

Fjörusandur frá Kamtsjatka. Samanburður við sýni af grunnsævi úti fyrir Suðausturlandi.

**Svanur Pálsson,  
Þórólfur H. Hafstað**

16. nóvember 1993

## Fjörusandur frá Kamtsjatka Samanburður við sýni af grunnsævi úti fyrir Suðausturlandi

Árið 1992 kom út á Orkustofnun skýrslan *Titansteindir í sjávarsandi. Rannsóknir á sýnum af grunnsævi úti fyrir Suðausturlandi (OS-92026/VOD-04)*. Skýrslan var tekin saman af höfundum þessarar greinargerðar ásamt Árnýju Sveinbjörnsdóttur. Í september 1993 færði Hrefna Kristmannsdóttir okkur sýni af fjörusandi, sem hún hafði tekið skömmu áður í vík skammt austan við Petropálovsk á austurströnd Kamtsjatkaskaga. Henni hafði verið tjáð, að sandurinn á þessum stað væri svo títanríkur, að japanskt fyrirtæki áformi að hefja vinnslu úr honum.

Í fyrrnefndri skýrslu frá 1992 er ekkert fjallað um efni, sem títan er unnið úr, en fróðlegt hefði verið að athuga sýni af slíku hráefni til samanburðar við íslenska efnið. Þegar okkur barst þetta sýni í hendur, þótti forvitnilegt að láta það ganga í gegnum nokkra af rannsóknabáttunum, sem sýnin, sem fjallað er um í skýrslunni, höfðu gengið í gegnum, þ.e. kornastærðargreiningu, eðlismassamælingu, bergflokkingu og greiningu á málmoxíðum og ilmeníti. En vissulega verður að hafa í huga, að eitt sýni hefur mjög takmarkað gildi og getur jafnvel gefið villandi upplýsingar, ekki síst þegar sá, sem tekur sýnið, er ókunnugur á staðnum, en er þar á hraðferð til að sinna öðrum verkefnum, kemur á þennan stað í skoðunarferð, fréttir um leið af tilviljun af þessum eiginleikum sandsins og tekur sýnið af handahófi, eins og var í þessu tilfelli. Samt er áhugavert að kanna munin á þessu efni og því íslenska.

Líta má á þessa greinargerð sem viðauka við fyrrnefnda skýrslu, enda verður hvað eftir annað vitnað í hana hér á eftir til samanburðar.

### Niðurstöður

**Kornastærðardreifing** og sortering rússneska sandsins er svipuð og í sumum íslensku fjöru- og grunnsævisýnanna.

**Eðlismassi** rússneska sandsins er miklu hærri en íslenska efnisins, rúmlega 3,4 en hann er nálægt 3,0 í íslenska efninu. Hinn hái eðlismassi rússneska efnisins virðist aðallega stafa af mjög háu píroxeninnihaldi.

**Bergflokkingun** rússneska efnisins er verulega frábrugðin bergflokkingun þess íslenska. Rússneska efnið er nær allt kristallað, kristallarnir miklu stærri en í íslenska efninu og yfir 80% efnisins eru korn, sem eru hvert um sig úr einni steindategund. Um 50% íslenska efnisins er gler og kristallaði hlutinn mjög fínkristallaður. Í rússneska sandinum er nær ekkert gler.

**Málmoxíð** greinast í meira magni í rússneska efninu. Sá munur kemur nær allur fram í þeim kornum, sem eru að meiri hluta til málmoxíð. Þar er stærðargráðumunur miðað við flest íslensku sýnin. Sá munur tengist því, að rússneska efnið er miklu grófkristallaðra en það íslenska.

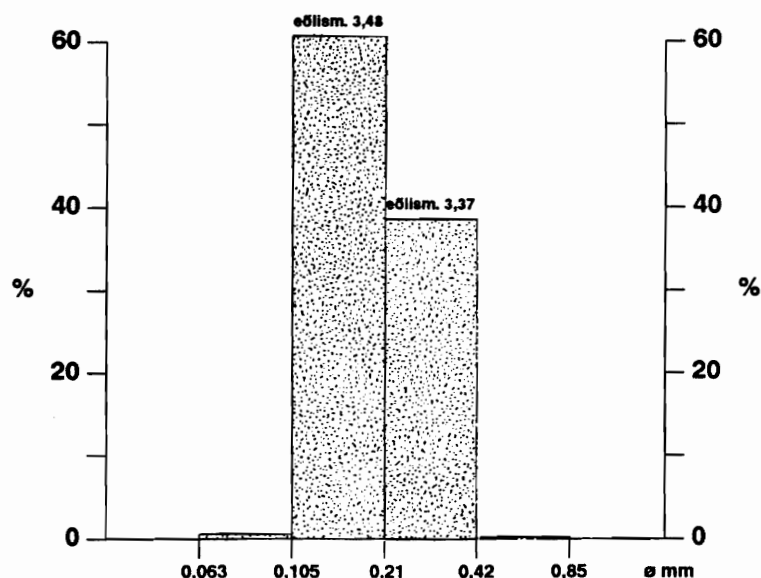
**Ilmenít** greindist í meira magni í rússneska sýninu, sérstaklega kemur það fram í þeim kornum, sem eru að meiri hluta til málmoxíð. Það tengist því á sama hátt og að því er varðar málmoxíðin, að rússneska efnið er grófkristallaðra.

Í stuttu máli má segja, að rússneska og íslenska efnið, sem hér er verið að bera saman, eigi lítið sameiginlegt og að hér komi fram það, sem ræður úrslitum, hvað vinnsluhæfni varðar. Miklu auðveldara ætti að vera að aðgreina rússneska efnið en það íslenska til þess að ná í efni, sem innihéldi tiltölulega hrein málmoxíð, vegna þess að það er miklu grófkristallaðra og inniheldur nær ekkert gler.

Hér á eftir verður svo vikið að einstökum þáttum þessarar athugunar.

### Kornastærðargreining

Kornastærðargreiningin fór fram með sigtun. Notuð voru sömu sigti og við kornastærðargreiningu á grófari hluta svifaus. Hér er kornastærðin ekki könnuð eins ítarlega og gert var við íslenska sandinn, en það ætti ekki að koma að sök, því að hér er aðeins verið að fá hugmynd um kornastærðina og sýnið er lítið, aðeins 52 g. Kornastærðardreifingin er sýnd á mynd 1. Meðalkornastærðin er um 0,2 mm í þvermál. Efnið er vel sorterað, rúmlega 99% lentu í tveimur kornastærðarbilum, 60,7% á bilinu 0,105 - 0,21 mm og 38,5% á bilinu 0,21 - 0,42 mm. Kornastærðardreifingin líkist einna mest sýnum S2 og S4 úr Starmýrarfjörum og Ti51 úr Lónsvík, sjá nefnda skýrslu bls. 15. Það kemur í sjálfu sér ekki á óvart, því að þau eru, líkt og Kamtsjatkasýnið, tekin á fjörum eða nærri landi.



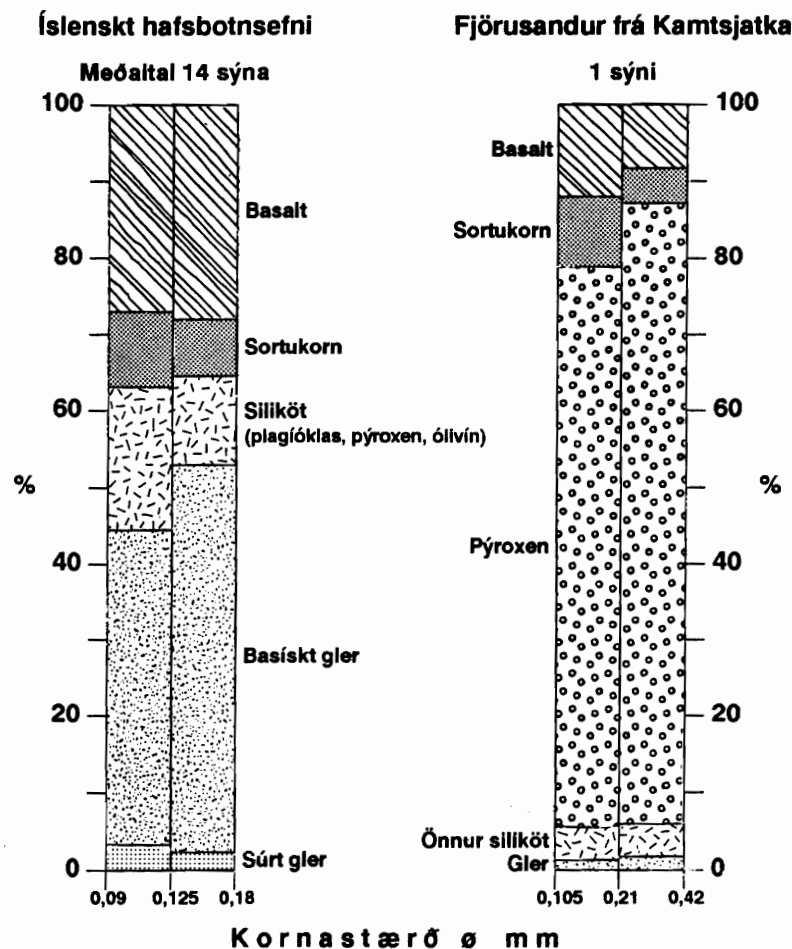
Mynd 1. Kornastærðardreifing og eðlismassi sandsins frá Kamtsjatka.

### Eðlismassi

Eðlismassi var mældur á efni úr báðum þessum kornastærðarflokkum og mældist hann 3,48 í fínni flokknum, en 3,37 í þeim grófari, eins og sýnt er á mynd 1. Samkvæmt því er meðaleðlismassi fyrir rúmlega 99% efnisins 3,44. Það er miklu hærri eðlismassi en í íslenska efninu, en eðlismassi þess mældist yfirleitt nálægt 3,0, sbr. töflu 2 hér á eftir.

### Bergflokkun

Gerðar voru 2 þunnsneiðar af efninu, sín úr hvorum kornastærðarflokki og taldir um 1000 punktar í hvorri sneið. Niðurstöðurnar eru sýndar á mynd 2 ásamt hliðstæðum greiningum á íslensku hafsbötnsefni, sem teknar eru úr mynd 12 á bls. 25 í fyrrnefndri skýrslu.



Greiningar á íslensku hafsbötnsefni eru teknar úr mynd 12 bls. 25 í skýrslunni *Titansteindir í sjávarsandi (OS-92026/VOD-04)*.

Mynd 2. Bergflokkun á íslensku botnefni og sýninu frá Kamtsjatka.

Sýnið frá Kamtsjatka er afar ólíkt íslenska efninu að því er bergflokkun varðar. Mjög lítið er í því af gleri, innan við 2%, en það er um 50% af íslenska efninu. Miklu minna er einnig af basalti í efninu frá Kamtsjatka en í því íslenska. Um 80% efnisins í sýninu frá Kamtsjatka er pýroxen. Hins vegar eru hin silikötin, plagióklas og ólivín samanlagt aðeins um 4% efnisins. Þegar talað er um siliköt, er átt við korn, sem hvert um sig er nánast hreint pýroxen, plagióklas eða ólivín. Það, að korn úr aðeins einni steindategund hvert um sig eru svo yfirgnæfandi í sandinum frá Kamtsjatka, sýnir, að hann er rofinn úr miklu grófkristallaðra bergi en íslenskur sandur. Rússneska efnið er þó heldur grófara og nær yfir breiðara kornastærðarbil en íslenska efnið, sem verið er að bera það saman við, vegna þess að aðrar sigtastærðir voru notaðar.

Meginmunurinn á sýninu frá Kamtsjatka og íslenska efninu er sá, að um 50% íslenska efnisins er gler og steindirnar eru mjög smáar, að verulegum hluta smærri en kornin. Í rússneska efninu finnst aftir á móti næstum ekkert gler, þ.e. efnið er kristallað, kristallarnir miklu stærri en í íslenska efninu og yfir 80% efnisins eru korn, sem eru hvert um sig úr einni steindategund. Miklu auðveldara hlýtur því að vera að aðskilja einstakar steindir úr rússneska efninu en því íslenska.

### Málmoxíð

Málmoxíð er helst að finna í þeim kornum, sem hér eru kölluð sortukorn. Þau voru greind í þunnsneiðunum á sama hátt og í íslenska efninu. Gert er ráð fyrir, að málmoxíðin séu magnetít og ilmenít eins og þar, en ekki var í þessari umferð greint á milli þeirra steinda. Greind voru um 1000 korn í hvorri þunnsneið. Kornum, sem málmoxíð sáust í, var skipt í þrjá flokka eftir því hve stór hluti kornanna var málmoxíð.

- 1. flokkur: sandkorn með >50% málmoxíðinnihald; meðaltal áætlað 80%.
- 2. flokkur: sandkorn með 25-50% málmoxíðinnihald; meðaltal áætlað 35%.
- 3. flokkur: sandkorn með <25% málmoxíðinnihald; meðaltal áætlað 7%.

Greiningarnar eru mat á því hve stór hluti hvers korns er málmoxíð. Talningin gefur til kynna hve mörg prósent kornanna, sem talin eru, innihalda málmoxíð og hvernig þau skiptast á milli þessara þriggja flokka.

Meðalinnihald málmoxíða í hverjum þessara þriggja flokka byggir á sjónmati. Þetta mat er hliðstætt því, sem notað var við greiningu á málmoxíðum í íslenska efninu og lýst er á bls. 32 í skýrslunni. Eini munurinn er sá, að hér er meðalmálmoxíðinnihald í 1. flokki áætlað 80%, en í íslenska efninu 55%. Munurinn stafar af því, að rússneska efnið er miklu grófkristallaðra, eins og áður hefur komið fram.

TAFLA 1. Hundradshluti málmoxíða í sýninu frá Kamtsjatka

Kornastærð ø mm	Hluti af heildar- sýni %	Eðlis- massi	Hundradshluti málmoxíða			Samtals málmoxíð %
			1. flokkur %	2. flokkur %	3. flokkur %	
0,21-0,42	38,5	3,37	4,0	0,8	1,6	6,4
0,105-0,21	60,7	3,48	9,2	0,9	1,4	11,5
<b>0,105-0,42</b>	<b>99,2</b>	<b>3,44</b>	<b>7,2</b>	<b>0,9</b>	<b>1,5</b>	<b>9,6</b>

Gildin fyrir kornastærðina 0,105-0,42 mm eru fengin með því sameina kornastærðarflokkana tvo, sem greindir voru, og reikna meðaltöl mæligilda í réttu hlutfalli við vægi kornastærðarflokkanna í sýninu. Sjá einnig skýringar við töflu 2.

Niðurstöður þessara greininga á málmoxíðum eru sýndar í töflu 1. Hana má bera saman við samsvarandi gildi í töflu 5 á bls. 33 í títtendri skýrslu. Reyndar torveldar það samanburðinn, að þar ná kornastærðarflokkarnir hver fyrir sig gjarnan yfir lítinn hluta heildarsýnisins. Sérstaklega er það áberandi, þegar hlutfallslega mikið greindist af málmoxíðum.

Tafla 2 hér á eftir er gerð til þess að auðvelda samanburð við íslenska efnið. Hún er unnin upp úr töflu 5 í fyrrnefndri skýrslu.

TAFLA 2. Málmoxið í íslenskum sýnum og sýninu frá Kamtsjatka

Töku- nr.	Korna- stærð ø mm	Hluti af heildar- sýni %	Eðlis- massi	Hundraðshluti málmoxiða			Samtals málmoxið %
				1. flokkur %	2. flokkur %	3. flokkur %	
Ti68	0,09-0,18	27	2,98	3,1	0,7	1,7	5,5
Ti61	0,09-0,18	60	2,94	1,1	0,4	2,2	3,7
Ti57	0,09-0,18	38	3,02	1,9	0,6	2,1	4,6
Ti54	0,125-0,18	41	2,85	0,2	0,1	0,1	0,4
Ti53	0,09-0,18	80	2,89	0,6	0,3	1,3	2,2
Ti82	0,09-0,18	42	3,01	1,6	0,5	2,4	4,5
Ti51	<0,25	77	3,02	0,7	0,1	2,3	3,1
Ti47	<0,25	100	2,94	0,7	0,1	1,8	2,6
Ti29	0,09-0,25	95	2,97	0,6	0,6	1,9	3,1
Ti27	0,09-0,18	85	2,85	0,1	0,1	1,2	1,4
Ti25	0,09-0,18	84	2,90	0,3	0,3	1,6	2,2
Ti24	0,09-0,18	69	2,85	0,2	0,4	1,3	1,9
S2	0,09-0,18	36	3,09	1,8	0,8	2,7	5,3
43	0,09-0,18	88	2,97	0,6	0,4	3,1	4,1
44	0,09-0,18	71	2,97	0,3	0,3	3,8	4,4
<b>Kamtsjatka</b>	<b>0,105-0,42</b>	<b>99</b>	<b>3,44</b>	<b>7,2</b>	<b>0,9</b>	<b>1,5</b>	<b>9,6</b>

Málmoxiðinnihald einstakra korna var metið við skoðun í smásjá. Gert er ráð fyrir, að meðalmálmoxiðinnihald korna í 1. flokki sé 55% í íslensku sýnunum, en 80% í sýninu frá Kamtsjatka, í 2. flokki 35% og 7% í 3. flokki. Hundraðshluti málmoxiða í töflunni er fenginn út frá þeim greiningum. Hann er í þyngdarprósentum og er þá gert ráð fyrir, að meðaleðlismassi oxíðanna sé 5,0, en annars efnis 2,8 í íslensku sýnunum, en 3,3 í sýninu frá Kamtsjatka.

Gildin fyrir íslensku sýnin eru tekin úr töflu 5 á bls. 33 í skýrslunni *Titansteindir í sjávarsandi (OS-92026/VOD-04)*. Hér eru kornastærðarflokkar sameinaðir og meðaltöl mæligilda reiknuð í réttu hlutfalli við vægi einstakra kornastærðarflokka í sýnunum.

Í sýninu frá Kamtsjatka greinist meira af málmoxiðum en í íslenska efninu. Af málmoxiðum samtals úr flokkunum þremur greinist þó aðeins tæplega tvöfalt meira en í þeim tveimur íslensku sýnum, sem mest greindist í. Sé hins vegar litið á það, sem greindist í 1. flokki, en það er væntanlega helst það efni, sem kemur til greina við vinnslu, er munurinn verulega meiri. Aðeins eitt íslensku sýnanna, Ti68, nálgast að vera hálfdrættingur á við það rússneska, en þar nær athugunin þó aðeins til 27% heildarsýnis.

### Ilmenít

Hér að framan hefur verið fjallað um greiningar á málmoxiðum í heild, en þau ekki aðgreind innbyrðis. Þegar leitað er að títansteindum, er raunar aðallega verið að sækjast eftir ilmeníti, því að það er steinda auðugast af þeim málmi. Til þess að greina ilmenít voru notaðar sömu

þunnsneiðar og áður og áfallandi ljós í smásjóni, en til að greina á milli málmsteindanna var notaður segulmagnaður vökvi.

Eins og við greiningar á málmoxíðum í heild er um að ræða mat á því hve stór hluti korns er sú steind, sem verið er að leita að, í þessu tilfelli ilmenít. Kornunum er skipt í þrjá flokka eins og áður eftir því hve stór hluti kornsins er ilmenít.

- 1. flokkur: sandkorn með >50% ilmenítinnihald; meðaltal áætlað 60%.
- 2. flokkur: sandkorn með 25-50% ilmenítinnihald; meðaltal áætlað 35%.
- 3. flokkur: sandkorn með <25% ilmenítinnihald; meðaltal áætlað 7%.

Meðalinnihald ilmeníts í 1. flokki er hér áætlað 60%, sem er töluvert lægra en í málmoxíðtalinngunni á bls. 4. Málmoxíðkornin eru oft samsett og þá er ekki nema hluti þeirra ilmenít. Niðurstöðurnar eru sýndar í töflu 3.

*TAFLA 3. Hundraðshluti ilmeníts í sýninu frá Kamtsjatka*

Kornastærð ø mm	Hluti af heildar- sýni %	Eðlis- massi	Hundraðshluti ilmeníts			Samtals ilmenít %	Ilmenít sem % málmoxíða
			1. flokkur %	2. flokkur %	3. flokkur %		
0,21-0,42	38,5	3,37	0,6	0,4	0,5	1,5	23
0,105-0,21	60,7	3,48	0,9	0,4	0,3	1,6	14
<b>0,105-0,42</b>	<b>99,2</b>	<b>3,44</b>	<b>0,8</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>1,6</b>	<b>17</b>

Ilmenítinnihald einstakra korna var metið við skoðun í smásjá. Gert er ráð fyrir, að meðalilmenítinnihald korna í 1. flokki sé 60%, í 2. flokki 35% og 7% í 3. flokki. Hundraðshluti ilmeníts í töflunni er fenginn út frá þeim greiningum. Hann er í þyngdarprósentum og er þá gert ráð fyrir, að eðlismassi ilmeníts sé 4,74

Gildin fyrir kornastærðina 0,105-0,42 mm eru fengin með því sameina kornastærðarflokkana tvo, sem greindir voru, og reikna meðaltöl mæligilda í réttu hlutfalli við vægi kornastærðarflokkanna í sýninu.

Gildin í töflu 3 má bera saman við tilsvarendi gildi í töflu 9 á bls. 39 í títtnefndri skýrslu. Í þeirri töflu eru líka gildi fyrir sýni, sem voru meðhöndluð í segulskilju, en það flækir samanburðinn. Þess vegna er einfölduð útgáfa, tafla 4, unnin er upp úr töflu 9 í skýrslunni. Hér eru aðeins teknar ilmenítgreiningar á sýnum af kornastærðinni 0,125 - 0,18 mm ásamt greiningu á efni frá Kamtsjatka.

Í sýninu frá Kamtsjatka greinist meira ilmenít en í íslensku sýnunum, sérstaklega í 1. flokkunum, þar sem miklu meira greinist af því, en sá flokkur er mikilvægastur, ef hugað er að vinnslu. Af ilmeníti samtals úr flokkunum þremur greinist þó aðeins óverulega meira í rússneska sýninu en greindist í einu íslensku sýni, sýni 44, sem tekið var á sjávarbotni út af Sólheimasandi. Reyndar flokkaðist þar meiri hluti ilmenítsins í flokk 3 eins og í flestum íslensku sýnunum. Við þennan samanburð er mikilvægt að hafa í huga, að hér gætir mikillar ónákvæmni, vegna þess hve prósentutölurnar eru lágar. Það hlýtur að teljast kostur, ef stór hluti ilmenítsins fellur í 1. flokk, því að við vinnslu er hætt við, að 2. og 3. flokks efni fari að meira eða minna leyti í úrkast.

Hlutfall ilmeníts af málmoxíðum greindist mjög mismikið í íslensku sýnunum og töluverður munur greindist í þessum tveimur kornastærðarflokkum rússneska sýnisins, en þau gildi eru innan þess sviðs, sem greiningar á íslensku sýnunum ná yfir.

TAFLA 4. Ilmenít í íslenskum sýnum og sýninu frá Kamtsjatka.

Töku- númer	Hundraðshluti ilmeníts			Samtals ilmenít %	Ilmenít sem % málmoxíða
	1. flokkur %	2. flokkur %	3. flokkur %		
Ti68	0,3	0,2	0,2	0,7	13
Ti57	0,0	0,1	0,4	0,5	13
Ti54	0,0	0,0	0,2	0,2	50
Ti47	0,0	0,0	0,3	0,3	12
Ti29	0,1	0,0	0,5	0,6	18
S2	0,1	0,06	0,5	0,7	16
44	0,2	0,2	1,0	1,4	32
<b>Kamtsjatka</b>	<b>0,9</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	<b>1,6</b>	<b>14</b>

Ilmenítinnihald einstakra korna var metið við skoðun í smásjá. Gert er ráð fyrir, að meðalilmenítinnihald korna í 1. flokki sé 55 % í íslensku sýnunum, en 60% í sýninu frá Kamtsjatka, í 2. flokki 35% og 7% í 3. flokki. Hundraðshluti ilmeníts í töflunni er fenginn út frá þeim greiningum. Hann er í þyngdarprósentum og er þá gert ráð fyrir, að eðlismassi ilmeníts sé 4,74.

Gildin fyrir íslensku sýnin eru tekin úr töflu 9 á bls. 39 í skýrslunni *Títansteindir í sjávarsandi (OS-92026/VOD-04)*. Kornastærð íslenska efnisins er  $\varnothing$  0,125 - 0,18 mm, en efnisins frá Kamtsjatka  $\varnothing$  0,105 - 0,21 mm, og ættu þau að vera nokkuð sambærileg.

Lýst hefur verið athugun á einu einstöku sýni, sem tekið var af handahófi hinum megin á hnettinum. Þetta getur að sönnu ekki talist ábyggileg aðferð til að öðlast þekkingu á títannámum heimsins. Samt sem áður teljum við, að þessi könnun gefi a.m.k. dálitla innsýn í það hvaða eiginleika fjörusandur þarf að hafa til geta talist fýsilegur til títanvinnslu. Jafnframt styrkist sú trú okkar, að títanvinnsla úr íslenskum fjörusandi sé ekki gróðavænleg.