

**Björn Gunnarsson
Freysteinn Sigurðsson**

TÍTANRÍKAR STEINDIR Í GABBRÓI
úr Hvalnesfjalli í Lóni og Meðalfelli í Nesjum

OS82094/VOD15
Reykjavík, október 1982



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Björn Gunnarsson
Freysteinn Sigurðsson

TÍTANRÍKAR STEINDIR Í GABBRÓI **úr Hvalnesfjalli í Lóni og Meðalfelli í Nesjum**

OS82094/VOD15
Reykjavík, október 1982

ÁGRIP

1979-81 var gerð könnun á vegum Orkustofnunar á títanríkum málmsteindum í gabbrói í Hvalnesfjalli í Lóni og Meðalfelli í Nesjum. Könnun þessi fól í sér lauslega foldarskoðun, athuganir í handsýnum og þunnsneiðum og efna- greiningar á ilmeníti. Málmsteindir eru misdreifðar í gabbróinu á báðum stöðum. Í Hvalnesfjalli fylgir dreifingin lagskiftingu (böndum) og annarri skiftingu hleifsins í einstaka hluta. Í Meðalfelli er neðri hluti fellsins málmríkari. Málmsteindir eru í Hvalnesfjalli frá 0-1%_r (rúmmáls) upp í 20-21%_r, en ilmenít mest 12-17%_p (að þyngd). Í málmríkum hluta Meðalfells eru málmsteindir um 17%_r (rúmmáls) og ilmenít 12-13%_p (að þyngd). Í málmríkum hlutum gabbrósins eru málmsteindir yfirleitt reglulega kristal- laga og meðalkornastærð 0,3-0,5 mm. Ilmenít- og títánómagnetítkornin eru oft samofin sem nemur 20-60% kornanna (rúmmál). Útleysingar af ilmeníti í títánómagnetíti varð vart í öllum athuguðum sýnum, og oft verulega, en útleysingar í ilmeníti eru sjaldan yfir 10-15%_r. TiO₂-innihald ilmeníts er um 47%_p. Ástæða er talin til að gera skiljunartilraunir á völdum berg- sýnum.

FORMÁLI

Nokkrar líkur hafa verið taldar á því, að títanríkar málmsteindir myndust hér á landi í vinnanlegum mæli. Einkum var þeirra vænst í gabbró-hleifum eða í sandi. Byggist það á því, að títan hefur vissa fylgni við basískt storkuberg, en vinnsla títansteinda er ódýrari úr grófkorna bergi, eða lausu seti, en úr fínkorna bergi, eins og basalti. Öðru hvoru hefur verið hugað að títansteindum hérlendis síðustu tvo áratugi, en þá jafnan á afmörkuðum svæðum. Síðsumar 1977 hófu þáverandi Iðnþróunarstofnun Íslands (nú Iðntæknistofnun) og Jarðkönnunardeild Orkustofnunar (nú hluti af Vatnsorkudeild) í samvinnu heimildakönnun á vinnslu títansteinda og títansteindum á Íslandi. Skýrsla um þessa heimildakönnun kom út í febrúar 1978 ("Íslenskt ilmenít, könnunarskýrsla I, heimildakönnun"; OS-JKD: Árni Hjartarson, Freysteinn Sigurðsson; ÍPSÍ: Friðrik Daníelsson, Gylfi Einarsson. Af hálfu ÍPSÍ var séð um tæknilegan - hagrænan hluta skýrslunnar, en af hálfu OS-JKD um jarðfræðilegan hluta hennar.

Í skýrslu þessari kemur m.a. fram, að möguleikar gætu orðið á hagkvæmri vinnslu títansteinda hér á landi, ef aðstæður reyndust vera með hagstæðara móti við nánari skoðun. Einnig kom fram, að all fjarri sé því, að nóg sé vitað um títanríkar steindir sem jarðefni hér á landi. Ljóst er þó, að nokkuð víða megi finna gabbróhleifa hérlendis, sem innihalda meira en 3% TiO_2 eða 8% ilmenít í skoðuðum sýnum. Reynist TiO_2 -innihald nokkru meira, heildarmagn þess mikið í sama hleif, gerð bergs og steinda hentug, og möguleikar á vinnslu annarra efna um leið (einkum járns), þá er talið, að títannám gæti orðið aróvænlegt í framtíðinni, ef almenn þróun málmnáms og orkuverðs verður áfram svo sem verið hefur.

Eftir þessu sjónarmiði var sett fram áætlun um rannsóknir á títansteindum ("ilmenít-áætlun") í téðri skýrslu. Fyrsta stig rannsókna var heimildakönnun sú, sem skýrslan fjallar um. Næstu stig lúta að vettvangskönnun, sýnatöku og steindagreiningu á vænlegum stöðum. Vænlegustu staðirnir voru taldir vera í Lóni, Hornafirði og Víðidal í Húnaþingi. Yrði niðurstaða kannana á þessum stigum forkvæð ("pósítív") skyldi á næstu stigum kanna vinnslutækni og gera tilraunir með skiljun títanríkra málmsteinda úr völdum gabbrósýnum.

Meðal þeirra jarðfræðilegu upplýsinga, sem skorti, var nánari þekking á stærð og gerð málmsteindanna og skeytingu ("Gefüge" (þ.), þ.e. "textúr" og "strúktúr") bergs og steinda. Til að bæta úr þessum skorti var ákveðið að athuga þunnsneiðar úr gabbró-sýnum, sem safnað hafði verið 1977-79, nánast af handahófi. Athugun þessa gerði Björn Gunnarsson, jarðfræðingur, í júní-ágúst 1979. Útdráttur úr skýrslu hans (Björn Gunnarsson 1979) er hér í viðauka við skýrsluna. Gabbró-sýnin voru af Kjalarnesi, úr Kolgrafarmúla á Snæfellsnesi, úr Víðidal og Vatnsdal, úr Austur-Hornum í Lóni og úr Meðalfelli og Litla-Horni¹⁾ í Hornafirði.

Í töflu V-1 í viðauka eru dregnar saman helstu tölulegar niðurstöður úr þessari athugun. Athyglisverðast þótti, að meðalstærð ilmenítkorna reyndist um 0,3 mm og ilmenítið er oft samfléttað við títánómagnetít í berginu. Miðað við þær kornastæðir, sem lagðar höfðu verið til grundvallar við mat á sennilegum vinnslukostnaði, þá virtist þessi meðalstærð ekki vera óhagstæð. Hins vegar sýndist að gefa þyrfti nánari gaum að dreifingu títanríkra steinda í berginu og sambandi ilmeníts og títánómagnetíts. Það var því ákveðið að taka gabbró á einhverjum hentugum stað til nánari athugunar. Urðu Austur-horn í Lóni fyrir valinu, en jafnframt var Meðalfell í Nesjum í Hornafirði athugað (sjá mynd 1).

Haustið 1980 kannaði Björn Gunnarsson þessi gabbró-innskot, einkum hvað varðar legu og útbreiðslu málmríkra hluta bergsins. Jafnframt tók hann valin sýni af berginu. Tími vannst ekki til að kanna staði þessa nákvæmlega né hvarvetna, en þó má ætla, að könnunin veiti marktækt yfirlit um eðli innskotanna, hvað varðar dreifingu títanríkra steinda. Að könnuninni lokinni vann Björn að athugunum á sýnunum, einkum á þunnsneiðum, og lauk þeim sumarið 1981. Skýrsla þessi fjallar um fyrrnefnda könnun og bergskoðun. Hún er að mestu leyti verk Bjarnar Gunnarssonar, nema formáli, ágríp og kaflar 7 og 8, sem eru verk meðhöfundar. Aðrir kaflar eru þó sniðnir og raðaðir í samráði við meðhöfund, rétt eins og kaflar 7 og 8 styðjast við samantekt Bjarnar. Þessi skipting verður að teljast eðlileg, þar sem rannsóknin er verk Bjarnar Gunnarssonar, þó meðhöfundur hafi haft umsjón með henni og verið með í ráðum.

1) Ruglingur er sennilega í nafngiftum Hornanna. Af sjó og nú til dags kallast þau Austur-Horn (et.). Hornafjörður heitir þó ekki eftir Vestur-Horni (et.), heldur gæti heitið eftir Hornunum þremur; Litla-Horni, Kamphorni og Brunnhorni, sem gæti hafa heitið saman Vestur-Horn (flt.), rétt eins og Hvalneshorn og Tófuhorn gætu saman hafa heitið "Austur-Horn" (flt.).

Af niðurstöðum skýrslunnar má ráða, að TiO_2 gæti verið 7-10%_p í málmríkari hlutum bergsins og kornastærð sé jafnvel enn grófari þar, en talið var. Það er því ekki víst, að þurfi að mala bergið eins fínt og sennilegt var talið. Við það minnkar kostnaður verulega. Minni vinnslukostnaður gæti valdið því, að hagkvæmt væri að vinna títanríkar steindir úr gabbróinu. Skiljunartilraunir gætu varpað ljósi á þessi atriði. Niðurstaða skýrslu þessarar er því sú, að enn séu þær líkur á hagkvæmri títanvinnslu héraðs í framtíðinni, að vert sé að halda könnunum áfram.

EFNISYFIRLIT

	Bls.
ÁGRIP	2
FORMÁLI	3
EFNISYFIRLIT	7
MYNDA- OG TÖFLUSKRÁ	8
1 INNGANGUR	9
2 TÍTAN-JÁRNSTEINDIR Í GABBRÓI	11
2.1 Gerð og ástand títan-járnsteinda	11
2.2 Um kristöllun, samsetningu og magn málmsteinda	16
2.3 Lögun og samfléttun títanómagnetíts og ilmeníts	17
3 HVALNESFJALL Í LÓNI	19
3.1 Berggerð	19
3.2 Flokkun og lagskipting gabbrósins	21
3.2.1 Lagskipta gabbróið suðvestast í Hvalnesfjalli	23
3.2.2 Gabbróið suðvestur af Þúfuhraunstindi	24
3.2.2 Smáir afmarkaðir gabbrómassar	24
3.2.4 Málmagnið í meginhluta gabbróinnskotsins	25
3.2.5 Lagskipting gabbrósins með tilliti til magns málmst.	26
3.3 Títanómagnetít- og ilmenítsteindir í gabbrói úr Hvalnesfj.	27
3.4 Málmúlfíð	31
4 MEÐALFELL Í NESJUM Í HORNAFIRÐI	32
4.1 Berggerð	32
4.2 Títanómagnetít- og ilmenítsteindir í gabbrói úr Meðalfelli	35
4.3 Málmúlfíð	37
5 GERÐ OG ÁSTAND TÍTANÓMAGNETÍT- OG ILMENÍTSTEINDA Í GABBRÓI ÚR HVALNESFJALLI OG MEÐALFELLI	38
6 EFNAGREININGAR Á ILMENÍTI MEÐ ÖRGREINI	42
7 MAGN ILMENÍTS OG TiO ₂	43
8 HELSTU NIÐURSTÖÐUR	47
ORDALISTI: Nýyrði og þýðingar	49
HEIMILDASKRÁ	51
ENGLISH SUMMARY	53
VIÐAUKI: Lýsing á gabbrósýnum frá 1979	55

MYNDASKRÁ

	Bls.
1 Könnuð gabbróinnskot. Afstöðumynd	9
2 Kerfið FeO-Fe ₂ O ₃ -TiO ₂ við 1200°C	12
3 Vaf ("textúr")-einkenni í títánómagnetíti (oxunarafblöndun) ...	13
4 "Solvus"-afblöndun í títánómagnetít-blandkristal	14
5 "Solvus"-afblöndun í hemóilmenít-blandkristal	15
6 "Grindmynduð" ilmenítkorn	18
7 Innskot í Austur-horni í Lóni	20
8 Hlutun Hvalnesfjalls í Lóni	22
9 Innskotið í Meðalfelli í Nesjum	33
10 Hlutun Meðalfells í Hornafirði	34

TÖFLUSKRÁ

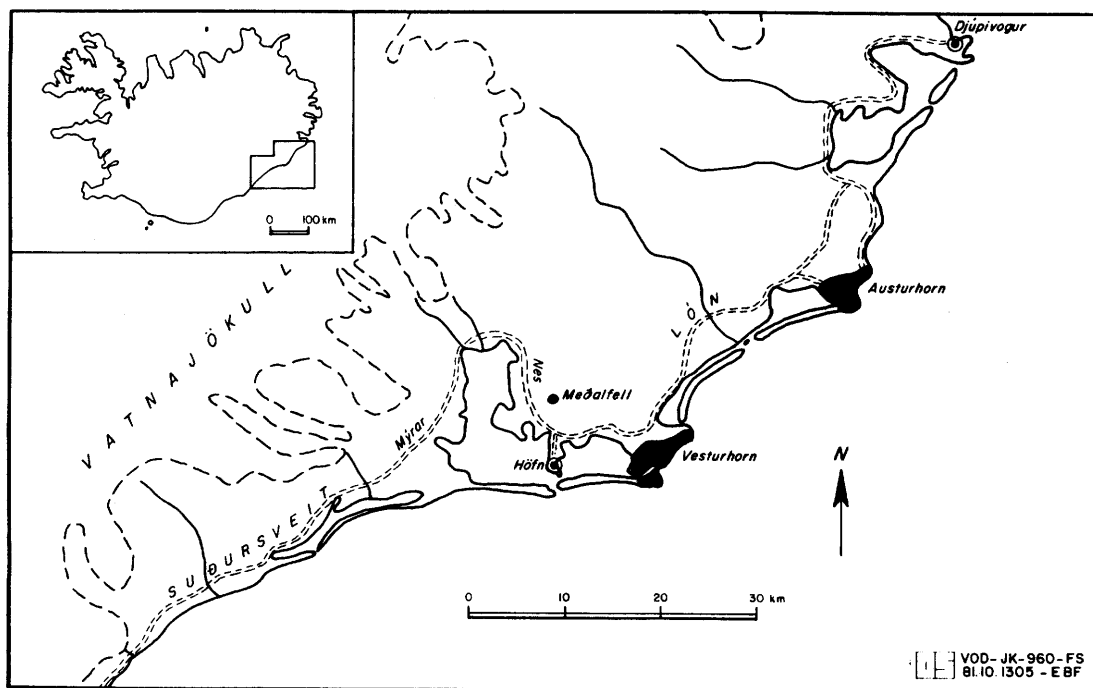
1 Magn títánsteinda í Hvalnesfjalli	28
2 Meðalstærð títánsteinda í Hvalnesfjalli	29
3 Magn títánsteinda í Meðalfelli	36
4 Meðalstærð títánsteinda í Meðalfelli	36
5 Vaf og oxun títánsteinda í Hvalnesfjalli	39
6 Vaf og oxun títánsteinda í Meðalfelli	40
7 Efnagreiningar á ilmeníti	42
8 Gerð bergs og steinda í gabbrósýnum teknum 1980	44
9 Ilmenít og TiO ₂ -innihald mismunandi kornastærða	46
v-1 Útlit bergs og steinda í gabbrósýnum teknum 1977-79	61

1 INNGANGUR

Skýrsla þessi fjallar um magn og ýmis einkenni Fe-Ti steinda í gabbrói úr Hvalnesfjalli í Lóni og Meðalfelli í Nesjum í Hornafirði: Kornastærð, lögun korna, kornastærðar- og magndreifingu í berginu, vaf (textúr) og auk þess samfléttun og oxunarástand Fe-Ti steinda.

Gabbróinu í Hvalnesfjalli er skipt í fjóra flokka með tilliti til magns málmsteinda og einkenni bergsins, og greint er á milli fremur málmríks og málmshnauðs gabbrós í Meðalfelli. Auk þess er minnst á ýmis önnur einkenni gabbrósins svo sem kornastærð, ummyndun og lagskiptingu þar sem henni er til að dreifa. Um ytri einkenni gabbrósins í Hvalnesfjalli er stuðst nokkuð við Blake (1964) sem kortlagði innskotið og stórt svæði norður af því. Blake fjallar þó lítið um lagskiptingu gabbrósins en henni verða gerð nokkur skil hér.

Vettvangskönnun og sýnasöfnun fór fram seinniþart ágúst- og fyrrihluta septembermánaðar 1980. Safnað var nokkrum tugum sýna (1-2 kg) úr báðum gabbróinnskotunum. Sýnishorn voru tekin af sem flestum gabbrógerðum og þá sérstaklega með tilliti til hugsanlegs málminnihalds, þannig að flest sýni voru tekin af dekksta gabbróinu sem nær ávallt reyndist innihalda mest af málm. Rannsókn og úrvinnsla gagna var síðan unnin í hjáverkum veturinn 1980-81.



MYND 1 Könnuð gabbróinnskot. Afstöðumynd

Alls voru útbúnar 36 þunnsneiðar af völdum sýnum úr báðum innskotunum, ætlaðar til að veita upplýsingar um magn Fe-Ti steinda, lögun, samfléttun, vaf (textúrgerð), oxunarástand og önnur einkenni málmsteindanna.

Við mat á magni títánómagnetíts ($\text{Fe}(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{1+} \text{Ti})_2\text{O}_4$), sjá mynd 2, og ilmeníts (FeTiO_3) í þunnsneiðum voru taldir, með punktþalningartæki (modustalning), um 2500 punktar í hverri þunnsneið og jafnframt skráð niður jafnóðum hversu margar punkt færslur þyrfti þvert yfir hverja málmsteind, en hver færsla er 0,16 mm. Þannig fengust upplýsingar um kornastærðardreifingu, meðalþvermál og prósentuhluta samfléttaðra ilmenít- og títánómagnetítsteinda af mældu heildarmálmagni hverrar steindar fyrir sig.

Öll handsýni voru söguð, til þess að fá fram sléttan flöt, svo auðveldara væri að átla málmagnið út frá myndstöðlum, og eins að sjá, hvort málmurinn væri jafndreifður um sýnið.

Þunnsneiðarnar voru skoðaðar í bergfræðismásjá með áfallandi ljósi. Notaðar voru oliúlinsur sem magna upp hina ýmsu ljósfræðilegu eiginleika málmsteindanna og "Soffel"-segullausn sem vegna seguláhrifa litar títánómagnetítsteindir brúnar, meðan ilmenítsteindir verða ekki fyrir neinum áhrifum, sem auðvelaði greiningu steindanna tveggja.

Skýrslan er byggð upp á þann hátt að í kafla 2 er fjallað almennt um helstu einkenni títánómagnetíts og ilmeníts í gabbrói. Vaf (textúr) og oxunarstigi steindanna er almennt lýst, og síðan þeim þáttum sem áhrif hafa á kristöllun, samsetningu og magn málmsteinda í bergi. Í köflum 3-4 er fjallað um magn, kornastærð og dreifingu málmsteinda í gabbrói í Hvalnesfjalli og Meðalfelli og auk þess minnst á ýmis einkenni gabbrósins og tengsl þess við nærliggjandi berg. 5. kafli fjallar um vaf (textúr) og oxun Fe-Ti steinda í gabbrói í innskotunum tveimur. Efnainnihald ilmenítsteinda var kannað í nokkrum sýnum með örgreini og eru niðurstöður þeirra mælinga birtar í 6. kafla. Í 7. kafla er fjallað um líklegt magn ilmeníts og títanoxíðs. Að lokum eru helstu niðurstöður og ályktanir rannsóknarinnar samandregnar í 8. kafla. Í viðauka er stutt samantekt á niðurstöðum, aðallega af gabbró- og díabassýnum, frá 11 innskotum á landinu (Björn Gunnarsson 1979).

2 TÍTAN-JÁRNSTEINDIR Í GABBRÓI

Málmsteindir eru til staðar í einhverjum mæli í öllu storkubergi. Aðal- málmsteindir í óummynduðu basísku bergi eru títánómagnetít og ilmenít. Ti-Fe auðugt berg finnst einkum í tengslum við rofna basíska djúpbergs- hleifa og þá ýmist í sérstökum linsum eða beltum í berginu, eða í afmörk- uðum hluta innskotanna.

Bergfræðilega séð eru málmsteindir mjög mikilvægur steindahópur þar sem nota má innbyrðis jafnvægi milli þeirra í bergi sem mælikvarða á hitastig og súrefnisþrýsting, auk þess sem seguleiginleikar bergtegunda eru bundnir málmsteindum.

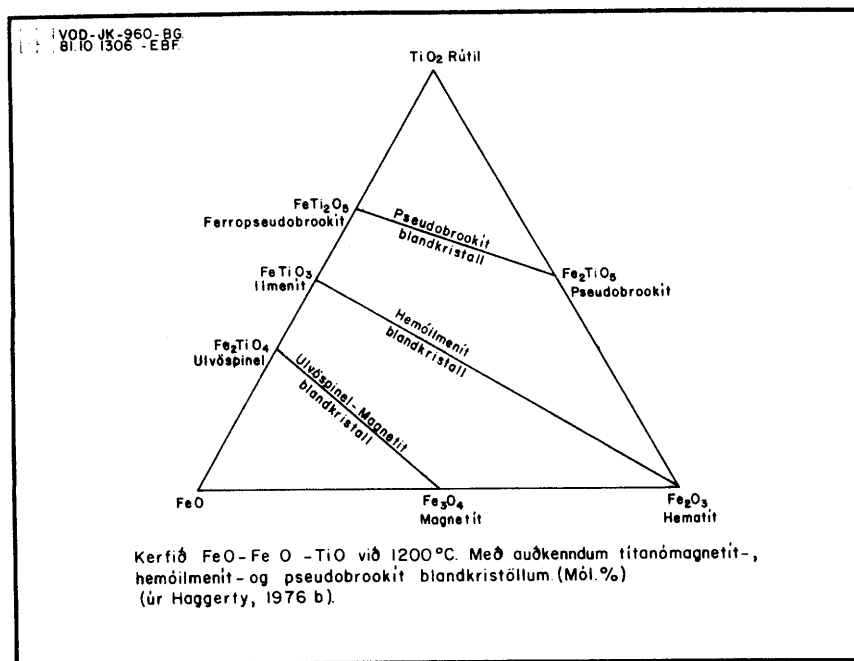
Það fer eftir vafi (textúrgerð) og oxunarástandi málmsteinda hvernig best er að skilja að hinar ýmsu steindir og þannig hvernig hagkvæmast sé að ná sem stærstum hluta af t.d. títaninu, sem bundið er í málmsteindum, úr berginu. Einnig getur beinlínis verið undir ástandi steindanna komið hvort hagkvæmt sé að vinna tiltekna málmsteind úr berginu.

Hér á eftir verður gerð stuttlega almenn grein fyrir nokkrum helstu ein- kennum títánómagnetíts og ilmeníts í gabbrói.

2.1 Gerð og ástand títan-járnsteinda

Fe-Ti steindum má lýsa í kerfinu $\text{FeO-TiO}_2\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (mynd 2). Þar koma fram þrjár aðgreindar raðir blandkristalla (solid solution). Þeir eru: Kúbískur blandkristall - milli magnetíts (Fe_3O_4) og ulvöspinels (Fe_2TiO_4), trígónal blandkristall milli ilmeníts (FeTiO_3) og hematíts (Fe_2O_3) og að lokum orþórombísk röð sem er blandkristall milli ferrópseudóbrookíts (FeTi_2O_5) og pseudóbrookíts (Fe_2TiO_5).

Með blandkristal er hér átt við, að sérhver málmsteind við hátt hitastig samanstendur í raun af blöndu tveggja málmfasa sem skiljast að við ákveðið hitastig í kólnun bergsins. Hitastigið þegar þessi aðskilnaður á sér stað er háð upphaflegu blöndunarhlutfalli málmfasanna tveggja og er mismunandi fyrir hvern blandkristal. Fasaaðskilnaðurinn, og hin ákveðna niðurröðun málmfasanna tveggja, sem af henni hlýst, sem og oxun, veldur síðan ákveðnum vafeinkennum innan málmkornanna.



MYND 2 Kerfið FeO-Fe₂O₃-TiO₂ við 1200°C

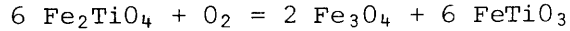
Samsetning magnetít-ulvöspinel blandkristalsins, eða titanómagnetíts, er í basalti á bilinu Usp80-Mt20 til Usp04-Mt96, en blandkristall milli ilmeníts og hematíts, sem kallast hemóilmenit, eða einungis ilmenit í basísku bergi, er á bilinu Ilm85-Hem15 til Ilm95-Hem05. Fyrri samsetningarnar eiga við um óxaðar fastblöndur en þær síðari þegar háhitaöxun og fasaaðskilnaður hefur átt sér stað.

Samsetning beggja ofangreindra málmsteinda, sem eru í jafnvægi í sama bergi, stjórnast af súrefnisþrýstingi og hitastigi umhverfisins. Við ákveðinn hita og súrefnisþrýsting er samsetning beggja blandkristallanna bundin en hún breytist í takt við breytingar sem verða á þessum umhverfisþáttum þar til (sjá t.d. Sigurður Steinþórsson 1974):

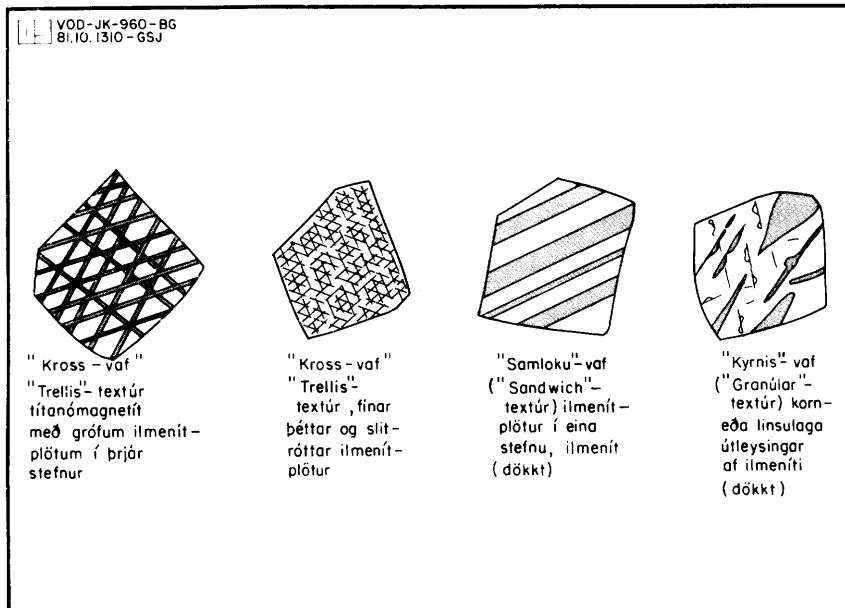
- stöðugu jafnvægi er náð,
- eitt hvarfefni t.d. súrefni er uppuríð, eða
- efnaskipti eru orðin það hæg, að nánast er um stöðvun að ræða.

Einsleitir ("hómogen") titanómagnetít- og ilmenítsteindir sem verið hafa í jafnvægi í berginu við háan hita stuttu eftir storknun geta því gengið í gegnum röð breytinga samfara kælingu og breyttum súrefnisþrýstingi umhverfisins (oxunar- og solvusafblöndun).

Títánómagnetít getur orðið fyrir oxunar-afblöndun við hátt hitastig (high-temperature oxyexsolution) milli 1100-600°C, þar sem ulvöspinelhluti títánómagnetítsins oxast yfir í ilmenít, sem leysist út í þunnar plötur samsíða oktahedral flötum málmkornsins:

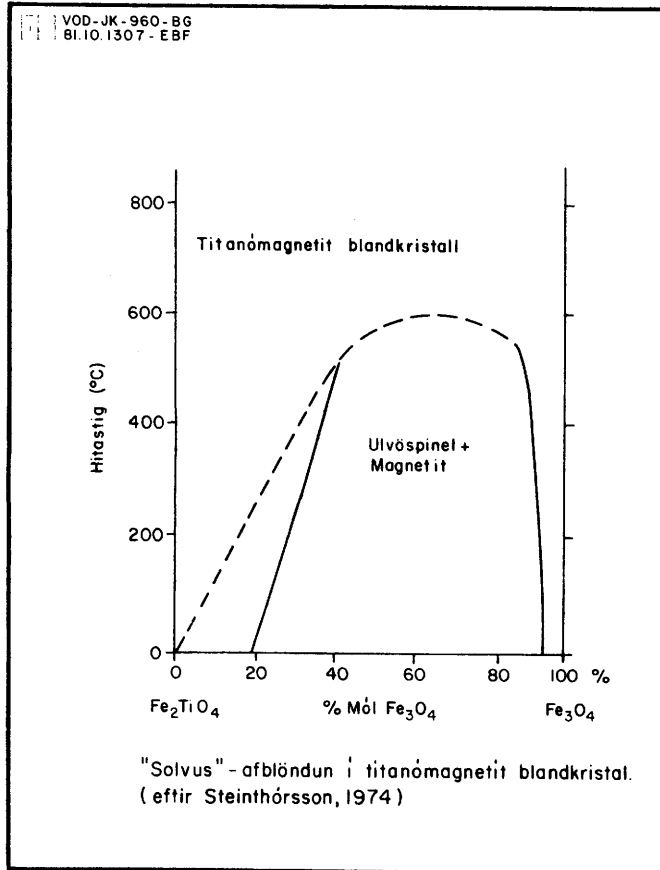


Ef ilmenítið leysist út samsíða öllum oktahedral flötum kornsins er talað um "kross-vaf" ("trellis-texture"), en séu plöturnar langþykkastar samsíða einum fleti, er talað um "samloku-vaf" ("sandwich-texture"). Enn frekari oxunaraflöndun getur leitt til meiri aðskilnaðar og þá til myndunar korn- eða linsulaga útleysinga af ilmeníti, ýmist innan, eða á jöðrum kornsins. Kallast það "kyrnis-vaf" ("granular texture") (mynd 3). Samfara þessari oxun helst Fe/Ti-hlutfall kornsins í heild óbreytt en súrefni bætist við. Hvort títánómagnetítsteindir sýni "kross"- eða "samloku"- og "kyrnis"-vaf gæti verið háð kólnunar- og oxunarhraða (Sigurður Steinþórsson 1974), þannig að hæg og langvinn oxun valdi meiri aðskilnaði fasanna tveggja og því "samloku"- og "kyrnis"-vafi.



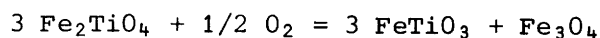
MYND 3 Vaf ("textúr")-einkenni í títánómagnetíti (oxunaraflöndun)

Jafnframt oxunaraflöndun er í títánómagnetíti lausnar-afblöndun "solvus"-afblöndun og er sá lausnar-ferill ("solvus"-ferill) með topp í kringum 600°C (mynd 4). Í djúpbergssinnskotum þar sem kæling bergmassans er mjög hæg getur þannig afblöndun títánómagnetíts orðið við lægra hitastig en 600°C. Þá er títánómagnetít blandkristallinn ekki lengur stöðugur og

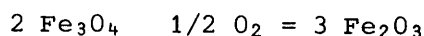


MYND 4 "Solvus"-afblöndun í titanómagnetít-blandkristal

ulvöspinel leitast við að skiljast frá magnetítinu og mynda plötur sam-síða kúbískum flötum kornsins, milli áðurmyndaðra ilmenítlista, ef oxunar-afblöndun hefur áður átt sér stað. Þessar útleysingar eru afskaplega finar og þéttar og eru illa greinanlegar í bergfræðismásjá þó mikil stækkun sé notuð. Yfirleitt oxast svona útleysing af ulvöspinel fljótlega yfir í ilmenít:

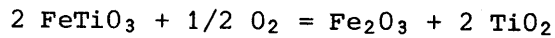


Magnetíthluti upphaflegs titanómagnetíts getur nú oxast yfir í hematít:

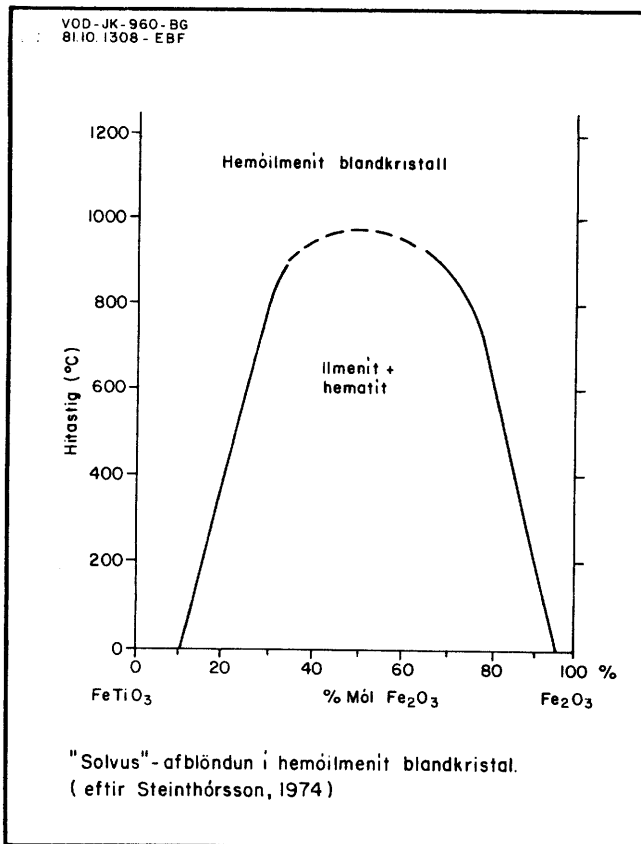


Þegar hér er komið fer Fe einnig að tapast út úr titanómagnetítinu en Ca og Si kemur í staðinn og orsakar myndun sphen (CaTiSiO₅), sem fyrst myndast út frá sprungum og á jöðrum korna en dreifist síðan út um allt titanómagnetítið. Við hámarksoxun getur upphaflegt titanómagnetít orðið að leucoxen (sjá Sigurður Steinhórsson 1974), en það er mjög illa skilgreind steind með TiO₂ sem aðalefni. Magnetít getur og oxast við lágt hitastig (ca. 250°C) yfir í maghemít (8 Fe₂O₃).

Háhitaoxun á ilmeníti er vel þekkt í basalti en síður innan annarra bergtegunda eða berggerða. Algengast er þó að ilmenítið oxist yfir í rútil (TiO_2) og hematít (Fe_2O_3):



Útleystar rútilinsur eru yfirleitt fyrst bundnar við jaðra og í kringum sprungur í ilmenítkornum en dreifast síðan um þau öll með vaxandi oxun. Samfara rútilútleysingu fer Fe að tapast úr úr kornunum og Ca og Si kemur inn í staðinn og orsakar myndun sphen, sem er mjög algengt í tengslum við rútil í ilmeníti. Við hámarksoxun fer ilmenítið yfirleitt yfir í leucoxen.



MYND 5 "Solvus"-afblöndun í hemóilmenit blandkristal

Eins og í títánómagnetíti á sér stað lausnarafblöndun í ilmeníti og er toppurinn á "solvus"-ferlinum rétt fyrir neðan 1000°C (mynd 5).

Samfara afblönduninni leysast úr úr kornunum hematítplötur samsíða botnflötum ilmenítprismans. Þar sem samsetning ilmeníts er FeTiO₃-rík í basísku bergi finnast hematítútleysingar sárasjaldan í basalti, þar sem hitastigið þarf að fara niður í 200-300°C til þess að ná lausnarferlinum. Aftur á móti má búast við að þannig afblöndun sé algengari í basísku djúpbergi.

Orpórombiska röðin myndar einungis blandkristal við hátt hitastig (1150°C). Ferrópseudóbrookít (FeTi_2O_5) brotnar niður í ilmenít og rútil við 1140°C og pseudóbrookít (Fe_2TiO_5) í hematít og rútil við 585°C. Í djúpbergi, þar sem kæling er mjög hæg, finnast þessar málmsteindir því ekki.

2.2 Um kristöllum, samsetningu og magn málmsteinda

Þeir þættir sem mest áhrif hafa á kristöllum, samsetningu og magndreifingu málmsteinda í storkubergi eru eftirtaldir (Haggerty 1976b):

- a) upphafleg samsetning bergkvikunnar,
- b) súrefnisþrýstingur ($p\text{O}_2$) og
- c) dýpið sem bergkvikan storknar á.

Bæði FeO og TiO_2 fara vaxandi í bergi með minnkandi SiO_2 . Í basískum bergtegundum er því almennt meira af málm en í ísúrum og súrum bergtegundum. Auk þess er hlutfallslega herra TiO_2 - magn í alkalíríku basísku bergi en alkalísnaðu og gildir það að vonum líka héraendis (Sveinn Jakobsson 1979).

Upphaflegur súrefnisþrýstingur og breyting hans samfara kælingu bergsins er sá þáttur sem mestur ræður um dreifingu, magn og samsetningu málmoxíða í berginu. Því hærri sem súrefnisþrýstingurinn er í bergkviku því fyrr kristallast járnnoxíð út úr kvikunni, þar sem Fe leitar þá frekar í málmsteindir heldur en í Fe- bindandi siliköt. Ti leitar aftur á móti hraðar yfir í títanríkar málmsteindir (venjulegast ilmenít) ef súrefnisþrýstingur er lágur (Haggerty 1976). Súrefnisþrýstingur fer venjulegast vaxandi, þegar farið er frá basískri yfir í súra kviku, og þar með hlutfallið $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$. Afleiðingin er sú að í ísúrum og súrum bergtegundum er títánómagnetít blandkristallinn Fe_3O_4 -ríkur og ilmenít blandkristallinn Fe_2O_3 -ríkur. Þetta nýst alveg við í basísku og forbasísku (ultra-basic rock) bergi; þar er títánómagnetít Fe_2TiO_4 - ríkt og ilmenít FeTiO_3 - ríkt.

Dýpið, þar sem storknun kviku á sér stað, getur haft áhrif á dreifingu málmsteinda á þann hátt, að eftir því sem kvika storknar á meira dýpi, því hægar kólnar hún og við það aukast líkur á aðgreiningu steinda (diffrun). Aðgreining málmsteinda er vel þekkt fyrirbrigði í basískum djúpbergssinnskotum, en síður í ísúrum og mjög fágæt í súrum innskotum. Einnig eru áhrif súrefnisþrýstings á storknandi kviku á miklu dýpi önnur

og langvinnari en á kviku með sömu samsetningu sem storknar á litlu dýpi eða hraðstorknar á yfirborði. Reikul efni eins og vatn tapast að mestu úr kviku sem storknar á yfirborði en mesti hluti súrefnis sem ildar málmsteindir er einmitt tilkominn vegna klofnunar vatns (Sigurður Steinþórsson & Guðmundur E. Sigvaldason 1971). Kviku á miklu dýpi helst betur á reikulum efnum sem leiðir til meiri oxunar málmsteinda, miðað við lokað kerfi.

Merki þess að málmsteindir hafi safnast saman innan gabbróinnskots má sjá í rofnum innskotum á óeðlilega háu málmhlutfalli í afmörkuðum hluta eða lögum innskotsins. Þess á milli er gabbróið mun málmnsauðara og yfirleitt ljósara að lit. Gabbróinnskot eru því sennilega álitlegustu svæðin hvað snertir hugsanlega nýtingu málmsteinda úr bergi hér á landi.

Í þessum málmríku lögum sýna málmsteindirnar yfirleitt allreglulegar kristalútlínur. Ef súrefnisprýstingur er hár kristallast málmsteindir snemma úr kvikunni og við þær aðstæður geta þær sest til í basísku djúpbergi. Málmsteindirnar eru mun eðlisþyngri en kvikan sjálf og leitast því við að sökkva til botns í henni eða safnast fyrir í lög eða bönd vegna "iðustrauma" (convection currents) í stórum kólnandi kvikuhólfum.

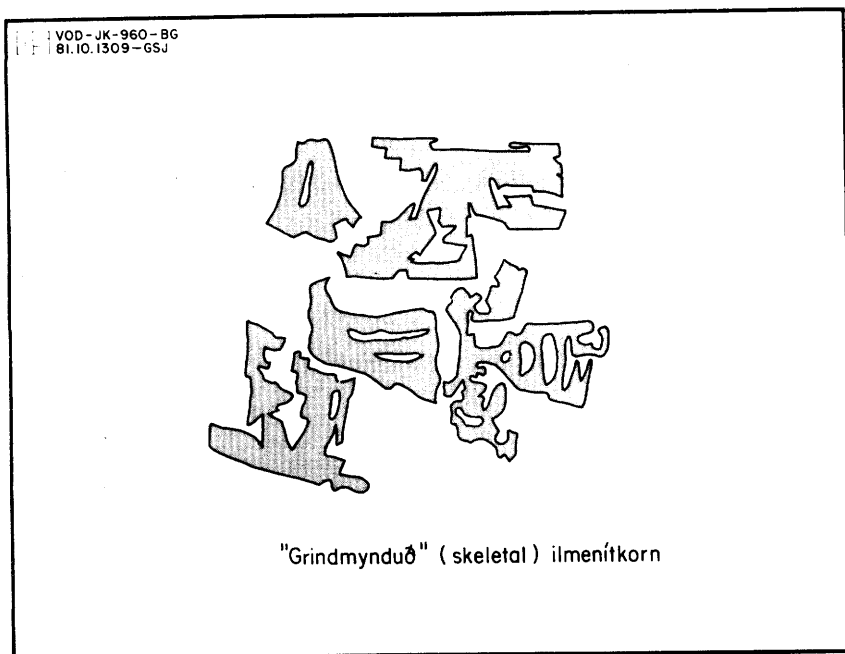
Aðgreiningar málmsteinda varð vart í gabbrói bæði í Hvalnesfjalli og Meðalfelli. Sérstaklega kemur fram mikill munur á magndreifingu málmsteinda í gabbrói í Hvalnesfjalli og á það raunar einnig við um aðrar frumsteindir bergsins, eins og nánar verður vikið að síðar.

2.3 Lögum og samfléttun títánómagnetíts og ilmeníts

Lögum og samfléttun steinda í bergi getur veitt upplýsingar um kristöllumar-röð steinda úr kviku samfara kólnun. Þannig eru steindir sem kristallast snemma hlutfallslega stærri og sýna reglulegri útlínur en þær steindir sem kristallast seint.

Títánómagnetít, sem kristallast hefur snemma úr kviku, leitast við að mynda regluleg teningslaga korn en ilmenít lítið eitt ílöng plötulaga eða listalaga korn, við sömu aðstæður.

Algengt er að ilmenít sé grindmyndað (skeletal), þ.e. myndi holóttá, ófullgerða kristalla, sem stundum eru nánast beinagrind af því sem koma átti (mynd 6). Eru þannig vafeinkenni yfirleitt sett í samband við hraða kristöllun steinda og eru mun algengari í gosbergi en djúpbergi.



MYND 6 "Grindmyndað" ilmenítkorn

Auk áður nefndrar oxunaraflöndunar á títánómagnetíti eru títánómagnetít- og ilmenítsteindir oft samvaxnar í málmkornum. Sýnir þá sú málmsteindin sem kristallast hefur út fyrir venjulegar reglulegar kristalútlínur inni í þeirri síðari sem kristallast hefur utan á eða jafnvel alveg utan um þá fyrri. Eru þannig samfléttuð títánómagnetít- og ilmenítkorn yfirleitt mjög algeng.

3 HVALNESFJALL Í LÓNI

3.1 Berggerð

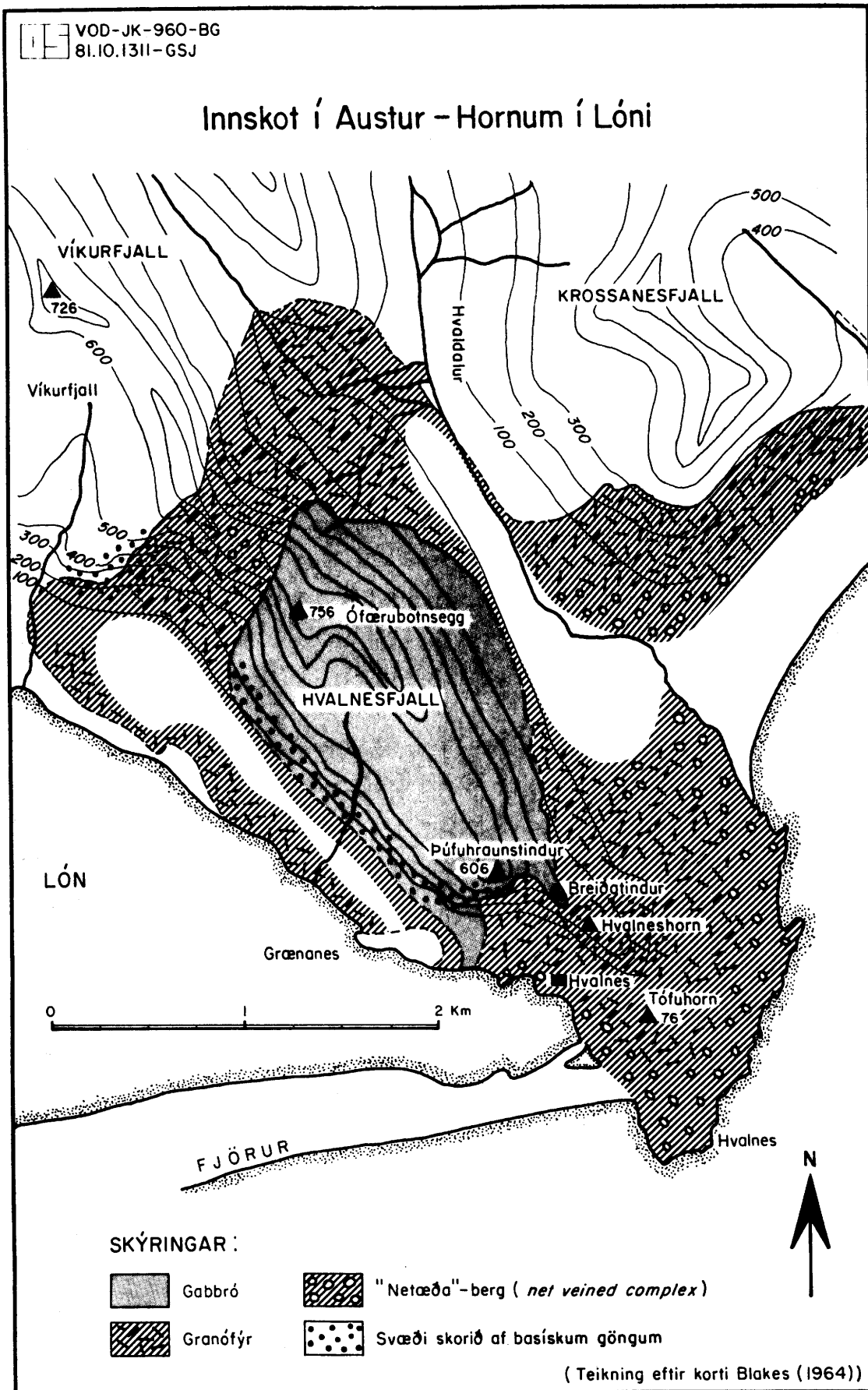
Gabbróið í Hvalnesfjalli, sem er um 2,3 km² að flatarmáli á yfirborði, er hluti af stærra gabbró-granófýr innskoti sem kennt er við Austurhorn (mynd 7). Norður af innskotinu eru jarðlög sem tilheyra hinna rofna Álfta-fjarðareldstöð, en hún er talin vera nokkru eldri en bæði gabbróið og granófýrið í Austurhornum (Blake 1964). Að suðvestan er Lónsfjörður en að suðaustan og austan opið haf, þannig að heildarstærð innskotsins er ekki þekkt.

Umhverfis gabbróið er allstaðar granófýr og liggur það að hluta til undir gabbróinu að sunnan og suðaustan en mörkin eru nærri lóðrétt að norðvestanverðu. Engin kæliáhrif eru á mörkum djúpbergstegundanna tveggja, en súrar æðar kvíslast inn í gabbróið, þó yfirleitt ekki nema örfáa metra. Neðarlega að norðvestan er þunnt blandbergslag þar sem djúpbergstegundirnar koma saman en ofar hefur gabbróið brotnað upp að hluta og granófýr þrengt sér inn á milli gabbróbrotanna (Blake 1964).

Auk þessara fínu, síuru æða skerast mun þykkari linsu- og ganglaga granófýr-massar upp í gabbróið. Þetta granófýr inniheldur mikið af gabbró- og basaltbrotum og er sumstaðar orðið gráleitt vegna efnablöndunar við gabbróið og basaltið. Þannig granófýrlinsur fundust þó einungis í austurhluta Hvalnesfjalls, t.d. gengur um 20 m þykkt linsulaga granófýrinnskot upp í gabbróið austanmegin við Þúfuhraunstind.

Fjöldi af þunnum basískum smáinnskotum (Blake 1964) skera gabbróið að sunnan og vestan. Flestir eru þeir þynnri en 1 m og hallar öllum töluvert.

Gabbróið er fremur grófkornótt, meðalkornastærð er á bilinu 2-4 mm, og samanstendur af plagióklas, pýroxen og málmsteindum, og auk þess í sumum tilfellum af ólivín og orþópýroxen. Apatít finnst í litlu mæli. Innri gerð bergsins má lýsa þannig, að það sé gert úr afmörkuðum og all vel reglulegum kristöllum (subhedral granular) en mjög grófkornótt berg (pegmatit-gabbró) og/eða yrmt-gabbró (ophitic), er sumstaðar nokkuð al-gengt, þar sem einstakar steindir geta orðið allt að 5 cm á lengd.



MYND 7 Innskot í Austurhorni í Lóni

Sprungumynstur í gabbróinu er nokkuð mismunandi. Flestar eru sprungurnar samsíða lagskiptingu í berginu en þó einnig óreglulegri í tengslum við súrar æðar eða linsur.

Gabbróskriðurnar eru úr mjög grófu efni, allt upp í björg sem eru nokkra metra í þvermál, en granófýrskriðurnar samanstanda af þunnum smáum flögum. Skriðurnar eru gróðurlitlar.

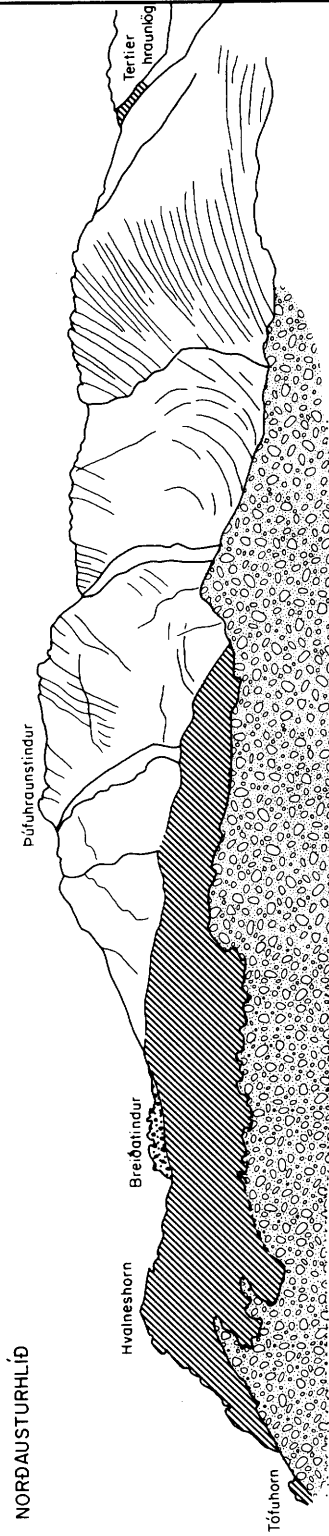
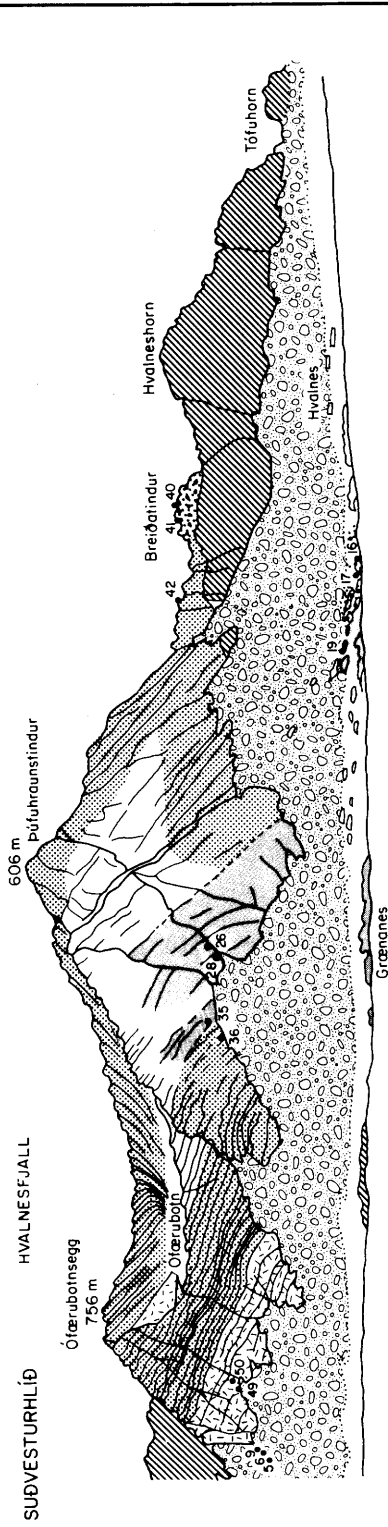
Gabbróið er nokkuð ummyndað og þá oftast því meira sem bergið er grófkornóttara og mest út frá gabbró-granófýrskilunum og í tengslum við óreglulegar súrar æðar og basísk smáinnskot.

Tilsýndar er gabbróið greinilega lagskipt og eru einstök bönd eða lög, sem þannig koma fram, oft í kringum 10 m á þykkt. Sérstaklega er lagskiptingin áberandi í allri suðvestur- og norðausturhlið gabbróinnskotsins (mynd 8) og má oft rekja einstök bönd langar leiðir. Auk þessarar grófu skiptingar kemur fram þess á milli finni lagskipting sem sérstaklega er áberandi suðvestast í Hvalnesfjalli, þar sem fínkornótt dökk bönd skiptast á við ljósara grófkornóttara gabbró. Um miðbik innskotsins hefur hvilftarjökull sorfið skál niður í gabbróið og kallast farið Ófærubotn. Í hliðum hans að norðaustan má sjá hvernig gabbróböndin breyta um hallastefnu úr norðaustri í það að halla í suðvestur. Halli bandanna er þar því inn að miðju innskotsins og er milli 30-50° (Blake 1964). Gætu gabbróböndin og halli þeirra inn að miðbiki innskotsins staðið í sambandi við "iðustrauma" (convection currents) í kvikuhólfinu samfara kólnun og kristöllun kvikunnar.







3.2 Flokkun og lagskipting gabbrósins

Gabbróinu í Hvalnesfjalli er hér skipt í fjóra flokka. Byggist sú flokkun bæði á ytri einkennum gabbrósins og hlutfalli málmsteinda í berginu. Einkum var suður- og suðvesturhlið og efri hluti gabbróinnskotsins athugaður. Mynd 8 sýnir þessa flokkun á gabbróinu ásamt merktum sýnatökustöðum. Verður hér lýst nokkrum helstu einkennum gabbrósins innan hvers flokks. Síðar, í kafla 3.3, er fjallað um kornastærð, kornastærðar- og magndreifingu, löggun og samfléttun málmsteinda í gabbróinu.

VOD - JK - 960 - BG
81.10.1312 - GSJ



SKÝRINGAR:

-  Lagskipta gabbroáð suðvestast í Hvalnesfjalli - með þunnum (1/2 - 2 m) málmeirikum gabbroböndum (ca. 17% málmur)
-  Gabbroáð undir Ófærubotni og austur með Þúfuhrainstindi - málmeisnauti (0-5%). Gabbroáð inn af Ófærubotni er víðast mjög svipað þessu bergi
-  Gabbro suðvestur af Þúfuhrainstindi - gabbro mismálmeirikt (<6-20%)
-  Smár afmarkaðir gabbromassar - málmeirikir (ca. 16-18%)
-  Granófyr
-  Skriður

• 19 Sýnatökustaðir

MYND 8 Hlutun Hvalnesfjalls í Lóni

3.2.1 Lagskipta gabbróið suðvestast í Hvalnesfjalli

Eins og getið var um hér að framan er gabbróið í Hvalnesfjalli víðast greinilega lagskipt. Þessi lagskipting kemur hvað best fram á suðvesturhlið innskotsins.

Suðvestast í Hvalnesfjalli (mynd 7) skiptast á þunn, dökk og fínkornótt gabbróbönd og mun þykkari, grófkornóttari og ljósari gabbróbönd. Þunnu böndin, sem oft eru 1/2-2 m á þykkt og í mörgum tilfellum einungis fáeinir sentimetrar, eru málmrík. Málmur er víðast í kringum 17%¹⁾. Dökki liturinn stafar af herra hlutfalli pyroxens og málms en í gabbróinu fyrir ofan og neðan. Dökkar steindir eru á bilinu 65-70%_r. Auk plagióklas, pyroxens og málms finnast korn af ólivíni, en þau eru yfirleitt fá og oftast allmikið ummynduð. Plagióklasteindir eru 1-2 mm á lengd, flest allar listalaga og sömu sögu er að segja um pyroxensteindir, sem þó eru öllu minni. Bæði ílangar plagióklas- og pyroxensteindir hafa tilhneigingu til þess að stefna í sömu átt og böndin sýna því vísi að flögun. Best kemur þessi tilhneiging fram í mjög þunnum og fínkornóttum böndum, en eftir því sem böndin eru þynnri eru þau fínkornóttari.

Milli dökku bandanna er bergið grófkornóttara. Stór hluti af þessu gabbrói er þó ekki mjög grófkornóttur, algeng kornastærð 2-3 mm, en bergið er mun ljósara (dökkar steindir 35-40%_r) og málmsnauðara. Málm magnið er þar um 8-9%_r. Þetta gabbró er nokkru fínkornóttara næst dökku böndunum og kemur þar fram þétt en óljós innri lagskipting þar sem dökkar steindir leitast við að vera í sérstökum lögum. Er fjær dregur frá dökku böndunum verður bergið nokkru grófkornóttara og minna ber á þessari lagskiptingu eða hún hverfur með öllu. Sömu sögu er að segja um tilhneigingu plagióklas- og pyroxensteinda til að stefna í sömu átt, sem er mest næst dökku böndunum.

Auk ofangreindra laga í gabbróinu eru mun grófkornóttari lög þar sem kornastærð er 3-5 mm og einkennist það berg sumstaðar af flekkjum af stórum plagióklas- og pyroxensteindum. Skilin á milli þessara grófu laga og þeirra sem eru fínkornóttari eru oft allskörp. Málm magnið er hér orðið lítið af rúmmáli bergsins, sennilega í kringum 4-5%.

1) Greint er á milli hundraðshluta af rúmmáli (%_r) og hundraðshluta af þyngd (%_p).

3.2.2 Gabbróið suðvestur af Þúfuhraunstindi

Lónsmegin undir Þúfuhraunstindi (mynd 8) er gabbró, sem er málmríkara og dekkra en bergið beggja vegna. Gabbróið er grófkornótt, kornastærð um 3-4 mm, og er sumt af berginu einkennandi blettótt, sem orsakast af því, að dökkar og ljósar steindir eru mikið til aðskildar. Enn fremur koma fram grófkornóttir flekkir af plagióklas og pyroxen, og raunar einnig málmí, sem hafa vaxið saman til myndunar stórra steindafláka. Þar geta plagióklas- og pyroxensteindir náð allt að 3 cm stærð, og hafa pyroxensteindir reglulegar kristalútlínur. Fáeinir stórir málmflákar um 1 cm í þvermál eða minni reglulegri korn eru í tengslum við þessa stóru steindafláka.

Þó megnið af gabbróinu sé grófkornótt, má þó sjá bönd úr nokkuð fínkornóttara bergi, sem hefur á við og dreif mun grófari flekki af plagióklas, pyroxen og málmí. Á þessu svæði er nokkuð um basaltganga og hafa þeir brotist upp að mestu samsíða lagskiptingunni í gabbróinu.

Sýni sem öll voru tekin á svipuðum stað úr ofangreindum gabbrólögum undir Þúfuhraunstindi reyndust vera með málmagn allt að 18-20%, þar sem mest var en þess á milli er magnið stundum aðeins um 6%. Bendir það til þess að málmsteindirnar hafi safnast fyrir í fremur óljós þunn lög (fáeina sentimetra), og þá jafnt í grófkornóttara sem nokkru fínkornóttara gabbrói. Auk þess einkenna þessi lög grófkornóttir steindaflekkir, eins og áður var nefnt, þar sem málmur er ekki í miklu magni.

3.2.3 Smáir afmarkaðir gabbrómassar

Hér verða nefnd tvö svæði úr málmríku dökku gabbrói, sem mynda afmarkaða smáa gabbrómassa austarlega í útjaðri gabbróinnskotsins, sem umluktir eru granófýri á flesta vegu.

Fyrra svæðið er í fjörunni niðri við Lón um 500 m vestur af Hvalnesbæ, austast á gabbrórana sem gengur út frá megingabbróinnskotinu niður af Þúfuhraunstindi fram í Lón (mynd 8). Gabbróið, sem er þarna sjávarnúið, er dökkt að lit og fremur grófkornótt, kornastærð 3-4 mm, þó finna megi einstök þunn bönd, nokkru fínkornóttari og svo aftur mun grófari, en allt bergið er málmríkt. Þetta málmríka svæði er þó bundið við tiltölulega

mjög afmarkaða hluta af austurkanti gabbróranans við fjöruborðið, þar sem málminnihaldið minnkar bæði til vesturs og norðurs eftir rananum.

Síðara svæðið myndar kollinn á Breiðatindi fyrir ofan Hvalnesbæ (þykkt ca. 4-8 m). Gabbróið er þar gjörólíkt því bergi sem er að finna litlu vestar við tindinn. Bergið er mest allt mjög grófkornótt og raunar einkennandi blettótt, sem stafar af stórum (um 1 cm) plagióklas-, ólivín- (ummyndað), málm- og í minna mæli pyroxensteindum sem mynda pegmatíska flekki um nær allt bergið. Gabbróið er að öðru leyti mjög dökkt að lit og málmríkt. Hér sem annars staðar má þó sjá innan um þunn (ca. 50 cm) nokkru fínkornóttari bönd, einnig mjög málmrík.

Málmurinn í báðum þessum gabbróhnúðum, sem að magni til er allt að 18-20% í fjórum mældum sýnum, er einkennandi ilmenítríkur. Í gabbrósýnunum við Lón er ríflega 8% ilmenít, en 9-11% í sýnum frá Breiðatindi. Í heildina er málmagníð þó minna vegna pegmatískra flekkja, sem sérstaklega eru algengir í berginu uppi á Breiðatindi, en í tengslum við þá er lítið af málmí. Gróflega má ætla að pegmatískir flekkir séu þar 20-30% af berginu.

3.2.4 Málmagníð í meginhluta gabbróinnskotsins

Ef lítið er framhjá svæðunum þremur sem nefnd voru hér að framan, þar sem gabbróið er nokkuð málmríkt, þá virðist meginhluti gabbrósins, a.m.k. miðað við suður- og suðvesturhlið og efrihluta innskotsins, vera fremur málmshnaður (mynd 8). Málmagníð er venjulegast á bilinu 2-6% af rúm- máli bergsins. Gabbróið undir Ófærubotni er mjög málmshnautt og fer málm- magníð þar víðan niður í 1-2%. Í stórum hluta þessa bergs er plagióklas hlutfallslega mun meiri að magni til en í bergi annarsstaðar og því lík- legt að stór hluti af bæði pyroxen og málmí hafi skilist úr þeirri kviku er síðar myndaði þetta berg. Í berginu má endá finna sérstök pyroxenrík bönd, bæði stór og smá, en engin sérstök málmrík bönd fundust.

Regluleg lagskipting í gabbróinu undir Ófærubotni kemur vel fram úr nokk- urri fjarlægð og þá vegna veðrunaráhrifa en þau bönd sem þannig koma fram eru flest um 10 m á þykkt. Er þar fyrst að nefna fáein en allþykk, 5-10 m, bönd er samanstanda allt að 80% af 1-1 1/2 cm stórum reglulegum pyroxen- kristöllum, mun stærri en steindirnar í gabbróinu fyrir ofan eða neðan.

Málmagnið í þessum dökku böndum virðist ekki vera mikið. Í sýni úr þannig lagi reyndist málmagnið einungis vera 4%. Einnig eru til staðar mun þynnri málnsnauð bönd, pyroxenrík, nokkra sentimetra á þykkt, með 2-4 mm vellaga pyroxenkristöllum en einnig málnsnauð. Gabbróið fyrir ofan þessi grófkornóttu pyroxenbönd er nær undantekningalaus mjög ljóst að lit og samanstendur nær eingöngu af plagióklas. Auk þessara grófkornóttu dökku banda kemur fram nokkur munur í kornastærð í ljósara gabbróinu þess á milli. Almennt eru þessi grófkornóttari lög, hvort sem þau eru aðallega gerð úr dökum eða ljósum steindum, meira ummyndað en þau sem eru fínkornóttari og veðrast fyrr þannig að rákir verða þar til inn í hamrabeltin. Af þessum sökum kemur lagskiptingin allgreinilega fram, sérstaklega ef horft er úr nokkrum fjarska, og þó best suðvestanmegin í innskotinu, en þar koma fram þverhniptir hamrar.

Auk þessað vera málnsnauð er a.m.k. allur sjáanlegur neðsti hluti gabbrósins undir Ófærubotni mikið ummyndaður og um bergið kvíslast smáar sem stærri granófýræðar.

Austur af Þúfuhraunstindi kemur aftur fram málnsnauð gabbró, víðast grófkornótt með einstökum, eilítið fínkornóttum böndum auk dökkra pyroxenlaga, sem eru frá nokkrum sentimetrum upp í nokkra metra á þykkt, svipað og undir Ófærubotni.

3.2.5 Lagskipting gabbrósins með tilliti til magns málmsteinda

Ef litið er á suður- og suðvesturhlið gabbróinnskotsins í heild (mynd 8) má sjá að gabbróið er nokkuð greinilega lagskipt með tilliti til magns málmsteinda. Suðvestast eru áður nefnd þunn, fínkornótt og dökk gabbróbönd sem eru málmrík en þess á milli er grófkornóttara og ljósara berg sem þó er að hluta málmríkara en meginhluti gabbrósins. Austar, undir Ófærubotni öllum, leggjast ofan á þessi lög málnsnauð, grófkornótt gabbrólög með misþykkum grófkornóttum pyroxenböndum, en suðvestan í Þúfuhraunstindi fer að bera á málmríkara bergi aftur sem þó er allt fremur grófkornótt, ólíkt gabbróinu suðvestast í innskotinu. Enn austar fer síðan aftur að bera á málnsnauðu grófkornóttu gabbrói með sömu einkennum og undir Ófærubotni. Að lokum má finna að minnsta kosti á tveimur stöðum í útjaðri gabbróinnskotsins austarlega málmríka gabbrómassa sem

umluktir eru granófýr á flesta vegu. Einungis þar er gabbróið einkennandi ilmenítríkt. Leiða má getum að því að hluti af gabbrókvikunni hafi þar skilist frá meginkvikunni og þróast að nokkru sér.

3.3 Títánómagnetít- og ilmenítsteindir í gabbrói úr Hvalnesfjalli

Tafla 1 sýnir mælt (modus) eða áætlað rúmmál títánómagnetíts og ilmeníts í 18 þunnsneiðum af völdum gabbrósýnum úr suður- og suðvesturhlið inn-skotsins. Sýnatökustaðir eru flesallir sýndir á mynd 8. Málmmagnið í gabbróinu er breytilegt frá einu gabbrólagi til annars og jafnvel innan eins og sama lags. Þessi breytileiki ásamt ytri einkennum bergsins varð til þess að reynt var að skipta gabbróinu í þá fjóra flokka sem áður var lýst. Í töflu 1 kemur enn fremur fram hversu stór hluti af mældu títánómagnetíti og ilmeníti er í samfléttuðum málmkornum.

Tafla 2 sýnir meðalkornastærð títánómagnetíts og ilmeníts í 12 af ofangreindum sýnum ásamt kornastærðardreifingu steindanna tveggja. Blake (1964) gerði steindagreiningu á 8 gabbrósýnum víðsvegar úr Hvalnesfjalli og er magn málmsteinda í þeim sýnum á bilinu 3-16%. Enn fremur gerði hann tvær aðalefnagreiningar á gabbróinu. Var önnur úr bergi niður við Lón (600 m V af Hvalnesbæ, (Blake 1964)), og reyndist það berg hafa 6,10% af TiO_2 , en málmmagnið 12%. Hin greiningin var úr lagskipta gabbróinu suðvestast í Hvalnesfjalli (1,4 km NNV af Grænanesi, (Blake 1964)) og var TiO_2 magnið þar 2,30% en greint málmmagn 9%. Úr sýni norðantil á kolli Breiðatinds greindi hann málmsteindir 16%.

Verður hér lýst ýmsum einkennum títánómagnetít- og ilmenítsteinda (öðrum en oxunar- og vafeinkennum) í gabbrói frá Hvalnesfjalli og verður stuðst við fyrrnefnda skiptingu gabbrósins í fjóra flokka.

1. Málmur í gabbróinu suðvestast í Hvalnesfjalli er sennilega á bilinu 4-17% af rúmmáli bergsins. Líkur eru á að mesti hluti þessa málms sé títánómagnetít, sem reyndist vera um 70%_r af málminum í 6 sýnum (tafla 1). Mest af málmni er í tengslum við dökku fínkornóttu böndin eða um 17%_r (sýni 5, 9, 50), en þau eru þynnst þeirra þriggja gabbrólaga er þar eru. Þess á milli er málmmagnið 4-10% (sýni 6, 49 8).

TAFLA 1 Magn títansteinda í Hvalnesfjalli

	5	6	9	49	50	8*	35	28	26	27*	19	17	16	41	40	36*	39*	42*							
	1. Lagskipta gabbroíð suðvestast í Hvalnesfjalli																2. Gabbro suðvestur af Þúfuhraunstindi			3. Gabbro niður við Lón og á kalli Breiðatínds			4. Gabbro undir Ófæru- botni og austur af Þúfuhraunstindi		
Sýni	5	6	9	49	50	8*	35	28	26	27*	19	17	16	41	40	36*	39*	42*							
Heildarmálmur, %	17,0	9,7	16,7	9,5	17,2	5,0	12,4	18,1	20,9	6,0	7,0	20,8	18,4	18,4	17,7	1,5	4,0	1,0							
Títánómagnetít, %	12,0	6,9	9,9	6,5	13,7	4	6,3	13,7	13,1	3,5	5,5	12,3	10,4	9,1	6,0	0,75	2,5	0,1							
% í samfléttuðum kornum	34	14	10	22	18	-	49	17	72	-	-	30	43	27	41	-	-	-							
Ilmenít, %	5,0	2,8	6,8	3,0	3,5	1	6,1	4,4	7,8	2,5	1,5	8,5	8,0	9,3	11,7	0,75	1,5	0,9							
% í samfléttuðum kornum	46	12	9,5	34	45	-	35	58	70	-	-	19	34	20	18	-	-	-							

Mælt (modus) eða áætlað (*) magn títánómagnetít- og ilmenítsteinda.

Úr völdum gabbrosýnum úr Hvalnesfjalli í Lóni. Talan fyrir neðan

magnþrósentu steindanna tveggja segir til um hversu stór hluti af mældu

magni hvernar steindar í %_r) er í samfléttuðum málmkornum.

TAFLA 2 Meðalþvermál titansteinda í Hvalnesfjalli

Sýni	5	6	9	49	50	35	28	26	17	16	41	40
Mæld meðalþvermál málmkorna, mm	0,37	0,30	0,30	0,30	0,33	0,36	0,35	0,83	0,54	0,47	0,50	0,51
	Tm. Iilm.	Tm. Iilm.	Tm. Iilm.	Tm. Iilm.	Tm. Iilm.	Tm. Iilm.	Tm. Iilm.	Tm. Iilm.	Tm. Iilm.	Tm. Iilm.	Tm. Iilm.	Tm. Iilm.
Meðalþvermál steinda, mm (mm)	0,32	0,27	0,25	0,28	0,22	0,25	0,26	0,29	0,25	0,31	0,30	0,42
	Tm. Iilm.	Tm. Iilm.	Tm. Iilm.	Tm. Iilm.	Tm. Iilm.	Tm. Iilm.	Tm. Iilm.	Tm. Iilm.	Tm. Iilm.	Tm. Iilm.	Tm. Iilm.	Tm. Iilm.
0,16	37	62	64	55	58	66	63	55	54	59	54	29
0,32	45	21	26	40	25	28	26	34	28	27	20	27
0,48	8	11	4	2	10	6	8	9	7	14	14	10
0,64	6	4	5	2	3	2	2	2	5	7	6	8
0,80	2	1	1	1	2	2	1	2	3	5	2	6
0,96	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4	1	4
1,12	2				1	1	1	5	2	3	2	2
1,28	1				1	1	1	3	1	2	3	1
1,44								3	2	2	3	1
1,60								1				1
1,76								1	1			
1,92								1				
2,08								1	2			1
2,24												
2,40									1			
2,56												
2,72												
2,88									1			1
3,04												
3,20												1

Meðalþvermál málmkorna og kornastærðardreifing titanmagnetit- (Tm.) og ilmenitsteinda (Iilm.) í þunnsteindum úr Hvalnesfjalli í Ísni.

Málmkornin hafa í mörgum tilfellum nokkuð reglulegar kristalútlínur. Sérstaklega er þetta áberandi í dökku þunnu gabbrólögunum þar sem margar títánómagnetítsteindir mynda regluleg teningslaga korn og ilmenít lítið eitt ílöng plötulaga korn. Ilmenítsteindir hafa þó ríka tilhneigingu til þess að vera "grindmynduð" (skeletal) og á það jafnt við um stök korn og korn, sem samfléttuð eru títánómagnetíti í málmkornum. Hluti af málminum hefur þó kristallast seinna og vaxið að hálfu leyti utan um áðurmyndaðar steindir bergsins.

Stærstu málmkornin í dökku lögunum eru 1,5-2 mm í þvermál í handsýnum en meðalþvermál málmkorna í þremur þunnisneiðum er á bilinu 0,30-0,37 mm (tafla 2). Eftirtektarvert er, að málmkornin eru hlutfallslega stærri í dökku böndunum þó að dökku gabbrólögin séu allnokkru fínkornóttari en ljósara og málmshnaðara gabbró í tengslum við þau. Stærstu málmfleckir, 3-4 mm í þvermál, eru þó í tengslum við grófasta gabbróíð, en málmagnið er þar lítið auk þess sem málmkornin eru fremur óreglulega löguð.

2. Gabbróíð suðvestur af Þúfuhraunstindi er sem fyrr segir allgrófkornótt og auk þess víða með mjög grófkornótta steindaflekki (pegmatít). Málmurinn virðist safnast fyrir í mjög óljós lög fáeinna sentimetra þykk og er þar í allmiklu magni, allt að 20-21% en málmagnið fellur niður um meira en helming þess á milli. Sömuleiðis virðist títánómagnetít vera allmiklu meira að magni en ilmenít.

Í grófasta gabbróinu (sýni A: 26, 19), sem jafnframt er algengasta gabbrógerðin, mynda bæði títánómagnetít og ilmenít mjög óreglulega samfléttaða málmfláka sem kristallast hafa inn á milli steinda bergsins. Eru stærstu málmflákar 3-4 mm í þvermál en mælt meðalþvermál málmkorna reynist um 0,8 mm.

Í fínkornóttari beltum (sýni 28) eru málmkornin ekki eins óreglulega löguð, og meðalþvermál þeirra er þar 0,35 mm. Í þeim koma þó einnig fram málmríkari lög þar sem málmkorn eru nokkru stærri, mörg 1,5-2 mm, og með mjög reglulegar kristalútlínur.

Auk þess að vera grófkornótt er sumt af þessu gabbróí einkennandi blettótt, þar sem ljósar og dökkar steindir eru mikið til aðskildar (sýni 35).

3. Gabbróid niður við Lón (sýni 16, 17) og á kolli Breiðatinds (sýni 40, 41) er áberandi málmríkt og málmkornin stór, þau stærstu 3-4 mm en algeng stærð 0,4-1 mm. Málmkornin sýna mjög reglulegar kristalútlínur, jafnt títánómagnetít sem ilmenít, og þá sérstaklega í gabbrónu uppi á Breiðatindi. Málmurinn er víðast á bilinu 17-20%, ef litið er framhjá óreglulegum pegmatískum flekkjum (2-6 cm í þvermál), sem eru eins og áður sagði algengir í gabbróinu á Breiðatindi. Í tengslum við þessa flekki eru oftast fáein vellaga, 4-5 mm, málmkorn og má sjá þar sem annars staðar að málmsteindir hafa kristallast snemma út úr kvikunni.

Flest eru ilmenítkornin eitthvað ílöng og eru öll heilleg, þ.e. lítið um grindmynduð (skeletal) korn. Sum kornin hafa þó að hluta vaxið utan um aðrar steindir bergsins. Meðalþvermál ilmeníts er á bilinu 0,4-0,5 mm, en meðalþvermál títánómagnetíts er hér nokkru minna sem er öfugt við það sem er að finna í nær öllum öðrum sýnum sem athuguð voru (tafla 2). Ilmenítmagnið er hér einnig meira en í öðrum mældum sýnum, frá 8%_r upp í nær 12%_r.

4. Í gabbróböndum þar sem málmagnið er mikið er kristalform málmkornanna almennt fullkomnara en í málmsnauðu gabbrói.

Ljósa plagióklasríka gabbróid undir Ófærubotni og austur með Þúfuhraun-
tindi er málmsnautt, málmur víðast á bilinu 1-6%, og málmkornin með mjög óreglulegar útlínur. Málmsteindir hafa því kristallast seint.

3.4 Málmsúlfið

Í flest öllum gabbrósýnum úr Hvalnesfjalli sem þunnsneiðar eru til af er að finna eitthvað af súlfíðmálmi. Er hér í flest öllum tilfellum um að ræða koparkís (kalkópýrít, CuFeS_2). Magnið er þó sáralítið, einungis prósentubrot. Koparkís finnst sem innlyksur bæði í Fe-Ti steindum sem og öðrum frumsteindum bergsins. Kornin eru yfirleitt mjög smá, en þau stærstu mældust þó tæplega 1 mm (í sýni A 27). Í tengslum við koparkís er í sumum sýnum trúlega kúprít (Cu_2O). Smá korn af brennisteinskís (pýríti) (FeS_2) eru auk þess í sumum sýnum.

4 MEÐALFELL Í NESJUM Í HORNAFIRÐI

4.1 Berggerð

Meðalfell er dálítið djúpbergsinnskot sem ris um 80 m yfir flatt umhverfið utan við Laxárdal í Hornafirði (mynd 9). Fellið er bratt að sunnan og austanverðu en norðurhliðin er meira aflíðandi og mikið gróin. Sömuleiðis er fellið mikið gróið að ofanverðu.

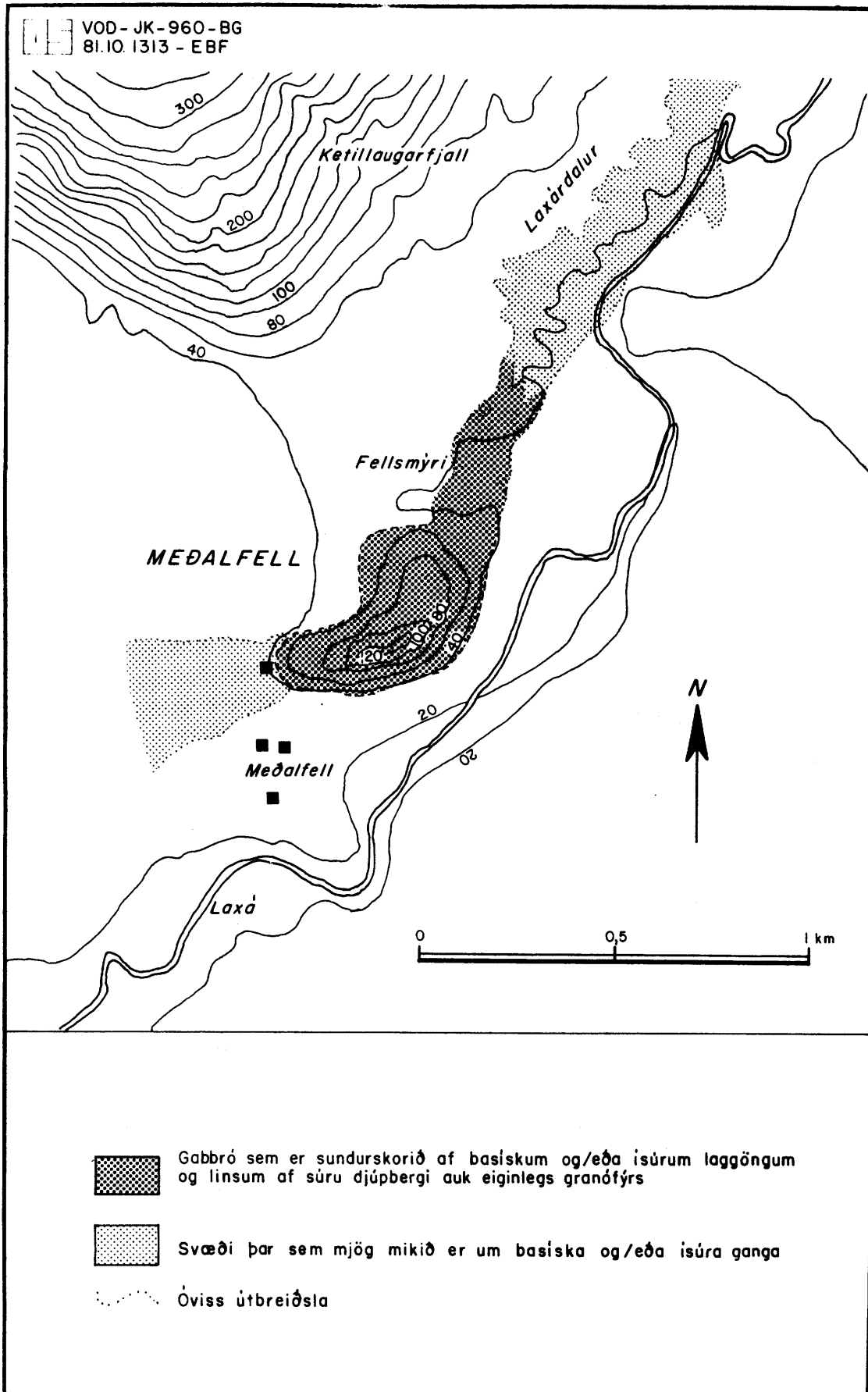
Meginhluti innskotsins er úr gabbrói, en þar með er ekki öll sagan sögð. Fjölmargir sniðgangar, sem trúlega eru með basíska og/eða ísúra samsetningu skera fellið. Má rekja þá drjúga vegalengd til norðurs upp eftir Laxárdal og fer fjöldi og þéttleiki þeirra þar vaxandi. Sömuleiðis má rekja þá suður af Meðalfelli. Þykkt einstakra sniðgangana er venjulegast 1-1 1/2 m.

Innan innskotsins má einnig greina mun ljósara og grófkornóttara berg sem myndar linsulaga eða jafnvel ganglaga einingar. Þetta berg, sem finnst aðallega í tengslum við sniðgangana inniheldur oft brot af gangbergi og gabbrói (mynd 10). Miðað við magn dökkra og ljósra steinda er líklegt að um sé að ræða millstig í efnasamsetningu milli gabbrós og granófýrs, og þó mun nær granófýrsamsetningu. Nokkuð þykkar linsur að þessu bergi eru einnig norður af Meðalfelli og víða með því að sunnan og austanverðu.

Granófýr er um miðbik innskotsins sunnanmegin og inniheldur þar mikið af gabbró- og gangabrotum. Auk þess er granófýr a.m.k. á einum stað í austurhlið innskotsins, þar sem lítill skúti hefur sorfist langt inn í fellið. Granófýrið inniheldur þar mjög lítið af gabbróbrotum.

Af framansögðu má ljóst vera að í Meðalfelli, þó lítið sé, kemur fram fjölbreytt innskotavirkni ekki síður en í Austurhorni í Lóni, en sú saga verður ekki frekar rakin hér.

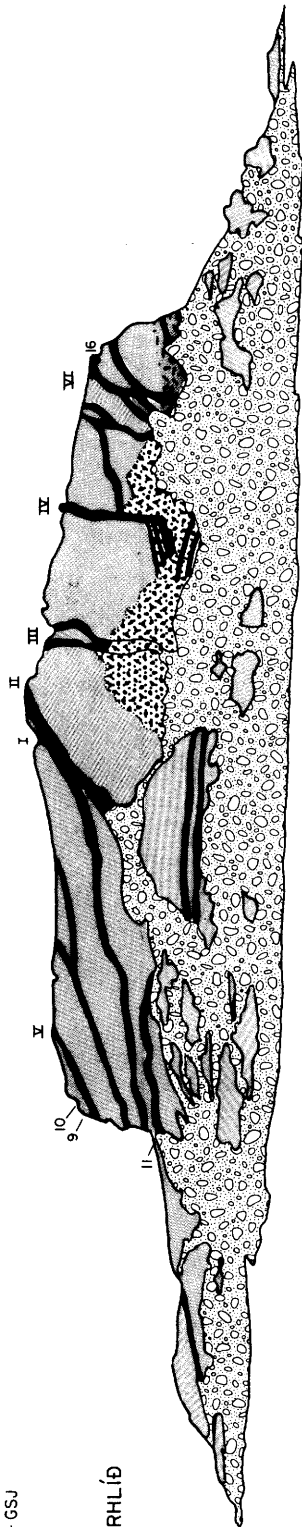
Gabbróið, sem er dökkt ólivín-gabbró er ekki mjög grófkornótt. Kornastærðin er víðast í kringum 2 mm. Pegmatískir og yrmdir (ophitic) flekkir eru lítt áberandi í gabbróinu nema þá helst í tengslum við granófýr í suðurhlið fellsins. Þó má sumsstaðar sjá nokkru grófkornóttari flekki eða finar æðar í gabbróinu þar sem ljósar steindir eru í miklum meirihluta. Þessar ljósu æðar, sem kvíslast óreglulega um bergið, eru þó sjaldan í miklu magni, nema í gabbróinu næst granófýrinu.



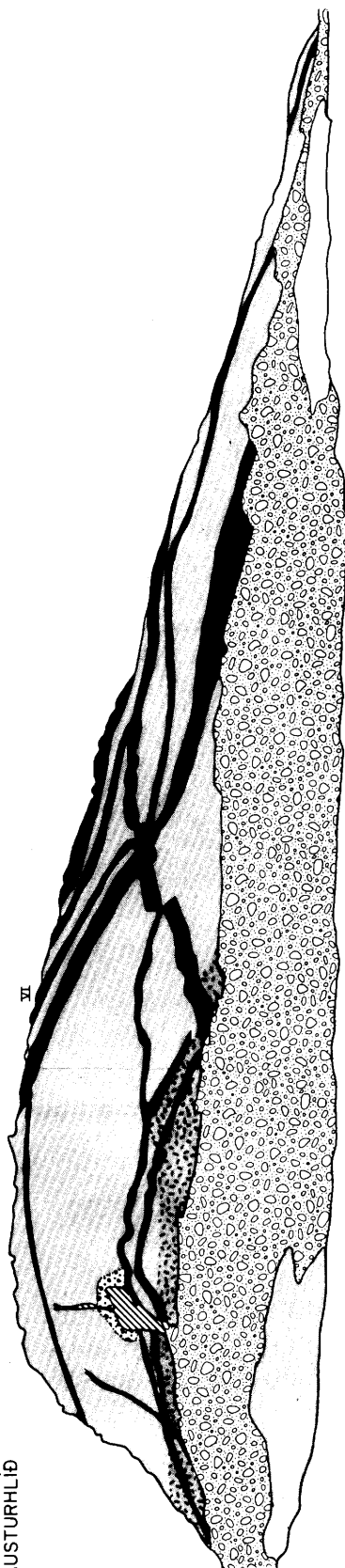
MYND 9 Innskotið í Meðalfelli í Nesjum

VOD-UK-960-BG
81.10.13/4 - GSSJ

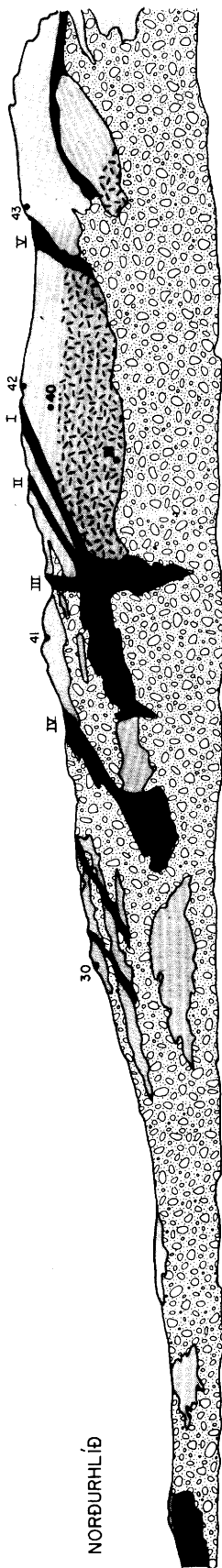
SUÐURHLÍÐ









AUSTURHLÍÐ



NORÐURHLÍÐ



SKÝRINGAR :

-  Gabbro og ljósara súrara djúpperg sem oftast er í tengslum við gangana (inniheldur gabbro- og gangabrot)
-  Basískir og / eða ísúrir gangar
-  Granófýr með gabbrobrotum
-  Granófýr
-  Malmríkara gabbro
-  Skriður eða gróð land

*10 Sýnatökustaðir

IX Helstu laggangar

MYND 10 Hlutun Meðalfells í Hornafirói

4.2 Títánómagnetít- og ilmenítsteindir í gabbróinu úr Meðalfelli

Ekki varð vart við neina lagskiptingu í gabbróinu í Meðalfelli í líkingu við þá sem er að sjá í Hvalnesfjalli í Lóni, enda Meðalfellið mun minna. Þó má greina staði á fellinu þar sem gabbróið er málmríkara en bergið umhverfis. Hér er aðallega um að ræða hluta af norðurhlið fellsins en einnig af austurhliðinni, en það svæði virðist þó ekki vera eins málmríkt. Svona málmrík svæði gætu þó verið fleiri, þar sem norðurhliðin og allur efri hluti fellsins er, eins og fyrr segir, mikið gróinn. Þó er líklegra að málmurinn sé meira bundinn við neðri hluta gabbrósins í fellinu eins og nánar verður vikið að hér síðar. Að öðru leyti er gabbróið mun málmshvæðara og einnig oft nokkru grófkornóttara. Málmagníð er þar í kringum 4-6%_r bergsins.

Í sex sýnum (31, 31(b), 40, 39, 42 og 41), sem öll eru af gabbróinu af norðurhliðinni og innan málmríka svæðisins þar, reyndust hafa málmagn á bilinu 12-17%_r (tafla 3). Ilmenít er stór hluti af mældum Fe-Ti málmum og stundum ívið meira en títánómagnetít, ekki ósvipað og í málmríkum gabbróhnúðum utan í Hvalnesfjalli í Lóni sem áður var lýst. Mest mældist ilmenít 8,8%_r. Málmagníð er áberandi mest í neðri helmingi þessa svæðis (3-4 m) og þar eru málmkornin einnig stærst, þau stærstu um eða yfir 2 mm í þvermál og sýna kornin reglulegar kristalútlínur, jafnt þau stærri sem smærri. Vegna þessarar reglulegu lögunar Fe-Ti steinda er líklegt að málmurinn hafi kristallast tiltölulega snemma úr kvikunni. Ilmenítkornin eru flest lítið eitt ílöng og eru mjög heilleg en sum sýna þó vísi að "skellögun" (skeletal). Kornastærðardreifing og meðalþvermál títánómagnetíts og ilmeníts í völdum sýnum innan þessa svæðis kemur fram í töflu 4.

Nokkuð breytilegt hlutfall ilmeníts og títánómagnetíts í sýnunum (tafla 3) gæti bent til innbyrðis lagskiptingar málmsteindanna þó óljós sé eða a.m.k. að Fe-Ti málmurinn sé ekki jafndreifður um bergið.

Eins og minnst var á hér að framan er málmagníð mun minna í gabbróinu utan tveggja fyrrnefndra svæða. Málmkornin sýna þó víðast tiltölulega reglulegar kristalútlínur, en eru flest öll smá. Má leiða getum að því að málmsteindir hafa kristallast snemma út úr gabbrókvikunni og safnast að miklu leyti saman neðarlegar í kvikuhólfinu vegna mun meiri eðlisþyngdar en kvikan hafi umhverfis. Enn málmríkara gabbró gæti því verið hulið sjónum undir rótum fellsins.

TAFLA 3 Magn titansteinda í Meðalfelli

Sýni	31	31 (b)	39	40	42	41	43*	9*	10*	11*	30*	27*
Heildarmálmur, %	16,0	17,7	16,7	14,5	11,6	12,1	5	5	2,5	3	5,5	6
Titanómagnetít, %	7,9	9,1	11,4	5,7	5,7	8,4	3,5	3	1	2,5	3,5	4
% í samfléttuðum kornum	34,4	-	33,1	28,7	22,2		-	-	-	-	-	-
Ilmenít, %	8,1	8,6	5,3	8,8	5,9	3,7	1,5	2	2	0,5	2	2

Mælt (modus) eða áætlað (*) magn titanómagnetít- og ilmenítsteinda í völdum gabbrósýnum úr Meðalfelli í Hornafirði.

TAFLA 4 Meðalþvermál titansteinda í Meðalfelli

Sýni	31		39		40		41		42	
Meðalstærð málmkorna, mm	0,34		0,30		0,36		0,29		0,27	
	Mb.	Im.	Mb.	Im.	Mb.	Im.	Mb.	Im.	Mb.	Im.
Meðalþvermál steinda, mm	0,31	0,30	0,27	0,23	0,29	0,36	0,25	0,25	0,23	0,19
(mm)										
0,16	53	56	48	64	56	39	71	64	72	83
0,32	31	22	38	31	25	29	18	27	17	15
0,48	5	12	9	5	16	14	6	4	7	2
0,64	3	4	2		2	11	4	3	4	
0,80	3	3	2			3				-
0,96	3		1			2	1			
1,12		1			1	1		2		
1,28		2			1		1			
1,44	1					1				

Meðalþvermál málmkorna og kornastærðardreifing (í %) titanómagnetít- og ilmenítsteinda í þunnsneiðum af völdum gabbrósýnum úr Meðalfelli í Hornafirði.

4.3 Málmsúlfið

Eins og í gabbróí í Hvalnesfjalli eru einstök korn af súlfiðmálmi í gabbróinu í Meðalfelli. Er að langmestu leyti um að ræða koparkís, ýmist sem smáar innlyksur í Fe-Ti málmum og öðrum frumsteindum bergsins, samvaxið Fe-Ti málmum á jöðrum málmkorna, eða sjálfstæð korn milli annarra steinda. Stærst mældust sjálfstæðu kornin, allt að 0,4-0,5 mm í þvermál, og sýna í sumum tilfellum mjög reglulegar kristalútlínur. Að magni til er hér þó einungis um prósentubrot að ræða.

Basískir og/eða ísúrir laggangar í tengslum við gabbróið innihalda aftur á móti mun meira af súlfiðmálmi. Sumir súlfiðteningarnir (pýrít?) eru þar 1-2 mm í þvermál.

5 GERÐ OG ÁSTAND TÍTANÓMAGNETÍT- OG ILMENÍTSTEINDA Í GABBRÓI

ÚR HVALNESFJALLI OG MEÐALFELLI

Í töflum 5 og 6 eru samandregnar helstu niðurstöður um vaf (textúr) og oxunarástand títanómagnetít- og ilmenítsteinda í gabbrósýnum úr Hvalnesfjalli og Meðalfelli.

Eins og þar kemur fram gætir oxunarútleysinga í títanómagnetíti í öllum gabbrósýnum. Algengast er að útleyst ilmenít myndi mjög fínar, þéttar og slitróttar ilmenítplötur (ilmenítnet) í þrjár stefnur eftir oktahedral flötum títanómagnetítsins eða færri breiðari plötur í tvær til þrjár stefnur og þá oftast með fínna ilmenítnet þess á milli. Sphen í títanómagnetíti er lítt áberandi og sömuleiðis hematít nema sums staðar í tenslum við ilmenítplötur. Sams konar útleysingar og gætir í ilmenítkornum eru í ilmenítplötum og títanómagnetíti.

Í ilmenítkornum í gabbrósýnum úr Hvalnesfjalli gætir útleysinga af rútil og magnetíti. Í tengslum við rútilútleysingar, sem flestar eru linsulaga en sumar listalaga, er nánast alltaf sphen (CaTiSiO_5), sem myndar tíðum óreglulega fláka utan um rútilið. Algengt er að útleyst magnetít myndi reglulegar plötur samsíða botnplötum ilmenít prismans, ýmist margar þunnar eða fáar breiðar. Í sumum sýnum eru þannig magnetítplötur alláberandi og oft einu útleysingarnar í mörgum ilmenítkornum. Í sumum kornum ber þó meira á linsulaga útleysingum af magnetíti.

Þessar útleysingar í ilmenítsteindum eru þó yfirleitt ekki í miklu magni, venjulegast innan við 10-15% af flatarmáli steindanna í þunnsneið. Í sýni 36 er þó um 1/3 hluta af flestum ilmenítsteindum orðinn að sphen en það sýni hefur orðið fyrir mikilli ummyndun eins og raunar allur sjáanlegi neðri hluti gabbrósins undir Ófærubotni.

Magnetítútleysingar í ilmeníti í storkubergi eru samkvæmt heimildum (Haggerty 1976(b)) mjög fátíðar, en eru taldar eiga sér stað við afoxun á Fe_2O_3 - hluta ilmenít-hematít blandkristalsins og samtímis útleysingu á magnetítinu sem listar eða linsur samsíða botnflötum ilmenítprismans (Buddington & Lindsley 1964). Magnetítútleysingar í stórum vellaga ilmenítsteindum í gabbrói í Hvalnesfjalli gætu því bent til þess að miklar

TAFLA 5 Vaf og oxun titansteinda í Hvalnesfjalli

	5	49	9	6	50	8	35	28	27	19	17	16	26	41	40	36	42	39	
Gisió, slitrótt og fínt ilmenítnet																			
Mjög fínt og þétt, slitrótt ilmenítnet																			
Nokkuð gróft ilmenítnet með fínni plötum þess á milli																			
Einstaka breiðar ilmenít-plötur í sumum kornum, í eina stefnu																			
Smár korn- eða linsulaga útleysingar af ilmeníti í mörgum kornum																			
Útleysingar mjög litlar í litlar ilmenítlistum áberandi																			
Útleysingar mjög litlar í litlar ilmenít-áberandi steindum																			
Útleyst magnetit nokkuð áberandi í ilmeníti																			

Samtantekt á vaf- (textúr) og oxunarástandi títánomagnetits og ilmenits í gabbrósýnum úr Hvalnesfjalli.

Með "áberandi" er átt við að útleysingar sjást í nær öllum eða öllum kornum, en þær fara þó sjaldan yfir 10-15% af flatarmáli steindanna. (Sama á við um töflu 6).

TAFLA 6 Vaf og oxun títansteinda í Meðalfelli

	Sýni	31	31 (b)	39	40	41	42	9	10	11	16	27	30	43
Gisió, slitrótt og fínt ilmenítnet								•		•				
Mjög fínt og pétt, slitrótt ilmenítnet		•	•	•	•	•	•				•	•	•	•
Nokkuð gróft ilmenítnet með finni plötum þess á milli		•			•									
Einstaka breiðar ilmenít-plötur í sumum kornum, í eina stefnu		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Smár korn- eða linsulaga útleysingar af ilmeníti í mörgum kornum		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Útleysingar mjög litlar í litlar		•	•								•			•
ilmenítlistum áberandi		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Útleysingar mjög litlar í litlar				•								•		
ilmenít-áberandi steindum		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Hematít nokkuð áberandi í ilmeníti						•	•	•	•	•	•	•	•	•

Samantekt á vaf- (textúr) og oxunarástandi títanómagnetíts og ilmeníts í gabbbrósýnum úr Meðalfelli í Nesjum í Hornafirði.

breytingar hafi orðið á virkni súrefnisþrýstings, og þá í átt til lækunar, sennilega seint í kólnunarsögu innskotsins.

Útleysingar af magnetíti í ilmenít fundust ekki í sýnum frá Meðalfelli. Þar má aftur á móti greina útleysingar af hematíti, ásamt rútil og sphen. Hematítmagnið er þó víðast lítið, og hematít er ekki í öllum sýnum en þar sem það finnst er það mest bundið við jaðra og sprungur í ilmenítinu.

Magn útleysinga í ilmeníti í Meðalfelli er svipað og í Hvalnesfjalli, fer yfirleitt ekki yfir 10-15% af flatarmáli steinda nema í sýni M 43 þar sem rútil og sphen eru trúlega 20-30%.

Merki um lausnarafblöndun ("solvus"-afblöndun) í títánómagnetíti sáust ekki, hvorki í sýnum frá Hvalnesfjalli né Meðalfelli. Þannig útleysingar eru enda afskaplega fínar og þéttar eins og fyrr er getið. "Solvus"-afblöndunar í ilmeníti varð heldur ekki vart en þannig útleysingar ættu að sjást, jafnvel með miðlungsstækkun (250 x), ef afblöndun hefur á annað borð átt sér stað.

6 EFNASAMSETNING ILMENÍTS

Í töflu 7 eru sýndar niðurstöður efnagreininga á ilmeníti í 6 gabbrósýnum úr innskotunum tveimur, þar af eru 5 af gabbrói úr Hvalnesfjalli. Hematít-hluti í ilmenítsteindum er í öllum tilfellum nokkuð hár eða á bilinu 10-13%. Kemur það heim og saman við þunnsneiðaskoðun sem bendir til þess að engin solvusaflöndun hafi átt sér stað í ilmenítsteindum. Önnur efni fyrir utan Ti og Fe eru í litlu magni nema Mn sem er hlutfallslega hátt í sýnum frá Hvalnesfjalli, um eða yfir 2%. Einungis voru efnagreindar ilmenítsteindir sem höfðu lítið af útleysingum.

TAFLA 7 Efnagreiningar á ilmeníti

Sýni	H v a l n e s f j a l l					Meðal-
	5	26	16	17	41	fell
Fjöldi greininga	(7)	(8)	(9)	(6)	(7)	(11)
	%p	%p	%p	%p	%p	%p
TiO ₂	47,13	47,35	46,79	47,09	47,63	46,55
FeO*	50,49	50,52	50,40	50,17	49,51	50,73
MnO	2,33	2,17	1,61	1,85	2,22	1,10
MgO	0,18	0,27	0,38	0,42	0,19	1,15
Al ₂ O ₃	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,10
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
Summa:	(100,17)	(100,35)	(99,23)	(99,59)	(99,61)	(99,64)
Ilmenít:	88	88	88	88	90	87
Hematít	12	12	12	12	10	13

Hver tala er meðaltal nokkurra greininga (6-11) á ilmenítkornum innan hvers sýnis. Hluti ilmeníts (FeTiO₃) og hematíts (Fe₂O₃) var reiknaður út úr efnagreiningunum samkvæmt aðferð Carmichaels (1967). FeO* = heildarjárnmagn.

7 MAGN ILMENÍTS OG TiO₂

Ljóst er af framanskráðum lýsingum á Hvalnesfjalli og Meðalfelli, að títanríkar steindir eru ekki jafndreifðar í gabbróinu. Viss skilnaður (differentiation) hefur orðið í bergkvikunni, sem hefur leitt til skiptingar bergsins í mismunandi hluta og lög. Yfirlit um ýmsar einkennistöður hinna ýmsu berghluta er dregið saman í töflu 8. Meðal annars kemur þar berlega í ljós hversu mismikið innihald málmsteinda er í rúmmáli bergsins, eða 2-21%_r. Þar af eru 0-12%_r bergsins ilmenít. Í málmríkari hlutum gabbróhleifanna eru hins vegar 12-21%_r málmsteindir, og af þeim 4-12%_r ilmenít. Sambærilegt er helst gabbró frá Steinsvaði í Víðidal (sjá viðauka).

Magn þessa títanríka bergs er verulegt, en þó bersýnilega aðeins lítill hluti gabbróhleifanna í heild. Þungahlutfall ilmeníts í málmríkari hlutum gabbrósins í Hvalnesfjalli er 7-16%_p, ef það er sama og í athuguðum þunnsneiðum. Ein milljón tonna (1 megatonn) af ilmeníti sem vinnslugrundvöllur (Árni Hjartarson o.fl. 1978, s.47), útheimti því $6 \cdot 10^6 - 15 \cdot 10^6$ m³ af bergi, og þó öllu meir, því að naumast verða algjörar heimtur á ilmenítinu. Þeir málmríku hlutar, sem skoðaðir voru (sjá myndir 7 og 8) eru yfirleitt frá nokkrum tugum metra og upp í nokkur hundruð metra í þvermál í láréttum fleti. Þykkt þeirra er frá nokkrum metrum og upp í nokkur hundruð metra. Með eru þá tekin málmshnauðari lög og bönd, inni á milli. Málmauðugustu hlutarnir, sem nú eru þekktir, eru e.t.v. aðeins nokkrir tugir þúsunda rúmmetra, e.t.v. nokkur hundruð þúsunda. Næst auðugustu hlutarnir (Hvalnesfjall SV, Þúfuhraunstindur) gætu verið milljónir, jafnvel tugir milljóna m³ að stærð, þó ekki sé það berg allt jafn málmauðugt.

Innihald TiO₂ er ekki þekkt. Giska má þó á það. Málmsteindirnar eru nærri 50-70% eðlisþyngri en gabbróið sjálft. Þyngdarhlutfall þeirra er að sama skapi herra en rúmmálshlutfall, mælt í þunnsneiðum. TiO₂ er tæplega 50%_p (47,1%) af ilmenítinu (sjá kafla 6). Fe-oxíð eru þó líklega lítilllega vanreiknuð, svo að þetta hlutfall er þá sennilega aðeins lægra. Lata mun samt nærri, að þyngdarhlutfall TiO₂ samsvari u.þ.b. 70% af rúmmálshlutfalli ilmeníts. Torveldara er að meta TiO₂ innihald títanómagnetítsins. Miðað við samsvarandi oxun og sýnir sig í ilmenítinu (Ilm/Hem : 88/12, sjá kafla 6), þá væri þyngdarhlutfall TiO₂ sem svarar nærri 30% rúmmálshlutfalls títanómagnetíts. Þessi ágiskun er örugglega harla ónákvæm. Með svona reikningum fæst TiO₂ innihald bergsins 7-10%_p, samkvæmt þunnsneiðagreiningum.

TAFLA 8 Útlit bergs og steinda í gabbrosýnum teknum 1980

Staður, berg	B E R G										Aths.
	Útlit skúm- steindir %r	Dreif- ing málms	Pver- mál korna mm	Mál- steindir %r	Títanó-magnetít		Ilmenít		stök korn %	%	
					%r	d mm	%r	d mm			
HVALNESFJALL SV.											
málmrík bönd	65-70	bönd	(1-2)	~17	10-14	0,30	3,5-7	0,25	2-6		(BLAKE: 1964)
málmsnauð -	35-40	-	2-3	8-10	6-7	0,26	3	0,25	2-2 1/2		TiO ₂ 2,3%; Ilm. 9%
flekkótt berg	-	-	3-5	4-5	4	-	≥1	-	-		
PÓFUHRAUNSTINDUR											
málmrík bönd	dökkt	bönd	3-4	18-21	13-14	0,3-0,6	4-8	0,3-0,4	2		TiO ₂ 6, n
málmsnautt berg	-	óljós	3-4	6-12	3-6	0,3	1,5-6	0,3	1-4		Ilm. 12%
GREVANES	dökkt	breytil.	3-4	18-21	10-13	0,4	8-9	0,4-0,6	5-7		smásvæði
BREIÐATINDUR	dökkt	flekkir	-10	18-20	6-9	0,4	9-12	0,4-0,5	7-10		Ilm. 16%
ÓFERUBOTN	ljóst	bönd	grófk.	1-2	1-3	-	1-1,5	-	-		
Meginhl. Hvalnesfj.	-	-	grófk.	2-6	-	-	≥1	-	-		
MEÐALFELL í Nesjum í Hornafirði											
málmríkt	dökkt	flekkir	≥2	12-17	6-12	0,27	4-9	0,25	2-9		
málmsnautt	ólívín-g.	-	2	4-6	1-4	-	0-2	-	-		

Kornastærð hefur mikla þýðingu varðandi vinnslukostnað. Helmingi finna malað grjót (grýti) útheimtir u.þ.b. 50% meiri orku (Árni Hjartarson o.fl. 1978 s. 11). Bergsteindir, aðrar en málmsteindir, eru yfirleitt mun grófari en málmsteindirnar (sjá töflu 8). Það gæti því verið að losa mætti steindir bergsins í sundur með mun grófari mölun, en samsvaraði kornastærð málmsteindanna, þó síðan yrði að mala þær sjálfar finna, til að losa þær frá viðloðandi steindabrotum. Skipting málmsteinda á valdar kornastærðir hefur verið reiknuð út samkvæmt töflum 1-3 (sjá töflu 9). Í þeim er þvermál korna gefið upp í flokkum (margfeldi af 0,16 mm) og hefur magni í viðeigandi flokkum verið skipt línulega á milli flokka þeirra, sem kornastærðir í töflu 8 skera.

Því grófkornóttara sem bergið er, því minni orku þarf til að brjóta það og gæða. Samband orku og kornastærðar í mölun var nefnt hér að framan, en um 70 kWh/t grjóts er talið að þurfi til náms í dagbroti, mölunar niður í 0,15 mm og gæðunar (Árni Hjartarson o.fl. 1978, s. 46). Samkvæmt því þyrfti 600-1.000 kWh til að vinna 1 t TiO_2 úr Hvalnesfjalli eða 800-2.400 kWh til að vinna 1 t TiO_2 úr ilmeníti í því einu sér. Þá er ekki tekið tillit til þess, hversu mikið af TiO_2 næst ekki úr brotnu bergi, en það gæti verið verulegt.

Samfléttun korna hefur líka sín áhrif og getur torvelað vinnsluna. Eins og sjá má í töflum 1 og 3, þá eru samfléttuð korn oft 20-60% málmsteindanna. Með þetta í huga er ljóst, að verulega getur munað á TiO_2 -innihaldi samkvæmt þunnsneiðum úr málmríkum böndum í málmauðugum hlutum gabbrósins og því TiO_2 eða ilmeníti, sem vinnst úr berginu í stórum stíl. Hér verður engu spáð um þetta hlutfall, en skiljunartilraunir gætu varpað einhverju ljósi á það.

Vera má einnig, að samfléttun korna og verulegt TiO_2 -innihald í títanmagnetíti (með ilmenítlistum) valdi því, að betri nýting fáiist úr bræðslu steindanna í titangjall. Í því sambandi er rétt að hafa í huga, að málmsteindir eru 25-30% bergsins í málmauðugum sýnum, en TiO_2 aðeins 7-10%. Afgangurinn er mest járn-oxíð, sem samsvaraði u.þ.b. 15% járni sem aukagetu við títanvinnsluna.

TAFLA 9 Ilmenít- og TiO₂-innihald mismunandi kornastærða

Staður, sýni	Korna- stærð ≥φ mm	I L M E N Í T			T Í T A N Ó - M A G N E T Í T			Orkubörf	
		Korn alls %r	%r í bergi	TiO ₂ %p í bergi	Korn alls %r	%r í bergi	TiO ₂ %p í bergi	kWh/t í ilmeníti	TiO ₂ 1% í bergi
<u>Hvalnesfjall:</u>	0,15	79	4,0	2,8	86	11,1	3,3	24	12
5, 9, 50	0,3	46	2,4	1,6	59	7,6	2,3	28	10
Ilm: 5,1% Vol.	0,6	4	0,2	0,15	20	2,6	0,8	200	35
TiMt: 12,9% - (TiO ₂ : 7,5%)	1,2	0	0	0	3	0,4	0,1	-	200
<u>Dúfuhraunstindur:</u>	0,15	88	5,4	3,8	91	12,2	3,7	19	9,5
26, 28	0,3	67	4,1	2,9	74	9,9	3,0	16	8
Ilm: 6,1% Vol.	0,6	28	1,7	1,2	44	5,9	1,8	19	10
TiMt: 13,4% - (TiO ₂ : 8,3%)	1,2	4	0,25	0,15	14	1,9	0,6	70	25
<u>Grænanes:</u>	0,15	93	7,6	5,3	92	10,5	3,2	13	8
16, 17	0,3	79	6,5	4,6	76	8,7	2,6	10	6,5
Ilm: 8,2% Vol.	0,6	51	4,2	2,9	47	5,4	1,6	11	7
TiMt: 11,4% - (TiO ₂ : 9,1%)	1,2	11	0,9	0,6	11	1,2	0,4	23	20
<u>Breilbatindur:</u>	0,15	94	9,9	6,9	92	7,0	2,1	10	7,5
40, 41	0,3	81	8,5	6,0	76	5,8	1,7	7,5	6
Ilm: 10,5% Vol.	0,6	50	5,2	3,6	35	2,7	0,8	9	7
TiMt: 7,6% - (TiO ₂ : 9,7%)	1,2	10	1,0	0,7	2	0,2	0,1	25	25
<u>Meðalfell:</u>	0,15	79	5,3	3,7	81	6,6	2,0	19	13
31,39,40,41,42	0,3	48	3,2	2,2	51	4,1	1,2	14	14
Ilm: 6,7% Vol.	0,6	15	1,0	0,7	29	2,3	0,7	35	22
TiMt: 8,1% - (TiO ₂ : 7,1%)	1,2	1	0,1	0,0	3	0,2	0,1	200	200

8 HELSTU NIÐURSTÖÐUR

Sitthvað hefur skýrst við rannsókn þessa, þó ekki séu öll kurl komin til grafar og nýjar spurningar hafi vaknað í stað þeirra, sem svarað var. Þó fengin svör séu naumast endanleg, þá gefa þau ákveðnar vísbendingar. Þær helstu eru:

1. Málmsteindir eru ekki jafndreifðar í gabbróhleifunum. Í Hvalnesfjalli er rúmmálshluti málmsteinda frá 0-1%_r og upp í 20-21%_r.
2. Gabbró-innskotið í Hvalnesfjalli er lagskipt, misglögg þó, eða böndótt. Eru bönd þessi eða lög oft um 10 m þykk og virðist þeim halla inn að miðju innskotsins, e.t.v. vegna "iðustrauma", sem orðið hafi í vikunni samfara kólnun og kristöllun.
3. Meginhluti gabbrósins er frekar málmnsauður (2-6%_r málmsteindir). Hlutar gabbrósins eru þó málmríkari (6-20%_r málmsteindir), en í þeim skiptast víða á þynnri bönd, dökk og málmrík (1/2-2 m að þykkt) og þykkari bönd, ljós og málmnsauð. Rúmmál þessarar málmríkari hluta skiptir sennilega milljónum eða tugum milljón rúmmetra.
4. Á tveimur smáblettum a.m.k. finnst málmsteinda- og ilmenítáúðugt (8-12%_r) berg. Rúmmál þessarar hluta er lítið, en þeir hafa sennilega myndast sem einskonar útskot af Fe-Ti-ríkri kviku frá meginkvikunni.
5. Í Meðalfelli hafa málmsteindir einkum safnast fyrir í neðri hluta fellsins. Málmsteindir eru þar a.m.k. 17%_r og ilmenít 8-9%_r.
6. Í tengslum við gabbróið í innskotunum eru granófýr og basískir/ísúrur sniðgangar. Fínar, súrar æðar eru í litlu, málmríku svæðunum í Hvalnesfjalli og í neðri hluta Meðalfells.
7. Talið er, að málmsteindir kristallist snemma út úr gabbró-kvikunni ef Fe-Ti-magn er hátt, og þá einkum ef súrefnisþrýstingur er hár. Mjög hæg kæling (mikið dýpi) eykur mjög líkur á steindaaðskilnaði. Slíkar málmsteindir, sem kristallast snemma eru hlutfallslega stærri og reglulegri í lögun en þau, sem kristallast seint. Málmkorn í málmríkum hlutum gabbró-innskotanna í Hvalnesfjalli og Meðalfelli hafa allreglulegar kristallútlínur og meðalkornastærð 0,3-0,5 mm.

8. Í öllum athuguðum sýnum gætir útleysingar af ilmeníti í títánómagnetíti, og það oft verulegra. Útleysingar í ilmeníti (rútil, magnetít, hematít, sphen) ná sjaldan meira en 10-15%_r. Efna- greiningar benda til að uppleyst Fe₂O₃ í ilmenítinu (ilmenít - hematít - blandkristall) sé 10-13%_r.
9. Í málmríkum hlutum gabbrósins virðast 50-80% af rúmmáli ilmenít- korna vera korn $\geq 0,3$ mm, eða 3 1/2-12%_p bergsins. Því samsvara 2-6%_p TiO₂ (þyngd).
10. Í málmsteindakornum (ilm+hem) $\geq 0,3$ mm eru sennilega 3,8%_p TiO . Alls eru sennilega 7-10%_p TiO₂ í þessum hlutum bergsins.
11. Ilmenít- og títánómagnetít-kornin eru oft samvaxin eða samfléttuð. Hlutur samfléttaðra korna nemur oft 20-60%_r. Ekki er vitað, hvernig aðskilnaður þeirra gengur, en vera má að hagkvæmara væri að vinna títan-gjall úr slíkum samofnum steindum, heldur en hreint styrki (koncentrat) ilmeníts.
12. Niðurstöður þessar virðast gefa tilefni til að stíga næsta skref í "ilmenít-áætluninni" (Árni Hjartarson o.fl. 1978) og gera til- raunir með mólun, skiljun og gæðun á völdum bergsýnum. Verði árangur þeirra forkvæður ("pósítívur") gæti verið ástæða til að kanna betur útbreiðslu og málmsteindainnihald málmríks gabbrós.

ORÐALISTI: NÝYRÐI OG ÞÝÐINGAR

Íslenzkt heiti:

aðgreining, skilnaður
afblöndun, útlausn, útleysing
einskautað (ljós),
skautað (ljós)
einsleitur, einskynja
forkvætt
grindarvaf
grindmyndað
gæðing, að gæða
iðustraumar
krossvaf
kyrnisvaf
lausnarafblöndun
misleitur, margskynja
mælt (um steindir)
netæða (berg)
oxunarafblöndun
samlokuvaf
skeyting (korna)
skiljun
skilnaður, afgreining
skúmsteindir
steind
styrki
útbasískur
(sbr. útfarinn)
útleysing
útleysingarplata
vaf (korna, steinda)
yrmt (vaf)
örgreinir

Útlent heiti:

differentiation (e)
exsolution (e)
polarized (light) (e)
homogen (e)
positive (e)
skeletal texture (e)
skeletal (e)
ore dressing (e)
convection currents (e)
trellis texture (e)
granular texture (e)
solvus exsolution (e)
heterogen (e)
modal (e)
net veined (rocks) (e)
oxydation exsolution (e)
sandwich texture (e)
Gefüge (þ)
separation (e)
differentation (e)
mafic minerals (e)
mineral (e)
concentrate (e)
ultra basic (e)
exsolution (e)
exsolution plate (e)
texture (e)
ophitic (texture) (e)
microprobe (e)

HEIMILDASKRÁ

- Árni Hjartarson, Freysteinn Sigurðsson, Friðrik Daníelsson & Gylfi Einarsson 1978: Íslenskt ilmenít, könnunarskýrsla I, heimilda-könnun. Reykjavík, Orkustofnun og Iðnþróunarstofnun Íslands, OS JKD 7802 & ÍPSÍ 1978 02, 48 bls.
- Björn Gunnarsson 1979: Smásjárrannsókn á málmsteindum í 24 þunnisneiðum í íslensku bergi, aðallega gabbrói og díabasi. Orkustofnun, frumskýrsla, 32 bls. (handrit).
- Blake, D.H. 1964: The volcanic geology of the Austurhorn area, South-Eastern Iceland. Ph.D. ritgerð, London University, England, 191 bls.
- Buddington, A.F. & Lindsley, D.H. 1964: Iron-titanium oxide minerals and synthetic equivalents. J. Petrol., 5, 310-357.
- Carmichael, I.S.E. 1967: The iron-titanium oxides of salic volcanic rocks and their associated ferromagnesian silicates. Contr. Mineral. and Petrol., 14, 36-44.
- Haggerty, S.E. 1976(a): Oxidation of opaque minerals oxides in basalts. í: Rumble, D. (ritstj.), Oxide minerals. Mineralogical society of America short course notes, 3, Hg1-Hg100.
- Haggerty, S.E. 1976(b): Opaque mineral oxides in terrestrial igneous rocks. í: Rumble, D. (ritstj.), Oxide minerals. Mineralogical society of America short course notes, 3, Hg101-300.
- Jakobsson, Sveinn P. 1979: Petrology of recent basalts of the eastern volcanic zone, Iceland. Acta Nat. Islandica, 26, 103 bls.
- Sigurður Steinþórsson 1974; sjá Steinthórsson, S. 1974.
- Sigurður Steinþórsson & Guðmundur E. Sigvaldason 1971: Skýrsla um bergfræðirannsóknir við Stardal. Raunvísindastofnun Háskólans, Jarðfræðistofa, 12 bls.

Steinþórsson, S. 1974: The oxide mineralogy, initial oxidation state, and deuteritic alteration in some precambrian diabase dike swarms in Canada. Ph.D. ritgerð, Princeton University, U.S.A., 217 bls.

Sveinn P. Jakobsson 1979: Sjá Jakobsson, Sveinn P. 1979.

ENGLISH SUMMARY

In the years 1979-81 the National Energy Authority conducted some prospecting for titaniferous minerals in the gabbros of Hvalnesfjall í Lóni and Meðalfell í Nesjum in SE-Iceland. On both places the ore minerals are unevenly distributed in the gabbroic rocks. In Hvalnesfjall the distribution accompanies the layering and structural divisions of the intrusive. In the visible part of the intrusive of Meðalfell, the ore minerals are somewhat concentrated in the lower part of the hill. The ore mineral contents of the rocks in Hvalnesfjall vary from 0-1% (Vol) to 20-21% (Vol), the highest values for ilmenite being 12-17% (Wt). In the higher metalliferous parts in Meðalfell the ore minerals reach 17% (Vol); ilmenite accounting for 12-13% (Wt). The mean diameter of ore minerals in the ore rich parts of the gabbros is 0,3-0,5 mm. The different Ti-ore minerals, ilmenite and titanomagnetite are often intertwined amounting to 20-60% of total Ti-ore minerals. The TiO_2 - content of the ilmenites is near to 47% (Wt). It is recommended to make some separation-tests on a convenient rockprober.

V I Ð A U K I

Lýsing á gabbrósýnum frá 1979

VIÐAUKI

Minnst var á það í formála þessarar skýrslu að í ágúst 1979 var gerð að tilhlutun Orkustofnunar greining á Fe-Ti-steindum í bergsýnum úr 12 basískum innskotum á landinu. Sýnin voru flest af gabbrói frá Viðidal og Vatnsdal í Húnavatnssýslu og Vestur- og Austurhorni í Lóni í A-Skaftafellssýslu. Ekki var um neina kerfisbundna sýnatöku að ræða heldur einungis tekið eitt eða fáein bergsýni úr hverju innskoti nánast af handahófi. Við greiningu kom það strax í ljós að sýnin gátu gefið mjög takmarkaðar upplýsingar um málminnihald bergsins í innskotunum nema því aðeins að málmsteindir væru jafndreifðir um allt bergið. Niðurstöður þær, sem birtar eru í þessari skýrslu benda eindregið til þess að mjög varhugavert sé að draga of miklar ályktanir um málminnihald eða almennt efnainnihald basískt djúpbergs út frá einu eða fáum bergsýnum. Þar þarf fyrst að koma til ítarleg sýnataka og könnun á legu og útbreiðslu bergeininga innan innskotsins en eins og bent var á hér að framan eru líkur á því að í flestum málmríkum djúpbergsinnskotum sé málmurinn ekki jafndreifður um bergið. Þó er talið rétt að gefa hér sem viðauka stutta samantekt á magni og einkennum Fe-Ti steinda í bergsýnum frá þessum 12 innskotum og er þar stuðst við 24 þunn-sneiðar. Um staðsetningu innskotanna á korti er vísað til mynda í viðauka í fyrrnefndri skýrslu um "Íslenskt ilmenít" (Árni Hjartarson o.fl. 1978).

Músarnes á Kjalarnesi

Dökkt fínkornótt gabbró (eða grófkornótt diabás), kornastærð 1-1,5 mm. Ilmenít sýnir reglulegri kristalútlínur en títánómagnetít. Stærstu málmkorn eru um 1,5 mm í þvermál en kornin eru flest mun minni. Málmurinn er nokkuð jafn dreifður um sýnið. Mælt málmagn er 5,4% og þar af er títánómagnetít 3,5% og ilmenít 1,9%. Útleysingar af ilmeníti í títánómagnetíti lýsa sér eins og í gabbrói frá Steinsvaði. Sphen verður aðeins vart í títánómagnetíti og rútil í ilmeníti. Allt mælt ilmenít er stök korn og þau langflest ílöng og grindmynduð. Meðalþvermál ilmenítsteinda er 0,33 mm.

Kolgrafarmúli á Snæfellsnesi

Frá Kolgrafarmúla eru tvö gabbrósýni. Málmríkara sýnið er dekkra og fínkornóttara, kornastærð 2-3 mm og magn dökkra steinda um 50%, og er málmurinn tiltölulega jafn dreifður um sýnið. Málmagnnið er þar 6,9%_r og er títánómagnetít 6%_r og ilmenít 0,9%_r. Flest eru málmkornin með óreglulegar kristalútlínur, en sum stærri kornin, 1-1,5 mm, eru mjög heilleg og sýna teningslöggun. Málnsnauðara sýnið hefur kornastærð 3-4 mm og er málmurinn ójafnt dreifður um sýnið á þunnsneiðamælikvarða og er með mjög óreglulegar kristalútlínur. Áætlað málmagn er tæp 2%_r. Títánómagnetít í báðum sýnum er með allgróft net af útleystum ilmenítplötum í eina, tvær eða þrjár stefnur eftir oktahedral flötum, með finni ilmenítplötum þess á milli. Vottur af rútilútleysingum og sphen er í ilmenítsteindum.

Bjarg í Miðfirði-Hvammur og Hjallinn í Vatnsdal

Bergið í þessum innskotum er mjög fínkornótt og málmkornin því smá eða á bilinu 0,03-0,14 mm í þvermál. Málmagnnið er um 10-15% af rúmmáli grunnmassa en bæði bergið í Bjargi og Hvammi einkennist af fjölda 0,5-1 cm ávalra plagióklasdila. Í sýnum frá báðum stöðum eru auk málmkorna af títánómagnetíti og ilmeníti, hematítkorn sem oftast eru í hópi stærstu málmkorna og í þeim gætir útleysinga sem sennilega eru af psudobrookit (Fe_2TiO_5).

Steinsvað við Víðidalsá í Húnavatnssýslu

Dökkt gabbró (eða grófkornótt diabás), kornastærð 1-3 mm. Í sýninu kemur fram mikill breytileiki í stærð plagióklasa, sem eru listalaga og í sumum tilfellum 3-4 mm á lengd, og hafa enga tilhneigingu til þess að vísa í sömu átt. Mörg málmkorn sýna reglulegar kristalútlínur og er málmurinn jafn dreifður um sýnið. Mælt málmagn (modus) er 14,6%_r og þar af er títánómagnetít 6,1%_r og ilmenít 8,5%_r. Títánómagnetít er með breiðar útleysingarplötur af ilmeníti aðallega í eina eða tvær stefnur en stundum í þrjár samsíða oktahedral flötum. Þess á milli eru finni ilmenítplötur. Sphen er víða í títánómagnetíti, sérstaklega í kringum fínar sprungur. Ilmenítsteindir sýna all reglulegar kristalútlínur og eru flestar ílangar

og margar skelmyndaðar. Meðalþvermál stakra ilmenítsteinda mældist 0,30 mm en í samfléttuðum málmkornum 0,28 mm. 76% af ilmeníti eru stök korn. Lítið er af rútil og sphen í tengslum við ilmenít.

Melrakkadalur (Dagmálagil, syðst í Urðarfelli í Viðidal)

Nokkuð dökkt gabbró (ca. 60% dökkar steindir), kornastærð 2-3 mm. Plagióklasar sýna nokkuð reglulegar kristalútlínur og eru steindirnar listalaga eða plötulaga. Málmkornin eru flest stór, um eða yfir 1 mm í þvermál, og sýna víðast mjög reglulega teningslögun. Málmurinn er jafn dreifður um sýnið. Mælt málmagn 15% og þar af er titanómagnetít 11,5% og ilmenít 3,5%. Titanómagnetítsteindir eru með fint, þétt og slitrótt útleysingarnet af ilmeníti og auk þess í sumum kornum eina eða fleiri breiðari ilmenítplötur í eina stefnu. Hluti af magnetíti í titanómagnetítkornum hefur, sérstaklega í tengslum við sprungur og út við jaðra korna, oxast yfir í hematít. Sphen finnst einnig í titanómagnetíti. Mest allt ilmenít er í tengslum við titanómagnetít í samfléttuðum málmkornum. Lítið er af rútil í ilmeníti.

Í öðru sýni úr eins dökku en grófkornóttara gabbrói (kornastærð 3-4 mm) er málmurinn ekki eins jafn dreifður um sýnið í þunnsneiðum og málmurinn er meira sem óreglulegir málmfleckir, 2-3 mm í þvermál. Þó eru innan um fá 1-2 mm teningslaga málmkorn. Í handsýni má enn fremur sjá ílöng málmkorn 1-2 mm á lengd og gæti þar verið um ilmenít að ræða. Mælt málmagn er 10% og er ilmenítmagnið hlutfallslega minna en í fyrrnefndu sýni.

Hólar-Skessusæti í Vatnsdal í Húnavatnssýslu

Gabbró, kornastærð 2-3 mm. Málmurinn er ójafnt dreifður um sýnið í þunnsneiðum og er sem mjög óreglulegir málmflákar 2-3 mm í þvermál. Málmagnið er lítið. Í tveimur þunnsneiðum var málmur áætlaður um 5% og 1-2%. Málmurinn er að nær öllu leyti sem titanómagnetít með fremur finum ilmenítplötum í tvær til þrjár stefnur og er mikill hluti af ilmenítplötum orðinn að rútil. Sphen gætir mjög mikið í titanómagnetíti, sérstaklega í kringum sprungur. Í sumum kornum er sphen orðið 1/3-2/3 hlutar af upphaflegu titanómagnetíti. Þar sem sphenmagnið hefur verið mest eru kornin orðin nær hvít í einskautuðu ljósi en sýna fölgula innangeislun í

tvískautuðu, og er þar trúlega um að ræða myndun á leucoksen. Dökkir spinellistar (líklega pleonast $MgAl_2O_4-FeAl_2O_4$) eru sums staðar í miklu magni í kringum sprungur í kornunum.

Hvalnesfjall í Lóni

Sýnin eru úr grófkornóttu ljósu gabbróí, kornastærð 3-4 mm, og eru tekin á gabbrórananum er gengur niður af Þúfuhraunstindi fram í Lón. Gabbróið er blettótt vegna stórra pyroxenkristalla innan um minni ljósar plagióklassteindir. Málmurinn er ójafnt dreifður um sýnið í þunnsneiðum og sýna kornin óreglulegar útlínur. Stærstir eru málmflákar 3-4 mm í þvermál. Mest mældist málmurinn 13%_r og var títánómagnetít 11,4%_r en ilmenít 1,6%_r. Títánómagnetít einkennist af fínu, þéttu og slitróttu neti af útleystu ilmeníti. Meðalþvermál stakra ilmenítkorna er 0,27 mm en 0,32 mm í samfléttuðum kornum, sem er 72%_r af mældu ilmeníti. Í öðrum sýnum er málmagnið frá því að vera innan við 1%_r upp í um 3%_r. Rútilútleysinga og sphen gætir í ilmeníti, en ekki í miklu magni.

Litla Horn í Vesturhornum í Hornafirði

Gabbróið er að meginhluta til fínkornótt, kornastærð 1-2 mm, en bergið einkennist af ljósum steindaflekkjum sem eru allt að 3 cm í þvermál. Plagióklas er sem grannir listalaga kristallar, sumir allt að 3-4 mm á lengd og stefna óreglulega í allar áttir. Málmkornin eru mjög smá og hafa mörg reglulegar kristalútlínur. Málmagnið er sennilega 7-8%_r og er magn títánómagnetíts og ilmeníts mjög svipað. Títánómagnetít er með lítið af útleystum ilmenítplötum, einungis mjög fáa og granna lista í eina eða tvær stefnur. Mest af ilmenítinu er sem stök korn (70-77%_r) og er meðalþvermál á bilinu 0,15-0,2 mm. Ilmenítkornin eru flest ílöng og grindmynduð. Í einu sýnanna var nokkuð um dökka spinellista í títánómagnetíti (pleonast) og í minna mæli sphen og útleysingar af hematíti, rútil auk sphens í ilmenítkornum.

Meðalfell í Laxárdal í Hornafirði

Málmminnihald var greint í tveimur sýnum. Það fyrra er úr dökku gabbrói þar sem kornastærð er um 2 mm. Stór hluti af málminum er með allreglu-
legar kristalútlínur og málmkorn stór, mörg 0,5-1 mm í þvermál. Mælt
málmagn er 17,7%_r og þar af er títánómagnetít 9,1%_r og ilmenít 8,6%_r.
Títánómagnetítsteindir eru með fínt, þétt og slitrótt net af útleystum
ilmenítplötum. Ilmenítkornin eru lítið eitt ílöng eða plötulaga og eru
mjög heilleg. Rútilútleysingar og sphen fara sjaldan yfir 5%_r ilmenít-
steinda. Meðalþvermál stakra ilmenítkorna er 0,5 mm en 21% af mældu
ilmeníti er í samfléttuðum málmkornum (þetta sýni var tekið á norðurhlið
Meðalfells, og innan málmríka svæðisins þar og er sama og sýni 31(b)).
Hitt sýnið sem athugað var er úr grófkornóttara og ljósara gabbrói og er
málmagnið þar lítið, eða einungis um 1,5%_r.

	B E R G				S T E I N D I R				Samfléttuð korn meðal- þvermál mm
	Útlit gabbros; skúm- steindir	Dreif- ing málms	Pver- mál steinda mm	Málm- steindir %r	Ti-Mt %r	Ilmenít		meðal- þvermál mm	
						%r	%r		
Músarnes á Kjalarnesi	dökkt	jöfn	1-1,5	5,4	3,5	1,9	1,9	0,33	-
Kolgrafarmúli á Snæfellsnesi	skúmst. 50%	jöfn	2,3	6,9	6,0	0,9	-	-	-
- sama -	-	ójöfn	3-4	<2	-	-	-	-	-
Steinsvað í Víðidal	dökkt	-	1-3	14,6	6,1	8,5	6,4	0,30	0,28
Melrakkadalur í Víðidal	skúmst. 60%	jöfn	2-3	5,4	3,5	1,9	<0,5	-	-
- sami -	-	-	-	-10	-7	-3	-	-	-
Hólar-Skessusæti í Vatnsdal	-	ójöfn	2-3	6,9	6,0	0,9	-	-	-
- sami -	-	-	-	<2	-	-	-	-	-
Hvalnesfjall í Lóni	ljóst	ójöfn	3-4	13	11,4	1,6	0,5	0,27	0,32
-	-	-	-	1-3	-	-	-	-	-
Litla Horn í Hornafirði	-	-	1-2	7-8	3-4	3-4	2-3	0,15-0,2	-
Meðalfell í Hornafirði	dökkt ljóst	- -	2 -	17,7 -1	9,1 -	8,6 -	6,8 -	0,5 -	- -