall ha låg flyktighet. Avdunstar mjukningsmedlet krymper nämligen mattan avsevärt.

Ett vanligt mjukningsmedel är en ester av orto-ftalsyra och en relativt hög alifatisk alkohol.
Orto-ftalsyra framställs genom oxidation av naftalen.

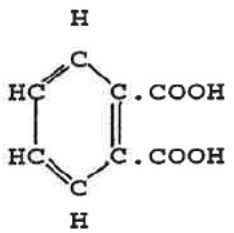
(3)



Dessa kol- och väteatomer oxideras till koldioxid och vatten

Kolatomerna med * kommer efter oxidationen att ingå i var sin COOH-grupp

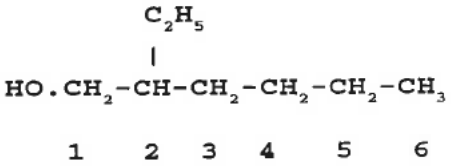
(4)



Orto-ftalsyra, eller o-ftalsyra

En vanlig alkohol som bygger upp mjukningsmedel för PVC-mattor är 2-etyl-hexanol:

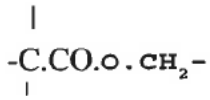
(5)



Nummer hos kolatomen

Denna alkohol har en obehaglig lukt. När man förestrar en molekyl o-ftalsyra med två molekyler alkohol innebär detta att varje karboxylgrupp (COOH) i syran som deltar i förestringen avger en OH-grupp, samtidigt som varje hydroxidgrupp (OH) i alkoholen avger en väteatom (H). En vattenmolekyl bildas, och resten av alkoholen binds med en **esterbindning** till resten av syran.

(6)



Från syran **Från alkoholen**

En förestring ändrar helt karaktären hos den syra och den alkohol som man utgår från. Om estern är tillräckligt flyktig för att ha en lukt, känns den ofta behaglig. Sålunda härrör aromen hos olika slag av frukt ofta från estrar. Trots detta kan de syror och alkoholer som bygger upp dessa estrar mycket väl lukta obehagligt.

En ester kan sönderdelas i sina byggstenar genom
- sur hydrolys
- basisk hydrolys
- enzymatisk nedbrytning

Den basiska hydrolysen kalla ofta **förtvålning**. Utöver alkoholen får man efter den basiska hydrolysen ett salt av syran, inte den fria syran.

Den egentliga förtvålningen tillämpas vid framställning av tvål och såpa genom basisk hydrolys av fetter. Med ett fett avses en ester av en eller flera fettsyror med den trevärda alkoholen glycerol. Med natrium-hydroxid får man som slutprodukt glycerol och tvål, d v s fettsyrans natriumsalt. Med kaliumhydroxid får man såpa i stället för tvål. Denna skillnad mellan tvål och såpa gäller för övrigt endast svenskt språkbruk. I engelskan, franskan och tyskan används samma ord för kalium- och natrium-tvålen.

Till skillnad från sur hydrolys är förtvålning en snabb process. Esterns lukt övergår till alkoholens lukt. Natriumsaltet av syran har knappast lukt, även om den fria syran skulle ha tydlig lukt.

Polyvinylkloriden angrips inte på samma sätt som t ex polyvinylacetat av basisk hydrolys (till polyvinylalkohol och metallacetat). Trots sitt namn är polyvinylklorid inte någon äkta ester.

2. Limning

Ett mattlim är numera oftast vattenbaserat. Helt fritt från organiska lösningsmedel är limmet för den skull inte, men de ingår i väsentligt mindre halt än i de äldre limpreparaten som var baserade på sådana lösningsmedel och därför mera hälsofarliga.

Ett vattenbaserat lim är byggt på dispersioner av olika plastkomponenter, t ex etenvinylacetat, vinylakrylat, akrylnitril. Dispersionerna kan jämföras med latex, och de övergår till film då vattnet avlägsnas.

Utsätter man filmen för vatten kan den åter dispergeras till latexform, och limmet förlorar därmed sin klibbande förmåga. Man kan öka limmets motståndsförmåga mot vatten om man ger det ett innehåll av kolofonium (abietinsyraharts). Limmet blir då klibbigare, men kolofoniet kräver en tillsats av ett organiskt lösningsmedel. Är detta svårlösligt i vatten kan det spela en egen roll vid bestämning av daggpunkten. Man kan befara att mätutrustningen inte kan skilja mellan dagg av vatten och dagg av lösningsmedel. Mera sannolikt är att den kapacitiva mätutrustningen kan skilja på vatten och ett kolväte.

Liksom mjukningsmedlet i själva mattan kan även de dispergerade plastmaterialen undergå basisk hydrolys. De är nämligen av esterkaraktär. En vinylester, t ex vinylacetat, övergår vid förtvålningen till vinylalkohol och metallacetat. Någon obehaglig lukt uppkommer inte genom sådan förtvålning, eftersom vinylalkoholen saknar lukt. Däremot skall man räkna med att polymerer av vinylestrar förlorar sin verkan som limämnen om de förtvålas. Polyvinylalkohol är nämligen trots sin egenskap av polymer löslig i vatten.

Även den klibbande tillsatsen av kolofonium förlorar sin klibbighet om den utsätts för inverkan av basiskt vatten. De klibbiga hartssyrorna omvandlas till metallabietater, som inte är klibbiga.

3. Inverkan av neutral fuktighet

Utrymmet under en limmad matta är väl avstängt från omgivande luft. Har betongen inte torkat före pålimningen av mattan blir det svårt för fuktigheten att försvinna senare.

Försök har visat att den relativa fuktigheten i betongen styr hur mycket vattenlösning som kan existera under mattan. Om den relativa fuktigheten inte överstiger 75 % har erfarenhet visat att vatten inte samlas under mattan eller i limskiktet.

Så snart den relativa fuktigheten överstiger 85 % måste man räkna med att utrymmet under mattan kommer att vara vått. Det intressanta är att lösningen kan överföras från cementpastans porsystem till utrymmet under mattan med dess limskikt på andra sätt än genom kapillärtransport.

Inverkan av denna fuktighet behandlas under avsnitten för de olika materialen. Allmänt gäller att mikroorganismer, t ex bakterier, mögel och andra svampväxter, kräver närvaro av vatten för att de skall kunna utvecklas. Dessutom kräver de emellertid tillgång till lämpliga näringsämnen, vilka brukar finnas till hands där trä ingår i konstruktionen.

Svamporganismer kan under olyckliga förhållanden ge upphov till obehaglig lukt, som dock inte känns av alla människor. Ehuru sådana produkter i vissa fall kan verka skadligt på människor utgör de sällan några problem vid mätning av den relativa fuktigheten

3.1 Verkan av neutralt vatten på PVC-mattan

Själva PVC-plasten är motståndskraftig mot allt vatten.

Mjukningsmedlet som är en normal ester hydrolyseras inte av rent neutralt vatten. I princip är det emellertid möjligt att mikroorganismer kan bilda **esteraser**, d v s enzymer som kan hydrolysera estrar. Några litteraturuppgifter härom har jag emellertid aldrig sett.

3.2 Verkan av neutralt vatten på limskiktet

Vatten, oavsett pH-värdet, har benägenhet att återföra limmets bindemedel från film- till latextillståndet. Om limmet innehåller kolofonium behåller det en stor del av sin klibbverkan, även om limmet utsätts för vatten.

Långvarig inverkan av neutralt vatten gynnar tillväxt av mikroorganismer, som i vissa fall kan påverka limmets beståndsdelar och eventuellt vålla obehaglig lukt.

4. Verkan av basisk fuktighet

En stor del av det hårdnade cementlimmet består av kalciumhydroxid, som ger porvattnet i betongen ett pH-värde av något över 12. En mindre del av cementlimmet består av kalium- eller natriumhydroxid, och denna del kan ge porvattnet ett pH-värde över 13.

Såsom framgår av kapitel 3. får man räkna med närvaro av vatten under mattan, så snart betongens relativa fuktighet överstiger 85 %.

Betongens porvatten kan förflyttas genom kapillärsugning eller genom avdunstning följd av kondensation mot mattan med dess limskikt.

Eftersom det i det senare fallet rör sig om en "destillation" vid rumstemperatur, kunde man vänta sig att "destillatet" borde vara neutralt och därmed ofarligt för matta och limskikt.

Ett undantag från neutraliteten skulle vara det äldre flytspacklet med portlandcement och kasein. Denna tekniska kvalitet av kasein innehöll salmiak

(7) $NH_4 . Cl$
Ammoniumklorid
eller "salmiak"

I en vattenlösning reagerar kalciumhydroxiden från den hydratiserade cementpastan med ammoniumklorid, så att gasformig ammoniak frigöres:

(8) $4\ H_2O + Ca(OH)_2 + 2\ NH_4 . Cl \rightarrow$
Vatten + kalcium- + ammonium-
hydroxid klorid

$\rightarrow 2\ NH_3 + CaCl_2 . 6\ H_2O$
ammoniak
+ kalciumklorid

Trots att ammoniak är en svag bas blir överföringen så riklig att vattnet intill mattan får ett märkbart höjt pH-värde.

I Appendix (börjar på sidan) återges mätresultat av L O Nilsson och O. Peterson, som rapporterats den 4 oktober 1984. Överraskande nog överförs högt pH-värde från hårdnat flytspackel eller hårdnat cementbruk genom ångan i omgivande luft till vatten eller saltlösning, vare sig flytspacklet innehål-ler kasein och därför avger ammoniak eller cementbruket helt saknar ammoniak. Det pH-värde som uppmätts efter 3½ månader har varit i området 10,3 - 10,9. I regel har värdet legat i den övre delen av området om ammoniak ingått i systemet, och i den lägre delen om systemet saknat ammoniak.

Kalcium-, kalium- och natriumhydroxid är i vattenlösning föga flyktiga. Å andra sidan är det frågan om starka baser, d v s en ringa mängd sådan hydroxid ger en betydlig ökning av pH-värdet i kondensatet.

Skillnaden i pH-värde hos den mottagande lösningen mellan ammoniakhaltig och ammoniakfri "avsändare" är sålunda ringa. Däremot är lösningens totala halt av basiska ämnen väsentligt större då ammoniak ingår i det avgivande systemet. Vid analys åtgår också väsentligt mer saltsyra för att göra lösningen neutral, om ammoniak ingår i systemet, än om ammoniak saknas. Ur pH-värdet och saltsyra-förbrukningen kan man ungefärligen beräkna hur mycket ammoniak och ammonium som sammanlagt ingår i systemet.

4.1 Verkan av basiskt vatten på PVC-mattan

Själva PVC-plasten torde vara resistent mot basiskt vatten, Trots namnet är polyvinylklorid inte en ester i egentlig mening.

Mjukningsmedlet är en normal ester av en alkohol och en karbonsyra och kan därför hydrolyseras, eller förtvålas, av en basisk vattenlösning, Den flyktiga produkten, som härvid uppstår, utgörs vanligen av 2-etyl-hexanol, en alkohol med obehaglig lukt.

4.2 Verkan av basiskt vatten på limskiktet

Utöver det rena vattnets förmåga att återföra limfilmen till latex har det basiska vattnet förmågan att förtvåla de estrar som ingår i limmet. Även klibbtillsatsen kolofonium kan förtvålas till metallsalter av abietinsyra. Den mister härmed sin förmåga att säkra limmets klibbighet även i vått tillstånd.

5. Möjlig påverkan på RF-mätning under PVC-matta

Av ovanstående framgår att 2-etyl-hexanol är den flyktiga komponent som i första hand skiljer miljön under PVC-matta med *basiskt* vatten från miljön under PVC-matta med *neutralt* vatten.

Alkoholen har låg löslighet i vatten, och det är fullt möjligt att en alkohol-dagg bildas på spegeln i *daggpunktsgivaren*, trots att relativa fuktigheten med avseende på vatten endast är c:a 85 %.

Hur alkoholen verkar på den *kapacitiva givaren* beror på två omständigheter:

* Alkoholens löslighet i den plast som utgör dielektrikum i denna givare.

* Dielkonstanten hos alkoholen. 2-etyl-hexanol torde ha en dielkonstant som endast utgör c:a 13 % av vattnets. Givarens känslighet för så höga alkoholer är därför ringa, såvida inte alkoholens lösligheten i plasten är väsentligt större än vattnets.

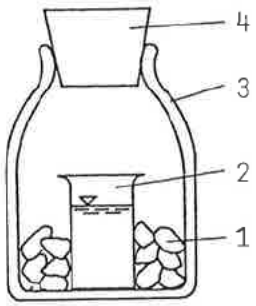
Kontrollförsök bör därför utföras med båda typerna av RF-givare, dels med 2-etyl-hexanol, dels med lösningsmedlet för kolofonium i mattlim. I båda fallen skall så stor tillsats av alkohol eller lösningsmedel göras att dessa ämnen självständigt kan bilda dagg.

Appendix

Utdrag ur

Rapport av 4 oktober 1984 från Olle Peterson till Lars-Olof Nilsson

I en glasburk (3.) med talkad gummipropp (4.), se figur, förvarades:



1. Prov av hårdnat flytspackel eller cementbruk

2. Plastbägare med vatten eller mättad saltlösning, vald för att styra den relativa fuktigheten i glasburken och provet. Följande salter användes:

	86 % RF	kaliumklorid
	93 % RF	kaliumnitrat
	100 % RF	vatten

Efter 3½ månader bestämdes i bägaren med styrvätskan:

A. pH-värdet

B. "Titern", d v s hur mycket saltsyra, uttryckt i millimol per liter, som måste tillsättas för att vätskan skulle bli neutral med metylrött som pH-indikator (4,4-6,2). Indikatorn valdes för att ammoniak skulle kunna titreras med största möjliga noggrannhet. I ammoniakfria system blir noggrannheten god oavsett om metylrött eller fenolftalein (8.0-9,8) användes.

C. Ur dessa två värden kunde den totala halten ammoniak och ammonium beräknas.

Resultaten är sammanställda i tabell på följande sidor.

Prov	RF %	pH	Titer mmol/liter	Beräknad halt (NH_3+NH_4) mmol/liter
1A Nr 1 är ett flytspackel med kasein.	86	10,8	4,2	3,7
	100	10,7	6,4	6,1
1B	86	10,74	4,35	3,9
	93	10,77	4,6	4,1
	100	10,82	7,4	6,9
1C Halv dos av spackel.	100	10,44	2,9	2,8
1D	93	10,82	5,6	5,1
2A Nr 2 och 3 är två flytspackel av samma fabrikat, nr 2 tillv. våren 83.	93	10,51	1,35	1,1
	100	10,69	1,4	0,99
2B	86	10,56	1,0	0,67
	93	10,44	1,15	0,93
	100	10,41	1,3	1,1
3A Nr 3 tillverkades sommaren 1983.	86	10,48	0,55	-
	93	10,32	0,4	-
	100	10,42	0,5	-
3B	86	10,37	0,4	-
	93	10,39	0,5	-
	100	10,40	0,45	-
4A Nr 4 är ett flytspackel av annat fabrikat.	86	10,49	1,8	1,6
	93	10,48	2,3	2,1
	100	10,54	4,0	3,8
4B	86	10,52	1,6	1,3
	93	10,53	2,6	2,4
	100	10,54	4,25	4,1

Prov	RF %	pH	Titer mmol/liter	Beräknad (NH_3+NH_4) mmol/liter
5A Nr 5 och 6 är flytspackel av ett och samma fabrikat.	86	10,93	4,65	3,9
	93	10,77	6,7	6,3
Nr 5 är av en kaseinbaserad typ.	100	10,81	7,4	6,9
5B	86	10,85	4,5	3,9
	93	10,92	5,4	4,7
	100	10,71	6,4	6,1
6A Nr 6 är av icke kaseinbaserad typ.	86	10,30	0,45	-
	93	10,42	0,7	-
	100	10,41	0,6	-
6B	86	10,38	0,45	-
	93	10,28	0,6	-
	100	10,27	0,55	-
7A Nr 7 är ett bruk av cement, vatten och sand.	86	10,50	0,55	-
	93	10,27	0,60	-
	100	10,27	0,40	-
7B	86	10,35	0,6	-
	93	10,88	1,3	-
	100	10,33	0,45	-
8A Nr 8 är ett spackel utan flyttillsats, som enligt uppgift är fritt från kasein.	86	10,46	0,55	-
	93	10,41	0,6	-
	100	10,37	0,7	-
8B	86	10,48	0,45	-
	93	10,84	1,1	-
	100	10,48	0,7	-

Kommentarer

Av tabellerna på föregående två sidor framgår att pH-värdet efter 3½ månaders lagring var i det närmaste lika högt vare sig man hade att göra med ett ammoniakhaltigt system eller inte.

Det som däremot skilt sig avsevärt har varit den s k titern, d v s hur många millimol saltsyra man måst tillsätta per liter vatten eller saltlösning för att få den neutral.

I ett ammoniumhaltigt system, som proven 1 och 5 har titern varit avsevärt högre än i ammoniumfattiga system, och titern har varit större ju fuktigare atmosfär som funnits i provkärlet.

Proven 2 och 3 är tillverkade av samma fabrik, nr 2 på våren och nr 3 på sommaren 1983. Nr 3 visar så låg beräknad ammonumhalt att man kan försumma den; titern kan helt förklaras av de mot pH-värdet svarande OH-jonerna. Den ammoniumhalt som anges i tabellen för prov 2 är så låg att man inte kan vara *helt* säker på att den höjda titern inte beror på alkalikarbonat i porvätskan till följd av "karbonatisering".

De prover som inte borde vara belastade med ammoniumföreningar, nämligen prov 6 och det laboratorieblandade bruket prov 7 har verkligen givit låga värden på titern, Observera dock att provet av nr 7 som lagrats vid 93 % relativ fuktighet givit såväl högre titer som högre pH-värde än de övriga normala. En höjning av pH-värdet med 0,3 svarar mot en fördubbling av den andelen av titern som beror på pH-värdet. Möjligen är det fråga om verkan av karbonatisering.