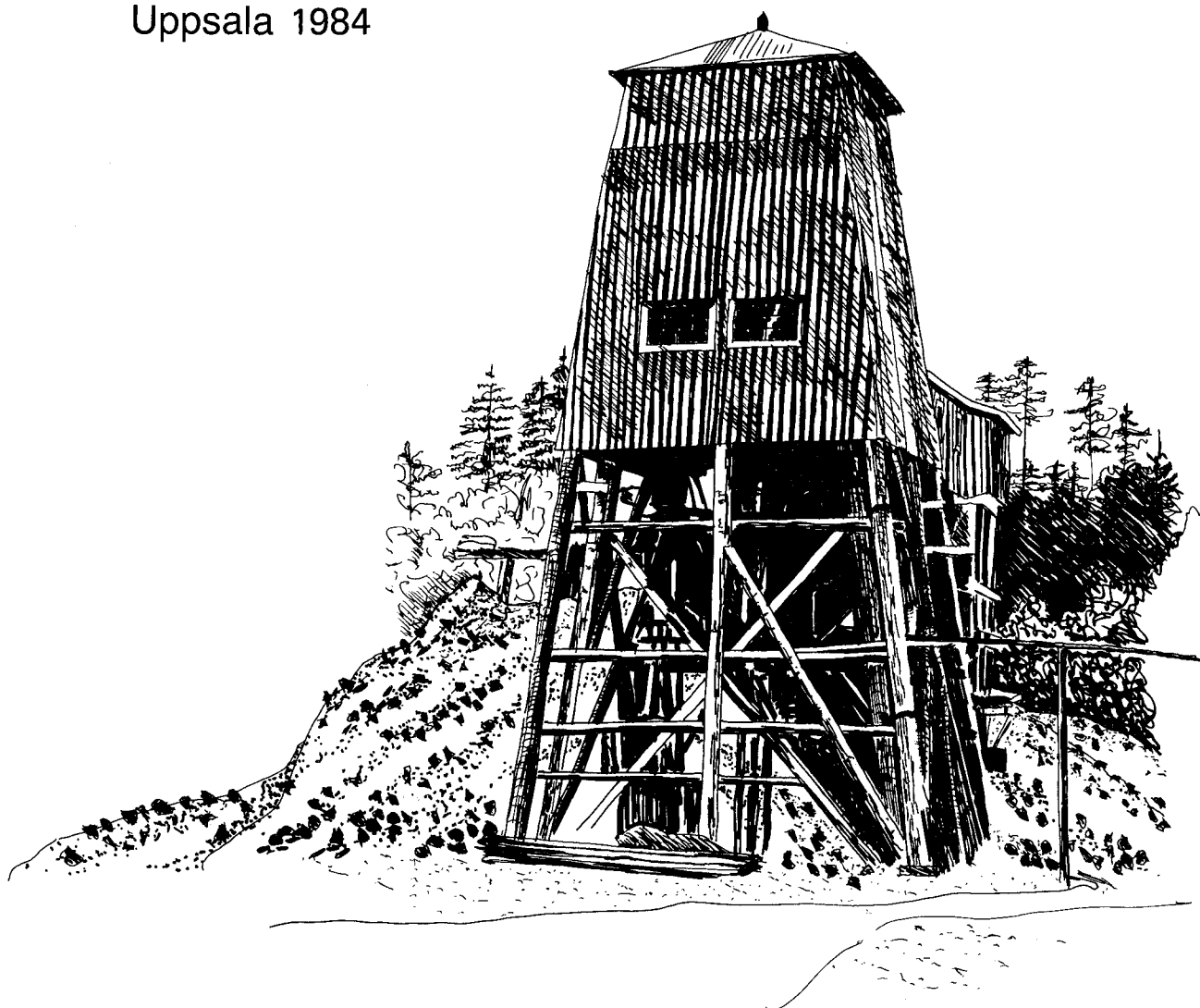




SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING
Rapporter och meddelanden nr 35

Vanadin

Uppsala 1984



FÖRORD

Föreliggande rapport har utarbetats vid Sveriges geologiska undersökning (SGU), mineralbyrån, som ett led i verkets bevakning av gruv- och mineralindustrin och utgör en del av informationsutbytet mellan SGU och andra myndigheter samt nämnda industri.

Inom mineralbyrån har arbetet med att utarbeta denna rapport utförts av byrådirektören Thomas Hellström och 1:e byråsekreteraren Gunnar Häggmark.

Rapporten har varit föremål för diskussion inom mineralresursrådet.

SGU vill tacka Ferrolegeringar Trollhätteverken AB, övriga företag samt myndigheter verksamma inom området för värdefullt bistånd.

Uppsala i mars 1984

Arne Wesslén
Generaldirektör

Sven Arvidsson
Tf byråchef

<u>Innehåll</u>	<u>Sid</u>
1. <u>Allmänt om vanadin och dess uppträdande</u>	5
2. <u>Råvarutillgångar</u>	9
2.1 Brytvärda tillgångar	9
2.2 Tillgångarnas länderfördelning	9
2.3 Sveriges tillgångar	11
3. <u>Produktion</u>	15
3.1 Produktionsteknik	15
3.2 Produktionsutveckling	17
3.3 Företagsstruktur	17
3.4 Kostnadsstruktur	21
3.5 Sveriges produktion	21
4 <u>Handel</u>	23
4.1 Internationell handel	23
4.2 Prissättning	23
4.3 Sveriges export och import	23
5. <u>Konsumtion</u>	33
5.1 Användningsområden	33
5.2 Substitutionsförhållanden	33
6. <u>Prognoser</u>	35
6.1 Teknikprognos	35
6.2 Globala prognoser	35
6.3 Prognoser för Sverige	39
Bilaga 1 Internationell översikt över vanadinfyndigheter	41
Bilaga 2 Sveriges vanadinfyndigheter	53
Litteratur	57

1. Allmänt om vanadin och dess uppträdande

Vanadin (V), som är en silvergrå metall, upptäcktes 1801 av spanjoren M. del Rio i blymalm från Mexico. Han kallade metallen erythronium eftersom salterna blev röda vid uppvärmning med syra. 1831 fann svensken Nils Gabriel Sefström en vad han trodde okänd metall i järnmalm från Smålands Taberg och döpte den till vanadin efter den nordiska gudinnan Vanadis. Samma år visade den tyske kemisten Friedrich Wöhler att erythronium och vanadin var samma metall. Vanadin är en för stålframställningen viktig legeringsmetall. För vissa slag av kvalitetsstål, speciellt stål för en del krigsmateriel, är metallen nödvändig. Den är således en strategiskt viktig råvara.

Vanadinets smältpunkt ligger vid $+1920^{\circ}\text{C}$ och dess kokpunkt vid $+3380^{\circ}\text{C}$. Densiteten vid $+20^{\circ}\text{C}$ är $6,11 \text{ g/cm}^3$. Vanadin har atomnummer 23 och hör till samma grupp i det periodiska systemet som niob och tantal. Vanadin är i rent tillstånd hård och plastiskt formbar. Små föroreningshalter leder till sprödhet.

Jordskorpan innehåller i genomsnitt ca 0,015 % vanadin. Vanadin kommer därmed på 22:a plats i storleksordning bland ämnen som ingår i jordskorpan. Detta gör att vanadin förekommer mer allmänt än t ex koppar, bly eller zink. Till skillnad från dessa metaller uppträder vanadin sällan i större koncentrationer. Det finns 68 mineral som innehåller mer än 1 % vanadin. De ur industriell synvinkel viktigaste är angivna nedan.

		vanadin-halt i %
Patronit	V_2S_5 till V_2S_9	ca 30
Coulsonit	FeV_2O_4	47,7
Montroseit	$\text{VO}(\text{OH})$	45,4
Volborthit	$\text{Cu}_3[\text{VO}_4]_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	21,3
Roscoelith	$\text{KV}_2[(\text{OH})_2/\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$	12,5
Descloizit-Mottramit	$(\text{Zn,Cu}) \text{ Pb}[\text{OH}/\text{VO}_4]$	11,9
Carnotit	$\text{K}_2[(\text{UO}_2)_2/\text{V}_2\text{O}_8] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	11,5
Tyuyamunit	$\text{Ca}[(\text{UO}_2)_2/\text{V}_2\text{O}_8] \cdot 5 - 8,5\text{H}_2\text{O}$	11,1
Vanadinit	$\text{Pb}_5[\text{Cl}/(\text{VO}_4)_3]$	10,2

Områden med större vanadinförekomster framgår av figur 1.

Vanadin utvinns för närvarande nästan uteslutande som en sam- eller biprodukt vid järn-, titan-, uran-, bly- och zinkframställning samt som biprodukt ur råolja och oljeskiffer. Det mest kända undantaget från ovanstående är Wilson Springs i Arkansas i USA. Det är den enda malmfyndighet i USA som bearbetas i första hand för vanadin. Trots att vanadin upptäcktes under förra hälften av 1800-talet kom en mer betydande utvinning av vanadin till stånd först i början på 1900-talet. Tidigare utvanns vanadin ur Coloradoplåtåns uran-vanadin-malmer och framför allt vid Mina Ragra i Peru. Obetydliga mängder av Pb-V-malmer från Mexico, Argentina, nuvarande Namibia (Sydvästafrika) och Spanien hade ingen större betydelse. Först senare under 1900-talet började länder som Namibia och nuvarande Zambia genom sina bly-, zink-, koppar- och vanadinmalmer ge mera betydande tillskott till världens vanadinproduktion. Från mitten av 1960-talet minskade dock deras andel av världsproduktionen väsentligt. År 1978 upphörde brytningen, åtminstone tillsvidare, i den sista gruvan, Berg Aukas, i Namibia.

De länder som idag har de största upptäckta vanadintillgångarna och som också dominerar världsproduktionen är Sydafrika och Sovjetunionen.

För dagens gruvproduktion är det speciellt de magmatiska, vanadinförande titanomagnetiterna som är av betydelse. De uppträder i stort antal över hela världen och är både rumsligt och genetiskt knutna såväl till basiska som till paleozoiska orogena zoner. Förekomster av denna typ är bl a Bushveldkomplexet i Sydafrika, Otanmäki och Mustavaara i Finland, Rødsand i Norge, El Romeral i Chile, Gusevogorsk-Katschkanar i Ural i Sovjetunionen samt Lanshan och Chienshan i provinsen Sichuan i Folkrepubliken Kina.

I jämförelse med ovanstående uppträder de andra typerna av vanadinförekomster mer sparsamt. Dessa typer är

- Kontinentalt-sedimentära uran-vanadinmalmer. Förekommer talrikt i Colorado-plåtåns område (framför allt Uravan Mineral Belt) i USA samt i Yeellirie (Västaustralien).
- Vanadinförande lerstenar vid Wilson Springs i Arkansas, USA.

FIGUR 1 VIKTIGARE OMRÅDEN MED VANADINFÖREKOMSTER (V)



- Marint-sedimentära, vanadinförande fosfatförekomster. Dessa uppträder i den permiska s k Phosphoria-formationen i västra USA, speciellt i Idaho.
- Bly-zink-koppar-vanadinmalmer. Förekommer i Otaviområdet i Namibia.

Dessutom utvinns vanadin ur karibisk olja, i synnerhet från Venezuela.

Utvinningen av vanadin som biprodukt vid produktion av aluminiumoxid ur bauxit förekommer i Indien, Sovjetunionen och Ungern men torde vara mycket obetydlig

I bilagorna 1 och 2 ges en kortfattad sammanställning av de betydelsefullaste förekomsterna av vanadin i världen resp Sverige.

2. Råvarutillgångar

2.1 Brytvärda tillgångar

När det gäller kvantiteten vanadin som är möjlig att utvinna finns olika sätt att klassificera tillgångarna. Bureau of Mines (USBM) anger två slag av tillgångar. Dels totalt brytvärda tillgångar ("Reserve base") vilka utgörs av upptäckta, ekonomiskt brytvärda tillgångar, marginellt ekonomiskt brytvärda tillgångar samt vissa inte ekonomiskt brytvärda tillgångar. Dels ekonomiskt brytvärda tillgångar ("Reserves"). Tabell 1 visar att de totalt brytvärda tillgångarna är knappt 17 Mton, medan de ekonomiskt brytvärda tillgångarna uppskattas till drygt 4 Mton vanadinmetall.

Av de totalt påvisade tillgångarna på 63 Mton utvinningsbar vanadinmetall finns ungefär 46 % i titanjärnmalmer och titanhaltig järnsand. De största fyndigheterna av dessa slag finns i Sovjetunionen och Sydafrika. Ungefär 39 % av utvinningsbar vanadin förekommer i fosfatiska skiffrar och av dessa finns tre fjärdedelar i USA. Cirka 9 % av tillgångarna förekommer i råolja och tjärsand.

2.2 Tillgångarnas länderfördelning

Av de totalt brytvärda tillgångarna (tabell 1, kolumn B) svarar Sovjetunionen och Sydafrika för drygt 70 %. Man kan notera att Kina står för en andel av 10 %. Förutom dessa tre länder samt USA (13 %) finns endast begränsade tillgångar i ett mindre antal länder.

Om man ställer de totalt brytvärda tillgångarna i relation till gruvproduktionen får man en uppfattning om tillgångarnas livslängd (tabell 2). Denna förefaller idag betryggande.

Tabell 1

Världens tillgångar av vanadin

	A ¹⁾	B ²⁾	
	Tusen ton vanadin- innehåll	Tusen ton vanadin- innehåll	Andel %
Nordamerika:			
Kanada	-	45	0,3
Mexiko	-	5	0,0
USA	170	2.200	13,3
Totalt	170	2.250	13,6
Sydamerika:			
Chile	15	25	0,2
Venezuela	10	90	0,5
Totalt	25	115	0,7
Europa:			
Finland	30	90	0,5
Norge	-	5	0,0
Sovjetunionen ³⁾	2.600	4.100	24,7
Totalt	2.630	4.190	25,2
Afrika:			
Burundi	-	15	0,1
Mocambique	-	35	0,2
Namibia	-	5	0,0
Sydafrika	860	7.800	47,0
Zambia	-	5	0,0
Totalt	860	7.855	47,3
Asien:			
Indien	10	35	0,2
Kina ³⁾	610	1.630	9,8
Sydkorea	-	5	0,0
Totalt	620	1.670	10,1
Oceanien:			
Australien	30	245	1,5
Nya Zeeland	-	270	1,6
Totalt	30	515	3,1
Världen	4.335	16.600	100,0

1) A = ekonomiskt brytvärda tillgångar

2) B = ekonomiskt brytvärda tillgångar + marginellt ekonomiskt brytvärda tillgångar + vissa inte ekonomiskt brytvärda tillgångar

3) Exklusive karboniska skiffrar och petroleumaska

Källa: USBM: Mineral Commodity Profiles, Vanadium, 1983

Tabell 2 Livslängden för världens totalt brytvärda tillgångar
av vanadin

	Tillgångar 1000 ton vanadininnehåll	Gruvproduktion 1981. Ton vana- dininnehåll	Antal års- produktioner vid 1981 års produktionsnivå
Sydafrika	7.800	12.792	610
Sovjetunionen	4.100	9.526	430
USA	2.200	5.777	381
Kina	1.630	4.536	359
Finland	90	3.114	29
Chile	25	127	197
Norge	5	490	10
Övriga	750	86	-
Världen	16.600	36.448	455

Källa: USBM: Mineral Commodity Profiles, Vanadium, 1983

2.3 Sveriges tillgångar

I Sverige förekommer två typer av fyndigheter, vanadinhaltig järnmalm och vanadinförande alunskiffer. I tabell 3 återges de svenska fyndigheterna, deras malmkvantiteter samt halter. Ingen av fyndigheterna är idag föremål för brytning. Figur 6, bilaga 2 anger belägenheten för titanjärnmalmerna.

De svenska titanjärnmalmerna innehåller relativt låga halter av vanadin och har ännu inte ansetts brytvärda. Under senare tid har två av fyndigheterna, Kramsta och Sumåssjön, varit föremål för undersökningar.

AB Statsgruvor, som har utmålet för Kramsta, har långt framskridna planer för brytning. Projektet vilar dock för närvarande i avvaktan på ett eventuellt beslut om brytning vid Sumåssjön (ungefär 40 km från Kramsta). Denna fyndighet har inmutats av NSG och för närvarande genomförs förstudier, som beräknas vara avslutade under våren 1984. Medelhalten vanadin är högre än i Kramsta.

Den största malmkvantiteten finns i Smålands Taberg. Här har brytning av järnmalm tidigare skett. Under 1984 väntas ett beslut huruvida området kommer att bli naturskyddsområde.

Ingen av de övriga titanjärnmalmerna är för närvarande föremål för ytterligare undersökningar.

Tabell 3 Fyndigheter innehållande vanadin

Fyndighet	Malmkvantitet Mton	Halt i %		
		Fe	TiO ₂	V
<u>Vanadinhaltiga järnmalmer:</u>				
Akkavare (Melko) ^{1,2,3)}		20-25	5-7	0,1-0,2
Jerfojaure ⁵⁾	6	15-20	5-7	0,10-0,12
Kramsta ⁶⁾	15	18	4	0,16
Ruotivare ²⁾	120	38	9,4	0,17
Smålands Taberg ²⁾	130	30	7,6	0,17
Sumåssjön ⁴⁾	15-20	20	3,7	0,22
Ulvöarna ⁷⁾	20	25	8	0,20
<u>Alunskiffrar:</u>				
Jämtland ⁴⁾				0,15-0,20
Närke ²⁾				0,05
Ranstad ²⁾				0,065
Skåne ²⁾				0,15
Öland ⁸⁾				0,14
Östergötland ⁸⁾				0-0,21

Källor: 1) NSG Prospektering i Norrbottens län, 1978

2) SOU 1979:40 Malmer och metaller

3) SGU

4) NSG

5) Boliden Mineral AB

6) LKAB

7) Grip, E. och Frietsch, R. 1973: Malm i Sverige 2

8) SIND PM 1978:3, Alunskiffer

Alunskiffrarna innehåller vanadin i relativt låga halter. Numera finns koncessioner endast för skiffrarna i Västergötland. Här innehas bearbetningskoncessioner av Ranstad Skiffer AB och av Svenska Skifferolje AB. Försök genomförs i Ranstad angående möjligheten att ta tillvara kerogen. Däremot pågår för närvarande inget utvecklingsarbete beträffande de ingående metallerna.

3. Produktion

3.1 Produktionsteknik

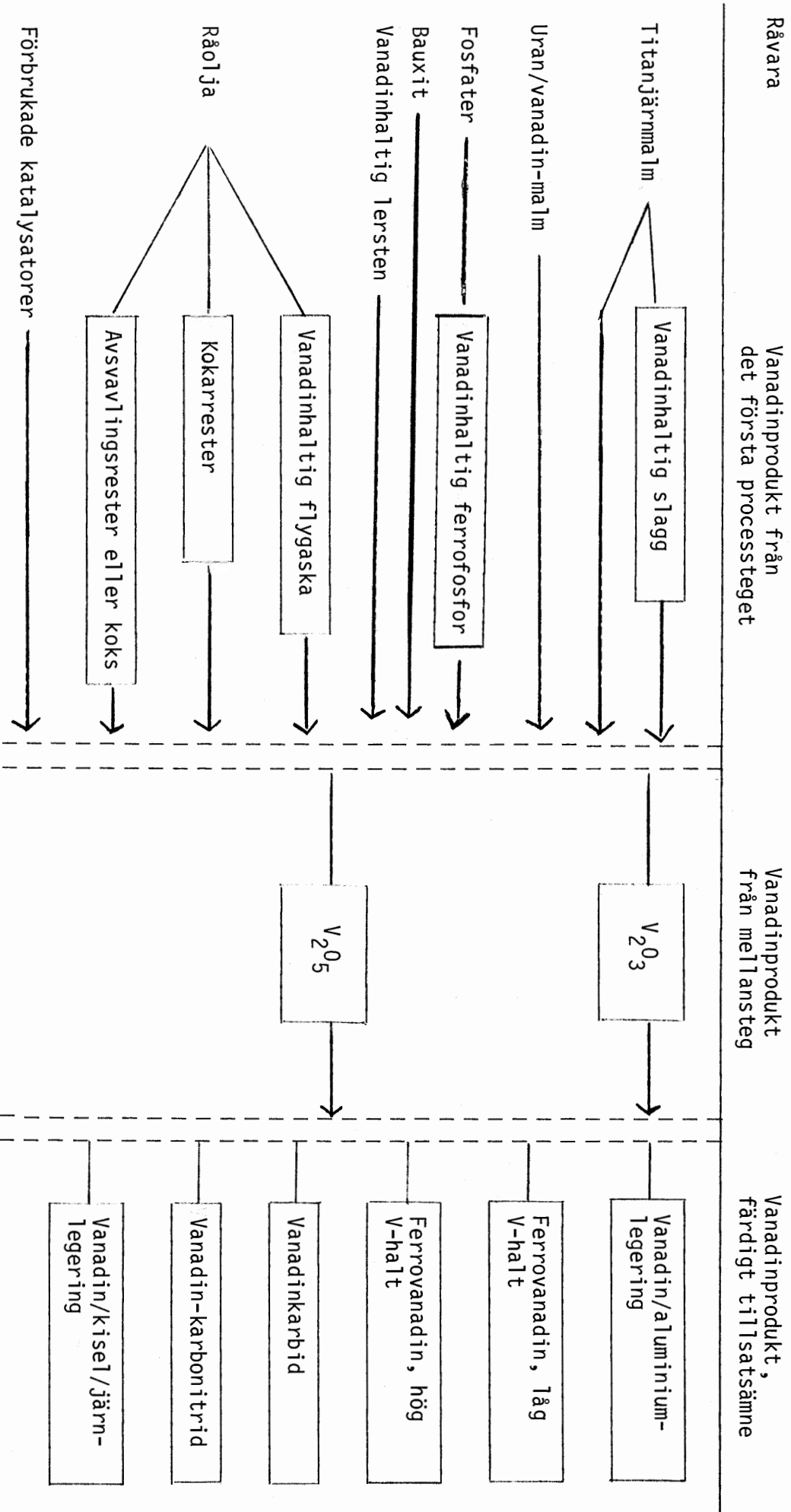
Den helt övervägande delen av världens produktion av vanadinföreningar härrör från olika malmer och råolja. Återvinning sker endast i begränsad omfattning beroende på att vanadin oftast ingår i slutprodukten i låga halter. Vanadin framställs med få undantag som bi- eller samprodukt till andra komponenter i råvaran. Fyndigheterna i Wilson Springs, USA och Mustavaara, Finland, är dock att betrakta som enbart vanadinsgruvor. Figur 2 anger översiktligt framställningen av vanadinprodukter ur olika råvaror. Det gäller att först separera vanadinet från övriga komponenter i råvaran. Här används processer som rostning, lakning, extraktion och ibland jonbyte. Mellanprodukter är vanligen vanadintrioxid, vanadinpentoxid eller ammoniummetavanadat. Den finska Otanmäki-metoden bygger på rostning och lakning. I USA utvinns vanadin ur uran-vanadinmalmer genom syralakning och extraktion.

Det vanligaste sättet att producera ferrovanadin är genom en aluminotermisk reaktion mellan vanadinpentoxid och aluminium. Ferrovanadin kan även framställas i en elektrisk ljusbågsugn eller annan typ av elektrisk ugn genom reduktion av vanadinpentoxid med antingen aluminium, kisel eller kol. Även vanadintrioxid och vissa oljerester kan i vissa fall användas som råvaror. Man kan styra processerna så att ferrovanadin med olika vanadinhalt erhålles.

Ren vanadinmetall kan framställas genom olika reduktionsprocesser. Efterfrågan är dock mycket begränsad och gäller främst forskningsändamål.

Försök pågår med att utveckla tekniken för att utvinna vanadin och nickel ur metallhaltig, högsavlig råolja. Dessa metaller, liksom viss andra, "förgiftar" katalysatorerna vid avsvavling och krackning samt ger ytterligare problem i senare processteg i raffinaderierna. En metod som håller på att utvecklas är "Flexicoking", vilken kan användas vid raffinering av tunga råoljor. Därvid avlägsnas överskottskol, svavel och olika metaller. "Flexicoking" är en av flera tekniker som utvärderas för nya raffinaderier i Venezuela, då oljefälten i Orinoco producerar vanadinrik, tung råolja.

Figur 2 Översiktligt schema över framställning av vanadinprodukter



3.2 Produktionsutveckling

Under 1970-talet ökade världens gruvproduktion med i genomsnitt 5,7 % per år. Den totala produktionen var 1981 knappt 39.000 ton (vanadin-innehåll). De senaste åren har inneburit en ungefär oförändrad produktionsnivå beroende på stagnationen inom världens stålindustri.

Tabell 4 visar produktionens länderfördelning 1981 samt produktionskapaciteter. Det är således i relativt få länder gruvproduktion förekommer. De största gruvproducenterna är Sovjetunionen och Sydafrika. De svarar tillsammans för knappt 60 % av världsproduktionen. Kapacitetsutnyttjandet var 1981 61 % inom hela industrin, vilket möjliggör en produktionsökning med över 50 % med befintlig produktionsapparat.

I Norge har vanadinhaltig järnmalm utvunnits vid Elkems gruva i Rödsand och ferrovanadin har producerats i Bremanger. Produktionen upphörde vid slutet av 1981 resp i mitten av 1982 p g a marknadsskäl och kommer sannolikt inte att återupptas.

I Finland utvinns vanadin vid två gruvor, Mustavaara och Otanmäki vilka båda ägs av Rautaruukki. Brytningen i Mustavaara sker uteslutande för vanadinutvinning men kommer att läggas ned inom ett par år beroende på höga energikostnader och ett besvärligt marknadsläge. I Otanmäki utvinns vanadin tillsammans med järn. Här kommer brytningen att upphöra ungefär vid mitten av 1980-talet beroende på att malmen då är slut. Vid båda gruvorna tillverkas vanadinpentoxid, vilken till stor del exporteras.

3.3 Företagsstruktur

I tabell 5 anges de större producenterna av vanadinråvaror samt gruvor 1982. Den vertikala integrationen varierar mellan bolagen. Antalet företag som producerar ferrovanadin är väsentligt fler än gruvproducenterna och finns i betydligt fler länder. De större producenterna framgår av tabell 6. Den europeiska industrin är i hög grad beroende av import av råvaror och endast Rautaruukki i Finland utvinner idag vanadin ur egen malm.

Den helt dominerande vanadinproducenten i västvärlden är det sydafrikanska Highveld Steel and Vanadium med produktion från råvara till ferrovanadin. USA:s största företag är Union Carbide.

Tabell 4

Världens vanadinproduktion 1981, produktionskapaciteter 1981, 1982 och 1985 samt kapacitetsutnyttjande 1981. Ton vanadin-innehåll resp %

	Produktion(ton)	Kapacitet(e)(ton)			Kapacitetsutnyttjande (e)(%)
	1981	1981	1982	1985	1981
Produktion ur malmer, koncentrat och slaggar: 1)					
Nordamerika: USA	5777 ²⁾	8900	9000	11200	
Sydamerika: Chile	127 (e)	1100	1100	1100	
Europa:					
Finland	3114	3800	3800	4000	
Norge	490 (e)	1200	1200	-	
Sovjetunionen	9526 (e)	18100	18100	26300	
Afrika: Sydafrika	12792 (e)	16400	17200	18400	
Asien: Kina	4536 (e)	5900	5900	7900	
Australien	86 (e)	900	900	1800	
Världen	36448	56300	57200	70700	65
Produktion ur petroleumrester, askor och förbrukade katalysatorer: 3)					
Nordamerika: USA	1724 ²⁾	6400	6400	8700	
Asien: Japan	726 (e)	1100	1100	1200	
Världen	2450	7500	7500	9900	33
Världen, slutsumma	38898	63800	64700	80600	61

(e) uppskattning

1) Produktionen hänförs till det land varifrån råvaran kommer.

2) Utvunnet vanadin.

3) Produktionen hänförs till det land där vanadinet utvinns. Vanadin utvinns ur petroleumrester även i Sovjetunionen, Västtyskland och flera andra europeiska länder men bristande information omöjliggör uppskattningar.

Källa: USBM: Mineral Commodity Profiles, Vanadium, 1983

Tabell 5

De större producenterna av vanadinråvaror samt producerande gruvor 1982

Land	Företag	Gruva	Malmtyp
Australien	Agnew Clough Ltd ¹⁾	Coates, W.A.	Titanjärnmalm
Chile	Comp. de Acero del Pacifico S.A.	El Romeral, Coquimbo-provinsen	"-
Finland	Rautaruukki Oy	Otanmäki, Vuolijoki	"-
	"-	Mustavaara, Taivalkoski	"-
Kina	Statligt	Panzhihua, Sichuan	"-
	"-	Chengde, Hebei	"-
	"-	Maanshan, Anhui	"-
Norge	Elkem A/S ²⁾	Rödsand, Nesset	"-
Sovjetunionen	Statligt	Kachkanar 1&2, Sverdlovsk	"-
	"-	Pervoural'sk, Sverdlovsk	"-
	"-	Kusa, Chelyabinsk	"-
	"-	Lisakovsk, Kazakh	Oolitisk limonitmalm
Sydafrika	Highveld Steel and Vanadium Corp. Ltd	Mapochs, Transvaal	Titanjärnmalm
	Transvaal Alloys Pty. Ltd	Uitvlug, Transvaal	"-
	Ucar Minerals Corp. Ltd	Uitvalgrond/Krokodil-kraal, Transvaal	"-
USA	Atlas Corp	Gruvor på Colorado-platån	Uranhaltig sandsten
	Cotter Corp	"-	"-
	Energy Fuels Nuclear, Inc.	"-	"-
	Union Carbide Corp	"-	"-
	"-	Wilson Springs Pit. Ark.	Vanadinhaltiga lerstenar
	J.R. Simplot Co	Gay, Idaho	Fosfater
	Monsanto Ind. Chem. Co	Henry, Idaho	"-
	Stauffer Chem. Co	Wooley Valley, Idaho	"-

1) Gruvan har varit avställd sedan januari 1982.

2) Gruvan stängdes vid slutet av 1981. Koncentrat har dock vidareförädlats fram till juni 1982.

Tabell 6

Större producenter av ferrovanadin 1982¹⁾

Land	Företag
Belgien	S.A. Applications de la Chimie, de l'Électricité et des Metaux (SADACEM)
Brasilien	Eletrometalur S.A., Industria e Comercio Prometal-Produtos Metalurgicos S.A. Termoligas Metalurgicas S.A.
Frankrike	Penarroja, Usine de L'Estaque, Bouches-du-Rhône Ste. Francaise d'Électrometallurgie (SOFREM) Groupe PUK
Indien	The Dandeli Ferro Alloys Pvt. Ltd Electric Control Gear Pte. Ltd
Italien	Salem S.p.A. Leghe e Metalli
Japan	Awamura Metal Industry Co. Ltd Japan Metals and Chemicals Co. Ltd Nippon Denko Co. Ltd Taiyo Mining and Industrial Co. Ltd
Kanada	Masterloy Products Ltd
Kina	Ministry of Metallurgical Industry
Luxemburg	Continental Alloys S.A.
Mexiko	Ferroaleaciones de Mexico S.A. (FERROMEX)
Norge	Elkem A/S
Sovjetunionen	Chusovskoy Metallurgicheskij Kombinat Metallurgicheskij Zavod im. Serova Nizhnetagilskij Metallurgicheskij Zavod Tulachermet Kombinat
Spanien	Ferroaleaciones Especiales Asturianas S.A. (FERROASTUR)
Storbritannien	Ferro-Alloys & Metals Ltd London & Scandinavian Metallurgical Co. Ltd Murex Ltd
(Sverige	Ferrolegeringar Trollhätteverken A.B.)
Sydafrika	Highveld Steel and Vanadium Corp. Ltd Ucar Minerals Corp. Ltd
USA	Engelhard Corp. Foote Mineral Co. The Pesses Co. Reading Alloys, Inc. Shieldalloy Corp. Union Carbide Corp.

Land	Företag
Ungern	Otvozetgyar
Västtyskland	Gesellschaft für Elektrometallurgie mbH Hermann C. Starck Berlin Metallhütte Mark KG Otavi Minen und Eisenbahn Gesellschaft
Österrike	Treibacher Chemische Werke AG

1) inkluderar andra vanadin/kol/järn-legeringar.

Källa: USBM: Mineral Commodity Profiles, Vanadium, 1983

3.4 Kostnadsstruktur

Eftersom vanadin framställs som bi- eller samprodukt är det svårt att ange meningsfulla siffror för kostnaderna i de första produktionsleden. Den tillverkningskedja som innefattar stegen brytning av malm, anrikning, sodarostning, lakning och syrautvinning innebär en kapitalintensiv produktion. Framställningen av ferrovanadin är tämligen dyr jämfört med vad det kostar att framställa många andra ferrolegeringar, vilket beror på att företrädesvis aluminium används som reduktionsmedel.

3.5 Sveriges produktion

Sverige har för närvarande ingen gruvproduktion av vanadin. Fram till första halvåret 1981 skedde produktion av ferrovanadin vid Ferrolegeringar i Trollhättan, men därefter har hela behovet täckts genom import. Produktionen planeras för närvarande inte att återupptas. Råvaran utgjordes av importerad vanadinpentoxid.

Någon industriell återanvändning av vanadin har hittills inte förekommit i Sverige.

4. Handel

4.1 Internationell handel

Statistiken över handeln med vanadinråvaror är ofta ofullständig. Man vet dock att Japan, Västtyskland, USA och Österrike är stora importörer av slaggar och olika restprodukter. Inte heller handeln med vanadinpentoxid går att följa p g a brister i statistiken. När det däremot gäller ferrovanadin finns uppgifter för de flesta länder, dock inte för stora producenter som Sovjetunionen, Sydafrika och Tjeckoslovakien. Ett schema med övriga större export- och importländer visas i tabell 7. De största nettoexportörerna var 1981 Belgien/Luxemburg och Österrike. Västtysklands och Kanadas nettohandel var begränsad. De största nettoimportörerna var Frankrike, Italien, Japan, Sverige och USA.

4.2 Prissättning

Det sydafrikanska Highveld Steel and Vanadium är prisledande i första hand beträffande vanadinpentoxid.

Under perioden 1959-1982 flukturerade priserna på vanadinpentoxid och ferrovanadin kraftigt. Diagram 1 visar prisutvecklingen i fast penningvärde. Skillnaden mellan dessa priser kan sägas utgöra ferrolegeringsverkens totala konverteringsersättning (diagram 2). Denna var sjunkande (i reala termer) fram till mitten av 1970-talet men har därefter haft en uppåtgående trend. Man bör observera att måttet är grovt då det är uträknat som årsgenomsnitt för svenska importpriser.

4.3 Sveriges export och import

Sverige är helt beroende av import beträffande vanadinprodukter. Som råvara till vidareförädling till ferrovanadin har importerats vanadinpentoxid. Handeln med denna produkt framgår av tabell 8. I utrikeshandelsstatistiken finns benämningen vanadinföreningar, men detta måste till helt övervägande del utgöras av pentoxiden. Förutom Ferrolegeringar har vissa år enstaka stålverk själva varit importör av pentoxid. Den dominerande delen av importen har under 1970-talet kommit från Finland.

Tabell 7 Världshandeln med ferrovanadin 1981. Ton ferrovanadin¹⁾

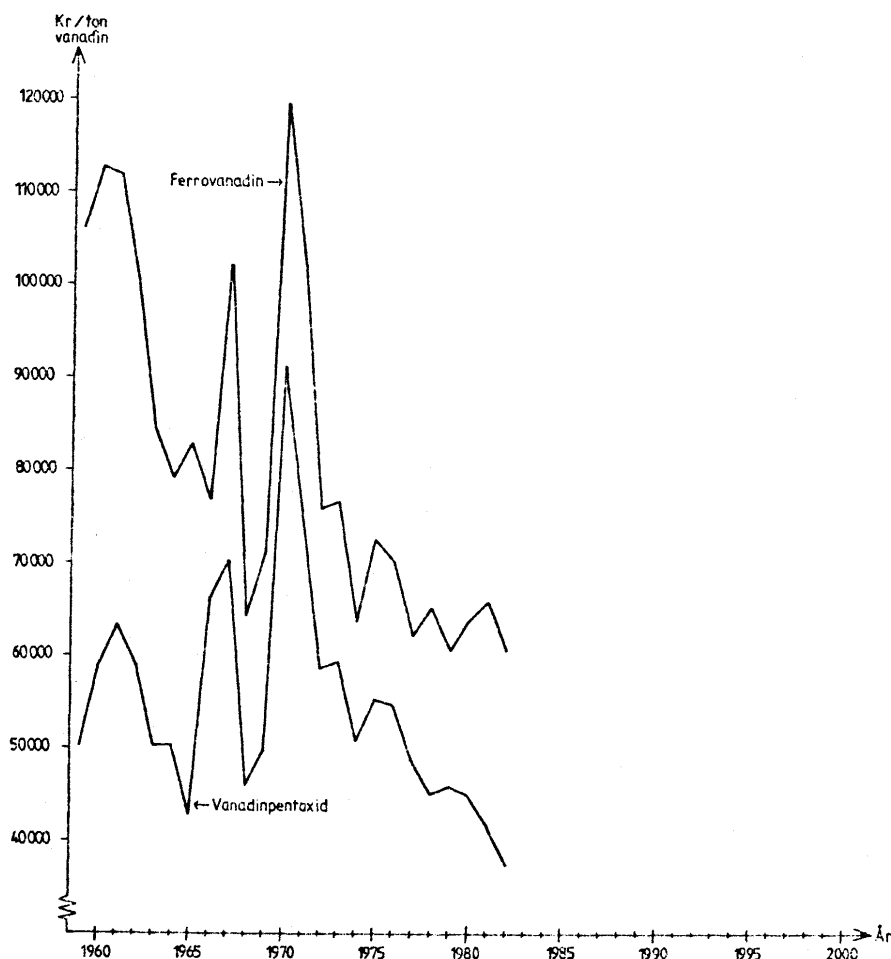
Importör Exportör	Belgien/ Lux	Finland	Frank- rike	Holland	Italien	Japan	Kanada	Spanien	Sverige	Syd- korea	USA	Väst- tyskland	Öster- rike	Totalt
Belgien/ Lux	-	-	236	2	95	42	-	10	248	16	200	793	-	1642
Brasilien	-	-	-	-	-	52	-	-	-	-	-	-	-	52
Frankrike	-	-	-	-	86	-	-	-	10	-	-	27	-	123
Italien	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	35	-	49
Japan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	-	-	-	28
Kanada	-	-	-	-	-	10	-	-	-	3	505	-	-	518
Kina	-	-	-	-	-	51	-	-	20	-	5	13	-	89
Norge	-	8	35	-	-	-	-	87	116	-	-	20	-	266
Stor- britannien	29	-	-	-	-	-	15	5	10	-	16	30	5	110
Sverige	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	17	-	87	108
USA	-	-	-	-	-	-	490	-	51	12	-	53	-	606
Väst- tyskland	89	20	173	41	184	445	-	150	106	13	301	-	78	1600
Österrike	-	..	198	-	239	221	17	-	198	1	77	704	-	1655
Övriga	7	..	27	-	19	10	39	-	23	12	-	16	-	153
Totalt	125	32	683	43	623	831	561	252	782	85	1121	1691	170	6999

.. Uppgift saknas

1) Baserat på importstatistik

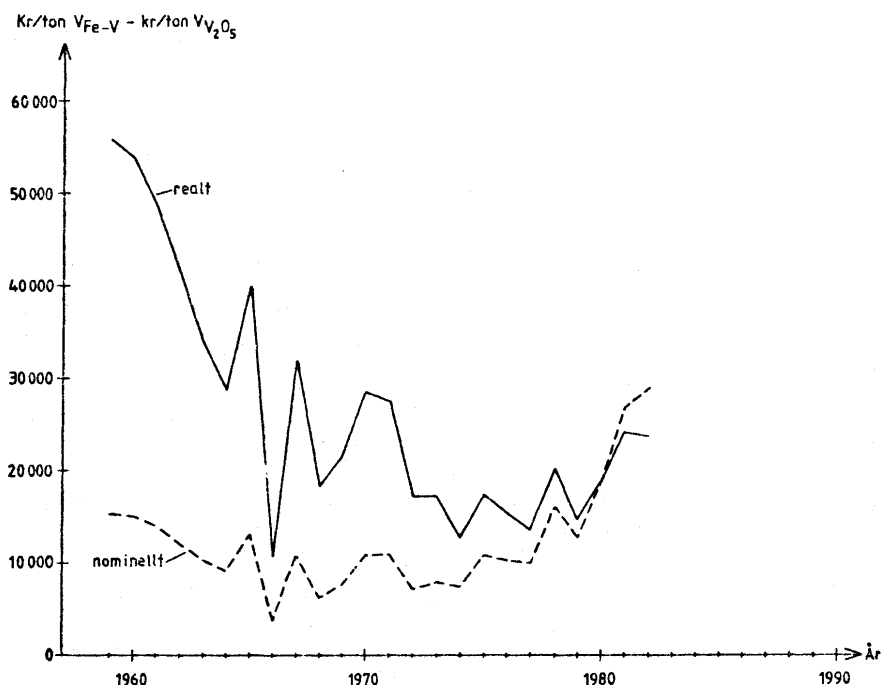
Källa: USBM: Mineral Commodity Profiles, Vanadium, 1983

Diagram 1 Genomsnittliga svenska importpriser för vanadin i vanadin-pentoxid och ferrovanadin åren 1959-1982; kr/ton vanadin-innehåll i 1980 års penningvärde



Källa: SOS Utrikeshandel

Diagram 2 Skillnaden i pris för vanadin i ferrovanadin och vanadin-pentoxid åren 1959-1982; kr/ton vanadininnehåll nominellt och realt (1980 års penningvärde)



Källa: SOS Utrikeshandel

Tabell 8 Sveriges import och export av vanadinföreningar 1965, 1970-1982. Ton

	1965	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Import	643	945	641	937	749	711	680	797	700	1016	990	517	141	16
Export	27	3	0	0	0	46	0	0	0	0	0	0	2	0
<u>Import från:</u>														
Danmark										21				
Finland		633	588	705	443	670	510	695	615	995	874	487	141	
Västtyskland					30		23				3			
Nederländerna		50												
Österrike			1	25	101		69		50					26
USA		134		140	17									16
Sydafrika		127	53	67	158	40	79	101	35		113			
Kina												30		
<u>Export till:</u>														
Storbritannien		3												
Österrike						46								

Källa: SOS Utrikeshandel.

Under 1980 och 1981 minskade importen kraftigt beroende på att Ferrolegeringar minskade och sedan upphörde med produktionen av ferrovanadin. Tillförseln av ferrovanadin framgår av tabell 9. Den har under den redovisade perioden legat på nivån 800-1100 ton per år, och den dominerande avnämaren är stålindustrin. Som nämnts upphörde Ferrolegeringars produktion under 1981, varför Sverige för närvarande är helt beroende av import. Denna finns redovisad i tabell 10. Höga importandelar har Norge, Västtyskland, Belgien/Luxemburg och Österrike. En viss kvantitet har varje år exporterats till ett antal länder (tabell 11). I värde har importen av vanadinprodukter de senaste åren uppgått till ungefär 50 Mkr (tabell 12).

Tabell 9 Tillförsel och förbrukning av ferrovanadin i Sverige 1970 - 1982. Ton ferrovanadin.

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Produktion	657	431	565	402	456	407	575	423	616	500	348	129	8
Import	529	418	457	798	807	836	757	602	940	808	921	781	846
Export	369	49	170	267	168	152	151	418	446	405	226	156	44
Tillförsel	817	800	852	933	1 095	1 091	1 181	607	1 110	903	1 043	754	810
Förbrukning:													
Järn-, stål- och ferro- legerings- verk			685	865	1 072	1 077	911	909	1 085	1 140	1 099	940	917

Källor: SOS, Industri
SOS, Utrikeshandel
SOS, SM IV 1983:11

Tabell 10 Sveriges import av ferrovanadin 1970 - 1982. Ton.

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Norge	102	119	97	141	181	228	170	220	203	212	203	116	129
Västtyskland	33	107	35	13	41	95	71	59	48	69	67	106	226
Belgien/Lux.	45	73	29	100	75	41	80		295	151	223	248	226
Frankrike	21	2	60	160	35	61			20		20	10	31
Österrike	139	105	196	231	259	231	313	71	101	109	205	198	95
Tjeckoslovakien	13						56						
Storbritannien			3		4	13	3	6	20	3		10	71
Italien				15	5								
Nederländerna		6	22	11		10	50	130	128	190	89	19	
Schweiz						10				1			
Kanada											20		
USA	176	7	15	117	207	138	14	117	123	68	54	51	43
Sydafrika				10		10			1	5	40	3	
Kina												20	24
Summa:	529	418	457	798	807	836	757	602	940	808	921	781	846

Källa: SOS, Utrikeshandel

Tabell 11 Sveriges export av ferrovanadin 1970 - 1982. Ton

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Finland	16	8	38	11	5	9	32	13	23	14	15	4	26
Storbritannien	243	4	9	40	48	6	4	27	31		87	2	
Österrike				62	64	10	10	101	284	169	76	97	
Spanien	22	5	7	11	13	8	11	15		22	13		
Jugoslavien	12			30		40		35	15	20			
Ungern				12	19	34	21		10				
Bulgarien								40			20	20	
USA	19		31				20	91	72	51		17	
Hongkong					5	12	29	31		20	10	10	
Övriga	57	32	85	101	14	33	24	65	11	109	5	6	18
Summa:	369	49	170	267	168	152	151	418	446	405	226	156	44

Källa: SOS, Utrikeshandel

Tabell 12 Sveriges handel med vanadinföreningar och ferrovanadin
Mkr, löpande priser

	1970	1975	1980	1981	1982
<u>Import:</u>					
Vanadinföreningar	18	13	13	4	0
Ferrovanadin	18	28	44	43	48
Summa	36	41	57	47	48
<u>Export:</u>					
Vanadinföreningar	0	0	0	0	0
Ferrovanadin	9	6	12	8	3
Summa	9	6	12	8	3
Handelsunderskott	27	35	45	39	45

Källa: SOS Utrikeshandel

5. Konsumtion

5.1 Användningsområden

Den främsta användningen av vanadin är som legeringsämne i olika typer av stål såsom konstruktionsstål (HSLA-stål), snabbstål och verktygsstål. Tillsats av vanadin i låga koncentrationer (mindre än 0,2 %) förbättrar stålets egenskaper betydligt i olika avseenden.

Vanadin-aluminium-legeringar tillsätts till titan vid framställning av vissa flygplansdelar. Förbrukningen av vanadin för detta ändamål har ökat snabbare än förbrukningen i legerade stål.

Vanadinpentoxid används som katalysator vid framställning av svavelsyra. Även andra vanadinföreningar används som katalysatorer inom den kemiska industrin.

Tabell 13 visar den beräknade slutförbrukningen av vanadin i USA fördelad på industrisektorer.

Tabell 13 Vanadinförbrukningen i USA fördelad på industrisektorer

	1971		1976		1981	
	Ton	Andel	Ton	Andel	Ton	Andel
Transportmedelsindustri	1825	30	2540	29	2903	33
Byggnadsindustri	1181	19	1442	16	2713	31
Maskinindustri	1342	22	2599	29	2059	24
Kemisk industri	269	4	490	6	200	2
Övrigt	1476	24	1800	20	820	9
Totalt	6093	100	8871	100	8695	100

Källa: USBM: Mineral Commodity Profiles, Vanadium, 1983

5.2 Substitutionsförhållanden

Stål innehållande vanadin kan i vissa fall ersättas med andra legerade stål. I vissa fall och i viss utsträckning kan vanadin ersättas av krom, mangan, molybden, niob, titan eller wolfram. Alla dessa legeringsmetaller har dock som substitut för vanadin vissa tekniska eller ekonomiska nackdelar. För titanlegeringar finns för närvarande inget lämpligt substitut för vanadin. Att ersätta vanadinföreningar, som har katalytisk funktion, innebär både tekniska och ekonomiska nackdelar.

6. Prognoser

6.1 Teknikprognos

Arbete pågår dels för att kunna utvinna vanadin ur andra råvaror, dels att finna nya tillämpningar för vanadin. Som vanadinråvaror undersöker man möjligheten att utnyttja sandstenar, dolomitiska skiffrar samt lerstenar, alla med låga vanadinhalter. På grund av den rådande överkapaciteten på gruvsidan försöker man finna nya tillämpningar för vanadin som legeringsmetall. Ett samarbetsorgan, The Vanadium International Technical Committee, samordnar forskningen på detta område.

I Sverige pågår ett projekt för tillvaratagande av vanadin ur stålslaggar. Det rör sig teoretiskt om ett innehåll av ett par tusen ton vanadin. I Stenungsund byggdes en anläggning för tillvaratagande av vanadin ur sot och flygaska från oljekraftverket där. Anläggningen kom emellertid inte i industriell drift. Utvecklingsarbetet fortsätter dock och en demonstrationsanläggning kommer att uppföras 1984/85. Avsikten är att utvinna bl a vanadin ur oljerestprodukter från raffinaderier och förbränningsanläggningar samt ur förbrukade katalysatorer. I Landskrona bygger det nybildade återvinningsföretaget ScanDust en anläggning för att ta hand om stoftavfall från järn- och stålindustrin i Sverige och övriga Europa. Dock kommer inget vanadin att återvinnas här.

6.2 Globala prognoser

Den framtida konsumtionen av vanadin hänger intimt samman med stålproduktionen, särskilt i länder som tillverkar mera högkvalitativt stål. Efterfrågan på stål i världen är för närvarande mycket låg. Världsproduktionen blev 1982 den näst lägsta under den senaste tioårsperioden och en betydande osäkerhet råder om utsikterna på kort sikt. På vissa marknader väntar man en fortsatt efterfrågeminskning under 1983. De prognoser som sedan mitten av 1970-talet gjorts av internationella institut över världens råstålsproduktion under 1980-talet har inneburit successiva nedskrivningar. Prognoser som presenterats under 1982 har angivit så låga tillväxttal för råstålsproduktionen i världen som 1-1,5 % per år under 1980-talet.

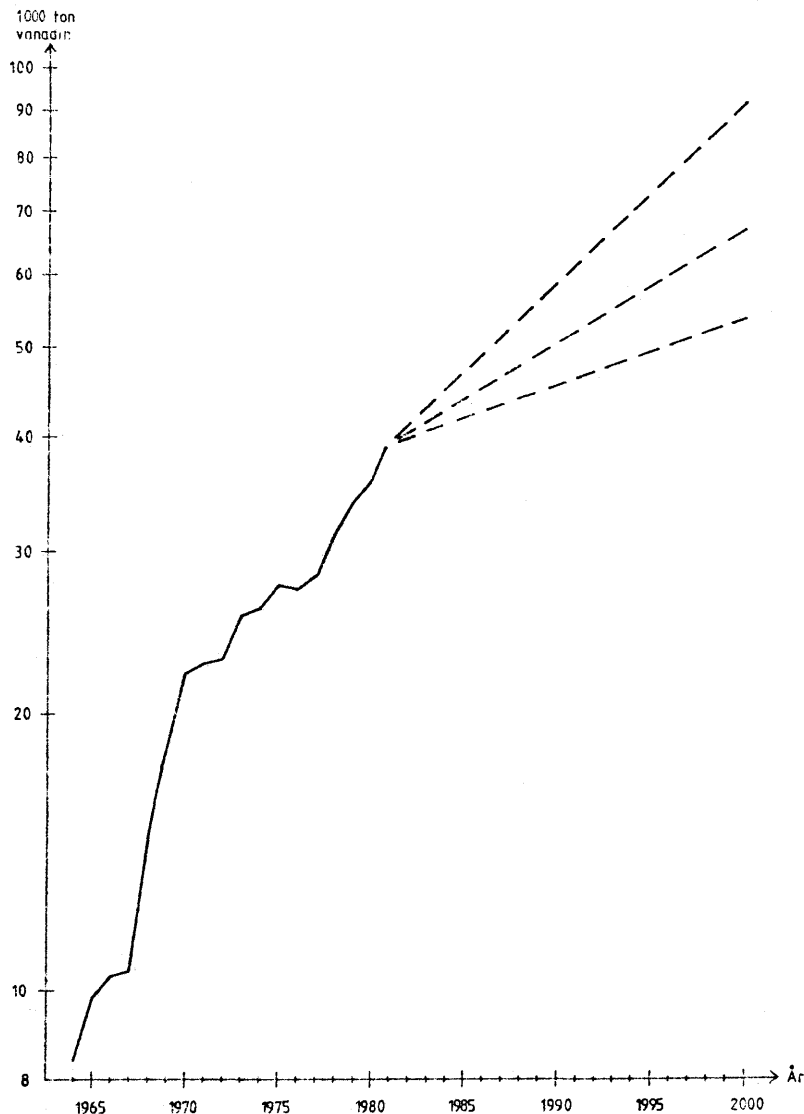
USBM räknar med att den globala efterfrågan på vanadin skall öka från 38.900 ton år 1981 till cirka 53.000 ton år 1990 och 54.000-91.000 ton år 2000 (se tabell 14 och diagram 3).

Tabell 14 Prognoser för efterfrågan på vanadin till år 2000. Ton vanadininnehåll.

	1981	2000 Prognosintervall		Sannolik		Sannolik tillväxt i procent per år	
		Låg	Hög	1990	2000	1981-1990	1981-2000
USA	8.695	10.000	17.200	11.800	12.700	3,4	2,0
Resten av världen	30.202	43.500	73.500	40.800	54.400	3,4	3,1
Hela världen	38.897	53.500	90.700	52.600	67.100	3,4	2,9

Källa: USBM: Mineral Commodity Profiles, Vanadium, 1983

Diagram 3 Global efterfrågan på vanadin åren 1964-2000.
Tusen ton vanadininnehåll, semilogaritmisk skala.



Källor: USBM: Mineral Facts and Problems, 1975 och 1980
USBM: Mineral Commodity Profiles, Vanadium, 1983

Beträffande prognoserna för perioden 1981-2000 för USA resp resten av världen anges en lägre tillväxttakt för USA. Trots att vanadin är en relativt "ny" metall sker nu en snabb spridning av dess användning till alltfler stålproducerande länder.

Prognosintervalllets nedre gräns är densamma som de senaste årens prognoser medan den övre gränsen flera gånger justerats ned.

Den genomsnittliga tillväxten i efterfrågan på vanadin under några tidsperioder redovisas i tabell 15. Från att under 1960-talet ha visat upp höga tillväxttal innebär förväntningarna fram till år 2000 väsentligt minskande tillväxttakt.

Tabell 15 Genomsnittlig tillväxt (% per år) i efterfrågan på vanadin åren 1964-2000

1964-1970	1970-1981	1981-1990	1990-2000	1981-2000
17,6	5,2	3,4	2,5	2,9

Källor: USBM: Mineral Facts and Problems, 1975 och 1980
 USBM: Mineral Commodity Profiles, Vanadium, 1983

Av kapacitetsuppgifterna i tabell 4 framgick att världen redan idag har en produktionskapacitet som täcker en antagen efterfrågan år 2000. En slutsats blir att tiden fram till sekelskiftet kommer att präglas av överkapacitet och att samtliga större vanadinproducenter har tillgångar med avsevärd livslängd (tabell 2).

Kapaciteten kommer sannolikt ändå att byggas ut ytterligare genom nya projekt i Australien, Kina, Polen, Sydafrika, USA och Venezuela. Även Sovjetunionen kan väntas öka sin produktion när det bedöms lämpligt. Större delen av all ny utvinning av vanadin kommer att ske som bi- eller samprodukt till järn eller uran.

En hög tillväxttakt utgår från en stark efterfrågeökning på HSLA-stål från transportmedelsindustrin liksom ökad användning av titan-vanadinlegeringar inom flygindustrin. En låg tillväxttakt bygger på regressionsanalys för slutanvändningen av vanadin.

Prognosen för den framtida efterfrågan innebär en nedskrivning av tillväxttakten jämfört med tidigare prognoser. Den främsta anledningen är det senaste decenniets stagnerande stålproduktion i bl a USA, Västeuropa och Japan och därmed sammanhängande lägre förväntningar om den framtida ökningstakten.

Av de olika industrisektorerna (tabell 13) kommer enligt USBM:s prognos den snabbaste tillväxten av vanadinförbrukningen i USA att ske inom den kemiska industrin och den långsammaste inom maskin- och byggnadsindustrin. Den kemiska industrin kommer sannolikt att öka förbrukningen av vanadinföreningar som katalysatorer vid oxidations- och polymerisationsprocesser.

Inom maskinindustrin ökar användningen av HSLA-stål för t ex kranar, mobila krossar och transportörer för att göra dem lättare. En ökad konkurrens mellan stål och keramiska substitut till verktyg kan väntas. Inom byggnadsindustrin strävar man mot mer avancerade men även kostnadsbesparande material. Detta kan innebära en ökad användning av vanadin. Denna är dock delvis beroende av tillgänglighet och pris på niob och andra vanadinsubstitut. Behovet av vanadin för pipelines för olja och gas väntas också öka.

Inom transportmedelsindustrin kan nämnas tre exempel på sannolik ökning av vanadinförbrukningen. Bilar och järnvägsvagnar kommer i framtiden att innehålla en högre andel HSLA-stål för att minska vikten och därmed energiförbrukningen. Vanadin i järnvägsräls gör att större laster kan fraktas på befintliga banvallar. Slutligen väntas förbrukningen av titan-vanadin-legeringar att öka inom flygindustrin.

6.3 Prognoser för Sverige

Sveriges framtida förbrukning av vanadin är i huvudsak att hänföra till stålindustrin. Utifrån antaganden om utvecklingen för denna industris olika delbranscher kommer förbrukningen (mätt som bruttoförbrukning) omkring 1990 att vara i stort sett densamma som idag (tabell 16). Härvid har bl a antagits att den tillförda kvantiteten snabbstålsskrot resp verktygsstålsskrot kommer att vara ungefär oförändrad. Halten vanadin i de olika stålsorterna antas vara ungefär densamma.

Tabell 16 Bruttoförbrukning av vanadin i Sverige åren 1983 och 1990. Ton vanadininnehåll

	1983	1990
Stålindustrin	1100-1200	1000-1300
Övrig användning	30-40	30-40
Summa	1130-1240	1030-1340

Källa: SGU

Användningen av vanadin utanför stålindustrin domineras av den kemiska industrin. Uppskattningsvis mer än 90 % används i form av vanadin-pentoxid som katalysator vid framställning av svavelsyra. Totalt för övrig användning väntas ungefär samma förbrukning 1990 jämfört med idag.

Sammanfattningsvis innebär detta att bruttoförbrukningen av vanadin kommer att ligga på i stort sett samma nivå 1990 jämfört med idag.

Beträffande en eventuell inhemsk produktion av vanadin pågår som nämnts en utvärdering av fyndigheten vid Sumåssjön. Denna beräknas vara genomförd under våren 1984. För Kramsta-fyndigheten har en utvärdering gjorts. Beslut om brytning har inte fattats och projektet vilar för närvarande.

INTERNATIONELL ÖVERSIKT ÖVER VANADINFYNDIGHETER

AUSTRALIEN

För några år sedan uppskattades de ekonomiskt utvinningsbara, säkra och troliga vanadintillgångarna till 180 000 ton. Denna kvantitet måste idag betraktas som mycket föråldrad då man vid uppskattningarna troligtvis endast medtagit de kända titanomagnetitförekomsterna. Vanadinpotentialen torde vara väsentligt högre i all synnerhet som man här i inbegriper de utomordenligt stora vanadinförande oljeskifferförekomsterna (t ex Julia Creek i Queensland). Som vanadinresurser kommer vidare uranmalmer och möjligtvis också fosfat och bauxit i fråga.

Anortosit-gabbrokomplex med vanadinförande titanomagnetit uppträder i Västaustralien i områdena Murchinson-, Eastern Goldfields- och Southwestern-Provins av det s k Yilgarn Block (Coates, Barrambie, Gabanintha m fl). Vidare i Pilbara Block (Ballia Ballia, Andover) och i Musgrave Block (Jameson Range).

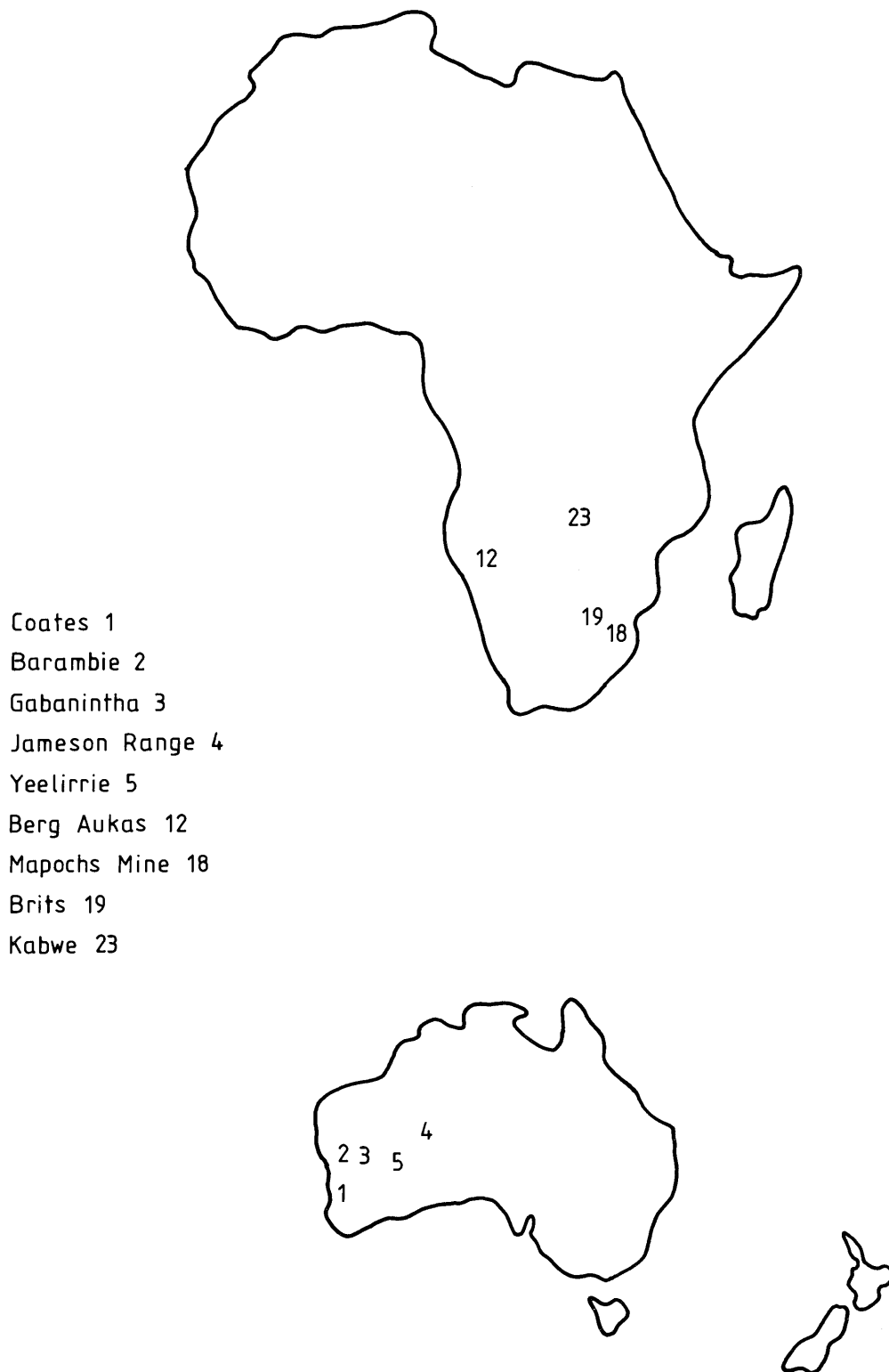
Hittills bäst undersökta av ovan nämnda förekomster är Coates och Barrambie. I mitten av år 1980 togs den första australiska vanadiningruvan (titanomagnetit) i drift vid Coates Siding av företaget Agnew Clough Ltd.

De idag mest betydande förekomsterna är (se figur 3):

Coates vid Coates Siding ca 3,5 km ENE om Wundowie; ungefär 65 km NE om Perth. Malmen uppträder i form av linsformiga magnetitlager i gabbro.

Barrambie belägen mellan Meekatharra och Sandstone (ungefär 73 km norr om denna ort); 450 km NE hamnen Geraldton. Mineraliseringen är knuten till Barrambies anortositgabbrointrusion som består av en växellagring av anortosit och gabbro där anortosit överväger i kärnan medan gabbro dominerar på båda sidor därom.

FIGUR 3 VIKTIGARE VANADINFÖREKOMSTER I AFRIKA OCH AUSTRALIEN



Gabanintha 2,2 km väst om Gabanintha, ca 47 km söder om Meekatharra i Murchinson Goldfield. I en starkt störd anortositgabbro finns i den norra delen på en sträcka av 3 km en anhopning av 1-3 meter mäktiga magnetitrika lager och linser.

I Musgrave Block befinner sig den stora förekomsten Jameson Range 840 km NE om Kalgoorlie; 1 450 km från Perth.

I Jameson Range-gabbron uppträder SW om Jameson Range åtminstone sex lagerformade malmbildningar. De sträcker sig över 37 km från Domeyer Hill i sydöstlig riktning. På grund av sitt otillgängliga läge torde för närvarande en exploatering av förekomsten inte vara aktuell. Till detta kommer att den ligger i ett reservat som tillhör Australiens ur-innevanare.

Yeelirrie (Western Australia), belägen ca 640 km NE om Perth, knappt 80 km SW om Wiluna är en förekomst av annat slag. Mineraliseringen med uran-vanadinmineralet carnotit uppträder i en flodbädd av tertiär ålder. Arkäiska bergarter, till största delen graniter med delvis höga uranhalter, bildar underlaget.

CHILE

El Romeral (provinsen Coquimbo) belägen 25 km norr om La Serena, 10 km från kusten. Kustområdet runt El Romeral består av en kärna med basalter, syeniter, dioriter, gnejser och skiffrar. Malmförekomsterna bildar tre flacka kullar som sträcker sig i N-S-riktning. Belägenhet se figur 4.

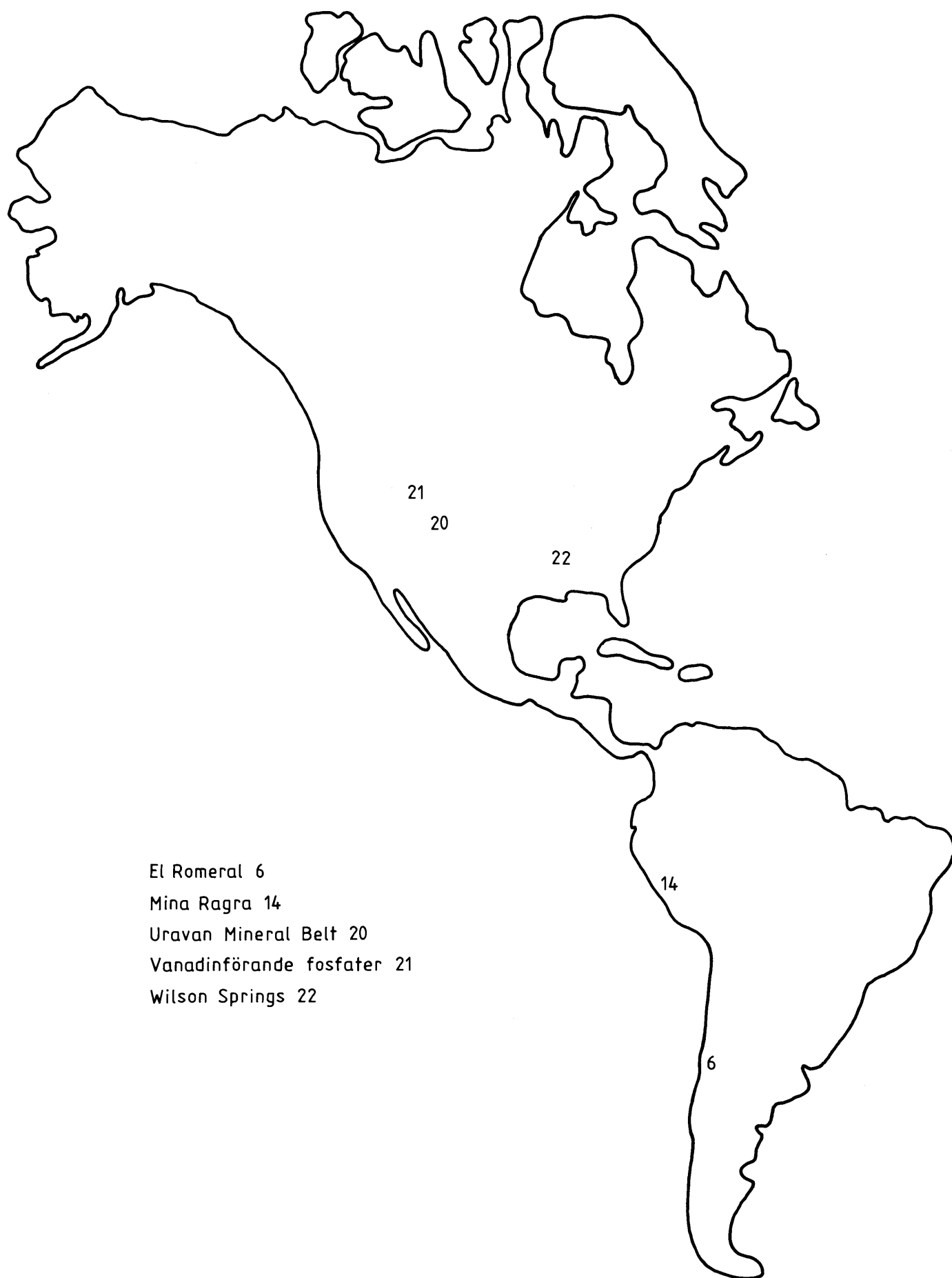
FINLAND

Finland hör till de viktigaste vanadinproudcenterna i världen.

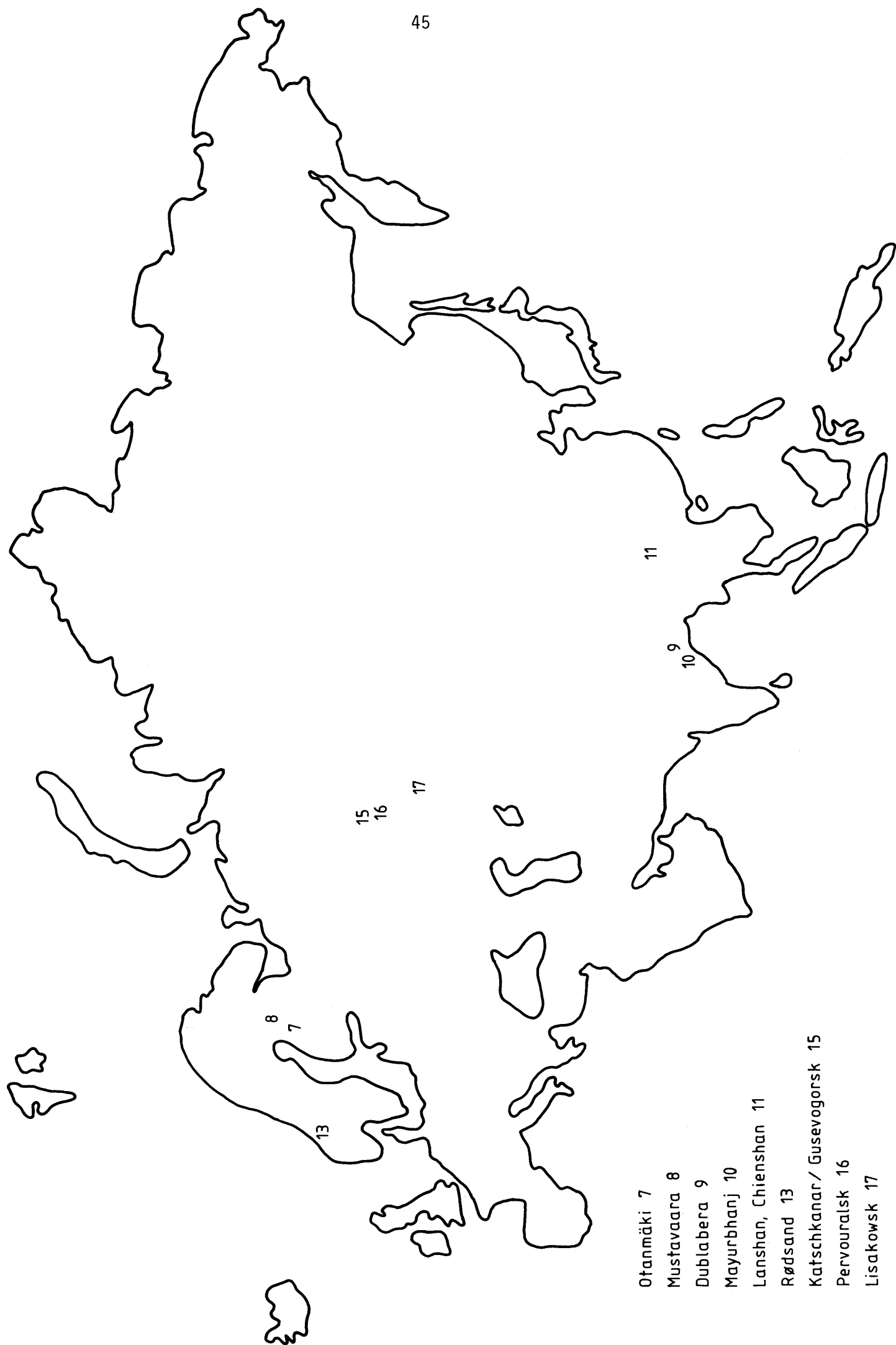
Det statliga företaget Rautaruukki Oy bryter vanadinförande titanomagnetit i malmförekomsterna Otanmäki och Mustavaara och utvinner därur vanadin-pentoxid.

Otanmäki omkring 150 km nordväst Outukumpu, 5 km söder om Ule träsk, mellersta Finland, (se figur 5).

FIGUR 4 VIKTIGARE VANADINFÖREKOMSTER I NORD-OCH SYDAMERIKA



FIGUR 5 VIKTIGARE VANADINFÖREKOMSTER I EUROPA OCH ASIEN



Magnetit-ilmenitförekomsten Otanmäki består av ett större antal brant stupande linsformiga malmkroppar av 50 till 100 meters längd, med upp till 15 meters mäktighet och upp till 100 meters utsträckning i djupled. De ligger konkordant inom ett ungefär 100 meter mäktigt avsnitt av ett ca 1 km² stort, trågformigt uppbyggt amfibolit-anortosit-gabbro komplex. Tråget, som är infällt (insänkt) i fennoskandiska sköldens arkaiska gnejser, har påvisats till ett djup av 800 meter.

Underjordsbrytning sedan 1953. Ytterligare magnetit-ilmenitförekomster finns i Otanmäkis omgivningar: t ex Itäranta, Vuorokas och Houkamäki. Brytning har hitintills inte ägt rum.

Mustavaara beläget vid Taivalkoski, 180 km NE om Uleåborg; 100 km söder om polcirkeln.

Titanomagnetitförekomsten ligger i övre delen av Porttivaaras ca 15 km långa basiska till ultrabasiska intrusivkropp. Malmkroppen har med borrhningar påvisats till 200 meters djup.

Dagbrottet öppnades officiellt 1978 men sedan 1976 har försöksbrytning pågått i stor skala.

INDIEN

Indien förfogar över en betydande potential av vanadin. Förekomster av vanadinhaltiga titanomagnetitmalm ligger i ett 200 km långt bälte som sträcker sig genom distrikten Singhbum/Bihar, Mayurbhanj och Keonjhar/Orissa. Malmbildningarna som är utformade bl a som skikt och linser uppträder i en gabbro-anortosit lagerföljd som har intruderat i en prekambrisk metamorf serie.

I området Dublabera i Singhbumdistriktet finns de rikaste förekomsterna med 0,7-2,2 % V₂O₅.

Vissa av förekomsterna utgör relativt stora malmer med malmkvantiteter på mellan 100 000 och 1 000 000 ton malm. Bland dessa kan nämnas i distriktet Mayurbhanj/orissa:

Kumarbudi med 0,92-1,97 % V₂O₅.

Botjharam med 1,44 % V₂O₅.

Hatichar med 0,22-1,2 % V₂O₅.

Det bör noteras att förekomsterna är bara delvis och ofta otillräckligt undersökta.

FOLKREPUBLICEN KINA

I provinsen Sichuan sträcker sig i N-S-riktning ett ca 200 km långt bälte av titanomagnetitförekomster, närmare bestämt från Hsi-Chang vid floden An-Nins nedre lopp till Dukou vid Jangtsekiangs övre lopp. De linsformiga malmkropparna uppträder i de lägre delarna eller vid basen av basiska intrusiv som delvis gränsar till permiska karbonatstenar (marmor).

Stålverken Panzihua och ChungKing vid Dokou försörjs med vanadinförande titanomagnetitmalmer från Lanshan och Chienshan. Malmen innehåller vanadinhaltig magnetit och ilmenit. Vidare tillkommer obetydliga mängder av pyrit, magnetkis och kopparkis.

NAMIBIA (SYDVÄSTAFRIKA)

I Otavi-höglandets karstområde uppträder ett antal förekomster av bly-vanadin-malmer. Otavi-höglandet består av ca 3 000 meter mäktiga sediment tillhörande det prekambriskas Damara-systemet, speciellt av en serie dolomiter med inneslutna linsformiga kalkstenar och lerskiffrar.

Berg Aukas ca 20 km nordöst om Grootfontein; 80 km sydöst om Tsumeb. Malmen består av finkorniga, kompakta Pb/Zn-sulfider i form av linser. Malmmineral är bl a zinkblände, blyglans, willemnit m fl. Sulfiderna tilltar mot djupet medan däremot vanadinhalten avtar.

Abenab ca 30 km norr om Grootfontein, var i produktion 1922-1944 och var då världens största vanadinförekomst som var förmål för utvinning. Här framställdes ett koncentrat med 18 % V_2O_5 .

NORGE

Ur titanomagnetitförekomsten Rødsand utvanns vanadinförande magnetitkoncentrat av Rødsand Gruber som är ett dotterföretag till Elkem-Spigerverket A/S.

Rødsand beläget vid Sundalsfjord, ca 120 km sydväst om Trondheim. Malmer-na uppträder i form av lager och linser i Rødsand-seriens prekambriskas metabasiter. Malmineral är magnetit och ilmenit. Förekomsten började utvinnas redan 1877.

PERU

Ca 30 km söder om Cerro de Pasco i den peruanska kordilleran och på en höjd över havet av ca 4 700 meter ligger Perus största och rikaste vanadinförekomst, Mina Ragra. Förekomsten, som sedan utvinningens början 1907 och fram till 1930-talet lämnade mer än 3/4 av världsproduktionen av vanadin (totalt 22 700 ton) är sedan 1955 nedlagd. De återstående reserverna skattas till ca 100 000 ton malm med vanadinhalten 1,75 %.

Förekomsten ligger på en i nord-sydlig riktning utsträckt högplatå av ca 5 km bredd. Platån är uppbyggd av röda, grå, gröna och blå äldre tertiära lerskiffrar. Lerskiffern är svagt diskordant lagrad på överkretaceisk kalksten och genomsetts i olika riktningar av talrika trakyt-, andesit-, dolerit-, kvartsporfyr- och diabasgångar. Mina Ragra genomsetts av en andesitgång.

SOVJETUNIONEN

Sovjetunionen är efter Sydafrikanska republiken nummer två i storleksordning av världens vanadinproducenter och förfogar över mycket stora tillgångar. Dessa uppskattades 1980 till ca 7,3 Mton vanadin (omkring 46 % av de då kända tillgångarna).

Den helt dominerande delen av vanadinet utvinns ur titanomagnetiter i Ural (Katschkanar-Gusevogorsk). De mängder vanadin som utvinns ur de tertiära oolitiska limonitmalmerna i Lisakowsk är däremot obetydliga. Likaså är utvinningen av vanadin ur bauxit ur aluminiumoxid i Dneprowsk vid Saporoshje/Ukraina ringa. Detta gäller även där vanadin framställs som biprodukt vid framställning av aluminiumoxid ur alunit, där varje ton Al_2O_3 uppges ge ca 0,8 kg vanadin. I magnesium-titan-kombinatet Ust-Kamenogorsk/Öst-Kasachstan upparbetas vanadinhaltiga restprodukter. Inga uppgifter finns om storleken av verksamheten men den torde vara förhållandevis obetydlig.

Titanomagnetitmalmen i Katschkanar-Gusevogorsk är genetiskt bundna till en stor paleozoisk gabbro-pluton som uppträder på östslutningen av mellersta Ural, ca 90 km SW om Serow och 240 km norr om Swerdlowsk. Som sidobergart uppträder i väster ordoviciska glimmer- och kvartsskiffrar och i öster siluriska plagioklas-porfyrer och diabaser. I området Katschkanar och i området Gusevogorsk kan urskiljas totalt 9 malmkroppar, som kan påvisas till djup på mellan 500 och 600 meter.

Mineraliseringarna uppträder huvudsakligen i finfördelad form mera sällan i form av sliror och massiv.

En annan betydande förekomst i mellersta Ural är Pervouralsk 44 km väster om Swerdlowsk. Malmbildningen är bunden till ett brett bälte av hornbländegabbro i Revda-massivet. Malmen uppträder finfördelad, som sliror eller i skikt.

Vid Lisakowsk 100-200 km SW om Kustany, Nord-Kasachstan finns en fluviatil, sedimentär oolitisk limonitmalm. Malmförekomsten uppträder i en flodbädd av oligocen ålder.

SYDAFRIKANSKA REPUBLIKEN

Sydafrikanska republiken är den största vanadinproducenten i världen. Landet förfogar över ungefär hälften av alla idag säkra och troliga ekonomiskt utvinningsbara vanadintillgångar. De vanadinhaltiga titanomagnetiterna står genetiskt och geografiskt i förbindelse med ultrabasiterna i Bushwelds urbergskomplex i Transvaal, som utmärker sig genom sin utpräglade magmatiska lagring.

Mapochs Mine vid Roossenekal, nära Stoffberg; 90 km NNE från Middelburg. Ett flertal tunna titanomagnetitflötsar sträcker sig från Stoffberg i söder över ca 50 km till Magnet Heights. Förekomsten, som sedan 1957 bryts i dagbrott av Sydafrikas viktigaste vanadinproducent, Highveld Steel and Vanadium Corp. Ltd., har tillgångar i storleksordningen 200 milj. ton malm.

Brits ungefär 40 km WNW om Pretoria ägs av UCAR MineralsCorp. Dagbrott som bryts sedan början av 1960-talet. Produktionskapaciteten ligger på mellan 5 000 och 6 000 ton malm per dag.

USA

USA:s betydande vanadinproduktion kan uppdelas i två delar. Dels framställs metallen som biprodukt vid följande processer:

- vid utvinning av uran-vanadinhaltiga malmer på Coloradoplatån (Colorado, Utah, Arizona, New Mexico)
- vid fosfatbrytning i västra USA (Idaho, Wyoming, Utah, Montana)

dels som primärprodukt vid brytningen av vanadinhaltiga lerstenar i Arkansas.

Coloradoplatåns uran-vanadinmalmer

Det viktigaste området för utvinning av vanadin ur Coloradoplatåns uran-vanadin-malmer är det s k Uravan Mineral Belt i Colorado. Bältet sträcker sig genom sydvästra Colorado, i en öppen båge, över 110 km långt och mellan 3 och 15 km brett, från Gateway i norr över Uravan i centrum till Egnar (i söder; ca 15 km sydsydväst om Slick Rock).

Vanadinförande fosfater i västra USA (Idaho, Wyoming, Montana, Utah)

Marint sedimentära oolitiska fosfater med kalk-silikatiskt bindemedel innehåller i västra USA vanligtvis 0,2 till 0,3 % V_2O_5 . (Fosfaterna i Florida och North Carolina i stället vanligtvis bara 0,02-0,09 % V_2O_5). De tillhör den permiska Phosforia Formation i vars undre del fyra fosfatlager uppträder med en samlad mäktighet av upp till 15 meter. Det finns inget beroende mellan fosfathalt och vanadinhalt.

Vanadinförande lerstenar

Vid Wilson Springs, Arkansas nära Hot Springs.

Wilson Springs är den enda malmförekomst i USA som utvinns i första hand för vanadin. Mineraliseringen uppträder i kontaktzonen av det runda Potash Sulpur Springs-komplexet, som ett starkt veckat, stört och metamorfoserat sedimenttäckte. Detta består av en följd ordoviciska till underkarboniska lerskiffrar och sandstenar. Intrusivkroppen har eventuellt senkretaceisk ålder.

Produktionen som pågått i två dagbrott sedan 1966 ligger för tillfället (sedan mitten av 1980) nere.

ZAMBIA

Bly-zinkförekomsten Kabwe (Broken Hill) ligger 110 km norr om Lusaka. I ett ca 20 km långt och 1-2 km brett bälte av prekambrisk kompakt Katangadolomiter finns gångformiga malmkroppar av sulfidmalm som innehåller vanadin.

SVERIGES VANADINFYNDIGHETER

De större vanadinfyndigheterna i Sverige framgår av figur 6.

I Sverige förekommer två typer av fyndigheter, vanadinhaltig titanjärnmalm och vanadinförande alunskiffer. Landets vanadintillgångar domineras av ett antal stora titanomagnetitfyndigheter som emellertid har lågt vanadininnehåll. De mest betydelsefulla behandlas nedan.

Smålands Taberg har varit känd sedan mycket länge och gruvbrytning pågick redan under 1300-talet. Fyndigheten är den största i Sverige och sannolikt även Europas största samlade vanadinfyndighet. Malmen utgörs av titanomagnetitkoncentrationer i hyperit och håller 25-30 % järn, 5-10 % titan samt 0,15-0,20 % vanadin. På grund av starka motstående intressen är det inte troligt att brytning kommer till stånd.

Kramsta, nära Järvsö i Hälsingland, är en vanadinförande titanomagnetitfyndighet med en utsträckning av 900 x 100 m och ett känt djup av åtminstone 100 m över större delen av förekomsten. Malmen beräknas ha en genomsnittshalt av 0,16 % vanadin. Malmen består av titanomagnetitkoncentrationer i en omvandlad gabbro.

Sumåssjön (Gruvberget) är belägen inom Hudiksvalls kommun, Gävleborgs län, ca 4 mil VNV om centralorten Hudiksvall. Närmaste större ort är Delsbo, 17 km söder om fyndigheten.

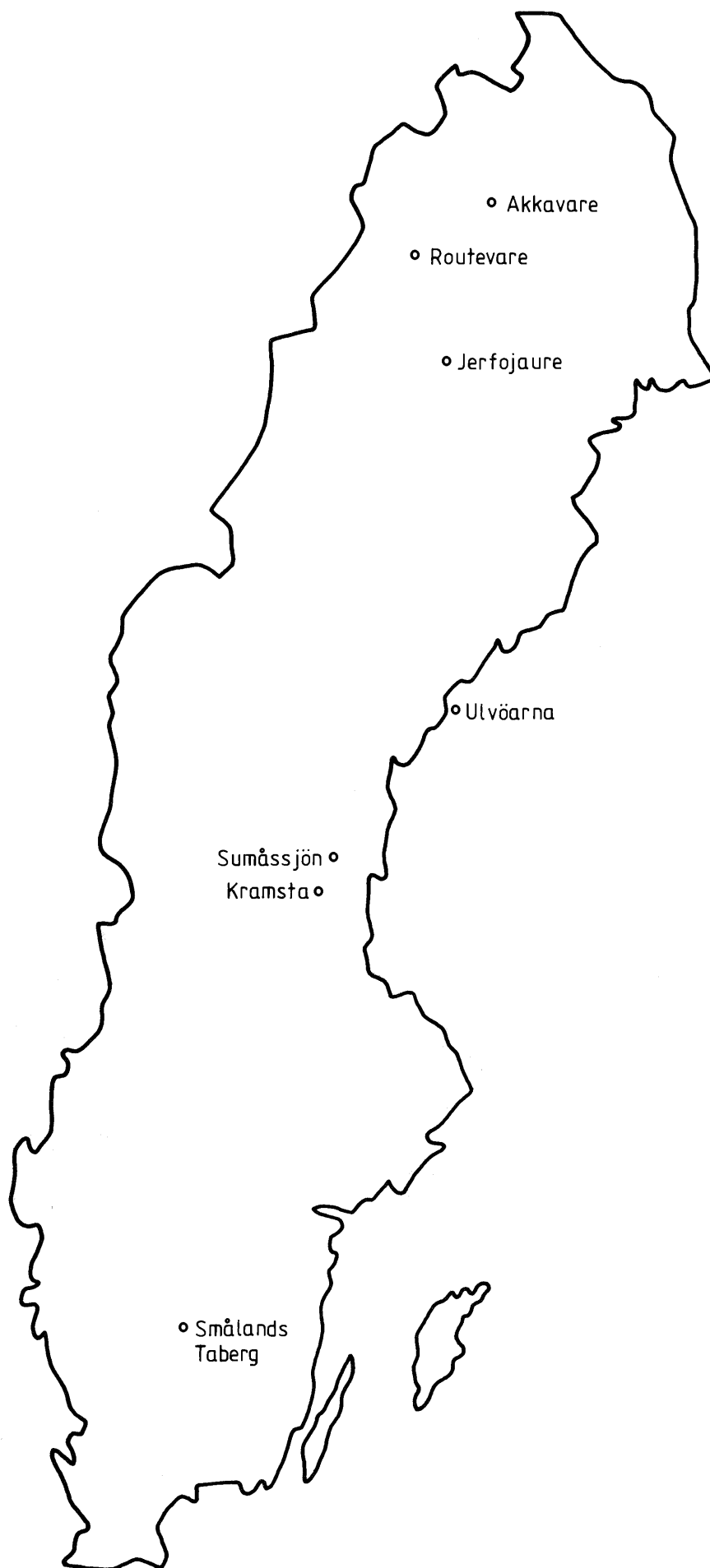
Utgåendet av fyndigheten är beläget på en mindre bergsrygg 280-320 m över havet, 4 km NV om sjön Dellen.

Fyndigheten Sumåssjön är en av många vanadinförande kroppar som uppträder i nordvästra Hälsingland och ingår således i den större malmprovins där också Kramsta ingår.

Sumåssjön har beräknats innehålla 17 milj. ton malm med 0,15 % vanadin.

FIGUR 6**SVERIGES VANADINFÖREKOMSTER**

(Områden med alunskiffer är ej markerade)



Geologin vid Sumåssjön är enkel. Vanadinmineraliseringen uppträder inom en norit, en gabbrobergart med rombisk pyroxen. Noriten som har en öst-västlig längdutsträckning omges på ömse sidor av en gnejsgranit. Noriten genomsättes av smala pegmatitgångar och i mindre omfattning förekommer även linser av gnejsgranit inne i noriten.

Vanadinet är kemiskt bundet till magnetit och halten vanadin i magnetitfasen är omkring 1 % V som då också är den halt som kan uppnås i magnetit-vanadin-koncentratet. Magnetitmineraliseringen är knuten till den fin- och medelkorniga noriten medan den grovkorniga noriten är svagt mineraliserad. I malmen ingår också en mindre mängd titan bundet som ilmenit (FeTiO_3) samt järnsulfider. Inom vissa partier av malmen har även kopparkis observerats.

Malmen har formen av ett oregelbundet prisma med flack lutning mot väster. Större delen av malmen kan tas i dagbrott, endast längs södra delen av malmen förekommer mindre partier av övertäckande ofyndigt berg. Jordtäcket över malmen är ringa. De vanadinrikaste partierna av malmen förekommer i östra delen.

Routevare i Kvikkjokksfjällen är en relativt stor titanomagnetitförekomst och är den enda svenska fyndighet där fri ilmenit ingår med anmärkningsvärd halt tillsammans med titanomagnetit. Malmen uppträder inom en i seveskiffrarna flackt liggande, plattformig intrusivknopp, som huvudsakligen består av anortosit och anortositgabbro, av vilka den förra vid sidan av den dominerande basiska plagioklasen har låga halter, den senare relativt höga halter av sådana mineral som olivin, pyroxen, hornblände och granat. Fyndigheten uppskattas enligt nyare undersökningar innehålla omkring 110 miljoner ton råmalm, med 6,5 miljoner ton titan och 200 000 ton vanadin. Genomsnittshalterna är 38 % järn, 5,6 % titan och 0,17 % vanadin.

På Ulvöarna i Ångermanlands skärgård uppträder horisontella koncentrationer av titanomagnetit i en mäktig diabas. Diabasen underlagras av en jotnisk sandsten som i sin tur underlagras av

urbergets och subjotnioms bergarter. Malmmängden uppskattas till omkring 20 miljoner ton. Råmalmen innehåller 25 % järn, 8 % titanoxid och 0,35 % vanadinpentoxid.

Akkavare (eller Melko) ligger 40 km VNV om Gällivare. Mineraliseringen är knuten till en ca 6 km lång och upp till 1 km bred gabbrokropp som stryker i NO-SV. Anrikningsförsök visar att man kan erhålla en magnetitslig med 60-65 % Fe och 3 % TiO_2 samt en ilmenitslig med 10-16 % TiO_2 och 20 % Fe. I magnetitkoncentratet har 0,09-0,15 % V påvisats.

Jerfojaure, belägen 45 km NV om Arvidsjaur, utgörs av en magnetit-ilmenitmineralisering i en gabbro som uppbyggs av plagioklas, biotit, amfibol och klorit samt obetydligt med apatit. Mineraliseringen förekommer i den östra kanten av gabbron som ett flertal linser, vilkas mäktighet uppgår till maximalt 35 m. Gabbron som begränsas av Arvidsjaurgranit är genomsatt av smala pegmatit- och aplitgångar. Fyndigheten beräknas innehålla 6 miljoner ton malm med 15-20 % Fe i magnetit och 5-7 % TiO_2 i ilmenit.

Vanadin finns också i de svenska alunskiffrarna i Skåne, Västergötland, Östergötland, Närke, Jämtland samt på Öland.

Vanadinhalterna är vanligtvis mycket låga, men på grund av de stora tillgångarna på alunskiffer kan de samlade kvantiteterna vanadin, som kan utvinnas, bli betydande. Enligt uppgift finns det inga tekniska svårigheter att utvinna vanadin ur alunskiffrarna.

Litteratur

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe och Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, 1981: XIV Vanadium.

Deeley, P.D., Kundig, K.J.A., och Spendelow, Jr., H.R., 1982: Ferroalloys & Alloying Additives Handbook. Newfield, New Jersey.

Gocht, W., 1974: Handbuch der Metallmärkte. Heidelberg.

Grip, E., och Frietsch, R., 1973: Malm i Sverige 2 Norra Sverige. Stockholm.

Hägg, G., 1979: Allmän och oorganisk kemi. Uppsala.

Ingenjörsvetenskapsakademien, 1982: Molybden, titan, vanadin och zirkonium.

Mining Journal, 1983: Mining annual review.

Nämnden för statens gruvegendom, 1978: Prospektering i Norrbottens län.

von Philipsborn, H., 1964: Erzkunde. Stuttgart.

Statens industriverk, 1978: Alunskiffer. SIND PM 1978:2 och 1978:3.

Statens offentliga utredningar 1979:40: Malmer och metaller.

Molinder, G., 1982: Möjligheter att minska förbrukningen av kritiska legeringsmetaller. Styrelsen för teknisk utveckling: STU information nr 299-1982.

Sveriges officiella statistik: Bergshantering.

Sveriges officiella statistik: Industri.

Sveriges officiella statistik: SM Iv 1983:11.

Sveriges officiella statistik: Utrikeshandel.

Technical University of Luleå, 1983: Symposium on Extraction of Steel Alloying Metals.

U.S. Bureau of Mines, 1983: Mineral Commodity Profiles, Vanadium.

U.S. Bureau of Mines, 1982: Mineral Commodity Summaries.

U.S. Bureau of Mines, 1975 och 1980: Mineral Facts and Problems.

