



LUND UNIVERSITY

Längdändring hos kalksten och sandsten - varierande luftfuktighet och saltlösningar : lägesrapport till Riksantikvarieämbetet

Schweda, Peter; Wessman, Lubica; Wirje, Annika

1996

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Schweda, P., Wessman, L., & Wirje, A. (1996). *Längdändring hos kalksten och sandsten - varierande luftfuktighet och saltlösningar : lägesrapport till Riksantikvarieämbetet*. (Rapport TVBM (Intern 7000-rapport); Vol. 7103). Avd Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola.

Total number of authors:

3

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



UNIVERSITY OF LUND
LUND INSTITUTE OF TECHNOLOGY
Division of Building Materials



STOCKHOLM
UNIVERSITY
Department of Geology
and Geochemistry

Lägesrapport till Riksantikvarieämbetet

Längdändring hos kalksten och sandsten -varierande luftfuktighet och saltlösningar

Peter Schweda
Lubica Wessman
Annika Wirje

Rapport TVBM-7103

Lund, september 1996

Inledning

Studierna ingår i projektet "Effekter av lermineral på nedbrytning av sand- och kalksten" (Dnr 125-1900-1995) och utgör ett samarbete mellan Peter Schweda, Institutionen för geologi och geokemi, SU, och Lubica Wessman, Annika Wirje och Göran Fagerlund, Byggnadsmaterial, LTH.

Lerrika skikt i sedimentstenar ger ofta intrycket av att vara speciellt utsatta för vittringsskador. Projektet intierades för att studera sambandet mellan lermineral och nedbrytning av stenytor, speciellt med avseende på mekaniska rörelser i stenkroppar som lermineral förmodas ge upphov till. Svällande lermineral expanderar genom upptag av vatten. Denna svällning av lermineral i t ex sandsten äger rum i den finkorniga cementen men antas bli överförd så att även avstånden mellan grövre kvartskorn i strukturen ändras.

Expansionen av svällande lermineral, t ex smektiter, påverkas av luftfuktigheten och av utbyteskationer, dvs salter. Eftersom kationer uppträder olika, t ex är Mg^{2+} omgivet av 6 vattenmolekyler på utbytesplatserna i svällande mineral medan K^+ uppträder utan hydreringsskal, skulle effekten av saltlösning på längdändringen undersökas. Jonbyten med K^+ eller Al^{3+} är närmast irreversibla och kunde vara möjliga behandlingssätt att hindra expansion av lerorna vid fuktighetsändringar.

Resultaten av undersökningarna ger den relativa storleken av längdändringen som funktion av luftfuktighet och ger möjlighet att jämföra denna med t ex påverkan av temperaturändringar. Information om salts inverkan på rörelser erhålls och därmed en uppskattning om hydrering av lermineral är av betydelse för längdändringen eller om den påverkas av byte av saltlösning i en sandsten eller kalksten.

En studie av yttöjning med hjälp av bergspänningsmätningcell ingår i projektet. Denna del av projektet utförs av Ove Stephansson vid KTH. Speciella provkroppar för detta har samlats in under sommaren 1996. Inga resultat av denna del redovisas i rapporten eftersom mätningar inte påbörjats.

Material

En grå ortocerkalksten från Borghamn (norra brottet tillhörande Borghamns Stenförädling AB) och en sandsten från Gotland, kallad X:1 (Bjärge), undersöktes i dilatometerförsöken. Porositet och densitet erhöles med hjälp av vägning av torra prover och vattenmättade prover i luft och vatten. Metoden är detaljerat beskriven i Fagerlund, 1977. Borghamnskalkstenen har en porositet på 3.3% och en kompaktdensitet på 2744 kg/m^3 . Gotlandssandstenen har en porositet på 17.4% och en kompaktdensitet på 2676 kg/m^3 . Preliminära data om lerhalt och lermineral finns beskrivna under "Resultat - mineralanalys".

Metod - mineralanalys

Utvinning av lermineral ur sandsten

Proven "Valar" och X:1 (delprov A):

Provbehandlingen utformades så att krossning av mineralkorn undviks så långt som möjligt. Avsikten är att inte ändra mineralsammansättningen av finfraktionen genom prepareringen. Stenen bröts ned till sand genom fryssprängning (cyklisk frysning-tining i svag NaCl lösning). Sanden har ultraljudbehandlats (UL) för att rena kvartskornen från lerpartiklar. Efter denna behandling är provet delat i två fraktioner, en grov (huvudsakligen sand och silt, >60µm) och en fin fraktion med lerfraktionen.

Genom centrifugering separeras sedan partiklar med mindre än 2 mm diameter från det 'fina' UL-delprovet (Jackson, 1969). Kornstorleksfördelningen bestäms genom vägning av storleksfraktionerna varefter delprov för XRD tas ut. I steg 5 löses återstående karbonater upp med Na-acetat, pH 5 och 80°C (Moore & Reynolds, 1989), karbonathalterna uppskattas genom vägning efter denna behandling. Delprov tas åter ut för XRD analys.

Prov X:1 (delprov B):

Som försök att påskynda fragmenteringen av sandstenen inleds behandlingen med karbonatupplösning (Na-acetat, pH 5) på bitar sågade till 2*2*4.7 cm i en alternativ preparationsväg. Halten av upplöst karbonat uppskattas och fryssprängning utförs därefter om nödvändigt. Med ultraljudsbehandling separeras lerpartiklarna från kvartskornen. Separeringen av < 2mm fraktionen utförs med centrifug.

Leranrikade prov:

"Sprickfyllnad i kalksten från Borghamn norra brottet" (=Borghamn N SF) och "lerrik horisont i botten på kalkstenssekvensen vid Borghamn södra brottet" (=Borghamn S BK).

Dessa prov fragmenteras med ultraljudsönd och kornstorlekssepareras med centrifugering som förberedelse för XRD analys.

Utvinning av lermineral ur kalksten

Provet "B1 Öland röd":

Provet i form av två massiva sågade block av 730 g och 240 g vikt fragmenterades effektivt genom ett relativt litet antal (ca 10) frysning-tinings cykler i NaCl lösning. Karbonatandelen löstes upp genom en Na-acetat buffert (pH 5) värmd till 80°C (Moore & Reynolds, 1989). Från den fasta återstoden separerades < 2mm fraktionen genom centrifugering. Den relativt svaga intensiteten av röntgendiffraktionstopparna från den rödbrunfärgade lerfraktionen (orienterade prov) tyder på att en stor del av lerpartiklarna är cementerade av Fe-oxhydroxider. Ett delprov behandlas med en citrat-bikarbonat-dithionit buffert (CBD; Jackson, 1969)) för att lösa upp sekundära Fe-beläggningar på lerpartiklarna.

Provet "Borghamn norra brottet":

Försöken att fragmentera stenen genom fryssprängning hade mycket liten effekt i förhållande till den öländska ortocerkalkstenen. De huvudsakligen flera cm stora provbitarna angreps också mycket långsamt av Na-acetatbufferten, vilket gjorde det nödvändigt att krossa bitarna genom några sekunders skakning i en skivkvarn. Efter återupptagen karbonatupplösning separerades lerfraktionen ur silikatresidualen genom UL och centrifugering.

Röntgendiffraktion (XRD)

För identifiering av lermineral i <2 mm-materialet bereds orienterade prov av Mg-mättade och K-mättade fraktioner efter jonbyte i respektive kloridlösning. I analysgången ingår mättnad med etylenglykol och, vid behov, värmebehandling upp till 550°C. Diffractionstopparna kurvanpassas med Philips APD programvara efter korrektion av diffraktogrammet för Lorentz- och polariseringsfaktorn. Kriterierna som används vid tolkningen av lermineralsammansättningen finns beskrivna i bl a Moore & Reynolds (1989). Av frystorkade delprov bereds oorienterade prov för identifiering av primära silikatmineral samt av eventuellt förekommande glaukonit.

Resultat - lermineralanalys

Separation av lerfraktion:

Följande andelar av karbonatfri fraktion och av (ler-)fraktionen <2mm erhöles för kalksten:

	Borghamn	B1 Öland
% karbonatfri fraktion	9.1	14.2
% <2mm i karbonatfri fraktion	50.5	48.2
% <2mm totalt i kalksten	4.6	6.8

Resultaten överensstämmer väl med medelvärden från tidigare studier där karbonatandelen är nära 90% och fraktionen <20mm uppår till över 50% av det karbonatfria restmaterialet.

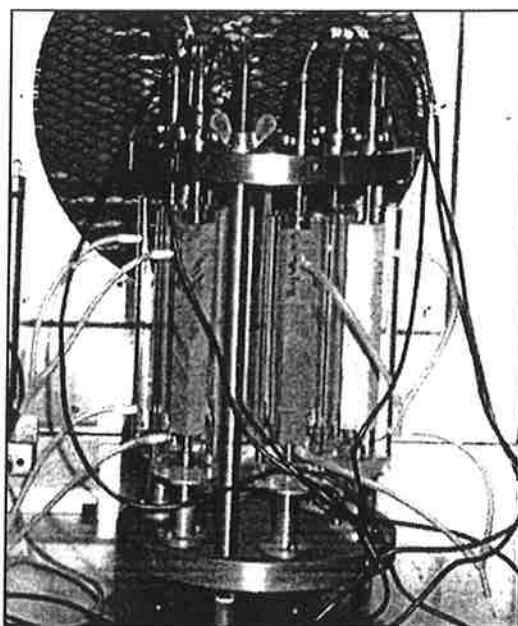
Medan prov av gotländsk sandsten från Valar bröts ned till sand genom upprepad frysning och upptining, förblev strukturen av proven X:1 närmast opåverkad av frysning och av karbonatupplösning i Na-acetat buffert. Vi antar att denna sten är kvartscementerad, lerfraktionen kunde först utvinnas efter några sekunders krossing i skivkvarn, vilket troligen kontaminerat lerfraktionen med nykrossad kvarts och fältspat. Andelen <2mm fraktion som utvanns ur sandstenarna efter ultraljudsbehandling är 2.6, 2.0 och 2.4% för Valar och X:1 delprov "A" och "B". Dessa halter är betydligt lägre än 10-15% lermineral som tidigare beskrivits för gotländsk sandsten. De låga halterna kan bero på att lercementen endast delvis lösgjorts från kvartskornen genom UL-behandlingen, dels kan betydande mängder lermineral, t ex klorit och glaukonit, förekomma i grövre storleksfraktioner, vilka kommer att analyseras senare.

Lermineral:

Preliminära resultat visar att illit eller illit/smektit utgör över 50% av lermineralen i <2mm fraktionen i kalkstenen. Klorit förekommer i lägre mängder. Andelen svällande skikt i illite/smektit kommer att uppskattas vid kommande analyser. I sandstenen är lermineralen väsentligen de samma men andelen klorit är högre och delvis svällande illit/smektit blandskikt lägre än i ortocerkalken. Kaolinit kan vara en betydande komponent i Valar. Analyserna av X:1 fördröjdes pga materialets hårdhet.

Metod - dilatationsförsök

Försöksutrustningen består av en mätram av invar med 6 st LVDT-givare för kontinuerlig registrering av längd. Längdvärdena registreras i mätfiler med valfritt tidsintervall. Provstavar med måtten 20 x 20 x 150 mm monteras upprättstående i mätramen. Varje provstav är placerad i en plexiglasbehållare, vilket gör det möjligt att ha proverna omgivna av vätska såväl som luft under försökets gång. Ett fotografi på försöksutrustningen visas i figur 1. Hela mätramen är placerad i ett klimatskåp med möjlighet att styra temperatur och relativ fuktighet (RF). Försöket utformades som två delförsök: ett där den relativa fuktighetens inverkan på längdändring studerades (delförsök 1) och ett där olika lösningars inverkan studerades (delförsök 2).



Figur 1. Fotografi på försöksutrustningen.

Trippelprover för vardera stensort testades. Proverna var helt torra (i jämvikt med silicagel) vid försökets start. Längden sattes till 0 vid försökets start hos samtliga 6 prover. Registreringsintervallet var 30 min (utom 723 - 967 timmar, då det var 10 min). Försöket var tänkt att visa provernas svar på stegvisa ändringar i omgivande relativa fuktighet vid en konstant omgivande temperatur av 20°C; 0 → 30%, 30% → 60%, 60% → 90%. Varje steg skulle ställa in sig i jämvikt under tre veckors tid.

Klimatskåpet fungerar så att RF och temperatur i viss mån följs åt, varför en liten temperaturändring i samband med ändring av RF är oundviklig. Längdutvidgningskoefficientenerna för de studerade stenarna är 0.06 och 0.04 %/°C för sandstenen respektive kalkstenen. 0.01 mm är ekvivalent med 0.07 ‰ i diagrammen, eftersom alla prover är 150 mm långa, dvs en temperaturändring på 1°C ger en längdändring på knappt 0.01 mm för sandsten och drygt 0.005 mm för kalkstenen. Man kan vänta sig att stenarna svarar relativt snabbt på en temperaturändring då proverna är omgivna av luft. Då proverna är omgivna av vätska är svaret på en temperaturändring betydligt långsammare.

I tabell 1 redovisas händelser som kan ha påverkat resultatet, samt tidpunkten för dessa.

Då RF-försöket avslutats fylldes bägarna med vatten. Före starten av detta försök fick proverna demonteras, eftersom smärre justeringar av försöksutrustningen behövde göras. Därför kan tyvärr ingen jämförelse av provkropparnas längder mellan de två delförsöken göras. Behållarna tömdes emellanåt, varvid proverna torkade delvis, vilket påverkar utfallet. Dessa händelser redovisas i tabell 2. Då försökets stabiliserats byttes vattnet i behållarna mot saltlösning. Saltlösningen flödade kontinuerligt med inflöde nära plexiglasbehållarnas botten och utflöde strax ovanför provstavarna. Flödet motsvarade att lösningen i en plexiglas-cylinder omsattes 1 gång på 12 timmar.

Resultat - dilatationsförsök

Resultaten visas i bilaga A som längd respektive temperatur och relativ fuktighet som funktion av tid. Mätfilerna i delförsök 1, RF-mätningar, är mycket stora. Därför kan endast en del av filen skrivas ut åt gången, vilket förklarar att resultatet redovisas i två separata diagram: 0-1600 timmar och 400-2000 timmar. Resultatdiagrammen som visar längden är fullt åskådliga endast i färg.

Från båda delförsöken framgår att kalkstenarnas töjning är betydligt känsligare för ändring i fuktinnehåll än sandstenarnas.

Vid 723 timmar, under delförsök 1, byttes mätdatorn, då den tidigare datorn inte fungerat helt tillfredsställande. Första värdet som registrerats med den nya datorn sattes lika med det sist registrerade värdet med den gamla datorn för samtliga 6 prover.

Töjningen av stenarna är starkt beroende av fuktinnehållet och ju högre fuktinnehållet är, desto större är beroendet. Detta syns tydligt i diagrammen 1 och 2: Steget 30% RF → 60% RF ger en mindre töjning än steget 60% RF → 90% RF. Den relativt lilla RF-sänkningen från 98% till 94% vid 1328-1346 timmar ger en betydande krympning.

Töjningen är reversibel för sandstenen, då längden är lika vid 30% RF i början och i slutet av försöket. Kalkstenen kan möjligen tänkas ta mycket lång tid på sig att torka och komma i jämvikt med 30% RF, om detta överhuvudtaget sker.

I delförsök 2, då proverna är helt nedsänkta i vatten, visar det sig att en betydande krympning sker även då proverna bara delvis torkat och alltså fortfarande är kapillärmättade. Ingen längdändring uppkommer då vattnet byts mot saltlösningar, vilket visar att de eventuella byten av katjoner som uppstår i lermineralskikten är för små eller för långsamma för att kunna studeras på detta sätt. Vid byte av saltlösning från 0.1M $MgCl_2$ till 0.1M KCl antyds emellertid en mycket svag kontraktion av sandstensproven. Denna längdminskning överensstämmer med den förväntade effekten av saltbytet och kan antyda att K^+ har haft möjlighet att ersätta Mg^{2+} på jonbytesplatser i stenmaterialet. Vid återgång från 0.1M KCl till 0.1M $MgCl_2$ uppmättes en svag längdökning i samtliga prov, vilket antyder att ändringarna sammanhänger med katjonbytet. Längdökningen med $MgCl_2$ är förväntad pga av starkare hydrering av Mg^{2+} jämfört med K^+ . Viss effekt av ändrad jonstyrka kan inte uteslutas, men förfaller osannolikt pga utebliven effekt vid byte från avjonat vatten till 0.1M NaCl. Rörelserna som uppkommer till följd av olika fuktinnehåll är dock många gånger större än rörelserna som uppkommer på grund av jonbyte.

Tabell 1. Händelselista delförsök 1, relativa fuktigheter

Tid, timmar från start	Önskat RF	Anmärkning
0-540	30%	
540-718	60%	
723-1033	60%	Ny mätdatort, nya LVDT-givare, ny RF-givare
1038-1535	90%	
1328-1346	90%	Klimatskåpet skenar
1535-1829	30%	

Tabell 2. Händelselista delförsök 2, lösningar

Tid, timmar från start	Lösning	Anmärkning
24	H ₂ O	Behållarna för kalksten 1 och 2 delvis tömda, fylls på igen
72	H ₂ O	Behållarna för sandsten 2 och 3 delvis tömda, fylls på igen
157-342	H ₂ O	Pumpen sönder, inget inflöde, viss vattenavgång sker, främst i behållarna för kalksten 1 och 2
342	H ₂ O	Inflödet igång igen
370	H ₂ O	Temperaturfall 21.5°C → 19.5°C
551	H ₂ O	Alla behållare delvis tömda, fylls på igen
645	H ₂ O	Behållarna för sandsten 2 och 3 delvis tömda, fylls på igen
668	H ₂ O	Behållarna för sandsten 2 och 3 samt sandsten 1 och kalksten 3 delvis tömda, fylls på igen
743	H ₂ O	Mätdatorn sönder
1261	H ₂ O	Ny mätdatorn
1374	0.1M NaCl	
1683	0.1M MgCl ₂	
1797	0.1M MgCl ₂	Behållarna för kalksten 1 och 2 delvis tömda, fylls på igen
1820	0.1M MgCl ₂	Behållarna för kalksten 1 och 2 delvis tömda, fylls på igen
1900	0.1M KCl	
2020	0.1M MgCl ₂	

Slutsatser

Den större längdändringen hos kalkstensproven jämfört med sandstenen var inte förväntad. Den betydligt högre öppna porositeten i sandstenen förväntades att gynna fukttransport till lerpartiklar vid kvartskorngränser och därmed svällning av stenen. Detta kan möjligen ha hindrats av kvartscementering. Skillnader i halterna av svällande lerskikt i stenarna kan bidra till deras olikhet med avseende på töjning och arbete att kvantifiera dessa pågår. Eftersom bara två bergarter kunde studeras förblir slutsatser om töjningsmekanismen spekulativa och kommer att utvecklas senare. Relativt stora skillnader i töjning mellan individuella prov av samma bergart pekar på svårigheter vid arbetet med ett heterogent naturligt material. Den till fukten relaterade töjningen av stenarna kan vara av samman storlek eller något mindre än töjning genom temperaturvariationer under ett dygn. Det är dock oklart om sådana rörelserna i någon mån kan orsaka skador på stenen. Detta behöver klargöras ytterligare, t ex genom att se om permanent töjning uppstår vid upprepade uppfuktnings- och uttorkningscykler. Dessa eventuella töjningar bör även jämföras med resultat från dragprov, som visar vilka maximala töjningar materialen tål. Intressant vore även att studera huruvida stenar som kontaminerats med salt beter sig annorlunda i dessa sammanhang. Det vore troligt, bl a eftersom salter är hygroskopiska och tar till sig fukt.

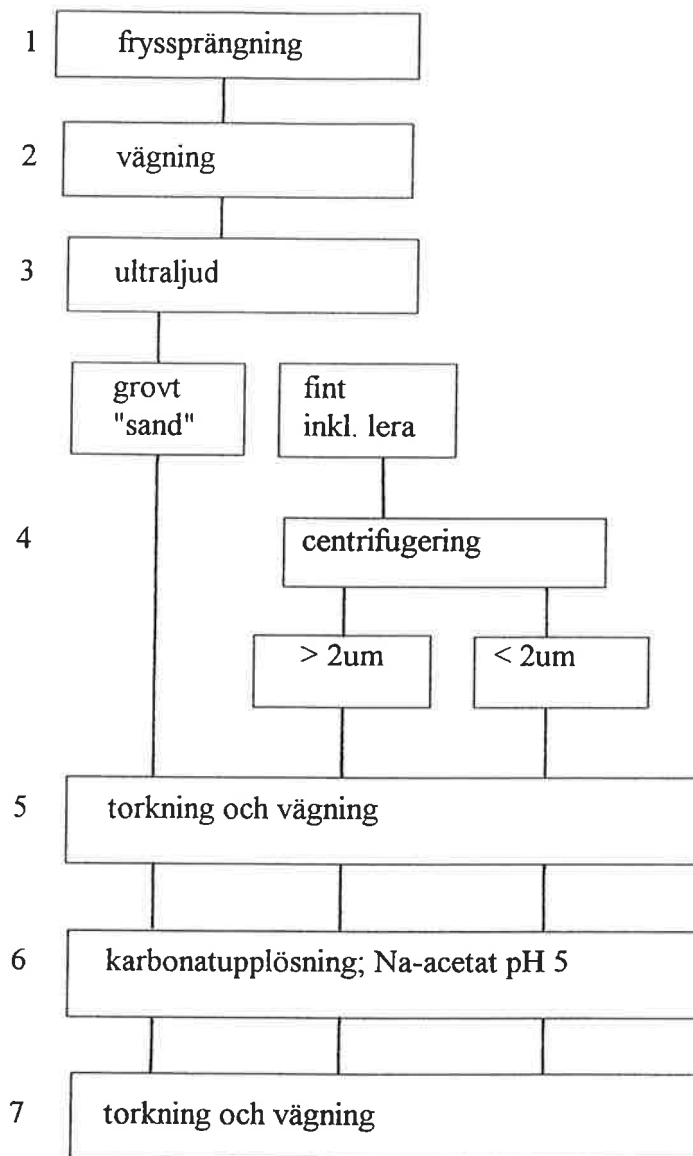
Referenser

Fagerlund G. (1977) The critical degree of saturation method of assessing the freeze/thaw resistance of concrete, *Matériaux et constructions*, vol. 10, no 58, 1977.

Jackson M. L. (1969) *Soil chemical analysis-advanced course*. 2nd edition. Published by the author, Madison, Wis.

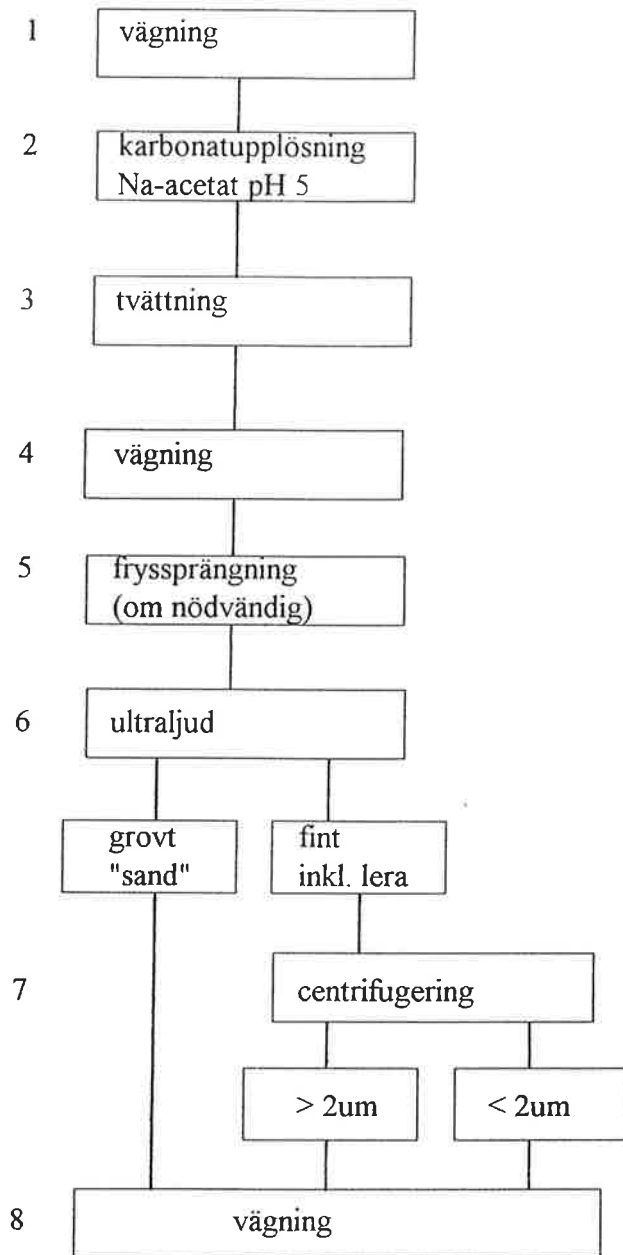
Moore D. M. and Reynolds R. C. (1989) *X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals*. Oxford Univ. Press.

VALAR och X:1 (delprov A)

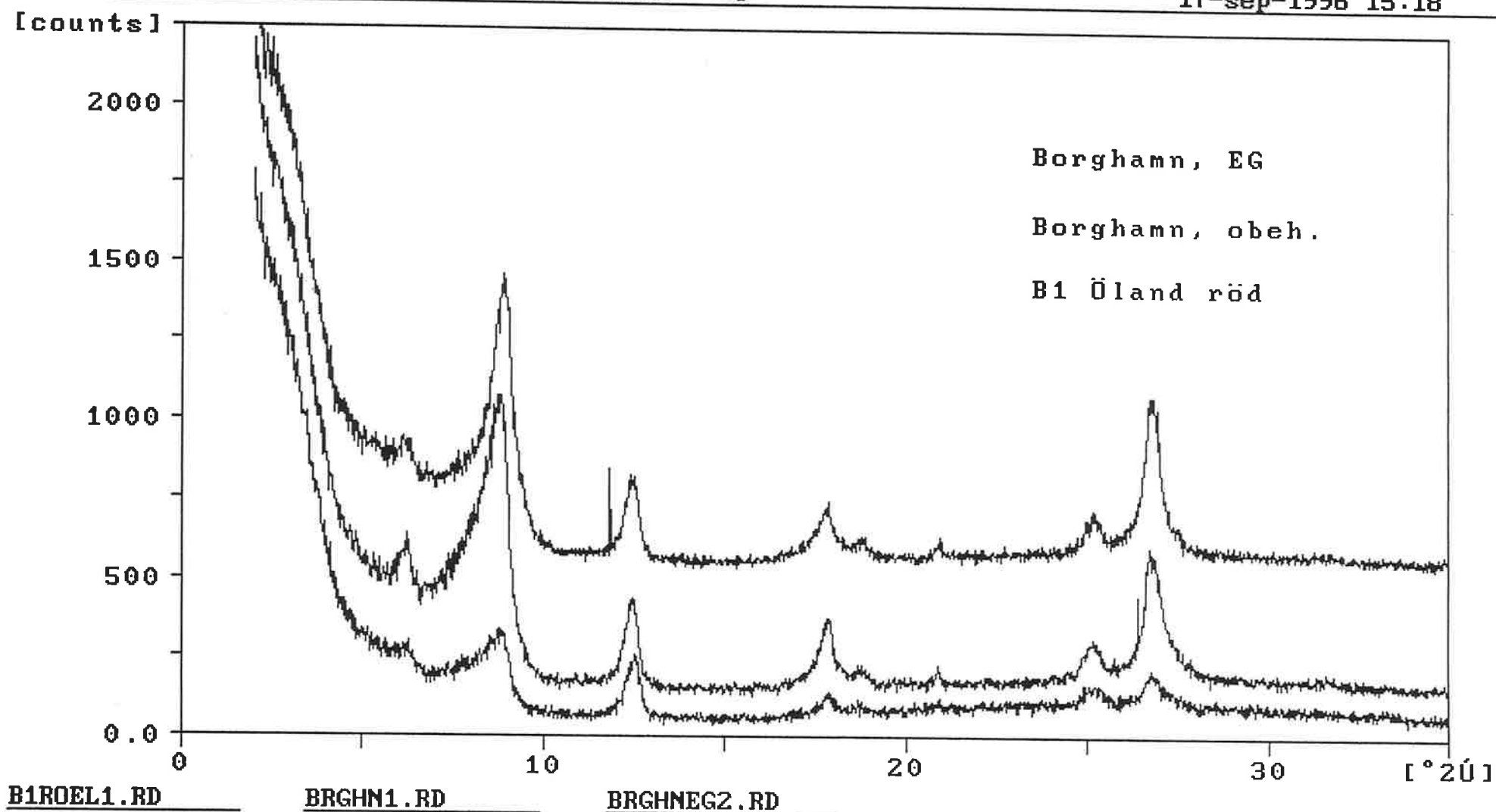


Figur A: Flödesschema för lerseparering.

X:1 (delprov B)

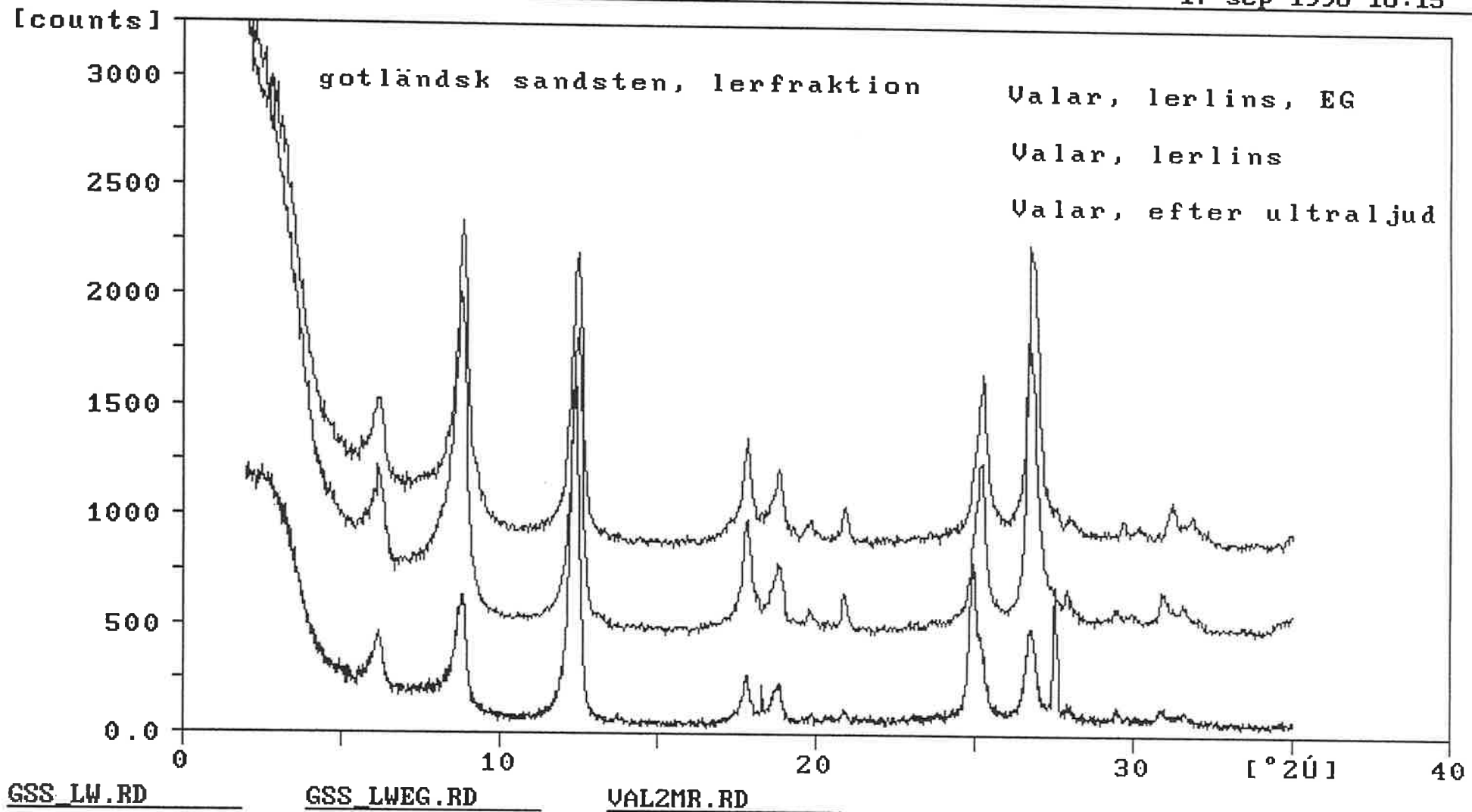


Figur B: Flödesschema för lerseparering.



Figur C: Diffraktogram av lerfraktionen efter karbonatupplösning från kalkstensprov, preliminära analyser av material före jonbyte.

17-sep-1996 16:15



Figur D: Diffraktogram av lerfraktionen från gotländsk sandsten från Valar för jonbyte. Det ultraljudsbehandlade materialet (nedersta kurvan) har en hög andel kaolinit som klar separerar från nära överlappande klorit toppar.

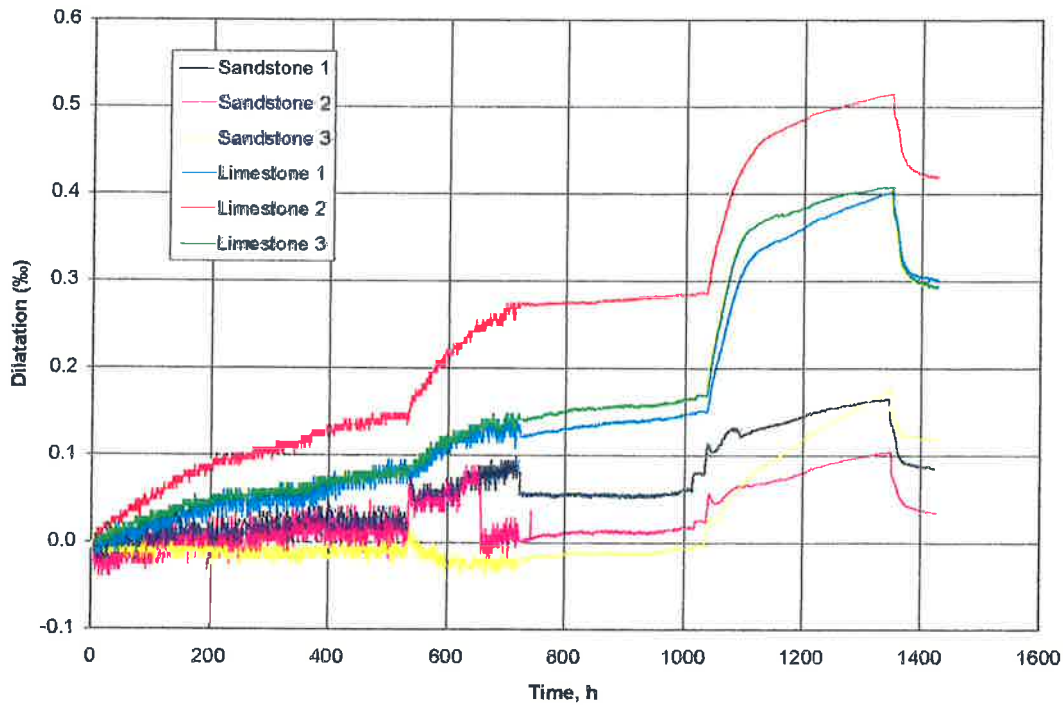


Diagram 1. Resultat från delförsök 1, där proverna är omgivna av luft: Töjning som funktion av tid vid ändring av relativa fuktigheter. Diagrammet tolkas lämpligen med hjälp av tabell 1 och diagram 3. Diagrammet kompletteras nedan.

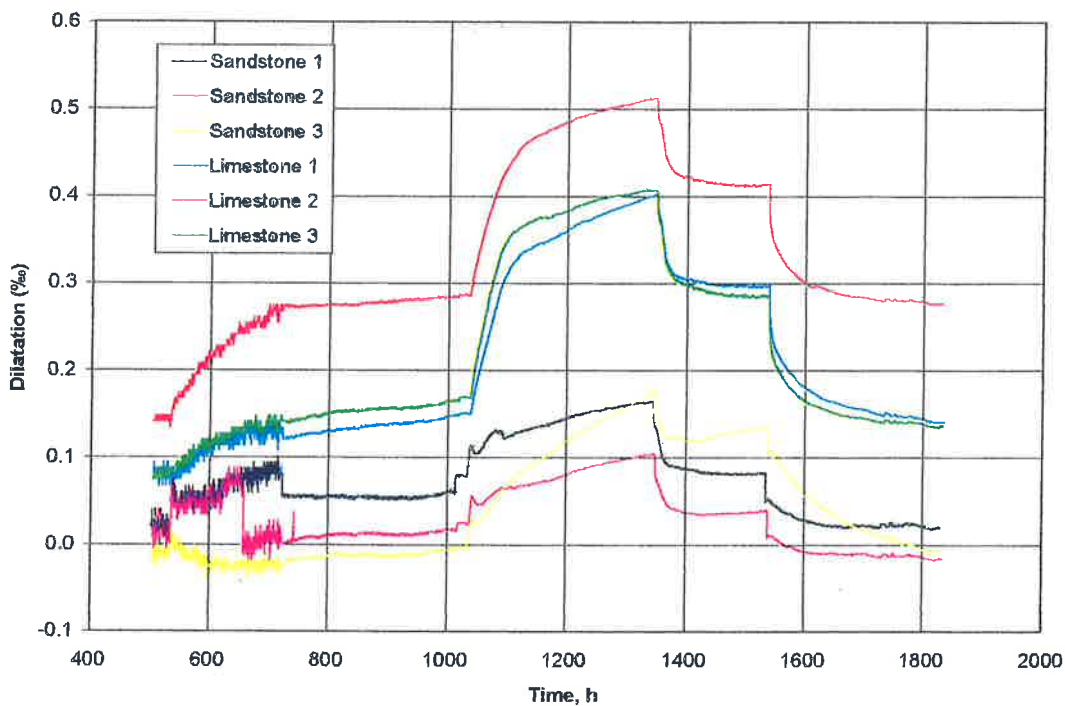


Diagram 2. Resultat från delförsök 1, där proverna är omgivna av luft: Töjning som funktion av tid vid ändring av relativa fuktigheter. Diagrammet tolkas lämpligen med hjälp av tabell 1 och diagram 4. Diagrammet kompletteras ovan.

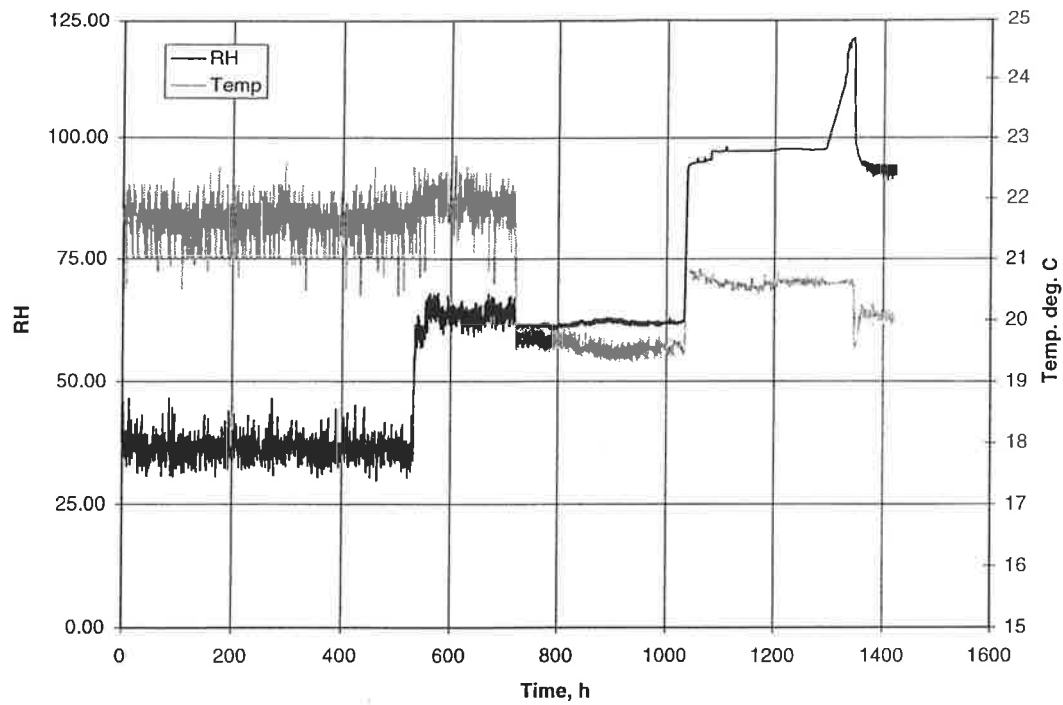


Diagram 3. Resultat från delförsök 1: Relativa fuktigheten och temperaturen som funktion av tid. Diagrammet kompletteras nedan.

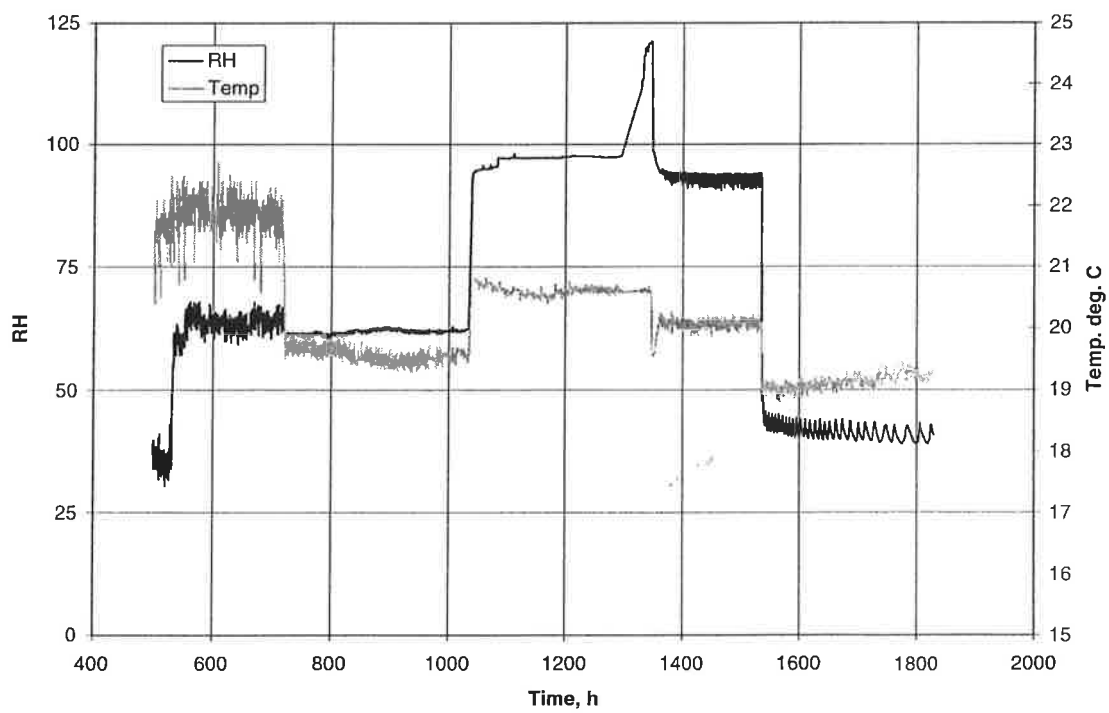


Diagram 4. Resultat från delförsök 1: Relativa fuktigheten och temperaturen som funktion av tid. Diagrammet kompletteras ovan.

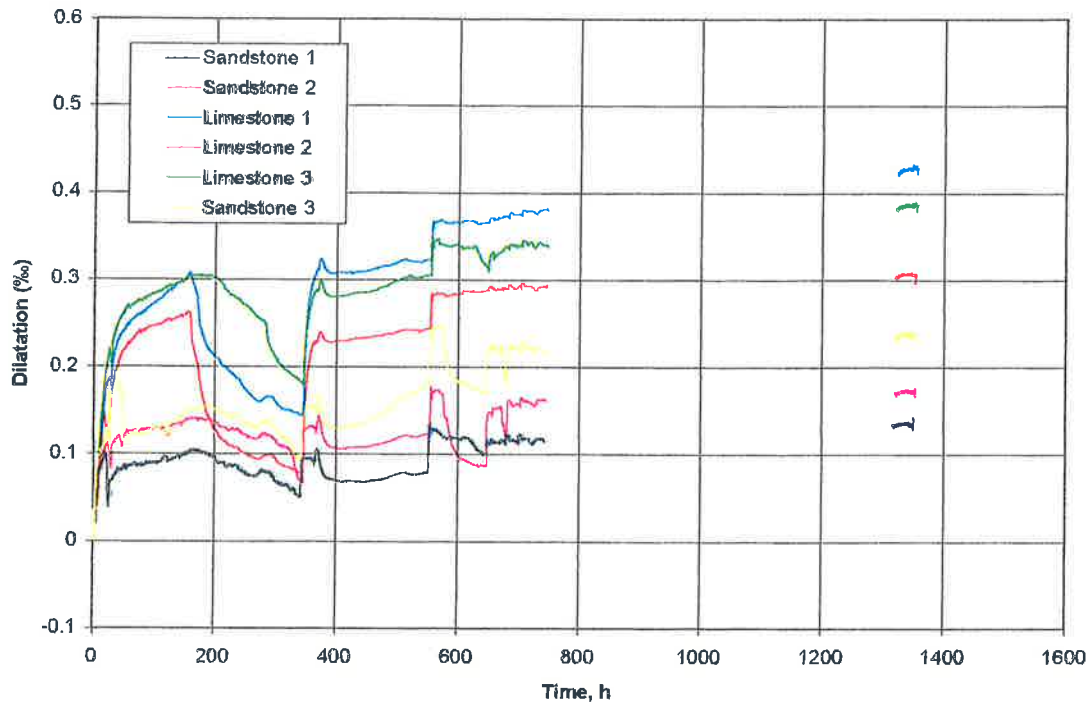


Diagram 5. Resultat från delförsök 2, där proverna är omgivna av lösning: Töjning som funktion av tid vid ändring av omgivande lösning. Diagrammet tolkas lämpligen med hjälp av tabell 2 och diagram 6. Diagrammet kompletteras nedan.

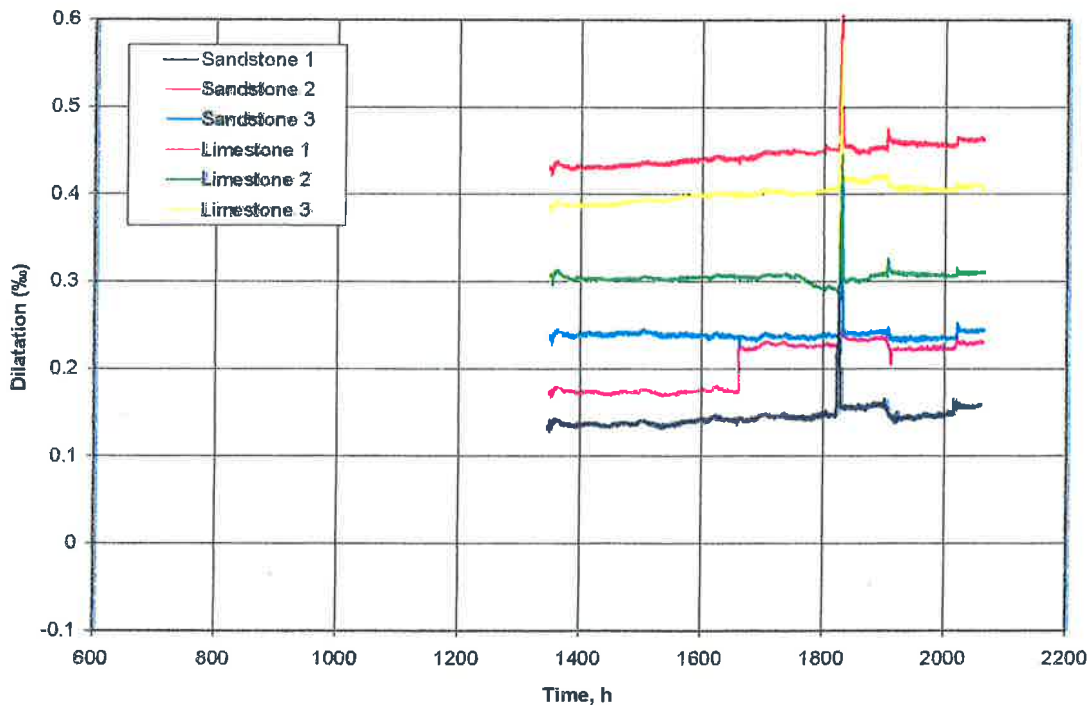


Diagram 6. Resultat från delförsök 2, där proverna är omgivna av lösning: Töjning som funktion av tid vid ändring av omgivande lösning. Diagrammet tolkas lämpligen med hjälp av tabell 2 och diagram 6. Diagrammet kompletteras ovan.

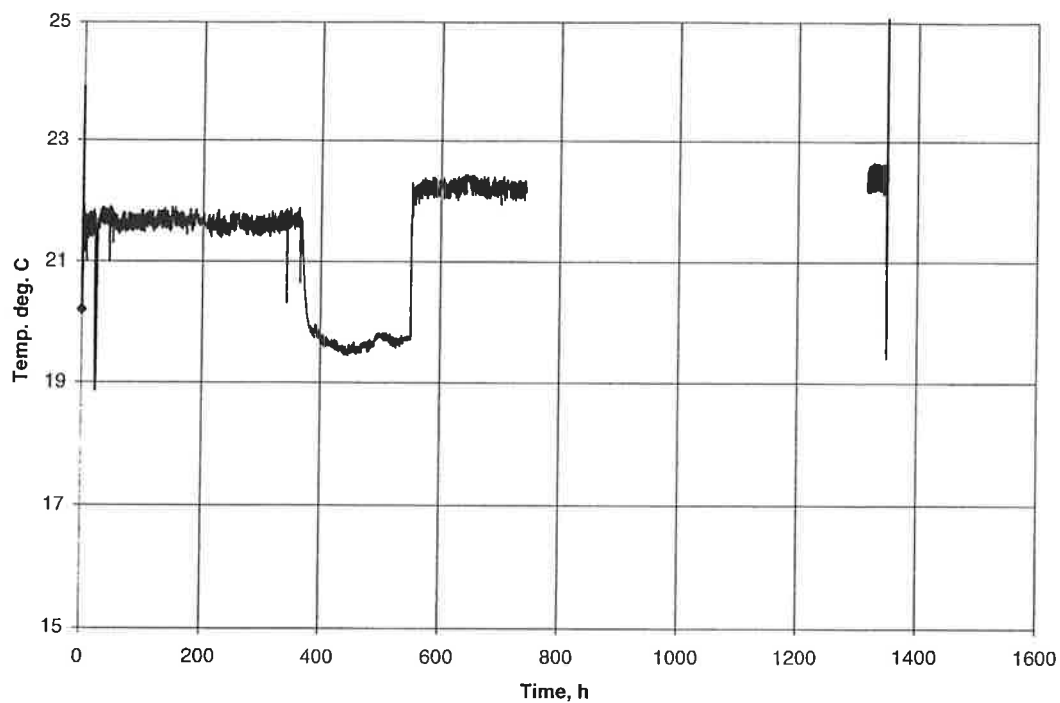


Diagram 7. Resultat från delförsök 2, där proverna är omgivna av lösning: Temperaturen som funktion av tid. Diagrammet kompletteras nedan.

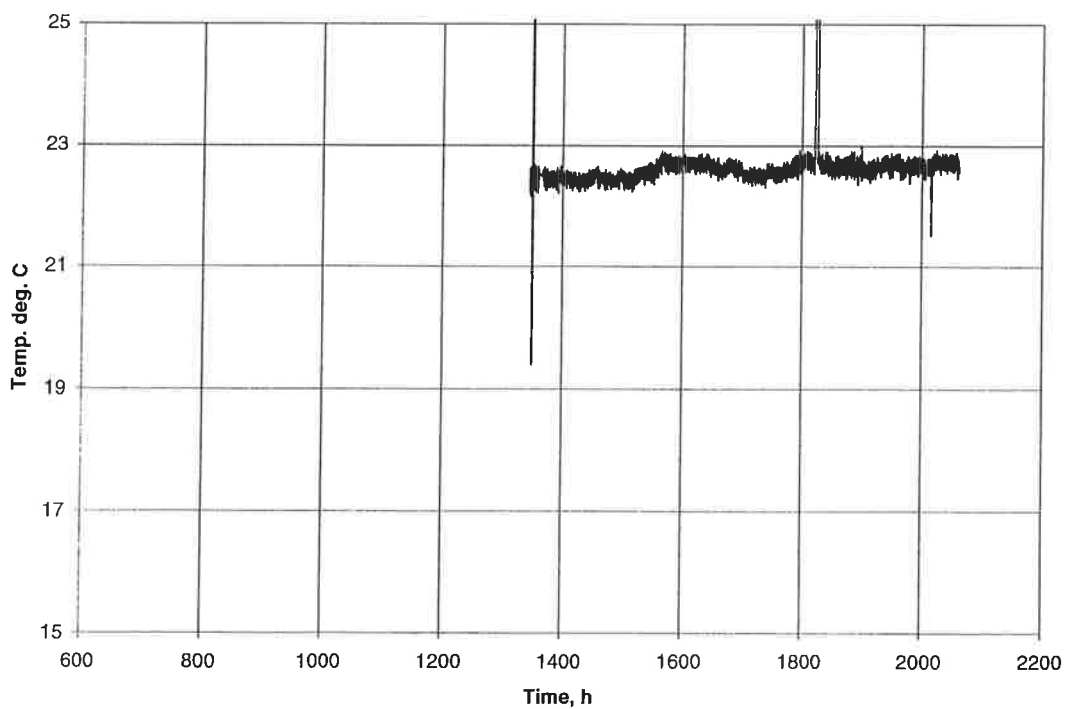


Diagram 8. Resultat från delförsök 2, där proverna är omgivna av lösning: Temperaturen som funktion av tid. Diagrammet kompletteras ovan.