

SYMPOSIUM

"Comprehensive assessment of
nonmetalliferous deposits"

1. Förord

Det har funnits vetenskaplig och teknisk samarbete mellan Sovjet Unionen och Finland under flera års tid. Detta symposium handlade främst om industrimineral och deras användning i industrin. Deltagarna var från Finland och Sovjet Unionen. Detta symposium ägde rum på M/S Viking Isabella, som kryssade mellan Helsingfors och Tallin. Programmet och deltagarlistan framgår av bilaga 1.

Sovjet är som bekant under en kraftig omorganiseringsprocess. Det var tydligt att ryssarna vill mycket, men de "gamla synderna" är betungande. De har stora råvaruresurser, men det fattas både kapital, bättre teknik och infrastruktur. Man kunde också ana att de fortfarande har stora organisatoriska problem - mao det är svårt att lära en gammal hund sitta.

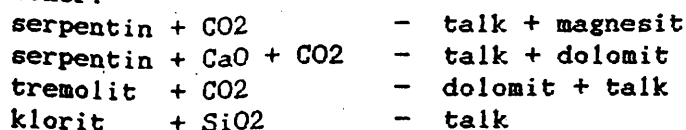
Ryssarna är i dag ganska öppna och söker samarbetspartner. De välkomnar säkert en partner som kan bidra dem med bättre teknik och framför allt kapital. Man bör utvärdera vilka möjligheter man har för att växla deras råvaror till valuta. Pengar har de inte för närvarande och man måste ta betalt i form av produkter.

De mineral som behandlades mest var: kaolin, grafit och kol, wollastonit, talk, apatit och vermikulit. Dessutom behandlades byggnadssten. De flesta föreläsningsabstrakten är skrivna på engelska och de övriga kommer att sammanfattas på svenska. Ytterligare kan nämnas att en mer omfattande symposiumkrift kommer att publiceras någon gång i årsskiftet och att en fortsättning av detta samarbete kommer att ske i Leningrad under året 1991.

2. Talk som industrimineral (ss. 19 - 24, M. Tyni)

De egenskaper som gör talk till ett eftertraktat industrimineral är: mjukhet, vithet, fjällighet, svårupplöslighet och att den har vissa ytkemiska egenskaper: hydrofob och organofil. Talkkonsumtion är ca 5 milj. ton/år. Det finns ett 90-tal talkproducenter i 40 olika länder och talkprodukternas priser (1989) varierar mellan 28 och 358 US-dollar/ton. Tabel 1 (sida 20, bilaga 1) visar en uppskattad procentuell användning i olika produkter och i olika länder. Talk ersätter i vissa länder t. ex. kaolin och detta beror på vad man har för produktion på hemmamarknad (pappersindustri i Finland, Frankrike och Japan, 70 kg talk/år och person (i Finland), USA 5 kg och Sovjet bara 2 kg).

Talk är en omvandlingsprodukt av Mg-rika mineral i det sista geologiska omvandlingsskedet. Talkbildning sker enligt följande kända reaktioner:



Talkbildningen orsakas oftast av CO₂ som härstammar från jordens inre delar. Den sämsta talkomvandlingen är sådan att klorit- och serpentinkorn finns kvar i talkgitter och denna talk duger inte för tillverkning av produkter med hög kvalitet.

Brytvärda talkfyndigheter kan klassificeras enligt följande:

- serpentinittäljstenar
- dolomitsteastiter
- tremolittalkstenar.

Talk är ett inert mineral och påverkar därmed inte närmiljön negativt. Dess användning har en positiv ekologisk verkan i pappers- och cellulosaindustrin som bindemedel för harts och andra organiska ämnen samt förminskar behovet av processvatten. Därför tror man att användningen av talk kommer att öka vid industriprocesser.

Talk har inte visat större hälsorisker om man följer de fastställda dammnormerna. Däremot kan en del farliga mineral finnas i talkprodukter: asbestliknande tremolit och ibland kvarts. Om talk har anrikats genom flotation, förekommer inga farliga mineral i produkten.

Talk används mycket i farmasia- och kosmetikaprodukter och då krävs att talken är speciellt ren. T. ex. As₂O₃ bör vara under 2 ppm och Pb under 20 ppm. Därtill bör kornstorleken regleras så att finkorniga partiklar som kan tränga in i hudets porer inte finns.

Några förutsättningar för ekonomisk talkbrytning:

- potentiella kunder bör finnas tillräckligt i propotion med produktionsvolymen och avstånden till kunderna bör vara rimliga
- fyndigheten måste vara av god kvalitet, så god att produktens kvalitet efterhand kan höjas, emedan kunden sannolikt i framtiden kommer att kräva kvalitetsförbättringar. Specialkvaliteter bör kunna produceras då de har bättre ekonomisk avkastning.
- investerings- och produktionskostnader bör vara låga så att man kan konkurrera med priser på den öppna marknaden
- från bimineral - såsom Ni-pentlandit och magnesit - kan tillverkas som säljbara produkter
- man måste satsa hela tiden på produktutveckling och kundservice.

Till slut påpekas att talk som mineral är ett mångsidig industrimineral. Dess användning i industrin är ändå ganska nytt fenomen och det finns mycket kvar att forska och utveckla vad gäller talkens produktions- och konsumtionsteknik.

Som främsta konkurrent för talk i pappers- och cellulosaindustrin är kaolin, men vad gäller att binda tjära är talk fortfarande bäst (kanske med undantag av bentonit).

3. Minerals used for paper production (ss. 38-44, M. Tyni)

Konsumtion av papper i världen är i dag ca 250 miljoner ton och uppskattas öka och vara vid år 2000 ca 300 milj. ton. Trä som naturråvara kommer alltid att ha sin plats men mineralanvändningen vid pappersproduktion kommer också att öka ty mineral är billigare än trä och behövs även i produktionsprocessen samt för att tillverka vissa papperskvaliteter. Kanada och Finland är de största pappers- och kartongexportörer i världen och USA i sin tur är den största konsumenten. Från fig. 1 och tabell 1 (sida 39) framgår papperskonsumtionen i världen respektive papperskonsumtion/person och år.

Finlands pappersindustri konsumerade år 1980 618 000 ton pigmentämnen och idag 2.5 gånger mer (1.534 milj. ton). Samtidigt har pappers- och kartongproduktionen blivit 1.6 gånger större m. a. o. användning av pigmentämnen har ökat mer än pappersproduktionen.

Från tabell 2. (sid. 39) och tabell 3 (sid. 40) framgår utvecklingen av finska industrins pigmentkonsumtion under 1970 - 1990 och prognos för år 2010. Procentuellt har kalciumkarbonat ökat mest men kaolin är mängdmässigt överlägset störst. Talk kommer också att ha en god efterfrågan även om den i vissa papperssorter (offset) är bannlyst. Tabell 4 (sid. 40) visar mineralpigmentens viktprocent i olika typer av pappersprodukter.

Till slut poängterade Tyni att den ökande konsumtionen av pigmentämnen i papperstillverkning bjuder ett stort forskningsfält för mineraloger och mineralkemister för att utreda och utveckla mineralens processtekniska egenskaper.

4. Några egna kommentarer

Pappersindustrin är en av de största konsumenter som av industrimineral. Enbart Finlands konsumtion av olika industrimineralprodukter kommer att fördubblas från 1990 till 2010. Speciellt efterfrågan på papper kommer att öka när nationer som Kina och Sovjet Unionen får i gång sin ekonomi.

Det framgick också att ryssarna har stora råvaroreserver, men de saknar kapital, infrastruktur och har brister vad gäller teknik. Det var även klart att de kommer att öppna sina gränser för utländska intressenter och att de verkligen vill samarbeta. En svårighet till är att de kommer att ha mentala svårigheter att förändra sina tankebanor från de gamla centralbyråkratiska systemet. T. ex. de talade varmt om asbestfyndigheter och kunde inte acceptera att mineralet i västvärlden har klassats som hälsofarligt. De redovisade också en stor grafitfyndighet i Karelen och visade fina prover av grafit och vermikulit. På byggnadsstens sida visade de en del produkter som kunde vara fina komplement till nordiska stenindustrier.

Den partner som gör affärer med ryssar och som kan sälja eller använda ryska produkter kommer att göra lysande resultat i den närmaste framtiden för de vill få produktion i gång till nästan vilket pris som helst.

Vad gäller vår framtid som prospektörer: vi måste skaffa bättre kunskaper om industrin, deras behov av råvaror, vilka egenskaper industrimineralen har, hur de bär sig och hur de används i processen. Kan vi detta har vi bättre möjligheter att erbjuda våra tjänster och visa de rätta produkterna och poängtera de rätta egenskaperna av produkten till kunden.

Finnish-Soviet Scientific-Technological Cooperation
Theme 2.1 Industrial Minerals

Symposium

"Comprehensive assessment of non-
metalliferous deposits"

aboard

M/S Viking Isabella between Helsinki and Tallinn
14—15 November 1990

Abstracts

Coordinators Heikki Niini and Esko Lundén
Responsible organizer Heikki Vartiainen
Scientific secretary Sinikka Roos
Administrative secretary Matti Nieminen

CONTENTS

	Page
Programme.....	2
1. The francolite ore deposits of Kovdor and Sokli <i>H. Vartiainen & I. Melnikov, & B. Sulimov</i>	3
2. Geology and ways of using ceramic clays <i>B. Anechkin</i>	8
3. Geology and prospects for exploitation of kaolin deposits in the eastern Fennoscandian Shield. <i>Y. Pekkala & V. Yevzerov</i>	10
4. Geology, commercial assessment, and utilization of talc deposits <i>M. Tyni & V. Michailov & V. Furman</i>	16
5. Geology and commercial assessment of graphite deposits in the eastern Fennoscandian Shield <i>N. Biske & L. Skamnitskaya & V. Michailov & O. Sarapää</i>	25
6. On the requirements to the quality of the industrial minerals applied in building industry <i>N. Ustavnikova & H. Pyy & P. Mesimäki</i>	29
7. Vermiculite and its use as an industrial mineral <i>R. Saikkonen</i>	31
8. The ways of increasing the efficiency of using nonmetallic mineral resources. <i>V. Proskuryakov</i>	33
9. Resources of stone processing industry in the northwest of Russian Republic (The present state and prospects of development). <i>N. Ustavnikova & A. Ryleev</i>	34
10. Geology and the ways of using shungite rocks <i>Yu. Kalinin</i>	36
11. Minerals used for paper production <i>M. Tyni</i>	38
12. Wollastonite — an important industrial mineral <i>E. Lundén</i>	45
13. Production mineralogy at Siilinjärvi apatite mine <i>H. Kauppinen & H. Papunen</i>	49
List of participants.....	51

Programme

14.11. WEDNESDAY

- | | |
|-------|---|
| 12.45 | Check-in at info desk of Viking Line terminal, Katajanokka, 2nd floor |
| 13.30 | Departure from harbour by m/s Viking Isabella |
| 13.30 | Lunch |
| 14.30 | Presentation, <i>chairman Esko Lundén</i> |
| | 1. Vartiainen, Heikki, Melnikov, I., Sulimov, B.: Comparison between the francolite ore deposits of Kovdor and Sokli |
| | 2. Anechkin, B.: Geology and the ways of using ceramic clays |
| | 3. Pekkala Yrjö, Jevzerov, V.Ya.: Kaolin deposits of the Fennoscandian Shield |
| 16.00 | Coffee break |
| 16.15 | Presentation, <i>chairman V. Mikhailov</i> |
| | 4. Tyni, Matti, Mikhailov, V., Furman, V.: Talc as an industrial mineral |
| | 5. Biske, N., Skamnitskaya, L., Mikhailov, V., Sarapää, Olli: Geology, exploration and commercial assessment of graphite deposits in the Fennoscandian Shield |
| | 6. Ustavnikova, N., Pyy, Hannu. Mesimäki, Pekka: On the requirements to the quality of the industrial minerals applied in building industry |
| | 7. Saikkonen, Reijo: Vermiculite and its use as an industrial mineral |
| 18.30 | Dinner |
| 19.30 | Free evening |

15.11. THURSDAY

- | | |
|-------|---|
| 8.00 | Breakfast |
| 8.30 | Presentation, <i>chairman Heikki Niini</i> |
| | 1. Proskuryakov, V.: The ways of increasing the efficiency of using nonmetallic mineral resources |
| | 2. Ustavnikova, N., Ryleev, A.: Resources of stone processing industry in the northwest of Russian republic; The present state and prospects of development |
| | 3. Kalinin, Yu. Mikhailov, V.: Geology and the ways of using shungite rocks |
| 10.00 | Coffee break |
| 10.15 | Presentation, <i>chairman V. Proskuryakov</i> |
| | 4. Tyni, Matti: Paperi- ja selluteollisuuden käyttämät teollisuusmineraalit |
| | 5. Lundén, Esko: Wollastonite; an important industrial mineral |
| | 6. Kauppinen, Heikki: Siilinjärven tuotantomineraloginen tutkimus |
| 11.45 | Discussion |
| 12.00 | Lunch |
| 13.30 | Arrival at Helsinki harbour |

The francolite ore deposits of Kovdor and Sokli

H. Vartiainen

Kemira Oy, Rovaniemi

I. Melnikov & B. Sulimov

Sevzapgeologia Association, Kola

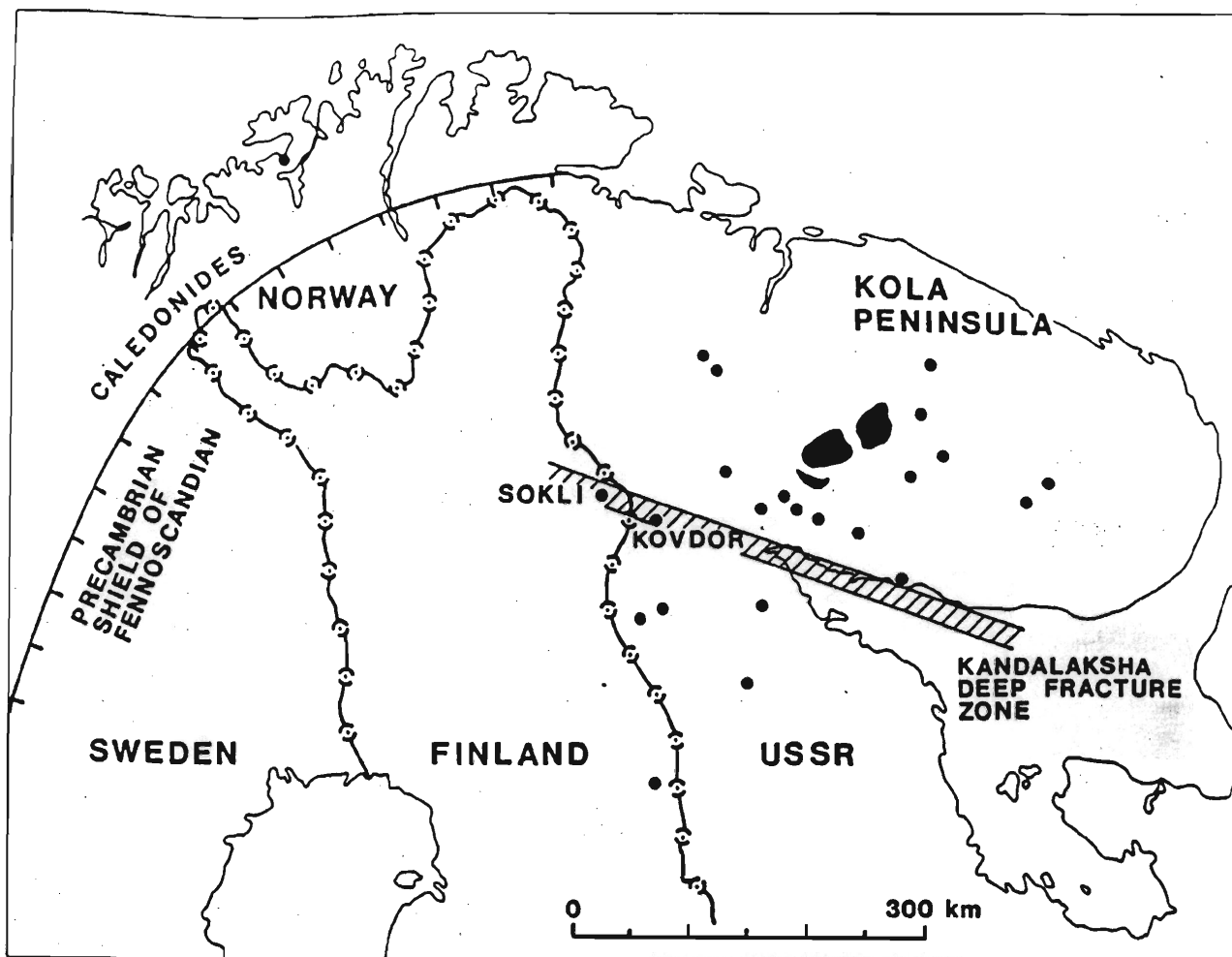
The massifs of Kovdor and Sokli francolite-apatite ore complexes are 50 km from each other, while the state border between two countries cuts this distance roughly into two halves (Fig. 1).

There is an opinion that the massifs occur in one linear-tectonic zone joining their territories and traced further SE towards the Kandalaksha bay of the White sea to as far as a similar third massif called cape Tury.

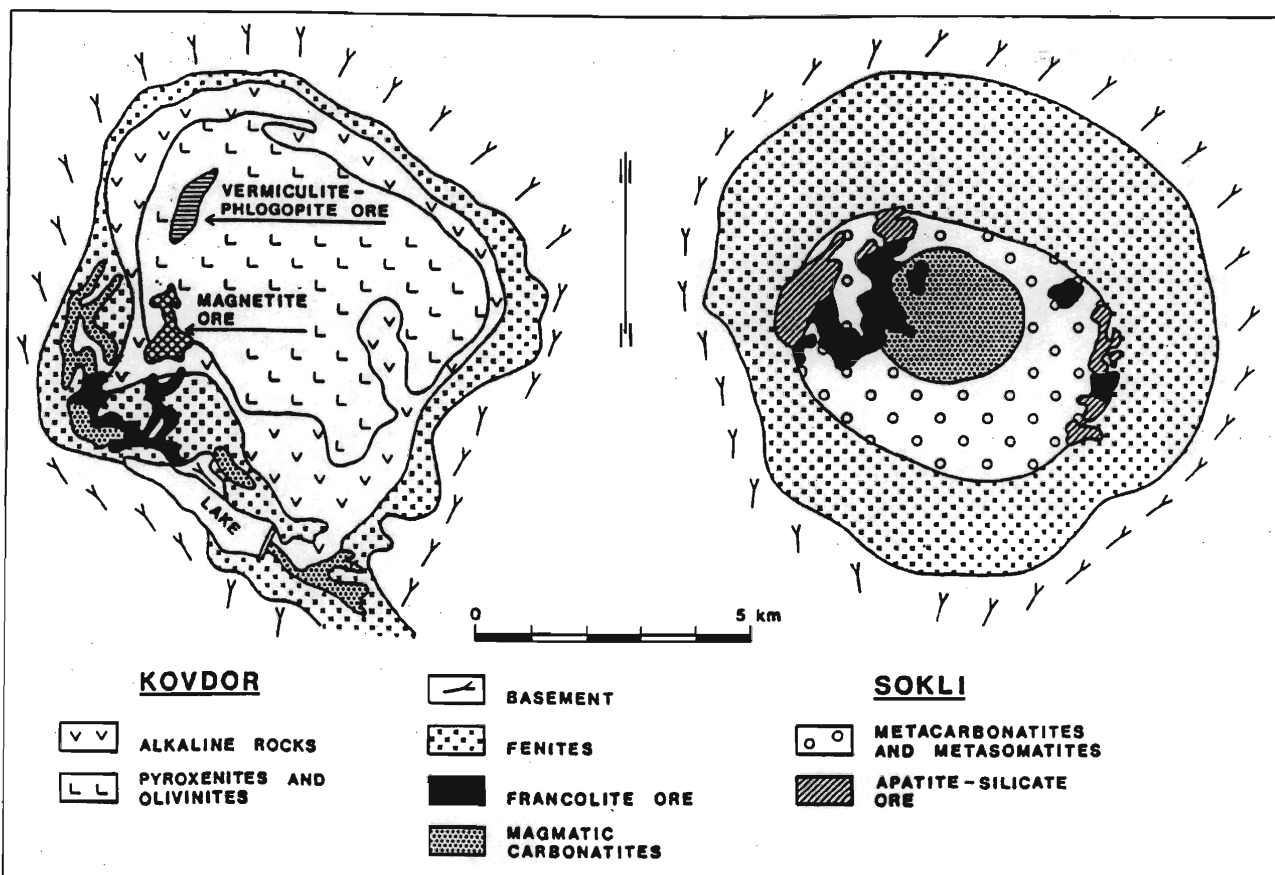
The intrusive rocks of Kovdor and Sokli massifs are assumed to be vertical cylindrical bodies with a somewhat circular horizontal section. On the surface their size is 6x7 km and their cross-section area is 4x4 km (Figs 2 and 3).

As far as geophysical information goes, these intrusive bodies run downwards for some tens and, probably, even more than 1 hundred kilometres. Formation of the igneous complexes is related to Caledonian tectono-magmatic cycle (Lower Proterozoic).

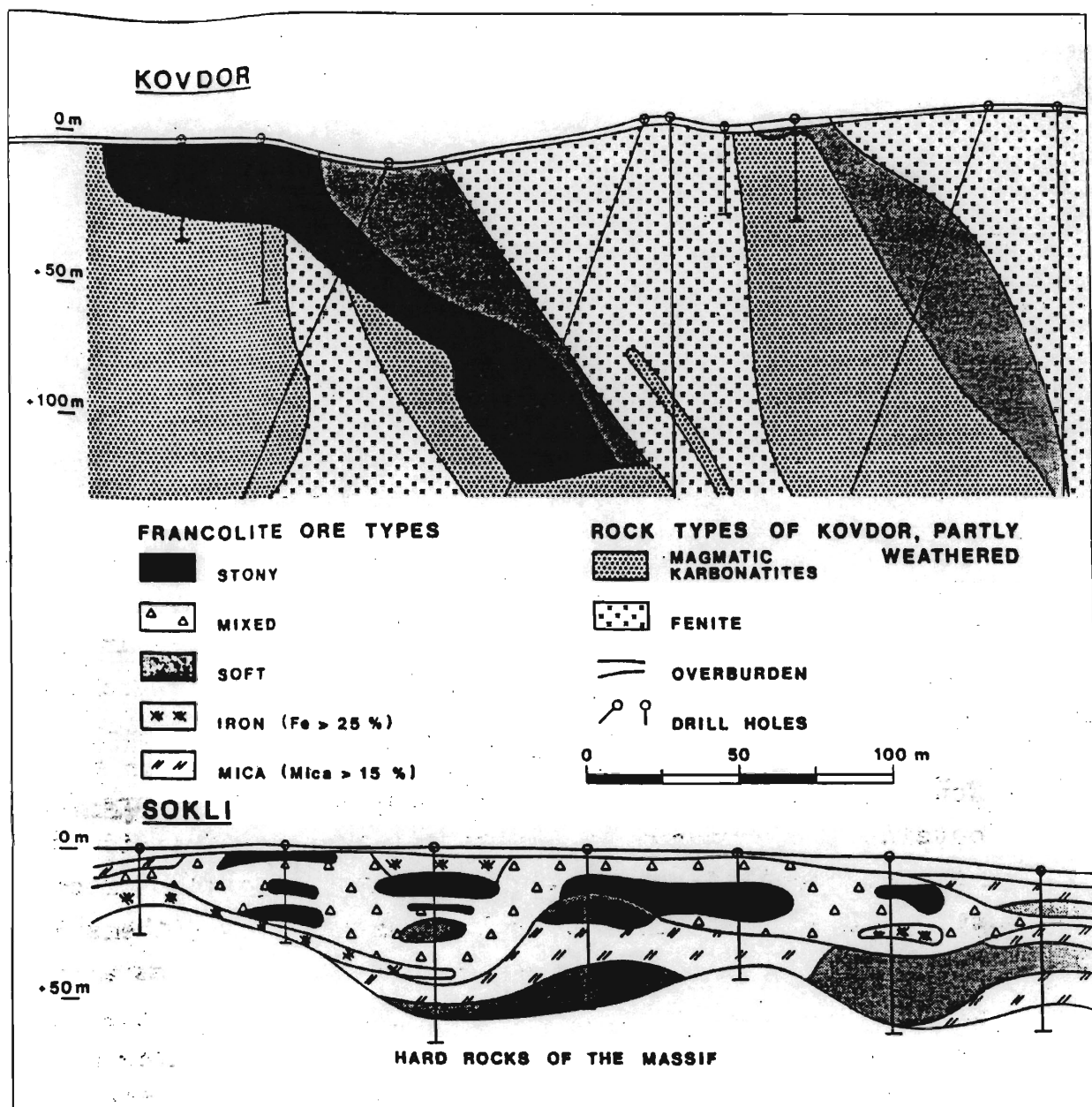
The francolite-apatite ores of the complexes are localized within the carbonatite layers only. The ores were supposed to appear due to the carbonatites' weathering and decomposition in Mezozoic time. Such process could, probably, be



Kuva 1.



Kuva 2.



Kuva 3.

accompanied with leaching, utter subtraction of easily soluble carbonates out from a layer of disintegrating material, contraction and 'in situ' accumulation of weathering-resistant residual phosphates. In certain cases it was possible also for the phosphate substance to become solved and remanié down the outcropping profile where solubilization of carbonatites took place by means of their direct substitution by phosphatic solutions.

The fact that francolite-apatite ores are genetically associated strictly with carbonatite formations explains the peculiarities in localization of these deposits within the massifs.

The primary carbonatites form rather vast areas within the Sokli massif. Again, in the central part of this intrusive body, there occur the major francolite-apatite deposits with an obviously areal outcropping pattern.

Now, in the Kovdor massif area the carbonatites are largely outside the boundary of the massif proper and inside the fenite endocontact aureole. Following the 'example' of carbonatites, francolite ore accumulations also found themselves in the fenite aureole. The francolites occur here as a system of intersecting and offshooting linear and arc-like bodies oriented NW and NE. The carbonatite-fenite contacts are the most favourable places for francolite ore deposition, and its thickness along these contacts may attain 160-170 m from the surface.

The composition of the francolite-apatite ores of Kovdor and Sokli is rather complex and extremely irregular.

The economic minerals include apatite, francolite and magnetite. Rock-forming waste minerals are silicates, mostly hydromicas, which are accompanied by this or that amount of pyroxene, amphibole, feldspar and olivine.

A peculiar component to be found in the ores of both deposits is goethite: acting as a bad impurity it hinders the production of a high-quality phosphate concentrate.

While ranging widely, the phosphate minerals both in Kovdor and Sokli make on average 40% (P_2O_5 16%). Francolite-apatite ratio varies widely too, being on average close to 1:1. Occasionally an aqueous alumophosphate-crandallite is recorded. The accessory impurities comprise pyrochlore or baddeleyite.

Concerning their physical state the francolite ores of the deposits can be classified as stony and friable, and as a mixed type. In Kovdor area a proportion of stony and friable varieties is around 1:2, and in Sokli this ration is much lower. Sieving is the most practical way to separate the ore varieties.

The stone ores possess remarkably higher average concentrations of phosphatic minerals but these amounts vary rather easily from 20 to 32-34% P_2O_5 .

In friable ore varieties the material changes its state from coarse-grained (gruss and sand) to fine-grained (dust ochers), the latter being especially typical of Sokli.

The reserves of the Kovdor and Sokli francolite ores are of the same size, about 50 Mt. The P_2O_5 content is 16.0% in Kovdor and 19.5% in Sokli. In addition, the apatite-silicate ore of Sokli, closely related to the francolite ores, makes 70 Mt with a grade of 13.5% P_2O_5 .

Mode of occurrence makes these ore deposits good for shallow opencasting.

To organize a joint development of francolite ore deposits in Kovdor and Sokli seems to a matter far from being simple and yet quite achievable.

Geology and ways of using ceramic clays

B. Anechkin, Sevzapgeologia Association, Leningrad

Clay rocks make up a major portion of geological section in the Northwest of Russian Republic. The varying clay-forming conditions gave rise to a great diversity in their composition and properties which are essential with respect to application of clays in a manufacture of fine and coarse ceramic products and also refractories for metallurgy and other industries.

The explored deposits of low-temperature refractory clays are localized in Lower Cambrian, Upper Devonian and Quaternary formations.

Most attractive from a commercial standpoint are the blue clays of Lontovas suite (G₁ln) within a glint-line strip in Leningrad district and glacial-lacustrine (varved) clays of Holocene. These are two types of clays consumed by some 90% of factories in the Northwest for a production of building brick, ceramic tiles, expanded clay aggregate, ceramic blocks, sewer and drain pipes, roof tiles, various architectural elements. Besides, this clay material goes well as an aluminosilicate component in Portland cement.

Explored by now have been 120 low-temperature refractory clay deposits estimated at more than 400 mln cub. m, of which 3 deposits totalling some 160 mln cub. m are placed at Cambrian and the rest deposits are in Quaternary. Altogether 60 deposits are being mined and their clay reserves exceed 300 mln cub. m.

All the rest deposits are standby.

9

Most clay deposits are being exploited by the organizations under the Ministry of industrial and building materials. The largest clay deposits and clay-consuming plants in the Northwest are localized in the Leningrad region and provide ceramic ware for the building industry of Leningrad.

The proved reserves are large enough for most mining projects to operate continuously for a long time.

Most previously explored operating deposits cannot be regarded as an additional raw material base for the acting factories because they are too small in size and too far from the latter. It is only in case of building local minor enterprises that most of these deposits are usually developed, for their reserves hardly amount to 1.5 mln cub. m.

Geology and prospects for exploitation of kaolin deposits in the eastern Fennoscandian Shield

Y. Pekkala

Geological Survey of Finland, Espoo

V. Yevzerov

Geological Institute, Kola Science Centre of the USSR,
Academy of Sciences, Apatity

In the eastern part of the shield two types of kaolins are distinguished: eluvial with a relict texture of parent rocks and deluvium ones formed due to redeposition of the upper eluvial kaolins. Both the types underlie Quaternary deposits.

The primary kaolins are confined to the linear crust of weathering apparently representing the roots of the areal crust of weathering which previously covered most of the peneplanized shield surface. Warm and wet climate, favourable for the kaolin weathering of the shield basement rocks, took place since the late Triassic - early Jurassic through the Eocene. During this time interval the kaolin crust of weathering might have originated repeatedly and have been partially or completely washed out due to unsteady oscillating movement of the entire region.

According to some preliminary data the greatest reserves of primary kaolins do not exceed 5 million tons. The largest deposits are found in the northern foothills of Lovozero tundras and on the near-Khibiny plain south of the Khibiny Mountains (Fig. 1)

The chemical composition of primary kaolins from various deposits is presented in Table 1. As seen, these kaolins are characterized by rather a high FeO content.

Judging by the results of technological testing, the primary kaolins of the eastern Fennoscandian Shield can be used to produce painted facing tiles and drainage pipes.

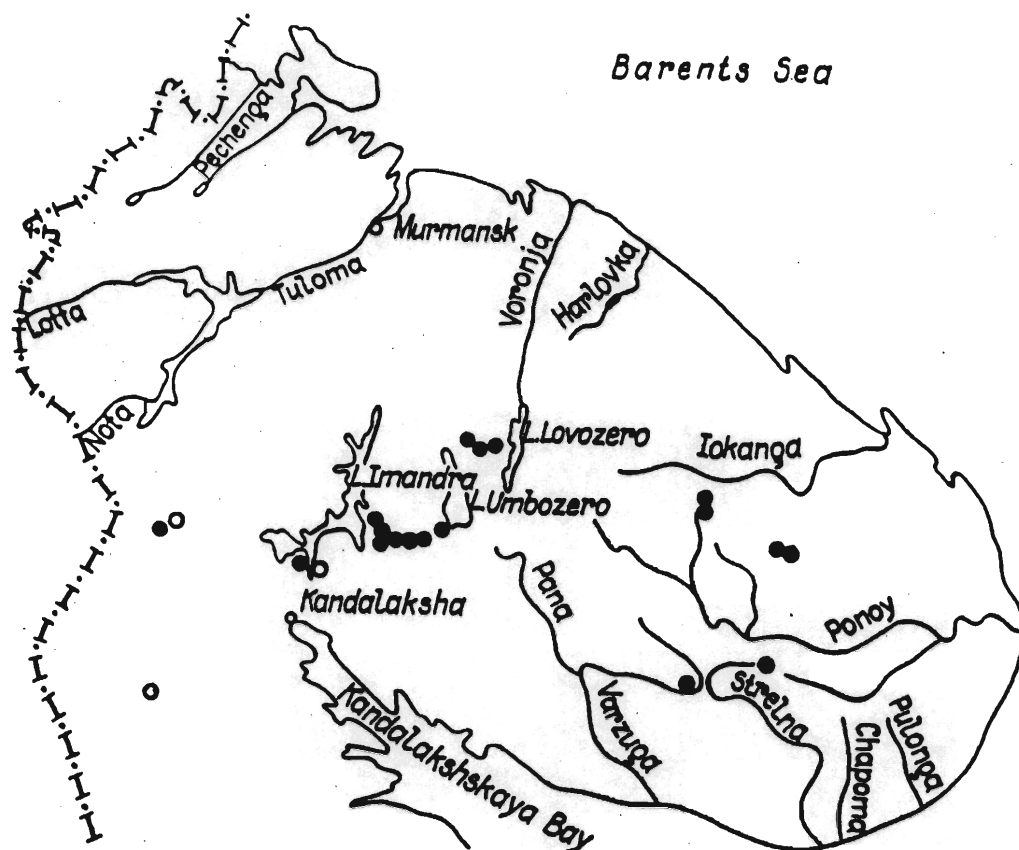


Fig. 1. A scheme of kaolin (black circle) and sungalite (light circle) occurrences in the Kola Peninsula.

In Fig. 2 given is a characteristic section of one of the primary kaolin deposits corresponding to hydromica-kaolinite part of the weathering crust kaolinite zone.

There is a good reason to believe that not all manifestations of kaolin have been revealed, as evidenced by secondary kaolin deposits found in 1989 in the Pechenga area.

In the Kola Peninsula alongside the linear kaolin crust of weathering, a linear sungalite one is also common. The predominant mineral in deposits is sungalite which is a magnesium analogue of kaolinite.

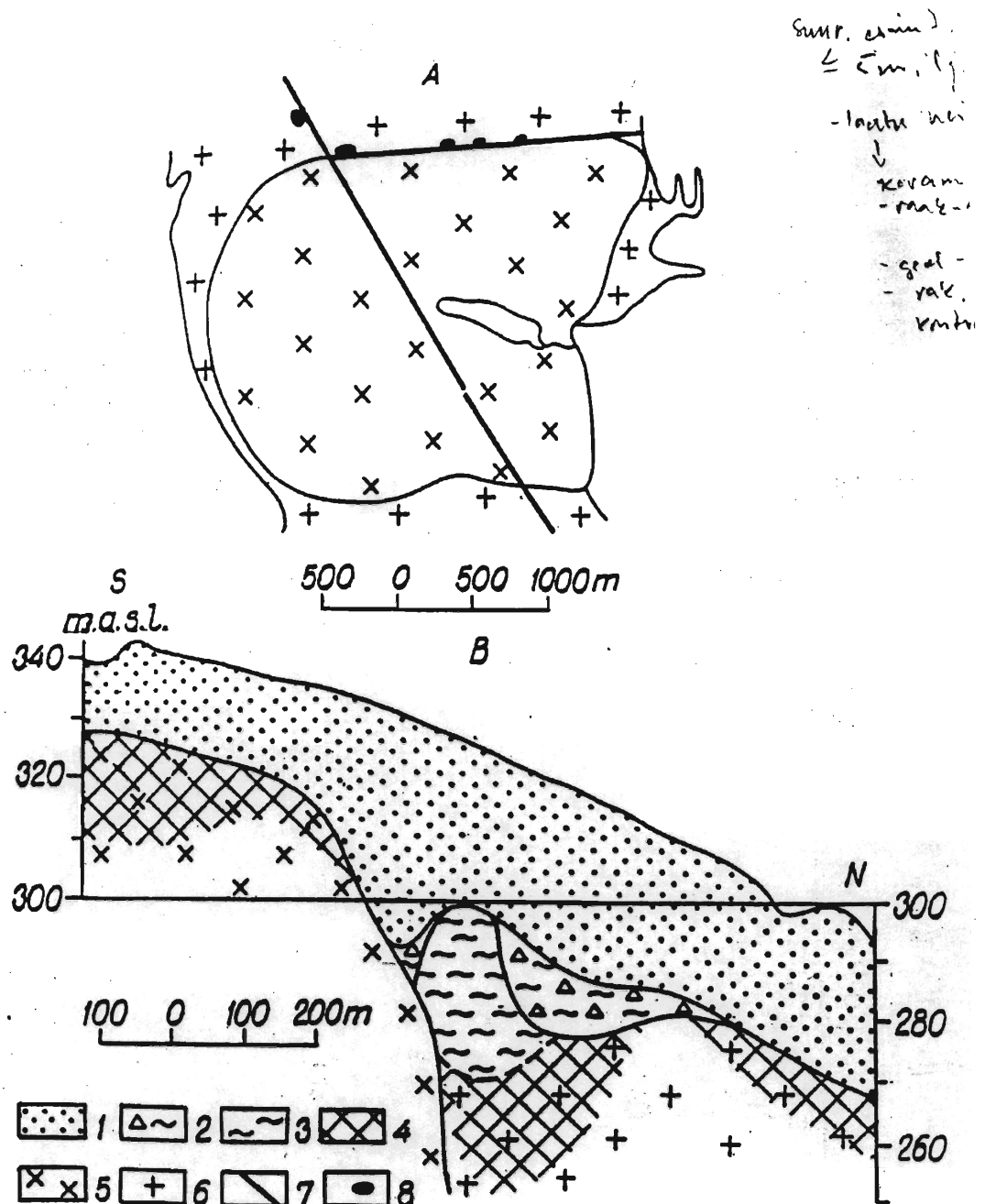


Fig. 2. A scheme of kaolin deposit occurrence in the northern foothills of Lovozero tundras /A/ and a characteristic section of one of the deposits /B/. Cited from Likhachev 1972; Afanasjev, 1977 with small changes.

1 - Quaternary deposits of various genetic types; 2 - deluvium kaolins; 3 - kaolinitic zone of the crust of weathering; 4 - desintegration zone / on gneisses and granite-gneisses it is shown together with hydromicaceous zone of the crust of weathering/; 5 - nepheline syenites; 6 - gneisses and granite-gneisses; 7 - tectonic zones /indicated selectively/; 8 - kaolin deposits.

Table 1.

CHEMICAL COMPOSITION OF PRIMARY KAOLINS (1.2) AND CLAYEY FRACTIONS SEPARATED FROM THEM

Oxides	Oxide content (mass %)						
	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	38.10	51.95	43.27	34.73	42.60	39.75	35.28
TiO ₂	6.27	3.57	0.42	0.31	0.16	0.25	0.12
Al ₂ O ₃	17.54	20.86	35.65	30.54	35.89	35.13	33.93
Fe ₂ O ₃	21.24	13.47	3.99	15.72	3.56	6.28	3.50
FeO	0.62	-	0.19	0.43	0.28	0.44	0.28
MnO	0.40	0.02	0.02	0.03	0.03	0.007	0.01
MgO	0.70	-	0.59	0.30	0.25	0.50	0.63
CaO	0.39	0.67	0.06	0.73	0.34	0.42	0.71
Na ₂ O	0.44	-	0.04	0.05	0.12	0.22	0.06
K ₂ O	0.31	undet.	0.63	0.51	1.55	1.58	0.55
H ₂ O ⁺	8.96	9.28	13.53	13.99	13.52	13.12	12.87
H ₂ O ⁻	3.96	0.62	0.78	2.45	0.96	1.60	2.00
P ₂ O ₅	undet.	undet.	0.09	undet.	undet.	undet.	undet.
LOI	0.78	undet.	0.27	-	0.64	0.76	0.24
Total	99.71	100.38	99.53	99.84	99.90	100.07	100.18

Note. The Table was compiled on the basis of: Sidorenko, 1958; Afanasjev, 1977. Initial rocks:
 1 - chlorite schists, near-Khibiny plain; 2 - albite-chlorite schists, near-Khibiny plain;
 3 - biotite gneiss, northern foothills of the Lovozero tundras; 4 - amphibolite, the Shuurut Mountain, Big Keivy; 5 - sericitic schist, Big Keivy; 6 - garnet-muscovite schist, Maly (Little) Keivy; 7 - gneisses, Ozernaya Varaka.

Abbreviations: LOI - loss on ignition; undet. - undetermined.

Most kaolin deposits in the Finnish territory of the Fennoscandian Shield are classified as primary and only a few secondary formations have been identified. Primary deposits were formed as alteration products of various Precambrian rocks, mostly of Lower Proterozoic. Secondary deposits are of sedimentary origin and major ones are of Upper Proterozoic or Cambrian age.

A noteworthy kaolin deposit occurs at Siurunmaa, in northern Finland (No. 3 in Fig. 3). Kaolinisation has taken place in arkose and sericite-quartzite of lower Proterozoic producing mostly greyish or yellowish white kaolin. The deposit is at least 100m wide and 500m long and drilling has revealed that under the silt overburden, the bedrock is kaolinised in place to a depth of 90m. The kaolinite content of raw kaolin generally varies from 15 to 35%.

In north-eastern Finland (Nos. 5, 6, 8 in Fig. 3), a number of kaolin indications have been investigated and the most promising of these are Pihlajavaara, Ruma, Kurikkavaara, Kerkkä, and Riitasuo. The parent rocks in all these deposits are lower Proterozoic arkoses and sericite quartzites, or occasionally mica schists.

In southern Finland the most promising kaolin deposits are in the Virtasalmi area where the weathering attained thickness of 50-60m under 20-35m of glacial till overburden (Fig. 4).

The bedrock around kaolinised areas is composed of lower Proterozoic metasedimentary rocks, occasionally intruded by plutonic rocks. The parent rock of the best kaolin occurrences has for the most part been a quartz feldspar gneiss, generally rich in plagioclase (40-60%) and low in mafic minerals (biotite 3-5%). Quartz feldspar gneisses are characterized by a high aluminium content (Al_2O_3 16-20%) and

KAOLIN DEPOSITS IN FINLAND

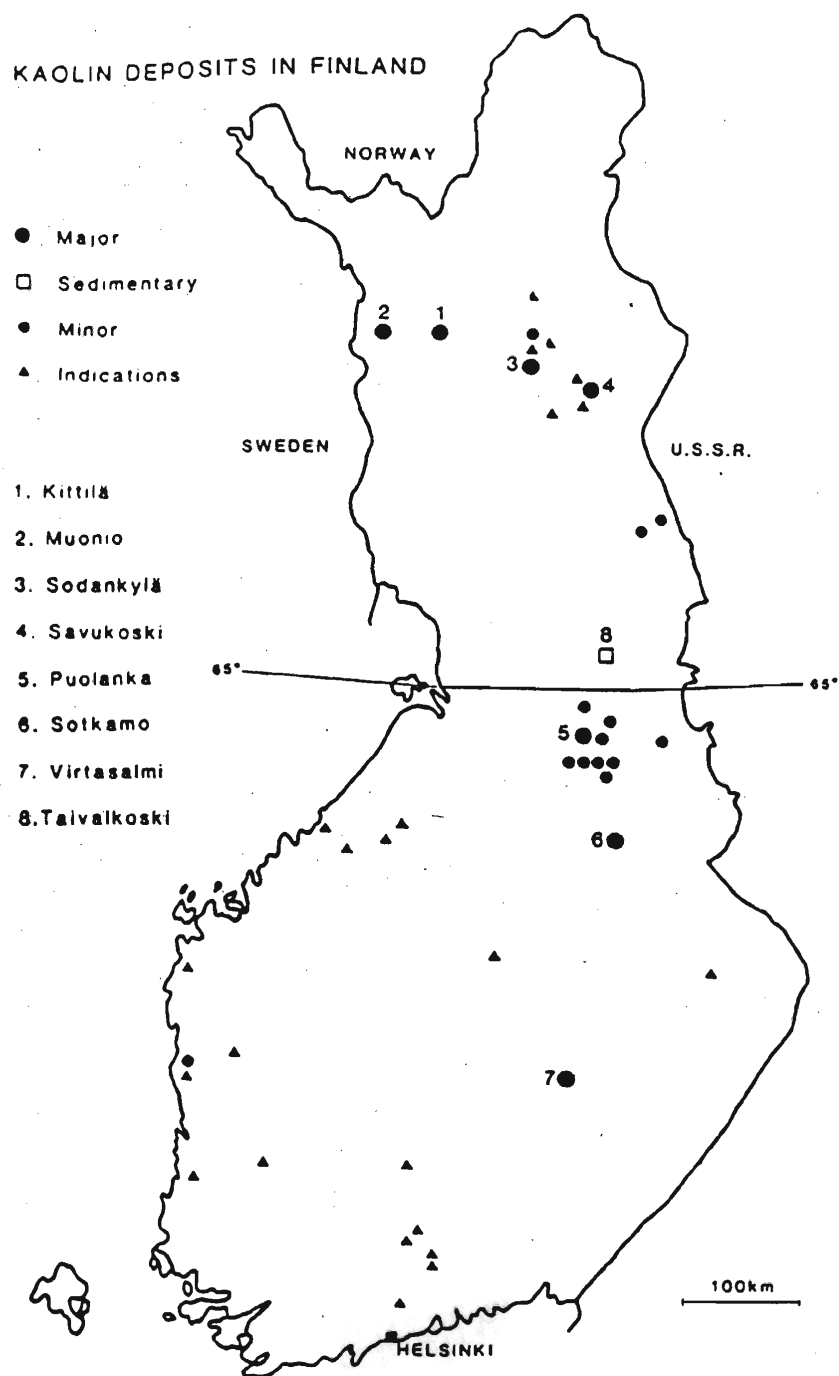


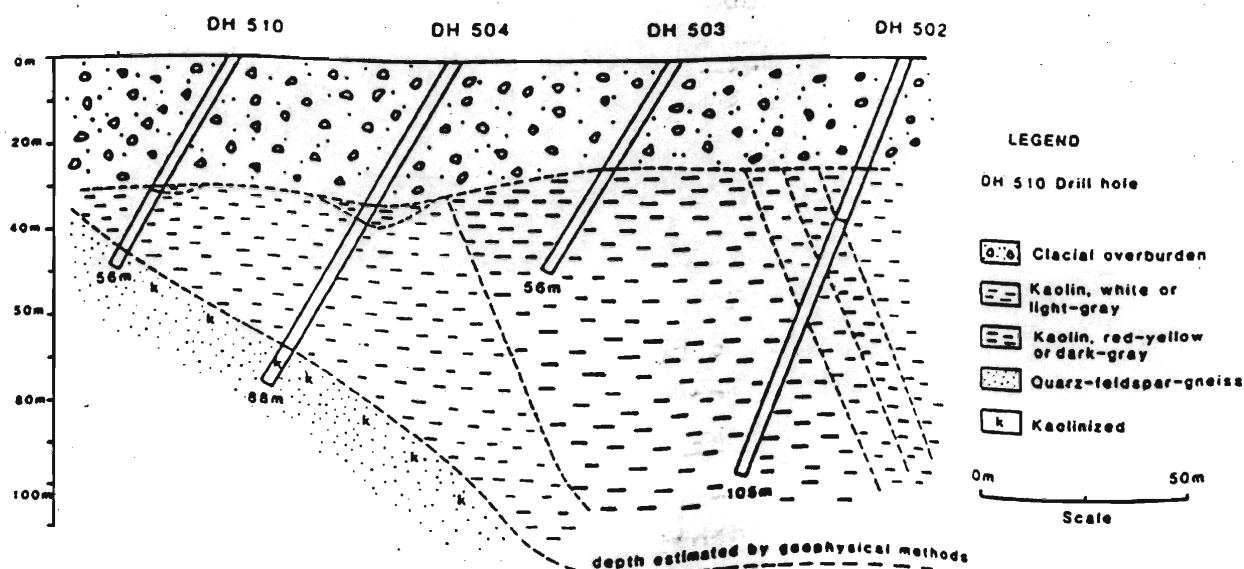
Fig. 3. Kaolin deposits in Finland.

low iron content (Fe_2O_3 1-5%) and the kaolinite content of weathering products is generally high, 50-60% and the iron content is usually low, 1-2% FeO . The kaolinite content throughout the weathering profile is exceptionally high (Table 2), so that in the -20 microns fraction it exceeds 90%.

In conclusion of the quality it may be said that at Virtasalmi there are deposits containing kaolin with the technical properties of paper filler and to some extent also of coating quality. The main target of the current exploration programme is to find out if the reserves of paper quality kaolin are large enough to warrant economic exploitation.

Table 2. Chemical (XRF) and mineralogical (XRD) composition and particle size distribution (Sedigraph) of core samples from Virtasalmi.

Drill hole Depth	510 36-38 m		504 55-57 m		504 75-78 m		502 102-103 m	
	raw	-20 um	raw	-20 um	raw	-20 um	raw	-20 um
SiO_2	58.3	45.2	60.0	45.1	52.6	46.6	55.1	40.1
Al_2O_3	23.5	36.9	23.6	35.5	21.6	32.6	23.6	33.0
Fe_2O_3	1.4	0.3	1.3	0.3	6.6	2.2	7.7	9.7
TiO_2	0.7	0.4	1.6	1.2	2.0	1.6	0.6	0.5
K_2O	0.7	0.7	1.5	1.1	3.3	1.6	0.5	0.6
Kaolinite	65	95	80	95	45	95	65	95
K-mica	5	2	5	2	30	2	5	2
Quartz	30	3	15	3	10	2	30	3
Feldspar					15	1		
Particle size %								
- 2 micron	34.2		24.6		17.5		36.0	
-20 micron	64.2		56.1		48.5		66.4	



Geology, commercial assessment, and utilization of talc deposits

M. Tyni, Malmikaivos Oy

V. Michailov & V. Furman, Sevzapgeologia Association

Geology and commercial assessment

Because of its valuable properties, viz. brightness, fire resistance, high sorbing power, dielectric and chemical resistance, etc., talc and talcose rocks are used in the production of wood-pulp and paper, lacquers, pigments, rubber and ceramics, as well as in the chemical industry, medicine, construction materials manufacturing, etc. The world output and consumption of talc, as well as its market price, are continuously growing.

Known in the Soviet Karelia are the deposits and occurrences of commercial talc-carbonate and talc-chlorite ores from altered ultrabasic rocks, and also talc-carbonate ores related to the metamorphosed dolomites and carbonate shales. Among these, however, only talc-chlorite ores (a so-called potstone) have been developed.

Most common are the recently examined occurrences of talc-carbonate ores which are associated with ultrabasic rock complexes. We know 9 of such occurrences that are located within the Lopian greenstone structures, viz. Hautovaara-Vedlozero, South-Vygozero and Kivijarvi, and among them Svetlozero occurrence is the most familiar. It comprises 3 high-angle sheet deposits, 100 to 200 m thick and at most 2 km long, which have been traced down to 300 m. There are interbeds of serpentinite and gabbro-diabase: these attain 30 m in thickness and are spatially associated with Ni-Cu orebodies. Predicted talc ore reserves are estimated at 150 mln tons, with talc content 40-70%,

magnesite (breunnerite) 40-50%, impurities (chlorite and serpentine) 10-20%, magnetite and sulphides up to 5%. The raw ores possess the brightness of 55-68%, the content of insoluble-in-HCl residue being 55% and Fe_2O_3 ranging 6.6-11%. These ores yield a talc concentrate with brightness 85-87%, Fe_2O_3 from 0.2 to 0.45% and insoluble residue 92-96%.

The total predicted resources of apo-ultramafic talc-carbonate ores at the known mineral occurrences in Soviet Karelia amount to 560 mln tons.

Talc-chlorite ores compose the deposits and occurrences of Segozero and Vozhma groups, as well as the occurrences of Parandovo and Kostomuksha.

One deposit of the Segozero group (Kallivo-Murrenanvaara) used to be quarried in 20's and 30's for the production of building stone, fire bricks, etc. Known all in all in Karelia are 12 deposits and occurrences of this building material, the total resources exceeding 100 mln tons. The most thoroughly studied is Turgan-Koivan-Allusta deposit (100-150 m) which comprises three thick high-angle bodies localized within the hanging wall of a sheet-like serpentinite rock massif 1.5 km long. Average talc content in ores is around 35%, chlorite 35%, carbonate 15%, actinolite 15%, with quartz, pyrite and monazite as impurities. Recognized are foliated and massive ore varieties, of which the second type has a remarkably decorative look.

Less familiar are the talc-carbonate ores of apo-carbonate type, which are associated with Jatulian dolomites and carbonate shales common in southern and central Karelia. We know three occurrences of that ore type, and the predicted ore reserves of the Pudozhgorski occurrence, as the best explored, make up some 30 mln tons. The ore deposit has a form of a low-angle sheet body about 10 m thick and 3.5 km long, with talc content in ore

ranging from 25 to 65% and that of Fe_2O_3 as 0.99-1.18%. This occurrence is worthy to be furthermore studied as a possible source of talc with low Fe content.

Dramatic deficit of high-quality talc in the European part of the USSR, where most of its consumers are, can be made good by constructing a dressing plant using one of the talc-carbonate ore deposits in Karelia. Feasibility estimate proves high economic efficiency of such option with the dressing plant's annual output of micronized air-ground talc product coming to 455 thousand tons, the industrial engineering investments of 66.7 mln rubles will be compensated in 3 years.

Technological utilization of talc deposits

This part of the talc abstract is in Finnish. However, English explanations to the Figures are presented in the following:

Fig. 1. Stereographic picture of the crystal structure of talc.

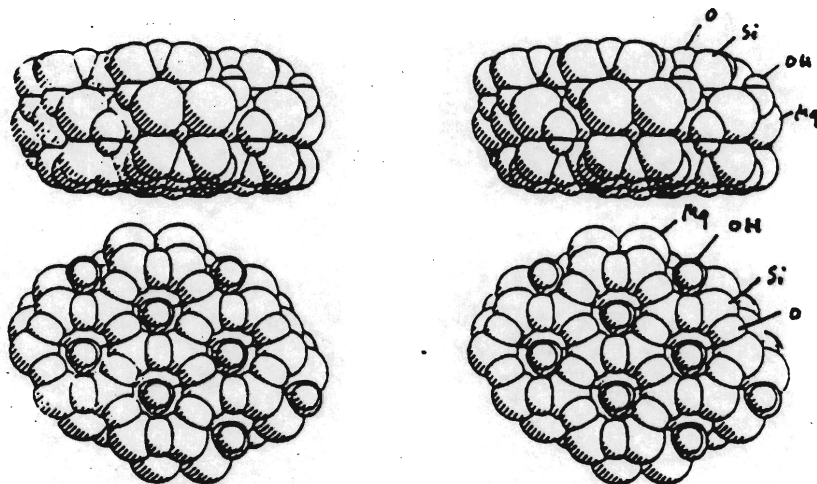
Fig. 2. Electron microphotos of talc products. On the right the product contains tremolite fibres. Largest grains $\varnothing$ appr. 20 μm .

Fig. 3. A typical serpentine occurrence that has partly altered to talc.

Fig. 4. Machines for grinding talc.

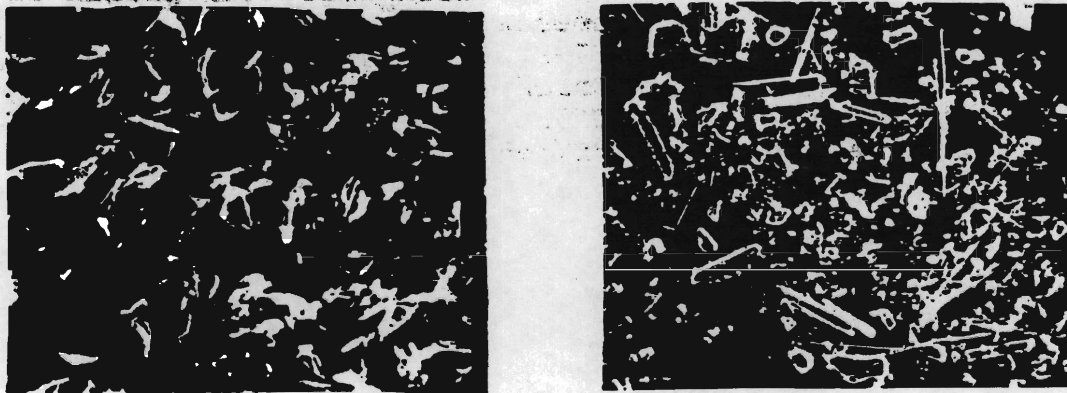
Fig. 5. Typical grain size distributions of talc products

Ne erikoisominaisuudet, jotka tekevät talkista moniin tarkoituksiin soveltuvan teollisuusmineraalin, ovat pehmeys, vaaleus, lohkopartikkeleiden levymäisyys, liukenemattomuus sekä eräät pintakemialliset ominaisuudet kuten hydrofobisuus ja organofiilisyyt.



Kuva 1. Stereokuva talkin kiderakenteesta

Maailmalla käytetään talkkituotteita noin 5 milj. tonnia vuodessa. Talkin käyttötilastoihin ("talc minerals") luetaan usein myös pyrofylliitti (ns. alumiinitalkki), joka on kuitenkin erilainen sekä synnyltään että käyttötavoiltaan. Eri tarkoituksiin käytettävien talkkituotteiden laatu ja samalla hinta vaihtelevat suuresti. Yhteistä niille on vain se, että ne sisältävät vaihtelevan määrän talkkia. Mitä muuta ne sisältävät, onkin jo eri asia. Laadun vaihteluita kuvaa myös hinnoittelun laaja skaala. Esim. USA:ssa 1989 erilaisten talkkituotteiden hinta vaihteli välillä \$ 28 - 358/t. Talkkia tuotetaan noin 40 maassa ja tuotantoon osallistuu yli 90 yhtiötä.



Kuva 2. Elektronimikroskooppikuvia talkkituotteista. Vasemmalla puhdas vaahdotettu talkki. Oikella tremoliittikuituja sisältävä talkkituote. Suurimpien rakeiden läpimitta noin 20 mikronia.

Talkkia käytetään moniin tarkoituksiin (ks. taulukko 1). Käyttömäärät kuvaavat maan omia raaka-ainevaroja. Esim. kotimaisen kaoliinin puuttuessa käytetään samaan tarkoitukseen talkkia, jota se lähinnä muistuttaa. Näin esim. Suomessa, Ranskassa ja Japanissa talkin käyttö paperiteollisuudessa on huomattavan suuri. Talkin vuotuinen kulutus asukasta kohden on n. 70 kg, USA:ssa n. 5 kg ja Neuvostoliitossa vain 2 kg.

Taulukko 1. Talkin teollisten käytön arvioitu prosentuaalinen jakautuma eri tarkoituksiin.

	Suomi	Muu Eurooppa	USA	Koko maailma
Keraaminen teollisuus	-	8	34	30
Maalit, muovit	5	24	24	23
Paperiteollisuus	90	49	13	20
Kosmetiikka	-	4	5	7
Kattohuopa	-	2	11	7
Kumiteollisuus	-	3	-	3
Lannoitteet	4	7	13	5
Muut	1	2	-	5

Talkin käyttö yhteensä milj. tonnia	0,3	1	1,2	5

TALKKIESIINTYMÄT JA NIISTÄ SAATAVAT TUOTTEET

Talkki on magnesiumrikkaiden mineraalien muuttumistulos viimeisimmässä geologisessa kehitysvaiheessa. Talkin syntyminen on tunnettua ainakin seuraavien reaktioiden mukaan:

serpentiini + CO ₂	-> talkki + magnesiitti
serpentiini + CaO + CO ₂	-> talkki + dolomiitti
tremoliitti + CO ₂	-> dolomiitti + talkki
kloriitti + SiO ₂	-> talkki

Talkkiutumisen on useimmiten aiheuttanut maapallon uumenista kohonnut CO₂. Talkin seuralaismineraalina on aina sekä muuttumaton alkuperäistä mineraalia että uutta mineraalia riippuen siitä, miten pitkälle talkkiutuminen on edennyt. Pahinta on, jos talkkiutuminen on ollut niin epätäydellistä, että itse talkin kidehilseen on jäänyt kloriitti- tai serpentiinirakenteita. Tällaisesta talkista ei voida koskaan valmistaa korkealaatuisia tuotteita.

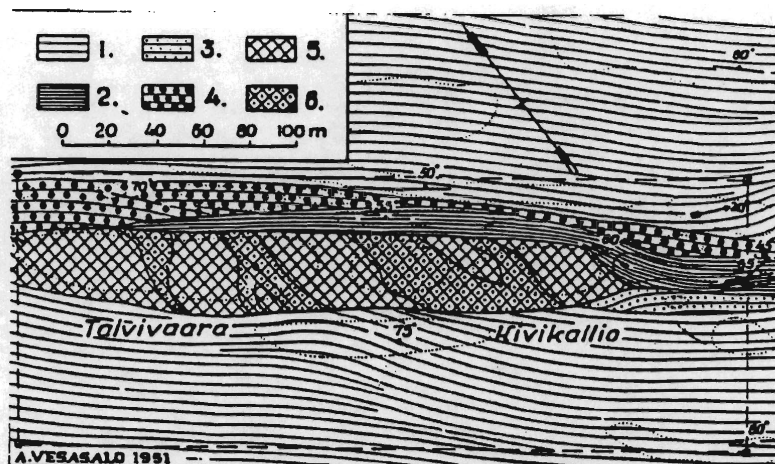
Kaivoskelpoiset talkkiesiintymät (talkkimalmi) voidaan ryhmitellä esiintymispaikkansa mukaan seuraavasti:

1. Serpentiiniittivuolukivet
2. Dolomiittisteatiitit
3. Tremoliittitalkkikivet

Serpentiiniittivuolukivien tavanomainen mineraalikoostumus: talkki 50 - 70 %, magnesiitti (brauneriitti) 30 - 50 %, Mg-kloriitti (leuchtenbergiitti) 5 - 10 %. Lisänä serpentiiniä, dolomiittia, diopsidia, tremoliittia, sulfideja ja oksideja.

Serpentiiniiteistä rikastetun talkin rautapitoisuus on 1 - 2 %. Vuolukiven nikkelipitoisuus 0,1 - 0,2 %. Tavallisesti se sisältää myös anomaalisen määrän arseenia ja antimonia.

Serpentiiniittivuolukiviä hyödynnetään paljon mm. Vermontissa ja Suomessa. Ultraemäksisen massiivin talkkiutuminen on ollut usein epäsäännöllistä. Talkkiutuneiden osien muoto ei noudata ollenkaan serpentiiniittipahkun muotoja. Serpentiiniittivuolukivistä tuotettu talkki on useimmiten tyyppillistä bulk-tuotetta, joka vain valikoidulla louhinnalla ja hyvällä vaahdotustekniikalla yltää puhtaampien erikoistalkkien luokkaan.



Kuva 3. Tyypillinen talkkiutunut serpentiiniitti, Arvo Vesasalon julkaisusta.

Fig. 14. Map of the soapstone and talc schist occurrence of Kivikallio-Talvivaara (79) in Sotkamo commune. 1. Mica schist, 2. Phyllite, 3. Quartzite, 4. Basal schist, 5. Serpentine rock, 6. Soapstone and talc schist.

Dolomiittisteatiiteista tuotetaan puhtaimmat ja parhaimmat erikoistalkit. Esiintymät ovat magnesiumpitoisissa karbonaattikivissä olevia juonia ja kerroksia. Puhtaat steatiittijuonet ovat kooltaan rajoitettuja. Talkkipitoisuus on korkea (90 - 100 %), joten rikastamiseksi riittää yleensä silmämääräinen valikointi. Tällaisista esiintymistä tuotetaan korkealaatuista talkkia mm. Montanassa ja Italiassa.

Dolomiittiympäristössä olevia kloriitti-talkkiliuskeita käytetään paljon talkin tuotantoon mm. Etelä-Ranskassa. Eriyistä rikastusta ei ole, ja tuotteet voivat sisältää 30 - 40 % kloriittia. Kloriitti alentaa tuotteen vaaleutta, mutta siitä huolimatta nämä tuotteet ovat löytäneet vakiintuneet markkinat Keski-Euroopassa.

Tremoliittivuolukivistä on tyyppiesimerkki New Yorkin valtion pohjoisosassa olevat Gouvernourin esiintymät. Ne sisältävät talkin lisäksi 30 - 50 % vaaleaa tremoliittia. Kun talkkia ei rikasteta, sama tremoliittipitoisuus säilyy tuotteeseen. Tällaista tuotetta on pidetty hyvänä raaka-aineena keraamisessa teollisuudessa, jossa kuitumainen tremoliitti lisää lujuutta ja estää muodonmuutokset. Alhainen rautapitoisuus on keraamisen raaka-aineen edellytys. Teräväkuituisen tremoliitin rinnastaminen asbestiin ja asbestia koskevat terveyshäädökset ovat voimakkaasti rajoittaneet tällaisen talkin tuotantoa viimeisen kymmenen vuoden aikana.

TALKIN TUOTANTOMENETELMÄT, EKOLOGIA JA TYÖTERVEYSRISKIT

Kaivos

Talkkimalmi louhitaan yleensä avolouhoksista. Maailmalla on vain muutamia maanalaisia talkkikaivoksia. Tämä johtuu siitä, että maalainen kaivostuotanto on huomattavasti kalliimpaa ja liukas talkkipitoinen kallio on altis yllättäville sortumille ja siten vaarallinen. Talkkikaivoksen ekologiset vaikutukset ovat pienet, jos se toteutetaan nykyaikaisten ympäristönsuojeluvälineiden mukaan. Maanpintaan ja maisemaan vaikuttavat kaivostoimenpiteet voidaan minimoida niin, että ainoastaan tuotannolle välttämätön alue kerrallaan käytössä. Hylkykivi- ja jätiehiekka-alueet voidaan karsimoida säännöllisesti. Maanpoistoa louhittavan esiintymän alta voidaan tehdä vain tarpeellinen määrä kerrallaan. Louhinnassa syntyvä pöly, joka voi olla ekologisesti haitallista ympäristölle, voidaan sitoa esimerkiksi vesisumutuksella.

Rikastus

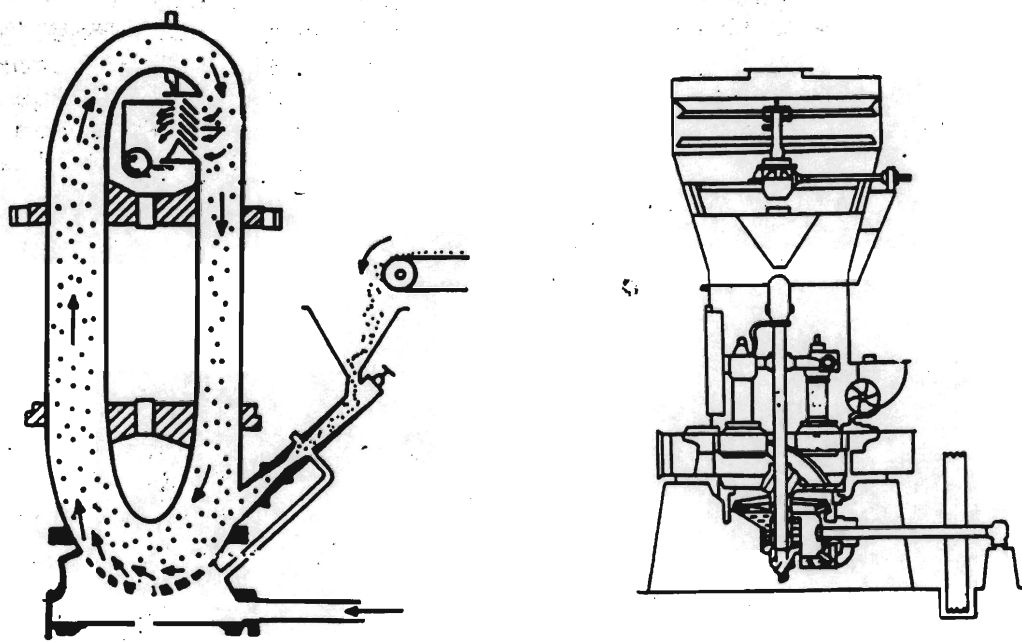
Talkkituotteet valmistetaan joko kuiva- tai märkämenetelmällä. Kuivaprosessissa rikastaminen tapahtuu jo kaivoksessa selektiivisenä louhintana tai sitten murskatun kiven manuaalisena tai automaattisena lajitteluna. Eri käyttötarkoituksiin valikoidut vuolukivilaadut murskataan ja jauhetaan kuivana. Mineraalikoostumus ei prosessissa muutu.

Kuivamenetelmässä saadaan pölyhaitat kuriin poistoilman tehokkaalla puhdistamisella. Pölyhän on arvokasta hienorakeista talkkia, jota ei kannatakaan päästää hukkaan.

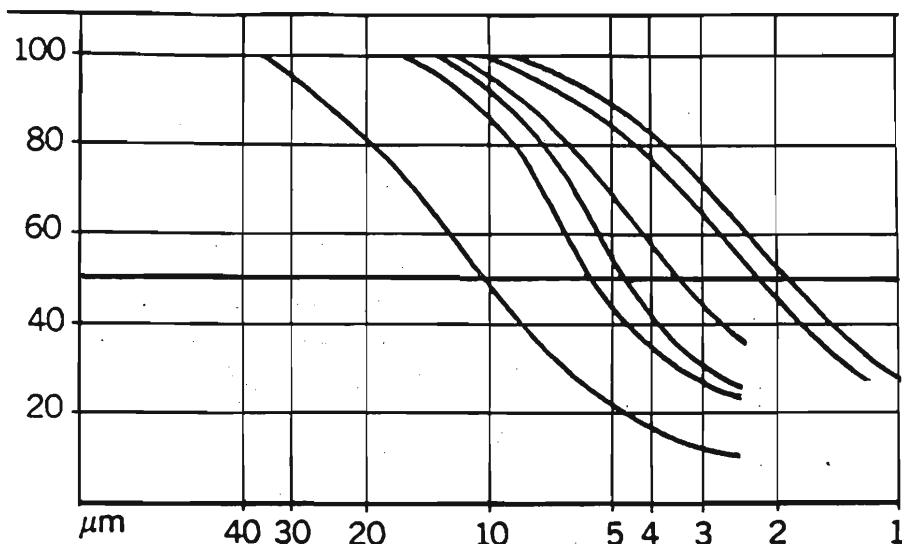
1960-luvulla käyttöön otettu talkin märkärikastus (vaahdotus) antaa mahdollisuuden valmistaa talkkirikkaita tuotteita huonommista-kin raaka-aineista. Vaahdotuksessa talkki myös puhdistuu eräistä haitallisista mineraaleista, kuten asbestimainen tremoliitti, kvartsi jne. Vaahdotuksen varjopuolena on talkin huono selektiivinen rikastettavuus eräistä seuralaismineraaleista, kuten magnesiumkloriitista ja hienoksi jauhautuneista karbonaateista. Talkin vaahdotus on ekologisesti harmiton. Talkki ei tarvitse hydrofobisuutensa takia hankalia reagensseja. Prosessivesiä voidaan saostuksen ja suodatuksen jälkeen käyttää yhä uudelleen eikä ongelmia jätevesien kanssa yleensä ole. Rikastusjätehiekkan, joka koostuu pääasiassa karbonaateista, amfiboleista ja pyrokseneista, maise-
mointi on helppoa.

Jalostus

Jalostus voi käsittää talkkituotteen magneettista puhdistusta, raekokojakauman säätöä mikrojauhatuksella ja luokituksella, tuotteen saattamista erilaisiin toimitusmuotoihin. Eri käyttötarkoituksiin meneville tuotteille on hyvin tarkat raekokojakauman ja koostumuksen vaatimukset. Asiakkaiden haluamia toimitusmuotoja ovat mm: säkitetty kuiva bulkki, pölyämättömäksi granuloitu, valmiiksi lietetty. Lisäaineilla voidaan säätää talkin pintakemiallisia ominaisuuksia erilaisiin käyttötarkoituksiin sopiviksi.



Kuva 4. Talkin jauhatuksessa käytettävät suihku- ja rollerjauhimet



Kuva 5. Talkkituotteiden tyypillisiä raekokojakautumia erilaisiin käyttötarkoituksiin

Talkin käyttö

Inerttinä mineraalina talkilla ei ole todettu olevan kielteisiä vaikutuksia käyttökohteiden ympäristössä. Päin vastoin talkin käytöstä on suurta ekologista hyötyä paperi- ja selluteollisuuden jätevesien hartsien ja muiden eloperäisten aineiden vähentäjänä. Tässä tarkoituksessa talkin käyttö tullee edelleen lisääntymään.

Talkki ja terveys

Puhtaasta talkista ei ole todettu suomalaisen yli 20 vuoden kokemuksen perusteella mitään erityistä vaaraa talkin kanssa työskentelevien ihmisten terveydelle, mikäli yleisiä pölypitoisuusnormeja noudatetaan. Sen sijaan talkkituotteissa olevat jotkut muut mineraalit, kuten asbestimainen tremoliitti ja joskus kvartsi voivat aiheuttaa vakavia terveyshaittoja. Jos talkkituotteen rikastus tehdään vaahdottamalla, näitä mineraaleja ei tuotteessa esiinny.

Talkkia käytetään paljon farmasian ja kosmetiikan tuotteissa. Silloin talkilta vaaditaan erityistä puhtautta, mm. pieniä karbonaattien, liukenevan raudan ja myrkyllisten metallien pitoisuuksia. Esimerkiksi As₂O₃:n täytyy olla alle 2 ppm ja Pb:n alle 20 ppm. Sen lisäksi talkin raekokojakautuman täytyy olla säädetty niin, että ihohuokosia tukkeavia hienoja partikkeleita ei ole.

UUDEN TALKINTUOTANTOYKSIKÖN PERUSTAMISEN ARVIOINTIA

Talkki on luonnossa yleinen mineraali. Talkkipitoisuutensa ja laajuutensa puolesta hyödynnettäviksi kelpaavat esiintymätkään eivät ole harvinaisia. Talkin saatavuus on siten yleisesti ottaen hyvä. Pelkästään näillä perusteilla uuden talkintuotannon perustaminen on kuitenkin hyvin arveluttavaa. Teollisuuskäytössä talkki on useimmiten halpaa bulk-tuotetta, jota käytetään pääasiassa sen takia, että se korvaa jotain kalliimpaa raaka-ainetta (selluloosaa, puukuituja, muoviaiainetta jne), toisella sijalla tulee vasta talkin positiivinen vaikutus tuotteen laatuun. Vain joillakin käyttöalueilla talkilla on ominaisuuksia, joita ei voi korvata muilla. Näin on erityisesti paperi- ja sellutehtaiden pihkantorjunnassa, jossa talkista on huomattavaa hyötyä käyttötekniikan ja ympäristön

suojelun apuna.

Oleellista on, onko tuotteille riittävästi kysyntää ja pystytäänkö asiakkaita tyydyttävää talkkia tuottamaan riittävän alhaisilla kustannuksilla. Kannattavan tuotannon tärkeimpiä edellytyksiä ovat siten seuraavat:

- potentiaalisia ja kiinnostuneita asiakkaita on oltava tuotantovolyymiin nähden riittävästi ja niiden on oltava järkevän kuljetusmatkan päässä
- esiintymän on oltava laadultaan hyvä; talkin saanto tuotteisiin on oltava riittävä ja talkki on laadultaan niin hyvää, että asiakkaiden vaatimusten mukaista talkki-tuotetta voidaan valmistaa ja laatua myöhemmin parantamaan vaatimusten todennäköisesti ennen pitkää kasvaessa. Kalliimpia erikoislaatujaakin pitäisi voida valmistaa, koska niillä on parempi myyntikate.
- investointi- ja tuotantokustannusten täytyy olla alhaiset, jotta pystytään kilpailemaan markkinoilla tarvittaessa myös hinnalla
- seuralaismineraaleista, kuten Ni-pentlandiitti ja magnesiitti, voidaan tehdä myyntikelpoiset tuotteet
- tuotekehitykseen ja asiakaspalveluun on panostettava koko ajan

Loppulause

Talkin ominaisuudet tekevät siitä on monipuolisen teollisuusmineraalin. Sen käyttö nimenomaan teollisuudessa on vielä nuorta, ja paljon on vielä tutkimatta ja kehittämättä sekä sen tuotanto- että käyttötekniikassa.

Vain paperi- ja selluprosessien pihkantorjunnassa talkilla ei ole varteenotettavaa mineraalista kilpailijaa (ehkä bentoniittia lukuunottamatta). Muissa käytöissä talkin pahin kilpailija on useimmiten kaoliini. Koska kaoliini on savea, sitä on helppo kaivaa, liettää ja puhdistaa. Talkki sen sijaan on louhittava kivistä, murskattava, jauhettava, rikastettava ja jalostettava. On selvää, että talkilla on tässä kilpailussa huonompi lähtöasema. Talkki voi kuitenkin selvittää kilpailusta tulevaisuudessa yhä paremmin.

Geology and commercial assessment of graphite deposits in the eastern Fennoscandian Shield

N. Biske & L. Skamnitskaya, USSR Academy of Sciences,
Karelian Branch

V. Michailov, Sevzapgeologia Association

O. Sarapää, Geological Survey of Finland

Known in the eastern Fennoscandian shield are the deposits and occurrences of flaky, crypto- and compact-crystalline graphite. These are localized within the graphitic intervals of Archean and lower Proterozoic schists and gneisses that became metamorphosed to the amphibolite and granulite facies.

Flaky graphite deposits concentrate in South Finland (Pertunmaa), near Ladoga (Ihala) and adjacent Savo area (Leppävirta), in North Karelia (Kichany), and Kola peninsula (graphite deposit in Kaskama-Allarechka structure). Graphite ore deposits are sheet and lenticular bodies attaining in size some 100 m and more, while their length varies from scores of meters to tens of kilometers. Graphite content ranges from 2 to 40%, being normally 3-10%. High-grade flaky graphite deposits ($C > 15\%$) are of modest size, being no more than 10 m thick and several hundred meters long. The graphite forms the flakes and their growths which vary in length from the hundredths of a millimeter to 3-5 mm and are oriented along the rock foliation and gneissosity. The graphite ores contain quartz, feldspar, biotite. Noted should be a presence of sulfides, mostly pyrrhotite. There are subordinate amounts of pyroxene, amphibole, garnet, cordierite and sillimanite. Ores of macroflake graphite are easily dressed and a flotated concentrate with graphite content up to 96% can be produced.

Higher concentrations of graphite are observed in the zones of graphitic rock schistosity, brecciation and diaphthoresis. Apart from the dispersedly impregnated graphite, we

also find here the graphite pockets, stringers and occurrences of irregular shape. The graphite ores display various metasomatic alterations: sulfide enrichment, silicification, carbonation, chloritization, micatization.

Ihala deposit of macroflake graphite, that is in the western Ladoga area, S of Lahdenpohja, is the most promising. Ore bodies, from several to 350 m thick, have been traced for 1 km and more. Rocks, with their high-angle dip, have undergone folding and faulting. Biotite gneiss prevails as a constituent of ore deposits (graphite content 2.8-4.4%). The predicted graphite ore resources of the largest deposit are estimated at 55 mln tons down to 100 m. Redistribution of graphite and its higher concentrations are typical of this deposit. Zone of relatively rich ores (graphite over 5%) is maximum 80 m thick. Average graphite content in ores makes 4.43%.

Laboratory tests have proved the possibility of producing crucible, foundry and electrode graphite from the Ihala graphite ores. Carbon content in floated concentrate ranges from 87 to 95%. Additional chemical dressing yields the graphite with ash content 0.1%. With their power to be beneficiated, the Ihala graphite ores are similar to those of the quarried Zavalievsky macroflake graphite deposit in the USSR.

In Finland, noted among the others must be Pertunmaa flaky graphite deposit which is about 50 km SW of Mikkeli. Here the flaky graphite is scattered in cordierite- and garnet-bearing mica gneiss which contains pyrrhotite and pyrite as well. Graphite amounts to some 10%. The graphite deposit is 10 to 30 m thick and 500 m long. As follows from the preliminary tests, the graphite content in the flotated concentrate is 85%.

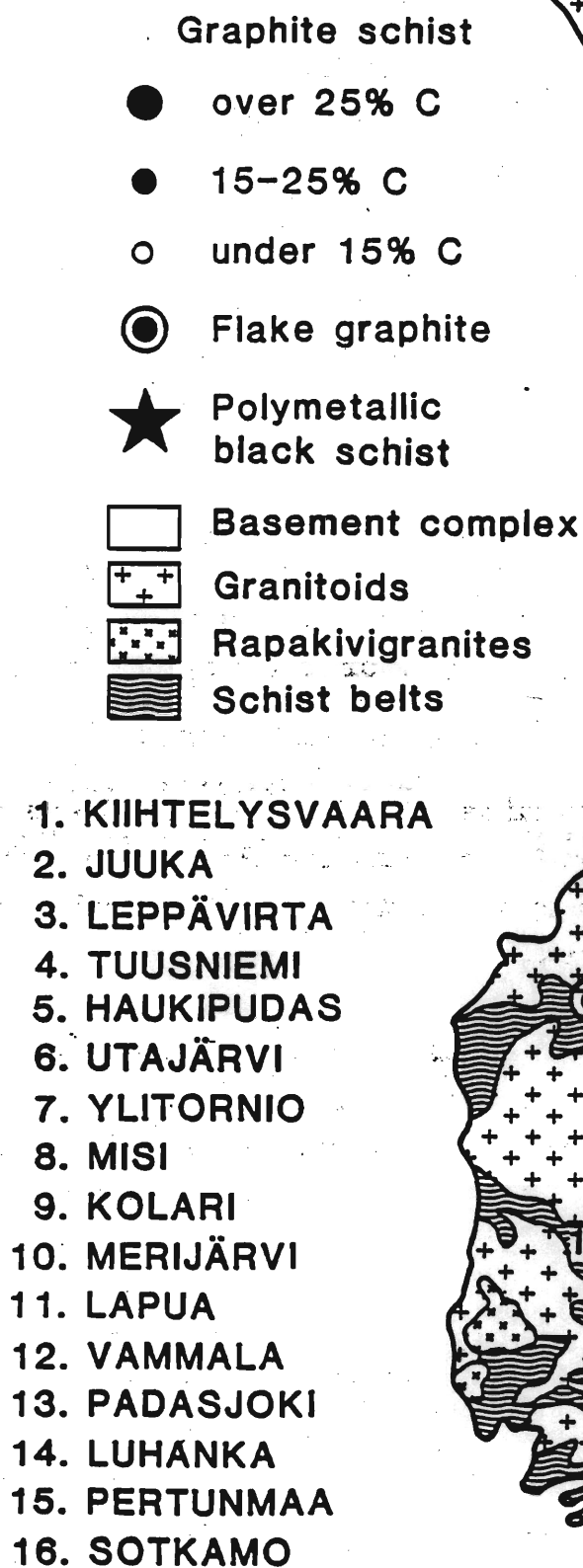
Cryptocrystalline graphite deposits and occurrences are localized in Lower Proterozoic layers of graphitic schists, carbonate- and volcanic rocks which correlate with shungite-

bearing formations of Onega locality. The deposits are grouped into 2 strips: a southern one, stretching N-W from northern Ladoga area to the Gulf of Bothnia, and northern strip that comprises the graphite deposits of North Karelia (USSR) and Lapland (Finland). The cryptocrystalline graphite deposits have gone through a greenschist-amphibolite facies metamorphism. Thickness of sheet- and lens-like deposits varies from 0.4 to 10 m, occasionally coming to 30 m. Average graphite content ranges 15-35%. Again, flaky graphite impurities are now and then present in the ores, and there are also sulfides amounting to 2-10%.

Flotation does not work on the cryptocrystalline graphite ores which are not easily dressed. They can be used undressed in foundry and metallurgy. High sulfur and ash content restricts the tentatively proved possibility of using the carbon-rich schists as pyroschists. Of particular interest are graphitic schists with a commercial content of V, Pb, Zn and other valuable elements.

The compact-crystalline graphite deposits are known largely in South Finland and lake Ladoga area. They vary greatly in morphology and contain high-quality graphite ores. Because of their small size, however, they lack commercial value.

GRAPHITE OCCURENCES IN FINLAND



On the requirements to the quality of the industrial minerals applied in building industry

N. Ustavnikova, Sevzapgeologia Association. Leningrad

H. Pyy & P. Mesimäki, State Technical Research Centre, Espoo

The raw materials applied in the building industry are produced mainly from the rocks which can, in a way, be classified into two groups:

- 1) rocks applied as such or after mechanical treatment;
- 2) rocks applied after thermal or chemical treatment.

Considering their variety and extent of application, the industrial minerals can be grouped into (1) the raw materials that are abundantly used for various purposes and (2) the materials largely for one or two ways of application.

We shall speak first about mineral resources that are most widely used in the Northwest of Russian Federation. These include igneous rocks, clays and argillaceous rocks, carbonate rocks, sand and gravel.

I g n e o u s r o c k s. Annual consumption amounts to some 300 mln tons. Major application - production of crushed stone and such stone products as slabs, architectural-structural members, edge stone and paving dice-cubes. Among the most critical properties that must fall in with the state standards there are strength, grain size, rock composition and grain geometry - for the crushed stone, and the jointing (which enables blocks of certain dimensions to be produced), water imbibition, attrition resistance, frost resistance, and decorative look - for the natural stone suitable for external use or interior decoration.

A r g i l l a c e o u s r o c k s . Major bulk of clay material is used for a production of bricks, cement, porous aggregates and products, and ceramic structural members. That this or that kind of clay material is good for use is usually decided through direct testing. The basic properties that characterize the clays as good or not for industry are: plasticity, fire-resistance, chemical and mineral composition, grain size, sintering and swelling capacity, etc.

C a r b o n a t e r o c k s . Limestones and dolomites are most common. They are used mainly in the production of lime, cement, crushed stone and building stone elements. It is the presence of CaCO_3 , MgCO_3 , and clay impurities that sets limits in using the carbonate rocks for the production of lime and cement.

S a n d a n d g r a v e l . These are used as concrete aggregates, in road construction, building mortars, etc., and can be used also as single components and/or natural sandy-gravel mixes. The basic restricting properties include: strength, grain size and presence of potentially reacting rocks (opal and opal-chalcedonic cherts).

I n F i n l a n d , material technical questions have become more and more important in building industry. New products have to meet higher standards than the old ones. E.g., thinner and thinner slabs are being produced. This means that their frost resistance and strength must be better. Also the environmental changes, i.e. air pollution and acid rain, have to be taken into account: limestone, marble, and many sandstones are no more recommended, whereas granites and other non-calcitic rocks are better. The protection of facades made of calcitic stones is costly and may cause new damage. In cement industry many mineral admixtures, such as fly ash and slag, are now used. This also means new quality requirements. Impurities in the aggregate material and weathered or otherwise weak stone material may also damage concrete and asphalt.

Vermiculite and its use as an industrial mineral

R. Saikkonen, Lohja Oy, Virkkala

Vermiculite is a mineral, which is mainly used in activities associated with constructing. Vermiculite is a hydrous trioctahedral mica, Mg-Al-Fe-silicate, which has most often been formed by supergenic alteration processes from biotite or phlogopite. The alteration is characterized by replacement of alkalies by magnesium and by linking of water molecules to the lattice. The color of vermiculite is brown or dark greenish, and, when exfoliated, pale or yellowish. Technically, the most important property of vermiculite is its strong swelling in rapid heating to 870°C. It swells along its c-axis even 30-fold and forms a concertina-like structure consisting of enlarged pores between lattice layers. The volume weight of vermiculite as such is 640-960 kg/m³, but in exfoliation, when the temperature rises rapidly from 800°C to 1100°C and exfoliation occurs in 0.2-8 sec., the volume weight falls to 160-65 kg/m³.

The exploration of vermiculite is mainly based on regional geological reconnaissance, in which the critical rock associations are carbonatites and alkaline rocks, pyroxenitic pegmatoids, and pegmatite veins, which cut ultra-basic rocks. Vermiculite is sometimes indicated by dense vegetation, because the mineral has good properties as regards to substrate. Generally, outcrops very seldom contain vermiculite of good quality. In contacts vermiculite often occurs in lumps, but in the surroundings in disseminated form. In addition to the ordinary economic factors of a vermiculite deposit one has to pay attention also to the depth of the supergenic weathering. In Libby, Montana, vermiculite occurs to the depth of 350 m, whereas in Palabora, South Africa, the economic deposit does not extend below the 50 m level. In exploitable vermiculite deposits there is on average 20-30 % of vermiculite. Sampling should be carried out by rotary drilling in order not to damage the flakes.

Vermiculite is mined in open pits. The blasted ore is crushed, screened, dried and classified to a minus 20 mm fraction for exfoliation. The most important producers are USA (276 000 t in 1989) and South Africa (209 000 t in 1989). Other producers are Soviet Union (20 000 t), China, Argentina, Brazil, and India. In 1989 the world production was 587 000 t. The price of unexfoliated vermiculite is USD 120-145/t (fob mine, USA). When exfoliated, the price is three times higher. The production of USA is consumed totally in the USA and Canada. To the European market, where England is the biggest consumer (43 000 t in 1985), vermiculite is exported from South Africa. In 1989 Finland imported vermiculite a total of 1 400 t, mainly from the Soviet Union.

Vermiculite from different deposits varies in exfoliating. In practice, the volume exfoliation factor is 12-20 (good) or 8-12 (medium). The diameter

of flakes should exceed 65 mesh. Stacking flakes must exfoliate evenly and within a short period of time. The product must not contain unexfoliated biotite or flogopite. Vermiculite is transported from the mine as a concentrate and exfoliated in special plants. Of fine quality flakes that are 2 mm in diameter it is possible to achieve at least a 10-fold volume through exfoliation. The main end uses are different building materials like elastic, heat resistant lightweight concrete and non-combustible plasters that do not generate gases, which do not crack in heat. In the mixes of light refractory bricks vermiculite can be used in small amounts. Vermiculite is a very important additive and coating material in different fire-proof boards. In powder form it is also used in fire-extinguishing materials. As a loose filling material vermiculite has an important meaning as regards to sound and heat isolation. Its heat conductivity in loose state is $k = 0.062-0.065 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ and it withstands temperatures high up to 1100°C . As vermiculite is a hydrophobic material, it can be used with bitumen and silicon in isolation of moisture.

In the USA 29 % of the total production is used in agriculture. Vermiculite acts as an anticaking agent in fertilizers and pesticides. It improves the porosity of substrate especially in green-house cultivating, and, thanks to its absorption properties vitamins and many additives can be spread evenly in substrate. Vermiculite has been accepted by EC as an inactive additive in animal food. Of all the clay minerals vermiculite has the highest cation exchange capacity, e.g. for Mg 90-100 meqv/100 g. Therefore it is used in absorption of several compounds like ammonia.

The known vermiculite reserves in the world are 50 million t. New deposits have been discovered e.g. in Kenya and Malawi. The consumption of vermiculite can be anticipated to increase after the recession in the 1980's and by the year 2000 the production will rise to 800 000 t. Many industrial minerals and artificial compounds can replace vermiculite. However, vermiculite itself replaces some minerals like asbestos.

In Finland vermiculite has been discovered in Maaninkavaara, Iivaara, Sokli and Northern Karelia, associating with serpentine rocks. In the first-mentioned occurrence tremolite-, carbonatite-, and vermiculite-containing veins cut amphibolite and skarn-like veins dissect a narrow limestone layer. In the veins vermiculite forms stakes of flakes 1-5 mm in diameter and separate mica plates 5-10 cm in diameter. The color of vermiculite is deep green or brownish green. Obviously, vermiculite has been formed hydrothermally at the expense of biotite. In laboratory tests the exfoliation coefficient of 15-16 was achieved. The amount of vermiculite in the fissure veins is not sufficient for feasible mining. In the central parts of Iivaara alkaline rock complex there are extensive areas of preglacial weathering crust lying on the bedrock, which consist of a series of urtite-ijolite-melteigite-rocks. Biotite has been altered completely to vermiculite, which comprises 2-15 % of the weathering crust. In laboratory tests the exfoliation coefficient was 5-20, but the exfoliation came about unevenly. The flake size in the weathering crust is 5-30 mm. Vermiculite is a noteworthy byproduct, if the Iivaara alkaline massive will be utilized for some other reasons. These vermiculite investigations have been carried out by the Geological Survey of Finland. Rautaruukki Co has discovered that upon Sokli carbonatite massive there is a layer of weathering crust, which contains 1-2 % of vermiculite. The primary mineral has been flogopite, whose alteration, however, has remained incomplete.

The ways of increasing the efficiency of using nonmetallic mineral resources

V. Proskuryakov, Sevzapgeologia Association, Leningrad

An ever increasing consumption of nonmetallic resources and environment protection requirements put the problems of increasing the efficiency of using mineral deposits in the first place. Possible ways of solving the problems are discussed, basing on the example of eastern Baltic Shield deposits, and they may involve the following:

- To use up to the highest degree the already exploited deposits including those of nepheline-apatite ores, phosphorites, mica pegmatites, vermiculite-phlogopite orebodies, natural building stone, etc; to study and find more ways of using the resources of exploited hallegflinta, shungite and other deposits;
- To use the tailings of mineral dressing and processing, along with slag and ash of various industries, as the substitutes for the nonmetallic ore minerals;
- To make use, in the economically effective industry, of new materials, such as talc, asbestos, kyanite, eudialyte, etc;
- To improve the technique of mineral dressing and processing;
- To compile a data bank describing a present progress in developing the nonmetallic mineral deposits on the one hand, and the industry wastes regarded as a potential substitute for natural mineral materials;
- To give an analytical background for a proper distribution of mineral resources (both natural and secondary) and mining and processing industries, using the cartographic material based on economic geology study.

A reasonable and as fully as possible development of natural resources, as well as a use of recoverable man-made resources will enable to increase economic profitability and ecological purity of the industry.

Resources of stone processing industry in the northwest of Russian Republic

N. Ustavnikova, Sevzapgeologia Association, Leningrad
A. Ryleev, Geological Institute, Academy of Sciences,
Petrozavodsk

The Northwest of Soviet Russia is ranked highly on a country scale for its abundant and numerous rock types that have been long used as a building and decorative stone material. Here, on the Baltic shield and adjoining edge of the Russian plate, building stone mining industry has been developed already in the 18th century. Igneous, metamorphic and sedimentary rocks were widely used in the construction of St. Petersburg.

Nowadays, in Soviet Karelia, Murmansk and Leningrad regions there is being exploited, and is further developing, a natural building stone base which provides material for the Northwestern, Northern, Central, Volga-Vyatka, Circum-Volga, White Russia and Baltic economic regions where no hard rocks good for building purposes can be found down to a reasonable minable depth.

Notwithstanding a shortage of natural decorative material, mineral resources of the Northwest are hardly used in a sufficient amount and only few of varieties are in the market.

Up till now the geologists have explored and transferred to different industries 24 deposits, of which 12 are being exploited, namely: 7 deposits of granite, 1 of gabbro-diabase, 1 of quartzite, 1 of marble and 2 of limestone.

All the rest deposits are standby.

Stones of all deposits look very attractive and run the gamut of color, texture and structure of various bedrocks. They also display remarkably good physical and mechanical properties. Mining conditions in the deposit areas are favourable, and the proved reserves are large enough to ensure the long-time continuous operation of most of the stone quarrying factories.

As of January 1990, the natural building stone mining industry is localized mainly in Soviet Karelia and Leningrad region. In 1989 the output of 12 developed deposits was estimated at about 250000 m³ of rock mass which gave about 50000 m³ of blocks. Average block recovery percentage amounted to 20, while varying from one deposit to another from 10 to 64.

Stone processing industry in the Northwest of Russia comprises 3 large factories: a building and decorative stone processing plant in Leningrad, a Kondopohja stone processing factory and Kuznechnoe Association of granite quarries in Leningrad region. Besides, several small stone cutting workshops are in operation.

The products from the stone processing factories of the Northwest are distributed in the following way. Nearly all of the products from Leningrad building and decorative stone processing plant go to the construction sites within the city, while other economic regions are supplied with some 3000 m³ of stone slabs and tiles. As for the Kondopohja factory, almost all of its produced stone articles are transported out of Soviet Karelia.

The fact that intrusive, volcanic and metamorphic rock complexes are so common within the area in question gives a good ground for further development of mineral resources. Recent investigations have revealed over 100 occurrences of block stone. The goal of such work is:

- to further feed a mineral storage of operating factories;
- to develop mineral bases for new stone-processing enterprises;
- to find natural decorative stone deposits for architectural restoration;
- to find natural stone of some uncommon attractive colors.

An ever increasing demand for natural building stone stimulates a growing activity of stone-processing factories that can not only provide a market with all necessary amounts of stone products, but also export the latter. SEVZAPGEOLOGIA Association is ready to enter this business.

Geology and the ways of using shungite rocks

Yu. Kalinin, Geological Institute, Academy of Sciences,
Petrozavodsk

V. Michailov, Sevzapgeologia Association, Leningrad

From the point of view of modern knowledge a term 'shungite' stands for elemental carbon with metastable texture, incapable of graphitization. The rocks containing 10-70% of this carbon matter are called shungite rocks and basically they contain aluminosilicates, quartz and occasionally carbonate. In Soviet Karelia the shungite rocks are localized largely within Onega trough structure where the thickest shungite layers are recorded in its eastern portion - in the explored Zazhogino deposit area.

Total resources of shungite rocks within Onega synclinorium and Zazhogino deposit area are estimated at 1000 and 150 million tons respectively. Developed within Zazhogino area for full-scale mining was Maksovo shungite body containing some 30 million tons. Apart from Karelia, essentially large shungite deposits are known in Kazakhstan.

The rock sequences wherein shungite occurs in Karelia are placed at Ludicovian (circa 2000 Ma). A middle productive Trans-Onegian subsuite contains several horizons of shungite rocks, their thickness usually ranging from 10 to 20 m and length along the strike being up to several kilometers. Shungite carbon content in the said rocks hardly ever exceeds 15-20%, rock structure is layered, occasionally massive. In certain places thickness of horizons goes up to 40-140 m, and up to 40% goes also shungite content, while the rock structure changes to brecciated or massive. It is in these swells that shungite rocks possess their highest commercial value.

It is assumed that shungite-rock-forming process is related to volcanic activity.

A remarkable thing about the shungite rock texture is that silicate mineral grains (average size less than 1 micron) are highly dispersed and uniformly distributed in a shungite matrix. Peculiar textures displayed by shungite carbon and shungite rocks explain their practically valuable properties. Thus, shungite carbon is very active in the redox processes and extremely resistant in oxygen-free aggressive media. The shungite features a high conductivity and good mechanical strength. High degree of fine dispersion displayed by silicate grains, and their even distribution in the carbon matrix, provide a possibility of a perfectly developed contact surface to form between the grains, the surface area attaining several square meters per 1 gram of the substance.

Full-scale tests have proved an efficiency of using shungite rocks as a raw material, instead of coke and quartzite, in electrothermal production of ferroalloys, synthetic cast-iron, phosphorus and nonferrous metals, as well as in liquid deslagging. The shungite rock can be an adequate substitute for the foundry graphite and the graphite used in a lining of aluminium electrolyzers. Shungite rocks serve as a base for manufacturing such radioactivity-shielding materials as concrete, bricks, masonry mortar, plaster, stucco and mastics - all these materials surpassing in this or that respect the conventional ones.

The shungite rocks seem to be a good sorbent for removing organics and inorganics from water. The rocks behave as quite strong catalyzers in organic synthesis of several kinds. Investigations have proved good prospects of using the shungite rocks as an aggregate for a whole variety of high-molecular-compound-based composite materials, like rubber or polyethylene.

The ways of applying shungite rocks in industry are surely not limited by the abovelisted positive results of their testing. Indeed, the shungite will of course turn out to be effective in other fields, too, instead of other traditionally implemented carbonic materials.

Minerals used for paper production

M. Tyni, Malmikaivos Oy, Luikonlahti

The lecture deals with the feasibility and technology of the use of mineral pigments in paper industry. The most important of these mineral materials are kaolin, calcium carbonate, talc, and titanium dioxide.

The attached extended abstract is in Finnish, but the figures and tables are explained in English:

Figures:

Fig. 1. World's paper consumption.

Fig. 2. Filling material (white) in SC paper, the fibres are black.

Fig. 3. Cross section of a paper sheet with mineral coating.

Fig. 4. The first paper machine from 1800 (without a drying aggregate).

Fig. 5. Modern paper machine.

Fig. 6. Development of the maximum velocity (m/min) of paper machines.

Fig. 7. Grain size distribution of the most common paper pigments (p = coating).

Tables:

Table 1. Paper consumption per capita in certain countries.

Table 2. Use of paper pigments in Finland 1970—1990.

Table 3. Forecast of the use of paper pigments till 2010.

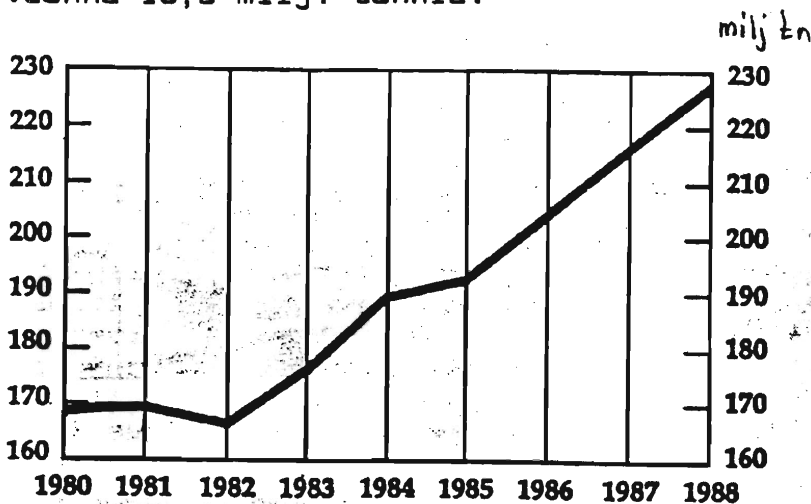
Table 4. Percentage of mineral pigments in certain paper categories.

Luonnon materiaalista puusta tehtävä paperi on säilyttänyt asemansa ja jopa parantanutkin sitä ihmiskunnalle tärkeänä hyödykkeenä tänä muovin ja elektroniikan aikakautena. Tämä näkyy valitettavasti metsien tehokkaana hyötykäyttönä; alkuperäisessä luonnontilassa olevaa ikimetsää on vain rajoitetuissa suojelumetsissä.

Taulukko 1. Paperin kulutus asukasta kohden oli eräissä maissa

	1974	1988	kasvu %
USA	290 kg	317 kg	9
Suomi	150	204	36
Japani	140	204	46
Länsi-Saksa	132	201	52
Iso-Britannia	142	164	15
Ranska	115	142	23
Neuvostoliitto	31	38	22
Kiina	9	12	41

Suomi on Kanadan jälkeen toiseksi suurin paperin ja kartongin viejä. Vienti oli v. 1988 7,6 milj. tonnia eli noin 90 % koko 8,5 miljoonan tonnin tuotannosta. Neuvostoliiton tuotanto oli samana vuonna 10,8 milj. tonnia.



Koko maailman paperin kulutus oli vuonna 1988 224 milj. tonnia ja sen ennustetaan kasvavan vuoteen 2000 mennessä 300 milj. tonniin. Pigmenttimineraalien kulutus voi silloin olla lähes 30 milj. tonnia.

Kuva 1. Maailman paperinkulutus 1980-88

Taulukko 2. Paperipigmenttien käyttö Suomessa 1970-90

	KALIN		CALCIUM CARBONATE		TALC	TITANIUM DIOXIDE	TOGETHER
	COATING	FILLER	COATING	FILLER	COATING AND FILLER		
1970		290 000	-	-	43 000	3 000	336 000
1975	133 000	178 000	-	7 000	135 000	3 000	456 000
1980	219 000	130 000	-	13 000	254 000	2 000	618 000
1981	215 000	132 000	-	23 000	231 000	3 000	604 000
1982	233 000	130 000	13 000	35 000	230 000	2 000	643 000
1983	234 000	168 000	31 000	38 000	269 000	3 000	743 000
1984	269 000	235 000	55 000	71 000	269 000	4 000	903 000
1985	288 000	248 000	69 000	97 000	254 000	3 000	959 000
1986	355 000	278 000	70 000	136 000	205 000	3 000	1 047 000
1987	484 000	325 000	84 000	155 000	224 000	3 000	1 275 000
1988	540 000	312 000	104 000	187 000	232 000	4 000	1 379 000
1989	532 000	307 000	173 000	268 000	213 000	4 000	1 497 000
1990*)	525 000	323 000	209 000	265 000	209 000	4 000	1 534 000

Suomen paperiteollisuus käytti v. 1980 618000 tonnia pigmenttejä ja nyt kymmenen vuotta myöhemmin 2,5-kertaisen määrän eli 1,534 milj. tonnia. Samaan aikaan paperin ja kartongin tuotanto on kasvanut noin 1,60-kertaiseksi.

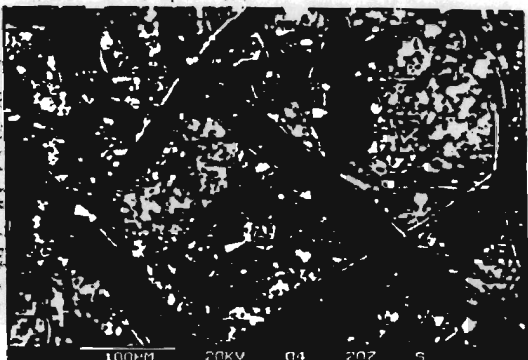
Pigmenttimineraalien käyttö on siis lisääntynyt nopeammin kuin paperin tuotanto. Kehityksen on arvioitu jatkuvan samaan suuntaan.

Taulukko 3. Paperipigmenttien käyttöennuste vuoteen 2010

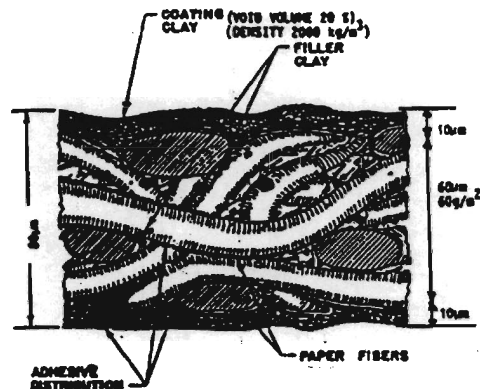
	KAOLIN		CALCIUM CARBONATE		TALC	TITANIUM DIOXIDE	TOGETHER
	COATING	FILLER	COATING	FILLER	COATING AND FILLER		
1988	540 000	312 000	104 000	187 000	232 000	4 000	1 379 000
1993	620 000	340 000	130 000	250 000	245 000	4 000	1 589 000
2000	860 000	400 000	180 000	350 000	300 000	7 000	2 097 000
2010	1 290 000	500 000	290 000	600 000	400 000	13 000	3 093 000

PAPERILAJIT

Nykyaikainen paperinvalmistus on pitkälle kehitettyä tehokasta suurteollisuutta, jossa pääraaka-aineena on kuitenkin edelleen kasvikuitu. Paperilajeja on lukemattomia. Jokainen paperitehdas ja jopa paperikonekin tekee jollain tavoin yksilöllistä paperia asiakkaan vaatimusten ja maun mukaan. Onhan tunnettua, että painotuotteiden imago riippuu paljon siitä, miltä se tuntuu kädessä. On vaikea kuvitella, että esim. Krokodil painettaisiin äkkiä kiiltävälle ohuelle aikakauslehtipaperille.



Kuva 2. Täyteainetta (valkoinen) SC-paperissa, kuidut mustia.



Kuva 3. Päällystetyn paperin poikkileikkaus.

Jos vertaamme jotain aikakausilehteä kymmenen - kahdenkymmenen vuoden takaa nykypäivän lehteen huomaamme, että suurta kehitystä on tapahtunut sekä painotekniikassa että paperinvalmistuksessa. Paperin ominaisuuksia on parannettu monin eri tavoin - muun muassa erilaisilla lisäaineilla, joista mineraalipigmentit ovat yksi ryhmä. Seuraavassa lyhyt katsaus paperipigmentteihin ja niiden vaatimuksiin.

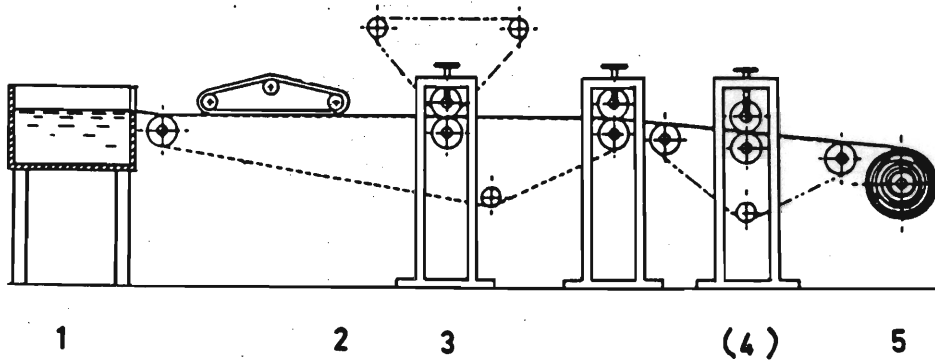
Taulukko 4. Mineraalipigmenttien määrä eräissä paperilajeissa

	Paino %
1. Paino- ja kirjoituspaperit	
Sanomalehtipaperi (newsprint)	0 - 6
Aikakausilehtipaperi (magazine papers)	15 -30
Kirjoitus- ja toimistopaperit	5 -20
2. Rakennuspaperit ja -pahvit	
Voimapaperit	0 - 3
Tapetit	8 -15
3. Pehmopaperit	0
4. Kartongit	2 -10

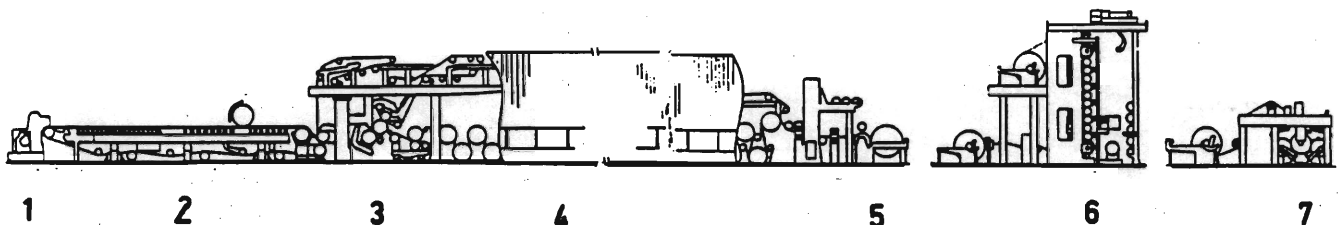
PAPERIKONEELIA PAINOTUOTTEEKSI ASIAKKAALLE

Ollakseen hyvä paperipigmentti mineraalin on kestävä kolme toisiinsa kiintäästi liittyvää vaihetta, joista jokainen asettaa paperille ja sen sisältämille pigmenteille suuria vaatimuksia. Nämä ovat paperivalmistus, painatus ja asiakas (=painotuotteen ostaja). Ymmärtääkseen mikä on hyvä pigmentti, mikä ei, pigmenttimineralogin on nähtävä kaikki kolme vaihetta yhtenä kokonaisuutena.

1. Paperinvalmistus



Kuva 4. Ensimmäinen paperikone vuodelta 1800. Kuivausosa puuttuu



Kuva 5. Nykyaikainen paperikone

Nykyaikaisessa paperikoneessa voidaan erottaa samat toiminnallisesti erilaiset osat, jotka periaatteessa olivat jo ensimmäisessä paperikonekeksinnössä:

1. Perälaatikko, josta homogeenisen alle 1-prosenttinen vesi-kuitu-lisäaineliete syötetään tasaisesti jopa 2000 metriä minuutissa kulkevalle viiralle niin, että paperista tulee tasalaatuinen ja neliöpaino saadaan tarkkaan säädetyksi.

2. Viira on ohuesta langasta tehty tiheä verkko, jossa kuitujen huopautuminen tapahtuu samalla kun suurin osa vedestä poistuu viiran läpi.

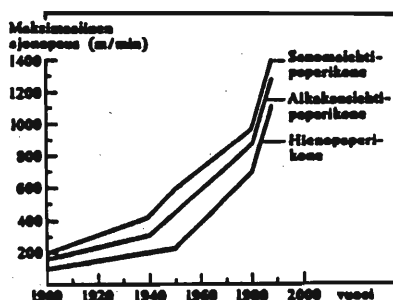
3. Puristinosassa vettä poistetaan rainasta mekaanisella puristuksella. Tässä on paperinvalmistuksen toinen yhteys geologiaan: yhtenä puristustelana on käytetty usein kiillotettua graniittitelaa sen takia, että märkä paperiraina irtaantuu sen pinnasta helposti.

4. Kuivausosassa paperi kuivataan lämpöenergialla.

5. Kalanteroinnissa paperi puristetaan tasaiseksi ja määrävahvuuteen sekä sen jälkeen rullataan.

6. Lisäkäsittelyt: a. Superkalanteroinnissa paperia silitetään ja kiillotetaan edelleen (SC-paperi).

b. Päällystyksessä pohjapaperi pinnoitetaan molemmin puolin ohuella pigmenttirikkaalla päällystyspastakerroksella, jolloin paperin laatu huomattavasti paranee (LWC-paperi)



Kuva 6. Paperikoneiden nopeuden kehitys 1900-luvulla

2. Painatus

Nykyiset painotuotteet ovat erittäin korkeatasoisia. Kuvien laatu ylittää normaalisti tavallisen valokuvan laadun. Pitkälle automatisoidut huippunopeat painokoneet vaativat paperilta hyvää painettavuutta sekä mekaanista kestävyyttä. Nykyisin käytetään pääasiassa kolmea painomenetelmää: offset, syväpaino ja kohopaino. Tulossa ovat lisäksi uudet non-impact-printing eli NIP-painatusmenetelmät, joissa digitoitua informaatiota siirretään paperille ilman paino-levyä.

Offsetpainatus on nykyisin yleisin painatustapa koska se on nopea ja automatisoitavissa. Se perustuu pintailmiöihin, joissa väri siirtyy levytelalta kumisen painotelan välityksellä paperille. Paperi joutuu kestämiään rajuja olosuhteita, joissa esim. täyteainetalkkia irtaava paperista ja muodostaa öljyisen painovärin kanssa painotelaa likaavan tahnan. Talkkipitoinen paperi onkin julistettu pannaan offsetpainoissa.

Syväpainossa painojäljen jättävät painotelassa olevat pienet syvennykset, joissa väri siirtyy paperiin. Se on herkkä paperin sielulle, koska hienoimmista värisävyissä painotelan värisyvennysten ero on vain mikrometrin kymmenysoisien luokkaa. Tämän takia pigmenttimineraaleissa on siirrytty yhä hienompiin raakokoihin.

Kohopaino on vanhin kirjapainomenetelmä. Siinä painojälki tehdään painotelan koholla olevien kuvioiden avulla. Tämä menetelmä on taas herkkä kuluttaville pigmenteille.

3. Kuluttaja

Kaikki se valtava kehitystyö, jota paperinvalmistuksessa ja painotaloissa tehdään on vain taistelua paperin kuluttajan, lehden lukijan sielusta. Tuskin hän itse tietääkään miten paljon hänen hyväkseen työtä, kehitystä ja kilpailua tapahtuu. Paperin valmistaja olettaa, että lukija valitsee lehden paitsi sisällön myös ulkonäön miellyttävyyden perusteella. Silti tämä lukee tai vilkaisee lehden ehkä kerran ja heittää sitten roskeen.

Toisaalta on muistettava, että paperi on välttämätöntä ihmiskunnan tapahtumien dokumentointiin. Arkistoissa on säilynyt paperille kirjoitettua tietoa satojen vuosien takaa. Vanha paperi on säilyttänyt tietonsa - nykyisen paperin kestävyydestä ajan hammasta vastaan ei ole varmuutta. Tämä asettaa vaatimuksia myös pigmenteille; ainakin paljon hapettuvaa rautaa sisältävät pigmentit saattavat muuttaa paperin ruskeaksi ja haurastuttaa sitä.

MINERAALIPIGMENTIT

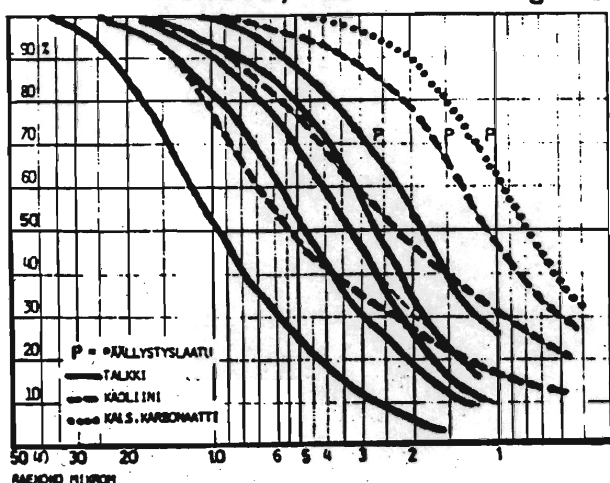
Oikein käytettyinä mineraalipigmentit antavat paperinvalmistuksessa ainakin seuraavat taloudelliset edut:

1. Ne parantavat paperin laatua.
2. Ne alentavat raaka-aine- ja energiakustannuksia. Pigmentit ovat hinnaltaan huomattavasti huokeampia kuin paperin muut raaka-aineet. Paperin kuivaus helpottuu, koska pigmentit eivät ime kosteutta siten kuin kuidut.

Liian suuri käyttö johtaa paperin mekaaniseen heikentymiseen ja siten liima-aineiden suurempaan käyttöön ja taas suurempiin kustannuksiin.

Paperimineraalien ominaisuudet, jotka vaikuttavat paperin laatuun:

1. Vaaleus, värisävy ja taitekerroin. Yleensä mitä korkeampi vaaleus ja taitekerroin, sen parempi. Värisävy on sovittava paperin haluttuun värisävyyteen.
2. Opasiteetti. Painojälki on tarkoitettu katsottavaksi vain paperin toiselta puolelta, se ei saa näkyä paperin läpi. Hyvän vaaleuden omaavat mineraalit voivat olla läpikuultavia ja siten huonontaa huonontavat opasiteettia (lisäävät läpinäkyvyyttä).
3. Ominaispaino. Mitä alempi sen parempi, jotta pigmentit eivät erottuisi kuituja raskaampina paperikoneen rainassa.
4. Kuluttavuus. Mitä alhaisempi sen parempi. Tähän vaikuttaa mineraalin kovuus, raekoko ja raemuoto. Pehmeänkin mineraalituotteen mukana voi olla pieni määrä kovia mineraalipartikkeleita (kaoliinissa kvartsia, talkissa magnesiittia jne).



Kuva 7. Tavallisimpien paperipigmenttien raekoon jakautumat

5. Raekokojakautuma. Yleensä raekokojakaantuman täytyy olla jyrkkä. Pigmenttituotteessa ei saa olla ylikarkeita eikä liian hienoja partikkeleita. Paperivalmistuksessa on tarkkaan määriteltä sopivat raekoot eri paperilaatuihin. Ylikarkeat rakeet aiheuttavat harmia painolaitoksissa. Liian hieno raekoko aiheuttaa huonon retention eli paperiin sitoutumisen.

6. Raemuoto. Mineraalin raemuoto vaikuttaa retentioon, paperin siileyteen ja kiiltoon. Levymäistä (kaoliini, talkki) ja pinnaltaan epätasaista (PCC) raemuotoa pidetään edullisempänä kuin kuutiomaista sileäpintaista (jauhettu karbonaatti).

7. Retentio. On huomattava, että kuitujen väliset aukot paperissa ovat niin suuria, että kuituverkko ei siivildä täyteainepigmenttiä vaan täyteainepartikkelien on kiinnityttävä kuituihin joko mekaanisesti tai pintakemiallisin sidoksia. Koska kuidulla on negatiivinen pintavarauus, negatiivisesti varautuneella pigmenttipartikkelilla on siihen huono tarttumiskyky. Tarttumiskykyä parannetaan sopivilla retentioaineilla.

8. Lietettävyys ja reologia (lietteen virtaavuus). Eri mineraalien luonnollisesta pintavarauksesta johtuen niiden lietettävyys ja reologia vesilietteenä on hyvin erilainen. Hydrofobisen talkin vesilietteen juoksevuus loppuu jo alhaisella kiintoainepitoisuudella. Korkeisiin kiintoainepitoisuuksiin päästään parhaiten karbonaatilla. Tämä ongelma on poistettavissa tarkoitukse mukaisilla liessäineillä. Oikein säädetty reologia on erityisen tärkeä moderneissa päällystyskoneissa, joissa paperi pinnoitetaan molemmiin puolin suurella nopeudella. Päällystyskerroksen paksuus on 3-5 mikrometriä. Koska paperinvalmistus on suureksi osaksi veden poistamista, on tärkeää, että pastojen kiintoainepitoisuus olisi mahdollisimman korkea.

9. pH. Yksi paperinvalmistuksen säätötekijöitä on lietteen pH. Mineraalin täytyy sopia siihen. Esimerkiksi happamaan prosessiin eivät karbonaatit sovi.

10. Saatavuus ja hinta. Pigmenttituotteella täytyy olla sekä tasainen laatu että varma saatavuus. Hinnan täytyy olla selvästi puukuituja ja selluloosaa huokeampaa.

Paperinvalmistuksessa käytettävät yleisimmät pigmentit ovat kaoliini, kalsiumkarbonaatti ja talkki sekä eräät erikoispigmentit.

1. Kaoliniitti (tuotenimenä kaoliini) johtaa selvästi pigmentti-markkinoita. Kaoliiniesiintymät jaetaan karkeasti primaarisiin ja sekundaarisiin. Niistä tuotetuilla kaoliineilla on merkittäviä mineralogisia eroja. Paperiin käytettiin 1989 kaoliinia yhteensä 8,1 milj. tonnia, josta noin 70 % meni päällystykseseen.

2. Kalsiumkarbonaatin osuus paperipigmenteissa on lisääntynyt voimakkaasti. Kun sen määrä oli kymmenen vuotta sitten Euroopan pigmentinkulutuksesta noin 5 %, se on nyt 40 %. Suomen täyteainekulutuksessa sen odotetaan ohittavan kaoliinin v:n 2000 paikkeilla. Paperissa käytettäviä karbonaatteja ovat liitu, jauhettu kalsiitti tai marmori ja saostettu karbonaatti (PCC).

3. Talkki muistuttaa hiukkasmuodoltaan ja optisilta ominaisuuksiltaan kaoliniittia, vaikka onkin kokoomukseltaan ja kiteen sisäiseltä rakenteeltaan ja varsinkin pintakemialtaan aivan erilainen. Talkkia käytetään paperipigmenttinä maissa, joissa ei ole omaa kaoliinituotantoa. Talkilla on eräitä ominaisuuksia, jotka tekevät siitä tietyissä asioissa paremman kuin kaoliini. Nämä ovat pehmeys ja levymäisyys. Eräistä talkin ominaisuuksista (hydrofobisuus, organofiilisyyden ja liukkaus) aiheutuu kuitenkin teknisiä ongelmia paperinvalmistuksessa ja kirjapainossa. Näiden takia talkki ei ole pystynyt saavuttamaan kaoliinin valta-asemaa paperipigmenttinä. Sen sijaan pihkantorjunnassa talkilla ei ole vakavaa kilpailijaa, vaan sillä on tärkeä asema paperi- ja sellutehtaitten jätekuormituksen vähentäjänä.

4. Erikoispigmenttejä ovat mm. titaanidioksidi, kalsinoitu kaoliini, bentoniitti, kipsi, satiinivalkoinen, alumiinihydroksidi, natriumsilikoaluminaatti (zeolex), baryytti ja vulkaaninen lasi (perliitti). Niitä käytetään paperin optisten ominaisuuksien ja ajettavuuden parantamiseen. Hinta on yleensä tavallisia pigmenttejä korkeampi.

Loppulause

Paperien pigmenttipitoisuuden lisääntyessä näiden mineraalien käyttötekniikoiden ominaisuuksien tutkiminen ja kehittäminen tarjoavat mineralogeille ja mineraalikemisteille antoisan ja laajenevan työkentän.

Wollastonite — an important industrial mineral

E. Lundén, Oy Partek Ab, Pargas

For 60 years wollastonite has been used as an industrial mineral. Wollastonite is a common mineral particularly in metamorphic limestones and skarns, but deposits of economic value are quite few compared with the occurrence of the very rare mineral.

Like many other minerals wollastonite has got its name from a famous scientist. The name of the mineral comes from the English chemist and mineralogist, W.H. Wollaston (1766-1828). This is about the only name used in the literature of today, but tabular spar, okenite, vilnite, rivaite and ädelforsite are synonyms for wollastonite.

The chemical composition of pure wollastonite is CaSiO_3 (48.3% of CaO, 51.7% of SiO_2). Other components in the mineral lattice are small amounts of MgO, Fe_2O_3 , MnO_2 and loss of ignition.

The physical properties of wollastonite are summarized in Table 1 and the optical ones in Table 2.

Table 1

PHYSICAL PROPERTIES OF WOLLASTONITE

Crystal system	Triclinic; $\alpha = 90^\circ 00'$, $\beta = 95^\circ 16'$, $\gamma = 103^\circ 22'$
Form and habit	Bladed crystal masses; acicular
Colour	Usually white; sometimes cream, grey, or very pale green; white streak
Hardness	4½-5 on Mohs' scale
Specific gravity	2.87-3.09
Cleavage	{100} perfect; {001} and {102} good; {101} imperfect
Twinning	Common on twin axis [010], composition plane (100); rarely on twin axis [001]
Lustre	Vitreous to pearly
Polymorphs	Wollastonite (triclinic) } low-temperature Parawollastonite (monoclinic) forms Pseudowollastonite (triclinic; pseudo-orthorhombic or pseudo-hexagonal), high-temperature form, metastable at low temperatures
Inversion temperature	Wollastonite-pseudowollastonite, $1,120^\circ \pm 10^\circ\text{C}$
Melting point	About $1,540^\circ\text{C}$.

Table 2

OPTICAL PROPERTIES OF WOLLASTONITE

Refractive indices	$n_{\alpha} = 1.616 - 1.640$ $n_{\beta} = 1.628 - 1.650$ $n_{\gamma} = 1.631 - 1.653$ $n_{\gamma} - n_{\alpha} = 0.013 - 0.014$
Birefringence	Rather weak
Colour	Colourless in thin section
Relief	Fairly high
Extinction	Parallel or almost parallel in longitudinal section; oblique in cross-section
Orientation	$b \wedge \beta$ or $\gamma = 0^{\circ} - 5^{\circ}$; $c \wedge \alpha$ or $X = 30^{\circ} - 44^{\circ}$: crystals are elongated parallel to b so longitudinal sections are length fast or length slow
Interference figure	Biaxial negative, $2V = 38^{\circ} - 60^{\circ}$; axial plane almost parallel to $\{010\}$
Dispersion	$r > v$, weak

As wollastonite is a commercial mineral, some of its technical properties are of great value. Some of its important technical properties are listed in Table 3.

Table 3

Apparent density of loose material	30-77 lb/cu.ft.
Solubility in (neutral) water	0.0095 g/100 ml at 25°C
Low coefficient of thermal expansion	6.5×10^{-6} mm/°C
pH in 10 per cent slurry	about 10
Brightness (MgO standard)	92-96% (325 mesh product)
Low oil absorption rate	
Chemical activity	largely inert; decomposed by conc. HCl

The Geology of Wollastonite Deposits

As mentioned above, wollastonite ores are quite rare. In Europe, for instance, Finland has been the only producer for a long time. It is, however, expected that new deposits are to be opened for production during this decade. Deposits of economic interest are investigated in Spain, Greece and Yugoslavia.

The most important deposits in the world are situated in contact metamorphic limestones with a relatively high silicate content. Normally wollastonite is formed by the equation:



Under natural conditions wollastonite is formed at the temperature of 450-600°C, but in experiments its equilibrium range has been shown to be 250 to 850°C.

It looks like the most commercial wollastonites come from similar geological environments. Normally they are situated in the basement (pre-Cambrian age). They occur in originally sedimentogenic limestones. The wollastonite is formed by regional metasomatism in combination with the formation of granitoids. This primary formed wollastonite may sooner or later be recrystallized under vulcanogenetic conditions. The secondary reaction may be of great importance for the purification of the mineral, the shape of the acicular crystals and the mineralogical composition of the deposit.

The genesis of the wollastonite deposits is of major importance. According to literature, great progress has been made in the geological investigation of the genesis of wollastonite, especially in the Soviet Union, where the wollastonite deposits are separated in metamorphic types and skarnoid types. The former is, according to its chemical composition, more or less pure from contamination of sulfides, and the number of silicates except for wollastonite is few. The wollastonite is formed in combination with the formation of a central granite. An example is the Bosagan wollastonite deposit, about 300 km east of Karaganda in Khazakstan, where one of the larger deposits in the Soviet Union is situated. The wollastonite occurs in the central part of a limestone deposit. The wollastonite content is high, > 40%, and besides wollastonite and calcite, garnet, diopside and vesuvian are to be found. The size of the deposit is several million tons of wollastonite and it can be mined in an open pit. Serious investigations including flotation tests have been carried out, but except for small-scale test quarrying, no decision of mining has been made.

The skarnoid wollastonites often form part of metallogenetic provinces. The wollastonite is situated in the skarn horizon. The wollastonite content is normally high, but the content of other skarn minerals is also high, which makes it difficult to mine the mineral with economic output. In the Soviet Union the Koytash deposit in Uzbekistan represents this type. Small-scale exploitation of the deposit could be viable if no sophisticated sorting system is used. Quarrying for production has not yet been started. Polymetallic sulfides and scheelite are being mined, ground and flotated at the Koytash deposit. The wollastonite is situated in the upper part of the hanging wall and is very difficult to quarry separately due to underground mining.

Finnish Wollastonite Deposits

The only deposit in operation in Finland is the Lappeenranta Ihalainen wollastonite ore quarried by the Partek Group. The wollastonite forms the very centre of a limestone deposit with a length of about 3 km and a width of maximum 1 km. The depth of the deposit has been investigated down to about 300 m. According to geophysical calculations the depth is at least 700 m in the central part of the deposit. The deposit is surrounded by younger rapakivi-granite (Vyborg granite). There are dykes of pegmatic granites of rapakivi age in the

limestone. Layers of thin leptite also form beds in the limestone, and the system has been invaded by vertical or close to vertical amphibolite dykes. The wollastonite ore is situated in the central part of the mining area. In fact, the wollastonite ore is a silicate-rich part of the deposit containing 20 to 25% of wollastonite on an average. The geological nature is the same as the surrounding limestone, which contains 70 to 90% of CaCO_3 .

The Lappeenranta wollastonite reserves have been prospected to be at least 10 million tons in the mining area. The typical Lappeenranta wollastonite is acicular. However, the individual needles are short, and the wollastonite forms zones from some centimetres to about one metre. The wollastonite band runs together with the calcite from north to south. In the south, close to the rapakivi contact, the content of wollastonite is often higher, forming a massive wollastonite fels containing more than 50% of the mineralization. Not only wollastonite, but also diopside, quartz and occasionally small amounts of amorphous graphite are found in the deposit. The sulphide content of the ore is very low.

The wollastonite ore is quarried selectively and after crushing sorted by hand and by automatic optical sorting equipment. Then it is transported to the homogenisation stockpiles. A mineralogical system according to the quarried ore type is used in the production. The ore is finally enriched in a flotation plant (capacity 40,000 t/a). The flotated material is dried and prepared for different products and marketed all over the world.

A deposit similar to that of Lappeenranta is situated and investigated by Partek in Savitaipale, 35 km north west of Lappeenranta. In Puumala a smaller diopside-wollastonite deposit with long-fibred wollastonite has been investigated by Partek in the '50s and '60s. This deposit is not planned to be brought into operation for the moment.

Wollastonite as an Industrial Mineral

The total trade of wollastonite rises to 200,000-300,000 tons a year, and it is growing at an annual rate of 7%. Wollastonite is produced for many purposes, e.g. for use in ceramics, in rubber, plastic and paint, etc. The products can generally be divided into two main types: a. short-fibred and b. long-fibred wollastonite. The long-fibred types are more valuable. Know-how is required to process long-fibred qualities. Otherwise the fibres are broken down to short qualities.

The largest commercial producers of the mineral are wollastonite deposits in the New York state in the U.S.A., China, India, Australia, Mexico, Turkey, Kenya and South Africa. In the future new producers will get a foothold in world markets, among them, without doubt, the Soviet Union. However, the future for wollastonite seems good, because the mineral can be used as a substitute for asbestos, for example, and wollastonite has not been found to cause any health risks.

Production mineralogy at Siilinjärvi apatite mine

H. Kauppinen & H. Papunen

Institute of Geology, University of Turku

The Siilinjärvi apatite deposit is a 9-km-long steeply dipping carbonatite lense some 20—30 km north of Kuopio, central Finland. The orebody is over 500 m wide at the middle, and thus effective mining from the over-100-million-tonne open pit is feasible (Fig. 1).

The chief minerals in the ore are phlogopite (averaging 65%), calcite, apatite, dolomite, and richterite. The phlogopite to carbonate ratio varies in the range 1—12 in different parts of the orebody. The apatite content averages 10% ($\pm 4\%$).

The ore treatment is based on a careful production-mineralogical investigation. The different ore types, as well as the gangue, are mined with maximum selectivity (Figures 2 and 3). Milling and concentration tests are made separately for each ore type to find the most appropriate ore-dressing methods. The selective treatment has reduced energy consumption and increased recovery.

The production-mineralogical criteria of the ore classification used are described.

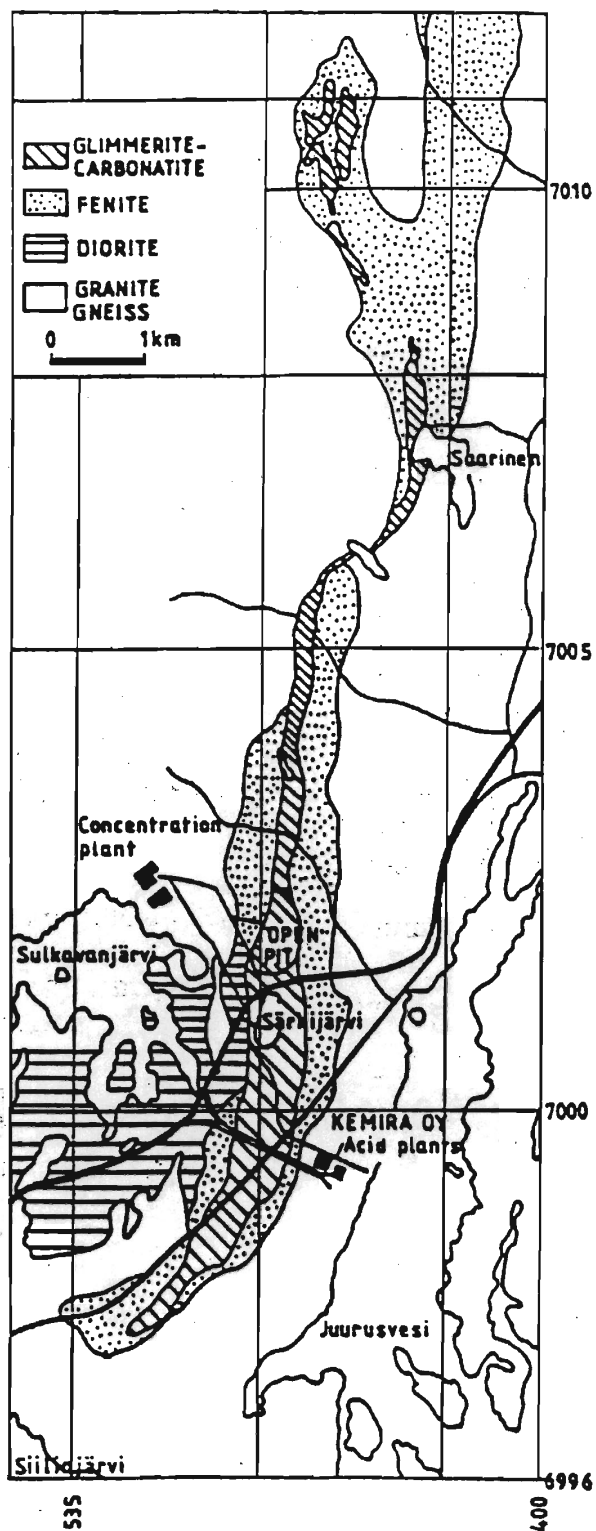


Fig. 1. The Siilinjärvi apatite deposit.

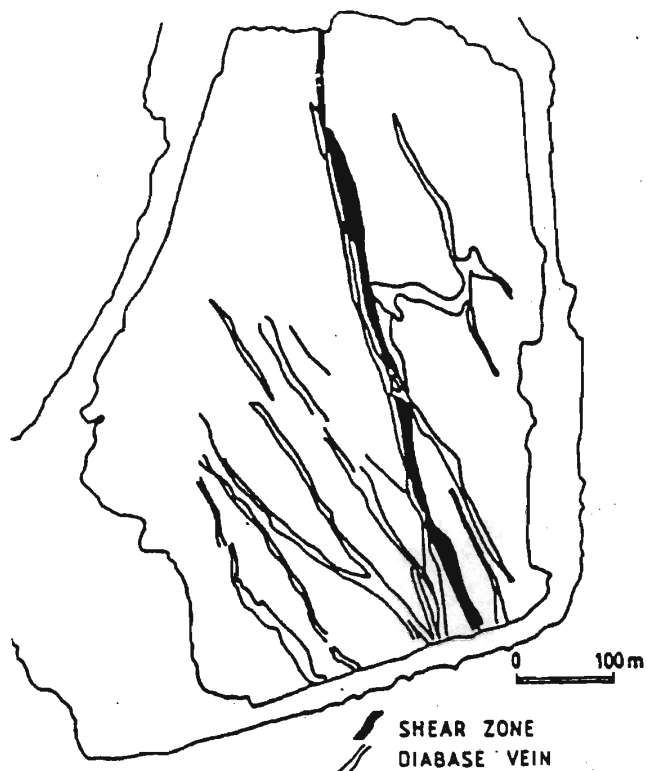


Fig. 2. The mode of occurrence of the gangue.

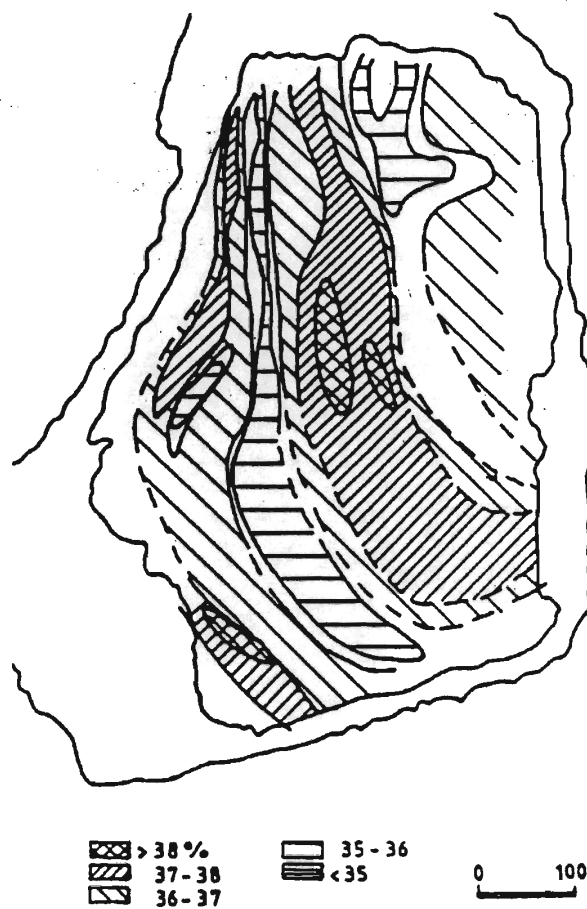


Fig. 3. The P_2O_5 content in the apatite concentrate.

List of participants

Reijo Alviola
GTK
02150 Espoo

B. Anechkin
Sevzapgeologia Association
24 Odoevski Street
199155 Leningrad
U.S.S.R.

Juhani Astala
Oy Lohja Ab
08700 Virkkala

N. Biske
Academy of Sciences,
Karelian Branch
Petrozavodsk
U.S.S.R.

Ilmari Haapala
Helsingin yliopisto
Geologian laitos
Snellmaninkatu 5
00170 Helsinki

Aimo Hiltunen
Rautaruukki Oy
PL 217
90101 Oulu

Pertti Huopaniemi
Malmikaivos Oy
73670 Luikonlahti

Juha Jokinen
Kivikonsultit Oy
Korsitie 1 G 36
00730 Helsinki

Kalinin, Yu.
Academy of Sciences
Karelian Branch
Petrozavodsk
U.S.S.R.

Heikki Kauppinen
Pajatie 7
71800 Siilinjärvi

Kauko Laajoki
Oulun yliopisto
Geologian laitos
90570 Oulu

Kirsti Loukola-Ruskeeniemi
GTK
02150 Espoo

Esko Lundén
Oy Partek Ab
21600 Parainen

Heikki Markkula
SGAB
Box 801
95128 Luleå
Sverige

I. Melnikov
Sevzapgeologia Association
24 Odoevski Street
199155 Leningrad
U.S.S.R.

V. Mikhailov
Sevzapgeologia Association
24 Odoevski Street
199155 Leningrad
U.S.S.R.

Matti Nieminen
TT-komitea
Kanavakatu 3 A
00160 Helsinki

Pertti Nieminen
Tampereen tekn.korkeakoulu
Rak.tekn.lab.
PL 527
33101 Tampere

Heikki Niini
TKK-V
Vuorimiehentie 2 A
02150 Espoo

Heikki Paarma
Jaakonkuja 1 F
90230 Oulu

Yrjö Pekkala
GTK
02150 Espoo

Jaakko Perttula
Saxo Oy
Kauppakartanontie 7 A 53
00930 Helsinki

V. Proskuryakov
Sevzapgeologia Association
24 Odoevski Street
199155 Leningrad
U.S.S.R.

Hannu Pyy
VTT
02150 Espoo

Sinikka Roos
GTK
02150 Espoo

Timo Ruskeeniemi
TKK-V
Vuorimiehentie 2 A
02150 Espoo

Reijo Saikkonen
Oy Lohja Ab
08700 Virkkala

Esa Sandberg
Outokumpu Mining Services
83500 Outokumpu

Olli Sarapää
GTK
02150 Espoo

Bengt Söderholm
TKK-V
Vuorimiehentie 2 A
02150 Espoo

Jouko Talvitie
GTK
02150 Espoo

Seppo Turkka
Oy Lohja Ab
08700 Virkkala

Matti Tyni
Malmikaivos Oy
73670 Luikonlahti

Ustavnikova, N.
Sevzapgeologia Association
24 Odoevski Street
199155 Leningrad
U.S.S.R.

Henry Vallius
GTK
02105 Espoo

Tauno Vuotovesi
Kemira Oy
Lainaankatu 8
96200 Rovaniemi

V. Ya. Yevzerov
Academy of Sciences
Kola Scientific Centre
Apatity
U.S.S.R.

Tulkit:
Elina Kahla
Timo Rantakaulio

14.11.90