

GEOLOGISKE HOVEDTREKK I GRENLAND - BRUNLANES-OMRÅDET

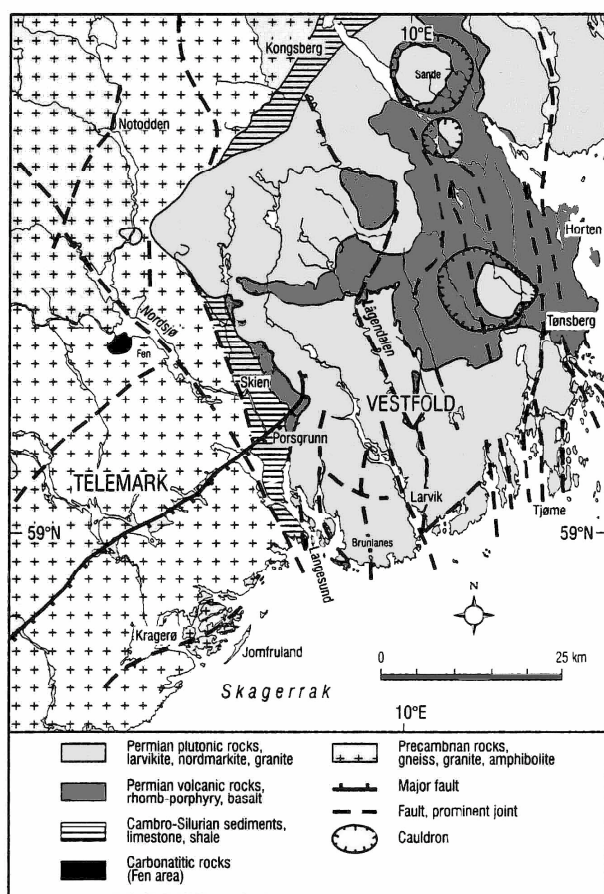
Guide for GEL2150 – Felt- og metodekurs: Feltkurs, Nevlunghavn 2005

ved

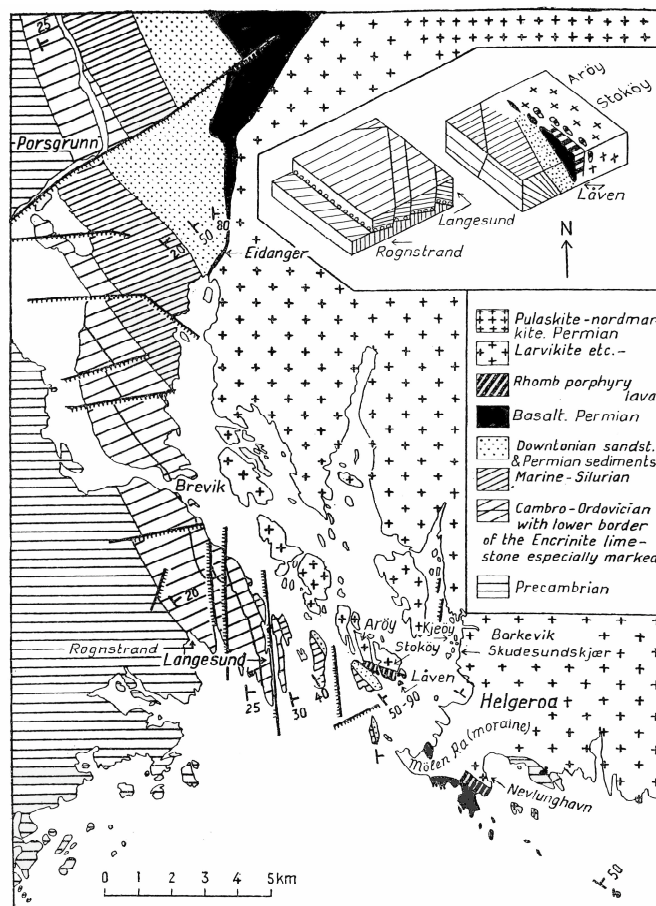
Odd Nilsen

INNLEDNING

Geologisk sett utgjør Larvik-Langesundsområdet den sydvestre del av Oslofeltet. I øst danner Bamblesektorens prekambriske gneiser et underlag for et blokkforkastet segment av Oslofeltets kambrosilurlagrekke som igjen overleires av de eldste permiske effusivbergarter (basalt og rombeporfyr). Både de prekambriske gneiser, kambrosilurbergarter og permiske effusiver blir mot øst intrudert av en serie av permiske alkali-monzonitter, best kjent under navnet Larvikitt. I Helgeroa-Nevlunghavn-området i Brunlanes støter disse forskjelligartede bergartskomplekser sammen, og innen et område på 6 km² finner vi således svært forskjelligartede bergarter og sedimenter fra prekambrisk til til kvartær alder. De strukturelle, tektoniske og petrografiske relasjoner mellom bergartskompleksene er i dette området godt blottlagt og byr på svært interessante geologiske utfordringer som kan ha betydning for forståelsen av mer uklare bergartsrelasjoner i Oslofeltet.



Forenklet geologisk kart over den SE'lige del av Oslofeltet (Vestfold-segmentet).
Etter Dons & Jorde (1978) og Larsen et al. 1978



Geologisk oversiktskart over Langesundsfjordområdet (etter Oftedahl, 1960)

BAMBLE-SEKTORENS GEOLOGI VED LANGESUNDSFJORDEN

Alder og tektonometamorf utvikling

Kongsberg- og Bamble-sektorene tilhører en av de mange orogene belter innen det Sydvest-Skandinaviske grunnfjellsområde på det Baltiske skjold. Kongsberg- og Bamble-sektorene er i dag adskilt av den permiske Oslo Paleorift. De har en felles tektonisk, metamorf og magmatisk utviklingshistorie og begge høymetamorfe områder må derfor antas å ha tilhørt et kontinuerlig område. Bamble-sektoren er 20-30 km bred og ca. 150 km lang, og er skilt fra de lavmetamorfe Telemark-suprakrustalene ved Porsgrunn-Kristiansand-forkastningen (PKF) som også blir kalt Den store grunnfjellsbreksjen.

Bergartene i Bamble-sektoren domineres av orthogneiser, amfibolitter og forskjellige metasedimentære gneiser (kvartsitt, metavulkanitter, marmor, leptittgneis). I Arendalsområdet finner vi regional skarndannelse med jernmalforekomster fra tidligere vulkanske jernformasjoner. Bamble-gneisene er flere steder gjennomført av gabbroide bergarter ("hyperitter") og enkelte store charnockittiske-, øyegranittiske og monzonittiske plutoner. Intrusjonene kutter båndingen til de eldre gneisene, men er selv påvirket av deformasjonen knyttet til dannelsen av Porsgrunn-Kristiansand-forkastningen.

I kystområdet mellom Risør og Arendal finner vi en sterkt metamorfosert suprakrustalserie utviklet i granulitt-facies. Vi finner her en åpenbar overgang fra amfibolitt-facies paragenerer i innlandet mot granulittene i kystsonen. Granulitt-facies bergarter finnes også som spredte områder inne i amfibolitt-facies distriktene i innlandet. Gneisene har et markert NE-SW strøk og et steilt fall.

Gjennom tidene har den tektono-metamorfe utvikling av Bamble-sektoren blitt gjenstand for en livlig debatt etter som flere og flere aldersbestemmelser blir publisert. Geokronologisk gjenspeiler hele det Sydnorske grunnfjellsområdet den *Svekonorvegiske* thermotektoniske orogenese med alder rundt 1000 mill. år - en hendelse som åpenbart overpreger pre-Svekonorvegiske hendelser. Aldersbestemmelser på mellom 1.2 og 1.6 Ga gjenspeiler den s.k. *Gothiske orogenese* (Kongsberg-orogenesen) og representerer et mellomstadium i den tektonometamorfe utvikling mellom den *Svekokarelske orogenese* (1900-1750 Ma) og den *Svekonorvegiske* (1250-900 Ma). Selv om vi har få Svekokarelske aldre i Syd-Norge, startet åpenbart dannelsen av en skorpe her omtrent på denne tiden.

Alderen på granulittfacies-metamorfosen i Bamble-området har i denne forbindelse vært svært omdiskutert. Ut fra K-Ar-data har man ment at metamorfosegraden ble oppnådd rundt ca. 1100 Ma, mens andre mener at området ikke har undergått noen Svekonorvegisk granulittfaciesmetamorfose. Her skulle da områdets granulitter være dannet rundt ca 1500 Ma med en etterfølgende Svekonorvegisk lavtemperatur-metamorfose.

Nylige Sm-Nd-aldersbestemmelser (Kullerud & Dahlgren, 1993) indikerer imidlertid at granulittfaciesbergartene får en Svekonorvegisk alder på mellom 1070-1100 Ma. Gneisene i Bamblesonen ble deformert før gabbrointrusjonene med aldre på ca 1250 Ma. Deformasjonen postdaterer intrusjonene av 1500-1600 Ma orthogneiser (Levang gneisene 1616 Ma etc.). Denne hendelsen forårsaket båndingen av gneisene i Bamble-sektoren.

Den Svekonorvegiske orogenese kan ha foregått i flere trinn:

1. Magmatisk hendelse (Morkheia monzonitt, Gjerstad augen gneis 1250Ma)
2. Metamorf hendelse (Charnockitt-intrusjoner (Flostå & Gjeving 1152-1100Ma)
3. Intrusjon av Herefoss- og Grimstad-granitt ($926 \pm$ Ma hhv. 997 ± 12 Ma)

Pegmatitter er knyttet til de sene Svekonorvegiske granitter.

Petrografi

Gneisene i de nordlige kystområdene er beskrevet av bl.a. Bugge (1943), Morton et al.(1970), Starmer (1976) og Elders (1960). Båndgneis-lithologiene ved Rognstranda (Elders, 1960) er vel dem som nærmest er beslektet med Nevlunghavn-gneisene. Ved Rognstranda skjelner Elders mellom

1. Amfibolitter

Med hornblende og biotitt og cm-store granatporfyroblaster.

2. Felsiske gneiser

a) Kvarts-feltspatiske glimmergneiser (tonalitt-gneis) med granoblastisk til lepidoblastisk tekstur. Ofte båndet, med kvarts-feltspatiske bånd i veksel med glimmerrike bånd. Opptil 40% kvarts. Gråfarget, ofte med rustbrun forvitningsflate.

b) Mikroklinførende, granittiske granoblastiske gneiser med mer enn 20% mikroklin

c) Kataklastiske gneiser med mørteltekstur. Hovedsakelig med kvarts, sericitt. Ofte phlebitisk - blandingsgneiser med mørke og lyse lag.

3. Pegmatitt

Gjennomsettende pegmatitter i Bamblefeltet omfatter hovedsakelig kvarts-plagioklas-pegmatitter. Vi finner stor variasjon i form og størrelse.

Av utpregede suprakrustalbergarter i Bamble-sektoren må nevnes kvartsitt og kvartsittiske gneiser. De er beskrevet av Bugge (1943) og Morton et al. (1970) fra Kragerø-området der de er spesielt vel utviklet og kan følges over én km. i strøkretningen. De kvartsittiske gneisene har en granoblastisk tekstur og kan inneholde varierende mengder biotitt og feltspat. Med økende glimmerinnhold går de stedvis over i glimmerskifer og glimmergneiser, ofte med sillimanitt, cordieritt.

KAMBRO-SILUR I LANGESUNDSFJORDEN

Den kambro-silurske lagrekke ved Langesundsfjorden strekker seg som et NNW-SSE-strykende belte fra Langesundshalvøya i SSE til de nordlige deler av Gjerpen i NNE. Lagrekken ble studert allerede på midten av 1800 tallet (Forbes og Dahll) og senere av Brøgger (1883). Kambro-siluren er avgrenset av Bamble-sektorens prekambriske gneiser i vest ved en inkonformitet og grenser til de permiske magmatiske bergarter i øst. Lagrekken er i kontaktsonene blitt betydelig kontaktmetamorfosert. Til forskjell fra kambrosilurtbergartene i Oslo-området har lagpakken i Langesundsområdet ikke blitt foldet under den Kaledonske fjellkjededannelse, men har undergått en omfattende forkastningstektonikk - spesielt i forbindelse med den tektonomagmatiske aktivitet i permisk tid (Holte dahl, 1935, 1943) og vil bli omtalt senere. I den sydlige delen av feltet har kambro-silurlagpakken et NW-SE'lig strøk som mot nord dreies mot mer nordlig retning. Lagene stryker stort sett parallelt med perm-eruptivene, men overskjæres lengst i nord.

Mellomkambrisk sandstein og konglomerat ligger med primær avsetningskontakt direkte på grunnfjellet, og overleires av en ca. 500m mektig lagpakke av ordovisiske kalker og skifer. Selv om de kambriske basallag er overdekket er disse relasjonene er fint eksponert ved **Rognstranda** vest for Langesund. I brattskrentene her (Mollekleivene) finner vi nederst en 2.5-3.5 m mektig benk av orthocerkalk (Huk fm) direkte over overkambriske alunskifer (Alunskifer fm.). Den nederste del av underordovicium (Bjerkåsholmen- og Tøyen fm.) mangler her ("Langesundsbruddet") Den underordoviciske kalksteinen fører echinoderm-stilker, cephalopoder og brachiopoder. Flere permiske lagerganger ("sills") av augittporfyr gjennomsetter kalken. Over kalksteinen følger ca 25m med rustforvitrende Ogygia-skifer (Elnes fm.) med graptolitter. Mot toppen inngår flere ca. 25 cm tykke kalklag.

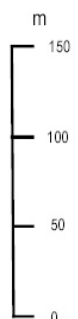
Mellom- og overordoviciske lag er godt blottet mellom Skien og Langesund og omfatter mellomordoviciske kalker (Fossum-kalk (Frier-lagene; ca 160m) og Enkrinitt-kalk (Solvang fm; 40-50 m)). Enkrinittkalken tas ut av NORCEM A/S for cementproduksjon ved Kjørholt. Overordoviciske kalker og skifer (Herøy-kalk; 120-130m) er meget godt blottet langs kysten og i innlandet.

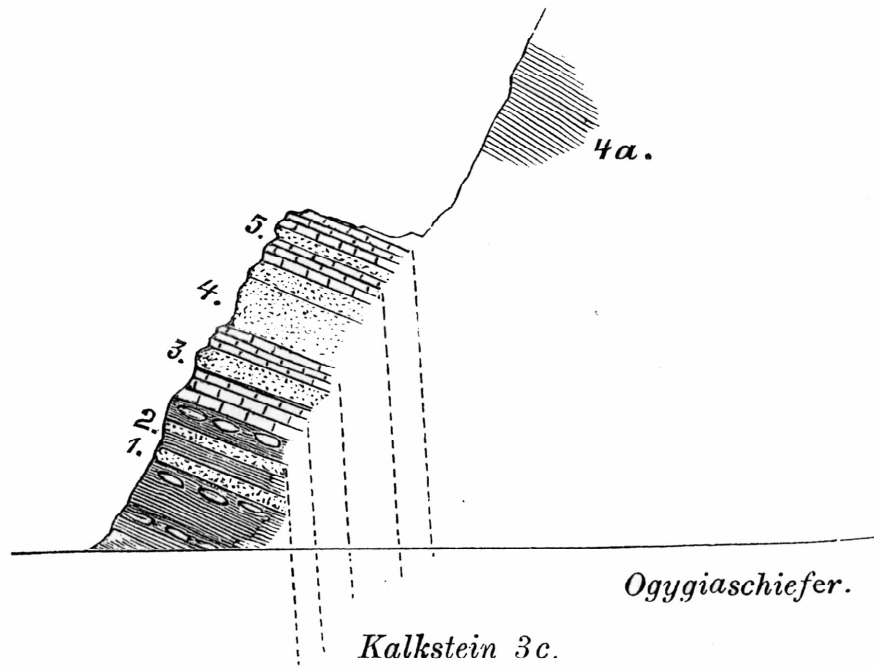
Silurlagene omfatter en ca 750m mektig lagpakke og omfatter i det vesentlige kalksteiner i form av knollekalker og rev-kalker med mindre skifer- og sandsteinslag. Steinsfjorden formasjonens kalksteiner blir ved Bjørntvedt brutt for cementproduksjon.

Mektighet m		Etage	Lithologi	Lokal betegnelse	Formasjoner	Grupper	
300		10	Sandstein			RINGERIKE GR.	SILUR
25		9g	Skifer med tynne kalklag	Holm-kalk	Steinsfjorden fm.	HOLE GR.	
20		9f	Tettknollet kalk				
20		9e	Skifer og plate-kalk				
30		9d	Grovknollet kalk				
25		9c	Finknollet kalk				
15		9b	Tykk plate-kalk				
10		9a	Finknollet kalk				
20-30		8d 8c	Mørk kalk-skifer Lys grå revkalk				
60		8b 8a	Lysegrå til mørk gråblå skifer. Kalklag øverst	Skien-skifer	Slemmestad fm.		
25-30		7qj-γ	Kalkstein med knollete lag	Kleiv-kalk	Vik fm.	BÆRUM GR.	
10		7cx	Finknollet kalk		Rytteråker fm.		
80		7b	Kalkstein				
10		7a	Svakt knollet kalk				
40		6c	Grågrønn skifer m. tynne kalk- sandsteinslag	Gunnkleiv- lagene	Solvik fm.		
50		6c	Kalksandstein				
7		6a					
15		5b	Lag med <i>Holorynchus</i> Lag med <i>Orthis</i>		Langøyene fm.	OSLO GR.	
120-130		4cj-5a	Gastropodkalk	Herøkalk	Husbergøya fm. Skogerholmen fm. Skjerholmen fm. Grimløya fm.		
13-15		4cx		Venstøp-skifer	Venstøp fm.		
40-50		4bd	Enkrinitkalk	Steinvika fm	Solvang fm.		
35		4by	Mastopora- Coelosphaeridium- lag		Nakkholmen fm.		
100		4bx-β	Bryozo-lag Knollekalk	Fossum fm. (Frier-lagene)	Frognerkilen fm. Arnestad fm.		
60		4aj	Skifer m. knollekalklag (Ampyx-kalk)	Ampyx-lag (Saltbød-skifer)	Vollen fm.		
25 2,5-3,5		4ax 3c	Ogygiocaris-lag Orthocerkalk	Flaug-skifer	Elnes fm. Huk fm.		
21		1c - 2d	Alunskifer	Alunskifer fm.			
12-16			Kvartsitt	Stokkevannet fm.	Alunskifer fm.		RØYKEN GR.
			PREKAMBISK GRUNNFJELL			KAMBRUM	

modifisert etter Størmer (1953);
Hemmingsmoen (1980, 1971); Harland
(1980) av O. Nilsen (2000)

STRATIGRAFI I SKIEN- LANGESUNDS KAMBRO-SILURFELT





*Alaunschiefer mit
Peltura scarabäoides.
1, 2, 3, 4, 5 Gänge von verändertem Augitporphyrit.*

Mollekleivlagene ved Rognstranda, Bamble (etter Brøgger, 1883)

OSLO RIFTENS GEOLOGI

Etter foldningen av kabro-siluren opp mot Devonsk tid fant det sted en utstrakt peneplanering. I Oslofeltet finner vi klare tegn på en kraftig erosjon av de underpaleozoiske sedimentene i områder som ved Jeløya, Langesund og i Brumunddal før de store rift-hendelser tok til. Dette gir seg utslag i brekksjering og rødfarging av de øverste lagene - ved Semsvannet i Asker kan man f.eks. finne oksydasjon flere meter under det som gjerne kalles det **Sub-Permiske peneplan**. Calcrete-dannelser er også vanlig og tyder på et ørkenklima. Oslofeltet var nå en del av et stort "Old Red"-landområde.

Oppsprekningen av dette peneplanerte kontinent som etterhvert ga opphav til Oslo-riften har blitt inndelt i forskjellige faser som er blitt stadfestes gjennom aldersdateringer av de forskjellige magmatiske bergarter.

Stadium 1: Proto-rift-stadiet

Pre-rift-fasen karakteriseres av kontinental sedimentasjon, begynnende forkastningsvirksomhet og sparsom vulkanisme mot slutten av perioden. Navnet **Asker-gruppen** er anvendt på de sedimentære lag som vi finner mellom peneplanet og de første lavadekker. Askergruppen er tykkest Skien-området (90m), men tynner ut mot nord der den finnes med mektigheter mindre enn 50 m (10-16m tykk i Bærum/Asker), og finnes ofte ikke. Askergruppen blir konformt overleiret av en tykk sekvens med basalt, rombeporfyr, konglomerater, vulkanoklastiske sedimenter etc.

Tilstedeværelsen av vulkanittklaster i de øverste deler av Asker gruppen tyder på at rifting var igang. Enkelte ganger av basaltisk til syenittisk sammensetning datert til 300 mA manifesterer den første magmatiske virksomhet i feltet. Den magmatiske virksomhet skulle nå vare i ca 60 millioner år.

Den tektonomagmatiske utvikling synes å ha skjedd som følge av en sen-Hercynsk kompresjon i forbindelse med lukningen av Tethys-havet i sør med dannelsen av superkontinentet Pangea. Kompresjonen forårsaket dekstrale forskyvninger langs Sorgenfrei-Törnquist-sonen og skapte et øst-vest strekningsregime i Oslofeltet som dannet opphavet til Osloriften.

Utviklingen synes å ha foregått fra SW mot NE med oppsprekking til tre riftsegmenter - **Akershus-, Vestfold- og Skagerrak-segmentene**. Segmentene har form som halvgrabner - adskilt av tilpasningssoner (=accomodation zones).

Hele Osloriften dekker tilsammen 510 x 120 km. (eller ca 60 000 km²) Riftaksen defineres av de forskjellige forkastningssystemene og er orientert ca NNE-SSW (ca. N15-20°E). Vestfold-segmentet avviker noe fra denne retning (ca. N07°W). Akershus- og Vestfoldsegmentene er arrangert "flip-flop" - dvs. med polariserende forkastningssystemer (antithetiske)

Stadium 2 - B1-stadium

Det første rift-stadium ble innledet i Vestfold-segmentet ved utbrudd av basaltisk lava med nefelinittisk til tholeittisk sammensetning. De første lavaer som dekket Askergruppen (B1) er her blitt Rb-Sr-datert til ca 295 mA (Sundvoll & Larsen, 1990). Erupsjonene begynte i Skien-Langesundsområdet som spalteeerupsjoner med basanitter og alkali-olivinbasalter med mektigheter på mer enn 1500m. Basaltene her utgjør av mer enn 150 forskjellige strømmer (Segalstad 1975). Basaltene har et tilnærmet konstant fall på 40° i Skien-Langesundsområdet.

Petrografisk kan basaltene etter Oftedahl (1952,1957) og Weigand (1975) klassifiseres som

Porfyriske basalter	Pyroxen basalt Plagioklas basalt Plagioklas-pyroxen basalt
Afyriske basalter	
Tuffer	

De fleste alkalibasaltene mangler Ca-plagioklas og kvalifiserer egentlig ikke til betegnelsen basalt, og enkelte av dem er feltspat-fri med kun olivin og klinopyroksen og kan betegnes som *ankaramitter*, og om normativ nefelin er tilstede i plagioklas-pyroksen-basalter kalles de gjerne for *basanitter*.

Mange av basaltene er amygdale, der amygdulene er fylt med kalkspat, epidot, zeolitter og albit. Lavastrømmene kan være 1-5m tykke men opp til 15m tykke strømmer er ikke uvanlig. Mellom basaltstrømmene kan vi finne tynne tuff- og sedimentlag.

B1-basaltene kan spores nordover i Jeløya-Holmestrand-Horten-området der de varierer i mektighet fra 180-1500 m (Schou-Jensen & Neumann 1988) og utgjøres av alkalibasalter, olivin-tholeitter og trachybasalter. Vest og nord for Oslo (Krokskogens lavaplatå) finner vi bare en enkelt B1-strøm 10-30m tykk, 20-34 m i Kolsås av afyriske kvarts-tholeitt (Dons & Györy 1967). Videre nordover mangler B1-basalten helt.

Stadium 3 - Platålavastadiet - Rombeporfyre og larvikitt.

B1-basalten ble etterfulgt av tallrike strømmer av rombeporfyre (RP) med latitisk til trachyttisk sammensetning. Lavaene har sin maksimale tykkelse i Vestfold-segmentet der mektighetene kan komme opp i over 3000 meter og der minst 40 lavastrømmer er registrert. Basaltstrømmer kan være innleiret i rombeporfyrestrømmene, mens trachytter og rhyolittiske lavaer finnes mot toppen av lavasekvensen. Både i Vestfold (Oftedahl, 1978) og på Krokskogen (Brøgger, 1933) blir lavaene mer utviklet fra bunn til topp i lavasekvensen (Sundvoll & Larsen, 1990)

Lavaene dekker ca 1400 km² og totalvolumet er beregnet til ca.300 km³. Spalteerupsjoner danner utbredte lavadekker langs N-S-sprekker. Store rombeporfyrganger innenfor Oslo graben og i basement utenfor - opptil 40m mektige - representerer tilførselskanaler for lavadekkene. Noen få alkaliolivinbasalter inngår også. På Krokskogen danner lavaserien en lavastratigrafi på ca 700-800m. der 80 vol.% utgjøres av RP, 15% av basalter og 5% av sedimenter fordelt på 12 RP-strømmer og 3 basaltstrømmer. Ca. 20-25 forskjellige lavastrømmer er identifisert og formelt inndelt i stratigrafisk skjema. Produksjonen av rombeporfyrelavaer i platålavastadiet kan sies å ha vært ca. én spalteerupsjon i løpet av 250 000 år i Vestfoldgraben og én pr. 660 000 år i Akershusgraben.

Stadiet var karakterisert ved en sterk forkastningsaktivitet med stedvis mer enn 3km vertikal forrykning. **Oslofjorden Master Fault** ble dannet samtidig med spalteerupsjonene med rombeporfyre.

Larvikittkomplekset i Vestfold

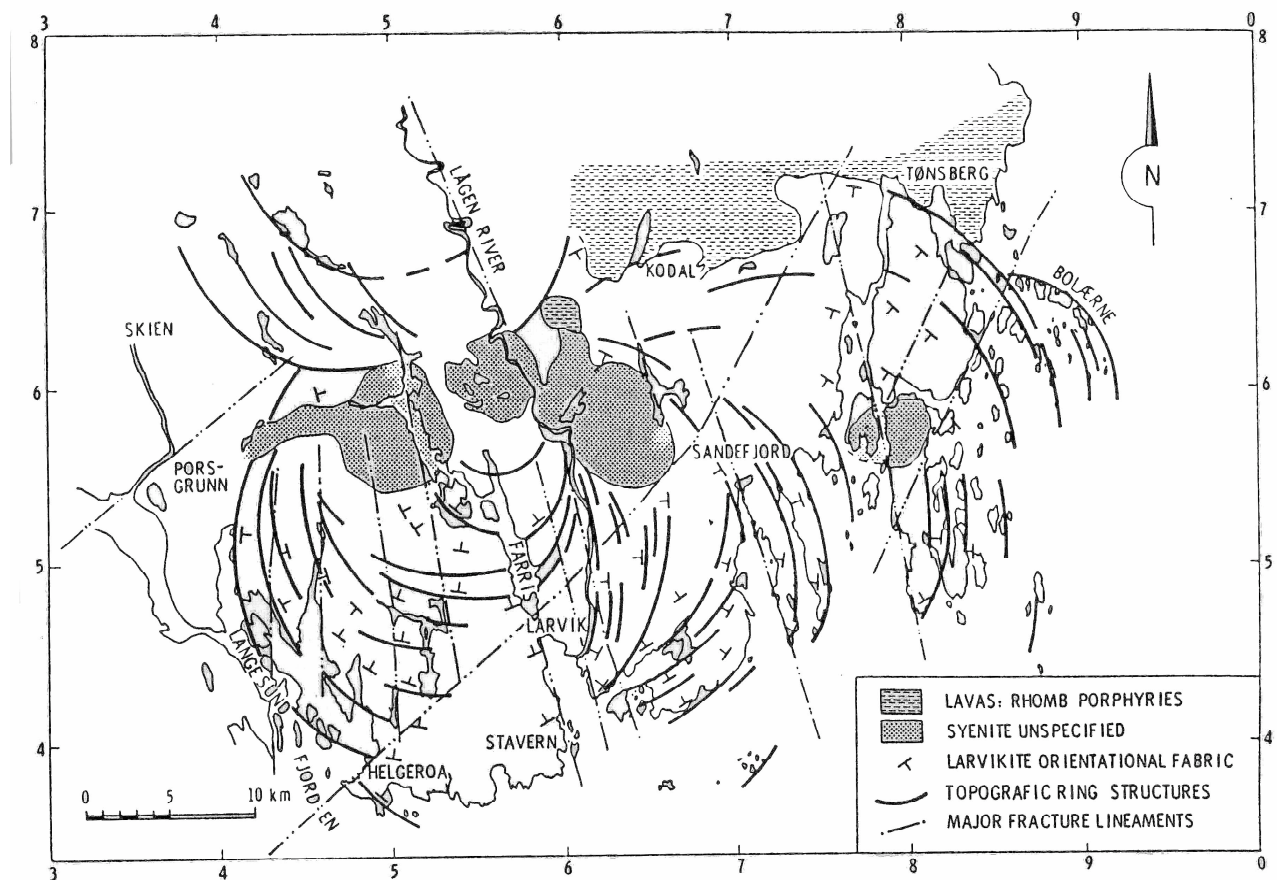
Grunne intrusjoner av **larvikitt** og biotitt-granitt (Drammen (284± 13 mA)) karakteriserer dette stadium i utviklingen av Oslofjorden. Larvikitt ble av Brøgger beskrevet som en augitt-syenitt, men mesteparten av bergarten kan petrografisk klassifiseres som alkali-monzonitter. Larvikittkomplekset i Vestfold-segmentet dekker et areal på mer enn 1000 km² og omfatter både kvarts- og nefelinførende typer. Komplekset består av flere sirkulære seksjoner som representerer multiple intrusjoner der intrusjonssentrum gradvis har forflyttet seg fra øst mot vest. Nye U-Pb-aldre viser at plutonene kom på plass i tidsrommet 297 - 292 Ma (sen-karbon) og er eldre enn tidligere Rb-Sr aldre (277-281 Ma)

Mineralogisk karakteriseres larvikittene av en ternær feltspat ofte avblandet som en mikroperthitt og kryptoperthitt., noen ganger med en kjerne av plagioklas (An₃₅). Underordnet finnes kvarts, nefelin± olivin, augitt, kaersutittisk hornblende, ilmenitt, magnetitt, apatitt, zirkon og biotitt. Baddelyitt er også funnet.

De nefelin-førende varianter kalles gjerne for *lardalitter* og representerer et viktig endeledd i den magmatiske aktivitet i Oslofeltet. Lardalitt opptrer som to plutoner i Lågendalen og består hovedsakelig av kalifeltspat og 10-30 vol.% nefelin. Biotitt, olivin, klinopyroxen, ilmenitt, magnetitt og apatitt utgjør ca 10 vol.% av bergarten.

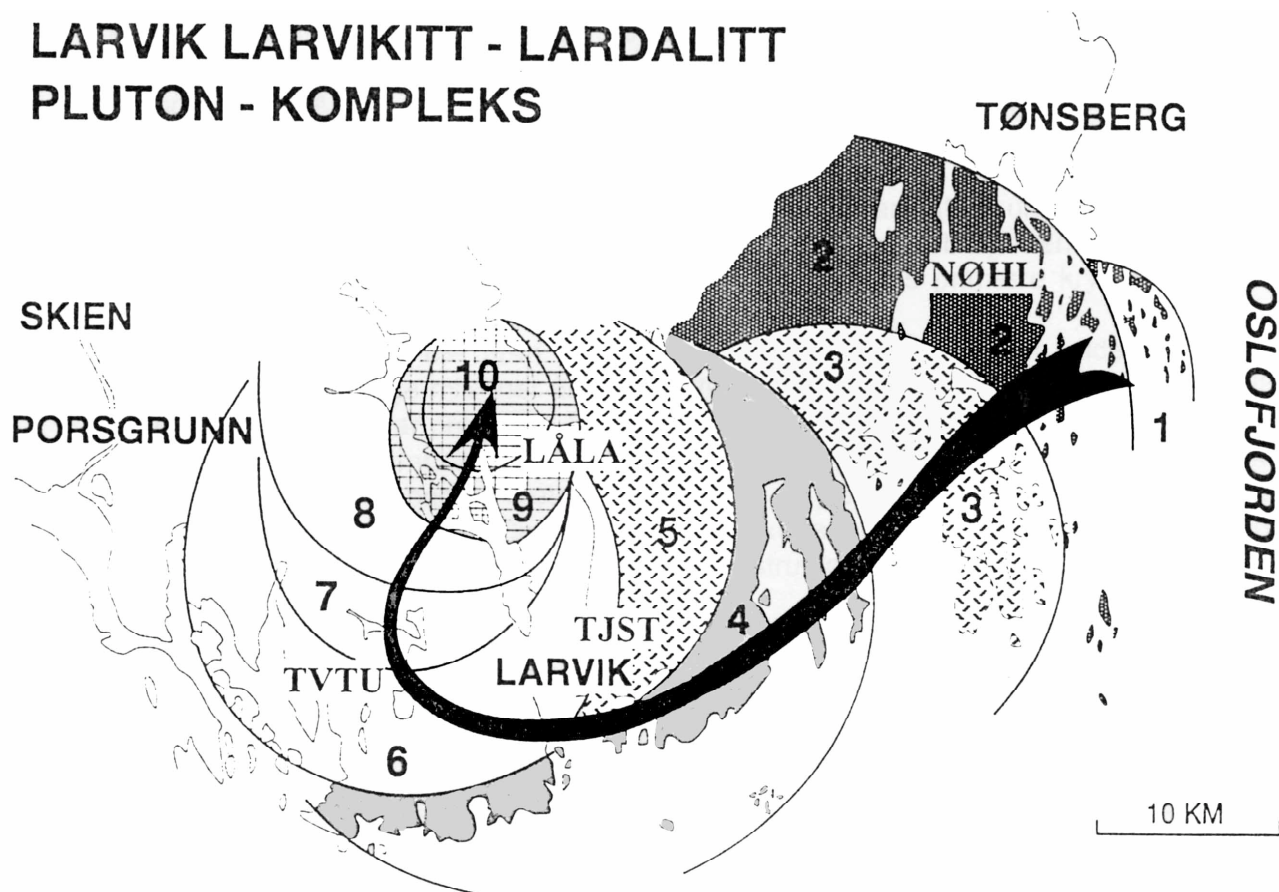
Grensen mellom de forskjellige intrusjoner er karakterisert ved finkornede, ofte porfyriske varianter med dendrittisk utviklede feltspater og pyroxener samt layering. Kjemisk sett er det ikke store forskjeller mellom de ulike typer, og ei heller mellom larvikitten og dens dagbergarter - rhombeporfyrene. Larvikitten blir gradvis rikere på Ti, Fe, Mg og P mot sentrum mens alkaliene avtar. Krystallakkumulasjon og fraksjonert krystallisasjon har vært virksomme prosesser under larvikittstørkningen.

Mot permintrusivene blir de tilgrensende kambrosilurlag i tiltakende grad er vippet mot øst, og står i kontakten til permintrusivene flere steder nesten vertikalt. Rotasjon i forbindelse med innsynkning av større blokker i larvikittmagmaet ("stopping") har f.eks. ved Nevlunghavn brakt blokker av de lavere deler av kambrosilurpakken sammen med basement et godt stykke inn i larvikitten. Forkastningsaktiviteten synes for en stor del å ha foregått samtidig med larvikittintrusjonen(e): blokker av udeformert larvikitt kan finnes innesluttet i sterkt deformert, dels gneisaktig bergart av larvikittisk/nefelinsyenittisk sammensetning (kalt "ditroit" av Brøgger (1890)).



Hovedlineamenter i larvikittområdet. De konsentriske lineamenter antyder her en tektonomagmatisk utvikling fra NE mot SW på tvers av Oslo Graben
Etter Petersen (1978)

LARVIK LARVIKITT - LARDALITT PLUTON - KOMPLEKS



Larvik Larvikitt-Lardalitt Pluton Komplekset.

Kartskissen viser hovedprinsippet for intrusjonssekvensen av larvikitt- og lardalittplutoner i Larvik-komplekset (etter Petersen, 1978). De eldste plutonene intruderte i øst, yngre og yngre plutoner intruderte stadig lenger mot vest, og de yngste (lardalittene) i nordvest. Pilen er trukket gjennom plutonene fra eldst mot yngst. I realiteten er geologien til larvikitt-plutonene langt mer komplisert. Yngre syenitter o.l. er ikke tegnet inn på kartet. Plutonene 1 og 2 er kvartsførende larvikitter, plutonene 3 og 5 har verken kvarts eller nefelin, mens plutonene 4, 6, 7 og 8 fører varierende, men små mengder nefelin. Plutonene 9 og 10 er nefelinrike lardalitter. Prøvelokaliteter: NØHL - NØtterøy, Holmen steinbrudd (nedlagt); TJST - Tjølling, Stålåkerbruddet; TVTU Tvedalen, Tuftenbruddet; LÅLA - Lågendalen, Lauve (Lardalitt).

Etter Dahlgren (1998)

Steinindustri

I de siste 10-15 år har vi merket et kraftig oppsving i vår steinindustri, og i dag eksporterer vi (i verdi) mer naturstein enn noe annet mineralprodukt. Årsaken til ekspansjonen i denne industrigren henger sammen med den økende bygg- og anleggsvirksomhet de senere år og gode internasjonale konjunkturer. Etterspørselen etter norsk naturstein henger også nøye sammen med dens holdbarhet overfor nedbrytning ved forurenset nedbør.

De store larvikittforekomstene mellom Tønsberg og Langesundsfjorden kom i drift fra 1906 og utgjør i dag 80% av den samlede eksportverdien av naturstein i landet. Larvikitten her er i dag vår viktigste bygningsstein som eksporteres til mange land. Larvikitten brytes innenfor et stort område som strekker seg fra Tjøme i øst til Langesundsfjorden i vest. Tyngdepunktet for larvikittproduksjonen ligger i Tjølling. I dag driver ca. 17 firmaer i området med ca. 20 brudd. I Larvik kommune står steinindustrien med totalt 560 sysselsatte for ca 8% av industriarbeidsplassene (1993).

Avsluttende stadier i Oslo-riftens utvikling

De avsluttende stadier i utviklingen av Oslo-riftens omfattet en episode med centralvulkan- og kalderadannelse. Her fikk vi dannet sammensatte centralvulkaner i Vestfold-segmetet, aksialt orientert. Stadiet var karakterisert av bimodal vulkanisme med kalderakollapser, felsisk ignimbritt dannelse i forbindelse med eksplosiv (phreatic-) vulkanisme. Dette stadiet ble avløst av et batolittstadium karakterisert av intrusjoner av alkalisyenitt (Nordmarkitt) og syenitt (Grefsen-) og alkaligranitt (Ekeritt). Avslutningsvis fikk vi små alkaligranittintrusjoner i forbindelse med kalderadannelse og tildels sterk hydrothermal aktivitet med oksid- og kompleks sulfidmineralisering (Mo, Cu, Zn, Pb).

Rombeporfyrikonglomerater opptrer på noen øyer syd for Jeløya - fra Revlingen (nord) til Søstrene (syd) over en avstand av 38km. Konglomeratene fører dårlig sorterte klaster - opptil meterstore - hovedsakelig av rombeporfy (90%), men også permisk kvartssandstein (Asker-gruppe), basalt og Ringerikssandstein. Ingen prekambriske bergarter er funnet. Avsetningene er utpregede debris-flow-bergarter derivert fra den etablerte forkastningsranden i øst. Istransporterte blokker av disse særpregede sedimenter kan finnes langs Vestfoldkysten.

KVARTÆRGEOLOGI I NEVLUNGHAVN - HELGEROA

Deglasiasjonen i Vestfold og Telemark begynte da shelf-isen i Skagerrak brøt opp for ca. 14 000 - 13 500 år siden. Isranden lå omtrent ved Jomfruland for ca 12 900-12 600 år siden og mindre fremstøt av isen ble markert bl.a. med israndsavsetninger ytterst på Tjøme og Hvaler.

I løpet av sen Allerød-tid og under Yngre Dryas (etter 11 200 år B.P.) skjedde et markert brefemstøt i Vestfold. Store israndsavsetninger ble dannet og de mest dominerende av disse er Ra-morenene som finnes på begge sider av Oslofjorden. De ble delvis submarint avsatt og består av et kompleks av morenerygger. Ra-ryggen kan følges kontinuerlig gjennom Vestfold fra Borre i nord og ned til **Mølen** ved Nevlunghavn. Her krysser moreneryggene Langesundsfjorden og følger kysten mot Jomfruland der raet igjen dukker opp av sjøen. Videre sørvestover kan raet følges som en kontinuerlig submarin morenerygg for mer enn 6 mil parallelt med kysten.

Ettersom Ra-morenene i Vestfold ble avsatt under havnivået vil de derfor i dag være dekket av strandsedimenter. Seismiske refraksjonsprofiler viser at moreneryggene kan bli opptil 50m tykke og har en kjerne av skjellførende blokkleire (boulder clay). Skjellfaunaen er av arktisk type (f.eks. *Portlandia arctica*). Ra-morenene fører stedvis svære, langtransporterte blokker.

Etter Ra-hendelsen (ca. 10 600 år B.P.) trakk isen seg videre mot nordvest. I Langesundsfjorden finner vi markerte israndsavsetninger ved Eidanger som kan dateres til 10 400-10 300 år B.P. Korresponderende isranddannelser finnes også i Lågendalen og kan korreleres med Ås-morenen på den andre siden av fjorden.

En oscillerende isfront kunne bygge opp mer komplekse israndavsetninger som ved Geitryggen ved Norsjø. Her ble et stort delta bygget opp mot den marine grense (ca. 145 m.o.h.) foran isfronten. Fra dette stadium (ca 10 000 år B.P.) trakk isen seg relativt hurtig tilbake med en hastighet av ca 125m/år.

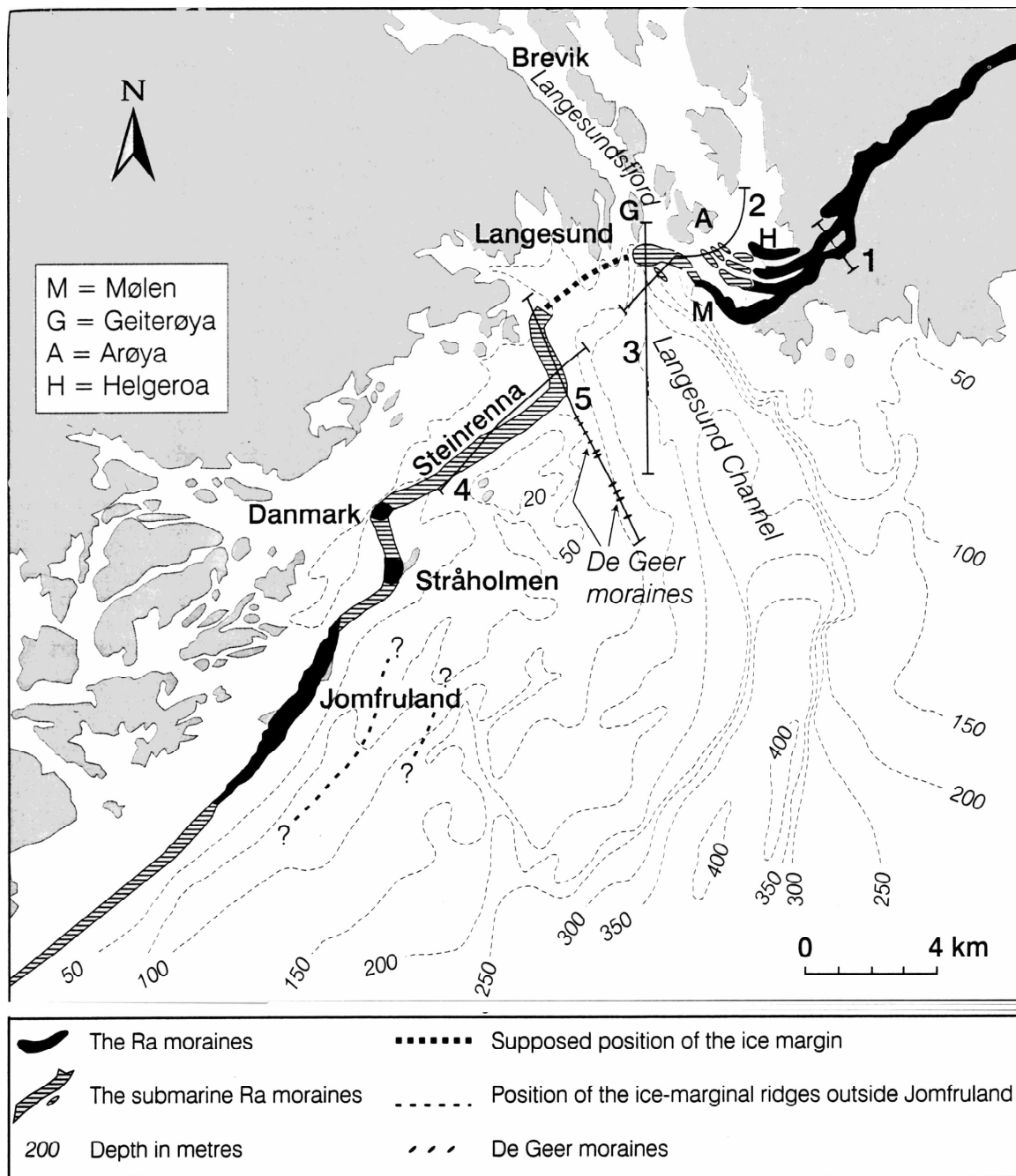
Under deglasiasjonen fulgte sjøen etter isen, og store landområder ble oversvømmet. Den øvre marine grense er blitt bestemt flere steder i Vestfold og danner utgangspunktet for strandlinjediagrammer som viser stadiene i landhevningen. Størstedelen av landområdet i Vestfold under den øvre marine grense (150-200 m.o.h.) er likevel bemerkelsesverdig godt blottlagt.

I Langesundsfjordområdet splittes Ra-morenen seg opp i 4-5 forskjellige rygger som går ned i sjøen. **Mølen** er den største av disse ryggene. Ved landhevningen ble morenen sterkt omarbeidet av bølger og strøm, og Mølen fremstår i dag som en markert rullesteinsrygg. På sjøsiden av halvøya kan vi observere en rekke strandterrasser eller stormvoller. 230 gravrøyser av rullestein er lagt opp over et langt tidsrom. De høyestliggende er de eldste og stammer fra slutten av bronsealderen (900-600 f.Kr.) mens de strand-nære sannsynligvis er fra yngre jernalder (ca. 800 e.Kr.). Bare ett av gravminnene på Mølen er datert på grunnlag av gravinnholdet, nemlig en båtformet steinlegning øst for den største gravrøysa. Treasken som omga de 70 båtnaglengene er radiologisk datert til 300 - 250 år e.Kr.

HISTORISKE HENDELSER

I bukta bak Mølen sto sannsynligvis et av vikingtidens største og viktigste sjøslag. I Slaget ved Nesjar (= nesene) palmesøndag år 1016 ryddet Olav Haraldsson sine verste fiender av veien: Svein Jarl, Einar Tambarskjelve og Erling Skjalgson. Flere tusen mann deltok i slaget og seieren førte til den endelige samling og til kristningen av Norge. Olav selv ble Olav den hellige.

Mølen er vernet etter kulturminneloven og eies i dag av Universitetets Oldsaksamling. Mølen har en svært artsrik flora og fauna som sammen med Fugløya i Langesundsfjorden utgjør et vernet natur- og kulturreseptat. Mølen ornitologiske stasjon driver miljøovervåking ved fugletelling og ringmerking.



Ra-morenene ved Langesundsfjorden. Tolkningen av submarine morener er basert på seismiske refraksjonsprofiler. Israndsavsetningene utenfor Jomfruland er basert på Holtedahl & Bjerkli (1975)

Etter Bergstrøm (1999)

GEOLOGISK/TOPOGRAFISK LITTERATURLISTE FOR OMRÅDET LANGESUND- HELGEROA - NEVLUNGHAVN

GENERELT

- Beard, L.P. 1999: Data acquisition and processing - Helicopter geophysical surveys, Larvik 1998. *NGU Report 99.026*, 8pp.
- Brøgger, W.C.1883: Spaltenvervungen in der Gegend Langesund-Skien. *Nyt Mag.f.Naturvid.*28, 253-419.
- Dons, J.A. & Jorde, K. 1978: Geologisk kart over Norge, berggrunnskart Skien 1: 250 000. *Norges geologiske undersøkelse 1978*.
- Guren.L. 1996: *Kyststien i Larvik. Stavern - Nevlunghavn - Helgeroa - Ødegården*.Larvik kommune 1996, 66pp
- Møller, V.(ed.) 1980: *Bygd og by i Norge. Vestfold*. Gyldendal 1980, 461pp.
- Nyhus, P. 1995: *40 trivelige turer i Larvik og omegn*. Vett og Viten 1995, 144pp.
- Padget, P.& Brekke, H. 1996: *Geologisk kart over Norge, berggrunnskart ARENDAL - 1: 250 000*. Norges geologiske undersøkelse 1996
- Ramberg, I.B.& Bockelie, J.F. 1981: Geology and tectonics around Oslo. In: Larsen, B.T.(ed.): Excursion guide to 4th International Conference. *Nytt fra Oslofeltgruppen* 7, 81-100
- Tangen, J.E.& Halvorsen, R.(eds.) 1992: *Grenlandsboka*. Natur-Informasjon, Porsgrunn 1992, 379pp.

PREKAMBRIUM

- Barth, T.F.W.& Bugge, J.A.W. 1960: Precambrian gneisses and granites of the Skagerak coastal area, South Norway. Int.Geol.Congr.XXI Sess.Norden 1960, Guide to excursions No.A8, Oslo 1960, 23pp. *NGU 212f*, 35pp.
- Bugge, J.A.W. 1943: Geological and petrographical investigations in the Kongsberg-Bamble Formation. *NGU 160*, 150pp.
- Elders, W.A. 1960: Banded gneisses at Rognstrand. In: Barth, T.F.W.& Bugge, J.A.W. 1960: Precambrian gneisses and granites of the Skagerak coastal area, South Norway. Int.Geol.Congr.XXI Sess.Norden 1960, Guide to excursions No.A8, Oslo 1960, 23pp. *NGU 212f*, 23-27.
- Elders, W.A. 1961: *Geological and petrological studies in the Precambrian gneisses and granites of the southeast part of Aust-Agder, southern Norway*. Ph.D.Thesis, Univ. Durham 1961, 254pp.
- Kullerud, L. & Dahlgren, S.H. 1993: Sm-Nd geochronology of Sveconorwegian granulite facies mineral assemblages in the Bamble Shear Belt, South Norway. *Precambrian Res.*64, 389-402.
- Morton, R.D., Batey, R.& O'Nions, R.K. 1970: Geological investigations in the Bamble Sector of the Fennoscandian Shield, South Norway. 1. The geology of Eastern Bamble. *NGU 263*, 72pp.
- Simonsen, S.L. 1995: *Alder på den Prekambriske metamorfose i Kongsberg og Bamble sektorene i Sør Norge*. Semesteroppgave i berggrunnsgeologi, UiO 1995, 27pp.
- Starmer, I.C. 1976: The early major structure and petrology of rocks in the Bamble series, Søndeled- Sandnesfjord, Aust- Agder. *NGU 327*, 77-97.

KAMBRO-SILUR

- Brøgger, W.C.1883: Spaltenvervungen in der Gegend Langesund-Skien. *Nyt Mag.f. Naturvid.*28, 253-419.
- Harland, T.L. 1980: The Middle Ordovician of the Oslo Region, Norway, 28. Lithostratigraphy of the Steinvika Limestone formation, Langesund-Skien district. *NGT 60*, 269-278.
- Harstad, A.O. 1999: *Contact metamorphism of Silurian limestones in the Porsgrunn-Eidanger aureole, SE Norway: The effects on grain coarsening of calcite*. Unpubl. Cand.scient thesis, University of Oslo 1999, 172pp.
- Harstad, A.O. 2000: Dalen Gruver og Bjørntvedt Kalksteinsbrudd. In: Carstens, H.(ed.): *Bygger i berge*. Tapir, Trondheim 2000, 176-179.
- Henningsmoen, G. 1973: *Skien-Langesunds kambro-silur-felt*. Upubl.Ekskursjonsguide 1973, 11pp.
- Owen, A.W., Bruton, D.L., Bockeie, J.F.& Bockelie, T.G. 1990: The Ordovician successions of the Oslo Region, Norway. *NGU Spec.Publ.*4, 54pp.
- Ribland Nilssen, I. 1985: *Kartlegging av Langesundshalvøyas Kambro-ordoviciske avsetningslagrekke, intrusiver og forkastningstektonikk, samt fullført lithostratigrafisk inndeling av områdets mellom-Ordovicium*. Cand.scient.thesis., UiO 1985, 176pp.
- Størmer, L. 1953: The Middle Ordovician of the Oslo Region, Norway. *NGT 31*, 37-141. (Ch.3: The Langesund-Gjerpen District, p.70-77)

PERM

- Cas, R.A.F.& Wright, J.V. 1987: *Volcanic successions*. Allen & Unwin, London 1987, 528pp.
- Dahlgren, S. & Ramberg, I.B. 1983: Fracturing, intrusions, block faulting and rotation in basement rocks SW of the Oslo Paleorift. In: Gabrielsen, R.H., Ramberg, I.B., Roberts, D.& Steinlein, O.A.(eds.): Proceedings of the Fourth international conference on basement tectonics. *Proceedings of the International Conference on Basement Tectonics*. 4: 371.
- Dahlgren, S., Corfu, F.& Heaman, L. 1998: Datering av plutoner og pegmatitter i Larvik plutonkompleks, sydlige Oslo- graben, ved hjelp av U-Pb isotoper i zirkon og baddelytt. *Skrifter Kongsberg Mineralsymposium* 3, 32-39
- Dahlgren, S. 2000: Eldgammelt vulkansk laboratorium. *Geo 3/4*, 12-14.

- Dahlgren, S. 2001: The late Paleozoic geological evolution of the South-Western Oslo Graben: A review (abstr.) *Geonytt 2001*, 39-40.
- Holtedahl, O. 1943: Studies on the igneous rock complex of the Oslo region I. Some structural features of the district near Oslo. *Skrifter utgitt av Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo I. Mat.-Naturv. Klasse 1943. No.2*, 71pp. (Ch. The Langesundfjord district., p. 57-60)
- Larsen, B.T., Ramberg, I.B. & Jensen, E.S. 1978: Central part of the Oslofjord. In: Dons, J.A. & Larsen, B.T.(eds.): *The Oslo Paleorift. A review and guide to excursion. NGU 337*, 105-124.
- Neumann, E.-R. 1978a: Petrology of the plutonic rocks. In: Dons, J.A. & Larsen, B.T.(eds.) 1978: *The Oslo Paleorift. A review and guide to excursions. NGU 337*, 25-34.
- Neumann, E.-R. 1978b: Petrogenesis of the Larvik ring-complex in the Permian Oslo rift, Norway. In: Neumann, E.-R. & Ramberg, I.B.(eds.) 1978: *Petrology and geochemistry of continental rifts*. D.Reidel Publ.Comp., Dordrecht 1978, 231-236.
- Neumann, E.-R. 1980: Petrogenesis of the Oslo Region larvikites and associated rocks. *J. Petrol.* 21, 498-531.
- Oftedahl, C. 1952: Studies on the igneous rock complex of the Oslo region XII. The lavas. *Skrifter utgitt av Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo I. Mat.-Naturv. Klasse 1952. No.3*, 64pp. (Ch. The Skien area, The Langesundfjord area, p.30-32)
- Oftedahl, C. 1960: Permian igneous rocks of the Oslo Graben, Norway. *Int.Geol.Congr.XXI Sess.Norden 1960, Guide to excursions No.A11 and No.C7, Oslo 1960*, 23pp.
- Oftedal, I., Bergstøl, S. & Svinndal, S. 1960: *The Larvik-Langesund and the Fen areas, south Norway*. Guide to excursions. *Int.Geol.Congr.Norden 1960. NGU 212k*, 17pp.
- Petersen, J.S. 1978: Structure of the Larvikite-Lardalite Complex, Oslo-Region, Norway and its evolution. *Geol.Rdsch.*67, 330-342.
- Ramberg, I.B. & Larsen, B.T. 1978: Tectonomagmatic evolution. In: Dons, J.A. & Larsen, B.T.(eds.): *The Oslo Paleorift. NGU 337*, 55-73.
- Segalstad, T.V. 1979: Petrology of the Skien basaltic rocks. *Lithos* 12, 221-239.
- Sundvoll, B. & Larsen, B.T. 1994: Architecture and early evolution of the Oslo Rift. *Tectonophysics* 240, 173-189.
- Sundvoll, B. & Larsen, B.T. 1990: Rb-Sr isotope systematics in the magmatic rocks of the Oslo Rift. *NGU Bull* 418, 27-46.
- Sørensen, R. 1985: *Berggrunnskart over Vestfold 1: 100 000* I. Inst.f.jordfag, seksjon for geologi, NLH, Ås (Beskrivelse til kartet 1987)
- Weigand, P.W. 1975: Studies on the igneous rock complex of the Oslo region XXIV. Geochemistry of the Oslo basaltic rocks. *Skr.Norske Vidensk.Akad.i Oslo, I. Mat.-naturv. Kl. Ny Ser. No 34*, 38pp.

KVARTÆR

- Bergstrøm, B. 1999: Glacial geology, deglaciation chronology and sea-level changes in the southern Telemark and Vestfold counties, southeastern Norway. *NGU Bull.*435, 23-42.
- Holtedahl, H. & Bjerkli, K. 1975: Pleistocene and recent sediments of the Norwegian continental shelf (62°N - 71°N) and the Norwegian Channel area. *NGU 316*, 241-252.
- Sørensen, R. 1985: *Mølenraet i Vestfold. Kvartærgeologiske kart 1: 10 000*. Upubl.