

# Udvalgte grønlandske industrimineraler og muligheder for at udnytte dem

Per Kalvig, Karsten Secher & Peter Appel

2. reviderede udgave



DE NATIONALE GEOLOGISKE UNDERSØGELSER FOR  
DANMARK OG GRØNLAND, KLIMA- OG ENERGIMINISTERIET



**GEUS**

# Udvalgte grønlandske industrimineraler og muligheder for at udnytte dem

Per Kalvig, Karsten Secher & Peter Appel

2. reviderede udgave

<b>Indledning</b>	<b>5</b>
<b>Feldspat</b>	<b>6</b>
Anvendelse af feldspat.....	6
Markedsforhold for feldspatsand .....	7
Typiske metoder til udvinding af feldspat .....	8
Forekomster i Grønland .....	9
Links.....	10
<b>Granat</b>	<b>11</b>
Typiske metoder til produktion af granat .....	11
Anvendelse af granatsand.....	11
Markedsforhold for granatsand .....	13
Produktionsmuligheder i Grønland .....	13
Grønlandske lokaliteter .....	14
Links.....	14
<b>Ilmenit – titanium tungsand</b>	<b>16</b>
Anvendelse af ilmenit .....	16
Markedsforhold for ilmenit .....	16
Typiske metoder til udvinding af ilmenittungsand .....	17
Produktionsmuligheder i Grønland .....	17
Referencer .....	18
Links.....	18
<b>Grafit</b>	<b>20</b>
Anvendelse af grafit.....	20
Markedsforhold for grafit .....	21
Typiske metoder til udvinding af grafit .....	22
Produktionsmuligheder i Grønland .....	22
Referencer .....	23
Links.....	24
<b>Kalksten – og marmor</b>	<b>26</b>
Anvendelse af kalksten .....	26
Markedsforhold for kalksten .....	28
Typiske metoder til udvinding af kalksten .....	28
Produktionsmuligheder i Grønland .....	29
Referencer .....	30
Links.....	30
<b>Skærver</b>	<b>31</b>
Anvendelser .....	31
Markedsforhold .....	32
Typiske metoder til udvinding.....	32
Produktionsmuligheder i Grønland .....	32
Links.....	33
<b>Sand, grus og sten</b>	<b>34</b>
Anvendelse .....	34
Markedsforhold .....	35
Typiske metoder til udvinding.....	35

Produktionsmuligheder i Grønland.....	35
Links .....	35
<b>Natursten</b>	<b>36</b>
Anvendelser .....	36
Markeder og priser .....	36
Tekniske krav til natursten .....	37
Brydning af natursten .....	38
Forekomster af natursten i Grønland .....	38
Referencer .....	40
Links .....	40
<b>Fedtsten</b>	<b>44</b>
Fedtsten i Grønland .....	44
Typiske metoder til udvinding af fedtsten .....	45
Markedet for fedtsten .....	46
Referencer .....	46
<b>Smykkesten</b>	<b>54</b>
Amazonit (amazonsten) .....	54
Mineralogi og geologiske miljøer .....	54
Amazonit som smykkesten .....	54
Priser .....	55
Amazonit i Grønland .....	55
Referencer .....	55
Nuummit .....	57
Mineralogi og geologiske miljøer .....	57
Nuummit som smykkesten .....	57
Priser og markedsmuligheder .....	57
Nuummit i Grønland .....	58
Referencer .....	58

# Indledning

Udnyttelse af Grønlands industrimineraler har fundet sted siden begyndelsen af det forrige århundrede. Blandt de vigtigste mineraler var kryolit fra Ivittuut, grafit fra bl.a. Nanortalik og Upernavik området, marmor fra Maarmorilik. Gennem de seneste år er der også produceret olivin fra Fiskefjord. Herudover har der stedvis været produceret skærver og sand/grus til lokalt byggeri- og anlægsopgaver.

Den teknologiske udvikling har betydet, at der er udviklet mange nye materialer og metallerne bliver i stigende omfang afløst af plastik og andre kunststofmaterialer, hvortil der bruges industrimineraler. Det har betydet et skift i forbruget af de mineralske råstoffer: efterspørgselen på industrimineraler er øget og kvalitetskravene til produkterne blevet højere. Denne udvikling betyder, at nu, er også de fjerntliggende ressourcer af industrimineraler blevet realistiske mål for efterforskningen.

Det er denne industrielle udvikling der har gjort det aktuelt at udarbejde en oversigt over nogle erhvervs muligheder indenfor industrimineralområdet i Grønland. Denne rapport er udarbejdet for Råstofdirektoratet, og er fokuseret på de emner som kan tænkes produceret i lille skala – 'small scale mining'. Rapporten er tænkt som støtte for de mennesker i Grønland, som ikke har geologisk baggrund, men som er interesserede i at undersøge mulighederne for at producere industrimineraler i Grønland.

Rapporten giver en kortfattet introduktion til en række industrimineralforekomster og -emner, sammen med en oversigt over de mest oplagte produktmuligheder. Desuden peger rapporten på nogle af de udfordringer, som nye produktioner af industrimineraler vil kunne møde. Til brug for yderligere information er der under hvert emne givet en række henvisninger.

# Feldspat

Feldspat er navnet på en bestemt gruppe mineraler med et varierende forhold mellem grundstofferne kalium (K), natrium (Na) og calcium (Ca). Feldspat findes i næsten alle bjergarter. Men kun i visse bjergarter findes det i en form og en mængde, som gør det attraktivt at udvinde.

Der findes tre hovedtyper af feldspat: orthoklas (kaliumtype), albit (natriumtype) og anorthit (calciumtype). Blandinger af albit og anorthit omtales plagioklasfeldspat; og blandinger af albit og orthoklas kaldes alkalifeldspat. Det er særligt den sidste gruppe, alkalifeldspat, som er af interesse for industrien. Når feldspatholdige bjergarter forvitrer, kan der dannes forekomster af feldspatsand. Det er feldspatsand som er mest interessant i forbindelse med mindre produktioner, da produktionsomkostningerne til fremstilling af feldspatprodukter ud af sand er mindre, end hvis de skal udvindes af fx sten.

## Anvendelse af feldspat

Mere end 90% af feldspatprodukterne bruges til fremstilling af glas og keramiske produkter.

For at kunne anvendes i industrien skal feldspatprodukter opfylde bestemte krav til kemisk sammensætning og kornstørrelse. De kemiske krav gælder særligt indholdet af natrium, kalium, aluminium og jern, som er afgørende for om produktet kan bruges til glas, keramik, fyldstof – eller eventuelt slet ikke kan bruges. Disse forhold bestemmer også, hvilken pris man kan få for produktet.

Både indholdet af alkalimetaller og aluminium er vigtige ved vurderingen af, om der kan laves et kommercielt produkt. Men også en række andre – uønskede - kemiske forbindelser er bestemmende for om produktet kan sælges, herunder særligt: CaO, SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, MgO, og produktet skal have et lille glødetab.

### *Glas*

Til glasfremstilling anvendes feldspatprodukter med forskellig kvalitet, afhængigt af om det skal bruges til vinduesruder eller farvede glasflasker eller lignende. Der stilles størst krav til materialer til fremstilling af vinduesglas. Generelt er feldspatprodukter til glas ret grovkornede (ca. 0,8 mm i diameter).

Herunder ses glasindustriens generelle krav til feldspatkoncentraters kemiske sammensætning:

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-indhold skal være mindst 19%

Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O-indhold skal være mindst 11%

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-indhold skal være højest 0,01% (for ikke-farvet glas)

Glasindustrien foretrækker feldspatsand med højt indhold af albit, da det har højere natriumindhold.

### *Keramiske produkter*

Til fremstilling af keramiske produkter er feldspat næsten lige så vigtigt som ler. Tilsætning af feldspat giver en mere effektiv smeltning af kvarts og ler. Produkterne skal typisk være knust ned til mindre end 0,07 mm. Der er herudover en række mere specielle krav til feldspat, afhængigt af det produkt det skal indgå i. Kalifeldspat bruges overvejende til teknisk keramik (isolatorer o.l.) og er ofte lidt dyrere end andre typer feldspat.

### *Fyldstoffer*

Feldspat anvendes som fyldstof i plastic/PVC, maling, papir og gummi. For denne type produkter stilles der især krav til hvidhed, olieabsorption, kornstørrelse og kornenes gennemsigtighed. Produkterne skal være fint formålet (mindre end 0,002 mm).

### *Blæsesand*

Feldspatsand anvendes også som blæsemiddel i stedet for kvarts, som kan give lungesygdomme. På dette område er feldspatprodukter hårdt trængt af olivin- og granatsandsprodukter, og feldspat blæsesand udgør kun en meget lille tonnage.

### *Svejseelektroder*

Feldspatsand afsættes i små mængder som fluxmiddel til fremstilling af svejseelektroder, hvor de kan udgøre op til 12% af elektroden. Der bruges typisk kornstørrelser mindre end 0,07 mm.

## **Markedsforhold for feldspatsand**

I tabel 1 er der givet nogle eksempler på salgspriser for forskellige feldspatprodukter fra Tyrkiet og USA. Disse eksempler skal kun betragtes som vejledende.

Feldspatprodukter produceres i en lang række lande (tabel 2); det er dog de færreste lande, der kan dække deres eget forbrug. Der foregår derfor en betydelig eksport fra lande med store produktioner. Feldspat produceret i Grønland vil antageligt skulle afsættes på det nordamerikanske marked.

**Tabel 1 – Priseksempler på natriumfeldspatprodukter fra Tyrkiet og USA.**

<b>Produkt</b>	<b>Pris (USD/ton; 2009)</b>
Natrium feldspat; Tyrkiet, FOB Gulluk; udbehandlet, mindre end 10 mm, bulk	22-23
Natrium feldspat, Tyrkiet, FOB Gulluk, glas-kvalitet; mindre end 0,05 mm; i sække	70
Natrium feldspat, Tyrkisk; floteret; mindre end 0,05 mm, bulk	38-40
Natrium feldspat, Tyrkisk, floteret, mindre end 0,015 mm; i sække	53-55
Natrium feldspat, USA; ex-works; keramisk kvalitet; 0,09-0,07 mm; i sække	85-95
Natrium feldspat, USA, ikke specificeret angives til følgende priser	54-59

Der forventes ikke vækst i forbruget af feldspatprodukter til glasindustrien på grund af stigende genbrug af glas til fremstilling af nyt glas. Tilsvarende forventes forbruget af feldspatsand til blæsemiddelindustrien også at stagnere. Derimod forventes der små stigninger i forbruget til det keramiske marked og til glasfiber/isolationsfibre.

## Typiske metoder til udvinding af feldspat

Feldspat udvindes almindeligvis enten ved traditionel brydning – som stenbrud – eller ved opgravning/oppumpning af feldspatsand - svarende til produktionen i sandgrave.

Feldspatsand produceres fra områder med gruset eller sandet materiale med højt indhold af feldspat. Typisk anvendes gravemaskine eller gummiged til gravningen og eventuelt en truck hvis det skal transporteres over lidt større afstande, på samme måde som det kendes fra grusgrave. Feldspatsand vil altid indeholde en række uønskede mineraler og vil også være grovere end, hvad der kan sælges. Derfor skal det opgravede materiale behandles for at fremstille de egentlige produkter. Behandlingen omfatter typisk nedknusning/ formaling, størrelsessortering, efterfulgt af magnetisk separation, tyngdeseperation og/eller sepa-

**Tabel 2** – Oversigt over lande der producerer feldspatprodukter. Udover disse lande producerer Norge betydelige mængder feldspat.

<b>Produktion af feldspat i verden</b>	<b>Produktion i 2006 (x 1,000 tons)</b>	<b>Produktion i 2007 (x 1,000 tons)</b>
Italien	3000	4000
Tyrkiet	2300	2300
Kina	1900	2000
Thailand	1000	1100
Japan	1000	900
USA	760	760
Frankrig	650	650
Spanien	580	580
Sydkorea	450	500
Czekiet	475	480
Mexico	450	450
Egypten	350	360
Polen	300	300
Iran	250	250
Venezuela	200	210
Tyskland	167	170
Indien	160	160
Argentina	150	160
Brasilien	123	130
Portugal	134	130
Colombia	100	100
Andre lande	851	850



ration med en flotationsproces. Feldspatprodukterne skal behandles, så de opfylder netop de kemiske og fysiske krav, som stilles af de enkelte aftagere. Producenter af feldspatsand fremstiller almindeligvis flere forskellige produkter, som hvert opfylder aftagernes krav med hensyn til kornstørrelse og indhold af urenheder.

## **Forekomster i Grønland**

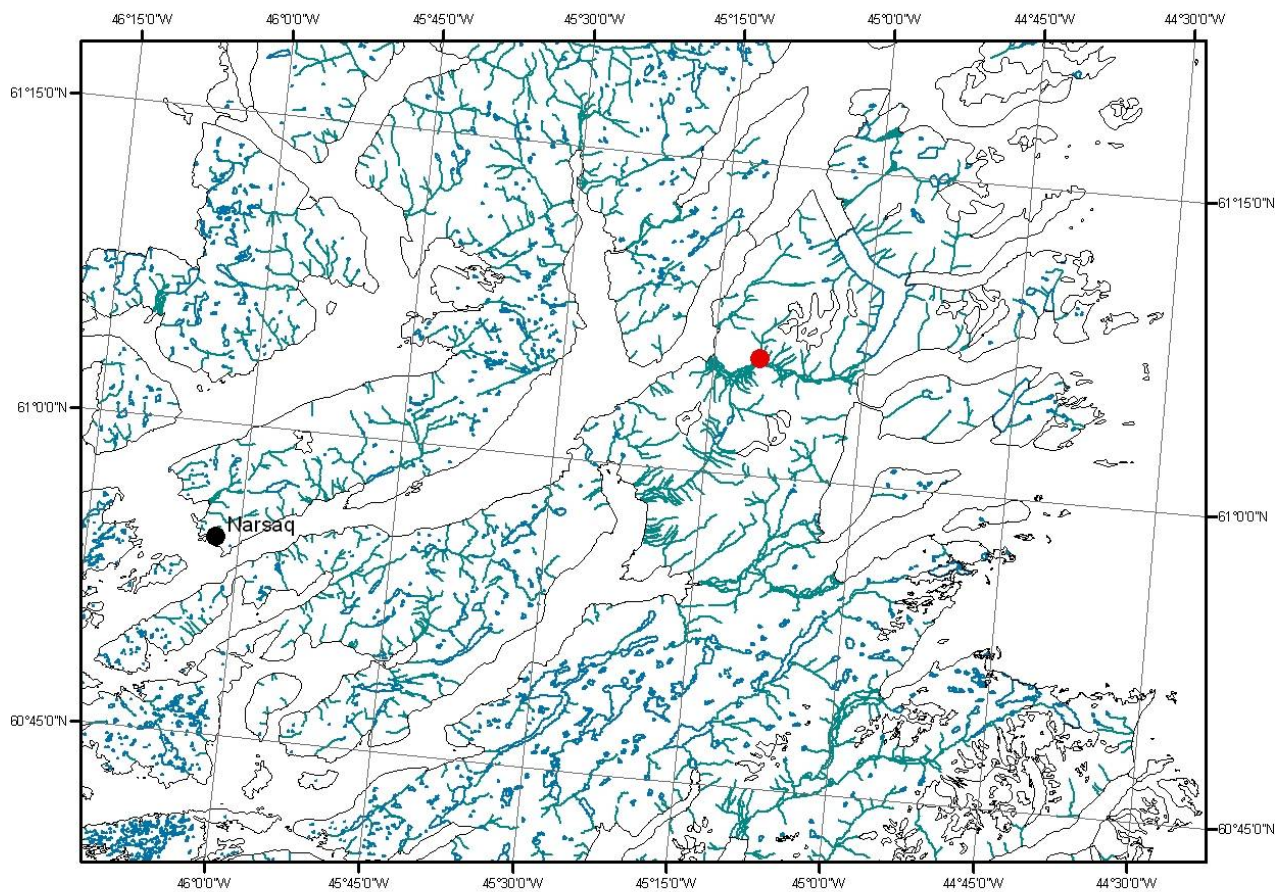
Feldspatproduktion i Grønland vil kun være konkurrencedygtig, hvis der med en billig produktionsmetode kan fremstilles højlydige specialprodukter, som trods ekstra transportomkostninger, der må lægges på produktprisen, kan vinde indpas på det europæiske eller nordamerikanske marked.

Der findes flere grønlandske lokaliteter, som eventuelt kan bruges til produktion af feldspat, eksempelvis Grønnedal-Ika nefelinsyenit, Illimaussaq nefelinsyenit, Singertat nefelinsyenit ved Ammassalik, feldspatsand ved Tasiusaq i Sydgrønland, samt feldspatsand ved Igaliku i Sydgrønland. Fra et teknisk synspunkt skønnes den sidstnævnte at være den mest velegnede.

### **Lokalitet - Igaliku**

Ved Sioratsisait, ca. 6 km øst for Igaliku (60°58'N, 45°25'W), findes et større system af sand og grus med højt indhold af natrium- og kaliumfeldspat og lidt nefelin. Størrelsen af ressourcen er skønnet til mindst 5 mio. tons råmateriale. Meget foreløbige undersøgelser gennemført i 1990-91 viste, at der ved en magnetisk separation kunne fremstilles et produkt med 14% Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O, 21% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, og 0,3% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Ved separationen frasorteredes ca. 20% af materialet.

Produktionen vil typisk skulle etableres svarende til en moderne sandgrav, hvor materialet graves op og køres til et sorterings- og separationsanlæg, som er etableret inden for graveområdet. Inden sortering vil der sandsynligvis blive behov for øget nedknusning/formaling af materialet. Sorteringsanlægget vil sandsynligvis skulle omfatte magnetisk separation og muligvis også tyngdeseperation og/eller flotationsanlæg, samt et trin til afvanding og pakning af produkterne.



Figur 1 – Rødt mærke viser placeringen af Igaliku feldspatsand.

## Links

<http://www.ima-eu.org/fileadmin/eurofel/felindex.html>

<http://www.samca.com/>

<http://www.akw-kick.com/home>

<http://www.eczacibasiesan.com.tr/>

<http://www.incusa.es/>

<http://www.ncm.no/>

# Granat

Granat er et silikatmineral, som bruges både til industrielle formål og som smykkesten. I denne sammenhæng behandles kun de industrielle anvendelser.

Granatminerale findes i en lang række forskellige bjergarter. De frigøres, når bjergarterne gennem tusinder af år forvitrer. Da granat er lidt tungere end mange andre mineraler, opkoncentreres mineralet af bølger og strøm i kystområderne og danner 'granatsand'-forekomster – sand der er særligt rigt på mineralet granat.

På grund af høj egenvægt og stor hårdhed er granat er et vigtigt industrimineral. Der findes flere slags granatminerale, som har lidt forskellige egenskaber, og som derfor anvendes til forskellige formål. Mest anvendt er naturlige blandinger af almandin og pyrop, som er de tungeste; derudover bruges andradit og grossular i mindre mængder.

**Tablet 3** – Oversigt over de mest almindelige granattyper og deres industrielle betydning.

Type	Farve	Kemi	Vægtfylde (g/cm <sup>3</sup> )	Hårdhed	Industriel betydning
Almandin	Mørk rød	Fe-rig	4,1 - 4,3	7 - 7,5	Stor
Andradit	Gul-grøn-brun	Ca-Fe-Ti-rig	3,7 - 4,1	6,5 - 7	Stor
Grossular	Lys grøn-brun	Ca-rig	3,4 - 3,6	6,5 - 7	Lille
Pyrop	Lyserød-rød	Mg-rig	3,5 - 3,8	6,5 - 7,5	Lille

## Typiske metoder til produktion af granat

Granatsandforekomster udvindes typisk ved brug af følgende trin: opgravning med gummi-ged eller oppumpning, sortering efter størrelse, eventuelt knusning, opkoncentrering af granat med en jig, spiralseparation, rystebord eller lignende, så produktet kun indeholder det ønskede granatmineral, efterfulgt af afvanding og pakning af produkterne.

Granatsandprodukterne skal fremstilles, så de opfylder de kemiske- og fysiske krav, som stilles af de enkelte aftagere. Producenter af granatsand fremstiller derfor flere forskellige produkter, som tilfredsstiller behov på forskellige markeder med hensyn til korntørrelse, vægtfylde, hårdhed og renhed. Kvaliteten skal være ensartet fra gang til gang.

## Anvendelse af granatsand

Granat har været brugt til sandpapir i mange år, men bruges nu mest til sandblæsning (60%), vandfiltrering (10%), vandstråleskæring (20%), slibemidler, anti-skridprodukter og andre specialiserede produkter (c.10%).

Granatsandprodukter produceres i henhold til en række nationale og internationale standarder, afhængig af det marked de er rettet imod. Testprocedurer og standarder er i særdeleshed i relation til hvordan miljø og helbred påvirkes. Det er også nødvendigt at gennemføre en række produkttests, som kan vise hvilke afsætningsmuligheder et givet granatsandprodukt har.

Granatsandprodukter har typisk følgende kornstørrelsesfordelinger: 0,1-0,3 mm, 0,2-0,6 mm og 0,2-1 mm.

#### *Sandblæsningsmiddel*

Granat vinder frem som sandblæsningsmiddel, hvor det især erstatter kvarts (der er forbudt til dette formål i flere lande, fordi det er årsag til livsfarlige lungesygdomme). Granat opfylder industriens krav med hensyn til høj vægtylde (3.9-4.2 g/cm<sup>3</sup>), hårdhed (6,5 - 7,5 Mohs), kemisk inaktivt og har god holdbarhed. Desuden er granat mere miljøvenligt end en del andre blæsesandsprodukter. Granatkorn forbliver skarpe, da der hele tiden dannes ny skarpe kanter under brug. Til sandblæsning anvendes mest kornstørrelser fra ca. 0.9 mm til 0,07 mm i snævre kornstørrelsesintervaller.

Granat er velegnet som sandblæsningsmiddel, fordi det har en passende vægtylde og hårdhed og danner meget lidt støv. Granatstøvet er ikke sygdomsfremkaldende, og granatsand er, i modsætning til fx slagter ikke giftigt. Til blæsesandsopgaver genbruges materialet flere gange – op til 8 gange inden det er 'slidt op'.

På markedet for blæsesand er granat i konkurrence med siliciumkarbid (carborundum), stålkugler, hematit, magnetit, kvartssand og olivin.

#### *Vandstråleskæring*

Vandstråleskæring er en teknik, der anvender en blanding af vand under højt tryk tilsat et mineral, som skæremiddel. Denne vand-mineral-blanding bruges til skæring af særligt metal. Teknikken har flere fordele sammenholdt med traditionelle skæremetoder, blandt andet at der ikke udvikles varme, støv eller gnister. Der anvendes typisk kornstørrelser fra 0,18-0,25 mm, dog anvendes grovere kornstørrelser til skæring af stål.

Markedet for granat til vandstråleskæring forventes at vokse. Granat anvendes i konkurrence med alumina, olivin og en række kunstige produkter.

#### *Vandfiltre*

Granat anvendes til vandfiltre på grund af høj vægtylde, meget kantede korn (angularitet) og resistens overfor slid, som tillader, at filtrene kan tilbageskyldes. Til vandfiltre bruges granat mest til flerlagsfiltre (granat, kvarts, antracit). De hyppigst anvendte kornstørrelser er henholdsvis 0,2-0,6 mm og 1,0-1,4 mm. Til filtermedier stilles der i øvrigt ikke store specifikationskrav, hvilket også betyder, at granat i visse filtre erstattes med billigere tunge produkter som magnetit, ilmenit, olivin, kvartssand og keramiske produkter.

#### *Slibemidler*

Granat anvendes til fremstilling af slibemidler (sandpapir o.l.). Dette marked er reduceret meget og udgør mindre end 10% af det samlede granatmarked. Granat, der bruges til for-

skellige slibemidler, er oftest varmebehandlede for at undgå, at det materiale, der slibes af, sætter sig på granatkornene og dermed ødelægger slibeevnen. Granat er under pres af syntetiske materialer, bl.a. siliciumkarbid, korund og alumina.

#### *Polermidler*

Polering af glasvarer, keramiske materialer og halvledere er et nicheområde for granat. Der stilles store krav til granatprodukterne; den mest benyttede kornstørrelse er 0,014-0,03 mm. Forbruget i USA er ca. 5,000 ton/år. Produkter til denne sektor opnår gode priser.

#### *Specialområder*

Der anvendes ca. 4,000 tons/år almandin til udpresning af olie fra oliereserver og til lukning/pakning af oliebrønde. Dette marked forventes at stige markant, men vil være i konkurrence med andre tunge lavprisprodukter.

### **Markedsforhold for granatsand**

Granat er på en række anvendelsesområder i konkurrence med andre mineraler og produkter. Granatsand er dog karakteriseret ved, at det ikke indeholder giftige stoffer og ikke reagerer kemisk.

I 2005 var verdens samlede produktion af granatsand ca. 300.000 tons, overvejende produceret i Australien, Canada, Kina, Indien og USA. Mindre mængder granatsand produceres i Chile, Czekiet, Norge, Pakistan, Portugal, Rusland, Sydafrika, Spanien, Sri Lanka, Thailand, Tyrkiet og Ukraine. Forbruget af granatsand på det amerikanske marked var ca. 50,000 tons i 2005, hvilket er ca. dobbelt så meget, som USA selv producerer.

Priser for granatprodukter er meget varierende, afhængigt af granattype, kornstørrelse, kvalitet, mængde og anvendelse. De amerikanske produkter blev i 2004 solgt for priser varierende fra ca. 60-450 USD/ton.

Markedet for granatsand er i god udvikling, som et lavpris marked med specialiserede produkter. Granatsandmarkedet er karakteriseret ved, (1) at de enkelte forbrugere kun aftager meget beskedne mængder, og (2) at granat kan erstattes med andre mineraler på de fleste af de områder hvor det bruges.

### **Produktionsmuligheder i Grønland**

En granatsandforekomst vil typisk skulle produceres med samme maskiner, som anvendes i grusgrave, dog suppleret med sorteringsanlæg, knusning og egnet separationsanlæg (magnetisk, gravitativt, flotation eller lignende), samt sækkeanlæg.

Ved vurderingen af en eventuel granatsandlokalitet skal følgende forhold vurderes: reservens størrelse (eksempelvis hvor mange % af sandet udgør granat?) og kvalitet, samt produktionsmuligheder.

Der er mange udbydere af granatsand og reserveerne i verden er store; derfor er konkurrencen hård. En del granatsand bliver produceret, hvor der også kan udvindes andre industri-mineraler, eksempelvis ilmenit, rutil, sillimanit, zirkon og staurolit.

## **Grønlandske lokaliteter**

Den største kendte granatsandforekomst i Grønland findes på Milne Land i Østgrønland, ca. 140 km vest for Illoqqortoormiut, hvor granat og andre tungminerale findes aflejret i gamle sedimente. Prøver indsamlet i 1990 viste, at der er ca. 3-4% granat i materialet. Der er ikke lavet beregninger på størrelsen af denne ressource. Det lave indhold af granat vil kun gøre forekomsten økonomisk, såfremt der også kan fremstilles andre mineralprodukter. Området er svært tilgængeligt.

### **Isortuarsuk (67°10,936'N/ -53°27,956'W)**

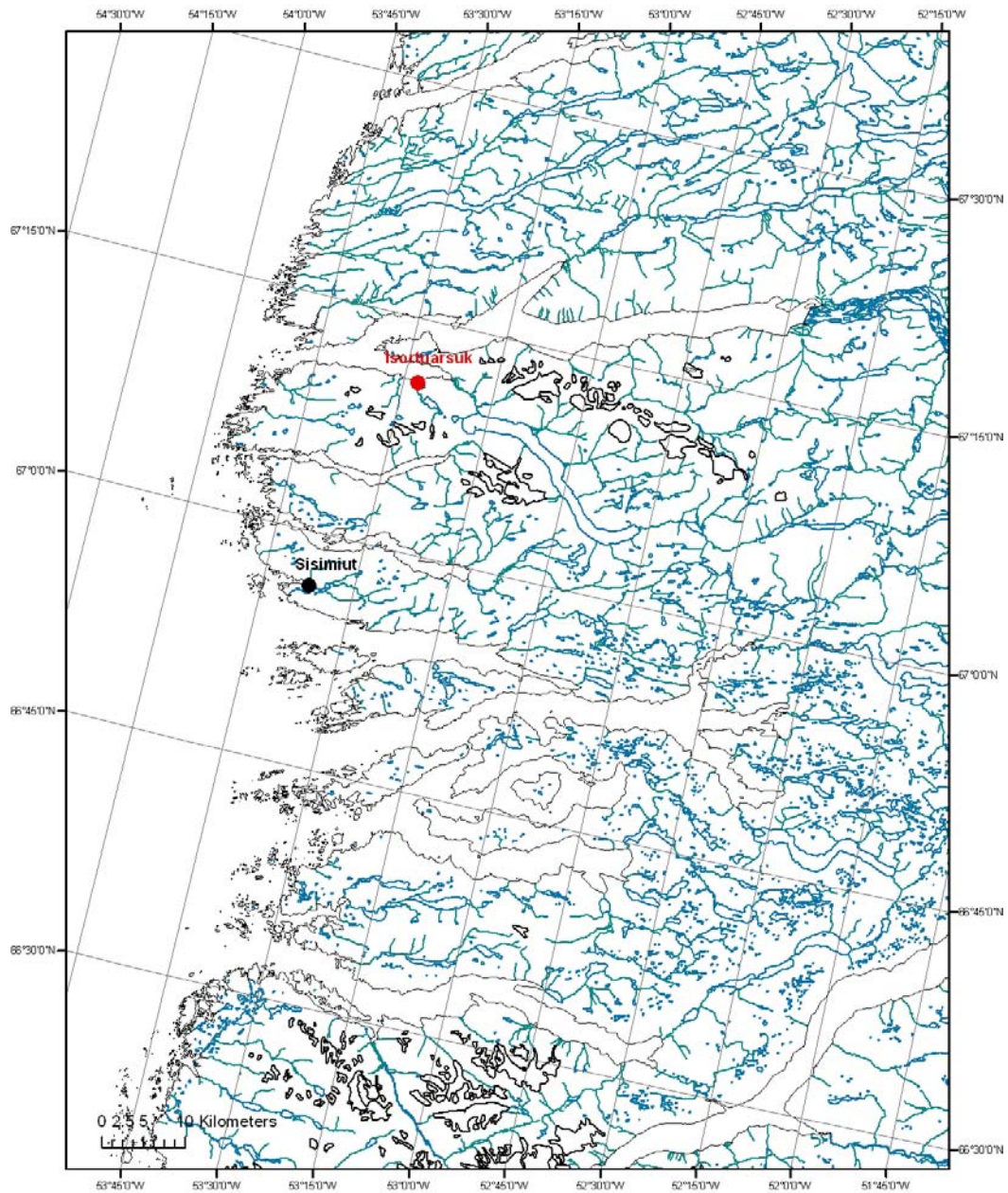
Granatsandet ved Isortuarsuk findes i kystnære aflejringer, hvor havet tidligere har opkoncentreret sandet. Mængden af granatsand ved Isortuarsuk kendes ikke. Der foreligger tekniske data baseret på fire prøver, som viser, at granaterne er af typen almandin-pyrop. Tekniske undersøgelser viser desuden, at tungsandsindholdet varierer mellem ca. 10-20%, og af dette udgør granat mellem 20-50%, svarende, til at der er mellem 40-200 kg granat/m<sup>3</sup>. Resten af tungsandet udgøres især af kvarts, samt mindre mængder af mineralerne ilmenit, Ti-magnetit og magnetit, som også er kommercielle produkter. Granatsandet er ret finkornet - det meste er mindre end 0,5 mm.

## **Links**

<http://pubs.usgs.gov/bul/b2209-l/>

<http://pubs.usgs.gov/bul/b2209-l/b2209l.pdf>

<http://pubs.usgs.gov/fs/2006/3149/fs-2006-3149.pdf>



**Figur 2** – Granatsand findes ved Isortuarsuk, nord for Sisimiut.

## Ilmenit – titanium tungsand

Tungsand – det vil sige sand, som domineres af mineraler tungere end kvarts – indeholder typisk flere forskellige mineraler. Tungsandminerale er resterne af forvitret grundfjeld, som ved forskellige naturlige processer er blevet koncentreret til det, der kaldes tungsand. Titanium-rige mineraler er næsten altid en del af tungsand, hvoraf de mest almindelige titaniumminerale er ilmenit ( $\text{FeTiO}_3$ ) og rutil ( $\text{TiO}_2$ ); tungsandsforekomster kan også indeholde grundstofferne zirkonium, wolfram samt de grundstoffer der kaldes sjældne jordarters metaller. Dette afsnit omhandler ilmenit-tungsand.

### Anvendelse af ilmenit

Størstedelen af det ilmenit, der udvindes, bliver brugt til at fremstille titanium oxid ( $\text{TiO}_2$ ), som igen bliver brugt til fremstilling af hvidt farvestof til maling – titanhvid. En del titaniumoxid bliver forarbejdet videre til titaniummetal, som har meget stor styrke i forhold til sin vægt (letmetal), har højt smeltepunkt og er kemisk modstandsdygtigt, og er derfor også velegnet til forskellige produkter inden for fly- og rumfartsindustrien, den kemiske industri, til varmeveksler, rør og pumper m.m, samt til kirurgiske implantater. Titanium bruges også i stigende omfang til golfkøller, smykker og briller m.m.

### Markedsforhold for ilmenit

Det meste ilmenit bliver udvundet fra tungsandsforekomster. Australien er den største producent af ilmenit og producerer næsten en tredjedel af verdens samlede produktion (tabel 4).

**Tabel 4** – Produktion af ilmenit og rutil fordelt på lande (2006). Produktionen i Sierra Leone er gneoptaget i 2006 og er steget meget siden.

	<b>Ilmenit (tons)</b>	<b>Rutil (tons)</b>
Australien	2.367.000	233.000
Kina	1.000.000	
Norge	850.000	
Vietnam	600.000	
Indien	580.000	19.000
USA	500.000	
Ukraine	470.000	60.000
Brazilien	130.000	2.100
Egypten	125.000	
Malaysia	35.000	
Kazakhstan	25.000	
Sierra Leone	14.000	74.000
Sydafrika		123.000
Total	6.700.000	511.000



Titaniumprodukter handles mest mellem producent og aftager, og der findes ikke et åbent marked for produkterne. Priserne er derfor ikke offentligt tilgængelige, og der findes kun få oplysninger herom (tabel 5).

**Tabel 5** – Priser for titaniumkoncentrater for henholdsvis 2005 og 2006 (US Geological Survey)

	<b>2005</b>	<b>2006</b>
Ilmenit (f.o.b) Australien	75-85 USD / ton	75-85 USD / ton
Rutil, i sække (f.o.b) Australien	550-650 USD / ton	570-700 USD / ton
Rutil, bulk, (f.o.b.) Australien	460-480 USD / ton	450-500 USD / ton

Efterspørgslen på titaniumprodukter forventes at stige med ca. 3% om året, men nye produkter inden for rumfart og energi kan betyde uventede stigninger.

### **Typiske metoder til udvinding af ilmenittungsand**

Indholdet af tungmineraller i en tungsandforekomst er almindeligvis kun få procent, og hvorvidt udvinding af mineraler fra forekomsten kan produceres med overskud, er afhængigt af, hvilke tungmineraller, der findes, samt hvor effektivt, der kan produceres.

Produktion af ilmenitholdige mineralkoncentrater sker enten ved at grave det løse sand op, eller hvis det ligger under vand, ved at pumpe materialet op. Efterfølgende sorteres og opkoncentreres materialet i spiral- eller jig-systemer for at fjerne alle de lette og uønskede mineraler. Til yderligere adskillelse af tungsandsminerallerne bruges mest magnetiske separationsteknikker. Hovedparten af sandet - som ikke skal bruges - skal gendeposeres. Mange forhold er afgørende for, om en tungsandforekomst kan drives økonomisk, men det er særligt vigtigt, at indholdet af værdifulde mineraler er højt, at kornstørrelsen af sandet gør det muligt at sortere værdifulde fra ikke-værdifulde mineraler, samt at der ikke er overjord, der først skal flyttes.

Produktionsanlæg bliver dimensioneret i forhold til en given produktion, således at driftsomkostningerne minimeres, men også for at sikre at virksomhederne kan overholde krav som myndighederne stiller om reetablering af de gennemgravede områder.

### **Produktionsmuligheder i Grønland**

Der kendes flere titanium-tungsandforekomster i Grønland, hvoraf de to største er ved henholdsvis Milne Land (70° 40'N, 26° 00W), Illorqoordormiut, og den anden ved Moriusaq, Nordvestgrønland. Der findes desuden en forekomst ved Thule Air base. Forekomsten ved Milne Land, ligger langt fra bebyggede områder og har vanskelige logistik-forhold; forekomsten ved Thule Air Base vurderes ikke at kunne komme i betragtning på grund af aktiviteterne på basen. Derfor beskrives disse to forekomster ikke nærmere.

### **Moriusaq (76° 48'N, 70° 00'W)**

Tungsand er set de fleste steder langs kysten på strækningen fra Kap Alexander i nord til Kap Edward Holm i syd. Tungsandet findes dels på selve stranden, hvor det til stadighed aflejres, men også på gamle, hævede strandvolde ovenfor den nuværende kyst, som har en bredde på op til 1 km ved Moriusaq og ca. 3 km lige ved Thule Air Base/North Star Bugt (77° 35'N, 68° 48'W). Tungsandet strækker sig i lange bræmmer (hver op til omkring 10 km lange) langs kysten; de gamle strandterrasser er frosset det meste af året (permafrost), og om sommeren er kun de øverste ca. 80 cm optøet.

Der har været gennemført flere undersøgelser af disse tungssandforekomster, men der foreligger kun få data, som beskriver kvaliteten af tungsandet. Man ved dog, at de største lødigheder findes i den aktive strandzone (op til ca. 60% ilmenit med et gennemsnit på ca. 37%). Det gennemsnitlige TiO<sub>2</sub>-indhold af tre sandprøver fra dette område er 33% (14-44%), mens de hævede strandvolde i gennemsnit indeholder 12% TiO<sub>2</sub> (6-13%).

TiO<sub>2</sub>-indholdet i ilmenitkoncentratet fra begge zoner er ca. 46%, og er ikke fundet højere end 50%.

Hvis det antages, at tungsandet findes i et to meter tykt lag, udgør den samlede mængde ilmenit-tungsand ca. 40 mio m<sup>3</sup>, svarende til ca. 80 mio. tons. Det skal bemærkes, at forekomsten kun indeholder meget lidt af andre salgbare mineraler.

### **Referencer**

*Dawes, P. R. 1989: The Thule black sand province, North-West Greenland: Investigation, status and potential. Open file Ser. Grønlands geol. Unders. 89, 17pp*

*Ghisler, M. & Thomsen, B. 1971: The possibility of ilmenite placers in the Thule district, North Greenland. Rapp. Grønlands geol. Unders. 43, 15 pp.*

*Greenex A/S 1985: Greenex' prospektering 1985. Internal company report. Copenhagen.*

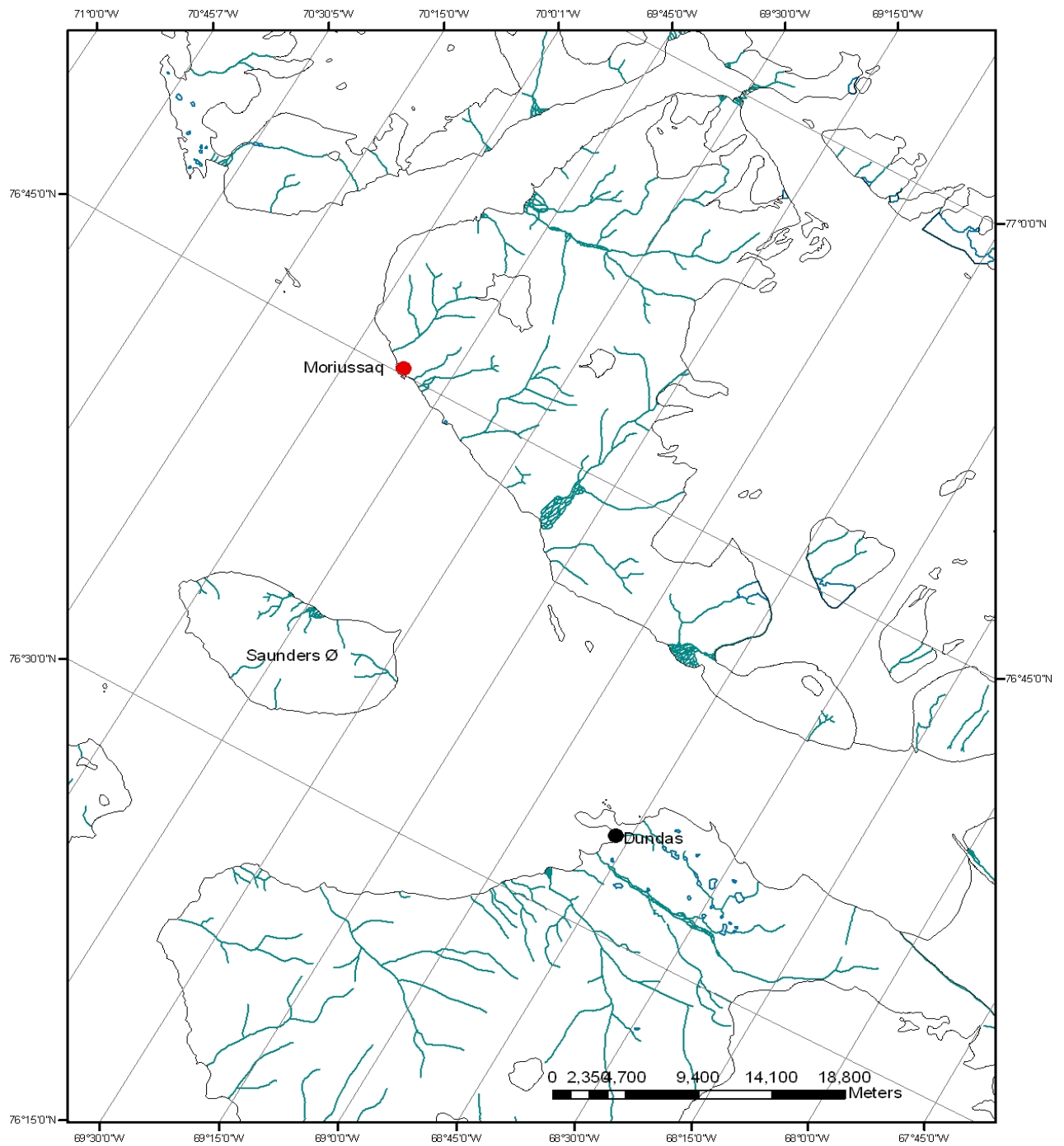
### **Links**

[http://www.titane.asso.fr/asso5/pages\\_cfm/index.cfm?CFID=17213&CFTOKEN=97300201](http://www.titane.asso.fr/asso5/pages_cfm/index.cfm?CFID=17213&CFTOKEN=97300201)

<http://www.titanium.org/index.cfm>

<http://titan-association.com/>

<http://www.titaniuminfogroup.co.uk/home.asp>



**Figur 3** – Ilmenitholdigt tungsand ved Moriussaq. Tungsand findes flere steder fra Kap Alexander i nord til Kap Edward Holm i syd.

# Grafit

Grafit er et mineral, som næsten udelukkende består af kulstof (C – kaldet karbon). På grund af mineralets høje smeltepunkt, dets evne til at lede varme, og modstå temperaturforskelle, og fordi det er kemisk inaktivt er grafit anvendeligt til en lang række industrielle formål, hvoraf ildfaste produkter er den vigtigste type. Derudover bruges det til legeringer, støbepulver, smøremidler, maling, batterier, lejer, bremsebelægninger, kuleelektroder, elektronik, blyanter, pigmenter, magnetbånd og boremudder, samt andre specielle produkter

I grafitindustrien skelnes mellem naturlig- og syntetisk grafit. Denne oversigt berører kun naturlig grafit.

## Anvendelse af grafit

Det kommercielle marked for naturlig grafit består af tre forskellige typer:

*Amorf grafit* – som er den finkornede type – med et kulstofindhold på 15-98% Cg (carbon grafit). Amorf grafit er et lavprisprodukt med noget begrænsede anvendelsesmuligheder. Det anvendes mest i materialer og processer, hvor der er brug for egenskaberne højt smeltepunkt, modstand mod varmekok eller god smøreevne.

*Lump grafit* – forekomster af grafit i store 'klumper'. Det bruges i særdeleshed til smøremidler, batterier og kulfiber-dele.

*Flagegrafit* – som er den vigtigste type, består af mm-store flager af grafit. Flagegrafit anvendes til bremsebelægninger, batterier, brændselsceller, ildfaste materialer, karbonfibre og smøremidler. Kvalitet angives i forhold til forskellige flagestørrelser/flageform og indholdet af kulstof. Kornstørrelserne for flagegrafit varierer fra ca. 1 mm for de groveste til mindre end 0,04 mm for de mest finkornede flageprodukter. Til sammenligning er amorf grafit mindre end 0,04 mm.

### *Ildfaste produkter og støberi-industrien*

Den ildfaste industri er langt det største aftagerområde for grafitprodukter, hvor det anvendes til støbepulver, digler og til ovnen i smelteovne. Grafit er særligt egnet til disse formål fordi det leder varmen godt og er modstandsdygtigt over for både store temperatursvingninger og slag. På disse markeder trues naturlig grafit kun af syntetisk grafit.

### *Bremsebakker*

Grafit anvendes i asbestfri bremsebakker, hvor det på grund af sin høje varmeledningsevne hurtigt fjerner friktionsvarmen. Dette marked er lille, men forventes at vokse.

### *Batterier*

Grafit anvendes typisk til zink-carbon-batterier og til alkaline batterier. Denne industri vokser mest i Asien og er et lille marked.

### *Smøremidler*

Et meget vanskeligt marked med mange specielle krav til grafitprodukterne. Der er bl.a. krav til grafitkornenes overfladeegenskaber i forhold til væsker.

### *Andre anvendelser*

Grafit anvendes desuden til blyanter, til varmebestandige pakninger, til produkter inden for den elektroniske industri, til selvsmørende lejer og til visse typer af maling og coatings.

## **Markedsforhold for grafit**

Kvaliteten af grafitprodukter vurderes mest på grundlag af følgende forhold: (1) Størrelsen af de enkelte grafit-flager (er flagerne meget små betegnes produktet som amorf grafit), (2) indholdet af kulstof (% Cg = grafit-carbon), samt (3) askeindholdet. Disse forhold afgør hvilke produkter eller processer grafitten kan bruges til.

Der findes ikke et åbent grafit-marked, idet grafit handles direkte mellem producenterne og aftagerne. Derfor er der kun få oplysninger tilgængelige om priserne. Men en opgørelse fra 2005 (USGS Mineral Commodity Summary, 2005) viser, at priserne for amorf grafit og flagegrafit har været meget konstante i perioden 2000-2004; der er ikke offentlige data efter denne periode. Priserne – for samme type grafitprodukt – kan godt variere fra land til land. Tabel 6 viser offentliggjorte grafitpriser fra april 2009.

**Tabel 6** – Grafit-priser per april 2009. (Kilde: Industrial Minerals, April 2009).

### **Amorphous powder 80-85%**

Chinese del Europe USD320-460/ton

CIF European port, FCL Crystalline fine, 90%C; -100 mesh, 450-600 USD/ton

### **Crystalline**

Crystalline medium, 85-87% C; +100-80mesh, 650-770 USD/ton

Crystalline medium flake, 90% C, CIF UK port, 680-780 USD/ton

Crystalline large flake, 90% C, CIF UK port, 700-800 USD/ton

94-97% C, +80mesh CIF UK port 950-1300 USD/ton

**Synthetic** 99,95% C, USD/kg, Swiss border 6.2-19 USD/kg

Til trods for den stigende efterspørgsel på grafit, er der ikke umiddelbart mangel på grafit, og prisen er derfor den væsentligste konkurrenceparameter. I 2004 blev der produceret ca. 756.000 tons grafit, hvilket var en lille stigning i forhold til 2003. Kina producerede ca. 60% af verdens grafit efterfulgt af Indien, jf. tabel 7.

**Table 7 – Produktion af grafit i 2004 (kilde: USGS)**

<b>Produktionsland</b>	<b>Produktion 2004 (ton)</b>
Kina	450.000
Indien	120.000
Brasilian	62.000
Canada	25.000
Nord Korea	25.000
Tyrkiet	15.000
Mexico	10.000
Tjekiet	10.000
Zimbabwe	10.000
Ukraine	8.000
Zimbabwe	8.000
Sri Lanka	4.000
Madagaskar	2.000
Norge	2.000
Andre	3.000
Total	756.000

Forbruget af amorf grafit forventes at falde. Det dominerende område for grafit vil fortsat være indenfor den ildfaste industri. Bilindustrien er det store vækstområde for højkvalitets-grafit - især i Asien - hvor særligt bremsebelægninger, batterier og brændselsceller er voksende markeder. Grafit er meget vigtigt som ildfast materiale og er derfor særligt følsomt overfor konjunkturændringer inden for jern- og stålindustrien. Sammenlægninger af store virksomheder, der aftager store mængder grafit, vil betyde øget konkurrence på grafitmarkedet.

På længere sigt forventes der et stort markedsområde for grafit til fremstilling af store brændselsceller. Der er en forventning om, at mere lavlødige grafitprodukter i fremtiden vil fortrænge højlydige produkter, samt at syntetisk grafit vil få stigende udbredelse.

### **Typiske metoder til udvinding af grafit**

Grafit brydes enten fra åbne brud – svarende til stenbrud – eller i underjordiske miner. Brydningsmetoden er bestemt af, hvordan grafit er fordelt i bjergarten. Efter brydning og knusning opkoncentreres grafit ved en kombination af flere processer, som typisk omfatter håndsortering af højlydige stykker samt en flotationsproces og evt. magnetiske metoder. Produktionsapparatet skal designes specielt til den enkelte forekomst.

### **Produktionsmuligheder i Grønland**

Grafit kendes fra mange lokaliteter i Grønland, hvoraf de fleste findes på vestkysten i området mellem Nanortalik og Upernavik, samt på østkysten i området omkring Tasiilaq (tabel 3). Forekomsten ved Aquliaruseq (=Eqalussuit = Gl. Egedesminde) er den bedst undersøgt-

te. Det kan ikke udelukkes, at også andre grafitforekomster kan være økonomisk interessante.

**Tabel 8:** Kendte grafitforekomster i Grønland. Tabellen viser GEUS' vurdering af forekomsterne.

<b>Grafit forekomster i Grønland</b>	<b>Bemærkninger</b>
Akuliaruseq, Nordre Strømfjord	Beskrives nedenstående
Langø/Qaneq	Vurderes ikke at have kommerciel betydning
Niaqornat, Nuussuaq	Vurderes ikke at have kommerciel betydning
Qaarsut	Vurderes ikke at have kommerciel betydning
Sissarisseq, Nanortalik	Vurderes ikke at have kommerciel betydning
Amitsoq, Nanortalik	Vurderes ikke at have kommerciel betydning
Utoqqaat/Maliqiaq	For få data til en vurdering
Grænseland, Arsuk	Vurderes ikke at have kommerciel betydning
Kangikajik, Tasiilaq	For få data til en vurdering
Aappaluttoq, Tasiilaq	Vurderes ikke at have kommerciel betydning

#### **Akuliaruseq, Nasuttooq (67° 37,926'N; 53° 38,63'W)**

Ved Nassuttooq ligger grafitforekomsten Akuliaruseq - også kaldet Eqalussuit. Grafit findes i stejltstående lag i en gnejsbjergart og kan følges over en strækning på 7 km. Akuliaruseq grafitforekomsten har været undersøgt flere gange, siden den blev fundet i 1903, men senest af Kryolitselskabet i 80'erne og Nunaoil & Minerals A/S i 1992, som på grundlag af omfattende borer i tre delområder konkluderede, at der ned til 40 m under overfladen findes følgende grafitreserver:

Reserver:	5,3 mio. tons med 9,5% Cg som flage-grafit eller 1,2 mio. tons med 14,8% Cg,
Kvalitet:	Malm af god kvalitet, let at opkoncentrere, fri for urenheder, og indholdet af flagegrafit er stort (20% +0,3 mm og 50% +0,15 mm, med ca. 90% Cg).

Anlægsomkostningerne blev anslået til ca. 20 mio. kr (1992-priser) for et anlæg, der kan producere ca. 15.000 ton/år). Der vil være behov for at gennemføre en opdateret undersøgelse af rentabiliteten af denne forekomst.

#### **Referencer**

*Ball, S.H. 1923:* The mineral resources of Greenland. Meddelelser om Grønland **63,1**, 1-60.

*Bondam, J. 1992:* Graphite occurrences in Greenland - A review. Open File Series Grønlands Geologiske Undersøgelse **92/6**, 1-32.

*Keto, L., Morthorst, P., & Hansen, P.S. 1987: Undersøgelser af grafitforekomsten ved Akuliaruseq 1982-1986. København, Kryolitselskabet Øresund A/S, Internal report, 15 pp.,(in archives of Geological Survey of Denmark and Greenland, GEUS Report File 20222).*

*Lindås, G. 1916: Rapport over Expedition til Holsteinsborg og Egedesminde distrikt, sommeren 1916. København, GrønlandsMinedriftA/S, Internal report, 33pp.(in archives of Geological Survey of Denmark and Greenland, GEUS Report File 20486).*

*Pedersen, J.L. 1992: The Akuliaruseq graphite deposit Nordre Strømfjord, central West Greenland. København, NunaOil A/S, 18 pp.(in archives of Geological Survey of Denmark and Greenland, GEUS Report File 21081).*

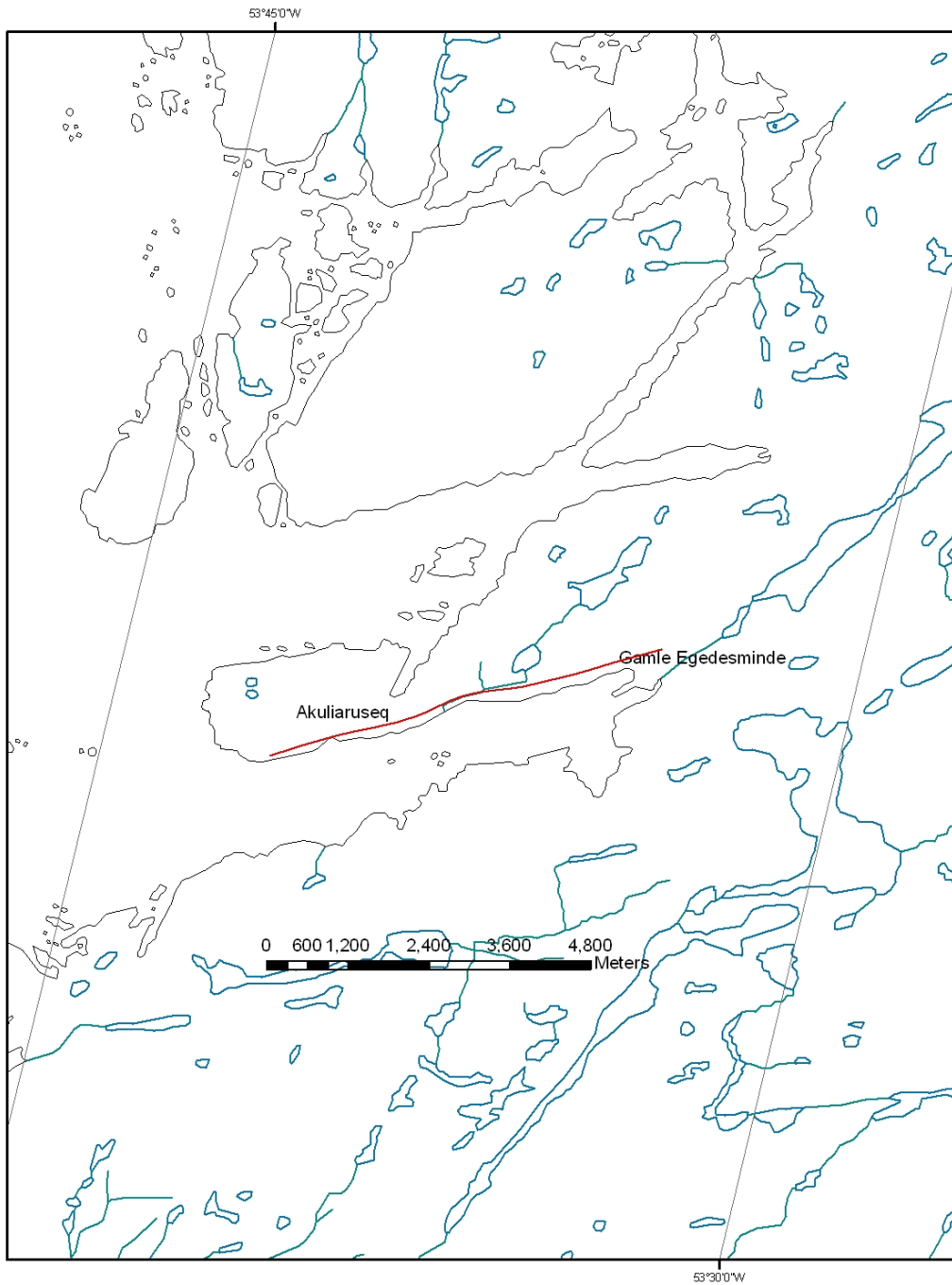
*Platou, S.W. 1969: Rapport om grafitmineraliseringerne på Akuliaruseq. Agto kortblad. København, Grønlands Geologiske Undersøgelse, Unpublished report, 7 pp.,(in archives of Geological Survey of Denmark and Greenland, GEUS Report File 20486).*

## **Links**

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/graphite/myb1-2006-graph.pdf>

<http://www.fortunegraphite.com/files/Download/Fortune%20Brochure.pdf>





**Figur 4** – Akuliaruseq grafitforekomst vist som rød linje. Der findes flere parallelle, stejltstående lag, som kan følges over mere end 7 km.

# Kalksten – og marmor

Kalksten bruges som fællesbetegnelse for en række meget udbredte bjergarter, som overvejende består af mineralet calcit ( $\text{CaCO}_3$ ). Kalksten omfatter bl.a. limsten, marmor, kridt og dolomit, som hver især har forskellige kemiske og fysiske egenskaber og derfor bruges til forskellige formål. Marmor er en omdannet kalksten og består næsten udelukkende af mineralet calcit samt af "urenheder" i form af silikater, grafit og sulfider. Det er disse urenheder, der giver marmorbjergarter det karakteristiske flammede udseende. Marmor som er rig på magnesium, benævnes dolomit. Skrivekridt er den blødeste af kalkstensbjergarterne og kendes ikke fra Grønland.

Kalksten anvendes mest som knuste/formalede produkter. Marmor anvendes desuden til fremstilling af forskellige naturstensprodukter.

## Anvendelse af kalksten

Kalkstensprodukter kan opdeles i fem grupper:

- knuste skærver
- finkornede (formalede) produkter
- teknisk kalk (lime)
- cementråstof
- blokke

De fleste kalksten indeholder små mængder sand, ler og jernholdige materialer. Sådanne urenheder er afgørende for om en given kalksten kan bruges. Nedenfor er der givet en oversigt over de hyppigste kalkstensprodukter. Det skal bemærkes, at en del producenter fremstiller flere forskellige produkter.

### *Knuste produkter:*

*Skærver.* Kalksten er typisk en kompakt, ikke-porøs og ret hård bjergart, som har skarpkantede former. Derfor er kalksten meget anvendelige til skærver.

*Glasproduktion.* Knust kalksten anvendes til fremstilling af glas, men indholdet af urenheder som jern skal være meget lavt (<0,036%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )

*Jern- og stålindustrien.* Knust kalksten anvendes i stålindustrien som slaggemiddel der fjerner urenheder fra jernsmelter.

### *Formalede produkter*

*Formalet kalksten* (GCC – grounded calcium carbonate) anvendes som *tilsætningsstof* eller *fyldstof* – også kaldet *filler* – i mange forskellige industriprodukter. De mulige anvendelsesområder for GCC-produkterne bestemmes af materialets fysiske karakteristika (eksempelvis brydningsindex, specifik vægt, hvidhed, overfladeareal, slid og partikelstørrelse). De billigste produkter anvendes som filler i eksempelvis asfalt og visse gummiprodukter. De bedste kvaliteter anvendes som fyldstof i papir og maling.

*Landbrugskalk.* Knust og formalet kalksten anvendes i stort omfang som landbrugskalk, og til neutralisering af sure søer. Produkterne er mindre end 0,2 mm og skal opfylde en række specielle krav for at kunne sælges som landbrugskalk. Det er typisk lavprisprodukter. Da transportomkostningerne fordyrer produktet og dermed giver vanskelige konkurrencevilkår, vil det være vanskeligt at lave en rentabel forretning med landbrugskalk.

*Fillers* er navnet for meget fint formalede bjergarter, som indgår som grundmasse i eksempelvis gummi, maling og papir. Udover en lang række krav til kalkstens renhed skal produkterne være meget fint formalede (typisk < 2 µ). Formaling er en omkostningstung proces. De mest finkornede produkter opnår de højeste salgspriser.

**Table 9** - Oversigt over de vigtigste fillertyper og kornstørrelser for kalksten

<b>Fillertype</b>	<b>Produktmulighed</b>
Grovkornet 75 µ – mm-skala	- landbrugskalk - foderkalk - asfalt - gødningsstoffer
Medium kornet	- gulvtæppe-undersider - fliser
Medium fillers < 50 µ	- gulvtæppe-undersider - fliser - asfalt - gødningsstoffer
Finkornet 2 - 50 µ	- papirfiller - gummi og plastic - billig maling
Meget finkornet < 2 µ	- papir-coating - maling - gummi og plastic

*Asfalt-filler.* Som asfalt-filler anvendes forholdsvis groft malede produkter.

#### *Teknisk kalk (lime)*

Teknisk kalk – også benævnt lime (CaO) – er et meget væsentligt industrielt halvfabrikata, som indgår i fremstilling af bl.a. hydratkalk, flux-middel til stålindustrien, som fillers og til miljøformål som eksempelvis neutralisering af surt vand, røgrensning og jordforbedring. Teknisk kalk fremstilles i de fleste europæiske lande; bl.a. af Faxe Kalk i Danmark.

#### *Cement*

Kalksten udgør mere end 80% af råstofferne i cement. Kalksten til cement skal opfylde en række fysiske og kemiske specifikationer; for eksempel er det absolut kritisk, at magnesiumindholdet er mindre end 5%. Dolomit kan derfor ikke anvendes.

### *Blokke/facadesten*

Kalksten til bygningsbeklædning, bordplader og lignende omtales ofte som facadesten, natursten eller blokke. I denne gruppe er marmor – bandt kalkstenene - den foretrukne bjergart. En ren marmor er hvid, men indhold af andre mineraler giver bjergarten et flammet udseende med forskellige farver. Disse flammede typer har i århundreder været anvendt som facadesten i byggeriet.

## **Markedsforhold for kalksten**

De fleste kalkstensprodukter er lavprisprodukter, som handles i store mængder. Forbruget af kalkstensprodukter i Grønland må forventes at være meget begrænset. Produkterne vil derfor skulle afsættes i udlandet, langt fra produktionsstedet. Transportomkostningerne vil være betydelige og vil dermed have en negativ indflydelse på konkurrencesituationen. Eventuelle grønlandske kalkstensprodukter bør derfor sigte mod salg til flere små niche-markeder, hvor der afsættes små tonnager til høje priser. Sådanne markeder findes eksempelvis inden for den farmaceutiske industri og fødevarerindustrien, som anvender meget rene og formalede produkter.

I Europa er der forholdsvis få, men store producenter af kalksten.

Der er ret begrænsede muligheder for at genbruge kalkstensprodukter. Det skal i øvrigt bemærkes, at kalksten – især på fillermarkedet - kan erstattes af andre mineraler.

**Tabel 10 – Priseksempler for kalkstensprodukter**

<b>Produkttype</b>	<b>Maj, 2009</b>
(GCC) coated, fine grade	Ex-works UK, 80-103 £/ton
(PCC) coated	Ex-works UK, 350-550 £/ton
(PCC) uncoated	Ex-works UK, 320-480 £/ton

## **Typiske metoder til udvinding af kalksten**

Selve brydningen af kalksten vil almindeligvis foregå efter samme metoder, som anvendes i et stenbrud, og vil derfor omfatte følgende trin:

- overjorden og andet ikke-anvendeligt materiale fjernes, så kalkstenen lægges fri
- boring og sprængning
- udlastning og transport til knuser
- primær knusning i selve bruddet
- transport til produktionsområdet
- sekundær behandling (knusning, formaling, sortering (tør og våd))
- transport til lagerplads/udskibningssted

Behandlingen af materialet efter primær knusning er bestemt af, hvilket produkt der ønskes fremstillet. Yderligere knusning og formaling indgår i fremstillingen af de fleste kalkstens-

produkter og forudsætter investering i både kæbeknuser (primær knusning), kegleknuser (sekundær knusning) og forskellige møller til formaling af kalkstenen.

## **Produktionsmuligheder i Grønland**

Marmor og kalksten kendes mange steder i Grønland, men kun få af dem skønnes egnet til produktion til forskellige kalkstensprodukter. Rene kalkstens- og kridtforekomster kendes ikke fra Grønland. En af de få undersøgte kalkstensforekomster er forekomsten ved Maarmorilik i Nordvestgrønland.

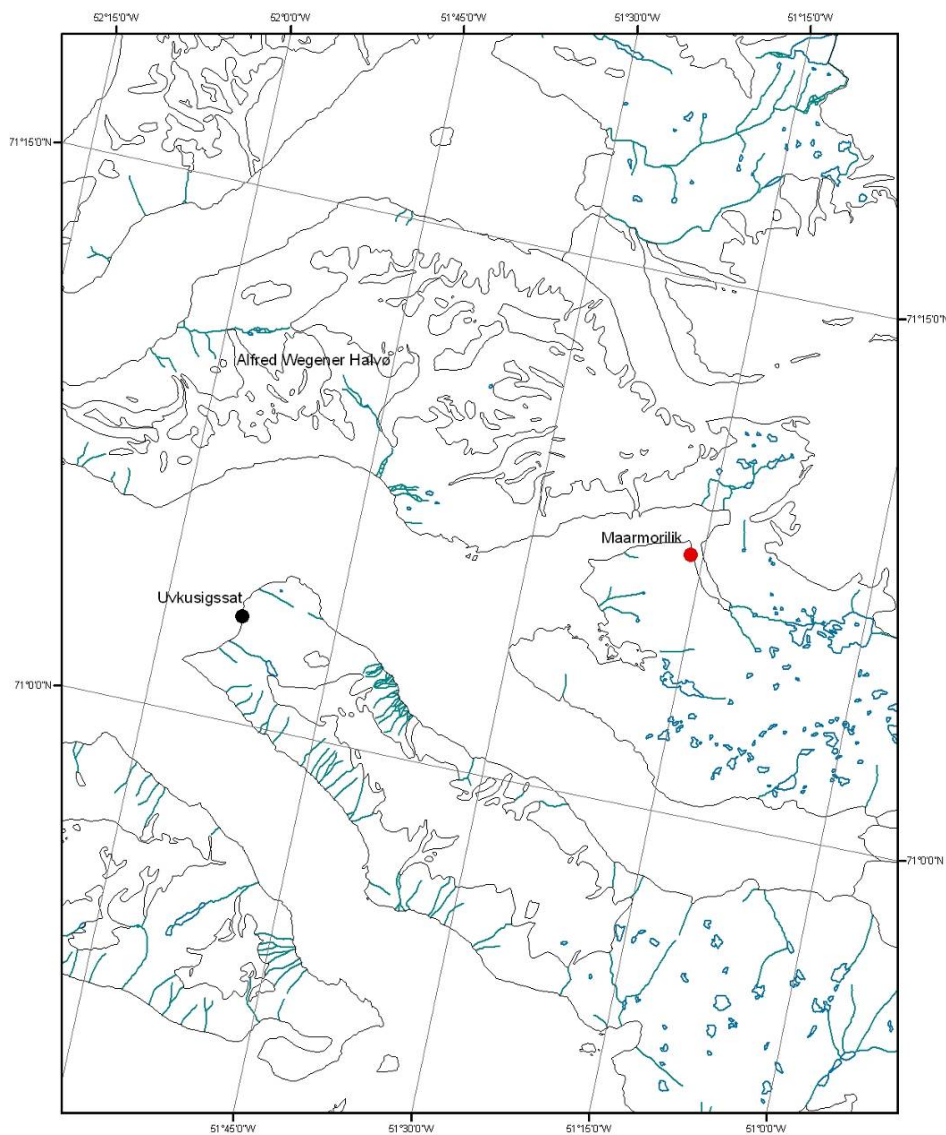
### **Maarmorilik, Ukkusissat (71,126° N, 51,272° W)**

Marmorilik-formationen nordøst for Ukkusissat domineres, som navnet antyder, af marmor. Denne marmor har betydelige indlejringer af dolomit og stedvis også af baryt og kvarts. Som helhed har bjergarten en inhomogen kemisk sammensætning. Farven varierer fra hvid til næsten sort; grålige toner dominerer. Der findes større ensartede partier, men lagene er meget uregelmæssige på grund af bjergartens deformation.

Denne marmor har været sammenlignet med den italienske Carrara-marmor og er blevet anvendt som facadebeklædning på flere bygninger i Københavnsområdet. Marmor fra Maarmorilik har også været vurderet som muligt emne til industrimineral i flere omgange. Faxe Kalk undersøgte i 1992 materialet med henblik på produktion af filler-produkter. Resultatet af undersøgelserne kendes ikke, men det antages, at bl.a. hvidhedstallet har været for lavt.

Produktionen af marmor blev oprindeligt startet på øen Appat i 1933, men blev i 1936 flyttet til Maarmorilik, som ligger i bunden af Qaumarujuk-fjorden.. Her blev der startet en produktion af marmor fra et åbent stenbrud, hvorfra der blev udtaget 200 tons marmorblokke på op til 6 tons stykket. Produktionen fortsatte frem til 1940, og på dette tidspunkt var der i alt udtaget ca. 4.000 tons marmor. Greenland Stone A/S genoptog produktionen i perioden fra 1967-72 og nåede at producere ca. 5.000 tons marmorblokke.

Maarmorilik er også kendt for produktionen af bly og zink fra minen Den Sorte Engel; denne produktion varede fra 1973 til 1990.



**Figur 5** – Det tidligere marmorbrud ved Maarmorilik, Uummanak kommune. Der blev produceret marmor til byggeindustrien i perioderne 1936-40 og 1967-72. Lokalteten er også kendt for minen Den Sorte Engel, der producerede bly og zink fra 1973-1990.

## Referencer

Henriksen, Niels, Higgins, A.K., Kalsbeek, F., and Pulvertaft, T.C.R. (2000): Geological Survey of Denmark and Greenland. Geology Greenland Surv. Bull. 185, 93 pp.

## Links

[http://www.bgs.ac.uk/mineralsuk/planning/mineral\\_planning\\_factsheets/home.html](http://www.bgs.ac.uk/mineralsuk/planning/mineral_planning_factsheets/home.html)  
[www.thebgs.co.uk/mineralsUK/downloads/mpflimestone.pdf](http://www.thebgs.co.uk/mineralsUK/downloads/mpflimestone.pdf)

# Skærver

Skærver omfatter alle bjergarter, som udsprænges fra fast fjeld, og som efter bearbejdning kan bruges inden for bygge- og anlægssektoren. De mest anvendte bjergarter er granit, gneis, gabbro, norit, anorthosit og kvartsit. Skærver omtales også som aggregates (engelsk) og puk (norsk).

## Anvendelser

Skærver anvendes indenfor mange forskellige områder, som eksempelvis kystsikring, vejbygning, asfalttilslag, betontilslag, jernbaner m.m. Herudover er der mange specialanvendelser, hvoraf særligt de hvide typer formales og anvendes som fyldstof til keramiske materialer og maling. Hver kunde har normalt deres egne krav til produkterne; derfor fremstiller skærveproducenter ofte flere forskellige produkter med forskellige tekniske specifikationer, så de passer til kundens krav. Der er vist to eksempler i tabel 11.

Kvaliteten af skærverne vurderes på grundlag af en række standard-tests, som angiver bjergartens fysiske, kemiske, mekaniske og betontechniske egenskaber. Alle tests skal udføres i overensstemmelse med internationale normkrav. Skærveprodukterne karakteriseres blandt andet i forhold til deres sigtekurve, formen på skærverne (som skal være så kubisk som muligt), vægtfylde (jo tungere, jo bedre), samt en lang række mere specifikke tests. Eksempelvis vurderes skærvernes mekaniske styrke på grundlag af følgende tests:

*10% Fines Value*, som udtrykker den belastning der skal til for at skærven disintegrerer og som følge heraf danner for meget finkornet materiale (her forstået som materiale mindre end 75 µ.) Gode skærver skal derfor have størst mulig værdi for 10% Fines Value-testen.

**Tabel 11** – Eksempler på specifikationskrav for to norske skærver, der eksporteres til vejbelægnings.

	<i>Norit</i>	<i>Anorthosit</i>
Densitet (g/cm <sup>3</sup> )	3,16	2,75
Bulk vægt (ton/ m <sup>3</sup> )	1,55-1,91	1,4-1,71
Farve	Mørk grå	Lys grå
Trykfasthed (N/mm <sup>2</sup> )	188,0	185,7
10% Fines-værdi (kN)	220	160
Poleringsevne (PSV)	53-55	50-52
Sprødhedsværdi (St.V.V)	<40	<40
Vandabsorption (%)	<0,3	<0,3
Vandopløselige klorider (%)	<0,075	<0,01
Frostbestandighed (DIN) (%)	<0,2	<0,3
Betonprisme-ekspansion (%)	0,197	0,219
Humusindhold (%)	0	0
Sulfid-mineralindhold (%)	0	0

*Aggregate Abrasion Value (AAV)* måler skærvens holdbarhed over for et veldefineret slid. AAV-værdien skal være mindst mulig.

*Polished Stone Value (PSV)* er udtryk for skærvens evne til at modstå polering og dermed opretholde god friktion. PSV skal være størst mulig.

*Magnesium Sulfat Value (MSV)* udtrykker skærvens "sundhedstilstand". Hvis der anvendes Britisk Standard-målinger, skal MSV være størst mulig; anvendes derimod standarder fra American Society of Testing and Materials (ASTM), skal værdien være mindst mulig.

## **Markedsforhold**

Der er ikke standardpriser for skærveprodukter; priserne bestemmes udelukkende af kvaliteten. Forbruget af skærver har været stærkt stigende over de seneste 20 år, men priserne har været under pres. Der er store prisforskelle mellem forskellige typer produkter. Generelt er der eksportmuligheder for de bedste kvaliteter, herunder de lyse bjergarter. Den gennemsnitlige pris for norske produkter var i 2008 ca. 55 Nkr/ton (uden levering); de gode kvaliteter, eksempelvis anorthosit, sælges til højere priser.

Der er tendens til, at produktionerne bliver mere og mere mekaniserede, og at de årlige produktioner øges, da avancerne er små. Produktioner på flere millioner tons er ikke ualmindeligt.

Efterspørgsel på skærver følger udviklingen inden for bygge- og anlægssektoren. Med stigende specifikationskrav til beton-tilslagsmaterialer er forbruget hertil stigende, da skærver på nogle områder fortrænger bakkegrus. Det skal bemærkes, at der også er et stigende krav om genbrug af byggematerialer, som delvis kan erstatte skærver til en række formål.

## **Typiske metoder til udvinding**

For at minimere omkostningerne brydes skærver kun i åbent brud. Produktionen omfatter afrømning af overjord, boring, sprængning og udlastning, efterfulgt af flere trin af sortering og knusning, så de ønskede produkter fremkommer.

## **Produktionsmuligheder i Grønland**

Der er ikke foretaget regionale undersøgelser af mulighederne for at producere skærver i Grønland. Det anses dog for sandsynligt, at der vil kunne findes spredte informationer hos en række kommuners tekniske forvaltninger.

Der kendes dog en række forekomster af anorthosit, granit, hyperit og gabbro, som evt. kan indgå i fortsatte undersøgelser (jf. tabel 12).



**Tabel 12** – Nogle eksempler på mulige områder hvorfra der muligvis kan produceres kvalitets-skærver.

<b>Bjergart</b>	<b>Lokalitet</b>	<b>Kommune (tidligere navne)</b>
Anorthosit	Qaqortorssuaq	Sissimiut
Hyperit	Qaqqatoaqa	Sissimiut
Anrothosit	Bjørnesund	Nuuk
Anrothosit	Fiskenæsset	Nuuk
Granit/monzonit	Qaqortoq	Qaqortoq
Gabbro/monzonit	Lichtenau	Nanortalik
	Frederiksdal	
	Aapilattoq	

Der kan tænkes to typer produktioner i Grønland: En type kunne være en små-skala-produktion, som forsyner lokalområdet, på linje med hvad der allerede kendes fra de fleste større byer. En anden type kunne være produktion til eksport. Denne mulighed falder lidt udenfor for emnet for denne rapport, da dette kun vil blive rentabelt ved etablering af en stor, mekaniseret produktion, med tilhørende store investeringer til maskiner og anlæg.

For begge typer gælder, at egnede lokaliteter skal findes i de lokaliteter i byområderne eller i kystnære områder, som har gode udskibningsmuligheder for store skibe.

## Links

[http://www.bgs.ac.uk/mineralsuk/free\\_downloads/home.html#aggregates](http://www.bgs.ac.uk/mineralsuk/free_downloads/home.html#aggregates)

<http://www.ngu.no/no/tm/Om-NGU/Organisasjonen2/Geofaglig-avdeling/Pukk-og-grus/>

<http://www.astm.org/Standards/D3744.htm>

<http://www.almatis.com/download/data-sheets/GP->

[RCP\\_010\\_Global\\_Agg\\_Test\\_Methods\\_0708.pdf](http://www.almatis.com/download/data-sheets/GP-RCP_010_Global_Agg_Test_Methods_0708.pdf)

<http://www.amrl.net/Portal/PublicDocs/Tools/Matrix.doc>

<http://www.highwaysmaintenance.com/Aggtext.htm>

<http://www.highwaysmaintenance.com/Aggtext.htm#LINKS>

# Sand, grus og sten

Sand, grus og sten er forvitrede materialer fra det faste fjeld – sedimenter – som er aflejret på land eller i havområder. Sedimenter kan være transporteret af både is og vand, og netop transportmåden har betydning for det forhold mellem sten, grus og sand, som findes ved den enkelte forekomst. Man skelner mellem *bakke-materialer* aflejret på land og *sømaterialer* aflejret i de nære kystområder. Sand, grus og sten anvendes især til bygge- og anlægsopgaver og betegnes derfor ofte under ét som tilslagsmaterialer. Forekomster med højt indhold af sten – af god kvalitet – er mest eftertragtede. Sand, grus og sten – samt skærver – betegnes også som tilslagsmaterialer.

## Anvendelse

Langt den største del af tilslagsmaterialerne anvendes til bygge- og anlægsopgaver. Tendensen inden for denne sektor går i retning af stigende krav til kvaliteten af tilslagsmaterialer, så stadig mindre afvigelser fra de angivne specifikationer accepteres (for eksempel til beton, hvor man har standarder med strenge krav til materialerne – kaldet Bais Beton Beskrivelsen - BBB). Denne udvikling bevirker, at der på længere sigt vil være større efterspørgsel af kvalitetsskærver – hvor det er lettere at opfylde specifikationerne – end af bakke- og sømaterialer. Sand, grus og sten anvendes typisk i følgende sammenhænge.

*Beton (færdigbeton, betonvarer, specialprodukter)*

Støbesand: typisk 0-4 mm, 8-16 mm og 16-32 mm

Stentilslag: typisk 4-8 mm, 8-16 mm, 16-32 mm

Tilslagsmaterialerne udgør ca. 75% af beton og har en afgørende rolle for betonens holdbarhed, herunder både tilslagsmaterialets fysiske parametre (kornstyrke, densitet og absorption) og de kemiske, samt urenheder i form af humus og ler. En væsentlig årsag til betonskader skyldes alkali-kisel-reaktioner, som særligt skyldes indhold af flint i sten- og grusmaterialerne. Flint er dog næsten ikke-eksisterende i grønlandske materialer.

*Mørtel (pudsesand)*

Der findes mange typer mørtel, men typisk anvendes sand i fraktioner på 0 -2 mm og 0-4 mm.

*Vejbygning- og anlægsopgaver*

Til vejbygning anvendes mange forskellige typer stenmaterialer afhængigt af formålet. Nogle eksempler på materialekrav kan være som følger:

Bundsikringsgrus – skal give god bæreevne, kunne dræne let og have god frostsikkerhed

Stabilgrus – skal have god bæreevne og frostsikkerhed

Makadam (ca. 75 mm) – skal være frostsikre, have god bæreevne og god slidstyrke

Asfaltbetonslidlag – de sten, der bruges, skal blandt andet have god vedhæftningsevne over for bitumen, være holdbare, samt give god friktion.

Der er normkrav for de fleste anvendelser (for eksempel krav til kornkurve, sandækivalent og renhed); mere information kan findes i nedenstående links.

## Markedsforhold

Ved mange anlægsopgaver vil valget af tilslagsmateriale være bestemt af pris og tilgængelighed og i mindre grad af kvaliteten. Som tilslag til beton spiller kvaliteten derimod en stor rolle. Da byggeriet i Grønland er underlagt danske byggeforskrifter, vil der også fremover være stigende behov for tilslagsmaterialer, der kan opfylde normkravene. Det vil næppe være muligt at finde sådanne kvaliteter som bakke- og sømaterialer i nærområderne til alle byer. Det vil derfor være særligt vigtigt at lokalisere egnede kvalitetsråstoffer til planlagte og påtænkte større anlægsopgaver.

De almindelige tilslagsmaterialer har ikke eksportpotentiale, da tilsvarende kvaliteter kan findes nær de store europæiske og amerikanske markeder, og det skønnes ikke muligt at producere konkurrencedygtigt tilslagsmaterialer i Grønland til brug uden for Grønland.

Der er en stigende tendens til at fremstille genbrugs-tilslagsmaterialer ved knusning og sortering af beton og asfalt-vejbælægninger. Denne produktion vokser i takt med stigende deponeringsafgifter.

## Typiske metoder til udvinding

Bakkematerialer udvindes ved opgravning med gravemaskine eller gummiged, hvorefter materialet transporteres til et sorteringsanlæg, hvor det eventuelt efterfølgende bliver densitetsbehandlet og vasket. Materialerne sælges typisk både i løs vægt og som sækkede produkter.

Sømaterialer produceres med specialskib – sandsuger – som kan suge både sten og sand op fra dybder ned til ca. 10 m, hvorefter materialet sejles til enten oplagringsplads eller direkte til kunden. Ofte vil skibet producere en bestemt størrelsesfraktion under indvindingen og de ikke-ønskede kornstørrelser sendes ud over skibssiden med det samme. Til visse anvendelser vil det være nødvendigt at vaske sandet/gruset i ferskvand for at undgå for højt indhold af klorider.

## Produktionsmuligheder i Grønland

Der er ikke foretaget en regional vurdering af råstofressourcerne til bygge- og anlægsopgaver i Grønland. Udvælgelse af egnede lokaliteter har været varetaget af Asiaq (Grønlands Tekniske Organisation – GTO) og senere af kommunernes tekniske forvaltninger, samt lokale entreprenører.

## Links

[http://www.skovognatur.dk/NR/rdonlyres/E83C23F8-B4BA-4882-88D9-4B1D7352A29E/19353/Baeredygtigt\\_samspil2006.pdf](http://www.skovognatur.dk/NR/rdonlyres/E83C23F8-B4BA-4882-88D9-4B1D7352A29E/19353/Baeredygtigt_samspil2006.pdf)  
<http://www.raastoffer.dk/Default.aspx?ID=9>

# Natursten

Ved natursten forstås her alle naturlige bjergarter, hvoraf der kan fremstilles blokke eller fliser til facadebeklædning, gulvbelægninger, gravsten, monumenter eller lignende.

Den teknologiske udvikling inden for skæring og polering af sten har medført, at der nu kan fremstilles billige kvalitetsprodukter med mange anvendelsesmuligheder. Herved er efterspørgslen på naturstensprodukter øget, og mange nye producenter er kommet til. Der bliver produceret natursten i mere end 80 lande, hvoraf Kina og Indien nu er de største producenter af uforarbejdede natursten; USA er den største importør af natursten.

## Anvendelser

I branchen skelnes typisk mellem følgende hovedgrupper:

<i>Granit</i>	Grovkornede bjergarter som har stort indhold af feldspat og typisk også af kvarts, eksempelvis granit, granodiorit, anorthosit, gabbro og syenit.
<i>Kalksten</i>	Bjergarter der domineres af mineralerne calcit og dolomit; kan indeholde en del silikatmineraler. De typer der kan poleres, kaldes marmor.
<i>Marmor</i>	Kalkholdige bjergarter, samt serpentin, som tillader polering.
<i>Sandsten</i>	Kvartsit, calcit/kvarts-cementerede sandsten, siltsten, konglomerater og brecciebjergarter.
<i>Slate/skifer</i>	Finkornede, skifrede bjergarter som kan splittes langs plane flader.

Granit og kalksten/marmor er de helt dominerende grupper. De anvendes til forskellige formål; granit anvendes meget til udvendig beklædning af bygningsfacader, samt til indendørs gulvbelægninger; kalksten og marmor anvendes mest til indendørs produkter. Uforarbejdede blokke til eksport leveres ofte i størrelser op til 6 -10 m<sup>3</sup>, svarende til næsten 40 tons for de største. Polerede fliser er typisk 2-3 cm tykke, og de upolerede er 10-40 cm afhængigt af formålet.

## Markeder og priser

Naturstensindustrien er en globaliseret industri, hvor forskellige natursten brydes i mange lande og markedsføres i forskellig form over hele verden. Det er skønnet, at der produceres mere end 90 mio. tons natursten, hvoraf Kina og Indien producerer ca. 30 mio. tons, og Italien, Iran, Spanien og Brasilien producerer 30 mio. tons; de resterende mængder brydes af mange forskellige lande.

De afgørende kvaliteter, som bestemmer naturstens salgbarhed, er farve, mønster, holdbarhed, og at der kan leveres ensartede produkter. På produktionssiden går tendensen i retning af standardiserede produktstørrelser og mod fremstilling af tyndere produkter.

Gennem de seneste 25 år er naturstensmarkedet steget voldsomt, hvor i særdeleshed lande som Indien og Kina er blevet førende, som følge af lave produktionsomkostninger. Den

positive markedsudvikling skyldes især nye forbedrede metoder til skæring af sten og dermed billigere produktion, men også at moden i byggeindustrien har været præget af stigende brug af sten både udendørs og indendørs. Men da hovedparten af produkterne bruges i byggeriet rammes naturstensindustrien når byggeaktiviteten går ned.

De fleste naturstensproducenter leverer uforarbejdede naturstensblokke, som sælges til grossister eller til virksomheder, som forarbejder blokkene til færdige produkter. Kun en mindre del af virksomhederne producerer færdige produkter.

Bjergartens farve og strukturer er bestemmende for pris og markedsmuligheder; både farve og struktur skal være i overensstemmelse med de gældende trends for at kunne afsættes. For tiden udbydes for eksempel mange grå granitprodukter, og priserne er derfor lavere, end hvad der kan opnås for en sort granit med farvespil (labradorit), som kun få udbydere. Det er altså til en vis grad modebetinget, hvilke typer der er mest efterspurgt.

Priser for naturstensprodukter er bestemt af bjergarten, kvaliteten af produktet (ud over farven, strukturen, forarbejdning – og mode), samt graden af forarbejdning; polerede sten koster eksempelvis mere end kløvede produkter. Der findes ikke en oversigt over priserne på det internationale marked. I USA; men i 2005 var gennemsnitspriserne for blokke ca.:

Granit	ca. 1.500 kr/ton
Kalksten	ca. 700 kr/ton
Marmor	ca. 3.700 kr/ton
Sandsten	ca. 750 kr/ton

En opgørelse fra Tjekkiet fra 2009 angiver følgende priser (uden transport):

Granitblokke, ubehandlede	1.200 - 4.200 kr/m <sup>3</sup>
Sandstensblokke	1.200 – 4.200 kr/m <sup>3</sup>
Polerede granit fliser:	555 – 1.250 kr/m <sup>2</sup> afhængigt af tykkelsen
Granitbrosten	400 - 1,100 kr/ton
Sandstensbrosten:	270 kr/ton
Skifertagplader:	60 -170 kr/m <sup>2</sup>

Der er betydelige prisforskelle mellem forskellige landes produkter solgt på det samme marked. Priserne for eventuelle grønlandske produkter vil kun kunne afgøres på grundlag af produktteksempler.

### **Tekniske krav til natursten**

En naturstensforekomst må kun have få gennemgående sprækker, således at der kan produceres blokke på 2 – 6 m<sup>3</sup>, svarende til 5 – 15 tons. Har lokaliteten mange sprækker, kommer der for stort et spild. Bjergarten skal også være homogen i farve og struktur, så alle partier kan anvendes til fremstilling af blokke. Ensartedhed i farve og struktur er væsentligt for at produkter, der er fremstillet på forskellige tidspunkter, kan anvendes til samme formål.

Naturstensprodukter kvalitetsvurderes i forhold til en række standard-tests. Oftest afprøves produkterne efter ASTM-standarder (American Society for Testing and Materials), som sikrer, at materialerne har de foreskrevne kvaliteter. De enkelte produkter skal overholde bestemte krav til bl.a. brudstyrke, slidstyrke, vandabsorption og modstand overfor frostska-der. Produkterne må derfor ikke have sprækker, huller, svage mineraler eller indeholde mineraler, som giver misfarvninger.

## **Brydning af natursten**

Natursten brydes i åbne brud. Brydningen organiseres, så der kan produceres netop de ønskede blok-størrelser på en sådan måde, at spildet bliver mindst muligt. Produktionsme-  
tode og -udstyr er skræddersyet til de produkter der ønskes fremstillet, samt ud fra hvordan  
bruddet kan tilrettelægges, så der ikke bliver problemer med overjord, grundvand eller med  
eventuelle områder af fjeldet, som ikke kan bruges. Der anvendes forskellige grader af me-  
kanisering; små produktioner er således i vidt omfang baseret på manuelle metoder.

Typisk produktionsudstyr til produktion af naturstensblokke omfatter bl.a. udstyr til afgrav-  
ning af overjord, løfteudstyr til blokke (kran, lifts), udstyr til udskæring af blokke (boreudstyr,  
diamantsave (roterende og kæde-), vandstråleskæring, flammebrændere etc.), evt. udstyr til  
splitning af store blokke til mindre blokke, som er lettere at transportere eller til udskæring  
af skiver fra blokkene. Udstyr og metode udvælges i forhold til de egenskaber, den udvalgte  
bjergart har.

I forbindelse med produktion af naturstensblokke er der meget stort materialespild. Om-  
kostningerne til at fjerne overjord og spildmateriale udgør ofte mindst 50% af produktions-  
omkostningerne.

## **Forekomster af natursten i Grønland**

Der er kun påvist få lokaliteter i Grønland, som antages at kunne opfylde de nødvendige  
tekniske og logistiske krav til en naturstensproduktion.

- Sandsten ved Sillisit, Narsaq
- Granit ved Seersinnilik, Nordre Strømfjord
- Granit, Killavaat Alannguat, Qaqortoq
- Granit ved Uummanaq Ø (Rifkol)
- Granit ved Tiniteqilaaq, Tasiilaq

### **Sillisit sandsten**

*Lokalitet 61° 03.288'N 45° 32.901'W (plettet sandsten)*

*Lokalitet 61° 03.947'N 45° 32.496'W (rød sandsten)*

Sillisit-sandstenen – også kendt som Igaliko-sandstenen - findes i området mellem Narsaq  
og Narsarsuaq, men de fleste steder er sandstenen dækket af store mængder overjord,  
eller der er for mange sprækker.

Forekomsten har været undersøgt i flere omgange. Den opsplittede struktur gør vanskeligt at udtage større blokke, men det er vurderet, at der kan produceres flager (ca. 5 cm), som eventuelt kan bruges som havefliser. Sandstenen er generelt rødlig, men i udvalgte områder er farven hvid – helt lokalt ses dette også som pletter. Aflejringsstrukturer fra sandstens dannelsen ses tydeligt, og tilføjer en særlig karakter til eventuelle produkter. Sandstenslagene veksler med mere grovkornede lag – konglomerater – og basalter.

Sandstenen hælder 5°-15° vest, hvilket betyder, at overjordsmængden vokser mod vest og vil sætte en øvre grænse for brydningen. Der er mange både horisontale og vertikale sprækker, og det anses ikke for muligt at producere blokke større end ca. 1 x 1 x 0,4 meter. De mest velegnede lokaliteter ligger ca. 1,5 km fra kysten; men lokale småveje er allerede etableret. Bjergartens unikke udseende kan give den en markedsmæssig særstilling; det unikke udseende vil kunne påvirke priserne i både op- og nedadgående retning. Der foreligger ikke tekniske afprøvninger af Sillisit-sandstenen.

### **Granit, Killavaat Alannuat, Qaqortoq**

*Lokalitet: 60° 52'108 N 45° 52'023 W (mørk type)*

*Lokalitet: 60° 52'061 N 45° 52'295 W (lys type)*

Geologerne omtaler denne bjergart som kakortokit, som er en kvartsfri bjergart med en del farvede mineraler. Den findes i tre adskilte farvevarianter – lys, mørk og rød – som en følge af forskellige forhold mellem mineralerne. Bjergarten er en del af en meget stor geologisk enhed, og ressourcen er derfor særdeles stor. Sprækketætheden vurderes at være 4-6 meter, og det anses for muligt at producere blokke på op til 6 x 4 x 2 x m. Bjergartens uranindhold er på samme niveau som normale granitter.

Den mørke variant er prøvepoleret og fundet velegnet, hvorimod den lyse variant viste mindre poleringsfejl. I sær den mørke type anses for at have gode markedsmuligheder. Den røde variant er ikke undersøgt, men vil eventuelt også have en markedsmulighed.

### **Granit ved Seersinnilik, Nassuttoq (67° 37,34'N; 51° 47,25'W)**

På sydsiden af Nassuttoq, ved Seersinnilik findes en flammet, brun-rødlig granitisk bjergart (migmatit). Sprækketætheden vurderes at være 3-6 m, og der er mindre end 3 meter overjord. Der er flere steder i området, som synes egnet til produktion af natursten. Forekomsten ligger helt ud til kysten.

Prøver af bjergarten har vist, at den er velegnet til polering, og i 2003 blev den af branchefolk vurderet til at være særdeles interessant. Et tilsvarende svensk produkt (Halmstad granit) blev solgt til priser på 10.000-12.000 Kr/m<sup>3</sup>.

### **Granit ved Uummanaq Ø (Rifkol), Maniitsoq (67° 57'468; N 53° 47'209 W)**

På den centrale del af Uummanaq Ø findes en lys 'granit' med aflange sorte og små rødlige pletter; bjergarten har det geologiske navn charnockit. Der er mellem 2-25 meter mellem de lodrette sprækker og op til 2 meter mellem de vandrette sprækker, hvilket gør det muligt at udtage store blokke.

Forekomsten ligger tæt på kysten; der vil kunne blive problemer med indtrængning af havvand i den nedre bedste del. Et højereliggende område er af lidt ringere kvalitet. Vanddybden ved lokaliteten er ca. 5 meter.

Prøvepoleringer var positive og gav en god brunlig farve med et homogent udtryk.

### **Granit ved Tiniteqilaaq, Tasiilaq (65° 52'747N; 37° 43'425' W)**

Ca. 1,5 km øst for Tiniteqilaaq findes et stort område bestående af lys granit – med en svag rødlig farve; granitten er mellemkornet og homogen. Sprækketætheden er vurderet til at være mindre end 4 meter, og den naturlige bænkhøjde er op til 6 meter, hvorfor det antages, at der vil kunne udtages meget store blokke fra forekomsten.

Granitten ligger helt ud til kysten - med 7 meter vanddybde blot 20 meter fra kysten; denne granitkvalitet findes mere end 2 km øst for lokaliteten.

En polerprøve viste, at granitten er homogen og ikke indeholder mineraler, som kan give misfarvninger.

## **Referencer**

*Garde, A.A., Bugnon, C. & Gothenborg, J. 1991: Ornamental stones in West and South Greenland. Rapp. Grønlands geol. Unders. 152.*

*Kalvig, P., Knudsen, C. & Rasmussen, T.V. 2002: Potentialer for facadesten og skærver i Grønland. Afrapportering af felt- og laboratorieundersøgelser 2001. Danmark og Grønlands geol. Unders., 2002/11.*

*Rasmussen T. 2002: Preliminary report on dimension stones and aggregates: field observations in West, South and East Greenland 2002. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2002/ 106 , 55 pp.*

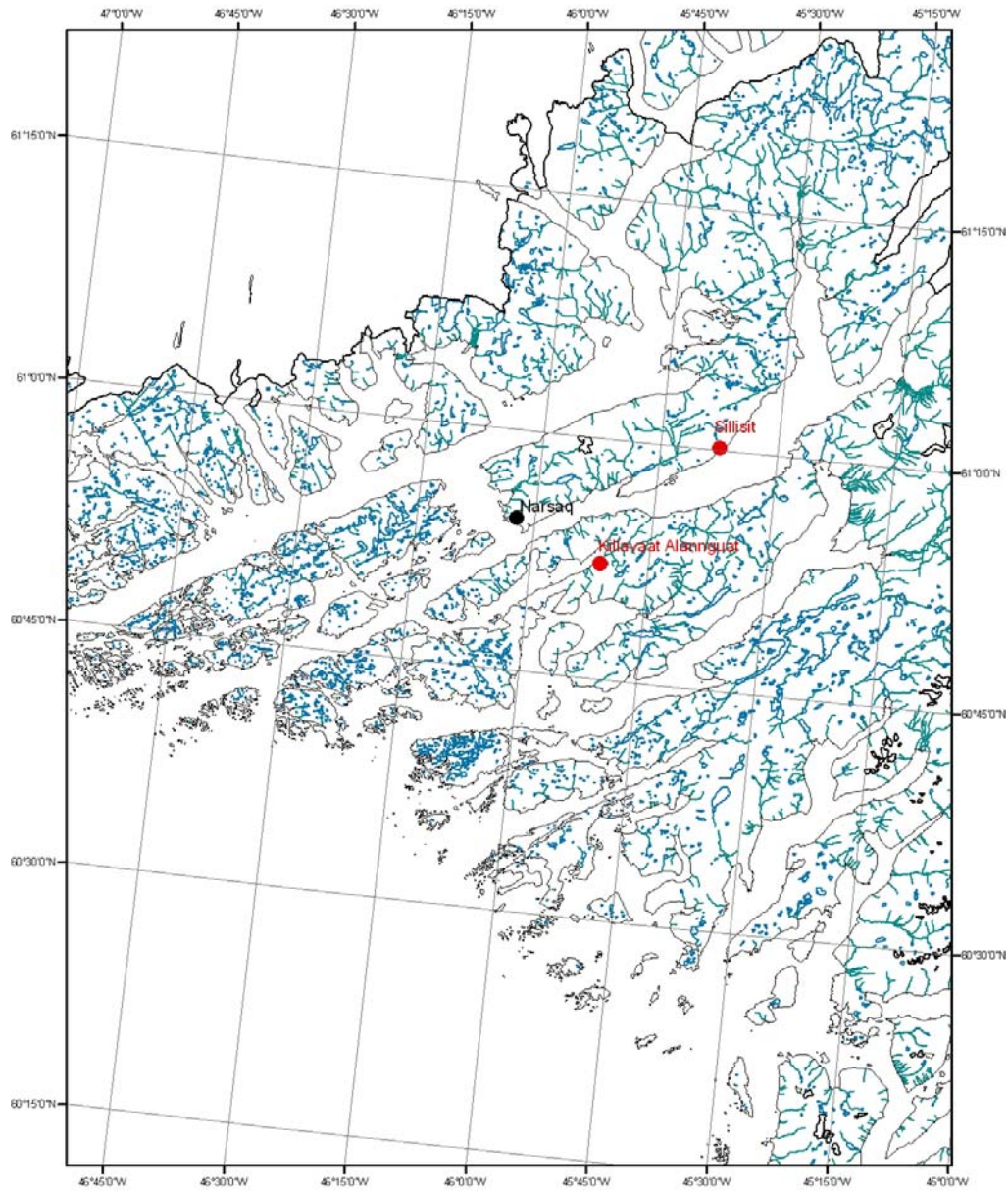
*Rasmussen T. 2003: Dimension stone prospecting in West, South and East Greenland 2002. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2003/ 8 , 60 pp.*

*Selonen O. & Suominen V. (eds.), NordicStone, Geological Science Series, Unesco Publishing, Paris 2003, 64 p.*

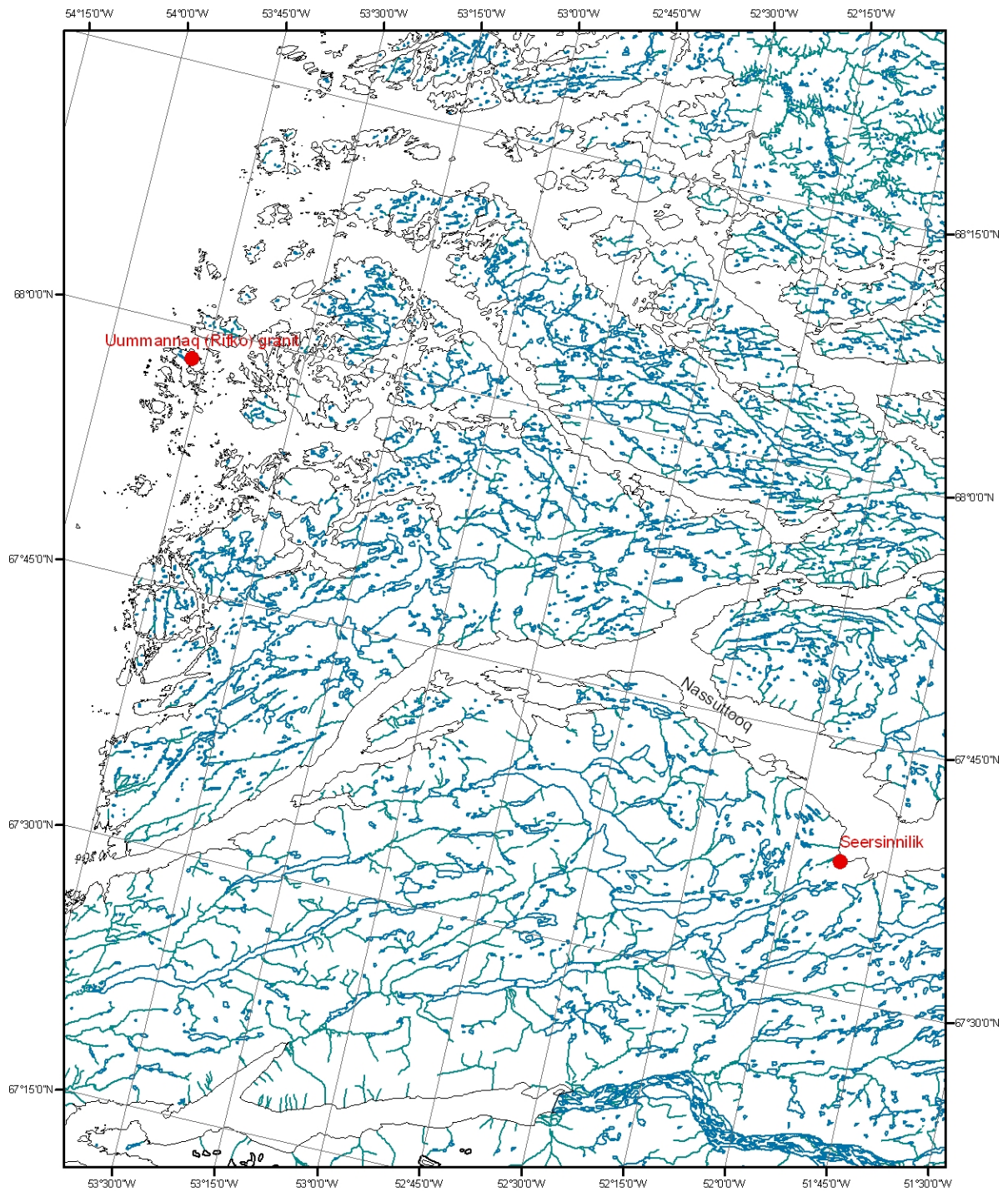
## **Links**

[http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/stone\\_dimension/](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/stone_dimension/)  
<http://www.nrcan-rncan.gc.ca/mms-smm/busi-indu/mmp-mmp/mar-eng.htm>  
[www.minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/stone\\_dimension](http://www.minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/stone_dimension)

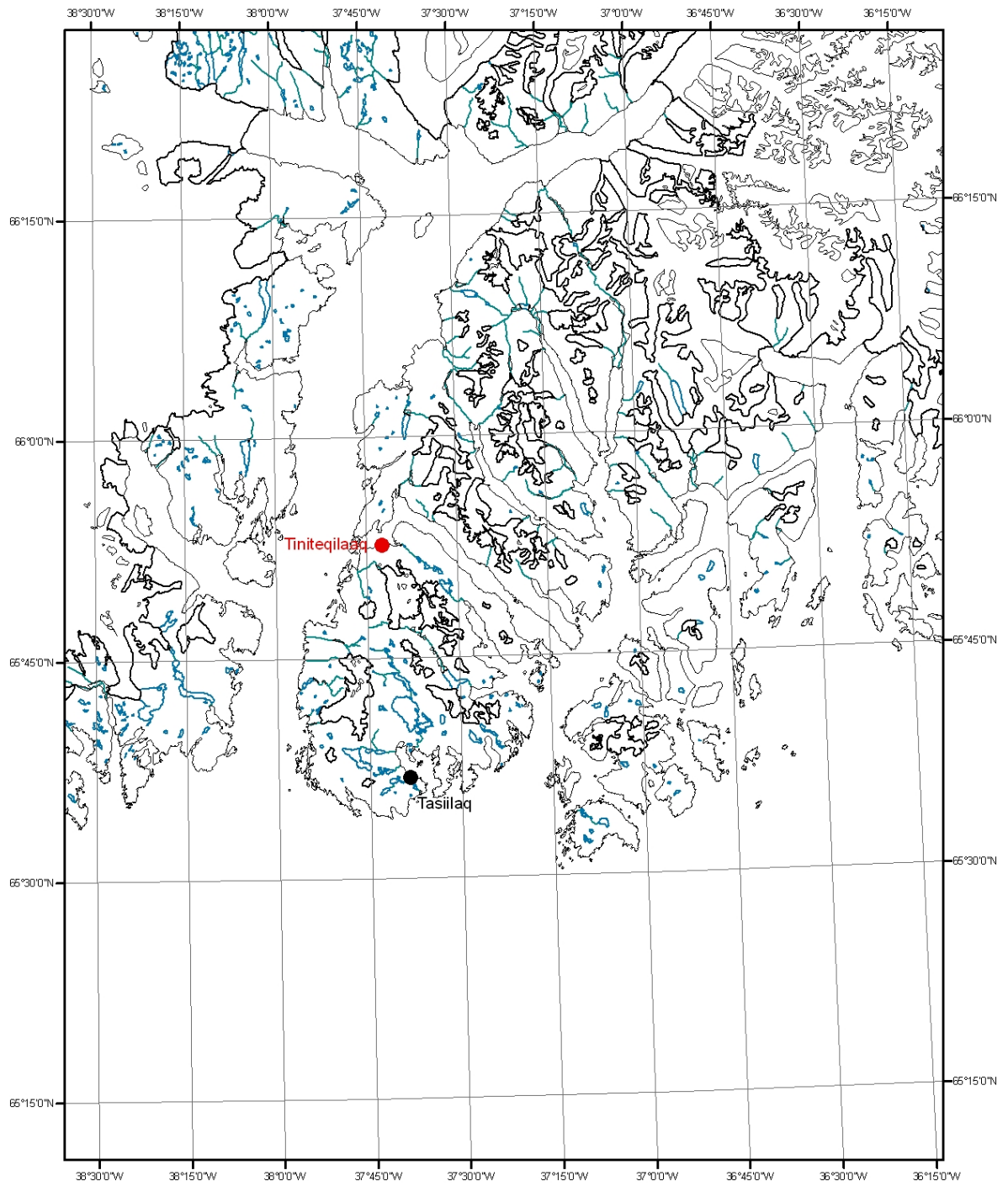




**Figur 6** – Naturstensforekomsterne ved Sillisit og Killavaat Alannguat (også kaldet Kringlerne).



**Figur 7** – Røde mærker viser lokaliteterne for granitter ved Uummanaq og Seersinnilik.



**Figur 8** – Granitlokaliteten ved Tiniteqilaaq, Nord for Tassilaq i Østgrønland.

# Fedtsten

I Grønland har fedtsten gennem århundreder været anvendt til brugsgenstande som fangstredskaber, fedtstenslamper og diverse husgeråd. I dag er det især grønlandske kunstnere, som anvender fedtsten til fremstilling af figurer, da materialet er let at bearbejde.

Betegnelsen fedtsten anvendes om bjergarter, som mest består af det bløde mineral talk, samt mindre mængder af mineralerne serpentin, klorit, glimmer, amfibol og evt. også lidt magnetit og pyrit. Navnet fedtsten skyldes, at indholdet af talk giver bjergarten en karakteristisk glat og fedtagtig overflade.

## Fedtsten i Grønland

I 2004 gennemførte Greenland Resources A/S (H.K. Olsen, 2004) en undersøgelse af en række af Grønlands fedtstensforekomster. Disse forekomster, samt forekomster fundet af andre, er listet i tabel 1. Listen skelner imellem forekomster af fedtsten som betegnes henholdsvis egnet, velegnet og meget velegnet. De velegnede og meget velegnede forekomster findes inden for de tidligere kommuner Upernavik, Uummannaq, Maniitsoq, Nuuk og Paamiut; der blev ikke fundet gode fedtstensforekomster i Østgrønland. Forekomsterne i tabel 13 er vist på figurene 9-15.

**Tabel 13:** Oversigt over kendte forekomster af fedtsten; kvaliteten er vurderet i forhold om materialet er egnet til brugskunst; forekomster som er vurderet som uegnede eller vurderes som udtømt er ikke medtaget. Overvejende baseret på H.K. Olsen, 2004.

Nr.	Lokalitet	"Kommune"	Position	Kvalitet	Beskrivelse
1	Nuussuaq	Qaanaap	N75,803; W59,708	Egnet	Mørkgrøn
2	Nuussuaq	Upernavik	N73,425; W56,198	Velegnet	Mørkegrøn
3	Itillilik	Upernavik	N73,112; W56,008	Egnet	Mørkegrøn
4	Itillilik	Upernavik	N73,105; W56,028	Egnet	Grøn; massiv
5	Itillilik	Upernavik	N73,085; W56,101	Egnet	Grøn; skifrig
6	Ukkusissat	Uummannaq	N73,111; W56,008	Velegnet	Grå; stor forekomst
7	Tupersuatsiaat, Appat	Uummannaq	N72,869; W56,711	Egnet	Grøn; stærkt skifrig
8	Ukkusissat	Uummannaq	N72,052; W56,874	Egnet	Grøn; stærkt skifrig
9	Ukkusissaq, Alluttoq	Ilulissat	N69,792; W50,998	Egnet	Grå; finkornet
10	Isersiutit	Qasiqiannuguit	N68,914; W50,432	Egnet	Grøn; klorit og glimmer rig

11	Tasitsaani, Safartog	Maniitsup	N66,479; W52,111	Egnet	Grålig; finkornet og lidt skifrig
12	Napasoq	Maniitsup	N65,014; W52,447	Egnet	Grøn; meget olivin og sulfider
13	Tasiusaq Kangilleq	Maniitsup	N64,864; W51,936	Egnet	Grå; god struktur
14	Niaqunngunaq, Syd for	Maniitsup	N64,728; W52,728	Egnet	Grå; svagt skifrig
15	Illut, N f. Atamik	Maniitsup	N64,963; W52,966	Meget velegnet	Mørkgrøn; finkornet og massiv
16	Uummanaq, Nuup Kangerlu	Nuup	N64,493; W50,764	Meget velegnet	Grågrøn; lille forekomst
17	Ikkattut, Qeqertarsuaq	Nuup	N64,293; W51,216	Velegnet	Grågrøn; svagt skifrig
18	Ikkattut	Nuup	N64,280; W51,248	Velegnet	Grå; massiv; stor forekomst
19	Neriunaq	Nuup	N64,446; W50,323		Gråhvid; lidt skifrig; meget lille
20	Itennera	Nuup	N64,378; W51,414		Grå
21	Ujarassuit paa- vat	Nuup	N64,782; W50,161	Velegnet	7 større forekomster over 350 m
22	Ataneq	Nuup	N64,7538; - 50,7856		Kan følges over 1 km; op til 4 m bred.
23	Nordsiden af Lille Malene	Nuup	N64,164; W51,288	Delvis egnet	Lille forekomst
24	Asequtaq	Paamiut	N62,013; W49,601	Egnet	Grå; skifrig
25	Ikerasak, N f. Arsuk	Paamiut	N61,327; W48,468	Velegnet	Grøn; Finkornet massiv.
26		Paamiut	N61,302; W48,649	Egnet	Grå; finkornet og massiv
27	Ikerasak	Paamiut	N61,251; W48,624	Velegnet	Grå; finkornet og massiv
28	Sarfap ilua	Paamiut	N61,233; W48,252	Egnet	Grå; massiv
29		Nanortalliq	N60,061; W43,706	Egnet	Lysegrøn; mellemkornet

## Typiske metoder til udvinding af fedtsten

Fedtsten i Grønland findes typisk som 1-10 m store linseformede legemer, som kun er egnet til kunst- og brugsgenstande i mindre skala. Da fedtstensforekomsterne dels er små, og da udvindingen oftest har til formål at udtage mindre blokke til fremstilling af husgeråd eller skulpturer, foregår 'brydningen' typisk med håndværktøj; fedtsten kan skæres med kniv,

saves med almindelig sav og files. Det er vigtigt, at de mindre værdifulde dele fjernes uden anvendelse af dynamit, da sprængning vil ødelægge kvaliteten af de blokke, der udtages.

Fedtstenskvaliteten varierer meget fra lokalitet til lokalitet og stedvis også inden for samme lokalitet. Dette er dels en følge af, hvilke mineraler der indgår i bjergarten, dels af de forhold bjergarten er dannet under. De gode forekomster har højt indhold af mineralet talk og har en massiv struktur; dårligere kvaliteter indeholder mindre talk og har skifrig struktur og er derfor mindre velegnede til husflid. Bjergartens indhold af talk og bjergartens struktur afgør også, hvor let den er at "bryde". Der kendes ikke store forekomster af fedtsten (talkforekomster) – som ville kunne anvendes til kommercielle talk-produkter.

*Fedtsten kan indeholde asbest, som ved indånding kan give livsfarlige luftvejssygdomme på længere sigt. Det er derfor nødvendigt at bære godkendt åndedrætsværn ved udtagning af fedtstensstykker samt under den efterfølgende bearbejdning af fedtstenen.*

## Markedet for fedtsten

Fedtsten er ikke en veldefineret bjergart, og i Grønland bruges betegnelsen fedtsten om alle bløde bjergarter. De bedste prøver har højt indhold af mineralet talk og har massiv struktur. Med aftagende indhold af talk, bliver materialet hårdere og dermed vanskeligere at bearbejde.

Der findes ikke en organiseret produktion og handel med fedtsten i Grønland; udnyttelsen af fedtsten er mest baseret på 'brydning' til eget forbrug. H.K. Olsen (2004) mener, at der er et internationalt marked for gode kvaliteter af fedtstensblokke fra Grønland.

Fedtsten – i ca. 10 cm store stykker, i assorterede farver – sælges over internettet for priser varierende fra 20-30 kr/kg.

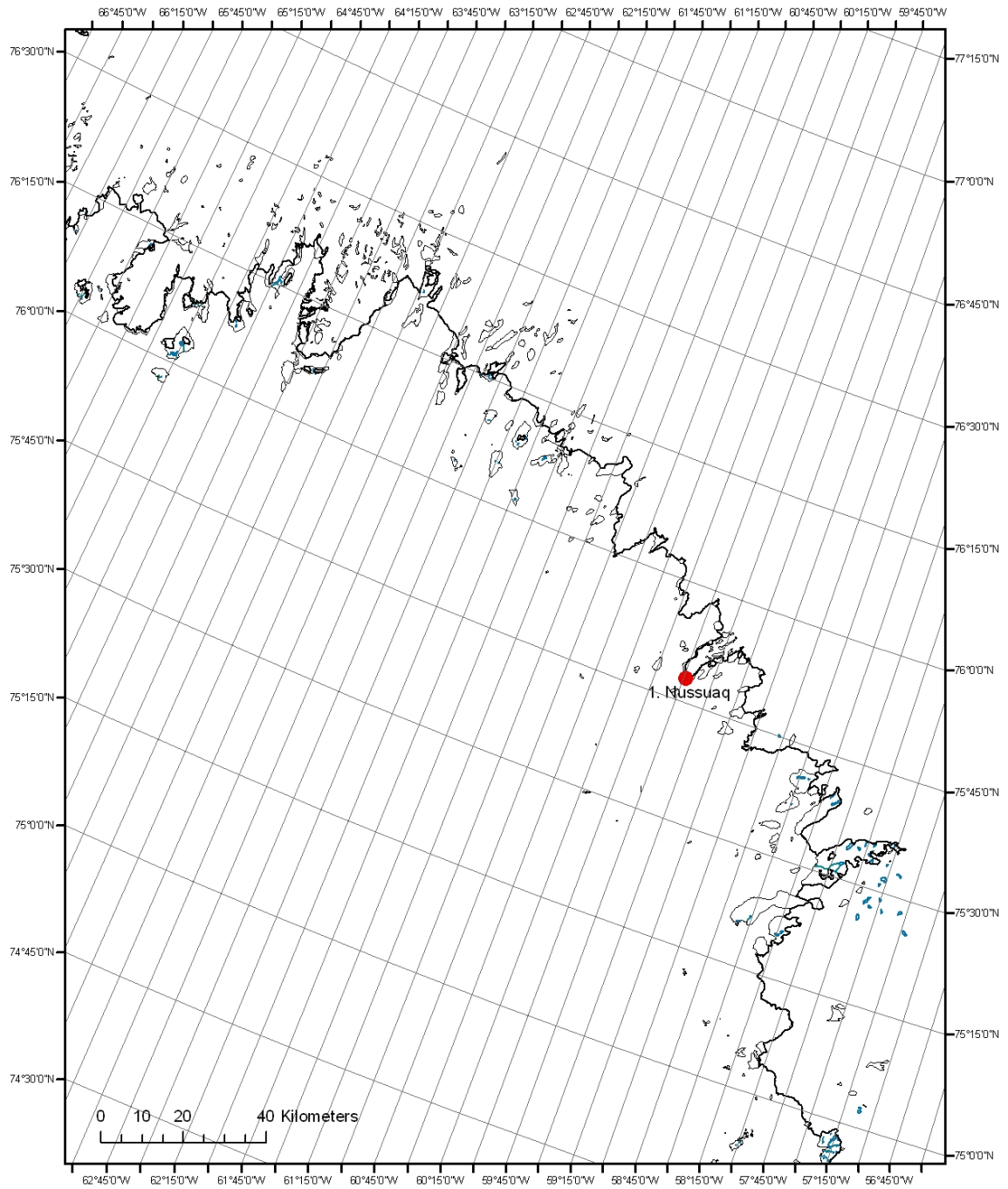
I bl.a. Brasilien, Canada, Finland, Indien, Norge, Rusland og USA produceres store mængder talk, som efter formaling anvendes kommercielt til bl.a. talkum, der bruges som fyldstof i plastic, papir og maling, samt som blokke til indvendig beklædning af brændeovne.

## Referencer

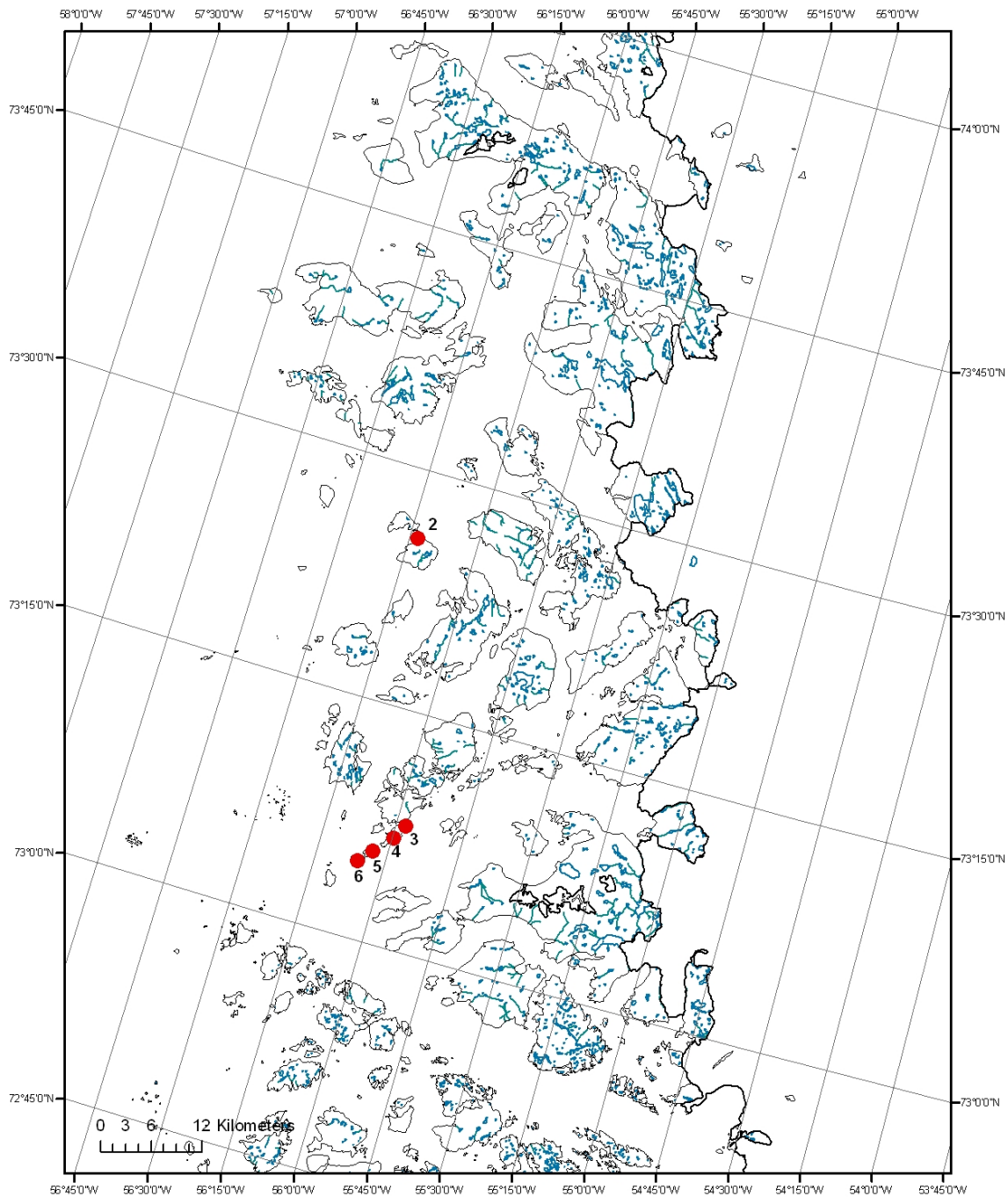
*Alnæs, L.I. 1994: Kvalitet og bestandighed av naturstein. Påvirkningsfaktorer og prøve-metoder. Institut for Geologi og Bergteknikk. Universitetet i Trondheim. Norges Tekniske Høgskole.*

*Haberstich, K. 1999: Fedtsten, Forlaget Hovedland, 74 sider (ISBN 87-7739-437-2)*

*Olsen, H.K. 2004: Kortlægning af fedtstensforekomster i Grønland. Report by Greenland Resources A/S. 65 pp.*

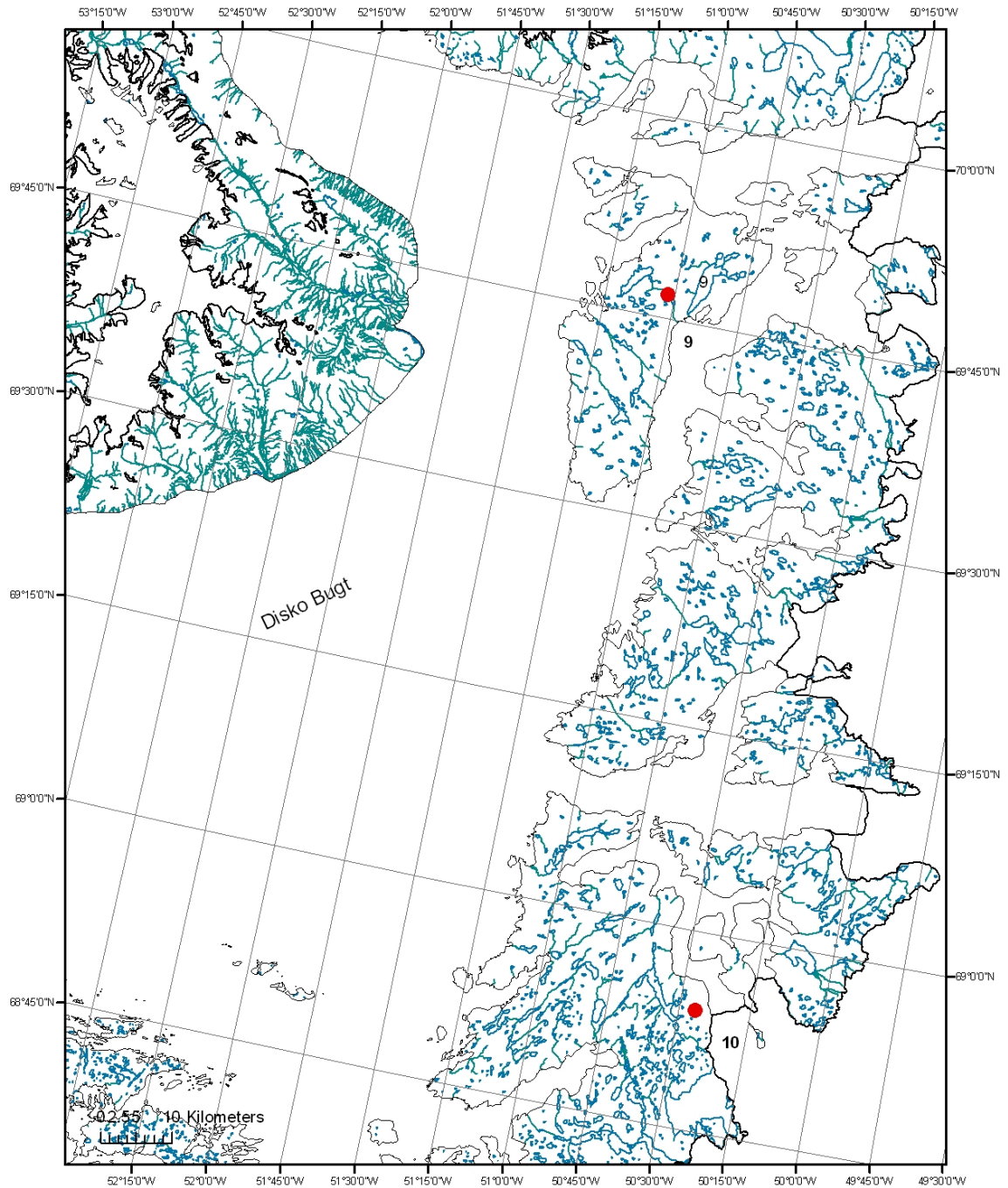


**Figur 9** – Det røde mærke viser placeringen af Nuussuaq fedtstensforekomsten i Melville bugten. Yderligere information i tabel 13.

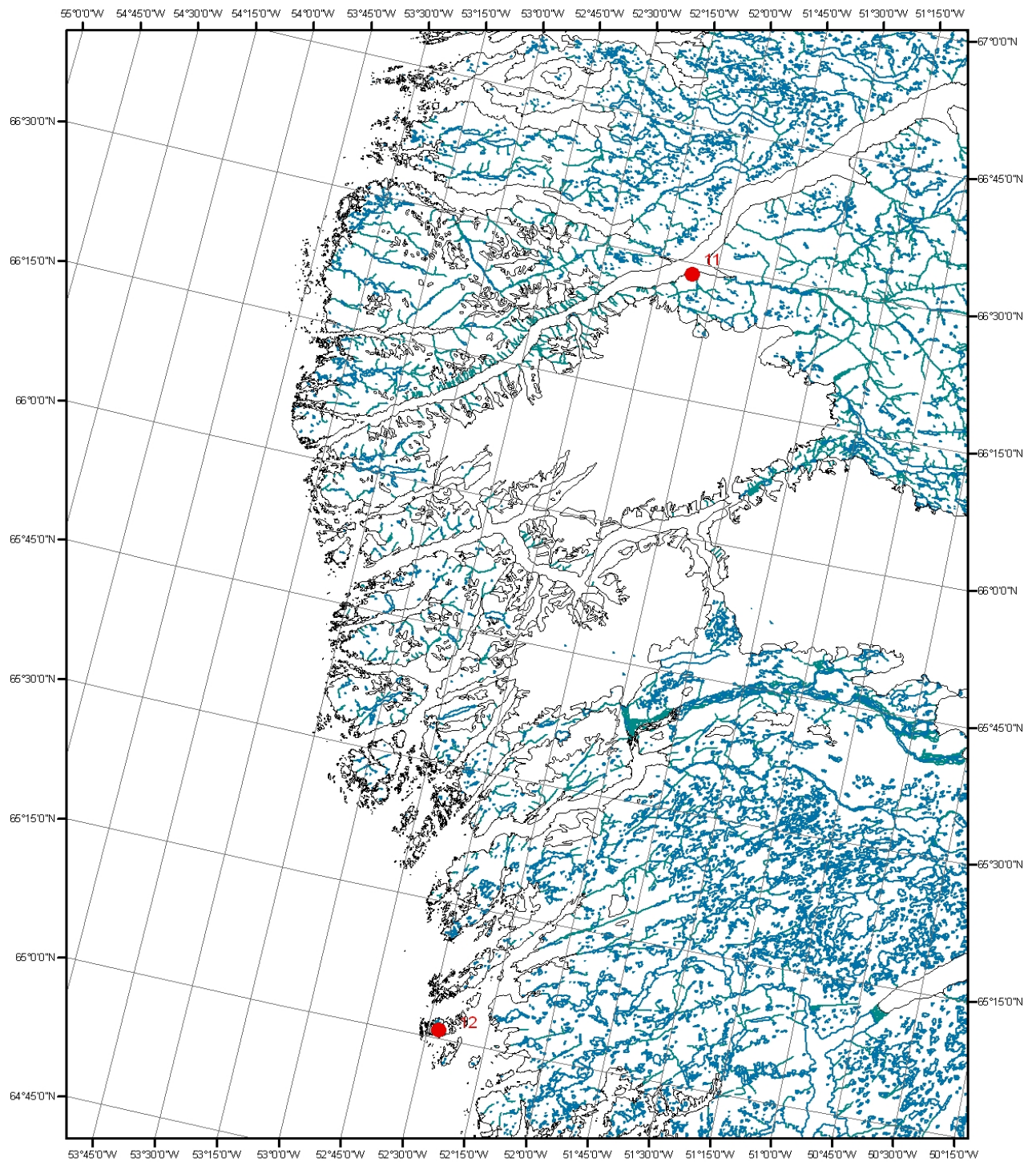


**Figur 10** – De røde mærker viser placeringen af fedtstensforekomsterne 2 til 6, i Tasiusaq Bugt. Yderligere information i tabel 13.

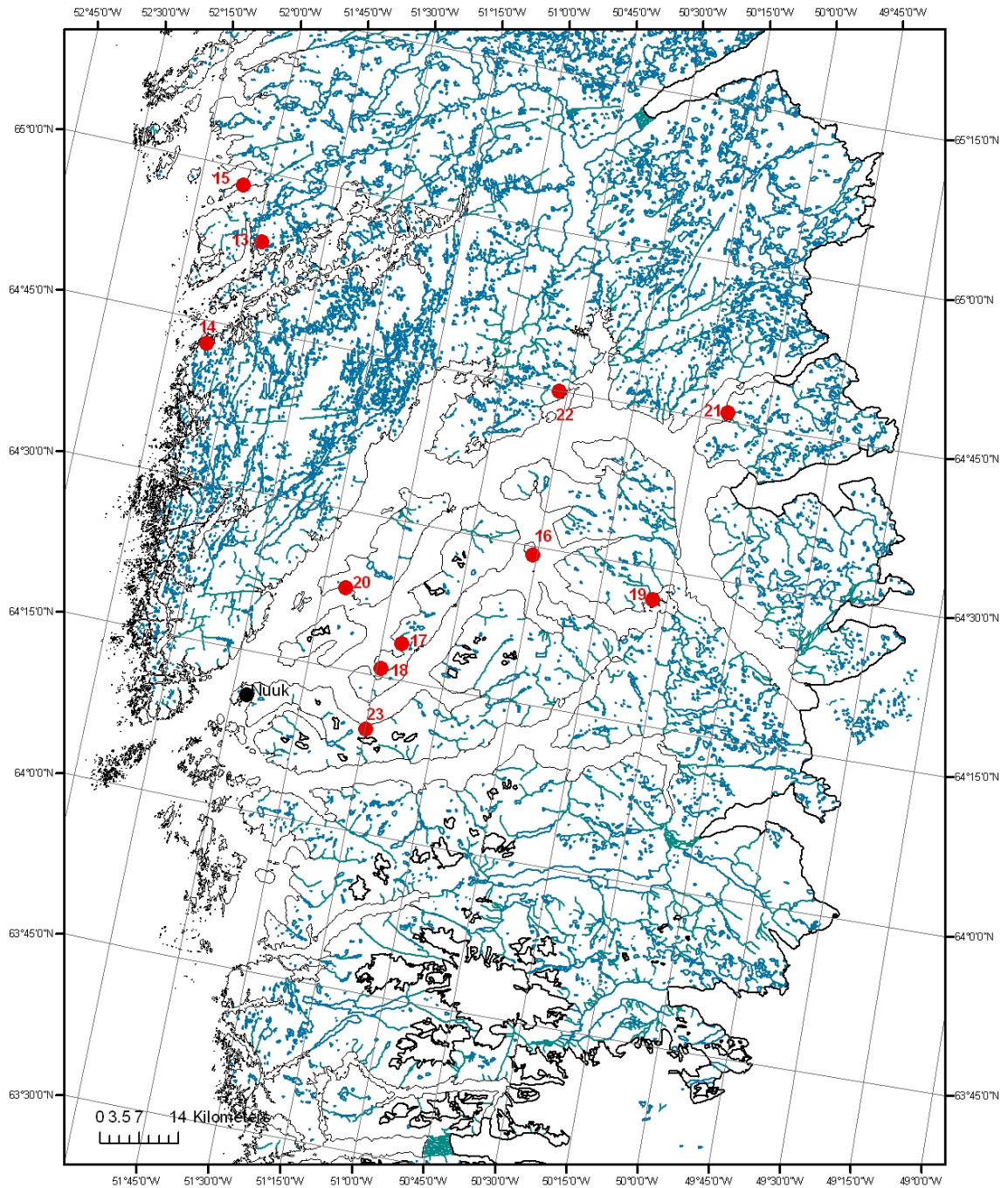




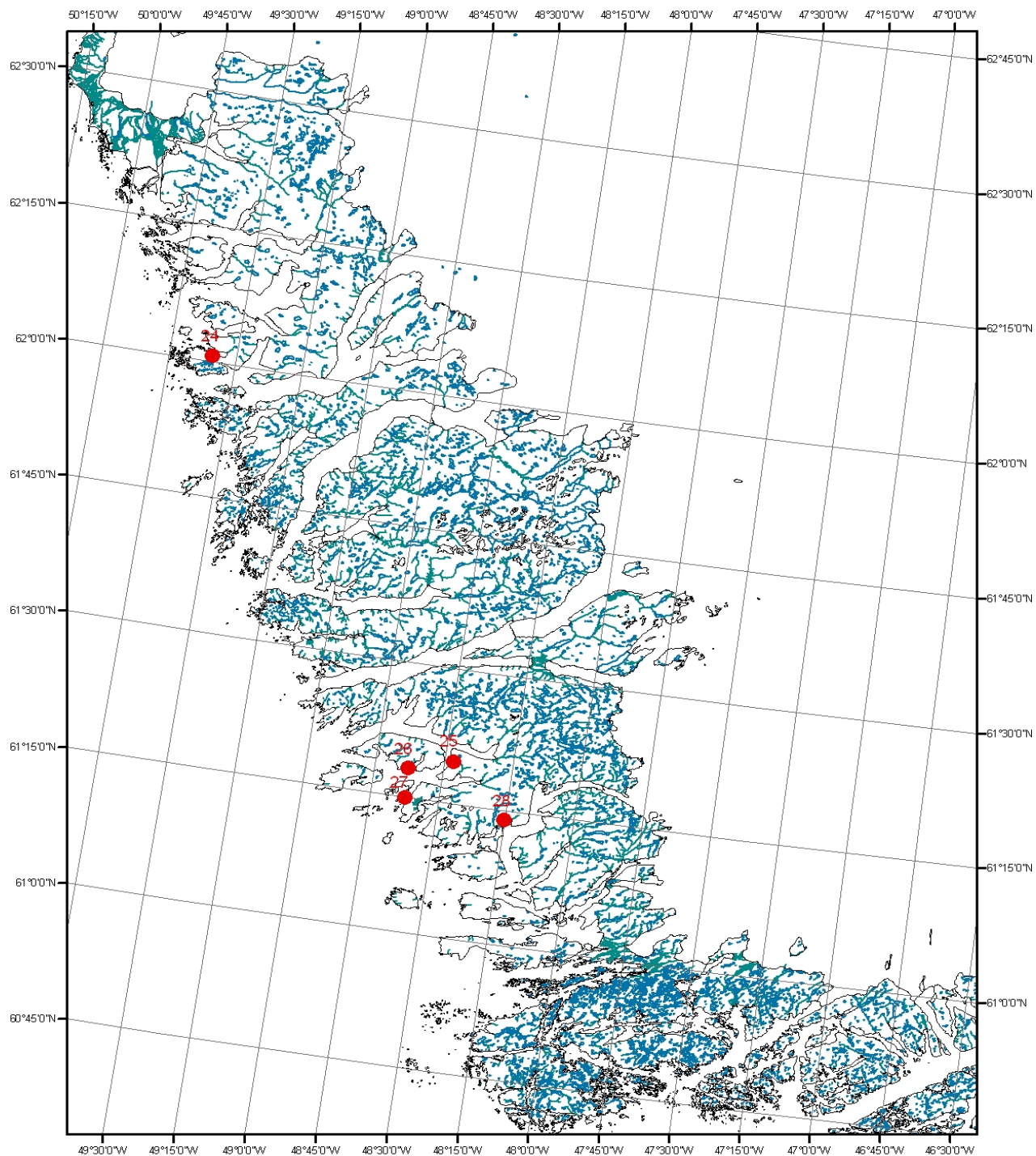
**Figur 11** – De røde mærker viser placeringen af fedtstensforekomsterne 9 og 10 i Disko Bugt området. Yderligere information i tabel 13.



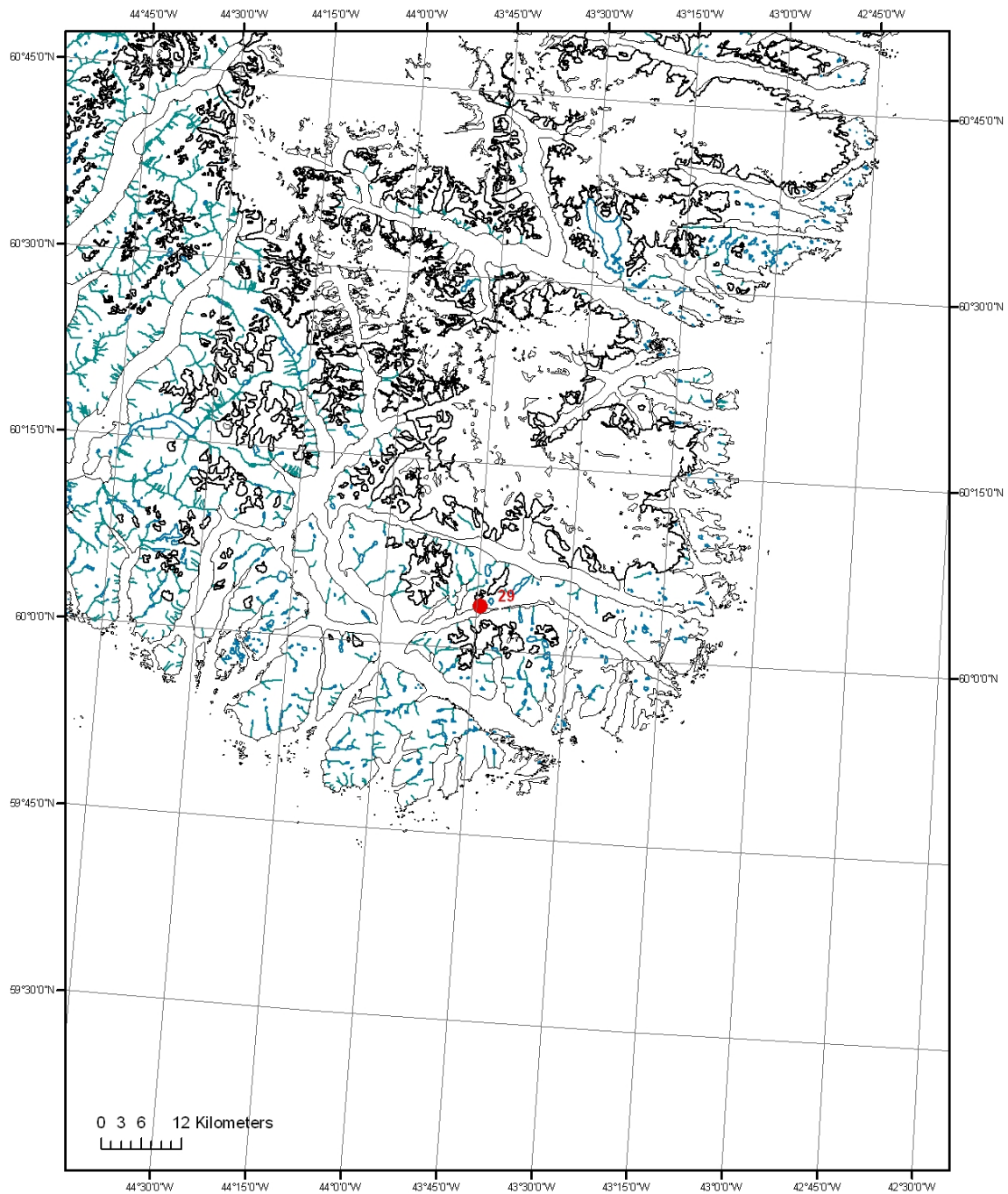
**Figur 12** – De røde mærker viser fedtstensforekomsterne ved Kangerlussuaq (11) og Narsarsuaq (12). Yderligere oplysninger i tabel 13.



**Figur 13** – Røde mærker viser fedtstensforekomster i Maniitsoq – Nuuk området. Yderligere information i tabel 13.



**Figur 14** – Røde mærker viser fedtstensforekomster i Paamiut området. Yderligere oplysninger i tabel 13.



**Figur 15** – Rødt mærke viser fedtstenslokaliteten ved Aappilattoq i Nanortalik området. Yderligere information i tabel 13.

# Smykkesten

## Amazonit (amazonsten)

Mineralet amazonit – også kaldet amazonsten - er en smykkesten, som kendes fra forekomster over det meste af verden. Især Brasilien, Mexico, USA, Rusland, Madagaskar, Indien og Norge har mange forekomster. Geologisk set er amazonit en farvet variant af mineralet feldspat.

## Mineralogi og geologiske miljøer

Mineralogisk set er amazonit en grønlig variant af et af de almindelige feldspatminerale – mikroklin. Amazonit har derfor de samme egenskaber som feldspat. Eksempelvis spaltes det let efter markante krystalretninger, de friske brudflader har et glasagtigt udseende – 'glasglans' – og man finder ofte kasseformede krystaller. Farven i amazonit er typisk i grønne nuancer, fra grågrøn over turkisgrøn til blågrøn. Amazonit har hårdhed 6 og kan derfor let poleres helt blankt, men er samtidig robust mod slid og slag, hvilket – ud over farven – gør det egnet som smykkesten.

Amazonit findes udelukkende i tilknytning til meget grovkornede dele af granitmasser – også kaldet pegmatit – som er dannet under særlige forhold, hvor mineralerne har haft tid til at vokse til store krystaller. Pegmatitter er ofte lette at genkende i naturen pga. den større kornstørrelse af mineralerne, og fordi de er lysere end de omgivende bjergarter.

## Amazonit som smykkesten

Amazonit er med sin intense grønne farver eftertragtet som smykkesten. Amazonit har i mange år været brugt som smykkesten i Grønland og har efterhånden opnået status som Qaqortoq-områdets karakteristiske smykkesten. Kvaliteten af amazonit fra disse fund i Grønland er fuldt på højde med kvaliteten i materiale fra Brasilien og Norge.

Amazonit smykkesten er almindeligvis slebet i cabochon-formen. Planslibning, evt. som grundlag for forskellige selvvalgte former (fx hjertefacon) giver også en god effekt. Den polerede amazonit egner sig bedst til indfatning i sølv. Fatninger i ikke-ædelt metal ('ny-sølv', nikkel, kobber, tin etc.) frarådes. Til smykkebrug er der set spændende eksempler på sammensætning med andre ensfarvede grønlandske smykkesten, f.eks. den røde tugtupit og den blå lapis lazuli.

Farveintensiteten er delvis bestemt af slibningen, og der kan opnås et karakteristisk 'sølv-skær'.

## Priser

Prissætning af amazonit er yderst varierende, - bestemt af renhed, farveintensitet og krystalstørrelse. Priseksempler på råsten i luksuskvalitet fra Colorado og Norge sælges til priser omkring 100-120 kr/kg og amazonit råsten fra Brasilien sælges for priser på op til 300 kr/kg. Forarbejdet materiale, eksempelvis cabochoner, sælges typisk for 15-150 kr per styk (3x2 cm), og stenperler på 8 mm til ca. 3 kr per styk.

## Amazonit i Grønland

Amazonit kendes fra mange lokaliteter i Grønland, men kun få er beskrevet. Så vidt vides er kun én forekomst brugt til at udtage amazonit til smykkesten.

### Alanngorsuaq, Kobberminebugt

Amazonit findes i pegmatitter i det såkaldte Helene-granit-område, som optager hovedparten af halvøen Nunarsuit på sydsiden af Kobberminebugt i Sydvestgrønland.

Amazonit-lokaliteterne findes i den vestlige ende af Alanngorsuaq-området. Amazonitkrystallerne i dette område er veludviklede, centimeterstore og med en jævn gennemfarvning af den karakteristiske irgrønne nuance. Området, hvorfra der kendes fund af amazonit, er markeret på kortet. Amazonitten er knyttet til pegmatitgangene, som er 0,3 –2 m brede og ofte synlige i 50–100 meters længde.

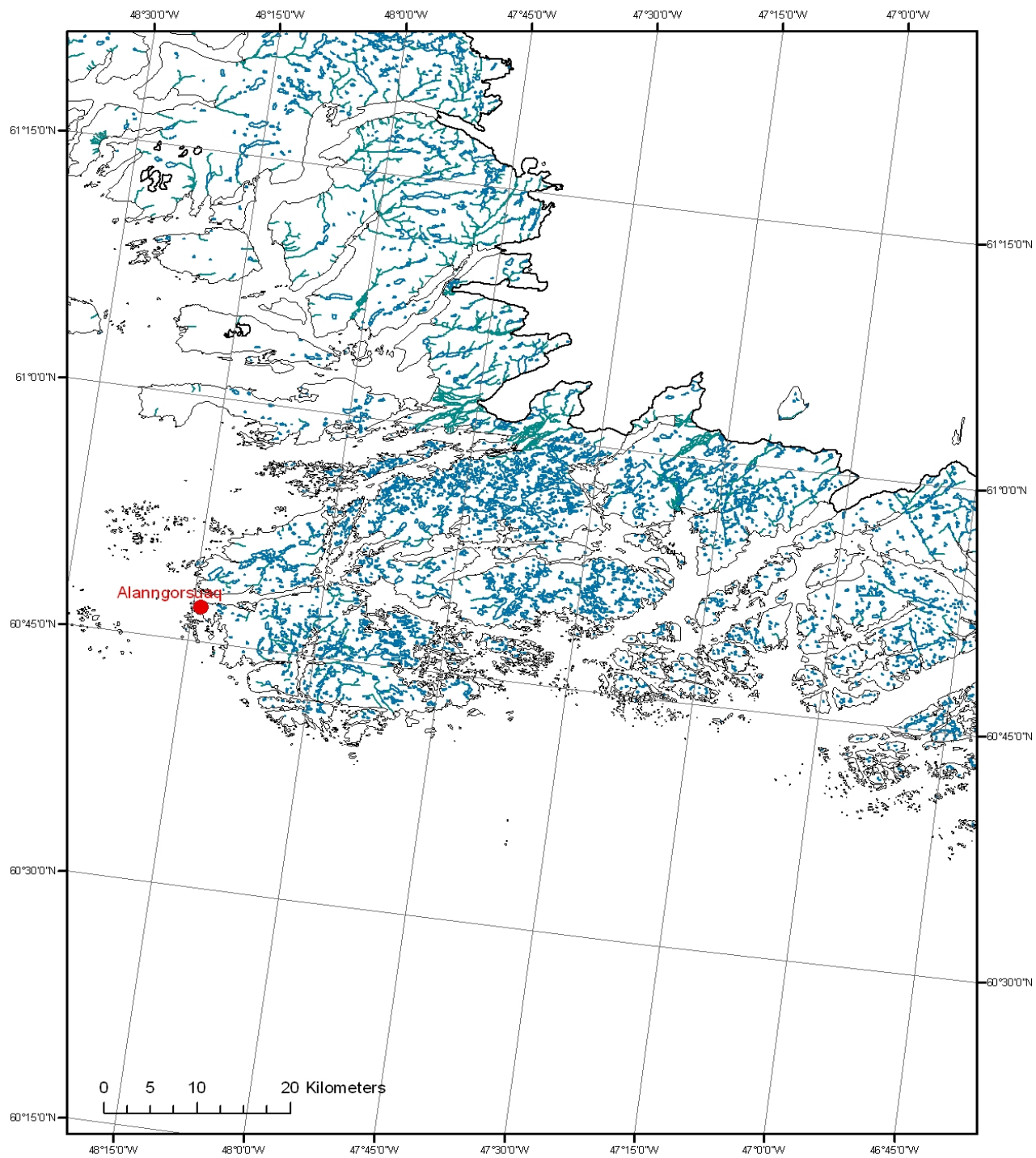
Qaqortoq kommune udtog i 1986 en mindre mængde amazonitholdige bjergarter med det formål at starte en lokal smykkestensindustri. Den brudte mængde overstiger næppe 1.000 kg.

## Referencer

*Ljungdahl, B.(2005): Grønlandske smykkesten, Grønlands Stenklub, 81 sider.*

*Secher, K., Nielsen, B.L. & Knudsen, N.Ø. 1982: "Grønlands smykkesten". København, KGH, (2.udgave), 52 sider. (Dansk og grønlandsk udgave).*

*Secher, K., Petersen, O.V. & Johnsen, O. 2006: "Grønland i en verden af mineraler – en enestående mineralrigdom i Arktis", København, Geocenter København. 170 sider.*



**Figur 16** – Rødt mærke angiver lokaliteten for amazonsten ved Alangorsuaq.



## Nuummit

Nuummit er navnet på en smykkesten, som blev fundet i Grønland i 1982, og efterfølgende blev opkaldt efter Nuuk. Senere er nummit også fundet i Finland, Spanien og i Wyoming i USA. Nuummit er således en af de 'nye' smykkesten og ukendt af de fleste.

### Mineralogi og geologiske miljøer

Geologisk set er nummit en blanding af to mineraler inden for gruppen af amfiboler, henholdsvis anthophyllit og gedrit. Nuummit danner aflange krystaller, som kan blive flere centimeter lange. Nuummit har en gennemsnitshårdhed på ca. 5.

Nuummit er en sort til mørkebrun sten med farverige krystaller af forskellig størrelse. Farvespillet i krystallerne veksler fra rød, over grøn til metallic blå og kraftig gylden. Ofte har de enkelte krystaller flere farver, der ses når krystallen drejes lidt. De forskellige farver skyldes lysets refleksion og brydning inde i krystallerne.

### Nuummit som smykkesten

Nuummit er velegnet som smykkesten på grund af farvespillet og hårdheden, som både gør den let at bearbejde, men også tilstrækkelig hård til at modstå slid. Nuummitten er let at save i og ret let at slibe. Nuummittens farvespil er meget afhængig af krystallernes orientering i stenen. Det er derfor vigtigt at der under brydning, skæring og slibning tages hensyn til retningen af krystallerne, så farvespillet bliver tydeligt. Desuden er en efterfølgende polering helt afgørende for at smykkestenen får et smukt farvespil.

Brydningen foretages bedst med hammer og mejsel. At sprænge nummitten ud af fjeldet kan ikke tilrådes, da det danner sprækker i stenen og ødelægger materialet som smykkesten.

Da nummitten ikke er gennemsigtig, skal den slibes i cabochon eller lignende former. Facetslibning giver ingen mening. Størrelsen af de producerede cabochoner bestemmes ud fra størrelsen af enkeltkrystallerne. Hvis stenen har store krystaller, bør det tilstræbes at lave store cabochoner. På nedenstående billede ses en stor, ret flad cabochon med centimeterstore krystaller, som har et gyldent farvespil. På det andet billede ses en mere finkornet nummit med et andet farvespil.

### Priser og markedsmuligheder

Priserne på nummit smykker er meget afhængig af en række faktorer, blandt andet:

- kvaliteten af Nuummitten
- antal farvede krystaller og farvespillet i stenen
- forarbejdningen af stenen

- størrelse og form i forhold til mængden
- størrelse og orientering af de farvede krystaller, samt
- Indfatning

Efter at nuummiten blev opdaget i Nuuk-området, er stenen fundet en del andre steder, blandt andet i Finland, hvor der er opstået en mindre nuummit-industri. Trods sin sjældenhed anses det største marked for nuummit-smykker forarbejdet i Grønland vil være turister til i Grønland. Kun særdeles velforarbejdede smykker vil kunne afsættes på det internationale marked. Nuummit-stykker fra Grønland sælges også via internettet til priser på 1-3 kr/gr.

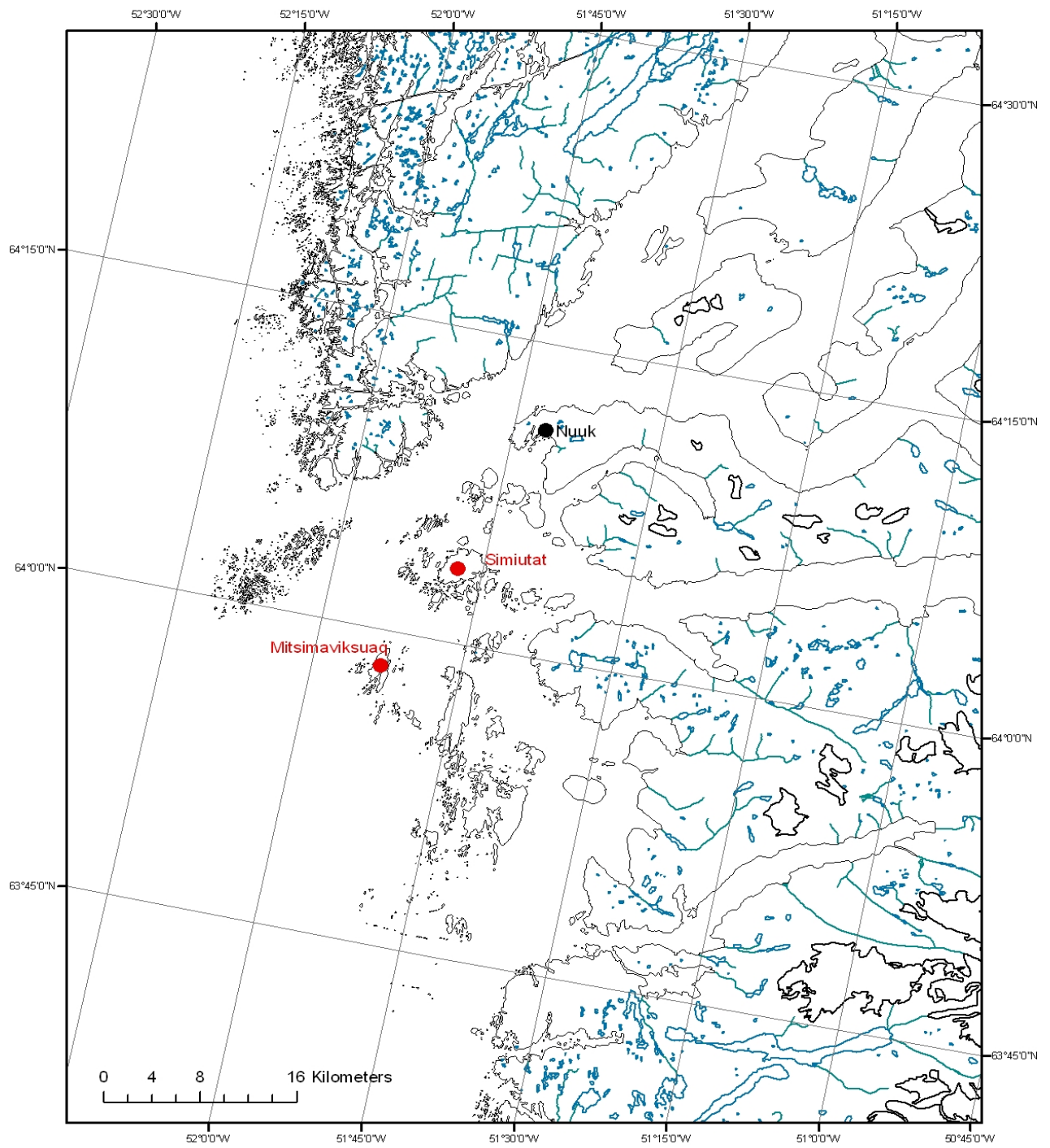
## **Nuummit i Grønland**

Nuummit findes på en række af øerne syd for Nuuk ned mod Buksefjorden. Af de kendte forekomster er de bedste fundet på øerne Simiutat og Mitsimaviksuaq, men der er givetvis mange andre forekomster i den del af skærgården.

De Nuummit-førende lag optræder som mørke, flere meter brede lag i de omkringliggende bjergarter. De er ofte lidt rustne på overfladen. I de mørke lag er der både nuummit af smykkekestenskvalitet og uden smykkekestenskvalitet. Det kræver øvelse at se forskel. Hvert enkelt stykke, som hugges ud af fjeldet skal undersøges grundigt for at vurdere farvespillet, som bedst ses på en af siderne af de brudte sten.

## **Referencer**

*Appel, P. W. U. and Jensen, Aa. 1987: A new gem material from Greenland: Iridescent orthoamphibole. Gems and Gemmology XXIII, 36-42*



**Figur 17** – De røde mærker viser de to lokaliteter af nummit i Nuuk området.