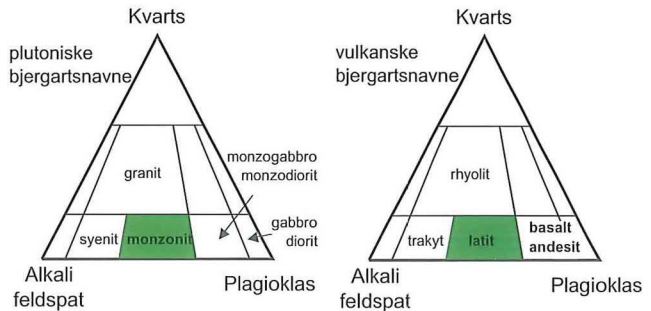


SMELTER I KONTINENTSKORPEN

Jens Konnerup-Madsen

De fleste forbinder jo nok Tyrol i Italien med musik og hjemstedet for tyrolerbukserne. Men nogle geologer kommer også til at tænke på andre ting, nemlig bjergarten monzonit, der har fået navn efter stedet for dens første beskrivelse, Monzoni i Sydtyrol. En monzonit er en plutonisk magmabjergart med lige dele alkalifeldspat og plagioklas (se figuren nedenfor), ligesom den vulkanske magmabjergart latit (efter Latium i Italien). Bjergarten latit kaldes også traktyandesit for at angive, at den er en mellemting mellem de vulkanske bjergarter andesit og trakty.

Men bjergarter som monzonit, latit og traktyandesit findes ikke kun i Italien. De findes faktisk alle de steder, hvor geologien og dannelsen af magmabjergarter på en eller anden måde er knyttet til opsprækning af et kontinentalt skorpeområde, måske efter en periode præget af subduktion af oceanisk skorpe under kontinentalskorpe. En sådan pladetektonisk ramme fandtes i Sydnorge for godt 1 milliard år siden!



Streckeisens klassifikationsdiagram for magmatiske bjergarter med monzonit og granit indsat.

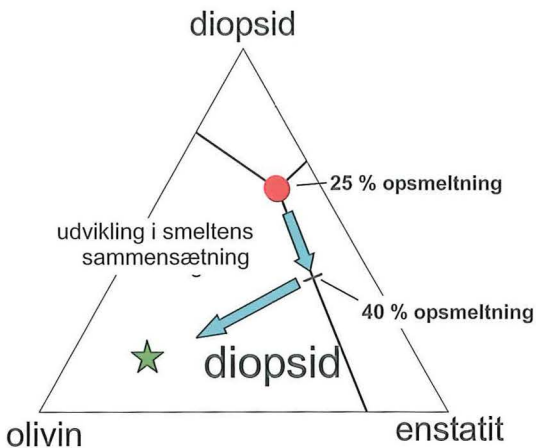
PRIMÆRE MAGMAER

Et primært magma er en naturligt dannet bjergartssmelte, hvis kemiske sammensætning ikke er ændret efter smelten forlod stedet i Jordens kappe eller skorpe, hvor opsmeltningen fandt sted. Selve den kemiske sammensætning af en sådan dannet smelte afhænger af trykket og temperaturen for opsmeltningen, af sammensætningen af den bjergart der smelter op, og endeligt af, hvor stor en del af bjergarten, der smelter.

Primære magmaer dannet i Jordens kappe skabes ved opsmeltning af den bjergart, der kendetegner kappen, nemlig bjergarten lherzolit. Lherzolit er betegnelsen for en bjergart med mineralerne olivin og pyroksenerne enstatit og diopsid. Derudover kan en lherzolit indeholde mineralerne plagioklas, spinel eller granat afhængig af dybden i kappen.

Begynder en lherzolit at smelte op, kan opsmeltningens forløb aflæses i et smeltediagram. Et smeltediagram for en bjergart, der består af olivin, diopsid og enstatit, er vist i nærstående figur .

I figuren er kappens indhold af olivin, diopsid og enstatit vist med den grønne stjerne. Begynder en sådan bjergart at smelte, vil den første smeltning ske, hvor alle tre mineraler er i kontakt med hinanden. Sammensætningen af smelten er vist med den røde cirkel i figuren. Man kan beregne, at op til de første ca. 25% smelte vil have denne sammensætning. Når en så stor del af kappen er opsmeltet, vil kappen bestå af 'rød' smelte og en ikke-opsmeltet restbjergart med mineralerne olivin og enstatit.



Restbjergarten kaldes en harzburgit. Smelter man mere op, vil opsmeltningen foregå langs den lyseblå pil med opsmeltning af enstatit. Når godt 40% opsmeltning har fundet sted, vil alt enstatit være brugt op, og vi har en restbjergart, der udelukkende består af olivin. En sådan restbjergart kaldes en dunit.

Små fragmenter (xenolither) af de ikke-opsmeltede restbjergarter harzburgit og dunit fra kappen bliver nogle gange bragt med op til Jordens overflade af basaltiske smelter. Undersøgelser af disse xenolither er med til at øge vort kendskab til kappens opbygning.

KENDETEGN VED EN PRIMÆR KAPPESMELTE

Den først dannede 'røde' smelte kan også beskrives ved dens kemiske sammensætning og ved nogle kritiske forhold mellem de grundstoffer, der indgår i smelten. Det er således muligt at teste om en magmatisk bjergart, vi ser i felten kan, være en primær kappesmelte.

Et første karaktertræk ved smelten er dens magnesiumantal. Magnesiumtallet angiver smeltens forhold mellem magnesium (Mg) og jern (Fe) udtrykt som forholdet mellem MgO og MgO+FeO. En smelte dannet ved opsmeltning af kappen skal have et magnesiumantal mellem 0.66 og 0.75. Er en smeltes magnesiumantal mindre, må den være ændret ved for eksempel fjernelse af nogle tidligt udfældede magnesiumrige mineraler fra den dannede smelte.

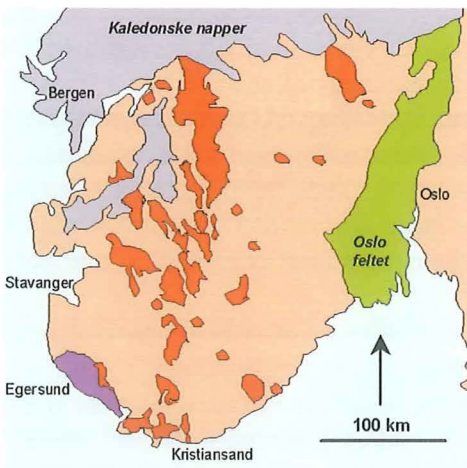
Udover magnesiumtallet vil indholdet af en række andre grundstoffer (spor-

elementer) være karakteristisk for primære kappesmelter. Koncentrationerne af sporelementer i en dannet basaltsmelte vil kunne bruges til mere detaljeret at beskrive opsmeltningssprocessen i kappen.

Ser vi på magnesiumtallet for de sydnorske monzonitter, er deres værdi meget lavere end primære kappesmelters. Det kan skyldes flere ting. Enten er den primære smelte blevet ændret på vejen op fra opsmeltningssstedet, eller også er smelten dannet ved opsmeltning af en ændret kappe. Begge muligheder kan have spillet ind i Sydnorge!

Det sydnorske grundfjeldsområdes udseende i dag ved man efterhånden er resultatet af mange hundrede millioner års geologiske processer. Aldersbestemmelser på bjergarter og mineraler viser, at der måske allerede for mere end 1.500 millioner år siden var et grundfjeldsområde, der med gnejser, magmatiske bjergarter og sedimenter meget ligner det, vi kender i dag,.

I de efterfølgende 400-500 millioner år blev dette grundfjeldsområde, der var under stadig nedbrydning, hjemsted for flere perioder med vulkansk aktivitet og aflejring af sedimenter. Men for godt 1.000 millioner år siden blev området involveret i en kollision med et andet kontinentområde. Hvilket andet område



ved man ikke, men muligvis var det Amazonasområdet! Og før selve kollisionen var der subduktion af oceanskorpe under området. Disse overordnede pladetektoniske processer kan især aflæses af sammensætningerne af de magmaer, der på disse tidspunkter trængte op og størknede i den gamle norske skorpe.

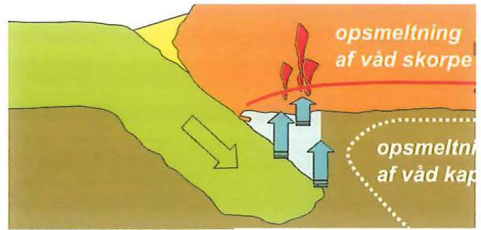
Det sydnorske grundfjeldsområde. De orangerøde legemer repræsenterer de yngste granitter, som intruderede for 800-900 millioner år siden og efter kollisionen.

SUBDUKTIONSDANNEDE MAGMAER

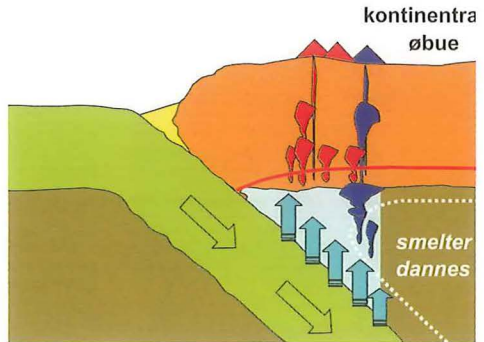
I forbindelse med en subduktion presses en oceanskorpe ned i Jordens kappe. I det sydiskandinaviske område skete dette under en kontinentalskorpe, som vist i figuren på næste side..

Ved subduktionen bliver således en i forvejen meget omdannet oceanskorpe og nogle af de sedimenter, der er aflejret på kontinentranden og i dybgraven presset ned i Jordens kappe og udsat for meget høje tryk og også højere temperaturer.

Dette medfører, at mange af de mineraler, der er i den nedpressede ocean-skorpe og i sedimenterne, bliver ustabile og nedbrydes. I forbindelse med denne nedbrydning af mineraler sker en frigivelse af vand og en række grundstoffer, der er letopløselige i vand. Sammen danner de en kompleks opløsning, en fluid. Disse frigivne fluider simrer op i den overliggende kappe og omdanner den, og der dannes nye vandholdige mineraler.

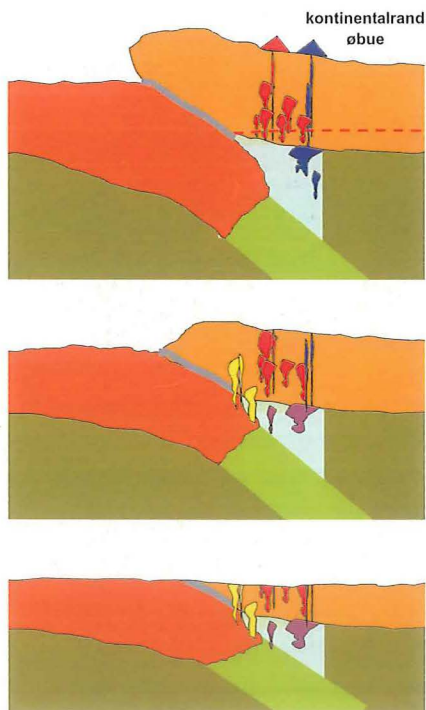


Når man sætter vand til kappen, sænker man dens smeltetemperatur. Så på et tidspunkt efter subduktionen er startet, er der tilsat så meget vand til den overliggende kappe, at dens smeltetemperatur er sænket til et



punkt, hvor opsmeltning begynder at ske. Samme processer sker i dag rundt om stillehavet, hvor vi mere direkte kan se de vulkanske processer i aktivitet og typerne af magmaer, der dannes. Og det er magmaer med en andesittisk sammensætning, dvs. smelter, der er rige på silicium og en række andre af de grundstoffer, der tilførtes kappen ved subduktionen. Dette i modsætning til basalter, der er dannet ved opsmeltning af en 'tør' kappe.

Hvor let sådan en smelte har ved at trænge op til Jordens overflade afhænger af, hvad den skal trænge igennem. Drivkraften er forskellen i massefylden af smelten i forhold til det, den skal trænge igennem. Ved subduktion under en kontinentalskorpe går det godt med at trænge op gennem den overliggende kappe, fordi den er ret tung, men når smelten når undersiden af skorpen, går den let i stå, fordi en lidt tung smelte nu skal op igennem noget meget lettere materiale. Og det er svært for selv en ivrig andesittisk smelte. For billedligt at slanke sig må smelten smide nogle af de tungere dele. Dette gør den ved at begynde at udkrystallisere tunge mineraler i et hvile-magmakammer ved bunden af kontinentalskorpen. Der udkrystalliseres mineraler som olivin, pyroksener, og måske amfiboler. Når dette har stået på lidt tid, er den resterende smelte blevet så tilpas lettere, at den kan trænge længere op mod overfladen. Den optrængende smelte har nu mistet noget af sit oprindelige (primære) udseende, fordi nogle mineraler er blevet fjernet. Afhængig af spændingerne i kontinentalskorpen kan den ændrede smelte måske trænge helt op til overfladen, men ofte må den



hvile sig igen lidt højere oppe i et andet hvilemagma-kammer og yderligere slanke sig lidt mere for at trænge helt op. Resultatet er, at man i et sådant område kan få dannet en række forskelligt udviklede magmaer og dermed en række forskellige, men beslægtede magmatiske bjergarter. Man kan modellere hvilke typer, der kan dannes, og monzonitter er et af dem!

Et magma vil selvfølgelig have lettere ved trænge op igennem en kontinentalskorpe, hvis der er trækspændingerne i området. Det modsatte er normalt tilfældet ved en subduktion og efterfølgende kontinentkollision. Men når to kontinenter kolliderer, går subduktionen i stå, fordi de lette kontinentmasser ikke kan presses ned i den tungere kappe, og vi får dannet et kollisionsbælte med to kontinenter stablet ovenpå hinanden, lidt som vi ser det i Himalaya i dag.

Efter kollissionen begynder bjergkæden af eroderes ned fra toppen, lige-som kontinenterne begynder at glide lidt fra hinanden igen for at få genetableret tyngdeligevægten i området. Dette betyder, at noget af den underliggende skorpe og kappe, der ved kollissionen blevet presset ned nu pludselig løftes hurtigt op mod overfladen. Bjergarterne udsættes derfor et hurtigt trykfald uden at temperaturen kan nå at følge med, og denne udvikling kan ligeledes resultere i opsmeltning af både den tidligere omdannede kappe og den nederste del af kontinentalskorpen. Resultatet er, at der efter en sådan kontinentkollision ofte er en periode med dannelse af både granittiske magmaer fra kontinentalskorpen og mere 'basaltiske' magmaer dannet ved opsmeltning af kappen. Det er dette magmadannelses-stadium, vi ser i Sydnorge, hvor de sene granitter og monzonitterne repræsenterer de to dannede smelter.