

Simulering af udvikling i fersk-saltvandsgrænsen i kalkmagasinerne på Sjælland

FLEMMING LARSEN, TORBEN O. SONNENBORG, PETER MADSEN & KRISTOFFER AMLANI ULBAK

Larsen, F., Sonnenborg, T.O., Madsen, P. & Ulbak, K.A. 2003: Simulering af udvikling i fersk-saltvandsgrænsen i kalkmagasinerne på Sjælland. DGF Grundvandsmøde 18. september 2003. *Geologisk Tidsskrift* 2003 hæfte 2, pp. 16–17, København.

Som en del af en undersøgelse af fersk-saltvandsgrænsen i Skrivekridt og Danienskalk i den nordøstlige del af Sjælland (se abstract af Klitten *et al.* dette bind) er der foretaget simuleringer af udvaskningen af residualt porevand fra Skrivekridt og Danienskalken. Simuleringerne er foretaget med den numeriske 2D kode FRACTRAN (Sudicky & McLaren 1992).

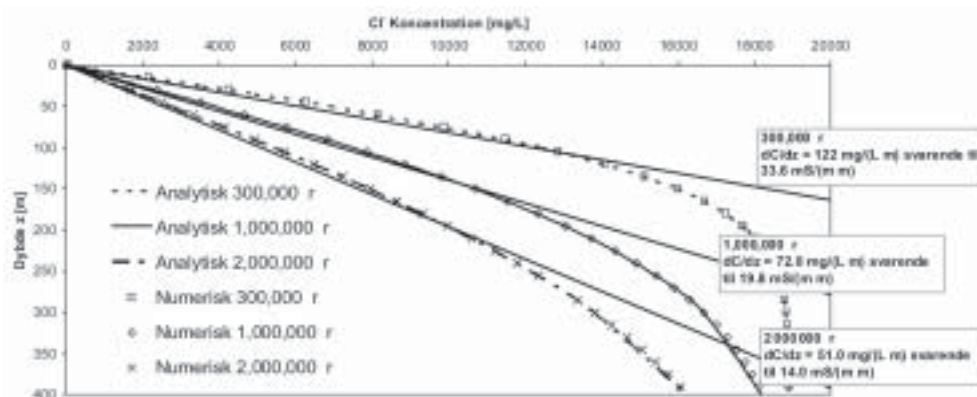
Det er dokumenteret at den østlige del af det Danske Bassin har været udsat for en betydelig hævnning i løbet af Neogen (Japsen *et al.* 2002). Som følge af denne hævnning har meteorisk vand kunnet infiltrere ned i Skrivekridtet og Danienskalken, så disse formationer i dag er udviklet som grundvandsmagasiner. En forståelse af de processer som kontrollerer infiltrationen og udvaskningen af det residuale, marine porevand er nøglen til en forståelse af den hydrauliske stabilitet af den nuværende fersk-saltvandsgrænse i bassinet. En forståelse af denne grænses dynamik er af betydning for planlægningen af en bæredygtig udnyttelse af de dybere dele af grundvandsmagasinerne i kalken.

I en formation med en lav permeabilitet, som Skrivekridtet, vil den dominerende mekanisme for transporten af opløste ioner i porevandet være diffusion, som på et makroskopisk niveau kan beskrives vha. Fick's diffusionslove (Appelo & Postma 1994). På baggrund af bestemmelser af porevandets indhold af salt i en 500 m dyb boring i skrivekridt i England, viste Bath & Edmunds (1981) at der i Skrivekridtet

udvikles profiler med stigende koncentrationer af klorid, og andre ioner, med stigende dybde. Disse profiler er tolket som værende et resultat af diffusion af marint porevand fra Skrivekridtet til det overliggende ferskvandssystem.

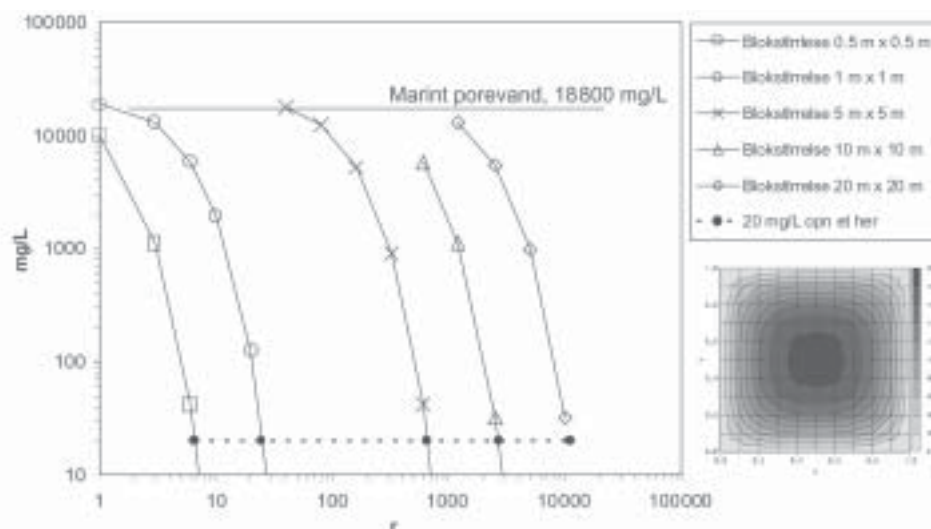
Beregningerne af udvaskningen af marint porevand (18.800 mg/L klorid) ved diffusion er foretaget i en periode fra 300.000 til 2.000.000 år (Figur 1). I beregningerne er anvendt realistiske hydrauliske egenskaber for de øverste meter af Skrivekridtet (Frykman 2001). Det fremgår af beregningerne, at der over en periode på 2 mill. år, udelukkende som følge af diffusion, udvikles gradienter i porevandets saltholdighed på 51 mg/L/m, hvilket svarer til 14 mS/m/m, mens den udviklede gradient over en periode på 300.000 år vil være 122 mg/L/m, hvilket svarer til 34 mS/m/m (Figur 1). Disse resultater svarer til den observerede gradient i Skrivekridtet fra England (Bath & Edmunds 1981), men er dog større end de observerede gradienter under kildepladserne på Sjælland målt med geofysisk borehulslogging (Klitten *et al.* dette bind).

Udvaskningen af residualt porevand fra Danienskalken er sket både ved diffusion, og ved en advektiv strømning gennem sprækker og i bjergartens matrix. Den langsomste proces vil være en diffusion fra matrix blokke til hydraulisk aktive sprækker. Der vil her kun blive regnet på denne diffusionsudvaskning. Som følge af en anden mineralogisk sammensætning er der



Figur 1: Beregnede kemiske gradienter i skrivekridt som funktion af tid

Figur 2: Beregnede tider for udvaskning af saltvand fra blokke i Danienskalken



foregået en mere omfattende rekrystallisation i Danienskalken end i Skrivekridtet, hvilket medfører at Danienskalken har andre hydrauliske egenskaber end Skrivekridtet. Dette ses ved udvikling af større sprækker, som ofte ses i kontakten mellem kalkmatrix og flintlag. Udvasning af saltvand fra den overvejende Danienskalk må derfor overvejende have foregået fra matrixblokke ud til sprækkezoner, hvorfra saltvandet er transporteret ved advektiv transport mod kysten. Mægtigheden af »blokke« i Danienskalken kan bestemmes ved en kombineret anvendelse af optagelse fra en optisk televiwer, og en strømningsbestemmelse fra produktive, opsprækkede zoner i kalken. Resultaterne af sådanne undersøgelser viser, at matrix blokke sjældent har dimensioner større end 20 m, det vil sige 20 m fra centrum af en matrix blok til en aktiv sprække. Klorid ionerne i formationen, har derfor kun i få tilfælde diffunderet over længere afstande end 20 m.

Beregninger af udvaskningen fra matrixblokke med varierende dimensioner fremgår af Figur 2. Det ses, at med blokke med en højde og bredde under 1 m, udvaskes klorid på få årtier, mens udvaskningen på blokke med dimensioner op mod 20 m, kan tage op mod 10.000 år. Blokke med en højde og bredde på op mod 20 m, svarer som nævnt til de største som er observeret i Danienskalken, og udvaskning af saltvand fra disse kan altså foregå over en tidshorisont, som svarer til tiden efter sidste nedisning af den østlige del af landet.

En foreløbig model for udvaskning af det marine porevand fra Skrivekridtet og Danienskalken fra den østlige del af det Danske Bassin, omfatter således en relativt hurtig udvaskning af saltvand fra blokke til sprækker i Danienskalken, og etablering af et fersk-

vandssystem i denne formation tidligt efter hævnningen af formationen. Hvis man inkludere en advektiv strømning i matrix af Danienskalken, vil udvaskningen kunne foregå endnu hurtigere. Efter etablering af denne ferskvandszone, medførte de store kemiske gradienter mellem porevandet i Skrivekridtet og porevandet i Danienskalken en diffusiv udvaskning af saltvand fra Skrivekridtet. Denne transport er langsommere og foregår stadig. Hvor Skrivekridtet ikke er overlejret af Danienskalken, som fx langs Køge Bugt, er der som følge af glacial erosion dannet sprækker i de øverste meter af Skrivekridtet, og her vil der, i lighed med processen i Danienskalken, kunne foregå en udvaskning ved transport i sprækker.

Referencer

- Appelo, C.A.J. & Postma, D. 1994: Geochemistry, groundwater and pollution, 536 pp. Balkema.
- Bath, A.H. & Edmunds, W.M. 1981. Identification of connate water in interstitial solution of chalk sediment. *Geochemica et Cosmochemica Acta* 45, 1449–1461.
- Frykman, P. 2001. Spatial variability in petrophysical properties in Upper Maastrichtian chalk outcrops at Stevns Klint, Denmark. *Marine and Petroleum Geology* 18, 1041–1062.
- Japsen, P., Bidstrup, T. & Lidmar-Bergström, K. 2002: Neogene uplift and erosion of southern Scandinavia induced by the rise of the South Swedish Dome. I: Doré A.G., Cartwright, J.A. & Turner, J.P. (red.) *Exhumation of the North Atlantic margin: timing, mechanisms and implications for petroleum exploration*. Geological Society (London) Special Publication 196, 183–207.
- Sudicky, E.A. & McLaren, R.G. 1992: The Laplace transform Galerkin technique for large-scale simulation of mass transport in discretely fractured porous formations. *Water Resources Research* 28, 499–514.