

Rapport vedrørende funn av sjeldne jordartsmetaller i Dividalgruppen (underkambrium), Troms

Nils-Martin Hanken



Nils-Martin Hanken, Institutt for geologi,
Universitetet i Tromsø, NO-9037 Tromsø
E-mail: nils-martin.hanken@uit.no
Tlf: 77 64 44 07 (kontor), 41 46 18 38 (mobil)



Forsidebilde

Nedre grovklastiske del av Dividalgruppen ved lokalitet 1, Dividalen. Kontakten mellom det prekambriske underlaget og Dividalgruppen er blottet nede til høyre. FA: sandsteinsdominert sekvens som tildels er konglomeratisk; FB: siltstein; FC og FD: to distinkte konglomerat-horisonter; FE (til høyre for personen på bildet): mudflowavsetninger; FF: relativt godt sortert sandstein. Det

lantanidholdige mineralet synchisitt opptre i de nedre grovklastiske deler av sekvensen.

Sammendrag

Det lantanidholdige mineralet synchisitt har blitt påvist i grovklastiske sedimenter i nedre del av Dividalgruppen (underkambrium) i Troms fylke. Dette mineralet inneholder de sjeldne jordartselementene lantan, cerium, praseodym og neodym. For å få en bedre forståelse av opptreden og konsentrasjon av dette mineralet, ble det foretatt et grundig studium av tre profiler gjennom nedre del av Dividalgruppen i Dividalen og et profil i Av 'zegår' sa som ligger nord for Altevann. Her opptre synchisitt som et konkresjonært, stratabundet diagenetisk mineral i primære porerom i sandsteiner og konglomerater. I konkresjonene utgjør synchisitt en vesentlig del av de diagenetiske mineralene der det kan utgjøre om lag 1-3 % av bergartsvolumet, og lokalt kan konsentrasjonen komme opp i 5-10 %. Geokjemiske analyser av bulkprøver fra den aktuelle lagrekken har vist at det totale innhold av lantanoide i bergarten er lavt og som oftest er godt under 500 ppm. Dette relativt lave totalinnholdet skyldes at størrelsen og konsentrasjonen av synchisittholdige konkresjoner er relativt moderat innen det undersøkte området. Konsentrasjonen av lantanider i nedre del av Dividalgruppen i Troms fylke later derfor til å være for lavt til kan det danne grunnlag for en kommersiell utvinning av lantanider innen denne regionen.

Bakgrunn for prosjektet

Det finnes 17 forskjellige grunnstoffer som henføres til gruppen sjeldne jordartsmetaller (lantanider), og fire av disse (lantan, cerium, praseodym, og neodym) har blitt påvist i nedre del av Dividalgruppen (underkambrium) i indre Troms.

I de senere år har sjeldne jordartsmetaller i stadig økende grad blitt brukt i elektromotorer, vindmøller, batteriteknologi, mobiltelefoner, flatskjermer og annen moderne elektronikk. For eksempel brukes ca 30 kg sjeldne jordartsmetaller til elektromotor og batterier i en Toyota Prius. I takt med utviklingen av den elektroniske industrien, øker også behovet for sjeldne jordartsmetaller.

Kina har de største kjente forekomstene av sjeldne jordartsmetaller og omkring 95 % av produksjonen foregår der. I de senere år har Kina lagt en del restriksjoner på eksport av sjeldne jordartsmetaller, og dette kombinert med en stadig økende etterspørsel har medført en kraftig prisstigning for disse metallene. Sett på denne bakgrunn har man innsett at andre land bør intensivere sine geologiske undersøkelser for å finne nye forekomster av lantanider slik at man kan bli mindre avhengig av kinesiske leveranser. Nye kommersielt drivverdige malmfunn vil også kunne medføre en stabilisering av prisnivået og sikre mer stabile leveranser av disse viktige metallene. Det er derfor både av politisk og økonomisk betydning å finne nye drivverdige forekomster av lantanider utenfor Kina.

Ved geologiske undersøkelser i regi av Universitet i Tromsø har det blitt påvist flere forekomster av de sjeldne jordartsmetallene lantan, cerium, praseodym og neodym i mineralet synchisitt. Dette mineralet ble funnet i til dels store lokale konsentrasjoner i nedre del av Dividalgruppen i Troms fylke. Sett på denne bakgrunn ble det derfor vedtatt å sette i gang en mer omfattende undersøkelse for å utrede den laterale og vertikale utbredelsen av dette mineralet i Dividalgruppen med tanke på om forekomstene kunne utnyttes kommersielt eller ei.

Fra tidligere er forekomst av synchisitt i sedimentære avsetninger svært dårlig kjent, og derfor har det også blitt lagt vekt på å undersøke dannelsesprosessene for diagenetisk synchisitt. En bedre forståelse av de diagenetiske prosessene vil derfor ha viktige implikasjoner ved utarbeidelse av nye og bedre letemodeller ved prospektering i andre regioner.

Metoder

Prøvemateriale

Etter forutgående regionale undersøkelser av synchisittinnholdet i Dividalgruppen ved Alta, Nordreisa, Dividalen, Altevann og Gævdnjajav'ri, ble en større undersøkelse konsentrert om Dividalen der tre forskjellige profiler ble detaljundersøkt. Her ble det innsamlet et større prøvemateriale der de fleste prøvene hadde en vekt på 300-500 g etter at de var rensset for forvittringshud og eventuelle forurensinger. Det var ikke mulig å ha en jevn prøveavstand mellom de enkelte prøvene fordi en omfattende sementering medførte at prøvematerialet bare kunne tas ut med hammer og meisel der bergarten var naturlig oppsprukket eller dannet fremstikkende partier. Til tross for disse praktiske problemene vedrørende prøvetagningen, lyktes det å få ut et større antall representative prøver som gir et godt bilde av lantanidinnholdet i lagrekken.

Katodeluminesensmikroskopi

Katodeluminesensmikroskopi av høyglanspolerte tynnslip ble foretatt på et Leitz Ortholux II pol mikroskop påmontert et Nuclide Luminoscope. Mikroskoperingen ble foretatt ved en høyspenning på 12,5 kV, strømstyrke 0,9 mA og et gasstrykk i prøvekommeret på ca 90 millitorr.

Mikrosonde

Mikrosondeanalyser av synchisitt og monazitt ble foretatt ved IKU i Trondheim. Analysene ble utført på tynnslip som var pådampet karbon etter at disse hadde blitt grundig rengjort med alkohol. Analysene ble utført på en Jeol Superprobe 733 påmontert en Nuclide Katodeluminesens.

Røntgenfluorescence (XRF)

De geokjemiske analysene av et forvittringsprofil ved Gævdnjajav'ri vist på Fig. 8 ble preparert etter følgende prosedyre:

Etter å ha saget prøvene rene og vasket disse i alkohol, ble de knust til fint pulver ved hjelp av en slyngmølle. Det knuste materialet ble blandet med en flux bestående av 6 deler litiumkarbonat og 1 del litiumtetraborat i forholdet 1:15. Denne blandingen ble smeltet i en platinadigel og støpt til en skive som senere ble analysert på en Philips PW 1400 XRF tilkopledd en HP 85.

Bulkpøvene i Vedlegg 1-3 ble analysert etter følgende prosedyre:

Prøvene ble først rensert ved å sage bort forurensete og forvitrede partier slik at man sto igjen med en frisk bergartskjerne. Denne ble vasket og deretter grovknust i en kjeftemølle og deretter knust til fint pulver i en slyngmølle. Av dette pulveret ble det tatt ut 9 gram som ble tilsatt 9 tabletter av Polysius Polab Mahlhilfe. Deretter ble denne blandingen homogenisert ved omrøring i 10 minutter i en agat-morter. Denne blandingen ble presset til tabletter som deretter ble analysert i en S8 Tiger XRF. Reproduserbarheten er bedre enn $\pm 0,1\%$, og deteksjonsgrensen varierer fra 0,1 til 10 ppm avhengig av hvilket element som analyseres.

Dividalgruppen, regional utbredelse

Dividalgruppen, som kan bli opp til ca 150 m mektig i Nord Norge, ligger med en erosiv inkonformitet på en til dels dypforvitret svakt undulerende overflate av prekambriske bergarter. Dividalgruppen består av underkambriske sedimentære bergarter der den nederste del består av en 5-15 m mektig grovklastisk sekvens av konglomerater, konglomeratiske sandsteiner og sandsteiner. Så følger vekslende siltsteiner, skifre og sandsteiner. Der Dividalgruppen er godt bevart, er det en tynn sone av alunskifer i øvre del. Denne har fungert som et glideplan for overliggende skyvedekker (se f. eks. Andresen et al. 2014), og derfor er den øvre del er lagrekken sterkt forstyrret og til dels mylonitisert på grunn av den sterke tektoniske påvirkningen under innskyvningen av skyvedekkkene.

Geografisk opptrer Dividalgruppen langs østgrensen av de kaledonske skyvedekkkene fra Laksefjordvidda i Finnmark og videre sydvestover inn i nord Troms, Finland, Sverige og tilbake i Norge i indre Troms før den igjen krysser grensen over til Sverige like nord for Torneträsk (Fig. 1).

Paleogeografi

Ifølge den platetektoniske modellen til Cocks & Torsvik (1995) dannet nordvest-Europa et paleokontinent i underkambrium (Fig. 2). Det som senere ble til Norge utgjorde en del av østsiden av dette kontinentet. I forhold til nåtidens orientering av Norge, var Baltica orientert slik at landmassen lå "opp-ned". Senere platebevegelser i ordovicium og silur medførte at Baltica roterte slik at Norge fikk omtrent sin nåværende orientering. Imidlertid lå Baltica med Norge langt syd, antagelig mer enn 30 grader syd for ekvator.

Nielsen & Schovsbo (2011) har foretatt paleogeografiske rekonstruksjoner av Skandinavia gjennom underkambrium. I følge disse undersøkelsene var underste

del av kambrium karakterisert ved en trinnvis transgresjon av Baltica. Under Lontovian Stage ble den vestlige del av Skandinavia transgredert, men mesteparten av Skandinavia forble fortsatt et landområde (Fig. 3). Den klastiske tilførselen til det epikontinentale havområdet var relativ høy med en betydelig progradasjon av de kystnære avleiringene.

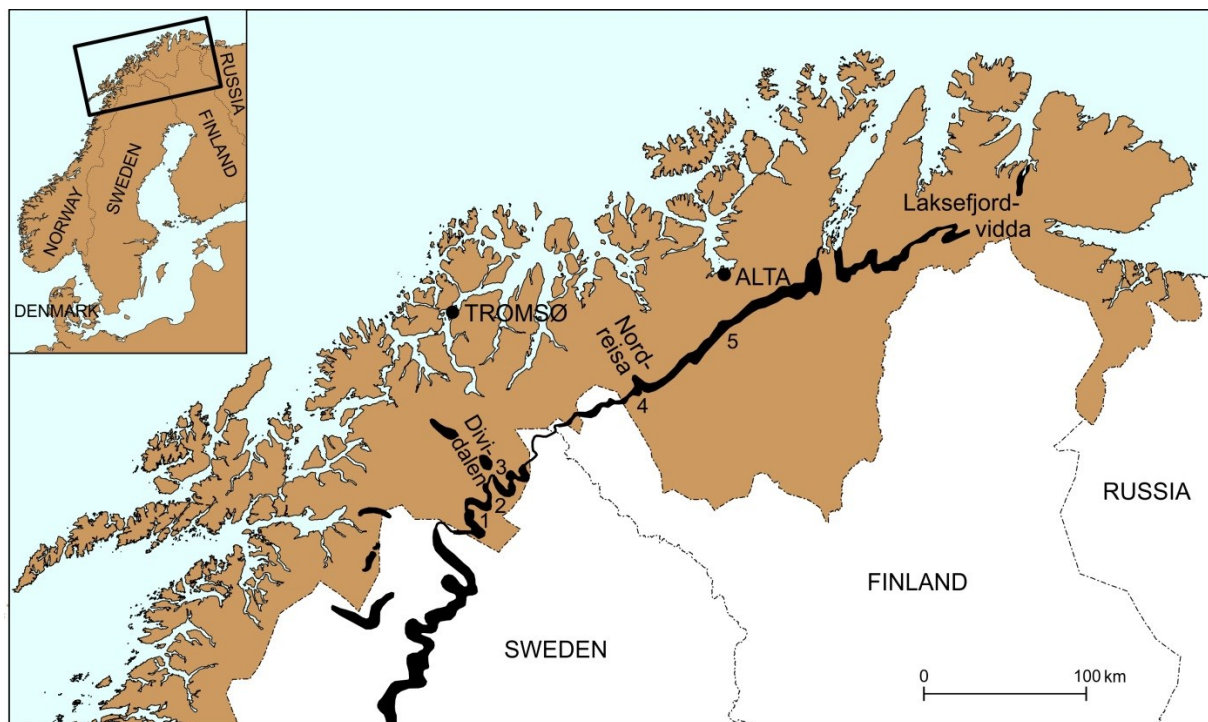


Fig. 1. Blotningskart som viser den regionale utbredelse av Dividalgruppens bergarter i den nordlige del av Skandinavia. Undersøkte lokaliteter: 1, mellom Gæv'dnjajav'ri og svenskegrensen; 2, Av'zegår'sa; 3, Dividalen; 4, Nordreisa; 5, Øvre del av Alta canyon.

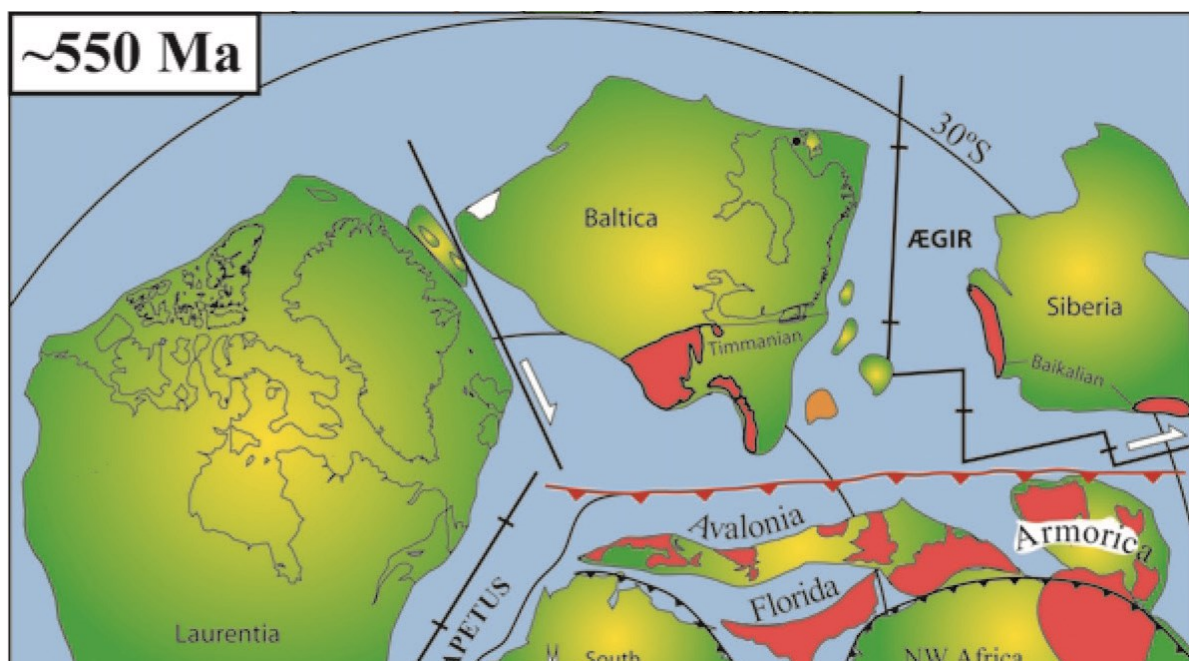


Fig. 2. Platerekonstruksjon fra slutten av prekambrium som viser fordelingen av land og hav. Det som senere ble til Norge utgjør en del av landmassen langs østsiden av paleokontinentet Baltica (omfatter mesteparten av Skandinavia og Russland øst for Ural), men denne landmassen var orientert "opp-ned" i forhold til nåværende orientering. Baltica lå mer enn 30° syd for ekvator. Grønt-oransje er landområder mens rødt viser områder med magmatisk aktivitet. Etter Torsvik & Cocks (2005).

I Deminipollian Stage ble lavereliggende landområder langs vestsiden av Baltica transgredert (Fig. 4). Dette medførte et skifte i kildeområdene slik at de marine avleiringene i Dividal-gruppen nå blir dominert av klastisk materiale som er derivert fra subaerilt eksponerte prekambriske bergarter som ligger lenger mot øst.

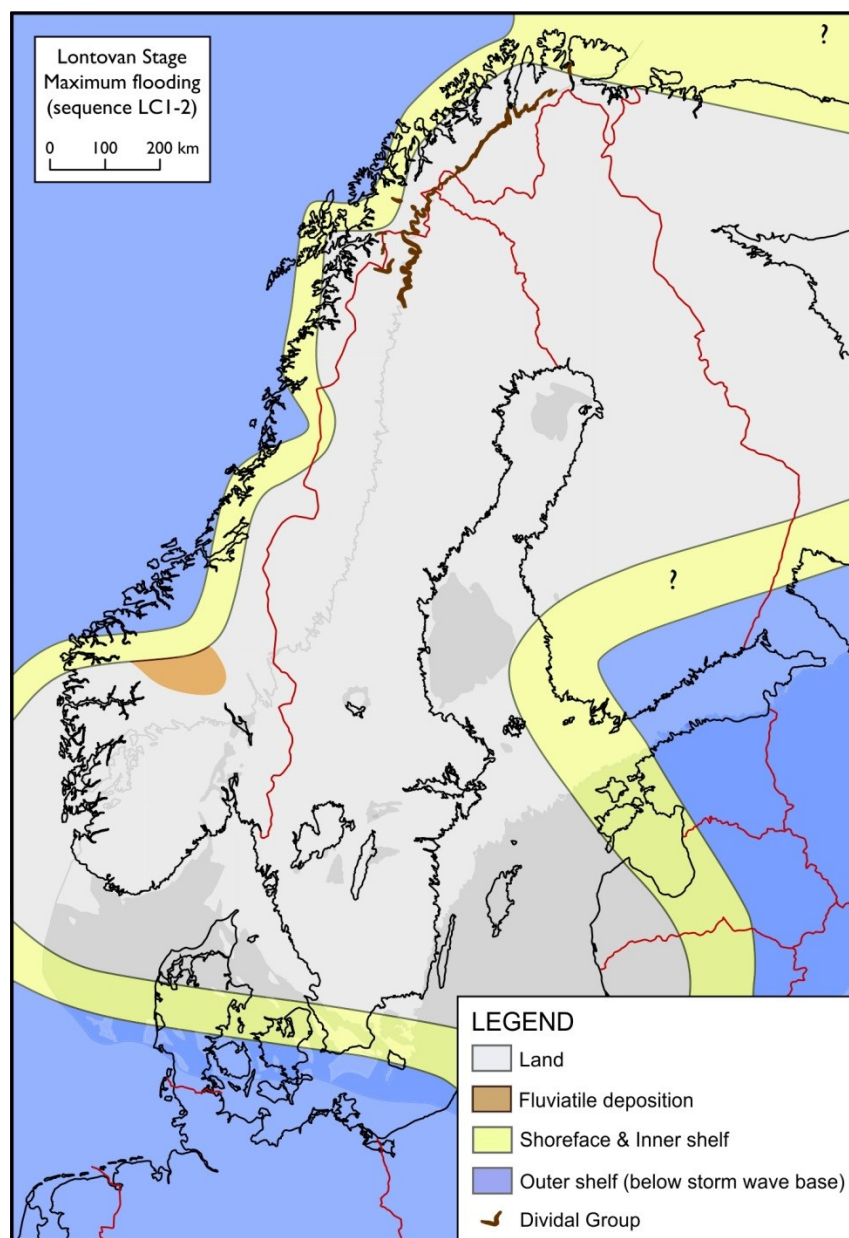


Fig. 3. Paleogeografisk rekonstruksjon av Skandinavia som viser fordelingen av land og hav i Lontovan Stage (jevnfør korrelasjonsdiagram i Fig. 5). I forhold til rekonstruksjonen på Fig. 2, er denne snudd opp-ned slik at kartbildet blir mer i overensstemmelse med nåtidens geografiske forhold. Landområdene øst og vest for nåværende blotninger av Dividalgruppen var subaerilt eksponert slik at her foregikk det en kraftig kjemisk forvitring av berggrunnen. Modifisert etter Nielsen & Schovsbo (2011).

Subaeril forvitring av prekambriske bergarter under Dividalgruppen

Basis av Dividalgruppen er avsatt på en forvitret grunnfjellsoverflate. De første beskrivelser av denne forvitringen stammer fra Vogt (1967) der han syd for Gævdnjav'ri påviste et 9 m mektig forvitringsprofil i toppen av den prekambriske berggrunnen under Dividalgruppen. I samme område (Riukåive-massivet syd for

Gævdnjav'ri) påviste også Eide (1987) en analog dypforvitring av en syenitt under basis av Dividalgruppen (Fig. 6).

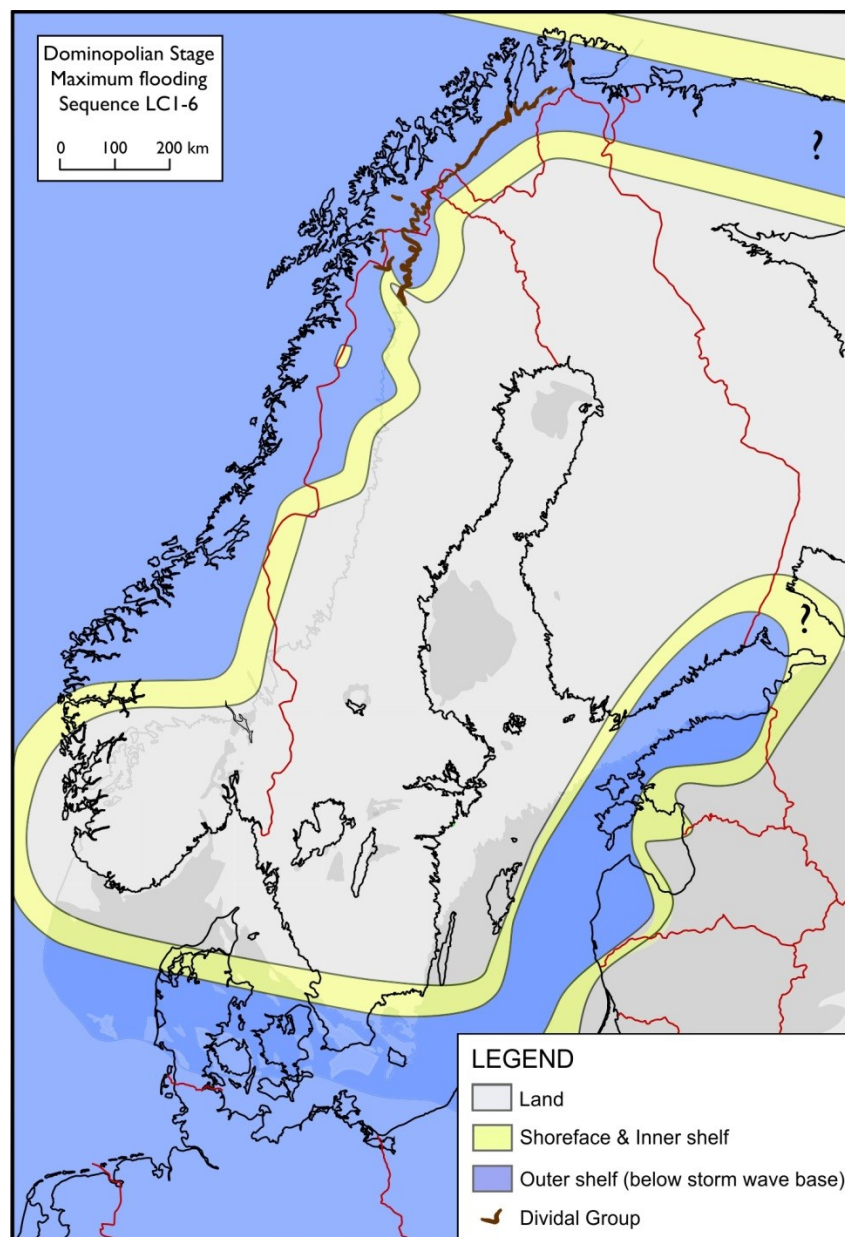


Fig. 4. Paleogeografisk rekonstruksjon av Skandinavia som viser fordelingen av land og hav i Dominopolian Stage (jevnfør korrelasjonsdiagram i Fig. 5). I forhold til rekonstruksjonen på Fig. 2, er denne snudd opp-ned slik at kartbildet blir mer i overenstemmelse med nåtidens geografiske forhold. De tidligere kystnære områdene har nå blitt transgredert og overdekket av Dividalgruppens sedimenter. Modifisert etter Nielsen & Schovsbo (2011).

Den mineralogiske variasjonen gjennom et forvittringsprofil ved Gævdnjajav'ri viser at innholdet av de kjemisk sett minst stabile mineralene (plagioklas, glimmer og kloritt) er kraftig redusert opp mot toppen av av forvittringsprofilen mens det samtidig opptrer autigene mineraler i de samme nivåene (Fig. 7).

Series	Balto-scandian stages	Sequence
Lower Cambrian	Kibartian	Not treated
		LC2-5
	Vergalian-Rausvian	LC2-4
		LC2-3
		LC2-2
		LC2-1
	'Ljubomlian'	LCI-7
	Domino-polian	LCI-6
		LCI-5
		LCI-4
	Lontovan	LCI-3
		LCI-2
		LCI-1
	Rovnian	'LC0-Y'
		'LC0-X'

Fig. 5. Korrelasjonsdiagram for undrekambrium. Modifisert etter Nielsen & Schovsbo (2011).

Den mineralogiske analysen av forvittringsprofilen gjenspeiles også i fordelingen av grunnstoffer (Fig. 8). Den relative endringen av elementer viser en kraftig reduksjon av natrium og calcium (oppløsning av plagioklas) og jern (oppløsning av kloritt). Det er også en reduksjon av magnesium (oppløsning av kloritt) og silisium (oppløsning av plagioklas, muskovitt og kloritt). I motsetning er aluminium og kalium relativt anriket fordi disse elementene inngår i autigene leirminerale. Titan viser også en signifikant økning på grunn av utfelling av det geokjemisk sett svært stabile mineralet titanitt (TiO_2).

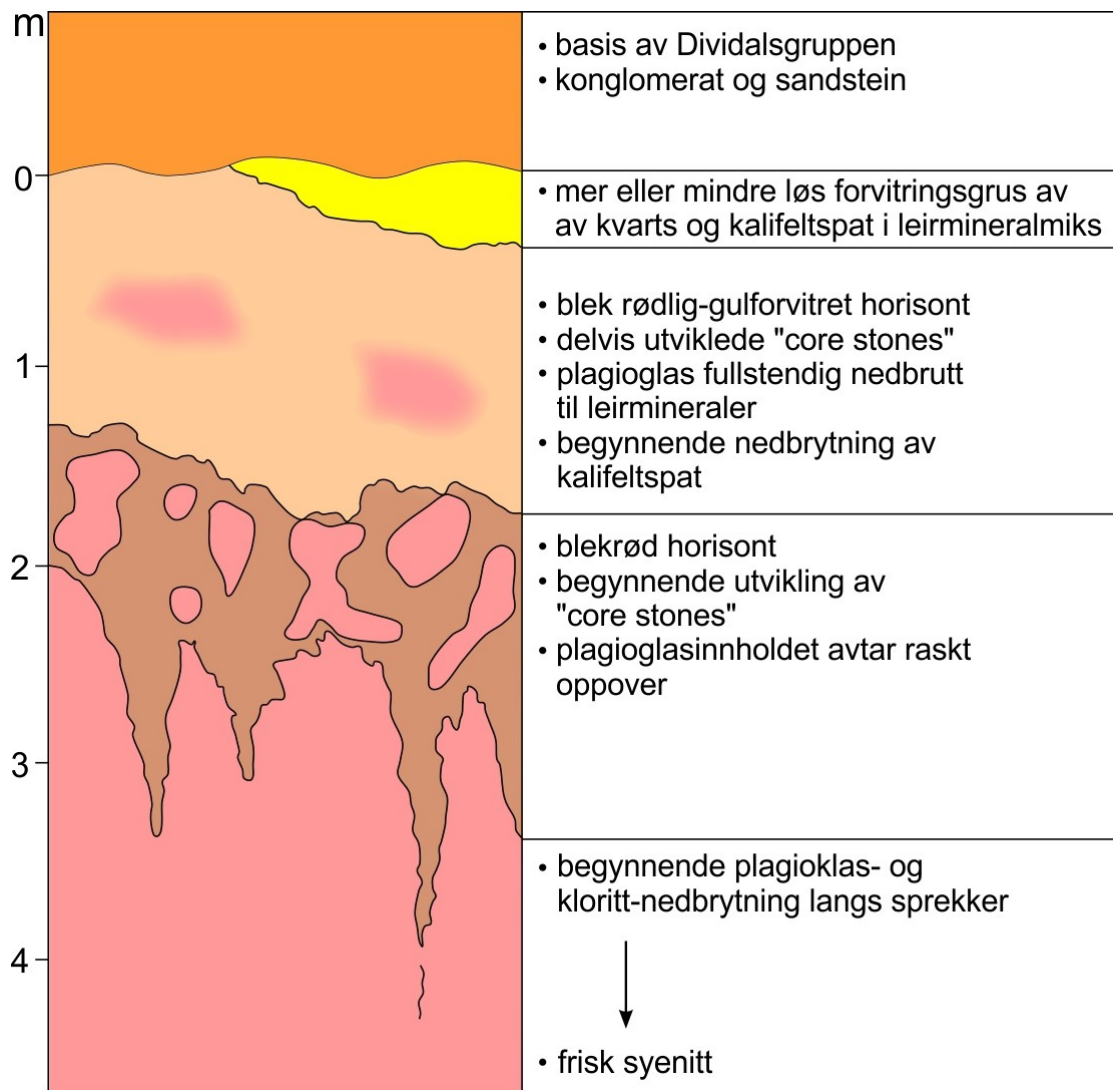


Fig. 6. Noe skjematisk fremstilling av et forvittringsprofil gjennom øverste del av en syenitt ved Riukàive-massivet syd for Gæv ' dnja ' ri. Forvittringen av plagioklas og kloritt tiltar oppover i profilet og mangler i øverste del av den forvitrete syenitten. I toppen av forvittringsprofilet dominerer kvarts, som er lite oppløslig, samt sekundære leirmineraler mens kalifeltspat viser klare tegn til en begynnende nedbrytning. Modifisert etter Eide (1987).

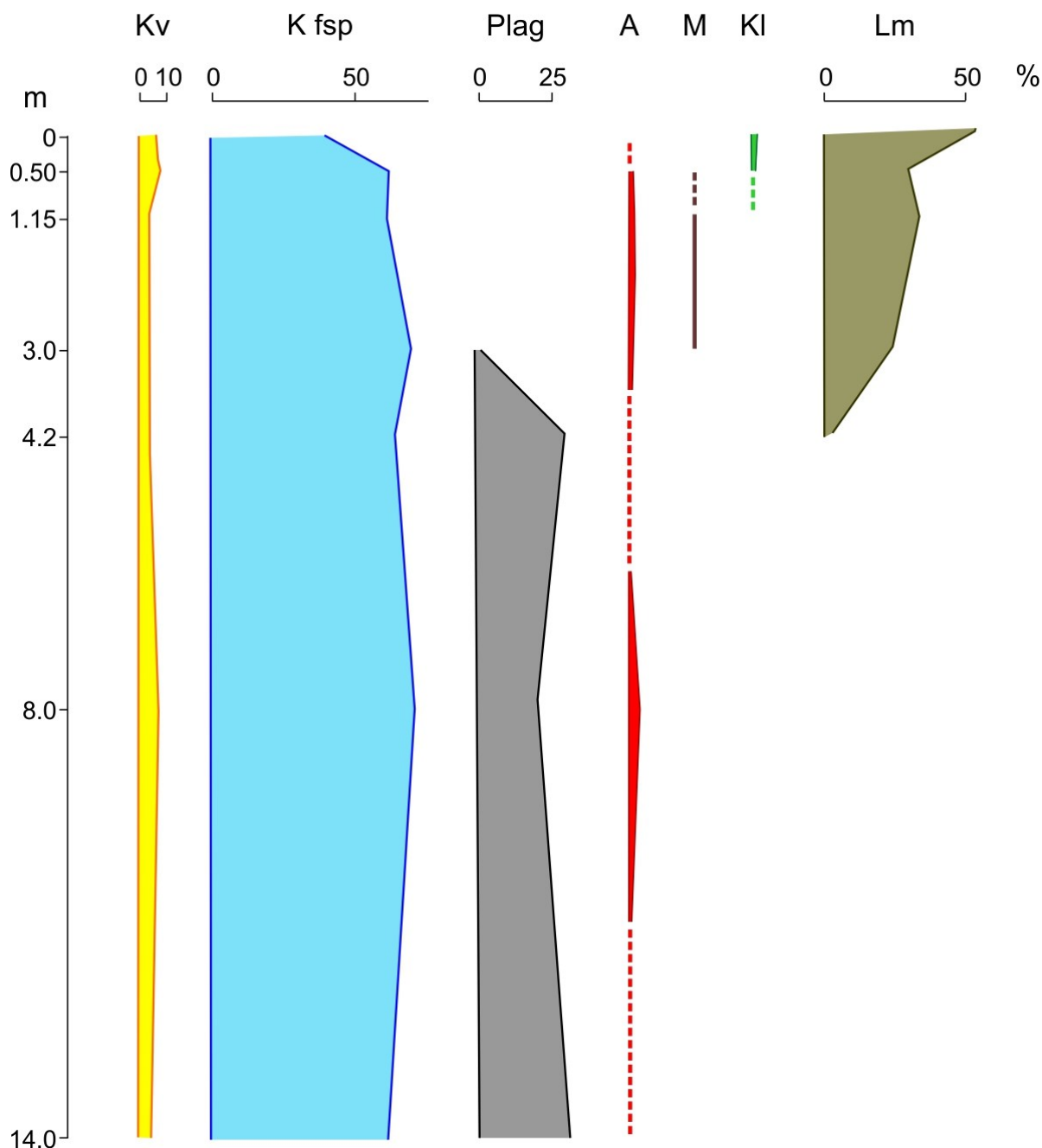


Fig. 7. Noe skjematisert fremstilling av et forvittringsprofil gjennom øverste del av en syenitt ved Gæv'dnjajav'ri. Profilet er målt nedover fra toppen av syenitten der denne er blottet under grensen mot den overliggende Dividalgruppen. Fordelingen av de enkelte mineralene er basert på punkttelling av tynnslip. Kv, kvarts; K fsp, kalifeltspat; Plag, plagioklas; A, andre mineraler (blant annet kalsitt, titanitt, apatitt og zirkon); M, muskovitt; Kl, kloritt; Lm, diagenetiske leirmineraler. Forvittringen av plagioklas og kloritt tiltar oppover i profilet slik at disse mangler i øverste del av den forvitrete syenitten. I toppen av forvittringsprofilet dominerer kvarts som er lite oppløslig samt sekundære leirmineraler mens kalifeltspat viser klare tegn til begynnende nedbrytning. Modifisert etter Eide (1987).

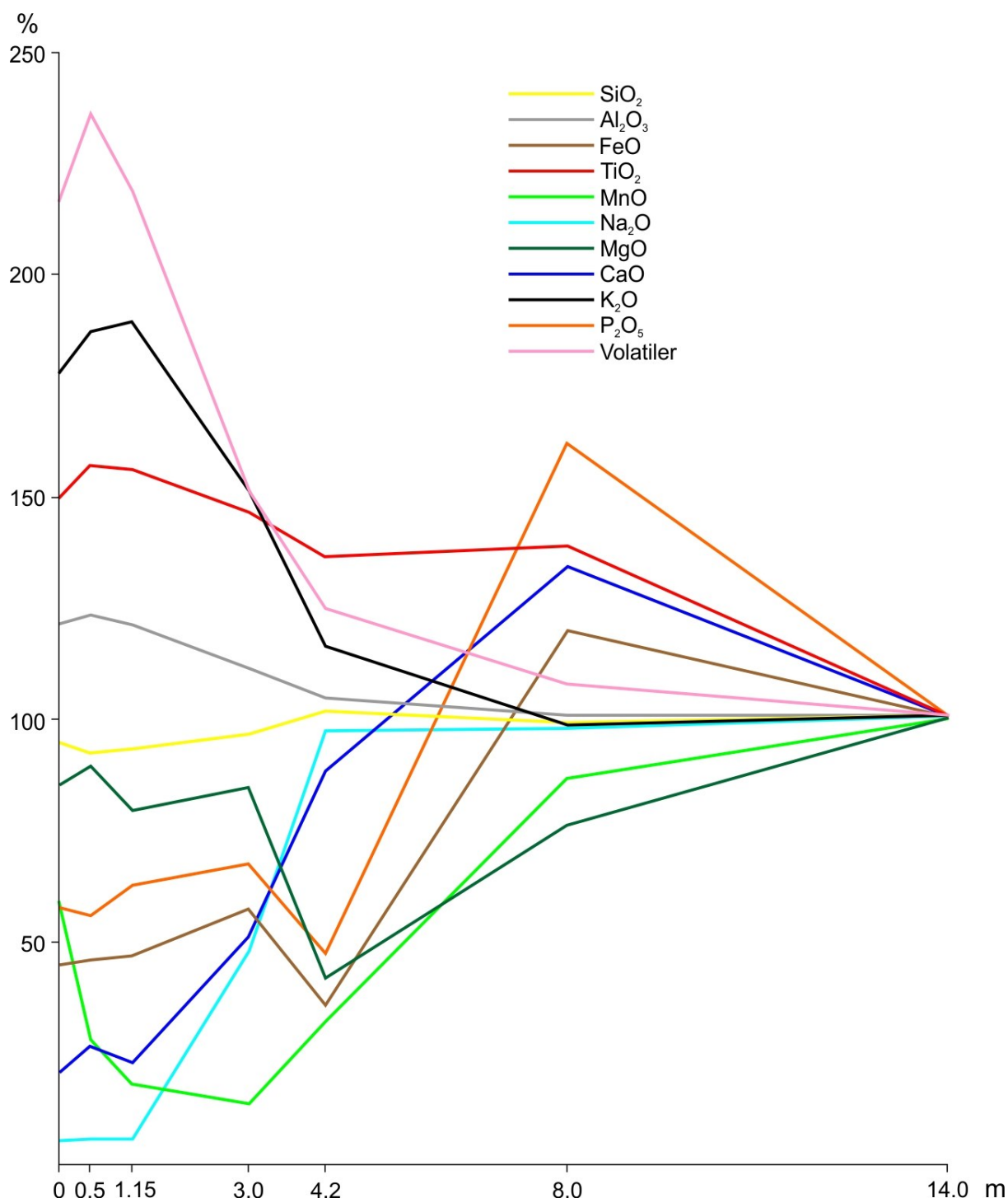


Fig. 8. Kjemisk analyse av uforvitret og forvitret syenitt fra et forvittringsprofil ved Gævdnjav'ri (samme profilet som vist i Fig. 7). For hvert element er fordelingen i uforvitret bergart regnet som 100 %. Forvittringen har medført en reduksjon av lett løslige kationer som Na og Ca mens elementer slik som Ti og Al er relativt anriket på grunn av at de danner lite løslige diagenetiske mineraler. Modifisert etter Eide (1987).

Langs elva Av`zegår`sa nord for Altevann beskrev Eide (1987) et forvittringsprofil i en grovkornet gneis med en glimmerrik linse (glimmerskifer) beliggende under basis av Dividalgruppen. Grunnfjelloverflaten er svakt

undulerende der glimmerskiferen danner forsenkninger mens den mer motstandsdyktige gneisen danner oppstikkende partier. Her er forvittringsprofilen kun på 1,2 m, og denne beskjedne mektigheten kan tyde på at øvre del av forvittringsprofilen ble erodert før avsetning av Dividalgruppens sedimenter. En dypforvittring av en grovkornet gneis er også kjent fra Dividalen der kontakten mellom nedre del av Dividalgruppen og øverste del av en grovkornet gneis er blottet ved Divielva ca 3 km syd for gården Frihetsli (Eide 1987). Gustavson (1963) og Berthelsen (1967) har også påvist en analog forvittring noe nord for Frihetsli (området omkring Kvernelva og Kleivbekken) i Dividalen. En dypforvittring av grunnfjellet under Dividalgruppen er også beskrevet av Binns (1967) fra Signaldalen (dalføret nord for Dividalen) mens Johansen (1984) og Elvebakk (1984) har påvist en analog forvittring fra henholdsvis Alta (Alta canyon) og Nordreisa (Avve). Willden (1980) har påvist forvittringsprofiler i en analog setting i Laisvallområdet (midt-Sverige).

De regionale undersøkelsene av forvittringen av grunnfjellsoverflaten under Dividalgruppen tyder således på at det har skjedd en dypforvittring av subaerilt eksponerte grunnfjells-overflater før avsetning av den overliggende Dividalgruppen. En slik kjemisk forvittring kan kun skje under tempererte/varme og humide forhold. Forvittringen har skjedd ved overgangen prekambrium/kambrium og underste del av kambrium da de aktuelle områdene var subaerilt eksponert (Fig. 3). På denne tiden lå Norge ganske nært ekvator (jfr. Fig. 2) slik at de klimatiske betingelsene for en kjemisk forvittring av berggrunnen har vært til stede.

Holtedahl (1918) og Føyn (1967) antok at den langvarige forvittringen av det subaerilt eksponerte kontinentet hadde medført en peneplanering av landskapet. Imidlertid fremhevet Vogt (1916, 1967), Skjerlie & Tan (1961) og Berthelsen (1967) at den prekambriske grunnfjellsoverflaten var svakt undulerende (Fig. 9). Dette støttes av Øpik (1956) som antyder et relieff omkring 40 m av den analoge grunnfjellsoverflaten i Estland. Den svakt undulerende overflaten av de prekambriske bergartene medfører at Dividalgruppens sedimenter er mektigst i lokale forsenkninger og at de basale lagene kan kile ut mot topografiske høyder (Fig. 10).

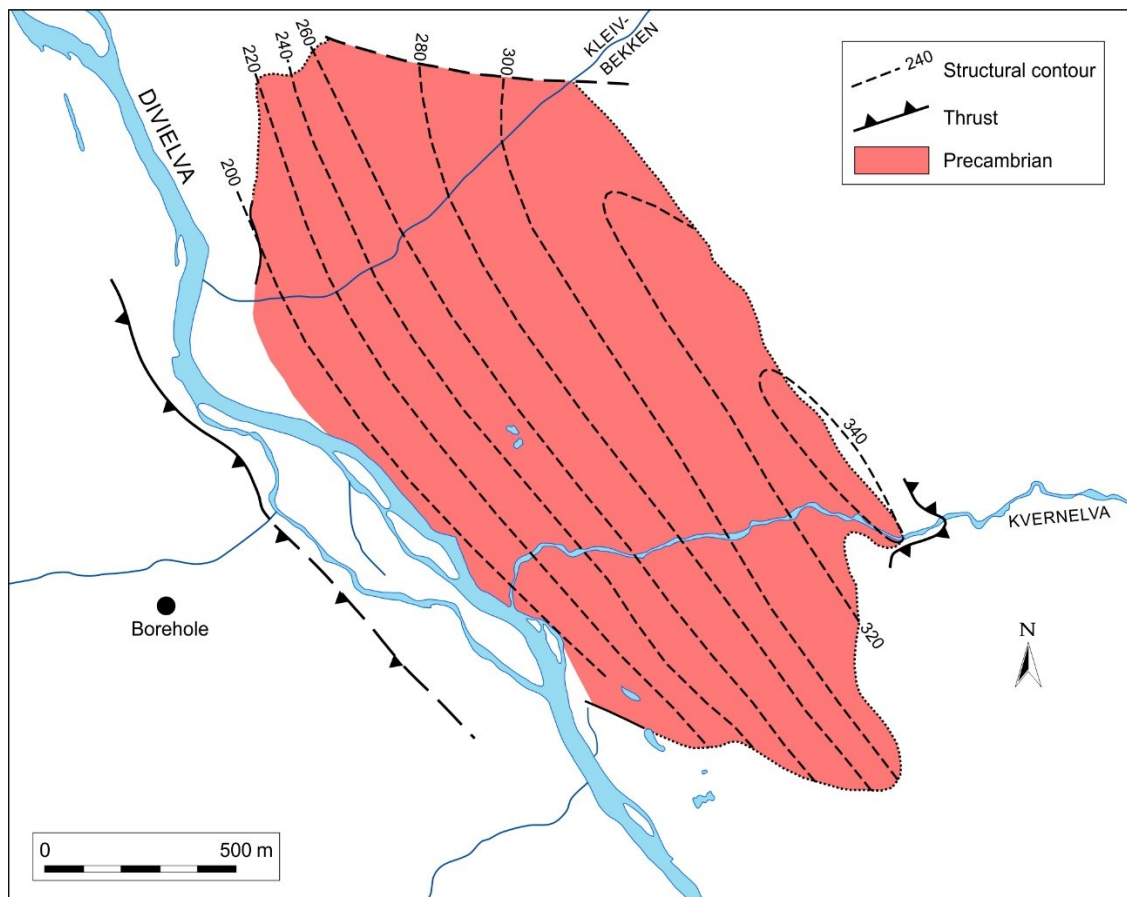


Fig. 9. Kontur kart av den subkambriske overflaten i Dividalen syd for Frihetsli. Den jevne avstanden mellom konturlinjene viser at det ikke har vært noen større topografiske forskjeller på grunnfjellsoverflaten innen dette området da Dividalguppens basale sedimenter ble avsatt. Modifisert etter Berthelsen (1967).

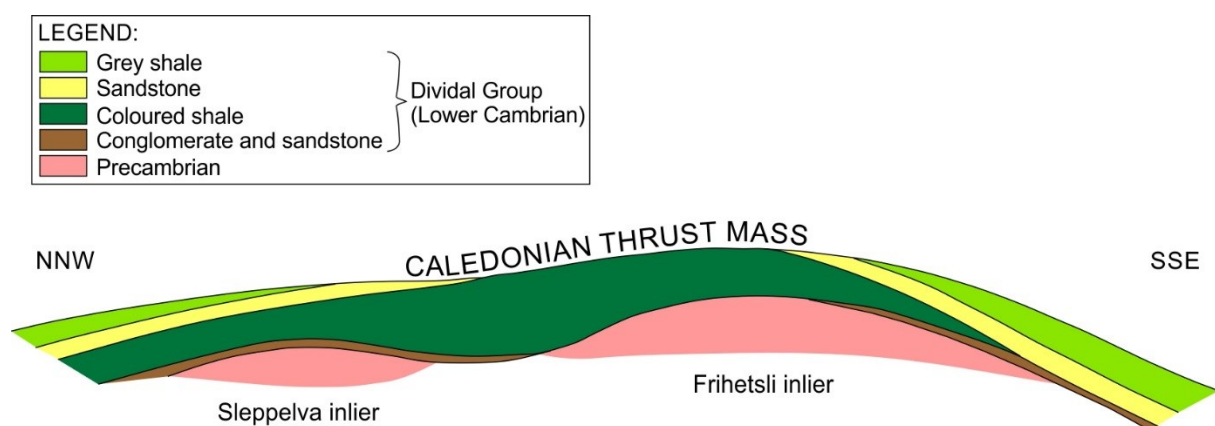


Fig. 10. Skjematisert snitt gjennom Dividalgruppen og øverste del av underliggende prekambriske bergarter i Dividalen syd for Frihetsli. På grunn av topografiske forskjeller i den underliggende grunnfjellsoverflaten kiler sandsteiner og konglomerater i basis av Dividalgruppen ut mot de topografiske høydene i underlaget. Modifisert etter Berthelsen (1967).

Kildeområde for Dividalgruppens sedimenter

Den basale del av Dividalgruppen består av en veksling mellom sandsteiner og konglomerater som er tolket som fluviale avsetninger fra forgreinete elveløp (braided river). Innimellom er det også enkelte tynnere mudflow-avsetninger. Disse avleiringene består av umodne sedimenter, og de er sannsynligvis relatert til en hurtig erosjon og transport fra forkastningssoner langs platemarginen. Forkastningsaktiviteten foregikk under avsetning av nedre del av Dividalgruppen og skapte lokale reliefforskjeller i det ellers svakt undulerende landskapet (Skjærli & Tan 1961, Elvebakk 1984). Disse forkastningene er sjeldent blottet (eller har ikke blitt observert under tidligere geologiske undersøkelser), men et godt eksempel er påvist ved Vagge i Nord-Reisa. Sedimentasjonsforholdene ved denne øst-vest gående forkastningen er vist på Fig. 11. De fluviale avsetningene er dominert av lokalt derivert materiale som til dels er rikt på kantete feltspatkorn, men det forekommer også en del godt rundete boller av eksotisk materiale som må ha gjennomgått en lengre transport før endelig avsetning. En mer generell avsetningsmodell for Dividalgruppen er vist på Fig. 12. Her er grovklastiske sedimenter avsatt i alluviale vifter som bygger seg ut fra forkastningsbetingete skrenter mens forgreinete elver fører mer langtransportert klastisk materiale til de kystnære havområdene.

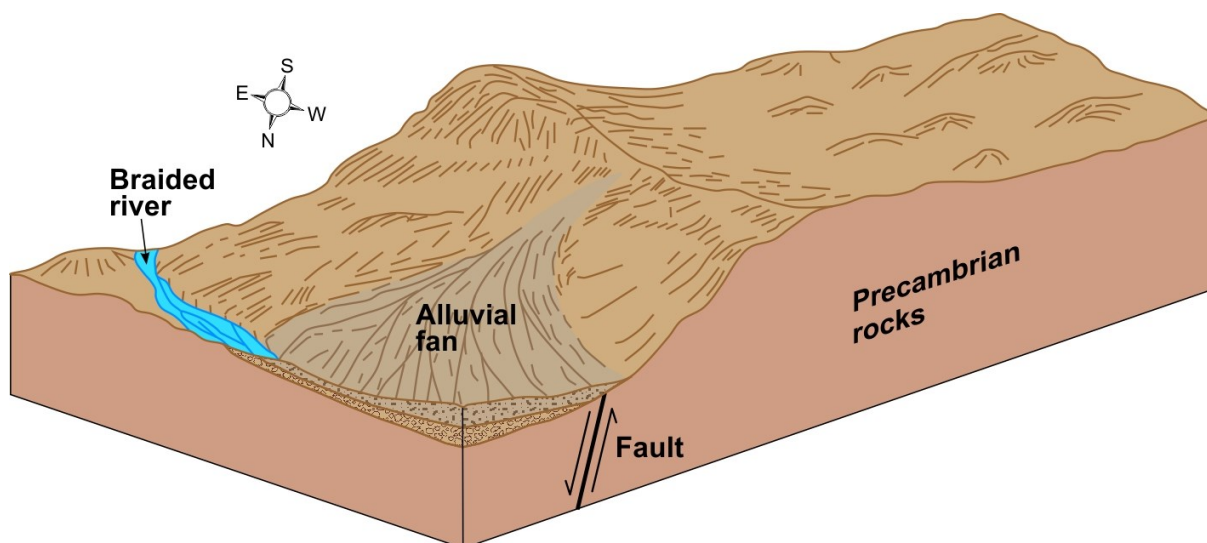


Fig. 11. Prinsippskisse som illustrerer topografi og avsetningsforhold til de kontinentale og fluviale sedimentene som ble avsatt ved en 78 m høy forkastningsbetinget høydyrygg i Nord-reisa. Nord og sør for høydyryggen er den prekambriske overflaten relativt flat med kun små topografiske høydeforskjeller. Ut fra høydyryggen er det en "debris-flow" dominert alluvial vifte og nord for høydyryggen har en braided river rent i vestlig retning. Modifisert etter Elvebakk (1984).

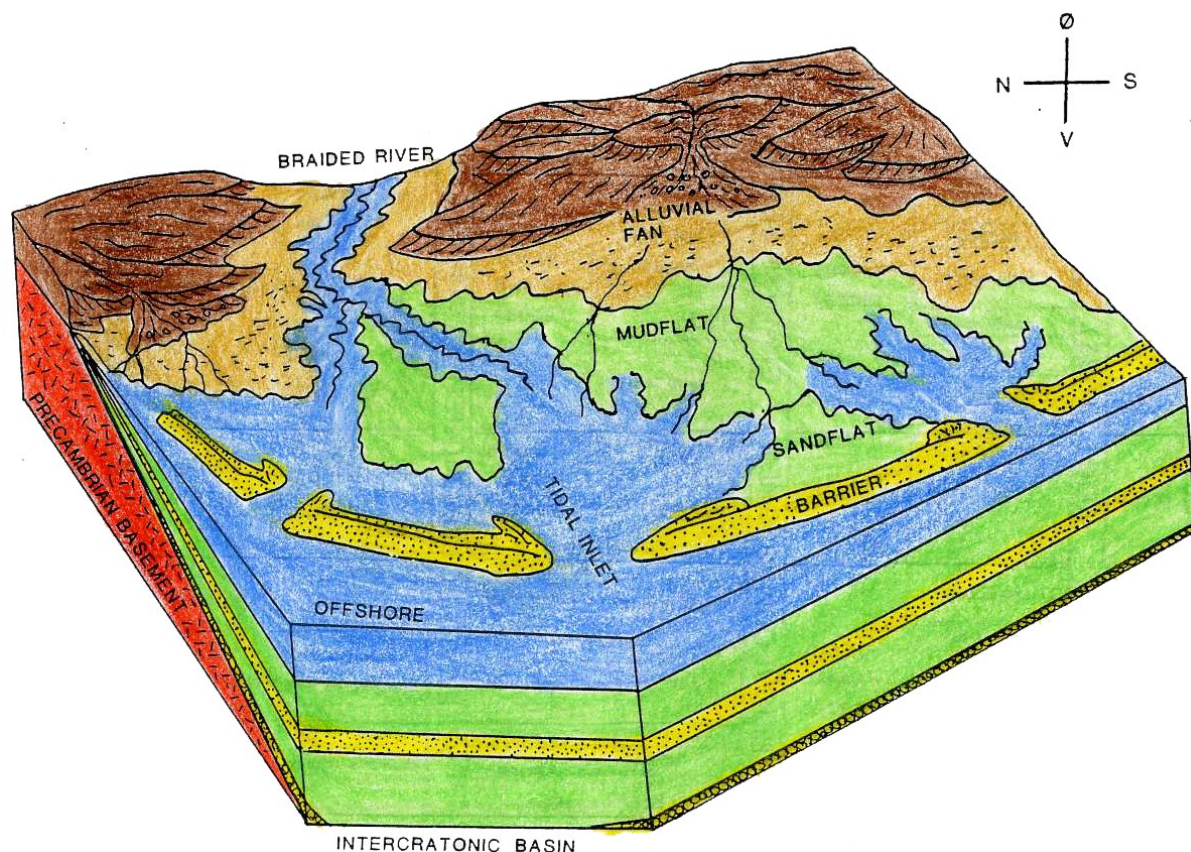


Fig. 12. En dimensjonsløs modell som viser faciesrelasjonene da Dividalgruppens sedimenter ble avleiret langs den landnære delen av en shelfsone. Modifisert etter Johansen (1984).

De paleogeografiske rekonstruksjonene indikerer at det terrigene materialet i Dividalgruppen er derivert fra et større østenforliggende landområde (Johansen 1984, Elvebakk 1984). Her er de prekambriske bergartene dominert av granitter, gneiser, grønnsteiner og metasedimenter. For å få en bedre forståelse av kildeområdet for det terrigene materialet, ble det innsamlet et større antall representative prøver av de regionalt viktigste grunnfjellsbergartene øst for utgående av Dividalgruppen (Fig. 13). Ved hjelp av petrografiske undersøkelser ble spesielt kvartsen i disse prøvene sammenliknet med kvartskorn fra ulike stratigrafiske nivåer i Dividalgruppen. De petrografiske undersøkelsene viste at spesielt katodeluminesensmikroskopi var godt egnet til en proveniensanalyse. Dette beror på at luminisensfargen hos kvarts er avhengig av dens tidligere temperaturhistorie. Således kan blå luminiserende kvartskorn relateres til vulkanske, plutonske og kontakt-metamorfe bergarter mens brunt luminiserende kvartskorn er typisk for lavmetamorfe bergarter (Zinkernagel (1978). Luminisensfargen på kvarts i de regionalt sett viktigste grunnfjellsbergartene øst for Dividalgruppen mellom Tonreträsk og Alta er vist på Fig. 13.

Katodeluminesensundersøkelser av tynnslip fra Dividalgruppen har blitt konsentrert om profiler i Alta canyon, Nordreisa og Av 'zegår' sa nord for Altevann. Her ble det påvist at kvartskorn i fine til middelskornete sandsteiner hadde de samme luminesensfargene som de østenforliggende grunnfjellsbergartene. På grunnlag av variasjonen i lateral og vertikal variasjon i luminisens, var det mulig å skille mellom distinkte kvartspopulasjoner. Ved å sammenholde disse kvartspopulasjonene med kvartsvarietetene fra grunnfjellsbergartene, var det mulig å påvise de kvantitativt viktigste kildeområdene for det terrigene materialet.

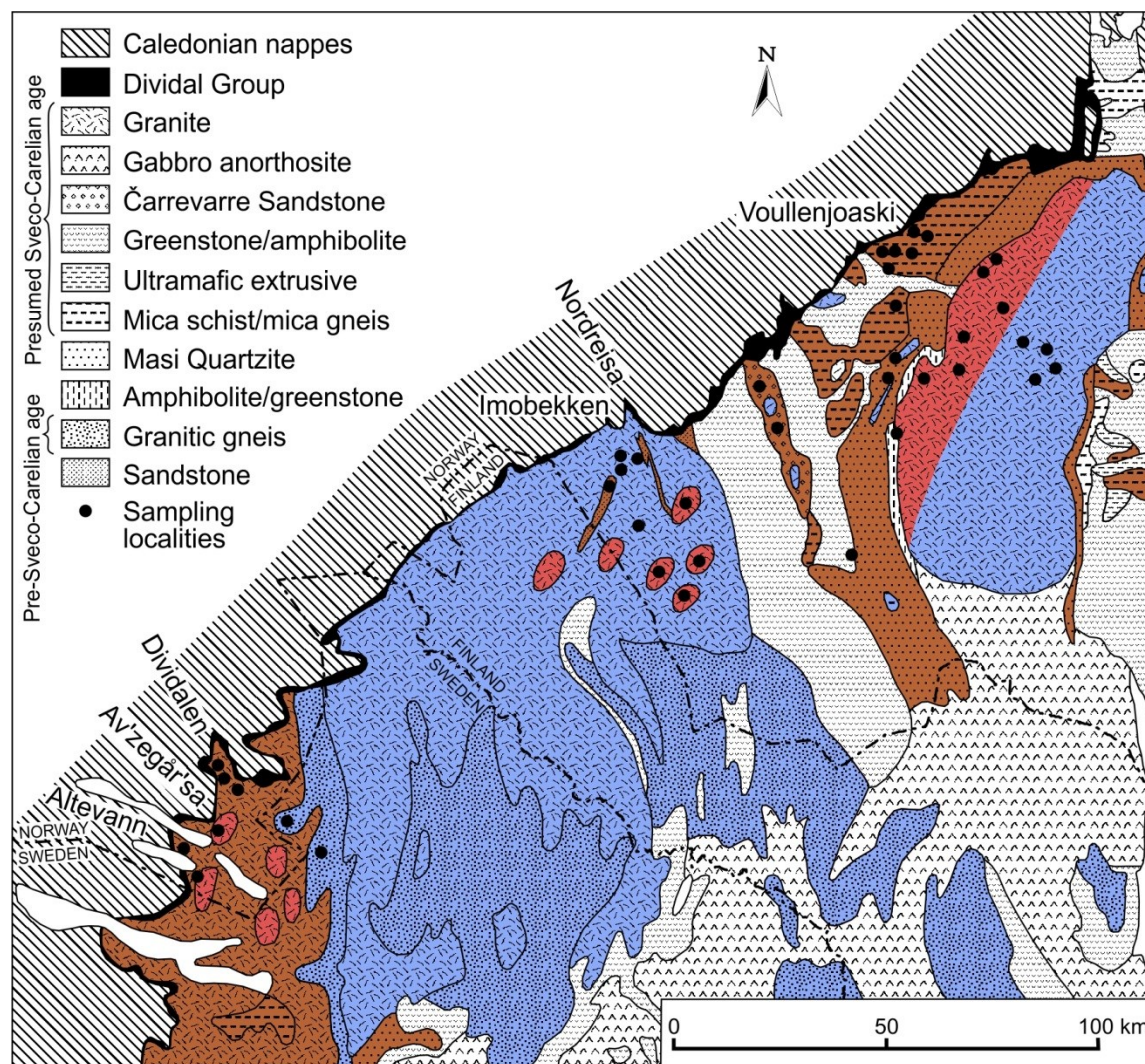


Fig. 13. Forenklet berggrunnskart som viser de regionalt mest utbredte prekambriske bergartene mellom Torneträsk og Alta-området. Fargene illustrerer de ulike luminesensfargene av kvarts når dette mineralet utsettes for en katodestråle. Blå farge: blå luminiserende kvarts; brun farge: brun luminiserende kvarts; rød farge: blå luminiserende kvarts som forandres permanent til brun etter ca 10 sekunders eksponering. Det geologiske kartet er modifisert etter Pharaoh & Pearce (1984).

Petrografiske undersøkelser fra Alta canyon

Sandsteiner fra nedre del av Dividalgruppen i Alta canyon er karakterisert ved et høyt innhold av brunt luminiserende detritale kvartskorn (Fig. 14). Lenger øst er nærliggende grunnfjellsbergarter av kvartsitt og kvarts-glimmerskifer karakterist ved den samme luminisensfargen, og dette tyder på at disse lokale grunnfjellsbergartene har vært en viktig proveniens for det detritale materialet i nedre del av Dividalgruppen.

Spredte flak av fuchsitt forekommer også i den samme del av lagrekken. Fuchsitt er kjent fra Masi kvartsitten og Skoganvarre konglomeratet, og dette tyder på at en del av det terrigene materialet i Dividalgruppen også må være derivert fra et større landområde lenger mot øst.

Nedre del av Dividalgruppen inneholder en del spredte sandkorn med en blå luminiserende indre del omgitt av brun luminiserende sone. Denne kvartsvarietet er kun kjent fra Čarravarre sandsteinen syd for Alta, og dette tyder på at en del av det terrigene materialet også er derivert fra et sydenforliggende landområde.

Petrografiske undersøkelser fra Nordreisa

I Nordreisa er sandsteinene fra nedre del av Dividalgruppen karakterisert ved en blå luminesens av samme type som er påvist i kvarts fra nærliggende prekambrisk granitter som er blottet øst for Dividalgruppen. Dette kan derfor tyde på at det terrigene materialet i Dividalgruppen er dominert av lokalt derivert materiale fra en nærliggende østlig granittisk proveniens. Granittene i dette området inneholder omtrent like mye polykrystallin som monokrystallin kvarts, men i nedre del av Dividalgruppen er andelen polykrystalline kvartskorn ikke over 5 %. Dette tyder på at de polykrystalline kvartskornene for en stor del ble ødelagt ved forvitnings- og transportprosesser før endelig avleiring. I følge Blatt (1967) er dette en rimelig tolkning fordi polykrystalline kvartskorn er kjennetegnet ved strukturelle svakhetssoner langs de interkrystalline grensene slik at disse krystallaggregatene brytes selektivt ned til monokrystalline korn når de utsettes for forvitring og/eller mekanisk abrasjon.

Sandsteinene fra øvre del av lagrekken er dominert av brunt luminiserende kvartskorn. Dette tyder på et skifte i proveniens fra nærliggende granitter til lenger østenforliggende prekambriske kvarts-glimmerskifer med brunt luminiserende kvarts. Dette skifte i proveniens skyldes sannsynligvis en transgresjon som resulterte i at nærliggende landområder ble transgredert, slik at de nye kildeområdene for det terrigene materialet ble suksessivt flyttet lenger mot øst.

Mangel på fuchsitt og blå luminiserende kvartskorn med en brun randsone, tyder på at verken Čarravarre sandsteinen eller Masi kvartsitten har vært kildeområde for det terrigene materialet. Dette tyder på Alta-området og Nordreisa

representerte to adskilte dreneringsbassenger under avsetning av Dividalgruppen.

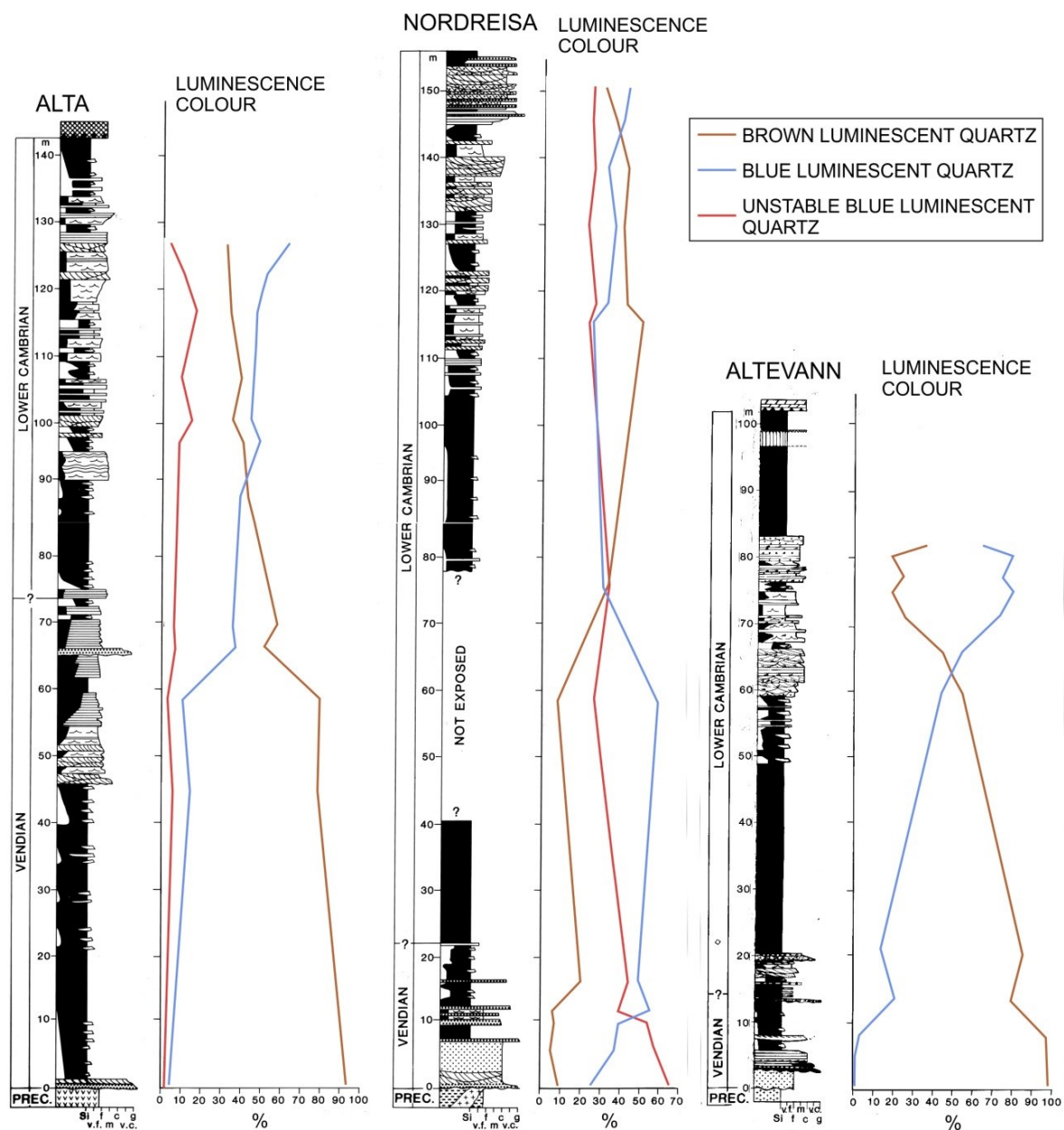


Fig. 14. Profiler gjennom Dividalgruppen fra Alta, Nordreisa og Av 'zegår' sa ved Altevann sammen med angivelse av luminessegenskapene for de terrigene kvartskornene. I de tre områdene skjer det et markant skifte i kvartsvareteter om lag 60-70 m over basis av Dividalgruppen. Dette kan kobles sammen med en regional transgresjon i Dominion Stage der nærliggende kildeområder blir inaktive på grunn av at de blir transgredert. Blå: blå luminiserende kvarts; brun: brun luminiserende kvarts; rød: blå luminiserende kvarts som forandres permanent til brun etter ca 10 sekunders eksponering.

Petrografiske undersøkelser fra Av 'zegår' sa, Altevann

Innholdet av ustabil kvarts i dette profilet ble klassifisert som brun luminiserende kvarts, men det overordnede bildet viser samme trend som fordelingen av kvartsvarieteter som ved Alta. Den nedre del av lagrekken er således dominert av korttransport brun luminiserende kvarts fra nærliggende prekambriske bergarter mens øvre del av lagrekken er karakterisert ved blå luminiserende kvartskorn som er derivert fra mer distale kildeområder.

Tolkning av proviniens

De petrografiske undersøkelsene av kvartsvarieteter i Dividalgruppen fra Alta, Nordreisa og Av'zegår'sa ved Altevann tyder på at det terrigene materialet i nedre del av lagrekken er dominert av lokalt derivert forvittringsmateriale fra østenforliggende prekambriske bergarter. Høyere opp i lagrekken (Dominopolian Stage) skjer det en transgresjon som medfører at kystnære lavereliggende områder blir transgredert. Dette medfører at kildeområdene for de klastiske sedimentene flyttes gradvis lenger mot øst. En paleogeografisk rekonstruksjon av fordelingen av land/hav med angivelse av kildeområder er vist på Fig. 15.

Ventifakter er påvist i lagrekken ved Alta (Johansen (1984), Nordreisa (Elvebakk 1984), Av'zegår'sa (Larsen (1986) og Norrbotten (Kulling 1951). Ventifakter dannes ved vindabrasjon der vindtransportert materiale medfører en mekanisk abrasjon på eksponerte steiner og fjelloverflater. Den maksimale kornstørrelse som kan bli transportert under stormer er ganske variabel, men Prospero et al. (1970) og Arimoto et al. (1997) har påvist at partikler i fraksjonene veldig fin silt til veldig fin sand kan bli transportert flere tusen kilometer under kraftig uvær. I underkambrium var det ikke utviklet noen sammenhengende landvegetasjon slik at subaerilt eksponerte forvittringsprodukter lå løst på overflaten. I områder med mye sterk vind, ble det en deflasjon mens eoliske avleiringer kunne bli avleiret der vinden var svakere. Vindavleiringer har et lavt bevaringspotensiale, og selv om det utvilsomt må ha vært en god del slike avsetninger har det til nå kun blitt påvist en enkelt forekomst ved Vassbo i Sverige (Wallin 1990).

Ved Kilpisjärvi, Nordreisa og Av'zegår'sa har Andresen et al. (2014) påvist detrital zirkon som er derivert fra Timanidene i nordvest-Rusland. Zirkonen er sannsynligvis vindtransportert, og dette tyder på at en mindre del av det terrigene materialet i Dividalgruppen også kan være derivert fra et nordlig område. Vindtransportert materiale vil imidlertid være begrenset til finkornete fraksjoner. De fraksjonene som er undersøkt med hensyn på luminesens-egenskaper er for grove til at de kan ha blitt vindtransportert over noen større avstander. Sett på denne bakgrunn er det rimelig å anta at størstedelen av disse kornene må ha blitt transportert ved elvetransport fra østenforliggende kildeområder.

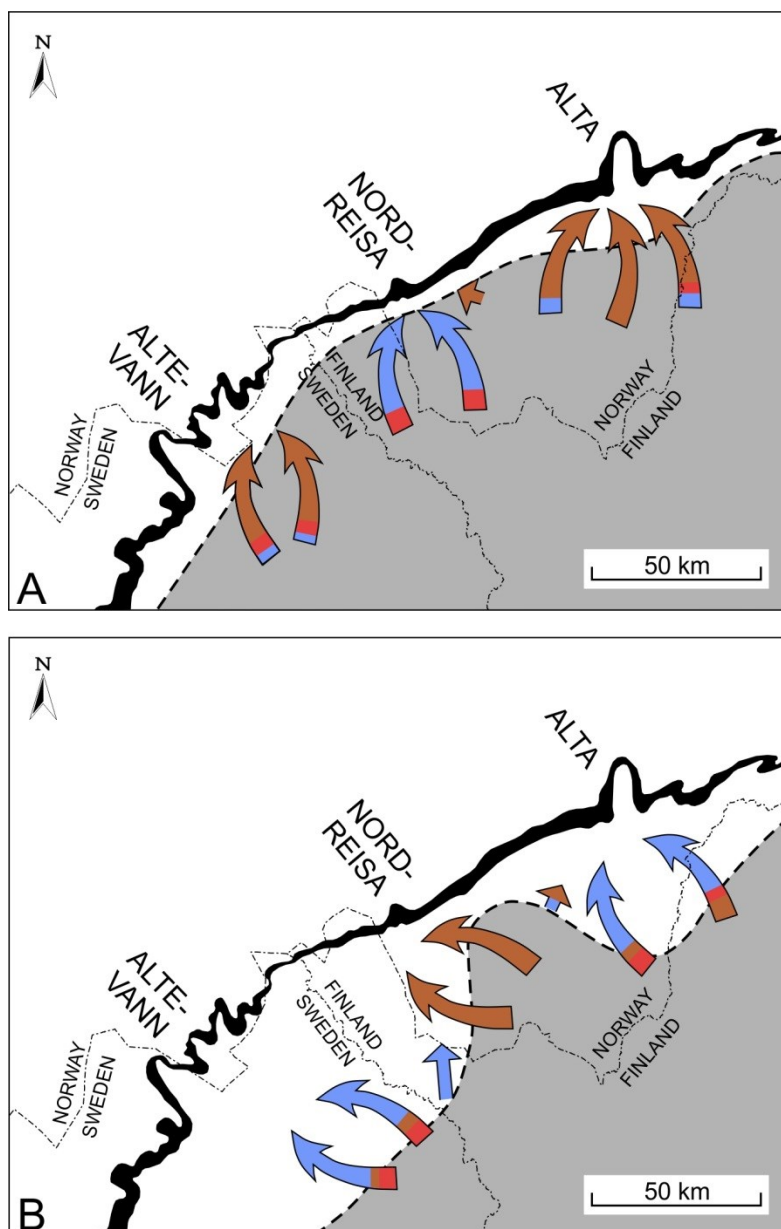


Fig. 15. Paleogeografisk rekonstruksjon som viser den omtrentlige posisjonen av kystlinjen mellom Alta, Nordreisa og Altevann under avsetning av undre (A) og øvre (B) deler av Dividalgruppen. Transportretninger og relative mengder av de ulike lumineserende kvartsvarietene fra proveniensområdene (grått) er vist med piler. Blå: blå luminiserende kvarts; brun: brun luminiserende kvarts; rød: blå luminiserende kvarts som går over til permanent brun luminisens etter ca 10 sekunders eksponering. Utgående av Dividalgruppen er angitt med svart strek.

Forekomst av synchisitt

Forekomst av synchisitt i Dividalgruppen har blitt undersøkt ved Alta, Nordreisa, Dividalen samt området ved Altevann-Gævdnåjav'ri, men er kun blitt påvist i Dividalen og Altevann-området der det er knyttet til den grovklastiske nedre del av Dividalgruppen. Her forekommer synchisitt i form av spredte,

stratabundete krystallaggregater som lokalt kan utgjøre 1-3 % av bergartsvolumet, men lokalt kan synchisitt komme opp i 5-10 %.

I Dividalen ble det utført detaljerte studier av tre profiler gjennom nedre del av Dividalgruppen. Beliggenheten av disse profilene er vist på Fig. 16. Et representativt snitt gjennom av nedre del av lagrekken i Dividalen er vist på Fig. 17, og et tilsvarende profil fra Av 'zegår' sa er vist på Fig. 18.

Tynnslipstudier har vist at synchisitt opptrer som et autigent mineral i primære hulrom mellom sandkornene (Fig. 19, 20, 21). Synchisitt har ofte godt utviklete euhedrale krystaller som viser et høyere relieff enn omkringliggende kvarts og er videre karakterisert ved klare blå, røde, gule og grønne interferensfarger av 2. og 3. orden. Mineraliet opptrer i form av stratabundete konkresjoner der det kan utgjøre 1-3 % av bergartsvolumet, men i enkelte tilfelle kan konsentrasjonen komme opp 5-10 %.

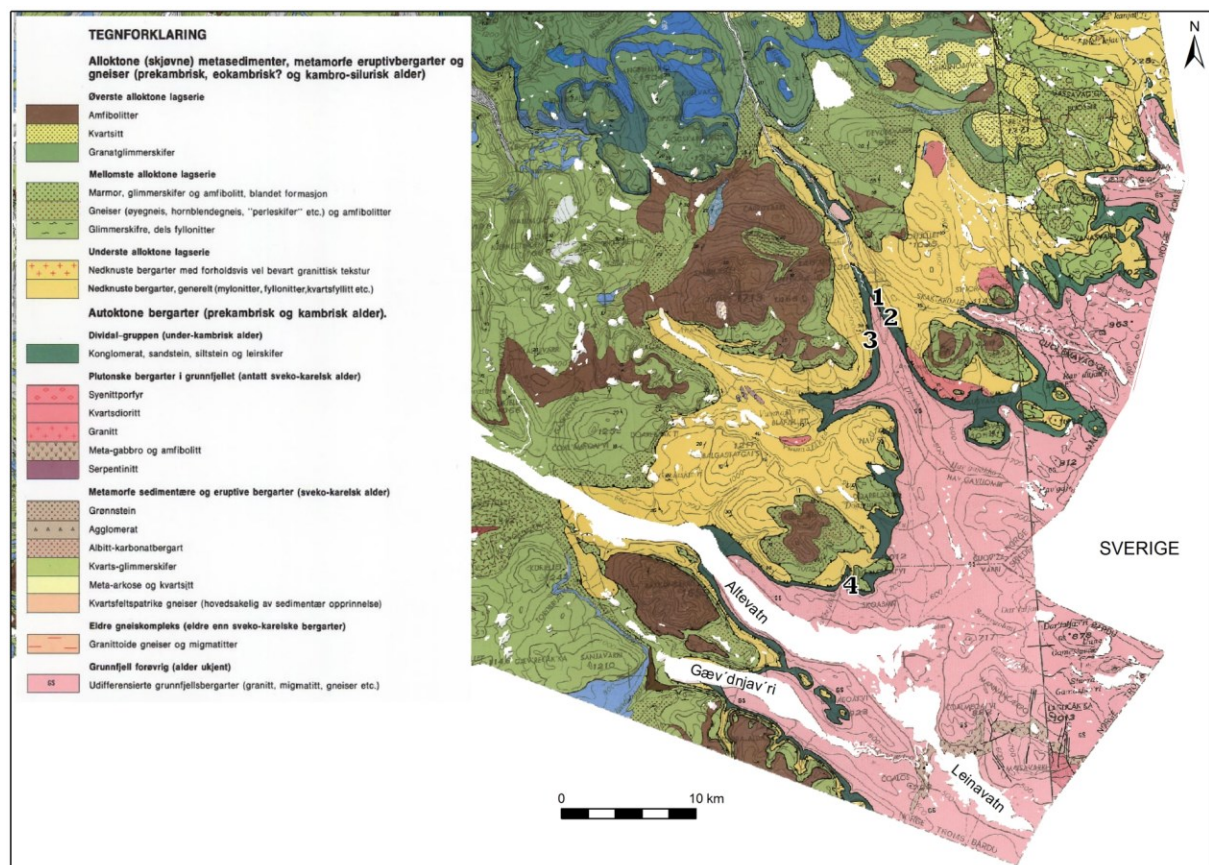


Fig. 16. Geologisk kart som viser den regionale utbredelse av Dividalgruppen (mørk grønn farge) i den sørøstre del av Troms fylke. Dividalgruppen fortsetter under skyvedekker vest for dens utgående slik at Dividalgruppens sedimenter forekommer over et stort regionalt område i Troms. De tre lokalitetene i Dividalen er merket 1, 2, 3 og lokaliteten ved Av 'zegår' sa er merket 4.

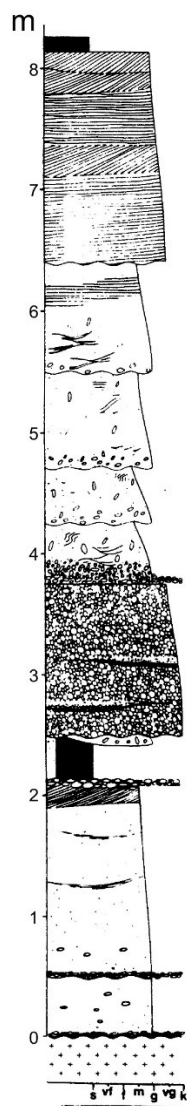


Fig. 17. Profil gjennom de basale deler av Dividalgruppen ved lokalitet 1 (se Fig. 16 for lokalisering). I dette området er Dividalgruppen avleiret på en forvitret prekambrisk storbåndet gneis som lokalt er gjennomskåret av pegmatittganger og glimmerskifre. De nedre 8,2 m av Dividalgruppen er karakterisert ved sandsteiner og konglomerater avsatt fra forgreinete elveløp og "mudflow"-avsetninger. Ved 8,2 m og videre oppover er det marine avsetninger. Synchisitt er kun påvist i den grovklastiske delen av profilet. Modifisert etter Eide (1987).



Fig. 18. Profil gjennom de basale deler av Dividalgruppen ved Av 'zegår' sa nord for Altevann (se Fig. 16 for lokalisering). I dette området er Dividalgruppen avleiret på en forvitret prekambrisk grovbåndet gneis som flere steder gjennomskjæres av glimmerskifre. De nedre 5,8 m av Dividalgruppen er karakterisert ved sandsteiner og konglomerater. Synchisitt er kun påvist i den grovklastiske delen av profilet. Modifisert etter Eide (1987).

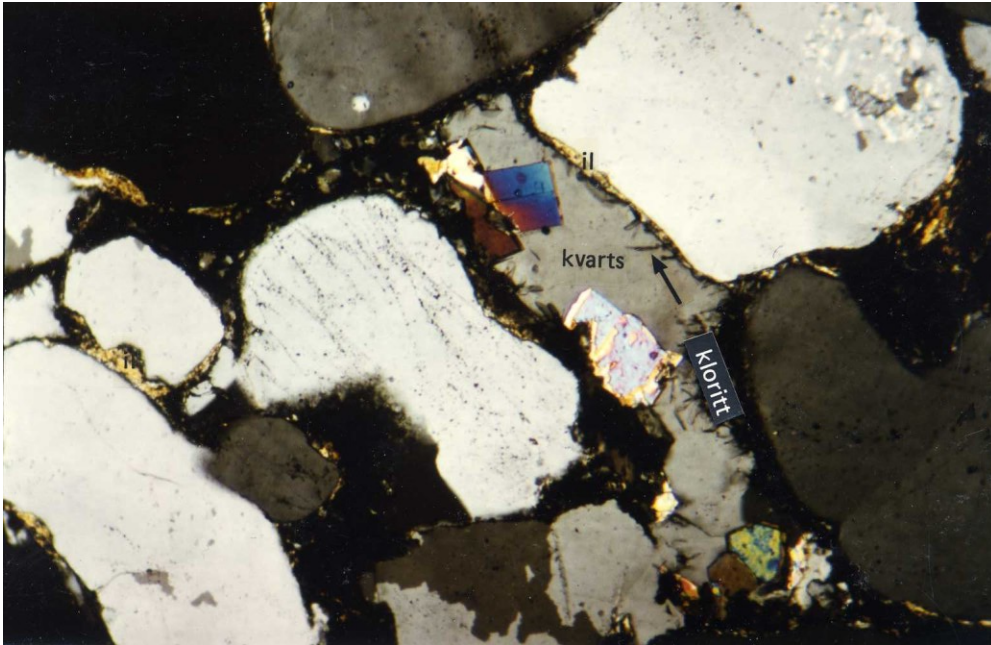


Fig. 19. Sandstein med synchisitt (kubisk mineral med høye interferensfarger) i et primært porerom mellom sandkorn. I de primære porerommene kan det skilles mellom fire forskjellige sementgenerasjoner der 1. sementgenerasjon utgjøres av illitt (il) i form av en "rim-cement" på klastiske korn. Kloritt danner 2. generasjon. 3. generasjon utgjøres av synchisitt mens kvarts danner 4. sementgenerasjon. Tynnsnip fra nedre del av Divalgruppen i Dividalen Polarisert lys. Forstørrelse: 100 X. Etter Eide (1987).

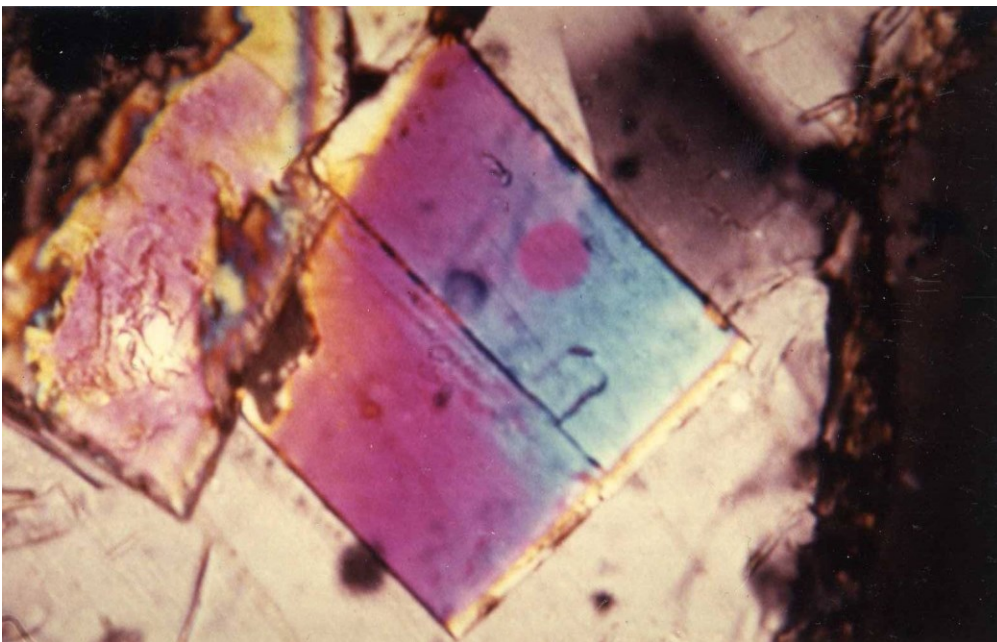


Fig. 20. Euhedrale synchisittkrystaller som har vokst fritt i et primært porerom før utfelling av kvartssement. Tynnslip fra nedre del av Divalgruppen i Dividalen. Polarisert lys. Forstørrelse: 250 X. Etter Eide (1987).

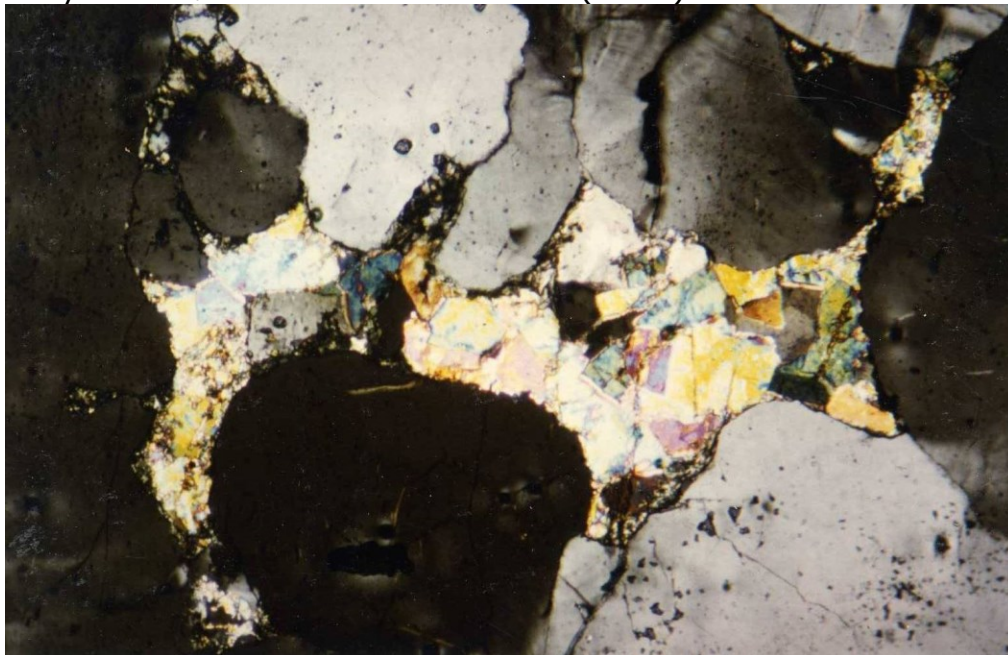


Fig.21. I enkelte tilfelle kan autigen synchisitt (høye interferensfarger) fylle nesten hele det tilgjengelige porevolumet. Som oftest er synchisitt utfelt etter tidligere tillitts- og klorittgenerasjoner. Dividalen, nedre del av Divalgruppen. Tynnslip, polarisert lys. Forstørrelse: 100 X.

For å få informasjon om konsentrasjonen av sjeldne jordartsmetaller i de undersøkte profilene, ble det samlet inn et større antall representative prøver fra den grovklastiske undre delen. Prøvematerialet ble benyttet til kvantitative undersøkelser av lantanidinnholdet ved hjelp av XRF-analyser. Analyseresultatene fremgår av vedlegg 1-3. Disse bulkanalysene viste et relativt beskjedent innhold av sjeldne jordartselementer, og dette skyldes at det lantanidholdige mineralet synchisitt forekommer i form av spredte knoller i lagrekken slik at totalvolumet blir relativt lite. Den samlede konsentrasjon av lantan, cerium, praseodym og neodym i bulkprøvene lå stort sett under 500 ppm, og dette ligger godt under grenseverdien på om lag 8000 ppm for kommersiell produksjon.

Kjemisk sammensetning av synchisitt

Den kjemiske sammensetning av synchisitten har blitt utført ved hjelp av mikrosondeanalyser (Tab.1).

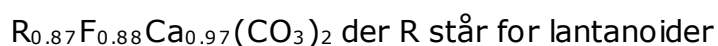
Lokalitet	Dividalen	Dividalen	Dividalen	Av'zegår'sa	Av'zegår'sa
Stratigrafisk nivå	2,45 m	2,50 m	2,50 m	0,10 m	0,10 m
CaO	17,83	19,33	18,09	18,51	18,63
La₂O₃	11,85	11,03	10,69	11,27	11,09
Ce₂O₃	23,96	25,69	25,23	25,37	25,50
Pr₂O₃	4,02	3,97	3,68	3,90	3,81
Nd₂O₃	7,13	7,63	7,19	7,63	7,92
CO₂	33,48	28,12	32,45	26,62	28,67
F	5,66	5,78	5,42	5,97	5,23
Total oksyd	103,93	101,55	102,75	99,27	100,85

Tab. 1. Mikrosondeanalyser av synchisitt fra henholdsvis Dividalen og Av'zegår'sa. Det er analysert på 5 forskjellige krystaller, og deres stratigrafiske nivå er angitt i m over basis av Dividalgruppen. I nivå 2,50 m i Dividalen og i nivå 0,10 m i Av'zegår'sa er det analysert på to forskjellige krystaller i samme prøve.

Som det fremgår av mikrosondeanalysene er lantanider sammen med kalsium de dominerende kationene. På bakgrunn av analyse nr. 4 fra venstre i Tab. 1, er den støkiometriske sammensetningen beregnet til:



Generelt kan formelen skrives:



1. Kilde for synchisitt

Petrografiske og geokjemiske undersøkelser tyder på at synchisitt er derivert fra oppløst monazitt. Monazitt har kjemisk formel CaPO_4 der Ca kan være mer eller mindre erstattet med sjeldne jordartselementer med ioneradius større enn dysprosium samt varierende mengder Th. Mikrosondeanalyser av monazitt fra nedre del av Dividalgruppen i Dividalen er vist i Tab. 2.

Stratigrafisk nivå	4.00 m	4.00 m	2.50 m
P ₂ O ₅	28.12	27.61	28.44
CaO	0.24	0.24	0,40
La ₂ O ₃	15.35	15.20	13.87
Ce ₂ O ₃	36.98	35.07	34.76
Pr ₂ O ₃	4.61	4.87	4.57
Nd ₂ O ₃	10.09	9.94	9.94
ThO ₂	0.75	0.59	3.46
Total oksyd	96.33	93.56	95.48

Tab. 2. Mikrosondeanalyser av inneslutninger monazitt i årekvarts-korn fra nedre del av Dividalgruppen i Dividalen. De stratigrafiske nivåene er angitt i høyde over basis av Dividalgruppen.

Monazitt er et relativt sjeldent mineral og finnes som regel i forbindelse med kvarts og feltspater i hydrotermale ganger. I dette tilfellet antas det at monazitten er derivert fra pegmatittårer i syenittiske og granittiske gneiser som dominerer berggrunnen øst for Dividalgruppen i Troms. Før avsetning av Dividalgruppen, var dette området subaerilt eksponert. Forvitringen i et varmt og humid klima medførte en denudasjon av landskapet slik at det ble utviklet et subkambrisk peneplan bestående av et svakt undulerende landskap med små topografiske høydeforskjeller.

Ved overgangen prekambrium/kambrium var det en god del forkastningstektonikk langs østsiden av det Baltiske skjold slik at det ble større relieff-forskjeller. I forkastnings-relaterte bassengene ble det avsatt alluviale vifter som senere ble transgredert, og det er i disse underkambriske grovkornete sedimentene at det finnes signifikante mengder av monazitt og synchisitt. Monazitt er påvist som inneslutninger i årekvarts, og denne assosiasjonen har til en viss grad bidratt til å beskytte mineralet mot mekanisk og kjemisk forvitring under transport og ved senere begravning.

Konklusjon

1. Forekomsten av lantanidholdig synchisitt er knyttet til de basale deler av Dividalgruppen.
2. Synchisitt representerer et tidligdiagenetisk mineral som er utfelt fra porevanns-løsninger som har inneholdt oppløste lantanider.

3. Lantanidene er derivert fra kjemisk forvitret monazitt. Det er derfor en sammenheng mellom monazittforekomstene i den prekambriske berggrunnen øst for Dividalgruppen og opptreden av synchisitt i Dividalgruppen.
4. Dannelsesmåten for synchisitt er relatert til en kraftig kjemisk forvitring av den subaerilt eksponerte prekambriske berggrunnen i et humid og varmt klima.
5. Det kan forventes å finne nye forekomster av synchisitt i de basale deler av Dividalgruppen der monazittførende prekambriske bergarter har vært subaerielt eksponert i undre kambrium.

Referanser

- Andresen, A, Agyei-Dwarko, A., Kristoffersen, M. & Hanken, N.-M. 2014. A Timanian foreland basin setting for the late Neoproterozoic-Early Palaeozoic cover sequences (Dividal Group) of northeastern Baltica. In: F. Corfu, D. Gasser & D.M. Chew (Eds.): New Perspectives on the Caledonids of Scandinavia and Related Areas. *Geological Society, London, Special Publication* 390.
- Arimoto, R., Ray, B.J., Lewis, N.F., Tomza, U. & Duce R.A. 1997. Mass particle size distribution of atmospheric dust and the dry deposition of dust to the remote ocean. *Journal of Geophysical Research* D 102, 15867-15874
- Berthelsen, A. 1967. Geologic and structural studies around two geophysical anomalies in Troms, Northern Norway. *Norges Geologiske Undersøkelse Årbok* 1966, 247, 57-77.
- Binns, R.E. 1967. A preliminary account of the geology of the Signaldalen-Upper Skibotndalen area, Inner Troms. *Norges Geologiske Undersøkelse Årbok* 1966, 247, 231-251.
- Eide, J.R. 1987. En studie av de basale deler av Dividalgruppen samt kontakten mot grunnfjellet i indre Troms. Upublisert Cand. Scient oppgave, Universitetet i Tromsø, 216 pp, 18 vedlegg.
- Elvebakk, G, 1984. Dividalgruppen i Reisadalen, Nord-Troms: Stratigrafi, sedimentologi og tidligdiagenese. Upublisert Cand. Real. Thesis, Universitetet i Tromsø, 2162 pp.
- Føyn, S. 1967. Dividalgruppen ("Hyalolithus-sonen") i Finnmark og dens forhold til de eokambriske – kambriske formasjoner. *Norges Geologiske Undersøkelse* 59, 25-46.
- Holtedahl, O. 1918. Bidrag til Finnmarkens geologi. *Norges Geologiske Undersøkelse* 84, 314 pp.
- Johansen, A.M. 1984. Sedimentologiske, petrografiske og diagenetiske undersøkelser av Dividalgruppen, sør for Alta, Nord-Norge. Upublisert Cand. Real. Thesis, Universitetet i Tromsø, 248 pp.
- Kulling, O. 1951. Spår av Varangeristiden i Norrbotten. *Sveriges Geologiske Undersøkning* 503, 1-44.
- Larsen, G.B. 1986. Sedimentologiske og diagenetiske studier av Dividalgruppen ved Altevann, Nord Norge. Upublisert Cand. Scient Thesis, Universitetet i Tromsø, 183 pp., 9 vedlegg.

- Nielsen, A.T. og Schovsbo, N.H. 2011. The Lower Cambrian of Scandinavia: Depositional environment, sequence stratigraphy and palaeogeography. *Earth-Science Reviews* 107, 207-310.
- Pharaoh, T.C. & Pearce, J.A. 1984. Geochemical evidence for the geotectonic setting of Early Proterozoic metavolcanic sequences in Lapland. *Precambrian Research* 25, 283-308.
- Prospero, J.M., Bonatti, E., Schuber, C. & Carlson, T.N. 1970. Dust in the Caribbean traced to an African dust storm. *Earth and Planetary Science Letters* 9, 287-293.
- Skjerlie, F.J. & Tan, T.H. 1960. The geology of the Caledonides of the Reisa Valley area, Troms-Finnmark, Northern Norway. *Norges Geologiske Undersøkelse* 213, 175-196.
- Torsvik, T.H. & Cocks, R.M. 2005. Norway in space and time: A centennial cavalcade. *Norwegian Journal of Geology* 85, 73-86.
- Vogt, T. 1916. Geologiske studier langs den østlige del av fjellkjeden i Troms amt. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 4, 260-266.
- Vogt, T. 1967. Fjellkjedestudier i den østlige del av Troms. *Norges Geologiske Undersøkelse* 248, 5-59.
- Wallin, B. 1990. Early Cambrian coastal dunes at Vassbo, Sweden. *Geological Society of America Bulletin* 102, 1535-1543.
- Willden, M.Y. 1980. Paleoenvironment of the autochthonous sedimentary rock sequence at Laiswall, Swedish Caledonides. *Stockholm Contributions in Geology* 33, 100 pp.
- Zinkernagel, U. 1978. Cathodo-luminescence of quartz and its application to sandstone petrology. In: H. Fuchtbauer, A.P. Lisitzyn, J.D. Milliman & E. Seibold (Ed.): *Contribution to Sedimentology* 8, 69 pp.
- Øpik, A.A. 1956. Cambrian (Lower Cambrian) of Estonia. 20th International Congress in Mexico. El sistema Cambrico, su paleogeografica y el problema de su base. T. 1, 97-126.

Vedlegg 1

XRF analyser av lantanidinnholdet i basale del av Dividalgruppen, Dividalen (Lokalitet 1, jfr. Fig. 16). Det stratigrafiske nivået er angitt i meter over basis av Dividalgruppen. Elementinnholdet er angitt i ppm.

Strat. nivå i meter	Lantan ppm	Cerium ppm	Praseodym ppm	Neodym ppm	Sum lantanider ppm
0,05	85,1	151,4	17,7	66,2	320,4
0,25	8,4	12,4	1,5	4,2	26,5
0,40	19,2	35,5	3,4	14,9	73
0,65	29,6	48,1	5,3	20,5	103,5
1,55	36,3	54,6	6,7	23,4	121
2,1A	8	11,4	1,4	4	24,8
2,1B	36,8	79,1	7,2	34,2	157,3
2,1 C	15,1	27,3	2,7	9,8	54,9
2,2	9,1	14,3	1,6	4,6	29,6
2,4	33,2	75,9	6,3	31,4	146,8
2,45	19,8	46,7	3,6	18,6	88,7
3,7	160,6	337,2	34,4	147,9	680,1
4,1	54,7	115,9	11	51	232,6
4,65	31,3	68,2	5,6	28,9	134
4,70	31	62,7	5,8	26,7	126,2
4,95	25,3	43,9	4,5	19,4	93,1

Vedlegg 2

XRF analyser av lantanidinnholdet i basale del av Dividalgruppen, Dividalen (Lokalitet 2, jfr. Fig. 16). Det stratigrafiske nivået er angitt i meter over basis av Dividalgruppen. Elementinnholdet er angitt i ppm.

Strat. nivå i meter	Lantan ppm	Cerium ppm	Praseodym ppm	Neodym ppm	Sum lantanider ppm
0,03	14,8	27	2,7	10,8	55,3
0,05	36	70,4	7	29,6	143
0,18	19,8	22,7	3,6	9,9	56
0,35	23,5	38,2	4,2	16,6	82,5
0,55	5,3	13,1	1	5,3	24,7
0,7	3,9	7	0,7	2	13,6
0,8	95	189,8	19,7	82,7	387,2
1,2	8,7	9,8	1,6	4,3	24,4
1,35	4,4	2	0,8	0	7,2
1,5	4,1	4,6	0,7	0	9,4
1,65	4,5	0,6	0,8	0	5,9
1,9	7,1	10,7	1,3	3,6	22,7
2,0	0	9,9	0	3	12,9
2,05	9,3	25,3	1,7	9,8	46,1
3,25	19,8	38	3,6	15,2	76,6
3,4A	10,5	25,4	1,9	10,6	48,4
3,4B	2,3	8,6	0,4	1,1	12,4
3,75	28,6	59,9	5,1	24,7	118,3
4,8	96,5	199	20,2	86,6	402,3

Vedlegg 3

XRF analyser av lantanidinnholdet i basale del av Dividalgruppen, Dividalen (Lokalitet 3, jfr. Fig. 16). Det stratigrafiske nivået er angitt i meter over basis av Dividalgruppen. Elementinnholdet er angitt i ppm.

Strat. nivå i meter	Lanta n ppm	Cerium ppm	Praseody m ppm	Neody m ppm	Sum lantanider ppm
0,05	74,7	142,3	15,6	60,2	292,8
0,25A	48,7	94,5	9,8	39,7	192,7
0,25B	51,8	89,8	10,4	37,1	189,1
0,35	23,7	35,8	4,2	13,7	77,4
0,4	13,7	24,4	2,5	6,9	47,5
0,75	28	42,8	5,2	17,8	93,8
1,05	21,1	32,6	3,8	14	71,5
2,3	15,9	27,1	2,9	8	53,9
2,7	21,1	34,2	3,8	15,1	74,2
4,3	105,7	219,3	22,4	95,6	443
4,8A	46,6	99,3	9,3	42,5	197,7
4,8B	43,1	84,7	8,4	35,4	171,6
5,6	29,4	67,6	5,6	28,3	130,9