

DIE ONTWIKKELING VAN 'N EKSPLORASIEMODEL VIR YSTERERTS
IN DIE PENGE-FORMASIE BY THABAZIMBI

deur

JOHANN LOUIS VAN DEVENTER

Voorgelê ter vervulling van die vereistes
vir die graad

MAGISTER SCIENTIAE

in die Fakulteit Wis- en Natuurkunde
Universiteit van Pretoria,

PRETORIA.

M e i 1 9 8 5

S A M E V A T T I N G

Die Thabazimbimynbougebied word onderlê deur gesteentes van die Transvaalopeenvolging. Die Frisco- en Pengeformasie van die Chuniespoortgroep is beskryf met die doel om merkerlae in die formasies te identifiseer en die voorkoms van karbonaat-, talkryke hematietgesteentes en ystererts te ondersoek. Die Pengeformasie is in ses sones ingedeel en bestaan hoofsaaklik uit dik eenhede van feritmiete wat afgewissel word met dun eenhede van felutiete, terwyl die Friscoformasie chertarme dolomiet bevat. Oorskuiwings gedurende die na-Waterbergse tektoniese periode het die gesteentes getripliseer en drie prominente bergreekse het as gevolg van differensiële erosie ontstaan. Die tektoniese periode het termodinamiese metamorfose van die gestreepte ystersteen tot gevolg gehad en deur metasomatose van dolomiet en gestreepte ystersteen is karbonaat- en talkryke hematietgesteentes in diepte in sones 2 en 3 van die Pengeformasie gevorm. Uitloging van die boonste gedeelte van die Friscoformasie het versakkingstrukture en verbrokkeling en insakking van sones 1 tot 3 van die Pengeformasie tot gevolg gehad en die area het as ideale sone gedien vir supergene prosesse en dus die vorming van ystererts. Gedurende die na-Karoo tektoniese periode het afskuiwings by voorkeur in areas ontwikkel waar daar versakkingstrukture aanwesig was omrede dit swak, verbrokkelde sones is. In hierdie areas het die tweede periode van verystering deur supergene prosesse plaasgevind gedurende die na-Karoo-erosiesiklus. Martiet-hematieterts wat die laaste fase van verystering van gestreepte ystersteen, karbonaat- en talkryke hematietgesteentes is, kan beskou word as 'n produk van chemiese sedimentasie en metamorfe en supergene prosesse. Areas waar breksiasie van sones 2 en 3 en versakkingstrukture aanwesig is, en waar kleisteen en dolerietgange as keerbanke gedien het, is veryster terwyl na-Karoo verskuiwingssones wat die gebreksieerde sones of versakkingstrukture of 'n kombinasie daarvan geaffekteer het, ook veryster is. Dus behoort areas waarin die genoemde elemente of 'n kombinasie daarvan voorkom, geïdentifiseer te word as teikengebiede.

A B S T R A C T

The Thabazimbi mining area is underlain by rocks of the Transvaal Sequence. The Frisco and Penge Formations of the Chuniespoort Group are described with the aim of identifying marker beds within the formations and to investigate the formation of the carbonate and talc-rich hematite rocks, as well as the iron ore itself. The Penge Formation is subdivided into six zones and comprises mainly thick units of ferythmite which alternate with thin units of felutite; the Frisco Formation is comprised of chert-poor dolomite. Thrust faulting of the post-Waterberg tectonic period has tripled the sequence and three prominent mountain ranges have arisen as a result of differential erosion. The tectonism has thermodynamically metamorphosed the banded ironstone and metasomatised dolomite and banded ironstone, causing the formation of carbonate and talc-rich hematite rocks at depth in zones 2 and 3 of the Penge Formation. Leaching of the uppermost portions of the Frisco Formation has led to sagging, brecciation and collapse of zones 1 to 3 of the Penge Formation. The area has thus served as an ideal zone for supergene processes and the ensuing formation of iron ore. During the post-Karoo tectonic period, normal and reversed faults preferentially developed in the weak zones associated with collapse structures. In these areas a second period of ferruginisation by supergene processes took place, during the post-Karoo erosion cycle. Martite-hematite ore, which is the last phase of ferruginisation of banded ironstones, carbonate and talc-hematite rocks, can therefore be regarded as a product of chemical sedimentation, metamorphism and supergene processes. Areas in which brecciation of zones 2 and 3 has occurred and where collapse has taken place, as well as where mudstones, and dolerite dykes have served as barriers, are ferruginised. Post-Karoo faults which have subsequently affected the brecciated zones or collapse structures, or a combination thereof, have also been ferruginised. Areas in which the abovementioned elements or a combination thereof have occurred, should be regarded as a target for future exploration.

I N H O U D S O P G A W E

	<u>BLADSY</u>
1. <u>INLEIDING</u>	
1.1 DOEL VAN ONDERSOEK	1
1.2 LIGGING VAN DIE STUDIEGEBIED	3
1.3 GEOLOGIESE PLASING	3
1.4 HISTORIESE OORSIG	9
1.5 METODES VAN ONDERSOEK	10
2. <u>STRATIGRAFIE</u>	12
2.1 FRISCOFORMASIE	13
2.2 PENGEFORMASIE	19
2.2.1 Klassifikasie van ysterformasie	19
2.2.2 Tipeprofiel in die Noordelike Reeks	21
2.2.3 Detail stratigrafie van die ses sones in die Pengeformasie	22
2.2.4 Merkerlae in sones 2 tot 4	33
2.2.5 Laterale variasie	35
2.2.6 Gevolgtrekkings en opsomming ten opsigte van die Stratigrafie en Merkerlae in die Pengeformasie	37
3. <u>VERYSTERINGSONE IN DIE NOORDELIKE REEKS</u>	40
3.1 KLASSIFIKASIE VAN VERYSTERDE GESTEENTES	40
3.1.1 Ekonomiese klassifikasie	40
3.1.2 Fisies-mineralogiese klassifikasiesisteen	41
3.2 YSTERERTS	45
3.2.1 Vorm en struktuur van die ertsliggaam	45

3.2.2	Litologie	52
3.2.3	Mineralogie	54
3.3	KARBONAAT- EN TALKRYKE HEMATIEGESTEENTES	58
3.3.1	Petrologie	58
3.3.2	Mineralogie	60
3.4	OPSOMMING VAN MINERALOGIE VAN YSTERERTSE	62
3.5	GEOCHEMIESE TENDENSE IN DIE VERYSTERDE SONE	63
4.	<u>GENESE VAN DIE YSTERERTS IN DIE NOORDELIKE REEKS</u>	72
4.1	INLEIDING	72
4.2	CHEMIESE SEDIMENTASIE	74
4.3	METAMORFOSE	74
4.4	SUPERGENE VERRYKING	76
4.5	TEKTONIEK EN SUPERGENE VERRYKING VAN DIE YSTERERTS	81
4.6	GEVOLGTREKKINGS	82
5.	<u>EKSPLORASIEMODEL VIR YSTERERTS OP THABAZIMBI</u>	84
5.1	INLEIDING	84
5.2	EKSPLORASIEMODEL	85
6.	<u>OPSOMMING EN GEVOLGTREKKING</u>	89
	BYLAAG 1 - Vertikale projeksie deur mynbougebied	96
	BYLAAG 2 - Statistiese resultate	98

LYS VAN FIGURE

<u>FIGUUR</u>	<u>BESKRYWING</u>	<u>BLADSY</u>
1	Dagsoomverspreiding van die chemiese sedimente van die Chuniespoortgroep	2
2	Geologiese kaart van die Thabazimbimynbou= gebied	7
3	Ysterafsetting in die Thabazimbigebed	8
4	Lokalteite van profiellyne in die Noordelike Reeks	11
5	Gewysigde tipeprofiel van die Frisco= formasie	13
6	Die vertikale en laterale kleurverskille in gerekristalliseerde dolomiet	14
7	Dikte van dolomiet tussen chertmerker en kleisteeneenheid (sone 1) te Donkerpoort	16
8	Veralgemeende profiel van versakking= strukture in die Noordelike Reeks	17
9	Tipeprofiel van die Pengeformasie in die Noordelike Reeks	21
10	Tipiese makrosiklus in subsone 4.1	23
11	Tipiese makrosiklus in subsone 2.1	25
12	Tipiese makrosiklus in subsone 2.2	25
13	Tipiese makrosiklus in subsone 3.1	26
14	Tipiese makrosiklus in subsone 3.2	28
15	Tipiese makrosiklus in subsone 4.1	30
16	Tipiese makrosiklus in subsone 4.2	32
17	Merkerlae van sones 2, 3 en 4	34
18	Roosterdiagram vir die voorstelling van verskillende tipes ystererts in die Noordelike Reeks	42
19	Ysterertsafsetting in die Thabazimbigebed	46
20	Profiel van ysterertsliggaam in die Noordelike Reeks	48

<u>FIGUUR</u>	<u>BESKRYWING</u>	<u>BLADSY</u>
21	Isopagkaart van die ysterertsdikte (m) in die Oosmyn	50
22	Vereenvoudigde profielldiagram van die verspreiding van verskillende tipes ystererts te illustreer	53
23	Poleerstukke om verystering in gestreepte ystersteen te illustreer	56
24	Vertikale projeksie deur die verysterde sone om die voorkoms van karbonaat- en talkryke hematietgesteentes aan te dui	60
25	Poleerstukke om verystering in karbonaat- en talkryke hematietgesteentes te illustreer	61
26	Chemiese variasie in verysterde sone van boorgat 602B	65
27	Chemiese variasie in verysterde sone van boorgat 528B	66
28	Variasie van Fe/CaO en Fe/MgO verhoudings in die verysterde sone	67
29	Korrelasie tussen Fe en (CaO+MgO), MgO en SiO ₂ in die verysterde sone	69
30	Vertikale variasie van %Fe en SiO ₂ in die ystererts (Oosmyn)	70
31	Die Sisteem SiO ₂ - Al ₂ O ₃ -Fe ₂ O ₃ -H ₂ O	78
32	Skematiese diagram om die genese van die ystererts voor te stel	81
33	Moontlike teikengebiede in die Thabazimbi-mynbougebied	88

--- oOo ---

LYS VAN TABELLE

<u>TABEL</u>	<u>BESKRYWING</u>	<u>BLADSY</u>
I	Litostratigrafie van die Transvaalopeen= volging	4
II	Klassifikasie van ysterformasies	18
III	Chemiese samestelling van sones 2 en 3 van gestreepte ystersteen	37
IV	Opsomming van stratigrafie en merkerlae	38
V	Geochemiese klassifikasie van die verysterde gesteentes in die Noordelike Reeks	41
VI	Statistiese resultate verkry deur die dikte van die kleisteen te korreleer met die dikte van die ystererts	47
VII	Struktuurelemente in die Chuniespoortgroep	51
VIII	Chemiese samestelling van ystererts in sones twee en drie van die Pengeformasie	63
IX	Die statistiese resultate van die korrelasie tussen Fe en SiO ₂ en CaO en (MgO+CaO)	69
X	Hoofkenmerke van ysterertsafsettings in die wêreld	73
XI	Strukture en tendense wat die bepaling van teikengebiede vir ysterertsafsettings in die Pengeformasie kan vergemaklik	87

--- ∞ ---

1. I N L E I D I N G

1.1 DOEL VAN DIE ONDERSOEK

Soos die werksaamhede van die Departement Eksplorاسie (Mynbou), Thabazimbi, sedert 1978 toegeneem het, het leemtes ontstaan wat in die huidige literatuur van die omgewing nie genoegsaam omskryf is nie. Deurdat die doel van die Departement is om elke ton erts wat gemyn word te vervang deur 'n in situ ton erts, is met hierdie skrywe gepoog om 'n eksplorasiemodel saam te stel wat die huidige leemtes oorbrug en basiese riglyne aandui.

Die volgende leemtes bestaan tans :

1. Die huidige stratigrafiese indeling van die ysterbevattende Pengeformasie van die Transvaalopeenvolging is vaag met geen merkersones in die basale 150m van die formasie nie.
2. Daar bestaan geen ekonomiese klassifikasiesisteen vir die karbonaat- en talkbevattende gesteentes in die verysteringssone nie.
3. Die voorkoms en korrelasie van karbonaat- en talkbevattende gesteentes is problematies.
4. Kontroles wat die verystering beïnvloed is vaag en dit bemoeilik interpretasieprobleme waarmee die mynbougeoloog daagliks te doen kry. Deurdat diamantboorwerk 'n gemiddelde tempo van 2,35m per skof handhaaf, kan gesien word dat dit 'n baie moeilike en duur gebied is om eksplorاسie in te doen. Dit is dus uiters noodsaaklik om 'n goeie begrip van die verysteringssone te hê om sodoende eksplorاسiekoste so laag as moontlik te hou.

Deur die bogenoemde leemtes in ag te neem is met 'n sistematiese ondersoek van die geologie in die Noordelike Reeks op Thabazimbi begin.

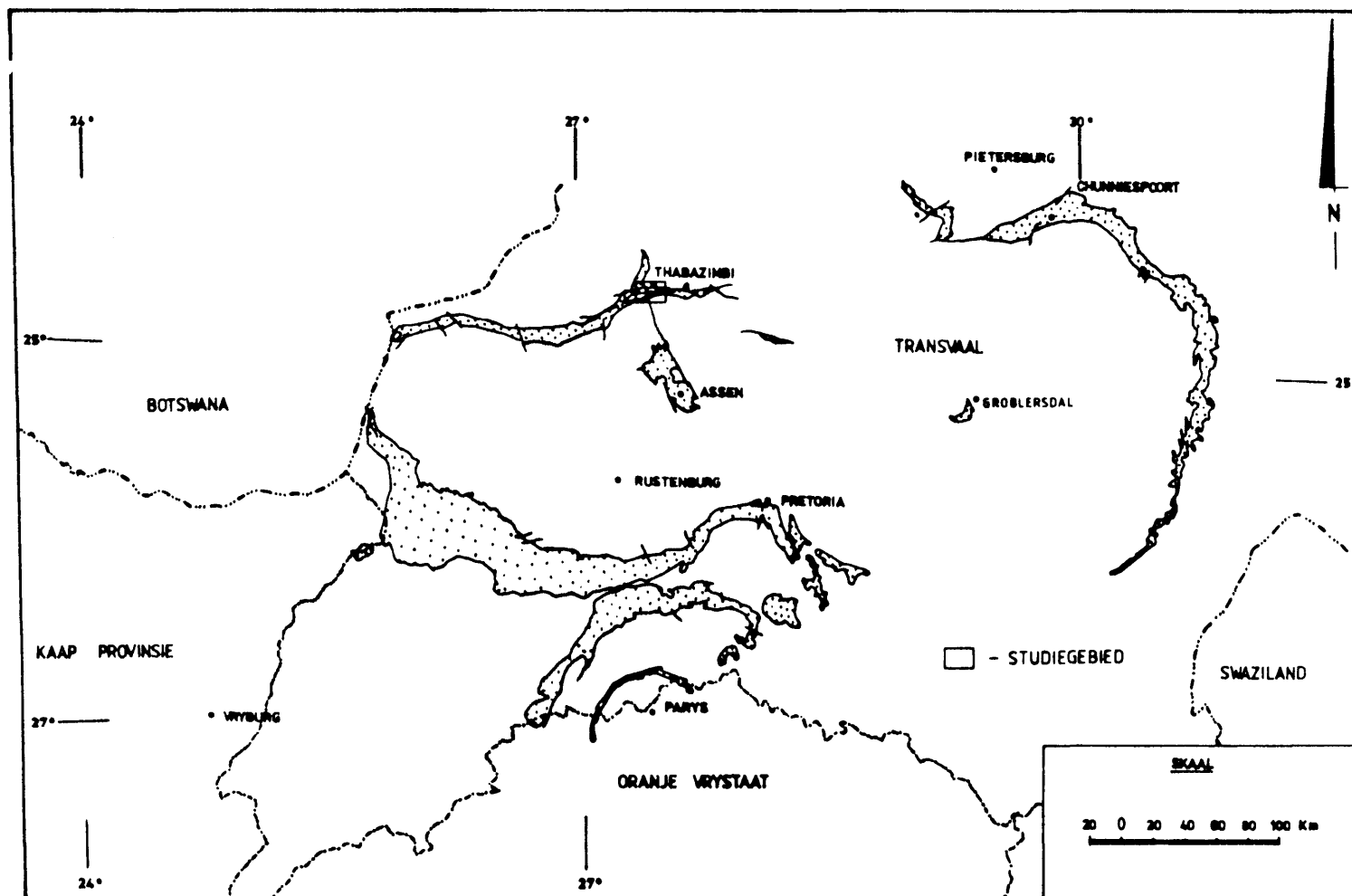


FIG.1 DAGSOOMVERSPREIDING VAN DIE CHEMIESE SEDIMENTE VAN DIE CHUNNESPOORTGROEP, TRANSVAALOEENVOLGING

1.2 GEOGRAFIESE PLASING VAN STUDIEGEBIED

Hierdie studie is gedoen op die chemiese sedimente van die Chuniespoortgroep, Transvaalopeenvolging in die Thabazimbimynbouggebied (Fig. 1). Thabazimbi is op die 27° 25' lengte - en die 24° 35' breedtegraad ongeveer 180 km NNW van Pretoria geleë. Die Krokodilrivier met sy sytakke dreineer die gebied en hier word 'n tipiese Bosveldplantegroei aangetref. Hoofpaaie verbind die dorp met Brits, Rustenburg en Warmbad.

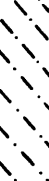
1.3 GEOLOGIESE PLASING

Die Thabazimbimynbouggebied word beslaan deur gesteentes van die Transvaalopeenvolging wat 'n vroeg- tot middel-voorkambriese vulkanies-sedimentêre opeenvolging is en die granietgneisse van die Kaapvaalkraton oorlê. Die Transvaalopeenvolging is min of meer 2 300 - 2 100 mj gelede gevorm (Hamilton 1977). Die myn is geleë in die chemiese sedimente van die Chuniespoortgroep (Tabel I, Fig 1).

Die groep rus in die Thabazimbi-omgewing op die Swartrifkwartsietformasie en ten noorde van Thabazimbi op kwartsiet van die Ventersdorpsupergroep. Sedimente van die Pretoriagroep rus diskordant op die Chuniespoortgroep. In die Thabazimbi-omgewing word die Chuniespoortgroep verdeel in die Malmanisubgroep en Pengeformasie.

Die Malmanisubgroep word in vyf sonas ingedeel, naamlik die oorgangsonas (Oaktreeformasie), die onderste chertryke sonas (Monte Christoformasie), die middelste chertarme sonas (Lyttletonformasie), die boonste chertryke sonas (Ecclesformasie) en die gemengde sonas (Friscoformasie) (Tabel I).

TABEL 1 LITOSTRATIGRAFIE VAN TRANSVAALOP=
EENVOLGING IN WES - TRANSVAAL
(AANGEPAS VOLGENS S.A.K.S 1980)

GROEP	FORMASIE		LITOLOGIE	DIKTE (m)
P R E T O R I A	MAGALIESBERG= KWARTSIET		KWARTSIET	0-15
	SILVERTON= SKALIE		HORINGFELS EN SKALIE	300 (Min.)
	DASPOORT= KWARTSIET		ORTOKWARTSIET SKALIE EN SLIKSTEEN	190
	STRUBENKOP= SKALIE		ORTOKWARTSIET YSTERRYKE SKALIE EN SLIKSTEEN	130
	HEKPOORT= ANDESJET		KONGLOMERAAT	
	HEKPOORT= ANDESJET		ANDESITIESE LAW	280
	TIMEBALL HILL		SKALIE KWARTSIET SKALIE EN SLIKSTEEN	570
CHUNIESPOORT MALMANISUBGROEP	ROOIHOOGTE		KWARTSIET SKALIE BEVETKONGLOMERAAT	50
	PENGE		YSTERFORMASIE	320
	FRISCO		CHERTARME DOLOMIET	180
	ECCLES		CHERTRYKE DOLOMIET	490
	LYTTTELTON		CHERTARME DOLOMIET	290
	MONTE CHRISTO		CHERTRYKE DOLOMIET	740
	OAKTREE		DONKERKLEURIGE DOLOMIET	330
	SWARTRIF KWARTSIET		KWARTSIET EN SKALIE KONGLOMERAAT	25

Die Pengeformasie bestaan grotendeels uit dik eenhede van outohtone ysterformasie afgewissel met dun eenhede van ortochemiese ysterformasie, dit wil sê dun eenhede van 'n massiewe ysterformasie waarin goed gedefinieerde chertmesobande ontbreek word afgewissel met dik eenhede van gelamineerde gesteentes. Die boonste gedeelte bestaan uit allochemiese-ortochemiese ysterformasiesiklusse.

In die Thabazimbi-omgewing is die noordwestelike gedeelte van die Bosveldkompleks in kontak met die sedimente van die Transvaalopeenvolging. Die strukturele ontwikkeling van die gebied het begin met die indringing van die Bosveldkompleks wat veroorsaak het dat die sedimente van die Transvaalopeenvolging in 'n suidelike rigting hel. Lokale kleinskaalse plooië met 'n lae amplitude wat suid-ooswaarts strek het ook gedurende die periode ontstaan (du Preez, 1945). Hierna is die sedimente in die gebied getripliseer as gevolg van twee na-Waterbergse oorskuiwings vanuit die suide (Boardman 1948). Differensiële erosie het drie prominente bergreekse, naamlik die Rousseau-poort-, die Noordelike- en die Suidelike Reeks gevorm (Fig 2). Tussen die laasgenoemde twee reekse is 'n kleiner een, naamlik die Middelste Reeks, aanwesig wat ontstaan het as gevolg van die vertakking van die suidelike strekkingsoorskuiwing. Waar die Pengeformasie teenwoordig is, vorm die Malmanisubgroep die noordelike en westelike hange van die reekse. Die kontak tussen die bovermelde twee gesteentetipes lê gewoonlik naby die kruin van die reekse. Die Pengeformasie vorm die kruine en suidelike glooiings van die reekse terwyl die valleie tussen die reekse bestaan uit sedimente van die Pretoriagroep (Fig. 2). Wes van Thabazimbi is die Pengeformasie totaal afgeërodeer en dus oorlê die Pretoriagroep die Malmanisubgroep. In hierdie gebied vorm die dolomiete van die Malmanisubgroep slegs lae randjies (Fourie 1976). Ten ooste van Thabazimbi verenig die strekkingsoorskuiwings en sodoende oorlê die Pengeformasie die Waterberggesteentes.

Na-Karootensiekragte het tot gevolg gehad dat afskuiwings met noord-suid of oos-wes strekkings ontstaan het (Fig 2).

Die ysterertsafsettings in die gebied kom voor in die Pengeformasie en dus is die ysterformasie die protoërts van die afsettings. Die grootste ysterertsafsettings kom voor in die Noordelike- en Suidelike Reekse, terwyl klein afsettings in die Middelste Reeks lê. Ysterertsafsettings word ook in die Rousseupoortreeks aangetref.

Die hoofysterertssone in die Noordelike Reeks kom voor aan die basis van die Pengeformasie op die plase Donkerpoort 344 KQ, Wachteenbietjiesdraai 350 KQ en Kwaggashoek 345 KQ (Fig. 3). Die ystererts bevat meer as 60 gewigspersent yster en minder as 15 gewigspersent SiO_2 . Die ertsliggame vorm onreëlmatige tafelvormige liggame wat teen 51° suidwaarts hel en kom voor oor 'n totale strekkingslengte van 12 km met steriele gapings van onverysterde gestreepte ystersteen. Lateraal verdun die liggame en die dikte varieer van 2 tot 100m met 'n gemiddelde dikte van 18-24m. In diepte verdun die liggame en met huidige eksplorاسie is ekonomies mynbare ertsliggame tot op valleivlak bewys. Karbonaat- en talk-hematietgesteentes word tans in diepte aangetref op die plase Kwaggashoek 345 KQ en Wachteenbietjiesdraai 350 KQ.

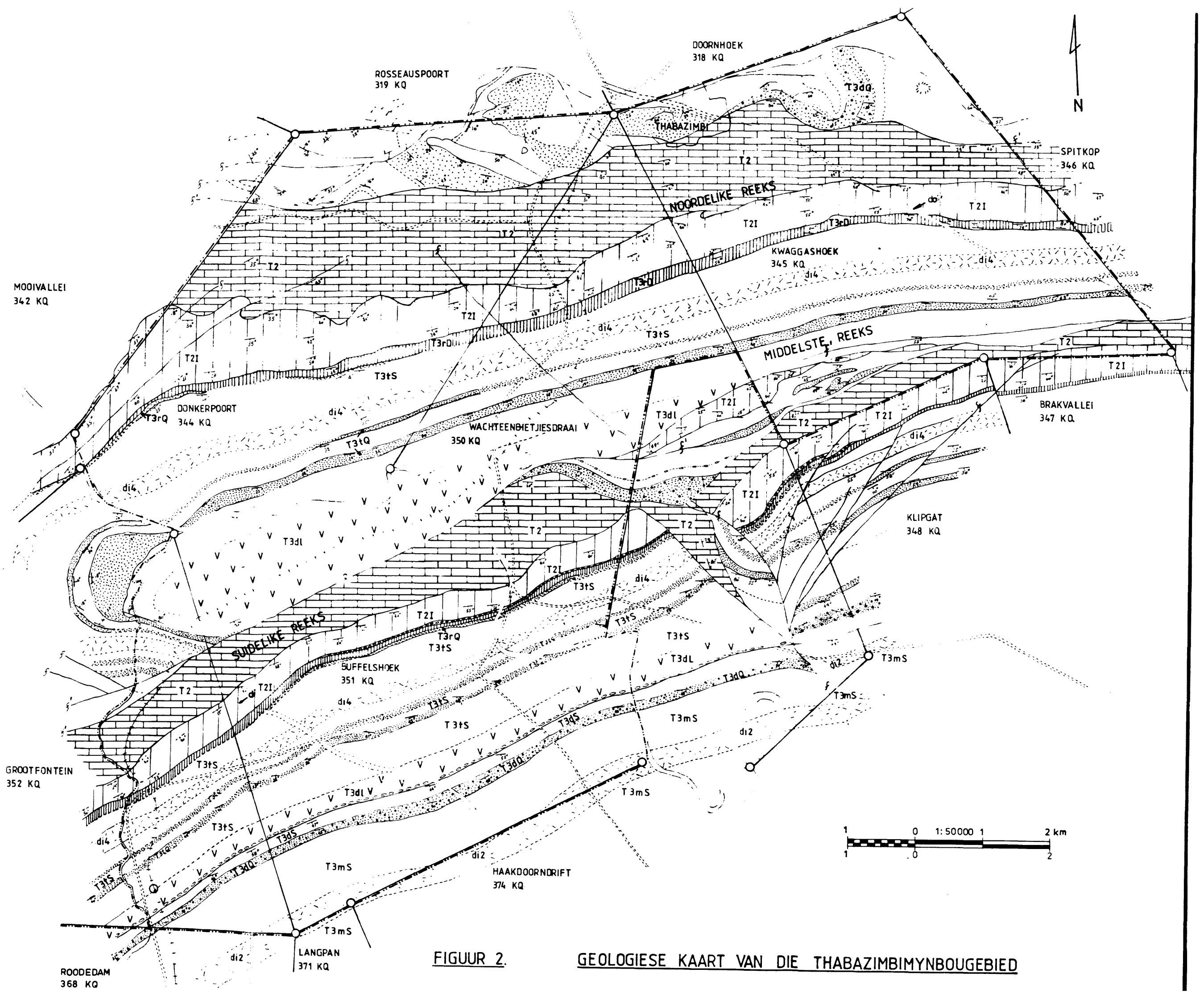
Op die plaas Buffelshoek 351 KQ in die Suidelike Reeks (Fig. 3) word ook ysterertsliggame wat teen 45° suidwaarts hel, aangetref. Weinig eksplorاسie is tot dusver daar gedoen en dus is die huidige inligting oor die gebied maar karig. Die afsettings op Buffelshoek kan in twee areas verdeel word. In die oostelike gebied van die plaas kom afsettings voor in die top van die Pengeformasie naby die bolêende Bevetkonglomeraatlid. Die konglomeraat is op plekke veryster maar tot dusver is nog geen ysterertsspoelklippe in die konglomeraat aangetref nie. Die ysterertsliggame is kleiner as die wat in die Noordelike Reeks aangetref word. In die westelike gebied van Buffelshoek is die basis en middel van die Pengeformasie veryster. Die basale afsetting strek oor 2 km, met 'n steriele gaping van geen verystering wat die afsetting in twee liggame van 360m en 700m verdeel. Die dikte van hierdie liggame varieer van 5 tot 30m en weinig inligting is tans beskikbaar oor die voortsetting in diepte. Lateraal verdun die ysterertsliggame en aan die westelike kant eindig die ysterertsliggaam teen 'n dolerietgang met geen verystering aan die westekant van die doleriet nie.

GEOLOGIESE LEGENDE

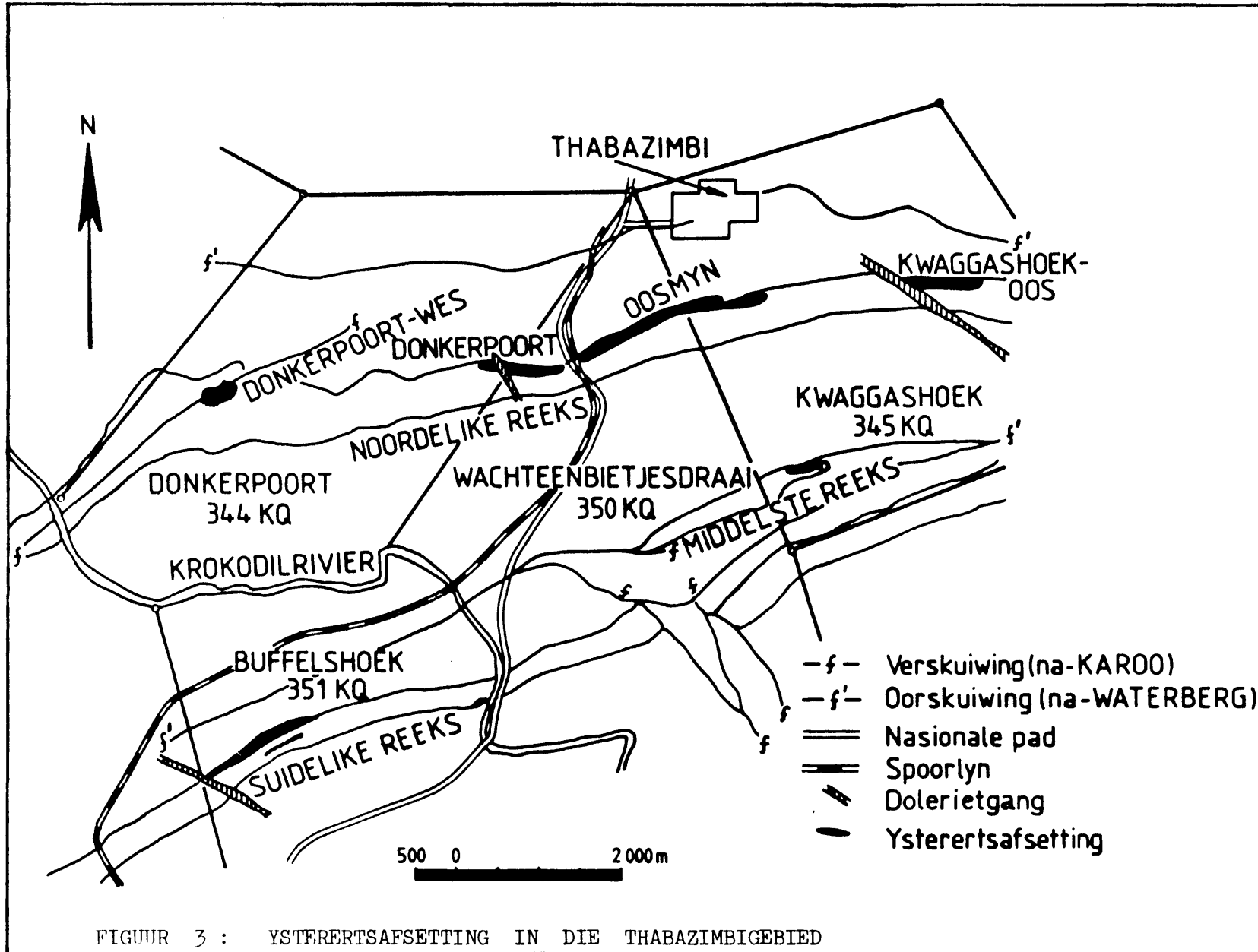
GROEP	FORMASIE		LITOLOGIE
PRETORIA			GANGE VAN DOLERIET
			DIABAAS (SOOS IN SUKSESSIE AANGEDUI)
	MAGALIESBERG	T3mQ	KWARTSIET
	SILVERTON	T3mS	SKALIE MET INTRUSIEWE DIABAAS
	DASPOORT	T3dQ	KWARTSIET
	STRUBENKOP	T3dS	SKALIE
	HEKPOORT	T3dQ	KWARTSIET
			ANDESITIESE LAW
		T3dL	SKALIE MET INTRUSIEWE DIABAAS
		T3dQ	KWARTSIET
		T3dS	SKALIE
		T3dQ	KWARTSIET
CHUNIESPOORT			SKALIE MET INTRUSIEWE DIABAAS
		T3dQ	KWARTSIET
		T3dS	SKALIE
		T3dQ	KWARTSIET
		T3dS	SKALIE
		T3dQ	KWARTSIET
		T3dS	SKALIE
		T3dQ	KWARTSIET
		T3dS	SKALIE
		T3dQ	KWARTSIET
		T3dS	SKALIE
		T3dQ	KWARTSIET
MALMANISUBGROEP	PENGE	T2I	GESTREEPTE YSTERSTEEN
	FRISCO	T2	CHERTARME DOLOMIET
	ECCLES	T2	CHERTRYKE DOLOMIET
	LYTTLETON	T2	CHERTARME DOLOMIET
	MONTE CHRISTO	T2	CHERTRYKE DOLOMIET
	OAKTREE	T2	DONKERKLEURIGE DOLOMIET

VERKLARING

	SPOORLYN		GESKATTE GEOLOGIESE KONTAK
	NASIONALE PAD		OORSKUIWING (NA WATERBERG)
	PLAASGRENS		VERSKUIWING (NA KARROO)
	GRENS VAN THABAZIMBIMYNBOUGEBIED		STREKKING EN HELLING VAN STRATA
	WAARGENEME GEOLOGIESE KONTAK		VERTIKALE STRATA
			HELLING EN STREKKING



FIGUUR 2. GEOLOGIESE KAART VAN DIE THABAZIMBIMYNBOUGEBIED



Die ystererts in die sentrale gedeelte van die Pengeformasie het 'n strekkingslengte van 150m en 'n dikte van 12m en kom vertikaal ongeveer 150m langs die helling van die liggaam voor. Op die plaas Wachteenbietjiesdraai 350 KQ is 'n klein detritiese ysterertsafsetting aanwesig op 'n karsttopografie op die Malmanisubgroep. Teen die noordelike hellings van die Suidelike- en Noordelike Reekse is ook detritiese ystererts aanwesig.

Verystering kom voor in die Middelste Reeks op die plaas Kwaggashoek 345 KQ aan die oostelike kant van die reeks. Die ystererts word aangetref in 'n tektonies versteurde gebied. Die afsetting kom voor oor 'n strekkingsafstand van 200m en is gemiddeld 35m dik. In diepte knyp die liggaam vinnig uit en die ystererts is gemiddeld 100m wyd langs sy helling af.

Op die oomblik word alleenlik ystererts ontgin deur subvlakkalwing in die Oosmyn en in die Donkerpoortgroef in die Noordelike Reeks (Bylaag 1).

1.4 HISTORIESE OORSIG

Die eerste skrywe oor die ysterertsafsettings in die Thabazimbi-omgewing is vervat in 'n artikel deur Holmes in 1905 (Wagner, 1921). In 1908 beskryf Humprey die voorkoms van 'n hematietafsetting op die plaas Klipgat (Wagner, 1921). Op die westelike oewer van die Krokodilrivier op die plaas Buffelshoek het Williams 'n dagsoom van ystererts ontdek en dit onder die aandag van Hall en Jourdan gebring wat 'n volledige verslag oor die voorkoms van die liggaam in die South African Journal of Industries van 1919 gepubliseer het (Wagner, 1921). Wagner het die gebied in 1920 ondersoek en sy bevindinge in Memoir no 17 van die Geologiese Opname van 1921 bekend gemaak. Wagner postuleer dat hierdie afsettings, met betrekking tot hulle oorsprong, analoog is aan sekere afsettings van die Lake Superior. Volgens hom was die hoofproses in die vorming van die ystererts die vervanging van silika deur ysteroksied wat daarop neerkom dat daar 'n toevoeging van laasgenoemde was en 'n uitloging van eersgenoemde.

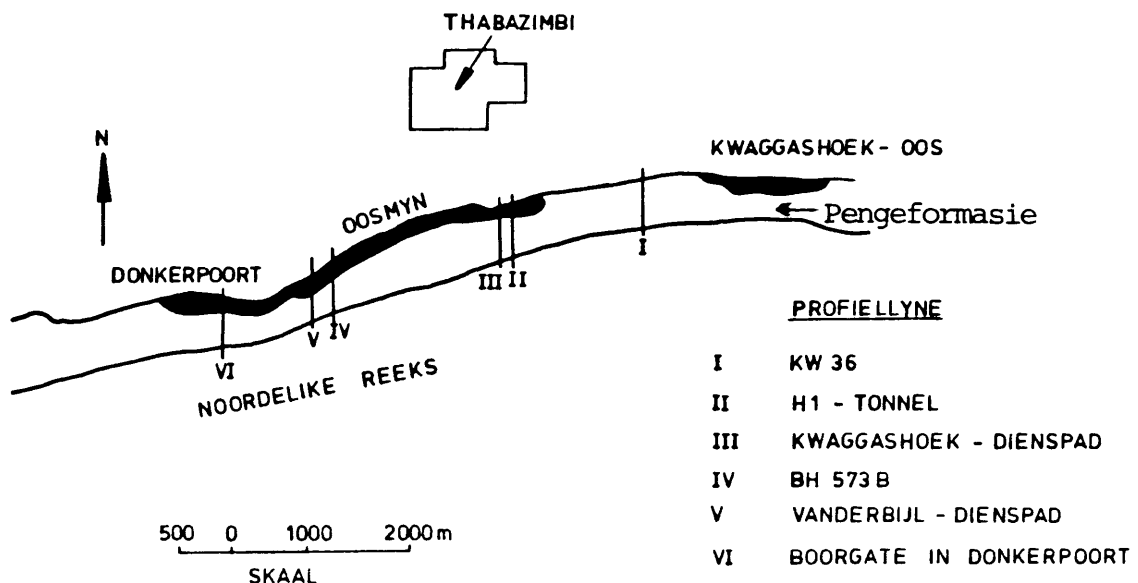
Die gestreepte ystersteen was onder mariene toestande as gebande sideritiese cherte afgeset wat klein hoeveelhede van greenaliet of gehidreerde ysterryke oksiede bevat het (Wagner, 1921). Volgens hom het die verystering plaasgevind voor die indringing van die Bosveldkompleks en het die ystererts geakkumuleer op bodems van vlak sinklinale troë voordat verskuiwings die gesteentes gedupliseer het. De Villiers het in 1944 die Postmasburg- en Thabazimbi ysterertsafsettings beskryf en tot gevolgtrekking gekom dat in albei gebiede die erts gevorm is deur opwaartse migrerende waters langs die dolomiet-gestreepte ystersteenkotak. Die oorsprong van die yster het hy as magmaties beskou en dus aan die Bosveldkompleks gekoppel. Die eerste diepgaande studie oor die gebied is in 1948 deur Boardman gepubliseer. Hy het tot die gevolgtrekking gekom dat die ystererts ontstaan het deur supergene uitloging van die silika en selektiewe mineralisasie in gebiede waar die gestreepte ystersteen breksiasie en plooiing ondergaan het as gevolg van na-Waterbergse tektonisme. Volgens hom het die hoofverysteringsproses plaasgevind gedurende die na-Waterberg erosiesiklus. Strauss (1964) suggereer dat gedeeltes van die gestreepte ystersteen eers metasomaties verander is na gebande hematiet-dolomiet- en talk-hematietgesteentes en daarna deur supergene uitloging in na-Waterberg tye verander is na ystererts.

1.5 METODES VAN ONDERSOEK

Die Oosmyn en Donkerpoortgroef is in die Noordelike Reeks geleë en dus is die ertsliggaam en gestreepte ystersteen hier die beste blootgestel. Die boonste 150m van die gestreepte ystersteen is egter net in twee dienspaaie en een tunnel blootgestel. Gesteentes in die dienspaaie is verweerd en verbrokkel terwyl puin die grootste gedeeltes van die dagsome bedek. Dit bemoeilik dus 'n detail beskrywing van die sone op sentimeterskaal.

Eerstens is 'n stratigrafiese indeling van die Pengeformasie gemaak deur soveel as moontlik van boorgatinligting gebruik te maak.

Die doel met die indeling is om merkerlae in die basale 150m, wat visueel maklik herkenbaar is, duidelik te omskryf. Die basale 4 sones is in meer detail beskryf as sones 5 en 6 omrede al die mynbou-aktiwiteite in die eerste vier sones voorkom en is dus essensieël vir korrelasiedoeleindes in die mynbougebied. Twee boorgate naamlik KW 36 op profiel KO 60 en BH 573 B op profiel B3 is gebruik om die tipe profiel saam te stel terwyl ander boorgate wat in blokke 13-18 en in die Donkerpoortgroef geboor is, gebruik is om die laterale variasies uit te lig. Geen boorkern is egter beskikbaar vir sones 5 en 6 nie en dus is profiele in die Kwaggashoek-Oos dienspad, H1-tonnel en Vanderbijlgröf gemeet om inligting vir die boonste sones te verkry (Fig. 4).



FIGUUR 4. LOKALITEITE VAN PROFIELLYNE

Omrede die dagsoomgebiede verweerd is, kon daar nie soveel inligting ingewin word soos uit die boorkern nie. Die boorkern wat beskikbaar was, het ook probleme opgelewer in die sin dat die herwinnings in die boonste gedeelte van sone 4 swak was (gemiddeld 60%) en die kern verweerd en verbrokken is.

Daar is nie gepoog om 'n sedimentêre model saam te stel nie, maar om eenhede met dieselfde karakteristieke eienskappe saam te groepeer en merkerlae vir elke eenheid te definieer. Beukes (1978) se klassifikasiesisteem is vir die doel van die beskrywings in 'n vereenvoudigde vorm gebruik.

Tweedens is die gesteentes wat in die verysteringssone voorkom, gedefinieer en litologies beskryf. Deur dit te doen is 'n uniforme sisteem wat deur alle belanghebbendes gebruik kan word, beskikbaar gestel.

Derdens is kontroles wat 'n invloed op die verystering van die gesteentes gehad het, omskryf. Hierdeur kan 'n beter begrip gevorm word oor die periodes van verystering en die parameters wat verystering beïnvloed het.

Deur al die bogenoemde gegewens saam te voeg, kan 'n eksplorasiemodel vir die Noordelike Reeks opgestel word. Die gegewens kan ook sinvol gebruik word om nuwe teikengebiede op te spoor en te evalueer.

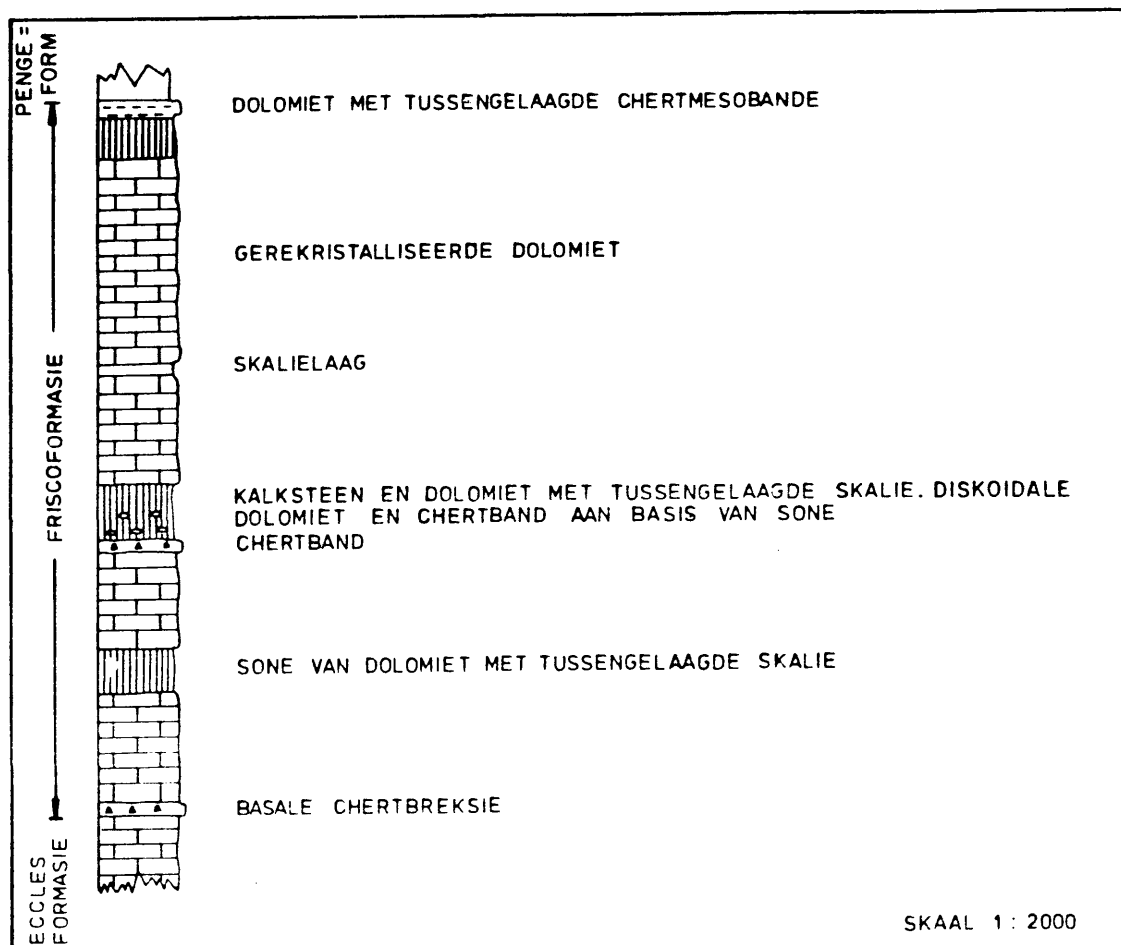
2. STRATIGRAFIE

Omrede die doelverbintenis van die studie nie 'n afsettingsmodel vir die Chuniespoortgroep is nie, maar 'n eksplorasiemodel vir ystererts, is slegs 'n algemene rotsstratigrafiese indeling van die gesteentes van die Frisco- en Pengeformasies gemaak.

In die Thabazimbimynbouggebied is die volle opeenvolging van die Malmanisubgroep nie aanwesig nie. Na-Waterbergse oorverskuiwings het die gevolg gehad dat net die boonste gedeeltes van die Malmani-subgroep, dit wil sê die Eccles- en Friscoformasies, dagsoom. Die boonste 115m van die Friscoformasie was onderhewig aan uitloging in die Na-Waterbergperiode. Inligting wat versamel is deur Button (1973), Fourie (1976), asook gegewens ge-in in die Oosmyn en Donkerpoort (Bylaag 1) is gebruik om 'n algemene indeling van die Friscoformasie weer te gee.

2.1 DIE FRISCOFORMASIE

Die basis van die Friscoformasie word deur 'n 3m dik chertbreksie aangedui (Fig. 5).



STRATIGRAFIESE OORVERSKUIWING VAN DIE FRISCOFORMASIE VOLGENS FOURIE (1976)

Hierdie formasie word herken aan die skaarsheid van chertmeso- en-makrobande, aanwesigheid van dun koolstofryke skalielae, die toename in ysterinhoud na die top van die eenheid en die voorkoms van 'n diskoidale sone wat met 'n chertbreksie van ongeveer 1m dik geassosieerd is.

Die eenheid bestaan grotendeels uit gerekristalliseerde wit-, grys- en rooibruin dolomiet. Pirietknolle kom algemeen voor in die wit- en grys gerekristalliseerde dolomiet. Die rooibruin kleur van die dolomiet word waarskynlik deur siderietmineralisasie langs nate en soms laagvlakke veroorsaak. Aktinoliet, tremoliet en glimmer is op plekke aanwesig in die gerekristalliseerde dolomiet. Lateraal en vertikaal verander die kleur van die dolomiet langs nate en laagvlakke. (Fig. 6).

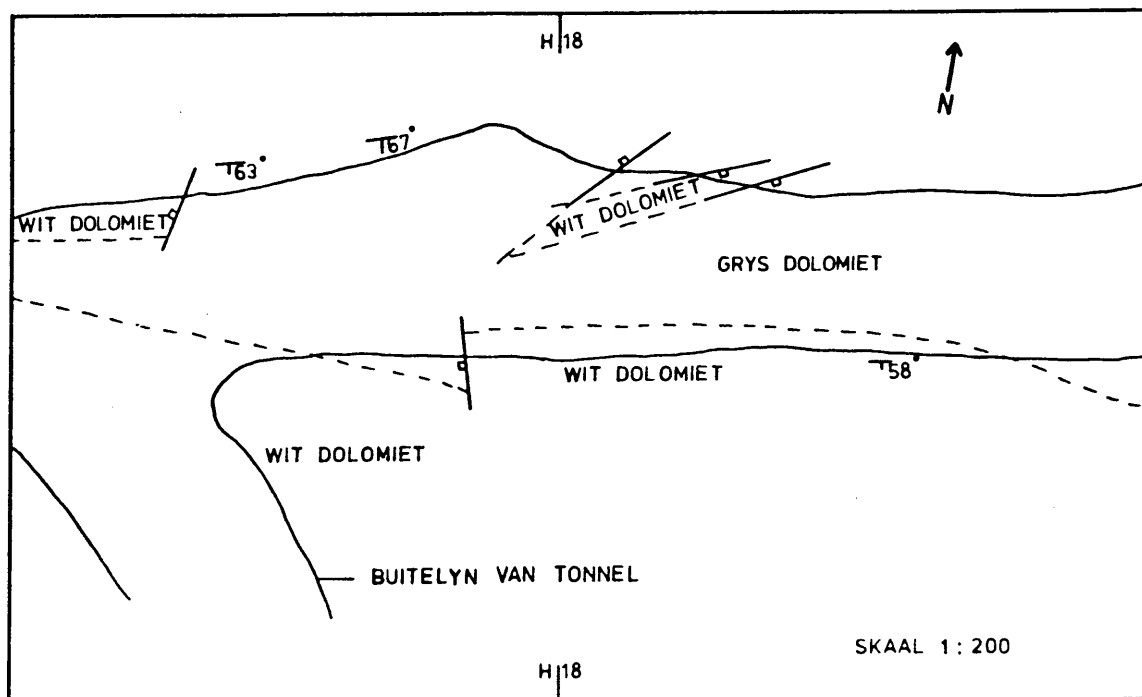


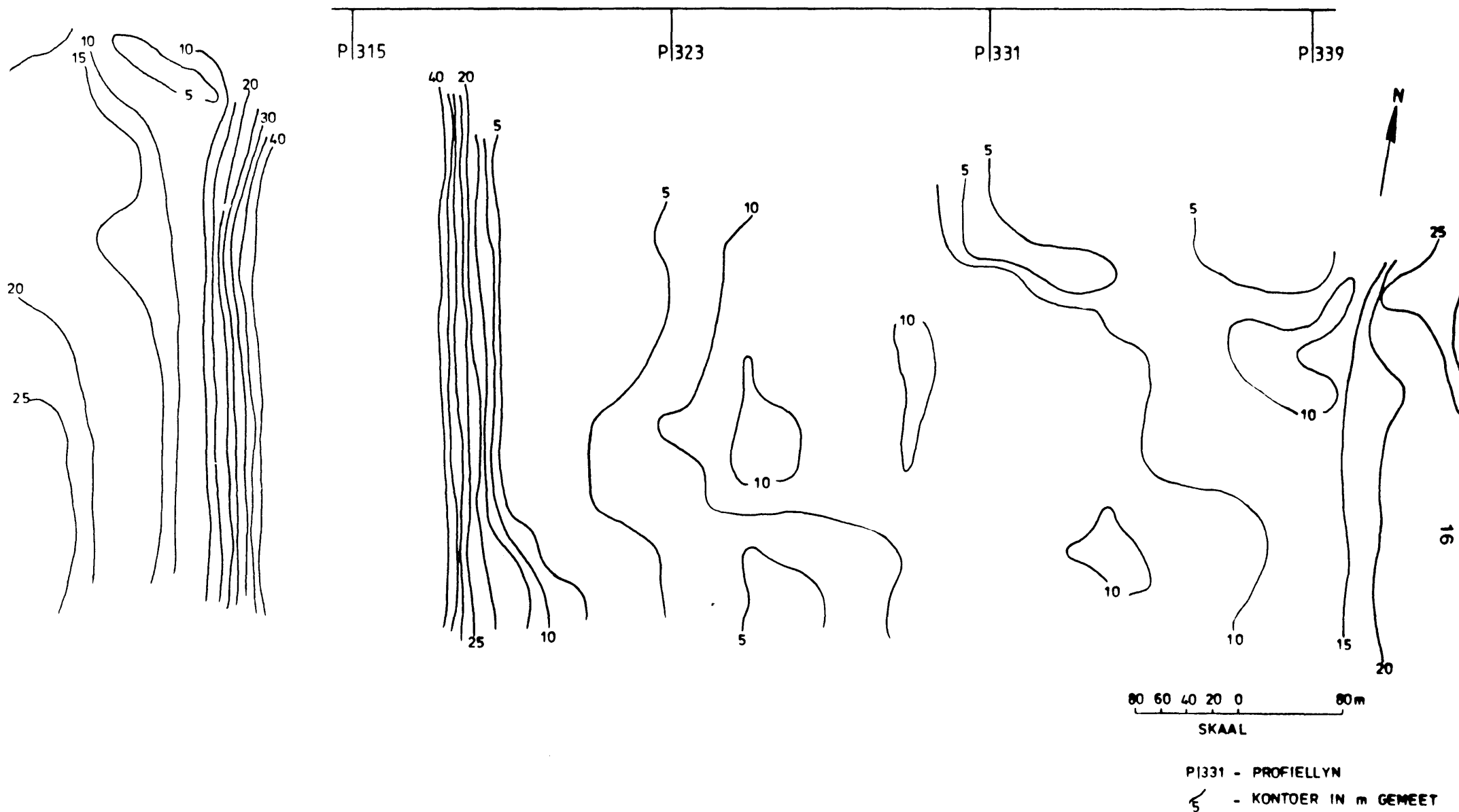
FIG. 6. DIE VERTIKALE EN LATERALE KLEURVERSILLE IN GEREKRYSTALLISEERDE DOLOMIET IN PLAN

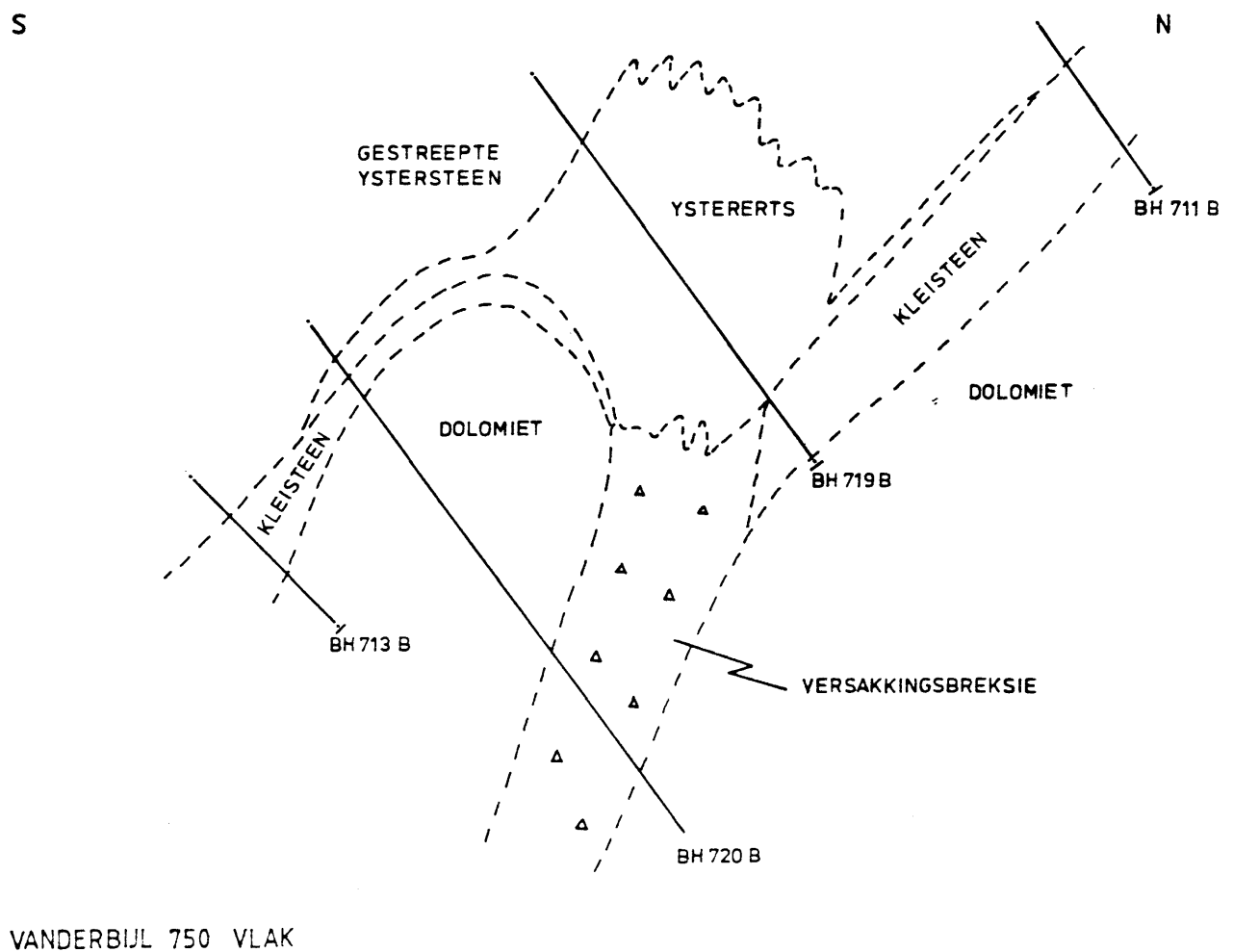
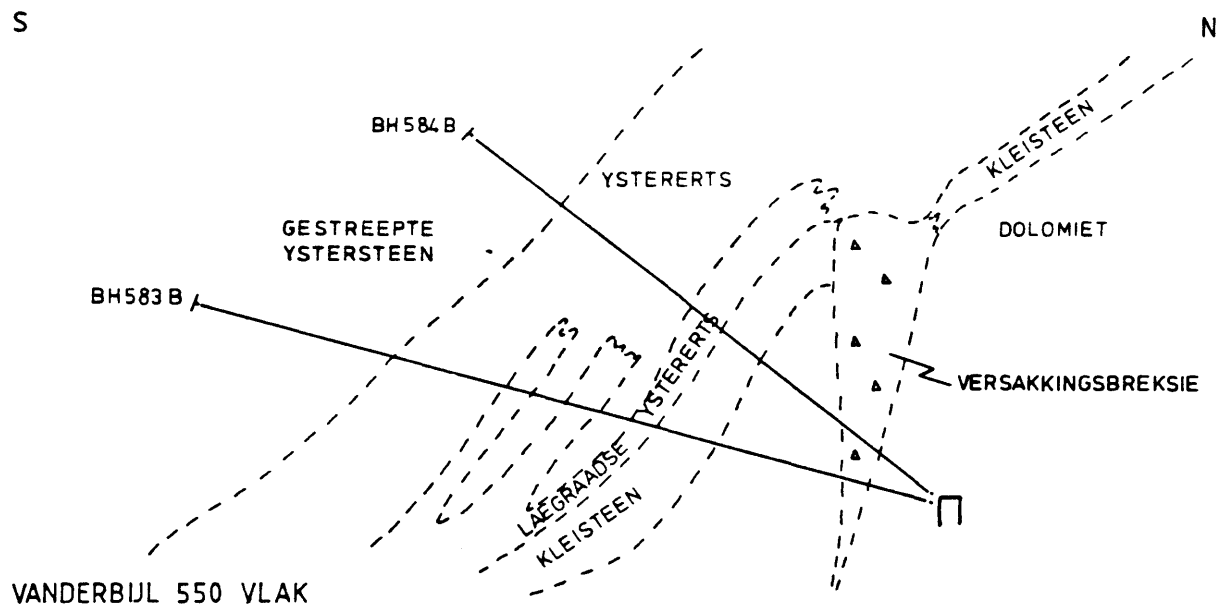
Kalksteen word meesal aangetref in gebiede waar koolstofryke skalielae aanwesig is. Die kalksteen kom egter sporadies voor en kan nie in spesifieke horisone wat net uit kalksteen bestaan ingedeel word nie. Die frekwensie van die koolstofryke skalielagies neem toe na boontoe en in die boonste sones is krualgmatte asook stilolietstrukture aanwesig.

'n Chertband van 1m dik kom ongeveer 115m onder die top van die Friscoformasie voor. Die band dien as 'n duidelike merkerlaag in die mynbougebied. Direk bokant die chert word sones aangetref wat uit ronde diskus-vormige dolomietstrukture bestaan; lokaal staan die sones as diskoidale dolomiet bekend en hulle bevat dikwels koolstofryke skalielagies (Fig 5). Volgens Fourie (1976) kom die strukture nie wes van die mynbougebied voor nie. In die verysterde gebiede kom die bogenoemde chertband egter baie nader aan die top van die Friscoformasie voor; die afstande wissel van 1m tot 100m. Die dikte van die dolomiet tussen die chertband en top van die Friscoformasie is gemeet in die Donkerpoortgroef en dui 'n duidelike variasie in dikte aan (Fig 7). Die variasie is moontlik te wyte aan uitloging van die top van die Friscoformasie gedurende die Na-Waterbergse erosiesiklus. Gepaardgaande met die uitloging het versakkingstrukture in die dolomiet ontstaan wat sporadies in die Noordelike Reeks voorkom (Fig 8).

Twee tipes vulmateriaal word in die versakkingstrukture aangetref. Eerstens is daar vulmateriaal bestaande uit brokstukke van gestreepte ystersteen in 'n matriks van skalie. Die brokstukke toon 'n willekeurige oriëntasie en wissel in middellyn van lmm tot etlike meters. Die tweede tipe vulmateriaal bestaan uit brokstukke van talk- en karbonaat-hematietgesteente in 'n matriks van skalie. Die hoeveelheid kleisteen of skalie neem toe hoe laer af in die strukture beweeg word en die bodem bestaan grotendeels uit kleisteen.

Chertmeso- en-mikrobande is skaars en ondergeskik aan dolomiet in die Friscoformasie. In die H1-tonnel word daar egter 'n 3m dik laag aan die top van die formasie aangetref waarin chertmesobande algemeen voorkom. Aan die westekant van die Noordelike Reeks op die plaas Kwaggashoek 345 KQ kom dieselfde sone voor. Volgens Button (1976) is daar in Oos- en Noord-Oos Transvaal drie sones van ysterryke sedimente in die formasie, naamlik aan die basis van die formasie, 'n dikker sone van 30m wat hoër op in die stratigrafie geleë is en 'n derde sone wat oorgradeer in 'n koolstofryke kleisteen aan die top van die formasie (Button, 1976).





10 0 10 20m

SKAAL 1: 1000

T A B E L II : K L A S S I F I K A S I E S V A N Y S T E R F O R M A S I E

MINERALOGIES	TEKSTUREEL		STRUKTUREEL	MINERALOGIES, TEKSTUREEL EN STRUKTUREEL
James (1966)	Dimroth en Chauvel (1973)	Dimroth (1977)	Trendall (1965, 1966, 1973) Trendall en Blockley (1970) Beukes (1973)	Beukes (1978, 1980)
Oksiedfasies Magnetiet Hematiet Silikaatfasies Stilpnome=laan Minnesotaiet Greenaliet Karbonaatfasies Sideriet Sulfiedfasies Piriet	1. Matrikschert 2. Femikriet 3. Intraklastiese of oölitiese matrikschert 4. Intrafemikriet 5. Gesementeerde intraklastiese of oölitiese chert 6. Skerfhoudende chert 7. Gerekrystalliseerde chert	1. Mikriettipe 2. Pilhoudend 3. Intraklasties 4. Oölitiese 5. Pisolitiese 6. Stromatolitiese Ysterformasie	Gebande Ysterformasie Mesogeband - Egaligmesogeband - Onegaligmesogeband - Peulgebant Spikkelgebant Gestreep	1. Allochemiese ysterformasie (Endoklasties) Allochems - brokstukke en korrels 2. Ortochemiese ysterformasie (Endoklasties) Felutiet domineer 3. Outohtone ysterformasie (Chemies of Biochemies) Chertmesobande alterneer met femikriet mesobande

Die sones bestaan uit gebande chert- en siderietryke dolomiet. Volgens hom is daar dus 'n graderende oorgang tussen die Frisco- en Pengeformasies. In die Noordelike Reeks is hierdie ysterryke sones moeilik waarneembaar as gevolg van die uitloging van die boonste gedeeltes van die Friscoformasie en die insakking van die kleisteeneenhede in die karstholtes.

2.2 DIE PENGEFORMASIE

2.2.1 Klassifikasie van ysterformasie

'n Ysterformasie word in hierdie verhandeling gedefinieer as 'n chemiese- of biochemiese gepresipiteerde ysterryke sedimentêre gesteente wat aan die chertystermineraalfamilie behoort. 'n Vereenvoudigde weergawe van Beukes (1978, 1980) se klassifikasiesisteen word toegepas.

Beukes (1978, 1980) het die vorige klassifikasies as onvolledig beskou en 'n nuwe stelsel, gebaseer op mineralogie, tekstuur en struktuur, voorgestel (Tabel II). Deur Folk (1972) se kalksteenklassifikasie te gebruik het Beukes (1978) drie verskillende tipes ysterformasies onderskei: Allochemiese ysterformasie wat allochemie partikels soos brokstukke (splinte, skywe) en korrels (pille, oöliete, intraklaste, pisoliete) bevat in 'n matriks van ysterlutiet. Ortochemiese ysterformasie met mesobande wat 'n massiewe voorkoms besit as gevolg van die monomineraliese samestelling daarvan; die egalige vermenging van twee of meer ysterminerale en/of egalige vermenging van ysterminerale met ondergeskikte hoeveelhede chert, kan as die gesteentetipe ysterlutiet beskryf word (Beukes 1978 bl 305). Die ysterlutiet is dus 'n massiewe ysterformasie waarin goed gedefinieerde chert mesobande ontbreek. Otochtone ysterformasie 'bestaan uit mikrobande van een ystermineraal wat afgewissel word met 'n ander ystermineraal, of uit chertmikrobande afgewissel met ystermineraalmikrobande' (Beukes 1978, bl 306). Die mesobande word as die gesteentetipe ysterritmiet beskryf. Die term ritmiet word egter beperk tot gelamineerde gesteentes waarbinne elke 1 cm ten minste 'n enkel mikroband voorkom.

Ysterformasie waarin duidelik gedefinieerde chertmesobande aanwesig is, wat ritmies met ystermineraalmesobande alterneer, staan as gestreeppte ystersteen bekend.

Die term femikriet beskryf die kriptokristallyne ystermineraalpartikels wat die matriks van ysterformasies is, en sluit ysterlutiet en ysteritriet in (Dimroth, 1968). Die femikrietsamestelling word aangedui deur gebruik te maak van ystermineraalname as voorvoegsels.

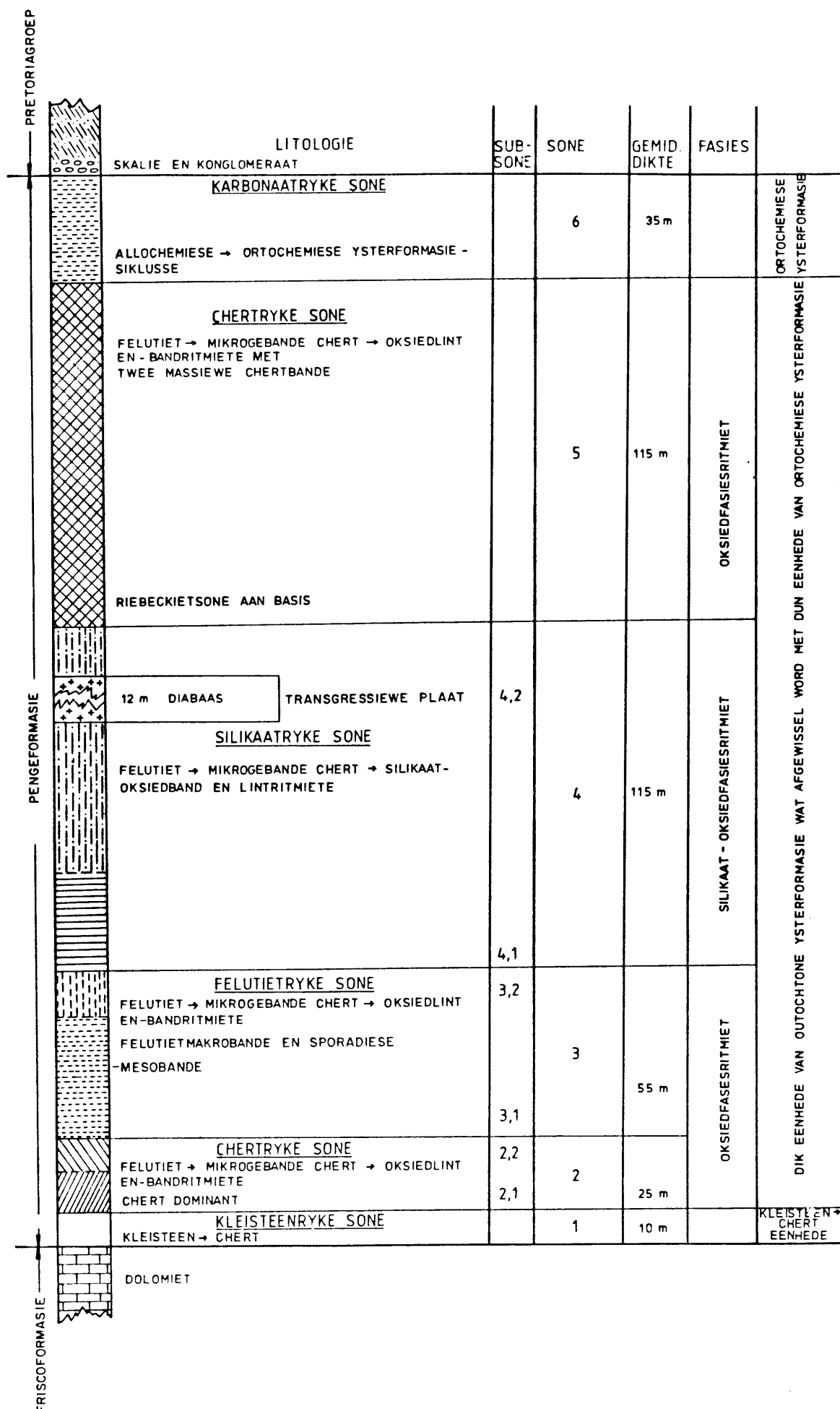
Struktureel word chertmesobande in ses verskillende tipes onderverdeel. Chertmesobande wat konstant in dikte langs strekking bly en dunner as 1cm is word beskryf as linte en as bande indien hulle dikker is. Chertmesobande wat verdun en verdik langs strekking word as golwe beskryf indien hulle van lintdikte is en as deine wanneer hulle van banddikte is. Daarteenoor word lensvormige chertmesobande as peule beskryf indien hulle van lintdikte is en as kussings indien hulle van banddikte is.

In die praktyk is 'n eenvoudige sonale indeling van die ysterformasies wat die karakteristieke eienskappe van die felutiet → feritmietsiklusse, kleisteen → sideriet-gebande chertsiklusse en ortochemiese → allochemiese ysterformasiesiklusse duidelik omskryf, gebruik (Fig 9).

2.2.2 Tipeprofiel in die Noordelike Reeks

Die basis van die Pengeformasie word geneem as die eerste dik kleisteeneenheid wat 'n gedeelte vorm van die basale kleisteen chertsiklusse (Fig. 9). In die veld is die sone egter nie so duidelik waarneembaar nie, omdat dit negatief verweer en normaalweg met puin bedek is.

Die grootste gedeelte van die Pengeformasie bestaan uit dik eenhede van outohtone ysterformasie wat afgewissel word met dun eenhede van ortochemiese ysterformasie. Die basale oksiedfasiesritmiet is 80m



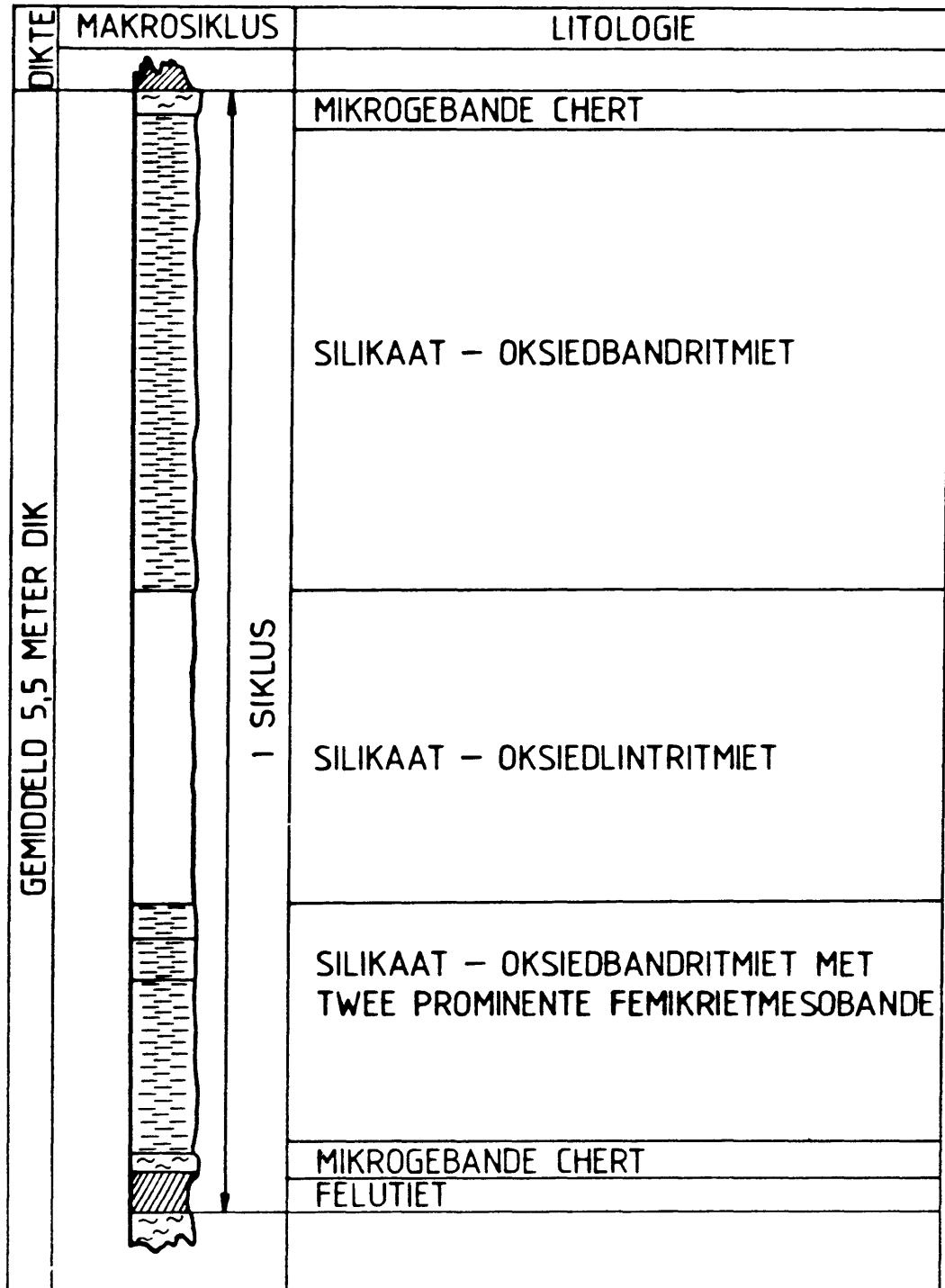
FIGUUR 9

TIPEPROFIEL VAN DIE PENGEFORMASIE IN DIE NOORDELIKE REEKS

dik en word in 'n chertryke sone asook 'n felutietryke sone van onderskeidelik 25m en 55m dik verdeel (Fig. 9). Die chertinhoud in die sones neem dus af na boontoe, terwyl daar 'n toename in lutietbande na bo is. Die sones word herken aan duidelike skerp omlynde kontakte tussen die chert- en ysteroksiedmesobande. Die silikaat-oksiedfasiesritmiet is 115m dik en word in die veld maklik herken deurdat die silikate 'n geelgroen kleur aan die sone verleen. In dagsome is die gebandheid van die sone gedeeltelik vertroebel deur die verweerde silikate wat in die chertmesobande voorkom, terwyl in vars kern duidelik gedefinieerde gebandheid waargeneem word. In die boonste oksiedfasiesritmiet wat ook 115m dik is, kom peule en kussings algemeen voor en die sone kan duidelik aan die strukture herken word. Die boonste 35m bestaan uit allochemiese → ortochemiese ysterformasie-siklusse (Fig. 9).

2.2.3 Detail stratigrafie van die ses sones in die Pengeformasie

Hier word 'n beskrywing van die kenmerkende eienskappe van elke sone asook die siklusse wat daarin voorkom weergegee. 'n Tipiese voorbeeld van die siklusse wat in sones 2 tot 5 voorkom, word in Figuur 10 uitgebeeld. Die mikrogebande chert aan die top van die siklus dui op 'n skielike toename in chertinhoud in die omgebied en kan dus as die basis van 'n siklus beskou word. Die kontak tussen die chert en die onderliggende bandritmiet is egter 'n graderingskontak en dus moeilik bepaalbaar. Om praktiese redes is die basis van die felutietbande as die begin van 'n siklus geneem omrede dit 'n duidelike, maklike herkenbare kontak is. Elke felutietband word aan die basis en top deur chertbande begrens wat oorgradeer in ysteroksiedlint- of -bandritmiete (Fig 10).



FIGUUR 10. TIPIESE MAKROSIKLUS IN SUBSONE 4,1.

Sone 1

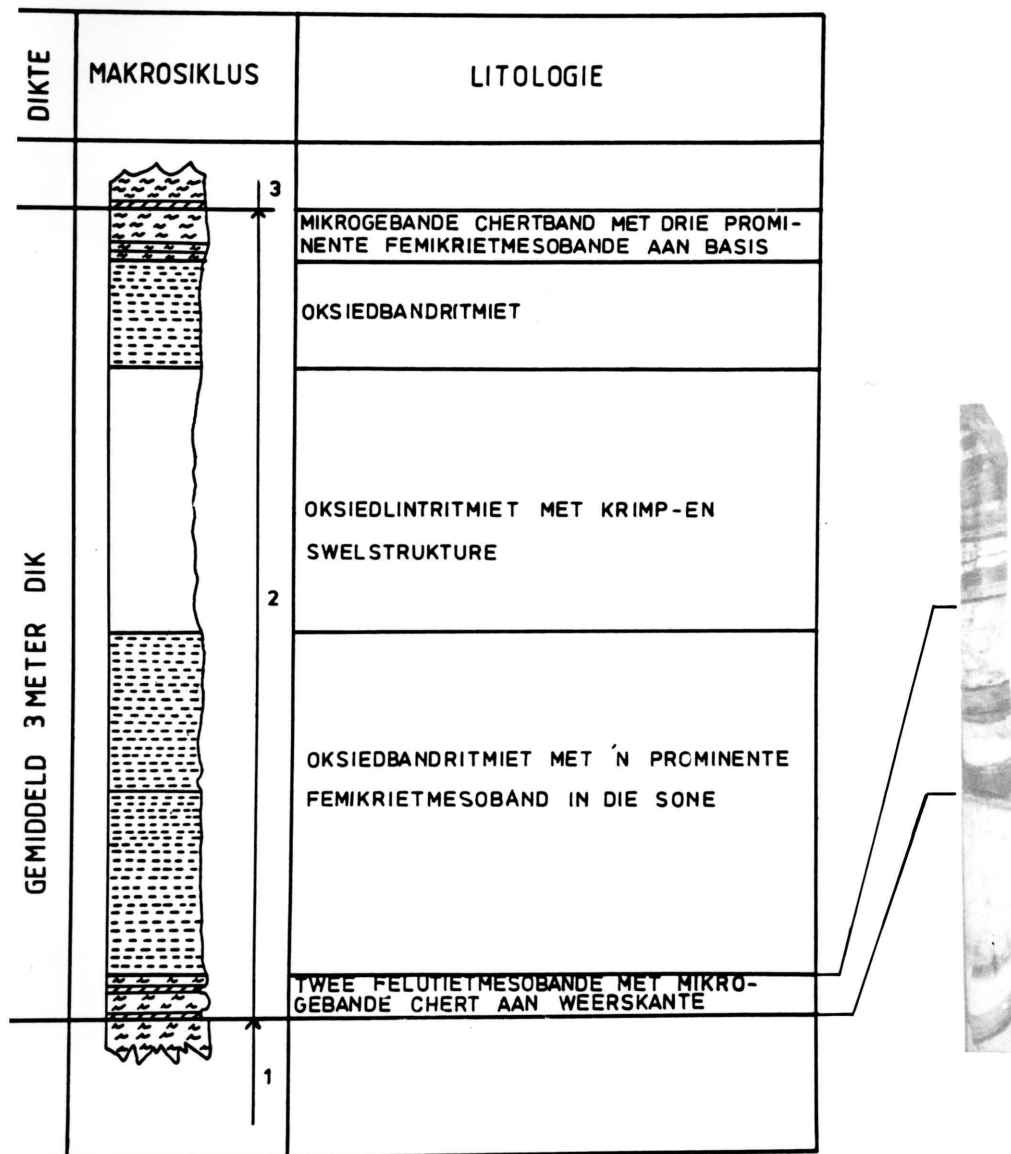
Die eenheid oorkê die Friscoformasie en bestaan uit ysterhoudende gebande chert sowel as massiewe wit chert wat afgewissel word met rooibruin tot grys koolstofhoudende kleisteen. Die ysterhoudende gebande chert bestaan uit afwissellende mikrobande van ysteroksied en chertbande. Die mikrobande van ysteroksied is kenmerkend fyn gekarteld en ongeveer 0,5mm dik. In die kleisteen is pirietmineralisasie tussen laagvlakke aanwesig. Klein kristalletjies van ysterhoudende granaat kom ook soms in die kleisteen voor.

Sone 2

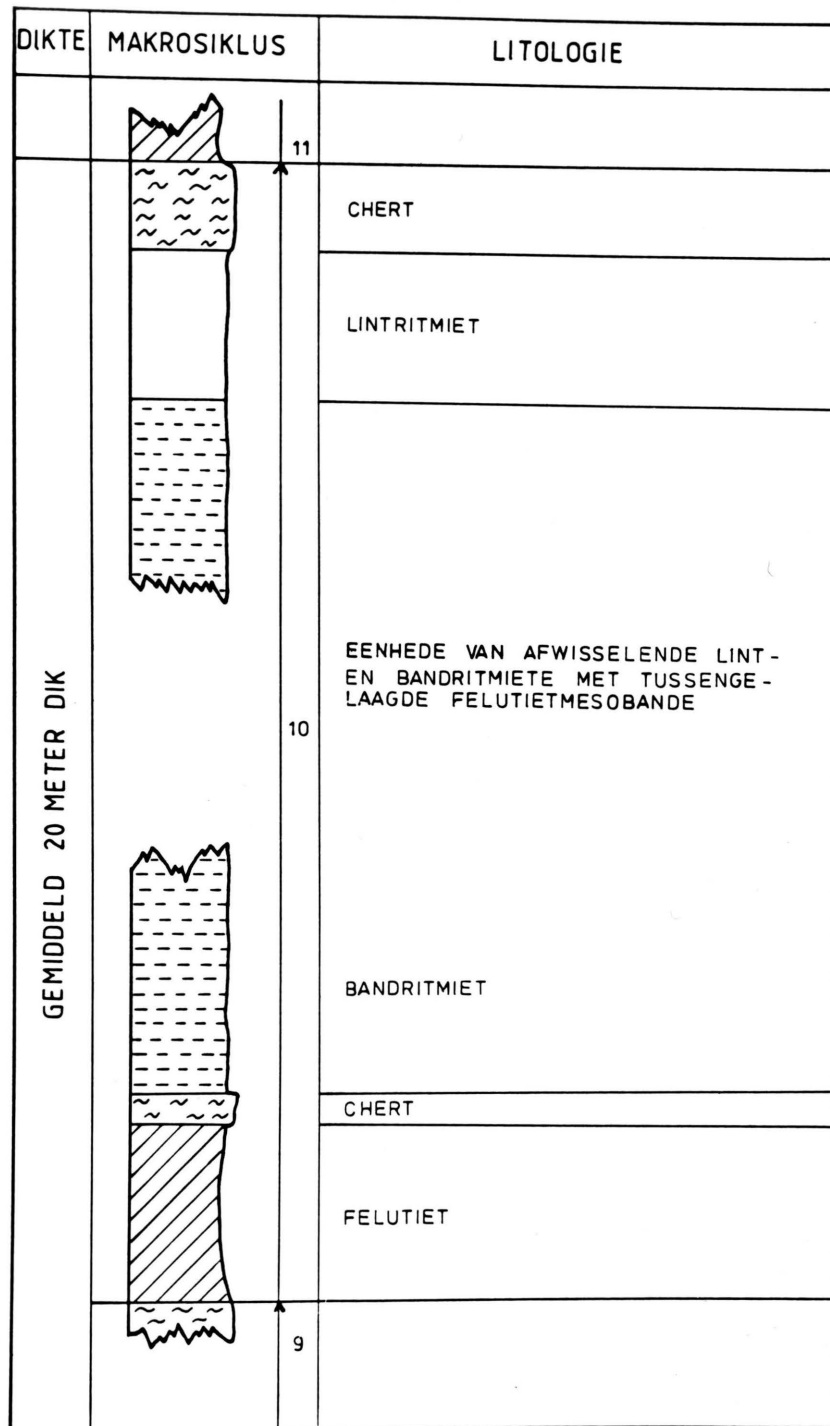
Die sone behels twee subsone van opwaarts grofwordende siklusse wat bestaan uit chert → felutiet → oksiedbandritmiet en oksiedlinritmiet.

Subsone 2.1

Vier duidelik definieerbare siklusse wat 3m dik is, is in die subsone aanwesig. Die siklusse het aan die basis twee felutietbande wat geskei word deur mikrogebande wit chert (Fig. 11). Die mikrobande is fyngekarteld. Aan die bokant van die tweede felutietband kom 'n wit chertband voor wat ook gekartelde mikrobande bevat. Die chertband gradeer oor in 'n ysteroksiedbandritmiet met 'n massiewe hematietband in die middel van die sone. Die bandritmiet gradeer oor in 'n ysteroksiedlinritmiet met chertlinte wat krimp- en swelstrukture vorm. Die strukture is egter nie oorheersend in die chertmesobande nie. Die linritmiet word gevolg deur 'n ysteroksiedbandritmiet met drie duidelike hematietbande in die top van die bandritmiet. Die bandritmiet gradeer oor in 'n mikrogebande chertband wat 'n skerp kontak vorm met 'n felutietband van die volgende siklus (Fig. 11). Die mikrobande in die boonste chert is nie goed



GUUR 11 . TIPIESE MAKROSIKLUS IN SUBSONE 2,1.



FIGUUR 13. TIPIESE MAKROSIKLUS IN SUBSONE 3,1.

ontwikkel nie. Die chertmesobande in die bandritmiete en linritmiete is deurgaans mikrogeband en volgens Beukes (1976) bestaan die mikrobande uit sideriet.

Subsone 2.2

Die subsone bestaan uit vyf siklusse wat net soos subsone 2.1 se siklusse begin met twee felutietbande wat deur 'n mikrogebande chertband geskei word (Fig. 12). Die chertbande wat die twee felutietmesobande oorkruis is egter nie so dik soos subsone 2.1 se bande nie en dus is die siklusse nie so duidelik waarneembaar soos eergenoemde siklusse nie. Die dikte van die siklusse is ongeveer 2m en die ritmiese opeenvolging van ysteroksiedband- en -linritmietsiklusse is ook dunner as in subsone 2.1. Die middelste ysteroksiedbandritmiete bevat aan die basis twee duidelike hematietbande asook chertpilletjies wat in die hematietmesobande voorkom.

Sone 3

Die sone is gemiddeld 55m dik en bevat twee subsones wat elk uit felutiet-feritmietsiklusse bestaan. Die siklusse is felutietryk en goed ontwikkelde felutietmakrobande kom aan die basis van die sone voor. Waar chertmakrobande as duidelike merkerlae in sone 2 dien, kan felutietmakrobande as merkerlae in sone 3 gebruik word.

Subsone 3.1

Twee siklusse wat gemiddeld 20m dik is, besit aan die basis dik felutietmakrobande wat gemiddeld 1m dik is. Die felutietbande bevat chertmikro- en -mesobande asook mindere amfiboolmikrobande. Massiewe fyn gekartelde mikrogebande chertmakrobande word aan weerskante van die felutietbande aangetref (Fig. 13).

Die res van die siklusse bestaan uit afwissellende eenhede van ysteroksiedband- en -lintritmiëte. Daar kom sporadies felutietmesobande in die bandritmiëteenhede voor. Aan die top van die siklus kom 'n lintritmiëte van ongeveer 1m in dikte voor. Geen duidelike siklisiteit kan egter van die felutietmesobande afgelei word nie. Dit wil voorkom of subsone 3.1 moontlik bestaan uit meer siklusse wat gedeeltelik ontwikkel is. Vir die doel van die studie is die felutietmakrobande egter van belang omrede hulle as die herkenbare merkerlae van subsone 3.1 dien.

Subsone 3.2

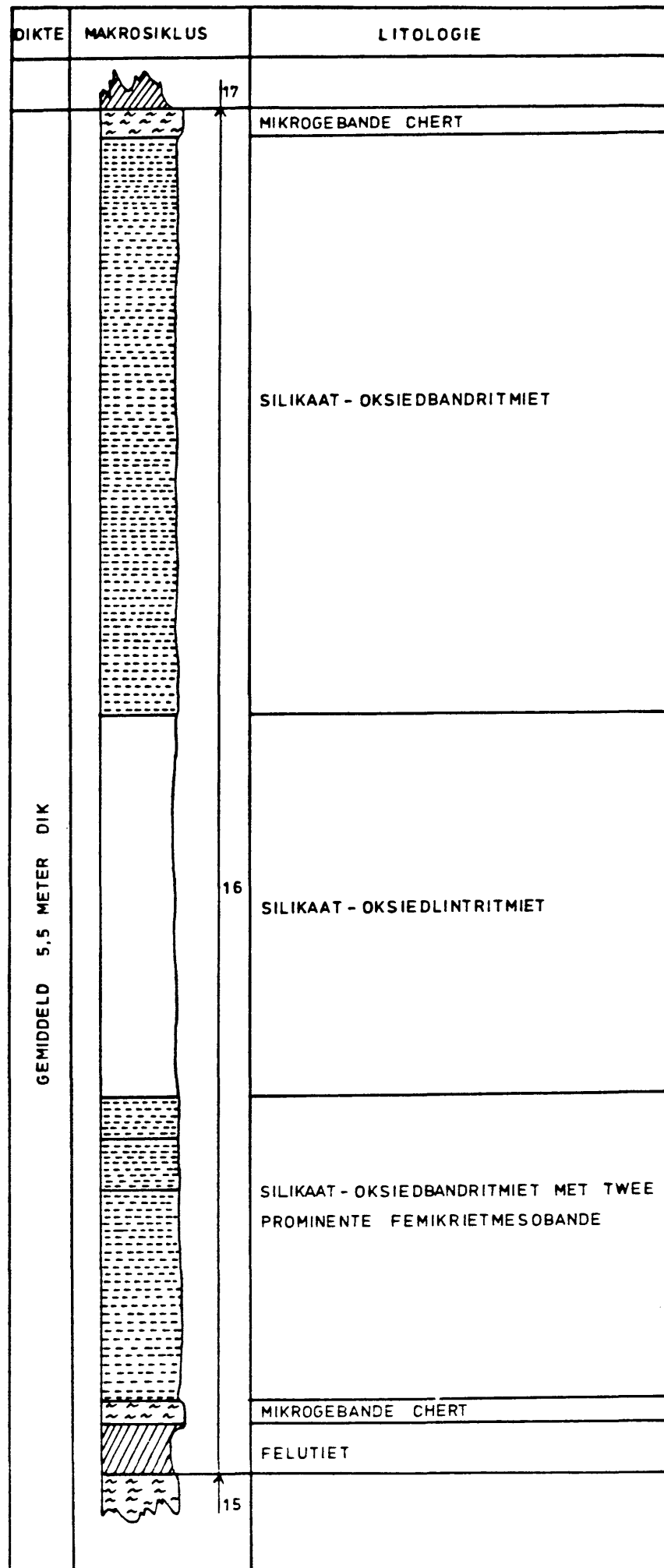
Die subsone bestaan uit siklusse wat ongeveer 3,5m dik is. Hierdie siklusse bevat kenmerkend geen ysteroksiedbandritmiëte nie, maar bestaan grotendeels uit lintritmiëte. Die basis van die siklus bestaan uit drie duidelike definieerbare felutietbande met twee tussengelaagde mikrogebande chertbande (Fig. 14). Die boonste chertband bevat ysteroksiedmesobande en gradeer oor in 'n ysteroksiedlintritmiëte. Die lintritmiëte besit aan die top drie hematietbande en gradeer oor in 'n boonste chertmakroband.

Sone 4

Sone 4 kan beskryf word as 'n silikaat-oksiedfasiesritmiëte wat in twee subsones verdeel word. Aan die top van die sone kom 'n 12m dik dwarsnydende diabaasplaat voor. Ystersilikaatmeso- en mikrobande kom algemeen voor asook duidelike vervanging van chertmesobande deur silikaatminerale. Die sone is gemiddeld 115m dik (diabaasplaat ingesluit).

Subsone 4.1

Vyf siklusse wat gemiddeld 5,5m dik is, word in die sone aangetref. Aan die basis bestaan die siklusse uit felutietmakrobande wat oorlê word deur mikrogebande chert (Fig. 15).



FIGUUR 15. TIPIESE MAKROSIKLUS IN SUBSONE 4,1.

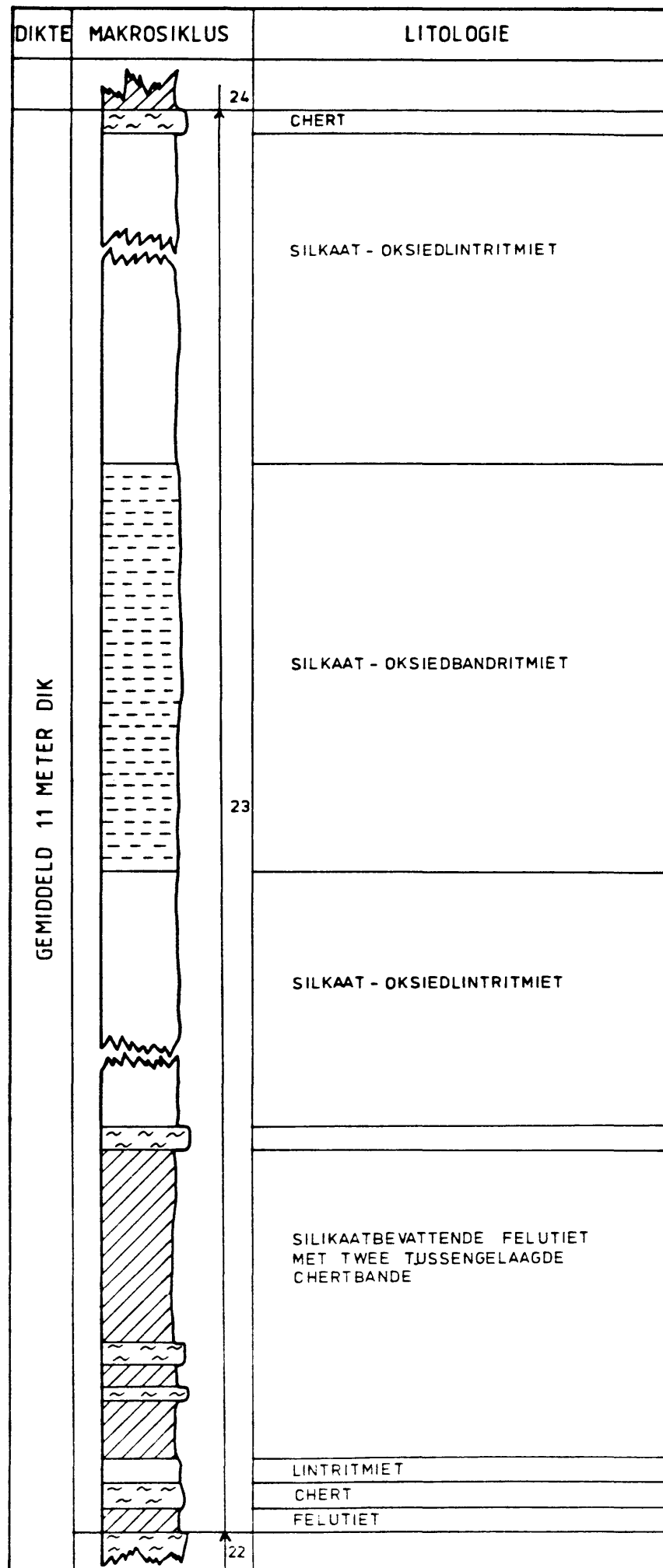
Die res van die siklusse bestaan uit ysteroksiedband- en -lintritmiëte. Aan die top van die basale ysteroksiedbandritmiëte kom twee hematietbande voor. Siklusse word met 'n mikrogebande chert afgesluit.

Subsone 4.2

Herkenning van hierdie siklusse is problematies as gevolg van verwerking; daar kan egter 8 siklusse van ongeveer 11m dik waargeneem word. Die basis van die siklusse bestaan uit 'n 1,6m dik felutieteenheid wat afgewissel word met chertmakrobande (Fig. 16). In die felutietmakrobande is mikrobande en gedissemineerde groenkleurige amfibole aanwesig. Die res van die siklusse bestaan grotendeels uit ysteroksiedlintritmiëte met gedissemineerde amfibole in die chertmesobande. Krokidolietlagies kom op sommige lokaliteite aan die top van die subsone voor en 'n boonste chert sluit die siklusse af.

Sone 5

Dagsome in die Noordelike Reeks is swak blootgestel en dus is net tendense wat in die veld maklik herkenbaar is om sone 5 van die ander sones te onderskei, uitgelig. Duidelike gebandheid van chertmeso- en-mikrobande kom in die sone voor. Gedissemineerde ysteroksied asook mikrogebande siderietbandjies wat gekartel is, is aanwesig in die chertbande. Die ysteroksiedlintritmiëte bevat golf- en peulritmiëte, terwyl die bandritmiëte kussings en deine bevat. Die strukture kom in die sone meer algemeen en intenser voor as in die ander vyf sones. Dieselfde siklusse chert → felutiet → ysteroksied → en -lintritmiëte → chert wat in sones 2 tot 4 voorkom, word ook hier aangetref. 'n Riebeckiethorison kom aan die basis van die sone voor. Twee massiefgelaagde chertmakrobande met gedissemineerde ysteroksied in, vorm twee weerstandbiedende en kenmerkende dagsome aan die suidelike hange van die Noordelike Reeks (Fourie, 1976). Lokaal staan die



FIGUUR 16. TIPIESE MAKROSIKLUS IN SUBSONE 4,2.

makrobande as die maanhare bekend en is in die boonste deel van die sone ontwikkel. Die boonste gedeelte van die sone is oor die algemeen meer chertryk as die basale gedeelte. Die sone is gemiddeld 115m dik.

Sone 6

Hierdie sone bestaan oorwegend uit onreëlmatige chert- en felutietmesobande, terwyl karbonaatmeso- en -makrobande tussengelaagd in die boonste gedeelte van die sone voorkom. Die chertmeso- en -makrobande vorm soms deine, bande en kussings. Die sone word maklik herken aan die aanwesigheid van die karbonaatbande en tremolietkristalle wat op die laagvlakke van die chert voorkom.

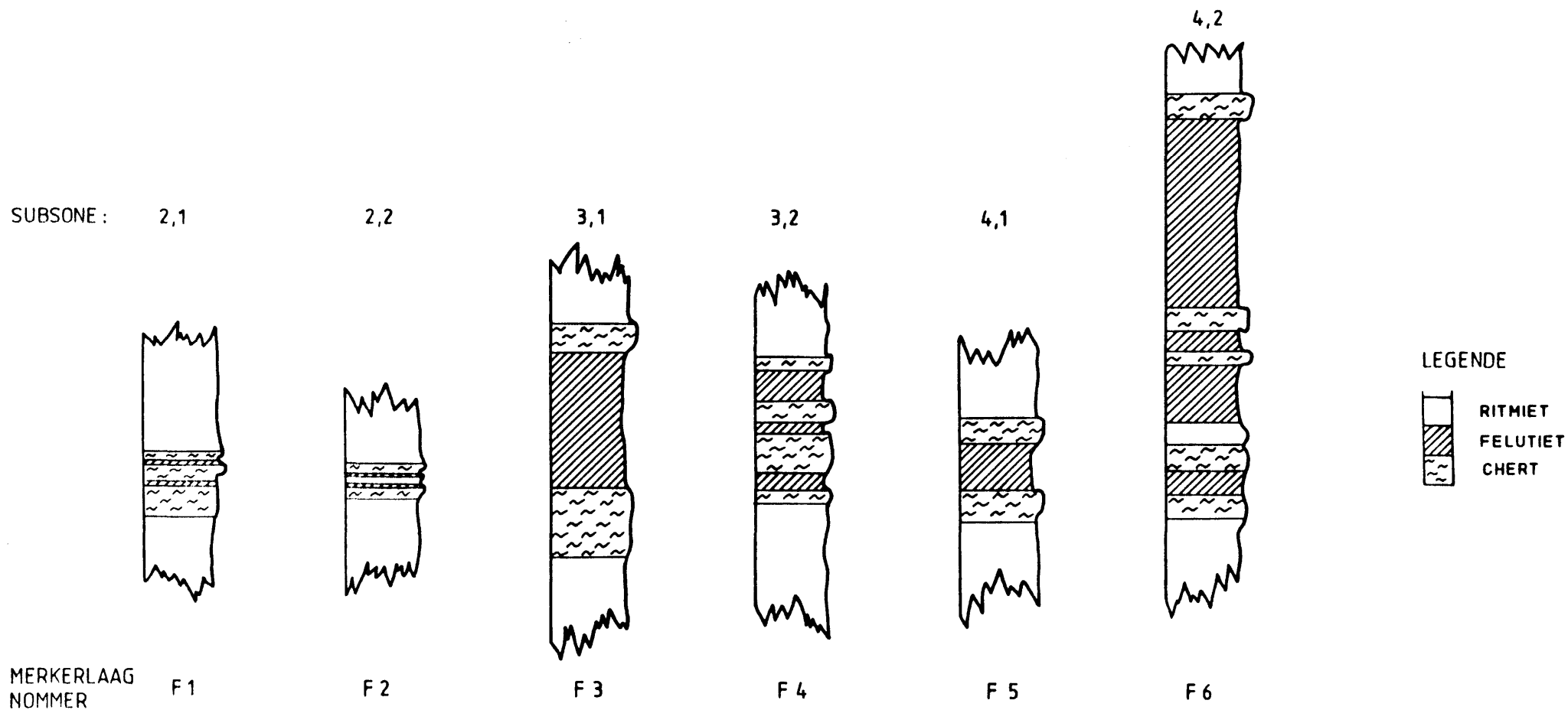
Die sone word diskordant oorlê deur die sedimente van die Pretoriagroep.

2.2.4 Merkerlae in sones 2 tot 4

Die verskillende sones van die Pengeformasie kan maklik van mekaar onderskei word; 'n sone op sigself kan dus dien as 'n merkerlaag. Dit is egter onprakties om net sones as merkerlae in die mynbougebied te gebruik omrede die mynbou-aktiwiteite slegs in sones 1 tot 3 plaasvind met die hoogste intensiteit van ontsluiting en afbouing in sones 1 en 2. Dus is 'n fyner indeling van merkerbande in die basale sones noodsaaklik om sodoende kleinskaalse korrelasieprobleme op te los.

Elke subsone bestaan uit siklusse met dieselfde onderskeidende kenmerke. Die felutietbande met die aangrensende chertbande in die subsones is as merkerlae gebruik en dus bevat elke subsone 2 tot 3 merkerlae wat identies lyk en ongeveer 3 tot 5m van mekaar geleë is (Fig. 17).

Die kenmerkende merkerlae (genoem F1 en F2) van sone 2 is chertryk. Die chertbande aan weerskante van die felutietmesobande is dus dikker as die felutietbande.



FIGUUR 17. MERKERLAE VAN SONES TWEE, DRIE EN VIER.

Subsone 2.1 se F1 merkerlae is duideliker herkenbaar as subsone 2.2 se F2 merkerlae (Fig 17). Hierdie merkerlae is ongelukkig net in steriele areas waar geen verystering aanwesig is, sigbaar. In verysterde sones kan net die felutietmesobande herken word omrede hulle nie volledig veryster is nie. Deur hierdie felutietmesobande te herken en te korreleer in die ystererts, kan akkurate dikte voorspellings van die ertsliggaam gemaak word.

Felutiet-chertmerkerlae (F3-tipe) van subsone 3.1 is duidelik onderskeibaar van die voorafgaande F1 en F2-tipes deurdat die merkers dikker felutietbande as chertbande bevat (Fig 17). Die felutietmesobande in die siklusse van subsone 3.1 is maklik onderskeidbaar van die merkerlae (F 1 en F 2) se felutietbande deurdat die mesobande 'n gemiddelde dikte van 1 cm het en die merkers se felutietbande 1m in dikte is. Die F4-tipe merkers van subsone 3.2 bevat 'n mikrogebande chert (Fig. 17) met oksiedlinte aan die basis van die laag wat 'n uitstaande kenmerk is. Die felutietbande is ook oorheersend bo die chertbande. Die F3 en F4 merkers is in die grootste gedeelte van die Noordelike Reeks herkenbaar omrede verystering normaalweg teen die F3 lae eindig.

In Sone 4 se F5 en F6-tipe merkerlae is ook die felutietbande dikker as die chertbande (Fig 17). Die F5 felutietbande bevat egter mikro- en mesobande van silikaatminerale wat die ander merkerlae nie bevat nie. Die F6 merker van subsone 4.2 bevat mikrobande, chertmesobande asook 'n duidelik herkenbare oksiedlintritriet tussengelaagd in die felutietmakroband (Fig. 17). Die silikate wat aanwesig is in die felutietbande gee dit 'n geelgroen kleur indien die bande verweerd is en vars monsters is donkergroen van kleur. Die felutietbande van die ander sones is rooibruin tot swartgrys van kleur.

2.2.5 Laterale variasie

Lateraal varieer die 6 sones in die formasie nie in dikte nie. Variasies wat wel waargeneem is, is die volgende: In sekere gebiede is sones 2 en 3 veryster en gebreksieerd; in sulke

areas is sone 1 ook gebreksieerd met brokstukke van 1mm - 30mm in diameter van chert, wat in 'n koolstofryke kleisteenmatriks voorkom. Soms is brokstukke van kleisteen ook aanwesig. Blokke 8, 10, 16, 17 en 19 in die mynbougebied is koolstofryker as die ander gebiede en wryfspieëlvlakke in die kleisteen is 'n algemene verskynsel. In blokke 13, 14 en 15 is sone 1 gedeeltelik veryster aan die top asook talk- en karbonaathoudend. Kalsiet en talk kom algemeen voor as opvullings in are en nate in die kleisteen.

Dit moet beklemtoon word dat die gebreksieerde areas in sones 2 en 3 veryster is. Om die breksiasie in die sones te verklaar, is gekyk na moontlike tektoniese aktiwiteite wat dit kon veroorsaak het. Geen karakteristieke kenmerke van 'n oorskuiwing of enige ander verskuiwing is in die basale sones van die Pengeformasie of top van die Friscoformasie waargeneem nie. 'n Instorting van die basale sones van die Pengeformasie as gevolg van uitloging van die boonste gedeelte van die Friscoformasie kon die breksiasie veroorsaak het.

Om die tweede stelling te probeer bevestig is die top van die Friscoformasie gekorreleer met die top van die gebreksieerde sone (Bylaag 2). Dit blyk dat daar 'n verband bestaan tussen die intensiteit van uitloging in die dolomiet en die breksiasie van die gestreepte ystersteen.

'n Ander laterale verskil in die ses sones van die Pengeformasie is dat die silikaatminerale weswaarts laer-af in die stratigrafie voorkom as wat die geval in die ooste is. Op Wachteenbietjiesdraai 350 KQ en Donkerpoort 344 KQ is daar silikate in die felutietbande en chertmesobande van subsone 3.2 terwyl dit in die ooste beperk is tot sone 4.

Chemies verskil die verysterde sones 2 en 3 lateraal nie veel nie (Tabel III). Die persentasie Fe neem toe van die weste in die Noordelike Reeks na die middel van die Reeks en neem dan weer af na die ooste van die gebied, terwyl die SiO_2 waardes 'n omgekeerde tendens toon.

TABEL III: DIE CHEMIESE SAMESTELLING VAN SONES 2 EN 3 VAN DIE GESTREEPTE YSTERSTEEN IN DIE NOORDELIKE REEKS

VINDPLEK	Aantal monsters	% Fe ₂ O ₃	% FeO	% SiO ₂	% Al ₂ O ₃	% K ₂ O	% Na ₂ O	% P	% S	% Mn	% CaO	% MgO	TOTAAL
D/Poort-Wes	7	48,29	1,53	49,1	0,72	0,10	0,012	0,021	0,005	0,258	0,024	0,044	100,1
Donkerpoort	20	50,20	0,89	48,3	0,37	0,10	0,02	0,020	0,011	0,091	0,100	0,180	100,3
Oosmyl	20	50,75	1,16	42,5	1,02	0,17	0,01	0,042	0,010	0,045	0,089	0,163	95,6
Kwaggashoek-Oos	20	41,72	3,76	47,6	0,92	0,04	0,008	0,021	0,01	0,331	0,164	-	94,6
GENIDDELD		47,71	1,84	46,9	0,76	0,10	0,016	0,026	0,009	0,181	0,094	0,129	97,8

Die felutietbande in die ystererts is nog herkenbaar omrede hulle net gedeeltelik veryster is en kan dus maklik as merklae gebruik kan word. In onverysterde gebiede is die bande rooibruin van kleur. Dit is 'n algemene verskynsel in die oostelike- en westelike gedeelte van die Noordelike Reeks terwyl die felutietbande in die middel van die reeks meer donkergrys van kleur is. Op Wachteenbietjiesdraai is die felutietbande ook beter ontwikkel en dus duideliker herkenbaar as in die res van die gebied.

Die diabaasplaat kan nie as 'n merkerlaag gebruik word nie, omrede dit transgredeer en weswaarts hel. Op Kwaggashoek 345 KQ en Donkerpoort 344 KQ sny dit deur subsones 4.2 en 4.1 respektiewelik.

2.2.6 Gevolgtrekkings en opsomming ten opsigte van die stratigrafiese indeling en merkerlae in die Pengeformasie

Die Pengeformasie wat in die Noordelike Reeks ongeveer 330m dik is, word in ses sones onderverdeel. Die formasie oorlê die Friscoformasie en sone 6 word deur 'n diskordansievlak, naamlik die Bevetkonglomeraat, afgesny. Sone 1 is 'n kleisteenryke eenheid, sones 3 en 5 is chertryk, sone 4 is silikaatryk terwyl sone 6 karbonaatryk is (Tabel IV). Die merkerlae se kenmerkende eienskappe word ook opsommend in Tabel IV weergegee.

S T R A T I G R A F I E				M E R K E R L A E			
Sone	Subsone	Aantal siklusse	KENMERKENDE EIGENSAPPE VAN SONE	Tipe	Aantal	Dikte (m)	KENMERKENDE EIGENSAPPE VAN MERKERLAAG
1			Kleisteenryk				Sone dien in geheel as merkerlaag
2	2.1	4	Chertryk;	F1	4	0,3	Chert is dominant oor felutiet
	2.2	5	Oksiedfasiesritmiet	F2	5	0,12	Chert is dominant oor felutiet; chert dunner as in F1-tipe
3	3.1	2	Felutietryk;	F3	2	1,0	Felutiet is dominant oor chert
	3.2	4	Oksiedfasiesritmiet	F4	4	0,6	Felutiet is dominant oor chert; bandritmiet aan basis van laag
4	4.1	5	Silikaatryk;	F5	5	0,47	Felutiet is dominant oor chert; felutiet bevat silikaatbande
	4.2	8	Silikaat-oksiedfasiesritmiet	F6	8	1,8	Felutiet met silikaatbande is dominant oor chert; lintrimiet aan basis van laag
5			Chertryk; oksiesfasies= ritmiet				Sone dien in geheel as merkerlaag
6			Karbonaatryk				Sone dien in geheel as merkerlaag

Die ses sones in die formasie asook die merkerlae vertoon nie laterale variasie in dikte nie; die felutietbande wissel van rooibruin tot donkergrys. In sekere gebiede is sones 2 en 3 veryster en in die areas is sones 1, 2 en 3 gebreksieerd. Silikaatminerale kom weswaarts laer-af in die stratigrafie voor as wat die geval in die ooste is. Die diabaasplaat hel weswaarts en dien dus nie as 'n merkerlaag nie.

— ∞ —

3. VERYSTERINGSONE IN DIE NOORDELIKE REEKS

3.1 KLASSIFIKASIE VAN VERYSTERDE GESTEENTES

Die verskillende ysterertse wat in die Pengeformasie voorkom is geklassifiseer volgens 'n ekonomiese indeling asook 'n fisies-mineralogiese sisteem.

3.1.1 Ekonomiese klassifikasie

Ystererts word gedefinieer as 'n gesteente wat hoofsaaklik uit mesobande van primêre ysteroksiedminerale afgewissel met mesobande van sekondêre ysteroksiedminerale bestaan. Geochemies kan die gesteente in twee hoofgroepe verdeel word. Ystererts bevat 60 of meer gewigspersent yster en minder as 15 gewigspersent SiO_2 ; laegraadse ystererts bevat 50-59 gewigspersent yster en minder as 15 gewigspersent SiO_2 .

Karbonaat- en talkbevattende gesteentes wat ook in die verysteringssone voorkom, bestaan hoofsaaklik uit mesobande van primêre ysteroksiedminerale wat onderskeidelik afgewissel word met mesobande van karbonaat en talk. Daar bestaan tans geen ekonomiese definisies vir die gesteentes nie en dus is die gesteentes in so 'n mate gegroepeer dat dit by die bogenoemde geochemiese definisies inpas (Tabel V). Karbonaat- en talkryke gesteentes bevat meer as 15 gewigspersent karbonaat of talk en die karbonaat- en talkhoudende gesteentes minder as 15 gewigspersent karbonaat of talk (Tabel V). Die 15 persent grens is gebruik omdat dit 'n maklike fisiese onderskeid tussen die twee gesteentes is. Die gemiddelde CaO-waarde vir gestreepte ystersteen soos bepaal is van 67 monsters, is 0,09% en die waarde vir MgO is 0,13%. Die grenslyn tussen die karbonaat/talkhoudende en karbonaat/talkarme gesteentes word vir praktiese doeleindes op 3% karbonaat of talk geneem.

TABEL V: GEOCHEMIESE KLASSIFIKASIE VAN VERYSTERDE GESTEENTES

GESTEENTE	% Fe	% SiO ₂	% CaCO ₃ +MgCO ₃	% Talk
Gestreepte ystersteen	< 50	> 15	< 3	< 3
Karbonaat-hematietgesteente	< 50	-	> 15	
Talk-hematietgesteente	< 50	> 15		> 15
Laegraadse Ystererts	50-60	< 15	< 3	< 3
Karbonaatryke Laegraadse Ystererts	50-60	< 15	> 15	
Karbonaathoudende Laegraadse Ystererts	50-60	< 15	3-15	
Talkryke Laegraadse Ystererts	50-60	< 15		> 15
Talkhoudende Laegraadse Ystererts	50-60	< 15		3-15
Ystererts	> 60	< 15	< 3	< 3
Karbonaathoudende Ystererts	> 60	< 15	3-15	
Talkhoudende Ystererts	> 60	< 15		3-15

Deur die karbonaat- en talkbevattende gesteentes ekonomies in die verysteringsone te klassifiseer, bring dit 'n aansienlike toename in tonnemaat vir die mynbare erts teweeg. Voorheen is alle gesteentes wat karbonaat en talk bevat as afvalrots beskou. Geologies is die veld vir talk-hematiet- en karbonaat-hematietgesteentes ook duidelik gedefinieer en moontlik kan karbonaat-hematietgesteentes in die toekoms as vloeimiddelryke erts gemyn word.

3.1.2 Fisies-mineralogiese klassifikasiesisteen

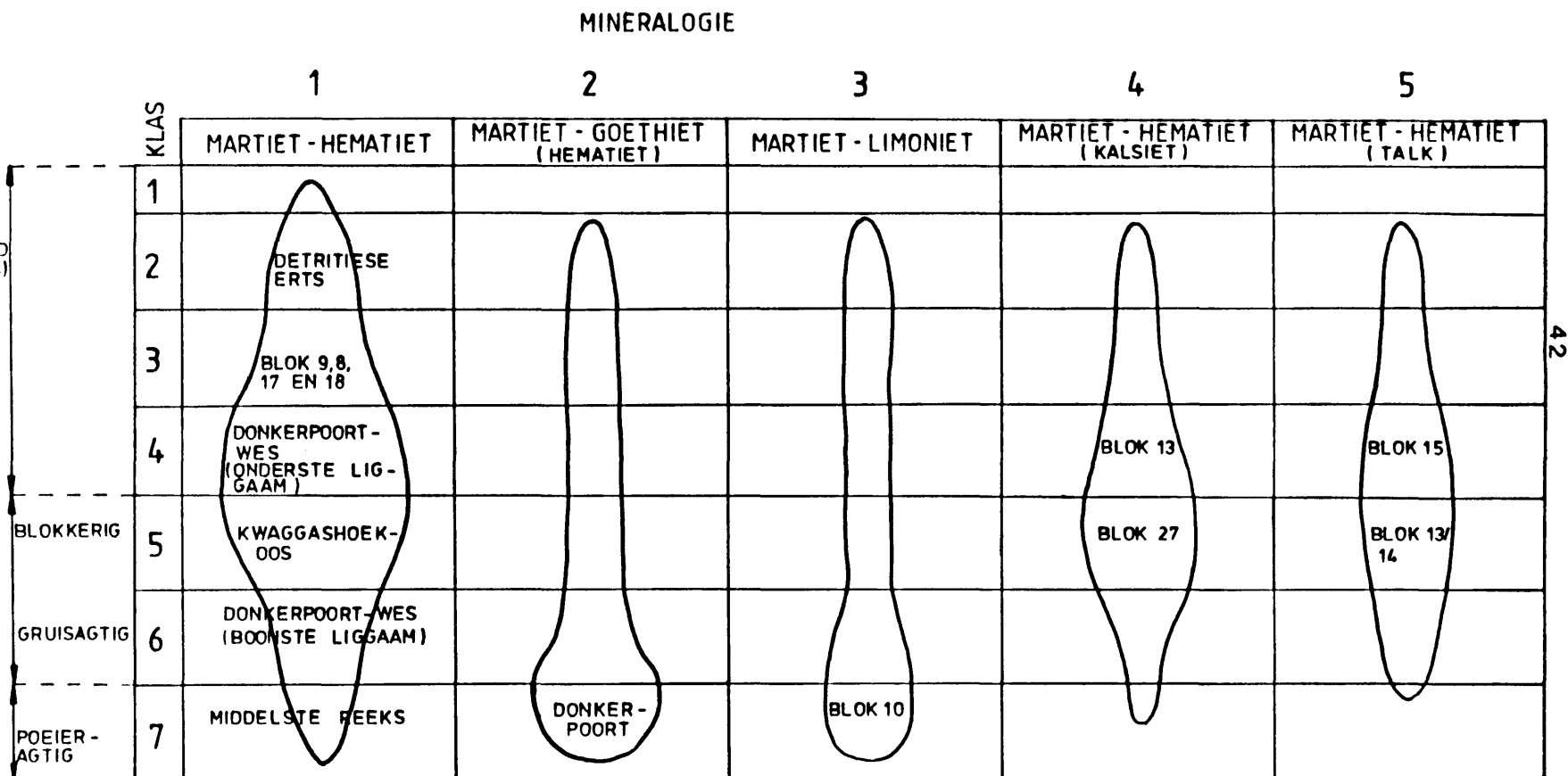
Die fisies-mineralogiese klassifikasiesisteen van Kneeshaw (1984) is in 'n gewysigde vorm toegepas. Die klassifikasie bestaan uit 'n eenvoudige roosterdiagram met uitgerekte druppelvorms wat skematies die hoeveelheid van elke tipe erts voorstel (Fig 18). Bekende areas word op die diagram geteken. Daar moet egter gelet word dat verskillende tipes ertsliggame in die areas kan voorkom en dus word net die oorheersende tipe erts van elke area aangedui.

FISIIESE PARAMETERS WAT IN HARDHEID AFNEEM NA ONDER

HARDE ERTS VARIEER
VAN SOLIED, BAIE HARD
(1) TOT MATIG HARD(4)

SAGTE ERTS

POEIER ERTS



FIGUUR 18 .

ROOSTERDIAGRAM VIR DIE VOORSTELLING VAN VERSKILLENDE Tipes YSTERERTS IN DIE NOORDELIKE REEKS.

Die diagram is in kolomme ingedeel wat die basiese mineraalversamelings voorstel. Kalsiet en talk wat rifsteenminerale is, is ook ingevoeg. Die versameling in die vierde kolom kan as vloeimiddelryke erts gebruik word en afhangende van die hoeveelheid karbonaat in die gesteente kan dit oorgradeer na 'n ystererts. Die vyfde kolom is ook ingevoeg om die laegraadse en hoëgraadse ystererts wat talk bevat te omskryf. Martiet stel die primêre ysteroksiedmesobande voor en varieer van 'n hoof- na 'n ondergeskikte komponent afhangende van die samestelling van die oorspronklike gestreepte ystersteen. Dus stel die term hematiet gerieflikheidshalwe al die sekondêre hematiet voor.

Deur die sisteem horisontaal en vertikaal in numeriese volgorde in te deel, kan 'n eenvoudige numeriese benamingstelsel gebruik word wat die fisiese hardheid sowel as die mineraalklasse saam groepeer (Fig. 18). Die horisontale rye (1-7) verteenwoordig verskillende kategorieë van fisiese hardheid. Dus is klas 1 'n harde soliede gesteente, terwyl klas 7 'n baie swak gesementeerde sagte erts is. Die eerste vier klasse stel dus 'n reeks van 'n soliede harde erts voor met geen noemenswaardige variasie nie in hardheid tussen die primêre en sekondêre hematietmesobande of -brokstukke. Klasse 5 en 6 stel erts voor wat 'n definitiewe vertikale en laterale variasie in mesoband hardheid en brosheid toon. In die klasse kom uitlogingsholtes ook algemeen voor. Klas 7 stel erts voor wat baie swak gesementeer is en heeltemal bros is. Die vertikale kolomme (1-5) stel die mineraalversamelings voor (Fig. 18). Deur die fisiese geaardheid van die gesteente eerste te definieer en dan die mineraalklas, kan die gesteentes in klasse ingedeel word. 'n Soliede martiet-hematietgesteente is dus 'n 1.1 klas.

Martiet-hematiet (1.1 mineralogies)

Die grootste gedeelte van die ystererts in die Noordelike Reeks kan mineralogies in hierdie klas ingedeel word. Die sekondêre plaatagtige en anhedrale hematiet het deur supergene prosesse ontstaan en omrede die erts grotendeels gebreksieerd is, vorm die

sekondêre hematiet die matriks tussen die 'martiet' brokstukke. Die graad van verystering en die tipe sekondêre hematiet (plaatagtig of anhedraal) bepaal dus die orde van sementering in die erts. Morris (1980) beweer dat die tipe erts die endproduk van die supergene prosesse voorstel.

Martiet-(hematiet)-goethiet (.2 mineralogies)

Die tipe erts kom wydverspreid in ondergeskikte hoeveelhede voor. Die sekondêre hematiet wat ontstaan van die dehidrasie van goethiet is normaalweg fynkorrelrig en kom slegs in ondergeskikte hoeveelhede voor en dus word dit tussen hakies in die benaming geplaas. Volgens Kneeshaw (1984) word die meeste ertsliggame geaffekteer deur selektiewe uitloging van goethiet in die oorspronklike 2.2 of 2.3 tipe erts en gee dan oorsprong aan 'n sagter 5.2 of 6.2 tipe erts.

Martiet-limoniet (.3 mineralogies)

Dit is die tipiese erts wat in ondergeskikte hoeveelhede in Blok 10 en Donkerpoort voorkom. Die term limoniet word gebruik as 'n versamelnaam om die geel tot geelbruin goethiet in hierdie bros erts te omskryf. Dit kom voor in verweerde sones.

Martiet-hematiet-kalsiet (.4 mineralogies)

Hierdie groep is onderskei van die voorafgaande deurdat dit omrede van sy ekonomiese potensiaal as vloeimiddelryke erts nie saam met die .1 groep ingedeel word nie. In die gesteente word die karbonate vervang deur hematiet en afhangende van die graad van verystering kan dit in 'n laegraadse- of hoëgraadse ystererts oorgradeer. Die sekondêre hematiet in die gesteente is meesal anhedraal tot subhedraal en plaatagtige hematiet kom sporadies voor. Sementering in die gesteentes is goed en hoewel dit vanweë die kalsietinhoud meesal sagter is as tipe 3.1, is dit nogtans 'n soliede gesteente.

Afhangende van die graad van verystering gradeer die gesteentes oor van 'n 4.4 tipe erts na 'n 4.3 of 4.2 tipe erts. Indien die karbonate gedeeltelik uitgeloog is, is die gesteentes brokkelrig en swak gesementeer en dus 'n 4.5 tipe erts.

Martiet-hematiet-talk (.5 mineralogies)

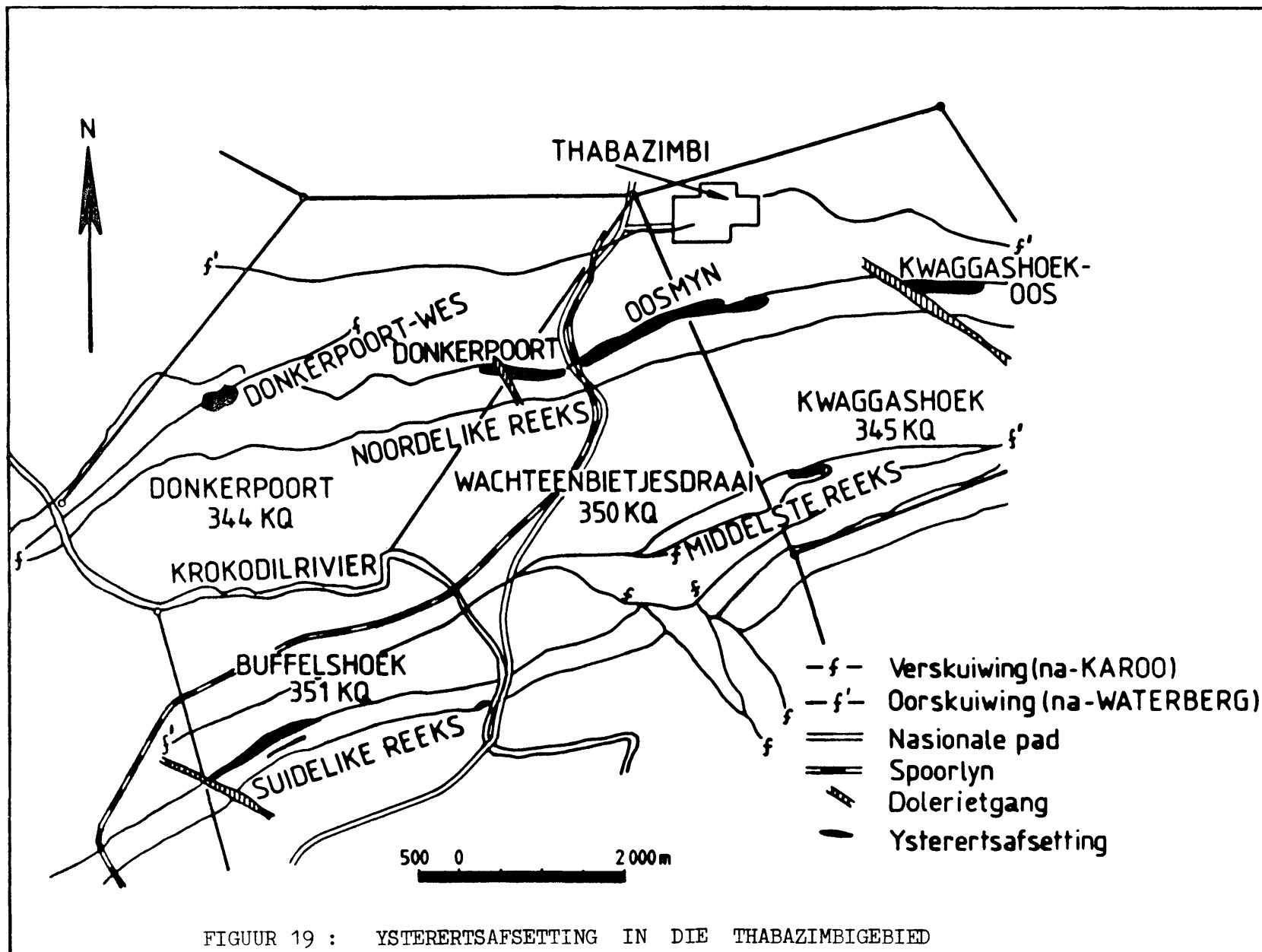
Net soos die .4 groep gesteentes word die hoeveelheid talk in die gesteente beïnvloed deur die graad van verystering wat dit ondergaan het. Die sekondêre hematiet in die tipe erts is meesal plaatagtig tot anhedraal. Afhangende van die hoeveelheid talk en graad van verystering gradeer die gesteentes oor van 'n 4.5 tot 'n 4.2 tipe erts.

Deur die sisteem te gebruik, kan mineralogiese, genetiese en fisiese variasies van 'n ertsliggaam sonder veel moeite op vlakplanne en profiele uitgestip word. Dit is ook 'n bruikbare terminologie vir mynboubepanning waar die vlakplanne en profiele gebruik kan word om rotsmeganiese probleme uit te lig en te voorspel. Indien komposietmonsters van elke klas geneem word, kan verskillende metallurgiese eienskappe bepaal word en dus die vermenging van die hoeveelheid fyn- of stukerts wat in 'n ertsliggaam verkry kan word, vergemaklik.

3.2 Ystererts

3.2.1 Vorm en struktuur van die ertsliggaam

Vier prominente ysterertsafsettings dagsoom in die Noordelike Reeks en is bekend as Kwaggashoek-Oos, Oosmyn, Donkerpoort en Donkerpoort-Wes (Fig. 19). Die liggame kom almal aan die basis van die Pengeformasie voor en word van mekaar geskei deur steriele sones waarin geen verystering plaasgevind het nie. Die vorm, mineralogie



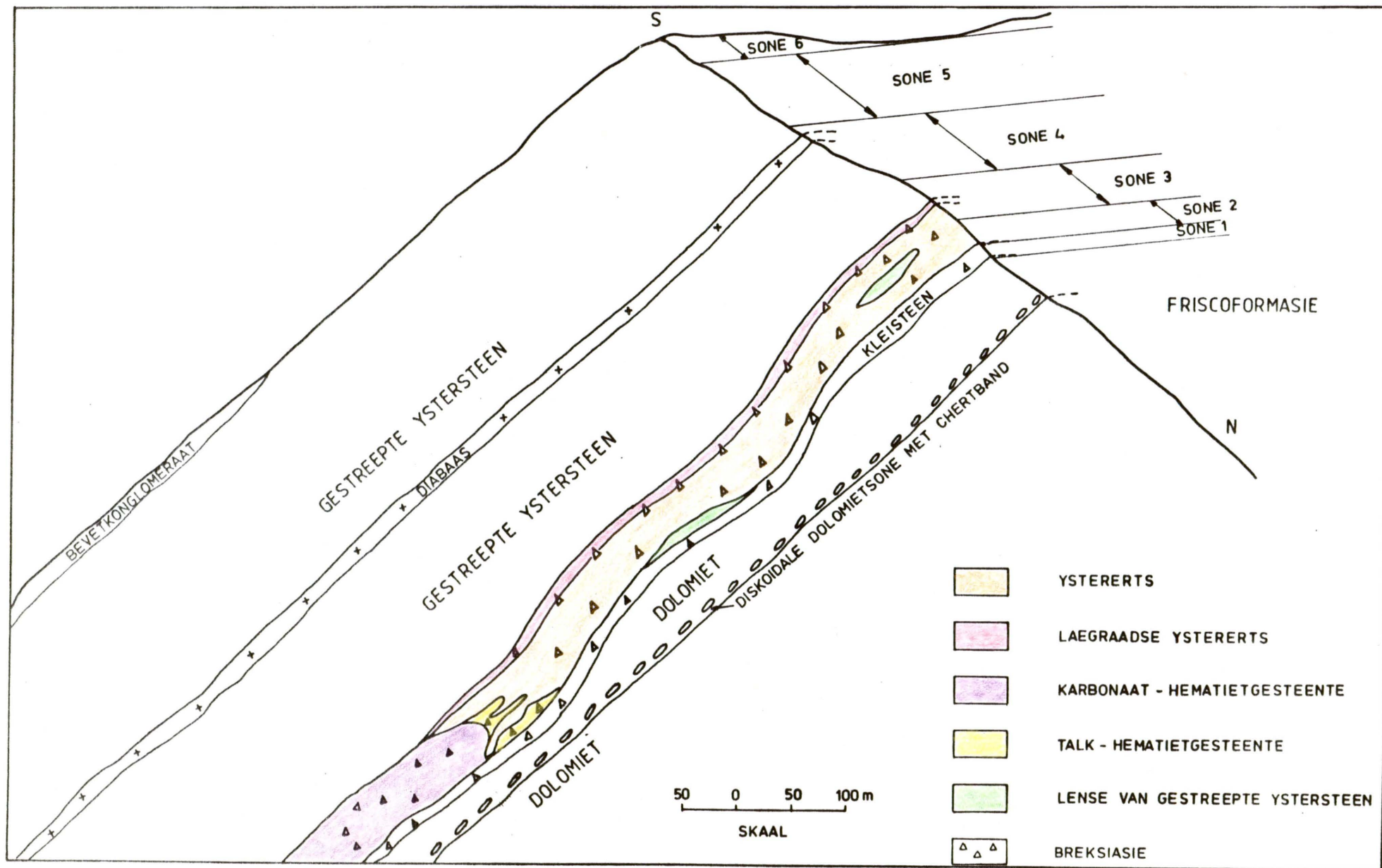
en goechemie van die liggame is dieselfde en dus word die liggame as een afsetting beskou. Die bespreking wat volg dek dus die ysterertsafsetting in die Noordelike Reeks behalwe waar daar spesifiek na kleinskaalse variasie verwys word.

Die afsetting kom voor aan die basis van die Pengeformasie in sones 2 en 3; dus oorlê die ystererts die kleisteenryke sone 1. In gebiede waar die ystererts voorkom is sones 1-3 gebreksieerd. Breksiasie het ontstaan as gevolg van uitloging van die top van die Friscoformasie wat dus insakking van sones 1 tot 3 tot gevolg gehad het (Fig 20). Die felutietmeso- en -makrobande wat duidelike onderskeibare kenmerke van die F_1 - F_4 merkerlae is, is nie veryster tot ystererts nie. Dus kan die felutietbande nog steeds as merkerlae in die ertsliggaam dien en so ook sone 1 wat kleisteenryk is en normaalweg aan die basis van die ertsliggaam voorkom. Soms kom daar egter lense van gestreepte ystersteen van subsone 2.1 voor tussen sone 1 en die verysterde sone.

Die dikte van die merkers op 'n spesifieke vlakhoogte kan egter nie in aanmerking geneem word nie, omrede die insakking van sones 1 tot 3 glooiing veroorsaak het. Die dikte van die ertsliggaam word dus nie beïnvloed deur die dikte van die kleisteen eenheid (sone 1) nie (Tabel VI).

TABEL VI: Statistiese resultate van die korrelasie tussen die dikte van die verysterde sone en dikte van die kleisteen eenheid in Donkerpoortgroef.

AANTAL DATAPARE n	Veryster= de sone y	Kleisteen x	Gemiddeld		Standaard Afwyking		Korrelasie Koëffisiënt
			$\bar{y}$	$\bar{x}$	sv	sx	r
373	-	-	28,59	18,17	18,06	10,99	-0,0064



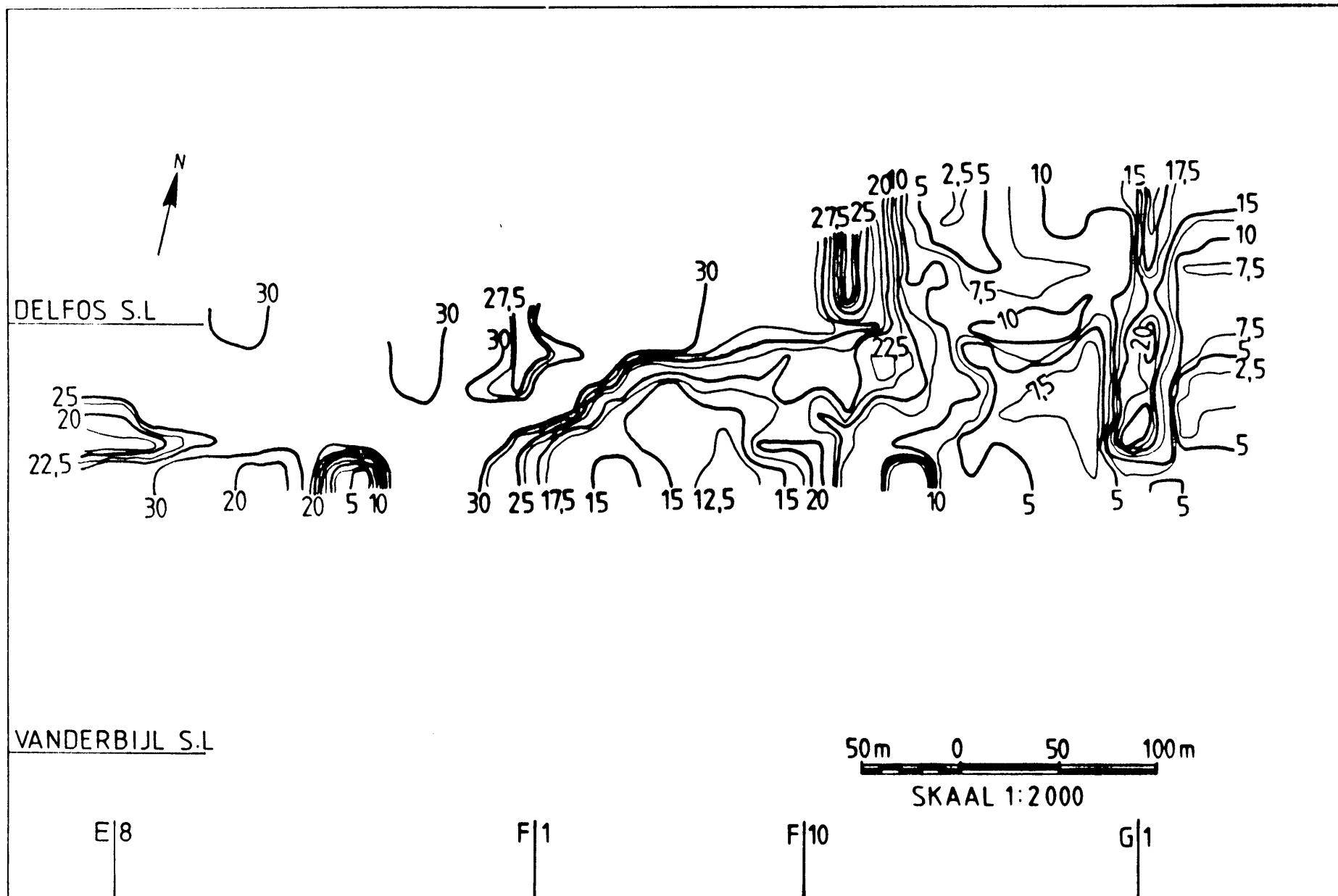
FIGUUR 20.

PROFIEL VAN ERTSLIGGAAM IN NOORDELIKE REEKS

Die siklisiteit van sone 1 is in die gebreksieerde, verysterde areas nie so duidelik nie en sone 1 neem 'n karakter aan van 'n breksie met brokstukke van chert en kleisteen in 'n kleisteenryke matriks. Die hoeveelheid van die brokstukke van chert neem egter in sekere horisone toe en die toename korrespondeer baie goed met die oorspronklike, onveranderde chertbande van die siklusse in sone 1. Lense van gestreepte ystersteen van subsones 2.1 en 2.2 wat solied en lamellêr is, word algemeen binne die ystererts aangetref. Die lense varieer in dikte en langs strekking van 'n paar millimeter tot etlike meter. Felutietbande van F_1 - F_2 tipe merkerlae wat in die gestreepte ystersteen voorkom, kan gevolg word tot in die ystererts. Daar is dus nie 'n onderbreking in die felutietbande nie. Die boonste kontak van die erts gradeer oor na gestreepte ystersteen deur middel van 'n dun sone van laegraadse ystererts en die ystererts is meesal konkordant met die strekking en helling van die gestreepte ystersteen. Die intensiteit van verystering neem dus af in areas waar die intensiteit van breksiasie verminder. In die oostelike gebied van die Oosmyn en in die westelike area van Donkerpoort eindig die verystering en breksiasie teen die felutietband van die onderste F_3 -tipe merkerlaag. Dié felutietband dien in hierdie area dus as 'n duidelike merkerlaag vir die dakkontak van die ertsliggaam.

'n Isopagkaart (Fig 21) wat die dikte van ystererts in blokke 10, 16 en 8 van die Oosmyn voorstel, is gekonstrueer deur die ertsliggaam as horisontaal aan te dui. Die gekontoerde erts aan die suidelike kant van die plan lê dus topografies dieper as die erts aan die noordekant. Twee tendense kan in die Noordelike Reeks waargeneem word. Eerstens verdun die ertsliggaam van noord na suid tussen F1 en F10 profiele. Tweedens is daar 'n oos-wes neiging van verdunning en verdikking van die ertsliggaam in die G1-profielarea asook tussen G18 en J3 profiele.

Versakkingstrukture kom voor in die areas waar hierdie tweede tendens waargeneem word (Fig 21). Die strukture is nie veryster tot ystererts nie en hematietge vulde nate en are in die top van die strukture (tot 50cm in dikte) is dikker as in die bodem van die



FIGUUR 21

ISOPAGKAART VAN YSTERERTSDIKTE (m) IN DIE OOSMYN

strukture (1-2cm). Bokant die versakkingstrukture wat onreëlmatig in vorm is, word groot holtes aangetref wat gevul is met sagte spekularietrike ystererts. Die sagte erts bemoeilik eksplorasiëboorwerk en daar kan nie met sekerheid vasgestel word hoe diep die verysteringproses in die strukture gepenetreer het nie. Die ertsliggaam word wel beïnvloed deur dolerietgange en diabaasplate. Die dwarsnydende diabaasplaat wat in die Donkerpoort-Wes area aan die bokant van sone 3 voorkom, verdeel die ertsliggaam in hierdie gebied in twee liggame. Die eerste is 'n basale, harde, massiewe en gebreksieerde ysterertsliggaam wat sone 1 direk oorlê en gradeer oor na gestreepte ystersteen. Die liggaam wat die diabaasplaat direk oorlê is 'n sagte, spekularietrike ystererts.

Die ertsliggaam op Kwaggashoek-Oos word op sy westelike kant deur 'n dolerietgang begrens en in Donkerpoort sny 'n gang met dieselfde na-Karoo tektoniese rigting deur die ertsliggaam.

Twee goed ontwikkelde naatsisteme is in die ystererts, karbonaat-hematietgesteentes, dolomiet, gestreepte ystersteen en talk-hematietgesteentes ontwikkel (Tabel VII). Die naatstelle moes dus ontwikkel het na die hoofverysteringperiode. In die sagte, bros en spekularietiese ystererts asook in die verweerde ystererts is die sisteme nie goed ontwikkel nie.

TABEL VII: Opsomming van die helling en hellingsrigting van struktuurelemente in Noordelike Reeks.

STRUKTUURELEMENT	HELLING	HELLINGSRIGTING (Ware N=0°)
Gelaagtheid	51°	157°
Naat stel 1	78°	044°
Naat stel 2	64°	303°

Verskuiwings met 'n na-Karoo tektoniese rigting verplaas die ertsliggaam. Die verplasings het soms trapsgewys plaasgevind. In gebiede waar die verskuiwings deur versakkingstrukture sny, is die verskuiwingsones veryster.

3.2.2 Litologie

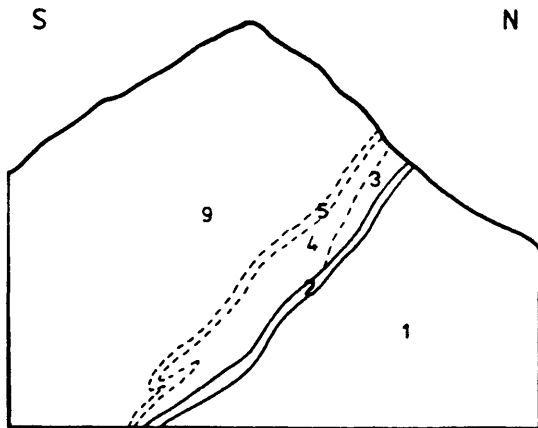
Deurdat die verysteringsone grotendeels gebreksieerd is, is die grootste persentasie van die ystererts wat voorkom gebreksieerd.

Gebreksieerde ystererts is die dominante tipe ystererts wat in Donkerpoort en die Oosmyn aangetref word. Die gesteentes bestaan uit primêre hematiet brokstukke in 'n matriks van sekondêre hematiet. Hoe intenser die verysteringsone, hoe solieder en harder is die gesteentes en dan is dit moeilik om die sekondêre hematiet en primêre hematiet van mekaar te onderskei.

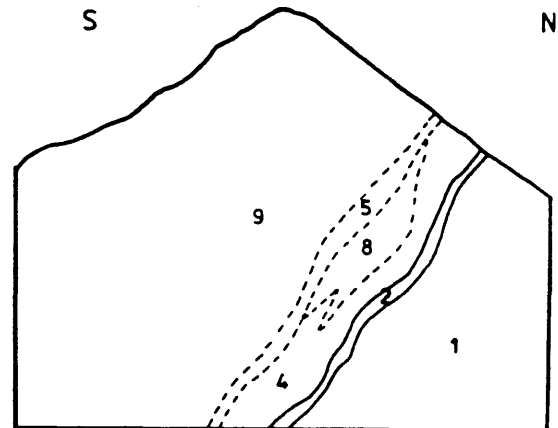
Oorspronklike laagvlakke in die verskillende ertstipes kan maklik herken word aan afwisselende bandjies primêre- en sekondêre hematiet. Langs strekking kan die bandjies vir 'n paar sentimeter tot etlike meter gevolg word voordat die erts gebreksieerd is. Die primêre hematiet wat die feritmiete in die oorspronklike gestreepte ystersteen verteenwoordig, is staal- tot blougrys van kleur, het 'n digte, kompakte tekstuur, gelyk tot plaatagtig, en besit 'n metaalagtige glans. Die sekondêre hematiet daarteenoor, varieer in kleur van staal- tot swartgrys, besit 'n fynkorrelrige tekstuur en het ongelyke breukvlakke. Soms vertoon die sekondêre hematiet 'n rooibruin kleur. Die verhouding in die ystererts tussen die primêre- en sekondêre hematiet varieer en word beïnvloed deur die hoeveelheid chert en dikte van die feritmietbande in die oorspronklike gestreepte ystersteen.

Die gebreksieerde ystererts gradeer vertikaal oor na 'n laegraadse ystererts (50-59% Fe) wat nie intens gebreksieerd is nie maar wel soms duidelik geband is (Fig. 22). In blokke 17 en 18 op die Vanderbijl 550'-vlak gradeer die gebreksieerde erts oor na gebande

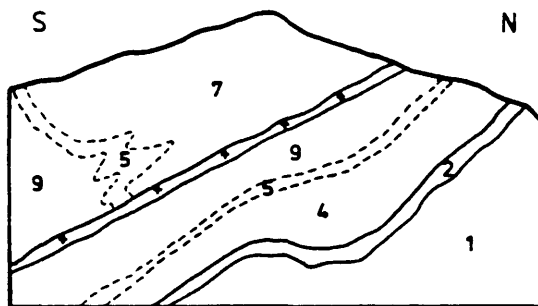
OOSMYN



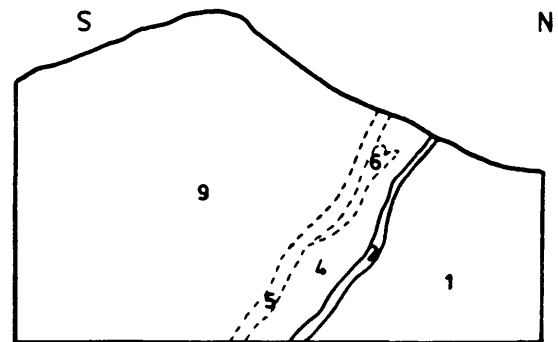
DONKERPOORT



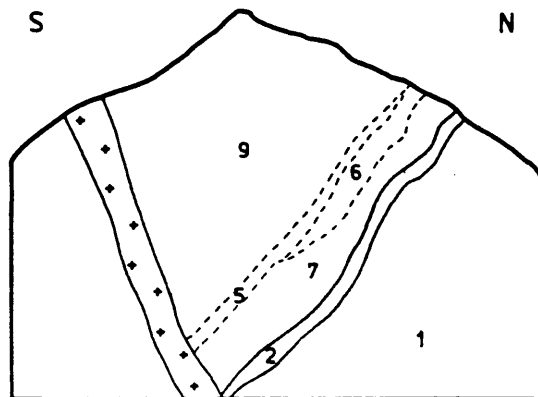
DONKERPOORT - WES



VANDERBIJLGROEF



KWAGGASHOEK - OOS



1. DOLOMIET
2. KLEISTEEN
3. SOLIEDE ERTS
4. GEBREKSIEERDE ERTS
5. LAEGRAADSE ERTS
6. LAMINÊRE ERTS
7. SPEKULARIETRYKE ERTS
8. LIMONIETRYKE ERTS
9. GESTREEPTE YSTERSTEEN

20 0 100 m
SKAAL

FIGUUR 22. VEREENVOUDIGDE PROFIELDIAGRAM OM DIE VERSPREIDING VAN VERSKILLENDE Tipes YSTERERTS TE ILLUSTRER

ystererts, wat hier tussen die gebreksieerde sone en die oorliggende gestreepte ystersteen (Sone 3) lê. Hier is die gebande ystererts sag met duidelik afwisselende bandjies primêre- en sekondêre hematiet. Laminêre ystererts kom ook voor as lense in die gebreksieerde ystererts, maar kom egter nie in spesifieke horisone voor nie en dus is dit nie lateraal of in diepte korreleerbaar nie. In Kwaggashoek-Oos word meer laminêre ystererts as in die Oosmyn en Donkerpoort aangetref. In Donkerpoort-Wes is twee ysterertsliggame ontwikkel naamlik 'n basale harde, gebreksieerde liggaam oorlê deur 'n sagte, spekularietryke gebreksieerde ystererts (Fig. 22). Laasgenoemde bevat primêre hematietbrokstukke in 'n sekondêr verysterde sagte spekularietmatriks.

Die grootste persentasie van die gebreksieerde ystererts in Kwaggashoek-Oos is 'n spekularietryke ystererts. Dit is 'n sagte, krummelrige en bros gesteente met primêre hematietbrokstukke in 'n matriks van plaatagtige sekondêre hematiet. In diepte in die Oosmyn en Donkerpoort kom die gesteente prominent aan die top van die verysterde sone voor met 'n harde, massiewe, gebreksieerde ystererts in die res van die sone (Fig. 22). Die voorkoms van die spekularietryke ystererts neem dus in diepte toe.

Limonietryke ystererts kom ook in verweerde sones van die Oosmyn en Donkerpoort voor en is geelbruin van kleur, sag, bros en gebreksieerd (Fig. 22). Primêre hematietbrokstukke wat verweerd is en soms uitgeloog is, is ingesluit in 'n geelbruin matriks van verweerde sekondêre hematiet. Die gestreepte ystersteen in hierdie verweerde sones se chertmesobande is gedeeltelik uitgeloog en vorm gevolglik uitlogingsholtes in die gesteentes.

3.2.3 Mineralogie

Minerale wat in die ystererts aanwesig is, sluit chert en verskeie ysteroksiedminerale in. Met die beskrywing van die mineraalassosiasies wat in die ystererts voorkom, word die klem

egter op teksture gelê om daardeur 'n beter begrip van die ontstaan van die ystererts te verkry. Dus word die voorkoms en verandering van sekondêre ysteroksiedminerale asook die vervanging van rifsteenminerale deur die sekondêre minerale beskryf. Monsters versamel in die Oosmyn en Donkerpoort is vir die doel van die studie gebruik.

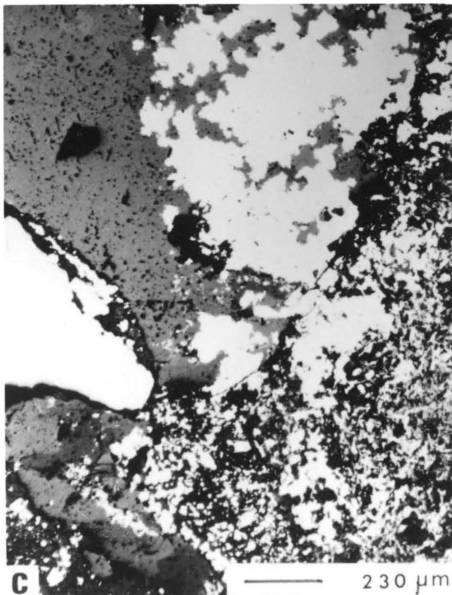
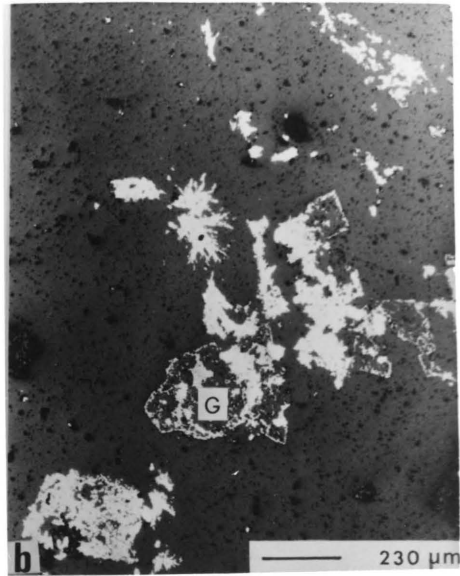
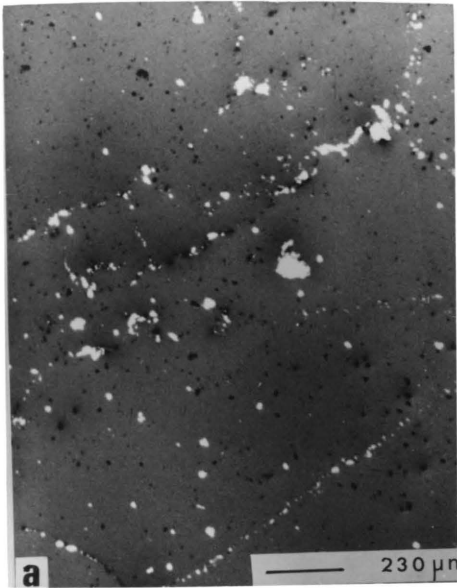
Chert

Die korrelgrootte van kwarts in die chertmesobande is vergroot van ongeveer 0,01mm na 0,05mm deur kontakmetamorfose, heel waarskynlik verbonde aan die indringing van die Bosveldkompleks (Beukes 1978). Volgens Morris (1980) kon twee prosesse verantwoordelik wees vir die verwydering van chert uit gestreepte ystersteen. Uitloging van silika kon plaasgevind het as gevolg van verwering, met 'n bros, sagte, rooibruin massa van los, verweerde korrels in 'n grondmassa van verweerde gestreepte ystersteen met 5-8% SiO_2 en 30-40% Fe as endproduk. Sulke gesteentes kom topografies hoog in die Noordelike Reeks voor en is opvallend in Blok 10, 11, 12 en gedeeltes van Donkerpoort.

Die tweede proses is 'n volume-per-volume vervanging van chert deur goethiet met 'n martiet-hematietgesteente as endproduk.

Ysteroksiedminerale

In die gestreepte ystersteen wissel primêre hematiet in vorm van groot anhedrale aggregate tot klein plaatagtige insluitels in chert. Dus kan daar nie met duidelikheid gesê word dat hematiet 'n tipiese morfologie of tekstuur besit nie (Fig. 23 a-d). In hoogs verysterde gesteentes is dit dus moeilik om primêre en sekondêre hematiet van mekaar te onderskei. Die primêre hematiet is egter stabiel in die oksidasie omgewing (Chesworth 1975) en die meerderheid van die minerale het min verandering ondergaan; met kompaksie, rekristallisasie en vergroeiings kon die tekstuur egter in sommige areas verander het.



- GUUR 23 : Ontstaan van sekondêre hematiet in gestreepte ystersteen
- (a) Groei van sekondêre hematiet (wit-grys) tussen kwartskorrels (grys)
 - (b) Sekondêre hematiet (wit-grys) vervang goethiet (G) in chert (donkergrys)
 - (c) Anhedrale sekondêre hematiet (wit-grys) en 'n fyn mosaiek van sekondêre hematiet (wit-grys) in chert (grys). Anhedrale primêre hematiet (wit-grys ; linkerkant van figuur) ook waarneembaar
 - (d) Plaatagtige hematiet (wit-grys) en anhedrale sekondêre hematiet (wit-grys)

Reflekteerde gepolariseerde lig

Wat egter van groter belang is, is die teksture wat in die sekondêre hematiet aanwesig is. Die eerste stap in die vervanging van chert deur ysteroksiedminerale is die vorming van goethiet (Morris 1980). Goethiet word op sy beurt weer vervang deur hematiet en dit lei tot die vorming van anhedrale tot subhedrale hematietkristalle (Morris 1980). In Fig. 23 a-c kan die vorming van sekondêre hematiet waargeneem word. Eerstens groei goethiet om kristalle van kwarts in die chertmesobande (Fig 23a) en vul dus die openinge tussen die kristalle op. Namate die verysteringsproses voortgaan, groei die goethiet tot anhedrale en of subhedrale kristalle. Hematiet vervang dan die goethiet soos duidelik uit Fig. 23b te sien is. In al die poleerstukke wat ondersoek is, is goethiet egter ondergeskik aan sekondêre hematiet en dit wil voorkom of daar in die Noordelike Reeks al 'n groot mate van vervanging van goethiet deur hematiet was. Die vorming van die sekondêre hematiet geskied nie noodwendig nadat al die chert deur goethiet vervang is nie en kan op 'n vroeë stadium van chert-goethietvervanging plaasvind (Fig. 23a). Die voorkoms van sekondêre hematiet wissel dus van 'n anhedrale sponsagtige tekstuur tot grofkristallyne anhedrale kristalle. Daar kom egter ook plaatagtige sekondêre hematietkristalle voor. Die kristalle vul meesal holtes op en besit 'n willekeurige oriëntasie. Die plaatagtige kristalle groei ook apart in openinge en dus nie noodwendig van 'n ander mineraal se kristalvlak af nie. Monsters versamel bokant versakkingstrukture in Donkerpoort-Wes bevat egter baie meer plaatagtige hematietkristalle as in die res van die Noordelike Reeks (Fig. 23d). Die kristalle groei sodanig dat daar meer oplossingsholtes tussen die kristalvlakke voorkom as wat die geval is met anhedrale sekondêre hematietkristalle. Dit is moontlik die rede waarom die gesteentes meer bros en poreus is as die gesteentes met ondergeskikte hoeveelhede plaatagtige hematiet.

Een van die maklik herkenbare minerale van 'n ystererts is magnetiet en sy oksidasieprodukte. In die mees algemene vorm is subhedrale martiet aanwesig wat uniforme uitdowingsareas het en dus 'n mosaiekpatroon vorm. Indien hematiet slegs 'n gedeelte van die magnetietkorrel vervang gedurende die oksidasieperiode en eilande

van onveranderde magnetiet oorbly, word die magnetiet deur hidrasie na goethiet verander (Morris 1980). Die mees algemene tekstuur wat behoue bly indien die goethiet deur uitloging verwyder word en hematiet behoue bly is 'n maasagtige oppervlak van hematiet.

3.3 Karbonaat- en talkryke-hematietgesteentes

3.3.1 Petrologie

Die grootste persentasie van die gesteentes kom in die Oosmyn voor; in Donkerpoort en Donkerpoort-Wes is daar tot op datum nog nie van die gesteentes aangetref nie, terwyl 'n klein persentasie op Kwaggashoek-Oos voorkom.

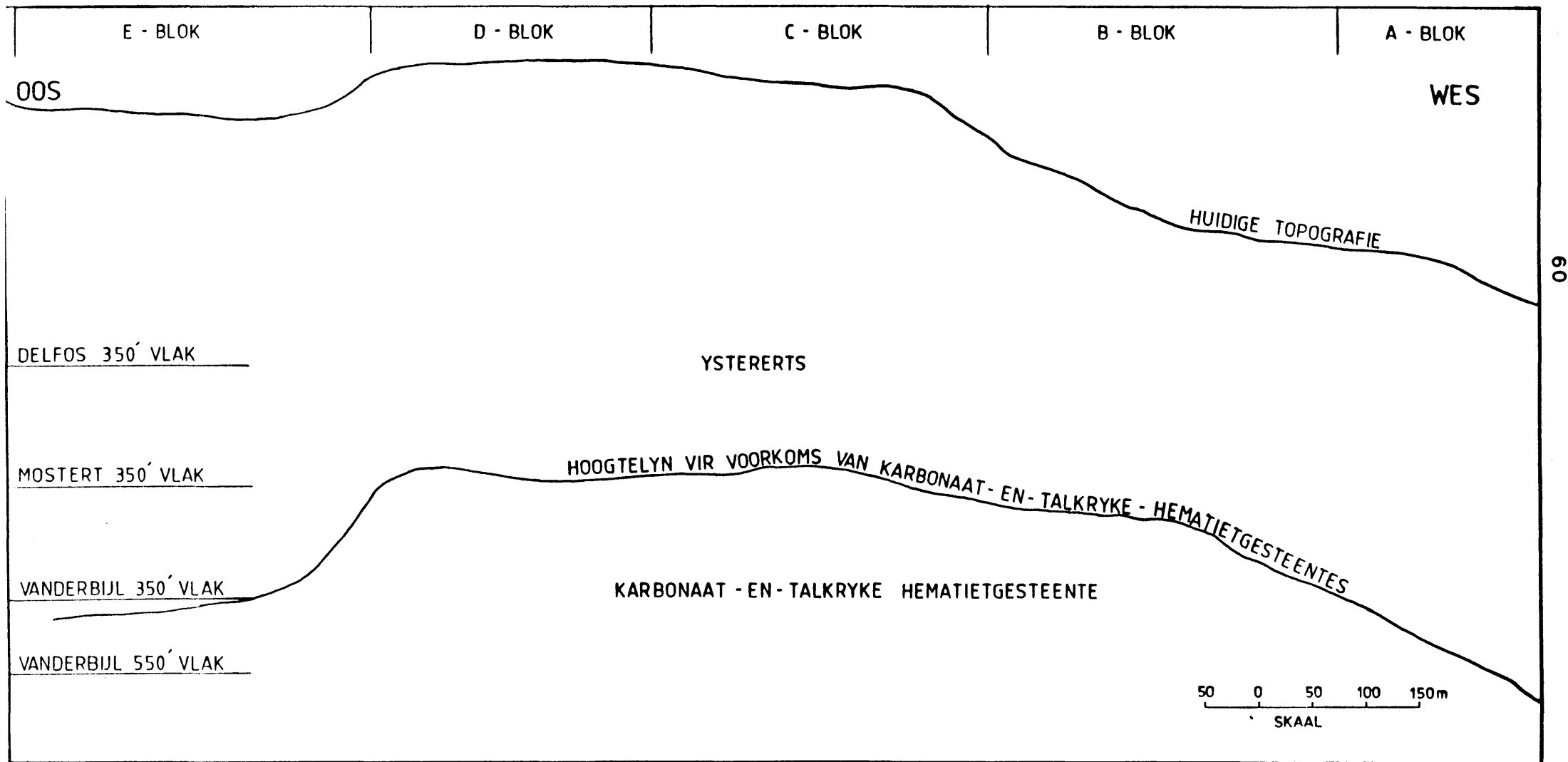
Tussen die Mostert 350-vlak en die Vanderbijl 350-vlak gradeer die ystererts oor in karbonaat en talkryke hematietgesteentes (Fig. 20). Die gesteentes kom dus voor in sones 2 en 3 van die Pengeformasie met die talkryke hematietgesteentes wat randsones vorm om die karbonaatryke hematietgesteentes. Gebreksieerde sowel as lamellêre gesteentes word aangetref met hematietbrokstukke en mesobande in 'n karbonaatryke verysterde matriks of 'n talkryke verysterde matriks. Die karbonaat en talk vorm mesobande waar die gesteentes nie gebreksieerd is nie. Oorspronklike felutietmesobande word aangetref in die gesteentes en dien as duidelike merkerbande, terwyl kussings en deine ook aangetref word. In diepte verdwyn die talkryke hematietgesteentes en net karbonaatryke hematietgesteentes word onder die Vanderbijl 550'-vlak aangetref. Die twee tipes gesteentes gradeer in die dak van die verysterde sone oor na gestreepte ystersteen. Die graderingsone is geband met duidelike afwissellende hematiet-, chert-, karbonaat- en of talkmesobande. Geen lense van gestreepte ystersteen word in die gesteentes aangetref nie. Onder die Vanderbijl 550-vlak word versakkingstrukture aangetref wat met karbonaatryke en talkryke hematietgesteente gevul is. Die vertikale gradering van ystererts na karbonaat- en talkbevattende

gesteentes vind topografies ongeveer op dieselfde hoogte plaas, soos uit 'n voorbeeld in die Oosmyn geïllustreer word (Fig. 24). Ystererts wat uit gestreepte ystersteen, talk- en karbonaatryke hematietgesteentes ontstaan, word deur die topografie gekontroleer (Fig. 24). Dus word slegs die voorkoms en nie ontstaan van talk- en karbonaatryke hematietgesteentes deur die topografie gekontroleer (Fig. 24). Indien van wes na oos beweeg word, kan 'n variasie waargeneem word. Vanaf W7 profiel tot A3 profiel kom die gesteentes onder die Vanderbijl 750'-vlak voor; vanaf A3 profiel tot B3 profiel word die gesteentes tussen die Vanderbijl 350'-vlak en Vanderbijl 550'-vlak aangetref; tussen B3 profiel tot B19 profiel kom die gesteentes bokant die Vanderbijl 350'-vlak voor; in die E- en F-blokke kom die gesteentes onder die Vanderbijl 350'-vlak voor (Fig. 24).

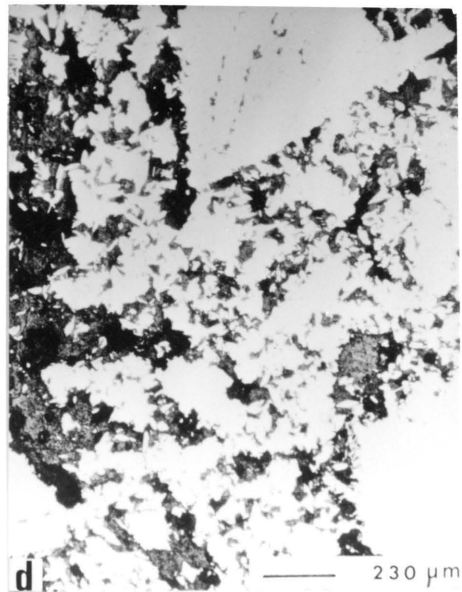
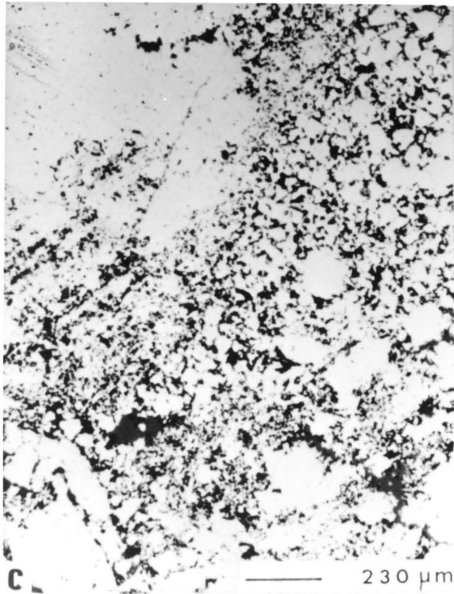
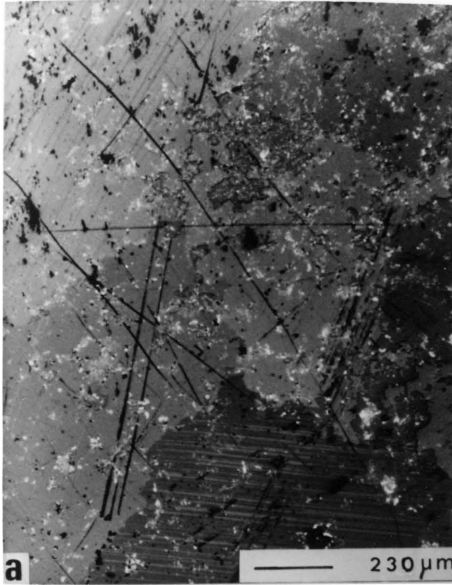
Waar die gesteentes voorkom is die kleisteen van sone 1 talkryk en kom daar wit karbonate as aar- en naatvullings voor. In die graderingsone tussen die gestreepte ystersteen en die karbonaat- en talkryke hematietgesteentes kom soortgelyke karbonaatge vulde are en nate voor.

3.3.2 Mineralogie

Geen mesobande van chert word in die talk- en karbonaatbevattende gesteentes aangetref nie, maar op plekke wel are van kwarts. Primêre hematiet sowel as magnetiet en al sy oksidasieprodukte kan op dieselfde wyse beskryf word as in die voorafgaande bespreking oor ystererts. Die enigste verskil is dat daar mesobande en brokstukke van grofkristallyne kalsiet, ankeriet, dolomiet en talk in plaas van chert voorkom met kalsiet as die mees algemene karbonaatmineraal. In die talkbevattende gesteentes kom mesobande van talk voor. Goethiet is 'n ondergeskikte mineraal wat in sommige poleerstukke waargeneem is. Indien Morris (1980) se bevindinge toegepas word op die gesteentes 'an aanvaar word dat goethiet die karbonaat- en talkminerale vervang het. Hierdie ertse is egter in 'n volwasse stadium en dus is die goethiet reeds grotendeels deur hematiet vervang.



FIGUUR 24. VERTIKALE PROJEKSIE DEUR DIE VERYSTERDE SONE OM DIE VOORKOMS VAN KARBONAAT - TALKRYKE HEMATIETGESTEENTES AAN TE DUI.



FIGUUR 25 : Ontstaan van sekondêre hematiet in karbonaat- en talkryke hematietgesteentes

- (a) Groei van sekondêre hematiet (wit-grys) tussen kalsiet-kristalle (grys). Gekruisde nicols
- (b) 'n Verdere fase van vorming van anhedrale sekondêre hematiet (wit-grys) in karbonaat (grys)
- (c) Finale fase van verystering met sekondêre hematiet (wit-grys) in 'n karbonaatryke-hematietgesteente
- (d) Sekondêre hematiet (wit-grys) en groot anhedrale hematiet (wit-grys) in 'n talk (donkergrys) matriks

Reflekteerde gepolariseerde lig

In die karbonaatbevattende gesteentes wissel sekondêre hematiet van klein anhedrale spikkels in anhedrale tot subhedrale karbonaatkristalle tot groot anhedrale kristalle (Fig. 25 a-c). Die sekondêre hematiet groei dus in openinge om die kristalvlakke van die karbonaatminerale of uit holtes in die karbonaatminerale. Indien die openinge tussen die karbonaatminerale groot is, vorm 'n groot aantal hematietkristalle wat 'n sponsagtige tekstuur laat ontstaan. In die holtes vorm daar egter ook massiewe anhedrale tot subhedrale hematietkristalle. Die sekondêre hematietkristalle wat in die holtes in karbonaatminerale vorm, groei tot groot anhedrale hematietkristalle met 'n aggregraat van karbonaatkristalle om die kristalvlakke. Plaatagtige sekondêre hematiet wat in alle rigtings groei kom ook in die gesteentes voor. Dit vorm egter nie sulke groot oppervlaktes soos in die ertse wat uit gestreepte ystersteen ontstaan het nie.

In die talkbevattende gesteentes vorm die plaatagtige hematiet euhedrale tot subhedrale kristalle (Fig. 25d). In die bogenoemde gesteentes vervang hematiet talk. Die sekondêre hematiet is aanwesig as 'n skelettekstuur in talk of as spikkels in die talk. Die finale stadium van verystering is 'n gesteente met anhedrale kristalle van sekondêre hematiet. In die hematiet word daar soms oorblyfsels van talk waargeneem.

3.4 Opsomming van mineralogie van ysterertse

Uit gestreepte ystersteen, talk- en karbonaatbevattende gesteente ontstaan dus 'n martiet-(goethiet)-hematieterts. Die ertse het dus ontstaan deur supergene verryking met primêre hematiet wat chemies min verandering ondergaan het, magnetiet wat geoksideer is na martiet en soms goethiet; dit is 'n metasomatiese proses waardeur silika, karbonate en talk vervang is deur goethiet, met die uitloging van die rifsteenminerale wat 'n verdunning van die oorspronklike onverysterde gesteentes tot gevolg gehad het, en 'n vervanging van goethiet deur sekondêre hematiet (Morris, 1980). Ertsliggame wat aan die top van die kleisteeneenheid teenwoordig is, is grotendeels

'n martiet-hematieterts met ondergeskikte hoeveelhede plaatagtige hematietminerale. Die ertse wat met versakkingstrukture geassosieerd is, is 'n meer poreuse martiet-hematieterts met groot hoeveelhede plaatagtige hematiet.

3.5 Geochemiese tendense in die verysterde sone

Tendense wat in die hoofelemente van die verysterde sone aangetref word, lig duidelike laterale- en vertikale variasies uit wat gebruik kan word in die opstel van 'n eksplorasiemodel en vir die opstel van 'n teorie oor die genese van die ystererts.

Die chemiese samestelling van ystererts op 'n spesifieke topografiese hoogte (Vanderbijl 550'-vlak) is geneem oor 'n strekkingsafstand van 900m om gemiddelde waardes van die hoofelemente in die ystererts te verkry (Tabel VIII). Die gesteentes se chemiese samestelling stem ooreen met die van gestreepte ystersteen (Tabel III) in die sin dat daar geen toevoeging van ander hoofelemente behalwe yster nodig was om ystererts te vorm nie. Laterale variasie op hierdie vlak is redelik min (Tabel III).

TABEL VIII : Chemiese samestelling van ystererts

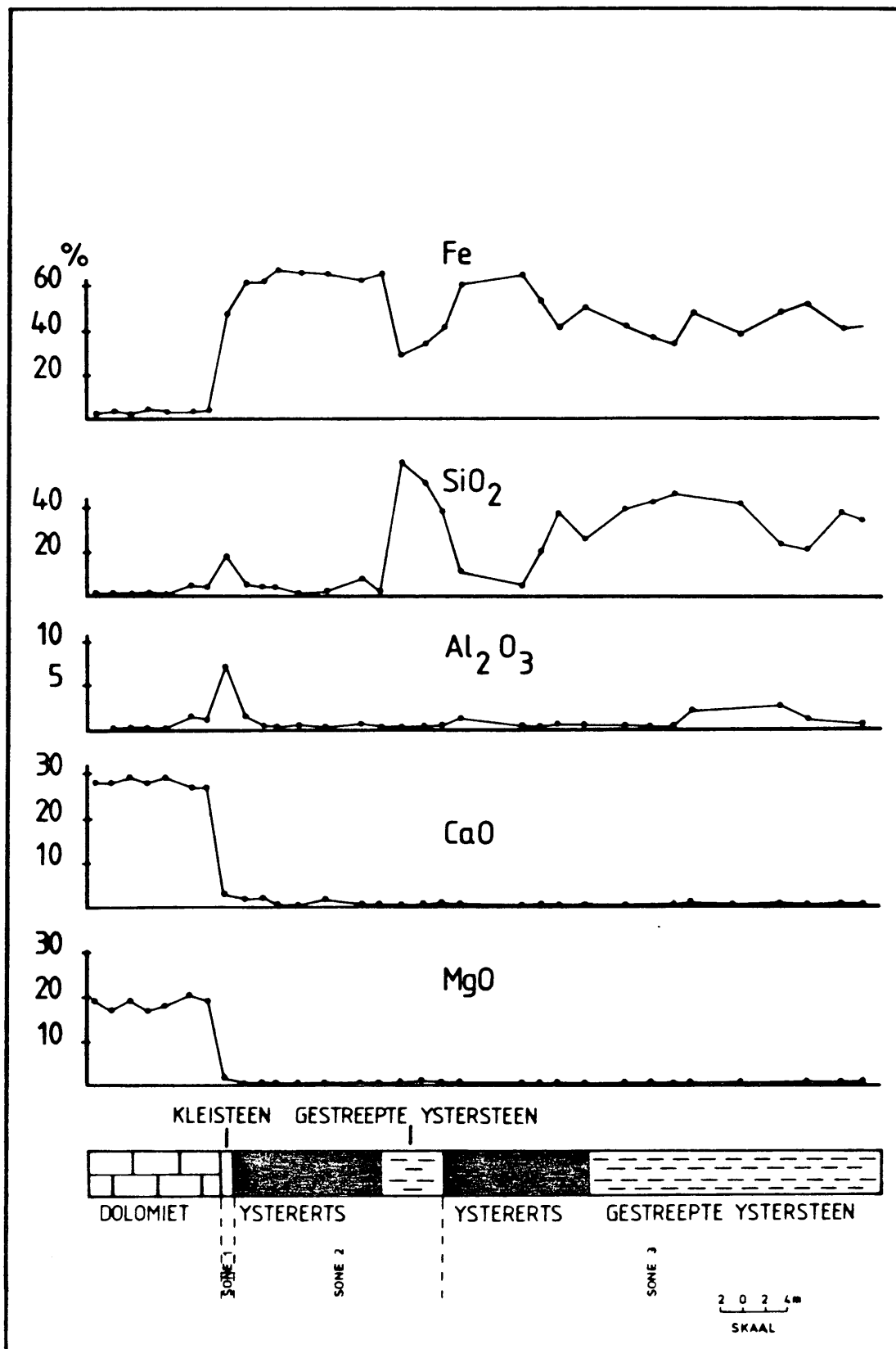
Elemente Profiel	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Mn	K ₂ O	TiO ₂	CaO	MgO	P	S	Na ₂ O	TOTAAL
W 11	75,6	7,17	1,04	1,01	0,07	0,07	0,76	0,12	0,029	0,014	0,02	96,5
W 15	76,2	6,09	0,68	0,30	0,03	0,05	0,28	0,13	0,046	0,012	0,02	96,8
W 19	77,1	5,07	1,04	0,25	0,02	0,08	0,71	0,22	0,018	0,011	0,02	99,1
W 23	64,9	4,31	0,92	0,60	0,06	0,05	0,24	0,14	0,059	0,010	0,01	96,5
W 28	37,7	7,36	0,46	0,47	0,21	0,07	1,02	0,11	0,032	0,009	0,01	97,7
W 33	37,5	3,49	0,78	0,48	0,25	0,06	0,65	0,30	0,042	0,011	0,01	97,6
A 3	39,7	1,76	0,65	0,18	0,05	0,07	1,27	1,10	0,040	0,015	0,01	95,5
A 8	37,5	3,39	1,48	0,16	0,06	0,04	0,45	1,63	0,095	0,006	0,01	99,3
A 12	77,7	2,60	0,90	0,30	0,05	0,05	1,23	3,93	0,059	0,001	0,01	99,7
A 16	76,7	3,27	0,70	0,27	0,02	0,04	1,61	1,73	0,048	0,001	0,01	97,1
E	77,5	3,12	0,79	0,25	0,06	0,04	0,67	0,94	0,077	0,012	0,03	98,3
Beswaarde EM	77,7	3,35	0,76	0,35	0,09	0,06	0,37	1,00	0,046	0,009	0,01	97,6

Vertikaal het die wandgesteentes ook weinig verandering ondergaan (Fig 26). Aan die dakkant van die ertsliggaam gradeer die ystererts oor na gestreepte ystersteen in 'n 4-5m dik sone met 'n afname in die Fe-waardes en 'n toename in SiO_2 . Dolomiet in die vloer het geen verandering ondergaan nie en die kleisteen (sone 1) is soms gedeeltelik veryster, naamlik in blokke 13 en 14 en in Donkerpoort. Daar is egter 'n duidelike toename in Fe-inhoud met 'n afname in SiO_2 - en Al_2O_3 -inhoud aan die basis van die verysterde sone (Fig 26). Kleinskaalse laterale variasie in die hoofelemente in die verysterde sone en die lense van onveranderde gestreepte ystersteen in die sone is 'n algemene verskynsel (Tabel VIII).

Waar talk- en karbonaatrike-hematietgesteentes aanwesig is, is die vertikale variasie egter meer prominent, soos geïllustreer word deur boorgat 528B (Fig 27). Die diagram toon duidelik aan dat met 'n toename in yster daar 'n afname in die CaO en MgO-inhoud in die verysterde sone is. Waar talk en karbonaat in die sone aanwesig is, is die inhoud van CaO en MgO in sone 1 ook hoër as normaalweg. 'n Graderingsone aan die top van die verysterde sone tussen talkryke-hematietgesteente en gestreepte ystersteen is ook 'n algemene verskynsel (Fig 27). Waar daar net karbonaatrike-hematietgesteentes in die verysterde sone aanwesig is, gradeer die gesteente ook oor na 'n gestreepte ystersteen oor 'n dikte van 7-10m. Die laterale variasie van talk- en karbonaatrike hematietgesteentes is ook nie noemenswaardig op 'n spesifieke topografiese hoogte nie.

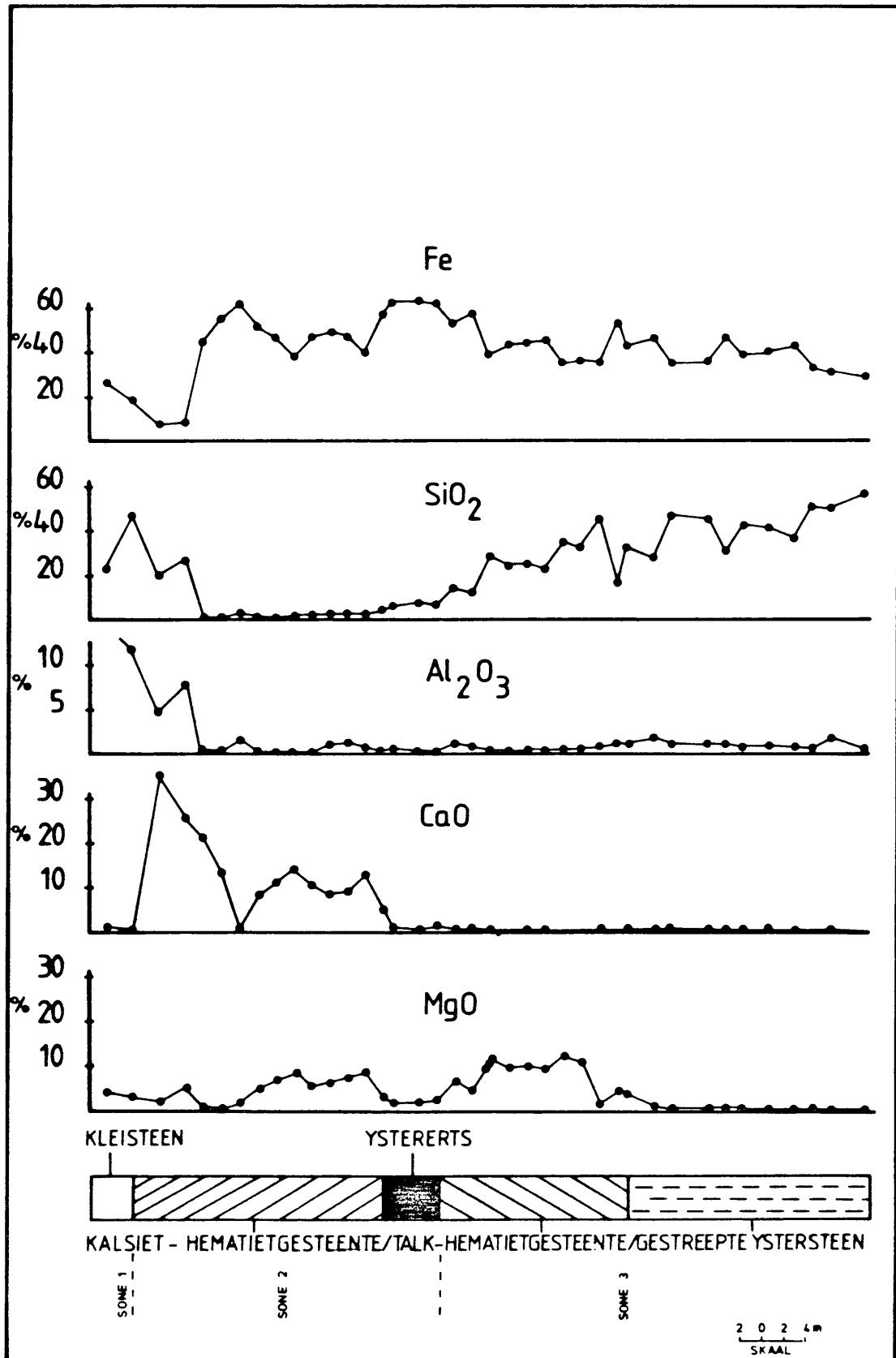
Figuur 28 dui die laterale variasie van Fe/MgO en Fe/CaO verhoudings aan op die Mostert- en Vanderbijl 350'-vlakke. Die enigste anomale area tussen D5 en D14 profiele is veroorsaak deur 'n antiklinale plooistruktuur wat die verhoudings omkeer.

Die Mostert- en Vanderbijl 350'-vlakke is 350' van mekaar geleë met die Vanderbijlvlak wat topografies laer lê. Daar is 'n duidelike toename van CaO en MgO in diepte in die verysterde sone waar te neem (Fig 28). Dus is daar meer karbonaat- en talkryke-hematietgesteentes aanwesig topografies laer af in



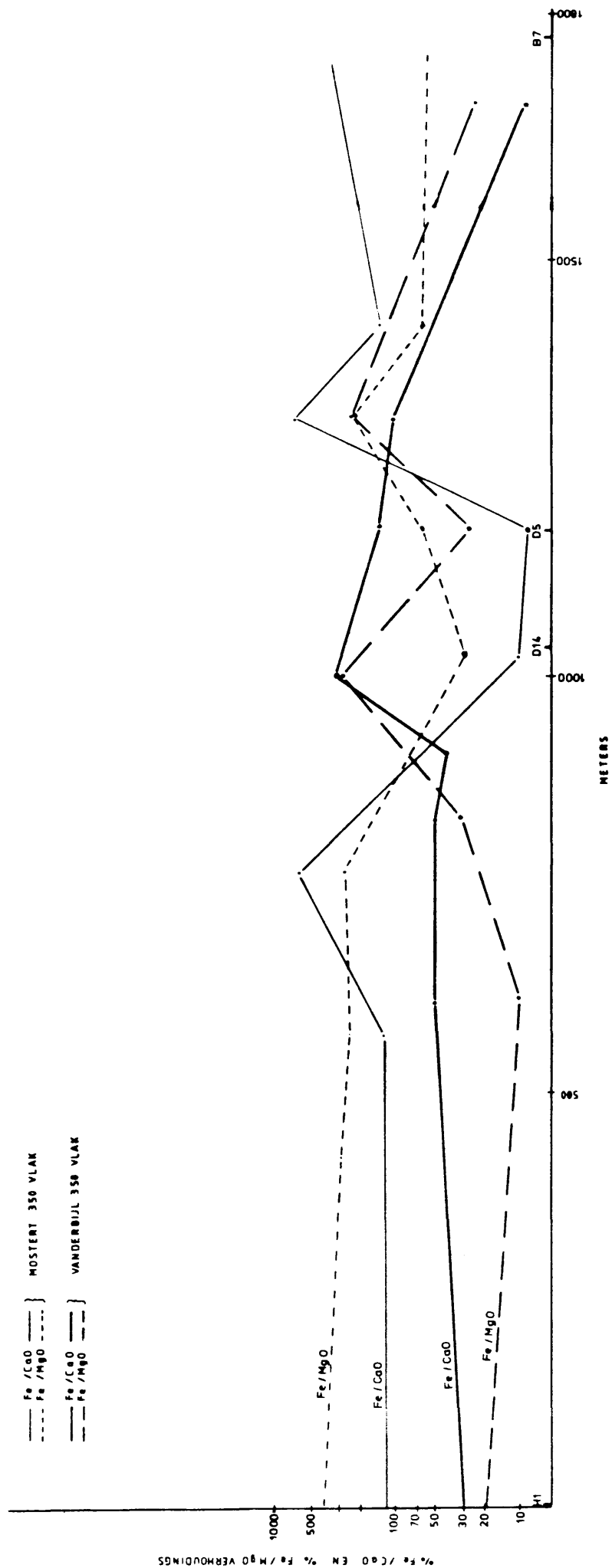
FIGUUR 26.

CHEMIESE VARIASIE IN VERYSTERDE SONE VAN BOORGAT 602 B



FIGUUR 27.

CHEMIESE VARIASIE IN VERYSTERDE SONE VAN BOORGAT 528 B



FIGUUR 28. VARIASIE VAN Fe/CaO EN Fe/MgO VERHOUDINGS IN DIE VERVYSTERDE SONE TUSSEN DIE MOSTERT 350 EN DIE VANDERBIJL 350 VLAK

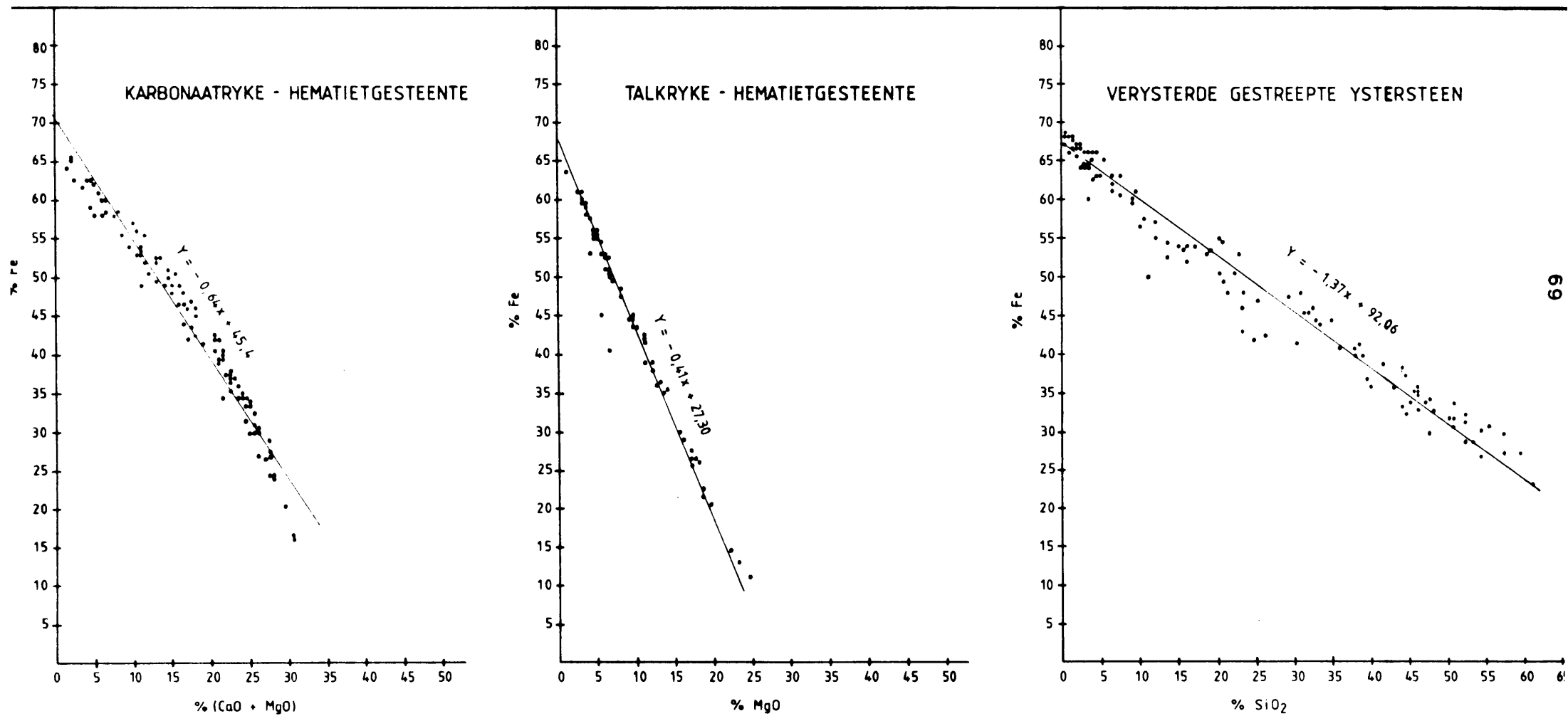
die verysterde sone. Die hoë ysterwaardes in die gebied is te danke aan die gradering van ystererts na talk- en karbonaatrike-hematietgesteentes. 'n Negatiewe korrelasie tussen Fe en $\text{CaO} + \text{MgO}$ in talkryke-hematietgesteentes is duidelik, met onderskeidelik 'n korrelasiekoëffisiënt van -0,98 en -0,94. Dieselfde korrelasie tussen yster en silika in ystererts kan waargeneem word (Tabel IX). Daar is dus 'n duidelik verband tussen die graad van verystering in die verysterde sone en die hoeveelheid CaO , MgO en SiO_2 in die sone (Fig. 29).

TABEL IX: Statistiese resultate van die korrelasie tussen gewigspersent Fe-SiO₂; Fe-(CaO+MgO) en Fe-MgO in die ysterertse.

GESTEENTE	AANTAL DATA= PAAR	x	y	GEMIDDELD		STANDAARD AFWYKING		KORRELASIE- KOËFFISIËNT
				x	y	sx	sy	
Gestreepte yster= steen en ystererts	120	%Fe	%SiO ₂	50,44	22,88	13,60	18,93	-0,99
Karbonaat-hema= tietgesteente	100	%Fe	%(CaO+ MgO)	44,24	17,05	12,17	7,95	-0,98
Talk-hematiet= gesteente	70	%Fe	%MgO	44,71	8,91	13,09	5,72	-0,94

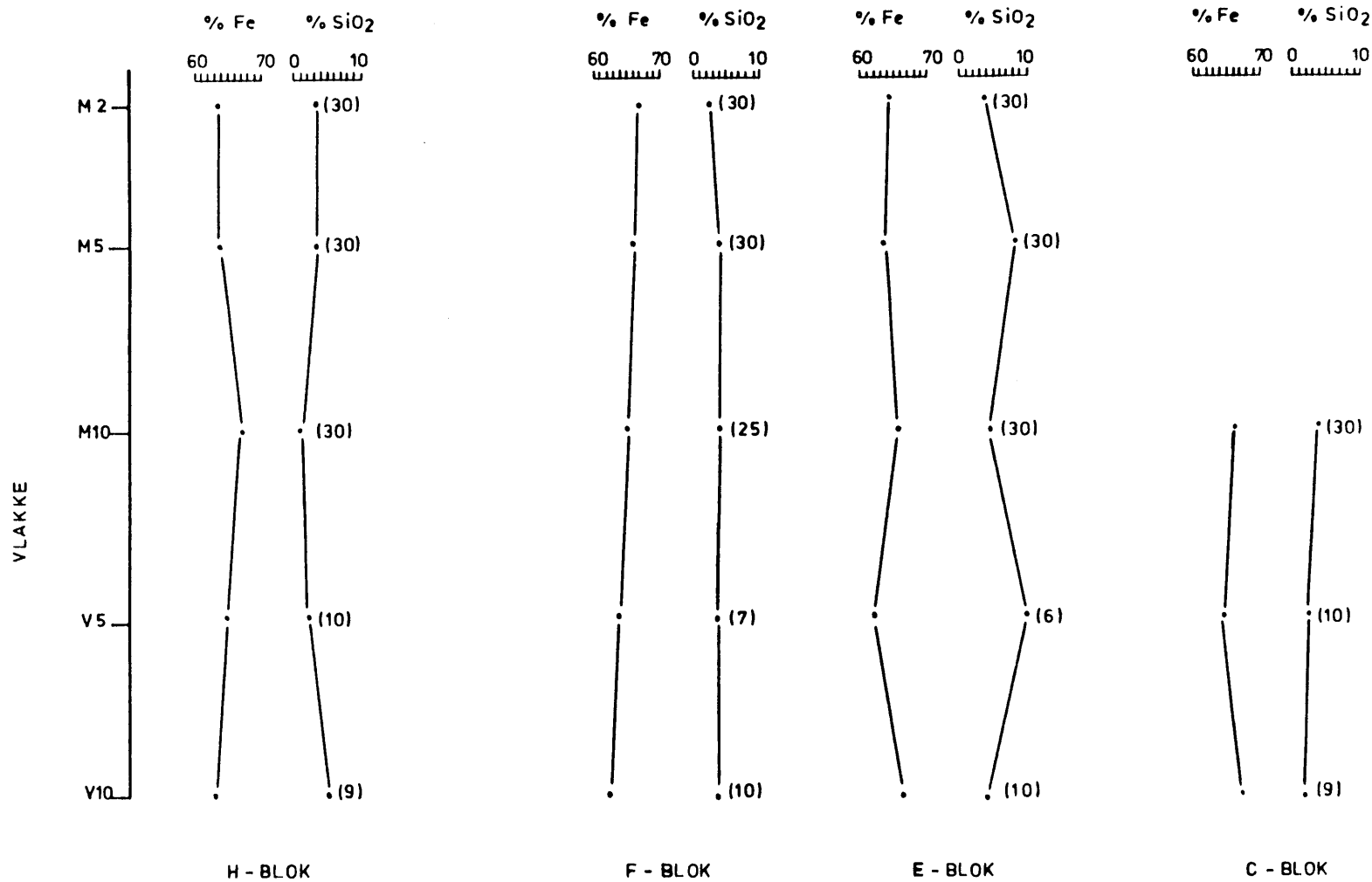
Chemies kan dus duidelik afgelei word dat die gestreepte ystersteen, talk- en karbonaatrike-hematietgesteentes veryster is deur die vervanging van chert, talk en karbonaat met ysteroksiedminerale.

Die vertikale variasie van die yster- en silika-inhoud in ystererts is grafies in vier areas van die Oosmyn in Figuur 30 uitgebeeld. Twee interessante tendense kan afgelei word. In die F-blok is daar 'n geleidelike afname van die Fe-inhoud met 'n toename in SiO_2 . In die blok is geen versakkingstrukture gevind nie.



FIGUUR 29.

KORRELASIE TUSSEN Fe EN (CaO + MgO), (MgO) EN (SiO₂) IN DIE VERYSTERDE GESTEENTE



(10) AANTAL MONSTERS

HORISONTALE SKAAL 1 : 10 000

VERTIKALE SKAAL 1 : 2 000

FIGUUR 30

VERTIKALE VARIASIE VAN % Fe EN SiO₂ IN DIE YSTERFERTS (DOSMYN)

In die H- en E-blokke op die M5 en V5-vlakke is daar 'n afname van Fe-inhoud met 'n toename in SiO_2 . Op die M10-vlak en V10-vlak van die H-, E- en C-blokke is daar 'n toename in yster en 'n afname in SiO_2 -inhoud. In hierdie areas kom versakkingstrukture voor.

Uit voorafgaande blyk dit dus dat in areas waar daar versakkingstrukture aanwesig is, daar 'n tweede periode van ystertoevoeging tot die verysterde sone was. Die toevoeging het die eerste periode gedeeltelik verbloem.

Daar is min laterale variasie van die chemiese samestelling van ystererts op 'n spesifieke vlakhoogte. Vertikaal gradeer die ystererts oor na gestreepte ystersteen in 'n 4-5m dik sone met 'n afname in die Fe-waardes en 'n toename in SiO_2 . Aan die vloerkant van die ertsliggaam is die kleisteen soms veryster en dolomiet ondergaan min verandering. Topografies in diepte is daar 'n duidelike toename van CaO en MgO in die verysterde sone met 'n afname in die Fe-waardes. 'n Lineêre verband bestaan tussen die toevoeging van yster in die verysterde sone en die hoeveelheid CaO , MgO en SiO_2 in die sone. Waar versakkingstrukture aanwesig is, is daar 'n tweede periode van ystertoevoeging tot die verysterde sone, wat die eerste periode van verystering gedeeltelik verbloem.

--- oOo ---

4. GENESE VAN DIE YSTERERTS IN DIE NOORDELIKE REEKS

4.1 INLEIDING

Enige hipotese oor die ontstaan van die ystererts in die Noordelike Reeks moet 'n aantal waarnemings kan verklaar.

Ystererts word aan die top van die kleisteenryke eenheid (sone 1) in sones 2 en 3 aangetref. Lense van gestreepte ystersteen kom in die ertsliggaam voor. Verskuiwings met 'n na-Karoo tektoniese rigting verplaas ystererts, terwyl gange met dieselfde rigting ystererts in Donkerpoort verplaas en in Kwaggashoek-Oos en Buffelshoek die ertsliggame begrens. Karbonaat- en talk-hematietgesteentes, wat randsones om eersgenoemde vorm, word in diepte in die basale sone (2, 3) van die gestreepte ystersteen aangetref. Die twee naatsisteme wat in die erts ontwikkel is, is ook ontwikkel in gesteentes wat die erts oorlê en onderlê. Geen brokstukke van ystererts is in die Bevetse konglomeraatlid aanwesig nie. Ysterertsafsettings kom voor in verskuiwingssones van na-Karoo tektoniese rigtings.

Die waarnemings gemaak van die ystererts op Thabazimbi is goed vergelykbaar met afsettings in Australië, Kanada, Liberië, Krivoyrog en Brasilië (Tabel X). Die verskeie afsettings kan nie geklassifiseer word onder enige van die bekende genetiese tipes ysterafsettings soos magmatiese- of hidrotermale-afsettings nie; dus word die genese van die Thabazimbi ystererts beskou as die resultaat van afsetting van yster tydens primêre chemiese sedimentasie en daaropvolgende metamorfe en supergene prosesse.

Teorieë oor die ontstaan van ertse stem meesal ooreen met die proses van desilisifikasie van die gestreepte ystersteen met of sonder die toevoeging van yster. Of hierdie prosesse 'n resultaat van supergene of hipogene prosesse of 'n kombinasie van die prosesse is, bly steeds 'n twispunt (Tabel X).

TABEL X : YSTERERTSAFSETTINGS WAARMEE THABAZIMBI VERGELYK KAN WORD

LAND	AFSETTING	SKRYWER	GENESE MODEL	VERGELYKING VAN DIE ERTSE WAT IN DIE AFSET- TINGS OOREENSTEM MET THABAZIMBI
AUSTRALIË	Hamersley Provinsie	Morris (1980)	Supergeen	1. Mineralogiese samestelling dieselfde van ertse en newegesteentes
KANADA	Lake Superior	Gruner (1937)	Hipogeen	2. Chemiese elemente dieselfde
KRIVOYROG (Rusland)	Krivoyrog	Belevtsev (1973)	Supergeen	3. Ertse kom voor in tektonies versteurde areas
BRASILIE	Minas Gerais	Dorr (1964)	Supergeen en hipo=geen	4. Metasomatiese- en supergene vervangings= prosesse van mineralisasie is oorheersend
LIBERIE	Nimba Reek	Berge (1977)	Hipogeen	5. Geen verandering van wandgesteentes 6. Afwesigheid van sonering in mineraal= paragenese 7. Geen koppeling met ertse en intrusiewe gesteentes 8. Kombinasie in tyd van mineralisasie met 'n tektoniese gebeurtenis

4.2 Chemiese sedimentasie

Die chemiese sedimentasie van die felutiet → ysteroksiedritmietsiklusse en dus gestreepte ystersteen het volgens Beukes (1978) in relatief diep water, onderkant die golfbasis plaasgevind, deur 'n kombinasie van periodieke vulkanisme en biologiese ontwikkeling. Die verspreiding van die ystermineraalfasies is 'n indikator dat die afsetting van hierdie minerale gekontroleer was deur sistematiese veranderings in die chemiese kondisies in die afsettingskom (James, 1954). Mesogebandheid in die bandritmiete is diageneties van oorsprong terwyl mikrogebandheid deur seisoensveranderings ontstaan (Beukes, 1978).

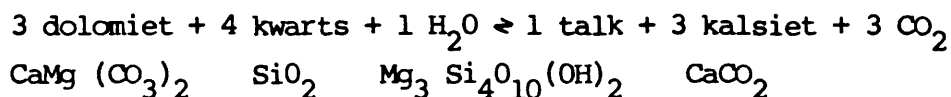
4.3 Metamorfose

Metamorfose het in twee afsonderlike periodes die gestreepte ystersteen verander; kontakmetamorfose het met die indringing van die Bosveldkompleks plaasgevind en termodinamiese metamorfose het as gevolg van die na-Waterbergse tektonisme voorgekom (Strauss, 1964). Volgens Beukes (1973) het die korrelgrootte van kwarts in die chertmesobande van 0,01mm vergroot na 0,05 tot 0,3mm as gevolg van kontakmetamorfose. Hy beweer ook dat die rekristallasie van die kwarts gekontroleer was deur ysteroksied-, karbonaat- en silikaatonsuiwerhede, omrede die korrelgrootte omgekeerd eweredig is aan die hoeveelheid onsuiverhede in die kwarts. Stilpnomelaan en minnesotiet wat onveranderd in die Kurumanformasie van die Griekwaland-Wesopeenvolging aangetref word is onderskeidelik deur kontakmetamorfose verander na biotiet en gruneriet-cumingtoniet in die gekorreleerde Pengeformasie van die Transvaalopeenvolging (Beukes, 1978). Rieberkiet, stilpnomelaan, krokidoliet, chloriet en tremoliet kom wydverspreid in gemetamorfiseerde gestreepte ystersteen voor (Klein, 1973; 1974).

Die voorkoms van karbonaat- en talk-hematietgesteentes in diepte is problematies om te verklaar. Hulle word slegs in diepte in

sones 2 en 3 van die gestreepte ystersteen aangetref. Die oorheersende karbonaatmineraal is kalsiet en die talk-hematietgesteentes vorm randsones om die karbonaat-hematietgesteentes. Die gemiddelde CaO-en MgO-inhoud van sones 2 en 3 van die gestreepte ystersteen is onderskeidelik 0,09 en 0,13 gewigspersent; terwyl die talk- en karbonaat-hematietgesteentes gemiddeld 9,3% MgO en 16,6% CaO bevat. Geen lense van die gesteentes word in die ystererts aangetref nie.

Tussen die Mostert 350- en Vanderbijl 550'-vlakke word 'n graderingsone tussen boliggende ystererts en onderliggende karbonaat- en talk-hematietgesteentes aangetref waar karbonaat- en talkhoudende ystererts en verysterde karbonaat- en talk-hematietgesteentes voorkom. Kontakmetamorfose kan dus nie vorming van die talk- en karbonaat-hematietgesteentes en die bovermelde waarnemings verklaar nie. 'n Ander proses was verantwoordelik vir die vorming van die gesteentes en termodinamiese metamorfose van die gestreepte ystersteen kan voorgestel word. Volgens Winkler (1967, bl 24-25) kan talk en kalsiet deur die volgende reaksie ontstaan :



Die bogenoemde mineraalassosiasies kan ontstaan by ongeveer 400°C met 'n partiële druk tussen 200-400 MPa. Tydens metamorfose word die assosiasies dolomiet-kwarts en kalsiet-kwarts onstabiel met stygende temperatuur, en 'n reeks reaksies lei tot trapsgewyse verlies van CO₂ en gepaard daarmee 'n trapsgewyse verhoging van die entropie van die sisteem. Indien water in die sisteem aanwesig is, kan gehidreerde silikate soos talk en tremoliet ontstaan wat eers later by hoër temperatuur verdwyn ten gunste van watervrye fases. Die ewewig tussen karbonate, gehidreerde silikate en gas word bepaal deur temperatuur, druk en die onderskeie fugasiteite van H₂O en CO₂ wat by drukke kleiner as 200 MPa benaderd gelyk is aan die van partiële drukke van H₂O en CO₂ (Winkler, 1967).

Die eerste assosiasie wat gewoonlik ontstaan is talk-kalsiet met talk wat in die randsones ontwikkel deurdat daar laer temperatuurtoestande heers as in die res van die gebied wat deur termodinamiese metamorfiese beïnvloed is (Winkler, 1967). Talk-hematietgesteentes word aangetref tussen die Mostert 350'- en Vanderbijl 550'-vlakke en vorm 'n koepel om die karbonaat-hematietgesteentes. Die kleisteen in die area is ook talkbevattend en groen van kleur. Die voorgestelde termodinamiese metamorfose kon deur oorskuiwings in die na-Waterbergperiode veroorsaak gewees het; metasomatose van die dolomiet en gestreepte ystersteen kon dus plaasgevind het en dus die ontstaan van karbonaat- en talk-hematietgesteentes tot gevolg gehad het. Op die plase Assen 140 JQ, Doornkloof 141 JQ en Buffelshoek 149 JQ in die distrik Brits word ook van die gesteentes in diepte aan die basis van die Pengeformasie aangetref (Snyman, 1980).

4.4 Supergene verryking

'n Supergene vervangingsmodel kan die eienskappe van die gebreksieerde ysterertsliggame in sones 2 en 3 verklaar. Ander waarnemings wat daarby sou inpas, is primêre hematietmesobande wat soms nog teenwoordig is, gestreepte ystersteenlense in die ertsliggame; dieselfde mineraalassosiasies vir die erts en die newegesteentes, die afwesigheid van verandering in die wandgesteentes, ertsliggame wat begrens word deur kleisteen- en felutietsones, die afname met diepte in ysterinhoud met 'n toename in MgO- en CaO-inhoud, die aanwesigheid van felutietmesobande in die erts wat met felutietmesobande van siklusse in die gestreepte ystersteen korreleer, en die teenwoordigheid van pseudomorfe mineraalassosiasies soos magnetiet-martiet.

Die vernaamste prosesse van chemiese verwerking en dus supergene vervanging is hidrolise, hidrasie en oplossing (Chesworth, 1973). Twee of meer van die prosesse kan gelyktydig plaasvind. Hidrasie is 'n eksotermiese reaksie wat mineraaloppervlakke voorberei vir prosesse soos bv. oksidasie, terwyl hidrolise in die

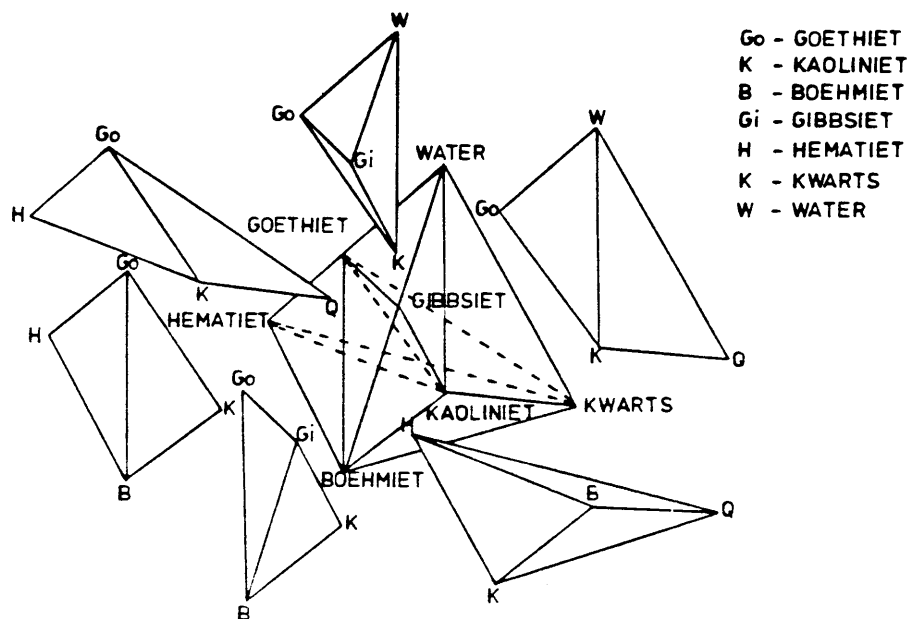
verweringsproses verwys na die reaksie tussen H^+ en OH^- van water en die elemente (of ione) van minerale. 'n Afname in die waterstofioonkonsentrasie (dit wil sê toename in pH) veroorsaak onder andere 'n verhoging in die oplosbaarheid van SiO_2 en Al_2O_3 (Goldich, 1938). Volgens Dorr (1964) is kwarts met korrelgroottes groter as 1mm prakties nie oplosbaar nie. Chertmesobande se korrelgroottes wissel in die Pengeformasie tussen 0,05mm en 0,3mm en dus oplosbaar teen 6mg/l by 25°C (Hem, 1970). Dorr (1964) beweer ook dat silika nie maklik herpresipiteer nie en daardeur uit die sisteem verwyder word deur grondwater. Op Thabazimbi word dit bewys deur die feit dat geen of weinig silisifikasie in die mynbougebied waargeneem word nie.

Opsommenderwys kan uit die petrologiese gegewens gestel word dat die mees algemene oksiedminerale in die ystererts primêre magnetiet, primêre hematiet, martiet, goethiet, anhedrale sekondêre hematiet en plaatagtige hematiet is. Kaoliniet kom sporadies voor asook chert, kalsiet, talk, ankeriet, apatiet en mitridatiet ($Ca_3(Fe_4(PO)_4(OH)_6 \cdot 3H_2O)$) (Greef, 1980). Sekondêre plaatagtige hematiet groei vanaf die korrelgrense van martiet- en primêre hematietkristalle. Die plate neig om willekeurig sonder enige oriëntasie in holtes in te groei. Soms word die minerale in goethiet mesobande aangetref en dan besit dit geen koppeling tot martiet- of primêre hematietkristalle nie. In die verysterde karbonaat-hematietgesteentes word mikrokristallyne hematiet, wat kalsiet verplaas, asook anhedrale sekondêre hematietkristalle en plaatagtige kristalle van hematiet aangetref, wat vanaf die korrelgrense van laasgenoemde minerale groei. Talk in die talk-hematietgesteentes word vervang deur plaatagtige sekondêre hematiet. Anhedrale sekondêre hematiet word ook in die ystererts aangetref. Dus is die primêre minerale van die gestreepte ystersteen, karbonaat en talk hematietgesteentes naamlik chert, magnetiet, hematiet, karbonate en silikate uitgeloog of verander tot martiet-hematiet goethietertse. Primêre hematiet het behoue gebly terwyl magnetiet geoksideer is na sekondêre hematiet (martiet) of goethiet. In sommige ertse is plaatagtige sekondêre hematiet aanwesig wat gevorm het van goethiet of sy voorganger.

Goethiet kom nie so algemeen voor in die ertse soos plaatagtige sekondêre hematiet of anhedrale sekondêre hematiet nie.

Die sisteem SiO_2 - AlOOH - Fe_2O_3 - H_2O (Fig. 31) in die verweringsone onder atmosferiese toestande word voorgestel deur Chesworth (1975), wat fasesdiagramme opgestel het vir polimorfe reaksies tussen

- (a) Fe_2O_3 -fases
(hematiet = maghemiet)
- (b) FeOOH fases
(goethiet = lepidokrokiet); en
- (c) 'n dehidrasie reaksie $2\text{FeOOH} = \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$
(goethiet) (hematiet); asook
- (d) 'n watervrye reaksie $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2\text{FeOOH} + \text{AlOOH}$
(gibbsiet) (hematiet) (goethiet) (boehmiet).



FIGUUR 31. DIE VIERKOMPONENTSISTEEM SiO_2 - AlOOH - Fe_2O_3 - H_2O VOLGENS CHESWORTH (1975)

Die reaksies is vervolgens gebruik om die minerale op die Thabazimbimyn asook hulle voorkoms in ystererts te verklaar. In die eerste reaksie is hematiet die stabiele polimorf van Fe_2O_3 (Ramdohr, 1969, bl 980) en in die tweede reaksie is goethiet die stabiele polimorf van FeOOH (Schwertmann en Taylor, 1972).

Watervrye reaksie (d) word buite rekening gelaat omdat aanvaar word dat water 'n medium is waarin supergene prosesse voortgaan; gibbsiet sal alleenlik presipiteer by 'n lae konsentrasie van SiO_2 en indien die SiO_2 -konsentrasie hoër as 30×10^{-5} mol SiO_2/l is, word kaolinite gepresipiteer (Langmuir, 1971). Berner (1969) beweer dat fynkorrelrige goethiet termodinamies onstabiel is ten opsigte van hematiet plus water (reaksie (c)) onder prakties alle geologiese kondisies en die veranderings kon diageneties tydens lae druk en temperatuurtoestande plaasgevind het. Hy kom tot die slotsom dat 'fine-grained goethite is unstable relative to hematite, given enough time it could dehydrate to hematite' (Berner, 1969, bl 273). Langmuir (1971, 1972) bevestig Berner se sienswyse deur te verklaar dat die ewililibrium tussen grofkorrelrige goethiet (1μ) en hematiet by 82°C is en tot 80°C laer vir fynkorrelrige goethiet ($0,1\mu$) en hematiet is. Schellman (1959; in Morris, 1980) dui aan dat absorpsie van kalsium- en magnesiumione in vars gepresipiteerde ysteroksiedgel die verandering van die materiaal na hematiet teweeg bring, terwyl bikarbonaat- of sulfaatione neig om goethiet te laat vorm. Fosfaat- en silikaatïoonkonsentrasies kan kristallisatie van goethiet en hematiet verhoed, al is die konsentrasie laag (Schwertmann *et. al.*, 1978). Hierdie skrywers bevind ook dat aluminium in klein konsentrasies die vorming van goethiet verhinder en hematiet laat kristalliseer. Die plaatagtige hematiet kon ontstaan het deur nukleasie op martiet of primêre hematiet, of deur spontane nukleasie (Morris, 1980).

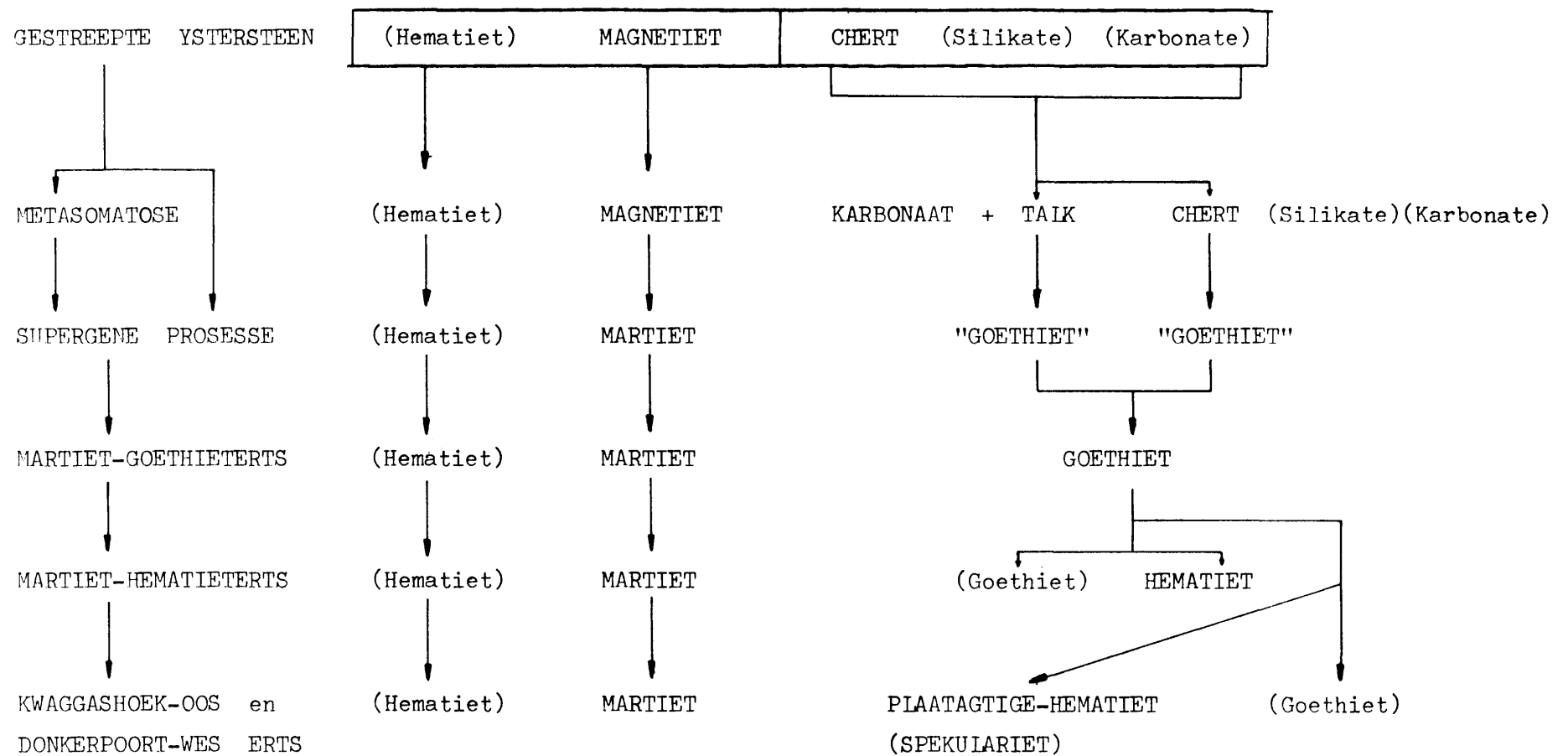
Ontstaan van martiet-hematiet ertse

Uit die mineralogiese en teksturele gegewens kan dus opsommend verklaar word dat die sekondêre hematiet gevorm was uit

hidroxyoksiede of deur verandering van goethiet (Fig. 32). In karbonaat-hematietgesteentes verteenwoordig die anhedrale sekondêre hematiet 'n vervanging van karbonate. Die martiet-hematietertse het dus ontstaan van gestreepte ystersteen, talk-hematietertse en karbonaat-hematietgesteentes (Fig 32). Die martiet-goethietertse is dus as gevolg van 'n veranderingsproses verander na martiet-hematietertse (Morris, 1980). Volgens Morris (1980) kan die ontstaan van plaatagtige sekondêre hematiet beskryf word as 'n proses wat uit drie fundamentele stadiums bestaan en vir vereenvoudiging kan primêre hematiet en magnetiet as passiewe komponente beskou word. Die stadiums is: (1) Vervanging van chert, silikate en karbonate van die oorspronklike gestreepte ystersteen, talk en karbonaat hematietgesteentes deur waterhoudende ysteroksiede; (2) Groei van hematietplate tesame met goethiet van die waterhoudende ysteroksiede wat beëindig word voordat al die waterhoudende ysteroksiedes na hematiet verander is; en (3) Verwydering deur oplossing van die oorblywende goethiet wat lei tot hoë-graadse hematietystererts. Die model vir die ontstaan van plaatagtige sekondêre hematiet kan op Thabazimbi toegepas word, deurdat die mineralogiese en teksturele gegewens wat ingewin is ooreenstem met die gegewens van Morris (1980).

4.5 Tektoniek en supergene verryking van die ystererts

Na die na-Waterbergse tektoniese periode, wat deur termodinamiese metamorfose metasomatose van die dolomiet en gestreepte ystersteen veroorsaak het en dus die ontstaan van karbonaat en talk hematietgesteentes tot gevolg gehad het, het ook die gesteentes gemiddeld 51° suidwaarts gekantel en 'n lang na-Waterbergse erosiesiklus het begin. In hierdie tydperk het 'n stadige uitlogingsproses van die dolomiet onder sone 1 ingetree en uiteindelik instorting, breksiasie en vervorming van die oorlêende kleisteen, gestreepte ystersteen, talk en karbonaat hematietgesteentes veroorsaak. Versakkingstrukture wat met bogenoemde gesteentes gevul was, het gevolglik ook ontstaan.



FIGUUR 32 : Skematiese diagram om die vorming van ystererts deur supergene prosesse voor te stel. Relatiewe belangrikheid word deur die verskillende lettergroottes voorgestel. Diagram gewysig volgens Morris (1980).

Die uitloging en versakking het bokant die grondwatervlak plaasgevind. Die gebreksieerde, poreuse sone was dus geskik vir 'n epigenetiese verysteringsproses en daardeur het stadige supergene vervanging van chert, kalsiet en talk deur goethiet en hematiet plaasgevind, terwyl die vervormde kleisteeneenheid (sone 1) as keerbank gedien het vir deursyferende waters. Gedurende hierdie periode het die basale ysterertsliggame in sones 2 en 3 ontstaan. 'n Tweede periode waartydens supergene prosesse werksaam was het in na-Karootye voorgekom, soos geïllustreer word deur na-Karooverskuiwingsones wat met erts gevul is en die invloed van gange met 'n na-Karoo tektoniese rigting op die vroeëre produkte van verystering (Fig. 3). Gedurende hierdie periode waartydens die verskuiwings moontlik by voorkeur ontwikkel het in areas waar versakkingstrukture aanwesig was omrede dit swak, verbrokkelde sones is, is die erts in hierdie gebiede ook verdik deur die tweede periode van verystering.

4.6 Gevolgtrekkings

Die waarnemings in die voorafgaande afdelings weerspreek die van Wagner (1920) en de Villiers (1944) en dus ook hulle sienswyse oor die genese van die erts. Daar is geen brokstukke van ystererts aanwesig in die Bevetse konglomeraatlid nie en dus moes die ontstaan van die ystererts na die afsetting van die oorliggende Pretoriagroep plaasgevind het. Ook is daar nie bewyse om die genese van die erts te koppel aan opwaarts migrerende waters afkomstig van die indringing van die Bosveldkompleks nie. Daar is 'n duidelike afname in die ysterinhoud van die ystererts in diepte. Strauss (1964) se idee dat die gestreepte ystersteen metasomaties verander is na gebande hematiet-dolomiet- en talk-hematietgesteentes en dat die gesteentes deur supergene prosesse veryster is, pas gedeeltelik by die huidige model in. Wat egter teenstrydig met die teorie is, is dat lense van gestreepte ystersteen in die ertsliggame aanwesig is; dat versakkingstrukture gevul met gestreepte ystersteen of karbonaat- en talk-hematietgesteentes bestaan en dat geen dagsome van

laasgenoemde gesteentes nog waargeneem is nie. Die bogenoemde waarnemings kan beter verklaar word deur die huidige teorie. Boardman (1948) se waarnemings dat die erts ontstaan het as gevolg van supergene verryking gedurende die na-Waterberg- en na-Karoo-erosiesiklusse, asook Strauss (1964) se hipotese dat metasomatose van die dolomiet en gestreepte ystersteen verantwoordelik was vir die vorming van karbonaat- en talkryke gesteentes, word bevredigend deur die huidige model verklaar.

— ooo —

5. EKSPLORASIEMODEL VIR YSTERERTS OP THABAZIMBI

5.1 INLEIDING

Deur die voorafgaande waarnemings van die verysterde sone saam te vat kan riglyne vir toekomstige eksplorاسie in die mynbougebied voorgestel word.

Indringing van die Bosveldkompleks het die sedimente van die Transvaalopeenvolging na die suide afgebuig en kleinskaalse plooiing laat ontstaan. Topografies is 'n gedeelte van die Chuniespoortgroep bokant die grondwatervlak uitgelig. Uitloging van dolomiet het gedurende hierdie periode 'n aanvang geneem.

Oorverskuiwings in die na-Waterbergse tektoniese periode wat die gesteentes verder suidwaarts laat kantel het, het die vorming van karbonaat- en talkryke hematietgesteentes in diepte in sones 2 en 3 aan die basis van die Pengeformasie geïnisieer. Gedurende die na-Waterbergse erosiesiklus is die gedeelte van die Friscoformasie wat bokant die grondwatervlak uitgelig is as gevolg van die verplasing deur die oorverskuiwings, gedeeltelik uitgeloog. Dit het tot gevolg gehad dat die boonste gedeelte van ongeveer 100m dikte van die formasie uitgeloog het en dat versakkingstrukture in die top van die Friscoformasie ontstaan het. Die bo-opliggende sones 1, 2 en 3 van die Pengeformasie het in die oplossingsholtes ingestort en is geplooi en verbrokkel en het die holtes grootliks gevul. Die intensiteit van breksiasie van sones 1, 2 en 3 het dus direk afgehang van die intensiteit van die uitloging. Die proses moes 'n stadige aaneenlopende proses gewees het wat tot op hede nog voortgaan. Die gebreksieerde sones 2 en 3 van die Pengeformasie was ideaal vir supergene prosesse wat die SiO_2 , CaO en MgO uit die sisteem vervoer het en sekondêre hematiet deur 'n stadige proses laat presipiteer het. Kleisteen in sone 1 het as keerbank gedien vir perkolerende water. Die ystererts wat gedurende hierdie periode uit gestrepte ystersteen en in diepte uit karbonaat en talkryke hematietgesteentes ontstaan het, is grotendeels solied

hoewel tekens van breksiasie nog sigbaar is. In die volwasse stadium bestaan die erts uit martiet en hematiet.

Daar is in die verysterde sone 'n afname van die ysterinhoud met diepte en 'n toename van die SiO_2 -inhoud. Die Fe/CaO en Fe/MgO verhoudings neem af met diepte en dus is daar 'n toename van CaO en MgO met diepte in die verysterde sone. In diepte bestaan die verbrokkelde sones 2 en 3 dus grotendeels uit karbonaat- en talkryke hematietgesteentes.

Die na-Karoo tektoniese periode wat afskuiwings tot gevolg gehad het, het by voorkeur ontwikkel in areas waar daar versakkingstrukture aanwesig was omrede dit swak, verbrokkelde sones was. Gedurende die na-Karoo erosiesiklus het daar 'n tweede periode van verystering in hierdie gebiede plaasgevind. Dit het tot gevolg gehad dat die eerste periode van verystering gedeeltelik verbloem is deur die ontstaan van 'n sagte, bros ystererts wat oorheersend uit spekulariet bestaan. Die periode van verystering was egter nie so intens soos die eerste periode nie en dus bestaan die grootste persentasie van ystererts in die Noordelike Reeks uit 'n soliede, gebreksieerde, martiet-hematieterts. Die tweede periode van verystering kan die oos-wes rigting van verdunning en verdikking van die ertsliggaam (Fig. 21) verklaar, asook die toename in die ysterinhoud op die M10- en V10-vlakke van die H- en E-blokke (Fig. 30). Verskuiwings met 'n na-Karoo tektoniese rigting verplaas die ertsliggaam en die verskuiwingsones is soms veryster.

5.2 Eksplorasiemodel

Die geologiese struktuur het dus 'n belangrike rol in die genese van die ystererts gespeel. Met behulp van die merkerlae in die Penge- en Friscoformasies kan sinvolle strukturele afleidings gemaak word en korrelasieprobleme opgelos word.

Omdat die ysterertsliggame in die Noordelike Reeks dikker en beter ontwikkel is as in die Suidelike Reeks is dit moontlik dat die

hoofdreinerings van grondwater gedurende die na-Waterbergse erosiesiklus uit die noorde plaasgevind het (Boardman, 1948). Die Noordelike Reeks was dus onderhewig aan intensiewer uitloging as die Suidelike Reeks. Daar moet dus gekonsentreer word om strukture wat hulle leen tot verystering in sones 2 en 3 van die Pengeformasie (Tabel XI) in die Noordelike Reeks te ondersoek voordat teikengebiede in die Suidelike- of Middelste Reeks bepaal word (Fig. 33). Die toename van die CaO- en MgO-inhoud met diepte in sones 2 en 3 van die Pengeformasie in die Oosmyn onder die Vanderbijl 350'-vlak dui daarop dat onder die genoemde vlak grotendeels karbonaat- en talkryke hematietgesteentes in hierdie gebied verwag kan word. Eksplorاسie van die westekant van Donkerpoort in Blok 21 behoort ystererts op te lewer en nie karbonaat- en talkryke hematietgesteentes nie as die topografiese voorkoms van die gesteentes in gedagte gehou word (Fig. 24), (Bylaag 1).

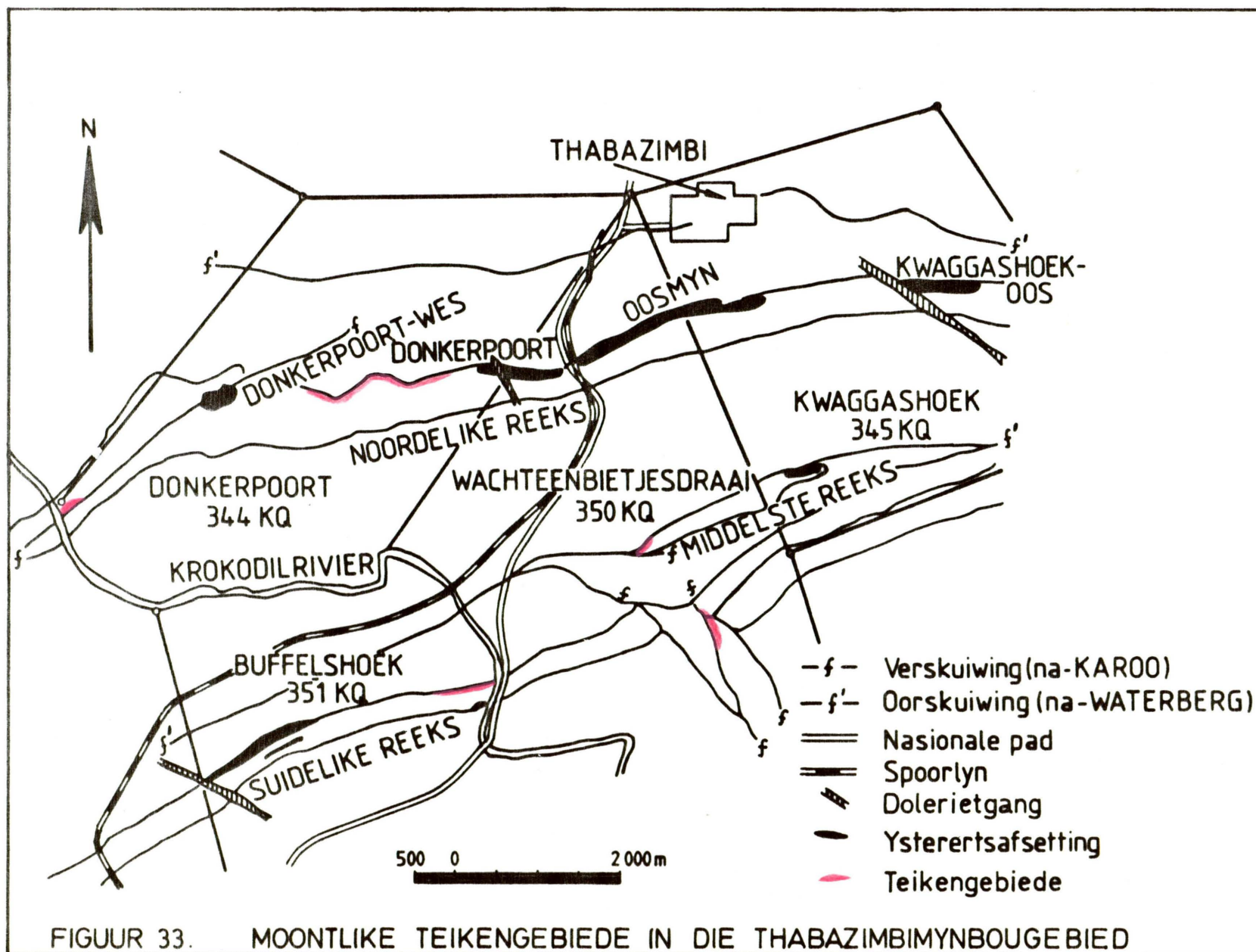
Gedurende die na-Karoo erosieperiode moes die dreinerings van oos na wes gewees het om te kan verklaar waarom dolerietgange met 'n na-Karoo tektoniese rigting die ertsliggame in die weste afsny (Fig. 33). Op Donkerpoort is die ertsliggame dikker en beter ontwikkel aan die oostekant van die dolerietgang as aan die westekant. Indien verskuiwingsone met 'n na-Karoo tektoniese rigting voorkom in sones 1 tot 3 van die Pengeformasie, behoort dit as 'n moontlike area vir verystering beskou te word. In hierdie areas kon dus twee periodes van verystering plaasgevind het.

TABEL XI: Strukture en tendense wat die bepaling van teikengebiede vir ysterertsliggame in die Pengeformasie kan vergemaklik.

PENGEFORMASIE	FRISCOFORMASIE
1. Strukture wat hulle leen tot verystering nl geplooië en gebreksieerde gestreepte ystersteen. 2. Keerbanke wat die beweging van supergene oplossing kan beheer nl kleisteen en dolerietgange. 3. Na-Karooverskuiwingsones wat gemineraliseerd is. 4. Karbonaat- en talkryke hematietgesteentes word in diepte in sones 2 en 3 aangetref.	1. Versakkingstrukture 2. Dikte variasie van dolomiet tussen die chertmerker en top van Friscoformasie wat 'n aanduiding is van die graad van uitloging.

Deur die gegewens wat in die Noordelike Reeks ingewin is, toe te pas op die Suidelike- en Middelste Reekse kan potensiële teikengebiede in die reekse bepaal word (Fig. 33). Stratigrafies behoort die drie reekse nie noemenswaardig te verskil nie omrede dit slegs 'n triplisering van gesteentes is as gevolg van die oorverskuiwings wat die reekse laat ontstaan het.

Die gesteentes van die Transvaalopeenvolging is getripliseer as gevolg van na-Waterbergse tektonisme en talk- en karbonaat-hematietgesteentes het gedurende hierdie periode in diepte gevorm. Breksiasie van sones 2 en 3 asook versakkingstrukture in dolomiet het ontstaan en keerbanke van kleisteen en doleriet was die gevolg dat verystering in die gebreksieerde sones plaasgevind het. Na-Karooverskuiwingsones wat die gebreksieerde sones of versakkingstrukture of 'n kombinasie daarvan geaffekteer het, is veryster in dié periode. Areas waarin die genoemde elemente of 'n kombinasie daarvan voorkom, behoort dus geïdentifiseer te word as teikengebiede.



6. OPSOMMING EN GEVOLGTREKKING

Die Thabazimbimynbougebied word onderlê deur gesteentes van die Transvaalopeenvolging. Mynbou-aktiwiteite vind plaas in die Frisco- en Pengeformasies van die Chuniespoortgroep.

Die Friscoformasie bestaan grotendeels uit gerekristalliseerde, chertarme grys, wit en pienk dolomiet, met 'n toename in frekwensie van koolstofryke skalielae asook 'n toename in ysterinhoud na die top van die formasie. 'n Diskoidale dolomiet met 'n chertband aan die basis van die sone kom 115m van die top van die Friscoformasie voor en die chert dien as 'n merkerlaag.

As basis van die Pengeformasie word die eerste dik kleisteeneenheid wat 'n gedeelte van die basale kleisteen → chertsiklusse vorm, geneem. Die res van die Pengeformasie bestaan uit dik eenhede van feritmiete wat afgewissel word met dun eenhede van felutiete, terwyl die boonste gedeelte van die formasie uit 'n ortochemiese ysterformasie bestaan. Die Pengeformasie is ingedeel in ses sones waarvan die onderste vier sones elk in subsones onderverdeel is, met elke sone wat sy eie karakteristieke kenmerke besit. In elke subsone is F-tipe merkerlae geïdentifiseer wat gebruik word om korrelasie- en interpretasieprobleme op te los. Die ses sones in die formasie vertoon nie laterale variasie in dikte nie. Sones 1 tot 3 is egter verbrokkel en geplooi in areas waar daar verystering in sones 2 en 3 voorkom, terwyl die silikaatminerale weswaarts laer-af in die stratigrafie voorkom as wat die geval in die ooste is.

Die gesteentes van die Transvaalopeenvolging is getripliseer deur na-Waterbergse oorverskuiwings en gedurende hierdie periode het differensiële erosie drie prominente bergreekse laat ontstaan naamlik die Noordelike, Suidelike en Middelste Reeks. Termodinamiese metamorfose wat geïnisieer is deur die oorverskuiwings het metasomatose van die dolomiet en gestreepte ystersteen en die ontstaan van karbonaat- en talkryke hematietgesteentes in sones 2 en 3 tot gevolg gehad.

In hierdie periode is 'n gedeelte van die Chuniespoortgroep bokant die grondwatervlak uitgelig en uitloging van dolomiet en die vorming van versakkingstrukture het tot gevolg gehad dat die bo-opliggende sones 1 tot 3 van die Pengeformasie verbrokkel en geplooi is, en die holtes gedeeltelik opgevul het. Die verbrokkelde area het as ideale ongewing gedien vir die afwaartse migrasie van water. Kleisteen (sone 1) aan die basis van die gebreksieerde sone het dus as 'n keerbank vir die perkolerende water gedien. Die gebreksieerde sones 2 en 3 was ideaal vir supergene prosesse wat die SiO_2 , CaO en MgO uit die sisteem vervoer het en sekondêre hematiet deur 'n stadige proses laat presipiteer het met 'n martiet-hematieterts as endproduk.

Die na-Karootektonisme wat afskuiwings tot gevolg gehad het, het by voorkeur ontwikkel in areas waar daar versakkingstrukture aanwesig was omrede dit swak, verbrokkelde sones is. Dit het tot gevolg gehad dat die eerste periode van verystering gedeeltelik verbloem is deur 'n sagte, bros ystererts wat oorheersend uit spekulariet bestaan. Die periode van verystering was egter nie so intens soos die eerste periode nie en dus bestaan die grootste persentasie van ystererts in die Noordelike Reeks uit 'n gebreksieerde martiet-hematieterts.

Ystererts het dus ontstaan uit gestreepte ystersteen in die topografies hoërliggende dele van sones 2 en 3, en uit karbonaat- en talkryke hematietgesteentes in die topografies laerliggende dele van sones 2 en 3 van die Pengeformasie, deur supergene verryking. Potensiële teikengebiede kan dus bepaal word deur strukture wat hulle leen tot verystering in die Pengeformasie; naamlik, eerstens, geplooi en gebreksieerde gestreepte ystersteen soos in versakkingstrukture en langs verskuiwings van na-Karoo en na-Waterberg ouderdom en tweedens, keerbanks wat die beweging van supergene oplossings kan beheer, te ondersoek. In die Friscoformasie kan versakkingstrukture en die dikte variasie van dolomiet tussen die chertmerker en top van die formasie wat 'n aanduiding is van die graad van uitloging, ondersoek word.

B E D A N K I N G S

Hiermee wil ek graag my dank en waardering uitspreek teenoor :

YSKOR BEPERK vir die toestemming om inligting van die Thabazimbi mynbougebied te gebruik.

VOLKSKAS BEPERK vir die beskikbaarstelling van navorsingsfondse.

DR P G ERIKSSON en PROF C P SNYMAN vir hulle voorligting en redigering van die verhandeling.

Mhre GERRIT FOURIE en HENNIE SNYMAN vir hulle kritiek en aanmoediging.

MARIAAN HUMAN vir die teken van die figure. RETHA LOUBSER vir die tik van die finale kopie, BELLA BIRCH vir tik van tabelle, tikwerk aan figure en voorlopige kopieë.

MY VROU vir haar voortdurende belangstelling, aanmoediging en ondersteuning.

LITERATUURVERWYSINGS

BELEVTSSEV, Y.N (1973). Genesis of high-grade iron ores of Krivoyrog type, In: Genesis of Precambrian iron and manganese deposits. Proc Kiev Symposium (1970) Paris, Unesco Paris, 167-180.

BERGE, J.W., JOHANSSON, K, JACK, J. (1977). Geology and origin of the hematite ore of the Nimba Range, Liberia. Economic Geology, 72, 582-607.

BERNE, R. A. (1969), Goethite stability and the origin of red beds. Geochim. et Cosmochim. Acta., 33, 267-273.

BEUKES, N.J. (1973). Precambrian Iron-Formations of Southern Africa. Econ. Geol., 68, 960-1004.

BEUKES, N.J. (1978). Die karbonaatgesteentes en Ysterformasies van die Ghoop-groep van die Transvaal Supergroep in Noord-Kaapland. Ongepubliseerde D.Sc, proefskrif. Randse Afrikaanse Universiteit.

BEUKES, N.J. (1980). Suggestions towards a classification of and nomenclature for iron-formation. Trans. Geol. Soc. S. Afr., 83, Deel 2, 285-290.

BOARDMAN, L.G. (1948). The geology, iron ores and other minerals of the Thabazimbi area. Ongepubliseerde D.Sc.proefskrif, Pretoria Universiteit.

BUTTON, A. (1973). The stratigraphic history of the Malmani Dolomite in the eastern and north-eastern Transvaal. Trans. Geol. Soc. S. Afr., 76, 229-247.

BUTTON, A. (1976). Iron Formation as an End member in Carbonate Sedimentary Cycles in the Transvaal Supergroup, South Africa. Econ. Geology, 71, 193-201.

CHESWORTH, W. (1975). The system $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-N}_2\text{O}$ and the kaolinitic stage of the goethite facies. Clays and Clay Minerals, 23, 389-392.

DE VILLIERS, J.E. (1944). The origin of the iron and manganese deposits in the Postmasburg and Thabazimbi Areas. Geol. Soc. of S.A. Trans., 47, 123-135.

- DIMROTH, E. (1968). Sedimentary textures, diagenesis and sedimentary environments of certain Precambrian ironstones. Neues Jahrb. Geologie U. Paläontologie Abh., 130, 247-274.
- DIMROTH, E. and CHANNEL, J.J. (1973). Petrography of the Sokoman Iron Formation in Part of the Central Labrador Trough, Quebec, Canada. Geol. soc. of Am. Bull., 84, 111-134.
- DIMROTH, E. (1977). Facies models 5. Models of physical sedimentation of Iron Formations. Geoscience Canada, 4, 23-20.
- DORR, J van N., II (1964). Supergene iron ores of Mines Gerais, Brazil. Econ. Geol., 59, 1203-1240.
- DU PREEZ, J.W. (1945). The structural geology of the area east of Thabazimbi and the genesis of the associated iron ores. Ongepubliseerde M.Sc. verhandeling. Stellenbosch Universiteit.
- EWERS, W.E. and MORRIS, R.C. (1981). Studies of the Dales Gorge Member of the Brockman Iron Formation, Western Australia. Econ. Geol., 76, 1929-1953.
- FOLK, R.D. (1962). Spectral subdivision of limestone types. In: W.E. HAM (Red), Classification of carbonate rocks. Am. Assoc. Petroleum Geologists, Tulsa, 62-84.
- FOURIE, E.T. (1976). Voorlopige verslag van die sedimentologiese studie van die Olifantsriviergroep van die Transvaalsupergroep in N W Transvaal. Ongepubliseerde Verslag, Yskor.
- FOURIE, G.P. (1978). Kort samevatting van die geologie van die lintyster op Thabazimbi. Ongepubliseerde Verslag, Yskor.
- GOLDICH, S.S. (1938). A study of rock weathering. J. Geol., 46, 17-23.
- GREEFF, F.A. (1980). Mineralologiese gegewens op gesteente monsters vanaf Thabazimbi. Ongepubliseerde Verslag, Yskor.
- GRUNER J.W. (1937). Hydrothermal leaching of iron ores of the Lake Superior type - a modified theory. Econ Geol., 32, 121-130.
- HAMILTON, J. (1977). Sr isotope and trace element studies of the Great Dyke and Bushveld mafic phase, and their relation to early Proterozoic magma genesis in Southern Africa. J. Petrol., 18, 24-54.

HAN, T.M. (1978). Microstructures of magnetite as guides to its origin in some Precambrian iron-formations. Fortschr. Mineralogie., 56, 105-142.

HEM, J.D. (1970). Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. Water Supply Paper. U.S. Geol. Surv., 1973.

JAMES, H.L. (1954). Sedimentary facies of Iron-Formation. Econ. Geol., 49, 235-291.

KLEIN, C. (1973). Changes in Mineral Assemblages with metamorphism of some Banded Precambrian Iron-Formation. Econ. Geol., 68, 1075-1088.

KLEIN, C. (1974). Greenalite, Stilpnomelane, Minnesotaite, Crocidolite and Carbonates in a very low-grade Metamorphic Precambrian Iron-Formation. Canadian Mineralogist., 12, 475-495.

KLEIN, C. and FINK, R.P. (1976). Petrology of the Sokoman Iron Formation in the Howells River Area, at the Western Edge of the Labrador Trough. Econ. Geol., 71, 453-487.

KNEESHAW, M. (1984). Pilbara iron ore classification - a proposal for common classification for BIF-derived supergene iron ore. Proc. Australas. Inst. Min. Metall., 289, 157-162.

LANGMUIR, D. (1971). Particle size effect on the reaction goethite = hematite + water. Am. Jour. Sci., 271, 147-156.

LANGMUIR, D. (1972). Correction: Particle size effect on the reaction goethite = hematite + water. Am. Jour. Sci., 272, 972.

MORRIS, R.C. (1980). A textural and mineralogical study of the relationship of iron ore to Banded Iron-Formation in the Hamersley Iron Province of Western Australia. Econ. Geol., 75, 184-209.

MORRIS, R.C. (1983). Supergene alteration of Banded Iron-Formation. In: TRENDALL, A.F., MORRIS, R.C., (Red.), Iron-Formation: Facts and Problems. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1983, 513-534.

RAMDOHR, P. (1969). The ore minerals and their intergrowths. Pergamon Press, Oxford.

S.A.K.S. (1980). Stratigraphy of South Africa. Handbook 8 Part 1., Geologiese Opname van S A.

SCHWERTMANN, U. and TAYLOR, R.M. (1972). The transformation of lepidocrocite to goethite. Clays and Clay Minerals., 20, 151-158.

SCHWERTMANN, U., FITZPATRICK, R.W., TAYLOR, R.M. (1978). The influence of aluminium on iron oxides, Part 1. Natural and synthetic hematite. Abstrak, Internat. Soc. Soil Sci. Cong., 11th, Alberta, 1, 177.

SNYMAN, A.A. (1980). Die afsettings van ysterdraende gesteentes op Doornkloof 141 JQ, Assen 140 JQ en Buffelspoort 149 JQ, Distrik Brits, Transvaal. Ongepubliseerde Verslag., Yskor.

STRAUSS, C.A. (1964). The iron ore deposits in the Thabazimbi area Transvaal. The geology of some ore deposits in Southern Africa, Vol II. Geol. Soc. S. Afr.

TRENDALL, A.F. (1965). Progress report on the Brockman Iron Formation in the Wittenoom-Yampire area Western Australia. Geol. Surv. Ann. Rept., 55-65.

TRENDALL, A.F. (1973). Varve cycles in the Weeli Wolli Formation of the Precambrian Hamersley Group. Western Australia. Econ. Geol., 68, 1089-1097.

TYLER, S.A. (1949). Development of Lake Superior soft iron ores from metamorphosed iron formation. Bull. Geol. Soc. of Am., 60, 1101-1124.

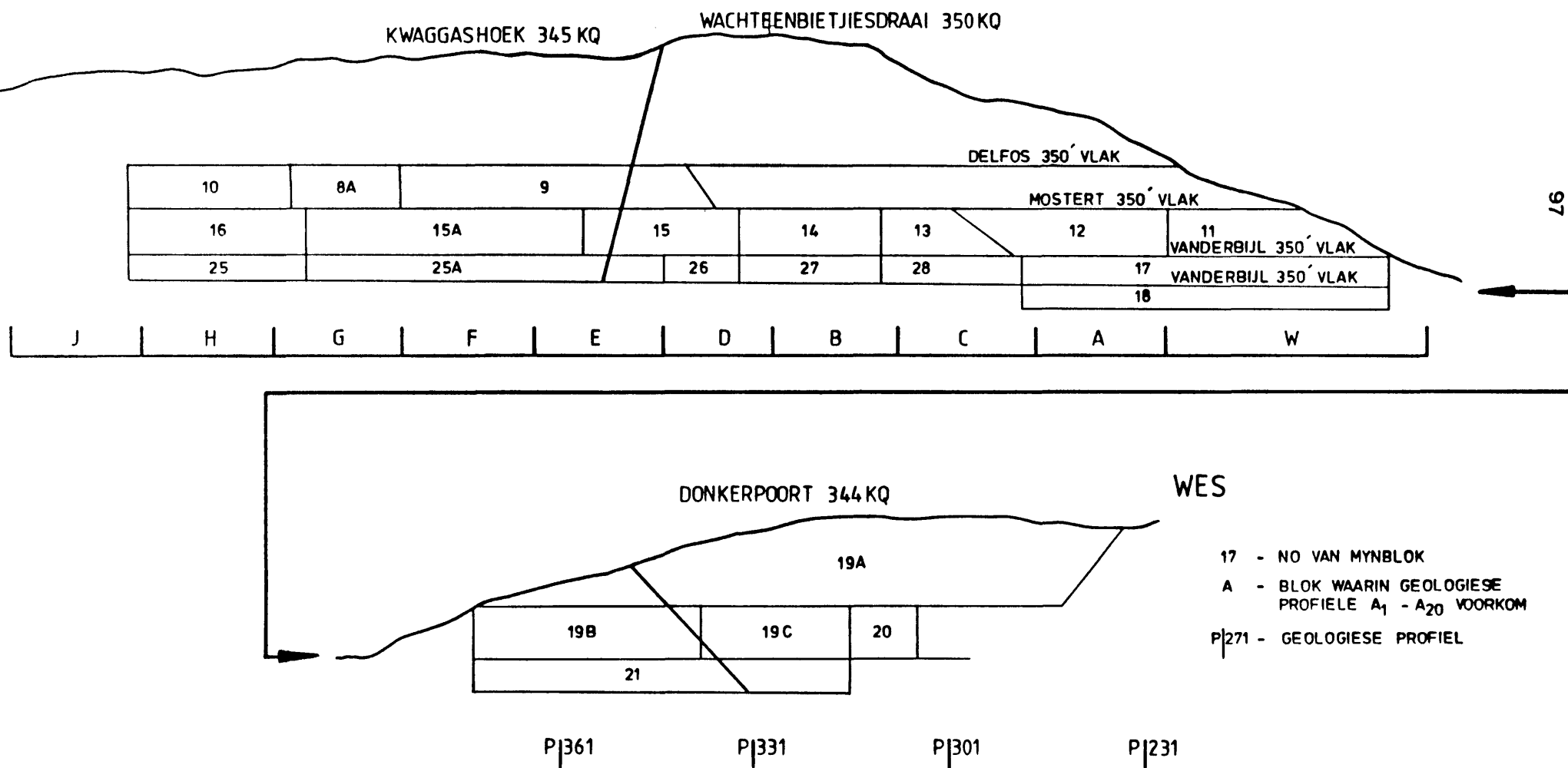
WAGNER, P.A. (1921). Report on the Crocodile River iron deposits. Geol. Survey. S.A. Mem., 17.

WINKLER, H.G.F. (1967). Petrogenesis of metamorphic rocks (2nd Ed.). Springer-Verlag, New York.

B Y L A A G 1

VERTIKALE PROJEKSIE DEUR DIE THABAZIMBIMYN-
BOUGEBIED IN DIE NOORDELIKE REEKS

005



B Y L A A G 2

STATISTIESE RESULTATE OM DIE KORRELASIE TUSSEN UITLOGING
IN DIE FRISCOFORMASIE EN VERBROKKELING VAN DIE
PENGEFORMASIE TE BEPAAL.

Die diskoidale dolomietzone se kenmerkende chertband is as merkerlaag gebruik. Afstande van die merkerlaag na die vloer van die kleisteenenheid en die dak van die verysterde sone is loodreg op die helling gemeet en op 'n spesifieke ruitnetpatroon geteken. Daardeur is die gesteentes dus in 'n horisontale posisie voorgestel.

Profiele van die Donkerpoortgroef is geneem as voorbeeld om 'n steekproefkorrelasiekoeffisiënt(r) te bereken van die Noordelike Reeks omrede betroubare inligting van die dagsoom tot in diepte beskikbaar is. Die profiele dek 'n area van 650m langs die strekking en 180m in diepte af. 'n Totaal van 278 datapare is geneem.

'n Steekproefkorrelasiekoëffisiënt is bereken vir die datastel om 'n maat van die sterkte van die lineêre verband tussen die twee veranderlikes te bepaal. Daarna is die toets van die nulhipotese uitgevoer om te bepaal of die twee veranderlikes gekorreleerd is of nie.

Die statistiese resultate wat verkry is, word opsommend in die onderstaande tabel weergegee. Daaruit asook uit die volgende figuur is dit duidelik dat daar wel 'n korrelasie bestaan tussen die twee veranderlikes.

TABEL : Statistiese resultate van die korrelasie tussen die dak van die verysterings sone en die dak van die kleisteenenheid in die Donkerpoortgroef.

Aantal datapare n	Afstand vanaf chert na		Gemiddeld		Standaard Afwyking		Korrelasie Koëffisiënt
	Vloer van kleisteen= eenheid x	Dak van verysterings sone y	$\bar{x}$	$\bar{y}$	Sx	Sy	r
278	(Variasie) 1 - 77	•(Variasie) 26 - 132	25,191	74,079	23,246	27,912	0,847

Uit die voorafgaande resultate is 'n lineêre regressielyn met $y = ax + c$ geplot. Die figuur toon dus aan dat daar 'n lineêre verband bestaan tussen die vorm van die dak van die verysterde sone en die dak van die kleisteeneenheid op 'n spesifieke punt. Hierdie gevolgtrekking is verder getoets deur van die nulhipotesetoets gebruik te maak wat soos volg geformuleer is :

$H_0 : p = 0$ Indien $p = 0$ is x en y ongekorreleerd en indien $p \neq 0$ is x en y gekorreleerd. Die alternatief kan dus een van die volgende wees :

$$\begin{aligned} H_1 : p &> 0 & t &\geq t_{\alpha; n-2} \\ H_1 : p &< 0 & t &\leq -t_{\alpha; n-2} \\ H_1 : p &\neq 0 & t &\geq t_{\frac{\alpha}{2}; n-2} \text{ of } t = t_{\frac{\alpha}{2}; n-2} \end{aligned}$$

waar

$$\begin{aligned} p &= \text{populasiekorrelasiekoëffisiënt} \\ \alpha &= \text{peil van betekenis} \\ n &= \text{aantal datapare} \\ t_{\alpha; n-2} &= \text{konstante wat in agneming van } \alpha \text{ en } n \text{ gekies is} \\ t &= \text{toetsgrootheid} = \frac{\sqrt{n-2} \quad r}{\sqrt{1-r^2}} \end{aligned}$$

waar r = steekproefkorrelasiekoëffisiënt

Die volgende resultate is verkry :

$$\begin{aligned} t &= \frac{\sqrt{n-2} \quad r}{\sqrt{1-r^2}} \\ &= \underline{26,4814} \end{aligned}$$

Die beslissingsreël is toegepas op $H_0 : p = 0$
en $H_1 : p \neq 0$

op 'n 5% peil van betekenis.

Verwerp H_0 as $t \geq t_{0,005;276} = 2,576$
 of $t \leq -t_{0,005;276} = 2,576$

Aangesien $t > 2,576$ word die H_0 hipotese verwerp en die $H_1: \rho > 0$ hipotese aanvaar.

$\therefore$ x en y is wel gekorreleerd.

--- oo ---

