



Platser (röda punkter) där pikritiska basalter har karterats, det ljusröda området är den aktiva vulkaniska zonen, det ljusgröna området är vulkaniska bergarter < 3,3 Ma och ofärgat är bergarter > 3,3 Ma. Kartan bygger på data från Jakobsson (1983).

# Det primitiva Island



Kuddlava, som innehåller rikligt med olivinkristaller, ligger i basen av hyaloklastitryggen Midfell. Denna rygg bildades under den senaste istidens slutskede.

Primitiva magmatiska basaltsmältor har sitt ursprung från manteln och brukar också kallas för juvenila smältor. Pikrit – en olivinrik basalt med 12-18 procents innehåll av magnesiumoxid, MgO – är en bergart med sådan härkomst.

På Island finns det omkring 25 platser där lava med pikritisk sammansättning har hittats. Detta är alla magmors moder – inom teorin för bildande av magmor genom kristallfraktionering. De smältor som kommer upp består av delvis smält mantel, men kan ha en "nära-mantelsammansättning". Inom teorin för dynamisk uppsmältning representerar dessa smältor den sista uppsmältningsfasen, och den kan bestå av upp till 25 procent av det ursprungliga mantelmaterialet. För att klara en så stor uppsmältning måste det vara varmt, över 1 200°C, och om dessa smältor ska upp på ytan måste det gå snabbt!

**Basalt är den vanligaste** bergarten i skorpan och den bygger upp all oceanbotten, vilken i sin tur är täckt av ett mer eller mindre tjockt sedimentlager. Oceanbottenbasalter har en tämligen odramatisk sammansättningsvariation. (Den varierar mindre än vad Coca Cola gör i världen, där dryckens smakvariationer beror på det lokala vattnet.) Basalter som bildas i en öbåge eller kontinental miljö kan urskiljas utifrån sina kemiska signaturer, exempelvis med hjälp av olika så kallade diskrimineringsdiagram. Dessa diagram kan hjälpa till att ge en uppfattning om basaltens geokemiska signatur. Utifrån denna kan man föreslå en bildningsmiljö för äldre basalter, där man av naturliga skäl har förlorat kontakten med den tektoniska miljön där dessa bildades. I denna artikel lämnar vi nu dock alla basalter som inte har bildas vid en mittoceanisk rygg åt sitt öde och koncentrerar oss på de mittoceaniska basalter som efter deras engelska namn kallas MORB (Mid-Ocean Ridge Basalt).

Hur kan basalter med olika sammansättning komma från manteln? Det bygger på antagandet att den basaltiska smältan representerar varianter av den magmatiska serien som kommer från den mest ursprungliga (eller primitiva) magman.

När en smälta kallnar så kristalliserar mineral i en ordning som beror på dess smältpunkt och detta förändrar sammansättningen av den kvarvarande smältan – den differentieras. Basalt som når jordytan har upplevt någon grad av differentiering under sin färd mot ytan. För att vi ska kunna använda basaltsammansättningen som en spegel av mantelns sammansättning, måste mer utvecklade basalter unvikas (där delar av smältan redan har kristalliserats och därför inte är i jämvikt med mantels mineralogi). För att få information om manteln måste man alltså hitta de primitiva smältor som inte har förändrats sedan de lämnade manteln – är det möjligt?

En möjlighet är mantelxenoliter (brottstycken från djupet), och med hjälp av bergartens magnesium (Mg)-nummer kan vi avgöra hur primär (primitiv) den är. Mg-numret beräknas från halter av Mg och Fe (järn)

enligt formeln:  $Mg/(Mg + Fe_{tot})$ . Ju högre Mg-nummer (mera Mg) desto ursprungligare. Mineralen olivin ( $Fe, Mg$ ) $SiO_4$  har en kontinuerlig serie av fasta lösningar från 100 procent järn (Fe) som heter fayalite till 100 procent magnesium (Mg) som heter fosterit. Man anger mängden Mg med en procent Fo (fosterit) för de mineral som ligger mellan slutpunkterna (till exempel  $Fo_{92}$  = 92 procent Mg). Den olivin som finns i mantelxenoliter (peridotit) har en hög magnesium halt,  $Fo_{88-92}$ .

Lacroix (1923) använde termen "oceanite" för basalt som innehåller mer olivinfenokryster (strökorn) än augit (en pyroxen) dito. Detta för att skilja mellan oceanit och ankaramit vilken är en annan bergart. Bergartsnamnet "pikrit" (se Johannsen, 1938) blev mera använt och har förpassat termen oceanit till glömskan. Enligt en tidig definition av pikrit ska olivininnehållet överstiga 25 procent.

## OLIVIN-THOLEIT OCH KVARTS-THOLEIT

När man tillämpar så kallade CIPW-normativa mineralberäkningar är det alkali- och kiselhalten som styr kristallisationsordningen. Är det en kiselundermåttad smälta så bildas nefelin och/eller olivin. Basalt med nefelin och olivin kallas för alkali-olivinbasalt men basalt med endast olivin kallas för olivintholeit, som också beräknas ha normativ hypersten. Med något ökande kiselhalt reagerar kisel med nefelin och bildar albit, och olivinen reagerar med kisel och bildar pyroxen. Om smältan har en kiselhalt som har konsumerat all nefelin och/eller olivin, bildas enligt den normativa modellen kvartsitholeit.

Man försöker att frångå denna terminologi och baserar basaltindelningen på Mg-halt, så det finns pikrit, olivinbasalt och basalt (se Jacobsson et al., 2008 Jökull sidan 126).



*Olivinkristall (forsterit) som kommer från Sapat Nala, Mansehra, nordvästra Pakistan. Kristallen är 15 millimeter hög.*

**Komatiiter och pikriter** utgör de basaltiska bergarter som har de högsta MgO-halterna (magnesiumoxidhalterna). Definitionen av komatiiter varierar mellan olika texter men kan sammanfattas med att det är en vulkanisk bergart bildad på ytan eller som grunda intrusiv. De har ofta olivin med spinifextextur (spinifex är en australisk gräsväxt med smala spetsiga blad) medan plagioklas är sällsynt. Bergarten har en ultramafisk/peridotitisk sammansättning med MgO-halter mellan 18-32 procent.

Pikrit är också en bergart med höga MgO-halter (12-18 procent) och rikligt med polyhedrala olivin fenokryster. Plagioklas är vanligt förekommande vilket är ett tecken på kristallisering under transport till jordytan eftersom plagioklas inte existerar i själva manteln förutom i dess allra översta delar (< 30



### TABLE MOUNTAIN

På Island finns det stora vulkaniska strukturer (flera kvadratkilometer stora) som har bildats i vatten (under glaciärer) vilka har kuddlava i sin bas, som övergår – via breccia av kuddlava till i vatten totalt fragmenterade vulkanprodukter (hyaloklastit). Dessa produkter bildades i vatten och nära den aktiva kratern

kilometer). Det är också vanligt att man hittar rester av kromdiopsid (pyroxen), vilket är ett klart tecken på mantelursprung. Den petrologiska skillnaden mellan komatiit och pikrit är alltså förekomsten av olivin med spinifextextur i den första bergarten och polyhedral olivin i den senare, som också ofta har plagioklas.

Klassifikationen enligt IUGS, the International Union of Geological Sciences, är däremot helt baserad på kemiska kriterier, där mängden av MgO i pikrit ligger inom 12-18 procent MgO och komatiit ska innehålla >18 procent MgO. Vidare är det en observation att olivin i pikriter innehåller ett antal inklusioner av spinel och även i grundmassan finns ofta spinel mikrofeno-kryster. Det finns fällor och det är tholeititisk basalt som är anrikad med ett kumulat (där tunga mineral sjunker ner i botten av en smälta) av olivin i sin undre del och kan ibland bli felaktigt klassificerade som pikriter. Arkeiska komatiiter (> 2,5 Ga) har en sammansättning som är mycket nära manteln. De bör ha haft temperatur på omkring 1 600°C vid utbrott, och Mg-halten är så hög att det tyder på att de har bildats genom en nära total uppsmältning av manteln.

**Pikritisk smälta på** Island har haft en temperatur av omkring 1 300°C och tros ha haft sitt ursprung på mellan 120 och 60 kilometers djup (omkring 20 kilobar), där smältan började segregera och bilda magmor som senare kan gå i smälta där olivin var i jämvikt.

Primitiva bergarter i Island är av två typer; den vanligast förekommande är olivin-tholeiiter som karakteriserar den centrala plattgränsen (sköldvulkaner, Table Mountains (se faktaruta)), men också (mer sällsynta) alkaliolivin-basalter och utanför spridningszonerna. Olivinbasalter finns till exempel på Surtsey (spetsen av en propagerande rift) och på Snæfellsneshalvön. Man kan säga att olivin-tholeiiter visar på en hög grad av uppsmältning (15-20 procent) medan alkaliolivinbasalterna inte har smält mer än fem procent.

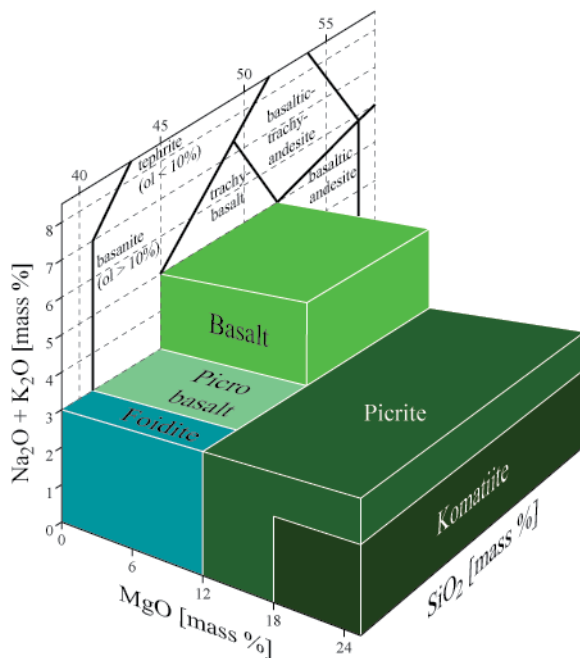
**Island ligger på** den mittatlantiska spridningsryggen och borde inte finnas om det bara berodde på vulkanismen från den mittatlantiska ryggen. Då skulle ön och landet endast varit en submarin bergskedja med toppar på omkring 1500 meters vattendjup. Tack vare att man har en förhöjd manteltemperatur till följd av en mantelplym i Nordatlanten finns förutsättningar för en ökad vulkanism som samverkar med vulkanismen från spridningsryggen. Denna samverkan har resulterat i att en landmassa byggts upp. Den vulkaniska produktionen håller nu jämna steg med erosionen. Smältning som sker i mantelplymen borde ge en högre grad av uppsmältning än vad som är vanligt vid en oceanisk spridningsrygg. Det är därför man kan vänta sig att finna pikriter på Island.

Det finns omkring tjugofem platser där lava med pikritisk sammansättning har hittats (se sammanställningen i Jakobsson 1983). De flesta som exponeras finns i de holocent (efter den senaste istiden) bildade bergarterna. Den tunna och svaga litosfären i spridningszonen gör att jordskorpan sjunker mot djupare nivåer i takt med pålagringen av nytt material. Små lavaflöden i den aktiva vulkanzonen blir överlagrade och sjunker ned. Endast stora lavaflöden som täcker områden utanför den centrala delen och flöden från dess flanker eller flankzoner kan bli bevarade. Pikritlavaflöden och grunda intrusioner återfinns i den centrala vulkanzonen, där den största graden av uppsmältningen sker. Äldre pikriter har små chanser att bli exponerade medan de yngre ligger grunt eller på toppen av lava-sekvensen. Av de holocena pikriterna har mer än hälften bildats i intervallet 10 000–7 000 år. Volymerna varierar mellan 0,1 och 0,4 km<sup>3</sup> (Jakobsson 1983:81). Det är en korrelation mellan pikritproduktionen med den tryckavlastning som skedde då inlandsisen smälte under tidig postglacial tid. Detta har gett möjligheten för en ökad uppsmältning av den översta delen av manteln. Flera pikritlavor bildades under inlandsistidens slutskede då avsmältningen var snabb vilket

medförde en hastig landhöjning till exempel vid Midfell, med kuddlava i den 200 meter höga ryggens bas. Endast få pikriter har hittats inom de tertiära formationer som är äldre än 3,3 Ma trots den nästan perfekta blottningen av lavasekvenserna.

**Modellen för dynamisk** uppsmältning innebär att när magma har bildats i sådan grad att en eruption sker, så återstår större volym primitiva magmor i manteln. Därför har den sista smälta som produceras de högsta MgO-halterna och är den som bäst återspeglar mantelns sammansättning – dessa magmor är alltså pikriterna.

Slutsatsen att pikriterna oftast förekommer just efter den "snabba" tryckavlösningen som uppträder efter istidens slutskede talar för att dessa primitiva magmor bildades i den absoluta slutfasen av dynamisk uppsmältning. I och med att isen försvann så var Island fortfarande mera primitivt de första tusen åren, men sedan dess har Island blivit mera utvecklat, det vill säga i geologiska sammanhang.

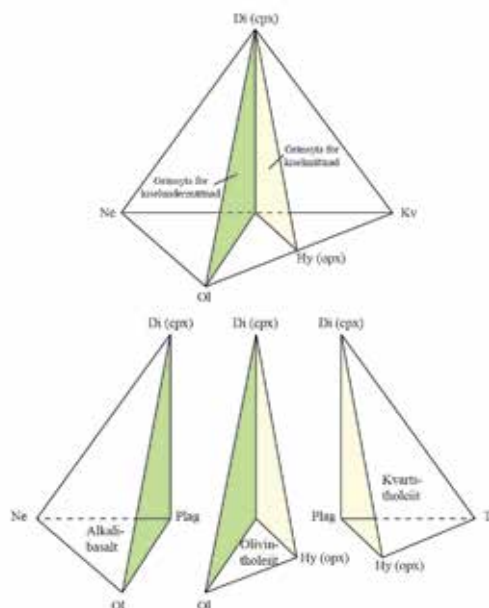


Diskrimineringsdiagram som ger fälten (volymerna) mellan axlarna MgO, Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O och SiO<sub>2</sub> för komatiit och pikrit (omritad efter förlaga i Gill, 2010, sidan 149). Magnesiumgränsen mellan pikrit och komatiit visas i bilden vilken också visar en del av basaltnomenklaturen.

Erik Sturkell, professor vid Geovetarcentrum, Göteborgs universitet. erik.sturkell@gvc.gu.se

## LITTERATUR

- Gill, R., 2010. *Igneous Rocks and processes, a practical guide*. Wiley-Blackwell, pp. 440.
- Jakobsson, S.P., 1983. *Íslenskar bergtegundir I Pikrit (óseanít)*. Náttúrufræðingurinn, 52, 80-85.
- Jakobsson, S.P., Jónasson, K., & Sigurdsson, I.A., 2008. *The three igneous rock series of Iceland*. Jökull 58, 117-138.
- Johannsen, A., 1938. *A descriptive petrography of the igneous rocks*. Vol. IV., *The feldspathoid rocks and the peridotites and perinites*. Univ. of Chicago Press, pp 523.
- Lacroix, A., 1923. *Mineralogie de Madagascar*. Tom. III. Paris Soc. D'Edit. Geogr., Mar. Et Coloniales, pp 431.
- McBirney, A. R., 2007. *Igneous petrology*, Third edition. Jones & Bartlett Le,arning, pp. 550.



Basaltpyramiden indelad i tre volymer, alkalibasalt med normativ nefelin, olivintholeit med normativ hypersten (opx) och olivin, och kvartstholeit med normativ hypersten och tridymit (högtemperaturvariant av kvarts). De två första är åtskilda av en yta som utgör gränsen för kiselundermättning mellan nefelinnormativa och tholeit som är hyperstennormativ. Ytan som skiljer olivin och kvartstholeit representerar gränsen för kiselmättning. Basaltpyramiden för 1 atm vilket motsvarar ett djup av 0-3 kilometer, det vill säga lavar och grunda intrusioner. Bilden är omritad efter en förlaga från McBitney (2007) sidan 267.