

DIE VERANDERING VAN DIE WANDGESTEENTES IN DIE
OMGEWING VAN DIE ERTSLIGGAME VAN ROSH PINAH

deur

NICOLAAS JACOBUS DE KOCK

VOORGELê TER VERVULLING VAN 'N DEEL
VAN DIE VEREISTES VIR DIE GRAAD

MAGISTER

IN DIE FAKULTEIT WIS- EN NATUURKUNDE

UNIVERSITEIT VAN PRETORIA

PRETORIA
April 1987

(ii)

UITTREKSEL

Die Rosh Pinah sink-loodsulfiedafsetting kom in die suidwestelike gedeelte van Suidwes-Afrika/Namibië naby die Oranjerivier voor. Die ertsafsetting is in 1964 deur dr MD McMillan van die Kaapse Universiteit ontdek, terwyl hy geologiese kartering in die gebied gedoen het. Gedurende Mei 1969 het die myn met produksie begin. Tans word ongeveer 600 000 ton erts per jaar geproduseer.

Die ertsafsetting is laaggebonde in die onderste gedeelte van die laat-Voorkambriese Rosh Pinah-Formasie wat deel uitmaak van die basale gedeelte van die Gariep-Kompleks.

Die wandgesteentes van die ertssone bestaan hoofsaaklik uit arkosiese en kwartsitiese gesteentes, met ondergeskikte argilliet, kalksteen, dolomiet, konglomeraat, chert en felsiet. Die ertssone verteenwoordig sulfiedhoudende chemiese en fynkorrelrige klastiese sedimente.

Geochemiese veranderingstendense is in die arkosiese wandgesteentes in die omgewing van die ertsliggame geïdentifiseer. In die dakarkosiete neem die elemente Fe_2O_3 , MnO , Zn , Pb , Cu , Ba en Zr betekenisvol toe na die ertsliggaam, terwyl Fe_2O_3 , Zn , Cu , Ba , Sr en Cd in die vloerarkosiete betekenisvol toeneem na die ertsliggaam toe. In die vloerarkosiete neem die litofiele elemente (TiO_2 , MnO , K_2O , Rb , Zr , Nb en Y), asook Co , Ni en organiese koolstof, betekenisvol af na die ertsliggaam. SiO_2 en die chalkofiele elemente (Zn , Pb , Cu , Ag en Cd) dui toenemende tendense na die ertsliggaam in breksiewandgesteentes. Fe_2O_3 en MnO neem toe na die ertsliggaam in die dakbreksie. Die ander wandgesteentes (argilliet, karbonaatgesteentes, en mikrokwartsiet) toon ook veranderingstendense relatief nader en verder vanaf die ertsliggaam aan. MnO , MgO en CaO en die chalkofiele elemente neem af met afstand vanaf die ertsliggaam, terwyl die ander litofiele elemente toeneem.

Drie tipes veranderde arkosiete is rondom die ertsliggaam teenwoordig. Chemiese vergelyking van die verskillende veranderde arkosiete is op geskikte figure gedoen, en hieruit kan afgelei word dat die

(iii)

mineralisasie verwant was aan veranderingsprosesse soos silisifiseering, kaliumverandering (serisitisering) en karbonatisering. Hierdie veranderingsprosesse het ook 'n invloed gehad op die vloer-, sowel as die dakarkosiete, veral die silisifisering- en karbonatiseringsverandering.

Geen eenvoudige verwantskap tussen ertsvoorkomste en veranderings in wandgesteentes wat as hulpmiddel tydens eksplorاسie kan dien, kon geïdentifiseer word nie.

Fumaroliese aktiwiteite in 'n mariene miogeosinklinale en sedimentêre omgewing het bygedra tot die ertsgenese.

(iv)

ABSTRACT

The Rosh Pinah zinc-lead sulphide deposit is situated in the south-western part of South West Africa/Namibia, near the Orange River. The ore deposit was discovered by Dr MD McMillan of Cape Town University in 1964, while involved in geological mapping in the area. Production started during May 1969 and at present approximately 600 000 tons are produced per annum.

The ore deposit is stratabound and occurs in the lower part of the late Precambrian Rosh Pinah Formation which in turn forms part of the lower sequence of the Gariep Complex.

The wallrocks of the ore zone consist mainly of arkosic and quartzitic rocks, with subordinate argillite, limestone, dolomite, conglomerate, chert and felsite. The ore zone consists of sulphide bearing chemical and fine grained clastic sediments.

Geochemical alteration tendencies are identified in the arkosic wallrocks in the vicinity of the ore-bodies. In the hanging wall arkosites the elements Fe_2O_3 , MnO, Zn, Pb, Cu, Ba and Zr increase significantly towards the ore-body, while in the foot wall arkosites Fe_2O_3 , Zn, Cu, Ba, Sr and Cd show the same tendency as the former. In the foot wall arkosites the lithophile elements (TiO_2 , MnO, K_2O , Rb, Zr, Nb and Y), and also Co, Ni and organic carbon, decrease significantly towards the ore-body. SiO_2 and the chalcophile elements (Zn, Pb, Cu, Ag and Cd) tend to increase towards the ore-body in the breccia wallrocks. Fe_2O_3 and MnO increase towards the ore-body in the hanging wall breccia. The other wallrocks (argillite, carbonate rocks and microquartzite) also show alteration tendencies relatively closer and farther away from the ore-body. MnO, MgO and CaO and the chalcophile elements decrease with distance from the ore-body, while the other lithophile elements increase.

Three types of altered arkosite are present around the ore-body. Chemical comparison of the different altered arkosites was done using suitable diagrams and the conclusion was made that the mineralization

(v)

is related to the alteration processes of silicification, potassium alteration (sericitisation) and carbonatisation. These alteration processes have also had an influence on the foot wall as well as the hanging wall arkosites, especially the silicification- and carbonatisation processes.

No simple relationship between ore occurrences and wallrock alteration that can be helpful in exploration, could be identified.

Fumarolic activity within a marine miogeosynclinal and sedimentary environment, contributed to ore genesis.

INHOUDSOPGAWE

1	Inleiding	1
2	Vorige werk	4
3	Regionale geologie	5
3.1	Stratigrafie	5
3.2	Struktuur	9
4	Plaaslike geologie	13
4.1	Stratigrafie	13
4.1.1	Rosh Pinah-Formasie I	13
4.1.2	Rosh Pinah-Formasie II	14
4.1.3	Rosh Pinah-Formasie III	15
4.2	Die ertssone	15
4.2.1	Petrografie	15
4.2.2	Die struktuur van die C-ertsliggaam	18
4.2.3	Die ertsminerale	22
4.2.4	Ertsgenese	23
5	Metodes van ondersoek	27
5.1	Monsterneming	27
5.2	Analitiese metodes	31
5.2.1	Modale analise	31
5.2.2	X-straaldiffraksie-analise	31
5.2.3	Mikrosonde-analise	32
5.2.4	Nat chemiese analises	32
5.2.5	Atoomabsorpsiespektrometrie	32
5.2.6	X-straalfluorensiespektrometrie	35
5.2.7	Statistiese verwerking van gewens	36
5.2.7.1	Anomale waardes	36
5.2.7.2	Enkelvoudige regressie-analises	36
5.2.7.3	Meervoudige regressie-analises	37
6	Resultate	38
6.1	Mineralogiese variasies	38
6.1.1	Samestelling van kwartsitiese en ander wandgesteentes	38
6.1.2	Chemiese samestelling van die veldspaat	43
6.2	Hoofelementgeochemie van die wandgesteentes	46
6.2.1	Verandering van arkosiet rondom die ertsliggame	46
6.2.2	Veranderingsone in boorgat S393 (Suidelike Ertsveld)	53

(vii)

6.2.3	Onderlinge verwantskappe van die wandgesteentes	61
6.3	Laterale geochemiese variasies in die wandgesteentes	63
6.3.1	Korrelasiematrikse	63
6.3.2	Kwartsiet (arkosiet)	66
6.3.2.1	Konsentrasie teen afstand na die ertsliggaam	66
6.3.2.1.1	Tussenelementverhoudings in die veranderingsone	71
6.3.2.1.2	Verandering in terme van arkosiet A, B en C	76
6.3.2.2	Konsentrasie teen dikte van die ertsliggaam	81
6.3.2.3	Konsentrasie teen dikte/afstand	81
6.3.3	Breksie	86
6.3.3.1	Die geochemiese verband tussen matriks en klaste	86
6.3.3.2	Konsentrasie teen afstand na die ertsliggaam	86
6.3.3.2.1	Elemente teenoor afstand	86
6.3.3.2.2	Vergelyking van breksies	91
6.3.3.3	Chemiese verskille tussen kwartsiete en breksies as wandgesteentes	99
6.3.4	Karbonaatgesteentes	102
6.3.5	Argilliet	109
6.3.6	Mikrokwartsiet	109
6.3.7	Die begrensing van die veranderingsone	117
6.4	Bespreking van betekenisvolle geochemiese verwantskappe	117
7	Ertsgenese in die lig van geochemiese gegewens	130
8	Opsomming en gevolgtrekkings	137
9	Dankbetuigings	140
	Verwysings	141
	Aanhangsel A	148
	Aanhangsel B	150
	Aanhangsel C	152

FIGURE

Fig. 1	: Die ligging van Rosh Pinah	2
Fig. 2	: 'n Veralgemeende geologiese kaart wat die verspreiding van die Gariep-Kompleks in die Rosh Pinah-gebied toon. (Van Vuuren, 1986)	3
Fig. 3	: 'n Plaattektoniese model vir die ontwikkeling van die Gariepgeosinklien (Kröner, 1974)	7
Fig. 4	: Oppervlakgeologiese kaart van die Rosh Pinah-Formasie binne die Myntoekenningsgebied	12
Fig. 5	: Voorlopige "ontplooiëde plan" C-ertsliggaam (Hodgson, 1979)	19
Fig. 6	: Geologiese kaart van die Myng gebied	28
Fig. 7	: X-straaldiffraksie - Benaderde mineraal-samestelling van verskillende wandgesteentes	39
Fig. 8	: Diffraktogram van 'n vloerkwartsiet (98,56 m vanaf ertssone)	40
Fig. 9	: Mineralepersentasies soos bepaal deur Modale Analises	42
Fig. 10	: Kaliumveldspaat- en plagioklaaskorrels waarop mikrosonde-analise gedoen is	45
Fig. 11	: Kaliumveldspaatkorrel wat bariumhoudend is	45
Fig. 12	: Variasie in samestelling van arkosiet in terme van MgO, CaO en SiO ₂	47
Fig. 13	: Grofkorrelrige kaliumveldspaatkorrels in 'n effens fyner matriks van kwarts en kaliumveldspaat, met karbonaat wat voorkom in die kraaksones van die kaliumveldspaatkorrels	49
Fig. 14	: Kaliumveldspaatkorrel met klein kwartskorreltjies aan die kante van die korrel	49
Fig. 15	: Variasie van arkosiet in terme van SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , en Na ₂ O + K ₂ O	50
Fig. 16	: Arkose wat bestaan uit kwarts en veldspaat, met 'n growwer kwartskorrel. Die grondmassa word deur serisiet vervang	51
Fig. 17	: Vervanging van plagioklaas deur kaliumveldspaat, asook serisitiserings van die plagioklaaskorrel	51
Fig. 18	: Variasie van arkosiet in terme van Al ₂ O ₃ , Na ₂ O en K ₂ O	52
Fig. 19	: Samestelling van arkosiet in terme van Fe ₂ O ₃ , Na ₂ O + K ₂ O en MgO	52

(ix)

Fig. 20 : Samestelling van arkosiet in terme van Al_2O_3 , K_2O en $FeO + MgO + MnO$	54
Fig. 21 : Variasie in relatiewe konsentrasies Zn, Cu en Pb in arkosiet	54
Fig. 22 : Intens veranderde sone van S393	56
Fig. 23 a en b : Samestelling van die verskillende veranderde gesteentes met betrekking tot (a) Ba, Si en Mg (Fig. 23a); (b) SiO_2 , CaO en MgO (Fig. 23b)	58
Fig. 24 : Selsiaankristalle - wit en swart, laasgenoemde met tweelinglamelle en golwende uitdowing -, in 'n grondmassa van waaiervormige flogopiet en talk	59
Fig. 25 : Selsiaankorrels met grondmassa van dolomiet en talk	59
Fig. 26 : Arkose met grofkorrelrige kwarts en vermoedelik veldspaat in 'n matriks van fynkorrelrige kwarts en mika (serisiet), in kontak met 'n bariumryke sone aan die regterkant met volop selsiaan	60
Fig. 27 : Samestelling van verskillende wandgesteentes in terme van CaO, MgO en SiO_2	62
Fig. 28 : Chemiese variasie van verskillende wandgesteentes in terme van SiO_2 , Al_2O_3 en $Na_2O + K_2O$	62
Fig. 29 : Variasie van verskillende wandgesteentes in terme van Al_2O_3 , Na_2O en K_2O	62
Fig. 30 : Variasie van verskillende wandgesteentes in terme van Fe_2O_3 , $Na_2O + K_2O$ en MgO	64
Fig. 31 : Samestelling van verskillende wandgesteentes in terme van Zn, Cu en Pb	64
Fig. 32 : Samestelling van verskillende wandgesteentes in terme van Al_2O_3 , $Na_2O + K_2O$ en CaO + MgO + MnO	64
Fig. 33 : Chemiese variasie van verskillende wandgesteentes in terme van SiO_2 , Al_2O_3 en Fe_2O_3	65
Fig. 34 - 44 : Elemente teen afstand na die ertsliggaam in kwartsitiese wandgesteentes	67
Fig. 45 - 49 : Elementverhoudings teen afstand na die ertsliggaam	75
Fig. 50 : Variasie van hoofelementkonsentrasie van die verskillende veranderde arkosiete	77

(x)

Fig. 51a : Variasie van die verskillende veranderde arkosiete met betrekking tot Si/Na	78
Fig. 51b : Variasie van die verskillende veranderde arkosiete met betrekking tot K/Na	79
Fig. 52 : Variasie van spoorelementkonsentrasie van die verskillende veranderde arkosiete	80
Fig. 53 - 56 : Elemente teen dikte van die ertsliggaam	82
Fig. 57 - 60 : Elemente teen verhouding dikte/afstand	84
Fig. 61a : Geochemiese verband tussen matriks en klaste van dakbreksie (teen ertssone)	88
Fig. 61b : Geochemiese verband tussen matriks en klaste van vloerbreksie (teen ertssone)	89
Fig. 61c : Geochemiese verband tussen matriks en klaste van vloerbreksie (9 m van ertssone)	90
Fig. 62 - 65 : Elemente teen afstand na die ertsliggaam in breksiewandgesteentes	93
Fig. 66 : Chemiese variasie van vloer- en dakbreksie met verskillende diktes van ertsinterseksies	95
Fig. 67a : Chemiese verskille tussen vloerbreksie teen die ertssone en op 'n bepaalde afstand vanaf die ertssone	97
Fig. 67b : Chemiese vergelyking van vloerbreksie met vloerbreksie van hermineralisasie	98
Fig. 68 - 70 : Elemente teen afstand na die ertsliggaam in kwartsitiese en breksiewandgesteentes	100
Fig. 71 : Variasie van karbonaatgesteente in die vloer op verskillende afstande vanaf die ertssone	104
Fig. 72 : Chemiese vergelyking van karbonaatgesteentes in ertssone met karbonaatgesteentes in die dak	106
Fig. 73 : Chemiese variasie van karbonaatgesteente in die vloer op verskeie afstande vanaf die ertssone	107
Fig. 74a : Variasie in samestelling van argilliet in die dak, ertssone en vloer	111
Fig. 74b : Variasie van dakargilliet, verskeie afstande vanaf die ertssone	112
Fig. 75 : Chemiese vergelyking tussen mikrokwartsiet in die ertssone en mikrokwartsiet in die dak en vloer	114

(xi)

Fig. 76 a en b : Profiel van boorgat S394 met die monsterindeling van die wandgesteentes	115 116
Fig. 77 : Verwantskap tussen hoofelemente en hul geochemies gelyksoortige spoor- en seldsame elemente	123
Fig 78 - 82 : Korrelasie tussen elemente in die dak- en vloerkwartsiete	125

(xii)

TABELLE

Tabel I	: Litostratigrafiese Onderverdeling van die Gariep-Kompleks (SACS, 1980, p.453)	6
Tabel II	: Elemente kenmerkend van verandering rondom ertsliggame (volgens verskeie bronne) en keuse van elemente in die huidige studie	26
Tabel III	: Die monstergegewens	30
Tabel IV	: Elemente wat nat chemies bepaal is en die betroubaarheid van die analyses	33
Tabel V	: Elemente bepaal deur AA-analise en die betroubaarheid van die bepalings	34
Tabel VI	: Volumepersentasie van minerale in slypplaatjies	41
Tabel VII	: Mikrosonde-analises van plagioklaas en kaliumveldspaat in die dak- en vloerkwartsiete	44
Tabel VIII	: Chemiese samestelling van die verskillende veranderde gesteentes	55
Tabel IX	: Betekenisvolle verandering van hoofelement= konsentrasie met afstand na die ertsliggaam: Enkelvoudige regressie-analise	69
Tabel X	: Betekenisvolle verandering van spoorelement= konsentrasie met afstand na die ertsliggaam: Enkelvoudige regressie-analise	70
Tabel XI	: Meervoudige regressie-analise van verskillende ertsliggame	72
Tabel XII	: Meervoudige regressie-analise van alle kwartsitiese wandgesteentes	73
Tabel XIII	: Tussenelementverhoudings teenoor afstand na die ertsliggaam	74
Tabel XIV	: Verandering in elementkonsentrasie teenoor die dikte van die ertsliggaam - enkelvoudige - en meervoudige regressie-analise -	83
Tabel XV	: Verandering in elementkonsentrasie teenoor die verhouding dikte/afstand - enkelvoudige regressie-analise (lineêre verband)	85
Tabel XVI	: Chemiese verskille tussen dak- en vloerbreksie teen die ertssone en vloerbreksie op 'n bepaalde afstand vanaf die ertssone	87

(xiii)

Tabel XVII	: Verandering in die elementkonsentrasie met afstand na die ertsliggaam in breksie= wandgesteente	92
Tabel XVIII	: Chemiese verskille tussen dak- en vloerbreksies met verskillende diktes van ertsinterseksies	94
Tabel XIX	: Chemiese verskille tussen vloerbreksies op verskeie afstande vanaf die ertsliggaam	96
Tabel XX	: Chemiese verskille tussen kwartsiet- en breksie= wandgesteentes	101
Tabel XXI	: Chemiese verskille tussen karbonaatgesteentes in die vloer, op verskeie afstande vanaf die ertsliggaam	103
Tabel XXII	: Chemiese vergelyking tussen karbonaatgesteentes in die ertssone en in die dak	105
Tabel XXIII	: Chemiese verskille tussen karbonaatgesteentes in die ertssone en op verskeie afstande vanaf die ertssone in die vloer	108
Tabel XXIV	: Chemiese verskille tussen argilliet in die dak, ertssone en in die vloer	110
Tabel XXV	: Chemiese vergelyking van mikrokwartsiet in die ertssone met mikrokwartsiet in die dak en vloer	113
Tabel XXVI	: Anomale waardes ten opsigte van elemente teenoor afstand na die ertsliggaam in kwartsitiese wandgesteente	118
Tabel XXVII	: Positiewe anomale waardes ten opsigte van elemente teenoor dikte van die ertsliggaam	119
Tabel XXVIII	: Positiewe anomale waardes ten opsigte van elemente teenoor die verhouding dikte/afstand	120
Tabel XXIX	: Anomale waardes ten opsigte van elemente teenoor afstand na die ertsliggaam in breksie= wandgesteente	121

1 **INLEIDING**

Die sink-lood-kopermyn van Rosh Pinah is geleë in die suidwestelike gedeelte van Suidwes-Afrika, 20 km van die Oranjerivier en ongeveer 70 km van die Atlantiese kus ($27^{\circ} 57'S$, $16^{\circ} 46'0$, Fig. 1).

Die ertsafsetting kom voor in die laat-Voorkambriese vulkanoklastiese sedimente van die Gariep-Kompleks. Die Oranjerivier-Groep en die Vioolsdrif-Graniet-Suite vorm die vloergesteentes van die Gariep-Kompleks (Fig. 2).

Die myn word bedryf deur Imkor Sink (Edms) Bpk., waarin die Suid-Afrikaanse Yster & Staal Industriële Korporasie Bpk. en Moly Koper Mynbou & Eksplorاسie Maatskappy (SWA) Bpk. - wat die mineraleregte besit - beheerende aandeel het. Yskor is in tegniese en administratiewe beheer van die myn.

Gedurende die flottasieproses word 'n sink- en 'n loodkonsentraat geproduseer. Koper en silwer word in die loodkonsentraat geflotteer. Die flottasiekonsentrate word per pad na Aus vervoer, van waar dit per spoor na die onderskeie smelterye en raffineringswerke gaan.

Die ertsafsettings is laaggebonde in die onderste gedeelte van die Rosh Pinah-Formasie, wat die basale gedeelte van die Gariep-Kompleks vorm. Die Rosh Pinah-Formasie bestaan hoofsaaklik uit suur vulkaniese gesteentes en arkosiese sedimentêre gesteentes.

Die Rosh Pinah-ertsafsetting kan geklassifiseer word as 'n sedimentêre ekshalatiewe sulfiedafsetting met vulkaniese assosiasie (Watson, 1980) met 'n ouderdom van ongeveer 1100MJ, soos bepaal op grond van die $207Pb/206Pb$ verhouding (Köppel, 1978).

Op die oomblik word drie ertsliggame ontgin naamlik die C ertsliggaam in die noorde van die myntoekenningsgebied; die

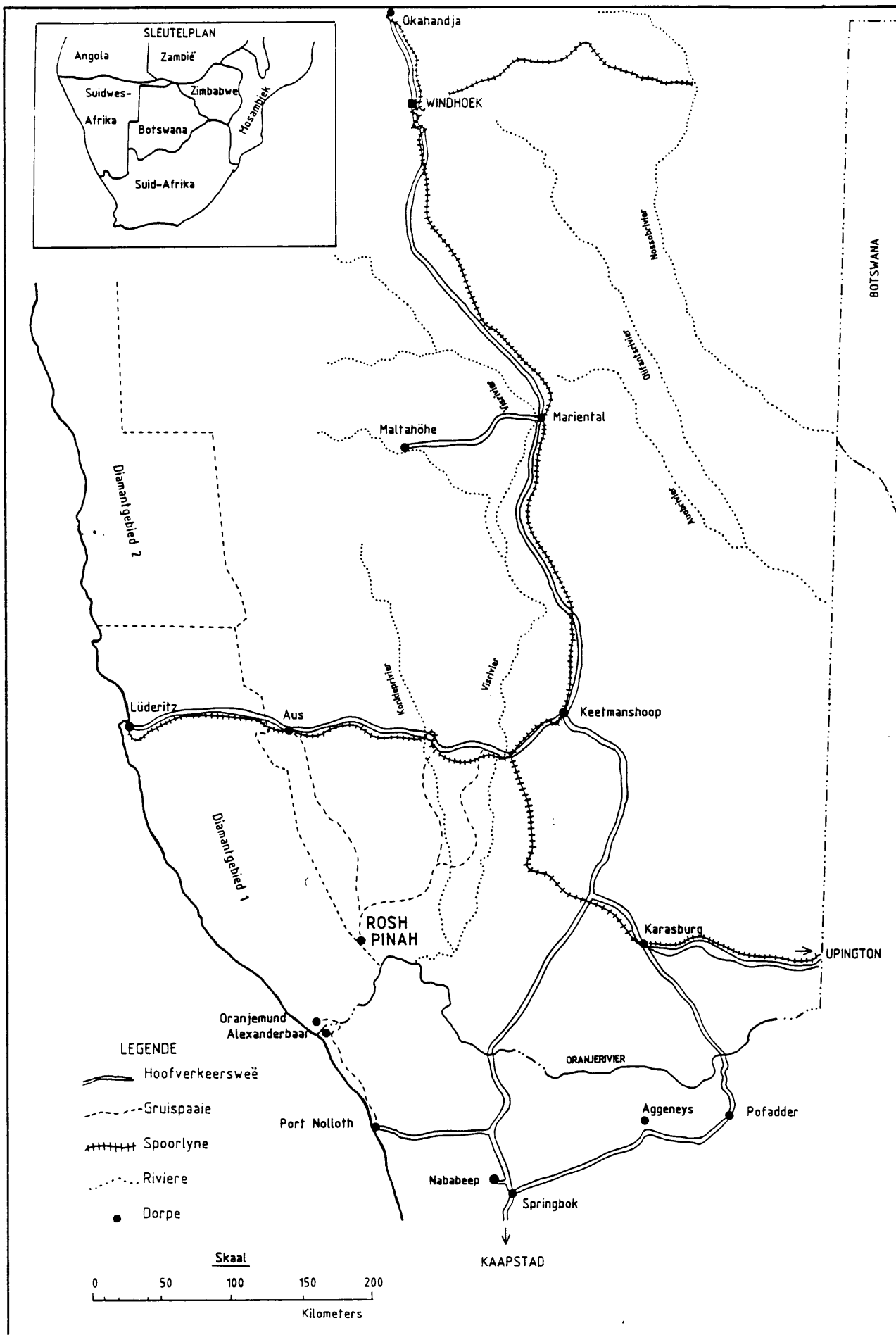
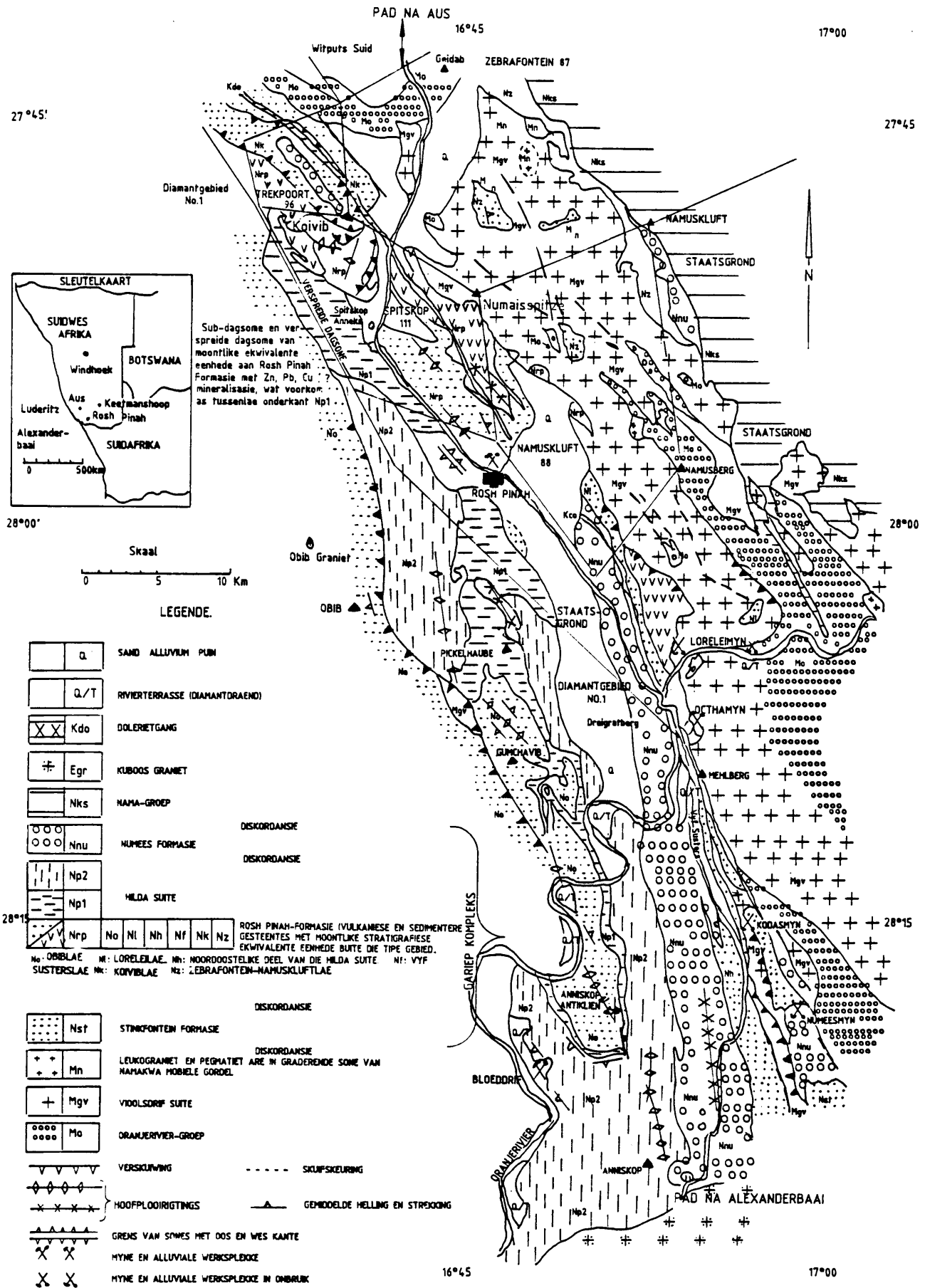


Fig.1. Die ligging van Rosh Pinah



B-myn Oos en A-myn (Fig. 4). Pogings om nuwe erts te vind word grootliks gekortwiek deur die afwesigheid van goeie merkerlae in die Rosh Pinah-Formasie. Die doel van die huidige studie is dus om sones van verandering rondom die ertsliggame af te baken, wat hopelik gebruik kan word om bykomstige ertsliggame op te spoor.

2 VORIGE WERK

Die eerste publikasie oor die ertsafsettings van Rosh Pinah is van Page en Watson (1976). Daarin is die breë geologiese verhoudings bespreek, en die gevolgtrekking is gemaak dat die erts geneties verwant is aan vulkanogeniese massiewe sulfiedafsettings. In 1978 het Page en Kindl die stratigrafie en struktuur van die ertsliggame in meer besonderhede bespreek.

Die eerste studie van wandgesteenteverandering te Rosh Pinah was dié van Hodgson op die C-ertsliggaam. Hy het 'n ontplooid plan van die C-liggaam voorberei waarop diktekontoure van die verskillende litologiese eenhede van die C-liggaam aangedui is. Hodgson (1979) het tot die gevolgtrekking gekom dat die veranderings moontlik verwant is aan die ekshalatiewe aktiwiteite wat verantwoordelik was vir die vorming van die erts.

Hierdie werk is in 1980 opgevolg deur Watson wat die petrografie van die Rosh Pinah-Formasie en die teksturele verhoudings van die ertsminerale in groot besonderhede bespreek het. Volgens hom kan die afsetting geklassifiseer word as 'n sedimentêre ekshalatiewe ertsafsetting met vulkaniese assosiasie.

In hierdie verhandeling word die definisies en beskrywings van die verskillende litologiese eenhede van Watson (1980) gebruik.

Van Vuuren (1986) het die stand van kennis oor die Rosh Pinah-afsettings saamgevat in 'n algemene publikasie waarin ook 'n bydrae gelewer is tot die regionale plasing en struktuur van die afsetting.

3 REGIONALE GEOLOGIE

3.1 STRATIGRAFIE

Die Rosh Pinah-ertsliggaam is geleë in 'n gordel van ver= vormde en effens gemetamorfoseerde sedimentêre en vulkaniese gesteentes van die laat-Voorkambriese Gariep-Kompleks (Fig. 2).

Die basisgesteentes van die Gariep-Kompleks is die Oranje= rivier-Groep en die Vioolsdrif-Graniet-Suite. Hulle vorm deel van die Richtersveldse tektoniese domein, wat 'n baie wye strook suid van die Oranjerivier beslaan, en tot noord van Rosh Pinah strek (SACS, 1980).

Die Namakwa Tektoniese Provinsie begrens die Richtersveld= domein aan sy noordoostelike en suidelike kant. Eersgenoem= de vorm deel van die groter struktuurdomrein, naamlik die Namakwa Mobiele Gordel.

Die Oranjerivier-Groep bestaan uit mafiese lawa, veldspaat= porfiere, ondergeskikte kwarts-veldspaatporfiere, mafiese vulkanoklaste en metalawa (gneis). Die Vioolsdrif-Graniet= Suite bestaan uit granodioritiese en granitiese gesteentes. Kontakte met die gesteentes van die Oranjerivier-Groep word gekenmerk deur migmatisasie.

Tabel I stel die litostratigrafiese onderverdeling van die Gariep-Kompleks in die Rosh Pinah gebied voor.

Die gesteentes van die Gariep-Kompleks is skynbaar geosinkli= naal in oorsprong (Kröner, 1974; Martin, 1965). Die mio=

TABEL I : Litostratigrafiese Onderverdeling van
 die Gariep-Kompleks. (SACS, 1980, p.453)

MIOGEOSINKLINALE FASIES	
Litologie	
Numees-Formasie	Dolomiet, sliksteen, skis
	Diamiktiet, gelamineerde skalie, grint, kwartsiet
Hilda-Suite	Mikaskis, filliet, kwartsiet Kalksteen, filliet, kalkryke kwartsiet, felsiet Arkosiese grint, kwartsiet, konglomeraat, filliet, lense van dolomiet
Rosh Pinah-Formasie	Felsiet, tuf, agglomeraat, kwartsiet, arkose, grint, onderbroke dolomiet en filliet, basale diamiktiet, konglomeraat, gelamineerde skalie

geosinklinale fasies, gekenmerk deur vlakwater-sedimente, kom in die ooste van die gebied voor, en die eugeosinklinale fasies in die weste (Fig. 3). Vir die huidige doel kom slegs die miogeosinklinale fasies, waarin die Rosh Pinah-afsetting geleë is, ter sprake.

Die Rosh Pinah-Formasie van die Gariep-Kompleks lê oor die algemeen diskordant op die basisgesteentes. In die ooste rus dit diskordant op die Vioolsdrif-Graniet-Suite (Fig. 2). In die weste is die basis van die Rosh Pinah-Formasie nie blootgestel nie.

Die basale gedeelte van die Rosh Pinah-Formasie bestaan uit 'n diamiktiet of konglomeraat met rolstene van graniet en aarkwars. Op plekke word die diamiktiet of konglomeraat vergesel van dikkerige sandsteen met warfagtige kenmerke.

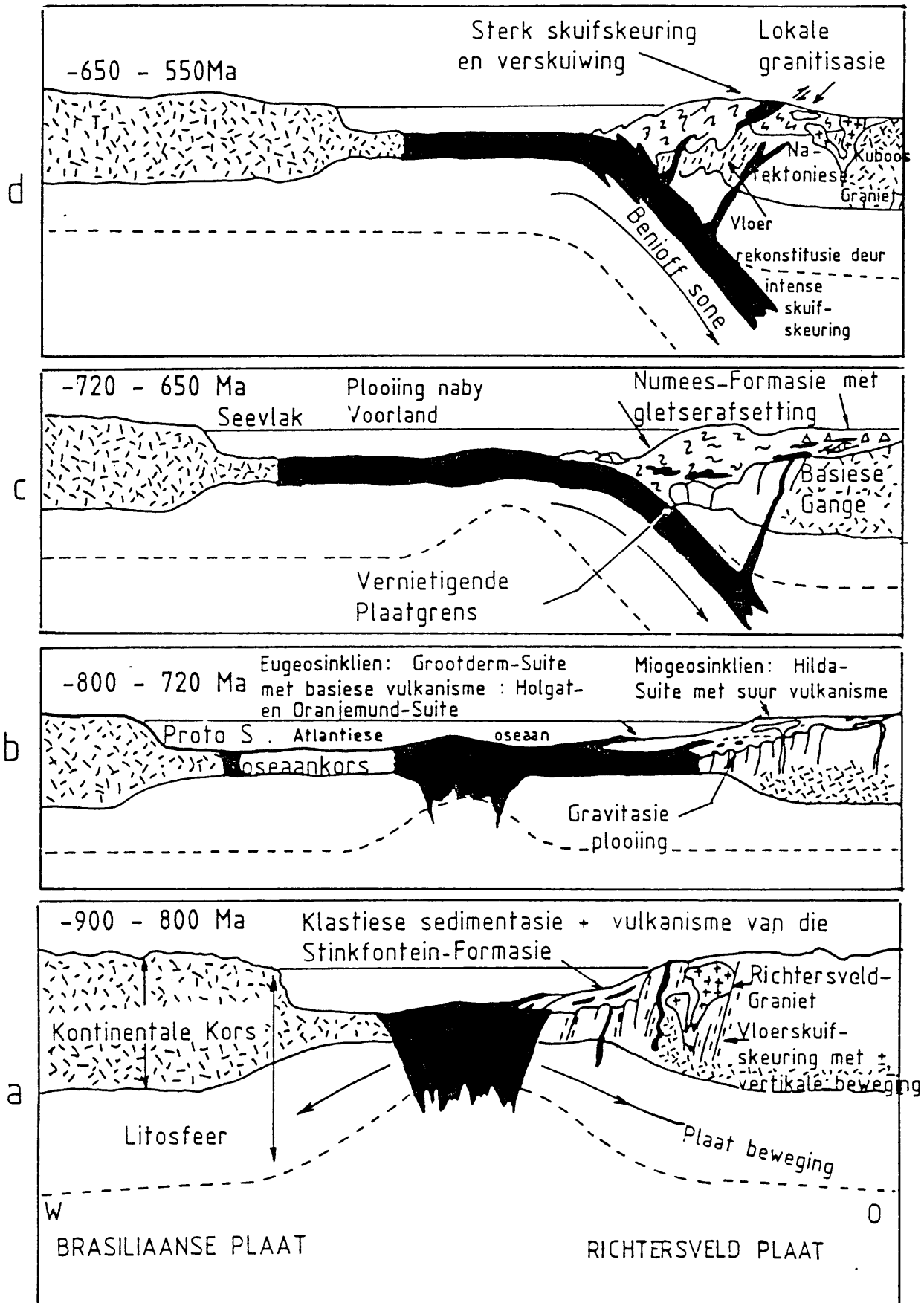


Fig.3. 'n Plaattektoniese model vir die ontwikkeling van die Garipegosinklien (Kröner 1974).

Hierdie basale eenheid word oorlê deur 'n dun opeenvolging van mafiese vulkaniese gesteentes. Op die hoofvulkaniese opeenvolging word daar 'n dun donkerkleurige argillietagtige arkose gevind, wat as 'n merkerlaag kan dien. Dit word opgevolg deur meer felsiese vulkaniese gesteentes en die dik opeenvolging van die arkosiese gesteentes. Naby die bokant van hierdie sedimentêre opeenvolging kom daar weer dun felsietlae voor.

Na die suide kom die vulkaniese gesteentes tussengelaagd met sedimente voor wat geleidelik toeneem in volume. In die weste en suidweste bestaan die Rosh Pinah-Formasie hoofsaaklik uit arkosiese gesteentes met graderingsgelaagdheid, met enkele lae en lense van karbonaatgesteentes en argilliet. Dun felsiet- en argillietlae kom in die weste naby die bokant van die Formasie voor. Die onderste gedeelte van die suidwestelike arkosiese opeenvolging bevat die laaggebonde ertssone van Rosh Pinah.

In die weste word die Rosh Pinah-Formasie konkordant oorlê deur die Hilda-Suite. Dit bestaan uit 'n basale grys-blou gelaagde kalksteen, gevolg deur grint, konglomeraat, argilliet, sandsteen, kalksteen, diamiktiet, geskuifskuurde kwartsiet, en kalksteen hoër op in die suksessie.

Die Hilda-Suite en die Rosh Pinah-Formasie word diskordant oorlê deur die Numees-Formasie, wat beskou word as die jongste eenheid van die Gariëp-Kompleks. Die Numees-Formasie kom hoofsaaklik voor as 'n lang, smal sinklinorium, suid-oos van Rosh Pinah en strek tot suid van die Kuboospluton in die Rigtersveld. Die Numees-Formasie bestaan uit 'n basale diamiktiet of konglomeraat, met die volgende gesteentes hoër op: - Gewarfde sedimente, konglomeraat, grint, sandsteen, magnetietkwartsiet, argilliet, ligkleurige sande en chertagtige karbonaatgesteentes en dun gelaagde sandsteen en skalie.

Die Numees-Formasie en ook ander ekwivalente van die Rosh Pinah-Formasie word in die noordooste diskordant oorlê deur die wydverspreide Nama-Groep. Die Kuboos-Graniete en die dolerietgange is almal weselik jonger.

Die Rosh Pinah-Formasie word gekenmerk deur vinnige fasies=verandering; lokale diskordansies en swak sortering van die arenitiese gesteentes en geassosieerde vulkaniese eenhede. Dit impliseer afsetting in 'n onstabiele en vinnig dalende kom, en ophoping van 'n dik sedimentêre opeenvolging. Die brongebied was skynbaar in die ooste geleë.

3.2 STRUKTUUR

Regionaal kom die Gariep-Kompleks voor in die Gariep-boog=struktuur wat ontwikkel het by die interseksie van twee regionale strukture - die grens van die Namakwa Metamorfe Kompleks aan die noordekant, wat NW strek, en die NS strekkende struktuur van die Stinkfontein-Formasie aan die suide (Kindl, 1979).

Die Garieptektogenese sluit twee hoofperiodes van deformatsie in (Kindl, 1979), naamlik:

- (i) 'n Voor-Numeesperiode waartydens die eskarp van die Rosh Pinah-boog verder verhoog is en 'n binneste dubbelbuigingsone ontwikkel het. Dit het plat swaarte=kragplooing veroorsaak wat die suidwestelike sedimente beïnvloed het. Die vervorming het gepaard gegaan met die ontwikkeling van plat leikliewing en rekristallisasie tydens laegraadse metamorfose.

In die dubbelbuigingsone is die strukture baie kompleks as gevolg van die interaksie van verskeie stappe van verskuiwings in die vloergesteentes (NW, NO, NNW) wat oorplooing veroorsaak het. Gravitatieplooing na die suidweste het langer geduur en het 'n groter invloed gehad.

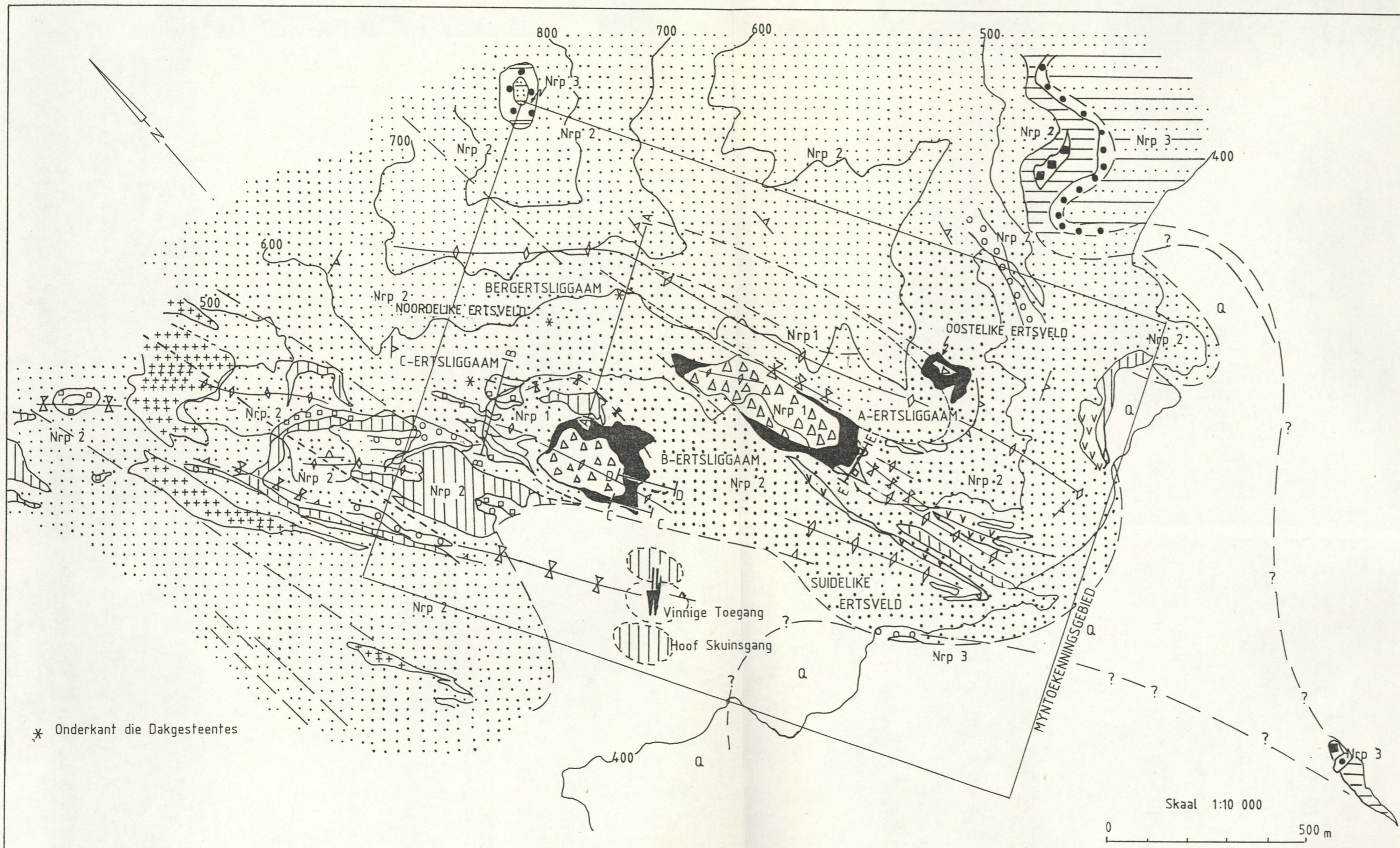
(ii) 'n Na-Numeesperiode van deformatsie het net lokale strukture veroorsaak, onder andere die groot Numees=sinvorm en die koepel in die Rosh Pinah-Formasie - beide met plooï-asse wat NNW strek (Fig. 2). 'n Steil skuïfskeurkliewing wat die vroeëre plat kliewing sny en roteer het tydens die vervorming ontstaan. Die vorming van die Rosh Pinah-koepel het gepaard gegaan met lokale horstontwikkeling van die vloergesteentes, en gedurende hierdie tweede periode van deformatsie is kofferplooïe en steil verskuiwings gevorm wat op die ouer gravita=sieplooiing gesuperponeer is. Tydens hierdie fase van vervorming is die afsetting ook koepelvormig geplooï en verskuif. Daarna volg 'n ondergeskikte fase van deformatsie wat oop plooië tot gevolg gehad het, en waarvan die plooï-asse NO strek, en wat op die voriges gesuperponeer is. Die gesteentes van die Gariep-Kompleks vertoon oor die algemeen groenskisfasies van metamorfose.

Die bekende ertsveld word aangetref in 'n ovaal-vormige gebied van ongeveer 1 300 m by 500 m. Dit lê aan die suidwestelike kante van die onreëlmatige koepelstruktuur wat ongeveer 4 km lank en 1,5 km wyd is en waarvan die plooï-asse NNW strek. Dit is effens skuïns ten opsigte van die regionale NW strekking.

Op 'n meer lokale skaal lê die bekende ertsliggame in die suidwestelike flank van 'n antiklinorium waarvan die plooï-asse NW strek. 'n Klein gemeneraliseerde dagsoom van die ertssone word gevind aan die oostelike flank van die antiklinorium. Verdikte gedeeltes van die ertssone wat nie noodwendig aan tektoniese vervorming toegeskryf kan word nie, besit 'n noordelike strekking in teenstelling met die regionale NW strekking van die omliggende gesteentelae. Dit kom voor asof die verdikkings beheer word deur plooië en krake wat opgelê is op die regionale patroon, en was waarskynlik plooistrukture waaraan ertsgenese toegeskryf kan word.

Dit lyk of primêre sedimentêre strukture, laterale en vertikale fasiesverandering, instorting en lokale erosie, sowel as 'n ongelyke paleo-oppervlak waarop die afsetting van die ertsliggaam plaasgevind het, tot sporadiese verdikking of andersins tot die verdwyning van die ertsliggaam gelei het. Hierdie toestand is verder gekompliseer deur verskeie periodes van plooiing, skuifskeuring, moontlike lokale verskuifwings en remobilisasie van die erts. Die gevolg van al hierdie prosesse is dat die ertsliggame baie onreëlmatig in vorm is, en die ertsdraende gesteentes in baie gevalle geen gesoneerde patroon volg nie. As geheel kom die ertssone dus voor binne 'n patroon van gekompliseerde strukturele en stratigrafiese variasies.

Die A-ertsliggaam is tot sover die grootste, met 'n groot ovaalvormige dagsoom van 120 m by 220 m (Fig. 4). Dit is geleë in die kruin van 'n antiklinorium met 'n NS plooias en het 'n onreëlmatige koepelvorm. Die B-ertsliggaam is noordwes van die A-ertsliggaam geleë, en vertoon 'n komplekse plooistruktuur. Die plooias het ook 'n algemene noordelike strekking. Die C-ertsliggaam kom aan die noordwestelike kant van die B-ertsliggaam voor, en word geskei deur 'n dun ertssone. Die C-ertsliggaam het 'n reëlmatige koepelvorm waarvan die lang as noordwaarts strek. Suid van die B-ertsliggaam en suidwes van die A-ertsliggaam kom die Suidelike Ertsveld voor, wat deur komplekse isoklinale plooiing gekenmerk word. Oos van die B-ertsliggaam lê die Bergertsliggaam, en word van eersgenoemde geskei deur 'n verskuiving.



LEGENDE

- | | | |
|--|--|---------------------------|
| | Grond, Sand, Puin | |
| | Arkose, Kwartsiet, Grint | } Nrp 3
Boonste Sone |
| | Kwartzrolsteenkonglomeraat | |
| | Karbonaatgesteente | |
| | Swart Argilliet en Seritiese Gesteente | } Nrp 2
Middelste Sone |
| | Lamprofiriese Plate | |
| | Arkose, Kwartsiet, oor die algemeen donkergrys, in plekke liggrys en Karbonaatdraend | |
| | Algemene klein kwartzrolsteenkonglomeraat | } Nrp 1
Onderste Sone |
| | Donkerkleurige Argilliet en Sliksteen | |
| | Kalksteen, Dolomiet, Merrel, Breksie en Konglomeraat met Karbonaat - en Arkoosklaste | |
| | Felsiet, Pisolitiese Tuf | |
| | Donker dungelaagde, sanderige of chertagtige Karbonaatgesteente | |
| | Arkose, Kwartsiet | |
| | Ertssone | |
| | Kwartziet, Arkose, gebreksieerd, gesilisifiseerd | |
| | Jorheersende helling en strekking | |
| | Antivorm | } Hoof assevlakrigtings |
| | Sinvorm | |
| | Skuifskeuring | |
| | Seksielyne | |

ROSH PINAH - FORMASIE

Fig. 4 : Oppervlakgeologiese kaart van die Rosh Pinah-Formasie binne die Myntoekenningsgebied

4 PLAASLIKE GEOLOGIE

4.1 STRATIGRAFIE

In die myngebied bestaan die Rosh Pinah-Formasie hoofsaaklik uit 'n veldspatiese kwartsiet wat varieer van 'n fynkorrelrige argillietagtige gesteente tot 'n growwe grintagtige arkose. In verdere bespreking sal na hierdie veldspaatryke kwartsiet verwys word as kwartsiet of arkosiet. Afgesien van die areniete, bevat dit ook tussengelaagde argilliet, kalksteen, dolomiet, konglomeraat, chert, breksie, felsiet en serisietskis van wisselende dikte. Die ertssone kom naby die basis van die Formasie voor, en bestaan uit sulfiedhoudende chemiese en fynkorrelrige klastiese sedimente.

In die myngebied word die Rosh Pinah-Formasie in drie sones verdeel.

4.1.1 ROSH PINAH-FORMASIE I (Onderste sone)

In die myngebied is die basale diamiktiet en konglomeraat nie blootgestel nie. Die heel onderste gesteentes bevat die gelaagde ertssone.

Die vloerkwartsiet is oor die algemeen liggrys van kleur, en varieer van fyn- tot grofkorrelrig. Hierdie kwartsiet bestaan mineralogies uit kwarts en veldspaat - hoofsaaklik kaliumveldspaat naamlik ortoklaas en mikroklien, alhoewel albiet en pertiet ook voorkom. Daarby bevat die kwartsiet ook muskoviet/serisiet en karbonaat, met ondergeskikte sirkoon, rutiel en apatiet. Fynkorrelrige piriet is deurgaans aanwesig. Die grofkorrelrige eenhede bestaan ook hoofsaaklik uit grofkorrelrige kwarts en veldspaat.

Onderbroke lae van mikrowartsiet word dikwels in die vloerkwartsiet 'n paar meter onderkant die ertssone gevind. Ondergeskikte argilliet kom ook voor. Beide is gewoonlik swak gemineraliseerd.

Die kontak tussen die vloerkwartsiet en die ertssone is oor die algemeen goed gedefinieer. Die loodinhoud neem skielik af op die kontak. In verskeie gebiede van die myn word die vloerkwartsiet gemerk deur relatiewe hoë koperwaardes, en in geval van die C-myn oorvleuel hierdie koperryke sone met die basale gedeelte van die ertssone.

Die belangrikste kenmerk van die vloerkwartsiet net onderkant die ertssone en op plekke verskeie meters onderkant die ertssone is dat dit gebreksieer, en dikwels gesilisifiseer is. Die graad van breksiasie varieer drasties oor kort afstande van effense kraking tot intens fragmentasie. Die grootte van die gesteentefragmente in die breksie varieer baie. Die vorm varieer van hoekig tot gerond. Versakkingsstrukture is ook teenwoordig. Die materiaal in die krake, sowel as in die matriks van die breksies bestaan uit koolstofryke dolomiet met wisselende hoeveelheid kalsiet, kwarts, piriëet, sfaleriet en ondergeskikte chalkopiriëet.

Alhoewel die kraking verwant is aan breksiasie kom dit voor asof dit meer tipies is in gedeeltes waar die ertsliggaam dun is, terwyl breksiasie meer algemeen gevind word in gedeeltes waar daar 'n dikker ontwikkeling van die ertssone bestaan (McLeod, 1977).

4.1.2 ROSH PINAH-FORMASIE II (Middelste sone)

Die dakkwartsiet is oor die algemeen 'n medium- tot donker-grys gesteente en varieer ook van fyn tot grofkorrelrig, met graderingsgelaagdheid. In die donkerkleurige variëteite kom volop koolstofryke materiaal in die matriks voor. Afgesien van grofkorrelrige kwarts en veldspaat, kom koolstofagtige materiaal en soms ook fragmente van argilliet in die grofkorrelrige eenhede voor. Hierdie kwartsiet het 'n soortgelyke samestelling as die vloerkwartsiet.

In die onderste gedeelte van die middelste sone is verskeie lae en lense van kalksteen, kalkryke kwartsiet, argilliet en

kalksteenkonglomeeraat tussengelaagd in die arkose aanwesig. Suur vulkaniese gesteentes (felsiet en tuf) kom in gevallie binne 'n kort afstand bokant die ertssone voor. Op plekke bevat die argilliet en kalksteen/dolomietlae bokant die ertssone klein hoeveelhede lood- en sinkminerale. Die kontak tussen die ertssone en die oorliggende sedimente is normaalweg skerp. Oor die algemeen is breksiasie of silisifisering in die dakgesteentes afwesig. Uitsonderings bestaan wel byvoorbeeld in die A-Myn, B-Myn Oos, C-Myn en die Bergertsliggaam.

Die middelste sone word afgesluit deur 'n dik arenitiese opeenvolging.

4.1.3 ROSH PINAH-FORMASIE III (Boonste sone)

In die myngebied bestaan die boonste sone van die Formasie uit kwartsrolsteenkonglomeeraat, argilliet, karbonaatgesteentes, serisietskiste, grint en 'n dun arkosiese opeenvolging.

4.2 DIE ERTSSONE

4.2.1 Petrografie

Die litologiese eenhede van die ertssone bestaan uit mikrokwartsiet, suikeragtige kwartsiet, kalksteen en dolomiet, massiewe sulfiederts, argilliet en kwartsiet (Watson, 1980). Hierdie gesteentetipes is gelaagd tot lensvorming, en kan lateraal in mekaar oorgaan.

Meestal is daar geen sonering van die gesteentes in die ertsliggaam nie, hoewel 'n mate van sonering tog voorkom. Hier kan die C-ertsliggaam, wat struktureel die eenvoudigste is, as voorbeeld dien. Aan die onderkant teen die vloerkwartsiete word gewoonlik mikrokwartsiet gevind. Hoër op kom suikeragtige kwartsiet voor en daarna gewoonlik die goed gemineraliseerde karbonaaterts wat die kern van die ertsliggaam uitmaak. Dit word veral in die dikker gedeeltes

gevind. Aan die bokant van die ertsliggaam teen die dakgesteentes, kom gewoonlik massiewe sulfiederts voor. Waar die ertsliggaam dunner word, word daar ook 'n bietjie argilliet aan die bokant van die ertssone gevind. Die dunner gedeeltes van die ertssone bestaan gewoonlik uit mikrokwartsiet of argilliet, of op plekke uit gemineraliseerde kwartsiet.

Mikrokwartsiet is die mees algemene gesteentetipe in die ertssone. Dit word aangetref as 'n lig of donker koolstofryke chertagtige gesteente. Die mikrokwartsiet kom voor óf as massief met gedissemineerde spikkels van piriet en min sfaleriet, óf as 'n dungelaagde gesteente met lagies van sulfiede van sink, lood en 'n bietjie koper. Dit word gewoonlik óf tussengelaagd met argilliet gevind, óf gradeer na 'n koolstofryke argilliet of na ander gesteentes.

In gevalle kom versakkingsstrukture en graderingsgelaagdheid voor. In gedeeltes waar versakkingsstrukture in die mikrokwartsiet bestaan, is dit beter gemineraliseerd as elders.

Mineralogies bestaan mikrokwartsiet hoofsaaklik uit kwarts en veldspaat wat vergroei is. Die veldspate varieer in samestelling tussen ortoklaas en hialofaan. Koolstofagtige materiaal en fynkorrelrige piriet is ook algemeen.

Suikeragtige kwartsiet varieer van wit tot liggrys van kleur. Dit kom óf as tussengelaagde lae in mikrokwartsiet voor, óf as lense in die karbonaatgesteentes. Dit word meestal as massief aangetref.

Mineralogies bestaan suikeragtige kwartsiet uit helder gelykkorrelrige kwarts. Ondergeskikte bariet, selsiaan en dolomiet word aangetref. Die ertsminerale word gevind as are en as disseminasies, en sluit in piriet, sfaleriet en galeniet en op plekke ook chalkopiriet, en ander koperhoudende minerale.

Goedgedefinieerde donkerkleurige sones kom in die suikeragtige kwartsiet voor. Volgens Watson (1980, p.52) skyn hierdie sones relikte van mikrokwartsiet te wees, na óf vervanging deur sekondêre kwarts, óf na rekristallisatie.

Karbonaathoudende erts word aangetref as groot massiewe lensvormige eenhede in die kerns van ertsliggame. Daarby kom dit ook voor as are in die mikrokwartsiet en in die vloerkwartsiete.

Die gesteente bestaan uit 'n fynkorrelrige digte massa van dolomiet en kalsiet, waarin kwarts en veldspaat (plagioklaas) serisiet en chloriet in ondergeskikte hoeveelhede voorkom.

Op grond van sy samestelling en voorkoms kan hierdie gesteente onderverdeel word in 'n dolomiet-houdende groep en 'n bariumkarbonaatgroep. Die dolomieterts kan van fyn tot grofkorrelrig wees en varieer in kleur van lig- tot donker-grys of gespikkel. Die bariumkarbonaat is gewoonlik wit tot grys of gespikkel en gewoonlik grofkorrelrig.

Die ertsminerale in die karbonaatgesteentes is piriet, sfaleriet en galeniet met ondergeskikte chalkopiriet tennantiet-tetraëdriet en bariet.

Massiewe sulfiederts kom tussengelaagd met die ander ertsgesteentes voor. Gelaagdheid kan ook in die massiewe sulfiede aangetref word, waar massiewe piriet- en sfalerietlae tussengelaagd met rifsteenminerale voorkom. Oor die algemeen bevat die massiewe sulfiede 'n karbonaategyke matriks met insluitings van mikrokwartsiet en kwarts.

Argilliet is oor die algemeen swak gemeneraliseerd, en kom meestal in die dunner ertssone voor. Dit word onderskei van mikrokwartsiet deur 'n laer kraphardheid. Argilliet mag massief wees of dungelaagd, en is donkerkleurig.

Argilliet bestaan mineralogies uit verspreide korrels van kwarts, veldspaat, serisiet/muskoviet en chloriet, en 'n semi-opaak matriks wat verryk is aan fynkorrelrige piriet en koolstofhoudende materiaal. Die ertsminerale sluit in piriet, sfaleriet en ondergeskikte galeniet.

Kwartsiet wat in die ertssone voorkom is soortgelyk in samestelling en tekstuur as die vloerkwartsiete. Mineralisasie is oor die algemeen swak, met are of disseminasies.

Dakkarbonaat verteenwoordig 'n dolomiet wat buitengewoon ryk is aan koolstofmateriaal. Laasgenoemde is teenwoordig in die vorm van donker konsentrasies en dendritiese patrone.

Breksie in die vloerkwartsiet bestaan uit fragmente van kwarts en veldspaat in 'n matriks van oorheersend kwarts en fyn muskoviet, dolomiet, asook kwartsitiese en koolstofagtige materiaal. Hierdie dolomietmatriks is hoofsaaklik geassosieer met sulfiede soos piriet en sfaleriet. Gedissemineerde sulfiede kom ook in die fragmente voor.

In die breksies is ook twee generasies van mika aanwesig, naamlik grofkorrelrige en fynkorrelrige matriksmika, en chloritiese verandering van veldspaat wat baie keer geassosieer is met sfaleriet.

Konglomeraat wat voorkom, kan beskryf word as 'n growwe veldspatiese kwartsiet wat bestaan uit fragmente van kwarts, veldspaat (beide tipes) en fragmente van baie fynkorrelrige lei in 'n grondmassa van kwarts, karbonaat, muskoviet/serisiet en opaakmateriaal. Sfaleriet kom gewoonlik tussen die opaakmateriaal voor. Tufinsluitels word ook soms gevind.

4.2.2 Die struktuur van die C-ertsliggaam

Volgens Hodgson (1979) toon die ontplooië plan van die C-ertsliggaam waarop diktekontoure van die verskillende lito-logiese eenhede aangebring is, die volgende betekenisvolle kenmerke (Fig. 5):



LEGENDE

KONTOERINTERVALLE:	Karbonaaferts	: 0, 3, 11, 19 meter			5,1 ens Oppervlak-monsterplekke
	Massiewe Ertz	: 0, 3, 5, meter			Ertshorison
	Totale Dikte van Ertshorison	: 4 meter			223 Plek van Boorgal-posisies
	Dakkarbonaat	: 5, 11, 19 meter			op die gemonsterde seksies

FIG.5. VOORLOPIGE "ONTPLOOIDE PLAN" "C" ERTSLIGGAAM

Skaal : 1:500
Datum : 1979
Deur : C J Hodgson

- 20 -

Die C-ertsliggaam bestaan uit een hoof- en een ondergeskikte karbonaat- en massiewe sulfiedryke sentrum van mineralisasie, wat lateraal oorgradeer na mikrokwartsieterts. 'n Adisionele sentrum kom waarskynlik aan die noordwestelike kant voor. Noord van 'n oos-wes lyn, aan die noordekant van die grootste mineralisasiesentrum, is daar 'n aantal laaggrade se mikrokwartsietinterseksies in die vloergesteentes, terwyl suid van hierdie lyn swak gemineraliseerde breksie voorkom. Dit dui waarskynlik op 'n fasiesoorgang waardeur die onderste gedeelte van die dik mineralisasiesentrum ekwivalent is aan ongeminaliseerde vloergesteentes na die noorde met gemineraliseerde mikrokwartsietlae.

Die dikste kontoere van die dakkarbonaatgesteentes bedek die oostelike en westelike kante van die suidelike hoofertssentrum, met ander woorde die dikste gedeelte van die dakkarbonaatgesteentes kom voor bokant die dikste gedeelte van die karbonaatertssone.

Hierdie feit is van groot betekenis vir eksplorاسie, en dui op 'n verwantskap tussen die karbonaaterts en die dakkarbonaatgesteentes. Laasgenoemde is waarskynlik 'n latere gebeurtenis van hidrotermale ekshalatiewe aktiwiteit van dieselfde tipe wat die erts geproduseer het - en wat gesentreer was op dieselfde lokaliteit as die onderliggende karbonaaterts, maar in 'n hoër stratigrafiese sone.

Oppervlakkartering van die gebied om die C-ertsliggaam toon die volgende betekenisvolle kenmerke. 'n Goedontwikkelde breksiedagsom is gekarteer suid van die C-ertsliggaam. Aan die oostekant gradeer dit oor in 'n stokwerk, terwyl dit aan die noordekant uitknyp, en 'n kwasikonkordante sone vorm. Die mees intense breksieontwikkeling word aan die suidelike en westelike gedeelte van die ertssone gevind, en dit dui daarop dat die hoofontwikkeling van die erts aan die kant van die breksiesone geleë is. 'n Sone van breksie wat bestaan uit hoekige tot halfgeronde blokke van gesilisifiseerde arkose en kalksteen met 'n merrelagtige matriks is bokant

die dagsoom van die ertsliggaam op Seksie 3, en Seksie 3¹/₂ ontbloom (Fig. 5). Hierdie tipe breksie is waarskynlik 'n na-ertsontwikkeling van dieselfde tipe van hidrotermale ont-ploffingsaktiwiteit wat aanleiding gegee het tot die vloer-breksie. Bokant die breksie kom 'n arkooseenheid voor met 'n verweerde oppervlakkors.

Die verspreiding van karbonaatsones in boorkerne vorm 'n baie onreëlmatige patroon asof hulle lokaal deur die stratigrafie sny. As gevolg van hierdie geometriese kenmerke is die verweerde arkose- en karbonaatryke arkose waarskynlik veranderingsprodukte van normale arkose.

Na die noorde word hierdie gekarbonatiseerde arkooseenheid bedek deur 'n breksie wat bestaan uit karbonaatfragmente soortgelyk aan dié een wat baie laer in die suksessie voorkom.

Bokant die gekarbonatiseerde arkose en karbonaatbreksie meer na die noorde, kom die dakdolomite voor. Dit bestaan uit gelamineerde karbonate, grintagtige gelaagde karbonate en kalkryke kwartsiet en skalie. Die dakdolomite word bedek deur 'n dik opeenvolging van massiewe veldspatiese kwartsiet.

Die studie van Hodgson het 'n aantal waarnemings tevore gebring wat moontlik gebruik kan word as gids tot mineralisasie in die Rosh Pinah-gebied. Indien die verwantskap tussen die dakkarbonaateenheid en die erts nie per toeval is nie maar wel geneties van aard is, dan besit hierdie verwantskap waarskynlik implikasies vir eksplorاسie.

Die sone van verweerde en gekarbonatiseerde arkose in die dakgesteentes mag 'n veranderde sone wees, wat net soos die dakkarbonate deur hidrotermale aktiwiteit veroorsaak is, wat voortgegaan het in die area van die C-ertsliggaam, nadat die dakopeenvolging afgeset is.

Een van die kenmerkende eienskappe van die ertshorison in vergelyking met die dak- en vloergesteentes is die variasie in rifsteensamestelling (Page & Watson, 1976). Dieselfde konsep kan toegepas word op 'n groter skaal, waar die ertsdraende omgewing vergelyk kan word met die nie-gemineralseerde Rosh Pinah-Formasie in die omgewing. Volgens die kartering bestaan daar 'n groot variasie in litologiese tipes in die dakgesteentes bokant die C-ertsliggaam.

Die breksies is waarskynlik die gevolg van hidrotermale ontploffingsaktiwiteite binne die openinge van die ertsvormende geotermale sisteem, en is soortgelyk aan die "mill rock" wat geassosieer is met die Kanadese en Japanese massiewe sulfiedafsettings (Sangster, 1972). Die identifisering van soortgelyke breksies, alhoewel nie met identiese karakter nie, in die dakgesteentes van die C-ertsliggaam dui aan dat hidrotermale aktiwiteit voortgegaan het vir 'n tyd nadat die ertsliggaam afgeset is.

Die assosiasie van massiewe sulfiedertse en breksies, van beide hidrotermale ontploffingsoorsprong en karbonaatbreksies van versakkingsoorsprong, is wêreldwyd bekend, en kan dien as 'n belangrike kriterium in eksplorاسie vir hierdie tipe afsetting.

4.2.3 Die ertsminerale

Die volgende ertsminerale word in die ertsliggaam gevind (Watson, 1980):

Piriet word gevind as sferoïede, framboïede, euhedrale tot anhedrale korrels, aggregaatkorrels, atolagtige en kolli-forme eenhede in die ertssone. Dit kom ook voor as disseminasies en lense in die dakgesteentes.

Sfaleriet word algemeen gevind as onreëlmatige vlamagtige eenhede en as fynkorrelrige gedissemineerde korrels in die erts. Sfaleriet varieer baie in kleur van lig tot donker-

grys (laag in yster en verryk in mangaan), geel tot oranje, oranje-rooi (ysterryk, mangaan-arm met wisselende kadmium- en koperinhoud) en bruin.

Galeniet vorm diskordante of parallelle are in die erts. Sferoïdale galeniet en piriëet kom hoofsaaklik voor in mikrokwartsiet- en dolomieterts. Die silwerinhoud van die galeniet is laag.

Chalkopiriëet, borniëet, stromeyeriëet en tennantiëet-tetraëdriëet is die belangrikste koperhoudende minerale in die ertshorison, terwyl chalkopiriëet die koperdraer in die vloerbreksie is. Tennantiëet-tetraëdriëet word gevind in die norsetiëtryke sone in die A-ertsliggaam, waar dit die hoofsilwerhoudende sulfied is. Hierdie mineraal kom ook in die baritokalsiet/kwartzare in die B-ertsliggaam voor, sowel as in die karbonaaterts van die B-ertsliggaam en die Bergertsliggaam.

Arsenopiriëet en pirrotiëet word gevind in ondergeskikte hoeveelhede in die ertssone. Pirrotiëet word ook gevind saam met lense van piriëet in gelaagde piriëiese dakargilliete, en ook as massiewe are in die dakkwartziete en in die tufsones in die dakgesteentes.

4.2.4 Ertsgenese

Die Rosh Pinah-ertsafsetting is deur Watson (1980) geklassifiseer as 'n sedimentêre ekshalatiewe afsetting met vulkaniese assosiasie. Sedimentêre ekshalatiewe (Sedex) afsettings word gepresipiteer in aktiewe omgewings deur metaalryke geotermale pekels waarvan die swaarmetaalinhoud groterdeels van vulkaniese oorsprong is, en wat na die oppervlakte van die seabodem toe styg langs diep verskuiwings (Carne & Cathro, 1981). Die meeste afsettings van die Kuroko-tipe wat volgens Sato (1972) geklassifiseer word onder proksiëmaal, oorlê sones van verandering. Baie gelaagde koperlood-sinkafsettings van die Kuroko-tipe vertoon egter nie

sones van uitgesproke verandering van die vloergesteentes nie, wat moontlik daarop dui dat hierdie afsettings gepresipiteer is as chemiese sedimente in holtes in die seevloer ver weg van die toevoerpunte van die hidrotermale oplossings (Stanton, 1960, 1972). Hierdie tipe afsettings kan geklassifiseer word as distaal. Hulle vertoon wel sekere gemeenskaplike kenmerke met proksimale afsettings. Voorbeelde hiervan is die Lyell- en Roseberry-gebiede van Tasmanië, Captains Flat-gebied, Nieu-Suid Wallis, die noordelike Appalagiese gebied, Buchans-gebied, Newfoundland, Folldal-gebied, Noorweë, en die Rio Tinto-gebied, Spanje. Rosh Pinah kan ook onder hierdie groep afsettings geklassifiseer word.

Wandgesteenteverandering sluit die mineralogiese en chemiese verandering in wat te weeg gebring word deur sirkulerende oplossings in die wandgesteentes van ertsliggame (Meyer en Hemley, 1967).

By sonering rondom 'n ertsliggaam word die mees intense mineralogiese en chemiese verandering naby die afsetting gevind en neem uitwaarts geleidelik af na onveranderde gesteentes. Hierdie sonering kan op twee maniere verklaar word (Poubo en Stemprok, 1970):

- (i) Die sonering vind gelyktydig met die vorming van die erts plaas.
- (ii) Die uitwaartse sonering kan moontlik die gevolg wees van opeenvolgende pulse van die ertsvormende medium.

Waar die spoorelementinhoud dieselfde is as die omliggende gesteentes, is die geochemiese agtergrondwaardes reeds bereik (Hawkes en Webb, 1962). Die sone waarin die inhoud van waardevolle elemente verminder na die agtergrondwaardes, staan as die primêre ourceool bekend. Volgens Levinson (1974, p.51), is die hoofkategorie wat die grootte en vorm van die primêre ourceool of veranderingsone rondom 'n ertsliggaam bepaal, die volgende:

- 25 -

- (i) Beweeglikheid van die elemente in oplossing
- (ii) Mikrokrake in die gesteente
- (iii) Poreusheid en deurlatendheid van die wandgesteentes
- (iv) Geneigdheid van vloeistof om met wandgesteentes te reageer
- (v) Aanwesigheid van vlugtige elemente
- (vi) Neiging om stabiele minerale te vorm
- (vii) Viskositeit van die ertsvormende medium.

Verskeie elemente is volgens Boyle (1982) goeie aanduidings van bedekte erts in lekkasieoureole. Soortgelyke lysie is opgestel vir die sone van verandering rondom massiewe sulfiedertsliggame, en spesifiek vulkanogenetiese afsettings van die Kuroko-tipe (Stanton, 1972, Tatsumi en Oshima, 1966, Rose, Hawkes en Webb, 1979).

Na aanleiding van hierdie bevindings is die hoofelemente en verskeie spoorelemente gekies om moontlike sones van verandering rondom die ertsliggame by Rosh Pinah vas te stel (Tabel II).

Die elemente Sr, Rb, Nb, Y en Hg is ook in die ondersoek ingesluit. Sr en Rb is chemies verwant aan Ca en K respektiewelik, terwyl Nb en Y belangrike elemente rondom sulfiedafsettings kan wees. Volgens Friedrich en Hawkes (1966) is Hg 'n belangrike element as padvinder rondom sulfiedafsettings.

TABEL II : ELEMENTE KENMERKEND VAN VERANDERING RONDOM ERTSLIGGAME VOLGENS VERSKEIE BRONNE
 EN KEUSE VAN ELEMENTE IN DIE HUIDIGE STUDIE

Stanton (1972)	Tatsumi & Oshima (1966)	Boyle (1982)	Rose, Hawkes en Webb (1979)	Huidige Studie
Hoofelemente:				
SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , TiO ₂ Fe ₂ O ₃ , MnO, MgO CaO, Na ₂ O, K ₂ O P ₂ O ₅ , H ₂ O ⁺	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃		Fe ₂ O ₃ , MnO, MgO	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , TiO ₂ Fe ₂ O ₃ , MnO, MgO CaO, Na ₂ O, K ₂ O P ₂ O ₅ , H ₂ O ⁺
CO ₂ S	S			CO ₂ S Organiese koolstof
Spoorelemente:				
Cu, Zn, Pb	Cu, Zn, Pb, Ag As, Sb, Bi Cd, -, Ni, Co Au Mo	Cu, Zn, Pb, Ag As, Sb, Bi Mo	Cu, Zn, Pb, Ag As, Sb, Bi Cd, Hg, Ni, Co Sc, Te, Au	Cu, Zn, Pb, Ag As, Sb, Bi Cd, Hg, Ni, Co Au Mo
	Ba, -, V	U Ba, Sn, V Cr, W, -	Tl Ba, Sn, V B	Ba, Sn, V Cr, -, Zr Sr, Rb Nb, Y
F, Cl, Br		F	F	F

5 METODEDES VAN ONDERSOEK

5.1 MONSTERNEMING

Monsters is geneem van boorkerne sowel as in ondergrondse tonnels. Omdat die C-ertsliggaam struktureel die eenvoudigste is en die meeste boorkerne van die gebied behou gebly het, is die studie op die gebied gekonsentreer. Monsters is egter ook op ander ertsliggame geneem (Fig. 6).

Tabel III gee die gegewens van die verskillende monsters wat in die studie gebruik is.

Die monsters is op verskeie afstande vanaf die ertsliggaam geneem, wat varieer van 0 tot 140,5 m. Naby die ertsliggaam is die monsterspasiëring kleiner as verder weg, ten einde die posisies van anomale waardes beter te kan bepaal. As gevolg van litologiese variasies verskil die spasiëring ook van plek tot plek.

Die kerne wat gemonster was, is die T.A.W.-grootte. Die kern is in twee helftes gesaag. Die helfte van die kern is gemonster, terwyl die ander helfte vir verwysingsdoeleindes gestoor word. Die lengte van die kern wat gemonster was, het afgehang van die geologiese grense.

Die monsterlengte is dus baie varieerbaar met 'n minimum van 0,05 m en 'n maksimum van 1,3 m. By geologiese eenhede langer as 'n meter is gepoog om 'n gemiddelde van 1 meter monsterlengtes te neem.

Ondergrondse monsters wat geneem is van tonnels het varieer van 0,6 tot 3,0 kg, afhangende van die korrelgrootte van die gesteente wat gemonster is. 'n Gemiddelde van 1 kg monsters is geneem van medium- tot fynkorrelrige gesteentes, terwyl 2 tot 3 kg monsters geneem is van grof tot baie grofkorrelrige arkose en breksies.

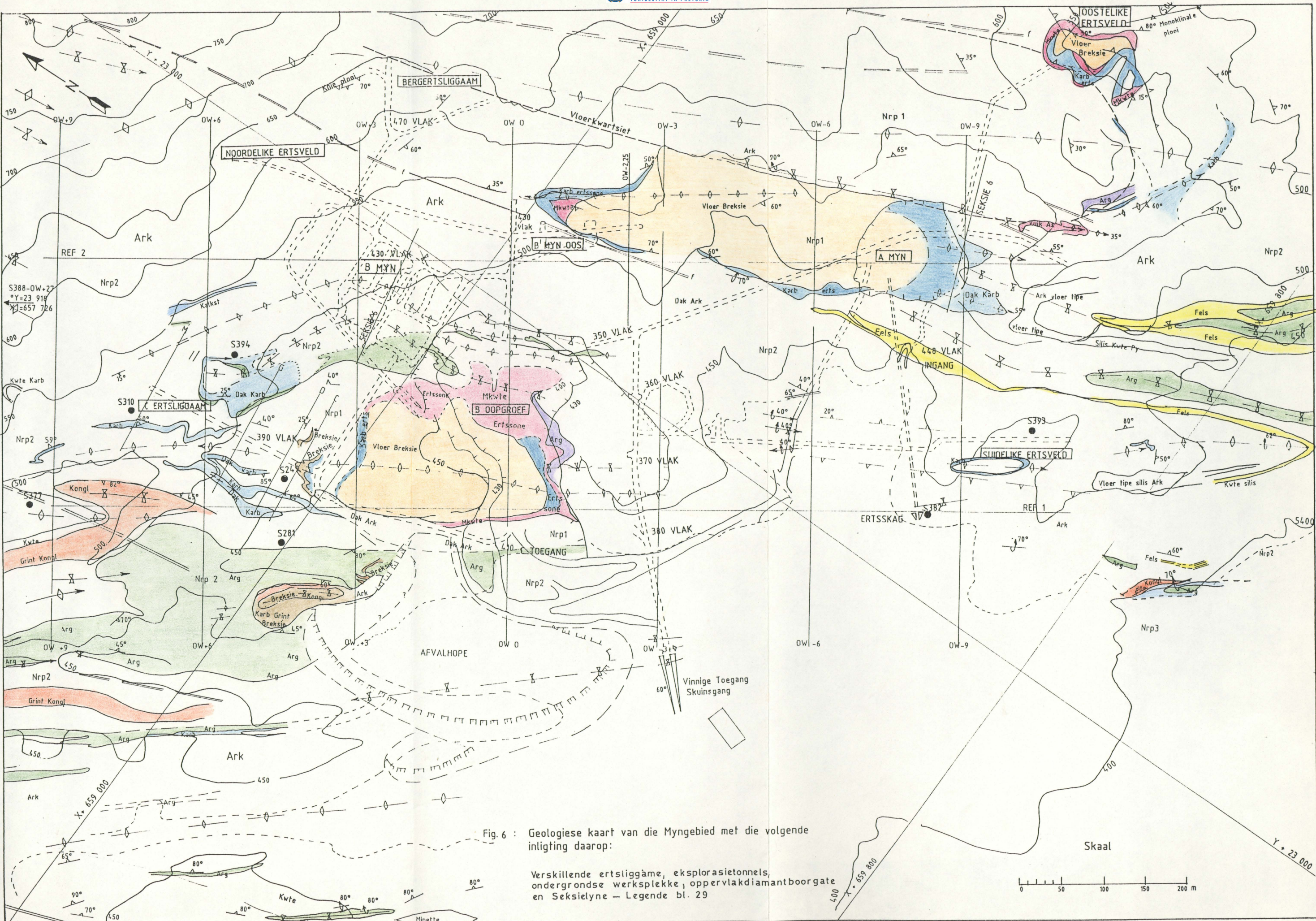
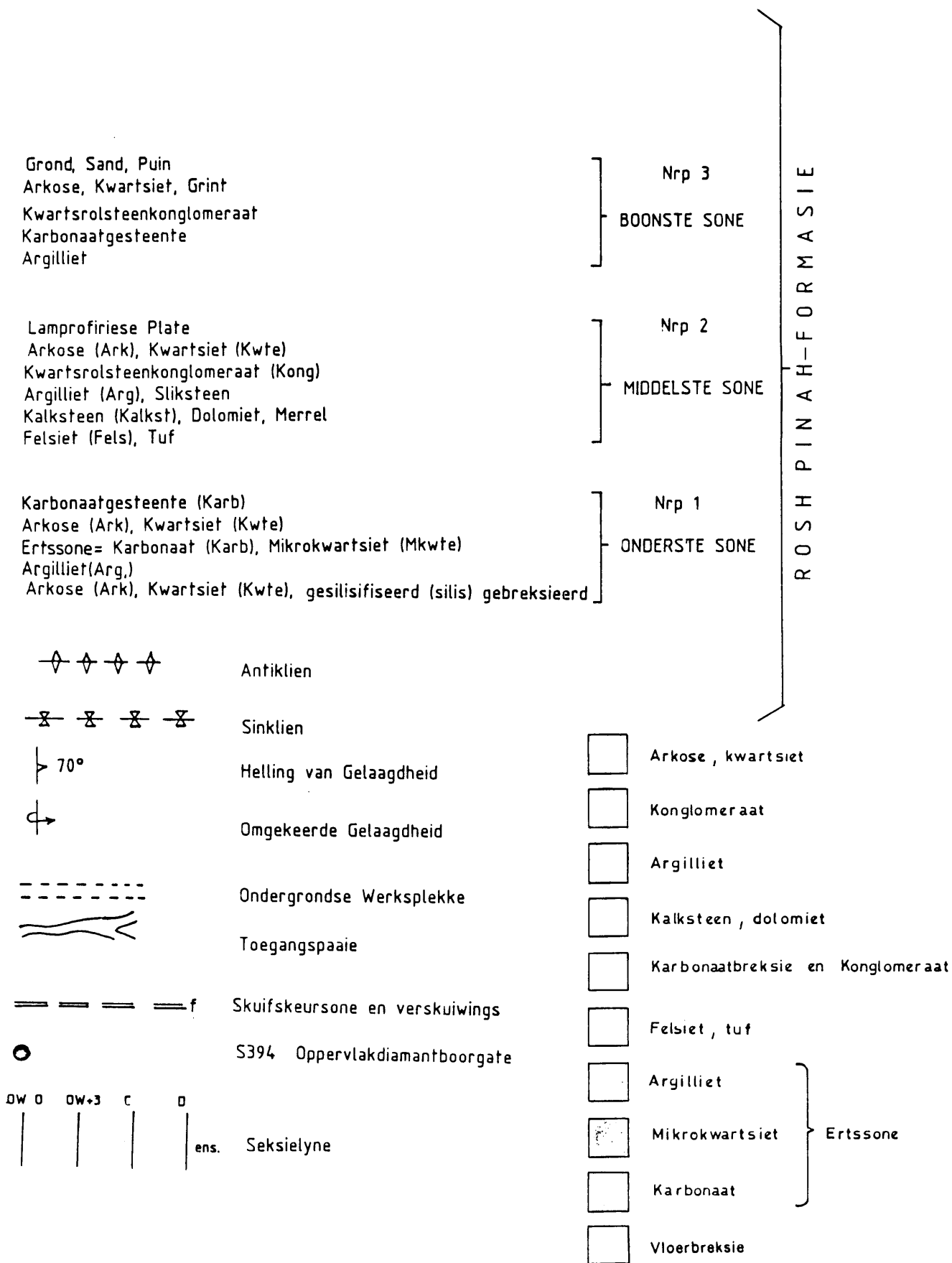


Fig. 6 : Geologiese kaart van die Myngedebied met die volgende inligting daarop:

Verskillende ertsliiggame, eksplorasietonnels, ondergrondse werksplekke, oppervlakediamantboorgate en Seksielyne - Legende bl. 29

Skaal 0 50 100 150 200 m

LEGENDE - Fig. 6



TABEL III : DIE MONSTERGEGEWENS

Erts= liggaam	No. van Boorgat/ Tonnel	Dikte van erts= liggaam	Strati= grafie	AANTAL MONSTERS						Breksie Matriks Fragmente	Monster= afstande vanaf erts= liggaam Naby/Ver	Monster= afstande vanaf erts- liggaam	Monster= lengte/ massa	
				* Kwte.	Arg.	Karb.	Mikro= kwte.	Kongl.						
C	S377	1,9 m	Dak	7		3					6 m/15 m	0 - 65,7 m	0,3 - 1,0 m	
C	S377	1,9 m	Vloer	8	1						3 m/10 m	0 - 74,1 m	0,2 - 1,2 m	
C	S310	2,1 m	Dak	7		2			1		5 m/10 m	0 - 80,1 m	0,2 - 1,1 m	
C	S310	2,1 m	Erts			1					-	-	0,2 m	
C	S310	2,1 m	Vloer	5		1					5 m/10 m	0 - 27,4 m	0,3 - 1,3 m	
C	S394	16,6 m	Dak	10		2	2		1		4 m/20 m	0 - 107,4 m	0,1 - 1,0 m	
C	S394	16,6 m	Erts					1			-	-	1,0 m	
C	S394	16,6 m	Vloer	22	3		1	1			3 m/10 m	0 - 140,5 m	0,1 - 1,0 m	
C	S281	5,7 m	Dak	1	1		2				-	0 - 16,6 m	0,1 - 1,0 m	
C	S281	5,7 m	Vloer		1						-	-	0,2 m	
C	S281	3,8 m	Erts			1					-	-	1,0 m	
C	S281	3,8 m	Vloer	1	3						-	0 - 41,8 m	0,3 - 0,9 m	
C	S249	25,2 m	Vloer		3						-	0; 7,7; 12,5	0,9 m	
C	S388	0,4 m	Dak	2							-	78,7; 138,2	0,6; 1,0 m	
C	S388	0,4 m	Vloer	1							-	30,1 m	0,8 m	
C	410C toe- gang	5,6 m	Dak	1	1						5 m/7 m	0 - 12,0 m	1,0 - 3,0 kg	
C	-ditto-	5,6 m	Erts					1			-	-	1,0 kg	
C	-ditto-	5,6 m	Vloer	2	2						9 m/25 /	0 - 37,0 m	1,0 - 3,0 kg	
C	-ditto-	5,6 m	Dak						1	1	-	-	-	
C	-ditto-	5,6 m	Vloer						2	2	-	0 - 9 m	-	
Suidelike Ertsveld	S382	2,1 m	Dak	2							-	0; 19,8 m	1,0; 0,4 m	
"	S382	2,1 m	Vloer	4							20 m	22,3 - 78,1 m	0,5 - 0,9 m	
"	S382	14,4 m	Vloer	5							5 m/20 m	0 - 44,7 m	0,5 - 1,0 m	
"	S382	14,4 m	Erts					1			-	-	1,0 m	
"	S382	14,4 m	Dak	3	1	2	1				4 m/10 m	0 - 49,5 m	0,1 - 1,0 m	
"	S393	1,3 m	Dak	2		1					16 m	0 - 29,6 m	0,2 - 1,0 m	
"	S393	1,3 m	Erts					1			-	-	1,0 m	
"	S393	1,3 m	Vloer	4							12 m/30 m	12,0 - 105,5 m	0,7 - 1,0 m	
"	S393	15,8 m	Vloer	10	1	1	2				5 m/10 m	0 - 51,4 m	0,1 - 1,0 m	
"	S393	15,8 m	Erts					1			-	-	1,0 m	
"	S393	15,8 m	Dak	2	3	1	1				5 m/10 m	0 - 67,9 m	0,4 - 1,1 m	
A	370 Eksp.	15,3 m	Dak	4		2					9 m/20 m	0 - 60,4 m	1,0 - 2,0 kg	
A	-ditto-	15,3 m	Erts			1					-	-	1,0 kg	
A	-ditto-	18,5 m	Vloer	4	1						12 m/40 m	0 - 122 m	1,0 - 2,0 kg	
A	A370	18,0 m	Dak	1	1						-	0; 1,6 m	2,0 kg	
B	430 vlak	23,1 m	Dak	2							-	0; 12 m	1,0 kg	
B	410 vlak	23,1 m	Vloer	2	2						-	0; 12; 15,3 m	0,6 - 2,0 kg	
B	390 vlak	23,1 m	Vloer	4							-	0; 12 m	1,0 kg	
B	370 vlak	24,0 m	Vloer	2	1						-	16; 22; 42 m	1,0 - 2,0 kg	
B	430 BMW	4,5 m	Dak	1							-	0	1,0 kg	
B	-ditto-	4,5 m	Vloer	1							-	0	2,0 kg	
B	-ditto-	8,7 m	Dak	1							-	0	1,0 kg	
B	-ditto-	8,7 m	Vloer	1							-	0	1,0 kg	
B	410 BMO	17,5 m	Dak	2	1						-	0,7; 4,4; 7,8 m	1,0 - 2,0 kg	
B	390 BMO	23,5 m	Dak		1						-	0	1,5 kg	
B	-ditto-	23,5 m	Vloer		1						-	0	3,0 kg	
TOTAAL				124	28	17	13	4	2	3	3			

* Kwte. = kwartsiet, Arg. = argilliet, Karb. = Karbonaatgesteente,

Kongl. = Konglomeraat

5.2 ANALITIESE METODEDES

5.2.1 Modale analise

Die meting van relatiewe hoeveelhede van die verskillende mineraalkomponente van 'n gesteente word genoem modale analise (Chayes, 1954). Dit word uitgedruk as 'n volume=persentasie wat deur die mineraal in die gesteente beslaan word.

Die volumetriese mineraalsamestelling van die kwartsiet=monsters is onder die mikroskoop bepaal deur middel van 'n punteteller. Vir dié doel is van 'n outomatiese punteteller gebruik gemaak nadat die kaliumveldspaat geel gevlek is met natriumkobaltinitriet volgens die metode van Bailey en Stevens (1960). Hoewel plagioklaas en kalsiet ook selektief gevlek kan word om identifikasie te vergemaklik, is dit nie in die huidige studie gedoen nie. In al die gevalle is 'n interval tussen traverse van 0,2 mm gebruik en minstens 300 punte is op elke slypplaatjie getel. Die foutgrense kan afgelei word van die kurwes van Van der Plas en Tobi (1965). Aangesien die betroubaarheid in die geval van 300 punte hoogstens 5% is, word die resultate tot die naaste heelgetal afgerond.

Die volgende minerale is gedurende die analise getel: Kwarts, kaliumveldspaat, plagioklaas, karbonaatminerale, opaakminerale, muskoviet/serisiet, biotiet, sirkoon en rutiel.

5.2.2 X-straaldiffraksie-analise

X-straalpatrone is van die wandgesteentes van die dak en vloer, wat op verskeie afstande vanaf die ertsliggaam voorkom, gedoen om die algemene mineralogiese samestelling van die onderskeie wandgesteentes te bepaal.

Boorgat S394 is as voorbeeld geneem. 'n Philips Manual X-straaldiffraktometer van die mineralogiese afdeling van

Yskor is in die studie aangewend. Die instrument wat gekalibreer is met 'n silikon standaard het 'n akkuraatheid van $0,04^{\circ}2$ gelewer. CuK_{α} radiasie en 'n nikkelfilter is in die proses gebruik.

5.2.3 Mikrosonde-analises

Mineraalanalises is met 'n Elektronmikrosonde Jeol "Superprobe" JCXA733 deur dr J Smuts, Seksie Fisiese Metallurgie, Navorsing en Prosesontwikkeling van Yskor, gedoen.

5.2.4 Nat chemiese analises

Nat chemiese analises is gebaseer op oplossing van die gesteentemonster. Die monster word gewoonlik deur 'n smeltproses ontbind en dan in sure opgelos.

Die elemente in Tabel IV is deur middel van nat chemiese analises of deur verbrandingstegnieke deur die Afdeling Navorsing en Prosesontwikkeling van Yskor bepaal.

5.2.5 Atoomabsorpsiespektrometrie

Atoomabsorpsie kan gedefinieer word as die absorpsie van uitstralingsenergie deur atome in hulle grondtoestand (Angino en Billings, 1967). Neutrale atome in 'n damp-toestand is in staat om lig te absorbeer wat genoeg energie besit vir die opwekking van die buite elektrone in die atome.

In atoomabsorpsie word 'n skerp spektrum van lig van die elemente wat geanaliseer moet word, opgewek in 'n bronlamp en straal dan deur die verdampte monster. Die golflengte wat geabsorbeer word, is 'n aanduiding van spesifieke identifikasie van die element, en die gedeelte van lig wat geabsorbeer is, is 'n aanduiding van die konsentrasie van die element in die ligpad (Price, 1972). Die elemente in Tabel V is met behulp van atoomabsorpsie-analise deur die Afdeling Navorsing en Prosesontwikkeling van Yskor gedoen.

TABEL IV : ELEMENTE WAT NAT CHEMIES BEPAAL IS EN DIE BETROUBAARHEID
 VAN DIE ANALISES

Element	Betroubaarheid
SiO ₂	0,4%
TiO ₂	0,02%
Al ₂ O ₃	0,4%
P ₂ O ₅	0,005%
CO ₂	0,01%
F	0,005%
H ₂ O + ***	0,1%
H ₂ O - **	0,1%
Organiese koolstof *	0,2%
Totale C *	0,2%
S *	0,1%

* Bepaal deur verbranding (Leco CS244)

*** Bepaal as gloeiverlies

** Bepaal as massaverlies by 110°C

TABEL V : ELEMENTE BEPAAL DEUR AA-ANALISE EN DIE BETROUBAARHEID
 VAN DIE BEPALINGS

Element	Relatiewe Betroubaarheid
Al ₂ O ₃	5%
Fe (as Fe ₂ O ₃)	5%
CaO	5%
MgO	5%
Na ₂ O	5%
K ₂ O	5%
Mno	5%
Cu	10%
Co	10%
Ni	10%
Cr	10%
Mo	10%
V	10%
Zn	10%
Pb	10%
Cd	10%
Ag	10%
Sb	10%
Ba	10%
Sr	10%
Hg	10%
As	10%
Rb	1%

5.2.6 X-straalfluoresensiespektrometrie

X-straalfluoresensie-analise berus op die opwekking van elektrone in atome na 'n hoër energietoestand deur 'n primêre X-straalbundel. Die opgewekte elektrone in energie-doppe naby die kern beweeg na hoër energievlakke. Wanneer die opgewekte elektrone na hulle oorspronklike energietoestand terugkeer gaan dit gepaard met die uitstraling van sekondêre X-strale van kenmerkende golflengtes waardeur die verskillende elemente gekarakteriseer word. Die intensiteit van hierdie kenmerkende X-strale is 'n maatstaf van die konsentrasie van elemente (Wedepohl, 1969).

Vir die spoorelementbepaling is 10 gram afgeweg nadat die monster tot ongeveer $50\mu\text{m}$ gemaal is. Die poeier is daarna in 'n vorm gepers by ongeveer 140 MPa.

As gevolg van die swak bindingseienskappe van die kwartsiet en arkose, het baie van die brikette gekraak nadat die druk verwyder is. Daar is gevolglik van die bindmiddel Moviol gebruik gemaak waarmee die poeier vooraf gemeng is voordat dit saamgepers is.

Vir die bepaling van die hoofelemente is van 'n smelttegniek gebruik gemaak (Norrish en Hutton, 1969) nadat die monsters by 950°C uitgegloeï is om van vlugtige bestanddele ontslae te raak. By die smeltmiddels van Norrish en Hutton (1969) is ook natriumnitraat gevoeg wat dien om enige sulfiede te oksideer na sulfaat en nie-metale in 'n geoksideerde toestand te kry.

95 Monsters is voorberei en deur XRF spektrometrie geanaliseer in die Departement Geologie van die Universiteit van Pretoria. Ongelukkig was die standaard nie geprogrammeer om monsters met 'n hoë sulfiedinhoud te analiseer nie. Die hoë sink- en loodinhoud van die monsters en die gepaardgaande hoë absorpsiekoëffisiënt het ook die betroubaarheid van die analisewaardes van ander elemente nadelig beïnvloed.

5.2.7 Statistiese verwerking van gegewens

5.2.7.1 Anomale waardes

Vir die herkenning van anomale waardes wat verwant is aan mineralisasie is dit nodig om die normale variasies in agtergrondwaardes van die betekenisvolle elemente in ongeminaliseerde gesteentes te bepaal (Rose, Hawkes en Webb, 1979).

Normaalweg is die drumpelwaarde vir 'n bepaalde element die boonste grens van normale agtergrondfluktuasies en enige hoër waardes is geochemiese anomalieë. Met die doel om anomale waardes te identifiseer kan die drumpelwaarde byvoorbeeld beskou word as die gemiddelde plus 2 of 3 keer die standaardafwyking (Rose, Hawkes en Webb, 1979).

In hierdie ondersoek was die populasies oor die algemeen klein, en sluit die gemiddeld van al die waardes ook die klaarblyklike anomale waardes in. Die gevolg is dat die gemiddeld uitermate hoog is as gevolg van die groot invloed van die enkele hoë waardes. In so 'n geval is dit gebruiklik om klaarblyklike anomale waardes buite rekening te laat en die drumpelwaarde te beskou as die sewe en negentigste persentiel soos verkry van 'n kumulatiewe frekwensiekurve (Rose, Hawkes en Webb, 1979). In die huidige studie is dus besluit om die gemiddelde waarde met insluiting van anomale waardes as die drumpelwaarde te beskou en alle waardes bokant die gemiddeld is dus anomaal.

5.2.7.2 Enkelvoudige regressie-analises

Regressie-analises (Calder, 1971), is gedoen met die doel om lineêre of kwadratiese tendense van toenames of afnames naby die ertsliggaam vas te stel. Net die kwartsitiese wandgesteentes is in dié verband in ag geneem. Die dak- en vloerkwarsiete is in elke geval afsonderlik beskou.

In die regressie-analises is die afstand vanaf die ertsliggaam as afhanklike veranderlike beskou. Betekenisvolle verskille tussen die dak- en vloerkwartsiete, in terme van die verskillende elemente is ook nagegaan.

Indien twee gemiddelde resultate van mekaar verskil, kan 'n hipotese van kans van toevalligheid beskou word as die nul hipotese en die vlak van betekenis as die toets van betekenis. Hierdie toets word gebruik om te bepaal of 'n monstergemiddelde \bar{X} betekenisvol verskil van 'n bekende populasiegemiddelde μ . Die betekenisvolle verskil word gegee deur die waarskynlikheid P' of PR . Indien P' of PR klein is, sal daar volgens 'n statistiese formule, 'n geringe waarskynlikheid bestaan dat die gekose monstergemiddelde so groot is as die populasiegemiddelde, met ander woorde 'n betekenisvolle verskil bestaan.

Statistiese betekenisvolheid word gedefinieer deur $PR > F$ (kans van toevalligheid). Indien $PR > F < 0,05$ is, word dit beskou as betekenisvol, terwyl $PR > F < 0,01$ as hoogsbetekenisvol beskou word, waar P' of PR die meting van die vlak van betekenis van die nul hipotese voorstel, en F die verhouding aandui van die variansie ten opsigte van afstand vanaf die ertsliggaam. $PR > F$ word uitgedruk in terme van 'n lineêre of kwadratiese verband. Inspeksie van die tersaaklike variasiediagramme het egter duidelik aangetoon dat die verband tussen konsentrasie en afstand vanaf die ertsliggaam eerder logaritmes is as kwadratiese of lineêr. Die resultate van die rekenaarprogram word egter voortaan onveranderd weergegee.

5.2.7.3 Meervoudige regressie-analises

Met behulp van eliminasië is meervoudige regressie-analises gedoen, deur die elemente wat die belangrikste bydrae tot die verklaring van afstand lewer, te selekteer, naamlik vir dakkwartsiete: MgO, CaO, Ag en Sr en vir vloerkwartsiete: MnO, Zn, Cu, Co en Ni.

6 RESULTATE

6.1 MINERALOGIESE VARIASIES

6.1.1 Samestelling van kwartsitiese en ander wandgesteentes

Fig. 7 stel die relatiewe hoeveelhede voor van die verskillende minerale van die dak- en vloerwandgesteentes van die C-ertsliggaam soos bepaal deur X-straaldiffraksie. Fig. 8 verteenwoordig 'n diffraktogram van 'n vloerkwartsiet.

Resultate van die modale analise word in Tabel VI gegee. Fig. 9 toon die progressiewe verandering in volumepersentasie van minerale in die dak- en vloerkwartsiete op verskillende afstande vanaf die ertskontak. Dieselfde monsterreeks word in die tabel en in die figuur gebruik.

Alhoewel die verskille binne een groep en die ooreenkoms tussen die twee groepe (dak en vloer) te groot is kan enkele afleidings uit die figuur gemaak word, naamlik:

- (i) Die gemiddelde waarde van kwarts in die vloerkwartsiet is hoër as in die dakkwartsiet alhoewel die verskil nie deurslaggewend is nie, aangesien sporadiese hoë waardes in die dak, en sporadiese lae waardes in die vloer voorkom.
- (ii) Kaliumveldspaat (mikroklien en ortoklaas) is die oorheersende veldspaat in die dakkwartsiete naby die ertssone sowel as in die vloerkwartsiete, terwyl baie min plagioklaas teenwoordig is.

Dit wil dus voorkom asof daar 'n plagioklaas-, en dus 'n natriumvermindering, in die gesteentes aanliggend aan die ertsliggame, en in die vloerkwartsiete plaasgevind het.

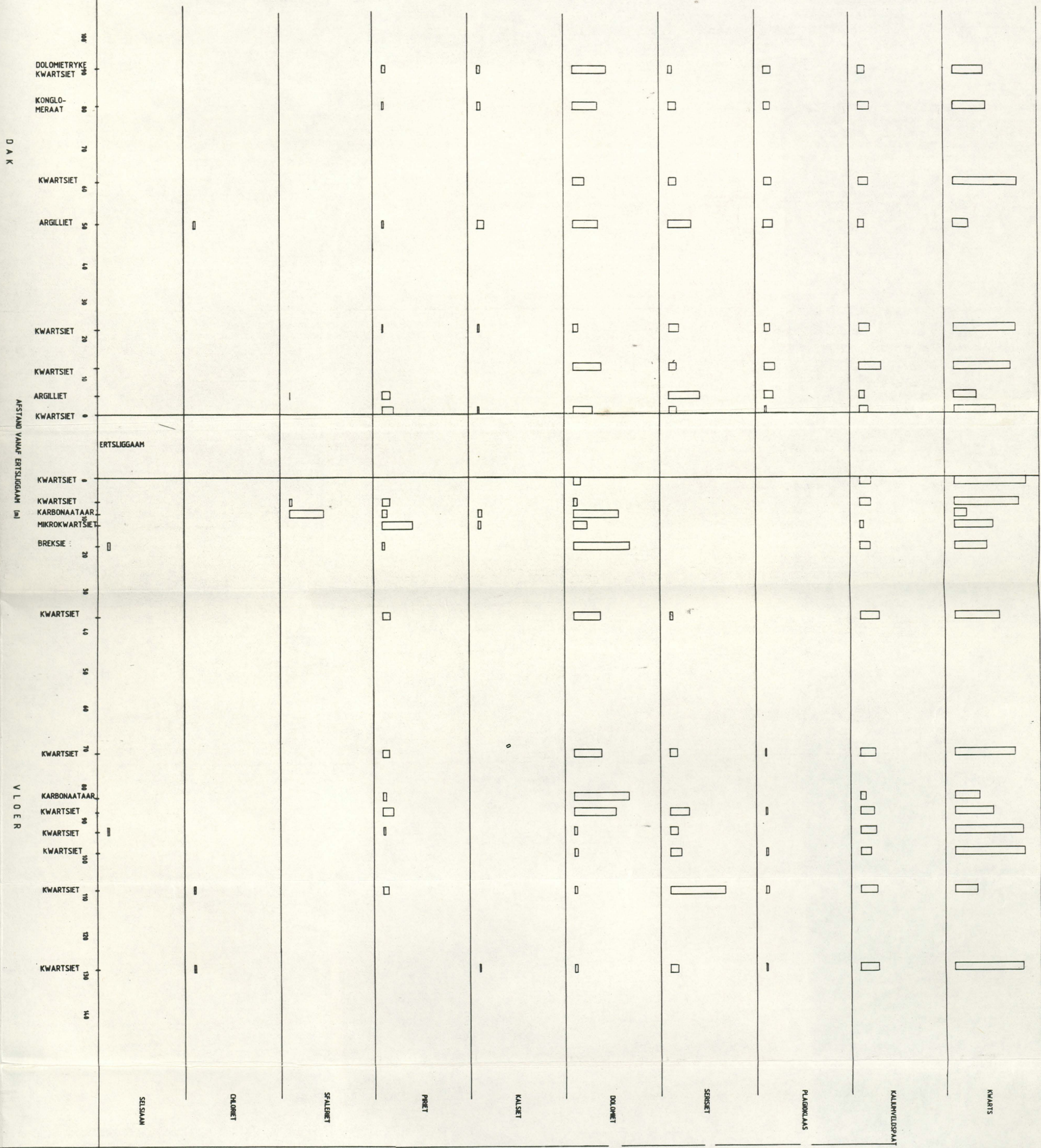


FIG 7 - X-STRAALDIFFRAKSIË - BENADERDE MINERAALSAAMESTELLING VAN VERSKILLENDE WANDGESTEENTES

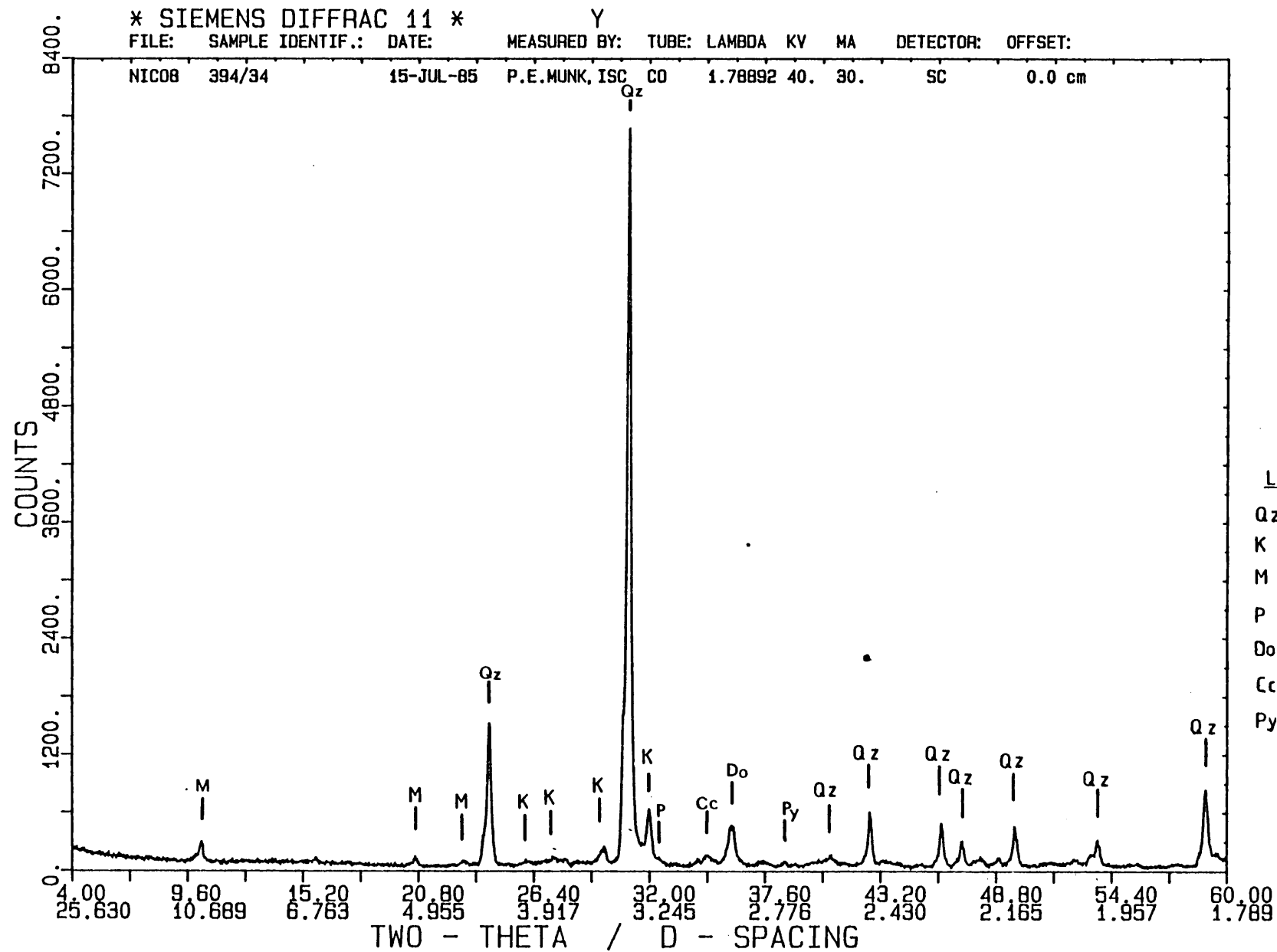


Fig. 8 DIFFRAKTOGRAM VAN 'N VLOERKWARTSIET (98,56m VANAF ERTSSONE)

TABEL VI : VOLUMEPERSENTASIE VAN MINERALE IN SLYPPLAATJIES

1 DAK

Monster Nommer	Erts= lig= gaam	Afstand vanaf Ertslig= gaam (m)	Volumepersentasie							
			Kwarts	Kalium= veld= spaat	Plagio= klaas	Karbo= naat	Opaak= minerale	Muskoviet/ serisiet	Biotiet	Sirkoon + Rutiel
377/10	C	0,00	71	16	-	1	4	8	-	+
394/13	C	0,00	64	18	-	13	2	3	-	-
370A ₂	A	0,00	74	20	-	5	1	1	-	-
310/10	C	0,00	69	24	1	-	6	1	-	-
430B ₁	B	0,00	63	27	-	9	1	+	-	-
281/7	C	0,00	28	9	-	58	3	1	-	-
377/5	C	44,52	66	18	-	-	4	11	-	-
394/6	C	61,06	73	10	-	13	1	3	-	-
388/2	C	138,22	71	13	1	4	-	5	5	-
Gem. waarde			64	17	+	11	2	4	1	+

2 VLOER

Monster Nommer	Erts= lig= gaam	Afstand vanaf Ertslig= gaam (m)	Volumepersentasie							
			Kwarts	Kalium= veld= spaat	Plagio= klaas	Karbo= naat	Opaak= minerale	Muskoviet/ serisiet	Biotiet	Sirkoon + Rutiel
377/11	C	0,00	73	22	+	1	2	2	-	-
394/14	C	0,00	73	19	-	7	+	-	-	-
370A ₈	A	0,00	77	19	-	+	4	-	-	-
310/11	C	0,00	70	18	-	-	4	8	-	-
430B ₅	B	0,00	59	35	-	2	4	+	-	-
281/11	C	0,00	82	13	-	4	+	-	-	-
388/8	C	30,14	67	22	-	2	+	3	5	-
377/18	C	59,91	72	16	-	2	2	7	-	-
370A ₁₂	A	122m	83	12	-	1	1	3	-	-
394/37	C	129,02	74	14	-	2	3	7	-	-
Gem. Waarde			73	19	+	2	2	3	1	-

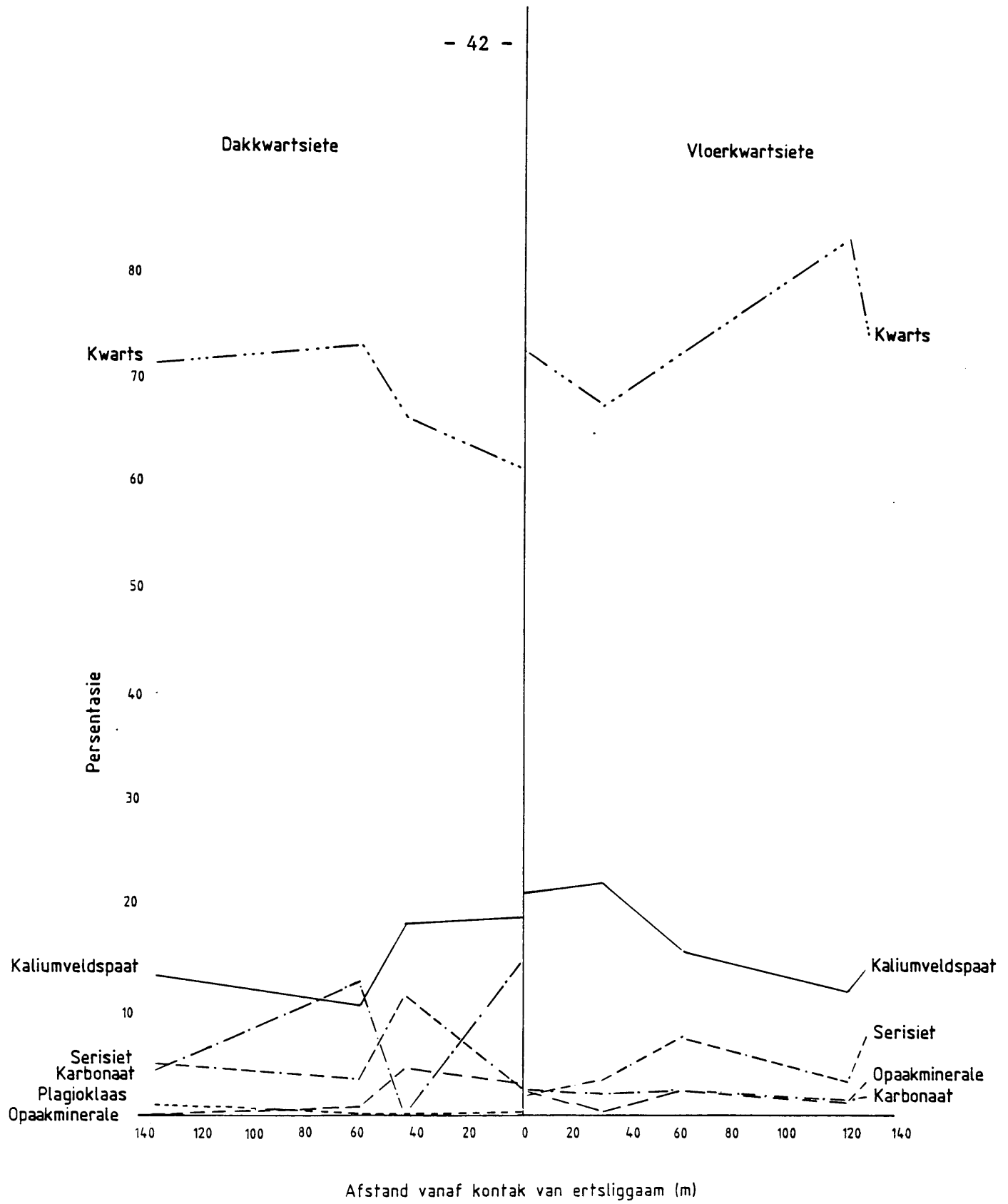


FIG. 9 Mineralepersentasies soos bepaal deur Modale Analises

LEGENDE

Kwarts	— · — · — ·	Serisiet	- - - - -
Kaliumveldspaat	—————	Opaakminerale	- · - · - ·
Karbonaat	- - - - -	Plagioklaas	- - - - -

- (iii) Die gemiddelde persentasie van die karbonate in die dakkwartsiete is hoër as in die vloerkwartsiete.
- (iv) Opaakminerale kom veral in die onmiddellike dak en vloerkwartsiete voor.
- (v) Opaakminerale volg 'n soortgelyke patroon as die karbonate in die vloerkwartsiete. In die vloerkwartsiete is sulfiedspikkels algemeen geassosieer met karbonaatkorrels in die matriks.
- (vi) Die dakkwartsiete naby die ertssone is taamlik sensitief, terwyl sensitief ook neig om toe te neem in die matriks van die dieperliggende vloerkwartsiete.

6.1.2 Chemiese samestelling van die veldspaat

Tabel VII gee die mikrosonde-analises weer van die plagioklaas- en kaliumveldspaatminerale van die kwartsitiese wandgesteentes.

Hieruit word dit duidelik dat die kaliumveldspaat en plagioklaas chemies nie baie veranderings ondergaan het nie. Chemies stem die samestelling van die kaliumveldspaat en plagioklaas ooreen met die samestellings van tipiese veldspaat soos aangedui deur Deer, Howie en Zussman (1966, p.300, 324). In hierdie geval word egter net klein variasies in die kalium- en natriumhoeveelhede waargeneem, en in gevalle ook bariumvariasies.

Voorbeelde van veldspaatkorrels waarop mikrosonde-analises gedoen is, word in Fig. 10 en 11 afgebeeld.

Die kaliumveldspaat van monster 394/37 het 'n hoë Na_2O -inhoud wat heel waarskynlik die gevolg is van pertitiese vergroeiings. Hierdie monster toon ook variasies in CaO - en BaO -inhoud.

TABEL VII : MIKROSONDE-ANALISES VAN PLAGIOKLAAS EN KALIUMVELDSPAAT IN DIE DAK- EN VLOERKWARTSIETE

KALIUMVELDSPAAT

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
SiO ₂	64,46	63,66	62,02	62,25	59,48	57,53	59,79	49,83	59,24	62,42	66,67	66,15	57,62	58,41	59,00
TiO ₂	-	-		0,04	0,01	0,02									
Al ₂ O ₃	18,55	19,54	19,34	18,16	17,70	17,83	18,07	22,32	18,47	17,91	18,66	17,41	19,83	19,84	19,67
Fe ₂ O ₃	0,14	0,10													
FeO	-	-		0,04	0,04	0,02									
MnO				0,01	0,00	0,01									
MgO	0,00														
BaO	-	-					4,73	14,93	5,16	0,63			0,13		0,43
CaO	0,17	0,50	0,19	0,01	0,02	0,05	0,31	0,21	0,36	0,39				0,33	0,17
Na ₂ O	0,49	0,80	1,13	0,48	0,82	0,42	0,79	1,34	0,62	0,78	1,44	1,08	5,70	4,84	3,88
K ₂ O	16,07	15,60	17,32	19,05	18,26	18,84	16,30	11,36	16,14	17,87	13,23	15,36	16,72	16,58	16,86
H ₂ O ⁺	-	-													
H ₂ O ⁻	0,06														
TOTAAL	99,94	100,20	100,00	100,04	96,33	94,72	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

PLAGIOKLAAS

	P	Q	R	S	T	U			
SiO ₂	67,84	67,41	66,65	67,17	69,31	64,98	A	=	Mikroklien - Deer, Howie en Zussman (1966, p301)
TiO ₂	0,00	-		0,00	0,00	0,00	B	=	Ortoklaas - Deer, Howie en Zussman (1966, p300)
Al ₂ O ₃	19,65	20,50	20,81	19,85	20,34	19,21	C	=	Mikroklien - S394/8, 22,23 m vanaf ertskontak in dakkwartsiete
Fe ₂ O ₃	0,03	0,07					D,E,F,	=	K-veldspaat - S394/8, geanaliseer op verskillende posisies
FeO	0,02	-		0,03	0,02	0,01	G,H,I,	=	K-veldspaat - S382/3, 10 m vanaf ertskontak in vloerkwartsiet, Suidelike Ertsveld; geanaliseer op verskillende posisies
MnO				0,00	0,01	0,00	J	=	K-veldspaat - S382/3
MgO	0,04	0,10		0,04	0,01	0,01	K	=	K-veldspaat - S388/2, 138,22 m vanaf ertskontak in dakkwartsiete
CaO	0,00	0,81	0,28	0,25	0,39	0,27	L	=	K-veldspaat - S310/11 teen ertskontak in vloerkwartsiete
Na ₂ O	11,07	10,97	11,90	11,01	12,10	10,90	M,N,O	=	K-veldspaat - S394/37, 129,02 m vanaf erts in vloerkwartsiete
K ₂ O	0,29	0,36	0,36	0,47	0,08	0,13			verskillende posisies geanaliseer
H ₂ O ⁺	0,56	0,15					P	=	Albiet - Deer, Howie en Zussman (1966, p324)
H ₂ O ⁻	0,30						Q	=	Albiet - Deer, Howie en Zussman (1966, p324)
TOTAAL	99,80	100,37	100,00	98,82	102,26	95,51	R	=	Albiet - S394/8, 22,23 m vanaf ertskontak in dakkwartsiete
							S,T,U,	=	Plagioklaas - S394/8, geanaliseer op verskillende posisies

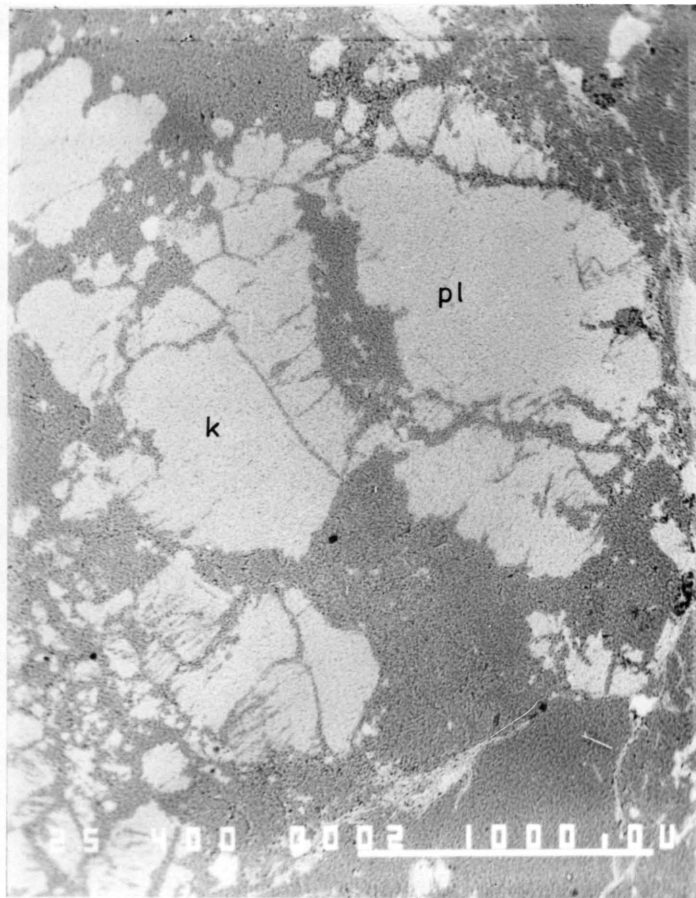


Fig 10. Kaliumveldspaat (k)- en plagioklaas= korrels (pl) waarop mikrosonde-analise gedoen is. Vergroting : 40x. C-ertsliggaam. Slypplaatjie nr. 394/8.

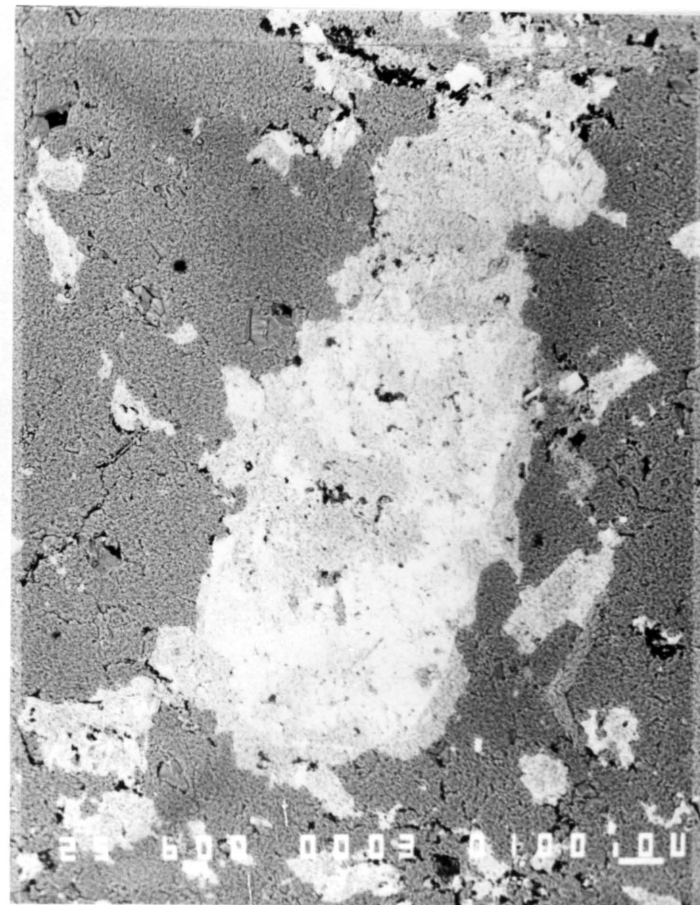


Fig 11. Kaliumveldspaat wat bariumhoudend is (wit areas). Vergroting : 60x. Suidelike ertsveld. Slypplaatjie nr. 382/3.

6.2 HOOFELEMENTGEOCHEMIE VAN DIE WANDGESTEENTES

6.2.1 Verandering van arkosiet rondom die ertsliggame

Die arkosiet in die vloer en dak rondom die ertsliggame is arbitrêr drieledig ingedeel naamlik:

Arkosiet A: Meer as 18 m bokant die ertssone: Dit is 'n donker tot medium grys gesteente wat gekenmerk word deur gegradeerde eenhede wat opwaarts oorgaan in argilliet. Die argillitiese eenhede bevat dikwels dun piriëtlagies. As geheel word hierdie arkosiet ook gekenmerk deur 'n karbonaatryke matriks en selfs sones wat buitengewoon karbonaatryk kan wees.

Arkosiet B: Tussen 18 m bokant tot 50 m onderkant die ertssone: Dit word beskou as die hoogsveranderde gesteentes in die onmiddellike omgewing van die ertsliggame. Hierdie arkosiet sluit ook die breksiesone of stokwerk met intense silisifisering van die gesteentes onder die ertssone in, asook die minder algemene gesilisifiseerde en gebreksieerde dakarkosiet wat 'n smal sone op plekke bokant die ertsliggam uitmaak. Arkosiet B word op sy beurt tweeledig ingedeel, naamlik B₁ in die dak van die ertsliggam en B₂ in die vloer.

Arkosiet C: Meer as 50 m onderkant die ertssone en veronderstel om relatief min verander te wees as gevolg van mineralisasieprosesse.

Die chemiese samestelling van die drie arkosiete word deur middel van figure vergelyk. In Fig. 12 is die samestelling uitgedruk in terme van MgO-CaO-SiO₂. Hoewel uitsonderings voorkom, neig arkosiete A en C om silikaryk te wees, terwyl arkosiet B silika- en dolomietryk is. Dit lyk dus of mineralisasie gepaard gegaan het met 'n proses van dolomitisering/karbonatisering (en moontlik ook 'n vroeëre of latere proses van silisifisering) aangesien die monsterpunte 'n

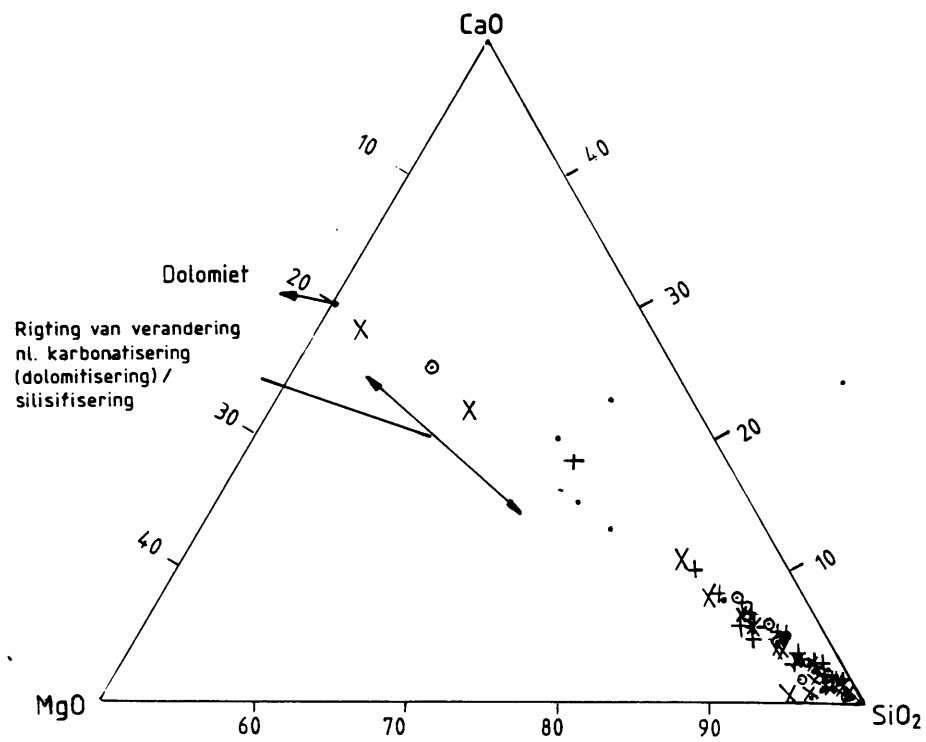


Fig. 12 VARIASIE IN SAMESTELLING VAN ARKOSIET IN TERME VAN MgO, CaO EN SiO₂

LEGENDE

- Arkose A - .
- Arkose B₁ - x
- Arkose B₂ - +
- Arkose C - o

reguit lyn beskryf tussen die silikahoekpunt en die samestelling van dolomiet.

Mikroskopiese ondersoek bevestig so 'n proses van dolomitisering deurdat karbonaatminerale die matriks van arkosiete en veral veldspaat selektief vervang (Fig. 13). Mikroskopiese getuienis ten gunste van silisifisering is nie so oortuigend nie, maar in arkosiet B word die breksiesones gekenmerk deur sekondêre kwarts, terwyl die vorming van kwartskorreltjies binne groot kaliumveldspaatkorrels in intens gesilisifiseerde arkosiet waargeneem is (Fig. 14).

In terme van alkalië - Al_2O_3 - SiO_2 (Fig. 15) is arkosiete B_1 en B_2 oorwegend silikaryk. Die arkosiete neig ook om verryk te wees aan alkalië en Al_2O_3 en veral aan laasgenoemde naamlik 'n verryking in muskoviet en/of kaliumveldspaat. Die arkosiete toon dus weer eens 'n neiging van verandering naamlik silisifisering en kaliumveldspatisasie of kaliumverandering. Hierdie tendens is veral kenmerkend van arkosiet A en C. Volgens mikroskopiese ondersoek word kaliumverandering verteenwoordig deur serisitisering van die veldspate en die matriks (Fig. 16), asook geringe mate van kaliumveldspatisasie. Die donker vlekke of spikkels in die matriks van hoogs gesilisifiseerde vloerarkosiete verteenwoordig mikaryke domeins met kaliumveldspaatfragmente, waaromheen die mika groei. Hierdie kaliumveldspaatfragmente toon onderskeidende korrelgroei (Fig. 17).

Al die monsters is oorwegend ryk aan kaliumveldspaat hoewel enkele ook ryk is aan muskoviet (Fig. 18). Dit mag in wese die oorspronklike samestelling van die sedimente weerspieël, maar bariumhoudende kaliumveldspaat is 'n kenmerkende sekondêre bestanddeel in sekere gedeeltes van die erts.

Die sekondêre verryking aan dolomiet en die oorspronklike kaliumveldspaatryke aard van die gesteentes word in Fig. 19 weerspieël. In die lig van die oorspronklike veldspaatryke aard van die arkosiet, illustreer dit dat veldspaat tot 'n mate deur karbonaatminerale vervang is (Fig. 13).



Fig 13. Grofkorrelrige kaliumveldspaatkorrels in 'n effens fyner matriks van kwarts en kaliumveldspaat, met karbonaat wat voorkom in die kraaksones van kaliumveldspaatkorrels - karbonatisering van die veldspaat. 5x. Gekruiste nicols. C-ertsliggaam. Slypplaatjie nr. 394/36.

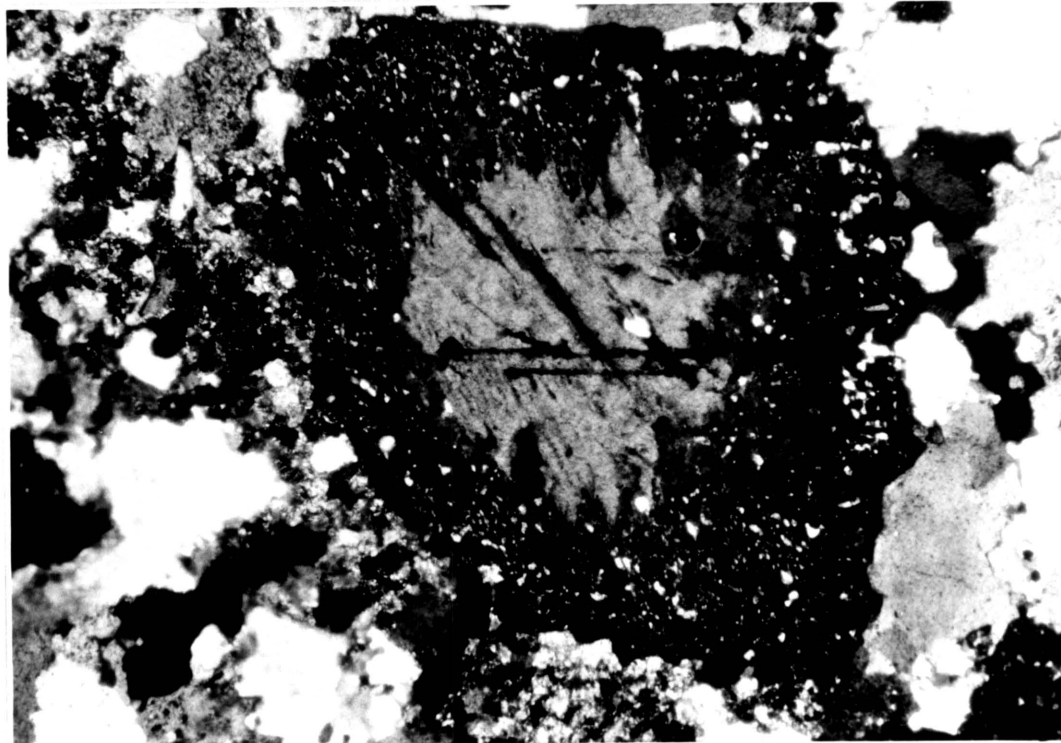


Fig 14. Kaliumveldspaatkorrel met klein kwartskorreltjies aan die kante van die korrel - silisifisering van die veldspaat. 5x. Gekruiste nicols. Suidelike ertsveld - Slypplaatjie nr. 382/10.

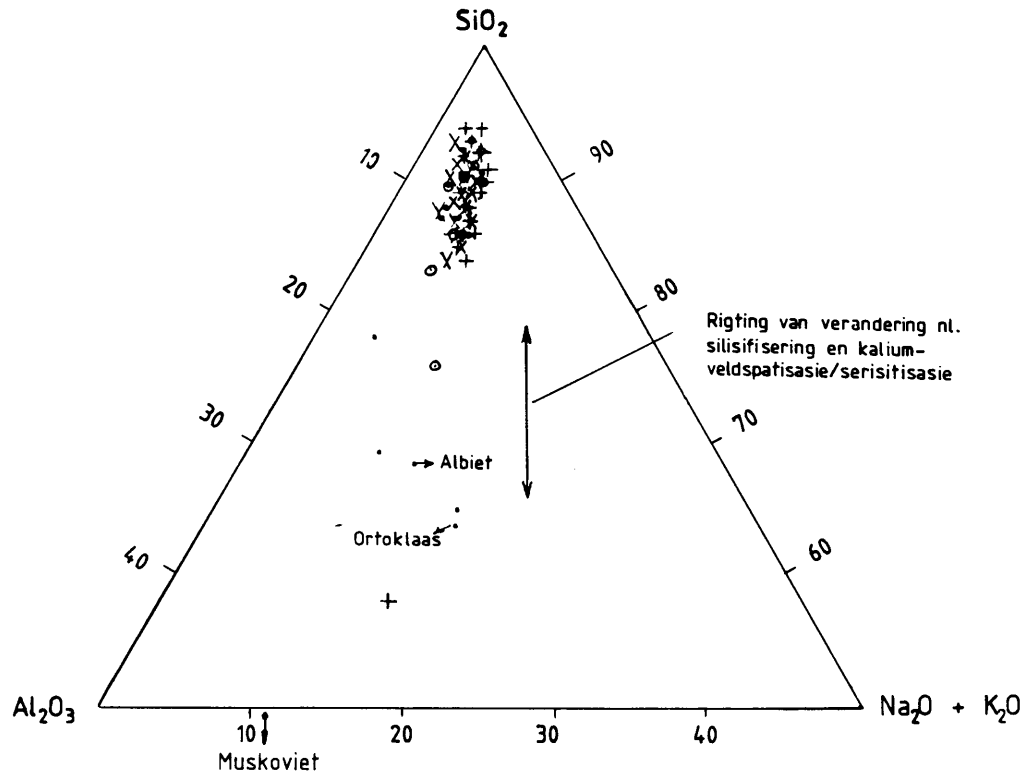


Fig. 15 VARIASIE VAN ARKOSIET IN TERME VAN SiO_2 , Al_2O_3 EN $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$

LEGENDE

- Arkose A - .
- Arkose B₁ - x
- Arkose B₂ - +
- Arkose C - o

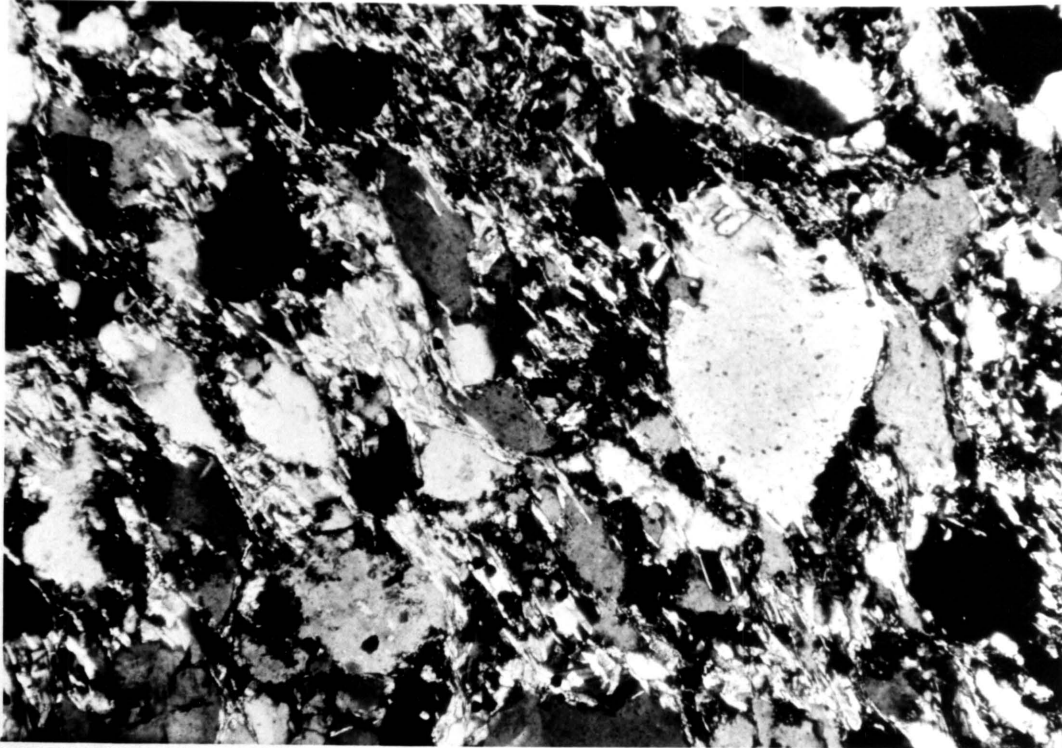


Fig 16. Arkose wat bestaan uit kwarts en veldspaat, met 'n growwer kwartskorrel (aan die regterkant). Die grondmassa word deur serisiet vervang. 10x. Gekruiste nicols.
C-ertsliggaam. Slypplaatjie nr. 394/11.

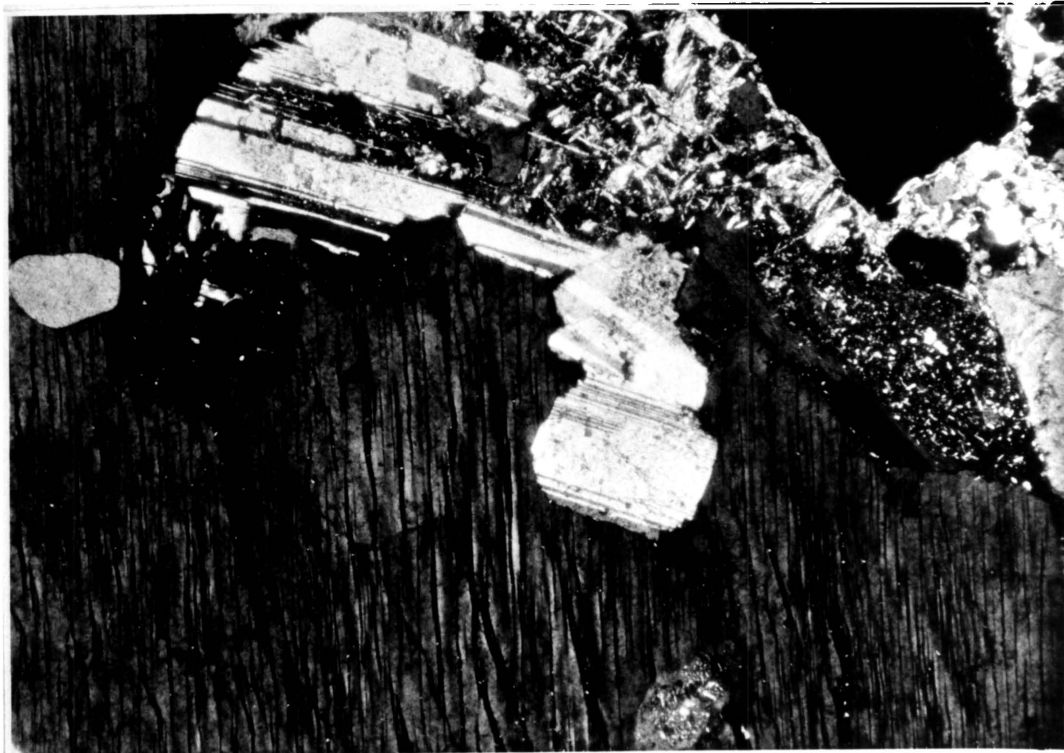


Fig 17. Vervanging van plagioklaas deur kaliumveldspaat (donker korrel), asook serisitisering van die plagioklaaskorrel.
5x. Gekruiste nicols.
C-ertsliggaam. Slypplaatjie nr. 394/8.

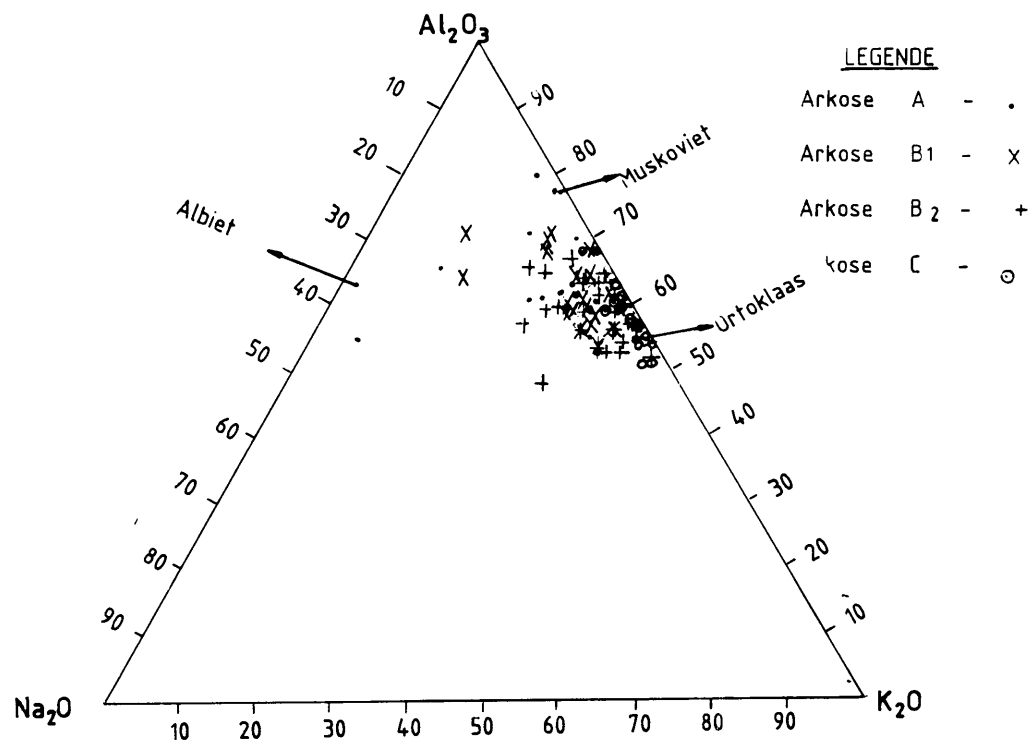


Fig.18 VARIASIE VAN ARKOSIET IN TERME VAN Al_2O_3 , Na_2O EN K_2O

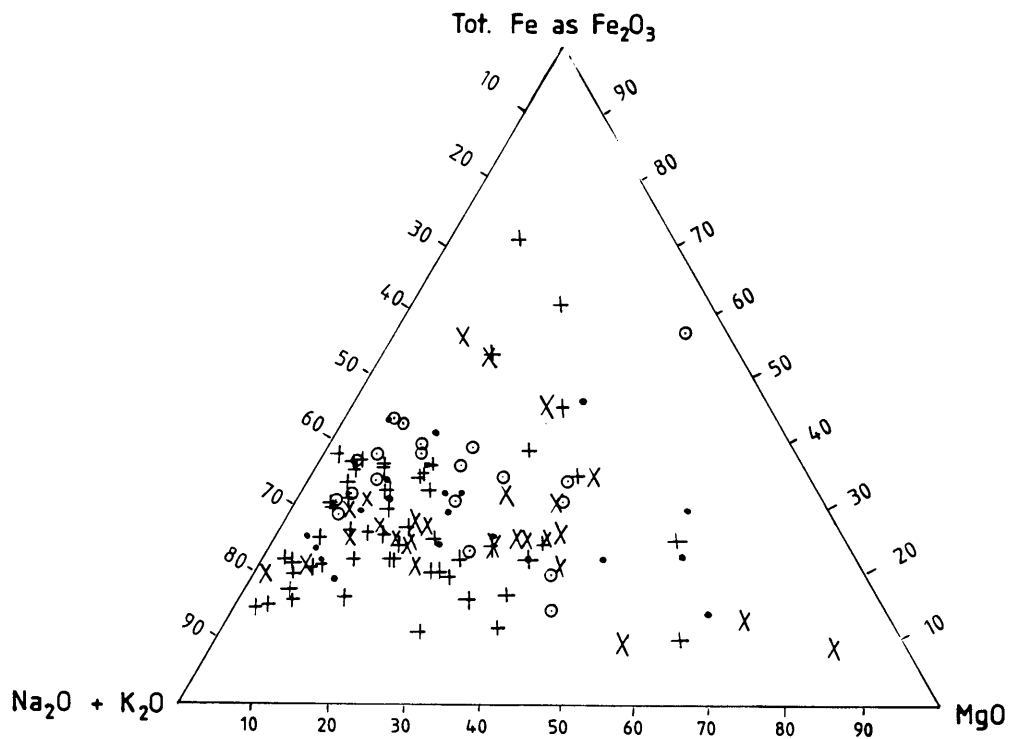


Fig.19 SAMESTELLING VAN ARKOSIET IN TERME VAN Fe_2O_3 , $Na_2O + K_2O$ EN MgO

Fig. 20 dui aan dat die arkosiet veral oorwegend serisietryk is, terwyl monsters van die dakarkosiet neig om meer verryk te wees aan aluminium asook aan albit. Die vloerarkosiet toon veldspaat-serisietverryking, terwyl B_1 en B_2 veral verryk is aan dolomiet en yster. Enkele monsters van arkosiet C is ook ryk aan serisiet.

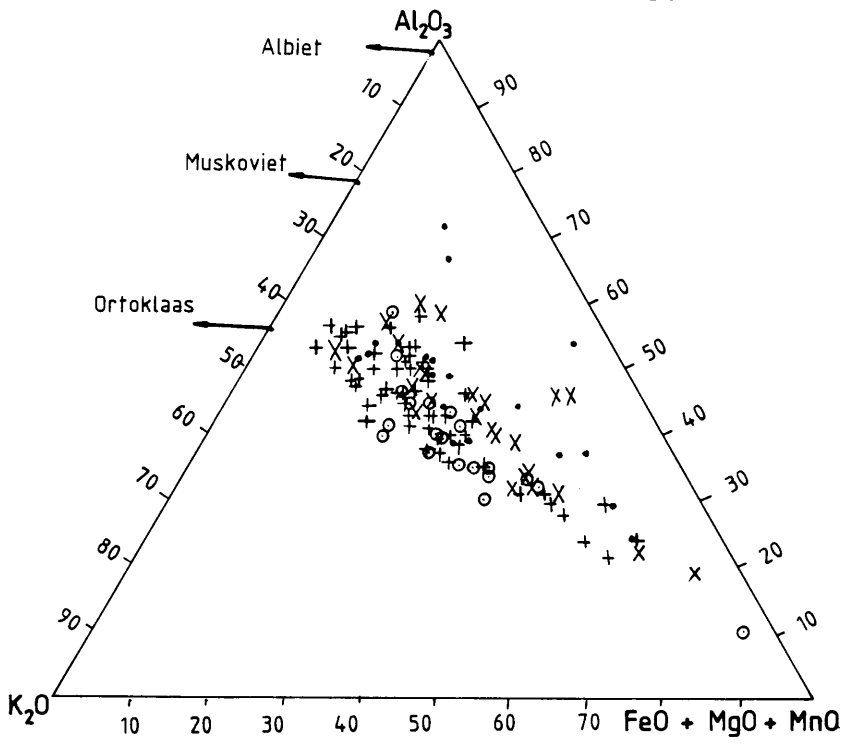
Die vloergesteentes is by voorkeur verryk aan koper en die arkosiet rondom die ertssone (B_1 en B_2) is meer verryk aan lood en sink (Fig. 21). In breë trekke bevestig dit ook die waarneming dat koper en lood mekaar tot 'n mate uitsluit in vulkaniese-ekshalatiewe ertse van hierdie tipe tensy sink ook aanwesig is (Stanton, 1972, Fig. 15 - 12a).

6.2.2 Veranderingsone in boorgat S393 (Suidelike Ertsveld)

In boorgat S393 in die Suidelike Ertsveld, is 'n dik karbonaat/dolomietzone in die dakkwartsiet 11,53 m bokant die ertssone - tussen 269,74 m en 297,48 m - raakgeboor. Hierdie dolomietzone het waarskynlik ontstaan as gevolg van 'n ekshalatiewe proses. In hierdie dolomiet is 'n intens veranderde chlorietzone aanwesig, waarmee goeie piriet-, sfaleriet- en galenietmineralisasie geassosieer is, veral tussen 276,70 m en 297,48 m. Tussen die ertssone en hierdie veranderde dolomiet/karbonaatzone is ook gesilisifiseerde en gebreksieerde kwartsiete teenwoordig. (Hierdie boorgat is geboor in 'n plooistruktuur met 'n omgekeerde opeenvolging.)

Tabel VIII dui die chemiese samestelling aan van die verskillende veranderde gesteentes naamlik die verskillende tipes veranderde dolomiet (kolomme G-K), naasliggende kwartsiet (kolomme B-F), gewone dakkwartsiet en dakdolomiet (kolomme A en L respektiewelik).

In Fig. 22 word die verskillende veranderde dolomiete en die naasliggende kwartsiete, in terme van SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 , S, CO_2 , organiese koolstof en Ba (op 'n logaritmiëse skaal) voorgestel. Die elemente Ba en MnO neem toe in die veranderde sone.



LEGENDE

Arkose A	-	.
Arkose B ₁	-	x
Arkose B ₂	-	+
Arkose C	-	o

Fig. 20 SAMESTELLING VAN ARKOSIET IN TERME VAN Al_2O_3 , K_2O EN $FeO + MgO + MnO$

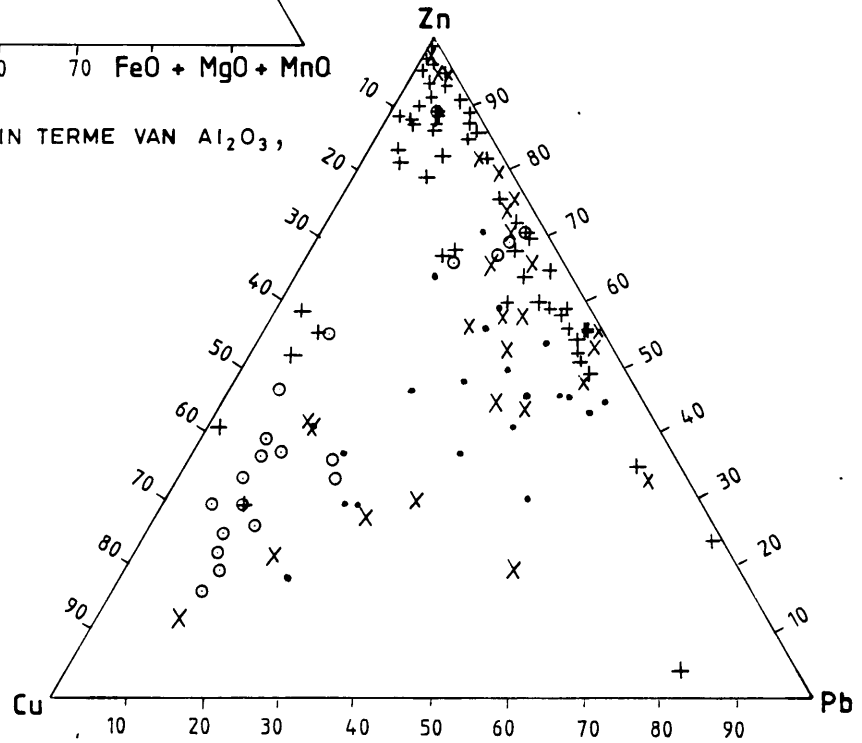


Fig. 21 VARIASIE IN RELATIEWE KONSENTRASIES Zn, Cu EN Pb IN ARKOSIET

TABEL VIII : CHEMIESE SAMESTELLING VAN DIE VERSKILLENDE VERANDERDE GESTEENTES
 (Veranderde dolomietzone : 269,74 - 297,48 m; Veranderde Dolomiet + Chloriet : 276,60 - 297,48 m)

	A	B	C	D	E	F
	Dakkwartsiet	Karb. Kwartsiet	Kwartsiet	Kwartsiet	Kwartsiet	Kwartsiet
		301,00-301,10	265,00-265,10	267,40-267,50	268,85-269,04	269,70-269,74
SiO ₂	79,50	56,40	65,10	80,00	74,40	79,30
TiO ₂	0,25	0,03	0,05	0,12	0,10	0,23
Al ₂ O ₃	5,50	1,27	3,17	6,59	4,79	6,17
Fe ₂ O ₃	2,86	7,31	2,17	2,18	2,59	1,90
MnO	0,037	0,31	0,57	0,06	0,16	0,18
MgO	1,18	6,53	5,39	2,76	2,96	2,17
CaO	1,45	8,94	7,95	4,39	4,05	1,76
Na ₂ O	0,15	0,04	0,08	0,15	0,09	1,63
K ₂ O	3,37	0,38	2,02	3,29	1,54	0,29
P ₂ O ₅	-	0,05	0,10	0,07	0,09	0,052
S	0,69	5,86	1,42	1,64	1,58	0,75
CO ₂	2,07	12,80	12,0	1,42	5,80	2,44
Ba	0,08	0,21	0,46	1,63	1,07	3,36
Organiese koolstof	0,15	0,66	0,43	0,14	0,33	0,15
	<u>97,29</u>	<u>100,79</u>	<u>100,91</u>	<u>104,44</u>	<u>99,55</u>	<u>100,38</u>

	G	H	I	J	K	L
	Veranderde	Veranderde	Veranderde	Veranderde	Gedeeltelik	Dakdolomiet
	Dolomiet +	Dolomiet	Dolomiet +	Dolomiet +	veranderde	
	Choriet sone		Chloriet sone	Intens ver-	Dolomiet	
				veranderde sone		
	270,47-270,52	271,81-271,86	273,44-273,51	282,03-282,05	297,48-297,52	
SiO ₂	26,20	15,70	44,30	5,99	4,20	10,22
TiO ₂	0,15	0,01	0,15	0	0,01	0,05
Al ₂ O ₃	13,70	5,04	15,00	1,62	2,23	1,21
Fe ₂ O ₃	18,30	6,60	4,00	2,84	5,32	1,46
MnO	0,50	1,84	0,27	2,70	1,13	0,31
MgO	13,30	15,80	22,00	16,20	17,40	16,25
CaO	1,38	18,40	0,84	25,60	25,30	27,36
Na ₂ O	0,24	0,10	1,20	0,24	0,16	0,07
K ₂ O	1,01	0,26	2,13	0,29	0,40	0,42
P ₂ O ₅	0,060	0,061	0,045	0,047	0,044	0
S	10,50	4,36	0,15	0,67	4,26	0,26
CO ₂	1,99	25,70	1,33	38,30	38,00	42,50
Ba	7,49	2,12	3,32	0,78	0,54	0,10
Organiese koolstof	0,24	1,17	0,17	0,55	0,33	0,25
	<u>95,06</u>	<u>97,16</u>	<u>94,91</u>	<u>95,83</u>	<u>99,32</u>	<u>100,46</u>

FIG. 22

INTENS VERANDERDE SONE VAN S393 (Gegewens van tabel 8)

DOLOMIET EN KALSJET	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
CHLORIET																			
KWARTS	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

LEGENDE
x Dui relatiewe hoeveelhede aan.

56

ELEMENTE IN PERSENTASIE

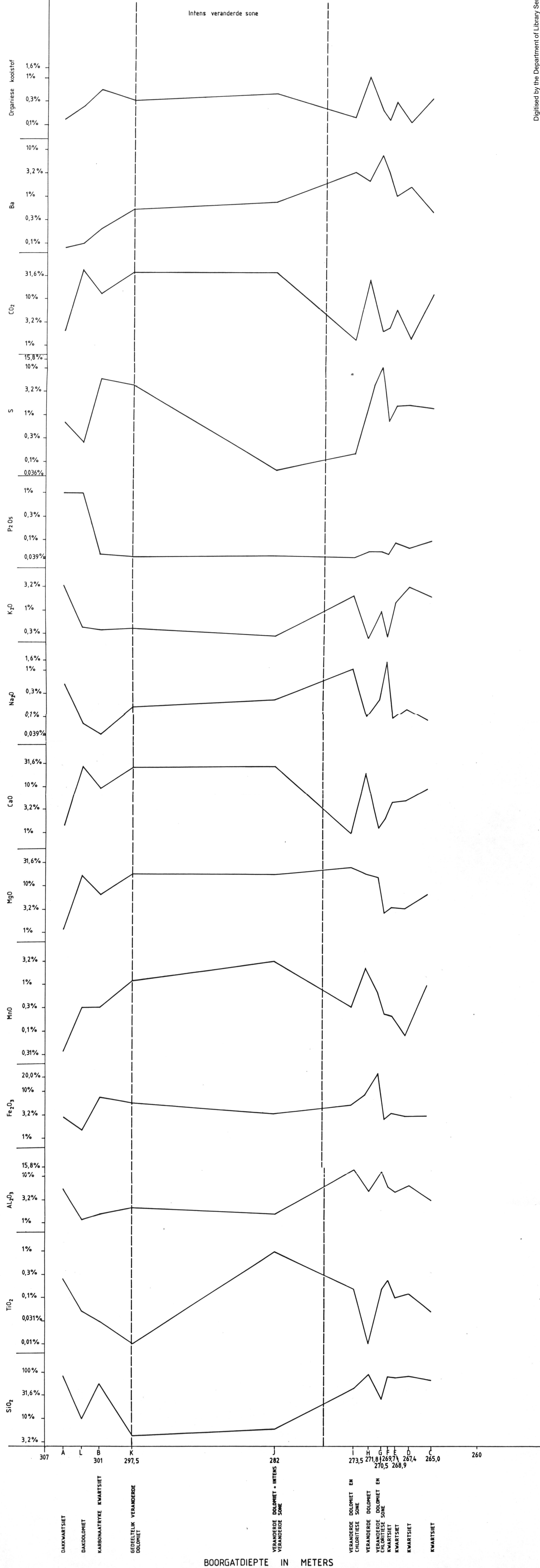


Fig. 23a en b is 'n diagrammatiese voorstelling van die hoofelementsamestelling van die verskillende veranderde gesteentes.

Dolomitisering is kenmerkend van die veranderde gesteentes en chloritisering veral van die mees intens veranderde dolomiet. Die mikroskopiese voorkoms van die intens veranderde en minder veranderde gesteentes word in Fig. 24 - 26 getoon.

Die gewone dakdolomiet bestaan hoofsaaklik uit dolomiet met hoofsaaklik fyn muskoviet of serisiet in die matriks hoewel groter muskoviet- en ortoklaaskorrels ook voorkom. Die veranderde dolomitiese gesteente bestaan ook hoofsaaklik uit dolomiet met megakriste van albiet. In hierdie geval is die mika flogopiet, maar talk is ook in die gesteente aanwesig.

Daarenteen bestaan die intens veranderde dolomitiese gesteentes hoofsaaklik uit flogopiet, talk en chloriet met porfiroblaste van albiet. Sfeen is ook in die mikaryke grondmassa van hoofsaaklik chloriet en flogopiet aanwesig. Die opaakmateriaal is pirrotiet, sfaleriet, piriet, chalkopiriet en galeniet. Selsiaan is ook in betekenisvolle hoeveelhede in die gesteente teenwoordig. Allanitiese epidoot en seriumhoudende karbonaatminerale word in selsiaanryke sones gevind. Grofkorrelrige idiomorfe hialofaan wat gedeeltelik verander is na serisiet en chloriet kom in assosiasie met gips in are voor.

In die intens veranderde dolomitiese gesteente word die muskoviet deur flogopiet, chloriet en talk vervang en die ortoklaas deur albiet, selsiaan en hialofaan.

Die intens veranderde dolomitiese sone behels dus 'n tipiese magnesium-, barium- en natriumverryking wat lei tot 'n chloriet-selsiaanveranderingsone. Hierdie chloritiese veranderingsone met die Ba-verryking is soortgelyk aan veranderings wat gevind is rondom ander vulkanogenetiese massiewe sulfiedafsettings, byvoorbeeld die Millenbachpyp met sy chloriet-

VERANDERDE SONE VAN S393

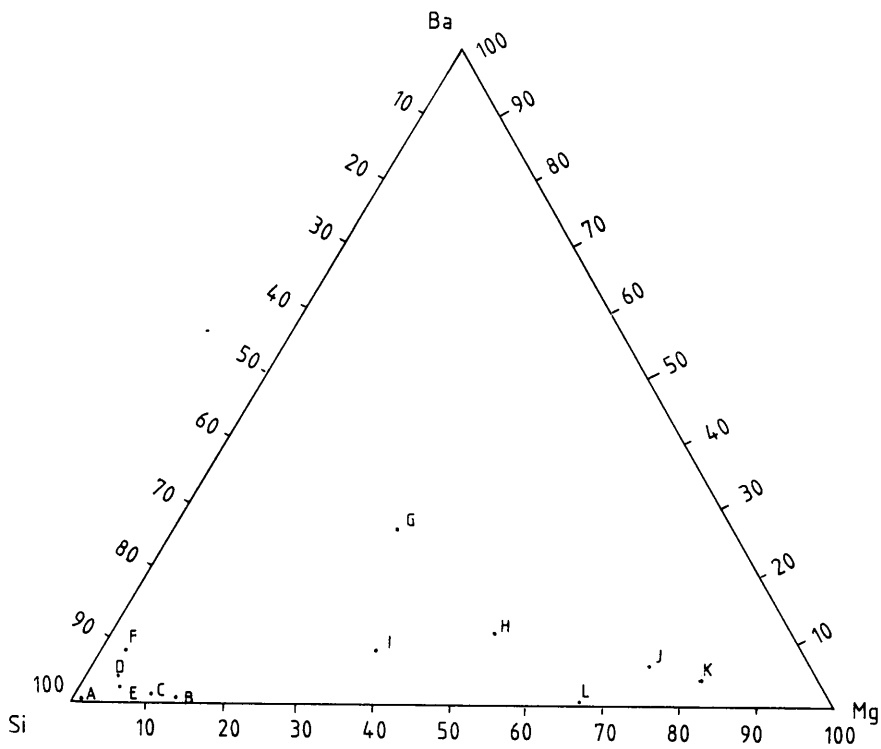


Fig. 23(a)

LEGENDE

- A : Dakkwartsiet
- B : Karbonaatryke Kwartsiet
- C : Kwartsiet
- D : Kwartsiet
- E : Kwartsiet
- F : Kwartsiet
- G : Veranderde dolomiet en chloritiese sone
- H : Veranderde dolomiet
- I : Veranderde dolomiet en chloritiese sone
- J : Veranderde dolomiet en intens veranderde sone
- K : Gedeeltelik veranderde dolomiet
- L : Dakdolomiet

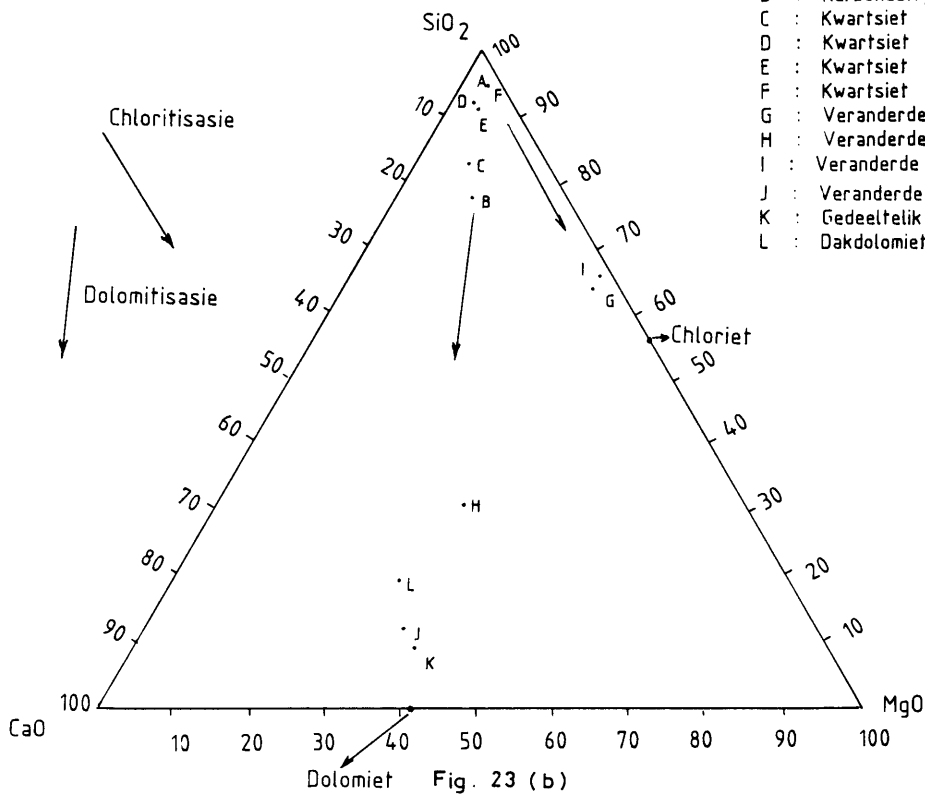


Fig. 23 (b)

Fig. 23(a),(b) SAMESTELLING VAN DIE VERSKILLENDE VERANDERDE GESTEENTES MET BETREKKING TOT (a) Ba, Si EN Mg (Fig. 23a); (b) SiO₂, CaO EN MgO (Fig. 23b)

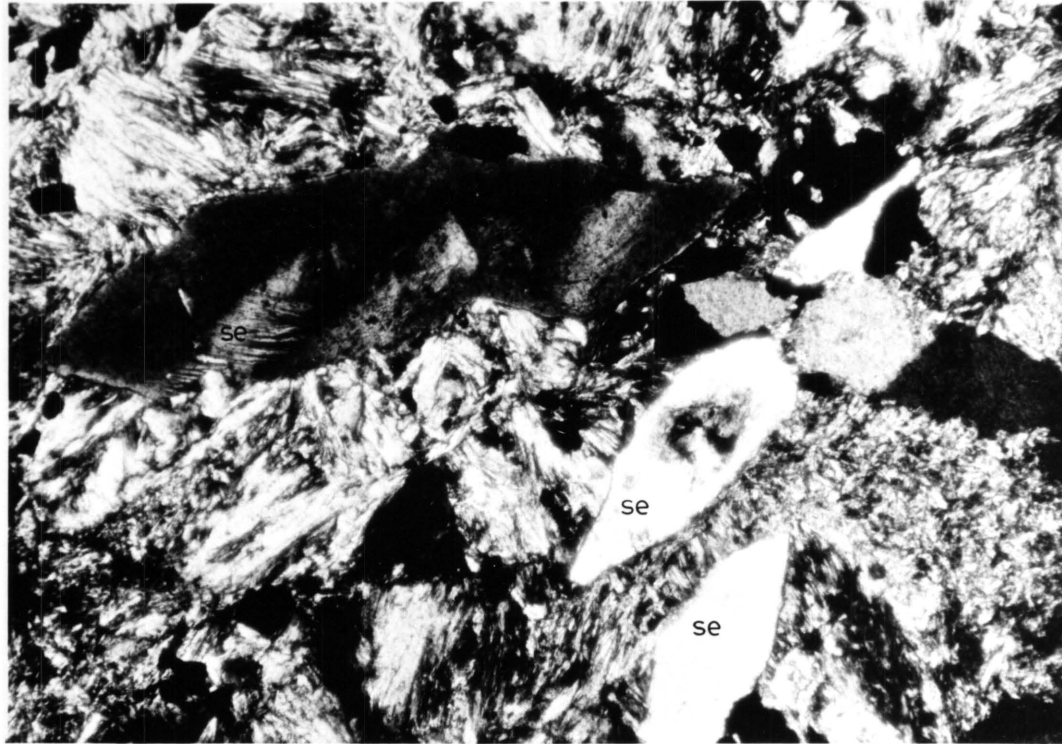


Fig 24. Selsiaankristalle (se)- wit en swart, laasgenoemde met tweelinglamelle en golwende uitdowing-, in 'n grondmassa van waaiervormige flogopiet en talk. Die waaiervormige flogopiet en talk gebruik die selsiaankorrels as groeibasis. 10x. Gekruiste nicols.

Suidelike ertsveld. Slypplaatjie nr. 393/2.

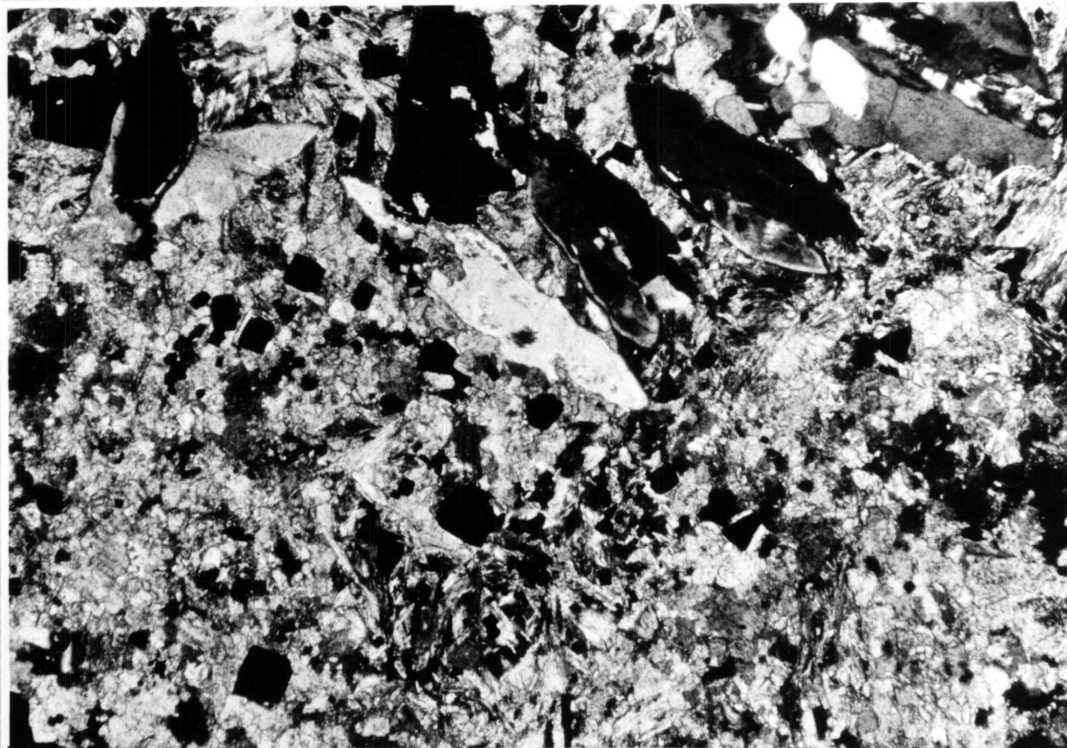


Fig 25. Selsiaankristalle (aan bokant), met grondmassa van dolomiet en talk. Kubusvormige piriet is ook geassosieer met die dolomietmatriks. Hierdie monster verteenwoordig 'n gedolomitiseerde sone. 5x. Gekruiste nicols. Suidelike ertsveld. Slypplaatjie nr. 393/3a.

- 60 -

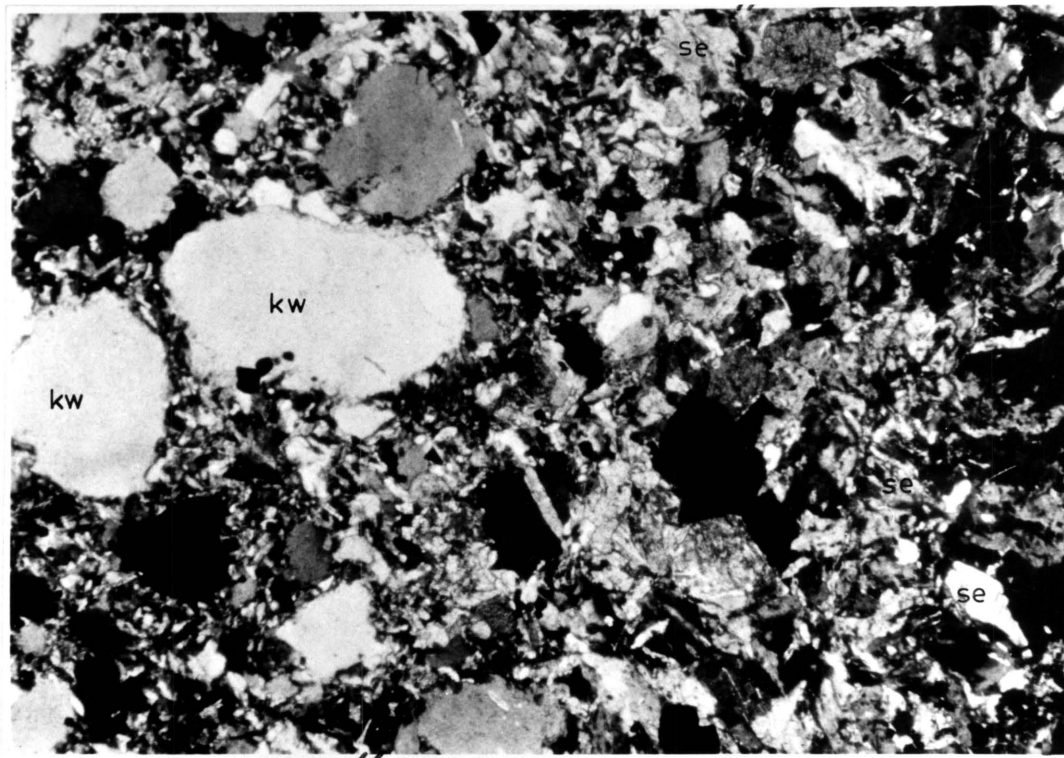


Fig 26. Arkose met grofkorrelrige kwarts (kw) en vermoedelik velspaat in 'n matriks van fynkorrelrige kwarts en mika (serisiet), in kontak met 'n bariumryke sone aan die regterkant met volop selsiaan (se). 5x. Gekruiste nicols. Suidelike ertsveld. Slypplaatjie nr. 393/1.

rietryke kern wat omring is deur 'n halo van serisiet (Riverrin & Hodgson, 1980); Mattagami Lake met die vorming van chlorietryke skiste en die verandering van chloriet na talk (Roberts & Reardon, 1978); die chloritisering onderkant die Flin Flon-afsetting (Sangster, 1972a) in die riolietporfierwandgesteente van die andesietbreksies van die vloer (Koo & Mossman, 1975). In die laasgenoemde geval bestaan die mees intense veranderde gedeelte van die andesietbreksie uit talk en chloriet met ondergeskikte hoeveelhede van dolomiet, albiet en sfeen.

6.2.3 Onderlinge verwantskappe van die wandgesteentes

Die verskillende tipes van wandgesteentes naamlik arkosiete, breksies, argilliete en karbonate word diagrammaties in Fig. 27 - 33 voorgestel.

Die arkosiet en argilliet is primêr oorwegend ryk aan silika, maar veral die breksies en ook sommige gesteentes wat as arkosiet beskryf is, is duidelik gedolomitiseer (Fig. 27). Enkele van die breksies en die meeste karbonaatgesteentes bevat meer as 50% CaO en val dus buite die diagram. Die karbonaatgesteentes is oorwegend dolomities, maar enkeles is kalsities.

Die arkosiet en breksies is ryk aan kwarts en veldspaat, maar die argilliet is duidelik ryker aan muskoviet/serisiet, hoewel veldspaat nog 'n belangrike bestanddeel is. Die verspreiding van karbonaatgesteentes op Fig. 28 mag daarop dui dat hulle ontstaan het deur vervanging van 'n gedeelte van die kwarts en veldspaat deur dolomiet en kalsiet. Dit stem ooreen op die bevindings op grond van Fig. 27.

Die primêre gesteentes word veral deur kaliumveldspaat en tot 'n geringe mate deur glimmer en albiet gekenmerk. Die argilliet is veral ryk aan glimmer (Fig. 29).

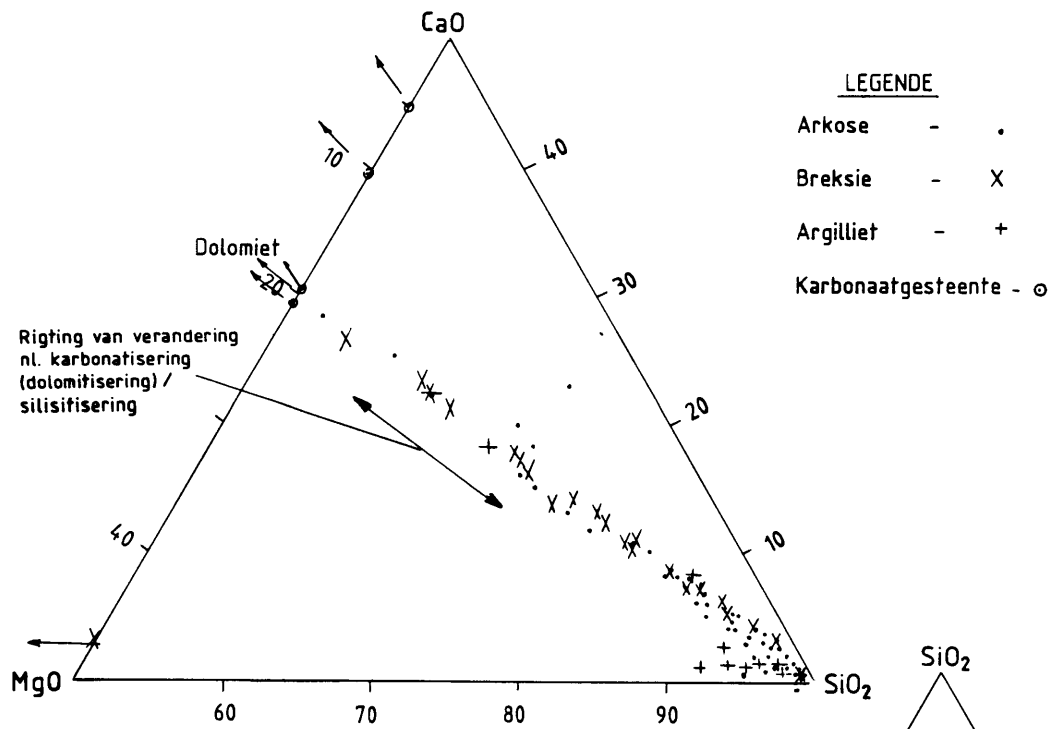


Fig. 27 SAMESTELLING VAN VERSKILLEDE WANDGESTEENTES IN TERME VAN CaO, MgO EN SiO₂

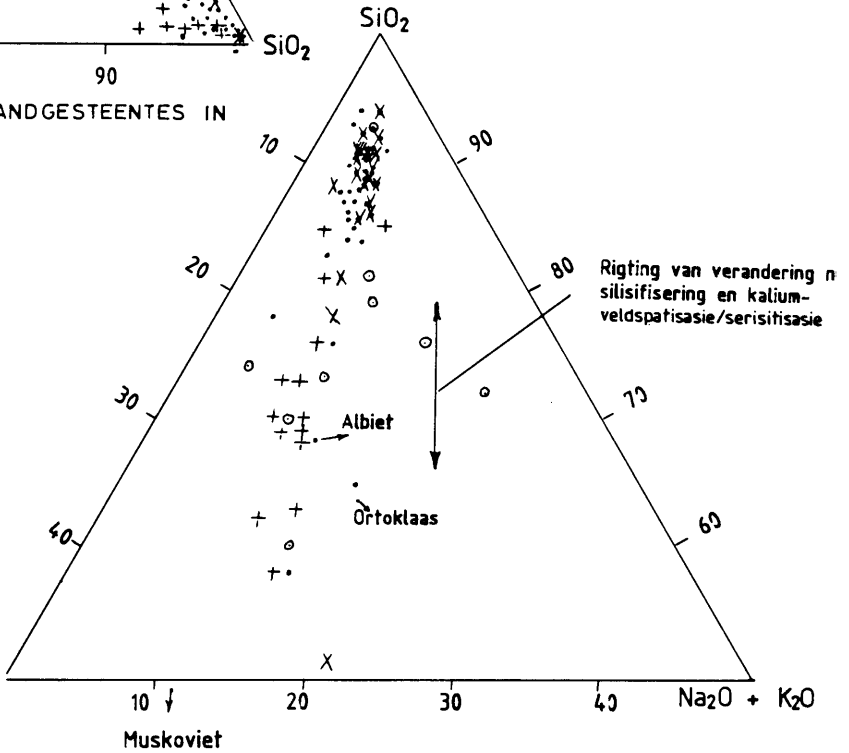


Fig. 28 CHEMIESE VARIASIE VAN VERSKILLEDE WANDGESTEENTES IN TERME VAN SiO₂, Al₂O₃ EN Na₂O + K₂O

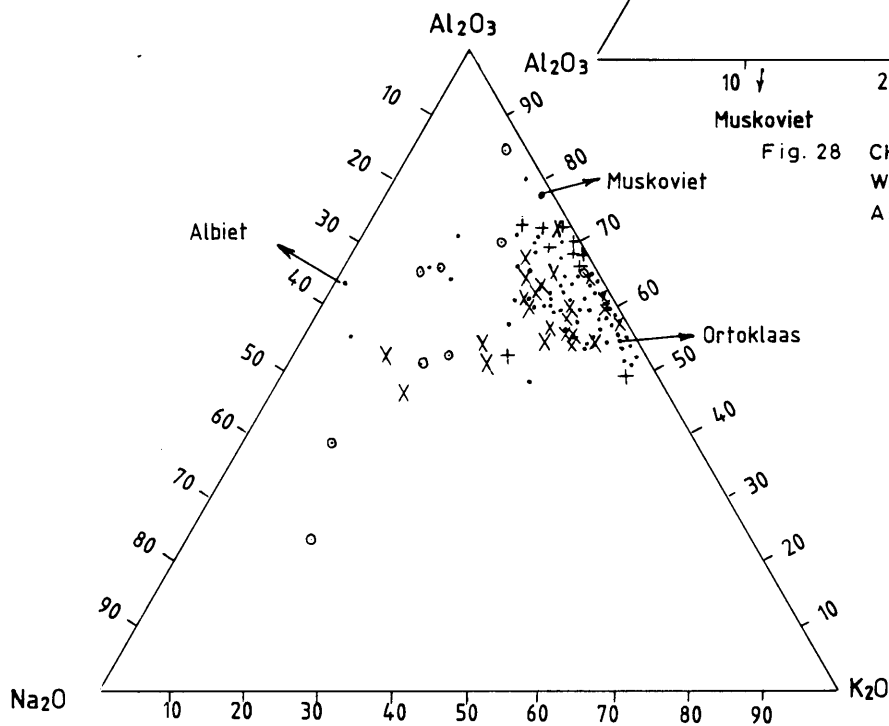


Fig. 29 VARIASIE VAN VERSKILLEDE WANDGESTEENTES IN TERME VAN Al₂O₃, Na₂O EN K₂O

Die feit dat sommige van die analyses buite die driehoek albiet-muskoviet-ortoklaas in Fig. 29 val, mag moontlik toegeskryf kan word aan die aanwesigheid van klein hoeveelhede kleiminerale soos kaoliniet en Na-montmorilloniet. Laasgenoemde geld veral vir sommige karbonaatgesteentes en breksies.

Fig. 30 bevestig die afleidings wat na aanleiding van Fig. 27 en 28 gemaak is, en illustreer oënskynlik dat die pirietmineralisasie in wese onafhanklik van die gesteentetipe voorkom.

Volgens Fig. 31 word veral die arkosiet (in die vloergesteentes) deur kopermineralisasie gekenmerk. In die geval van lood en sink is daar geen duidelike voorkeur vir 'n bepaalde gesteentetipe nie. Die oop veld tussen Cu en Pb bevestig in wese die ertssamestelling van vulkanogenetiese sulfiedertse soos in baie wêrelddele vasgestel (Stanton, 1972, Fig. 15 - 12a).

Fig 32 illustreer weer eens dat die arkosiet primêr relatief ryk is aan veldspaat, en die argilliet aan glimmer. Die breksie en in 'n mindere mate ook die arkosiet, word deur toenemende dolomitisering gekenmerk.

Fig. 33 bevestig die muskovietryke aard van die argilliet en die veldspaatryke aard van die arkosiet. Dit toon ook aan (in teenstelling met Fig. 30) dat hoëgraadse pirietmineralisasie geneig is om eerder in breksie en karbonaatgesteente voor te kom. Die breksies toon verder 'n swak neiging tot veldspaat-verarming, wat moontlik aan sekondêre silisifisering en/of dolomitisering toegeskryf kan word.

6.3 LATERALE GEOCHEMIESE VARIASIES IN DIE WANDGESTEENTES

6.3.1 Korrelasiematrikse

Aangesien in baie monsters tot 37 elemente geanaliseer is, en die gegewens in terme van die afstand na en die dikte van

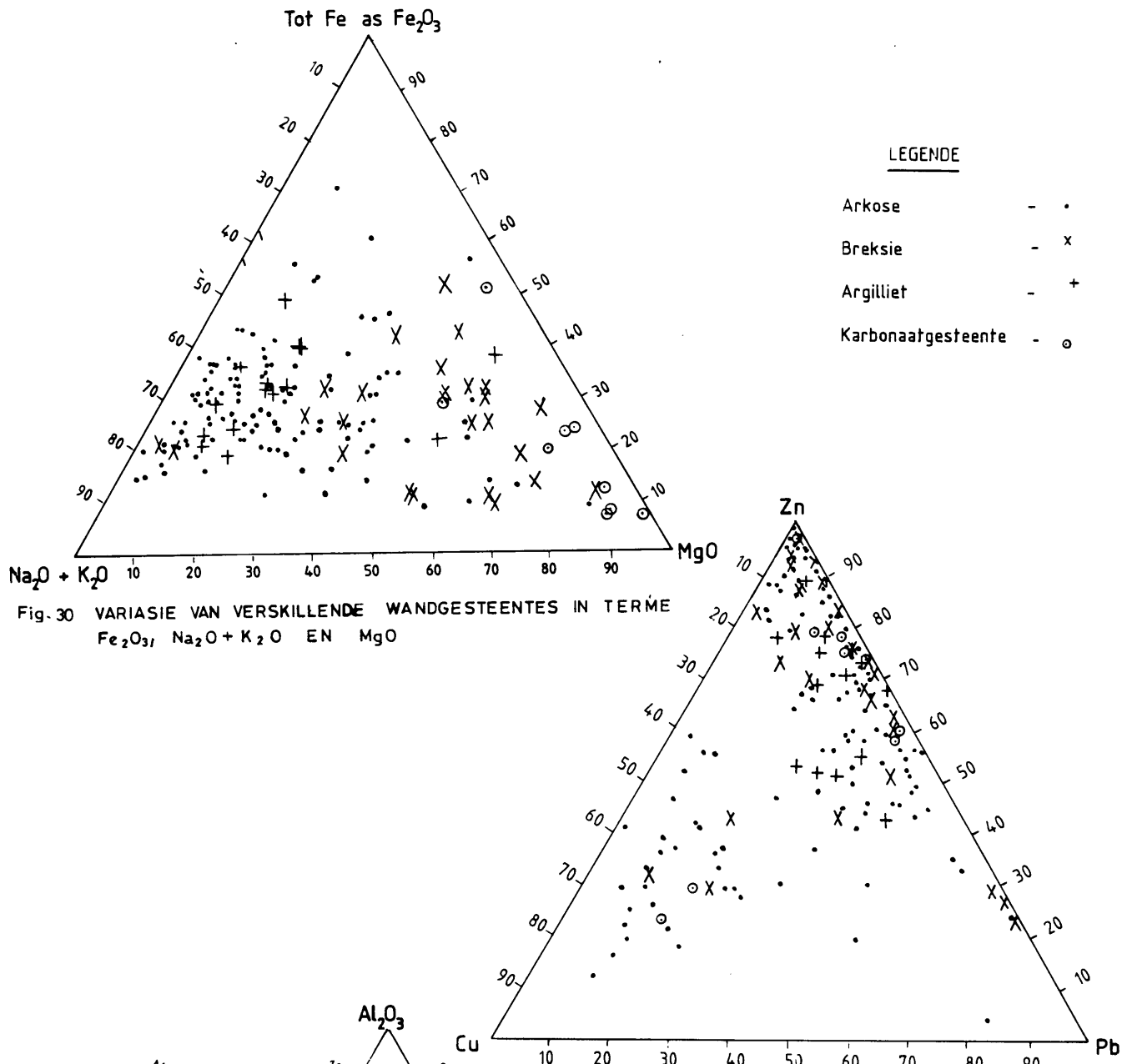


Fig. 30 VARIASIE VAN VERSKILLENE WANDGESTEENTES IN TERME Fe₂O₃, Na₂O + K₂O EN MgO

Fig. 31 SAMESTELLING VAN VERSKILLENE WANDGESTEENTES IN TERME VAN Zn, Cu EN Pb

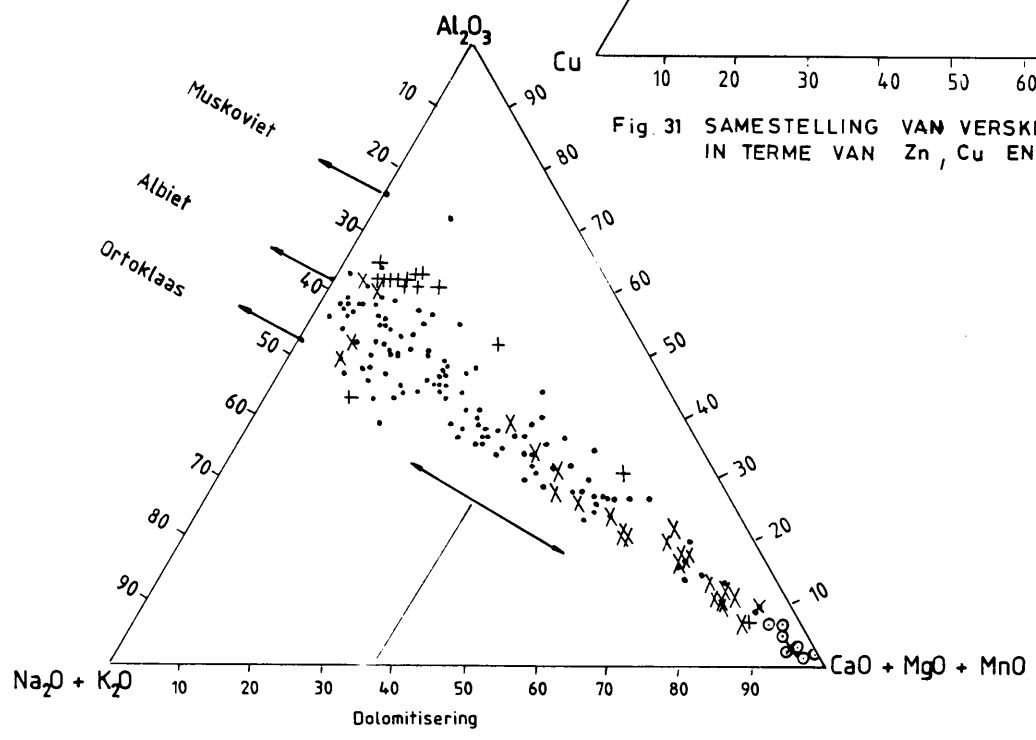


Fig. 32 SAMESTELLING VAN VERSKILLENE WANDGESTEENTES IN TERME VAN Al₂O₃, Na₂O + K₂O EN CaO + MgO + MnO

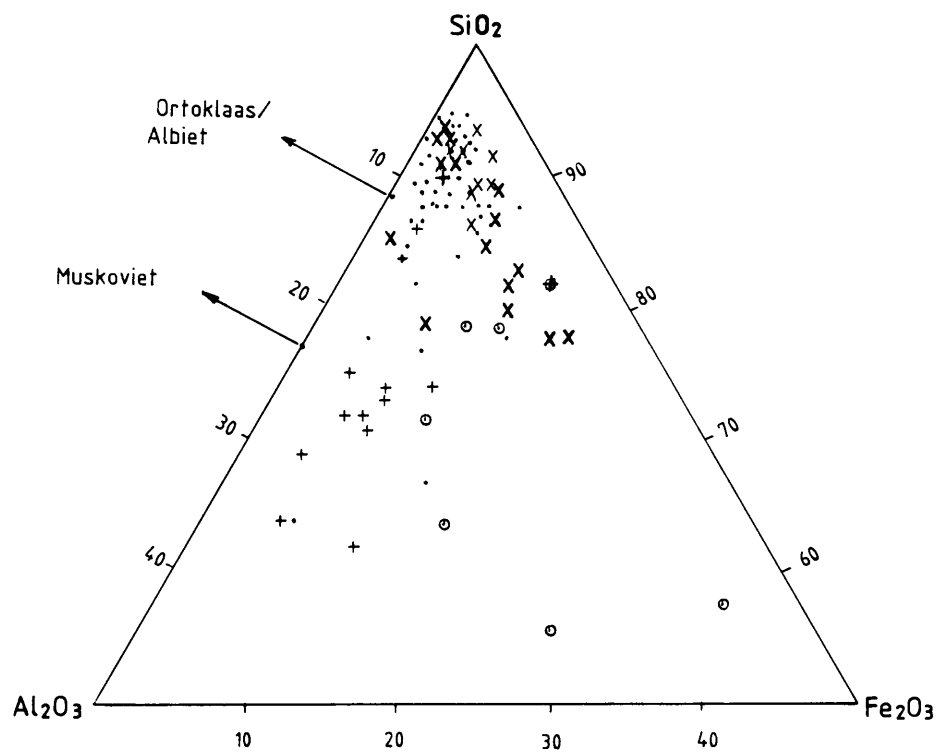


Fig.33 CHEMIESE VARIASIE VAN VERSKILLENDE WANDGESTEENTES
IN TERME VAN SiO_2 , Al_2O_3 EN Fe_2O_3

LEGENDE

Arkose	-	•
Breksie	-	x
Argilliet	-	+
Karbonaatgesteente	-	o

die ertsliggaam uitgedruk is, bestaan daar 'n geweldige groot aantal moontlike verwantskappe tussen die veranderlikes.

Korrelasiematrikse vir die veranderlikes is met behulp van die rekenaar saamgestel en word gegee in Aanhangsel A en B vir die dak- en vloerkwartsiete onderskeidelik. In hierdie bespreking word net grafiese voorstellings van statistiese betekenisvolle verwantskappe, sowel as enkele interessante tendense in bepaalde monsterrreekse vir illustrasiedoeleindes gebruik.

6.3.2 Kwartsiet (arkosiet)

6.3.2.1 Konsentrasie teen afstand na die ertsliggaam

(i) Enkelvoudige regressie-analise

Figure 34 - 44 stel die betekenisvolle (P neig na 0) statistiese veranderings voor van die elemente wat die beste resultate lewer met betrekking tot toenames of afnames na die ertsliggame. Op die figure word die gemiddelde waarde ook aangetoon. Laasgenoemde kan beskou word as die drumpelwaarde om anomale waardes te probeer identifiseer.

Die betekenisvolle tendense van verandering in hoofelementkonsentrasie rondom die ertsliggame in die kwartsitiese wandgesteentes (met die statistiese betekenisvolheid van elke element) word in Tabel IX opgesom. Betekenisvolle verskille tussen die dak- en vloerkwartsiete in terme van verskillende elemente word ook gegee, sowel as die drumpelwaarde - wat ook die gemiddelde waarde insluit.

Vir die spoorelemente word dieselfde gegewens in Tabel X opgesom.

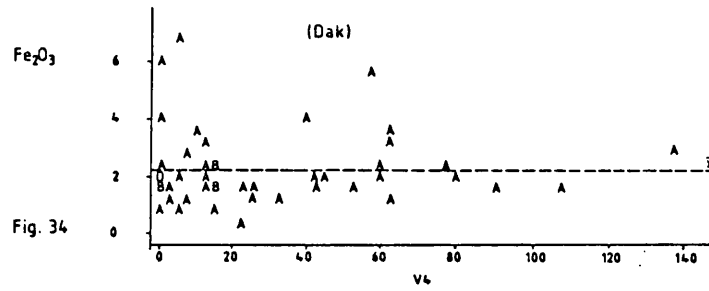


Fig. 34

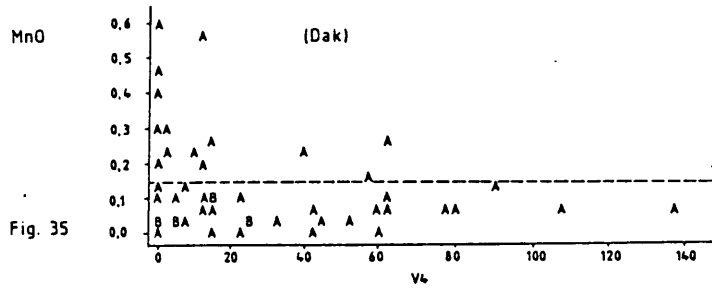


Fig. 35

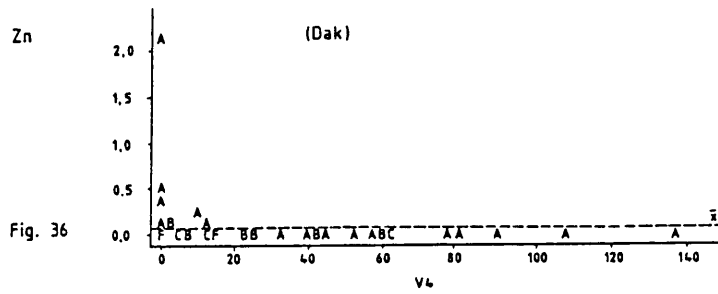


Fig. 36

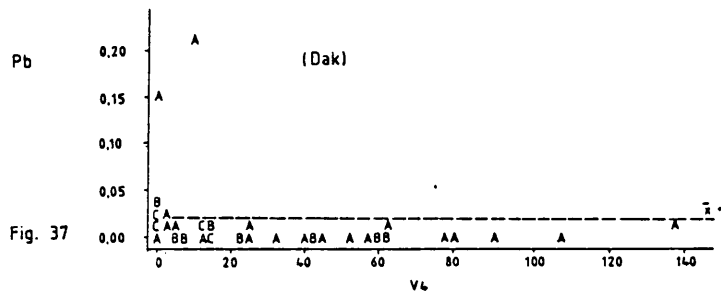


Fig. 37

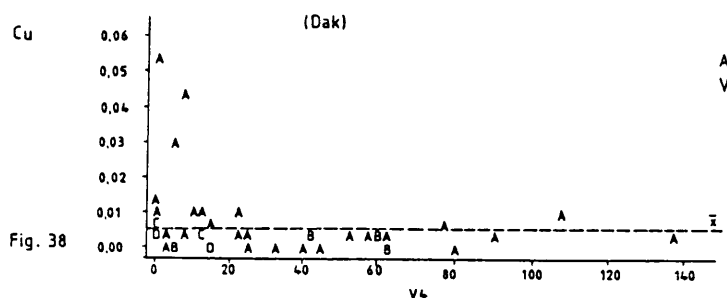
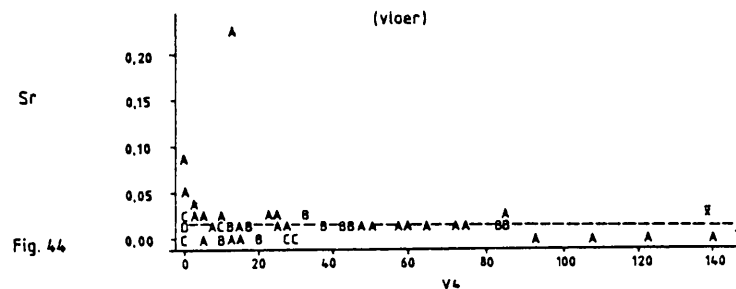
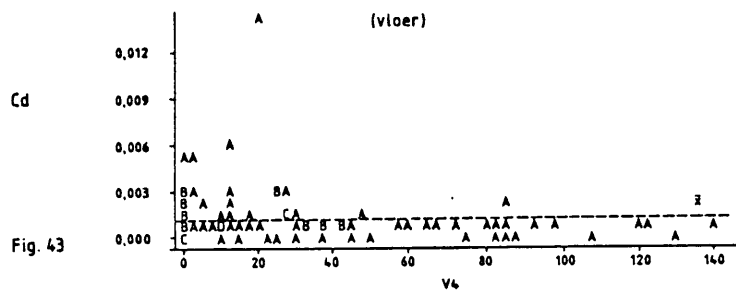
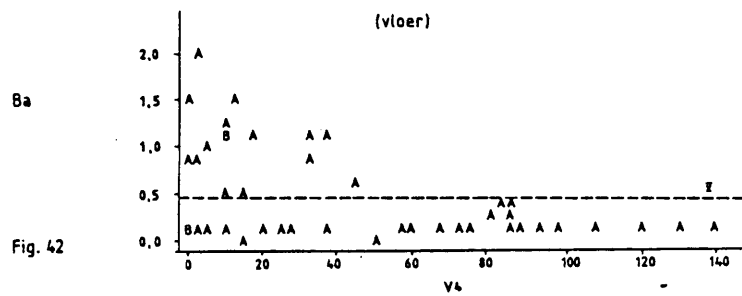
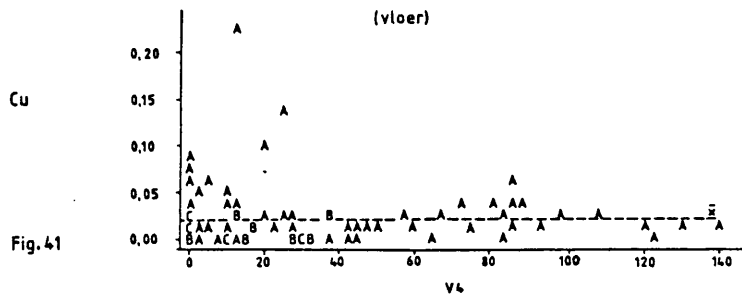
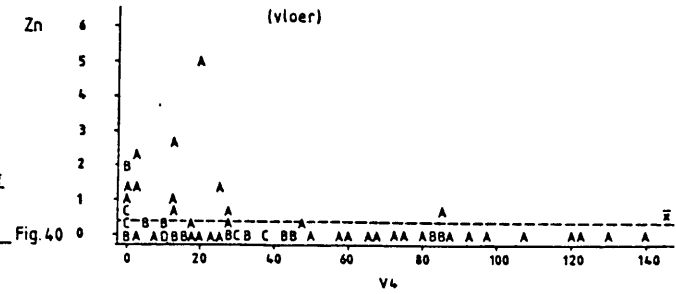
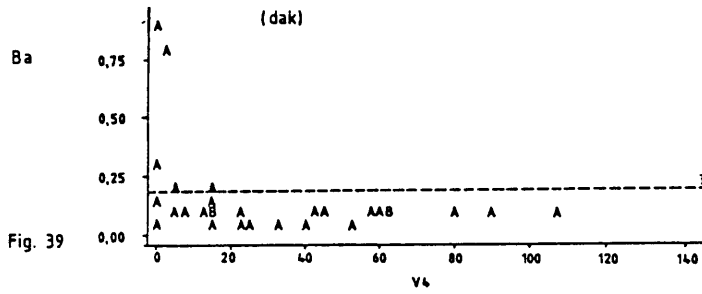


Fig. 38

LEGENDE
A = 1 OBS, B = 2 OBS ens.
V4 = Afstand na ertsliggaam

Elemente teen afstand na die ertsliggaam in kwartstiese wandgesteentes



LEGENDE
A = 1 OBS, B = 2 OBS ens.
V4 = Afstand na ertsliggaam

Elemente teen afstand na die ertsliggaam in kwartsitiese wandgesteentes

**TABEL IX : BETEKENISVOLLE VERANDERING VAN HOOFELEMENTKONSENTRASIE MET AFSTAND
 NA DIE ERTSLIGGAAM: ENKELVOUDIGE REGRESSIE-ANALISE**

DAK VAN ERTSLIGGAAM					VLOER VAN ERTSLIGGAAM				
Element	Toename (+) Afname (-)	Betroubaarheid (P) Kwadratiese en Lineêr (Kw + Li) Kwadratiese (Kw) Lineêr (Li)	Drumpel- waarde (Gem.) Dak	Fig.	Toename (+) Afname (-)	Betroubaarheid (P) Kwadratiese en Lineêr (Kw + Li) Kwadratiese (Kw) Lineêr (Li)	Betekenis- volle ver- skil (P) tussen Dak en Vloer	Drumpel- waarde (Gem.) Vloer	Fig.
SiO ₂			70,95				0,0157	77,50	
TiO ₂			0,25		-	0,0034 (Kw + Li) 0,0009 (Li)	0,063	0,21	
Fe ₂ O ₃	+	0,1739 (Kw + Li)	2,25	34	+	0,012 (Kw + Li) 0,018 (Kw)		2,35	
MnO	+	0,51 (Li)	0,14	35	-	0,051 (Kw + Li) 0,028 (Kw + Li)	0,045	0,22	
MgO			2,37				0,018	1,47	
CaO			4,53				0,026	2,33	
Na ₂ O			0,59				0,0001	0,13	
K ₂ O			2,87		-	0,034 (Kw + Li) 0,010 (Li)	0,017	3,33	

TABEL X : BETEKENISVOLLE VERANDERING VAN SPOORELEMENTKONSENTRASIE MET
AFSTAND NA DIE ERTSLIGGAAM: ENKELVOUDIGE REGRESSIE-ANALISE

DAK VAN ERTSLIGGAAM					VLOER VAN ERTSLIGGAAM				
Element	Toename (+) Afname (-)	Betroubaarheid (P) Kwadratiese en Lineêr (Kw + Li) Kwadratiese (Kw) Lineêr (Li)	Drumpel- waarde (Gem.) Dak	Fig.	Toename (+) Afname (-)	Betroubaarheid (P) Kwadratiese en Lineêr (Kw + Li) Kwadratiese (Kw) Lineêr (Li)	Betekenis- volle ver- skil (P) tussen Dak en Vloer	Drumpel- waarde (Gem.) Vloer	Fig.
Organiese Koolstof					-	0,020 (Kw + Li) 0,0057 (Li)			
Zn	+	0,050 (Kw + Li) 0,051 (Kw)	0,09	36	+	0,0004 (Kw + Li) 0,0047 (Kw) 0,0033 (Li)	0,0106	0,39	40
Pb	+	0,0145 (Kw + Li) 0,0172 (Li)		37	+	0,0463 (Kw)			
Cu	+		0,0062	38	+		0,0004	0,024	41
Ba	+		0,152	39	+	0,0011 (Li) 0,0044 (Kw + Li)	0,0017	0,475	42
Cd			0,0007		+	0,0046 (Kw + Li) 0,0192 (Kw) 0,0181 (Li)	0,0491	0,0013	43
Sr					+	0,0589 (Kw + Li) 0,0587 (Kw)			44
Rb					-	0,0453 (Kw + Li) 0,0137 (Li)			
Co					-	0,0001 (Kw + Li) 0,0001 (Li)			
Ni					-	0,0044 (Kw + Li) 0,0013 (Li)			
Zr	+	0,0326 (Kw + Li) 0,0288 (Li)			-	0,0033 (Kw + Li) 0,0008 (Li)			
Nb					-	0,0181 (Kw + Li) 0,0071 (Li)			
Y					-	0,0134 (Kw + Li) 0,0046 (Li)			

(ii) Meervoudige regressie analise

By die meervoudige regressie-analise is die volgende elemente geselekteer:

- (a) Dakkwartsiete: MgO, CaO, Ag en Sr
- (b) Vloerkwartsiet: MnO, Zn, Cu, Co en Ni.

Tabel XI gee die resultate van meervoudige regressie-analise van elke ertsliggaam apart en Tabel XII die meervoudige regressie-analise van al die kwartsitiese wandgesteentes.

In die tabelle word ook die voorspelde afstande met die waargenome afstande vergelyk. Die voorspelde afstand word in regressie-analise volgens 'n meervoudige regressievergelyking bepaal, en word dan met die waargenome afstand vergelyk, om die korrektheid van voorspelling van afstand te bepaal.

In die geval van die A-ertsliggaam - dak- en vloereenheid, - sowel as die B-ertsliggaam - dakeenheid, - word 100% van die variasies verklaar, en sal voorspelde afstande korrek wees. 'n Moontlike rede hiervoor kan wees dat daar te min monsters in hierdie gevalle bestaan vir 'n werklike betroubare statistiese ontleding, naamlik 4, 4, en 2 respektiewelik.

In al die ander gevalle is dit duidelik dat daar nie 'n bruikbare voorspelling bestaan van die nabyheid van 'n ertsliggaam nie, want die voorspelde afstand stem nooit ooreen met die waargenome afstand vir verskillende monsters nie.

6.3.2.1.1 Tussenelementverhoudings in die veranderingsone

Die elementverhoudings wat veranderingstendense in die nabyheid van die ertsliggame aantoon, word in Tabel XIII opgesom, terwyl die mees betekenisvol elementverhoudings voorgestel word in Fig. 45 - 49.

TABEL XI : MEERVOUDIGE REGRESSIE-ANALISE VAN VERSKILLENDIGE ERTSLIGGAME

DAK							VLOER					
Erts= liggaam	Element	Kwadraties/ Lineêr	Betroubaar= heid (P)	Verklaring van variasies	Waargenome afstand	Voorspelde afstand	Element	Kwadraties/ Lineêr	Betroubaar= heid (P)	Verklaring van variasies	Waargenome afstand	Voorspelde afstand
A	MgO	Kwad.	.	100%	0,00	0,00	MgO	Lineêr	.	100%	12,00	12,00
	CaO	"	.		12,00	12,00	Zn	"	.		42,00	42,00
	CaO	Lineêr	.		60,40	60,40	Zn	Kwad.	.		82,00	82,00
	Ag	"	.		1,60	1,60	Cu	Lineêr	.		122,00	122,00
	Sr	Kwad.	.				Co	"	.			
	Sr	Lineêr	.				Ni	"	.			
B	MgO	Kwad.	.	100%	0,00	0,00	MnO	Lineêr	0,6045	79%	0,00	2,31
	CaO	Lineêr	.		12,00	12,00	Zn	"	0,4781		0,00	4,30
	CaO	Kwad.	.				Zn	Kwad.	0,4978		0,00	-0,71
	Ag	Lineêr	.				Cu	Lineêr	0,6914		12,00	1,61
	Sr	"	.				Co	"	0,8458		0,00	6,64
	Sr	Kwad.	.				Ni	"	0,5908		22,00	30,24
C	MgO	Kwad.	0,0957	56%	61,70	34,44	MnO	Lineêr	0,0419	60%	0,00	20,44
	CaO	Lineêr	0,4275		56,50	52,82	Zn	"	0,0083		2,20	11,30
	CaO	Kwad.	0,9909		44,50	26,77	Zn	Kwad.	0,0254		15,20	29,19
	Ag	Lineêr	0,3290		41,10	34,78	Cu	Lineêr	0,0053		24,10	27,84
	Sr	"	0,3123		14,70	36,76	Co	"	0,0821		36,70	27,49
	Sr	Kwad.	0,4139		80,10	20,38	Ni	"	0,0009		74,10	39,52
Suide= like= Erts= veld	MgO	Kwad.	0,4300	84%	15,80	24,51	MnO	Lineêr	0,6682	32%	10,00	21,97
	CaO	Lineêr	0,6988		0,00	13,24	Zn	"	0,6510		18,30	22,70
	CaO	Kwad.	0,9827		2,00	1,91	Zn	Kwad.	0,6785		31,70	18,55
	Ag	Lineêr	0,9458		16,00	16,12	Cu	Lineêr	0,1680		46,00	21,03
	Sr	"	0,9802		24,70	16,69	Co	"	0,6572		32,00	17,66
	Sr	Kwad.	0,8953		10,00	9,79	Ni	"	0,1356		3,60	16,89

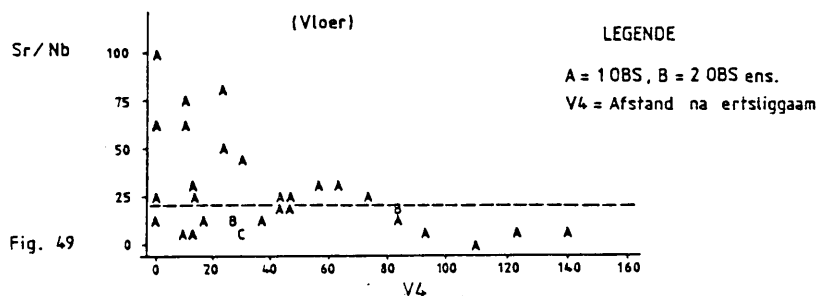
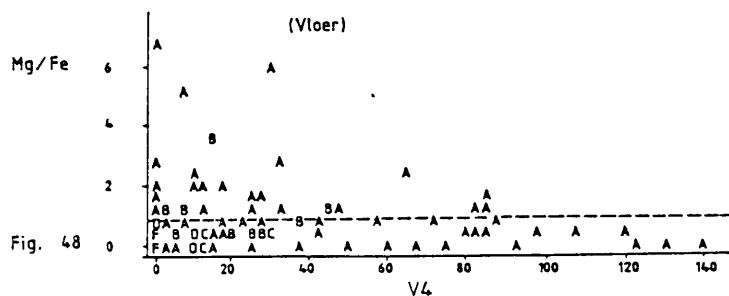
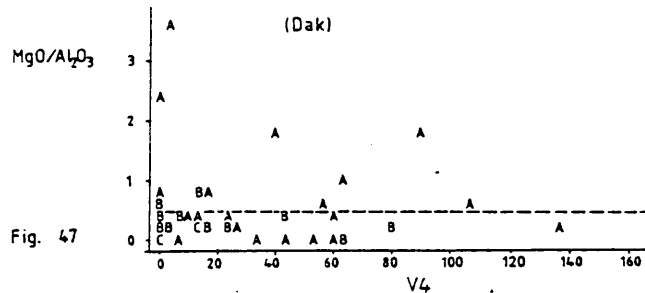
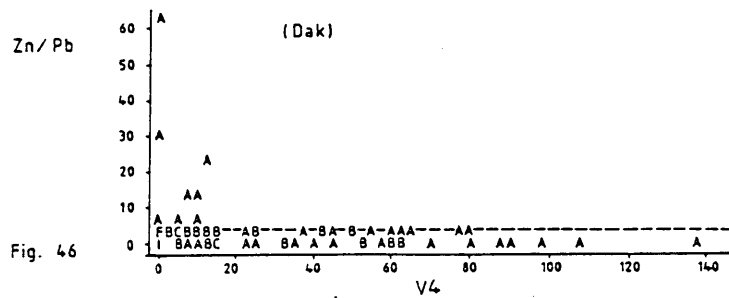
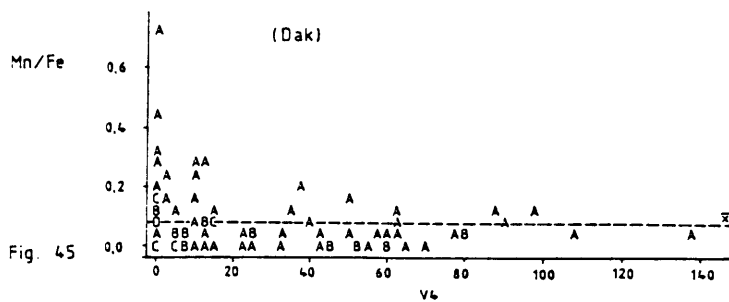
TABEL XII : MEERVOUDIGE REGRESSIE-ANALISE VAN ALLE KWARTSITIESE WANDGESTEENTES

DAK						VLOER					
Element	Kwadraties/ Lineêr	Betroubaar= heid (P)	Verklaring van variasies	Waargenome afstand	Voorspelde afstand	Element	Kwadraties/ Lineêr	Betroubaar= heid (P)	Verklaring van variasies	Waargenome afstand	Voorspelde afstand
MgO	Kwadraties	0,0114	58%	61,70	33,91	MnO	Lineêr	0,0319	52%	0,00	21,46
CaO	Lineêr	0,0007		56,50	65,98	Zn	Lineêr	0,0021		2,20	-23,41
CaO	Kwadraties	0,0001		44,50	23,10	Zn	Kwadraties	0,0142		15,20	26,26
Ag	Lineêr	0,0850		41,10	41,65	Cu	Lineêr	0,0004		14,10	24,55
Sr	Lineêr	0,0007		26,20	27,04	Co	Lineêr	0,0069		36,70	21,69
Sr	Kwadraties	0,0007		14,70	39,43	Ni	Lineêr	0,0001		49,20	36,83

TABEL XIII : TUSSENELEMENTVERHOUDINGS TEENOR AFSTAND NA DIE ERTSLIGGAAM

Dak van die ertsliggaam

Elementverhouding	Toenemende tendens (+) Afnemende tendens (-)	Grootte van ouereool rondom die ertsliggaam	Fig.
Mg/Fe	+	110	45 47
Mn/Fe	+	65	
Co/Ni	+	20	
Rb/Sr	+	80	
Zn/Pb	+	20	
Mn/Rb	+	20	
Zn/Nb	+	20	
Si/Sr	+	80	
MgO/Al ₂ O ₃	+	110	
K ₂ O/CaO	+	65	
Vloer van die ertsliggaam			
Mg/Fe	+	90	48
Mn/Fe	+	85	49
Co/Ni	+	60	
Zn/Pb	+	30	
K/Zn	-	60	
Zn/Nb	+	50	
SiO ₂ /MgO	+	100	
Ba/Rb	+	90	
K ₂ O/CaO	+	40	
Sr/Nb	+	85	



Elementverhoudings teen afstand na die ertstiggam

6.3.2.1.2 Verandering in terme van arkosiet A, B en C

Die veranderde arkosiet B en C (soos by die C-ertsliggaam) word hoofsaaklik gekenmerk deur 'n laer Na_2O -inhoud in vergelyking met arkosiet A. Daarenteen is die SiO_2 -inhoud in die vloerarkosiete, en veral arkosiet B_1 , hoër as in die dakarkosiet. Die K_2O -inhoud in arkosiet B_1 is laer as in die ander arkosiete, terwyl arkosiet C effens hoër in K_2O vertoon. Arkosiet B_1 en B_2 word ook gekenmerk deur anomale waardes van Fe_2O_3 in beide hierdie arkosiete, met anomale waardes van MnO in arkosiet B_1 (Fig. 50).

Die verhoudings Si/Na en K/Na gee in die dak- en vloerarkosiete die volgende tendens. Hierdie verhoudings gee 'n skielike toename in die vloerarkosiete in vergelyking met die dakarkosiete. Die verhoudings Si/Na gee die beste toename in die vloerarkosiete in dié verband (Fig. 51a en b).

Na_2O het waarskynlik 'n vermindering ondergaan gedurende veranderingsfases soos silisifisering en kaliumverandering in die vloerarkosiete. Franklik, Gibb, Poulsen, en Severin (1977) het tot die gevolgtrekking gekom dat die Na_2O -uitlosging (vermindering) kenmerkend is, en in sommige gevalle verwant is aan 'n ertsvormende proses. Die kaliumveldspatiasie in die vloerarkosiete het dus waarskynlik ten koste van plagioklaas plaasgevind, soos ook duidelik blyk uit mikroskopiese waarneming (Fig. 16). Volgens Barnes (1979, p.204) word kaliumveldspaat gevorm deur die verandering van plagioklaas gedurende kaliumverandering.

Die verandering van die inhoud van die spoorelemente Zn, Pb, Cu en Ba in arkosiet A, B en C word in Fig. 52 gegee. Hierdie elemente, en veral Ba toon betekenisvolle toenemende tendense in arkosiet B, en veral in B_2 .

Net soos in die geval waar die ertsliggame saam beskou word, bestaan daar by die C-ertsliggaam afsonderlik, ook alleenlik tendense van verandering van die elemente in die onmiddellike

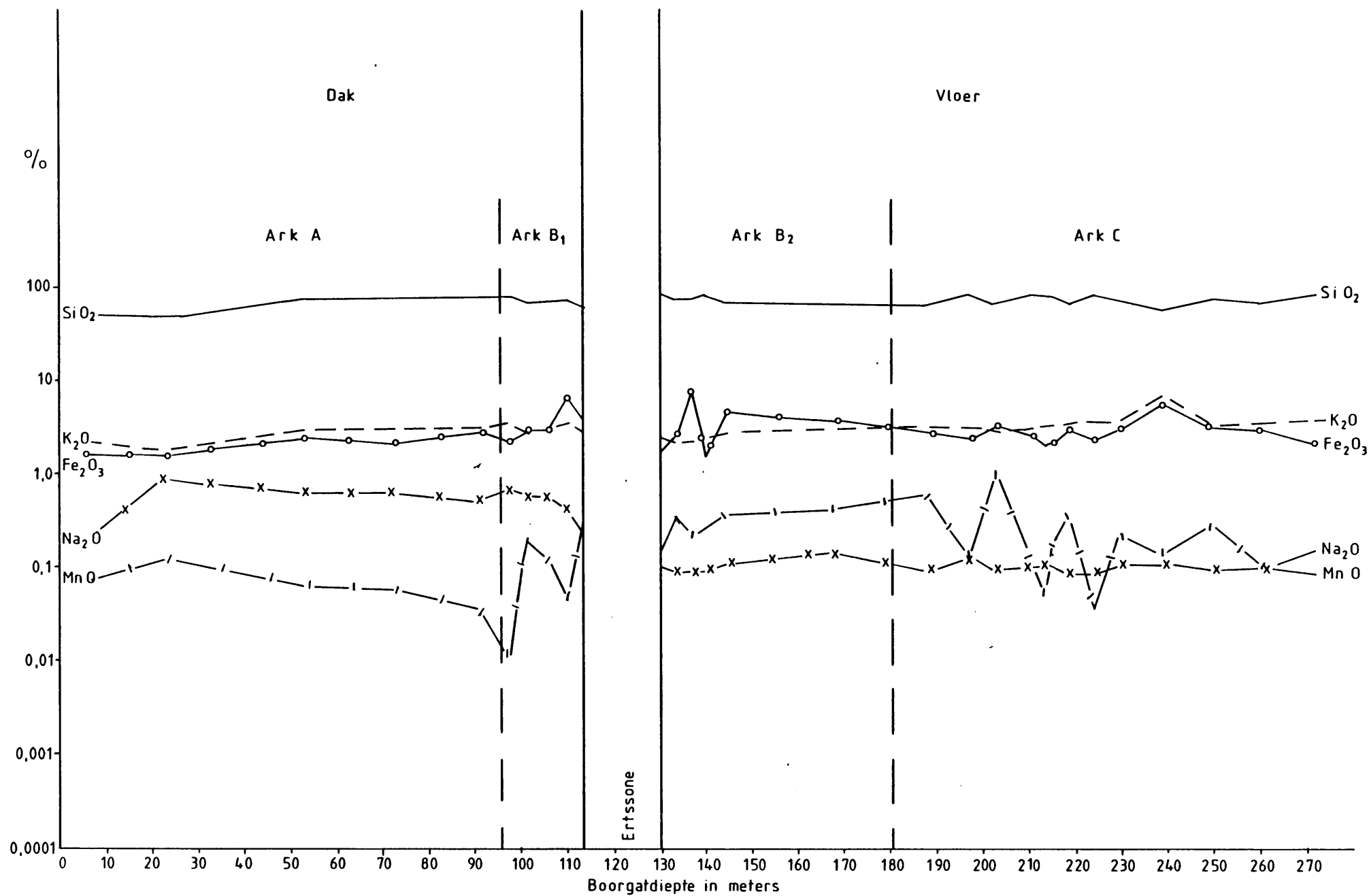


Fig 50 VARIASIE VAN HOOFELEMENTKONSENTRASIE VAN DIE VERSKILLENE VERANDERDE ARKOSIETE

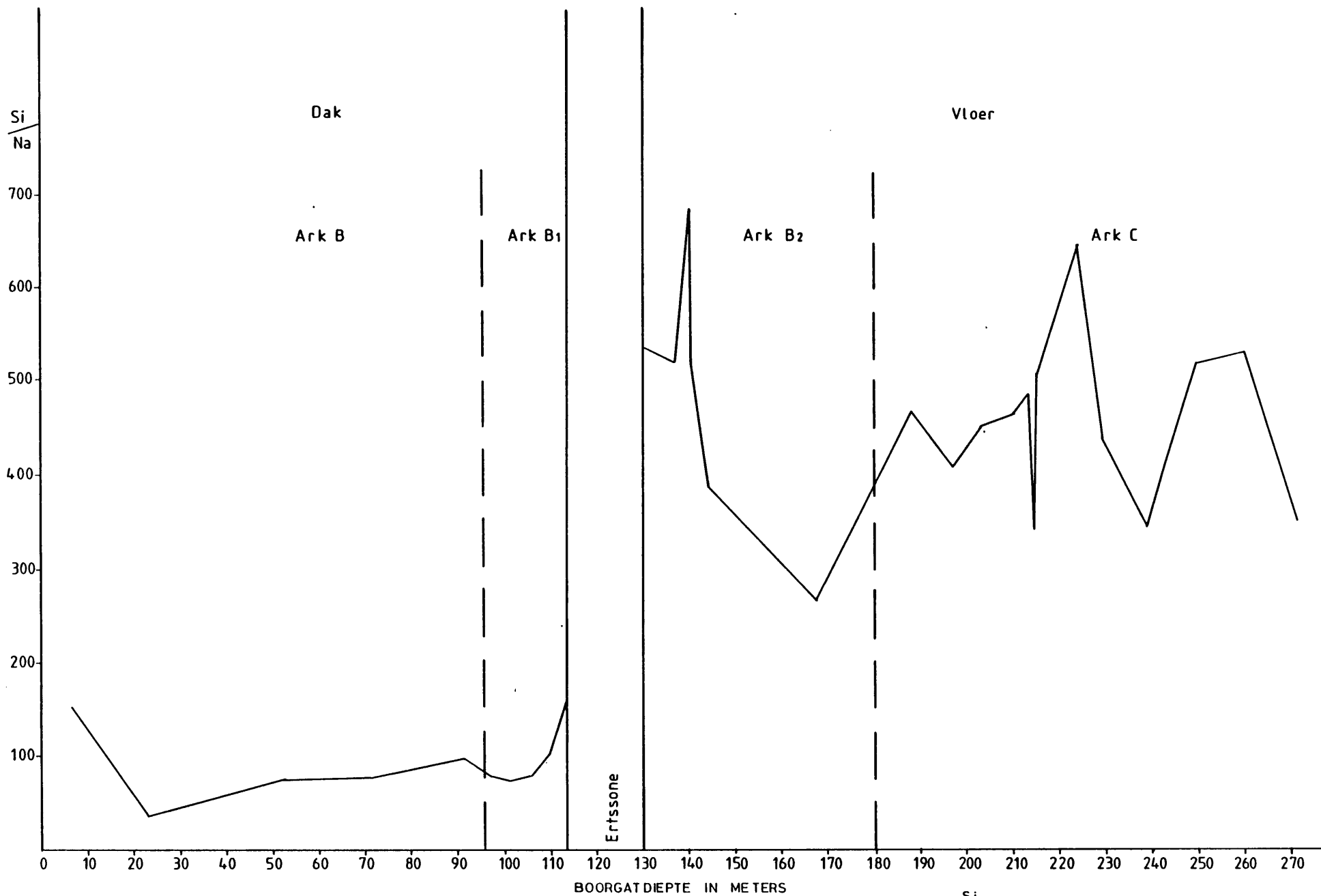


Fig. 51a VARIASIE VAN DIE VERSKILLENDE VERANDERDE ARKOSIETE MET BETREKKING TOT $\frac{Si}{Na}$

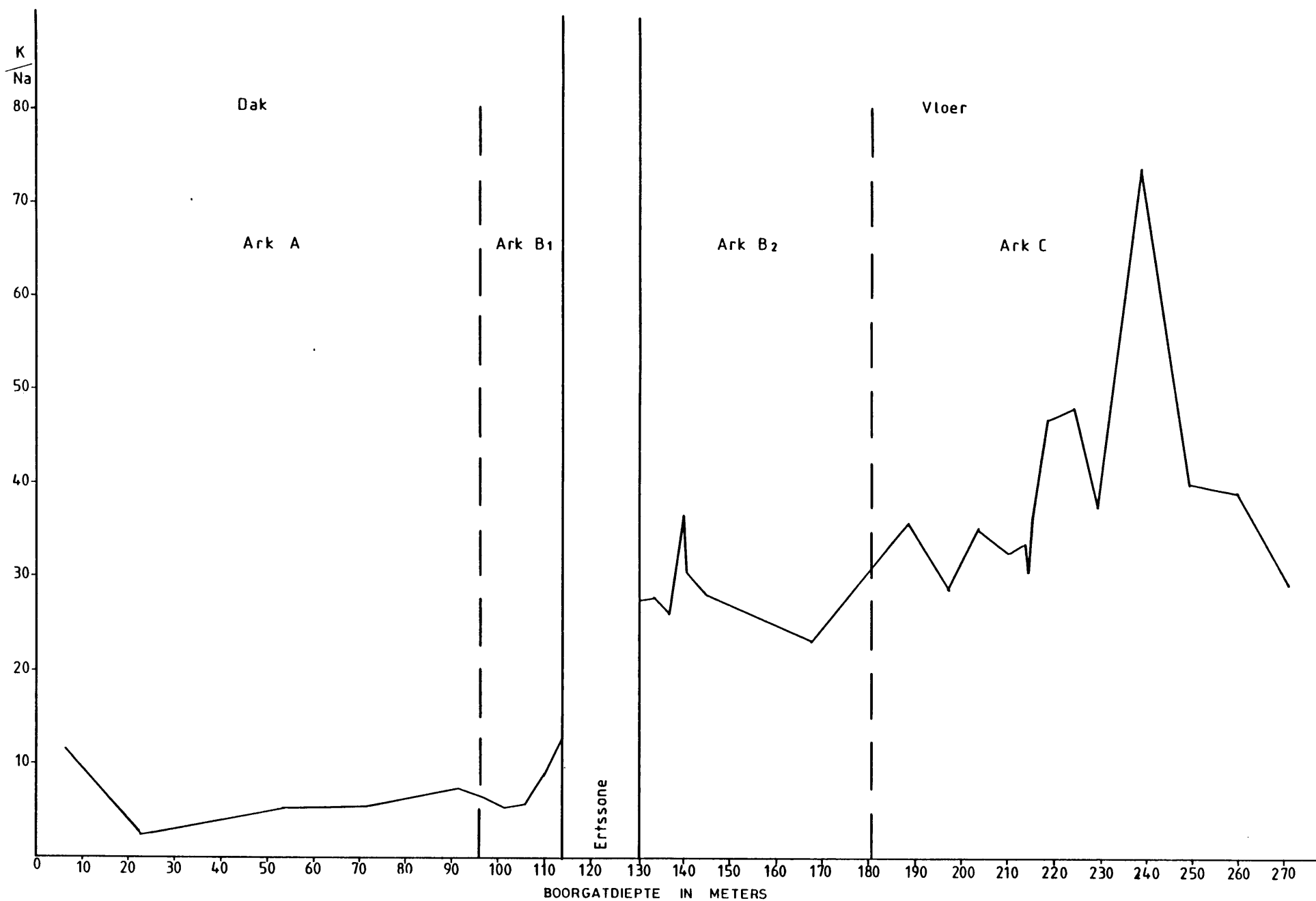


Fig 51b VARIASIE VAN DIE VERSKILLENDE VERANDERDE ARKOSIETE MET BETREKKING TOT $\frac{K}{Na}$

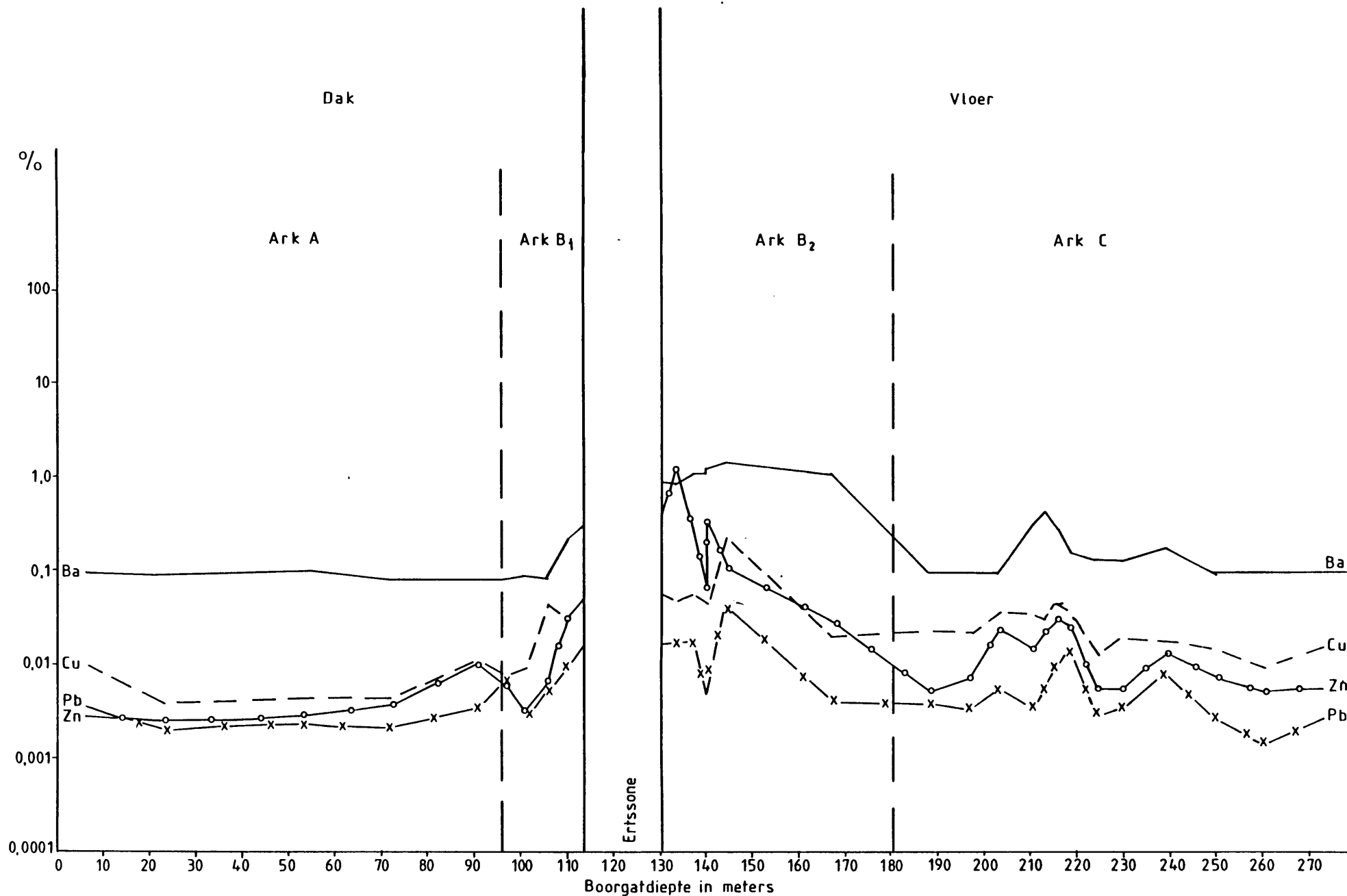


Fig 52 VARIASIE VAN SPOORELEMENTKONSENTRASIE VAN DIE VERSKILLEND VERANDERDE ARKOSIETE

like omgewing van die ertsliggaam, wat waarskynlik nie van veel waarde kan wees vir eksplorاسie nie.

6.3.2.2 Konsentrasie teen dikte van die ertsliggaam

By die laterale verandering is die elementkonsentrasie rondom dunner ertsliggame relatief vergelyk met dié rondom dikker ertsliggame. Enkelvoudige en meervoudige regressieanalise is toegepas.

Figure 53 - 56 dui die betekenisvolle elemente aan wat die beste verandering toon met betrekking tot dunner en dikker ertsliggame in kwartsitiese wandgesteentes. Op die figure word die gemiddelde waardes aangetoon, wat ook beskou word as die drumpelwaardes.

In Tabel XIV word die betekenisvolle verandering in elementkonsentrasie met betrekking tot dikte van die ertsliggame opgesom. In die tabel verskyn ook die statistiese betekenisvolheid van elke element.

6.3.2.3 Konsentrasie teen dikte/afstand

Die verandering in elementkonsentrasie teenoor die verhouding dikte/afstand word in figure 57 - 60 voorgestel. Hierdie figure sluit alleenlik die elemente in wat die beste resultate lewer. Slegs die kwartsiete van die C-ertsliggaam is in aanmerking geneem. Die gemiddelde waarde (drumpelwaarde) is ook op die figure aangebring.

In hierdie geval is die lineêre verband van enkelvoudige regressie-analise toegepas.

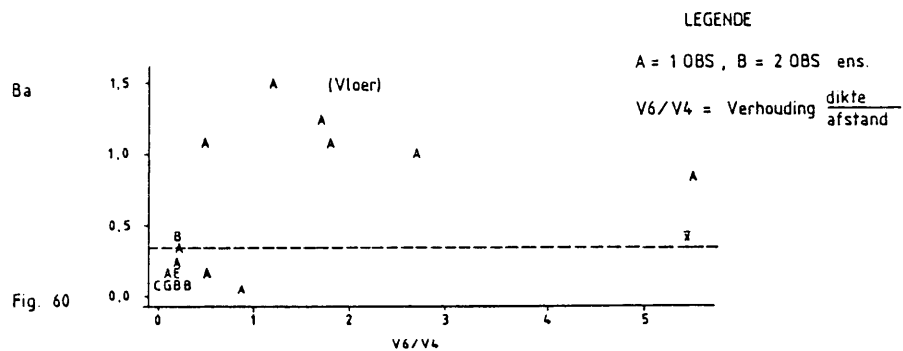
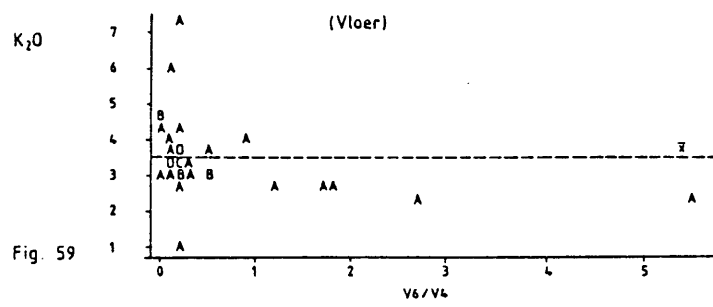
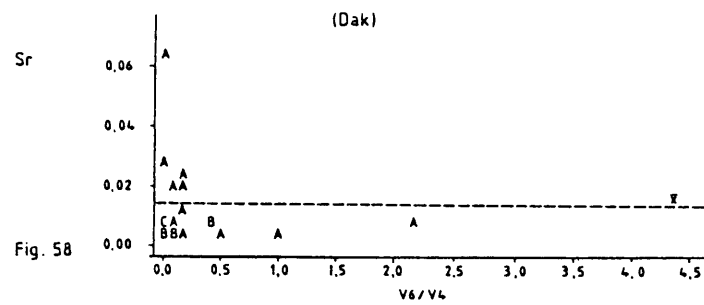
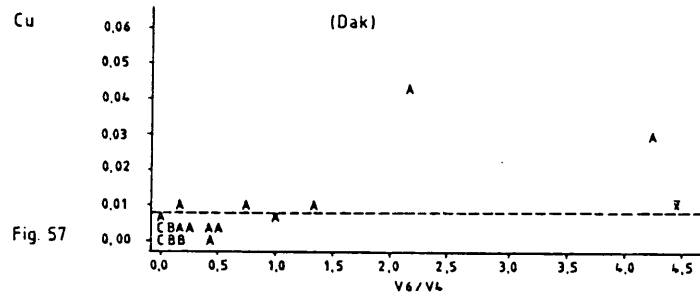
In Tabel XV word die betekenisvolle verandering van elementkonsentrasie teenoor die verhouding dikte/afstand gegee.

Alhoewel die elemente geen intense verandering rondom die ertsliggame wys nie, bestaan daar wel 'n groep hoof- en

TABEL XIV : VERANDERING IN ELEMENTKONSENTRASIE TEENOR DIE DIKTE VAN DIE
 ERTSLIGGAAM - ENKELVOUDIGE- EN MEERVOUDIGE REGRESSIE-ANALISE

DAK VAN ERTSLIGGAAM

Element	Toename (+) Afname (-) na dikker erts- liggame	Betroubaarheid (P) Kwadraties (Kw) Lineêr (Li)	Enkelvoudige Regressie- analise (E R) Meervoudige Regressie- analise (M R)	Gem. waarde van elemente rondom erts- liggame <10 m dikte	Gem. waarde van elemente rondom erts- liggame >10 m dikte	Fig.
TiO ₂	-	0,00358 (Li)	E R	0,287	0,205	
Al ₂ O ₃	-	0,0129 (Li)	E R	6,494	5,015	
MnO	+	0,0212 (Kw)	M R	0,1292	0,1438	53
K ₂ O	-	0,0001 (Li) 0,0006 (Kw)	M R	3,093	2,623	
Organiese Koolstof	+	0,0534 (Li)	E R	0,197	0,339	
Cu	+	0,0513 (Li)	E R	0,0033	0,0092	54
Cd	-	0,0100 (Li)	M R	0,00094	0,00041	
Sr	+	0,0158 (Kw)	M R	0,014	0,021	
Ni	+	0,0001 (Li)	M R (+E R)	0,0014	0,0045	
VLOER VAN DIE ERTSLIGGAAM						
Al ₂ O ₃	-	0,0003 (Li) 0,0017 (Li)	E R M R	5,921	4,591	55
MgO	+	0,0912 (Li)	M R	1,086	1,679	
CaO	+	0,0329 (Kw)	M R	1,603	2,732	
K ₂ O	-	0,0036 (Li)	E R	3,644	3,153	
CO ₂	+	0,0121 (Li)	E R	1,409	4,363	
Ba	+	0,0957 (Li)	E R	0,290	0,591	56
Sr	+	0,0226 (Li) 0,0137 (Li)	E R M R	0,011	0,020	
Co	+	0,0474 (Kw)	M R	0,00021	0,00032	
Ni	+	0,0004 (Li) 0,0001 (Kw, Li)	E R M R	0,002	0,005	



LEGENDE

A = 1 OBS , B = 2 OBS ens.

V6/V4 = Verhouding $\frac{\text{dikte}}{\text{afstand}}$

Elemente teen verhouding $\frac{\text{dikte}}{\text{afstand}}$

TABEL XV : VERANDERING IN ELEMENTKONSENTRASIE TEENoor DIE VERHOUDING $\frac{\text{dikte}}{\text{afstand}}$
 - ENKELVOUDIGE REGRESSIE-ANALISE (lineêre verband)

DAK VAN DIE ERTSLIGGAAM				
Element	Korrelasie Positief (+) Negatief (-)	Betroubaarheid (P)	Fig.	
Fe ₂ O ₃	+	0,0069	57	
CaO	-	0,3076		
K ₂ O	+	0,2259		
Pb	+	0,0125		
Cu	+	0,0001		
Ag	-	0,0182		
Ba	+	0,0003		
Sr	-	0,4726		
Ni	+	0,0018		58
Zr	+	0,3497		
Nb	+	0,1067		
Y	+	0,15888		
VLOER VAN DIE ERTSLIGGAAM				
TiO ₂	-	0,1969	59	
Al ₂ O ₃	-	0,0408		
K ₂ O	-	0,0310		
Organiese koolstof	-	0,3792	60	
Zn	+	0,0139		
Pb	-	0,8382		
Cu	+	0,1176		
Ba	+	0,0002		
Cd	+	0,0267		
Sr	+	0,0166		
Y	-	0,0697		

spoorelemente wat betekenisvolle veranderingstendense rondom die ertsliggame aantoon, maar vanweë onreëlmatighede met groot afwykings is die verwantskappe skynbaar nie van nut as 'n eksplorasiehulpmiddel nie.

6.3.3 Breksie

6.3.3.1 Die geochemiese verband tussen matriks en klaste

Die dak- en vloerbreksie teen die ertssone en 'n vloerbreksie sowat 9 m vanaf die ertssone is chemies onderling met mekaar en ook ten opsigte van die matriks en die fragmente vergelyk (Tabel XVI).

Van Fig. 61(a), (b) en (c) blyk dit dat die litofiele elemente hoofsaaklik in die fragmente konsentreer, behalwe naby die ertsliggaam waar CaO, MgO, en MnO (saam met P₂O₅) by voorkeur in die matriks gehuisves word. Die verrykingsfaktor is dan meestal 2:1 of meer. Die chalkofiele elemente (met uitsondering van kobalt) is in die matriks gekonsentreer, en in die geval van Pb, Ni, Cd en Fe, is die verrykingsfaktor 2:1 of meer. In die geval van nie-gemineralseerde vloerbreksie (9 m vanaf die kontak) is die verrykingsfaktor vir Cd, Pb, Ni en Fe (meer as ongeveer 3:1) waarskynlik 'n baie goeie aanduiding van die nabyheid van erts, en hoe meer elemente in die matriks verryk word relatief tot die fragmente hoe nader is die ertsliggaam. Onder hierdie laasgenoemde elemente tel veral CaO, Zn, Ag en P₂O₅ waarvan die verrykingsfaktor teen die ertsliggaam 2:1 oorskry. Die moontlikheid om die verryking van elemente in die matriks as 'n aanduiding van erts te gebruik, moet egter deur meer gegewens bevestig word.

6.3.3.2 Konsentrasie teen afstand na die ertsliggaam

6.3.3.2.1 Elemente teenoor afstand

Net soos in die geval van die kwartsiete, bestaan daar ook tendense van verandering in elementkonsentrasie in die

TABEL XVI : CHEMIESE VERSKILLE TUSSEN DAK- EN VLOERBREKSIE
 TEEN DIE ERTSSONE EN VLOERBREKSIE OP 'N
 BEPAALDE AFSTAND VANAF DIE ERTSSONE

Element	Dakbreksie (teen ertssone)		Vloerbreksie (teen ertssone)		Vloerbreksie (9 m van ertssone)	
	Matriks %	Fragment %	Matriks %	Fragment %	Matriks %	Fragment %
SiO ₂	60,45	85,70	79,62	87,16	88,17	85,44
TiO ₂	0,127	0,169	0,067	0,197	0,070	0,176
Al ₂ O ₃	2,88	4,28	1,66	4,59	1,43	4,20
Fe ₂ O ₃	5,05	1,15	6,97	0,83	5,15	1,52
MnO	0,791	0,088	0,033	0,026	0,035	0,036
MgO	4,17	0,26	0	0,05	0	0,02
CaO	6,98	1,14	0,60	0,30	0,35	0,42
Na ₂ O	0,641	0,486	0,565	0,514	0,368	0,498
K ₂ O	1,61	2,85	1,05	3,20	0,83	2,70
P ₂ O ₅	0,158	0,084	0,366	0,095	0,051	0,089
Zn	0,8700	0,1450	0,8200	0,2550	0,2010	0,1680
Pb	3,3566	0,3021	2,1538	0,2517	0,1147	0,0420
Cu	0,0390	0,0230	0,0190	0,0200	0,0170	0,0070
Ag	0,0025	0,0007	0,0025	0,0004	0,0004	0,0004
Cd	0,0051	0,0003	0,0006	0,0003	0,0003	0
Sr	0,0242	0,0134	0,0057	0,0083	0,0046	0,0102
Rb	0,0089	0,0100	0,0057	0,0106	0,0031	0,0091
Co	0,0002	0,0002	0,0002	0,0004	0,0002	0,0002
Ni	0,0050	0,0028	0,0042	0,0009	0,0012	0,0004
Zr	0,0125	0,0125	0,0103	0,0130	0,0044	0,0118
Nb		0,0002		0,003	0,0001	0,0004
Y		0,0016		0,0015	0,0004	0,0009
	87,181	96,7188	93,953	97,5244	96,8014	95,3494

CO₂ is nie bepaal nie.

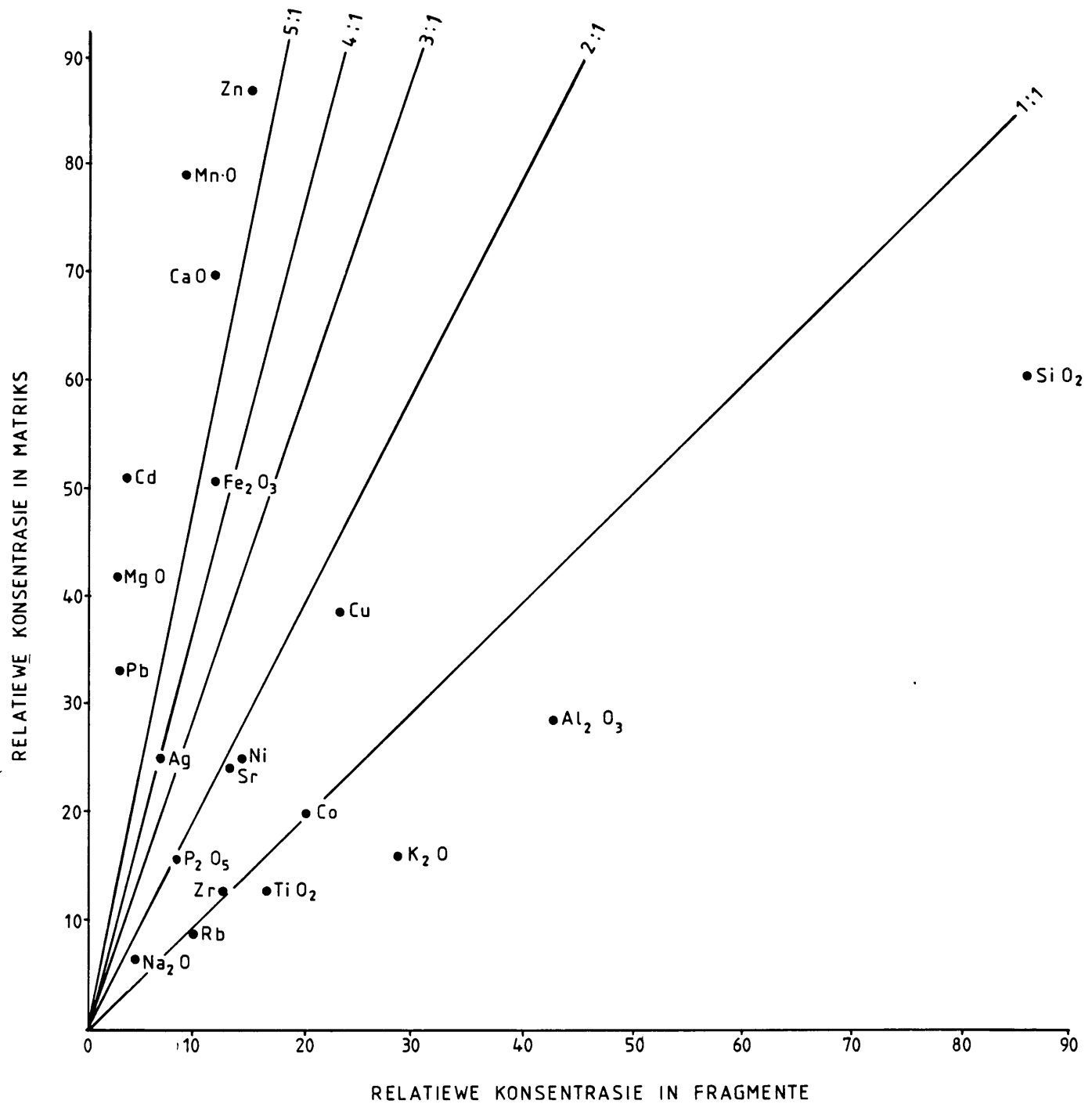


Fig. 61(a) GEOCHEMIESE VERBAND TUSSEN MATRIKS EN KLASTE VAN DAKBREKSIE (TEEN ERTSSONE)

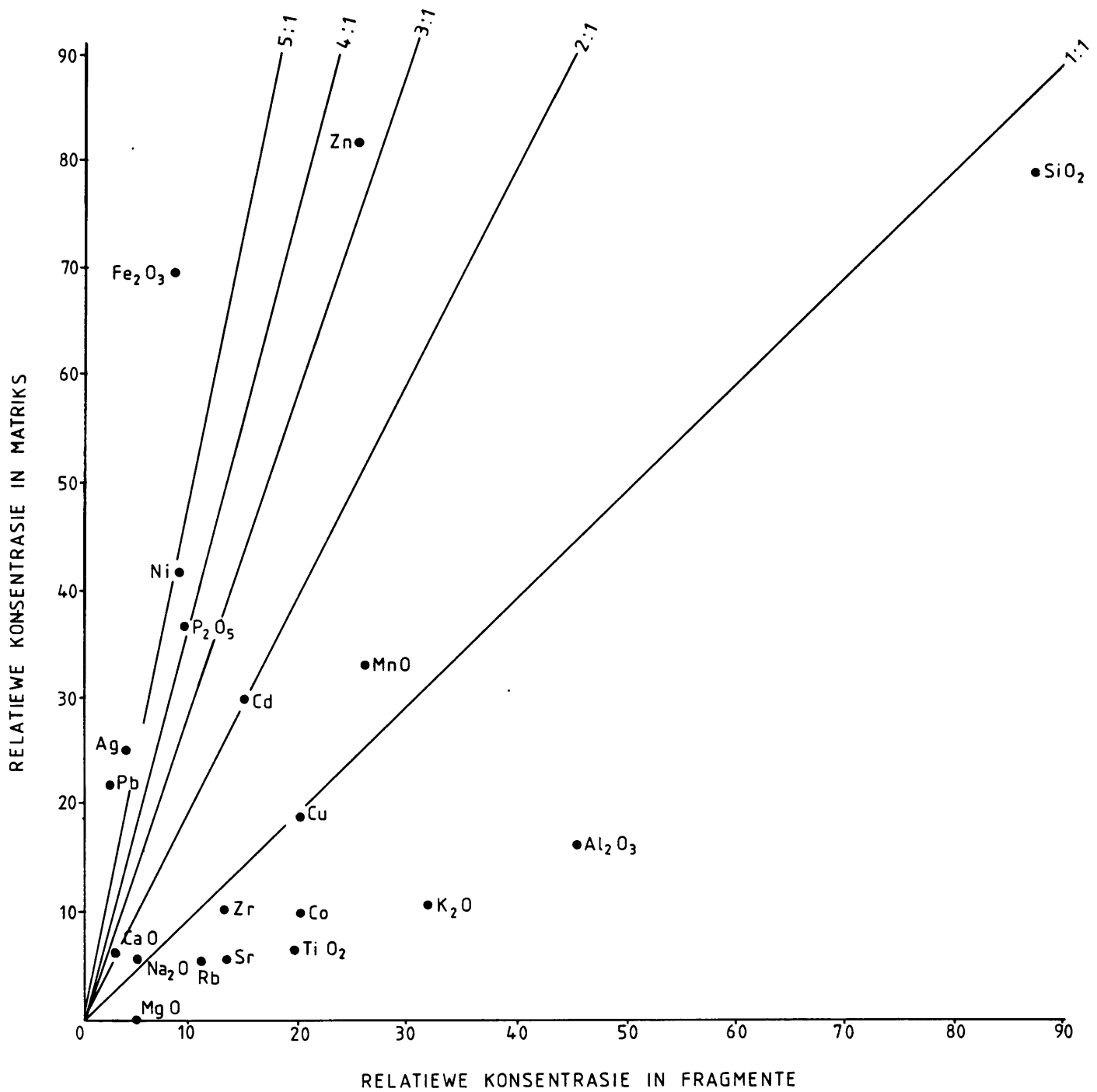


Fig. 61b GEOCHEMIESE VERBAND TUSSEN MATRIKS EN KLASSE VAN VLOERBREKSIE (TEEN ERTSSONE)

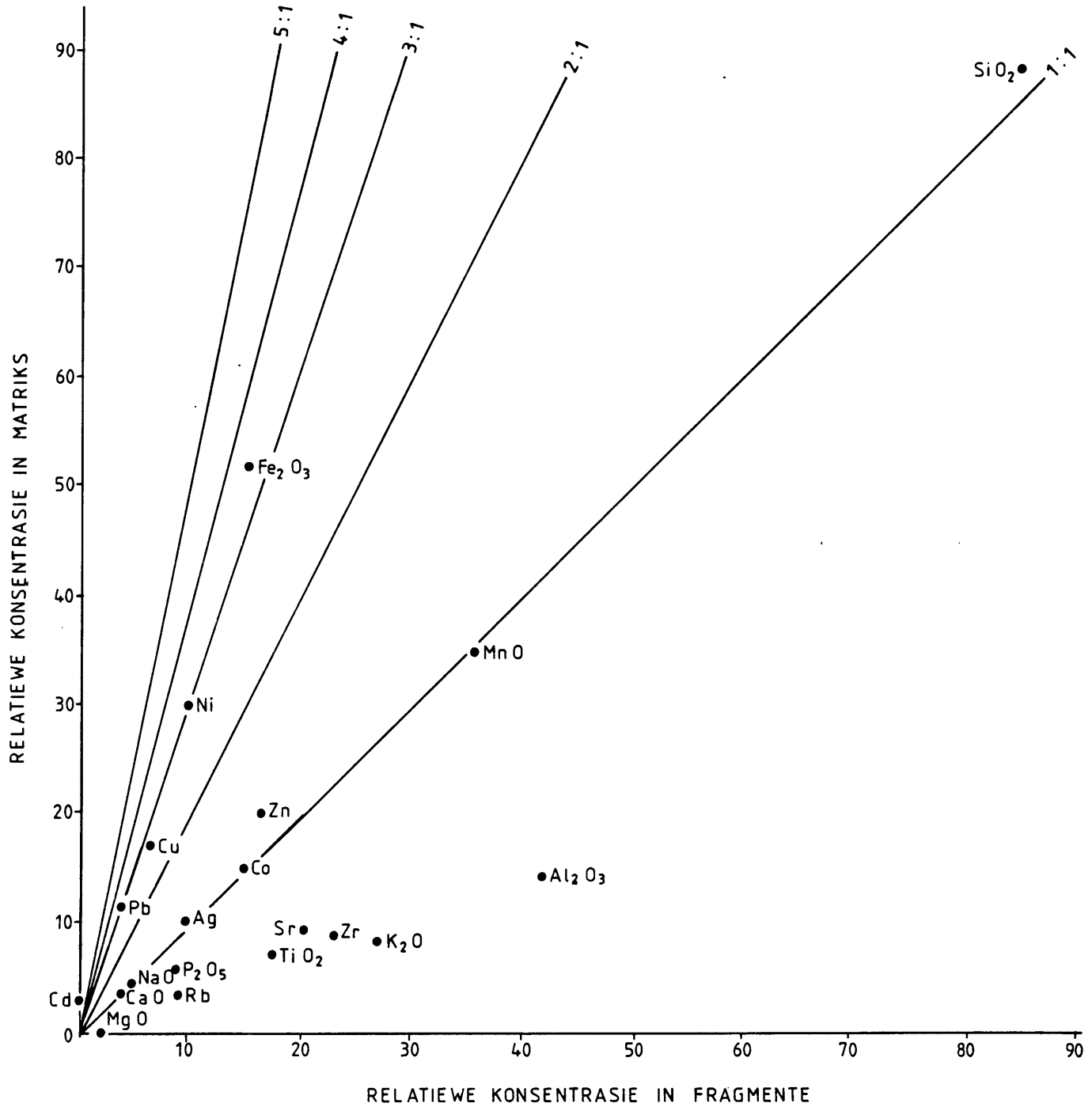


Fig. 61c GEOCHEMIESE VERBAND TUSSEN MATRIKS EN KLASTE VAN VLOERBREKSIE (9m VAN ERTSSONE)

breksie rondom die ertsliggaam (Tabel XVII). Figure 62 - 65 (waarop ook drumpelwaardes verskyn), toon elemente met die beste veranderingstendense. Drumpelwaardes word egter mees= tal eers oorskry op 'n afstand van ongeveer 5 m vanaf die ertsliggaam in die geval van dakbreksies, en op 'n afstand van tussen 20 en 30 m in die geval van vloerbreksies.

In die laasgenoemde geval is SiO_2 , Zn, Cu, Sr en Ni meer sensitief as die ander elemente.

6.3.3.2.2 Vergelyking van breksies

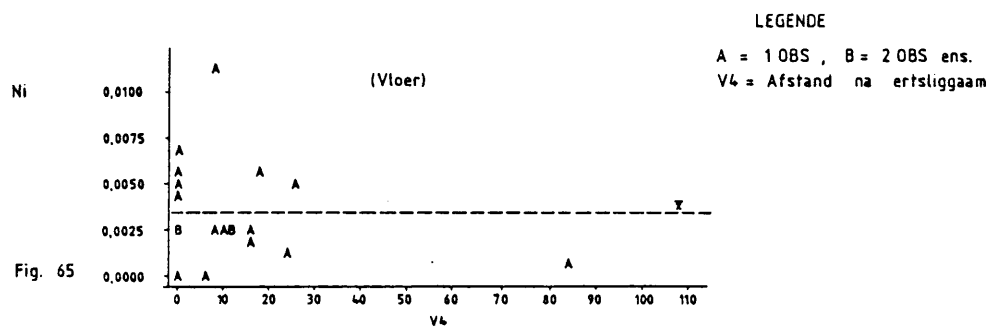
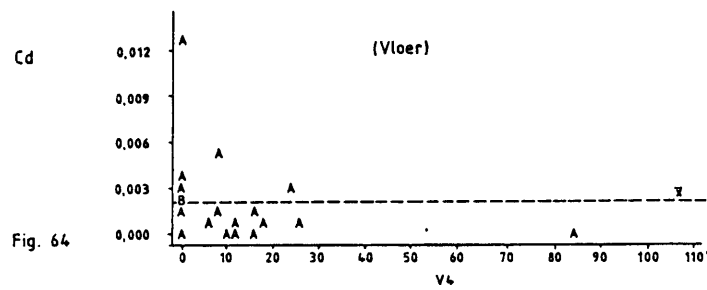
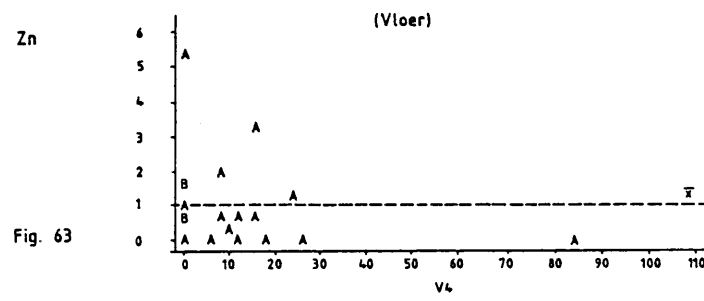
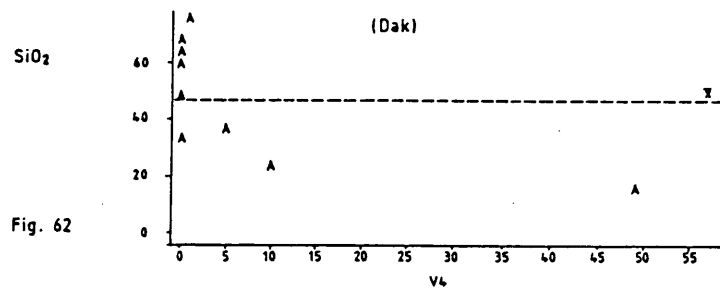
Vloer- en dakbreksies in kontak met ertsinterseksies van verskillende diktes word chemies vergelyk in Tabel XVIII en in Fig. 66.

Daar bestaan 'n duidelike verwantskap tussen die samestel= ling van die breksies en die dikte van die geassosieerde ertsliggaam. Namate die ertsliggaam dikker word, is daar 'n afname in die inhoud van litofiele elemente wat tipies in silikate voorkom, (SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , Na_2O). Daarenteen is daar 'n toename in MgO , CaO en MnO wat hoofsaaklik as karbo= naatminerale voorkom. Strontium volg ook hierdie patroon. Chalkofiele elemente (Fe, Pb, Zn, Cu en Cd) in die wandbrek= sie neem toe namate die ertsliggaam dikker word, soos te wagte. Uitsonderings op hierdie veralgemening kom wel voor, veral in die geval van die dakbreksie, waar die litofiele elemente toeneem, terwyl die chalkofiele elemente (Zn, Pb, Cu) asook Fe en Co afneem, namate die ertsliggaam dikker word. Hierdie uitsondering kan toegeskryf word aan die feit dat beter ontwikkelde dakbreksies bokant relatief dunner ertsliggame voorkom, of andersins kan dit aan onvoldoende monsters toegeskryf word.

'n Onderlinge vergelyking van vloerbreksies in Tabel XIX en Fig. 67(a) toon dat chalkofiele elemente en MgO , CaO en MnO toeneem na die ertsliggaam toe, terwyl ander litofiele ele= mente afneem.

**TABEL XVII : VERANDERING IN ELEMENTKONSENTRASIE MET AFSTAND NA
DIE ERTSLIGGAAM IN BREKSIEWANDGESTEENTE**

DAK VAN DIE ERTSLIGGAAM			
Element	Toename (+) Afname (-) na die Erts= liggaam	Drumpel= waarde (Gem.)	Fig.
SiO ₂	+	47,24	62
Fe ₂ O ₃	+	3,83	
MnO	+	0,45	
Zn	+	0,82	
Pb	+	0,70	
Cu	+	0,03	
Ag	+	0,002	
Cd	+	0,003	
Ni	+	0,003	
Zr	+	0,008	
VLOER VAN DIE ERTSLIGGAAM			
SiO ₂	+	60,66	63
Zn	+	1,03	
Pb	+	0,25	
Cu	+	0,06	64
Ag	+	0,0007	
Cd	+	0,002	
Sr	+	0,04	
Ni	+	0,003	
			65



LEGENDE

A = 1 OBS , B = 2 OBS ens.
V4 = Afstand na ertsliggaam

Elemente teen afstand na die ertsliggaam in breksiewandgesteentes

TABEL XVIII : CHEMIESE VERSKILLE TUSSEN DAK- EN VLOERBREKSIES
 MET VERSKILLENDE DIKTES VAN ERTSINTERSEKSIES

Elemente	Dakbreksie	Dakbreksie	Vloerbreksie	Vloerbreksie	Vloerbreksie
	Ertsdikte = 17,50 m	Ertsdikte = 23,50 m	Ertsdikte = 25,17 m	Ertsdikte = 16,57 m	Ertsdikte = 1,85 m
	%	%	%	%	%
SiO ₂	76,96	63,62	46,34	54,50	75,90
TiO ₂	0,163	0,204	0,130	0,150	
Al ₂ O ₃	3,88	4,81	2,94	3,10	11,10
Fe ₂ O ₃	1,40	1,15	4,29	2,86	1,70
MnO	0,182	0,299	0,999	0,572	0,018
MgO	2,57	5,24	7,10	6,47	0,54
CaO	4,01	7,81	11,45	10,24	0,21
Na ₂ O	0,460	0,622	0,653	0,073	0,340
K ₂ O	2,85	3,25	1,38	2,02	5,81
P ₂ O ₅	0,087	0,091	0,052		0,054
CO ₂				14,50	0,29
Organiese koolstof				0,46	0,22
S				1,53	0,41
Zn	0,0380	0,0220	0,9300	0,1550	0,1060
Pb	0,0308	0,0056	0,1259	0,0630	0,0025
Cu	0,0060	0,0040	0,1190	0,1400	0,0040
Ag	0,0004	0,0004	0,0004		0,0003
Ba				0,570	0,100
Cd	0,0003	0,0003	0,0021	0,0004	0,0007
Sr	0,0165	0,0374	0,0723	0,0285	0,0160
Rb	0,0094	0,0115	0,0042	0,0066	
Co	0,0004	0,0002	0,0004	0,0007	
Ni	0,0018	0,0018	0,0028	0,0056	0,0002
Zr	0,0102	0,0100	0,0072	0,0086	
Nb	0,0005	0,0002		0,0002	
<u>Y</u>	<u>0,0008</u>	<u>0,0012</u>		<u>0,0005</u>	
	92,6771	87,1906	76,5983	97,4541	96,8217

CO₂ is nie orals bepaal nie.

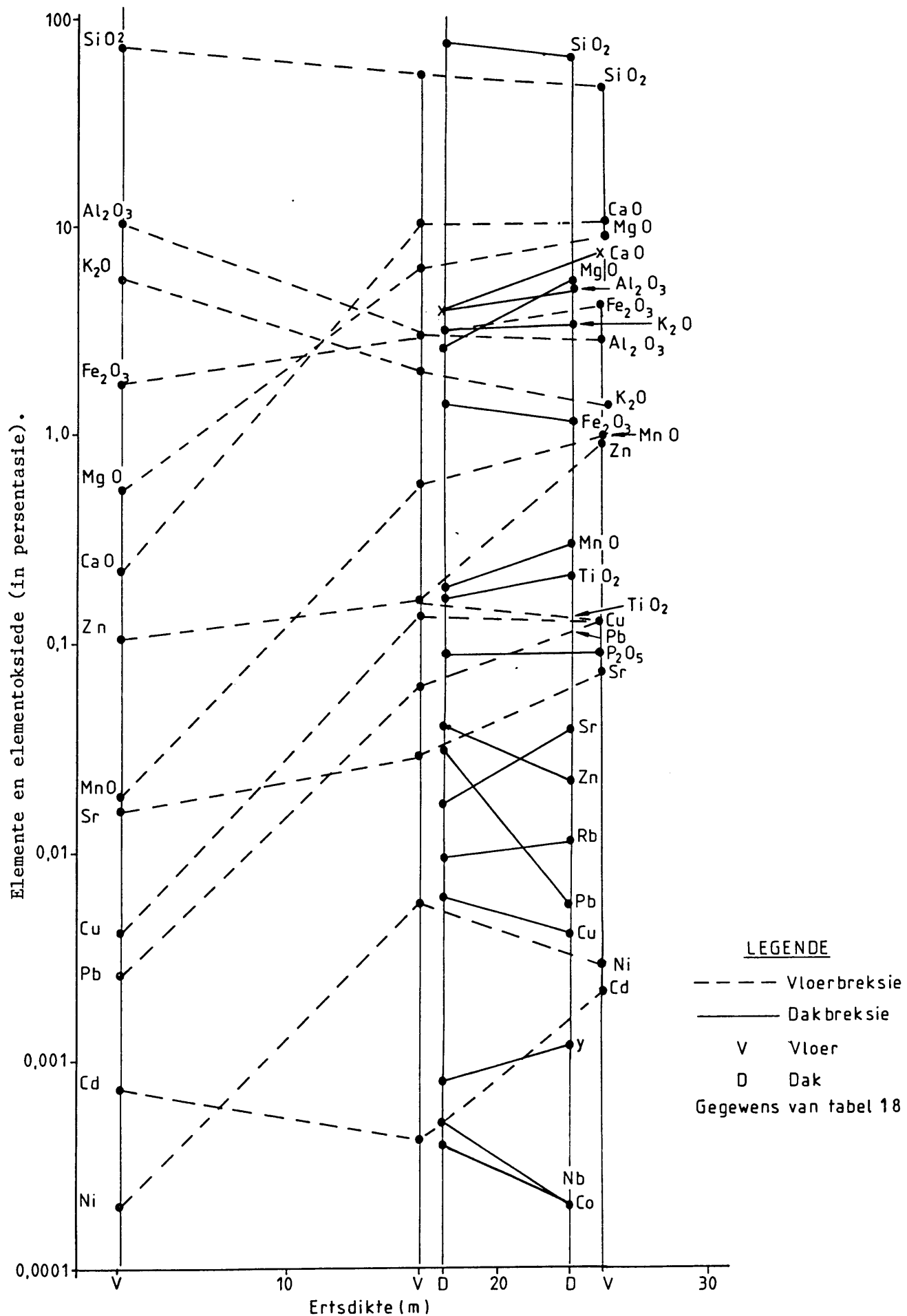


Fig. 66 CHEMIESE VARIASIE VAN VLOER- EN DAKBREKSIE MET VERSKILLENDE DIKTES VAN ERTSINTERSEKSIES

TABEL XIX : CHEMIESE VERSKILLE TUSSEN VLOERBREKSIES
 OP VERSKEIE AFSTANDE VANAF DIE ERTSLIGGAAM

Elemente	Vloerbreksie Ertsdikte = 25,17 m - teen ertssone	Vloerbreksie Ertsdikte = 25,17 m - 7,71 m van ertssone	Vloerbreksie - 17,97 m van ertssone	Vloerbreksie Herminerali= sasie-84,36 m van ertssone	Vloerbreksie Herminerali= sasie-108,36 m van ertssone
	%	%	%	%	%
SiO ₂	46,34	70,98	54,50	58,10	60,50
TiO ₂	0,130	0,191	0,150	0,210	0,690
Al ₂ O ₃	2,94	4,78	3,10	4,45	12,00
Fe ₂ O ₃	4,29	2,10	2,86	3,90	5,72
MnO	0,999	0,369	0,572	0,560	0,140
MgO	7,10	2,64	6,47	5,87	1,95
CaO	11,45	4,36	10,24	8,90	1,07
Na ₂ O	0,653	0,609	0,073	0,080	0,110
K ₂ O	1,38	2,83	2,02	2,77	7,34
P ₂ O ₅	0,052	0,067			
CO ₂			14,50	13,40	1,29
Organiese koolstof			0,46	0,32	1,19
S			1,53	2,54	2,27
Zn	0,9300	0,6400	0,1550	0,110	0,0135
Pb	0,1259	0,0168	0,0630	0,0920	0,0085
Cu	0,1190	0,1170	0,1400	0,0540	0,0190
Ag	0,0004	0,0004			
Ba			0,570	0,160	0,180
Cd	0,0021	0,0012	0,0004		
Sr	0,0723	0,0343	0,0285	0,0090	0,0048
Rb	0,0042	0,0087	0,0066	0,0023	0,0344
Co	0,0004	0,0002	0,0007	0,0003	0,0023
Ni	0,0028	0,0025	0,0056	0,0006	0,0081
Zr	0,0072	0,0120	0,0086		0,0252
Nb		0,0003	0,0002		0,0022
Y		0,0018	0,0005		0,0041
	76,5983	89,7612	97,4541	101,5282	94,5721

CO₂ is nie orals bepaal nie.

97
Ertsdikte van 25,17 m
Gegewens van tabel 19

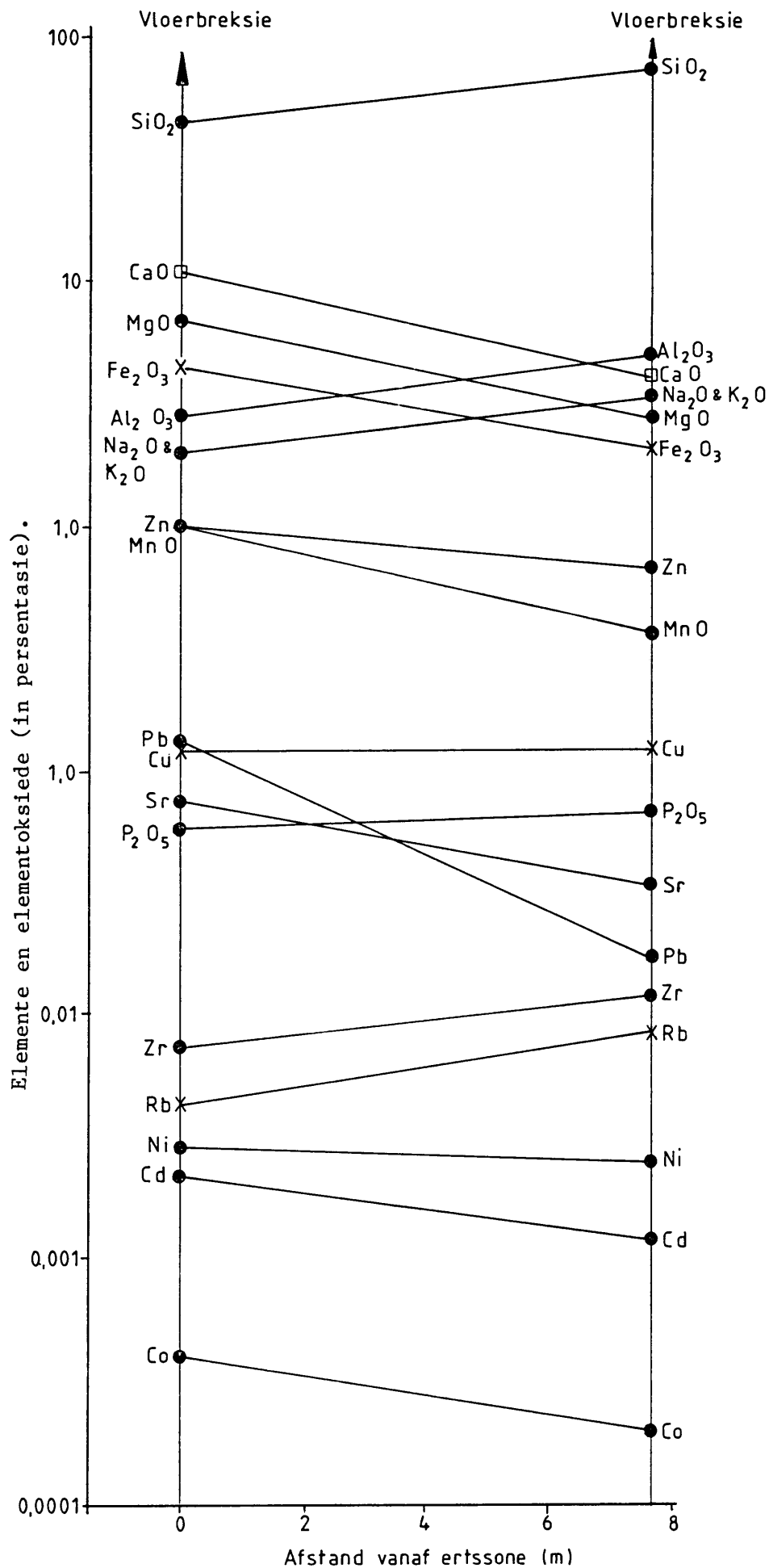


Fig. 67a CHEMIESE VERSKILLE TUSSEN VLOERBREKSIE TEEN DIE ERTSSONE EN OP 'N BEPAALDE AFSTAND VANAF DIE ERTSSONE.

Gegewens van tabel 19

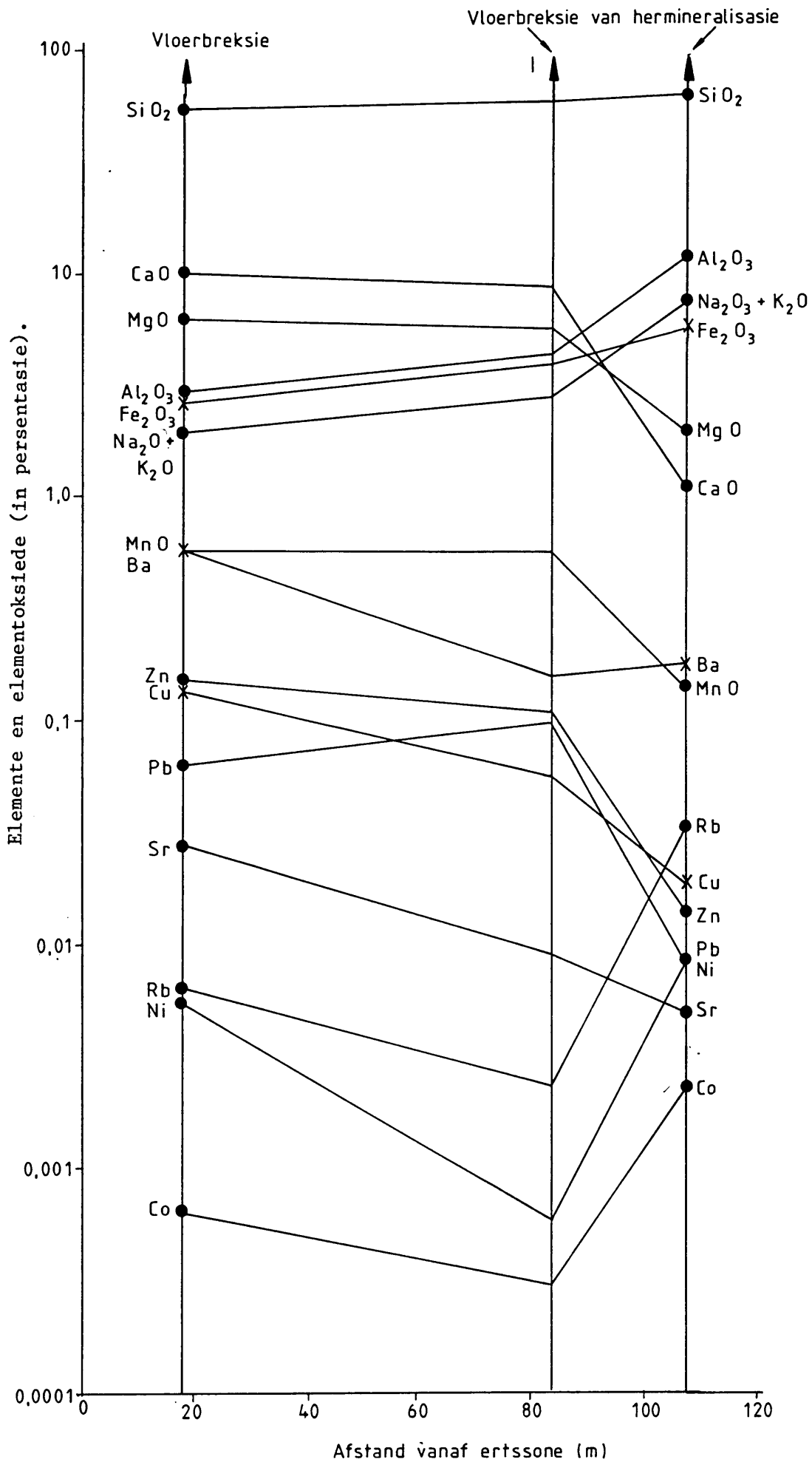


Fig. 67 b CHEMIESE VERGELYKING VAN VLOERBREKSIE MET VLOERBREKSIE VAN HERMINERALISASIE

Dieselfde tendens word waargeneem by vergelyking van 'n - vloerbreksie en breksie van hermineralisasie, alhoewel hier 'n uitsondering bestaan ten opsigte van yster - (Fig. 67(b)). By hermineralisasie neem die siderofiele elemente (Co en Ni) asook Ba en Rb toe met diepte.

Die hermineralisasie-breksies het waarskynlik ontstaan as gevolg van 'n latere veranderingsproses in die dieperliggende vloerkwartsiete met die gepaardgaande silisifisering en breksiëring en die vorming van 'n dun karbonaatertsaar bokant die breksie by 84,36 m.

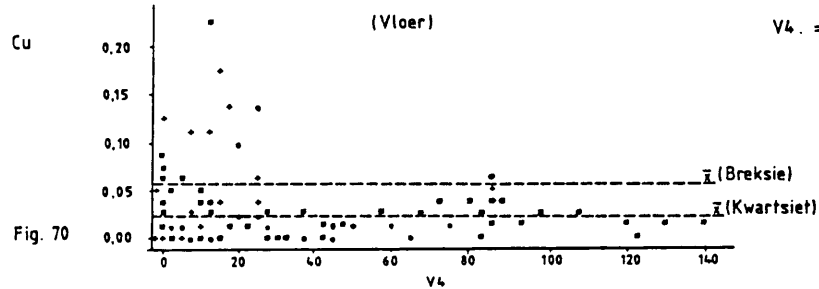
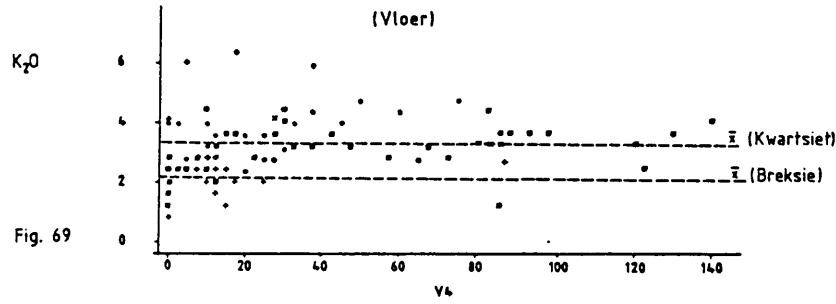
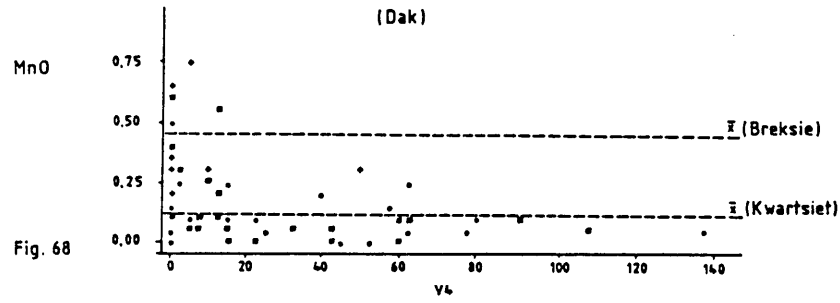
6.3.3.3 **Chemiese verskille tussen kwartsiete en breksies as wandgesteentes**

Die elementsamestelling van die breksies in die onmiddellike omgewing van die ertsliggaam het soortgelyke neigings as in die kwartsitiese wandgesteentes (Fig. 68 - 70 en Tabel XX).

Die elemente MgO, CaO en CO₂ asook Fe₂O₃ en S toon hoër gemiddelde waardes in die breksie as in die kwartsiete, in beide die dak en vloer. Dieselfde geld ook vir die chalkofiele elemente (Zn, Pb, Cu, Ag) en Ba.

K₂O, Al₂O₃ en TiO₂ asook Rb, Zr (in die vloer) en Nb het daarenteen laer gemiddelde waardes in die breksies as in die kwartsitiese wandgesteentes, in die dak en vloer.

Die verwantskap tussen K₂O, Al₂O₃ en TiO₂ is waarskynlik as gevolg van 'n algemene assosiasie van hierdie elemente in die mikas en veldspate. By breksieontwikkeling word waarskynlik al die serisiet of muskoviet vervang deur karbonate - volgens mikroskopiese ondersoek bestaan die matriks van breksies ook hoofsaaklik uit karbonate, met baie min muskoviet of serisiet.



LEGENDE

• • = Kwartsiet

• = Breksie

V4 = Afstand na ertsliggaam

Elemente teen afstand na die ertsliggaam in kwartsitiese en breksiewandgesteentes

TABEL XX : CHEMIESE VERSKILLE TUSSEN KWARTSIET- EN BREKSIEWANDGESTEENTES

Elemente	Dakkwartsiet		Vloerkwartsiet		Dakbreksie		Vloerbreksie		Fig.
	\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S	
	%		%		%		%		
SiO ₂	70,95	18,03	77,50	11,63	47,24	20,68	60,66	21,00	
TiO ₂	0,25	0,14	0,21	0,09	0,12	0,05	0,17	0,05	
Al ₂ O ₃	5,79	2,17	5,06	1,62	3,45	1,09	4,03	1,92	
Fe ₂ O ₃	2,25	1,30	2,35	1,99	3,83	3,09	2,78	1,34	
MnO	0,14	0,14	0,22	0,24	0,45	0,20	0,50	0,38	68
MgO	2,37	2,60	1,47	1,58	7,71	4,10	4,24	2,97	
CaO	4,53	7,86	2,33	2,56	11,99	7,02	6,20	4,69	
Na ₂ O	0,61	0,43	0,32	0,27	0,64	0,27	0,58	0,32	
K ₂ O	2,87	1,06	3,33	1,01	1,79	0,87	2,23	1,04	69
CO ₂	5,55	6,50	3,26	3,82	21,62	-	10,87	7,10	
S	0,75	0,71	1,04	1,16	2,99	-	1,46	0,87	
Zn	0,09	0,32	0,39	0,77	0,82	1,12	1,03	1,34	
Pb	0,02	0,04	0,11	0,45	0,70	0,78	0,25	0,41	
Cu	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,06	0,05	70
Ag	0,0003	0,0003	0,0004	0,0008	0,002	0,002	0,0007	0,0009	
Ba	0,15	0,20	0,47	0,51	1,05	-	0,39	0,31	
Cd	0,0007	0,001	0,001	0,002	0,003	0,003	0,002	0,003	
Sr	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,07	0,04	0,04	
Rb	0,01	0,02	0,01	0,005	0,19	0,03	0,006	0,002	
Zr	0,01	0,006	0,01	0,004	0,008	0,003	0,01	0,004	
Nb	0,0007	0,0003	0,0006	0,0004	0,0003	0,0002	0,0003	0,0002	

6.3.4 Karbonaatgesteentes

Karbonaatgesteentes wys geen betekenisvolle chemiese verandering in terme van konsentrasie teenoor afstand na die ertsliggaam nie (Tabel XXI en Fig. 71).

Die chalkofiele elemente (Zn, Pb, Cu, Cd, Ag, Ni en Co) asook die litofiele elemente (Al_2O_3 , TiO_2 , SiO_2 , Rb en Zr) en totale alkalië neem af met toenemende afstand. Daarenteen neem die elemente CaO, MgO, MnO en Sr toe na die dieperliggende karbonaatgesteentes. Die vlakliggende karbonaataar is vergelykenderwys ryker aan Fe_2O_3 , terwyl dit in 'n mindere mate ook vir TiO_2 geld. Die veranderings rondom die karbonaatare is dieselfde in beide gevalle, en sien as volg daar uit: Die hoofelemente CaO, MgO, MnO en Na_2O , sowel as die chalkofiele elemente (Zn, Pb, Cu, Co, Ag en Cd) neem in beide gevalle toe na die gemineraliseerde are, terwyl die litofiele elemente (SiO_2 , K_2O , Al_2O_3 , TiO_2 en P_2O_5) in albei gevalle afneem.

In Tabel XXII en Fig. 72 word karbonaaterts en karbonaatgesteentes in die dak met mekaar vergelyk.

MnO, Fe_2O_3 , asook die chalkofiele elemente (Zn, Pb, Cu, Ag, Cd, Co en Ni) sowel as Ba en Rb het afgeneem gedurende 'n ekshalatiewe puls met die vorming van die dakkarbonaat, terwyl die litofiele elemente (CaO, MgO, K_2O , Al_2O_3 en SiO_2) toegeneem het.

Fig. 73 en Tabel XXIII stel die chemiese variasie van karbonaatgesteentes in die ertssone en karbonaatare in die nabygeleë vloerkwartsiete asook in die dieperliggende vloerkwartsiete voor.

CaO, MgO, MnO en Sr sowel as die chalkofiele elemente (Zn, Pb, Cu, Cd, Co) en Ba neem af met toenemende afstand vanaf die ertsliggaam, terwyl die totale alkalië en die litofiele elemente (SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 en Rb) toeneem.

TABEL XXI : CHEMIESE VERSKILLE TUSSEN KARBONAATGESTEENTES
 IN DIE VLOER OP VERSKEIE AFSTANDE VANAF
 DIE ERTSLIGGAAM

Elemente	Karbonaaterts	Karbonaataar (in vloer)	Karbonaataar (in vloer)
	%	8,50 m van ertssone %	29 m van ertssone %
SiO ₂	10,16	7,90	4,75
TiO ₂	0,036	0,040	0,025
Al ₂ O ₃	1,35	0,98	0,44
Fe ₂ O ₃	10,96	16,58	3,21
MnO	1,027	1,683	2,529
MgO	10,17	14,51	22,58
CaO	15,03	21,13	34,47
Na ₂ O	1,621	1,257	1,313
K ₂ O	0,58	0,31	0,12
P ₂ O ₅	0,362	0,057	0
Zn	8,6000	5,7000	6,000
Pb	4,3448	3,6322	2,0460
Cu	0,1570	0,1240	0,0310
Ag	0,0076	0,0061	0,0045
Cd	0,0191	0,0142	0,0155
Sr	0,0325	0,0229	0,0372
Rb	0,0058	0,0044	0,0022
Co	0,0003	0,0002	0,0002
Ni	0,0092	0,0064	0,0051
Zr	<u>0,0122</u>	<u>0,0102</u>	<u>0,0054</u>
	64,4845	73,9676	77,5841

CO₂ is nie bepaal nie.

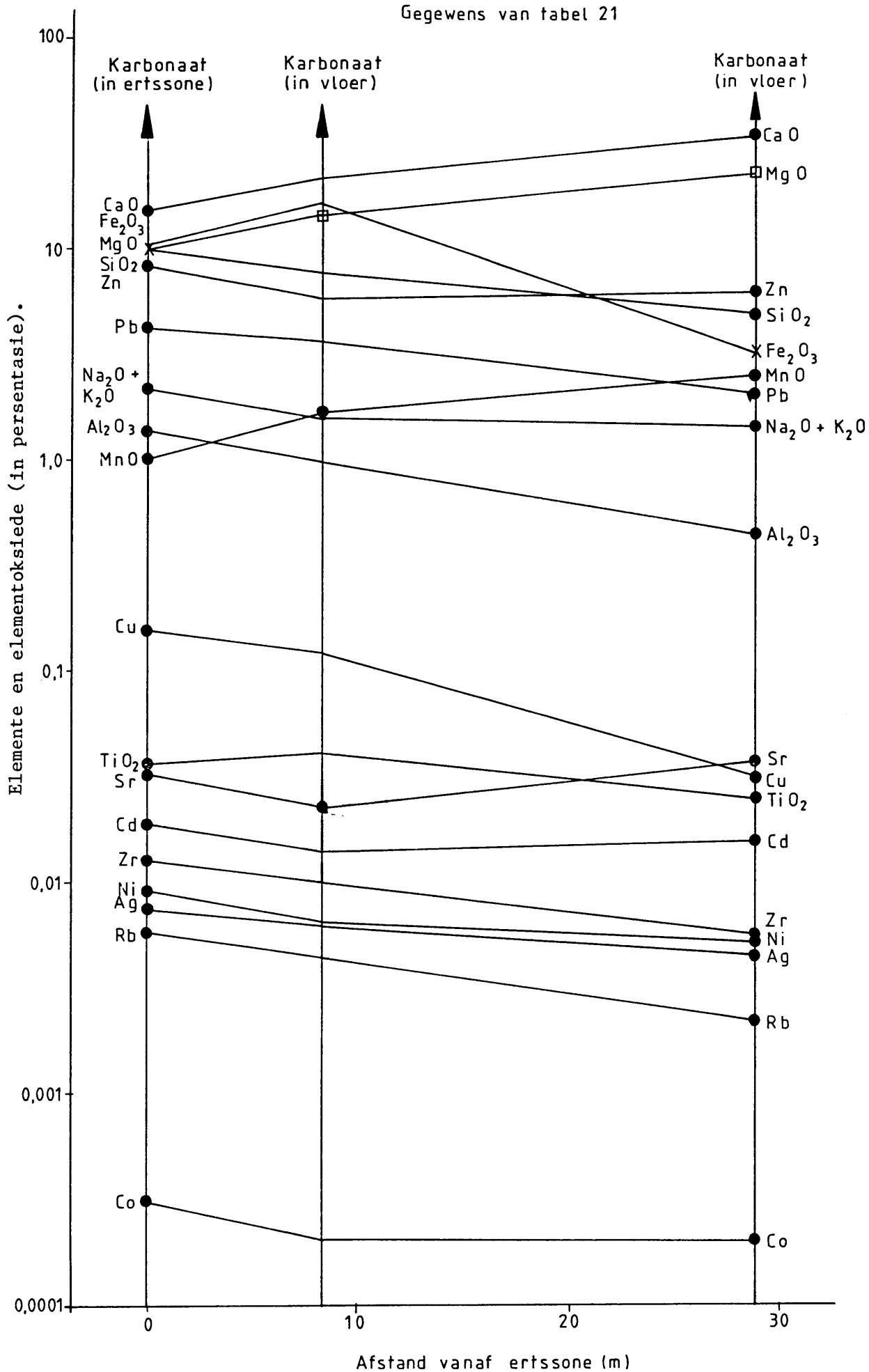


Fig. 71 VARIASIE VAN KARBONAATGESTEENTE IN DIE VLOER OP VERSKILLEND AFSTANDE VANAF DIE ERTSSONE

TABEL XXII : CHEMIESE VERGELYKING TUSSEN KARBONAATGESTEENTES
 IN DIE ERTSSONE EN IN DIE DAK

Element	Karbonaat-	Karbonaatgesteente	Karbonaat-	Karbonaatgesteente
	erts	(in dak)	erts	(in dak)
		10,20 m van ertssone		35,80 m van ertssone
	%	%	%	%
SiO ₂	0,68	10,15	1,02	3,08
TiO ₂	0	0,050	0,150	0,070
Al ₂ O ₃	0,14	1,44	0,93	0,92
Fe ₂ O ₃	9,65	1,24	9,79	1,48
MnO	2,756	0,310	0,410	0,170
MgO	11,25	16,44	13,90	19,00
CaO	17,47	27,35	20,90	30,00
Na ₂ O	1,949	0,753	0,006	0,031
K ₂ O	0	0,58	0,03	0,14
P ₂ O ₅	0	0,003		
CO ₂			33,60	43,30
Organiese				
koolstof			1,83	2,18
S			11,00	0,15
Zn	12,4000	0,0570	6,4000	0,0090
Pb	3,8881	0,0140	1,8200	0,0060
Cu	0,0560	0,0020	0,1170	0,0006
Ag	0,0080	0,0004		
Ba			0,500	0,022
Cd	0,0290	0,0006		
Sr	0,0563	0,0302	0,0160	0,2100
Rb	0,0034	0,0028	0,0005	0,0005
Co	0,0004	0,0004	0,0015	0,0013
Ni	0,0164	0,0005		0,0006
Zr	0,0103	0,0029		
Nb		0,0003		
Y		0,0010		
	<u>60,3629</u>	<u>58,4281</u>	<u>102,421</u>	<u>100,771</u>

CO₂ is nie orals bepaal nie.

Gegewens van tabel 22

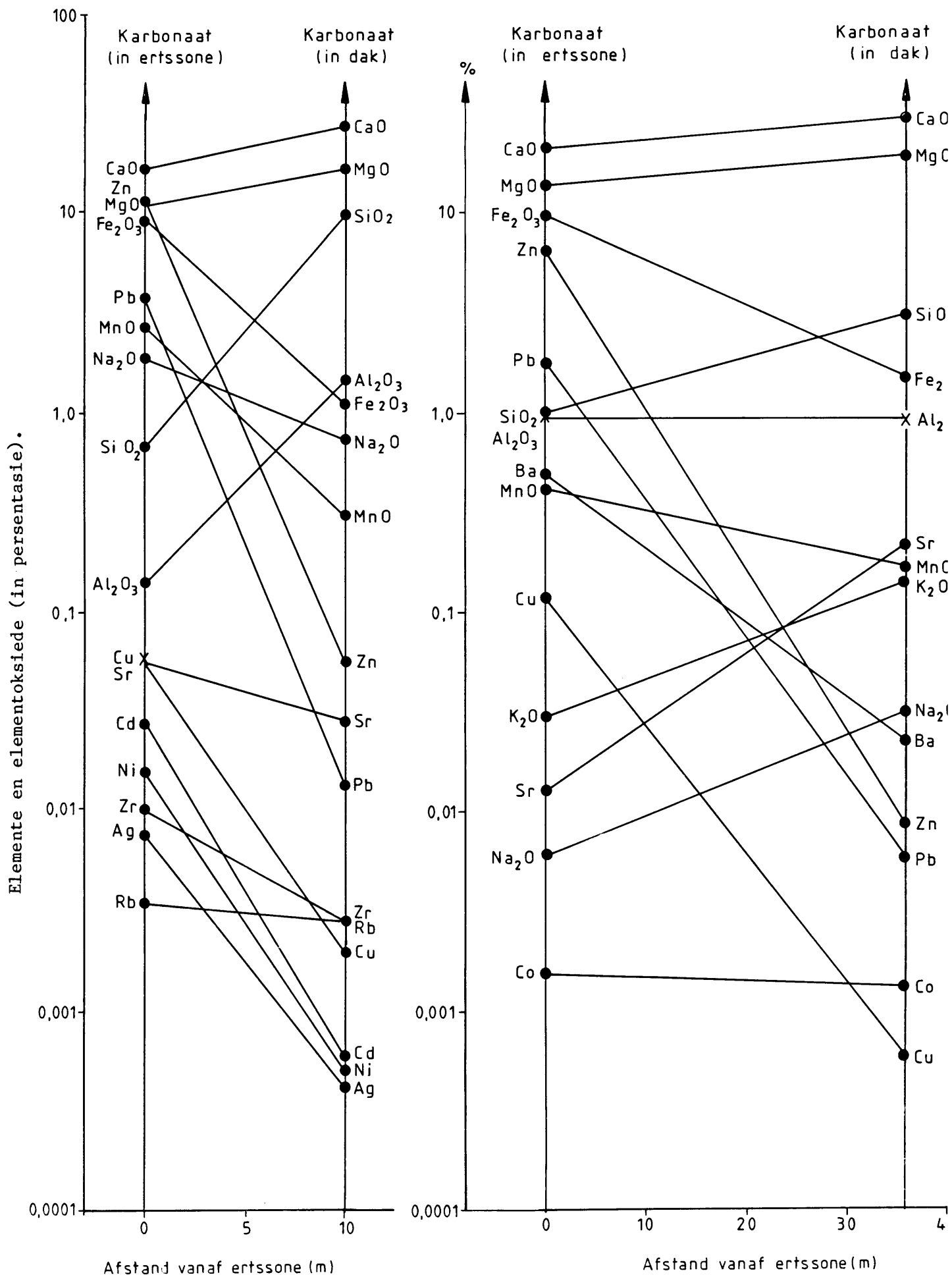


Fig. 72 CHEMIESE VERGELYKING VAN KARBONAATGESTEENTES IN DIE ERTSSONE MET KARBONAATGESTEENTES IN DIE DAK

107
Gegewens vanaf tabel 23

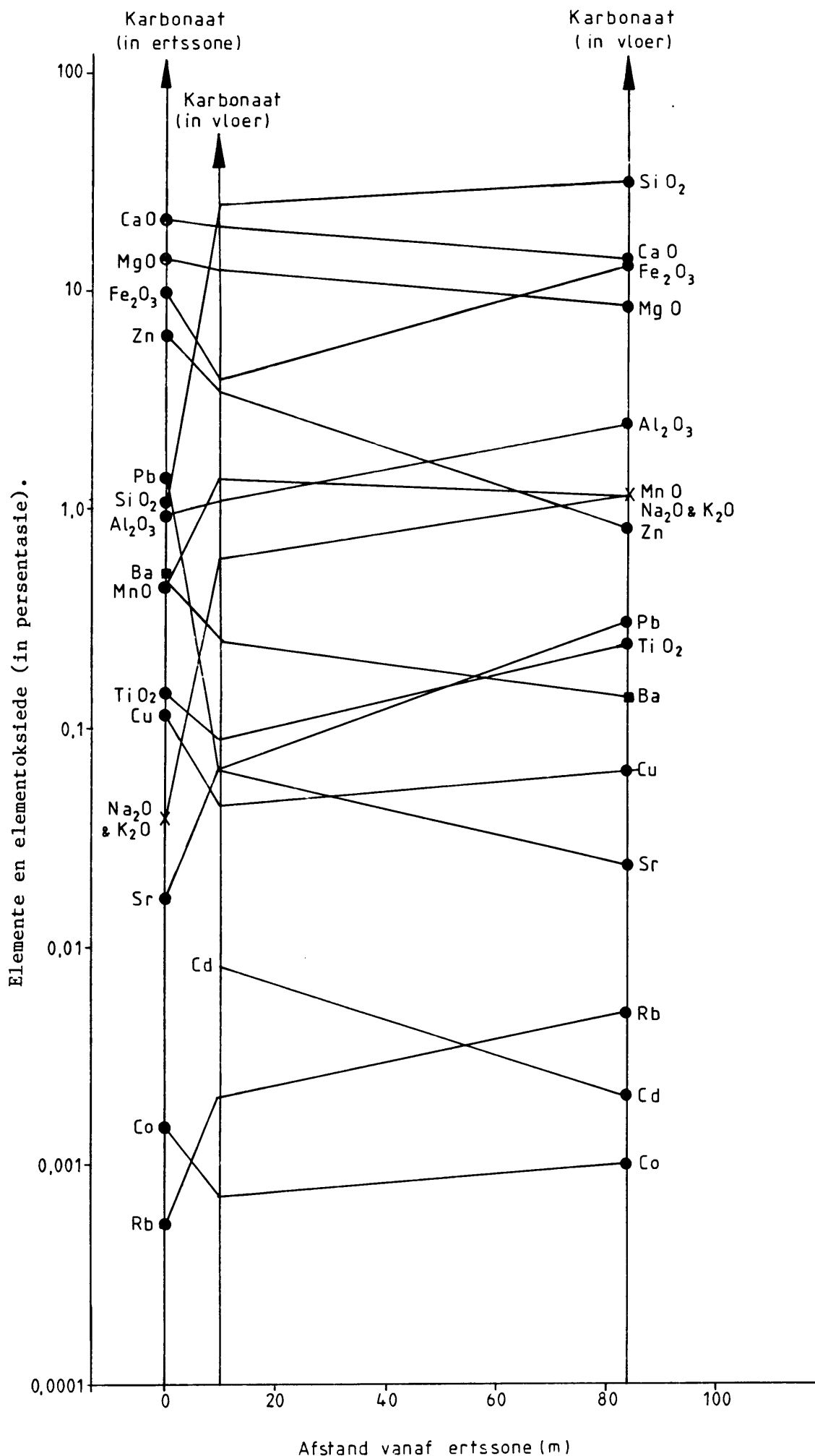


Fig. 73 CHEMIESE VARIASIE VAN KARBONAATGESTEENTE IN DIE VLOER OP VERSKEIE AFSTANDE VANAF DIE ERTSSONE

TABEL XXIII : CHEMIESE VERSKILLE TUSSEN KARBONAATGESTEENTES
 IN DIE ERTSSONE EN OP VERSKEIE AFSTANDE
 VANAF DIE ERTSSONE IN DIE VLOER

Elemente	Karbonaaterts	Karbonaataar (in vloer) 9,58 m van ertssone	Karbonaataar (in vloer) Hermineralisasie 84,18 m van ertssone
	%	%	%
SiO ₂	1,02	23,90	31,80
TiO ₂	0,150	0,090	0,240
Al ₂ O ₃	0,93	1,10	2,50
Fe ₂ O ₃	9,79	4,10	12,96
MnO	0,410	1,390	1,137
MgO	13,90	12,19	8,55
CaO	20,90	19,69	13,65
Na ₂ O	0,006	0,028	0,050
K ₂ O	0,03	0,56	1,10
CO ₂	33,60	28,90	20,80
Organiese			
koolstof	1,83	0,09	0,64
S	11,00	3,92	7,40
Zn	6,4000	3,4750	0,8250
Pb	1,8200	0,0650	0,3050
Cu	0,1170	0,0438	0,0640
Ag			0,0009
Ba	0,500	0,260	0,140
Cd		0,0080	0,0020
Sr	0,0160	0,0659	0,0234
Rb	0,0005	0,0020	0,0049
Co	0,0015	0,0007	0,0010
Ni		0,0047	0,0075
Zr	0,0030	0,0078	
	<u>102,424</u>	<u>99,8909</u>	<u>102,2007</u>

6.3.5 Argilliet

Die wandgesteente van argilliet dui geen betekenisvolle tendense van verandering rondom die ertsliggaam aan nie (Tabel XXIV en Fig. 74a en b).

Fe_2O_3 , asook die chalkofiele elemente (Zn, Pb, Cu, Cd) en Ba neem af met toenemende afstand vanaf die ertsliggaam, terwyl die litofiele elemente (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , CaO, MgO) en die totale alkalië toeneem met afstand (Fig. 74a). In Fig. 74b neem die litofiele elemente (SiO_2 , TiO_2 , K_2O en Al_2O_3) ook toe in die rigting van die ertsliggaam.

6.3.6 Mikrokwartsiet

Net soos in die geval van karbonaat en argilliet bestaan daar ook geen betekenisvolle verandering rondom die ertsliggaam met betrekking tot mikrokwartsiet nie (Tabel XXV, Fig. 75).

In die vloer neem die chalkofiele elemente (Zn, Pb en Cd), die totale alkalië en SiO_2 af met toenemende afstand, terwyl die litofiele elemente (TiO_2 , Al_2O_3 , CaO, MgO en MnO) asook die siderofiele elemente (Fe_2O_3 , Co, Ni) en Cu, Ag, Ba toeneem met afstand vanaf die ertsliggaam. CaO, MnO, die chalkofiele elemente (Zn, Pb, Ag) en die siderofiele elemente (Fe_2O_3 en Ni) neem af met toenemende afstand in die dak. Na_2O , Zr, Sr en Rb volg ook hierdie patroon. Daarenteen neem die volgende elemente toe: die litofiele elemente (K_2O , Al_2O_3 , TiO_2 en SiO_2) asook die chalkofiele elemente Cu en Cd.

In die profiel van boorgat S394 word die elementkonsentrasies van die verskillende wandgesteentes op bepaalde afstande na die C-ertsliggaam gegee (Fig. 76a en b). Vir die hoofelemente hou die verandering in samestelling verband met litologiese variasies, en vir die spoorelemente is die sporadiese hoë waardes ver weg van die ertsliggaam ook problematies sover dit die bruikbaarheid as eksplorasiemiddel betref.

TABEL XXIV : CHEMIESE VERSKILLE TUSSEN ARGILLIET IN DIE
 DAK, ERTSSONE EN IN DIE VLOER

Elemente	Argilliet (in dak) 44,82 m van ertssone	Argillieterts	Argilliet (in vloer) 25,91 m van ertssone	Argilliet (in dak) 4,87 m van ertssone	Argilliet (in dak) 50,02 m van ertssone
	%	%	%	%	%
SiO ₂	58,20	24,00	75,70	60,70	42,30
TiO ₂	0,990	0,490	0,560	0,790	0,570
Al ₂ O ₃	18,40	8,74	11,80	13,20	10,90
Fe ₂ O ₃	4,75	11,50	2,59	7,64	3,67
MnO	0,016	0,026	0,007	0,021	0,170
MgO	2,45	1,43	0,79	1,68	8,11
CaO	0,73	0,35	0,16	0,64	11,30
Na ₂ O	0,190	0,067	0,100	0,420	0,600
K ₂ O	7,53	4,79	5,36	5,78	3,90
P ₂ O ₅	0,181		0,135		
CO ₂	0,18	0,08		0,12	16,10
Organiese					
koolstof	1,13	2,08	0,85	1,44	1,32
S	1,74	19,70	1,56	6,59	1,09
Zn	0,0545	22,8000	0,1850	0,7800	0,1400
Pb	0,0175	1,5000	0,0180	0,1000	0,0410
Cu	0,0046	0,0360	0,0338	0,0012	0,0030
Ag		0,0136	0,0003		
Ba	0,130	0,110	0,175	0,290	0,110
Cd	0,0014	0,0449	0,0011	0,0010	
Sr	0,0020	0,0030	0,0030	0,0030	0,0080
Rb		0,0065		0,0063	0,0035
Co	0,0006	0,0007	0,0004	0,0004	0,0008
<u>Ni</u>	<u>0,0002</u>	<u>0,0003</u>	<u>0,0004</u>	<u>0,0003</u>	<u>0,0006</u>
	96,6978	97,768	100,028	100,2032	100,3369

111
Ertsdikte van 2,13m
Gegewens vanaf tabel 24

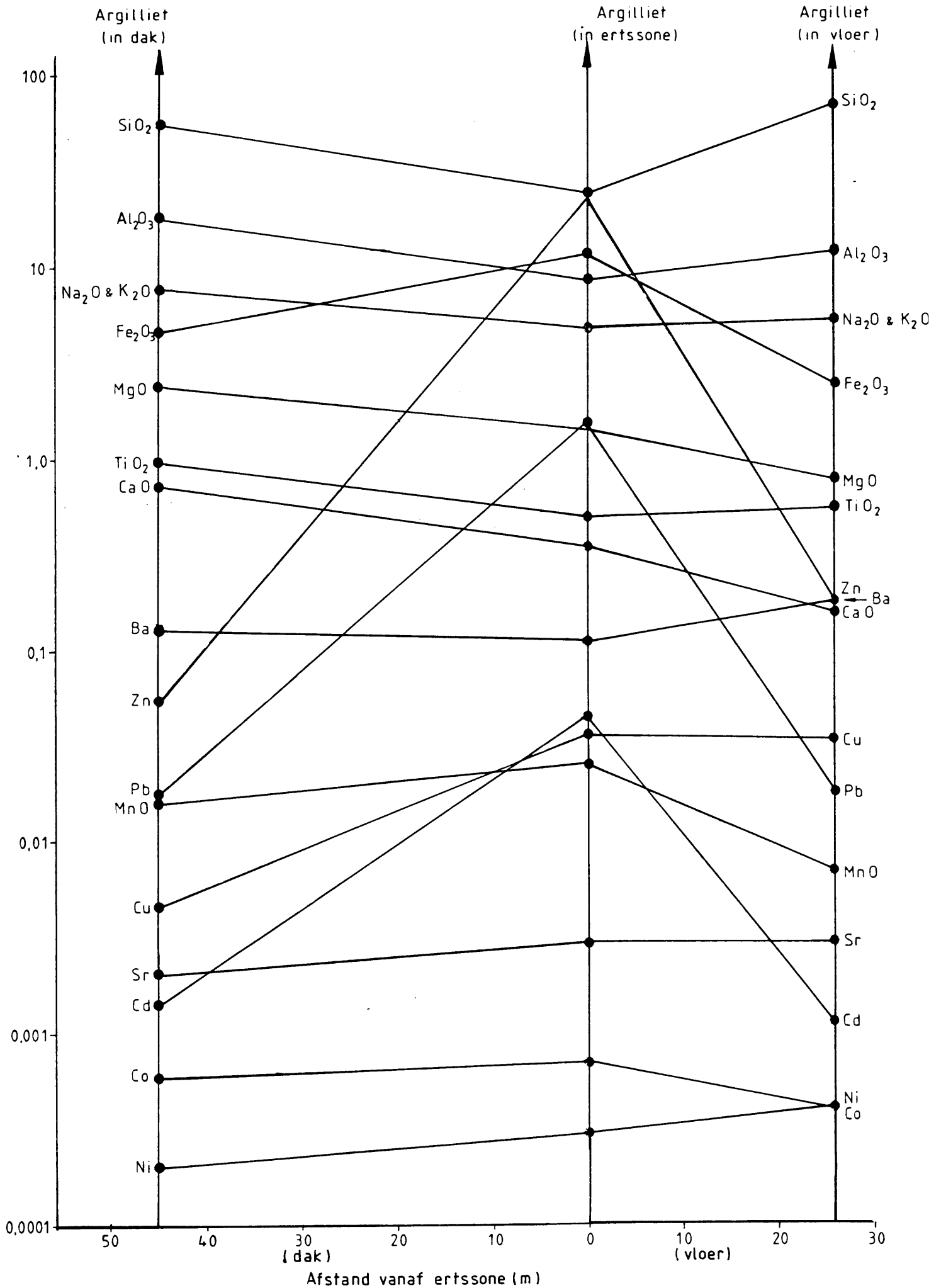


Fig. 74a VARIASIE IN SAMESTELLING VAN ARGILLIET IN DIE DAK, ERTSSONE EN VLOER

112
Ertsdike van 16,57m
Gegewens vanaf tabel 24

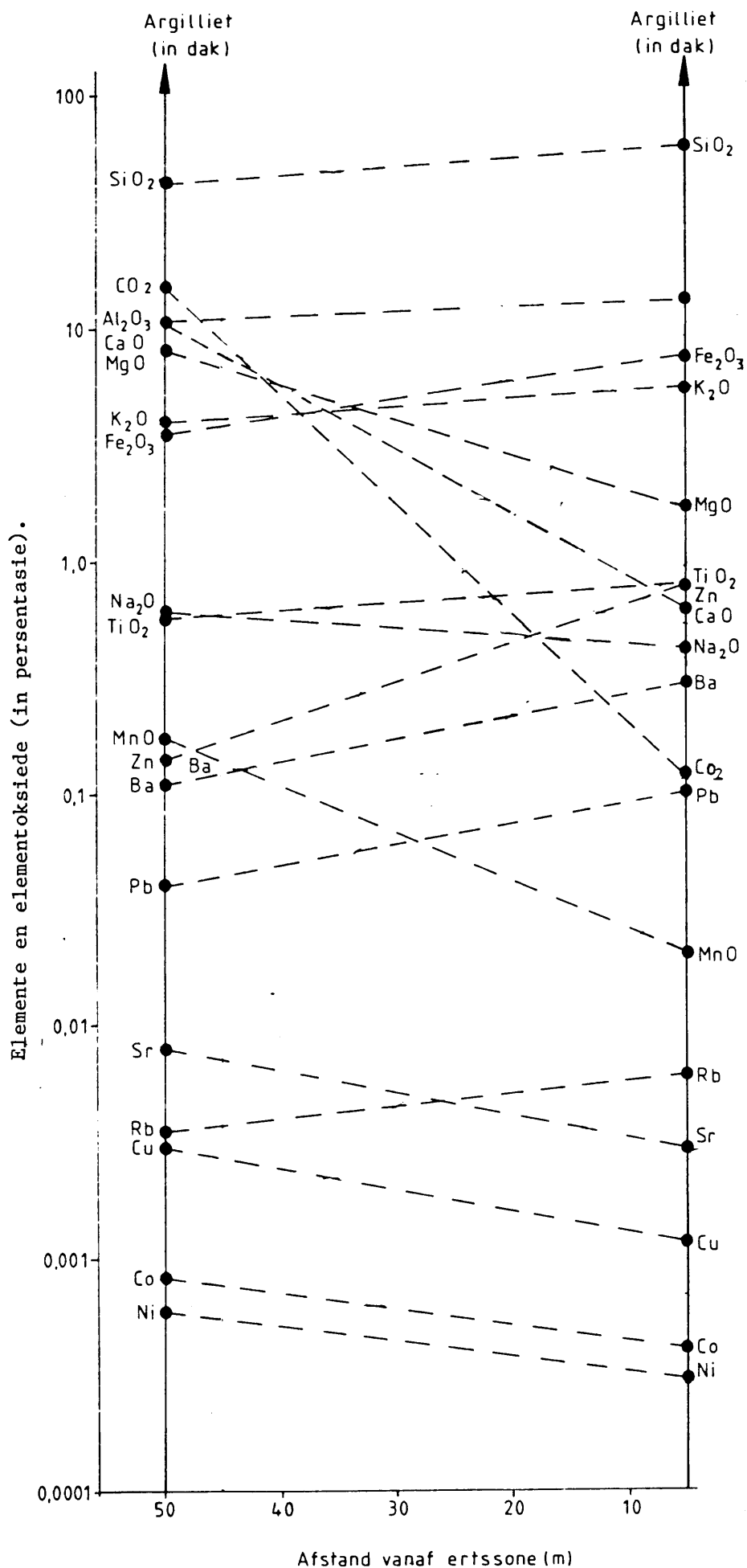


Fig. 74b VARIASIE VAN DAKARGILLIET, VERSKEIE AFSTANDE VANAF DIE ERTSSONE

TABEL XXV : CHEMIESE VERGELYKING VAN MIKROKWARTSIET IN DIE
 ERTSSONE MET MIKROKWARTSIET IN DIE DAK EN VLOER

Elemente	Mikrokwartsiet	Mikrokwartsiet	Mikrokwartsiet	Mikrokwartsiet
	(in ertssone)	(in vloer) 12,84 m van ertssone	(in ertssone)	(in dak) 4,60 m van ertssone
	%	%	%	%
SiO ₂	65,40	64,50	62,52	76,16
TiO ₂	0,020	0,290	0,045	0,066
Al ₂ O ₃	3,07	3,20	0,99	1,60
Fe ₂ O ₃	2,79	11,62	8,93	5,80
MnO	0,250	0,302	0,110	0,025
MgO	2,20	2,34		
CaO	2,84	3,85	1,16	0,69
Na ₂ O	0,044	0,011	2,151	1,353
K ₂ O	1,93	1,87	0,51	0,56
P ₂ O ₅			0,812	0,552
CO ₂	3,90	5,36		
Organiese				
koolstof	1,12	0,87		
S	5,88	7,07		
Zn	7,80000	0,1950	9,8000	5,6000
Pb	0,0560	0,0540	3,9268	1,4878
Cu	0,0285	0,3400	0,0220	0,0360
Ag	0,0003	0,0006	0,0043	0,0023
Ba	0,490	0,980		
Cd	0,0091	0,0007	0,0171	0,0177
Sr	0,0060		0,0098	0,0031
Rb	0,0013		0,0056	0,0036
Co	0,0003	0,0070	0,0004	0,0004
Ni		0,0103	0,0284	0,0129
Zr			0,0127	0,0062
	97,8355	102,8706	91,0551	93,976

CO₂ is nie orals bepaal nie.

Gegewens vanaf tabel 25

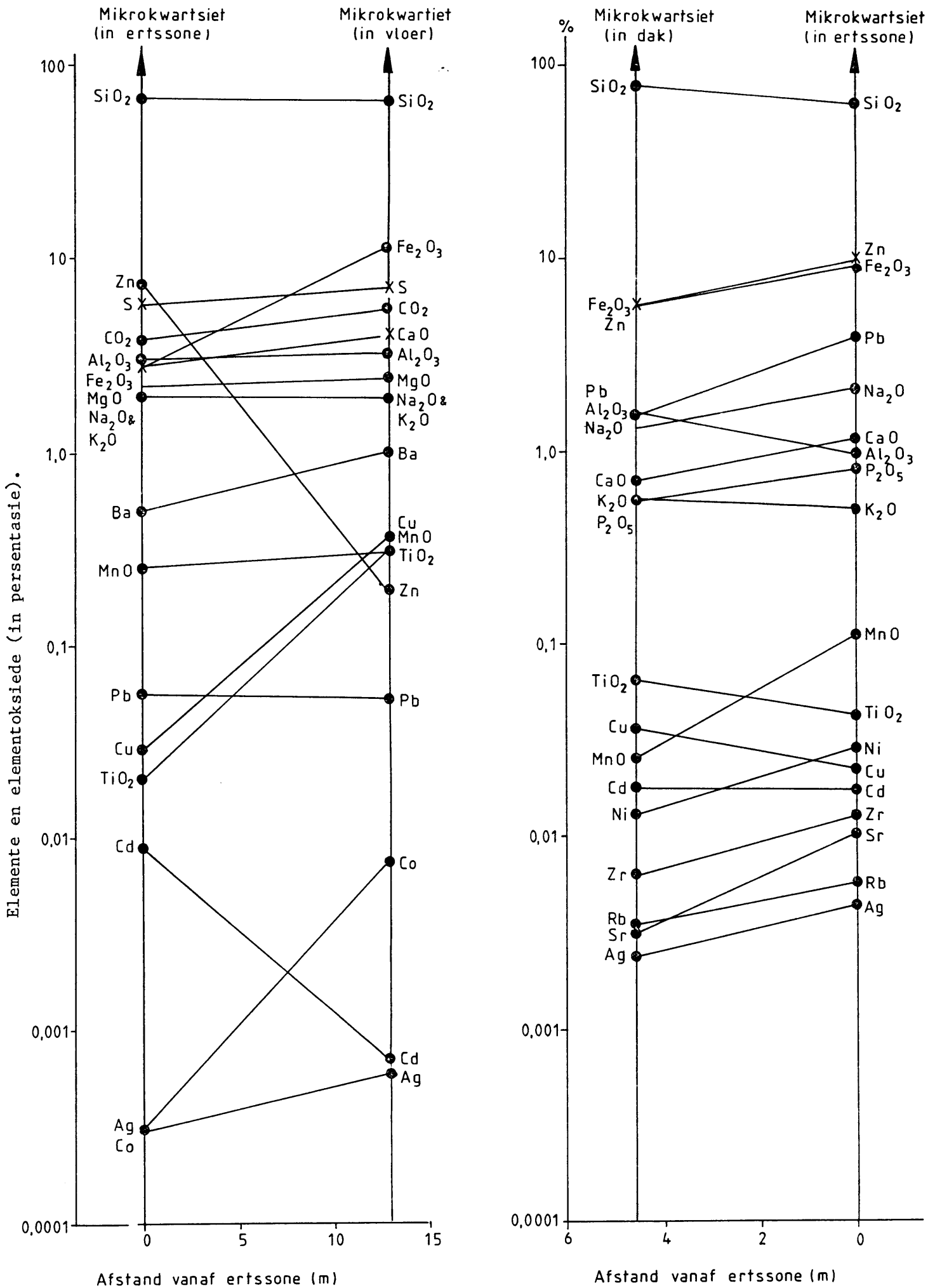
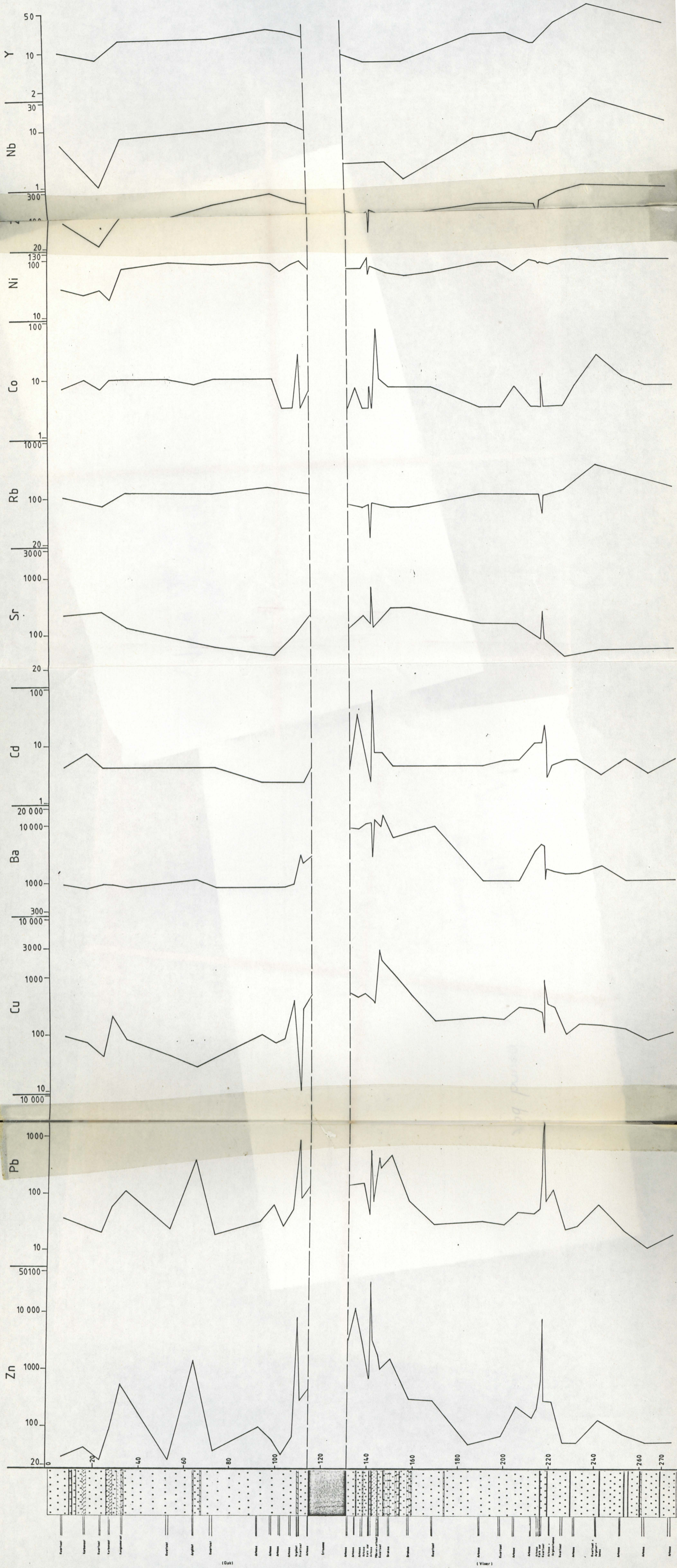


Fig. 75 CHEMIESE VERGELYKING TUSSEN MIKROKWARTSIET IN DIE ERTSSONE EN MIKROKWARTSIET IN DIE DAK EN VLOER

116
ELEMENTE IN D.P.M.



PROFEL VAN BOORGAT S394 MET DIE MONSTERINDELING VAN DIE WANDGESTEENTES

6.3.7 Die begrensing van die veranderingsone

In tabelle XXVI - XXIX word anomale waardes ten opsigte van mineralisasie opgesom.

Die oureool in die dakkwartsiete het 'n gemiddelde breedte van 15 meter, met 'n gemiddelde van 28 meter in die vloerkwartsiet. Die breedte van die oureool in die dakbreksie is deurgaans 6 m, behalwe by SiO_2 waar daar 'n kleiner oureool bestaan. Die gemiddelde oureool-breedte van die vloerbreksie is 23 m.

Die afnemende tendense van TiO_2 , Al_2O_3 en K_2O teenoor dikker ertsliggame word weerspieël deur laer persentasies van anomale waardes rondom dikker ertsliggame, in vergelyking met dunner ertsliggame. Al die ander elemente wat relatief toeneem na dikker ertsliggame, gee dienooreenkomstig groter persentasies anomale waardes rondom dikker ertsliggame.

Die elementgroepe wat positief en negatief korreleer in terme van die konsentrasie teenoor die verhouding dikte/afstand het albei positiewe anomale waardes. Die elemente wat negatief korreleer toon anomale waardes in die verhoudingsinterval van 0 - 1,25, terwyl die anomale waardes van die elemente wat positief korreleer, versprei is oor 'n baie groter verhoudingsinterval naamlik 0 - 5,6.

6.4 BESPREKING VAN BETEKENISVOLLE GEOCHEMIESE VERWANTSKAPPE

Volgens Ginzburg (1967, p.202) is 'n kenmerk van al die sogenaamde seldsame en spoorelemente hul ooreenkomstige geochemiese gedrag met betrekking tot die gesteentevormende - of ertsvormende elemente, wat gekonsentreer word gedurende die hidrotermale proses. Die seldsame en spoorelemente kan dus maklik die kristalraamwerk van silikaat-, karbonaat-, oksied-, en sulfiedminerale binnegaan.

TABEL XXVI : ANOMALE WAARDES TEN OPSIGTE VAN ELEMENTE TEENOR
 AFSTAND NA DIE ERTSLIGGAAM IN KWARTSITIESE
 WANDGESTEENTE

Bestanddeel	DAK VAN ERTSLIGGAAM			VLOER VAN ERTSLIGGAAM		
	% Anomale waardes binne oureool	Breedte van oureool	Negatief/ Positief Anomaal	% Anomale waardes binne oureool	Breedte van oureool	Negatief/ Positief Anomaal
Fe ₂ O ₃	37%	17 m	Positief	18%	27 m	Positief
MnO	41%	17 m	Positief			
K ₂ O				58%	32 m	Negatief
Zn	33%	13 m	Positief	36%	30 m	Positief
Pb	44%	5 m	Positief	27%	20 m	Positief
Cu	41%	24 m	Positief	48%	30 m	Positief
Ba	50%	16 m	Positief	62%	47 m	Positief
Cd				51%	30 m	Positief
Sr				37%	13 m	Positief
Rb				64%	26 m	Negatief

TABEL XXVII : POSITIEWE ANOMALE WAARDES TEN OPSIGTE VAN ELEMENTE TEENoor
 DIKTE VAN DIE ERTSLIGGAAM

Bestanddeel	DAK VAN ERTSLIGGAAM		VLOER VAN ERTSLIGGAAM	
	% Anomale waardes	Dun/Dik Ertsliggame	% Anomale waardes	Dun/Dik Ertsliggame
TiO ₂	48%	Dun		
	29%	Dik		
Al ₂ O ₃	74%	Dun	65%	Dun
	33%	Dik	15%	Dik
MnO	30%	Dun		
	38%	Dik		
MgO			19%	Dun
			39%	Dik
CaO			19%	Dun
			41%	Dik
K ₂ O	57%	Dun	54%	Dun
	48%	Dik	29%	Dik
CO ₂			13%	Dun
			52%	Dik
Cu	22%	Dun		
	38%	Dik		
Ba			24%	Dun
			44%	Dik
Sr			15%	Dun
			25%	Dik
Co			19%	Dun
			24%	Dik
Ni	17%	Dun	12%	Dun
	60%	Dik	59%	Dik

TABEL XXVIII : POSITIEWE ANOMALE WAARDES TEN OPSIGTE VAN
 ELEMENTE TEENOR DIE VERHOUDING

DIKTE
AFSTAND

Bestanddeel	DAK VAN ERTSLIGGAAM		VLOER VAN ERTSLIGGAAM	
	% Anomale waardes	Verhoudings (intervalle)	% Anomale waardes	Verhoudings (intervalle)
TiO ₂			27%	0 - 1,25
Al ₂ O ₃			40%	0 - 1
Fe ₂ O ₃	33%	0 - 4,3		
CaO	33%	0 - 0,2		
K ₂ O	43%	0 - 4,3	45%	0 - 1,0
Organiese koolstof			33%	0 - 0,3
Zn			22%	0 - 5,6
Pb	33%	0 - 4,3	16%	0 - 1,25
Cu	21%	0 - 4,3	31%	0 - 5,6
Ag	63%	0 - 0,6		
Ba	48%	0 - 4,3	28%	0 - 5,6
Sr	33%	0 - 0,25	37%	0 - 2,7
Ni	42%	0 - 4,3		
Zr	63%	0 - 2,3		
Nb	50%	0 - 2,3		
Y	63%	0 - 2,3	73%	0 - 0,7

TABEL XXIX : ANOMALE WAARDES TEN OPSIGTE VAN ELEMENTE TEENoor
 AFSTAND NA DIE ERTSLIGGAAM IN BREKSIEWANDGESTEENTE

Bestanddeel	DAK VAN ERTSLIGGAAM			VLOER VAN ERTSLIGGAAM		
	% Anomale waardes binne oureool	Breedte van oureool	Negatief/Positief Anomaal	% Anomale waardes binne oureool	Breedte van oureool	Negatief/Positief Anomaal
SiO ₂	83%	2,5 m	Positief	73%	17 m	Positief
Fe ₂ O ₃	57%	6 m	Positief			
MnO	57%	6 m	Positief			
Zn				35%	25 m	Positief
Pb	57%	6 m	Positief	24%	25 m	Positief
Cu	43%	6 m	Positief	39%	27 m	Positief
Ag	43%	6 m	Positief	30%	10 m	Positief
Cd	43%	6 m	Positief	41%	25 m	Positief
Sr				29%	25 m	Positief
Ni	43%	6 m	Positief	39%	27 m	Positief
Zr	67%	6 m	Positief			

Die verwantskap tussen die hoofelemente en hul geochemies gelyksoortige spoor- en seldsame elemente, kan skematies voorgestel word deur die geochemiese sterre van Fersman (1934) (Fig. 77a - h).

Die korrelasiematriks van die verskillende elemente in die dak- en vloerkwartsiete word in Aanhangsel A en B voorgestel.

Die skaars elemente Nb en Y korreleer goed met mekaar as gevolg van soortgelyke ioonstrale, terwyl hulle ionisasiepotensiale en elektronegatiwiteite van dieselfde orde is. Volgens Pauling (1960, Tabel III - VIII) is die ioonstrale en elektronegatiwiteit van Nb⁵⁺ en Y³⁺ : (0,069 nm; 1,6) en (0,092 nm; 1,2) respektiewelik. Hierdie elemente korreleer ook goed met Zr. Soortgelyke ioonstrale en ioonpotensiale verklaar die chemiese verwantskap tussen Zr en Nb (Goldschmidt, 1958). Volgens Deer, Howie en Zussman (1966) kan Nb ook in sirkoon voorkom. Laasgenoemde word as 'n bykomstige mineraal in die kwartsiete gevind.

Ti toon ook 'n goeie korrelasie teenoor die elemente Nb, Y en Zr. Volgens Goldschmidt (1958) is daar 'n chemiese verwantskap tussen Ti en Zr. Die ioonradius van Zr⁴⁺ (0,087 nm) is groter as die ioonradius van Ti⁴⁺ (0,064 nm), daarom is sy koördinasiegetal met betrekking tot suurstof verskillend van dié van titaan. Daar bestaan ook 'n chemiese verwantskap tussen Ti⁴⁺ en Nb⁵⁺. Die ioonradius van Nb⁵⁺ : 0,069 nm (Goldschmidt, 1958). Die elemente Zr, Nb, Y en Ti is dus chemies verwant aan mekaar, want hierdie elemente is almal litofiel en vorm ioniese bindings met suurstof, terwyl sommige van hierdie elemente ook soortgelyke ioonradii het.

Volgens Deer, Howie en Zussman (1966) mag rutiel taamlike hoeveelhede Nb bevat, terwyl die Ti in die mineraal sfeen, met chemiese samestelling CaTi [SiO₄] (0,OH,F) (Deer, Howie en Zussman, 1966, p.17) gedeeltelik verplaas mag word deur Nb. In hierdie geval mag Ca ook gedeeltelik verplaas

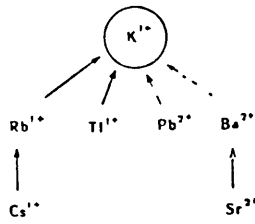


Fig. 77a. Verwantskap tussen kalium en seldsame elemente.

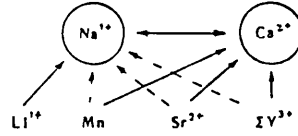


Fig. 77b. Verwantskap tussen natrium en kalsium en seldsame elemente.

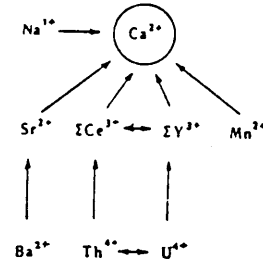


Fig. 77c. Verwantskap tussen kalsium en seldsame elemente.

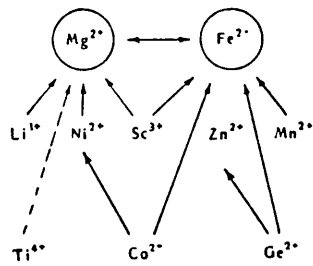


Fig. 77d. Verwantskap tussen magnesium en bivalente yster en seldsame elemente.

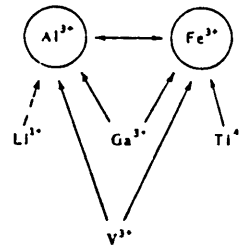


Fig. 77e. Verwantskap tussen aluminium en trivalente yster en seldsame elemente.

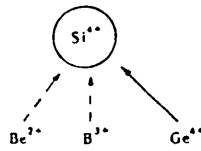


Fig. 77f. Verwantskap tussen silikon en seldsame elemente.

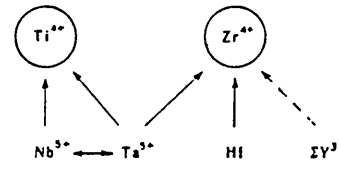


Fig. 77g. Verwantskap tussen titaan en sirkonium en seldsame elemente.

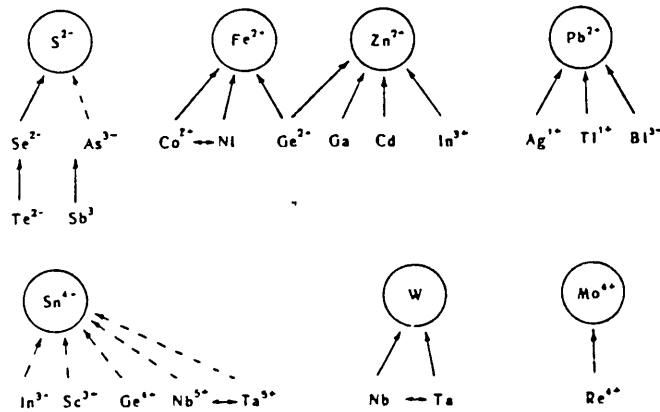


Fig. 77h. Verwantskap tussen ertsvormende elemente en seldsame elemente.

Fig. 77. Verwantskap tussen hoofelemente en hul geochemies gelyksoortige spoor- en seldsame elemente.

Duidelike pyle: Algehele substitusie tipes
Dun pyle: Wydverspreide tipes
Gestippelde pyle: Sekondêre substitusie tipes

word deur die skaars aardelemente, terwyl dit ook in die mineraal apatiet geld, met chemiese samestelling $\text{Ca}_5 (\text{PO}_4)_3 (\text{OH}, \text{F}, \text{C})$ (Deer, Howie en Zussman, 1966, p.504). 'n Goeie korrelasie word ook tussen P_2O_5 en Y gevind.

Die titaanminerale rutiel en sfeen, asook die mineraal apatiet kom, volgens 'n mikroskopiese ondersoek as bykomstige en ondergeskikte minerale in die kwartsiete voor.

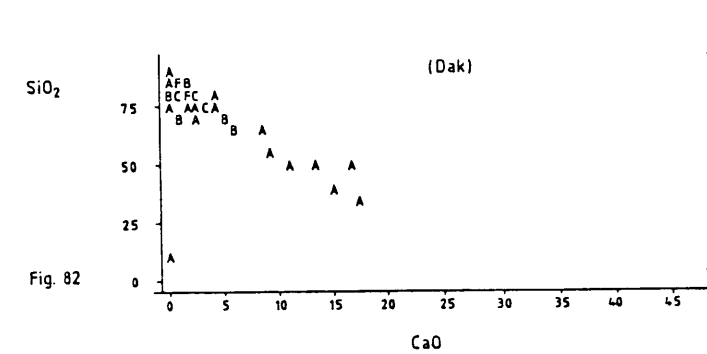
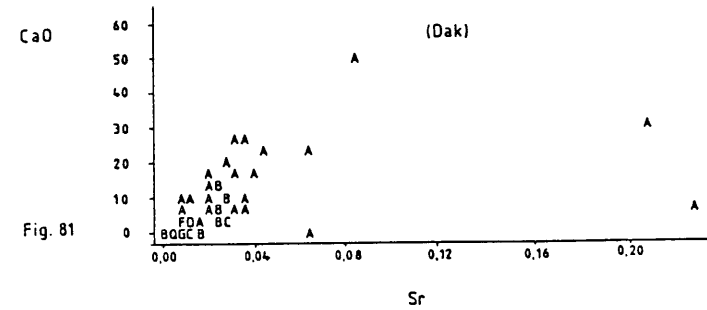
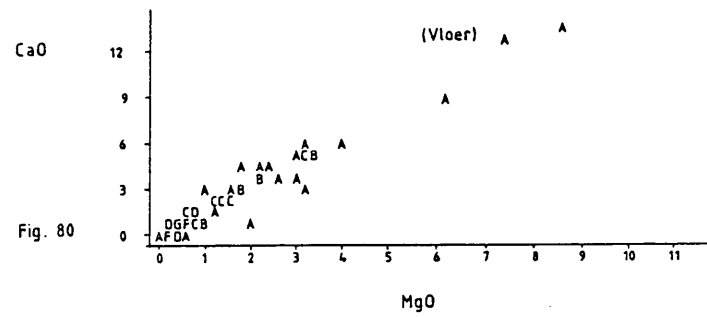
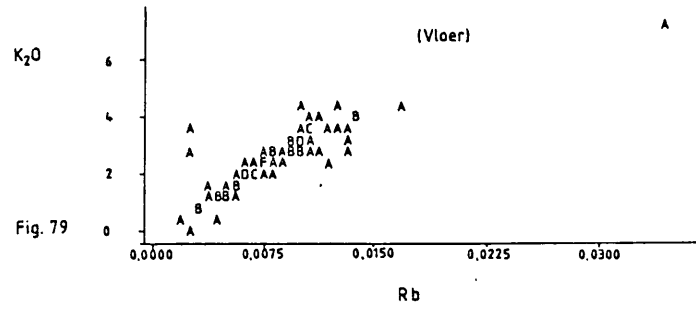
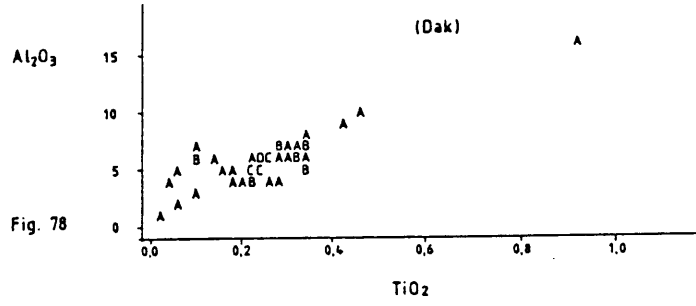
SiO_2 korreleer ook goed met Zr en Y.

In die Rosh Pinah-kwartsiete kom dikwels blou kwartskorrels voor, veral in die growwer eenhede. Dit is volgens Goldschmidt (1958) waarskynlik die gevolg van die verspreiding van lig deur 'n menigte kleurlose naaldjies waarskynlik van rutiel wat versprei is in die kwarts.

K_2O korreleer goed met Al_2O_3 in die vloerkwartsiete. Die verhouding Al_2O_3 teenoor TiO_2 toon 'n goeie korrelasie in die dakkwartsiete (Fig. 78). Die ioonradiusse van Ti^{3+} en Al^{3+} is onderskeidelik 0,069 nm en 0,057 nm sodat hulle mekaar kan verplaas (Rankama en Sahama, 1950).

Die elemente K_2O , Al_2O_3 en TiO_2 wat verteenwoordig word deur die kaliumverryking, korreleer dus onderling goed met mekaar. Hierdie elemente is geochemies verwant aan mekaar - K_2O en Al_2O_3 is geassosieer in die kaliumveldspate, terwyl K_2O , Al_2O_3 en TiO_2 assosiasie in glimmers (muskoviet/serisiet) het (Fig.78).

In die dakkwartsiete bestaan daar 'n goeie korrelasie by die verhouding van SiO_2 teenoor K_2O , terwyl SiO_2 en Al_2O_3 swakker met mekaar korreleer. Volgens Goldschmidt (1958) kan Si in tetrahedriese koördinasie, met ioonradius 0,039 nm deur Al in tetrahedriese koördinasie, met ioonradius 0,045 nm, vervang word, en dus kan verwag word dat hierdie elemente saam kan voorkom. Volgens bogenoemde outeur kan Ti^{4+} Si^{4+} in viervoudige koördinasie vervang, maar dit gebeur in 'n baie beperkte mate.



LEGENDE
A = 1 OBS , B = 2 OBS ens

Korrelasie tussen elemente in die dak- en vloerkwartsiete

Benewens geochemiese verwantskap onderling is K_2O , Al_2O_3 en TiO_2 ook geochemies verwant aan SiO_2 . K_2O , Al_2O_3 , en SiO_2 is saam in veldspate en glimmers teenwoordig.

In die vloerkwartsiete is daar 'n goeie korrelasie tussen K_2O en Rb, met 'n swakker korrelasie in die dakkwartsiete (Fig. 79) (Aanhangsel A en B). Dit beteken waarskynlik dat Rb deel was van die oorspronklike klastiese veldspaat.

Volgens Goldschmidt (1958) het K en Rb baie soortgelyke ioonladings en -strale. Ioonstrale van K^+ en Rb^+ is 0,133 nm en 0,149 nm onderskeidelik, sodat substitusie tussen K en Rb by alle temperature moontlik is. Albei elemente vorm ioniese bindings.

Net soos TiO_2 goeie korrelasies met die skaars aardelemente het, het Al_2O_3 en K_2O ook goeie korrelasies met Zr, Nb en Y.

Daar bestaan ook goeie tot swak korrelasies tussen Rb en die volgende elemente: Al_2O_3 , TiO_2 , Co, Zr, Nb, Y en organiese koolstof. Laasgenoemde element korreleer ook goed met Nb en Y. Die goeie korrelasie tussen Rb en Co in die vloerkwartsiet is moeilik om te verklaar.

K_2O , Al_2O_3 en TiO_2 , asook die skaars aardelemente en Zr en Rb korreleer onderling goed met mekaar, en hierdie elemente openbaar ook almal dieselfde gedrag met betrekking tot verandering rondom die ertsliggame.

Die verhouding van K_2O teenoor Ba wys swak negatiewe korrelasies in die dak- en vloerkwartsiet. Die ioonradius van K^+ = 0,133 nm en Ba^{2+} = 0,134 nm (Goldschmidt, 1958). Hierdie twee elemente kan soortgelyke chemiese eienskappe openbaar, alhoewel K hoofsaaklik in klastiese veldspate en serisiet gehuisves is, en Ba hoofsaaklik in selsiaan en Ba-karbonate wat van hidrotermale /vulkanogene oorsprong is. Substitusie en isomorfie kan dus verwag word tussen K en Ba in die veldspate, wat dikwels in die vloerkwartsiete gevind word. Die

negatiewe korrelasie mag daarop dui dat bariumveldspaat ontstaan het deur vervanging van K deur Ba in kaliumveldspaat.

Die verhouding CaO teenoor MnO en MgO onderskeidelik, wys goeie korrelasies in die vloerkwartsiete.

CaO en MgO korreleer beter as wat CaO en MnO korreleer (Fig. 80). Daar bestaan ook 'n goeie korrelasie tussen MgO en MnO in die vloerkwartsiete (Aanhangsel A en B).

Die ioonstrale van Ca^{2+} is 0,106 nm en dié van Mg^{2+} : 0,078 nm en Mn^{2+} : 0,091 nm (Goldschmidt, 1958). Hoewel daar 'n effense verskil in hul ioonstrale is, is Ca, Mg en Mn litofiele elemente en vorm ioniese bindings met suurstof. Dus kan 'n soorgelyke chemiese gedrag van hierdie elemente verwag word en bestaan daar 'n uitruiling tussen die elemente en kan hulle mekaar vervang. Die elemente CaO, MgO en MnO is algemeen geassosieer in die karbonaatminerale, en word verteenwoordig deur karbonatisering.

CaO, MgO en MnO korreleer onderling goed met CO_2 en S. Fe_2O_3 korreleer ook goed met laasgenoemde twee elemente, terwyl Sr ook goed met CO_2 korreleer.

Die verhouding CaO teenoor Sr het 'n goeie korrelasie in die dakkwartsiete, met 'n swak korrelasie in die vloerkwartsiete (Fig. 81). Sr is heel waarskynlik hoofsaaklik in die karbonaat teenwoordig. In die vloerkwartsiet is Sr met Ba geassosieer.

Volgens die ioonstraal van Sr^{2+} (0,112 nm) kan dit óf deur kalsiumminerale toegelaat word óf deur kaliumminerale gekaap word waar dit K^+ vervang. Dit het 'n effens groter affiniteit vir Ca as K, want beide Sr^{2+} en Ca^{2+} het 'n elektronegatiwiteit van 1,0 teenoor 0,8 van K^+ (Pauling, 1960, Tabel III - VIII) en openbaar dus 'n groter mate van kovalente karakter.

Die verhouding CaO teenoor Ba wys swak korrelasies in beide die dak- en vloerkwartsiete, alhoewel beter as in geval van K₂O teenoor Ba. Alhoewel daar groter verskille is tussen die ioonstrale van Ba en Ca (Ba²⁺ : 0,134 nm en Ca²⁺ : 0,106 nm) (Goldschmidt, 1958) as tussen Ba en K, kan Ba-ione tog in klein hoeveelhede in kalsiumminerale toegelaat word (Goldschmidt, 1958). Ca en Ba het ook soortgelyke elektronegatiwiteit (Ca²⁺ : 1,0; Ba²⁺ : 0,9) (Pauling, 1960, Tabel III - VIII) en beide vorm ioniese verbindings.

Op Rosh Pinah word die barium-kalsiumassosiasie in die volgende gevind: Bariumryke karbonaat, baritokalsiet, norsesiet. Dus kan afgelei word dat die Ba-verryking nie soseer verwant was aan die kaliumverandering nie, maar was waarskynlik meer verwant aan die kalsiumverandering op 'n latere stadium.

Die verhouding SiO₂ teenoor CaO wys in die dakkwartsiete 'n negatiewe korrelasie (Fig. 82), terwyl dit in die vloerkwartsiete 'n negatiewe korrelasie teenoor CaO, MgO en MnO aantoon. Dit lyk dus asof die karbonaatminerale ten koste van kwarts en veldspaat gevorm het.

Die verhouding K₂O teenoor CaO toon 'n negatiewe korrelasie in die dakkwartsiete. Die karbonaatminerale het dus ten koste van kaliumminerale en die ander elemente wat daarmee korreleer, gevorm. Alhoewel albei elemente ioniese bindings vorm, bestaan daar 'n groot verskil in hul loongroottes.

Die twee elementgroepe (K₂O, Al₂O₃ en TiO₂) en (CaO, MgO en MnO), en hul verwante elemente korreleer dus onderling goed met mekaar. Hierdie twee elementgroepe reageer verskillend ten opsigte van verandering rondom die ertsliggaam, en daar bestaan negatiewe korrelasies onderling tussen hierdie twee groepe. Negatiewe korrelasies bestaan tussen CO₂ en die volgende elemente: Rb, Zr, Nb en Y; tussen Sr en die elemente Nb en Y; asook tussen CaO en Zr en Y onderskeidelik (Aanhangsel A en B).

SiO₂ korreleer ook negatief teenoor die volgende elemente: Sr, CO₂ en S, hoewel die korrelasiekoëffisiente in die vloer- en dakkwartsiete opmerklik verskil.

Die spoorelemente Zn, Pb, Ba en Cd, met betekenisvolle anomale waardes naby die ertsliggaam, dui ook onderling op goeie korrelasies met mekaar. Zn en Cd het soortgelyke ioonstrale sodat isomorfe substitusie tussen hierdie elemente moontlik is. Volgens Goldschmidt (1958) is die ioonradius van Zn : 0,131 nm en Cd : 0,148 nm. Beide elemente is chalkofiel en vorm kovalente bindings met swavel. Die elektronegatiwiteit van beide Zn en Cd is 1,7 (Pauling, 1960, Tabel III - VIII). Volgens Goldschmidt (1958) kan Pb²⁺ (ioonradius 0,132 nm) ook Ba²⁺ ione (ioonradius 0,134 nm) verplaas. Day (1963) het ook opgemerk dat barium en lood mekaar tot 'n mate kan verplaas.

Die positiewe en negatiewe korrelasie van die elemente in die kwartsitiese wandgesteentes, is verwant aan die elementassosiasie in die verskillende minerale, met ander woorde elemente wat in dieselfde mineraal voorkom sal die beste met mekaar korreleer.

ERTSGENESE IN DIE LIG VAN GEOCHEMIESE GEGEWENS

Hidrotermale verandering kan beskou word as metasomatose en behels die verandering van 'n oorspronklike mineraalversameling na 'n nuwe stel van minerale wat meer stabiel is onder die veranderde toestande van temperatuur, druk en vloeistofsamestelling. Verandering mag varieer vanaf rekristallasie tot die toevoeging, verwydering en herrangskikking van chemiese komponente (Park en MacDiarmid, 1975, p.137). Helgeson (1964) het verklaar dat baie hidrotermale veranderinge 'n proses is van uitruiling van H^+ vir ander katione in die gesteentes.

Die vervoer van materiaal met betrekking tot wandgesteenteverandering kan plaasvind deur infiltrasie, of diffusie of deur 'n kombinasie van beide prosesse (Korzhinskii, 1970).

Na afsetting van die arkosiese sedimente en turbidiete in smal dalende komme, wat as gevolg van verskuiwingskomplekse in die basisgesteentes ontstaan het, het 'n periode van stiller en fyner sedimentasie gevolg, waartydens koolstofhoudende skalie en fynkorrelrige sandstene afgeset is. Hierdie stiller periode is vergesel deur die kraking van die seevloer in 'n noord-noordwestelike rigting en fumaroliese aktiwiteit wat silikaryke en karbonaathoudende materiaal afgeset, tesame met sulfiede van sink, lood, koper en yster.

Volgens Sangster (1972) en Duke en Hutchinson (1974) sal hewige fumaroliese aktiwiteit die vloergesteentes breksieer, en so voedingskanale vorm vir die afsetting van die ertssone bokant die vloergesteentes. Fumaroliese ontploffingsaktiwiteit wat gelokaliseer was langs hierdie verskuiwings en krake, het dus breksiasie van die vloerkwartsiete veroorsaak en het so voedingskanale gevorm waarlangs die sulfieddraende pekels beweeg het. Die ertsliggaam het dus by of naby die ontploffingsplek van 'n submariene hidrotermale omgewing gevorm, en is deel van 'n geotermale sisteem. 'n Kookproses in die boonste gedeelte van die geotermale sisteem word ver-

gesel deur die skeiding van suur gasse (CO_2 , H_2S), met die gevolg dat stoom na die oppervlak mag penetreer as fumaroliese aktiwiteit (Henley en Ellis, 1983), en in geval van die Rosh Pinah-ertsliggaam het dit aanleiding gegee tot die breksiasie van die vloerkwartsiete.

'n Silisifiserings- en karbonatiseringsproses vir die ontstaan van die ertsliggaam word voorgestel, wat soortgelyk is aan die silisifiseringsproses wat verwant is aan die mineralisasie by die koperafsetting van Mount Isa, Queensland. By die laasgenoemde afsetting bestaan daar 'n noue assosiasie tussen die laaggebonde sulfiedafsetting en 'n silika-dolomiet wandgesteente. Volgens Gulson, Perkins en Mizon (1983) is koper en silika toegevoeg tot die omgewing gedurende sedimentasie met die gevolglike vorming van laaggebonde ertsliggame.

Chemiese reaksie vind plaas in die suboppervlaksone, en dit vorm die veranderingspyp en aarvorminge erts wat gekenmerk word deur die afsetting van silika in die boonste gedeelte van die veranderingspyp en presipitasie van chalkopiriet en of piriet (Franklik, Lydon en Sangster, 1981) en was dan ook waarskynlik die oorsaak van die intense silisifisering van die vloerkwartsiete en die afsetting van veral chalkopiriet in die matriks van hierdie gebreksieerde en gekraakte sones.

Die ertsoplossing sal in die voedingskanaal kook voordat dit die seevloer bereik indien 'n vlak waterdiepte van minder as 400 m voorkom, en as gevolg van afkoeling sal dit lei tot die presipitasie van die minste oplosbare komponent, chalkopiriet as stokwerkmineralisasie en die vorming van 'n silikaryke veranderingsone (Finlow-Bates en Large, 1978).

Gibson en Watkinson (1979) skryf die ekstensiewe silisifisering van die boonste gedeelte van die vloergesteentes van die Amulet Rioliet-Formasie toe aan 'n afname van silika-oplosbaarheid in die hidrotermale oplossings, namate dit afgekoel het gedurende ontsnapping oor 'n groot gebied. Die

latere ontsnapping van die oplossings langs krake in hierdie gesilisifiseerde bedekkingsgesteentes, het die ertsliggaam gevorm.

Volgens Rankama en Sahama (1950) mag addisionele stabilisasie van silika ook veroorsaak wees deur kolloïdes wat meestal van organiese oorsprong was.

Silisifisering is die tipe van verandering wat die algemeenste geassosieer is met sulfiedertsafsettings, en volgens Andrews en Fyfe (1976) is silisifisering 'n sleutelindikator van geotermale aktiwiteite.

Silisifisering is die mees intense chemiese verandering wat die kwartsitiese vloergesteentes ondergaan het, en kom op sommige plekke ook in die dakkwartsiete voor. Die silisifisering van die Rosh Pinah-kwartsiete is soortgelyk aan die silisifisering van die Kuroko-tipe ertsafsettings, wat volgens Lambert en Sato (1974) ook die hoofkenmerk is van verandering van die vloergesteentes van die laasgenoemde tipe afsettings.

Na die silisifisering en breksiasie van die vloerkwartsiete het silikaryke ertsdraende vloeistowwe deur die toegangskanale ontsnap en is die ertsdraende horison afgeset waartydens mikrowartsiete gevorm het. Cherthorisonne (en in dié geval mikrowartsiet) verteenwoordig heel waarskynlik 'n ekshalatiewe hidrotermale silikafase, wat afgeset is as 'n "gel" op die seevloer (Large, 1980) en is van dieselfde oorsprong as dié in die gesilisifiseerde veranderde sone wat onderkant die afsettings voorkom. In die geval van Rosh Pinah het die afsetting van die silika-gel waarskynlik saam met die afsetting van argilliet plaasgevind, en het dus silisifisering van die argilliete veroorsaak met die vorming van mikrowartsiet.

Langs die strekking gradeer mikrowartsiet gewoonlik oor in argilliet, terwyl Watson (1980, p.54) ook opgemerk het dat

mikrokwartsiet heel waarskynlik 'n gesilisifiseerde argiliet mag wees.

Die menging van seewater met die stygende hidrotermale oplossings veroorsaak 'n toename in suurstof en 'n gelyktydige temperatuurafname en/of toename in pH in die ertsvormende omgewing, en was waarskynlik die oorsaak van die presipitasie van die ertsminerale (Helgeson, 1964, 1969; Crerar en Barnes, 1976).

Weens meer aktiewe toestande is meer hidrotermale silikaryke materiaal tot die omgewing toegevoeg, en het dit dan waarskynlik ook die mikrokwartsiete gesilisifiseer om suikeragtige kwartsiete te vorm. Dit is gevind dat die mikrokwartsiete oorgradeer in suikeragtige kwartsiete. Volgens Watson (1980, p.52) kom suikeragtige kwartsiete nie altyd tussengelaagd met mikrokwartsiete voor nie, maar vorm ook onreëlmatige massas binne die mikrokwartsiet, wat dui op vervanging van mikrokwartsiete deur sekondêre kwarts.

Na die silisifisering het kaliumverandering of serisitiserings gevolg, en gedurende dié proses het kaliumverryking van die vloerkwartsiete plaasgevind. Hierdie verandering kom veral in die hoogs gesilisifiseerde kwartsiete voor, en hieruit kan afgelei word dat die kaliumverandering baie nou verwant was aan die voorafgaande silisifisering.

Die kaliumverandering het nie 'n groot rol gespeel in die verandering van die kwartsiete nie.

Kaliumveldspate en mikas is die kenmerkende minerale by kaliumverandering. By die warmfontein-omgewing word die kaliumveldspate waarskynlik geproduseer deur die verlies aan druk en CO₂ in die sisteem (Meyer en Hemley, 1967, p.178). Volgens laasgenoemde is serisitiserings dikwels nou geassosieer met sulfiedertse. Mineralogiese ondersoek het getoon dat die sulfiede in die kwartsitiese wandgesteentes dikwels geassosieer is met muskoviet/serisietkorrels.

'n Meer intensiewe hidrotermale aktiwiteit het daarna plaas= gevind waarby die reeds bestaande gesteentes wat mikrokwart= siet en suikeragtige kwartsiet insluit, gebreksieer en ge= kraak is. 'n Karbonatiseringsfase het gevolg met 'n ver= ryking in Ca, Mg, Mn en Fe. Volgens Meyer en Hemley (1967, p.177) is laasgenoemde elemente die hoofmetale in karbonate wat tydens karbonatisering vorm.

Karbonaatryke hidrotermale oplossings het die gekraakte en gebreksieerde vloerkwartziete asook die mikrokwartsiet en suikeragtige kwartsiet geïmpregneer, en die goed geminerali= seerde karbonaatertshorison is gevorm bokant die suiker= agtige kwartziete, en veral in gedeeltes bokant intens gebreksieerde vloerkwartziete.

Hierdie karbonatiseringsfase het die goed gebreksieerde kwartziete, - veral onderkant die dikker gedeeltes van die ertshorison - intens beïnvloed, en het as 'n laaste veran= deringsfase ook die matriks van die vloerbreksies verander en gekarbonatiseer, en tesame hiermee is Zn en Cu-sulfiede in die matriks gepresipiteer.

Karbonatisering is opgelê op vorige veranderingsfases. Hierdie veranderingsfase het 'n kleiner rol in die diep= liggende vloerkwartziete gespeel, waar relatief meer serisiet en minder karbonate in die matriks voorkom, en dui waarskynlik op kaliumverandering van die dieperliggende vloerkwartziete waarop karbonatisering nie opgelê is nie (Fig. 50).

Die karbonatisering het 'n vermindering van die hoof- en spoorelemente, wat geassosieer was met die vorige kalium= verandering in die onmiddellike vloerkwartziete, tot gevolg gehad. Fe_2O_3 het daarenteen vermeerdering ondergaan in die onmiddellike vloerkwartziete, terwyl MnO en Fe_2O_3 ook ver= meerder is in die onmiddellike dakkwartziete, weens na= mineralisasie-effekte van karbonatisering in die dak= kwartziete.

Gedurende die drie veranderingsfases is swaarmetaalerts=
vloei-stowwe voortdurend tot die sisteem toegevoeg, waarskyn=
lik die intensiefste gedurende die karbonatiseringsfase, en
hierdeur is die inhoud van die onmiddellike vloer- en dak=
kwartsiete verryk aan swaarmetale soos Zn, Pb, Cu en Ba.

Na die afsetting van die karbonaaterts, het die intensiteit
van die hidrotermale aktiwiteit 'n hoogtepunt bereik met die
vorming van die massiewe sulfiede wat veral aan die bokant
teen die dakkwartsiete voorkom.

Na die afsetting van die ertsliggame en gedurende die afset=
ting van die dakkwartsiete, het die hidrotermale aktiwiteite
stadigaan voortgegaan met die gevolglike herhaling van die
silisifiserings- en karbonatiseringsprosesse, weens latere
hidrotermale pulse of ekshalatiewe uitwaseminge.

Die voorkoms van gedissemineerde piriet, massiewe piriet=
bande (boorgat S249) en kraaksones in die onmiddellike dak=
kwartsiete met piriet- en kwartsare (430 vlak C-myn),
impliseer waarskynlik dat hidrotermale aktiwiteit geleide=
lik voortgegaan het gedurende afsetting van die dakkwart=
siete, met die vorming van die pirietare.

Karbonatisering het veral 'n rol gespeel bokant dikker ge=
deeltes van die ertsliggaam, (wat hoofsaaklik uit karbonaat=
ertssones bestaan), met vorming van onreëlmatige karbonaat=
lense in die dakkwartsiete, karbonatisering van die argil=
liet (gedurende stiller toestande), en die verandering van
die dakargilliet in dakkarbonaatsones (weens intenser
karbonatisering), saam met vorming van sfaleriet en piriet
(boorgat S281).

Silisifisering het geen invloed gehad bokant dikker erts=
sones nie, maar wel bokant dunner ertssones met die vorming
van dakbreksies met silisifisering (410 vlak C-myn, A-myn en
B-myn Oos), en silisifisering van argilliet met die vorming
van mikrokwartsiet, geassosieer met sulfiede soos piriet en

sfaleriet (410 vlak C-myn). Sangster en Scott (1976) het ook opgemerk dat die silikaryke gesteentes in die dakgesteentes 'n ekshalatiewe ekwivalent mag wees van die vloer-silisifisering.

Hermineralisasie het waarskynlik ook in dieperliggende vloerkwartsiete plaasgevind, met silisifisering gedurende breksiasie en die daaropvolgende karbonatisering met vorming van 'n gemineraliseerde karbonaataar bokant die breksieontwikkeling (84 m onder erts, in boorgat S394). Die breksieontwikkeling met argillietmatriks (108 m onder erts in boorgat S394) verteenwoordig waarskynlik ook 'n latere hermineralisasie.

Die ontsnapping van H₂S- en CO₂-ryke dampe weens herhaalde-like kraking, kan ontsnapping van metaalryke pekels veroorsaak, en is die rede van pulse van erts-mineraalparagenese (Barnes, 1967), wat hermineralisasie kan veroorsaak. As gevolg van voortdurende afkoeling en kraking sal sirkulasie na groter dieptes penetreer, sodat konveksie ook na onder uitgebrei (Russell, Solomon en Walshe, 1981). Dit mag moontlik die hermineralisasie in die dieperliggende vloerkwartsiete verklaar.

Die mineralisasie van die vloerbreksie was verwant aan die hidrotermale veranderingsfase. Hoe meer intens die silisifisering en ronding van die breksiefragmente, hoe beter is die matriks en breksiefragmente gemineraliseerd, terwyl 'n beter karbonaatrike matriks ook geassosieer is met ryker sulfiede. Indien die verhouding matriks tot fragmente toeneem, word beter mineralisasie en sfaleriet in die matriks waargeneem. In hierdie geval is ook die breksiefragmente beter gemineraliseerd.

8 OPSOMMING EN GEVOLGTREKKINGS

Die geochemiese ondersoek behels die verandering in elementinhoud in 'n nie-eenvormige arkosiese en kwartsitiese wandgesteente, op verskeie afstande na die ertsliggaam. Die verandering in ander tipes van wandgesteentes is ook nagegaan.

Die silisifisering van die veldspaatkorrels in die vloerarkosiete, weerspieël die silikaverryking van hierdie arkosiete. Die relatief min plagioklaas wat waargeneem is in arkosiete B en C word verklaar deur die afname in Na_2O , terwyl die toename in serisiet in arkosiet C weerspieël word deur die toename in K_2O .

Die opaakmateriaal wat veral kenmerkend is van arkosiet B_1 en B_2 word verteenwoordig deur sulfiede van Zn, Pb, en Cu.

Alhoewel daar geen opvallende verandering in die wandgesteentes teenwoordig is nie, is veranderingstendense van die elemente in die wandgesteentes geïdentifiseer deur die toepassing van statistiese verwerkings.

Volgens die toepassing van die elementkonsentrasie teenoor die afstand na die ertsliggaam, blyk dit dat die volgende groep elemente in die kwartsitiese wandgesteentes betekenisvolle tendense van verandering met betrekking tot die ertsliggaam verteenwoordig: Fe_2O_3 , MnO, Zn, Pb, Cu, Ba en Zr wys tendense van toename in die dakkwarsiete. In die vloerkwarsiete dui die elemente Fe_2O_3 , Zn, Cu, Ba, Sr en Cd tendense van toenames aan in die nabyheid van 'n ertsliggaam, terwyl die elemente TiO_2 , MnO, K_2O , organiese koolstof, Rb, Co, Ni, Zr, Nb en Y afneem in die omgewing van 'n ertsliggaam.

Die veranderings rondom die ertsliggaam in breksiewandgesteentes, is soortgelyk as dié wat in kwartsitiese wandgesteentes voorkom, met betrekking tot Zn, Pb, Cu en Cd,

terwyl Ag, Ni en SiO_2 hier ook betekenisvol is in die dak en vloer.

Indien karbonaat-, argilliet-, en mikrokwartsietwandgesteentes beskou word neem die elemente CaO, MgO, MnO en die chalkofiele elemente (Zn, Pb, Cu, Ag, Cd) af met afstand vanaf die ertsliggaam, terwyl die litofiele elemente (SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , Rb en Zr) asook die totale alkalië (K_2O en Na_2O) oor die algemeen toeneem met afstand vanaf die ertsliggaam.

Die elemente CaO, MgO en MnO reageer positief, en openbaar toenemende tendense in die nabyheid van die ertsliggaam. CaO en MgO is betekenisvol in die vloerkwartsiete, terwyl MnO asook Fe_2O_3 betekenisvolle tendense in die dakkwartsiet naby die ertsliggaam openbaar. Die elemente K_2O , Al_2O_3 en TiO_2 asook Rb, Zr en Nb, dui daarenteen afnemende tendense in die vloerkwartsiete naby die ertsliggaam aan. Die sporelemente Zn, Pb, Cu, Ba, Cd en Sr gee betekenisvolle toenemende tendense na die ertsliggaam in beide die dak- en vloerkwartsiete.

Hierdie bogenoemde groep elemente wys betekenisvolle statistiese veranderingstendense in die omgewing van die ertsliggaam, en stel toenemende of afnemende tendense met betrekking tot die ertsliggaam voor.

Die algemene kenmerke van die dispersie rondom die ertsliggaam, is nie 'n reëlmatige toename na die ertsliggaam nie, maar bestaan uit 'n aantal sporadiese anomale waardes in die nabyheid van die ertsliggaam.

Volgens die studie bestaan daar geen intense verandering van die wandgesteentes in die omgewing van die ertsliggame nie, en alleenlik tendense of neigings van verandering is teenwoordig. Vanweë onreëlmatighede is die verwantskappe blykbaar nie van nut vir eksplorasiendoeleindes nie. Dit mag egter moontlik wees dat die frekwensie van anomale waardes

binne die veranderingsone aangrensend aan die ertsliggame 'n aanduiding kan wees van die nabyheid van erts (Tabel XXVI, XXIX). Om so 'n tegniek te implimenteer, sou egter 'n groot aantal monsterpunte in die wandgesteentes vereis ten einde statisties verantwoordbare resultate te kry. In die praktyk mag dit egter nie uitvoerbaar wees nie. Die Na₂O-vermindering in arkosiet B en C kan ook van belang wees om te onderskei tussen die dak- en vloerarkosiete.

Natriumvermindering is 'n tipiese veranderingseffek wat gevind word in die chloritiese veranderingsone, wat geassosieer is met vulkanogenetiese massiewe sulfiedafsettings.

Net soos in geval van Rosh Pinah word die verandering van die vloergesteentes van die Voorkambriese massiewe sulfiedertse ook gekenmerk deur serisitisering, karbonatisering en silisifisering. Laasgenoemde is ook 'n kenmerk van die vloergesteentes van die Kuroko-tipe ertsafsettings, sowel as die stratiforme en submariene ekshalatiewe Pb-Zn afsettings met sedimentêre wandgesteentes. Bogenoemde tipe ertsafsettings word, net soos die Rosh Pinah-afsetting, gekenmerk deur stokwerkmineralisasie in die vloergesteentes.

Die halo's van Mn, Fe, Zn en Pb wat kenmerkend is rondom die submariene ekshalatiewe Pb-Zn-afsettings met sedimentêre wandgesteentes is ook teenwoordig rondom die Rosh Pinah-afsetting.

Soos in bogenoemde tipe ertsafsetting, maak Ba 'n belangrike komponent uit van die Rosh Pinah-afsetting, en speel ook 'n belangrike rol in die verandering rondom die ertsliggaam.

Die verandering van die wandgesteentes by Rosh Pinah toon dus ooreenkomste met veranderings in beide vulkaniese en sedimentêre wandgesteentes soos aangetref in sulke tipe afsettings elders in die wêreld.

9 DANKBETUIGINGS

Die skrywer wil sy dank en waardering uitspreek teenoor die volgende instansie en persone:

Yskor vir finansiële steun en studieverlof.

Prof. CP Snyman wat as leier opgetree het, vir hulp en bystand met die projek asook vir waardevolle advies en aanmoediging.

Dr HJ Luthy wat dit moontlik gemaak het dat ek die studie kon onderneem, vir sy belangstelling en hulp met my studie.

Dr J Smuts vir die mikrosonde-analises.

Die navorsingsdepartement van Yskor vir die chemiese analises.

Mnr JP Engelbrecht vir die opleiding in X-straalfluoresensiespektrometrie.

Mnr PE Munk vir hulp in mineralogie.

Prof H Groeneveld vir sy hulp met die statistiese rekenaarverwerking van die analises, en mev GD Meyer en mej E Maré vir die rekenaarwerk.

Mevv B van Vuuren , M Vos en M Malan vir die tik van die verhandeling, en eersgenoemde ook vir die tekenwerk van die kaarte.

My vrou en ouers vir die aanmoediging en ondersteuning wat hulle aan my verleen het.

VERWYSINGS

- Andrews, A.J., en Fyfe, W.S. (1976). Metamorphism and massive sulphide generation in oceanic crust. Can. Geosci., 3, 84-94.
- Angino, E.E., en Billings, G.K. (1967). Atomic absorption spectrometry in geology. Elsevier, Amsterdam, 144pp.
- Bailey, E.H., en Stevens, R.E. (1960). Selective staining of K-feldspar and plagioclase on rock slabs and thin sections. Amer. Miner., 45, 1020-1025.
- Barnes, H.L. (1967). Geochemistry of hydrothermal ore deposits. Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York, 670pp.
- Barnes, H.L. (1979). Geochemistry of hydrothermal ore deposits. Second Edition. John Wiley and Sons, Inc., New York, 798pp.
- Boyle, R.W. (1982). Geochemical methods for the discovery of blind mineral deposits. Bull. Geol. Surv. Can. CIM., Ottawa, Deel 2, 113-132.
- Calder, A.B. (1971). Statistics, 11-51. In: Wainardi, R.E., Uken, E.A., Ed. Modern methods of geochemical analysis. Plenum Press, New York, 397pp.
- Carne, R.C., en Cathro, R.J. (1981). Sedimentary exhalative (sedex) Zinc-lead-silver deposits, northern Canadian Cordillera. Bull. Geol. Surv. Can. Bull., Archer, Cathro and Assoc. Ltd., Vancouver, B.C., 75, 66-78.
- Chayes, F. (1954). The theory of thin-section analysis. J. Geol., 62, 92-101.
- Crerar, D.A., en Barnes, H.L. (1976). Ore solution chemistry V. Solubilities of chalcopyrite and chalcocite assemblages in hydrothermal solution at 200° to 350°C. Econ. Geol., 71, 772-794.

- Day, F.H. (1963). The chemical elements in nature. George G. Harrap and Co., Ltd., London, 372pp.
- Deer, W.A., Howie, R.A., en Zussman, J. (1966). An introduction to the rockforming minerals. Longmans, London, 528pp.
- Duke, N.A., en Hutchinson, R.W. (1974). Geological relationships between massive sulphide bodies and ophiolitic volcanic rock near York Harbour, Newfoundland. Can. J. Earth Sci., 11, 53-69.
- Fersman, A.E. (1934). Geokhimiya (Geochemistry). Vol. 1, Goskhimizdat, Leningrad.
- Finlow-Bates, T., en Large, D.E. (1978). Water depth as a major control on the formation of submarine exhalative ore deposits. Geol. Jb., 30, 27-39.
- Franklin, J.M., Gibb, W., Poulsen, K.H., en Severin, P. (1977). Archean metallogeny and stratigraphy of the south Sturgeon Lake area. Inst. on Lake Super. Geol., 23rd Ann. Mtg., Thunder Bay, Ont., Guidebook, 73pp.
- Franklin, J.M., Lydon, J.W., en Sangster, D.F. (1981). Volcanic-associated massive sulfide deposits. Econ. Geol., 75, 485-627.
- Friedrich, G.H., en Hawkes, H.E. (1966). Mercury dispersion halo's as ore guides for massive sulphide deposits, West Shasta district, California. Miner. Deposita, 2, 77-88.
- Gibson, H.L., en Watkinson, D.H. (1979). Silicification in the Amulet "Rhyolite" formation, Turcotte Lake section, Noranda area, Quebec. Can. Geol. Surv. Paper 79-113, 111-120.
- Ginzburg, A.I. (1967). Features of the concentration and dispersion of rare elements during endogene processes, 202-210. In: Vinogradov, A.P. Ed. Chemistry of the earth's crust. Vol. 2, Israel Program for Scientific Translations Ltd., Jerusalem, 705pp.

- Goldschmidt, V.M. (1958). Geochemistry. Oxford University Press, London, 730pp.
- Gulson, B.L., Perkins, W.G., en Mizon, K.J. (1983). Lead isotope studies bearing on the genesis of copper orebodies at Mount Isa, Queensland. Econ. Geol., 78, 1466-1504.
- Hawkes, H.E., en Webb, J.S. (1962). Geochemistry in mineral exploration. Harper and Row Publishers, New York, 415pp.
- Helgeson, H.C. (1964). Complexing and hydrothermal ore deposition. Macmillan Press, New York, 85pp.
- Helgeson, H.C. (1969). Thermodynamics of hydrothermal systems at elevated temperatures and pressures. Amer. J. Sci., 267, 729-804.
- Henley, R.W., en Ellis, A.J. (1983). Geothermal systems ancient and modern : a geochemical review. Earth-Sci. Rev., 19, 1-50.
- Hodgson, C.J. (1979). Wall rock alteration in the area of the "C" Orebody, Rosh Pinah Mine, South West Africa-Namibia. Ongepubl. verslag, Prekambr. Nav. Eenheid, Univ. Kaapstad, 7pp.
- Kindl, S. (1979a). New observations on the geology of Rosh Pinah and Northern Richtersveld. Ongepubl. verslag, Geologie en Eksplorasi Dept., Yskor, Pretoria, 33pp.
- Koo, J., en Mossman, J. (1975). Origin and metamorphism of the Flin Flon stratabound Cu-Zn sulfide deposit, Saskatchewan and Manitoba. Econ. Geol., 70, 48-62.
- Köppel, V. (1978). Lead-isotope studies of stratiform ore deposits of the Namaqualand, N.W. Cape Province, South Africa, and their implications on the age of the Bushmanland Sequence. Proc. 5de I.A.G.O.D, Simp., 1, 195-207.

- Korzhinskii, D.S. (1970). Theory of metasomatic Zoning (Vertaal deur Agrell, J.). Oxford Univ. Press, London.
- Kröner, A. (1974). The Gariep Group, Part 1: Late Precambrian formations in the western Richtersveld, Northern Cape Province. Bull. Prekambr. Nav. Eenheid, Univ. Kaapstad, 13, 115pp.
- Lambert, I.B., en Sato, T. (1974). The Kuroko and associated ore deposits of Japan : a review of their features and metallogenesis. Econ. Geol., 69, 1215-1236.
- Large, D.E. (1980). Geological parameters associated with sediment-hosted, submarine exhalative Pb-Zn deposits : an empirical model for mineral exploration. Geol. Jb., 40, 59-129.
- Levinson, A.A. (1974). Introduction to exploration geochemistry. Applied Publishing Ltd., Calgary, 612pp.
- Martin, H. (1965). The Precambrian geology of South West Africa and Namaqualand. Prekambr. Nav. Eenheid, Univ. Kaapstad, 159pp.
- McLeod, G. (1977). Origin of the brecciation and its relationship to the genesis of the Rosh Pinah Zn-Pb sulphide deposit. Interne verslag, Yskor, 7pp.
- Meyer, C., en Hemley, J.J. (1967). Wall rock alteration, 166-235. In : Barnes, H.L., Ed. Geochemistry of hydrothermal ore deposits. Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York, 670pp.
- Norrish, K., en Hutton, J.T. (1969). An accurate X-ray spectrographic method for the analysis of a wide range of geological Samples. Geochim. et cosmoch. Acta., 33, 431-453.
- Page, D.C., en Kindl, S. (1978). The Zn-Pb-Cu deposits at the Rosh Pinah Mine. Ongepubl. verslag, Geologie en Eksplorاسie Dept. Yskor, Pretoria, 12pp.

- Page, D.C., en Watson, M.D. (1976). The Pb-Zn deposit of Rosh Pinah Mine, South West Africa. Econ. Geol., 71, 306-327.
- Park, C.F.Jr., en MacDiarmid, R.A. (1975). Ore deposits. Third Edition. W.H. Freeman and Company, San Francisco, 530pp.
- Pauling, L. (1960). The nature of the chemical bond. Third Edition. Cornell University Press, Ithaca, 644pp.
- Poubo, Z., en Stemprok, M. (1970). Problems of hydrothermal ore deposition. - The origin, evolution and control of ore-forming fluids. Schweizerbart, Stuttgart, 396pp.
- Price, W.J. (1972). Analytical atomic absorption spectrometry. Heyden and Son, London, 239pp.
- Rankama, K., en Sahama, T.H.G. (1950). Geochemistry. The University of Chicago Press, Chicago, 912pp.
- Riveren, G., en Hodgson, C.J. (1980). Wall-rock alteration at the Millenbach Cu-Zn mine, Noranda, Quebec. Econ. Geol., 75, 424-444.
- Roberts, R.G., en Reardon, E.J. (1978). Alteration and ore-forming processes at Mattagami Lake mine, Quebec. Can. J. Earth Sci., 15, 1-21.
- Rose, A.W., Hawkes, H.E., en Webb, J.S. (1979). Geochemistry in mineral exploration. Second Edition. Academic Press Inc., London, 657pp.
- Russell, M.J., Solomon, M., en Walshe, J.L. (1981). The genesis of sediment-hosted, exhalative Zinc plus lead deposits. Miner. Deposita, 16, 113-127.
- South African Committee for Stratigraphy (SACS), 1980. Stratigraphy of South Africa. Deel 1. (Comp. L.E. Kent). Lithostratigraphy of the Republic of South Africa, South West Africa/

- Namibia, and the Republics of Bophuthatswana, Transkei and Venda : Handb. geol. Opn. S. Afr., 8, 690pp.
- Sangster, D.F. (1972). Precambrian volcanogenic massive sulphide deposits in Canada : a review. Geol. Surv. Can. Paper, 72-22, 44pp.
- Sangster, D.F., en Scott, S.D. (1976). Precambrian, stratabound, massive Cu-Zn-Pb sulfide ores of North America, 6, 129-222. In : Wolf, K.H., Ed. Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits. Elsevier, Amsterdam.
- Sato, T. (1972b). Behaviours of ore forming solutions in seawater. Mining Geol., 22, 31-42.
- Stanton, R.L. (1960). General features of the conformable pyritic orebodies. Trans. Can. Inst. Min. Metall., 63, 22-36.
- Stanton, R.L. (1972). Ore petrology. McGraw-Hill Book Company, New York, 713pp.
- Tatsumi, T., en Oshima, T. (1966). Mineralogical composition of ores from "Black Ore" deposits of the Kosaka and Hanaoka mines. Jour. Japan Inst. Min. Metall., 82, 1008-1014. (in Japanese).
- Van der Plas, L., en Tobi, A.C. (1965). A chart for judging the reliability of point counting results. Amer. J. Sci., 263, 87-90.
- Van Vuuren, C.J.J. (1986). Regional setting and structure of the Rosh Pinah Zinc-Lead deposit, South West Africa/Namibia, 1593-1607. In : Anhaeusser, C.R., en Maske, S., Eds. Mineral deposits of Southern Africa. Geol. Ver. S. Afr., Johannesburg, II, 2335pp.

- Watson, M.D. (1980). The geology, mineralogy and origin of the zinc-lead-copper deposit at Rosh Pinah, South West Africa. D.Sc.-proefskrif (ongepubliseer), Universiteit van Pretoria, 250pp.
- Wedepohl, K.H. (1969). Handbook of geochemistry. Vol. I, Springer-Verlag, Berlin, 442pp.

AANHANGSEL A : KORRELASIE TUSSEN ELEMENTE VIR DIE DAKKWARTSIETE

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	CO ₂	Org.Koolstof	S
SiO ₂	1,00000	0,36450	0,45715	0,07558	-0,20116	-0,47161	-0,75392	0,03408	0,67464	-0,17747	-0,64120	-0,06614	-0,07489
TiO ₂	0,36450	1,00000	0,83152	0,34853	-0,18893	-0,22233	-0,34455	-0,15505	0,54266	0,06473	-0,34009	-0,07880	0,13437
Al ₂ O ₃	0,45715	0,83512	1,00000	0,20430	-0,18040	-0,19921	-0,36414	0,09101	0,53222	0,04645	-0,27405	0,10681	0,04104
Fe ₂ O ₃	0,07558	0,34853	0,20430	1,00000	0,13151	0,09605	-0,10885	-0,12833	0,21274	-0,16178	0,02336	0,00888	0,72865
MnO	-0,20116	-0,18893	-0,18040	0,13151	1,00000	0,46115	0,18918	-0,08307	-0,14348	-0,11554	0,66075	-0,12723	0,35347
MgO	-0,47161	-0,22233	-0,19921	0,09605	0,46115	1,00000	0,39104	-0,01673	-0,37807	-0,16827	0,94477	0,05526	0,05745
CaO	-0,75392	-0,34455	-0,36414	-0,10885	0,18918	0,39104	1,00000	0,13563	-0,56217	0,25691	0,95268	0,19372	-0,03433
Na ₂ O	0,03408	-0,15505	0,09101	-0,12833	-0,08307	-0,01673	0,13563	1,00000	-0,33195	-0,09682	-0,01909	0,26616	-0,27495
K ₂ O	0,67464	0,54266	0,53222	0,21274	-0,14348	-0,37807	-0,56217	-0,33195	1,00000	0,15371	-0,55385	0,00195	0,15814
P ₂ O ₅	-0,17747	0,06473	0,04645	-0,16178	-0,11554	-0,16827	0,25691	-0,09682	0,15371	1,00000	0,12298	0,32896	0,03685
CO ₂	-0,64120	-0,34009	-0,27405	0,02336	0,66075	0,94477	0,95268	-0,01909	-0,55385	0,12298	1,00000	0,08785	-0,00605
Org.Koolstof	-0,06614	-0,07880	0,10681	0,00888	-0,12723	0,05526	0,19372	0,26616	0,00195	0,32896	0,08785	1,00000	0,07344
S	-0,07489	0,13437	0,04104	0,72865	0,35347	0,05745	-0,03433	-0,27495	0,15814	0,03685	-0,00605	0,07344	1,00000
Zn	0,04080	-0,04211	-0,00884	0,07717	0,15654	0,01164	-0,09155	0,08548	0,02760	-0,09280	0,36045	-0,14033	0,23955
Pb	0,03851	-0,08592	-0,05099	0,32582	0,14858	-0,05156	-0,05399	0,11775	-0,13505	-0,10455	-0,03411	-0,03887	0,15716
Cu	-0,05748	0,07168	-0,08702	0,39534	0,11854	-0,00899	-0,05157	-0,15184	0,08066	0,05484	-0,01169	0,20645	0,38203
Ag	-0,25507	0,07401	0,09092	0,10325	0,13107	-0,01317	0,44979	0,03426	-0,21578	0,18622	0,16168	0,17225	0,13981
Ba	-0,10748	-0,28269	-0,17704	-0,12472	0,24060	0,30770	0,24051	-0,25559	-0,04087	0,22256	0,28866	-0,17915	0,05745
Cd	0,03763	-0,07400	-0,02468	-0,02846	0,23249	-0,01454	-0,01203	0,06389	0,00037	-0,07307	-0,13428	-0,03660	-0,29830
Sr	-0,70551	-0,35035	-0,40391	0,00799	0,35162	0,27039	0,74131	0,25009	-0,55190	0,17853	0,91813	0,18952	0,02590
Rb	0,27145	0,32745	0,39179	0,09199	-0,14765	-0,19209	-0,24059	0,28932	0,30472	-0,05619	-0,87498	-0,93464	0,24134
Co	-0,20566	-0,03738	-0,23130	-0,11786	-0,17913	0,02003	-0,00840	-0,13735	-0,14151	-0,23384	-0,04592	0,00794	-0,27832
Ni	-0,07658	-0,09108	-0,30732	0,25069	-0,03864	-0,17017	-0,17188	-0,05167	0,09058	0,01446	-0,06511	0,08711	0,09267
Zr	0,66486	0,89852	0,56300	0,31286	-0,03830	-0,38099	-0,64855	-0,08017	0,65862	-0,27641	-0,96363	-0,81155	0,36168
Nb	0,51755	0,72695	0,48044	0,03071	-0,35807	-0,26122	-0,47623	-0,28364	0,58520	0,04299	-0,88160	-0,93209	0,27249
Y	0,71234	0,79583	0,63334	0,19692	-0,16402	-0,43854	-0,66554	-0,21232	0,67095	-0,04830	-0,91920	-0,82009	0,31189

AANHANGSEL A : (vervolg)

	Zn	Pb	Cu	Ag	Ba	Cd	Sr	Rb	Co	Ni	Zr	Nb	Y
SiO ₂	0,04080	0,03851	-0,05748	-0,25507	-0,10748	0,03763	-0,70551	0,27145	-0,20566	-0,07658	0,66486	0,51755	0,71234
TiO ₂	-0,04211	-0,08592	0,07168	0,07401	-0,28269	-0,07400	-0,35035	0,32745	-0,03738	-0,09108	0,89852	0,72695	0,79583
Al ₂ O ₃	-0,00884	-0,05099	-0,08702	0,09092	-0,17704	-0,02468	-0,40391	0,39179	-0,23130	-0,30732	0,56300	0,48044	0,63334
Fe ₂ O ₃	0,07717	0,32582	0,39534	0,10325	-0,12472	-0,02846	0,00799	0,09199	-0,11786	0,25069	0,31286	0,03071	0,19692
MnO	0,15654	0,14858	0,11854	0,13107	0,24060	0,23249	0,35162	-0,14765	-0,17913	-0,03864	-0,03830	-0,35807	-0,16402
MgO	0,01164	-0,05156	-0,00899	-0,01317	0,30770	-0,01454	0,27039	-0,19209	0,02003	-0,17017	-0,38099	-0,26122	-0,43854
CaO	-0,09155	-0,05399	-0,05157	0,44979	0,24051	-0,01203	0,74131	-0,24059	-0,00840	-0,17188	-0,64855	-0,47623	-0,66554
Na ₂ O	0,08548	0,11775	0,15184	0,03426	0,25559	0,06389	0,25009	0,28932	0,13735	0,05167	0,08017	0,28364	0,21232
K ₂ O	0,02760	-0,13505	0,08066	-0,21578	-0,04087	0,00037	-0,55190	0,30472	-0,14151	0,09058	0,65862	0,58520	0,67095
P ₂ O ₅	-0,09280	-0,10455	0,05484	0,18622	0,22256	-0,07307	0,17853	-0,05619	-0,23384	0,01446	-0,27641	0,04299	-0,04830
CO ₂	0,36045	-0,03411	-0,01169	0,16168	0,28866	-0,13428	0,91813	-0,87498	-0,04592	-0,06511	-0,96363	-0,88160	-0,91920
Org. Koolstof	-0,14033	-0,03887	0,20645	0,17225	-0,17915	-0,03660	0,18952	-0,93464	0,00794	0,08711	-0,81155	-0,93209	-0,82009
S	0,23955	0,15716	0,38203	0,13981	0,05745	-0,29830	0,02590	0,24134	-0,27832	0,09267	0,36168	0,27249	0,31189
Zn	1,00000	0,27713	-0,00409	0,23911	0,85771	0,94958	0,03650	-0,09209	-0,09475	0,26636	0,05098	-0,21328	-0,05183
Pb	0,27713	1,00000	0,08604	0,49900	0,83076	0,24580	0,13847	-0,16568	-0,18060	0,06572	0,11040	-0,14541	0,05273
Cu	-0,00409	0,08604	1,00000	-0,21621	0,07333	-0,06651	0,00116	-0,08418	0,15654	0,50036	0,19152	0,26006	0,18972
Ag	0,23911	0,49900	-0,21621	1,00000	-0,26462	0,31861	0,32210	-0,41155	-0,33592	-0,29294	-0,39658	-0,42185	-0,36017
Ba	0,85771	0,83076	0,07333	-0,26462	1,00000	0,18757	0,32590	-0,05828	-0,14680	-0,06233	0,04966	-0,03191	-0,00779
Cd	0,94958	0,24580	-0,06651	0,31861	0,18757	1,00000	0,07918	-0,11622	-0,12522	0,15300	-0,01370	-0,29043	-0,09580
Sr	0,03650	0,13847	0,00116	0,32210	0,32590	0,07918	1,00000	0,31242	-0,10843	0,01458	-0,54803	-0,66882	-0,67249
Rb	-0,09209	-0,16568	-0,08418	-0,41155	-0,05828	-0,11622	0,31242	1,00000	0,04259	0,12973	0,13317	0,07274	0,08144
Co	-0,09475	-0,18060	0,15654	-0,33592	-0,14680	-0,12522	-0,10843	0,04259	1,00000	0,45178	0,00207	0,22468	-0,06735
Ni	0,26636	0,06572	0,50036	-0,29294	-0,06233	0,15300	0,01458	0,12973	0,45178	1,00000	0,54530	0,50017	0,49449
Zr	0,05098	0,11040	0,19152	-0,39658	0,04966	-0,01370	-0,54803	0,13317	0,00207	0,54530	1,00000	0,73755	0,89253
Nb	-0,21328	-0,14541	0,26006	-0,42185	-0,03191	-0,29043	-0,66882	0,07274	0,22468	0,50017	0,73755	1,00000	0,85905
Y	-0,05183	0,05273	0,18972	-0,36017	-0,00779	-0,09580	-0,67249	0,08144	-0,06735	0,49449	0,89253	0,85905	1,00000

AANHANGSEL B : KORRELASIE TUSSEN ELEMENTE VIR DIE VLOERKWARTSIETE

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	CO ₂	Org.Koolstof	S
SiO ₂	1,00000	-0,19229	-0,18074	-0,50484	-0,67028	-0,71023	-0,67072	-0,03246	-0,06762	-0,28798	-0,88158	-0,42597	-0,77591
TiO ₂	-0,19229	1,00000	0,53498	0,26874	0,07064	-0,03337	-0,09445	-0,14002	0,41707	0,02852	-0,10443	0,40051	0,10762
Al ₂ O ₃	-0,18074	0,53498	1,00000	0,00198	-0,02901	-0,19659	-0,31163	-0,10942	0,79787	0,12059	-0,36009	0,19216	-0,14403
Fe ₂ O ₃	-0,50484	0,26874	0,00198	1,00000	0,39944	0,46878	0,41405	-0,14512	-0,10880	0,42095	0,64070	0,34288	0,88116
MnO	-0,67028	0,07064	-0,02901	0,39944	1,00000	0,78003	0,80862	-0,07138	-0,08552	-0,00588	0,79774	0,24814	0,55604
MgO	-0,71023	-0,03337	-0,19659	0,46878	0,78003	1,00000	0,97715	0,02164	-0,19070	0,18905	0,97992	0,31663	0,69602
CaO	-0,67072	-0,09445	-0,31163	0,41405	0,80862	0,97715	1,00000	0,00477	-0,27018	0,12253	0,99087	0,24151	0,67147
Na ₂ O	-0,03264	-0,14002	-0,10942	-0,14512	-0,07138	0,02164	0,00477	1,00000	-0,28590	0,00429	-0,15399	-0,03475	0,00013
K ₂ O	-0,06762	0,41707	0,79787	-0,10880	-0,08552	-0,19070	-0,27018	-0,28590	1,00000	0,16504	-0,39199	0,24592	-0,24001
P ₂ O ₅	-0,28798	0,02852	0,12059	0,42095	-0,00588	0,18905	0,12253	0,00429	0,16504	1,00000	0,40013	0,27299	0,37840
CO ₂	-0,88158	-0,10443	-0,36009	0,64070	0,79774	0,97992	0,99087	-0,15399	-0,39199	0,40013	1,00000	0,23532	0,68482
Org.Koolstof	-0,42597	0,40051	0,19216	0,34288	0,24814	0,31663	0,24151	-0,03475	0,24592	0,27299	0,23532	1,00000	0,28340
S	-0,77591	0,10762	-0,14403	0,88116	0,55604	0,69602	0,67147	0,00013	-0,24001	0,37840	0,68482	0,28340	1,00000
Zn	-0,06581	-0,27066	-0,17858	0,08477	-0,06058	0,00835	0,00993	0,67316	-0,32075	-0,10434	0,08568	-0,11542	0,42932
Pb	-0,06396	-0,23955	-0,14200	0,04861	-0,03993	-0,02093	-0,03260	0,49659	-0,15117	-0,07999	0,11107	-0,07867	0,39803
Cu	-0,19054	0,06079	-0,25620	0,47927	0,11454	0,16581	0,17447	0,10798	-0,30269	0,07649	0,28770	0,09807	0,22057
Ag	-0,02950	-0,12042	-0,04862	0,03818	-0,01026	0,02666	0,01140	0,35702	-0,18991	0,05643	0,37119	0,14667	0,46449
Ba	-0,07697	-0,45102	-0,26826	-0,03111	-0,10252	0,15310	0,20983	-0,07077	-0,17445	0,66968	0,13962	-0,11432	0,06810
Cd	-0,06360	-0,26167	-0,16924	0,06470	-0,05828	0,02104	0,01506	0,66193	-0,26115	-0,06028	0,08406	-0,17402	0,34647
Sr	-0,12399	-0,06536	-0,11311	-0,03601	0,11643	0,20738	0,21100	0,28421	-0,18226	0,00979	0,56289	0,10999	0,39614
Rb	-0,24272	0,82705	0,88710	0,09410	-0,07760	-0,10288	-0,20436	-0,15112	0,86532	0,49938	-0,34325	0,75818	-0,07230
Co	-0,28177	0,64510	0,20545	0,46344	0,20720	0,18005	0,14090	-0,37218	0,24885	-0,02416	0,20118	0,52339	0,31345
Ni	-0,12018	0,23919	-0,35474	0,36823	0,10011	0,05729	0,10515	0,01515	-0,23997	-0,00801	0,22398	0,36535	0,19305
Zr	0,00139	0,70049	0,59582	-0,05836	-0,26100	-0,33885	-0,39567	-0,22941	0,62231	0,34333	-0,47757	0,42416	-0,34854
Nb	-0,30716	0,92648	0,87765	0,33767	0,02986	0,07970	-0,13483	-0,16215	0,81875	0,48662	-0,13120	0,90377	0,80895
Y	-0,40875	0,87353	0,83828	0,52411	0,02113	0,11465	-0,05585	-0,17825	0,76476	0,68301	-0,10270	0,87585	0,79145

AANHANGSEL B : (vervolg)

	Zn	Pb	Cu	Ag	Ba	Cd	Sr	Rb	Co	Ni	Zr	Nb	Y
SiO ₂	-0,06581	-0,06396	-0,19054	-0,02950	-0,07697	-0,06360	-0,12399	-0,24272	-0,28277	-0,12018	0,00139	-0,30716	-0,40875
TiO ₂	-0,27066	-0,23955	0,06079	-0,12042	-0,45102	-0,26167	-0,06536	0,82705	0,64510	0,23919	0,70049	0,92648	0,87353
Al ₂ O ₃	-0,17858	-0,14200	-0,25620	-0,04862	-0,26826	-0,16924	-0,11311	0,88710	0,20545	-0,35474	0,59582	0,87765	0,83828
Fe ₂ O ₃	0,08477	0,04861	0,47927	0,03818	-0,03111	0,06470	-0,03601	0,09410	0,46344	0,36823	-0,05836	0,33767	0,52411
MnO	-0,06058	-0,03993	0,11454	-0,01026	-0,10252	-0,05828	0,11643	-0,07760	0,20720	0,10011	-0,26100	0,02986	0,02113
MgO	0,00835	-0,02093	0,16581	0,02666	0,15310	0,02104	0,20738	-0,10288	0,18005	0,05729	-0,33885	0,07970	0,11465
CaO	0,00993	-0,03260	0,17447	0,01140	0,20983	0,01506	0,21100	-0,20436	0,14090	0,10515	-0,39567	-0,13483	-0,05585
Na ₂ O	0,67316	0,49659	0,10798	0,35702	-0,07077	0,66193	0,28421	-0,15112	-0,37218	0,01515	-0,22941	-0,16215	-0,17825
K ₂ O	-0,32075	-0,15117	-0,30269	-0,18991	-0,17445	-0,26115	-0,18226	0,86532	0,24885	-0,23997	0,62231	0,81875	0,76476
P ₂ O ₅	-0,10434	-0,07999	0,07649	0,05643	0,66968	-0,06028	0,00979	0,49938	-0,02416	-0,00801	0,34333	0,48662	0,68301
CO ₂	0,08568	0,11107	0,28770	0,37119	0,13962	0,08406	0,56289	-0,34325	0,20118	0,22398	-0,47757	-0,13120	-0,10270
Org. Koolstof	-0,11542	-0,07867	0,09807	0,14667	-0,11432	-0,17402	0,10999	0,75818	0,52339	0,36535	0,42416	0,90377	0,87585
S	0,42932	0,39803	0,22057	0,46449	0,06810	0,34647	0,39614	-0,07230	0,31345	0,19305	-0,34854	0,80895	0,79145
Zn	1,00000	0,74430	0,35329	0,18076	0,10417	0,95222	0,14467	-0,17376	-0,16152	0,17620	-0,26632	-0,26210	-0,17754
Pb	0,74430	1,00000	0,27600	0,11514	0,31378	0,79790	-0,02546	-0,01055	-0,11264	0,18508	-0,06825	-0,22153	-0,02142
Cu	0,35329	0,27600	1,00000	0,19153	0,32402	0,31976	0,12381	-0,15091	0,25937	0,56854	-0,18273	-0,22474	0,00732
Ag	0,18076	0,11514	0,19153	1,00000	-0,06804	0,13563	-0,01627	-0,11686	-0,19403	-0,04180	-0,20782	-0,16777	0,00289
Ba	0,10417	0,31378	0,32402	-0,06804	1,00000	0,01590	0,57754	-0,34787	-0,18792	0,06015	-0,50534	-0,51966	-0,57884
Cd	0,95222	0,79790	0,31976	0,13563	0,01590	1,00000	0,11550	-0,07975	-0,15358	0,16101	-0,17756	-0,23757	-0,12397
Sr	0,14467	-0,02546	0,12381	-0,01627	0,57754	0,11550	1,00000	-0,14386	-0,12023	-0,05899	-0,14702	-0,41224	-0,33458
Rb	-0,17376	-0,01055	-0,15091	-0,11686	-0,34787	-0,07975	-0,14386	1,00000	0,71571	0,15450	0,68433	0,90789	0,91161
Co	-0,16152	-0,11264	0,25937	-0,19403	-0,18792	-0,15358	0,12023	0,71571	1,00000	0,45324	0,43162	0,76195	0,76416
Ni	0,17620	0,18508	0,56854	-0,04180	0,06015	0,16101	-0,05899	0,15450	0,45324	1,00000	0,14460	-0,00501	0,06933
Zr	-0,26632	-0,06825	-0,18273	-0,20782	-0,50534	-0,17756	-0,14702	0,68433	0,43162	0,14460	1,00000	0,73302	0,73568
Nb	-0,26210	-0,22153	-0,22474	-0,16777	-0,51966	-0,23757	-0,41224	0,90789	0,76195	-0,00501	0,73302	1,00000	0,86995
Y	-0,17754	-0,02142	0,00732	0,00289	-0,57884	-0,12397	-0,33458	0,91161	0,76416	0,06933	0,73568	0,86995	1,00000

**AANHANGSEL C : ANALISES VAN MONSTERS VAN DIE VERSKILLENDE
BOORGATE EN TONNELS OP KODEERVORMS**

Uiteensetting van gegewens

1 Horisontale rye

Elke twee agtereenvolgende rye verteenwoordig die gegewens van een monster.

1.1 Eerste horisontale ry

Kolomme 1 en 2 : Nommer van boorgat of tunnel (No 1-14)

S377 - 1	C Myn Eksp. Tunnel (410 vlak) - 9
S310 - 2	A Myn Eksp. Tunnel (370 vlak) - 10
S394 - 3	B Myn (430, 410, 390 en 370 vlakke - 11
S281 - 4	B Myn Wes - 12
S249 - 5	B Myn Oos - 13
S388 - 6	A Myn (370 vlak) - 14
S382 - 7	
S393 - 8	

Kolom 4 : Tunnel - 1 of Boorgat - 2

Kolomme 6 en 7 : Monsternommer 1 - 43

Kolomme 9, 10, 11 en 12 : Afstand vanaf die ertsliggaam. (9, 10 en 11 : heelgetalle en 12 : eerste des. syfer benaderd).

Kolom 14 : Dak - 1

Erts - 2

Vloer - 3

Kolomme 16, 17 en 18 : Dikte van ertssone (16 en 17 : heelgetalle en 18 : eerste des. syfer benaderd).

Kolom 20 : Tipe gesteente (no 1 - 8)

- Arkose/kwartsiet - 1
- Breksie - 2
- Argilliet - 3
- Karbonaat (dak, erts, vloer) - 4
- Konglomeraat - 5
- Mikrokwartsiet - 6
- Breksiematriks - 7
- Breksiefragment - 8

Kolom 22 : Myng gebied (no 1 - 6)

- A Myn - 1
- B Myn - 2
- C Myn - 3
- Suidelike ertsveld - 4
- B Myn Wes - 5
- B Myn Oos - 6

Kolomme 24 en 25 : Monsterlengte of monstergewigte.

(Vir boorgate - 24 : heelgetal in meters en 25: eerste des. syfer benaderd)

(Vir tonnels - 24 : heelgetal in kilogram en 25: eerste des. syfer benaderd)

Kolomme 27, 28, 29 en 30 : Analise van SiO_2

(27 en 28 : heelgetalle en 29, 30: des. syfers)

Kolomme 32, 33, 34 en 35: Analise van TiO_2

(32 : heelgetal en 33, 34 en 35 : des. syfers)

Kolomme 37, 38, 39 en 40 : Analise van Al_2O_3

(37 en 38 : heelgetalle en 39, 40: des. syfers)

Kolomme 42, 43, 44 en 45: Analise van Fe_2O_3

(42 en 43 : heelgetalle en 44 en 45 : des. syfers)

Kolomme 47, 48, 49 en 50 : Analise van MnO

(47 : heelgetal en 48, 49 en 50 : des. syfers)

Kolomme 52, 53, 54 en 55: Analise van MgO
(52 en 53 : heelgetalle en 54, 55 : des. syfers)

Kolomme 57, 58, 59 en 60 : Analise van CaO
(57 en 58 : heelgetalle en 59, 60: des. syfers)

Kolomme 62, 63, 64 en 65: Analise van Na₂O
(62 : heelgetal en 63, 64 en 65 : des. syfers)

Kolomme 67, 68, 69 en 70 : Analise van K₂O
(67 en 68 : heelgetalle en 69, 70 : des. syfers)

Kolomme 72, 73, 74 en 75: Analise van P₂O₅
(72 : heelgetal en 73, 74 en 75 : des. syfers)

Kolomme 77, 78, 79 en 80 : Analise van CO₂
(77 en 78 : heelgetalle en 79, 80: des. syfers)

1.2 Tweede horisontale ry

Kolomme 4, 5, 6 en 7 : Analise van organiese koolstof
(4 en 5 : heelgetalle en 6, 7 : des. syfers)

Kolomme 9, 10, 11 en 12 : Analise van S
(9 en 10 : heelgetalle en 11, 12 : des. syfers)

Kolomme 14, 15, 16, 17, 18 en 19 : Analise van Zn
(14 en 15 : heelgetalle en 16, 17, 18 en 19 : des. syfers)

Kolomme 21, 22, 23, 24 en 25 : Analise van Pb
(21 : heelgetal en 22, 23, 24 en 25 : des. syfers)

Kolomme 27, 28, 29 en 30 : Analise van Cu
(al vier syfers dui des. syfers aan)

- 155 -

Kolomme 32, 33, 34 en 35 : Analise van Ag
(al vier syfers dui des. syfers aan)

Kolomme 37, 38, 39 en 40 : Analise van Ba
(37 : heelgetal en 38, 39 en 40 : des. syfers)

Kolomme 42, 43, 44 en 45 : Analise van Cd
(al vier syfers dui des. syfers aan)

Kolomme 47, 48, 49 en 50 : Analise van Sr
(al vier syfers dui des. syfers aan)

Kolomme 52, 53, 54 en 55 : Analise van Rb
(al vier syfers dui des. syfers aan)

Kolomme 57, 58, 59 en 60 : Analise van Co
(al vier syfers dui des. syfers aan)

Kolomme 62, 63, 64 en 65 : Analise van Ni
(al vier syfers dui des. syfers aan)

Kolomme 67, 68, 69 en 70 : Analise van Zr
(al vier syfers dui des. syfers aan)

Kolomme 72, 73, 74 en 75 : Analise van Nb
(al vier syfers dui des. syfers aan)

Kolomme 77, 78, 79 en 80 : Analise van Y
(al vier syfers dui des. syfers aan)

Analise voorgestel deur 'n 0, dui aan dat daar niks teenwoordig
is nie.

Afstande voorgestel deur 'n 0, dui aan dat die monster teen die
ertsliggaam voorkom.

UNIVERSITEIT VAN PRETORIA
REKENAARSENTRUM

KODEERVORM

Naam										Bladsy <i>xiv</i> van										Toepassing/Rekeningnummer																																																											
Datum																																																																															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
8	2	1	7	0	0	9	0	3	1	5	8	1	4	0	7	8	5	4	9	0	2	0	8	0	4	7	7	0	1	5	8	0	0	6	5	0	0	5	5	0	0	8	4	0	4	8	0	0	3	3	6	0	0	8	1																								
								0	0	3	9	0	0	0	0	9	2	0	0	6	0	0	0	3					0	0	1	5	0	0	4	5	0	0	9	2	0	0	0	1	0	0	3	4	0	1	1	4	0	0	0	6	0	0	0	8																			
8	2	1	8	0	0	8	7	3	1	5	8	2	4	0	2	4	7	1	9	0	1	9	9	0	4	1	4	0	4	4	6	0	7	6	7	0	6	9	7	1	0	4	7	0	7	7	6	0	2	4	7	0	0	9	6																								
								0	1	8	4	0	0	0	7	3	5	6	0	2	2	0	0	0	2	7			0	0	5	2	0	1	7	4	0	0	9	0	0	0	0	2	0	1	1	1	0	0	9	0	0	0	0	1	0	0	2	9																			
8	2	1	9	0	0	8	5	3	1	5	8	4	4	0	3	0	7	9	0	0	0	4	0	0	0	9	8	1	6	5	8	1	6	8	3	1	4	5	1	2	1	1	3	1	2	5	7	0	0	3	1	0	0	5	7																								
								0	5	7	0	0	0	3	6	3	2	2	1	2	4	0	0	0	6	1			0	1	4	2	0	2	2	9	0	0	4	4	0	0	0	2	0	0	6	4	0	1	0	2																											
8	2	2	0	0	0	3	7	3	1	5	8	3	4	0	9	3	8	5	5	0	0	8	4	0	2	0	1	0	6	6	3	0	9	3	9	0	9	0	3	1	3	5	3	0	7	0	0	1	1	2	0	0	7	0																									
								0	1	3	4	0	0	0	6	2	5	3	0	1	5	0	0	0	2	7			0	0	4	2	0	2	0	8	0	0	4	7	0	0	0	2	0	0	2	6	0	0	5	5	0	0	0	1	0	0	2	6																			
8	2	2	1	0	0	0	1	3	1	5	8	1	4	0	4	8	4	6	6	0	1	7	2	0	4	0	5	0	2	1	4	0	0	8	2	0	0	8	6	0	1	1	0	0	3	8	9	0	2	5	0	0	6	4																									
								0	0	1	1	5	0	0	0	7	1	3	0	0	9	0	0	0	9			0	0	1	2	0	0	5	4	0	0	7	6	0	0	0	1	0	0	1	8	0	1	0	1	0	6	0	2	0	0	6																					
8	2	2	2			0		3	1	5	8	1	4	0	1	6	1	0	1	0	2	4	3	0	6	6	8	1	0	5	5	0	2	1	9	0	3	2	2	0	3	1	3	0	4	6	4	0	2	8	6	0	2	0	7																								
								0	0	4	5	0	0	1	2	4	2	0	9	0	0	0	2	1				0	0	2	1	0	0	7	3	0	1	2	9	0	0	0	3	0	0	3	1	0	1	3	1	0	0	0	7	0	0	2	1																				
8	2	2	3			0		1	1	5	8	2	4	1	1	4	6	6	9	0	1	6	5	0	3	9	0	0	9	5	0	0	5	9	2	0	6	6	3	0	8	3	7	0	6	0	0	1	0	1	6	2	0	1	0	1																							
								0	1	4	6	0	0	0	8	9	6	5	0	5	8	0	0	0	5	2			0	0	3	7	0	1	3	4	0	0	9	0	0	0	2	0	0	4	5	0	0	8	2	0	0	0	1	0	0	2	3																				
8	2	2	4	0	0	5	0	1	1	5	8	2	4	0	7	3	6	6	4	0	0	9	7	0	2	4	4	0	7	8	7	0	7	6	5	0	7	8	1	1	1	7	7	1	0	6	2	0	1	3	0	0	1	9	6																								
								0	3	5	4	0	0	1	9	7	7	0	0	8	8	0	0	0	8	5			0	0	7	9	0	2	2	8	0	0	5	5	0	0	0	2	0	0	4	2	0	1	1	4																											
8	2	2	5	0	1	0	0	1	1	5	8	1	4	1	0	7	4	8	1	0	2	1	0	0	5	3	3	0	3	4	6	0	2	3	6	0	1	8	5	0	2	5	9	1	1	8	8	0	1	0	1	0	0	7	2																								
								0	0	2	5	5	0	0	2	1	1	5	0	1	1	0	0	0	1	2			0	0	1	5	0	2	2	2	0	0	3	1	0	0	0	1	0	0	2	2	0	1	6	9	0	0	0	7	0	0	1	7																			
8	2	2	6	0	3	6	5	1	1	5	8	4	4	1	0	0	5	6	0	0	0	3	3	0	2	3	7	0	5	4	7	0	9	6	7	1	6	6	2	2	4	5	8	0	8	7	6	0	0	4	2	0	1	2	1																								
								0	0	8	2	0	0	0	2	3	2	2	0	3	7	9	0	0	1	2			0	0	3	3	0	6	5	4	0	0	1	9	0	0	0	4	0	0	3	5	0	1	1	2	0	0	2	0	0	4	2																				

