

Svar til Marcussen og Østergaard - afsluttende kommentarer

Af Nick Svendsen

Jeg vil gerne takke Marcussen og Østergaard for deres indlæg i GeologiskNyt nr. 3-2011. De er ikke de eneste, som har kommenteret mine artikler. Også privat har jeg modtaget kommentarer fra blandt andet Per Smed, som har gjort mig opmærksom på nogle faktuelle fejl, og fra Boldreel som præsenterede nye og vigtige data for Furesøen.

Jeg vil tillade mig at beskrive Marcussens og Østergaards kvartærgeologiske model som en passiv afsmeltningmodel, men den klassiske "kvartærgeologiske model" som en dynamisk afsmeltningmodel. Herved ment at de dynamiske kræfter i glaciologien underspilles af Marcussen og Østergaard, mens de dynamiske processer til tider overspilles i den klassiske kvartærgeologi.

Charles Lyell (1797-1875) sagde engang: "The present is the key to the past". Vi observerer erosion, aflejring i flodløb, gletschere der danner moræne osv., men vi har endnu ikke direkte observeret dannelsen af en tunneldal. Derved er vi nødsaget til at opstille modeller. Det betyder også, at der kan være flere opfattelser (dannelsesmodeller). Jeg tager derfor Marcussens og Østergaards artikel til efterretning og vil i det følgende kommentere nogle af deres udsagn.

Vand under og på gletschere

Det er efterhånden blevet påvist, at der er meget vand i subglaciale søer i Antarktis; jeg henviser til en artikel i Illustreret Videnskab fra 2008 (om bl.a. Lake Vostok) – se figur ovenfor.

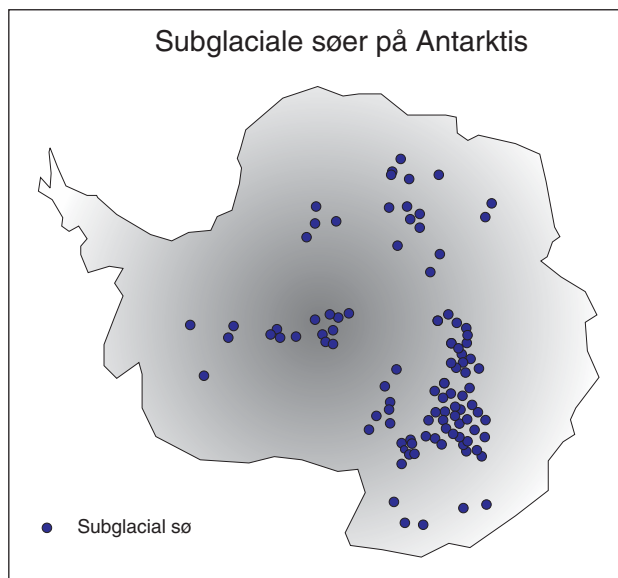
Samme blad har også haft en artikel i 2010 om udtømmning af en isdæmet sø ved en gletscher i de kirgisiske Tien Bjerge, hvor vandet søger ud under isen. Gletschersøen tømmes regelmæssigt en gang om året under isbarrieren som jøkelløb.

Også Ingeniøren har bragt en artikel om emnet. Jeg citerer herfra (Ing.dk, sep. 2009):

"Mere end 1000 milliarder liter ferskvand fossede ud i Nuup Kangerlua (Godthåbsfjorden), da der gik hul på den 15 kvadratkilometer store isdæmmede sø Iluliartooq på gletscheren Narsap Sermia forrige week-

end. Det var den tredje sø langs randen på gletscheren, der blev drænet inden for det seneste år.
De tre søer er mellem 60 og 130 meter dybe og repræsenterede et omtrentligt volumen på 1800 milliarder liter vand. Søen, der blev tømt i weekenden, lå 20 km fra gletschermundingen.
Søer tømmes oftere pga. opvarmning. Søren Rysgaard, der er professor ved Center for Marinøkologi og Klimaeffekter, fortæller til Ing.dk, at der er masser af søer på gletscherne.
Søerne opstår ved at vand samles i lavninger mellem Indlandsisen og land. Søerne kan variere i størrelse fra mindre end 100 meter til ti-tals kilometer i diameter. Når en

Dette eksempel er fra Argentina (billederne er taget 4. juli (til venstre) og 9. juli (2008). De viser, hvordan taget på en istunnel er kollapse i en gletscher i Patagonien i Argentina – midt om vinteren. Man bemærker, at vandet fosser ud, har erosionskraft og at det oprindeligt kom ud gennem en tunnel. (Kilde: Aftenbladet.no, 2008)



sø bliver fyldt op til et givet niveau, tømmes den pludselig. Smeltevandet er varmere end isen og kan derfor smelte sig vej ned gennem gletscheren. Tømming af isdæmmede søer har altid forekommet, men måske vil vi se mere til sø-tømmningerne i fremtiden."

Så ifølge disse observationer er der vand under gletschere – det betyder ikke, at de svømmer i vand. Vandet findes blandt andet oppe på gletscheren og smelter sig vej ned til bunden i randen af gletscheren og lokalt ud gennem gletscherporten. Jeg er klar over, at disse eksempler ikke er indlandsis, men andre billeder (ikke vist her) fra Grønland viser også vand oppe på indlandsisen. Det lader til, at jøkelløb forekommer regelmæs-





Et anastomoserende dalsystem i Wright Valley, Antarktis. (Foto: D. R. Marchant, 2006)

sigt ved gletschere og dette har formentlig også været tilfældet under istiden. Skal vi tro artiklen i Illustreret Videnskab, kan der være vand langt inde under en indlandsgletscheren, som spiller en vigtig rolle for isens bevægelse.

Subglacial erosion

Ovenstående billede fra Antarktis er taget af Boston University Antarctic Research Group. Det viser et anastomoserende dalsystem, der er fortolket som værende dannet subglacialt af vand, der er presset ud af

subglaciale søer som jøkelløb (*catastrophic discharge of meltwater* – katastrofal udtømmelse af smeltevand) (Lewis et al. 2006). Umiddelbart ligner det de anastomoserende tunneldalsystemer i Nordsjælland beskrevet af Milthers. Dalene har et uregelmæssigt relief og er 50 til 140 m brede og 20 til 30 m dybe. De skærer sig ned i underlaget, der består af dolerit og har et fyld af 2 m diamictit og grus. Det er naturligvis ikke et bevis for dannelsen af de danske tunneldale, men ligheden er slående. De danske dale mangler at blive undersøgt detaljeret dvs. en

sammenligning mellem bunden og de ovenforliggende moræneflader.

For at summere op – observationer fra nutidige gletschere viser regelmæssig udledning af smeltevand fra smeltvandssøer på gletscheren såvel som fra subglaciale søer. Udledningen forekommer regelmæssigt som jøkelløb og i store voluminer og med stor erosionskraft.

Per Smed viste for adskillige år siden et glimrende billede (se næste side) fra Alaska i GeologiskNyt (diskussion om tunneldale), som efter min mening overbevisende viser



Gletscherport der fører ind til en istunnel Smeltvandssflod der fører vandet væk fra gletscheren. I floden aflejres smeltvandssand og -grus.

Grønland – illustration af istunneller ved en arktisk gletscher. (Foto: Joakim Stiel Korshøj, 2009)

sammenhængen mellem ås og tunneldal. Erosionsrenderne før åsen løber oven i købet op ad bakke. Jeg anser det for sandsynligt, at de fleste – hvis ikke alle åse – er dannet i sprækker i dødisen. Spørgsmålet er så, om det er en tilfældig sprække eller som foreslået i min artikel en rende/sprække dannet i en tunnel til at begynde med.

De Miltherske tunneldale

Jeg har blandt andet noteret mig Marcussens og Østergaards forslag til dannelsen af Bagsværd og Lyngby sø ifølge deres bog "Geologiske seværdigheder" (ved den gradvise afsmeltning af dødisen dannes forskellige niveauer af isflodssletter, som står tilbage som en form for kames). Netop Bagsværd Lyngby-Hareskov-området kan meget vel fortolkes anderledes med en passiv afsmeltning model.

Jøkelløbene eroderer ikke jævnt, og det kan forklare det uregelmæssige relief i tunneldalene. Som Marcussen og Østergaard nævner, betyder det ikke, at alle aflange dale med uregelmæssigt relief er tunneldale. Det er her, vi må respektere alternative geologiske modeller.

Farum-sandet

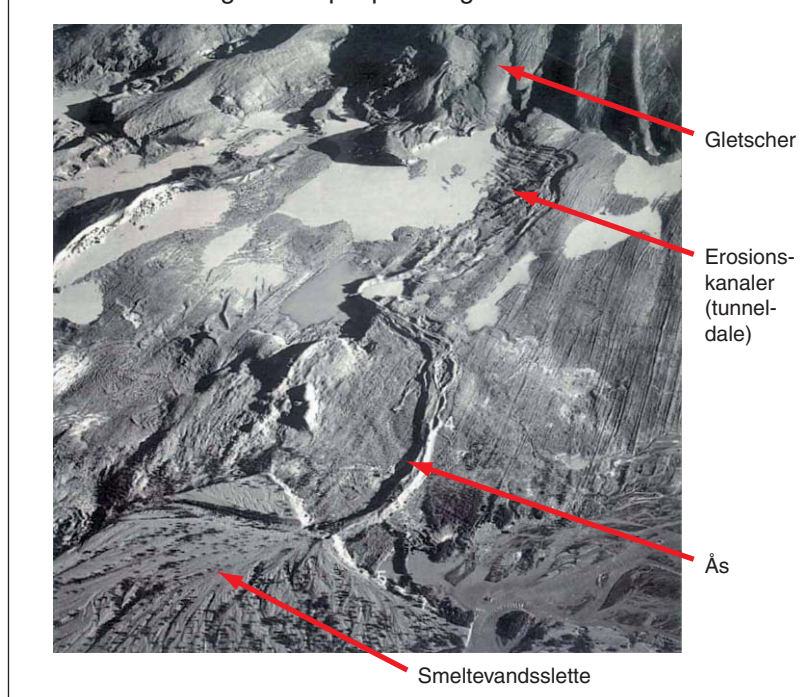
Farum-sandet er defineret i boringen i Nymølle-graven (boring nr. 193.1331), som, så vidt jeg kunne læse mig til, er foretaget af Geus og beskrevet af geologer derfra. I modsætning til mange af de andre vandboringer er prøvetætheden 2 m, dvs. at der næppe kan skjule sig en till-horisont mellem prøverne. Det viser, at der ikke er nogen andre till-horisonter under overfladen af morænen ved Nymølle.

Boringen har slutdybde i kalken. De borerer, der er vist på mit tykkelseskort over sandet (se GeologiskNyt nr. 6-2010), er kun de borerer, der går ned til kalken. Som Marcussen og Østergaard nævner, er der mange flere borerer, men de går ikke ned til kalken og kan derfor ikke bruges til et tykkelseskort. Alle de borerer, jeg har set i hovedudbredelsesområdet for Farum Sandet, har smeltevandssand ned til slutdybden under en overflademoræneaflejring. Muligvis kan boreborene have overset moræneaflejringer nede i sandet, men jeg har valgt at tro på borerapporterne.

Farum-sandet har intet med kamebakkerne ved Lyngby at gøre. Jeg sidestiller Farum-sandet med de hedesandsaflejringer, vi har i Vestjylland (ikke tidsmæssigt), hvor man finder smeltevandsaflejringskeglerne mellem "Bakkeørerne". Da der ligger en till-horisont oven på sandet, må en gletscher have overskredet sandet mindst en gang. Selvom det skulle være en "flowtill", er det øverste landskab, som Marcussen og Østergaard nævner, præget af dødis.

Jeg fastholder derfor min foreslåede model for dannelsen af Farum-sandet som en hedeslette, der siden er overskredet af det sidste isfremstød.

Nutidigt eksempel på ås og tunneldal



Woodworth Glacier i Tasnuna Valley i Alaska. (Kilde: GeologiskNyt nr. 2-1995, Bradford Washburn, Museum of Science, Boston, USA)

Glacialstratigrafi

Jeg anser min artikel for at være "traditionel", idet den tager udgangspunkt i glacialstratigrafi som foreslået af Houmark-Nielsen (1999), og som involverer flere gletscherfremstød. Undersøgelserne af iskernerne fra Grønland har demonstreret varme- og kuldeperioder under istiden, dvs. der er intet, der forhindrer gletscherne i Nordeuropa i at være rykket frem og smeltet tilbage flere gange under istiden.

I forbindelse med en tur til Nordjylland i sommer gik jeg en tur på stranden og kiggede på sten (en geologs yndlingsbeskæftigelse). I løbet af kort tid havde jeg observeret og samlet flere norske ledeblokke (rhombeporfyre), som jeg forgæves har søgt efter på Sjælland. Nedenunder har jeg lavet et ledeblokkort stærkt modificeret efter Per Smed. Hvis man tror på, at ledeblokkene er fra begrænsede områder, og at disse områder er velundersøgte, har jeg svært ved at forstå, hvorledes de baltiske sten har fundet vej til Danmark, hvis der ikke har været en Bælthavsgletscher. Østersøen er mig bekendt ikke bare eroderet af gletscherne, det er en gammel floddal og naturligvis en kambrisk synklinale. Gennemsnitsvanddybden er 65 m, dvs. at den nogle steder er dybere. Spørgsmålet er, om ikke reliefforskellene har været nok til at guide Bælthavsgletscheren mod Danmark.

Tektonisk betingede dale

Marcussen og Østergaard nævner i deres indlæg, at nogle dale er tektonisk betingede bl.a. dele af Mølleå-dalen. Jeg har i en arti-

kel her i GeologiskNyt tidligere beskrevet prækvartær-fladen i området (Svendsen, 2008), og der ikke belæg for, at dele af Mølleå-dalen er betinget af en prækvartær forkastning. De dybe vandboringer viser ikke antydningen af en forkastning i kalken. Det betyder ikke, at der ikke kan være en kvartær forkastning betinget af sætninger i moræneaflejringerne.

Søndersø-dalen har jeg beskrevet i samme artikel, og den er efter min fortolkning en prækvartær erosionsdal. Den går på tværs af de prækvartære tektonisk betingede forkastninger. Men da dalen har været til stede før isen, har den naturligvis påvirket isen og aflejringerne af de glaciære sedimenter. Som nævnt i artiklen (Svendsen 2008) kan den dybe del af Roskilde Fjord være et udtryk for den underliggende prækvartære dal.

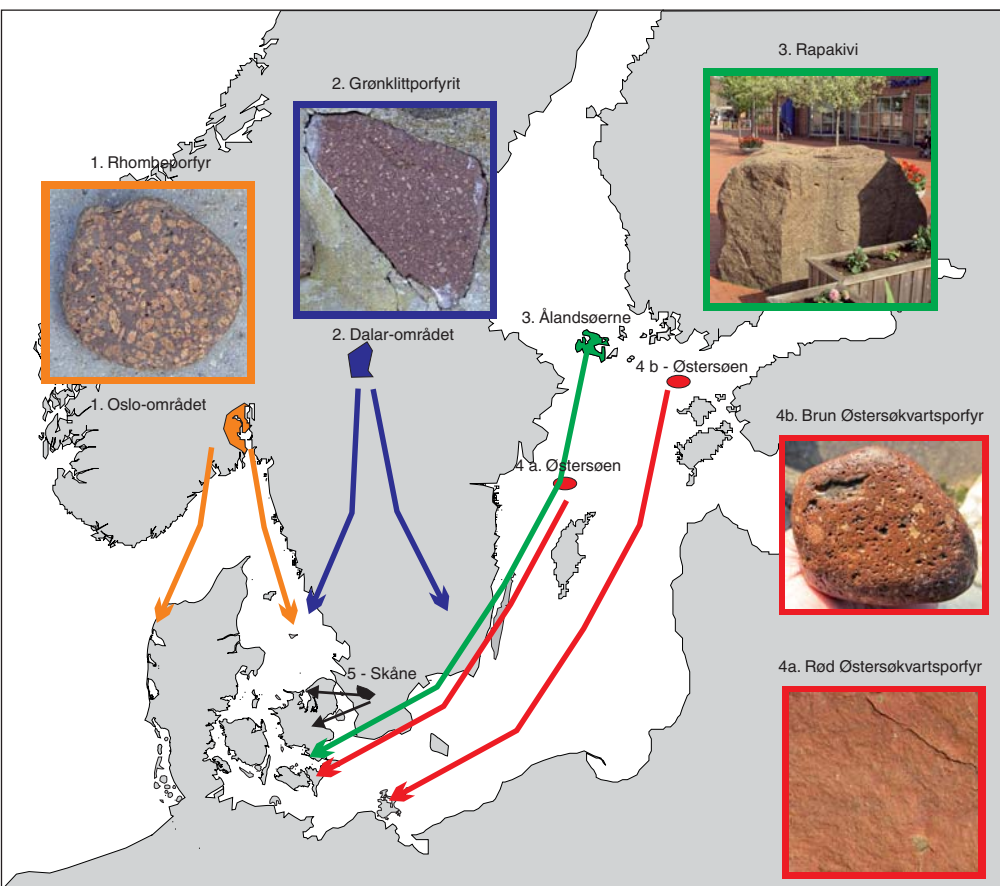
Konkluderende bemærkninger

Marcussen og Østergaard har i deres indlæg præsenteret alternative geologiske modeller. Jeg vil dog fastholde mine alternative geologiske modeller for Farum-sandet, Furesøen og tunneldalsystemet, idet jeg mener, at de nødvendige processer var til stede for subglacial erosion. En erosion som foregik ved kanten af den aktive is. Det sidste ord er dog ikke sagt om Furesøens dannelse, idet det lader til, at Institut for Geografi og Geologi ved Københavns Universitet påtænker at optage nogle flere Chirp III-linjer i Furesøen (Boldreel personlig kommunikation).

Referencer:

- Houmark-Nielsen, M. 1999, A lithostrati-

Oprindelsessteder for udvalgte ledeblokke



Kortet viser nogle af de almindelige ledeblokkes oprindelsesområder og dermed også isens bevægelsesretning angivet ved pilene. Under transporten sker der en hvis spredning af blokkene.

1. Oslo-området: Rhombeporfyr har sit navn efter de rhombeformede strørkorn (enkelt krystaller af mineralet feldspat) i den brunlige grundmasse.
2. Dalarne: Grønklittporfyr har relativt mange, men relativt små strørkorn i en rød grundmasse.
3. Ålandsøerne: Ålandsrapakivi er karakteriseret ved de store ovale øjne af feldspat, der ofte er over 2 cm i radius. Jonstrup Vang-stenen, som nu står ved Værløse bibliotek, er en rapakivi.
4. Østersøen: Vi kender to typer af ledeblokke fra Østersøen, rød og brun østersøkvartsporfyr. Man har ikke fundet stedet, hvor de findes "faststående". Ved at kortlægge deres udbredelse har geologerne kunnet beregne, hvor de to typer sten må findes faststående (hvor er det så?). Den røde østersøkvartsporfyr har en rødlig grundmasse med relativt få lyse strørkorn, mens den brune østersøkvartsporfyr har en brunlig grundmasse med relativt mange strørkorn.
5. Skåne: Tertiær basalt (40 til 50 millioner år gamle). Basalt er en vulkansk bjergart, der overvejende indeholder mørke mineraler og derfor fremtræder med en sort grundmasse. (Grafik: forfatteren). Billedet af Rapakivi-stenen er fra torvet i Værløse. (Foto af brun østersøkvartsporfyr: Ole Allan Jensen; de resterende fotos: Forfatteren).

graphy of Weichselian glacial and interstadial deposits in Denmark. *Bull. Geol.Soc.* vol. 46, pp. 101 - 114, Copenhagen.

- Houmark-Nielsen, M. 1980, *Glacial stratigrafi i Danmark øst for Hovedopholdslinien*. DGF Årskrift for 1980 s. 61-76.

- Hougaard Nielsen, R., *Det ukendte land, Illustreret Videnskab*, nr. 8, 2008.

- Lewis, A.R., D.R.Marchant, D.E. Kowalewski, S.L. Baldwin and L.E. Webb, 2006, *The age and origin of the labyrinth, western Dry Valleys, Antarctica: Evidence for extensive middle Miocene subglacial floods and freshwater discharge to the sou-*

thern Ocean. *Geology*, July 2006.

- Milthers, V. 1935, *Nordøstsjællandsgelologi*. DGU, V Række nr. 3.

- Smed, P. Tunneldale er dannet af smeltvand under isen. *GeologiskNyt*, no.2, 1995.

- Svendsen, N., *Begravede dale på Sjælland – Sønderø, Alanarp og Kildebrønde dalene*. *GeologiskNyt*, no. 2, 2008.

- Svendsen, N., *Furesøen og Farum-sandet – forslag til dannelse af Danmarks dybeste sø*. *GeologiskNyt*, no. 6, 2010.

- Svendsen, N., og L. O. boldreel – *Furesøen – nye data til en dannelsesmodel*. *GeologiskNyt*, no. 6, 2011.

Geologisk tidsskala

Eon	Æra	Sub-æra	Periode	mio. år	Epoke	
Fanerozoikum	Kænozoikum	Tertiær	Kvartær	0,01	Holocæn	
				2,6	Pleistocæn	
				5,3	Pliocæn	
			Palæoogen / Neogen	23,0	Miocæn	
				33,9	Oligocæn	
				55,8	Eocæn	
		Mesozoikum	Kridt	65,5	Paleocæn	
				99,6	Sen	
				Jura	145,5	Tidlig
					161,2	Sen
					175,6	Mellem
				Trias	199,6	Tidlig
			228,0		Sen	
			245,0		Mellem	
	Perm		251,0	Tidlig		
			260,4	Lopingien		
			Karbon	270,6	Guadalupien	
				299,0	Cisuralien	
				306,5	Sen	
		Palæozoikum	Devon	Pennsylvanien	311,7	Mellem
	318,1				Tidlig	
	326,4				Sen	
	Mississippien			345,3	Mellem	
				359,2	Tidlig	
				Silur	385,3	Sen
	397,5		Mellem			
	416,0		Tidlig			
Ordovicium	418,7		Pridoli			
	422,9		Ludlow			
	428,2		Wenlock			
Kambrium	443,7		Llandovery			
	Kambrium		460,9	Sen		
		471,8	Mellem			
		488,3	Tidlig			
	Proterozoikum	Proterozoikum	501,0	Furongien		
			513,0	Mellem		
542,0			Tidlig			
Arkeikum			Neoproterozoikum	1.000	Perioderne for Proterozoikum er ikke medtaget. For Arkeikum foreligger der ingen periodenavne.	
			Mesoproterozoikum	1.600		
	Palæoproterozoikum	2.500				
	Neoarkæikum	2.800				
	Mesoarkæikum	3.200				
Palæoarkæikum	3.600					
Arkeikum	3.600	3.600				