

KALK-FAMILIEN OG DENS EGENSKABER

Seniorforsker, geolog Peter Frykman
Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS)

ATV MØDE
KALK PÅ TVÆRS

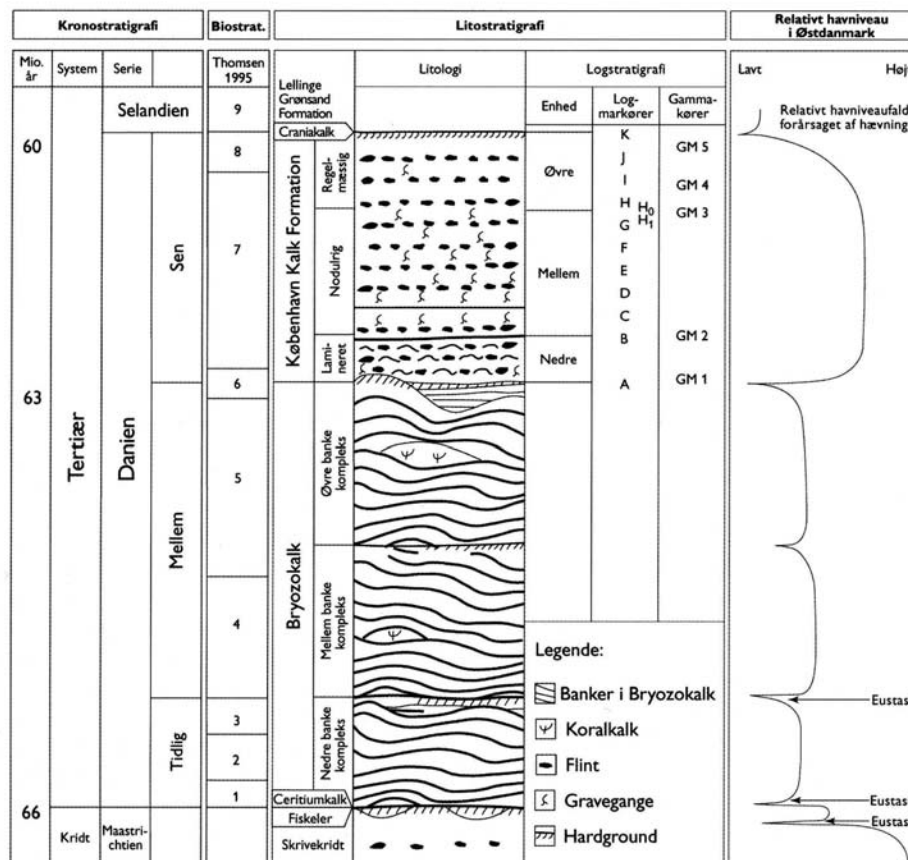
SCHÆFFERGÅRDEN
8. november 2006

RESUME

I Danmark er vi mange der lever på kridt – og på kalk. Øresundsbroen står solidt forankret i kalkundergrunden, Metroen kører gennem tunneller i kalken, flintminerne i kalk lagene under Thy summene af aktivitet for 4000 år siden. Hver morgen og aften fylder de forhåbentlig fleste danskere munden med en skummende blanding indeholdende en hel del kridtslam. Drikkevandet i Københavns området, Nordsjælland og Nordjylland kommer hovedsagelig fra kalk-magasinerne som ligger få ti-tal af metre under vores fødder. De danske kalk-aflejringer betyder meget for samfundet, og deres specielle egenskaber gør at vi kan udnytte dem på utallige måder.

INDLEDNING

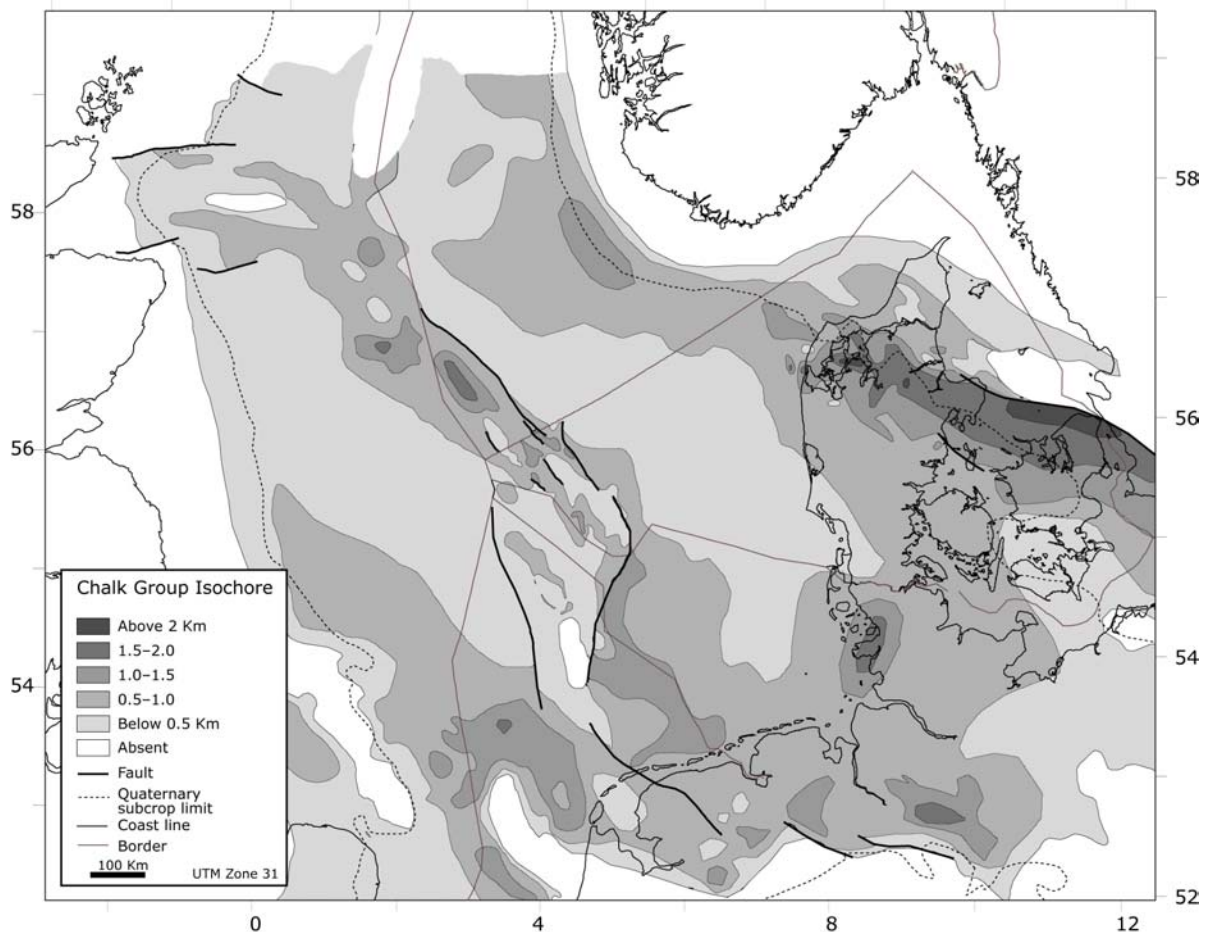
Skrivekridt og Danienkalk er de mest udbredte sedimentære bjergarter i den danske undergrund. Der kan anvendes flere forskellige klassifikationssystemer på dem som karbonatbjergarter, men der kan skelnes mellem 5 hovedtyper der har fået beskrivende navne: skrivekridt, slamkalk, kalksandskalk, bryozokalk og koralkalk. En mere detaljeret gennemgang findes i Thomsen (1995). Den stratigrafiske inddeling i Østdanmark af de overfladenære lag er vist på Figur 1.



Figur 1. Skematisk stratigrafisk fordeling af kalk enhederne i det østlige Danmark med hovedvægt på Danien lagene. Fra Lund et al. (2002).

UDBREDELSE

De udbredte kridt/kalk lag stammer fra en periode i Kridt tiden og lidt ind i Paleogenet (Tertiær), hvor der var høj vandstand i verdenshavene, hvilket reducerede tilførslen af terrestrisk materiale. Produktion af karbonater dominerede derfor aflejringerne de fleste steder i NV-Europa og andre steder, og lagene vi kender kan følges og korreleres fra England helt til Kazahstan. Aflejringerne stikker nu frem i dagen hist og her, og besøges flittigt af både fagfolk og turister. Den samlede tykkelse af kalk lagene varierer, men når lokalt op på mere end 2 km i den Fennoskandiske Randzone (Figur 2).



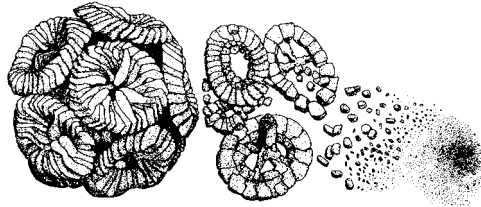
Figur 2. Tykkelseskort over Kalk Gruppen (Kridt og Danien). Modificeret fra Japsen (1998).

SAMMENSÆTNING

Coccolitter udgør en væsentlig del af alle de forekommende kalktyper. Kridt består overvejende (> 80%) af hele eller fragmenterede coccolitter. I kalksandskalk er andelen af coccolitter nede omkring de 30%, og består ellers af foraminiferer og fragmenter af forskellige echinodermgrupper. I bryozokalk er bryozoidholdet typisk mellem 20 og 45%. Coccolitter er ringformede skal-dele fra encellede planktoniske gulbrunalger Coccolithophorider. Coccolithophorider er blandt de almindeligste organismer i det oceaniske planteplankton, og de udgør sammen med diatomeer den vigtigste primære fødekilde for

havenes zooplankton. De bidrager i dag med mere end 25% af jordens (havenes) samlede kalk-produktion.

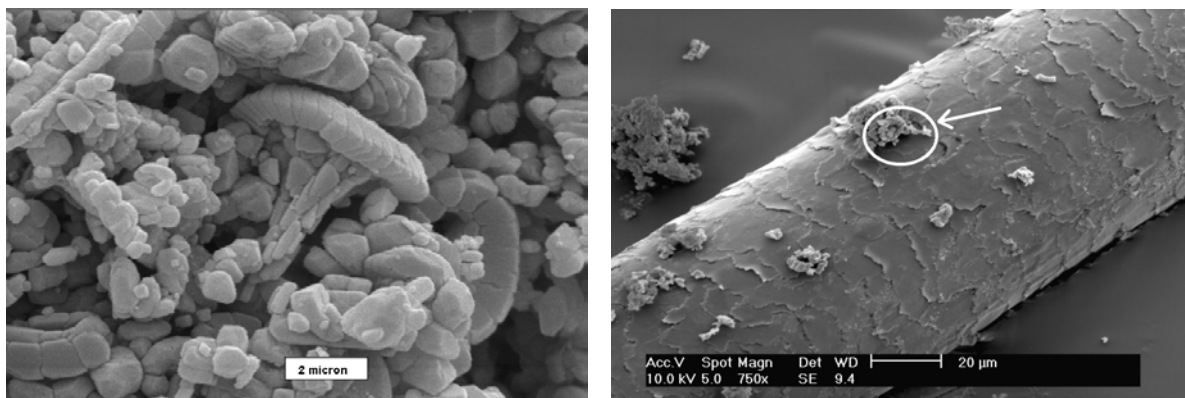
Fra coccosphære til kridt og kalk:



(fra Bromley 1979)

En Coccolithophorid-celle er normalt mindre end 30 μm . Inde i cellen dannes små runde kalkskjolde, coccolitter. Disse bevæger sig udad til cellens ydervæg og danner en sammenhængende skal, coccosphære, omkring cellen. Væksten er afhængig af sollys, og algerne er derfor hyppigst i de øverste 50 m vand. Efter algens død synker den mod bunden og indgår i sedimenterne på havbunden.

Under et punktum . kan der nemt gemme sig 15 coccolitter.



Figur 3. (a) SEM (Scanning-mikroskop) billede af kridt fra Stevns med coccolitter og fragmenter. Porøsiteten er 48%, permeabiliteten 7 mD . (b) Kridt-støv på et hovedhår. En enkelt coccolit ses ved pilen. Målepinden forneden er 20 μm .

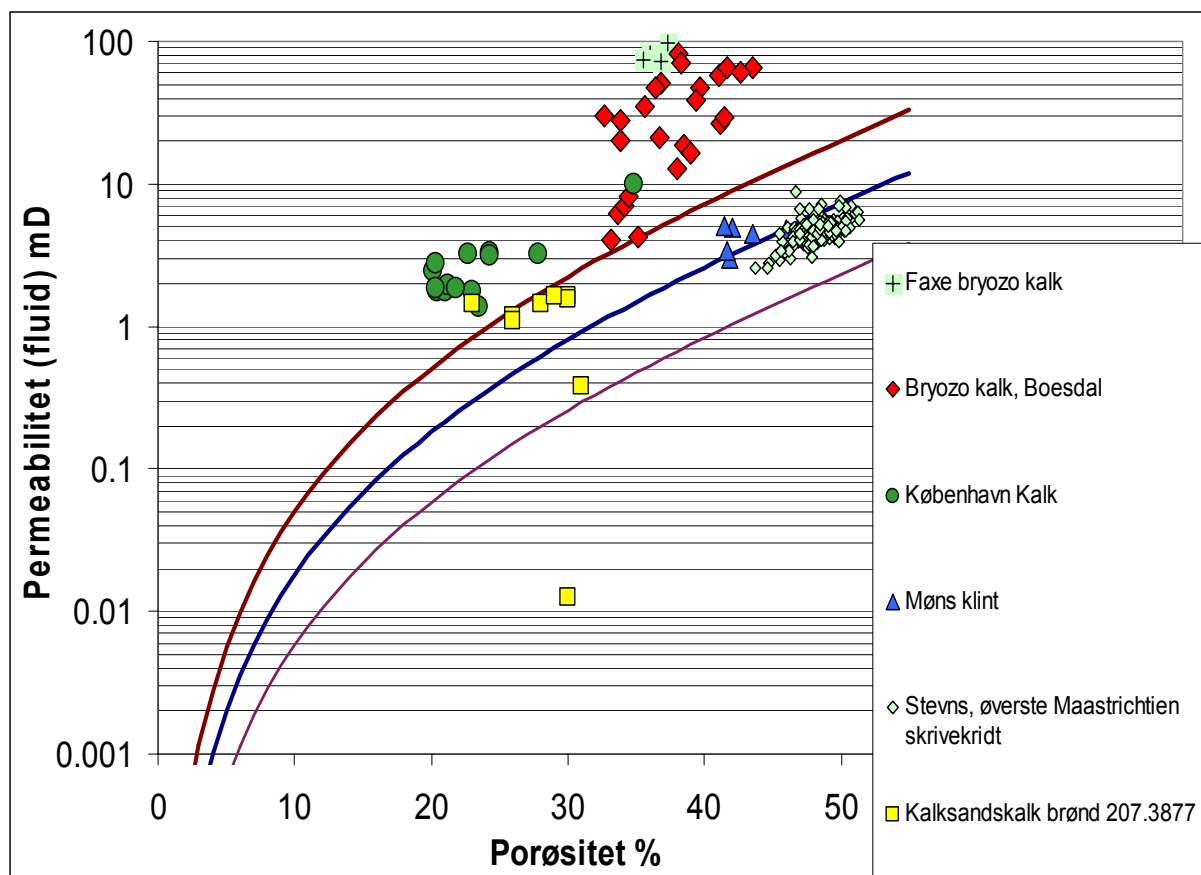
Da en stor del af kalken således udgøres af findelte skeletter fra Coccolithophorider, vil mange af egenskaberne være betinget af dette materiale og giver generelt følgende basale egenskaber, som tydeligst kommer til udtryk i skrivekridt:

1. Stor andel af finkornet coccolit materiale(1-5 μm)
2. Stor korn overfladeareal (1-2 m^2/g)
3. Høj porøsitet (op til 50 %)
4. Skrivekridt består mest af lav-Mg calcit som har lavt diagenese-potentiale
5. Oftest ret ren kalkbjergart (ler og/eller silica indholdet kan være lavt, 0.5-2 % for det reneste)
6. Lav permeabilitet (milliDarcy området, dog op til 200 mD for de mere grovkornede kalktyper)
7. Højt kapillærtryk, d.v.s. suger vand højt op over det frie vandspejl

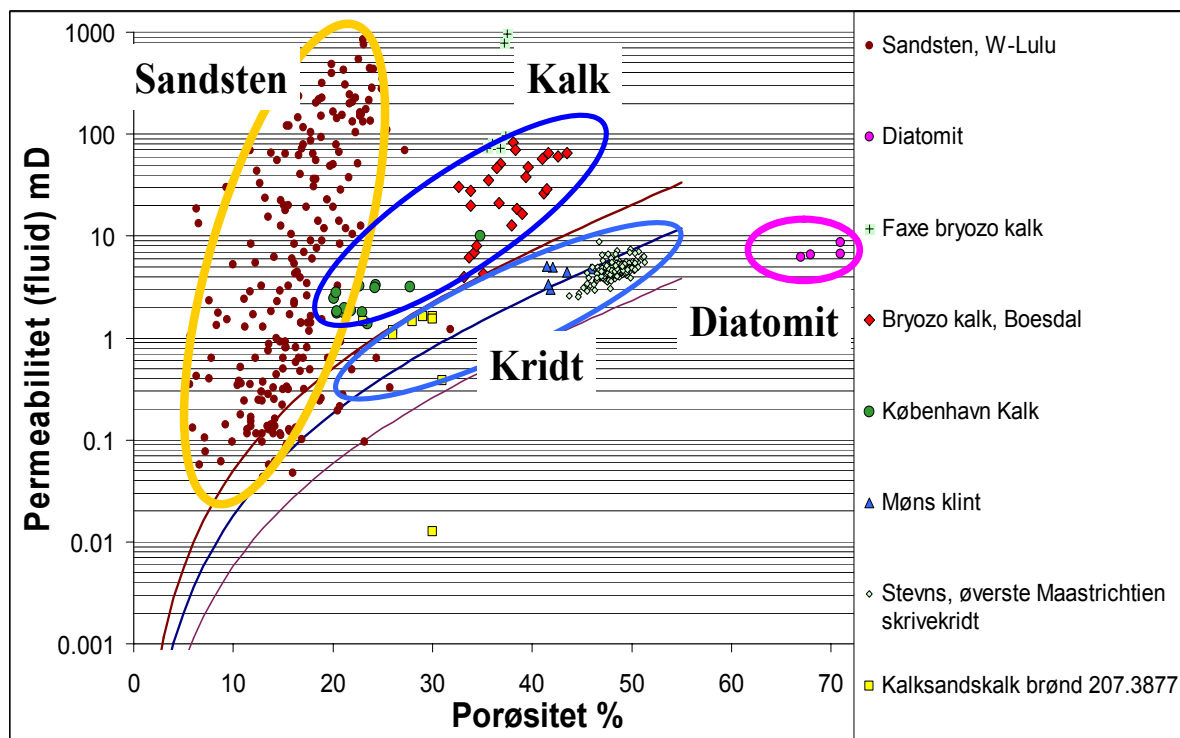
Disse generelle punkter har naturligvis afvigelser og tendenser som giver anledning til en vis variabilitet, f.eks. er der i København Kalken, som består af slamkalk og kalksandkalk, vekslende bænke af blød og hård kalk som skyldes varierende grad af cementering og udgangs sammensætning. Ligeledes kan der findes merglede og lerholdige lag som afviger fra den rene kalk. Den forskellige grad af hærkning skyldes varierende mængde af cement udfældet under den tidlige diagenese. Nogle kalktyper har oprindeligt indeholdt aragonit eller høj-Mg calcit, som er opløst relativt tidligt og genudfældet som cement.

PORØSITET/PERMEABILITETS FAMILIER

Når man skal vurdere de petrofysiske matrix egenskaber for kalk er det almindeligt at betragte et plot af porøsitet-permeabilitets forholdene. Der kan udskilles både populationer og trends, som sammenknytter kalk typer fra forskellige lag og lokaliteter. Det bruges bl.a. til vurdering af analogier og sammenligning til Nordsø kalken (Frykman, 2001). Ved indlægning af teoretiske trend-linier for sammenhængen bliver det nemmere at udskille nogle familie relationer (Figur 4 & 5).



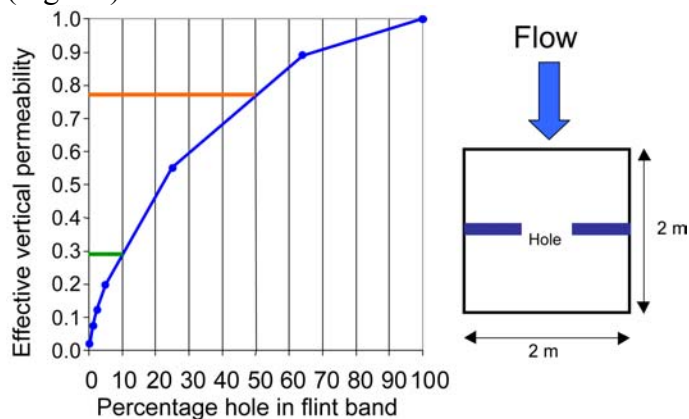
Figur 4. Plot af porøsitet og væske-permeabilitet for forskellige danske kalktyper samt trend-linier. Data i brønd 207.3877 fra Kjølner et al. (2006).



Figur 5. Plot af porøsitet og væske-permeabilitet for forskellige danske kalktyper samt et par andre familier, fluviale sandsten og diatomit. Det ses at kalk- og kridt-familien skiller sig klart fra de to andre.

FLINT OG SPRÆKKER – BETYDNING FOR STRØMNING

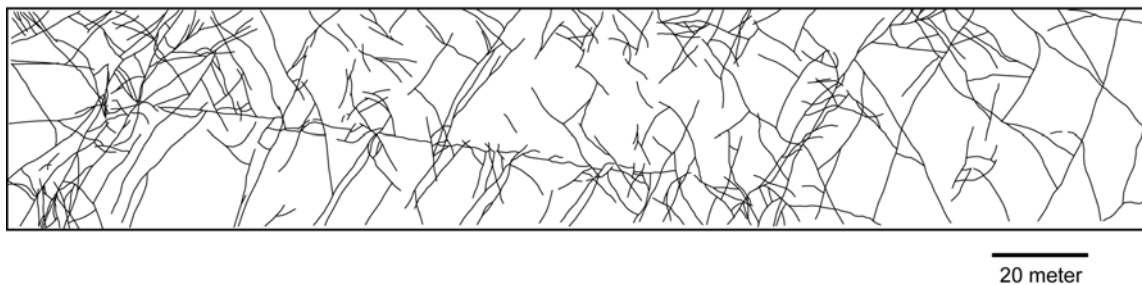
Flint forekommer hyppigt i kalkaflejringerne, både som spredte noder, pladeformede lag eller som dissemineret silicificering. Flint er mest hyppig i Danien aflejringerne, hvor den kan udgøre næsten en tredjedel af den samlede mægtighed. Selvom forekomsten af flint visse steder kan virke massiv, så har den alligevel begrænset effekt på den effektive strømning, idet selv kun 10% hul i et massivt lag kun reducerer den vertikale strømning med en faktor 0.3 (Figur 6).



Figur 6. Diagram der viser reduktionen i vertikal effektiv permeabilitet som funktion af andelen af hul i et massivt flintlag.

På grund af den hyppige forekomst af sprækker i kalken er det ofte nødvendigt at betragte systemet som et dobbeltporøst og dobbeltpermeabelt medie. Det store porevolumen i matrix og den høje permeabilitet i sprækkerne giver et samspil der er krævende når strømning og stoftransport skal modelleres. Sprækkesystemerne er forskellige alt efter den tektoniske ramme, begravelles- og hævningshistorien, lokale heterogeniteter, og må derfor studeres både fra undergrundsdata men også i hvad man tror er analoge blotninger, hvor den 3-dimensionelle geometri kan betragtes.

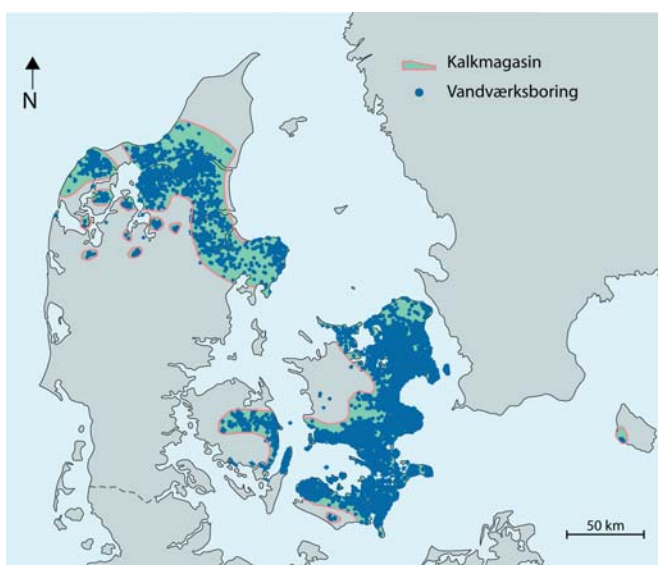
Lägerdorf, Wall 01- fracture map



Figur 7. Sprækkemønster i en lodret væg i kalkbrud i Lägerdorf, som strukturelt ligger ovenpå en saltstruktur (Fra Srivastava et al 2005).

KONKLUSION

At kalk og kridt forekommer overfladenært i en stor del af Danmark betyder at det udnyttes på flere måder. Som råstof til utallige anvendelser i industrien, fra tandpasta til papir; som fundament til broer, bygninger og tunneller, og ikke mindst til vandindvinding. Kalkens vigtighed som vandmagasin ses tydeligt når boringer der udnytter kalk lagene vises på et kort (Figur 8). Det er ikke samme type kalk, og ikke samme processer der gør sig gældende alle steder, og derfor må der altid tages højde for de særlige forhold der hersker på den enkelte lokalitet, imedens der overordnet skeles til de fællestræk som kalk familien trods alt besidder.



Figur 8. Kort over udbredelsen af kalk magasiner i Danmark og vandværksboringer hvorfra der indvindes drikkevand fra kalk magasinerne. Fra Rosenbom & Jakobsen (2000).

LITTERATURHENVISNINGER

- Bromley, R.G., 1979. Chalk and bryozoan limestone: facies, sediments and depositional environments. In: W.K. Christensen and T. Birkelund (Editors), Cretaceous/Tertiary Boundary Events, Symposium. University of Copenhagen, Copenhagen, pp. 16-32.
- 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., 1998. Regional velocity-depth anomalies, North Sea Chalk; a record of overpressure and Neogene uplift and erosion. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 82(11): 2031–2074.
- Kjøller, C., Jessen, S., Larsen, F., 2006. Binding af nikkel til og frigivelse fra naturlige kalksedimenter.
- Lund, N.S., Nielsen, L.H. & Knudsen, C., 2002. Københavns undergrund med fokus på Danien aflejringerne. In: J.K. Frederiksen, Eriksen, F.S., Hansen, H.K., Knudsen, C., Jørgensen, M.E., Møller, H.M.F. & Brendstrup, J. (Editor), *Ingeniørgeologiske forhold i København*. Dansk Geoteknisk Forening Bulletin 19, pp. 5-18.
- Rosenbom, A.E. and Jakobsen, P.R., 2005. Infrared thermography and fracture analysis of preferential flow in chalk. *Vadose Zone Journal*, 4(2): 271-280.
- Srivastava, R.M., Frykman, P. and Jensen, M., 2005. Geostatistical simulation of fracture networks. In: O. Leuangthong and C.V. Deutsch (Editors), *Geostatistics Banff 2004*. Springer, Quantitative Geology and Geostatistics, pp. 295-304.
- Thomsen, E., 1995. Kalk og kridt i den Danske undergrund. In: O.B. Nielsen (Editor), *Danmarks geologi fra Kridt til i dag*. Aarhus Geokompender. Geologisk Institut, Aarhus Universitet, pp. 70-114.

