

DIE VERBAND TUSSEN DIE PETROGRAFIESE EN CHEMIESE

EIENSKAPPE VAN SUID-AFRIKAANSE STEENKOOL

deur

JACOBUS MATJAN BARNARD

VOORGELê TER VERVULLING VAN 'N DEEL VAN DIE VEREISTES

VIR DIE GRAAD MAGISTER

IN DIE FAKULTEIT WIS- EN NATUURKUNDE

UNIVERSITEIT VAN PRETORIA

MEI 1987

<u>INHOUDSOPGAWE</u>	<u>Bladsy</u>
Bedankings	iv
Abstract	v
Samevatting	vii
1. <u>INLEIDING</u>	1
2. <u>DIE ONTWIKKELING VAN DIE SUID-AFRIKAANSE STEENKOOLNYWERHEID</u>	4
3. <u>DIE PETROGRAFIE EN ONTSTAAN VAN STEENKOOL</u>	12
3.1 LITOTIPES	12
3.2 MASERALE	13
3.2.1 Vitrinietgroep	15
3.2.2 Eksinietgroep	17
3.2.3 Inertinietgroep	19
3.2.4 Reaktiewe semifusiniet	21
3.2.5 Die ontstaan van maserale	22
* 3.3 MINERALE	26
3.4 MIKROLITOTIPES OF MIKROROTSTIPES	29
* 3.5 DIE ONTSTAAN VAN STEENKOOL	31
3.5.1 Afsettingsomgewing	31
3.5.2 Die ontwikkeling van steenkool- fasies	31
3.5.3 Geochemiese inkoling	35
* 4. <u>STEENKOOL IN SUID-AFRIKA</u>	
4.1 DIE SEDIMENTASIEKRINGLOOP VAN DIE KAROO-OPEENVOLGING	40
4.2 ALGEMENE AFSETTINGSTOESTANDE VAN DIE NOORDELIKE FASIES VAN DIE ECCA-GROEP	45
4.3 ALGEMENE KENMERKE VAN DIE STEENKOOLLAE	51
4.4 'N VERGELYKING TUSSEN PALEOSOÏSE STEENKOOL VAN DIE NOORDELIKE EN SUIDELIKE HALFRONDE	54

5.	<u>ONDERSOEKMETODES</u>	55
5.1	ALGEMENE ANALISES	55
5.1.1	Kortanalise	56
5.1.2	Kalorie- of verhittingswaarde	59
5.1.3	Koolsuurgasinhoud	60
5.1.4	Die smeltbaarheid van steenkoolas (AST)	61
5.1.5	Fischer-analise	61
5.1.6	Swaelinhoud	63
5.2	ELEMENTANALISES	64
5.2.1	Koolstof- en Waterstofinhoud	64
5.2.2	Stikstofinhoud	64
5.2.3	Organiese swaelinhoud	65
5.2.4	Suurstofinhoud	65
5.3	FISIESE TOETSE	65
5.3.1	Hardgrove-maalbaarheidsindeks	65
5.3.2	Afskuurbaarheidsindeks van steenkool	67
5.4	VERKOOKSINGSTOETSE	68
5.4.1	Swelsyfer	68
5.4.2	Roga-indeks	69
5.4.3	Dilatasie	70
5.4.4	Plastisiteit	71
5.5	INVLOED VAN MINERALE OP ANALITIESE RESULTATE	71
5.5.1	Droë asvrye basis (dav)	72
5.5.2	Droë, mineraalvrye basis (dmmv)	72
5.6	PETROGRAFIESE ANALISES	75
5.6.1	Maseraalanalise	75
5.6.2	Mikrorots- of mikrolitotipe-analise	76
5.6.3	Reflektiwiteitsbepalings	77
6.	<u>ONDERLINGE VERWANTSKAPPE VAN EIENSKAPPE</u>	82
6.1	DIE SEYLERDIAGRAM	82
6.2	DIE SEYLERDIAGRAM VIR SUID-AFRIKAANSE STEENKOOLO (M C J VAN VUUREN)	82
6.3	DIE SEYLERDIAGRAM VIR SUID-AFRIKAANSE STEENKOOLO (SNYMAN ET AL.)	84
6.4	DIE SEYLERDIAGRAM VIR SUID-AFRIKAANSE STEENKOOLO (GEBIEDSGEBONDE)	84

6.4.1	Die Seylerdiagram: C-H: VW-VS- verwantskappe	84
6.4.2	Onderverdelings van die Seylerdiagram op grond van VS-VW-verwantskappe	90
6.4.2.1	Die C-H-O-korrelasie	92
6.4.2.2	Tipe in terme van vlugstofinhoud en verhittingswaarde	96
6.4.2.3	Rang in terme van vlugstofinhoud en verhittingswaarde (Maksimum reflektiwiteit - $Rov_{(maks)}$)	105
6.4.2.4	Toevalsreflektiwiteit ($Rov_{(rand)}$): Maksimum- reflektiwiteit ($Rov_{(maks)}$)	106
6.4.2.5	Teerinhoud (Fischer-analise)	111
6.4.2.6	Swelsyfer	116
6.4.2.7	Roga-indeks	117
6.4.2.8	Hardgrove-maalbaarheidsindeks.	120
7.	<u>KLASSIFIKASIE VAN STEENKOOL</u>	127
8.	<u>GEVOLGTREKKING</u>	133
9.	<u>LITERATUURVERWYSINGS</u>	136

BEDANKINGS

Hiermee wil ek graag my opregte dank en waardering betuig aan die volgende persone en instansies sonder wie se hulp hierdie verhandeling nie voltooi sou kon word nie:

- (a) Prof C P Snyman vir raad en leiding;
- (b) Mnr M C J van Vuuren vir hulp en raad;
- (c) Mej E Fourie en mev L van Wyk vir die taalkundige versorging;
- (d) Mev R McVittie vir die teken van figure en diagramme;
- (e) Mev R Pienaar vir die tikwerk;
- (f) Die NISN vir toestemming wat verleen is om die eksperimentele gegewens te gebruik;
- (g) Mnr K van Greuning en ander lede van die Opname-Afdeling vir die analisering van die steenkoolmonsters;
- (h) Mej C E Erasmus, mev V M du Cann en dr K Kruszewska van die Petrografiese Seksie wat behulpsaam was met die petrografiese ondersoeke.

ABSTRACT

The chemical and physical characteristics of coal display a direct relationship to rank and type. Each maceral with a given rank will therefore have a more or less definitive chemical and physical composition. Rank, grade and type can effectively be applied to characterise coal. To a great extent these characteristics determine the technological utilisation potential of coal.

European researchers have already identified these characteristics with respect to Northern Hemisphere coal. These correlations cannot, however, be applied directly to South African coal because of the differences in mode of origin of the coal.

The objectives of this thesis are to correlate the chemical (carbon, hydrogen, oxygen, volatile matter content and calorific value) and the physical characteristics (HGI) and the coking properties (swelling number and roga index) with each other and with the petrographic characteristics.

Coal samples of collieries in the Transvaal, Natal and the Orange Free State have been collected and proximate analyses, ultimate analyses, swelling numbers, HGI, calorific values and petrographic analyses have been carried out on them.

Dry ash-free C and H values were originally used to compile a Seyler diagram for South African coal in which the calorific value and volatile matter were related to the elemental composition. Owing to various factors influencing the coal characteristics, the distribution pattern of the volatile matter values is not equidistant as that of the calorific values. Although a linear pattern exists, the isolines do not keep the same distance from one another as is the case with the calorific values with the result that four areas can be distinguished:

- Area 1 : Volatile matter higher than 30%;
- Area 2 : Volatile matter higher than 15% but lower than 30%;
- Area 3 : Volatile matter higher than 6% but lower than 15%;
- Area 4 : Volatile matter lower than 6%.

Correlation relationships were found on this Seyler diagram by using dry ash-free volatile matter and calorific values. In the case of certain parameters these relationships were relatively poor.

An approach was subsequently followed in which the coalfields were subdivided into geographic areas, namely the Witbank-Middelburg area, the Ermelo-Belfast-Piet Retief area, the Orange Free State area and the Natal area. Correlations have been established with respect to the C, H and O contents, type, rank, tar yield, swelling number, roga index and HGI. Apart from these relationships the connection between $Rov_{(max)}$ and $Rov_{(rand)}$ was also determined, as well as the correlation between vitrinite and RSF for normal and beneficiated products.

These correlation relationships were in general very good and as a result any two determined values (preferably the volatile matter content and calorific value) can be used to derive the values of all the other parameters graphically or it can be calculated with the aid of formulae.

SAMEVATTING

Die chemiese en fisiese eienskappe van steenkool toon 'n direkte verwantskap met rang en tipe. Elke maseraal met 'n gegewe rang sal dus 'n min of meer definitiewe chemiese en fisiese samestelling hê. Rang, graad en tipe kan nuttig aangewend word om steenkool te karakteriseer. Hierdie eienskappe bepaal ook grootliks die tegnologiese gebruiksmoontlikhede van steenkool.

Europese navorsers het hierdie verwantskappe reeds geïdentifiseer met betrekking tot steenkool afkomstig uit die Noordelike Halfronde. Hierdie korrelasies kan egter nie sonder meer op Suid-Afrikaanse steenkool toegepas word nie, vanweë verskille in die ontstaanswyse van die steenkool.

Die doel van die verhandeling is om die chemiese eienskappe (koolstof-, waterstof-, suurstof- en vlugstofinhoud asook die verhittingswaarde) die fisiese eienskappe (HGI) en verkooksingseienskappe (swelsyfer en roga-indeks) met mekaar en met die petrografiese eienskappe te korreleer.

Steenkoolmonsters van myne in die Transvaal, Natal en die Oranje-Vrystaat is ingesamel en kortanalises, elementanalises, swelsyfers, HGI, verhittingswaardes en petrografiese analises is op die monsters uitgevoer.

Droë asvrye C- en H-waardes is aanvanklik gebruik om 'n Seylerdiagram vir Suid-Afrikaanse steenkool op te stel waar die verhittingswaarde en vlugstofinhoud met die elementsamestelling in verband gebring is. Weens verskeie faktore wat die steenkooleienskappe beïnvloed, het die vlugstofwaardes nie 'n eweredige verspreidingspatroon soos die verhittingswaardes nie. Alhoewel 'n lineêre verspreidingspatroon voorkom, is die isolyne nie eweredig soos in die geval van die verhittingswaarde nie en kan vier gebiede op grond van die vlugstofinhoud onderskei word:

- Gebied 1 : Vlugstof hoër as 30%;
- Gebied 2 : Vlugstof hoër as 15% maar laer as 30%;
- Gebied 3 : Vlugstof hoër as 6% maar laer as 15%;
- Gebied 4 : Vlugstof laer as 6%.

Korrelasieverwantskappe is op dié Seylerdiagram aangebring deur gebruik te maak van droë asvrye vlugstof- en verhittingswaardes. Dié verwantskappe was relatief swak vir sekere parameters.

Benadering is daarna gevolg waar die steenkoolvelde in geografiese gebiede onderverdeel is naamlik die Witbank-Middelburg-area, die Ermelo-Belfast-Piet Retief-area, die Oranje-Vrystaat-area en die Natal-area. Korrelasies is gevind ten opsigte van die C-, H- en O-inhoud, tipe, rang, teeropbrengs, swelsyfer, roga-indeks en HGI. Benewens dié verwantskappe is die verband tussen $Rov_{(maks)}$ en $Rov_{(rand)}$ ook bepaal, asook die korrelasieverwantskap tussen vitriniet en RSF vir normale en veredelde produkte.

Dié korrelasieverwantskappe is oor die algemeen baie goed en gevolglik kan met behulp van enige twee bepaalde waardes (verkieslik vlugstofinhoud en verhittingswaarde) afgeleide waardes van al die ander veranderlikes grafies bepaal of met behulp van formules bereken word.

1. INLEIDING

Steenkool is 'n geredelik brandbare gesteente wat meer as 50% per massa en meer as 70% per volume koolstofhoudende materiaal insluitende inherente vog bevat. Dit het deur die kompaksie en verharding van verskeie soorte plantreste, soortgelyk aan dié van veen, gevorm. Verskille in die soort plantmateriaal (tipe), die graad van metamorfose (rang) en die mate van onsuiverheid (graad) is kenmerkend van steenkool en word algemeen in klassifikasies gebruik (Bates & Jackson, 1980, p. 120).

Afsetting van dooie organiese plantmateriaal vind in 'n geskikte afsettingskom plaas waarna die plantmateriaal deur prosesse van diagenese (biochemiese inkoling) en metamorfose (geochemiese inkoling) in steenkool omgesit word (Van Krevelen, 1982, p. 2-3).

Die graad van steenkool word weergegee deur sy mineraalinhoud. Die vorm en verspreiding van die mineraalbestanddele in steenkool bepaal die mate waartoe dit doeltreffend veredel kan word. Hierdie eienskappe is tot 'n groot mate die resultaat van die aanvanklike afsetting van die dooie organiese plantmateriaal in die afsettingskom (Van Krevelen, 1982, p. 2-3).

Tydens die diagenetiese proses word die plantmateriaal tot 'n wisselende mate afgebreek en afhangende van die soort plantmateriaal en die biochemiese inkolingsproses sal sekere maserale vorm wat vir bitumineuse steenkool in drie hoofgroepe ingedeel word, naamlik die vitriniet-, eksiniet- en inertinietgroep. Analities word hierdie maserale (tipe) petrografies deur middel van 'n maseraalanalise geïdentifiseer (Van Krevelen, 1982, p. 2-3).

Tyd, druk en temperatuur beheer die geochemiese inkolingsproses. Die rang van steenkool is die graad van metamorfose wat die plantmateriaal ondergaan het en word gekarakteriseer deur die eienskappe en chemiese samestelling van die vitrinitiese maserale. Die rang van steenkool word petrografies deur die reflektiwiteit van vitriniet weergegee (Van Krevelen, 1982, p. 3).

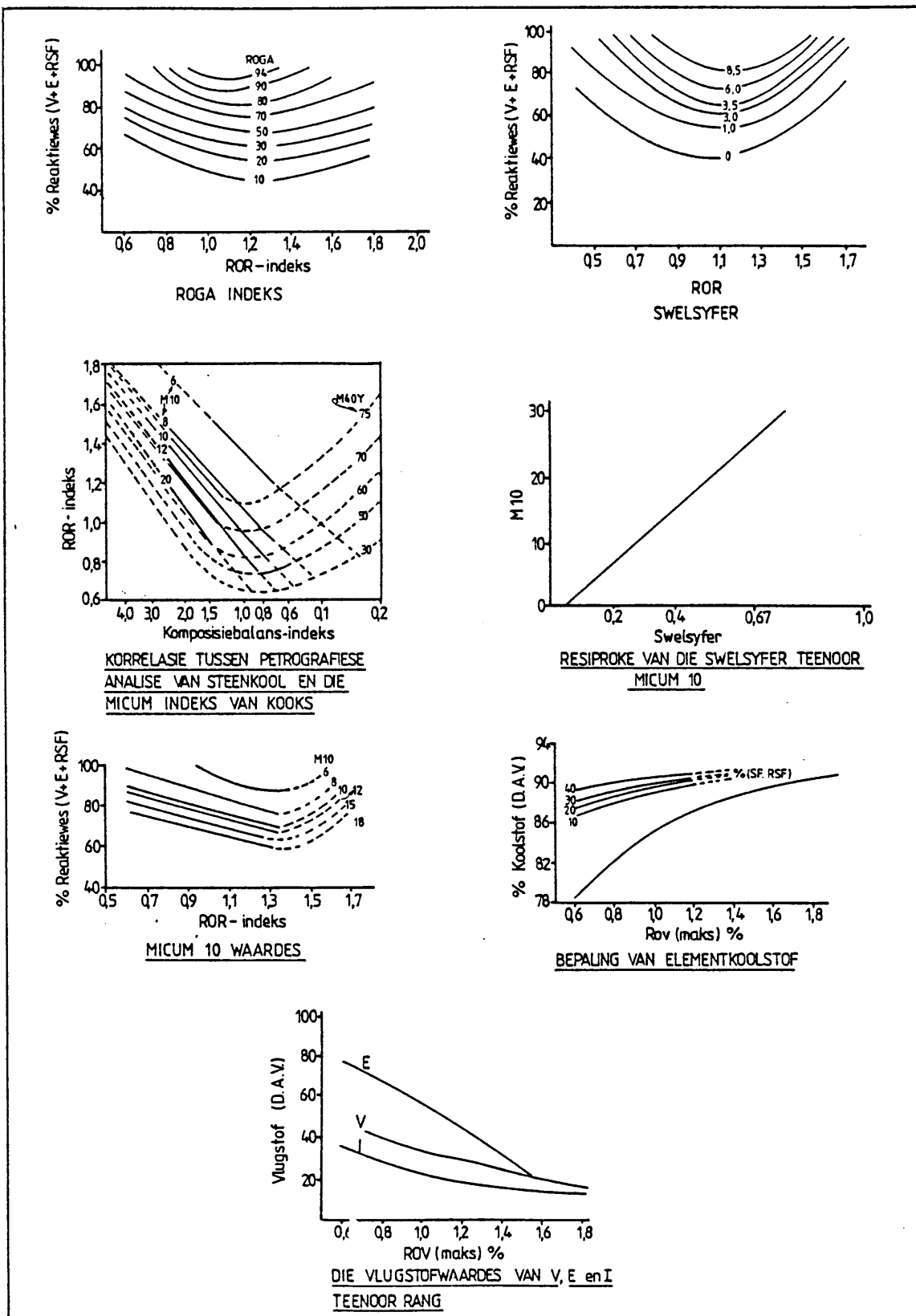
Die chemiese en fisiese eienskappe van steenkool toon 'n direkte verwantskap met rang en tipe. Elke maseraal met 'n gegewe rang sal dus 'n min of meer definitiewe chemiese en fisiese samestelling hê. Rang, tipe en graad kan dus nuttig in die praktyk aangewend word om die tegnologiese gebruiksmoontlikhede van steenkool te bepaal.

Petrografiese metodes word algemeen gebruik om steenkool te karakteriseer en navorsers soos Ammossov, Schapiro, Gray, Taylor, Brown, Van Krevelen, Mackowsky en andere in Europa en Noord-Amerika het baanbrekerswerk verrig ten opsigte van die petrografiese karakterisering van steenkool vir verkooksing, hidrogenering, vergassing en verbranding (Mackowsky, 1981, p. 7-17; Brown, Taylor & Cook, 1964, p. 43-53 en Taylor, Mackowsky & Alpern, 1967, p. 431-440).

Die verwantskappe wat gevind is, kan egter nie sonder meer op Suid-Afrikaanse steenkool toegepas word nie vanweë verskille in die ontstaanswyse van die steenkool. Dit is dus noodsaaklik om soortgelyke verwantskappe vir Suid-Afrikaanse steenkool te bepaal (Falcon, 1977, p. 198-216; 1978, p. 33-51; 1978, p. 130-151). Die verband tussen die verkooksings- en ander eienskappe en die petrografie van Suid-Afrikaanse steenkool soos bepaal deur Smith en andere (1981, p. 1-18) en Steyn en Smith (1977, p. 107-117) word in Fig. 1 weergegee. Snyman, Van Vuuren en Barnard (1983, p. 12-62) het betroubare verwantskappe tussen die petrografiese, chemiese en fisiese eienskappe van Suid-Afrikaanse steenkool op 'n regionale skaal vasgestel.

Die doel van die huidige ondersoek is om van hierdie verwantskappe op 'n geografiese basis meer akkuraat te bepaal en om bykomende veranderlikes te betrek. Daarvoor is data wat by die NISN beskikbaar is gebruik. Dit is aangevul deur resultate op monsters wat spesiaal vir die doel versamel en/of voorberei is.

Om 'n duidelike begrip te vorm van die belangrikheid van sulke verwantskappe en van die probleme wat inherent aan die bepaling daarvan is, is 'n beknopte oorsig van die Suid-Afrikaanse steenkoolnywerheid en die ontstaan van steenkool noodsaaklik.



Figuur 1: Die verband tussen verkooksings- en ander eienskappe van steenkool volgens Smith, Roux & Steyn (1981).

2. DIE ONTWIKKELING VAN DIE SUID-AFRIKAANSE STEENKOOLOGYWERHEID

Met die ontdekking van diamante by Kimberley in 1869 het daar vir die eerste keer 'n werklike aanvraag na steenkool ontstaan en 'n bloeitydperk is vir die steenkoolnywerheid ingelei. Die ontdekking van goud aan die Witwatersrand in 1886 het die aanvraag na steenkool verder laat toeneem en nuwe steenkoolvelde is aan die Oos-Rand ontwikkel.

In Tabel 1 word die totale steenkoolverkope (miljoen ton) en die verspreiding daarvan volgens verbruikerskategorie uiteengesit (Jaarverslae BNI, 1980, p. 6; BNI, 1981, p. 6, NISN, 1983, p. 5 en Mineraalburo, 1985).

TABEL 1: DIE TOTALE STEENKOOLOGYVERKOPE (Mt) EN DIE VERSPREIDING DAARVAN VOLGENS VERBRUIKERSKATEGORIE

Verbruikers- kategorie	1984	1983	1982	1981	1980	1979	1978
Uitvoer	38 068	29 697	27 491	29 881	28 440	23 670	15 630
Vervoer	1 112	1 214	1 458	1 725	1 960	1 980	2 220
Elektrisiteit *	62 633	59 074	63 593	58 291	58 850	53 490	47 890
Mynbou	855	990	881	1 097	910	840	610
Nywerhede **	43 131	36 439	27 753	22 733	16 130	12 200	12 400
Metallurgies	8 108	7 079	9 597	9 270	7 530	7 600	6 940
Handelaars, ***	5 670	3 887	4 252	4 611	3 750	3 370	3 880
huishoudelik en ongespesifiseerd							
TOTAAL ≠	159 577	138 380	135 026	127 607	117 570	103 150	89 570

* Sluit outoprodusente uit.

** Sluit sintetiese brandstowwe, gas, die chemiese bedryf, konstruksiestowwe, landbou en ander nywerhede in.

*** Sluit bedryfsverkope in.

≠ Weens verskille in die grondslag van rapportering mag die syfers in 'n mindere mate van die werklike produksie- en verkoopstatistieke verskil.

Suid-Afrikaanse steenkool word dus hoofsaaklik as energiebron vir die opwekking van elektrisiteit gebruik.

In 1906 het die "Victoria Falls and Transvaal Power Company" (VFP) ontstaan wat na die elektrisiteitsbehoefte van Suid-Afrika omgesien het (Power, 1980, p. 13). In 1919 het C J Merz op versoek van die regering 'n ondersoek na elektrisiteitsbehoefte onderneem en in 1920 is 'n verslag aan Generaal J C Smuts, die destydse Eerste Minister, voorgelê. Merz se aanbevelings is in 1922 aanvaar en dit het in 1923 tot die ontstaan van die Elektrisiteitsvoorsieningskommissie (Eskom) met sy hoofkwartier in Johannesburg gelei (Power, 1980, p. 15-17). Die VFP is in 1948 deur Eskom uitgekoop.

In Tabel 2 word Eskom se huidige opwekkingstelsel wat uit ses-en-twintig kragentrales bestaan, uitgebeeld (Eskom Jaarverslag, 1985, p. 56). Eskom se steenkoolverbruik, kragstasiekapasiteit, elektrisiteitslewering en -verkope word in Tabel 3 uiteengesit (Shackley, 1984, F4 en Eskom Jaarverslag, 1985, p. 19 en p. 58).

TABEL 2: EVKOM-KRAGSENTRALES IN BEDRYF

Naam van stasie	Type	Plek	Aantal generatorstelle en ontwerpvermoe in MW	Totale geïnstalleerde vermoe in MW ¹	Totale uitstuurvermoe in MW ¹
Acacia	Gasturbine	Kaapstad	3 × 57	171	171
Arnot	Steenkool	Middelburg, Tvl	6 × 350	2 100	1 980
Camden	Steenkool	Ermele	8 × 200	1 600	1 520
Drakensberg	Pompopgaar	Bergville	4 × 250	1 000	1 000
Duvha	Steenkool	Witbank	6 × 600	3 600	3 450
Grootvlei	Steenkool	Balfour	6 × 200	1 200	1 130
Hendrik Verwoerd	Hidroëlektries	Norvalspont	4 × 80	320	320
Hendrina	Steenkool	Hendrina	10 × 200	2 000	1 900
Hexrivier	Steenkool	Worcester	3 × 20; 2 × 30	120	111
Highveld	Steenkool	Sasolburg	8 × 60	480	412
Ingagane	Steenkool	Newcastle	5 × 100	500	465
Klip ²	Steenkool	Vereeniging	4 × 33	132	81
Koerberg	Kern	Kaapstad	2 × 965	1 930	1 840
Komati	Steenkool	Middelburg	5 × 100; 4 × 125	1 000	906
Knel	Steenkool	Bethal	6 × 500	3 000	2 850
Matla	Steenkool	Bethal	6 × 600	3 600	3 450
Port Rex	Gasturbine	Oos-Londen	3 × 57	171	171
Soutnrievier	Steenkool	Kaapstad	4 × 30; 2 × 60	240	228
Taaibos	Steenkool	Sasolburg	8 × 60	480	440
Tutuka	Steenkool	Standerton	1 × 609	609	585
Umtata	Steenkool	Pinetown	4 × 30; 2 × 60	240	222
Vaal ³	Steenkool	Viljoensdrif	9 × 33	318	270
Vanderkloof	Hidroëlektries	Petrusville	2 × 110	220	220
Vierfontein	Steenkool	Viljoenskroon	12 × 30	360	336
West Bank	Steenkool	Oos-Londen	3 × 15; 2 × 20	85	80
Wilge	Steenkool	Witbank	2 × 30; 3 × 60	240	221
Totaal in bedryf, 26 Eskom-kragstasies⁴				25 716	24 359
Subtotaal, steenkool (20 stasies) ⁵				21 904	20 637
Subtotaal, gasturbine (2 stasies) ⁶				342	342
Subtotaal, hidroëlektries (2 stasies) ⁷				540	540
Subtotaal, pompopgaar (1 stasie) ⁸				1 000	1 000
Subtotaal, kern (1 stasie) ⁹				1 930	1 840
Totaal in bedryf, 26 Eskom-kragstasies				25 716	24 359

TABEL 3: PRODUKSIE, VERBRUIK EN VERKOPE VAN ELEKTRISITEIT

Bedryfstatistiek																																																													
	1985	1984	1983	1982	1981																																																								
Installasieprestasie																																																													
Totale kragstasievermoe, geïnstalleerde vermoe, MW	25 716	25 514	22 949	21 749	20 049																																																								
Totale kragstasievermoe, toegewese uitstuurvermoe, MW	24 359	23 168	21 673	20 523	18 989																																																								
Spitsaanvraag op geïntegreerde Evkomstelsel, MW	17 852	17 296	15 639	15 532	14 674																																																								
Gemiddelde stasiebesikbaarheid ¹	77,5	74,9	71,9	74,3	74,2																																																								
Stasielasfaktor, persent ²	58,0	58,1	55,6	59,3	62,2																																																								
Geïntegreerde Evkomstelsel lasfaktor, persent	76,2	75,0	76,9	75,3	77,6																																																								
Steenkool verbrand, duisende ton	59 488,6	58 703,6	55 010,2	55 198,4	53 903,7																																																								
Steenkool verbrand, kg/kWh uitgestuur	0,522	0,533	0,546	0,551	0,563																																																								
Gemiddelde hittekoers van steenkoolkragstasies, MJ/kWh uitgestuur	11,26	11,45	11,57	11,82	12,01																																																								
Gemiddelde hitte-inhoud van steenkool (soos ontvang), MJ/kg	21,52	21,38	21,11	21,39	21,25																																																								
Algemene termiese rendement, uitstuurbasis	32,0	31,4	31,1	30,5	30,0																																																								
Gemiddelde steenkoolkoste, R/ton	13,25	12,55	12,44	11,75	9,71																																																								
Gemiddelde steenkoolkoste, c/kWh uitgestuur	0,691 6	0,669 2	0,679 3	0,647 1	0,547 3																																																								
Elektrisiteitslewering																																																													
Totale elektrisiteit in S. A. uitgestuur, miljoen kWh ³	125 962	120 835	112 366	109 536	106 135																																																								
Evkom-elektrisiteit uitgestuur as persentasie van S. A. totaal	94,7	94,3	93,8	93,6	93,9																																																								
Totale elektrisiteit op Evkomstelsel uitgestuur (Evkomstasies en gekoop), miljoen kWh ⁴	122 494	117 086	108 321	104 920	100 425																																																								
Totaal uitgestuur vanaf Evkomstasies, miljoen kWh	121 987	116 581	103 295	102 769	97 824																																																								
Subtotaal van steenkoolstasies, miljoen kWh	113 941	110 094	100 738	100 217	96 675																																																								
Subtotaal van hidro-elektriese stasies, miljoen kWh	624	560	595	1 016	1 653																																																								
Subtotaal van pompogbaarstasies, miljoen kWh	2 107	1 994	1 957	1 519	415																																																								
Subtotaal van diesel- en gasturbinestasies, miljoen kWh	0	8	5	17	81																																																								
Subtotaal van kernkragstasies, miljoen kWh	5 315	3 925	—	—	—																																																								
Totaal aangekoop deur Evkom en op Evkomstelsel uitgestuur, miljoen kWh	507	505	5 026	2 151	2 601																																																								
Totaal verbruik deur Evkom, miljoen kWh ⁵	3 265	3 188	2 917	2 404	712																																																								
Totaal beskikbaar vir verspreiding, miljoen kWh	119 229	113 898	105 404	102 516	99 713																																																								
Totaal verkoop, miljoen kWh ⁶	112 305,9	106 904,1	98 251,1	96 135,9	93 844,0																																																								
Groei in kWh-verkope, persent	5,1	8,8	2,2	2,4	7,2																																																								
Werknemers																																																													
Totaal op 31 Desember	66 000	64 560	62 420	58 850	52 080																																																								
Verhouding: aantal/miljoen kWh verkoop	0,588	0,604	0,635	0,612	0,555																																																								
Bates																																																													
In bedryf op 31 Desember, Rand duisende	15 496 953	12 058 241	9 218 946	7 689 399	6 323 048																																																								
Verhouding: Rand duisende/miljoen kWh verkoop	137,99	112,79	93,83	79,98	67,38																																																								
¹ Kapasiteite beskikbaar × 100/totale kapasiteite in jaar. ² kWh uitgestuur × 100/toegewese uitstuurvermoe × ure in jaar. ³ Elektrisiteit deur Evkom uitgestuur en munisipaliteite wat al of 'n gedeelte van hulle elektrisiteitsversies ontwikkel. ⁴ Sluit Evkom-elektrisiteit in na buurlande uitgestuur. ⁵ M b L pompogbaarstasie en asinchrone kapasitorbedryfsmodus. Sien Tabel 1, Aantekening 8. ⁶ Verskil tussen elektrisiteit beskikbaar vir verspreiding en elektrisiteit verkoop is toe te skryf aan transmissieverlies.																																																													
Plaastoevoere																																																													
soos op 31 Desember																																																													
Plaastoevoere behels toevoere wat aan landbou- en kleinhoewes voorsien word en hoofsaaklik vir boerderydoeleindes gebruik word.																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6"></th> <th colspan="2" style="text-align: center;">Gemiddelde</th> </tr> <tr> <th colspan="6"></th> <th style="text-align: center;">Toename</th> <th style="text-align: center;">jaarlikse</th> </tr> <tr> <th colspan="6"></th> <th style="text-align: center;">1984 -</th> <th style="text-align: center;">toename</th> </tr> <tr> <th colspan="6"></th> <th style="text-align: center;">1985</th> <th style="text-align: center;">1981 -</th> </tr> <tr> <th colspan="6"></th> <th style="text-align: center;">%</th> <th style="text-align: center;">1985 %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1985</td> <td style="text-align: center;">1984</td> <td style="text-align: center;">1983</td> <td style="text-align: center;">1982</td> <td style="text-align: center;">1981</td> <td style="text-align: center;">1980</td> <td style="text-align: center;">8,2</td> <td style="text-align: center;">9,3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">70 364</td> <td style="text-align: right;">65 018</td> <td style="text-align: right;">59 098</td> <td style="text-align: right;">53 467</td> <td style="text-align: right;">49 238</td> <td style="text-align: right;">45 156</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>												Gemiddelde								Toename	jaarlikse							1984 -	toename							1985	1981 -							%	1985 %	1985	1984	1983	1982	1981	1980	8,2	9,3	70 364	65 018	59 098	53 467	49 238	45 156		
						Gemiddelde																																																							
						Toename	jaarlikse																																																						
						1984 -	toename																																																						
						1985	1981 -																																																						
						%	1985 %																																																						
1985	1984	1983	1982	1981	1980	8,2	9,3																																																						
70 364	65 018	59 098	53 467	49 238	45 156																																																								
Elektrisiteitsverkope aan verbruikers																																																													
Miljoen kWh																																																													
						Gemiddelde	Gemiddelde prys																																																						
						Toename	jaarlikse																																																						
						1984-1985	toename																																																						
						%	1981-1985																																																						
						1984	1985																																																						
Kategorie	1985	1984	1983	1982	1981	1980	%	1981-1985	1984	1985																																																			
Grootmaat-verkope ¹	37 568	35 541	32 729	32 349	29 961	26 923	5,7	6,9	3,593	4,127																																																			
Huishoudelik ²	1 203	1 144	1 078	1 020	1 002	906	5,2	5,3	6,662	7,521																																																			
Nywer-hede	38 123	36 118	32 286	30 959	31 091	29 373	5,5	5,4	3,595	4,112																																																			
Mynbou	30 825	29 506	28 021	27 372	27 131	25 882	4,5	3,6	3,268	3,795																																																			
Trekkrag	4 587	4 595	4 137	4 436	4 659	4 455	(0,2)	0,6	4,696	5,368																																																			
Totaal	112 306	106 904	98 251	96 136	93 844	87 539	5,1	5,1	3,584	4,118																																																			
¹ Sluit verkope in aan plaaslike owerhede en buurstate. ² Sluit staatsrekening in. Evkom voorsien 'n klein aantal huishoudelike kliente regstreeks: die meeste huishoudelike kliente word deur plaaslike owerhede voorsien.																																																													

Weens die toenemende vraag na elektrisiteit brei Evkom sy kragstasie-kapasiteit uit en nog ses kragentrales sal tot 1995 opgerig word (Tabel 4) (Evkom Jaarverslag, 1985, p. 57).

TABEL 4: UITBREIDING VAN EVKOM KRAGSTASIEKAPASITEIT TOT 1995

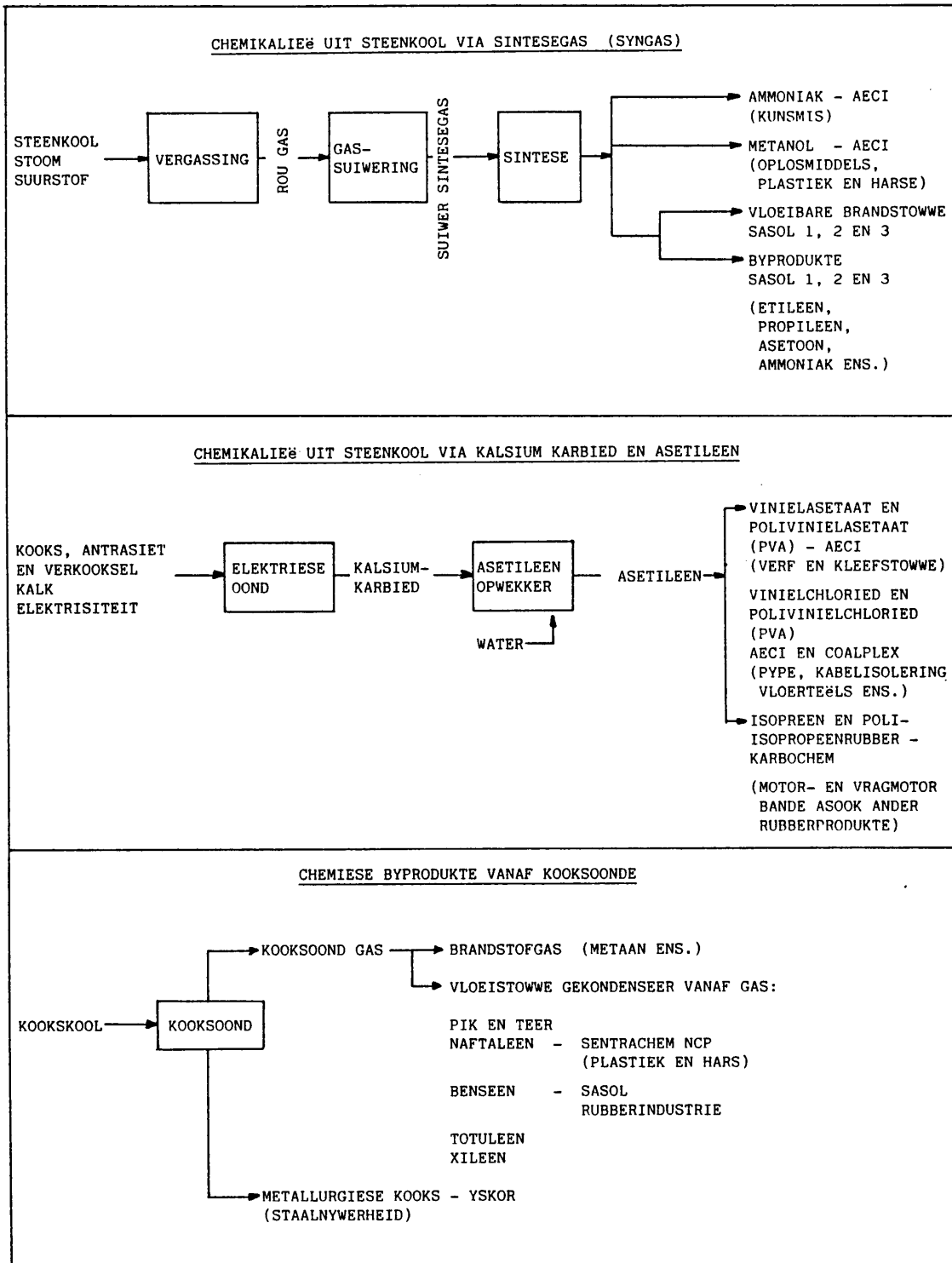
NAAM VAN STASIE	TIPE	PLEK	GEÏNSTALLEERDE VERMOË IN MW	UITSTUUR-VERMOË IN MW	VOLTOOIINGS-JAAR
Kendal	Steenkool	Kendal	4116	3780	1993
Lethabo	Steenkool	Vereeniging	3708	3558	1990
Majuba	Steenkool	Volksrust	3942	3690	1995
Matimba	Steenkool	Ellisras	3990	3690	1991
Palmiet	Pompogaar	Grabouw	400	400	1988
Tutuka	Steenkool	Standerton	3654	3510	1990

Drie-en-negentig persent van die land se elektrisiteit word deur Evkom opgewek en die balans deur munisipaliteite (Johannesburg, Kaapstad, Pretoria, Bloemfontein en Port Elizabeth) en nywerhede (Sasol) (Power, 1980, p. 18 en De Jager, 1976, p. 397-399).

Benewens die gebruik deur Evkom word groot hoeveelhede steenkool in ander nywerhede gebruik om 'n verskeidenheid van produkte te lewer. In die chemiese nywerhede word steenkool op die volgende vier maniere aangewend:

(1) as brandstof in ketels vir die opwekking van stoom en soms elektrisiteit; (2) as basiese grondstof vir die vervaardiging van sintesegas wat verder verwerk word na ammoniak, metanol en vloeibare brandstowwe; (3) as basiese grondstof vir die vervaardiging van kalsiumkarbied en asetileen wat verwerk word na polivinielasetaat (PVA), polivinielchloried (PVC) en poli-isopreen rubber (PIR) en (4) as basiese grondstof vir die vervaardiging van kooks in die staalnywerheid met neweprodukte van pik, teer, naftaleen, benseen, toluleen en xileen (Hart, 1984, F5).

Die mees algemene produkte wat uit steenkool deur die chemiese nywerhede vervaardig word en die vervaardiger, word in Fig. 2 uiteengesit (Hart, 1984, F5).



Figuur 2: Produkte vervaardig in die chemiese nywerheid (Hart, 1984, F5)

Die Suid-Afrikaanse Steenkool-, Olie-, en Gaskorporasie Beperk - tans bekend as Sasol Bedryf (Edms) Bpk - is in 1950 op Sasolburg met behulp van staatsfondse opgerig. In 1974 en 1979 is besluit om 'n tweede en 'n derde olie-uit-steenkoolnywerheid te Secunda op te rig. Sasol het in 1979 'n privaatmaatskappy geword waarin 70% van die aandele deur privaat beleggers gehou word. Die regering het egter 'n 50% aandeel in Sasol 2 behou, maar in 1983 is hierdie aandeel uitgekoop (Energy, 1984, p. 29 en Sasol Jaarverslag, 1984, p. 8-9). In Fig. 3 word 'n groepprofiel van die maatskappystruktuur weergegee waarin die werksaamhede van Sasol aangetoon word (Sasol-Jaarverslag, 1984, p. 8-9).

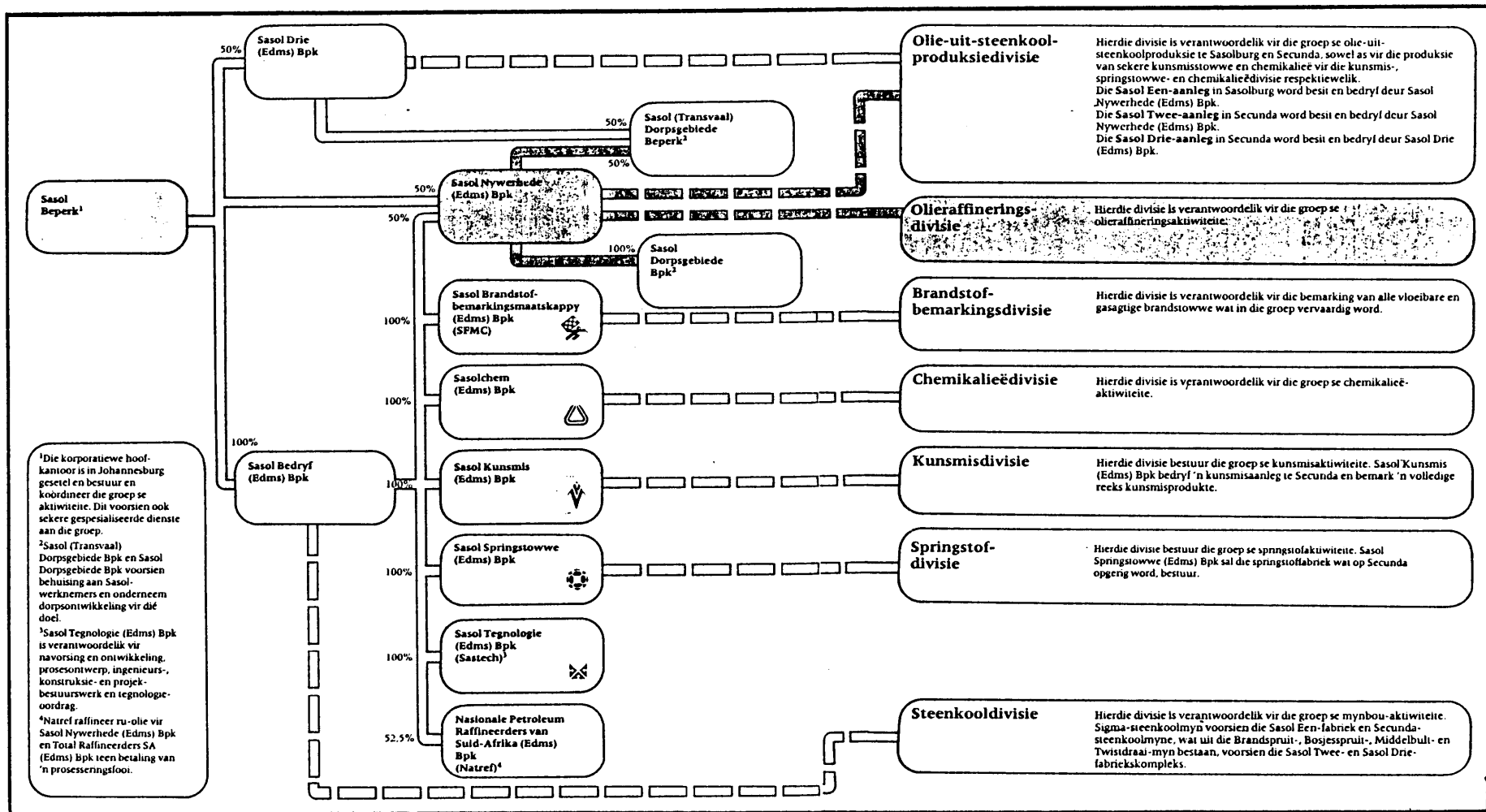
Staal is vir die eerste keer in Suid-Afrika in 1912 deur die "Union Steel Corporation" geproduseer. In 1928 is die Suid-Afrikaanse Yster en Staal Industriële Korporasie, Beperk (Yskor) gestig en sedertdien het dié korporasie tot een van die grootste staalprodusente ter wêreld ontwikkel (Department of Planning and the Environment, 1978, p. 62-66).

Twee hoofprosesse bestaan vir die produksie van staal. In Suid-Afrika word konvensionele kookshoogonde gebruik om die ystererts te reduseer. Die yster word dan verder na staal verwerk. Aangesien die beskikbaarheid van primêre kookskool in Suid-Afrika beperk is en al duurder word, is daar gedeeltelik na regstreekse reduksie vir die produksie van yster oorgegaan.

As reduseermiddel by regstreekse reduksie word van natuurlike gas of steenkool gebruik gemaak. Tans word 80% van die wêreld se regstreekse reduksie-aanlêe deur gas bedryf.

Yskor se vier-oond Lurgi SLRN reduksie-aanleg wat by Vanderbijlpark opgerig word, sal die grootste steenkoolreduksie-aanleg ter wêreld wees. Aanvanklik sal 900 000 ton Sishen-ystererts, 450 000 ton steenkool en 50 000 ton dolomiet verbruik word (Malan, 1984, F4, p. 13 en De Jager, 1976, p. 399-400).

Die gemiddelde verbruik van grondstowwe met die meegaande produksie en verkope van staalprodukte word in Tabel 5 uiteengesit (Yskor-Jaarverslag, 1985, p. 41).



Figuur 3: Groepprofiel van Sasol - struktuur en aktiwiteite (Sasol Jaarverslag, 1984, p. 8-9)

TABEL 5: PRODUKSIE EN VERKOPE VAN STAALPRODUKTE

Beskrywing	1985	1984	1983	1982	1981	1980
Grondstowwe verbruik (ton):						
Ystererts (insluitend fynerts vir versintering)	8 334 000	7 005 600	6 918 300	9 421 900	9 377 900	9 328 200
Kooksteenkool	4 905 400	4 859 800	4 939 000	6 262 300	6 207 500	6 454 100
Ander steenkool	503 700	315 600	294 200	429 900	418 900	424 600
Olismiet (ru)	933 100	886 700	889 100	1 301 000	1 363 100	1 438 400
Produksie (ton):						
Vloestaal	6 191 400	5 888 600	5 617 700	7 153 100	7 129 100	7 400 800
Persentasie gestringgiet	54,68	53,68	57,01	51,49	48,69	44,23
Verkope (ton):						
Staalprodukte	5 012 500	4 674 000	4 580 500	5 278 600	5 083 500	5 503 100
Ru-yster	181 000	36 700	46 700	107 400	163 700	188 800
Kookspoond-nuweprodukte	265 200	289 400	239 100	287 200	256 800	255 000
Ystererts	7 952 900	10 456 000	8 139 800	12 158 200	11 925 500	14 685 000
Bedryfsresultate:	R	R	R	R	R	R
Netto verkoopswaarde	2 606 884 000	2 424 614 000	2 047 210 000	2 290 835 000	1 967 264 000	1 904 330 000
Wins/(verlies)	17 788 000	317 438 000	(243 719 000)	(22 171 000)	62 868 000	77 453 000

African Explosives and Chemical Industries Ltd (AECI) vervaardig ammoniak as primêre produk uit steenkool. Die maatskappy se Ammoniakaanleg 2 op Modderfontein het 'n produksievermoë van 80 000 ton ammoniak per jaar met 'n gemiddelde steenkoolverbruik van 300 000 ton.

In 1975 is die maatskappy se Ammoniakaanleg 4, ook geleë te Modderfontein, met 'n produksie van 1 000 ton ammoniak per dag en 'n steenkoolverbruik van 800 000 ton in werking gestel. Die ammoniak word verder tot salpetersuur, ureum en ammoniumnitraat verwerk wat uitgangstowwe vir die vervaardiging van plofstof en kunsmis is (De Jager, 1976, p. 403).

AECI maak daarop aanspraak dat hulle die grootste plofstofaanleg ter wêreld op Modderfontein het en die tweede grootste ter wêreld op Somerset-Wes. Suid-Afrika is nie net een van die grootste verbruikers van plofstof nie (240 000 ton per jaar), maar is ook een van die grootste produsente. Slegs die Verenigde State van Amerika produseer meer plofstof as die RSA (BNI-Inligtingsbrosjyre, Junie 1976, p. 17-18).

Die lede van die Kamer van Mynwese koop ongeveer 85% van AECI se plofstofproduksie aan om in hul behoeftes te voorsien. Die res word aan steengroewe en siviele ingenieursmaatskappye verkoop, terwyl 15% van die produksie uitgevoer word (BNI-Inligtingsbrosjyre, Junie 1976, p. 18).

3. DIE PETROGRAFIE EN ONTSTAAN VAN STEENKOOL

3.1 LITOTIPES

Humiese steenkool vertoon makroskopies 'n gebande voorkoms as gevolg van afwisselende dowwe en blink lae. Na hierdie makroskopies waarneembare lae word as litotipes verwys. Marie C Stopes het in 1919 blinkkool onderverdeel in vitrain en klarain terwyl durain dowwe steenkool en fusain fossielhoutschool verteenwoordig (Van Krevelen, 1981, p. 58-59).

In Tabel 6 word die litotipes van humus- en sapropelsteenkool weergegee (Stach, 1975, p. 133).

TABEL 6: LITOTIPES

STEENKOOLTIPE	LITOTIPE	MAKROSKOPIESE EIENSKAPPE
Humussteenkool	Vitrain	Blink- of glanskool, swart van kleur met 'n helder glans. Bros met fyn krakies en neig om min of meer kubies te breek. Konsentreer in fyn materiaal.
	Klarain	Halfglanskool. Swart en fyngelaagd; Opgebou uit afwisselende dun lagies.
	Durain	Mat- of dowwe steenkool. Kleur wissel tussen grys en swart. Baie hard met breukvlakke wat grof en ru vertoon.
	Fusain	Fossielhoutschool. Besit 'n veselrige tekstuur met 'n syagtige glans; bros en gee maklik af.
Sapropelsteenkool	"Kennelkool"	Dowwe steenkool. Swart tot bruin met 'n effense glans; besit 'n skulpvormige breuk en gee 'n swart streep.
	Bogheadkool (Torbaniet)	Dowwe steenkool. Bruin tot swart van kleur met 'n bruin streep en 'n skulpvormige breuk.

3.2 MASERALE

Elke litotipe word opgebou uit identifiseerbare, min of meer homogene mikroskopiese entiteite wat maserale genoem word. Die name van die maserale word deur die agtervoegsel "-iniet" gekenmerk. Hierdie maserale is veranderde oorblyfsels van verskillende plantorgane.

Die oorspronklike plantmateriaal, die aanvanklike veranderingsproses (biochemiese inkoling) en die daaropvolgende geochemiese inkolingsproses het 'n belangrike invloed op die maserale en bepaal die uiteindelijke petrografiese, chemiese en fisiese eienskappe van die maserale.

Maserale van beide die ligniet- en bitumineuse stadium van inkoling word in drie groepe onderverdeel. Die huminitiese maserale van die ligniet stadium verskil van die vitrinitiese maserale van die bitumineuse stadium. Hierdie verskille word aan die oorgang van ligniet na laerangse bitumineuse steenkool as gevolg van bedekking deur jonger sedimente toegeskryf. Die nomenklatuur vir maserale van die liptiniet- en inertinietgroep is vir beide lignitiese en bitumineuse steenkool dieselfde.

In Tabel 7 is 'n uiteensetting waarin die huminitiese maserale van die ligniet stadium met vitrinitiese maserale van die bitumineuse stadium gekorreleer word (International Handbook of Coal Petrography, 1971).

Die petrografiese en chemiese eienskappe van die maseraalgroepe in die onderstaande bespreking is van toepassing op bitumineuse steenkool.

TABEL 7: KORRELASIE VAN HUMINITIESE MASERALE MET VITRINITIESE MASERALE

MASERAAL GROEP	MASERAAL SUB-GROEP	MASERAAL	SUBMASERAAL	MASERAAL GROEP	MASERAAL	SUBMASERAAL
HUMINIET	Humoteliniet	Tekstiniet	Tekso-ulminiet Eu-ulminiet	VITRINIET	Teliniet	Teliniet 1
		Ulminiet				Teliniet 2
	Humode-triniet	Attriniet Densiniet	Vitrodetriniet			
	Humokolliniet	Geliniet	Detrojelliniet Telojelliniet Eujelliniet Levijelliniet Porijelliniet		Kolliniet	Desmokolliniet Telokolliniet Gelokolliniet
		Korpohuminiet	Flobafiniet Pseudoflo-bafiniet			Korpokolliniet

3.2.1 Vitrinietgroep

In Tabel 8 word die petrografiese nomenklatuur en eienskappe van die maserale weergegee (Snyman, Van Vuuren, Barnard, 1983, Tabel 8). Met betrekking tot die chemiese eienskappe word die volgende eienskappe aan vitrinitiese maserale toegeken (International Handbook of Coal Petrography, 1971; Falcon, 1984, p. 35 en Snyman, Van Vuuren, Barnard, 1983, p. 12-36):

- (a) die organiese swael- en stikstofinhoud is meestal hoër as dié vir die inertiniet van dieselfde rang - (2,3% N en 0,6% S; 1,6% N en 0,2% S);
- (b) die suurstofinhoud is laer as in inertiniet;
- (c) die verhittingswaarde, waterstof-, vlugstof- en koolstofwaardes is hoër as die ooreenstemmende waardes vir inertiniet;
- (d) vitriniet het hoë swel-, plastiese- en bakeienskappe vir h gegewe rang; en
- (e) vitriniet hidrogeneer geredelik by lae- en mediumrangse steenkool waar die vlugstof relatief hoog is.

TABEL 8: PETROGRAFIESE NOMENKLATUUR : VITRINIETGROEP

Groep Maseraal	Maseraal	Submaseraal	Kleur	Reliëf *	Reflektiwiteit *	Struktuur en vorm
VITRINIET	Teliniet	-	Grys	A	E	Vertoon 'n duidelike selstruktuur van die oorspronklike plantmateriaal. Die selwande is gejjelliefiseer en geen interne strukture kom voor nie. Selholtes is rond of ovaalvormig en mag deur kolliniet, resiniet, mikriniet of kleiminerale opgevul wees.
	Kolliniet	Telokolliniet	Grys	A	E	Massiewe breë homogene vitrinitiese bande met duidelik afgebakende grense.
		Gelokolliniet	Grys	A	E	Suiwer kolloïdale jel met homogene struktuur. Geen definitiewe vorm en kom voor as onreëlmatige dun bande, impregnasies in krake of as selopvullings.
		Desmokolliniet	Grys	A	D	Massiewe dun onreëlmatige vitrinitiese bande met swak gedefinieerde grense.
		Korpokolliniet	Grys	A	E	Homogene, massiewe ronde, ovaalvormige liggame tot 300 µm in middellyn in steenkool wat geïsoleer of as selopvullings mag voorkom.
	Vitrode- triniet		Grys	A	D-E	Hoekige of afgeronde fragmente van vitrinitiese materiaal.

* Slegs as relatiewe waardes waar

A = Laag H = Hoog.

3.2.2 Eksinietgroep

Die petrografiese eienskappe van die maserale van die eksinietgroep word in Tabel 9 uiteengesit (Snyman, Van Vuuren, Barnard, 1983, Tabel 8). Eksiniet is intiem vergroei met ander maserale en word gevolglik moeilik van ander maserale geskei. Slegs beperkte studies is daarop uitgevoer en deur vergelyking en ekstrapolering is die volgende eienskappe aan eksiniet toegeken (International Handbook of Coal Petrography, 1971; Falcon, 1984, p. 39-40 en Van Krevelen, 1957, p. 239):

- (a) afhangende van die rang van die steenkool sal van eksiniet tydens karbonisering hoë opbrengste van gas en teer verkry word;
- (b) die oksidasietempo van eksiniet is laer as dié van vitriniet;
- (c) die H/C verhouding is hoog terwyl die O/C verhouding laag is;
- (d) die waterstof- en vlugstofinhoud is hoog en die koolstof- en suurstofinhoud is relatief laag.

Kombinasies van spoorgenera en -spesies is ook van groot belang by die stratigrafiese korrelering van lae.

TABEL 9: PETROGRAFIESE NOMENKLATUUR : EKSINIETGROEP

Groep Maseraal	Maseraal	Submaseraal	Kleur	Reliëf *	Reflektiwiteit *	Struktuur en vorm
LIPTINIET OF EKSINIET	Sporiniet		Bruin tot grys	B	C	Onoplosbare membrane van eksien en pektien afkomstig van spore en pollen Mikrospore kleiner as 200 μm . Makrospore 200-600 μm .
	Kutiniet		Bruin tot grys	B	C	Weerstandbiedende oorblyfsels van kutien afkomstig van die epidermis van blare en stamme. Hoofsaaklik verlengde strukture wat aan een kant getand is.
	Resiniet		Grys	A	B-C	Ronde of ovaalvormige reste van harse, olies en vette wat as geïsoleerde liggame voorkom (150-500 μm).
	Alginiet		Grys met 'n rooibruin tint in gereflek- teerde lig	A	A	Ovaalvormige olieryke algliggaampies met 'n karakteristieke vorm en 150-500 μm in middellyn.
	Liptode- triniet		Bruin-grys	A-B	B-C	Hoekige eksinitiese fragmente.

* Letters is relatiewe waardes waar A = Laag en B = Hoog

3.2.3 Inertinietgroep

Die term "inertiniet" is geskep om die nomenklatuur van die steenkool-petrograaf te vergemaklik en sluit maserale in wat naastenby dieselfde tegnologiese eienskappe besit. Die term impliseer nie dat die maserale geheel-en-al inert is nie, maar dat hulle meer inert as die reaktiewe vitriniet- en eksinietgroepe is. Die volgende eienskappe word aan die inertiniet toegeken (International Handbook of Coal Petrography, 1971; Falcon, 1984, p. 36-37; Snyman, Van Vuuren, Barnard, 1983, p. 12-36 en Van Krevelen, 1957, p. 239):

- (a) dit is onelasties en bros en bind nie maklik met ander komponente tydens brikettering nie;
- (b) tydens die verkooksingsproses is dit grotendeels inert;
- (c) dit is minder geskik vir hidrogenering omdat dit 'n laer waterstof tot koolstof verhouding as vitriniet het;
- (d) dit oksideer oor die algemeen nie so vinnig as vitriniet nie;
- (e) dit besit 'n relatiewe hoë hardheid;
- (f) die inertinitiese maserale besit laer koolstof- en waterstofwaardes en hoër suurstofwaardes as vitriniet; en
- (g) dit besit 'n hoë porositeit.

In Tabel 10 word die petrografiese eienskappe van die inertinitiese maserale uiteengesit (Snyman, Van Vuuren, Barnard, 1983, Tabel 8).

TABEL 10: PETROGRAFIESE NOMENKLATUUR : INERTINIETGROEP

Groep Maseraal	Maseraal	Submaseraal	Kleur	Reliëf *	Reflektiwiteit *	Struktuur en vorm	
INERTINIET	Semi-fusinet	-	Gryswit - wit	B	F	Swak ontwikkelde selstruktuur met ronde; ovaalvormige of langwerpige selholtes. Selwande is oor die algemeen dikker as by fusinet.	
	Fusinet	Piro-fusinet	Geel - geelwit	C	H	Fossielhoutschool wat ontstaan as gevolg van veldbrande. Besit 'n baie goed ontwikkelde selstruktuur.	
		Degrado-fusinet	Geelwit	D	G	Selstrukture is swak ontwikkel met 'n reflektiwiteit wat effens hoër is as die van semifusinet.	
	Makriniet		Grys - geel	B	F	Massief as 'n grondmassa of as geïsoleerde insluitels in die steenkool. Geen selstrukture is sigbaar nie en soms het dit 'n ronde of ovaal vorm.	
	Mikriniet		Geel - wit	A	G	Fynkorrelrige, korrelrige tekstuur. Korrelgrootte $\approx 1 \mu\text{m}$.	
	Sklerotinet	Fungosklerotinet		Grys - geelwit	C	F-G	Swamhifes.
		Pseudokorposlerotinet		Grys - geelwit	E	F-H	Diskrete afgeronde ronde of ovaalvormige liggame met 'n diameter wat tussen 20-300 μm wissel.
Inertode-trinet		Grys - geelwit	B-E	F-H	Hoekige of afgeronde fragmente van inertinitiese materiaal.		

* Letters is relatiewe waardes waar A = Laag en H = Hoog

3.2.4 Reaktiewe Semifusiniet (RSF)

Pseudovitrinië en semivitrinië is algemene terme wat vir 'n groep oorgangsmaserales tussen vitrinië en semifusinië gebruik word, maar in Suid-Afrika word na hierdie oorgangsmateriaal as RSF verwys.

Schapiro, Gray en Eusner (Stach, 1975, p. 360) asook Ammosov et al. (1964, p. 45) aanvaar dat een derde van die totale persentasie semifusinië reaktief is. Brown, Taylor en Cook (1967, p. 431) het egter hierdie stelling betwis en bewys dat die semifusinië as 'n inerte komponent tydens karbonisasie optree. Navorsing deur Taylor, Alpern en Mackowsky (aangehaal in Stach, 1975, p. 360) het ook bewys dat semifusinië nie in 'n verhouding van $\frac{1}{3}$ reaktiewes en $\frac{2}{3}$ inertes afgebreek kan word nie.

In Suid-Afrika word die Steyn-Smithmetode (1977) en Smith-, Roux- en Steynmetode (1981) gevolg waar die oorgangsmateriaal visueel getel word. Die identifikasie van hierdie maseraal is subjektief en berus op die volgende:

- (a) die reflektiwiteit van RSF is gewoonlik effens hoër as dié van vitrinië, maar laer as dié van inertinië;
- (b) RSF het 'n swak ontwikkelde selstruktuur;
- (c) die poleerhardheid van vitrinië en RSF is soortgelyk en indien 'n definitiewe reliëf waargeneem word, word die maseraal as inert beskou; en
- (d) indien die maserale 'n geel kleur vertoon, word hulle as inert beskou.

Tans is baie min inligting nog aangaande die presiese gedra_ en eienskappe van dié maseraal beskikbaar. Daar kan egter met sekerheid gesê word dat die eienskappe meer na die vitrinitiese maserale neig.

3.2.5 Die ontstaan van maserale

Gedurende die veenvormings- en verskimmelingsprosesse was die plantmateriaal aan humifikasie- en jellifikasieprosesse onderhewig. Stysel, sellulose, proteïen en pektien word maklik deur fungi en aërobiese bakterieë na gas en vloeistofprodukte afgebreek. 'n Gedeelte van hierdie materiaal bly egter as 'n soliede residu agter. Lignien en sellulose wat meer weerstandbiedend teen oksidasie en die inwerking van fungi en aërobiese bakterieë is, bly grotendeels as 'n humusryke residu behoue wat as humien bekend staan. Die humien was daarna aan 'n biochemiese jellifikasieproses onderwerp wat 'n peptiseringsproses verteenwoordig waartydens die humien in kolloïdale oplossings omgesit word wat mettertyd uitdroog om 'n vaste jel in situ te vorm. Dit word huminiet genoem (Stach, 1975, p. 180-187).

'n Rangverhoging van die huminitiese maserale om vitrinitiese maserale te vorm word aan laetemperatuur geochemiese inkoling toegeskryf (Stach, 1975, p. 187).

Liptiniet of eksiniet het gevorm uit waterstofryke plantreste wat hoofsaaklik uit sporopollenien, kutien, suberien, harse, vette en olies bestaan. Gedurende die veenvormingsproses was die liptiniet nie aan humifikasie- en jellifikasieprosesse onderhewig nie en hul eienskappe in die bruinkool- en laerangse bitumineuse stadium van inkoling verskil nie wesenlik nie. Gevolglik word dieselfde nomenklatuur vir ligniet en bitumineuse steenkool gebruik (Stach, 1975, p. 200-201).

Inertnitiese maserale ontstaan gedeeltelik deur 'n fusinitisasieproses uit lignien en sellulose onder droë toestande in 'n afsettingskom waar die grondwatervlak laag is. Hierdie fusinitisasieproses vind onder aërobiese toestande plaas en is die resultaat van die volgende:

- (a) vroeë verkoling as gevolg van woudbrande en
- (b) intense oksidasie tydens die verskimmelingsproses.

Geen humifikasie en jellifikasie vind plaas nie (Stach, 1975, p. 216-217).

Die ontstaan van maserale volgens Stach (1975, p. 181) word kortliks in Tabel 11 uiteengesit.

TABEL 11: DIE ONTSTAAN VAN MASERALE VOLGENS STACH

Hoof Plantbestanddele	Flobatanië	Lignien + Sellulose				Chitien + Melanien	Flobatanië Harse	Lignien - Sellulose + Melanien Flobatanië	Lipoïede Substans Sellulose	Lignien en Sellulose
Strukturele Elemente	Selopvullings	Selwande (Weefsel)	Humifikasie Sel-detrifus	Selwande (Weefsel)	Sel-detrifus	Donker Swamvlokke en Swamspore	Selopvulling	Donker selwande en Weefsel	1. Kolloïdaal 2. Insluitsels in spore en alge	Ingestuit in Selwande
Ligniet + Veen		Humifikasie Biochemiese Jellifikasie Tekstiniet Biochemiese Jellifikasie Ulminiet Jelliniet Geochemiese Jellifikasie Vitrinifisasie	Kolloïdale Humusryke Substans Humifikasie Attriniet	Verkoring Oksidasie Fusinifisasie Semifusinië Fusinië Makriniet	Inertodetriniet Detriniet	Sklerotinië	Semifusinië Fusinië	Resinië Bituminië	Tekstiniet	Geochemiese Inkoring
Bitumineuse Steenkool	Korpokollinië	Telinië Telokollinië Gelokollinië	Vitrodetrinië Desmokollinië	Semifusinië Fusinië Makriniet	Inertodetrinië	Skerotinië	Semifusinië Fusinië	Mikrinië	Semifusinië Fusinië	
		Vitriniëgroep			Inertiniëgroep					

Volgens Mackowsky (Van Krevelen, 1981, p. 79) en Erasmus (Snyman, 1976, p. 250) word die primêre inkolingsproses waartydens maserale gevorm word, in Tabela 12 en 13 uiteengesit.

TABEL 12: DIE ONTSTAAN VAN MASERALE VOLGENS MACKOWSKY

	Anaërobiese toestande	Gedeeltelike aërobiese toestande	
Stand van die water in die afsettingskom	Konstant en algeheel onder water	Wisselende watervlak Fase 1	Konstant onder water Fase 2
<u>1. Suiwer chemiese prosesse</u>			
pH	Neutraal (7)	Suur (< 7)	Neutraal (7)
	Suurkonsentrasie laag	Suurkonsentrasie hoog	Suurkonsentrasie laag
Atmosferiese suurstof	Geen toegang	Gedeeltelike toegang	Geen toegang
Moontlike reaksies	Reduksie en hidrasie	Oksidasie en hidrasie	Reduksie en hidrasie
Verrottingstempo	Stadig	Vinnig	Stadig
<u>2. Biologiese prosesse</u>			
Organismes wat bydra tot die afbrekingsprosesse van die plantmateriaal	Bakterieë	Fungi	Bakterieë
<u>3. Produk van prosesse 1 en 2</u>	Homogene produk met relatiewe lae koolstof en hoë waterstofwaardes	Homogene produk met selstrukture, hoë koolstof-, relatiewe lae waterstof- en hoë suurstofinhoud word gevorm.	
<u>4. Maseraal gevorm</u>	Vitriniet	Indien fase 1 lank is, fusiniet en sklerotiniet Indien fase 1 kort is, semifusiniet	
<u>5. Insluitsels aanwesig</u>	Mikrospore, makrospore en kutikulas	Mikrospore, makrospore en kutikulas	

TABEL 13: DIE ONTSTAANSWYSE VAN DIE MASERALE (VOLGENS ERASMUS (1964, p. 20), GEWYSIG)

MASERALE	UITGANGSTOF	Eh	pH	VERANDERINGSPROSES	WATERSTAND
Teliniet	lignien, sellulose	laag	laag tot hoog	humifikasie tot saprofikasie	hoog
Kolliniet	humussure (dopplriet)	laag	laag tot hoog	humifikasie tot saprofikasie	hoog
Vitrodetriniet	lignien, sellulose	laag	laag tot hoog	humifikasie tot saprofikasie	hoog en wisselend (klasties)
Mikriniet	lignien, sellulose	baie laag	hoog	humifikasie tot saprofikasie	hoog tot baie hoog
Makriniet	lignien, sellulose	hoog	laag	humifikasie tot verskimmeling	laag en standhoudend
Inertodetriniet	lignien, sellulose	hoog	laag	humifikasie tot verskimmeling	laag en wisselend (klasties)
Sklerotiniet	fungi, harse	hoog	laag	humifikasie tot verskimmeling	laag tot baie laag
Semifusiniet	lignien, sellulose	hoog	laag	humifikasie, verskimmeling, gedeeltelike verbranding	standhoudend laag
Fusiniet	lignien, sellulose	hoog	laag	humifikasie, verskimmeling, gedeeltelike verbranding	standhoudend laag
Sporiniet	spooreksiene	-	-	+ geen	wisselend (gedeeltelik klasties)
Kutiniet	kutikula	-	-	+ geen	nie van belang nie
Resiniet	harse	-	-	+ geen	nie van belang nie
Alginiet	alge	baie laag	hoog	saprofikasie	baie hoog

3.3 MINERALE

Benewens maserale wat suiwer organies van aard is, kom ook minerale wat anorganies van aard is, in steenkool voor. Hierdie minerale word volgens hul oorsprong as singeneties of epigeneties geklassifiseer.

Singenetiese minerale word verteenwoordig deur klastiese of allogene bestanddele wat deur water en wind in die afsettingskom tydens die vorming van die veenmoeras afgesit is en deur nuwe of outogene minerale wat tydens diagenese of biochemiese inkoling gevorm is. Hierdie minerale is gewoonlik intiem met die maserale vergroei (Stach, 1975, p. 121-122; Speight, 1983, p. 115-119 en Falcon, 1981, p. 40-41).

Epigenetiese minerale vorm uit oplossings na diagenese en word gewoonlik in krake, splete en holtes in steenkool aangetref. Geen intieme vergroeiings bestaan tussen die maserale en hierdie minerale nie en gevolglik kan die minerale relatief maklik van die maserale bevry word deur vergruising en vermaling sodat hulle deur fisiese skeidingstegnieke verwyder kan word (Stach, 1975, p. 121-122; Speight, 1983, p. 115-119 en Falcon, 1984, p. 40-41).

In Tabel 14 word die verskillende tipes minerale en hul oorsprong uitgebeeld (Speight, 1983, p. 118 en Stach, 1975, p. 127).

* TABEL 14: OORSPRONG VAN MINERALE

	Eerste Inkolingsstadium	Tweede Inkolingsstadium
Mineraal- groep	Singenetiese vorming: sedimentêr tot vroeë dia- genese (Intiem vergroei)	
	Vervoer deur water of wind	Vorm nuut
	Afgesit in splete, krake en holtes (Growwe ver-groeiings)	Transformasie vanaf singene-tiese minerale (Intiem ver-groei)
Klei- minerale	Kaoliniet, illiet, serisiet, montmorilloniet	Illiet chloriet
Karbonate	Sideriet ankeriet dolomiet kalsiet	Ankeriet dolomiet kalsiet
Sulfiede	Piriet markasiet	Piriet markasiet chalkopiriet galeniet Piriet as transformasie uit singenetiese konkresies van sideriet
Oksiede	Hematiet	Goethiet
Kwarts	Kwartskorrels	Kalsedoon & kwarts as verwerings-produkte van veldspaat en mika
Fosfate	Apatiet	Apatiet
Ander	Sirkoon rutiel toermalyn ortoklaas biotiet	Chloriede Sulfate Nitrate

Die tipiese verspreiding van die minerale in verskillende lae en gebiede in Suid-Afrika volgens Gaigher (1980, p. 43) word in Tabel 15 weergegee.

TABEL 15: VERSPREIING VAN MINERALE IN SA STEENKOOL-PRODUKMONSTERS (MASSAPERSENT)

Laag of Gebied	Aantal Monsters	Illiet	Kaoliniet	Kwarts	Kalsiet	Dolomiet	Sideriet	Piriet	Amorfe anorganiese bestanddele
Witbank Laag No. 2	5	10,1	34,1	5,2	3,8	4,7	2,0	5,2	34,9
Witbank Laag No. 4	2	-	27,2	18,7	6,3	4,2	0,3	4,1	39,2
Witbank Laag No. 5	4	5,6	25,5	28,7	1,6	1,7	0,1	2,0	34,8
Breyten-Ermelo	3	-	25,4	17,6	2,9	2,8	0,2	7,3	43,8
OVS en Suid-Rand	5	-	32,0	16,9	4,3	1,1	0,5	2,9	42,3
Kliprivier, Natal	6	49,6	11,7	6,4	3,5	0,9	0,1	6,7	21,1
Utrecht	4	21,4	9,6	9,4	15,3	1,2	0,5	8,7	33,9
Paulpietersburg-Vryheid	6	38,8	15,1	10,8	0,3	-	-	4,4	30,6
Transvaal en OVS	19	3,8	25,6	16,6	3,6	2,8	0,7	4,1	42,8
Natal	16	38,5	12,4	8,8	5,3	0,7	0,2	6,3	27,8
Algemene gemiddeldes vir produkmonsters	35	19,7	19,6	13,0	4,4	1,8	0,5	5,1	35,9

3.4 MIKROLITOTIPES OF MIKROROTSTIPES

Maserale word nie geïsoleer of afsonderlik in 'n steenkoollaag aangetref nie. In 1954 het C A Seyler die term mikrorotstipe voorgestel vir steenkoolbande met 'n dikte van meer as 50 μm waarin die maserale as maseraalassosiasies voorkom. Die name van mikrorotstipes word gekenmerk deur die agtervoegsel "-iet" (Stach, 1975, p. 108; Speight, 1983, p. 86 en International Handbook of Coal Petrography, 1971).

Afhangende van die tipe maseraalassosiasie word onderskei tussen mono-, bi- en trimaseraliese mikrolitotipes. In Tabel 16 word die mikrorotstipes met hulle kenmerkende maseraalassosiasie uitgebeeld (International Handbook of Coal Petrography, 1971; Stach, 1975, p. 258 en Speight, 1983, p. 86).

Benewens die terme wat in Tabel 16 voorkom, kan die volgende terme ook nuttig in mikrorotsanalises aangewend word (Stach, 1975, p. 110 en 258; Speight, 1983, p. 87 en 89).

Duroklariet : 'n trimaseritiese mikrorotstipe waar die persentasie vitriniet hoër as die persentasie inertiniet is.

Klaroduriel : 'n trimaseritiese mikrorotstipe waar die persentasie inertiniet hoër as die persentasie vitriniet is.

Vitrinertiet V: vitrinietryk waar die vitriniet/inertinietverhouding groter as 1,0 is en

Vitrinertiet I: inertinietryk waar die vitriniet/inertinietverhouding kleiner as 1,0 is.

TABEL 16: MIKROROTSTIPES

MIKROROTSTIPE	MASERAALASSOSIASIE (posisie van 20-punt kruishaar)
Vitriet (Mono)	Vitriniet. Al 20 interseksies op vitriniet.
Klariet (Bi)	Vitriniet + eksiniet. Minstens 1 interseksie op elke maseraal.
Vitrinertiet (Bi)	Vitriniet + inertiniet. Minstens 1 interseksie op elke maseraal.
Trimaseriet (Tri)	Vitriniet + eksiniet + inertiniet. Minstens 1 interseksie op elke maseraal.
Duriet (Bi)	Inertiniet en eksiniet. Minstens 1 interseksie op elke maseraal.
Inertiniet (Mono)	Inertiniet. Al 20 interseksies op inertiniet.
Liptiet (Mono)	Eksiniet. Al 20 interseksies op eksiniet.
<u>KARBOMINERIET</u>	
Karbargilliet	Steenkool + 20-60% kleiminerale.
Karbopiriet	Steenkool + 5-20% piriet.
Karbankeriet	Steenkool + 20-60% karbonate.
Karbosilisiet	Steenkool + 20-60% kwarts.
Karbopolimineriet	Steenkool + 20-60% minerale gemeng.

3.5 DIE ONTSTAAN VAN STEENKOOL

3.5.1 Afsettingsomgewing

Steenkool het gevorm in bepaalde afsettingsomgewings wat in limniese afsettings (binnelands) en paraliese afsettings (kusafsettings) ingedeel word. Paraliese afsettings vorm hoofsaaklik op deltas waar riviere in die see vloei, in strandmere en in kusmoerasse waar transgressies en regressies van die seevlak voorkom. Limniese afsettings kom in moerasse op vloedvlaktes van riviere en op deltas in binnelandse mere voor. In 'n breër tektoniese raamwerk vorm paraliese steenkoolafsettings gewoonlik deel van geosinklinale sedimentasie (Francis, 1954, p. 2-3; Stach, 1975, p. 9-16 en Stutzer, 1940, p. 159-161).

3.5.2 Die ontwikkeling van steenkoolfasies

Steenkoolfasies verwys na 'n primêre genetiese tipe steenkool en die toestande waaronder dit gevorm is. Die primêre eienskappe van 'n steenkoollaag word volgens Stach (1975, p. 18-33) deur die volgende faktore bepaal:

3.5.2.1 Soort afsetting

Volgens H Potonie (Francis, 1954, p. 9; Stutzer, 1940, p. 132-158; Stach, 1975, p. 19 en Speight, 1983, p. 34-35) is dit moontlik om die opeenhoping van plantmateriaal tweeledig in te deel, naamlik autochtoon en allochtoon. Autochtone afsettings vorm uit oorblyfsels van plante wat plaaslik gegroei het. Hierdie afsettings word onderverdeel in hipautochtone afsettings waar die steenkool ontstaan deur die opeenhoping van plantmateriaal na vervoer deur water, wind en swaartekrag uit die onmiddellike omgewing in die afsettingskom. Sulke steenkool is meestal tot 'n grotere mate met klastiese minerale gekontamineer. Euautochtone afsettings word deur plantmateriaal wat in situ voorkom, soos die regop boomstamme in die Rynse bruinkool naby Keulen, gekenmerk.

Allochtone afsettings vorm as plantmateriaal soos boomstompe, takke en blare van afgeleë lokaliteite in die afsettingskom ingespoel word. Hierdie afsettings word ook gekenmerk deur 'n relatiewe hoë mineraalinhoud, maar vorm selde steenkoollae wat oor groot afstande standhoudend is (Francis, 1954, p. 9; Speight, 1983, p. 35; Moore, 1940, p. 137-138 en Stutzer 1940, p. 132-168).

3.5.2.2 Veenvormende plantgemeenskappe

Op grond van die verskillende plantgenera wat in die afsettingskom aanwesig is, kan die volgende tipes van moerasse onderskei word:

- (a) oop waterareas met waterplante, veral drywende algkolonies;
- (b) oop moerasse met watergras, riete, waterbiesies en varings;
- (c) woud- en bosmoerasse; en
- (d) mosmoerasse - die sogenaamde Sphagnum-turf wat in hoogliggende gebiede by hoë breedtegrade voorkom.

3.5.2.3 Afsettingsomgewing

Steenkoolfasies waar die plantmateriaal bestaan uit moerasveen, rietveen en mosveen wat in situ voorkom, staan bekend as euautochtone afsettings. Limniese afsettings word meestal gekenmerk deur hipautochtone materiaal wat in moerasse en mere ingespoel is.

Paraliese afsettings verskil van die limniese afsettings en volgens M Teichmüller (Stach, 1975, p. 27) besit paraliese steenkoolafsettings die volgende eienskappe:

- (a) hulle is ryk aan swael, waterstof en stikstof;
- (b) hulle humusbestanddele is in 'n hoë graad van ontbinding; en
- (c) kalsiet-, dolomiet- en ankerietkonkresies of "coal balls" kom algemeen voor en bevat plantreste waarvan die oorspronklike strukture uitstekend bewaar is.

Kalkpresipitasie vind in die afsettingskom plaas as die pH van die veen drasties verhoog . Gevolglik neem bakteriële aktiwiteit toe en die biochemiese inkolingsprosesse word versnel. Paraliëse steenkoolafsettings word gevolglik gekenmerk deur hoër persentasies organiese swael en singenetiese piriet.

3.5.2.4 Voedingsbronne

Die beskikbaarheid van plantvoedingstowwe in die afsettingskomme sal die aard van die plantegroei in 'n moeras bepaal. 'n Eutrofiëse omgewing huisves 'n welige plantegroei en die afsettingsomgewing is beperk tot laagliggende vleie waar plante hul voedingstowwe uit die grondwater opneem. Hoogliggende gebiede (oligotrofiëse omgewing) huisves 'n klein aantal plantspesies wat van reënwater afhanklik is. Alle oorgangsgebiede tussen eersgenoemde twee gebiede staan bekend as mesotrofiëse.

3.5.2.5 pH waarde

Benewens die soort komme en die watertoevoer in die kom, is die suurgehalte ook afhanklik van die plantegroei, die suurstoftoevoer en die vlak van konsentrasie van die humussuur. Die suurgehalte van die veen beïnvloed die bakteriële aktiwiteit wat 'n invloed op die afbreking van die organiese plantmateriaal het. Hoe suurder die humus, hoe minder bakterieë is aanwesig en hoe beter word die plantstrukture behou.

3.5.2.6 Temperatuur van die veen

Tydens die primêre of biochemiese inkolingsproses is die temperatuur van die veen belangrik omdat hoër temperature bakteriële aktiwiteit versnel wat meebring dat die chemiese prosesse ook vinniger plaasvind. Die temperatuur kan onder droë toestande so hoog raak, dat die veen spontaan ontbrand.

3.5.2.7 Eh-waarde (Redoks potensiaal)

Die veenvormingsproses is afhanklik van suurstof. H Potonie (Stutzer, 1940, p. 90-91; Stach, 1974, p. 32-33 en Van Krevelen, 1981, p. 41-45) het die transformasie van organiese materiaal met betrekking tot suurstoftoevoer skematies soos in Tabel 17 voorgestel.

TABEL 17: TRANSFORMASIE VAN ORGANIESE MATERIAAL MET BETREKKING TOT SUURSTOFTOEVOER

	PROSES	PRODUK
Aërobies Afnahme in suurstof ↓ Anaërobies Afname in suurstof toevoer	Disintegrasie Verskimmeling Veenvorming Verrotting	Geen soliede residu Humus Veen Sapropel ↑ Toename van water- stof- en stikstof- inhoud in trans- formasieprodukte.

Disintegrasie vind plaas in die teenwoordigheid van voldoende suurstof en vog. Aërobiese bakterieë en swamme breek die plantmateriaal volledig na gasse en vloeistowwe af.

Verskimmeling vind plaas as die suurstoftoename onvoldoende is vir volledige disintegrasie. Die aktiwiteit van aërobiese bakterieë en fungi lei tot die gedeeltelike ontbinding van die plantmateriaal.

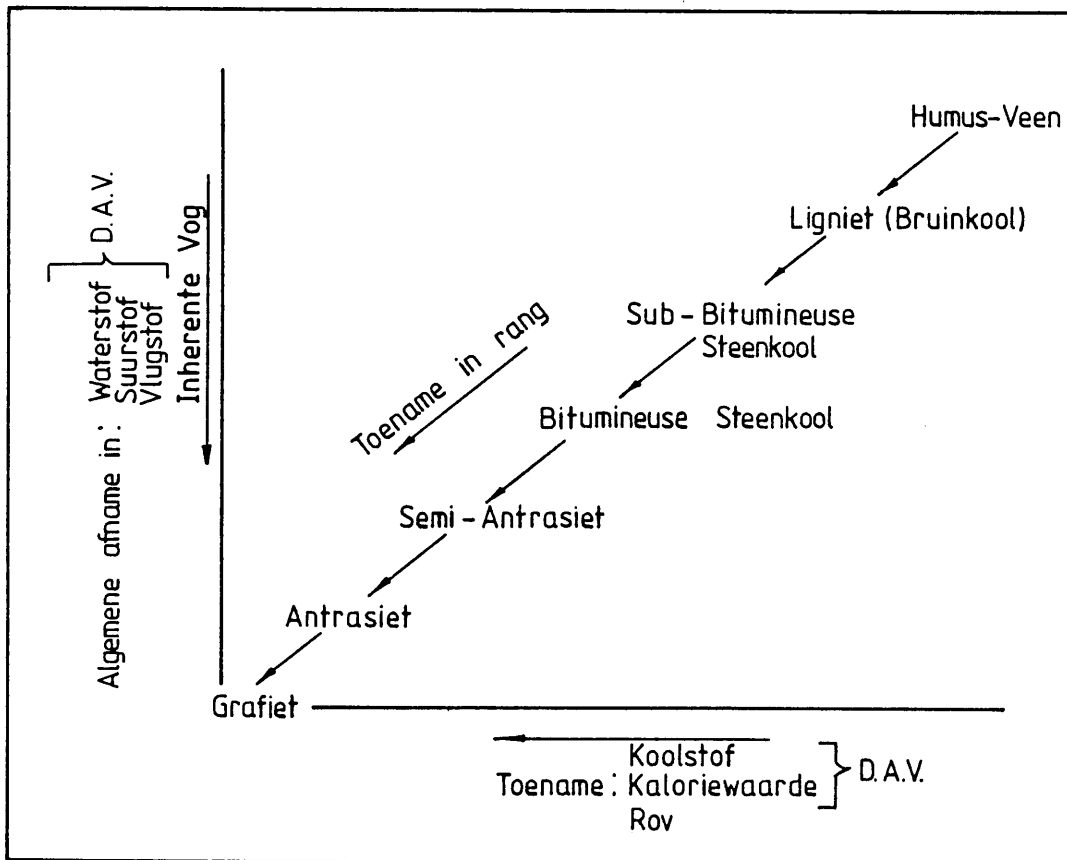
Veevorming is 'n intermediêre proses tussen disintegrasie en verrotting of putrefaksie. Aanvanklik word die organiese materiaal blootgestel aan suurstof wat oksidasie meebring en die inwerking van aërobiese bakterieë bevorder. Namate dié materiaal dieper in die afsettingskom afsak weens nuwe plante wat bo-op die dooie reste groei, kom die oksiderende proses tot 'n einde weens 'n tekort aan suurstof. Anaërobiese bakterieë begin dan op dié materiaal inwerk. Die aanvanklike oksidasieproses het tot gevolg dat humussure vorm wat die veen deurweek, die water vergiftig en bakteriële lewe grotendeels vernietig. Droë veen vorm onder droë toestande en 'n dik massa humus ontstaan waarin die plantreste met die blote oog geïdentifiseer kan word. Moorveen vorm onder water en word onderverdeel as onryp veen wat 'n baie vroeë stadium in die veenvormingsproses verteenwoordig en ryp veen wat uit 'n bros, steenkoolagtige massa bekend as doppleriet bestaan.

Verrotting, putrefaksie of saprofikasie vind plaas onder rēduserende toestande waartydens anaërobiese bakterieë op die plantmateriaal inwerk. Die anaërobiese bakterieë neem suurstof uit die organiese materiaal sodat 'n waterstofryke residu vorm. Met die uitdrying van water uit hierdie jellieagtige, elastiese massa ontstaan sapropel.

Hierdie prosesse waartydens die organiese plantmateriaal bakterieel afgebreek word, word biochemiese inkoling genoem.

3.5.3 Geochemiese inkoling

Die humus en sapropel wat tydens die biochemiese inkolingsprosesse gevorm het, word nou deur laetemperatuur metamorfose in sub-bitumineuse steenkool en uiteindelik in antrasiet omgesit. Hierdie metamorfe effek word geochemiese inkoling genoem en word in Fig. 4 skematies uitgebeeld.



* Figuur 4: Die effek van metamorfose op organiese materiaal

Die geochemiese inkolingsproses word deur tyd, temperatuur en druk beheer (Stach, 1975, p. 34-54; Moore, 1940, p. 177-186; Speight, 1983, p. 35-39; Van Krevelen, 1981, p. 45-49 en Murchison and Westoll, 1968, p. 234-263).

Die metamorfe invloed van tyd alleen is gering. Algemeen word aanvaar dat druk of temperatuur, maar waarskynlik albei faktore, bykomend moet wees alvorens metamorfose sal plaasvind. Die Moskouse bruinkool wat uit die onder-Karboon dateer, dien as 'n goeie voorbeeld. Aangesien dit nooit diep bedek was nie, kon beladingsmetamorfose as gevolg van die geotermiese gradiënt nie plaasvind nie (Murchison and Westoll, 1968, p. 258).

Afsettings bo-op die veen veroorsaak belading wat meebring dat die organiese materiaal gekompakteer word en die temperatuur as gevolg van die geotermiese gradiënt styg. Kompaksie gaan dus gepaard met chemiese struktuurveranderinge wat lei tot 'n afname in porositeit en die gelyktydige uitdrywing van water. In dié verband is twee reëls van toepassing op steenkool wat nie aan termale metamorfose deur magmatiese indringings onderhewig was nie. Volgens Hilt se reël is daar 'n afname in vlugstof en 'n toename in koolstof met toenemende diepte van bedekking en volgens Schuurman se reël is daar 'n afname in vog en suurstof met 'n toename in koolstof (Van Krevelen, 1981, p. 45). Weens laterale druk tydens orogenese kan wrywingshitte ontstaan wat meebring dat geochemiese inkoling plaasvind soos duidelik weerspieël word in die Pennsylvaniese steenkoolvelde in Noord-Amerika waar alle range van steenkool aangetref word (Lurie, 1977, p. 68).

Die invloed van hitte is dus waarskynlik die belangrikste faktor tydens geochemiese inkoling. In Europa is die metamorfe proses by 'n hoë beladingsdruk gunstig, deur verhoogde temperature as gevolg van die geotermiese gradiënt beïnvloed (Murchison and Westoll, 1968, p. 254-260)

Toestande 'in die Suid-Afrikaanse steenkoolvelde verskil wesenlik van dié in Europa en die geochemiese inkolingsproses is grootliks deur die indringing van dolerietplate en -gange veroorsaak. Die steenkool in die omgewing van die dolerietgange en -plate is tot 'n mindere of meerdere mate ontvlugtig en antrasiet het selfs gevorm. Chemies is

hierdie antrasiet soortgelyk aan dié wat onder toestande van laterale druk tydens plooiing gevorm is, maar die fisiese eienskappe verskil (Murchison en Westoll, 1968, p. 336-343 en Lurie, 1977, p. 68).

Die mate van ontvlugting van die steenkool in die omgewing van die intrusie word beïnvloed deur die aanvanklike rang van die steenkool (veral die voginhoud), die aanvanklike temperatuur van die magma, residensietyd, die dikte van die intrusie, die hittegeleidingsvermoë van die omliggende lae, die afstand van die steenkool vanaf die intrusie, die diepte van die intrusie en die steenkoollaag onder die oppervlak tydens indringing en die relatiewe posisie van die intrusie en die steenkoollaag, met ander woorde of die intrusie bo of onder die steenkoollaag voorkom. Sommige van hierdie veranderlikes kan geredelik gekwantifiseer word, maar faktore soos residensietyd en die diepte tydens indringing van die intrusie is grotendeels onbekend.

Waar die temperatuur van die intrusie hoog was, is die steenkool dikwels "gebrand" of feitlik totaal ontvlugtig om natuurlike kooks te vorm. In die ontgassingsholtes in die kooks is meestal sekondêre minerale neergeslaan sodat sulke "gebrande" steenkool 'n hoë asinhoud vertoon (Murchison en Westoll, 1968, p. 341-343).

4. STEENKOOL IN SUID-AFRIKA

In Suid-Afrika kom steenkool onderbroke in die Karoo-Opeenvolging voor (Tabel 18) (SACS, 1980, p. 555; Geologiese kaart van die RSA, 1984 en Cairncross, 1979, p. 10). Die Karoo-Opeenvolging word in 'n aantal Groepe, Subgroepe en Formasies onderverdeel volgens SACS (1980, p. 555) en Tankard et al. (1982, p. 373) (Tabel 19).

* TABEL 18: CHRONOSTRATIGRAFIE VAN DIE FANEROSOÏKUM

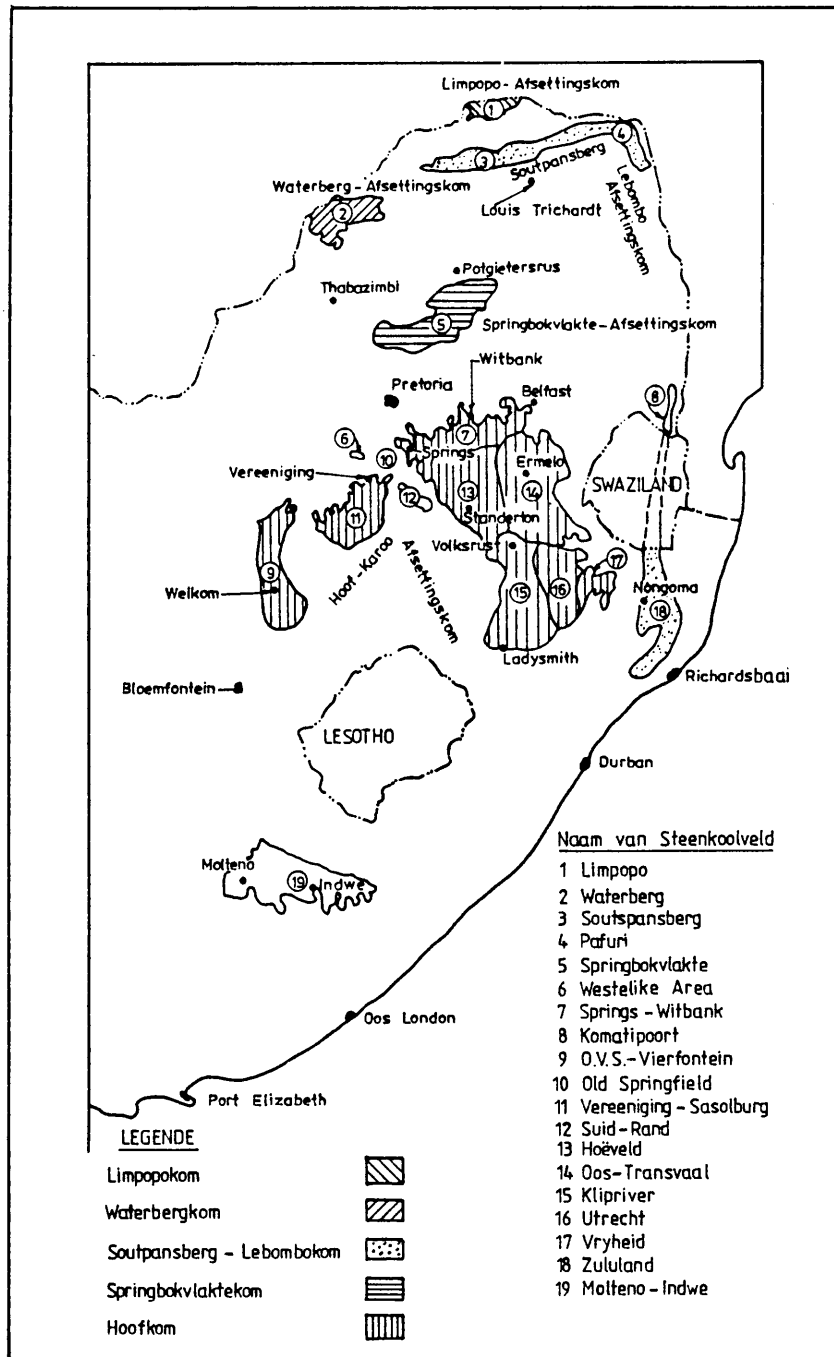
Eonateem	Erateem	Ouderdóm (Ma)	Periode	Suid-Afrikaanse stratigrafiese eenhede			
Fanerosoïkum	Seno-soïkum	18	Kwaternêr	Kwaternêr			
		65	Tersiêr	Tersiêr			
	Mesosoïkum	Mesosoïkum	141	Kryt	Kryt		
			200	Jura	Jura		
			230	Trias	Karoo-Opeenvolging		
			280	Perm			
			345	Karboon			
			395	Devoon	Kaap-Supergroep		
			Paleosoïkum	Paleosoïkum	435	Siluur	Natal-Groep
					540	Ordovisium	Klipheuwel-Formasie
					570	Kambrium	
						Bumbeni-Kompleks	

Die steenkoollae is hoofsaaklik tot die Eccca-Groep beperk, alhoewel enkele afsettings in die Beaufort-Groep en die Molteno-Formasie aangetref word. Steenkoolafsettings in die Eccca-Groep kom in vyf afsettingskomme voor, soos uitgebeeld in Fig. 5 (Smith, 1978, L5, p. 1-3 en Falcon, 1984, A1 F4 en Tankard, 1983, p. 381) naamlik:

- (a) Limpopo-afsettingskom;
- (b) Soutpansberg-Lebombo-afsettingskom;
- (c) Waterberg-afsettingskom;
- (d) Springbokvlakte-afsettingskom; en
- (e) Die noordelike gedeelte van die Hoof-Karookom.

TABEL 19: LITOSTRATIGRAFIESE ONDERVERDELING VAN DIE KAROO-OPEENVOLGING

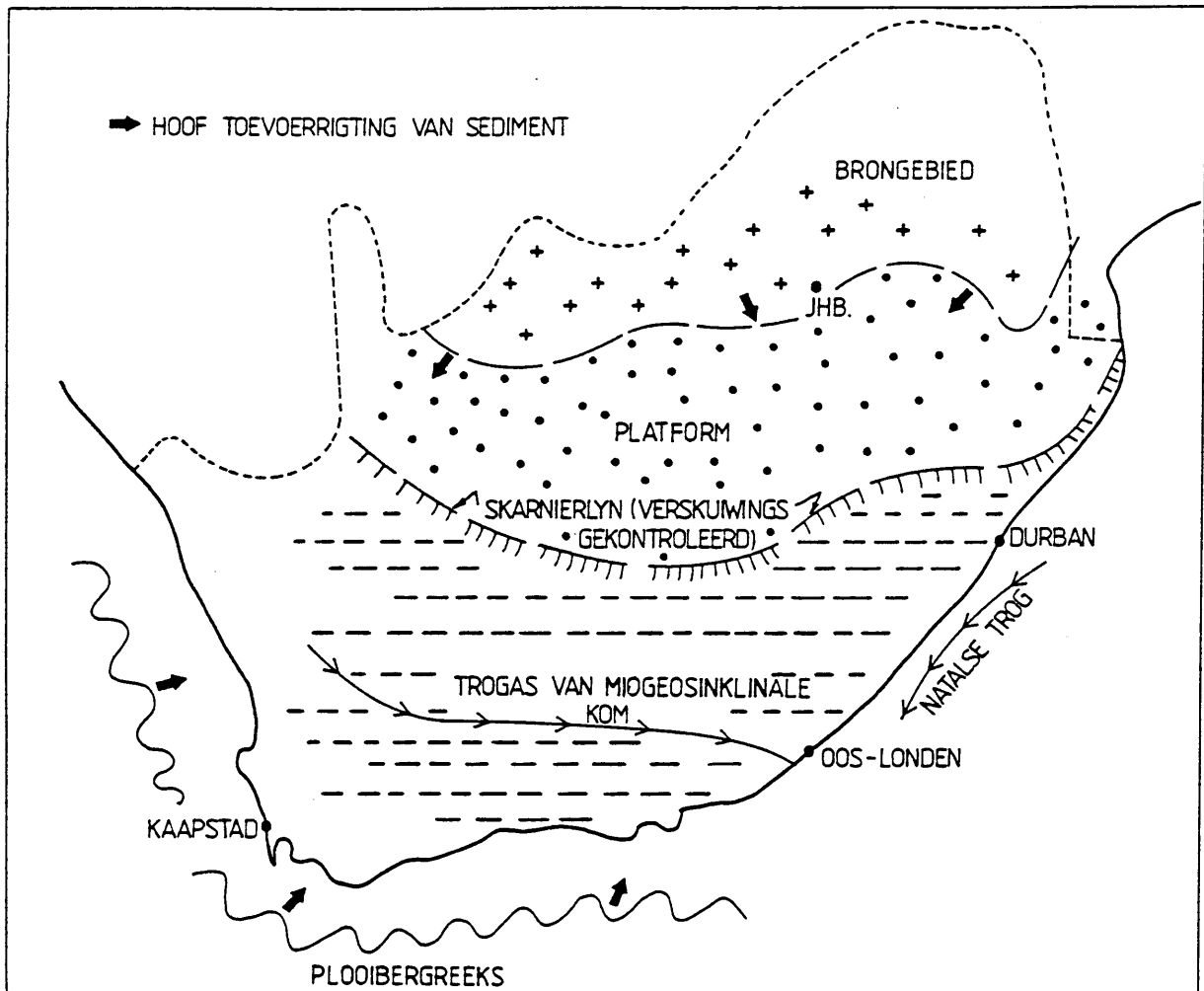
	GROEP	SUBGROEP	FORMASIE			
			SUIDWESTELIKE KAAPPROVINSIE	OOSTELIKE KAAPPROVINSIE	OOSTELIKE NATAL	TSHIPISE- PAFURI AREA
KAROO-OPEENVOLGING	LEBOMBO			Drakensberg	Movene Jozini Letaba	Letaba
				Clarens Elliot Molteno	Clarens Nyoka Ntabene	Clarens Bosbokpoort Klopperfontein
	BEAUFORT	Tarkastad		Burgersdorp Katberg	Emakwezini	Solitude
		Adelaide	Teekloof Abrahamskraal	Balfour Middleton Koonap		Fripp
	ECCA		Waterford Fort Brown Laingsburg Vischkuil Collingham Whitehill Prince Albert	(Waterford) Fort Brown Ripon Collingham Whitehill Prince Albert	Volksrust Vryheid Pietermaritzburg	Mikambeni Madzaringwe
			Dwyka	Dwyka	Dwyka	Tshidzi



Figuur 5: Steenkoolvelde in die RSA en Steenkoolkomme in die Eccla-Groep volgens Smith (1978, L5, p. 2).

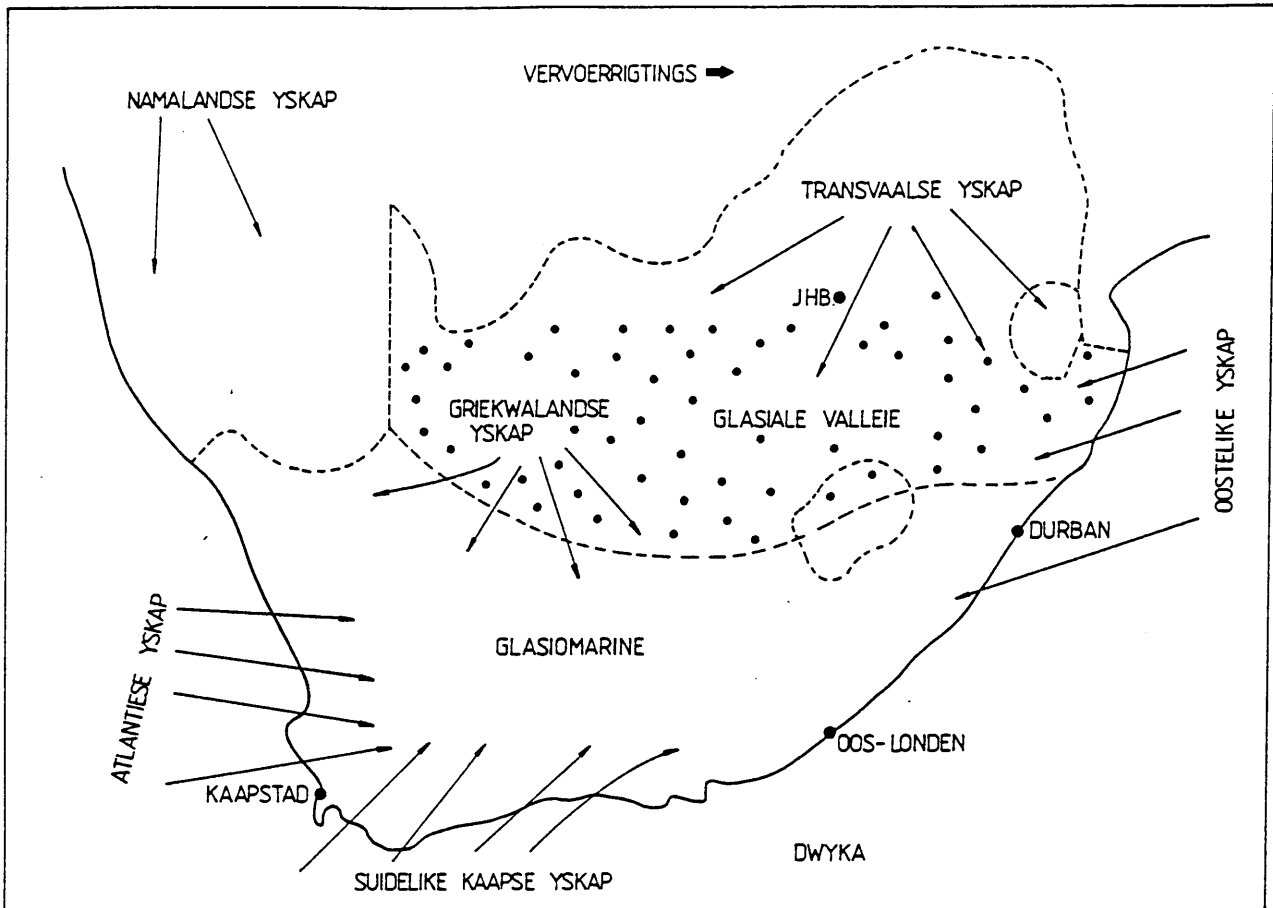
4.1 DIE SEDIMENTASIEKRINGLOOP VAN DIE KAROO-OPEENVOLGING

Die Hoof-Karookom was volgens Beukes (1978, p. 24) miogeosinklinaal van aard en het uit vier tektoniese gebiede tot en met die afsetting van die Beaufort-Groep bestaan naamlik 'n laagliggende kratoniese brongebied in die noorde, 'n vlak epikontinentale platform, 'n oos-wes strekkende trogsone en 'n plooibergreeks in die suide (Fig. 6) (Beukes, 1978, L3, p. 24-26).



Figuur 6: Tektoniese onderverdeling van die Hoof-Karookom volgens Beukes (1978, p. 27)

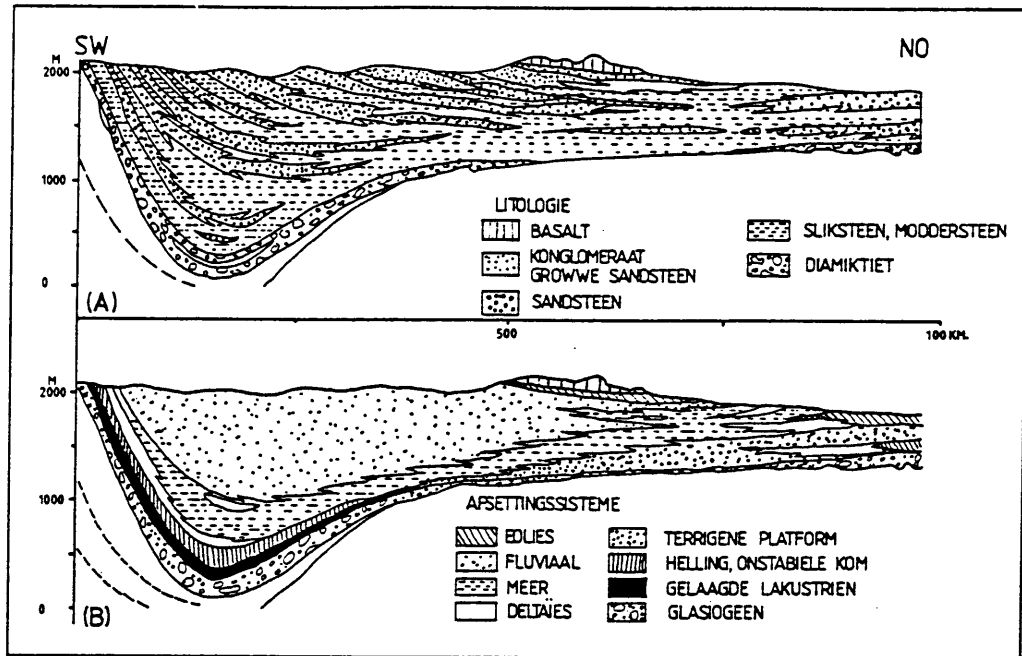
In die noorde het verlengde U-vormige valleie in die voor-Karoovloer weens die eroderende invloed van gletsers ontstaan. Die bewegingsrigting van die gletsers volgens Beukes (1978, p. 27) word in Fig. 7 uitgebeeld.



Figuur 7: Bewegingsrigting van die gletsers volgens Beukes (1978, p. 27).

Plaattektoniek het meegebring dat die vasteland uit die Suidpoolstreek uitbeweeg het, sodat die klimaat meer gematig geword het. Die ys het gesmelt en 'n terugtrekking van die gletsers na hoër gebiede het plaasgevind. Gletserpuin (tilliet, diakmitiet) is afgesit wat op plekke deur smeltwater herwerk is (Tankard, 1983, p. 369).

Dié Dwyka-afsettings het 'n maksimum dikte in die suide en dit knyp noordwaarts uit (Fig. 8). (Tankard et al. 1982, p. 366`.

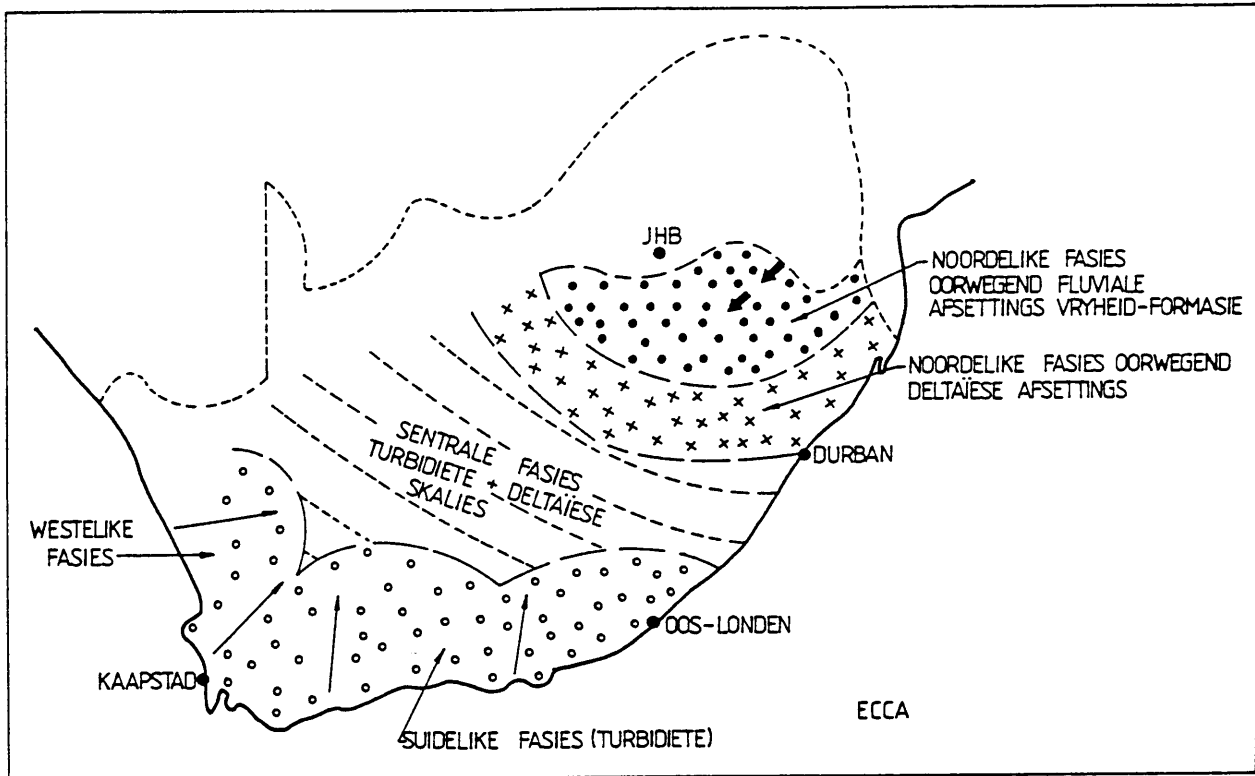


Figuur 8: Skematiese voorstelling van die hoof-afsettingsomgewings in die Groot-Karookom (Tankard et al., 1982, p. 366).

Op die kontinentale platform van die noordelike fasies het gletserpuin die gletservalleie opgedam en mere het ontstaan. Fluvio-deltaïese komplekse soos verteenwoordig deur die Eccla-sedimente, het suidwaarts uitgebrei in die glasiële mere (Fig. 9). Deur sedimentasie van organiese en silisiklastiese materiaal is die glasiële valleie opgevol. Hierdie fluvio-deltaïese afsettings verteenwoordig die Vryheid-Formasie wat die belangrikste ekonomiese steenkoolafsettings bevat (Beukes, 1978, p. 26).

Gelyktydig met die delta-uitbreiding van die noordelike fasies het opheffing van die suidelike geplooië bergreeks plaasgevind en silisiklastiese materiaal is in die trogsonne afgesit as turbidiet en grouwak. Hierdie Eccla-afsettings verteenwoordig die suidelike en westelike fasies (Fig. 9).

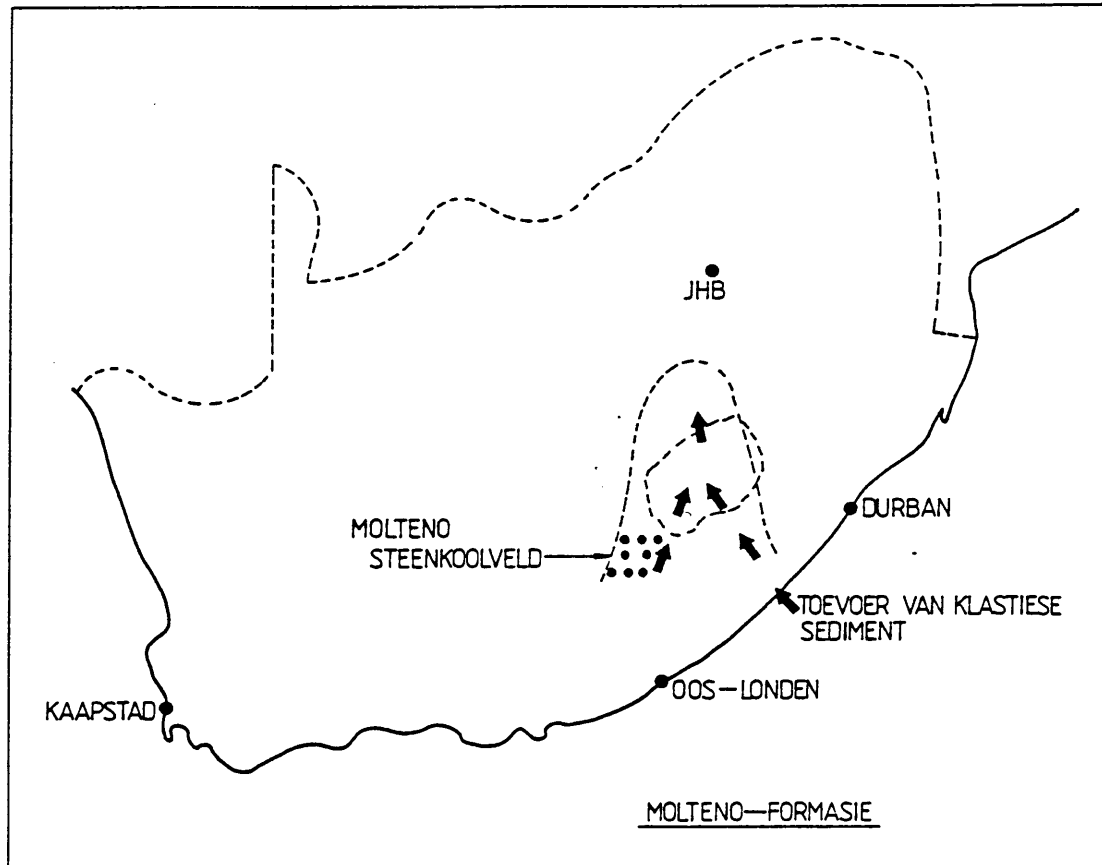
Laterale oorvleueling van sedimente van die noordelike en suidelike fasies het gelei tot die ontstaan van die sentrale fasies (Fig. 8) (Beukes, 1978, p. 28).



Figuur 9: Rekonstruksie van die Ecca-sedimentasie volgens Beukes (1978, p. 27).

Opheffing van die sedimentge vulde miogeosinklinale kom het as gevolg van tektoniese kragte plaasgevind. 'n Kleiner kom met 'n noord-suid as het ontstaan waarin sedimente uit die suid-ooste ingevoer en afgesit is. Hierdie sedimente word verteenwoordig deur die Molteno-Formasie (Fig. 10) (Beukes, 1978, p. 28).

Die Elliot-Formasie wat uit fluviale en meerafsettings bestaan, volg op die Molteno-Formasie. Klimaatsveranderinge het veroorsaak dat die Clarens-Formasie wat bo-op die Elliot-Formasie voorkom, in 'n semi-woestyn tot woestynomgewing afgesit is. 'n Vulkaniese periode waartydens basaltiese lawa van die Drakensberg-Formasie uitgevloei het en die onderliggende sedimentêre gesteentes bedek, sluit die Karoo-Opeenvolging af (Beukes, 1978, p. 28).



Figuur 10: Die ontwikkeling van die Molteno-Formasie volgens Beukes (1978, p. 27).

Benewens die steenkoolafsettings in die Ecca-gesteentes van die Hoof-Karookom word steenkool ook in 'n aantal verskuiwingskomme naamlik die Lebombo Monoklien in Swaziland en die Soutpansberg-, Waterberg- en Springbokvlaktekomme aangetref (Tankard, 1983, p. 380-381).

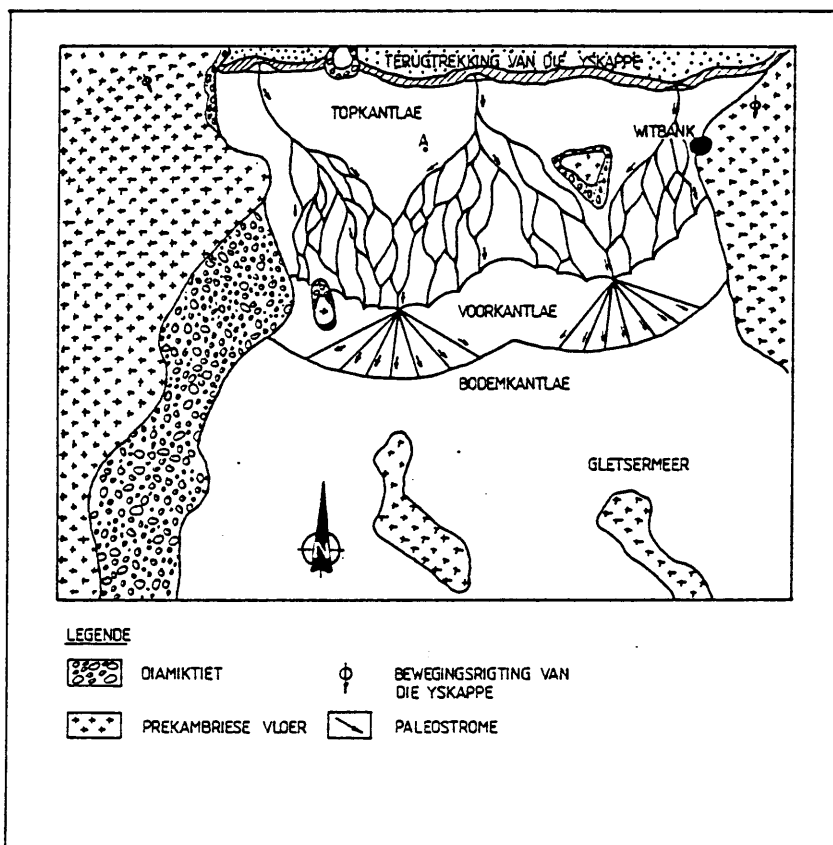
4.2 ALGEMENE AFSETTINGSTOESTANDE VAN DIE NOORDELIKE FASIES VAN DIE ECCA-GROEP

Die ontwikkeling van die Witbankkom tussen Albion in die noorde en Rietspruit in die suide, het begin met die laat-Paleosoïese terugtrekking van die Transvaalse yskap.

Volgens Le Blanc-Smith (1979, p. 88-92 en Tankard, 1983, p. 381) kan vier hoofafsettingsperiodes in die gebied onderskei word.

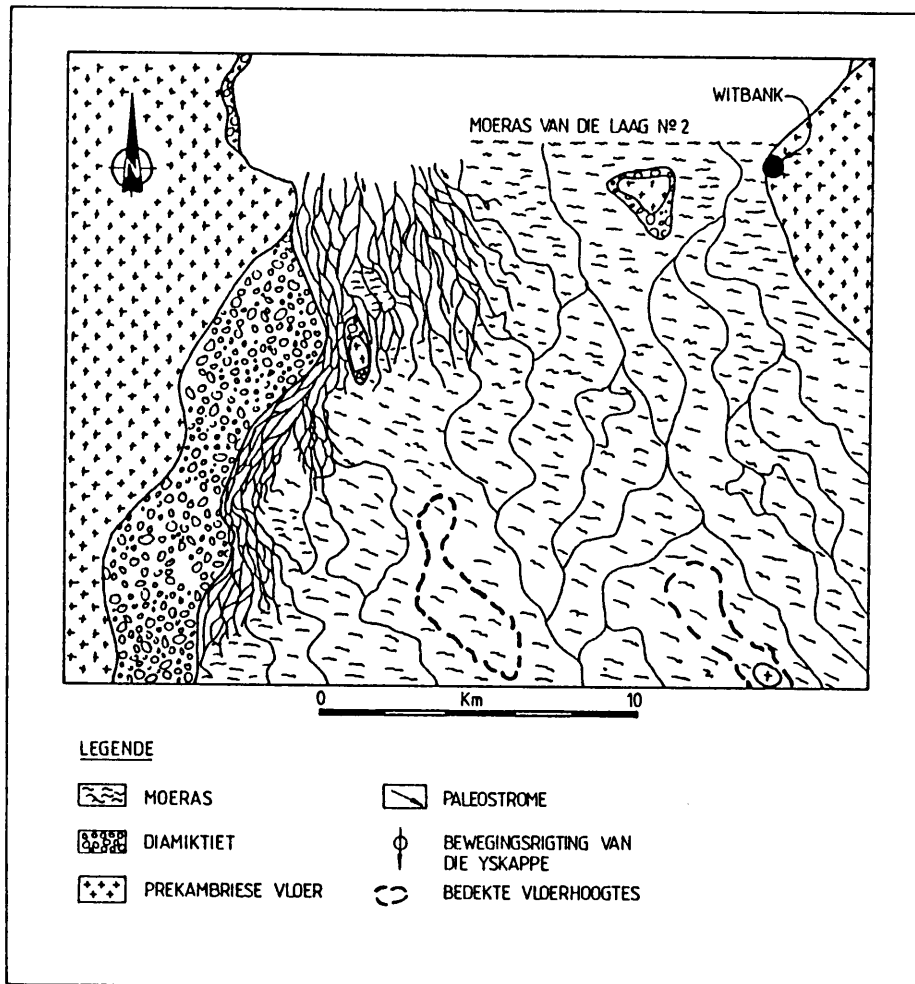
Gletserpuin is deur die terugtrekkende gletsers in die verlengde U-vormige valleie op die voor-Karoovloer neergelê as tilliet.

Mere wat deur morene opgedam is het ontstaan waarin glasiodeltaïese afsettings afgesit is. Hierdie afsettings bestaan uit moddersteen, sliksteen, sandsteen en konglomeraat. Die konglomeraat kom hoofsaaklik in die onderste dele van die suksessie voor en het gevorm as gevolg van die invloed van smeltwater wat die sedimente herwerk het. Weens glasiodeltaïese sedimentasie het die delta-uitbreiding suidwaarts in die mere plaasgevind (Fig. 11) (Le Blanc-Smith & Eriksson, 1979, p. 81).



Figuur 11: Skematiese voorstelling van delta-uitbreiding in die steenkoolvelde volgens Le Blanc-Smith en Eriksson (1979, p. 81).

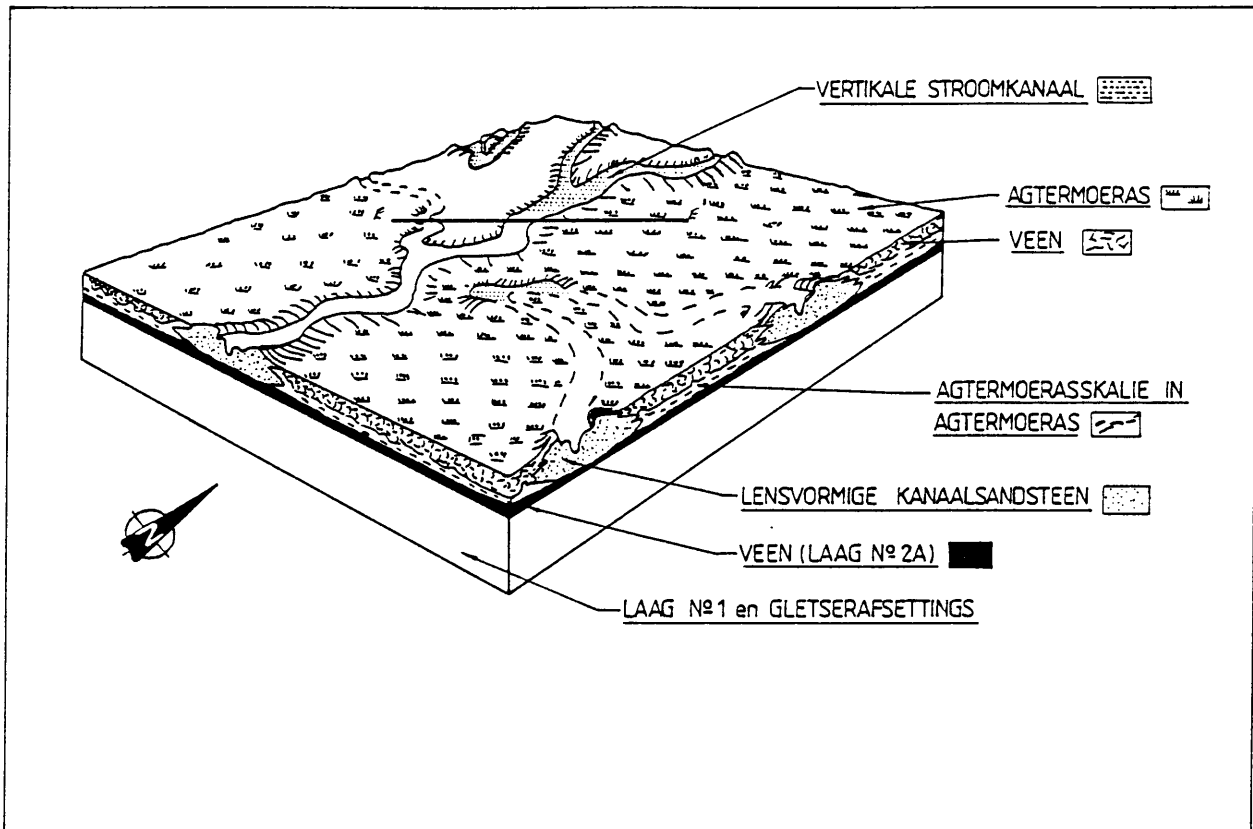
Na die smelting van die gletsers het die klastiese toevoer van materiaal afgeneem en plantegroei het op die deltas en in die vlak mere ontwikkel wat aanleiding gegee het tot die vorming van steenkoollaag No. 1.



Figuur 12: Die ontstaan van veenmoerasse volgens Le Blanc-Smith en Eriksson (1979, p. 81).

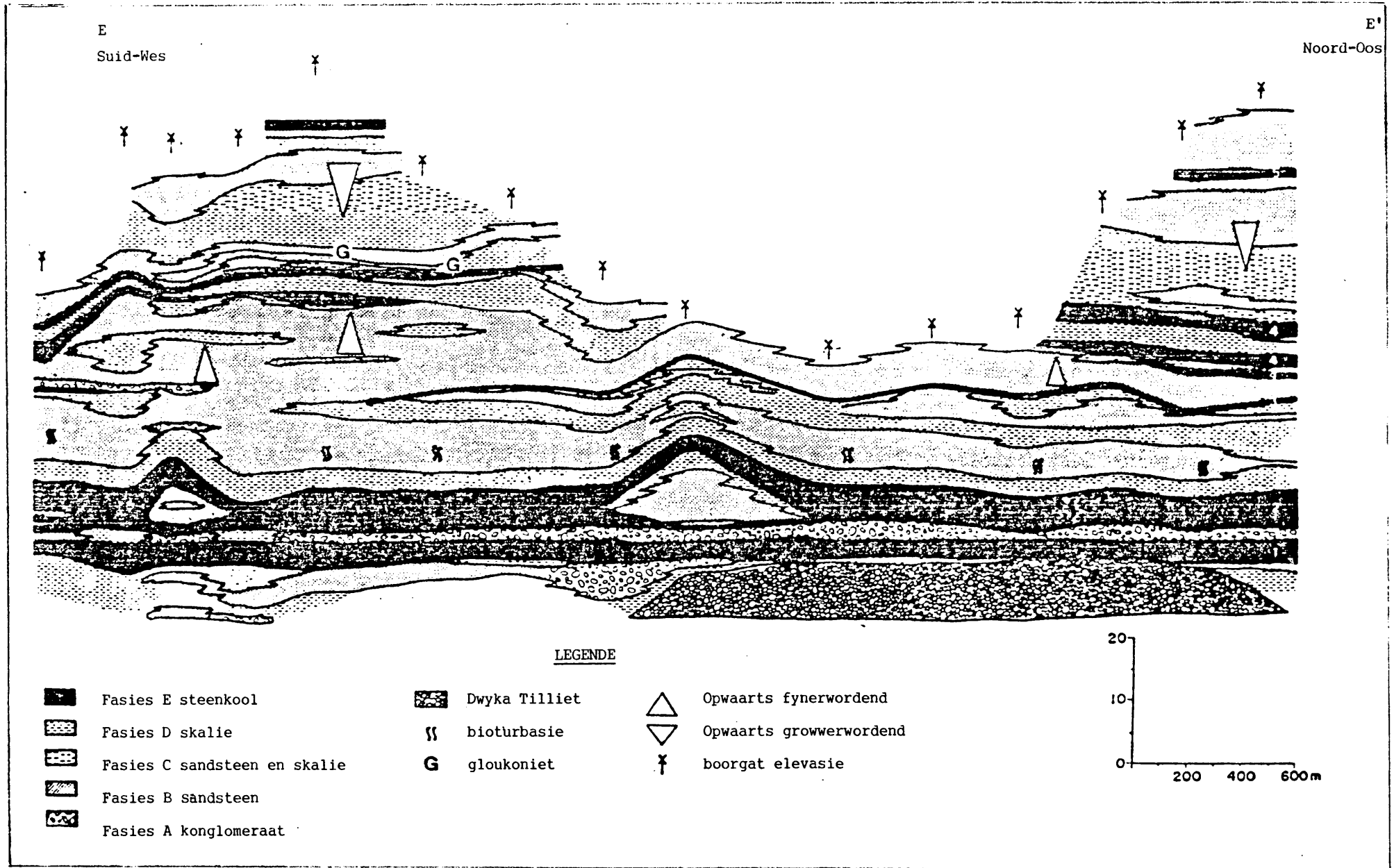
'n Styging in die watervlak of 'n daling van die komvloer weens kompaksie van sedimente, of epeirogenese, sou meebring dat diepwater toestande ontstaan en sedimentasie van silisiklastiese materiaal plaasvind. Latere vlakwater toestande gaan weer met 'n plantegroei en die ontstaan van Laag No. 2 gepaard (Fig. 12).

Vertakte stroomkanale (Fig. 13) in die veenmoerasse was tot 25 km lank, 4 km breed en 11 meter diep (Cairncross, 1979, p. 47 en Le Blanc-Smith, 1979, p. 81). Klastiese sedimentasie was hoofsaaklik tot dié kanale beperk en die sediment het opwaarts fyner geword (konglomeratiese sandsteen, grof- medium- en fynkorrelrige sandsteen, skalie en steenkool). Tydens vloedperiodes het sedimentbelaaide afloopwater die plantbegroeide oevers oorstroom en is die sediment in die moeras afgesit. Hierdie gebeurtenisse word as fyn tussengelaagde skalielagies aan die onderkant van Laag No. 2 waargeneem.



Figuur 13: Skematiese voorstelling van vertakte stroomkanale tydens die vorming van Laag No. 2 volgens Cairncross (1979, p. 49).

Dié kanale is uiteindelik met veen bedek sodat die kanale as lensvormige sandsteenlae in Laag No. 2 voorkom (Fig. 14).



Figuur 14: Profiel EE' (Fig. 13) volgens Cairncross (1979, p.16)

Bokant Laag No. 2 kom 'n tweede hoof afsettingsperiode voor wat deur fluviale sedimente (koolstofhoudende skalie, grys skalie, fynkorrelrige skalie) gekenmerk word. Hierdie afsettingsperiode strek tot aan die bokant van Laag No. 4. Le Blanc-Smith (1979, p. 79 en 1980, p. 316) verwys na die afsettings as die Coalville-Formasie.

'n Transgressie van die watervlak in die binnelandse mere uit die suide is verantwoordelik vir die ontstaan van sedimentêre siklusse en die uitbouing van vlakwaterdeltas. In die noord-ooste word eersgenoemde siklus deur 'n tweede siklus van skalie en sandsteen oorlê. In die suid-weste bereik die afsetting 'n dikte van ongeveer 20 meter. Hierdie sedimentêre siklusse word opgevolg deur die vorming van Laag No. 3.

Bokant Laag No. 3 kom siklusse wat deur sand oorheers word voor, wat opwaarts fyner gradeer en tiperend is vir gevlegde- en meanderstrome. Hierdie oorheersend suidwaartse kanale is ongeveer 2-6 km breed en tientalle kilometer lank en het Laag No. 3 asook die onderliggende sedimentêre gesteentes geërodeer. Hierdie fluviale siklus word gevolg deur Laag No. 4 wat soms uit 4 lae mag bestaan en onderling van mekaar deur skalie geskei word. Volgens Cairncross en Lightfoot (Cairncross, 1979, p. 51-52) is die laag oorwegend van detriale oorsprong wat impliseer dat organiese materiaal in die afsettingskom ingespoel is.

Die voor-Karoo topografie is grotendeels deur die eerste twee siklusse uitgewis en gevolglik word die derde afsettingsperiode deur sedimente met 'n wye aaneenlopende laterale verbreiding verteenwoordig. Dié siklus strek van die bokant van Laag No. 4 tot aan die bokant van Laag No. 5. Bokant Laag No. 4 kom 'n gloukonitiese sandsteenband voor wat gevolg word deur 'n opwaarts growwer graderende suksessie van koolstofhoudende skalie, sliksteen, sandsteen en arkosiese sandsteen. Direk onder Laag No. 5 is 'n koolstofhoudende skalielaag aanwesig. Dié sedimentêre gesteentes asook Laag No. 5 is onder baie stabiele toestande afgesit.

Na die vorming van Laag No. 5 het onstabiele toestande in die afsettingskom geheers en die dalingstempo van die kom was groter as die afsettingstempo sodat geen veenmoerasse ontwikkel het nie. Hierdie finale afsettingsfase van die Vryheid-Formasie strek tot en met die afsetting van die Volksrust-Formasie en bestaan uit 'n aantal growwer-

wordende sandsteensiklusse wat in die hoër gebiede dagsoom. Die Ecca-siklus word afgesluit deur 'n hoof transgressiewe fase waartydens skalies van die Volksrust-Formasie neergelê is.

4.3 ALGEMENE KENMERKE VAN DIE STEENKOOLLAE

Alhoewel die jonger lae meer wydverspreid voorgekom het, word die huidige verspreiding deur na-Karoo-erosie bepaal.

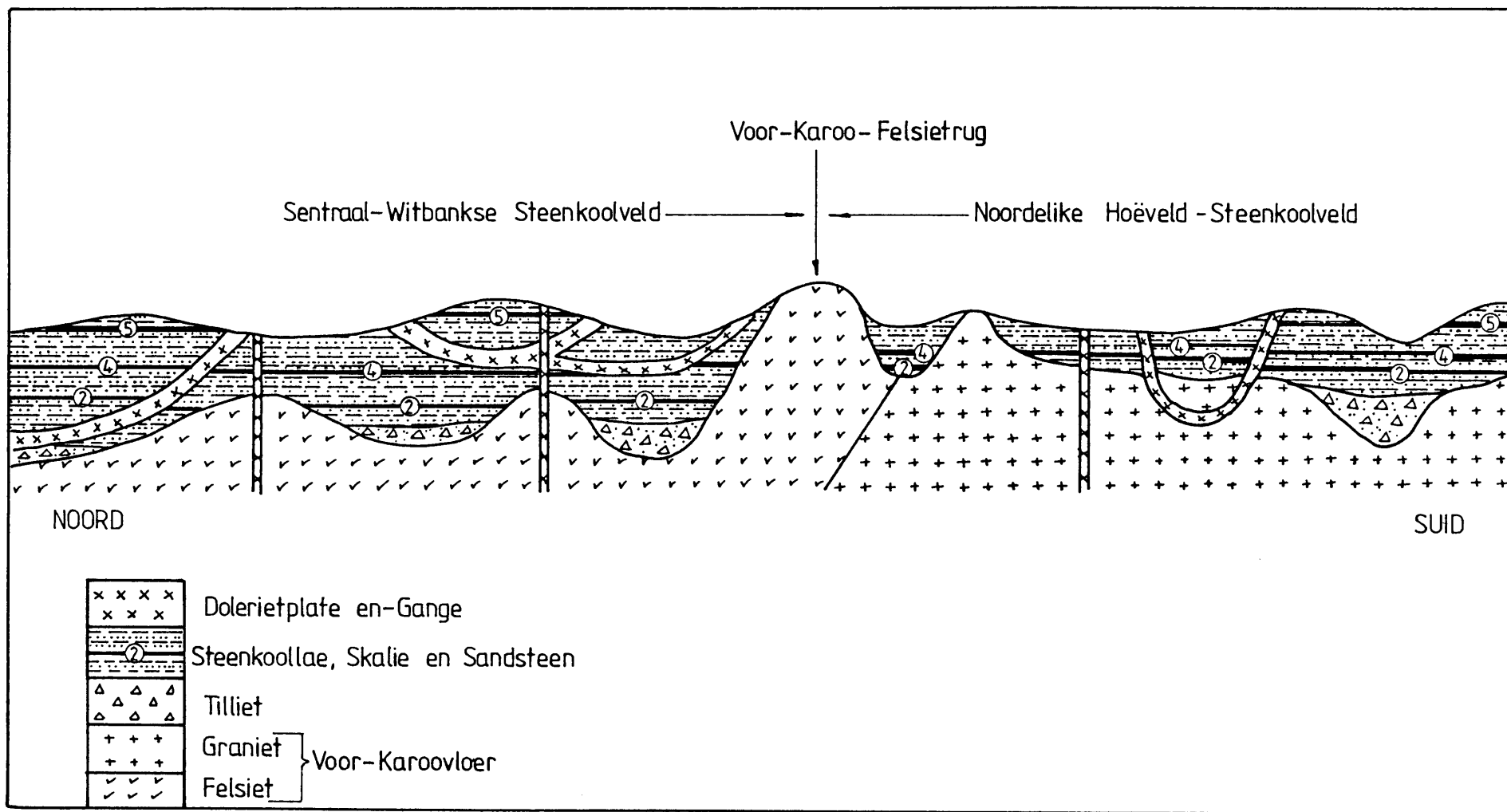
Gevolglik is dunner lae in die Witbankse steenkoolveld tot die valleie in die voor-Karoovloer beperk, terwyl die jonger steenkoollae (4 en 5) 'n baie wyer verspreiding het. Erosie het veroorsaak dat Laag No. 5 net in hoër liggende gebiede behoue gebly het (Figuur 15) (Smith, 1978, L5. p. 3-5).

In Natal en Oos-Transvaal lê die onderste steenkool op die Pietermaritzburg-Skalie-Formasie wat die voor-Karoovloer bedek. Gevolglik het die lae 'n wyer verspreiding. Die steenkoollae in hierdie gebiede lê ook dieper as dié van die Witbankse steenkoolveld met die gevolg dat die uitwerking van erosie baie minder is. In die omgewing van Vryheid, Dundee en Paulpietersburg in Natal is van die jonger lae wel weggeërodeer sodat steenkool slegs in die hoër liggende bergreekse voorkom (Smith, 1978, L5. p. 5).

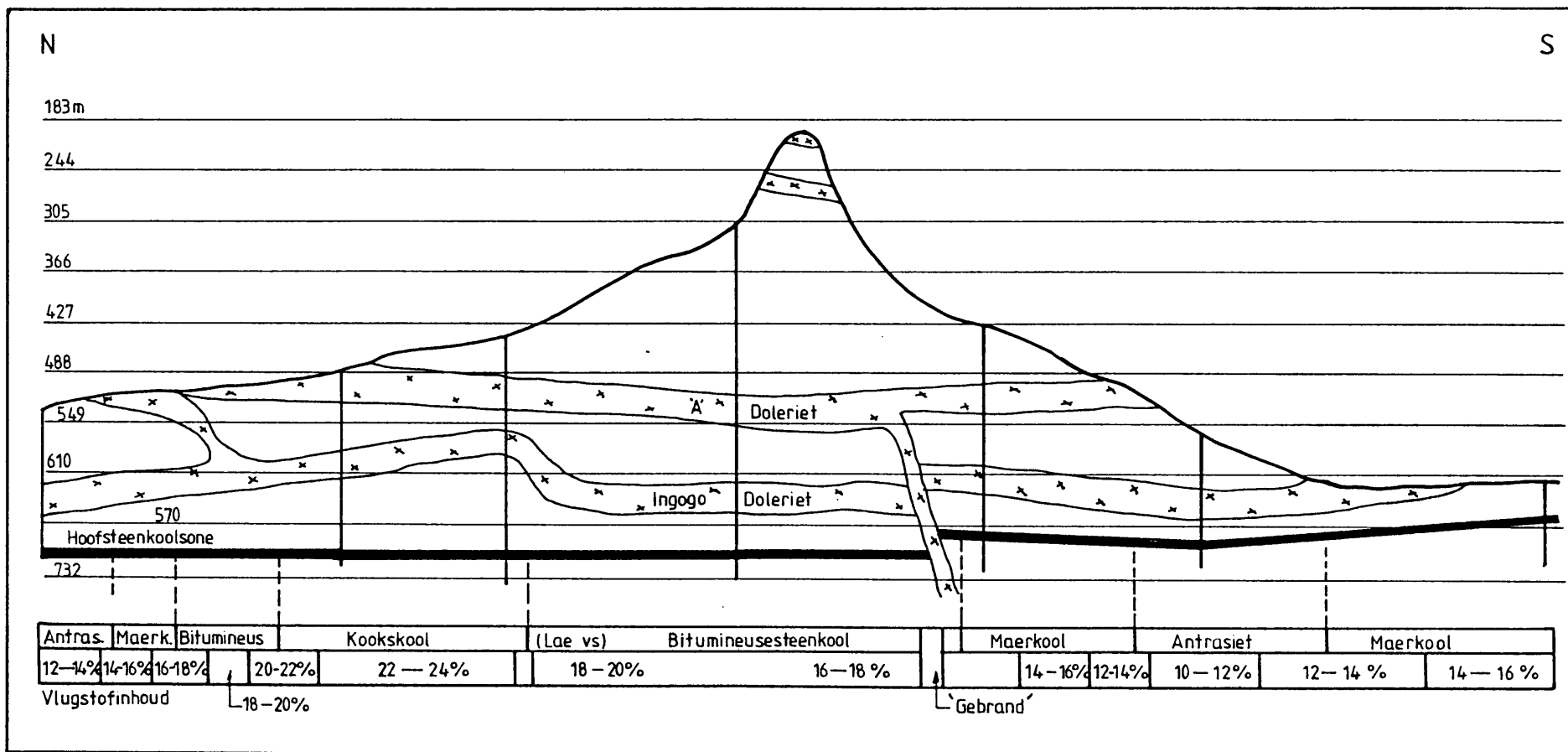
Die steenkoollae is oor die algemeen horisontaal hoewel relatiewe klein hellings ook aangetref word. In die Soutpansperg-, Pafuri-, Komatipoort- en Swazilandsteenkoolvelde het verskuiwings meegebring dat hellings van tot 30° voorkom (Smith, 1978, L5. p. 5).

Steenkoollae in die ander steenkoolvelde word verplaas deur verskuiwings wat dikwels met die indringing van dolerietgange en -plate gepaard gaan. Dié verplasing verteenwoordig gewoonlik die vertikale dikte van die intrusie (Smith, 1978, L5. p. 5).

Die dolerietintrusies het soms 'n skadelike en soms 'n voordelige invloed op die steenkool gehad. By die Indumenisteenkoolmyn (Fig. 16) kan die strukturele en metamorfe effek van dolerietintrusies duidelik waargeneem word (Smith, 1978, L5. p. 7-8 en Witwatersrand Technical College, L5. p. 13).



Figuur 15: Afsetting van steenkoollae in die Witbank-steenkoolveld volgens Smith (1978, L5).



Figuur 16: Metamorfe effek van dolerietintrusies by die Indumenisteenkoolmyn (Witwatersrand Technical College, L5. p.13)

4.4 'N VERGELYKING TUSSEN PALEOSOÏSE STEENKOOL VAN DIE NOORDELIKE EN SUIDELIKE HALFRONDE

Die mees algemene verskille tussen Paleosoïse steenkool van die Noordelike en Suidelike Halfronde word in Tabel 20 uiteengesit (Lurie, 1977, p. 66; Murchison en Westoll, 1968, p. 336-344; Stach, 1975, p. 139-142 en Plumstead, 1957, p. 5-11).

TABEL 20: KENMERKE VAN PALEOSOÏSE STEENKOOL UIT NOORDELIKE EN SUIDELIKE HALFRONDES

	Suidelike Halfrond (Gondwanasteenkool)	Noordelike Halfrond (Laurasiese steenkool)
Afsettings- omgewing	Fluviale tot deltaïese moerasse in landelike omgewing met varswater (Limniese afsettings).	Deltaïese moerasse in miogeosinklinale komme, van tyd tot tyd onder mariene invloed (Paraliese afsettings).
Klimaat	Afwisselende droë en en nat seisoene. Matige koel temperatuur wat later opgevolg word deur warmer toestande. Voorafgaande vergletsering.	Tropiese toestande met geen seisoenskommeling nie. Geen vergletsering.
Groeiringe in boomstompe	Aanwesig.	Afwesig.
Verspreiding van lae	Minder lae as in Noordelike Halfrond, maar oor die algemeen dikker wat te danke is aan die stadige daling van die afsettingskom.	Meer lae maar dunner as gevolg van 'n vinnige daling in die voordiep van die miogeosinklinale komme.
Ouderdom	Perm (Ongeveer 270 Ma).	Karboon (Ongeveer 320 Ma).
Vuurvaste klei geassosieer met steenkoollae	Aanwesig.	Aanwesig.
Mineraalinhoud van steenkool	Relatief hoog.	Relatief laag.
Plantegroei	Breëblaarplante met 'n swak wortelstelsel, <u>Glossopteris</u> en <u>Gangamopteris</u> .	Hoë bome met 'n digte ondergroei. <u>Lepidophyta</u> , <u>Calamariaceae</u> en <u>Pteridospermae</u> .
Tipe steenkool	Hoofsaaklik dowwe steenkool - inertinietryk.	Hoofsaaklik blink steenkool - vitrinietryk.

5. ONDERSOEKMETODES

Steenkoolmonsters vanaf myne uit Transvaal, Natal en die Oranje-Vrystaat is deur personeel van die NISN versamel. Hierdie monsters is hoofsaaklik produkmonsters wat op verskillende maniere in die steenkoolaanleg voorberei is om verskillende groottegraderings te lewer, byvoorbeeld:

- (a) Die rukool is primêr vergruis - vergruisde steenkool (-25 mm);
- (b) die rukool is primêr vergruis en gesif om die volgende produkte te lewer - herdkool (60 x 120 mm), groot neute (40 x 60 mm), klein neute (25 x 40 mm) erte (12 x 25 mm) korrels (6 x 12 mm) en fynkool (0 x 6 mm);

Mengsels van die fyner produkte kom ook voor naamlik boontjiegrootte (erte en korrels) en gruiskool (erte en korrels en fynkool);

- (c). die rukool is primêr vergruis waarna die -6 mm fraksie uitgesif is. Die growwe fraksie is by 'n gegewe relatiewe digtheid gewas waarna die monsters gesif is om net soos by (a) verskillende gegradeerde produkte te lewer; en
- (d) die gewaste of rukoolprodukte is soms sekondêr na voorgeskrewe groottegraderings afgebreek.

Die produkmonsters mag verder steenkool verteenwoordig van net een laag of dit kan 'n mengsel van verskeie steenkoolleë wees. Analises is deur die NISN uitgevoer. Hierdie data is deur reeds bestaande data by die NISN aangevul (Boorgatanalises sowel as analitiese resultate deur M C J van Vuuren en H P Boshoff (1982)).

5.1 ALGEMENE ANALISES

Vir die meeste analitiese doeleindes word steenkool afgebreek totdat dit deur 'n 212 μ m toetsrif gaan waarna dit droog word in 'n atmosfeer met 'n voorgeskrewe temperatuur en humiditeit (sogenaamde lugdroë monsters).

5.1.1 Kortanalise

(British Standard 1016, Part 3, 1965)

Roetine analyses word op lugdroë steenkool uitgevoer, ten einde die inherente vog-, as-, vlugstof- en vaste koolstofinhoud van die steenkool vas te stel. Alle waardes word tot die naaste 0,1% uitgedruk.

5.1.1.1 Voginhoud

(ISO 348, 1981(E) en ISO R331, 1963(E) en ISO R589, 1967 (E) en SABS - Metode 92 en British Standard 1016, Part 1, 1957).

Nieteenstaande die feit dat steenkool aan kompaksie en kompressie onderworpe was, besit die organiese bestanddele porieë wat in grootte en verspreiding wissel. Die porositeit van steenkool is van rang afhanklik. Laerangse steenkool het 'n hoë porositeit en maerkool het die laagste porositeit. In antrasiet neem die porositeit weer effens toe.

Indien hierdie poreuse organiese substans aan die atmosfeer blootgestel word, neig dit om watermolekules af te gee of op te neem om 'n ewewigstoestand met die atmosfeer te bewerkstellig. Watermolekules kom op die eksterne oppervlak sowel as intern in die porieë van die steenkool voor.

Die vry- of oppervlakvog is die deel van die totale vog van die steenkoolmonster wat afgegee word aan die atmosfeer waaraan dit blootgestel word, om 'n ewewigstoestand te bereik. Die oppervlakvog is veral belangrik op 'n "soos gemonster" of "soos-verbrand" basis.

Die residuele vog is die vog wat in die steenkoolmonster aanwesig is nadat die steenkool 'n ewewigstoestand met die atmosfeer waaraan dit blootgestel is, bereik het.

Die bepaling van residuele vog behels dat steenkool met 'n nominale bogrootte van 3 mm wat gelugdroog is, in terugvloei-toestande in 'n fles met kokende toluen verhit word. Die vog uit die steenkool word saam

met die toluendamp gevoer na 'n kondensator wat van 'n gegraduateerde ontvanger voorsien is. In die ontvanger skei die water af en vorm die onderste laag, terwyl die oortollige toluen deur middel van 'n oorloop na die distilleerfles teruggevoer word. Die voggehalte van die steenkool word uit die volume water wat opgevang is en uit die massa van die toetsmonster bereken.

$$M, \% = \frac{V \times 100}{m}$$

waar M = residuele voginhoud van die toetsmonster, (%);

m = massa van toetsmonster wat gebruik is, (g) en

V = die volume van die water wat opgevang is, (ml).

Die inherente vog is vog wat in die steenkoolporieë aanwesig is nadat die steenkool 'n ewewigstoestand bereik het, verkieslik in 'n atmosfeer met 'n relatiewe humiditeit van 40-45% en 'n temperatuur van 22-24°C.

Analities word die inherente vog bepaal as die gewigsverlies wat 'n steenkoolmonster met 'n gegewe massa by 'n temperatuur van 105-110°C vir 90 minute in 'n vakuum of stikstofoond ondergaan het.

$$M, \% = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times \frac{100}{1}$$

waar M = inherente voginhoud van die steenkoolmonster, (%);

m_1 = massa van die leë houer en deksel, (g);

m_2 = massa van die leë houer, deksel en monster, (g) en

m_3 = massa van die leë houer, deksel en monster na verhitting, (g).

Die totale vog sluit oppervlak- en residuele vog in en word aan die hand van die volgende formule bereken:

$$M, \% = F + M_1 \left(\frac{1-F}{100} \right)$$

waar M = totale voginhoud van die steenkoolmonster, (%);

F = vry of oppervlakvog van die steenkoolmonster, (%) en

M_1 = die residuele voggehalte van die steenkool, (%).

5.1.1.2 Asinhoud

(ISO R1171, 1970(E) en ISO R158, 1960 en ISO R331, 1963 en SABS-Metode 926 en British Standard 1016, Part 3, 1965).

As is die soliede residu van die anorganiese bestanddele wat oorbly nadat die steenkool verbrand is.

Analities word die "as" bepaal deur steenkool tot 500°C in 'n atmosfeer van lug te verhit waar die temperatuur dan vir 30 minute konstant gehou word. Daarna word die temperatuur na 815°C oor 'n periode van 30 minute verhoog waarby die temperatuur konstant gehou word totdat 'n konstante massa verkry word.

$$A, \% = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times \frac{100}{1}$$

waar A = asgehalte, (%);

m_1 = massa van die leë bakkie, (g);

m_2 = massa van die bakkie en monster, (g) en

m_3 = massa van die bakkie en monster na verbranding, (g).

5.1.1.3 Vlugstofinhoud (VS)

(ISO 562, 1981(E) en SABS-Metode 927 en British Standard 1016, Part 3, 1965).

Vlugstowwe is van hoofsaaklik organiese en deels van anorganiese bestanddele afkomstig. Organiese vlugstowwe bestaan uit teer, ligte olies, gasse van koolstof, waterstof, stikstof en swael. Anorganiese vlugstowwe bestaan uit gasse van swael en koolsuurgas en waterdamp. Die waterdamp vorm as gevolg van die verlies aan kristalwater en hidroksielgroepe van die kleiminerale, die swael weens die ontbinding van sulfiede en die koolsuurgas as gevolg van dissosiasie van karbonaatminerale.

Vlugstof word analities bepaal deur 'n steenkoolmonster by 900°C in 'n inerte atmosfeer vir 7 minute te verhit.

$$V, \% = 100 \left(\frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \right) - M$$

- waar V = vlugstofinhoud, (%);
M = inherente voginhoud, (%);
m₁ = massa van die kroesie en deksel, (g);
m₂ = massa van kroesie, deksel en steenkoolmonster, (g) en
m₃ = massa van kroesie, deksel en steenkoolmonster na
verhitting, (g).

5.1.1.4 Vaste koolstofinhoud (SABS-Metode 928)

Die vaste koolstofwaardes word bereken deur die som van die lugdroë vog-, as- en vlugstofinhoud van 100 af te trek.

5.1.2 Kalorie- of verhittingswaarde (VW) (ISO R1928, 1971(E) en SABS-Metode 929 en British Standard 1016, Part 5, 1957).

Die hoeveelheid hitte wat vrygestel word tydens die volledige verbranding van 'n eenheidsmassa lugdroë steenkool onder gekontroleerde toestande staan bekend as die verhittings- of kaloriëwaarde. Hierdie energiepotensiaal word in megajoules per kilogram (MJ/kg) uitgedruk.

Kaloriëwaardes kan in 'n bom-kaloriemeter in 'n adiabatiese of 'n isotermiese sisteem bepaal word.

Die bruto verhittingswaarde is die aantal hitte-eenhede wat afgegee word wanneer 'n eenheidsmassa steenkool in 'n suurstofatmosfeer in 'n bom onder standaardtoestande verbrand word. Die hittewaarde word uit die temperatuurstyging van die water in die kaloriemeterhouer en die gemiddelde effektiewe hittekapasiteit van die stelsel bereken. Korreksies word aangebring vir hitte wat deur die aansteeklont afgegee word, vir termochemiese reaksies en vir hitteverliese uit die kaloriemeter aan die mantel (by 'n isotermiese stelsel).

Die residu na verbranding bestaan uit gasse soos suurstof, koolsuurgas, swaeldioksied en stikstof, watervloeistof in ewewig met die damp daarvan en wat met koolsuurgas versadig is en soliede as.

Die netto-verhittingswaarde is die aantal hitte-eenhede wat afgegee word wanneer 'n eenheidsmassa van die steenkool in toestande van konstante druk verbrand word. Die residumateriaal word beskou as suurstof, koolsuurgas, swaeldioksied, stikstof, waterdamp en as, by 25°C.

Die netto-verhittingswaarde van steenkool word verkry deur berekening uit die bruto hittewaarde by konstante volume.

$$Q_{\text{netto,p, MJ/kg}} = (Q_{\text{bruto,v}} - 0,212(H) - 0,0008(O)) \times \frac{100-M}{100-M_1} - 0,0245 M.$$

waar

$Q_{\text{netto,p}}$ = netto hittewaarde by konstante druk;

$Q_{\text{bruto,v}}$ = bruto hittewaarde by konstante volume;

H = % waterstof in steenkool soos bepaal;

M = % vog (op droë basis is M = Nul);

(op lugdroë basis is M = M_1);

(op soos-ontvang-basis is M = totale vog);

M_1 = vog in monster soos bepaal, (%) en

(O) = suurstof in die monster soos bepaal.

5.1.3 Koolsuurgasinhoud(CO₂)

(ISO R925, 1969(E) en SABS-Metode 941).

Steenkool word met soutsuur behandel wat met die karbonate in die steenkool reageer om koolsuurgas vry te stel. Die koolsuurgas wat as gevolg van die ontbinding van die karbonate ontstaan, word deur geskikte reagense geabsorbeer.

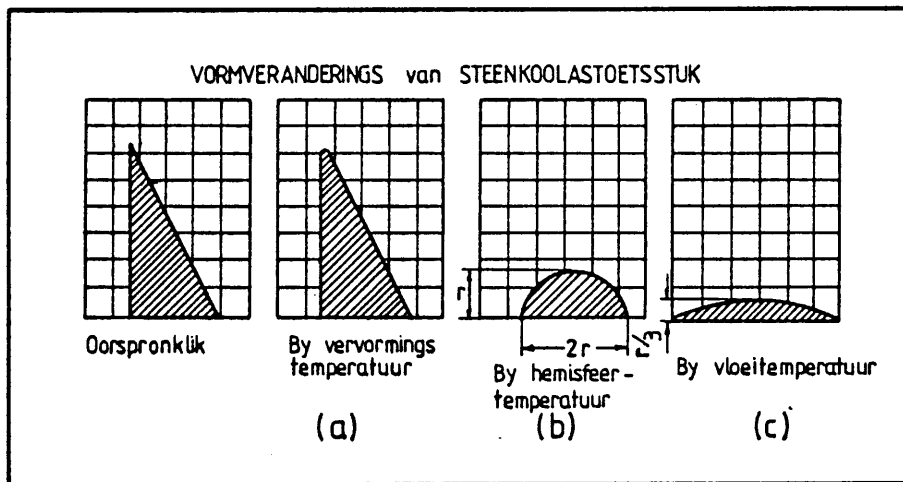
$$\text{CO}_2, \% = \frac{100 m_2}{m_1}$$

waar m_1 = massa van die steenkoolmonster, (g) en

m_2 = toename in massa van die absorpsiebuis, (g).

5.1.4 Die smeltbaarheid van steenkoolas (assmelpunt - A.S.P.)
 (SABS-Metode 932).

n Piramidale toetsstuk bestaande uit steenkoolas word onder standaardtoestande verhit. Die steenkoolastoetsstuk ondergaan sekere vormveranderings (Fig. 17) by bepaalde temperature. Hierdie vormveranderings word deur die eienskappe van die steenkoolas beheer.



Figuur 17: Vormveranderings van steenkoolastoetsstuk
 (SABS-Metode 932)

- (a) vervormingstemperatuur (DT) : Die temperatuur waarby die punt van die steenkoolastoetsstuk die eerste tekens van ronding begin vertoon;
- (b) hemisfeertemperatuur (HT) : Die temperatuur waarby die steenkoolastoetsstuk se basis twee maal die hoogte is; en
- (c) vloeitemperatuur (FT): Die temperatuur waarby die steenkoolastoetsstuk oor die steunteël uitgesprei vloei.

5.1.5 Fischer-analise
 (ISO/R647, 1968(E)).

Die Fischer-analise is 'n laetemperatuur distillasieproses wat primêr vir die bepaling van die opbrengs teer, water, gas en 'n kooksresidu van bruinkool en ligniet ontwikkel is. In Suid-Afrika word hierdie metode vir bepalings op harde steenkool aangewend.

Prakties word dié komponente bepaal deur 'n steenkoolmonster (-1 mm) van 50 gram in 'n aluminiumretort teen 'n voorgeskrewe tempo (Tabel 21) tot by 520°C deur 'n periode van 80 minute te verhit. Die afbrekingsprodukte wat vrygestel word tydens die verhittingsproses word opgevang in 'n glasfles wat in 'n waterbad verkoel word. Teer en water kondenseer in die glasfles, terwyl gasprodukte opgevang kan word vir verdere ontledings of in die atmosfeer vrygestel word. Die kooksresidu en die glasfles met sy inhoud word geweeg en nadat 'n totale vogkorreksie aangebring is, word die opbrengste van die produkte bereken.

TABEL 21: SKEDULE VAN VERHITTINGSTEMPO VAN DIE RETORT VIR DIE FISCHER-ANALISE

Tydsduur sedert aanvang van analise - minute	Temperatuur °C	Verhittingstempo °C/ minuut
10	210	21
20	300	9
30	380	8
40	440	6
50	490	5
60	520	3
70	530	1
80	530	-

$$\% \text{ Kooksresidu} = \frac{m_4 \times 100}{m}$$

$$\% \text{ Teer} = \frac{(m_2 - m_1 - m_3) 100}{m}$$

$$\% \text{ Water} = \frac{m_3 \times 100}{m} - M$$

$$\begin{aligned}\% \text{ Gas} &= 100 - (\% \text{ kooksresidu} + \% \text{ teer} + \% \text{ water}) \\ &= \frac{(m + m_1 - m_2 - m_4) \times 100}{m}\end{aligned}$$

waar m = massa van die monster, (g);
 m_1 = massa van die glasfles, (g);
 m_2 = massa van die glasfles plus teer en water, (g);
 m_3 = massa van die water, (g);
 m_4 = massa van die kooksresidu (g) en
 M = voginhoud van die steenkoolmonster.

5.1.6 Swaelinhoud (S)

(ISO R334, 1963(E) en ISO R157, 1960(E) en SABS-Metode 930 en British Standard 1016, Part 11, 1969.

Swael kom in steenkool voor as sulfaatswael (anorganiese sulfate van yster, kalsium en alkalië), piriët- of sulfiedswael (piriët en markasiet) en organiese swael wat 'n integrale deel van die steenkool vorm.

Sulfaatswael word bepaal deur 'n geweegde monster steenkool met verdunde soutsuur te ekstraheer, waarna die sulfaat met bariumchloried neergeslaan en as bariumsulfaat geweeg word.

Piriëtswael is onoplosbaar in soutsuur en word bepaal deur 'n geweegde monster steenkool met salpetersuur te ekstraheer waarna 'n titrimetriese of atoomabsorpsiebepaling van yster op die ekstrak as 'n meting van die piritiese swaelinhoud toegepas word.

Tradisioneel is totale swael gravimetries met behulp van die Eschkametode bepaal. Steenkool en Eschkamengsel word in 'n oksiderende atmosfeer by 800°C verbrand. Die swael word omgesit in sulfate wat geëkstraheer en kwantitatief met bariumchloried as bariumsulfaat neergeslaan word (ISO R334, 1963(E)).

Tans word gesofistikeerde instrumentele apparaat gebruik om die swaelinhoud te bepaal.

5.2 ELEMENTANALISES

(British Standard 1016, Part 6, 1969).

Benewens vog en minerale bestaan steenkool uit organiese komponente wat uit koolstof, waterstof, stikstof, organiese swael en suurstof opgebou word.

5.2.1 Koolstof- en waterstofinhoud (C-H)

(ISO R609, 1967(E) en SABS-Metode 938 en British Standard 1016, Part 6, 1969).

Koolstof en waterstof word gelyktydig bepaal deur 'n gegewe massa steenkool in 'n suurstofstroom by 1350°C in 'n ondeurdringbare buis te verbrand. Die koolstof word na koolsuurgas en die waterstof na water omgesit. Oksiede van swael en chloor word deur silwergaaswol by die uitlaatkant van die verbrandingsbuis opgevang. Water word deur magnesium-perchloraat en koolsuurgas deur soda-asbes opgevang. Die massa van elk van die komponente word gravimetries volgens die gewigstoename van die reagense bereken.

$$H, \% = \frac{11,19m_2}{m_1} - 0,119 M \text{ en}$$

$$C, \% = \frac{27,29m_3}{m_1}$$

waar	H	=	totale waterstofinhoud, (%);
	C	=	totale koolstofinhoud, (%);
	M	=	voginhoud van die toetsmonster, (%);
	m ₁	=	massa van die steenkoolmonster, (g);
	m ₂	=	toename in massa van die waterabsorberings- buis, (g) en
	m ₃	=	toename in massa van die soda-asbesbuis, (g).

5.2.2 Stikstofinhoud (N)

(ISO R332, 1981 (E) en SABS-Metode 942 en British Standard 1016, Part 6, 1969).

Steenkool en gekonsentreerde swael suur word in die aanwesigheid van 'n katalisator verhit om die organiese materiaal te vernietig en die

stikstof na ammoniumsulfaat om te sit. Ammoniak word deur distillasie vrygestel en in 'n suur geabsorbeer. Die oormaat suur word met natriumhidroksied getitreer en die stikstofinhoud word bereken uit die hoeveelheid natriumhidroksied wat by die bepaling gebruik is.

$$N, \% = \frac{1,4c(V_2 - V_1)}{m}$$

waar m = massa van die monster, (g);
 V_1 = volume natriumhidroksied wat vir titrasie gebruik is, (ml);
 V_2 = volume natriumhidroksied wat as kontrole gebruik is, (ml) en
 c = konsentrasie van die titrasieoplossing.

5.2.3 Organiese swaelinhoud

Die organiese swaelinhoud word bereken aan die hand van die volgende formule:

$$\text{Organiese swaelinhoud, \%} = \text{Totale swael} - (\text{sulfaatswael} + \text{pirietswael}).$$

5.2.4 Suurstofinhoud

Die suurstofinhoud is 100 minus die som van die % koolstof, % waterstof, % stikstof en die % organiese swael.

5.3 FISIESE TOETSE

5.3.1 Hardgrove-maalbaarheidsindeks (HGI)

(ASTM Standards, 1980, p. 229-231 en ISO 5074, 1980(E) en SABS-Metode, 1078).

Die Hardgrove-indeks is 'n maatstaf waarvolgens die gemak bepaal word waarmee steenkool vermaal kan word.

Vyftig gram steenkool met 'n deeltjiegrootte tussen 600 μm en 1,18 mm word vir 60 revolusies onder standaarddruk in 'n Hardgrove-maalbaarheidsmasjien gemaal. Die gemaalde produk word op 'n 75 μm -sif

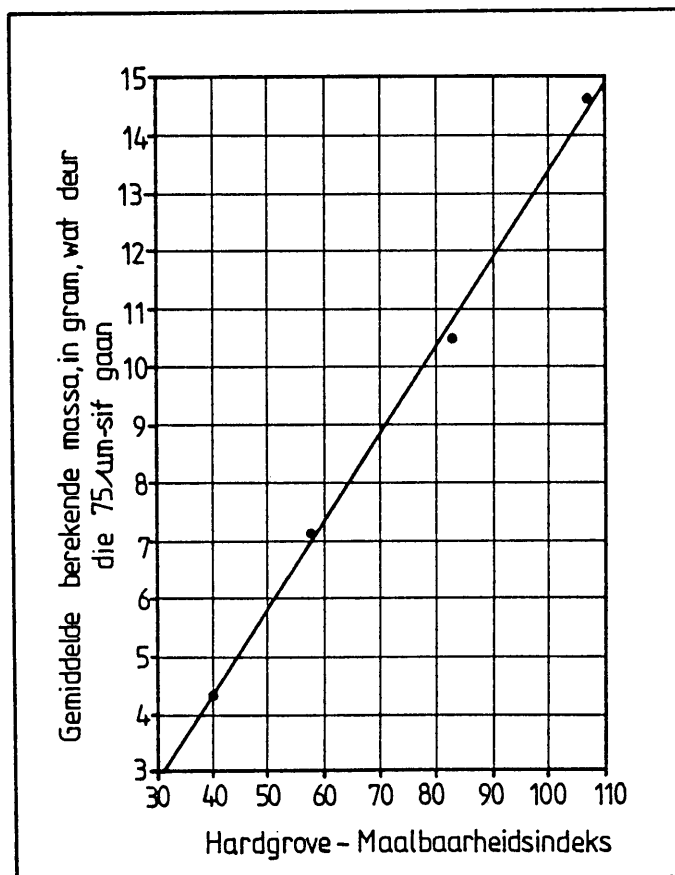
uitgestrooi waarna dit vir periodes van 10 en 5 minute in 'n sifmasjien geskud word. Die steenkool wat op die 75 μm -sif agtergebly het en die steenkool wat deur die 75 μm -sif gegaan het, word geweeg. Indien die som van die massawaardes met meer as 0,5 g van die oorspronklike massa verskil, moet die resultate verwerp word.

Die massa van die toetsmonster wat deur die 75 μm -sif gegaan het, word soos volg bereken:

Massa van die $-75 \mu\text{m}$ steenkool = $50 - m$

waar m = massa (g) van toetsmonster wat op die 75 μm -sif agtergebly het.

Die massa van die $-75 \mu\text{m}$ materiaal word nou gebruik om die maalbaarheidsindeks op die kalibrasiekaart af te lees (Fig. 18).



Figuur 18: Voorbeeld van 'n kalibrasiekaart (ISO 5074, p. 6)

5.3.2 Afskuurbaarheidsindeks van steenkool

(British Standard 1016, Part 17, 1979).

Steenkool het 'n slytingseffek op materiaal waarmee dit in aanraking kom. Hierdie slytingseffek kan empiries bepaal word en word na verwys as die afskuurbaarheidsindeks.

'n Metode wat op die gebruik van 'n apparaat soos ontwerp deur Yancey, Geer en Price gebaseer is, word vir die bepaling aangewend.

'n Roerder met vier staalplaatjies (38 x 38 x 11 mm) met 'n bepaalde Vickershardheid word in 'n pot met 'n gegewe massa steenkool (byvoorbeeld 4 kg) onder gekontroleerde toestande geroteer. As gevolg van die slytingseffek kom 'n massaverlies by die staalplaatjies voor. Hierdie massaverlies word as mg metaalverlies per kilogram steenkool uitgedruk.

$$\text{Afskuurbaarheidsindeks} = \frac{(M_1 - M_2) \times 10^6}{M_0}$$

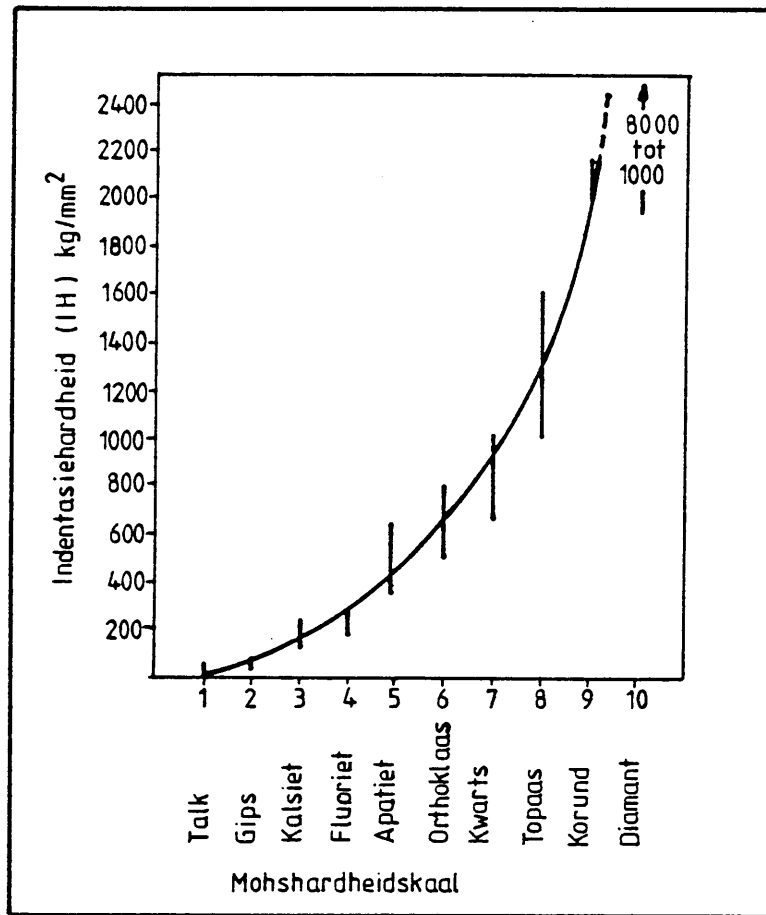
waar M_0 = massa van die steenkool, (g);

M_1 = aanvanklike massa van die staalplaatjies, (mg)
 en

M_2 = massa van die staalplaatjies na slyting, (mg).

Internasionaal word 'n Vickershardheid van 160 ± 15 voorgeskryf vir die staalplaatjies (BSS 1016), maar weens die onbekombaarheid daarvan word daar tans in Suid-Afrika staal met 'n Vickershardheid van ongeveer 110 gebruik.

Die verband tussen die Vickershardheid (indentasiehardheid) en die bekende Mohshardheid (kraphardheid) word in Fig. 19 aangetoon. (Battey, 1972, p. 84). Daaruit blyk dat die verskil in kraphardheid vir Vickershardhede van 160 en 110 taamlik gering is en ook dat dit veral kwarts en piriet (Mohshardheid = 6-7) in steenkool is wat vir 'n hoë afskuurbaarheidsindeks verantwoordelik is.



Figuur 19: Die verband tussen Mohshardheid en Vickershardheid (Indentasiehardheid volgens Tabor, D.(Battey, 1972, p. 84)).

5.4 VERKOOKSINGSTOETSE

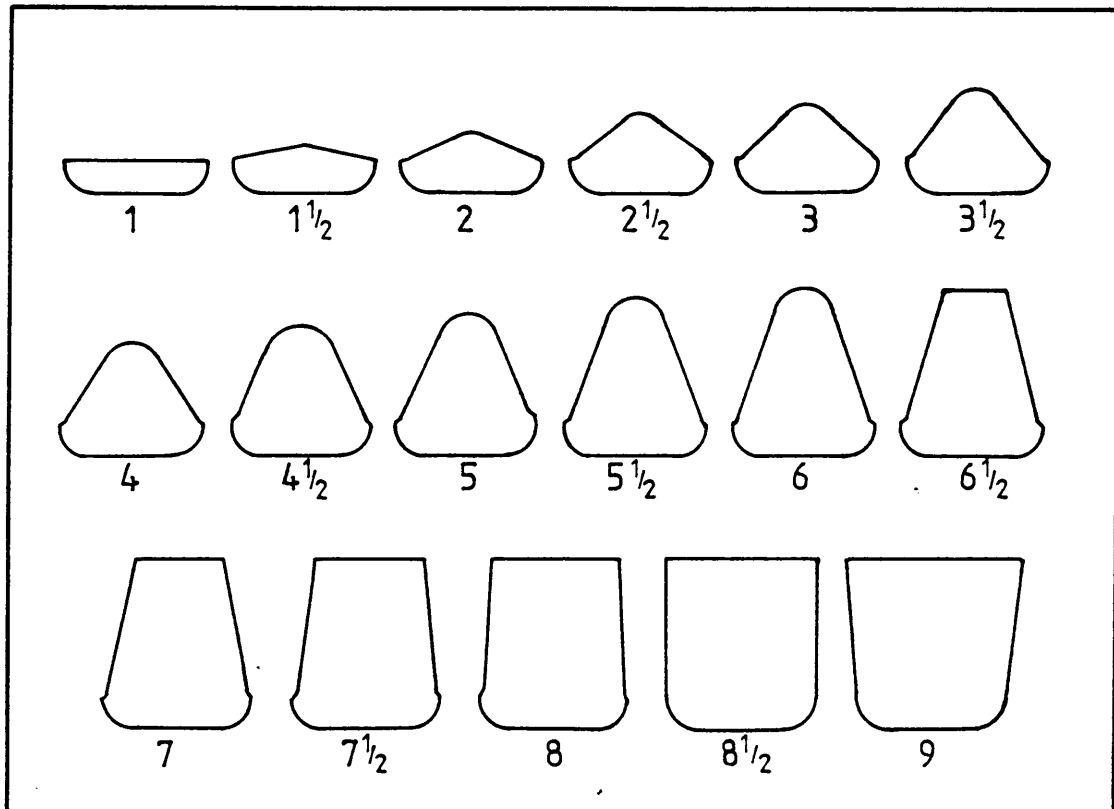
5.4.1 Swelsyfer

(ISO R501, 1981(E) en SABS-Metode 933).

Steenkool waarvan die rang en tipe binne bepaalde grense varieer en wat aan skok-hittebehandeling vir 'n kort periode onderwerp word, swel uit en vorm 'n kookskoekie. Die buitelyne van dié kookskoekie word met 'n stel standaard profiele (Fig. 20) vergelyk en die swelsyferwaarde word gedefinieer as dié waarde met die nouste ooreenstemming tussen die profiel en die kookskoekie.

Hierdie empiriese toets word uitgevoer om die potensieële verkooksings-eienskappe van steenkool te bepaal en gee 'n indikatie van wat die swel- en bakeienskappe van die betrokke steenkool sal wees.

Prakties word die swelsyfer bepaal deur 'n steenkoolmonster in 'n bedekte kroesie tot 800°C binne 1,5 minute en daarna tot 820°C in die daaropvolgende minuut te verhit.



Figuur 20 Standaard swelsyferprofile (SABS-metode 933)

5.4.2 Roga-indeks

(ISO R335, 1963 (E) en SABS-Metode 935).

Die Roga-indeks is 'n parameter wat die bakeienskappe van steenkool onder gekontroleerde toestande weergee en druk die meganiese sterkte van die kooks uit wat tydens die verkooksingsproses gevorm het.

Die Roga-indeks word bepaal deur 1 gram steenkool deeglik met 5 gram spesiale antrasiet in 'n kroesie te meng. Druk word uitgeoefen op die steenkool vir 'n ½ minuut (20,5 kPa met behulp van 'n 6 kg massastuk) waarna dit onder gekontroleerde toestande tot 850°C in 15 minute verhit word. Hierdie gekarboniseerde residu word geweeg en dan aan 'n trommeltoets vir 15 minute onderwerp. Met 5 minuut intervalle word die residu gesif en geweeg.

$$RI = \frac{100}{3m_1} \left(\frac{m_2 + m_5}{2} + m_3 + m_4 \right)$$

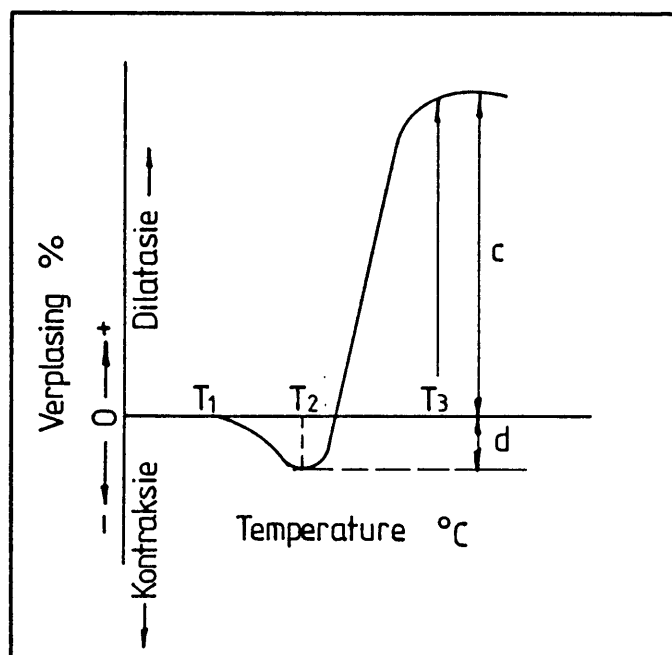
- waar m_1 = massa van die kooks (na verkooksing), (g);
 m_2 = massa van die kooks voor eerste afskuring, (g);
 m_3 = massa van die kooks na eerste afskuring, (g);
 m_4 = massa van die kooks na die tweede afskuring, (g);
 m_5 = massa van die kooks na die derde afskuring (g) en
 RI = Roga-indeks.

5.4.3 Dilatatie

(ISO R349, 1963(E)).

Met behulp van dilatometertoetse kan die uitsetting en/of inkrimping van steenkool tydens stadige verhitting bepaal word.

Steenkool met 'n partikelgrootte van minus 150 μm word met water benat waarna dit onder druk geplaas word om 'n stafie te vorm. Die steenkoolstafie word in die Audibert-Arnu dilatometer geplaas waarna die stelsel onder gekontroleerde toestande teen 'n konstante tempo verhit word ($3^\circ\text{C}/\text{min}$). Die uitsetting word deurlopend as 'n funksie van temperatuur in die vorm van 'n kromme aangeteken. Die gedragspatroon van die steenkool kan nou afgelei word aan die hand van 'n kromme soos in Fig, 21.



Figuur 21: Dilatometerkromme (ISO R349, 1963(E))

T_1	=	versagtingstemperatuur;
T_2	=	temperatuur van maksimum inkrimping;
T_3	=	temperatuur van maksimum uitsetting;
c	=	maksimum dilatasie uitgedruk as % en
d	=	maksimum kontraksie uitgedruk as %.

5.4.4 Plastisiteit

(ASTM Standards, 1980, p. 272-275).

Die Gieseler-plastometertoets is 'n semi-kwantitatiewe metode waarmee die relatiewe plastiese gedragpatrone van steenkool en steenkoolmengsels tydens verhitting vasgestel kan word.

Plastisiteit word deur middel van die Gieseler-plastometer bepaal deur gebruik te maak van 'n spanningsmeter wat aan 'n roerder gekoppel is. Die roerder is in 'n smeltkroes waarin 5 gram steenkool ($-850 \mu\text{m}$) gekompakteer word. Die smeltkroes word in 'n verhittingspot met 'n verhittingsmantel geplaas waarna die temperatuur onder gekontroleerde toestande verhoog word. Die rotasietempo van die roerder word teenoor die temperatuurstyging genoteer.

Steenkool raak plasties by 'n sekere temperatuur wat meebring dat die rotasieweerstand verminder en 'n sekere rotasietempo genoteer word. Die aanvanklike versagtingstemperatuur word genoteer waar 'n rotasietempo van 1 skaaldivisie/minuut voorkom. 'n Smelttemperatuur word aangegee as die rotasietempo 5 skaaldivisies/minuut is. Met 'n verdere toename in temperatuur sal die vloeibaarheid toeneem en daarna neem dit stelselmatig af om uiteindelik te solidifiseer. 'n Maksimum vloeitemperatuur en 'n solidifikasietemperatuur word genoteer. Benewens dié temperature word ook die maksimum fluïditeit genoteer.

5.5 DIE INVLOED VAN MINERALEKOMPONENTE OP DIE ANALITIESE RESULTATE

"As" oftewel die minerale of anorganiese komponente wat in steenkool voorkom, beïnvloed die resultate van chemiese analises en fisiese toetse op steenkool. Om steenkool met variërende asinhoud sinvol met mekaar te vergelyk, is dit noodsaaklik om die invloed van "as" te elimineer sodat die waardes slegs die organiese komponente verteenwoordig.

5.5.1. Droë, asvrye basis (dav)

(British Standard 1016, Part 16, 1971 en SABS-metode (ongepubliseerd)).

Droë asvrye waardes is hipotetiese waardes waar aanvaar word dat die steenkool geen vog en as bevat nie, byvoorbeeld:

$$\text{Verhittingswaarde (dav)} = \frac{\text{Verhittingswaarde soos bepaal} \times 100}{100 - (\% \text{ As} + \% \text{ Vog})}$$

Hierdie formules maak egter nie voorsiening vir veranderinge wat die mineraalbestanddele tydens verbranding ondergaan nie en korreksiefaktore moet aangebring word. Om te kompenseer vir die invloed van karbonate word die volgende formules gebruik:

$$\text{Vlugstof (dav)} = (\text{Vlugstof}_{(\text{bepaal})} - \text{CO}_2(\text{bepaal})) \frac{100}{100 - (\% \text{ Vog} + \% \text{ As})}$$

$$\begin{aligned} \text{Koolstof (dav)} &= (\text{Koolstof}_{(\text{bepaal})} - \frac{\text{C}}{\text{CO}_2(\text{bepaal})}) \frac{100}{100 - (\% \text{ Vog} + \% \text{ As})} \\ &= (\text{Koolstof}_{(\text{bepaal})} - 0,273 \text{ CO}_2) \frac{100}{100 - (\% \text{ Vog} + \% \text{ As})} \end{aligned}$$

Weens die verlies aan water van konstitusie van die kleimineraale, die verlies aan CO₂ van karbonate en die verlies aan swael van piriet, is die droë asvrye koolstof-, stikstof- en organiese swaelwaardes laer en die waterstof en suurstofwaardes hoër as vir suiwer steenkool.

5.5.2 Droë mineraalvrye basis (dmmv)

(British Standard 1016, Part 16, 1971 en SABS-metode (Ongepubliseerd)).

Droë mineraalvrye waardes is hipotetiese waardes waar aanvaar word dat die steenkool vry is van vog en minerale, byvoorbeeld:

$$\text{Verhittingswaarde (dmmv)} = \frac{\text{Verhittingswaarde soos bepaal}}{100 - (\% \text{ Vog} + \% \text{ Minerale})} \times 100$$

Analitiese metodes bestaan waarvolgens die mineraalinhoud vasgestel kan word, maar indien analitiese waardes nie bekombaar is nie, kan die mineraalinhoud bereken word deur van ander analitiese resultate gebruik te maak. Die formules wat gebruik word, bring die mineraalinhoud in

verband met die asinhoud (Francis, 1954, p. 296; en Snyman, Van Vuuren en Barnard, 1983, p. 13).

- (a) Parr : $M = 1,08A + 0,55 S$;
- (b) Mott en Spooner : $M = 1,09A + 0,5 S_{(piriet)}$;
- (c) King, Maries en Crossley : $M = 1,09A + 0,5 S_{(piriet)} + 0,84 CO_2$
 $- 1,1 SO_3(as) + SO_3(steenkool) +$
 $0,5 Cl$ en
- (d) Brown, Cladwell en Ferreday: $M = 1,10A + 0,53 S + 0,74 CO_2 - 0,36$.

waar	M	=	% anorganiese materiaal in steenkool;
	A	=	% as soos bepaal;
	S	=	% swael in steenkool;
	$S_{(piriet)}$	=	% pirietswael in steenkool;
	CO_2	=	% koolsuurgas;
	$SO_3(as)$	=	% sulfaat in as;
	$SO_3(steenkool)$	=	% sulfaat in steenkool en
	Cl	=	% chloor in steenkool.

Die minerale ondergaan veranderings tydens verbranding en die mees algemene veranderings is die volgende:

- (a) die vrystelling van koolsuurgas uit karbonate;
- (b) die vrystelling van gebonde water (hidrasiewater) uit kleiminerale en ander silikate;
- (c) die verbinding tussen kalsium en basiese oksiede met swael om ooreenkomstige sulfate te vorm;
- (d) die vrystelling van swael uit piriet om yster(III)-oksiede te vorm; en
- (e) die vrystelling van chloor uit chloriede.

Korreksiefaktore kan aangebring word om te kompenseer vir die invloed van bogenoemde faktore: (British Standard 1016, Part 16, 1971 en SABS-metode (Ongepubliseerd)).

- (a) Koolstofinhoud
- $$C(dmmv) = (C - 0,273 CO_2) \times \frac{100}{100 - (m + mm)}$$

(b) Waterstofinhoud

$$H(\text{dmmv}) = (H - 0,014A + 0,02 S^P + 0,02 \text{CO}_2) \times \frac{100}{100 - (m + \text{mm})};$$

(c) Stikstofinhoud

$$N(\text{dmmv}) = N \times \frac{100}{100 - (m + \text{mm})};$$

(d) Swaelinhoud

$$S^\circ(\text{dmmv}) = (S - S^P - S^S) \times \frac{100}{100 - (m + \text{mm})};$$

(e) Suurstofinhoud

$$(O^\circ)(\text{dmmv}) = ((O) - \text{mineraalsuurstof}) \times \frac{100}{100 - (m + \text{mm})};$$

(Die suurstofinhoud in steenkool kan ook bepaal word deur verskille indien dié waardes op 'n droë mineraalvrye basis uitgedruk is).

$$(O^\circ) = 100 - (C^\circ + H + N + S^\circ + 0,5 \text{Cl}).$$

(f) Chloorinhoud

$$\text{Cl}(\text{dmmv}) = \text{*Cl} \times \frac{100}{100 - (m + \text{mm})};$$

* In Suid-Afrika is die chloorinhoud gewoonlik laer as 0,01%.

(g) Vlugstofinhoud

$$V(\text{dmmv}) = (V - 0,13A - 0,2S^P - 0,7\text{CO}_2 - 0,7\text{Cl} + 0,2) \times \frac{100}{100 - (m + \text{mm})}; \quad \text{of}$$

$$V(\text{dmmv}) = (V - 0,13A - 0,2S - 0,7\text{CO}_2 - 0,7\text{Cl} + 0,32) \times \frac{100}{100 - (m + \text{mm})}; \quad \text{of}$$

$$V(\text{dmmv}) = (V - 0,13A - 0,2S - 0,7\text{CO}_2 + 0,12) \times \frac{100}{100 - (m + \text{mm})};$$

(h) Bruto hittewaarde by konstante volume

$$Q_{gr,v}, (\text{dmmv}) = (Q_{grv} - 0,13S^P) \times \frac{100}{100 - (m + \text{mm})};$$

waar

A	=	asinh ud, (%)
C	=	koolstofinhoud, (%)
Cl	=	chloorinhoud, (%)
CO ₂	=	koolsuurgasinhoud, (%)
H	=	waterstofinhoud, (%)
m	=	voginhoud, (%)

mm	=	mineraalinhoud, (%)
N	=	stikstofinhoud, (%)
(O)	=	suurstofinhoud, (%)
Q _{gr,v}	=	bruto verhittingswaarde by konstante volume;
S ^o	=	organiese swaelinhoud, (%)
S ^P	=	piriet-swaelinhoud, (%)
S ^S	=	sulfaat-swaelinhoud, (%)
S	=	totale swaelinhoud, (%) en
V	=	vlugstofinhoud.

5.6 PETROGRAFIESE ANALISES

5.6.1 Maseraalanalise

"Tipe" verwys na die aard van die oorspronklike plantmateriaal waaruit steenkool opgebou is, met ander woorde die maserale teenwoordig, naamlik vitriniet, eksiniet en inertiniet. Tipe word mikroskopies deur middel van 'n maseraalanalise bepaal. Vir identifikasiedoeleindes van maserale word van die volgende parameters gebruik gemaak: reflektiwiteits- en fluoressensieverskille, vorm en struktuur, kleur, anisotropisme, interne refleksies, reliëf en hardheid.

Die apparatuur wat benodig word om 'n maseraalanalise uit te voer, bestaan uit 'n binokulêre mikroskoop wat toegerus is met 'n gereflekterde ligsisteen en 'n olie-immersie-objektief met 'n vergroting van minstens 25x en 8x of 10x okulêre waarvan een verstelbaar is en met 'n kruishaar toegerus is, asook 'n outomatiese punteteller (International Handbook of Coal Petrography, 1963 en Stach, 1975, p. 253).

Analities word maserale wat onder die interseksie van die kruishaar voorkom geïdentifiseer en op 'n punt tot punt (0,3 - 0,5 mm) en lyn tot lyn (0,3 - 0,5 mm) basis genoteer. 'n Minimum van 500 maseraalpunte word normaalweg genoteer. Hierdie waarde word op 'n volume persentasie tot die naaste een persent uitgedruk. Die akkuraatheid van die waardes wat verkry word vir 'n telling van 500 of 1000 punte is ongeveer 2,0% per maseraal of maseraalgroep. Indien 'n hoër graad van akkuraatheid verlang word, moet meer punte getel word. Vir 3000 puntetellings sal die akkuraatheid korrek wees tot ongeveer 1% (International Handbook of Coal Petrography, 1963 en Stach, 1975, p. 255).

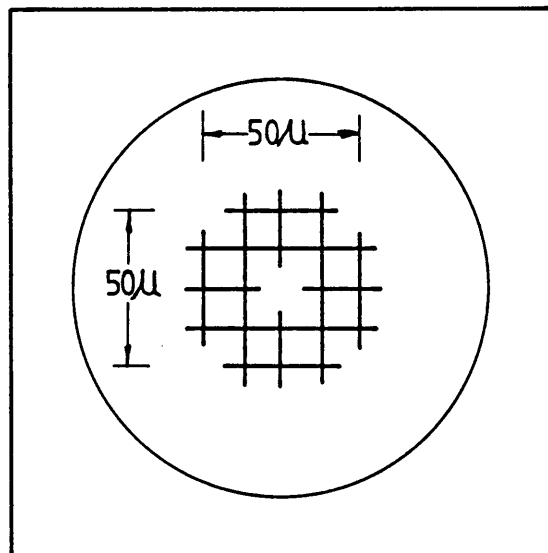
5.6.2 Mikrorots- of mikrolitotipe-analise

Maserale word nie afsonderlik in 'n steenkoollaag aangetref nie, maar kom as verskillende maseraalassosiasies voor. Hierdie maseraalassosiasies word met behulp van 'n mikrorotsanalise bepaal.

Sekere konvensies is vasgelê waarvolgens 'n mikrorotsanalise uitgevoer word (International Handbook of Coal Petrography, 1963 en Stach, 1975, p. 257):

- (a) die minimum korrelgrootte is 50 μ m en
- (b) die 5% reël waar slegs maserale met 'n inhoud van meer as 5% genoteer word.

Die apparatuur wat benodig word om 'n mikrorotsanalise uit te voer is soortgelyk aan dié wat vir 'n maseraalanalise gebruik word met die uitsondering dat 'n twintig-punt-kruishaar (Fig. 22) in plaas van 'n enkel kruishaar in die oogstuk gebruik word (International Handbook of Coal Petrography, 1963 en Stach, 1975, p. 257, 260).



Figuur 22: Voorbeeld van twintig-punt-kruishaar (Stach, 1975)

Analities word dieselfde prosedure gevolg as by 'n maseraalanalise. Vir identifikasiedoeleindes word elke identifkasië op 'n groep van twintig interseksies beskou as 'n enkele waarneming en geklassifiseer volgens die terminologie in Tabel 16. Indien 'n steenkoolkorrel minder as 10 interseksies beslaan, word sodanige lesing nie genoteer nie. Die

akkuraatheid van die waardes wat verkry word vir 'n telling van 500 punte is ongeveer 2,5% per volume (International Handbook of Coal Petrography, 1963 en Stach, 1975, p. 257-259).

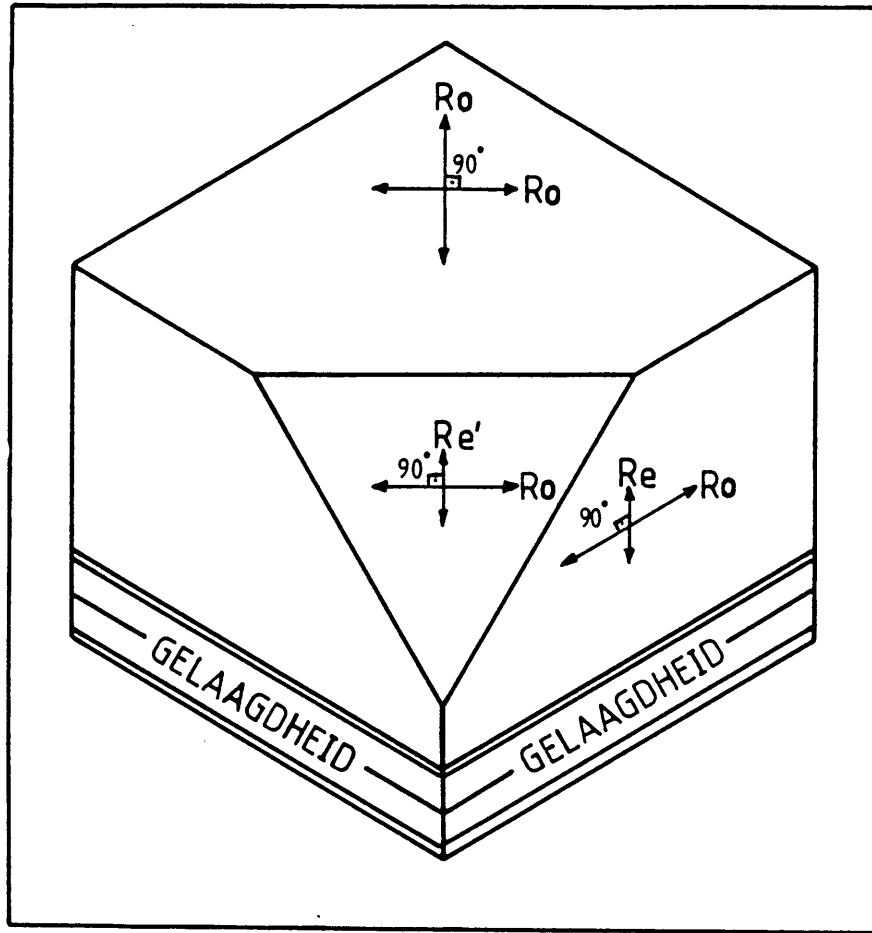
5.6.3 Reflektiwiteitsbepalings

Verskeie rangparameters word in die praktyk gebruik om steenkool te karakteriseer onder andere verhittingswaarde, koolstofinhoud en vlugstofinhoud asook reflektiwiteitslesings op vitrinitiese maserale soos deur Hoffman en Jenkner in 1932 voorgestel (Stach, 1975, p. 263). Reflektiwiteitslesings het dié voordeel bo ander rangparameters dat die rang op 'n spesifieke individuele maseraal bepaal kan word.

Die reflektiwiteitsapparaat bestaan uit 'n binokulêre mikroskoop wat toegerus is met gereflekteerde lig, 'n 40x of 50x olie-immersie-objektief, 'n fotometer, en 'n galvanometer of digitale voltmeter wat aan 'n rekenaar gekoppel kan wees (International Handbook of Coal Petrography, 1971 en Stach, 1975, p. 270).

Reflektiwiteitsbepalings berus op die beginsel dat die reflektiwiteit van vitriniet met die reflektiwiteit van 'n standaard vergelyk word. Vitriniet het 'n anisotrope karakter en vertoon 'n driedimensionele wisseling in reflektiwiteit wat soortgelyk is aan die variasie in optiese eienskappe van 'n eenassige negatiewe substans.

Indien waarnemings uitgevoer word in vlakgepolariseerde lig sal alle snitte deur 'n gegewe laag vitriniet volgens die model in Fig. 23 'n maksimum reflektiwiteit in minstens een rigting gee (Ward, 1984, p. 94). In 'n snit loodreg op die gelaagdheid sal 'n maksimum reflektiwiteit (R_o) verkry word as die vlak van polarisasie parallel aan die gelaagdheid is en 'n minimum (R_e) reflektiwiteitswaarde as die vlak van polarisasie loodreg op die gelaagdheid is. In 'n snit parallel aan die gelaagdheid sal teoreties slegs 'n maksimum reflektiwiteit verkry word. In 'n snit skuins met betrekking tot die gelaagdheid sal 'n maksimum (R_o) reflektiwiteitswaarde verkry word as die lig gepolariseer word parallel aan die gelaagdheid en 'n waarde intermedieër (R_e') tussen die minimum en maksimum as dit in 'n vlak lê wat die normaal op die gelaagdheid bevat.



Figuur 23: Die anisotrope karakter van steenkool waar R_o en R_e die maksimum en minimum waardes en R_e' die skynbare minimum waarde uitbeeld (Ward, 1984, p. 94)

Maksimum reflektiwiteit word in gepolariseerde lig bepaal. Die steenkoolmonster of die polarisator word deur 360° geroteer en die maksimum waarde word genoteer ($R_{ov(maks)}$). Die gemiddelde van 100 of meer lesings is die gemiddelde maksimum reflektiwiteit ("Mean maximum").

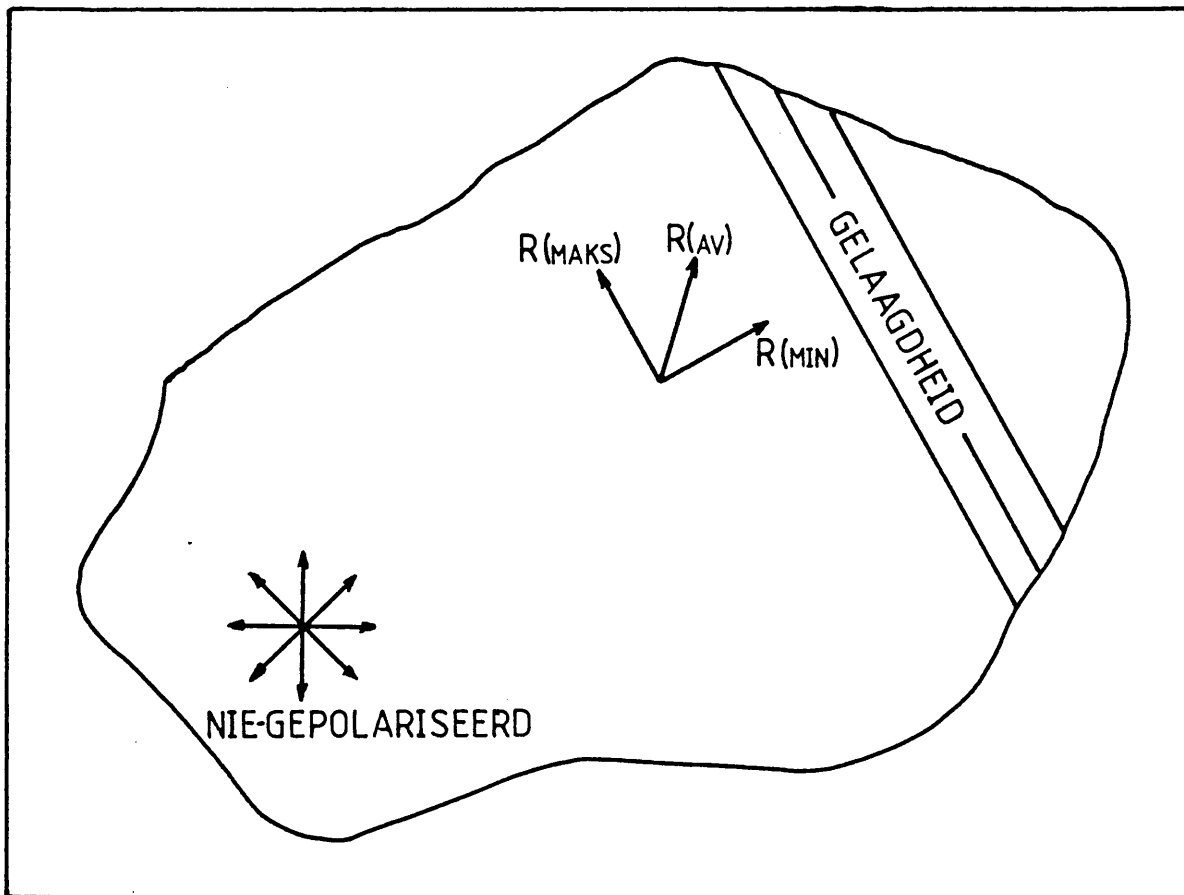
Die Minimum waarde kan ook verkry word in 'n rigting loodreg op die maksimum waarde. Indien die gepoleerde oppervlak loodreg op die gelaagdheid is, is die minimum waarde 'n ware minimum ($R_{(min)}$). Indien die oriëntasie nie loodreg op die gelaagdheid is nie, is dit 'n skynbare minimum waarde ($R'_{(min)}$) (Karr, 1978, p. 31-32 en Ward, 1984, p. 94-95), sodat

$$R_{(maks)} \geq R'_{(min)} \geq R_{(min)}$$

Die verskil tussen die maksimum en minimum waardes word dubbelrefleksie of birefleksie genoem en verhoog namate die rang van die steenkool toeneem.

Toevalsreflektiwiteit ("Random reflectivity") word bepaal sonder die polarisator en die monster word ook nie deur 360° geroteer nie. Die toevalsreflektiwiteit (Fig. 24) is konstant vir 'n bepaalde korreloriëntasie en is 'n gemiddelde waarde van die som van die maksimum en skynbare minimum waarde (Stach, 1975 p. 270-271; International Handbook of Coal Petrography, 1971; Snyman, Van Vuuren en Barnard, 1983, p. 23-24; Karr, Volume 1, 1978, p. 18-21 en Ward, 1984, p. 94-95).

In die jongste voorstelle oor 'n internasionale steenkoolklassifikasie van die Europese Ekonomiese Gemeenskap (1986) word die gebruik van toevalsreflektiwiteit pleks van maksimum reflektiwiteit as rangparameter voorgestaan.

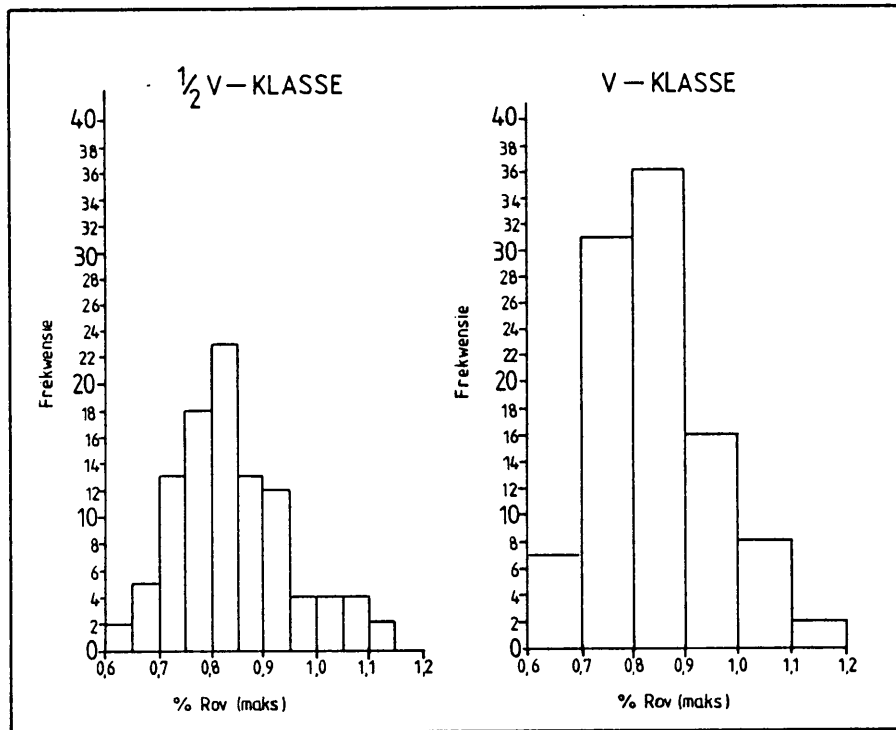


Figuur 24: Toevalsreflektiwiteit in nie-gepolariseerde lig (Ward, 1984, p. 95)

Analities word 100 lesings volgens standaard prosedures geneem soos uiteengesit in die International Handbook of Coal Petrography (1971) en Stach (1975, p. 263-272). Hierdie lesings word verwerk en 'n reflektogram (Fig. 25) word saamgestel waar die reflektiwiteitswaardes in groepe met intervalle van 0,1% of 0,05% ingedeel is. Reflektiwiteitsgroepe met intervalle van 0,1% staan as V-klasse bekend, en groepe met intervalle van 0,05% as $\frac{1}{2}$ V-klasse (Tabel 22) (International Handbook of Coal Petrography, 1971 en Stach, 1975, p. 263-272).

TABEL 22: REFLEKTIWITEITSLESINGS EN INDELINGS IN V-KLASSE EN $\frac{1}{2}$ V-KLASSE

REFLEKTIWITEITSMETINGS : % $\bar{R}\bar{O}V$ (maks)									
0,88	0,95	0,76	0,80	1,00	0,74	0,78	0,76	0,80	1,01
0,84	0,79	0,79	0,68	0,84	0,74	1,09	1,07	0,90	0,75
0,79	0,87	0,76	0,78	0,85	0,80	0,91	0,77	0,79	0,78
1,06	1,03	0,94	0,82	0,82	0,63	0,87	0,88	0,71	1,12
0,81	0,70	1,01	0,70	0,81	0,81	0,86	0,83	0,84	0,82
0,93	0,81	0,70	0,86	0,84	0,64	0,86	0,93	0,76	0,95
0,79	0,90	0,71	0,81	0,93	0,90	0,78	0,90	1,12	0,84
0,93	0,68	0,81	0,73	0,68	0,86	0,76	0,70	0,79	0,88
0,93	0,69	0,87	1,06	0,86	0,81	0,74	0,73	0,72	0,82
0,96	0,94	0,96	0,67	0,83	0,88	0,83	0,71	0,84	0,77
$\frac{1}{2}$ V-KLAS INDELING					V-KLAS INDELING				
% $\bar{R}\bar{O}V$ (maks)		Frekwensie			% $\bar{R}\bar{O}V$ (maks)		Frekwensie		
0,60 - 0,64		2			0,60 - 0,69		7		
0,65 - 0,69		5			0,70 - 0,79		31		
0,70 - 0,74		13			0,80 - 0,89		36		
0,75 - 0,79		18			0,90 - 0,99		16		
0,80 - 0,84		23			1,00 - 1,09		8		
0,85 - 0,89		13			1,10 - 1,19		2		
0,90 - 0,94		12							
0,95 - 0,99		4							
1,00 - 1,04		4							
1,05 - 1,09		4							
1,10 - 1,14		2							



Figuur 25: Reflektogramme

6. ONDERLINGE VERWANTSKAPPE VAN EIENSKAPPE

Om die gedragpatrone van Suid-Afrikaanse steenkool te verklaar, is dit noodsaaklik om die invloed van petrografie op die chemiese en fisiese eienskappe in navorsings- en tegnologiese prosesse te bestudeer. Sommige van hierdie eienskappe is vir die eerste keer in 'n Seylerdiagram geïnkorporeer.

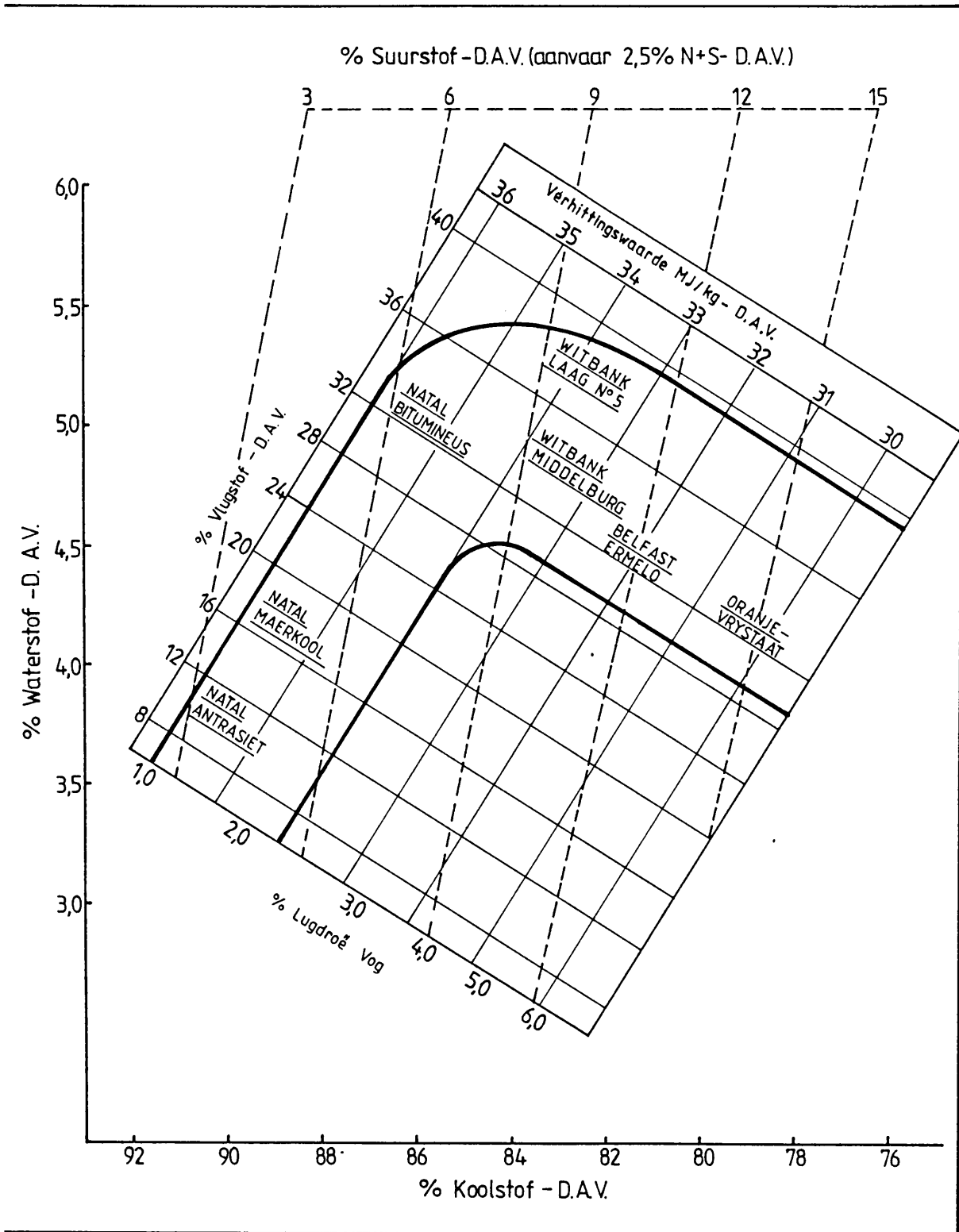
6.1 DIE SEYLERDIAGRAM

Seyler het in 1899 steenkool geklassifiseer deur van die elementsamestelling van steenkool gebruik te maak. Volgens die koolstofinhoud word vier hoofgroepe of spesies in die sisteem onderskei. Elk word in vyf genusgroepe op grond van die waterstofinhoud onderverdeel (Francis, 1954, p. 298 en Van Krevelen, 1981, p. 20). Normale steenkool het die voorvoegsel "orto" en steenkool met 'n hoër of laer persentasie koolstof as die normaal word deur die voorvoegsels "meta" en "para" gekenmerk. Indien die waterstofinhoud hoër of laer as die normaal is, word die voorvoegsel "per-" en "sub-" gebruik (Francis, 1954, p. 296-304 en Van Krevelen, 1981, p. 19-22).

Seyler het ook daarin geslaag om die elementsamestelling van steenkool met sekere tegnologiese eienskappe te korreleer. Voortspruitend uit hierdie korrelasies is 'n sogenaamde steenkoolkaart opgestel (Francis, 1954, p. 299 en Van Krevelen, 1981, p. 21).

6.2 DIE SEYLERDIAGRAM VIR SUID-AFRIKAANSE STEENKOOI (M C J VAN VUUREN)

Die Seylerdiagram soos aanvanklik deur Seyler opgestel, maak net vir blink of vitrinietryke steenkool voorsiening. Dit is dus nie sonder meer van toepassing op Suid-Afrikaanse steenkool wat hoofsaaklik uit doww of inertinietryke steenkool bestaan nie. Van Vuuren het gevolglik 'n gemodifiseerde diagram vir SA steenkool opgestel (Fig. 26) (Moodie, 1975, p. 17b).



Figuur 26: Die Seylerdiagram vir Suid-Afrikaanse Steenkool (M C J van Vuuren) (Moodie, 1975, p. 17b).

Die primêre doel van hierdie diagram was om die verhittingswaarde en vlugstofinhoud (dav) met die elementsamestelling (% koolstof, % waterstof en % suurstof) van steenkool in verband te bring.

Dié verwantskappe was oor die algemeen baie goed maar in sommige gevalle het relatiewe groot afwykings voorgekom. Standaardfoute vir die koolstofinhoud en waterstofinhoud is respektiewelik in die orde van 1,0% en 0,1%.

6.3 DIE SEYLERDIAGRAM VIR SUID-AFRIKAANSE STEENKOOL (SNYMAN ET AL.)

Snyman et al. (1983) het meer uitgebreide diagramme saamgestel (Fig. 27, 28 en 29) waar koolstof- en waterstofwaardes (dav) met verhittingswaarde (dav) en vlugstofinhoud (dav), vog (asvry), swelsyfer, HGI sowel as Rang en Tipe gekorreleer is. Hierdie diagramme is baie veralgemeen en geen onderskeid is tussen steenkool uit verskillende geografiese gebiede en verskillende steenkoollae gemaak nie.

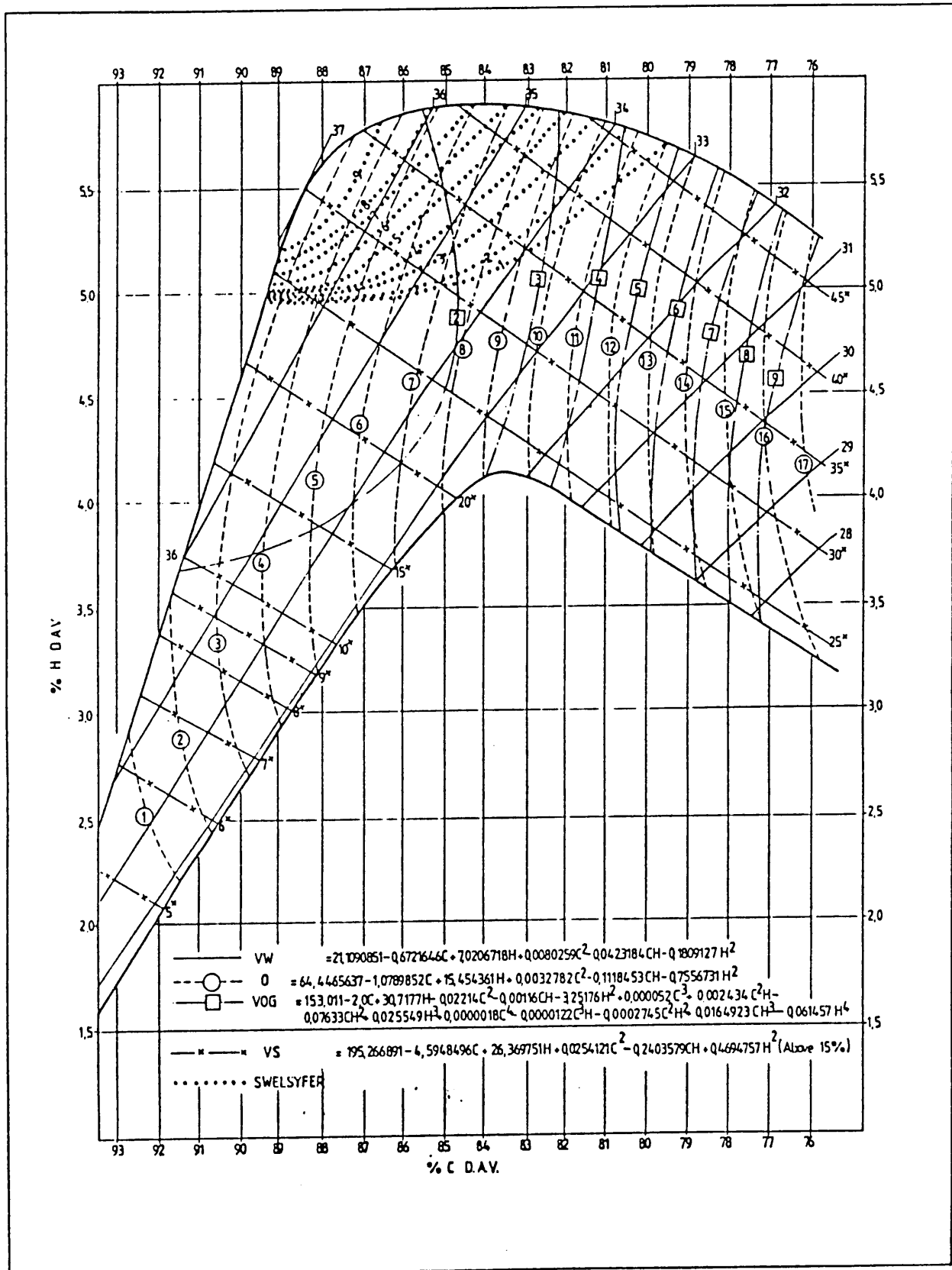
6.4 DIE SEYLERDIAGRAM VIR SUID-AFRIKAANSE STEENKOOL - GEBIEDSGEBONDE

Deur hierdie veralgemenings is sekere verwantskappe tot 'n mate verdoesel en in 'n poging om die verwantskappe beter te optimiseer, is waar moontlik onderskeid gemaak tussen steenkool van bepaalde geografiese gebiede en/of lae.

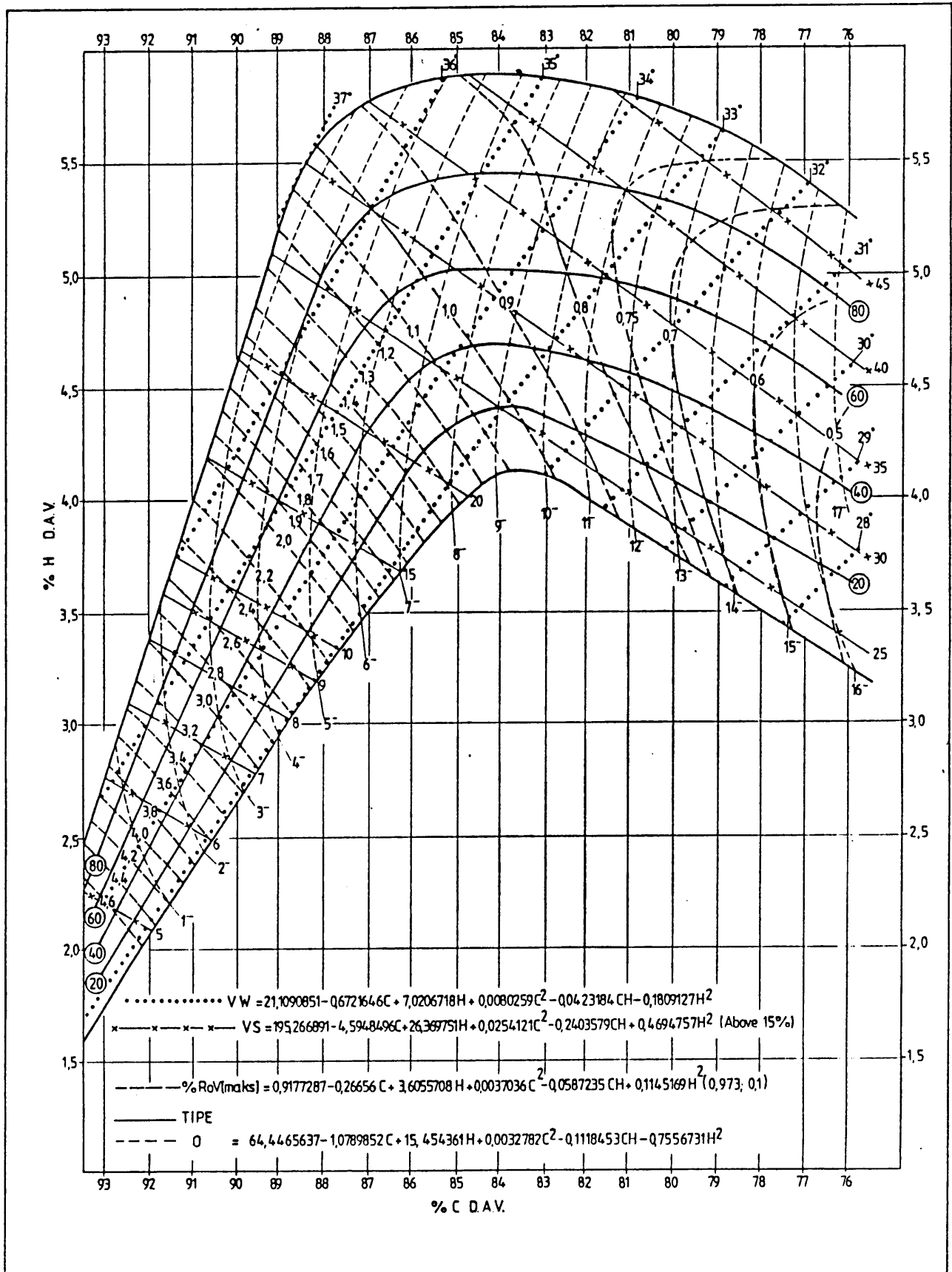
6.4.1 Die Seylerdiagram: C-H : VW-VS verwantskappe

Droë asvrye koolstof- en waterstofwaardes is gebruik om die verwantskappe met vlugstof en verhittingswaardes (albei dav) vas te stel (Fig. 30). Die volgende tendense is waargeneem:

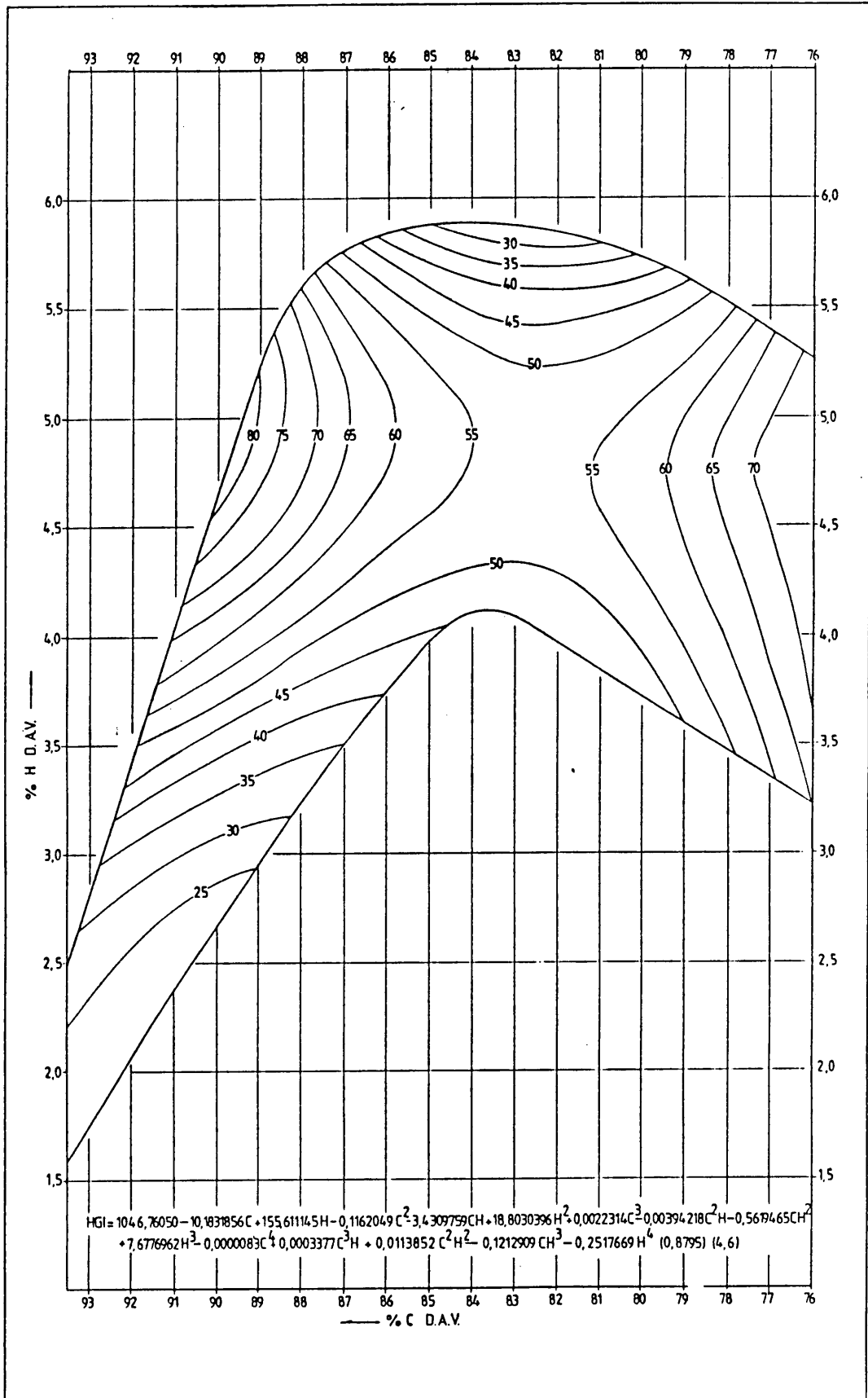
- (a) die verhittingswaardes toon 'n eweredige lineêre verpreidingspatroon sodat 'n bepaalde waarde deur 'n lineêre vergelyking in terme van waterstof en koolstof uitgedruk kan word en



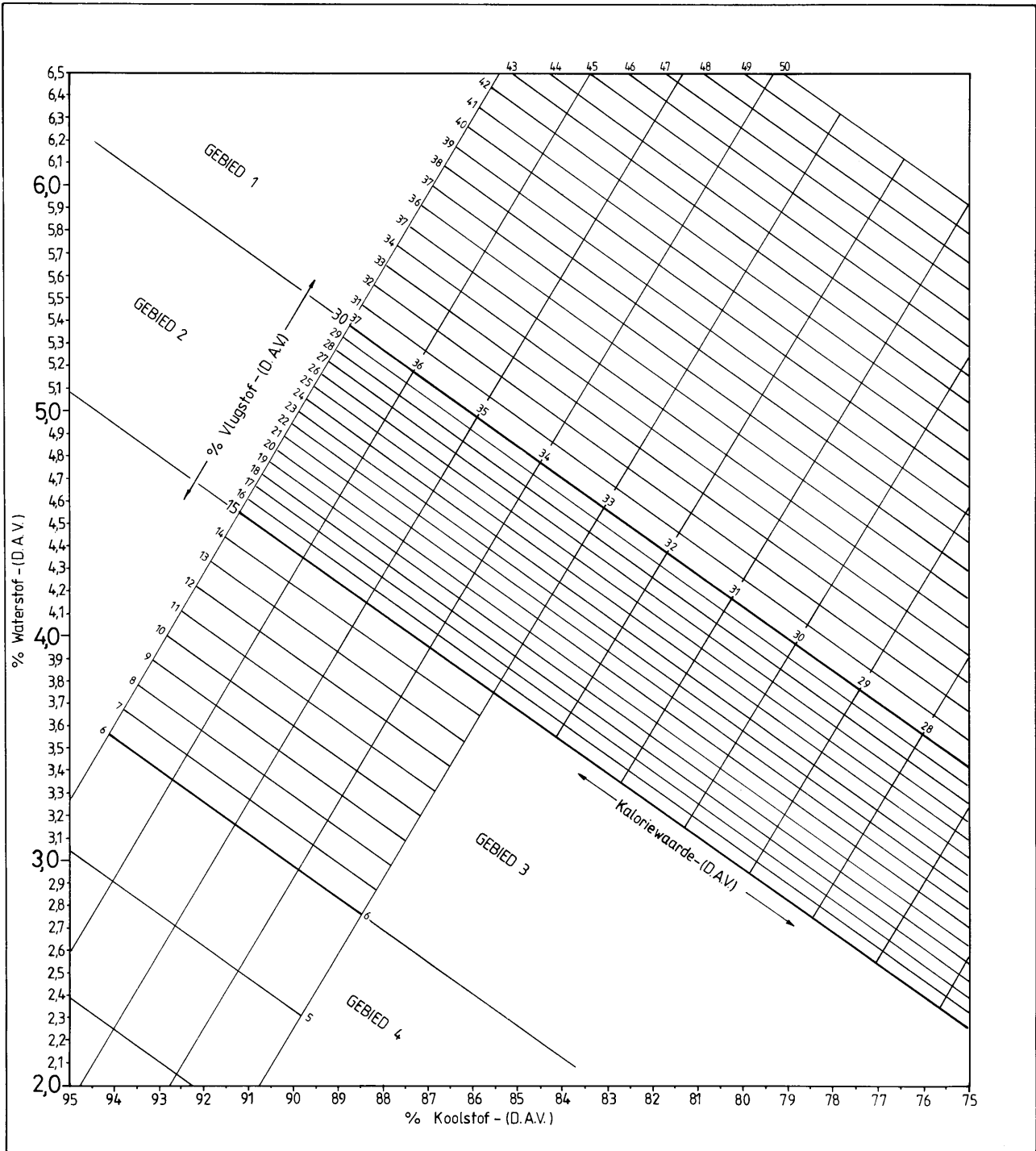
Figuur 27: Die verwantskap tussen die persentasie C, H, O, vlugstofinhoud, verhittingswaarde (MJ/kg) op 'n droë asvrye basis asook die % vog (asvry) en die swelsyfer van SA steenkool (Snyman *et al*, 1983)



Figuur 28: Die verwantskap tussen die chemiese eienskappe van steenkool met tipe (vitrinietinhoud, mineraalvry) en rang ($RoV_{(maks)}$) (Snyman et al, 1983)



Figuur 29: Die verwantskap tussen HGI en die koolstof- en waterstof-inhoud (Snyman *et al.*, 1983)



Figuur 30: Aangepaste Seylerdiagram vir SA Steenkool.

- (b) die vlugstowwe toon ook 'n lineêre verspreidingspatroon maar die isolyne is nie ewe ver van mekaar af soos in die geval van die verhittingswaardes nie. Vier gebiede word op grond van die vlugstofinhoud onderskei:

Gebied 1	:	vlugstof hoër as 30%;
Gebied 2	:	vlugstof hoër as 15% maar laer as 30%;
Gebied 3	:	vlugstof hoër as 6% maar laer as 15% en
Gebied 4	:	vlugstof laer as 6%.

Verskeie faktore mag vir hierdie tendens verantwoordelik wees, onder andere:

- (a) Verskille in oorspronklike plantmateriaal as gevolg van topografiese en klimaatsverskille. Die diepte van die watervlak kon ook 'n invloed hê op die bakteriële inwerking op die organiese matriks. Dit kon veroorsaak dat maserale ontstaan wat elk sy eie tiperende chemiese en fisiese eienskappe het wat van laag tot laag en gebied tot gebied kon verskil.
- (b) Daaropvolgende metamorfose of geochemiese inkoling hang af van druk, temperatuur en tyd en in besonderhede kan die proses gevolglik van stadium tot stadium verskil. Patteiskey en Teichmüller (Stach 1975, p. 198-201) het vier fases van inkoling onderskei. Die eerste inkolingsfase vind plaas by 'n vlugstofinhoud van 43%, die tweede by 'n vlugstofinhoud van 29% en die derde en vierde fases respektiewelik by vlugstofinhoude van 8% en 4%.

Die metamorfe effek van dolerietintrusies wat primêr vir die rangverhoging van Suid-Afrikaanse steenkool verantwoordelik was, hang van verskeie faktore af (sien 3.5.3). Gevolglik lyk dit waarskynlik dat die chemiese effek van doleriet op steenkool van gebied tot gebied kan verskil.

- (c) Geen korreksies om te kompenseer vir die invloed van minerale is aangebring nie, aangesien sulke korreksies in die praktyk ook nie op 'n roetine basis aan steenkoolanalises gedoen word nie.

Die vlugstofinhoud en verhittingswaarde kan teoreties met behulp van die volgende formules bereken word:

$$\text{Gebied 1 : VS} = 8,187H - 1,157C + 88,62$$

$$\text{Gebied 2 : VS} = 12,712H - 1,818C + 122,88$$

$$\text{Gebied 3 : VS} = 6,383H - 0,916C + 69,45$$

$$\text{Gebied 4 : VS} = 1,515H - 0,219C + 21,17$$

$$\text{en VW} = 1,477H - 0,500C - 15,29$$

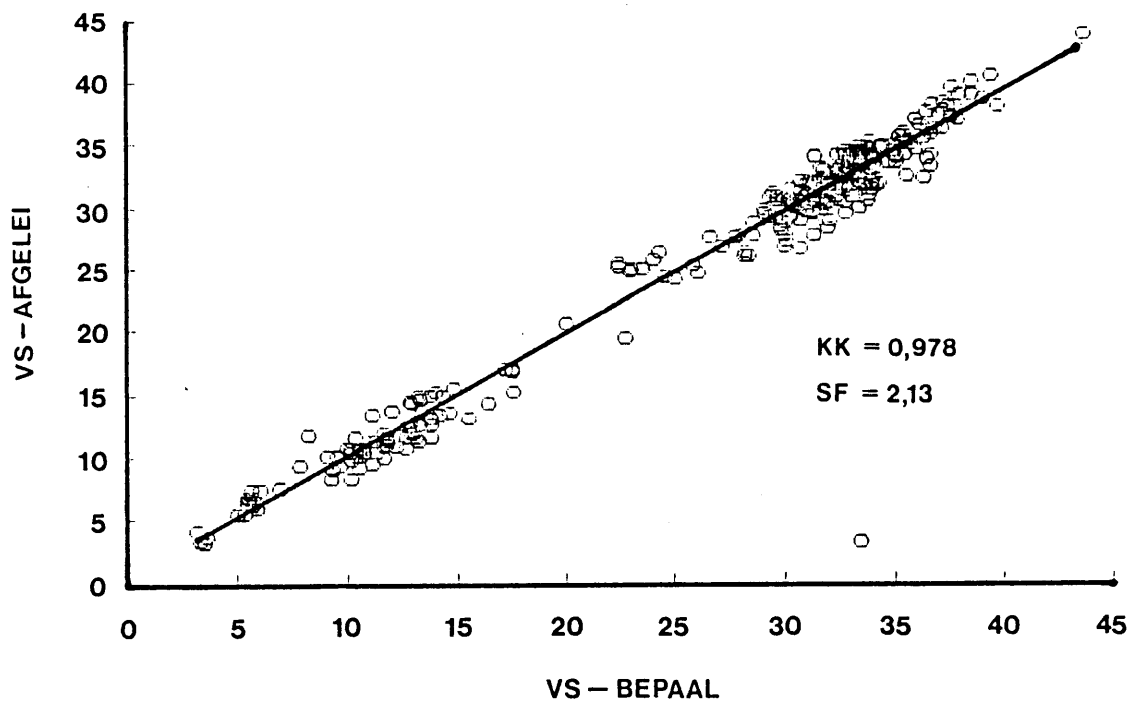
waar C = % koolstof
 H = % waterstof
 VS = % vlugstof en
 VW = verhittingswaarde (MJ/kg) almal uitgedruk op 'n droë asvrye basis.

Baie goeie verwantskappe is gevind soos deur Fig. 31 en 32 uitgebeeld word. In die geval van die kwadratiese vergelykings soos voorgestel deur Snyman et al. (1983, p. 16 en Tabel 6) is die korrelasie koëffisiënte vir vlugstofinhoud en verhittingswaarde 0,989 en 0,983 onderskeidelik.

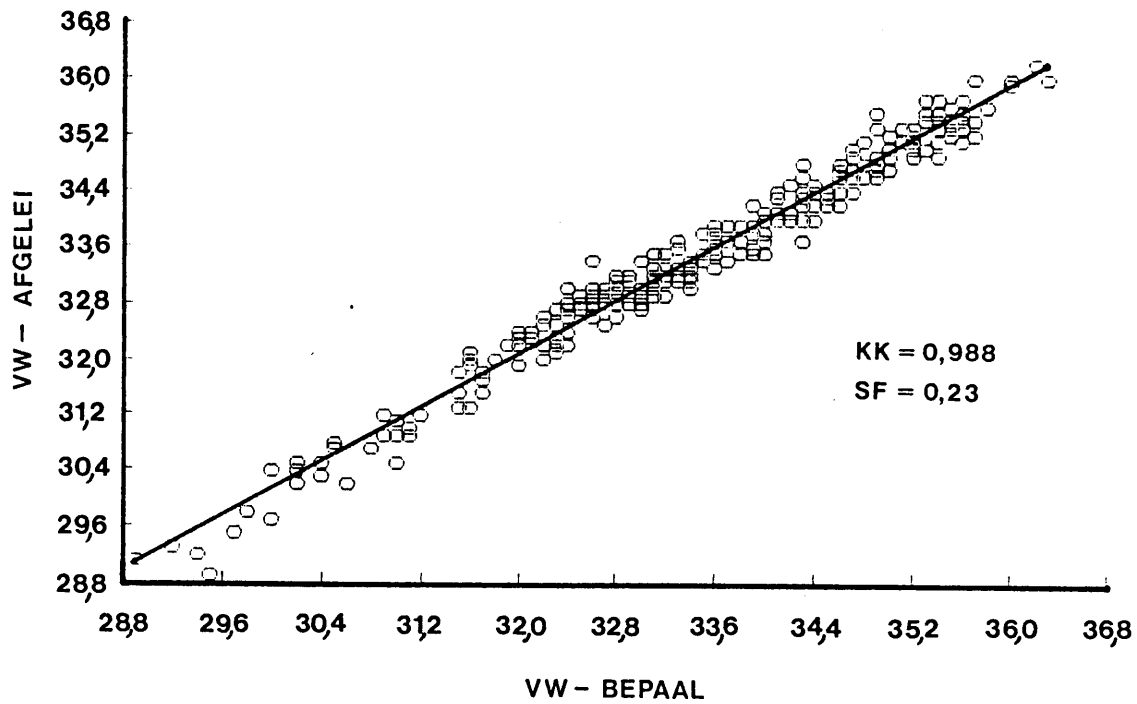
6.4.2 Onderverdelings van die Seylerdiagram op grond van VS-VW verwantskappe

Die uitgangspunt vir die samestelling van alle vorige Seylerdiagramme was die droë asvrye of droë mineraalvrye C- en H-waardes. Hierdie waardes is egter nie vry-algemeen in die praktyk bekombaar nie aangesien steenkool meestal op grond van die kortanalise en verhittingswaarde geëvalueer word. Verdere verwantskappe is dus gebaseer op droë asvrye vlugstof- en verhittingswaardes.

Aanvanklik is beoog om slegs 'n enkele lineêre verband vir elke eienskap op te stel. Optimale verwantskappe kon egter nie gevind word nie, wat verstaanbaar is in die lig van die feit dat Snyman et al. (1983, p. 63) tot vierdegraadse polinomiale gebruik het. Vervolgens is die steenkoolvelde in vier geografiese gebiede onderverdeel naamlik Witank-Middelburg, Ermelo-Belfast-Piet Retief, die Oranje-Vrystaat en Natal.



Figuur 31: Korrelasie tussen ware en afgeleide vlugstofinhoud



Figuur 32: Korrelasie tussen ware en afgeleide verhittingswaarde.

Waar toepaslik is verwantskappe vir elke gebied vasgestel en in sommige gebiede is ook tussen verskillende lae onderskei. Hierdie korrelasieverwantskappe is ook net van toepassing op humoliete met minder as $\pm 7\%$ eksiniet.

6.4.2.1 Die C- H- O-korrelasie

Die organiese samestelling van die maserale is 'n funksie van tipe en rang. Hierdie samestelling is sensitief ten opsigte van rangveranderinge. In Fig. 30, 33 en 34 verander die samestelling van regs na links met 'n toename in rang. Die C-H inhoud kan grafies van Fig. 30 afgelees word of dit kan met behulp van die volgende formules bereken word:

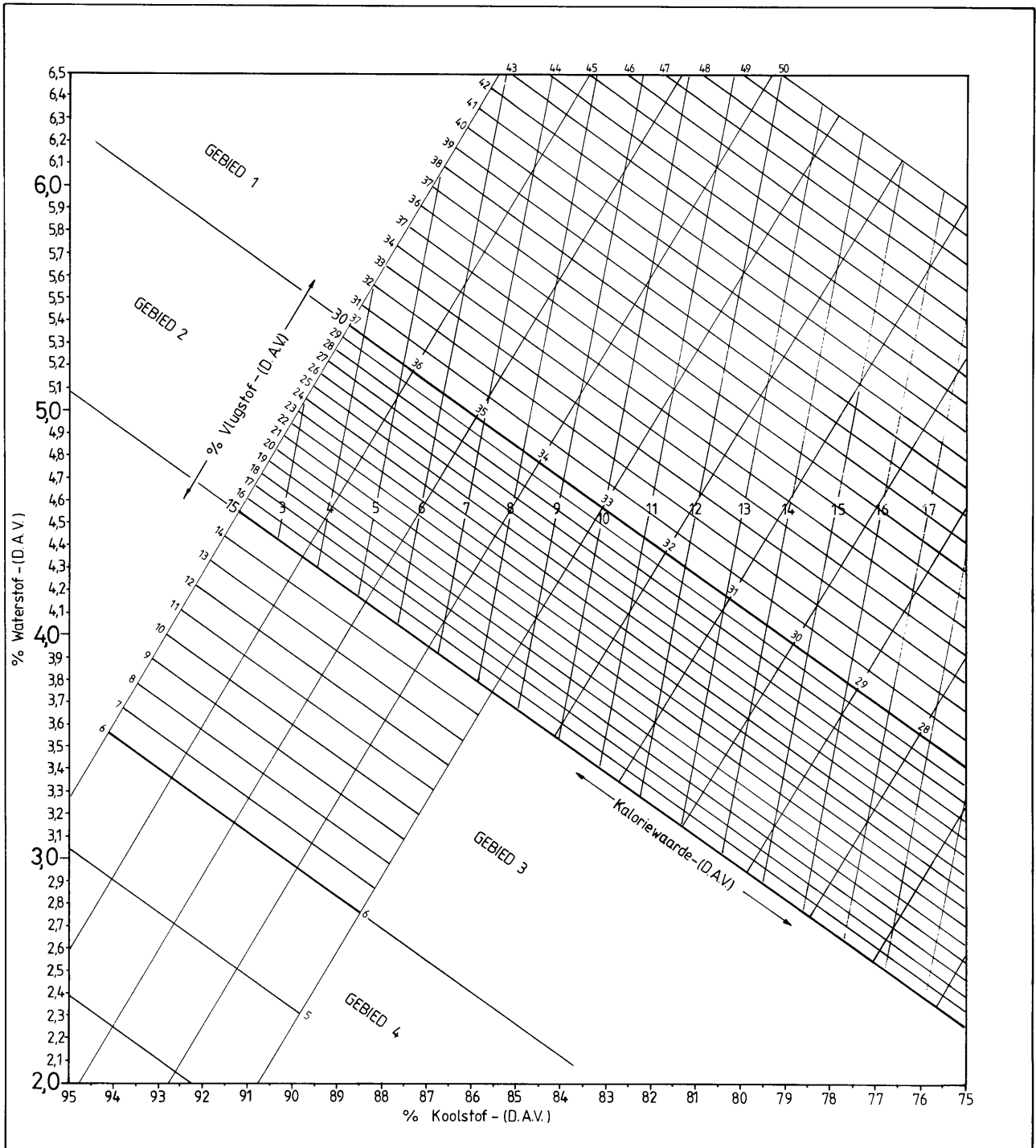
$$\begin{aligned}
 \text{Gebied 1 : \%C (dav)} &= 1,425VW - 0,263VS + 43,97 \\
 \text{\%H (dav)} &= 0,204VW + 0,087VS - 4,77 \\
 \text{Gebied 2 : \%C (dav)} &= 1,410VW - 0,160VS - 41,37 \\
 \text{\%H (dav)} &= 0,203VW + 0,055VS - 3,77 \\
 \text{Gebied 3 : \%C (dav)} &= 1,412VW - 0,328VS + 43,88 \\
 \text{\%H (dav)} &= 0,200VW + 0,110VS - 4,50 \\
 \text{Gebied 4 : \%C (dav)} &= 1,417VW - 13,375VS + 6,75.
 \end{aligned}$$

Baie goeie korrelasies is gevind (Fig. 35 en 36).

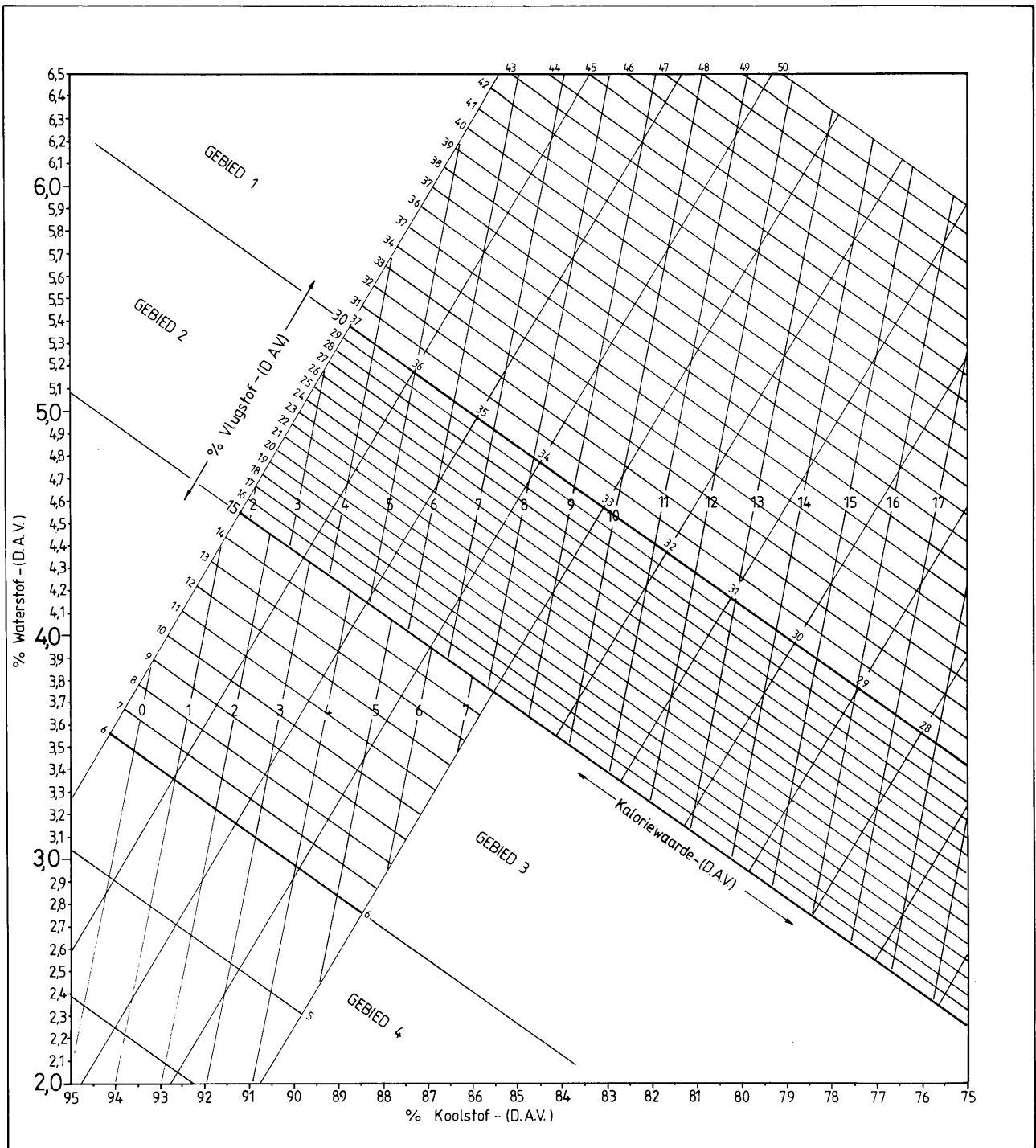
Die suurstofwaardes neem progressief af met 'n toename in rang (Fig. 33 en 34). 'n Duidelike verplasing van die isolyne vir suurstof is nodig by die 15% vlugstof (Fig. 34) ten einde waardes so ver moontlik te optimiseer. 'n Baie goeie korrelasie is gevind (Fig. 37).

Die waardes kan ook bereken word met behulp van die volgende formules:

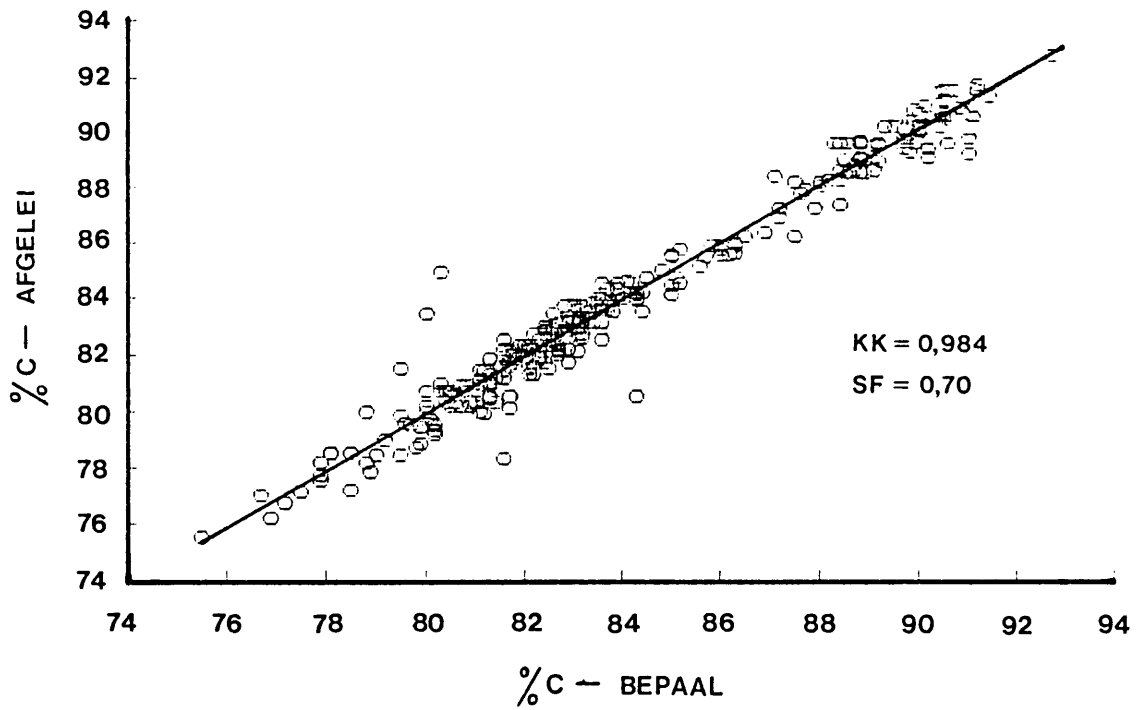
$$\begin{aligned}
 \text{Fig. 33: Gebied 1 : \%O} &= 0,169VS - 1,569VW + 56,71 \\
 \text{Gebied 2 : \%O} &= 0,108VS - 1,566VW + 58,45 \\
 \\
 \text{Fig. 34: Gebied 1 : \%O} &= 0,170VS - 1,579VW + 56,72 \\
 \text{Gebied 2 : \%O} &= 0,108VS - 1,571VW + 58,33 \\
 \text{Gebied 3 : \%O} &= 0,213VS - 1,563VW + 55,93 \\
 \text{Gebied 4 : \%O} &= 0,869VS - 1,558VW + 51,81
 \end{aligned}$$



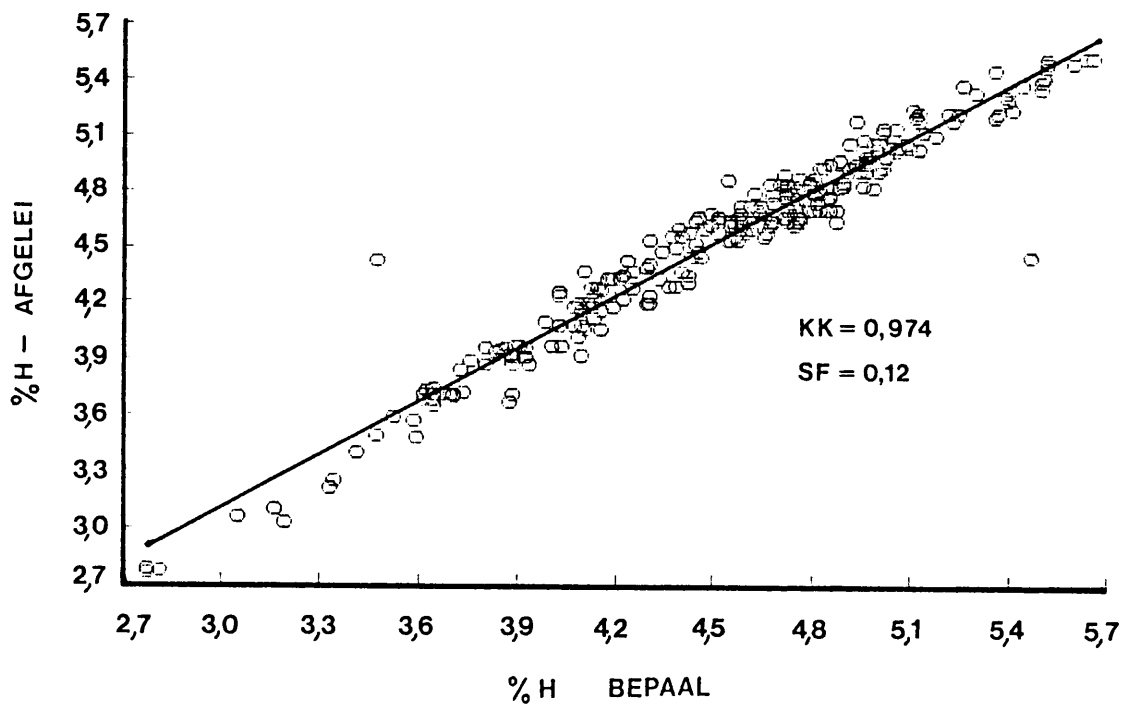
Figuur 33: Suurstofinhoud van steenkoolmonsters uit Transvaal, Ermelo-Belfast-Piet Retief en OVS



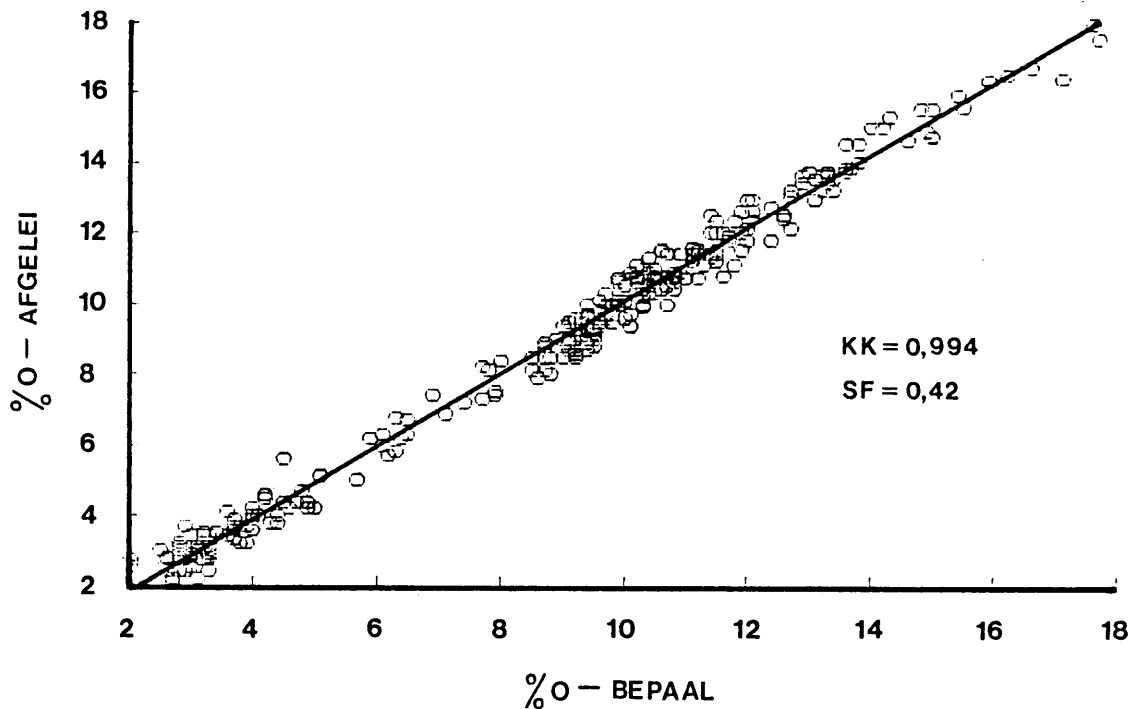
Figuur 34: Suurstofinhoud van steenkoolmonsters uit Natal



Figuur 35: Korrelasie tussen ware en afgeleide koolstofinhoud.



Figuur 36: Korrelasie tussen ware en afgeleide waterstofinhoud.



Figuur 37: Korrelasie tussen ware en afgeleide suurstofinhoud.

6.4.2.2 Tipe in terme van vlugstof en verhittingswaarde

Aanvanklik is nie tussen verskillende steenkoollae onderskei nie en in die korrelasiediagramme was die tipelyne nie lineêr nie. 'n Parallele spasiëring van die tipelyne met spasies wat al breër word namate van die 100% vitrinietyllyn wegbeweeg word, het voorgekom.

Die steenkoollae wat in die verskillende geografiese gebiede voorkom, is die volgende:

- (i) Transvaal - Laag No. 1 (blink) 2 (dof), 3 (blink), 4 (dof) en 5 (blink). Laag No. 1, 3 en 5 is soms ook dof;
- (ii) Ermelo - Belfast - Piet Retief - Laag B (dof) en C (blink);

(iii) Oranje-Vrystaat - Laag Bo, Middel en Onder of Laag 1, 2A, 2B en 3 (dof) en

(iv) Natal - Alfred, Gus, Dundas en Coking.

In Fig. 38 en 39 verteenwoordig die tipelyne die gesamentlike vitriniet- en eksinietinhoud. Onderskeid word getref tussen steenkool met 'n asinhoud van groter en kleiner as 12%. Die volgende formules wat afgelei is uit Fig. 38 is van toepassing op steenkool met 'n asinhoud van meer as 12%:

Steenkool van lae rang:

$$\text{Gebied 1 : } V + E = 3,750VS + 3,540VW - 196,57 \{ \text{---} \}$$

$$\text{Gebied 2 : } V + E = 2,381VS + 3,448VW - 152,39 \{ \text{---} \}$$

Steenkool van intermediêre rang:

$$\text{Gebied 1 : } V + E = 1,840VS + 11,864VW - 419,90 \{ \text{....} \}$$

$$\text{Gebied 2 : } V + E = 1,205VS + 11,764VW - 397,24 \{ \text{....} \}$$

Indien die asinhoud kleiner as 12% is, word die formules wat van Fig. 39 afgelei is, gebruik vir die berekening:

Lae rang:

$$\text{Gebied 1 : } V + E = 3,750VS + 3,540VW - 186,57 \{ \text{---} \}$$

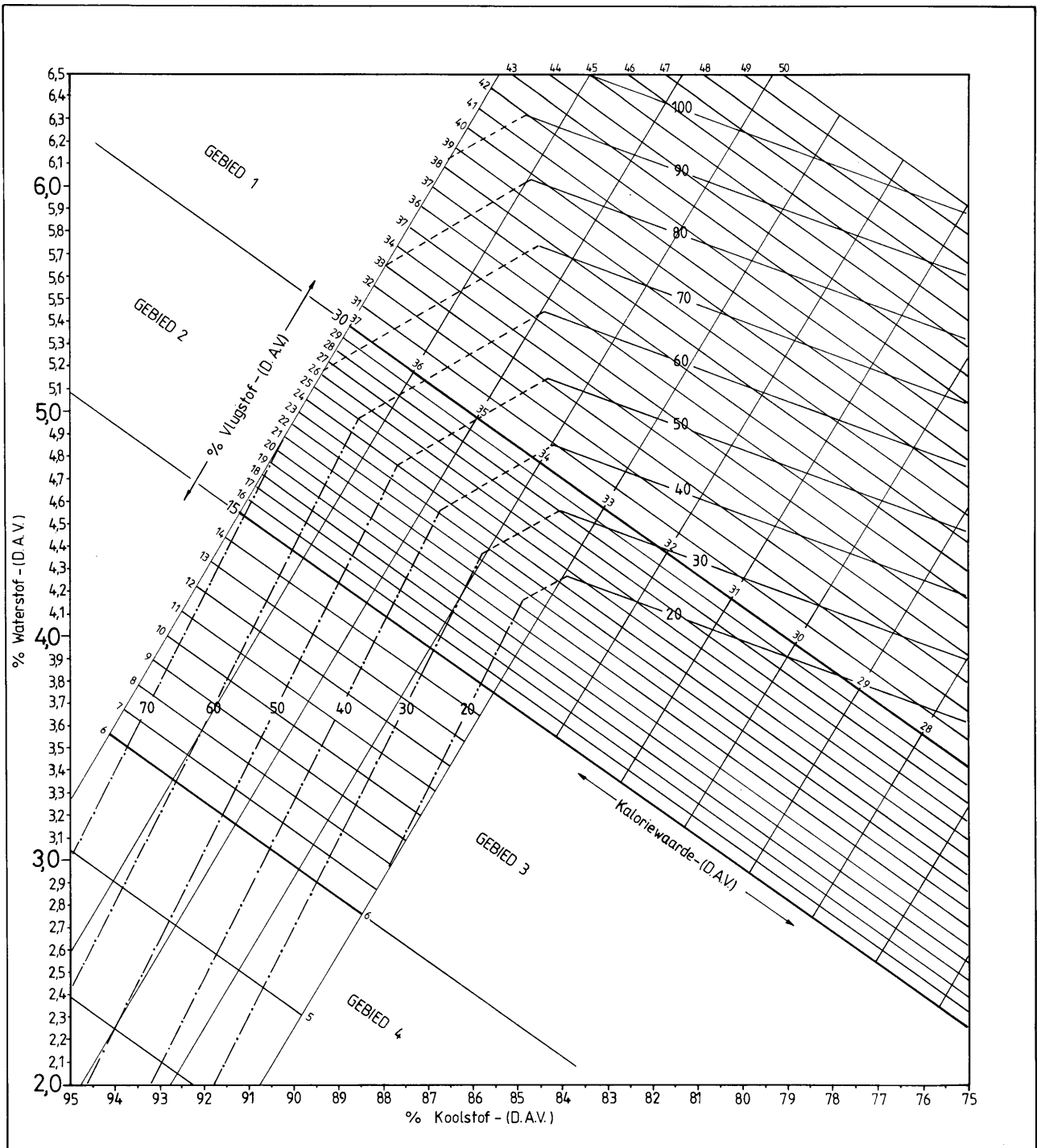
$$\text{Gebied 2 : } V + E = 2,381VS + 3,448VW - 142,39 \{ \text{---} \}$$

Intermediêre rang:

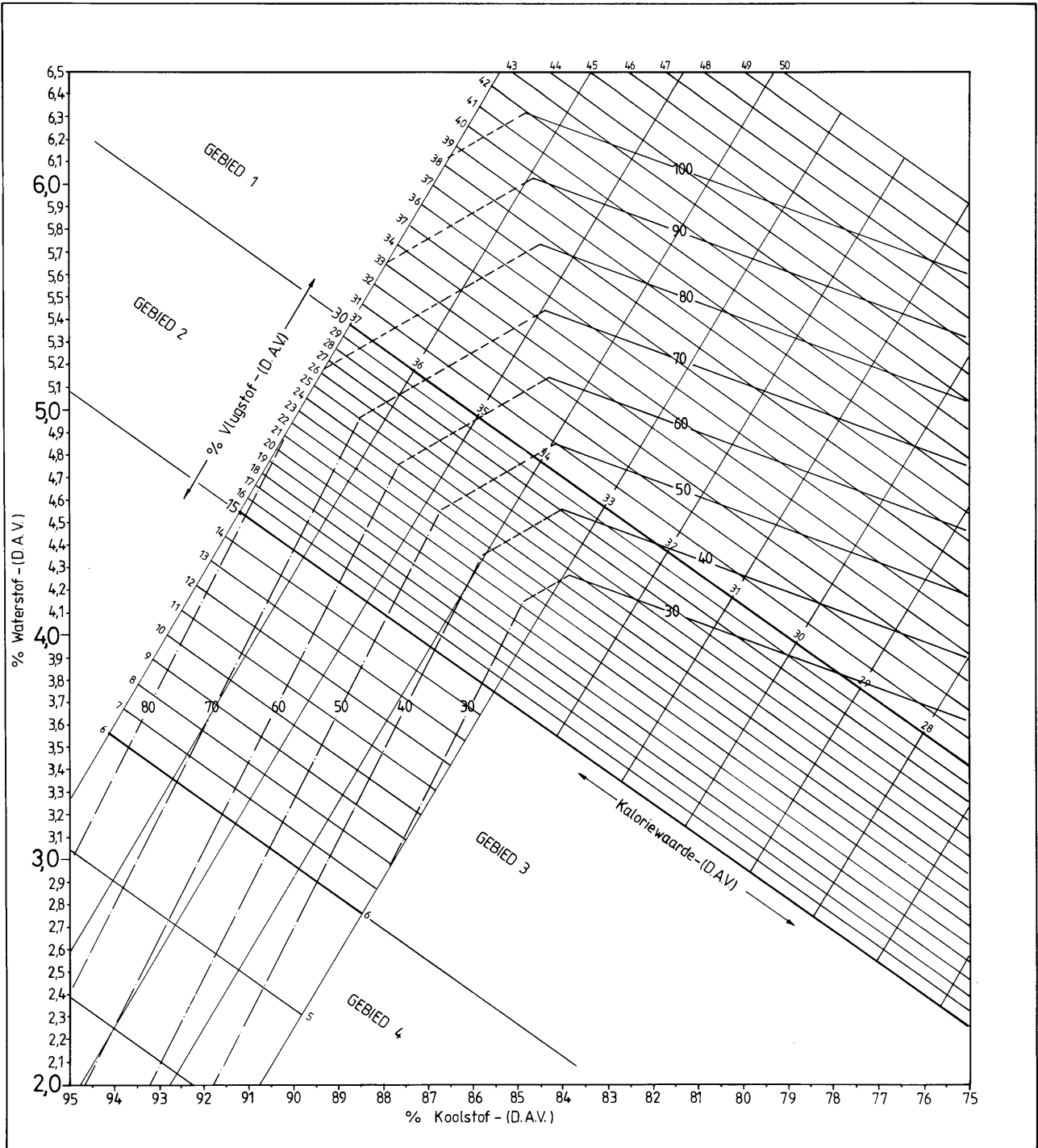
$$\text{Gebied 1 : } V + E = 1,840VS + 11,864VW - 409,90 \{ \text{....} \}$$

$$\text{Gebied 2 : } V + E = 1,205VS + 11,764VW - 387,24 \{ \text{....} \}$$

In Fig. 38 en 39 word onderskeid gemaak tussen steenkool van verskillende lae sowel as van verskillende geografiese gebiede. Alhoewel die geografiese grense redelik duidelik is, kom oorvleueling van gebiede in sommige gevalle voor.



Figuur 38: Maseraalsamestelling van steenkool - steenkool met asinhoud van meer as 12%.



Figuur 39: Maseraalsamestelling van steenkool - steenkool met asinhoud kleiner as 12%.

Die geografiese afbakening van steenkool is tussen die volgende grense (Fig. 38 en 39):

- (i) {—} bitumineuse steenkool uit Transvaal, Ermelo - Belfast - Piet Retief en die Oranje-Vrystaat;
- (ii) {...} bitumineuse steenkool uit Natal en
- (iii) {---} semi-antrasitiese en antrasitiese steenkool uit Natal en Ermelo - Belfast - Piet Retief.

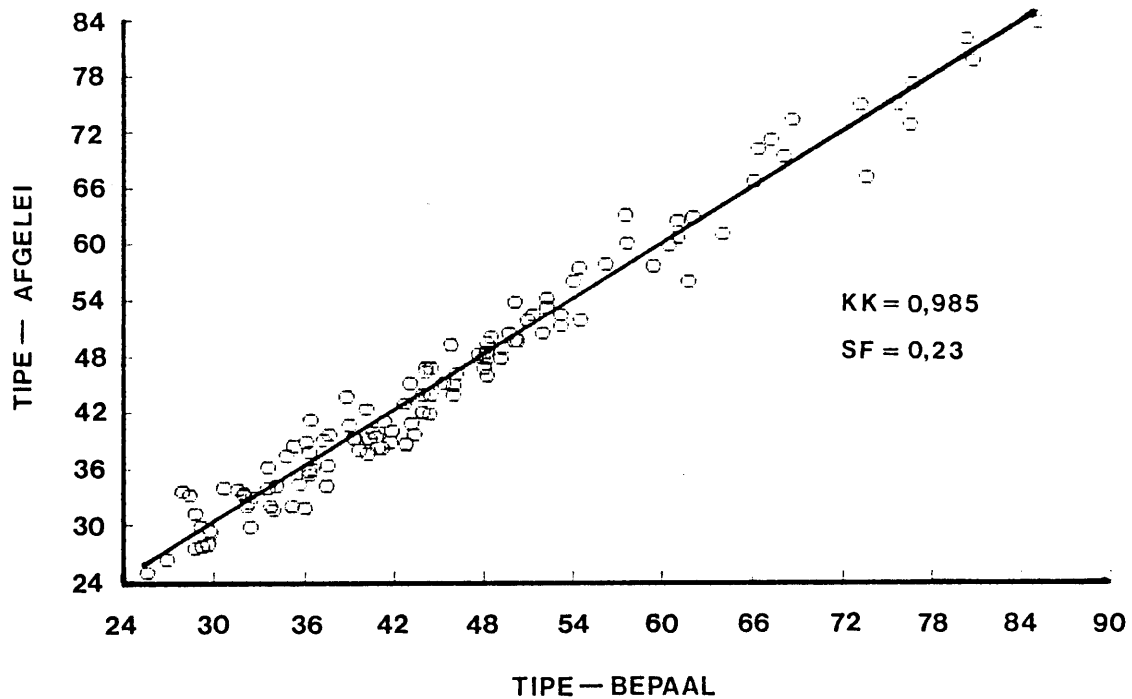
Afgeleide V + E - waardes vir steenkool van Northfield- en Indumenisteenkoolmyne toon afwykings en die afgeleide waarde is oor die algemeen omtrent 11% laer as die bepaalde waardes (Tabel 23). Hierdie tendens word toegeskryf aan die perhidreuse karakter van die vitrinitiese maserale.

TABEL 23: STEENKOOLANALISES

Myne	LUGDROOG				DAV		DAV					Werklik	Afgelei
	VW	H ₂ O	As	VS	VW	VS	C	H	N	S	O	V+E	V+E
	%	%	%	%	MJ/kg	%	%	%	%	%	%	%	%
Northfield	31,1	1,1	12,7	23,0	36,1	26,7	87,18	5,24	2,28	0,93	4,37	71	60
Indumeni	31,7	1,1	10,4	24,4	35,8	27,6	86,20	5,17	2,28	1,27	5,08	79	67
Hlobane	30,9	1,2	12,7	22,7	35,9	26,4	87,80	5,02	2,10	0,43	4,65	54	57

In Fig. 40 word die verwantskap tussen die berekende en bepaalde V + E-waardes weergegee.

Die reaktiewe semifusinietinhoud kan teoreties of grafies (Fig. 41 en 42) bepaal word uit die afgeleide of die bepaalde vitrinietinhoud.



Figuur 40: Korrelasie tussen afgeleide en bepaalde tipe

Onderskeid moet getref word tussen normale steenkoolprodukte en steenkoolprodukte wat progressief veredel is.

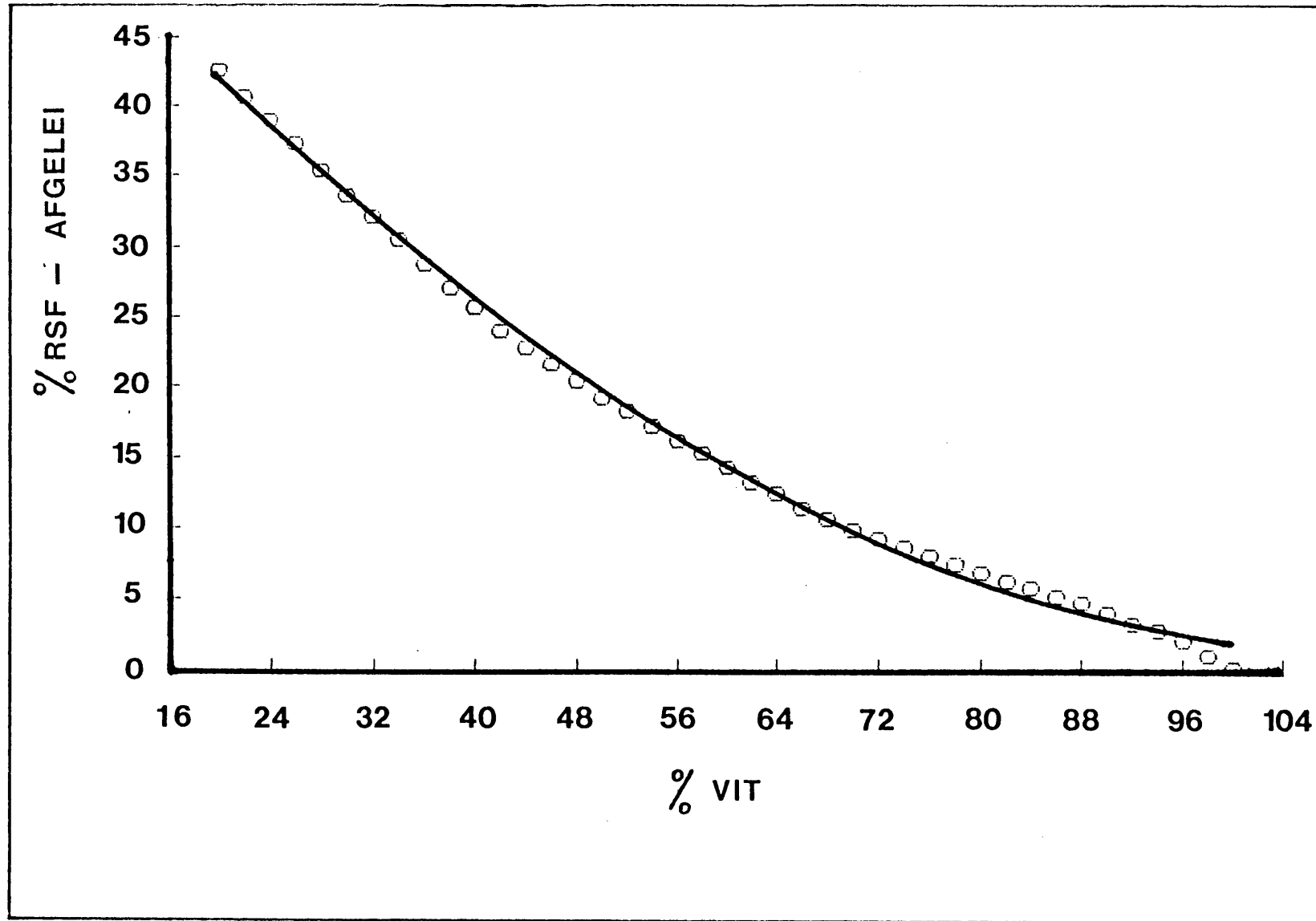
$$y = 0,005x^2 - 1,074x + 61,5 \text{ (Normale produkte)}$$

$$y = 0,004x^2 - 0,769x + 43,5 \text{ (Veredelde produkte)}$$

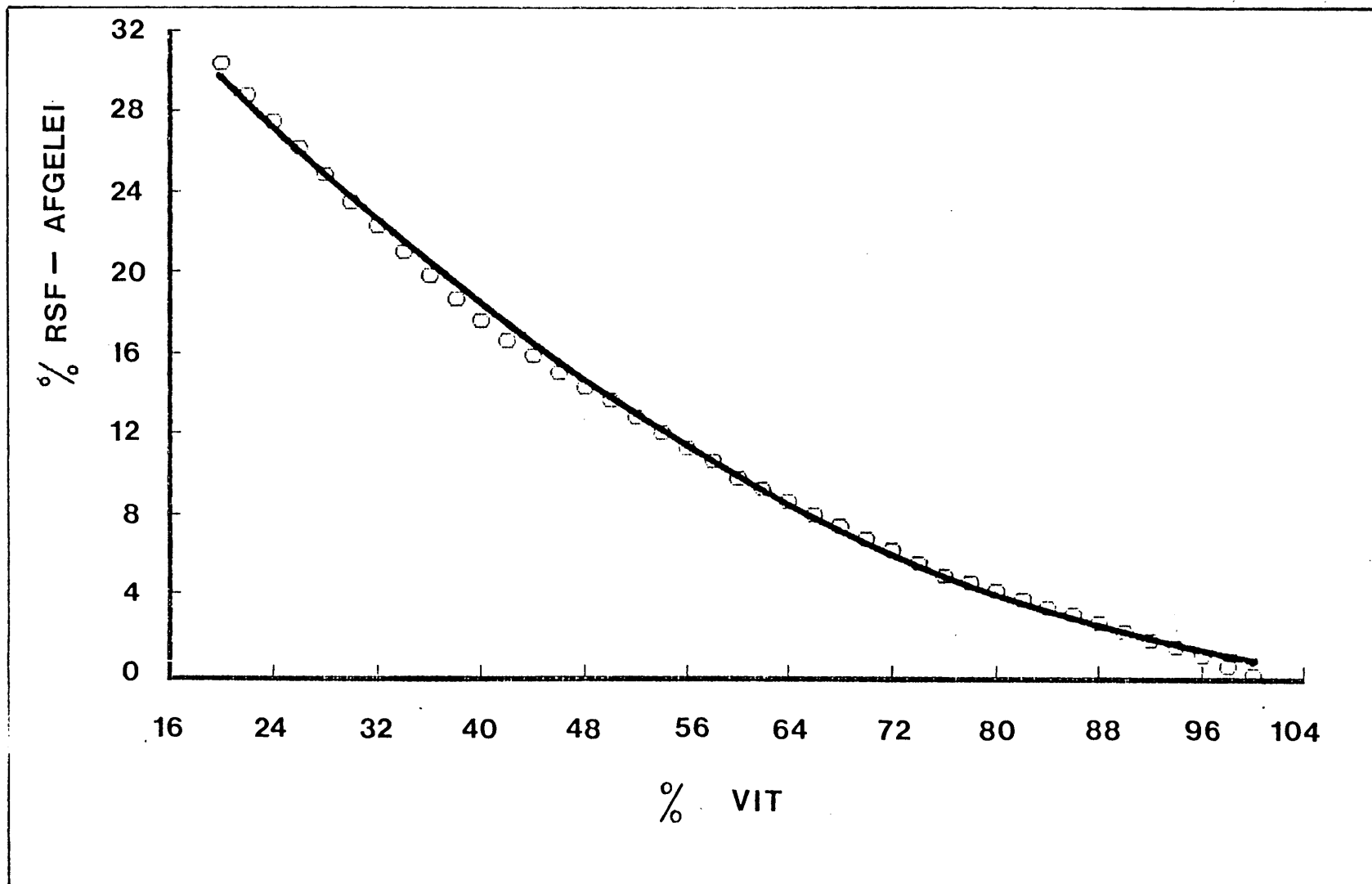
waar $y = \% \text{ RSF}$ en

$x = \% \text{ Vitriniet}$.

Die rede vir die tweeledige verwantskap word toegeskryf aan die relatiewe digtheid van die maserale. Vitriniet het 'n laer relatiewe digtheid as RSF en inertiniet wat neig om in die hoër relatiewe digtheidfraksies te konsentreer. By veredelde produkte waar die maserale by relatiewe lae digthede geskei word sal dus minder RSF voorkom.

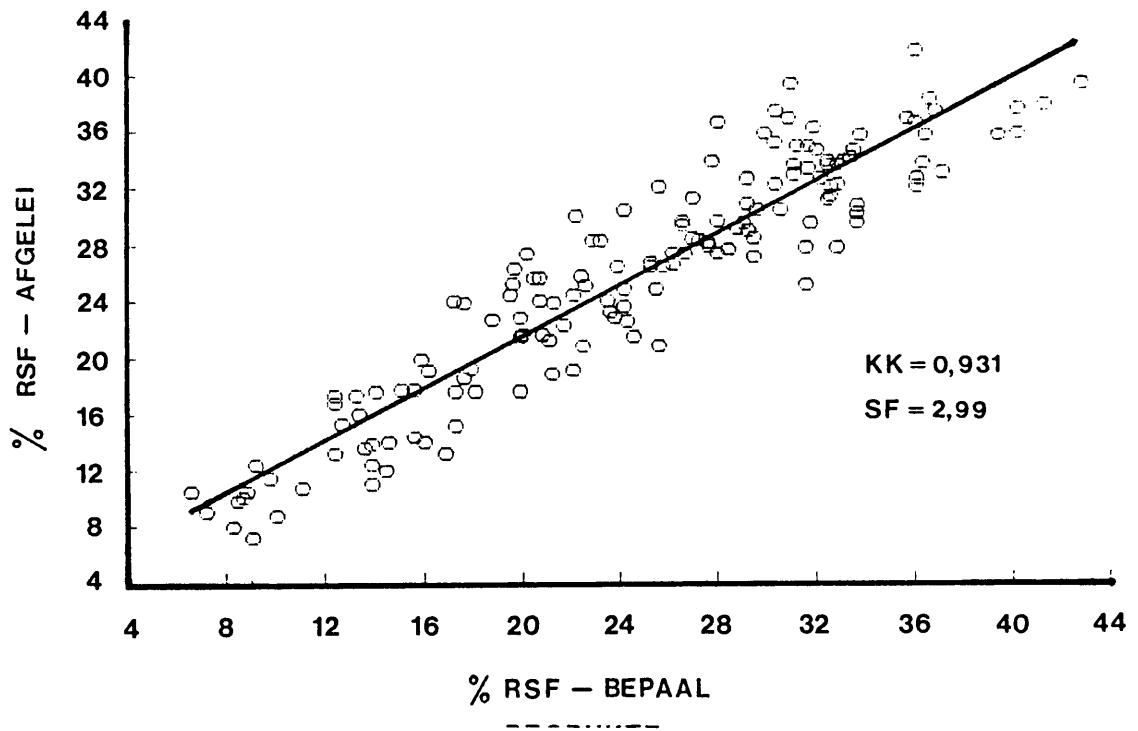


Figuur 41: Die korrelasie tussen Vitriniet en RSF (Normale produkte)

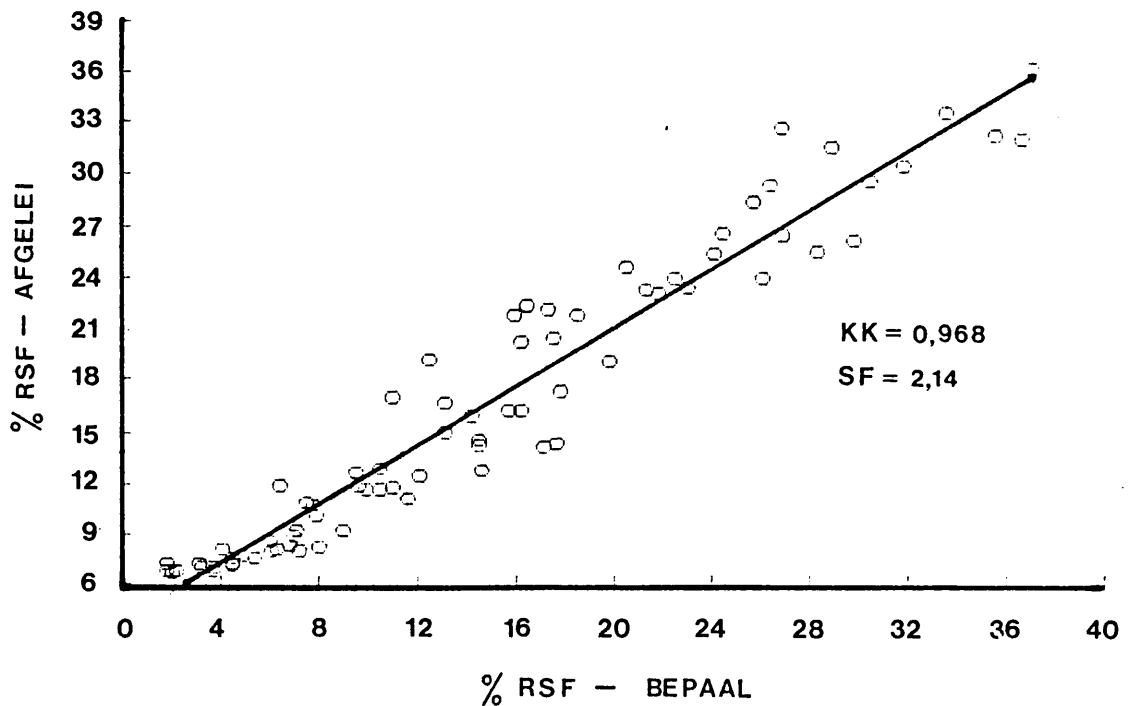


Figuur 42: Die korrelasie tussen Vitriniet en RSF (Veredelde produkte)

Die korrelasieverwantskappe tussen die afgeleide en bepaalde persentasie RSF word in Fig. 43 en 44 weergegee.



Figuur 43: Die korrelasie tussen ware en afgeleide RSF-waardes (Normale Produkte).

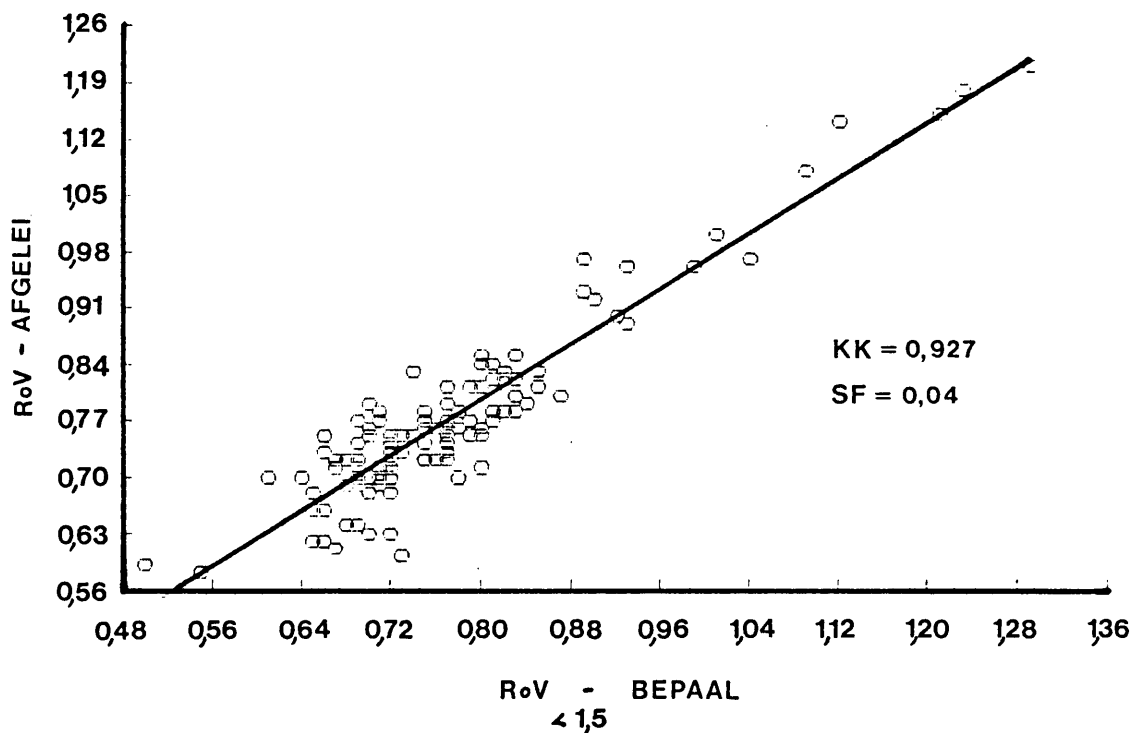


Figuur 44: Die korrelasie tussen ware en afgeleide RSF-waardes (veredelde produkte).

Die inertinietinhoud van steenkool kan vervolgens bereken word as 100 minus die som van die vitriniet, eksiniet en RSF (mineraalvrye basis).

6.4.2.3 Rang in terme van vlugstofinhoud en verhittingswaarde (Maksimum reflektiwiteit - $Rov_{(maks)}$).

Die verwantskap tussen rang en die betrokke veranderlikes vir steenkool met 'n vlugstofinhoud van hoër as 20% (dav) en 'n reflektiwiteit van laer as 1,5% $Rov_{(maks)}$ is baie goed (Fig. 45).



Figuur 45: Die korrelasie tussen ware en afgeleide reflektiwiteitswaardes.

Vitrinitiese maserale in hierdie gebied is maklik identifiseerbaar, maar namate die reflektiwiteit hoër as 1,5% styg, word die kontras tussen vitriniet en inertiniet geleidelik kleiner. Gevolglik kan dit gebeur dat reflektiwiteitslesings verkeerdlik ook op inertinitiese maserale geneem word wat meebring dat 'n swakker korrelasiekoëffisient met 'n groter standaardfout verkry word.

Die $Rov_{(maks)}$ van steenkool met 'n asinhoud van meer as 12% in Transvaal en die Oranje Vrystaat kan grafies bepaal (Fig. 46) of bereken word met behulp van die volgende formules:

$$\begin{aligned} \text{Gebied 1} & : \% Rov_{(maks)} = 0,044VW - 0,017VS - 0,13 \\ \text{Gebied 2} & : \% Rov_{(maks)} = 0,044VW - 0,016VS - 0,16 \end{aligned}$$

Die $Rov_{(maks)}$ van steenkool uit Transvaal met 'n asinhoud van minder as 12% asook steenkool uit Natal kan grafies afgelei word van Fig. 47 of dit kan met behulp van die volgende formules bereken word:

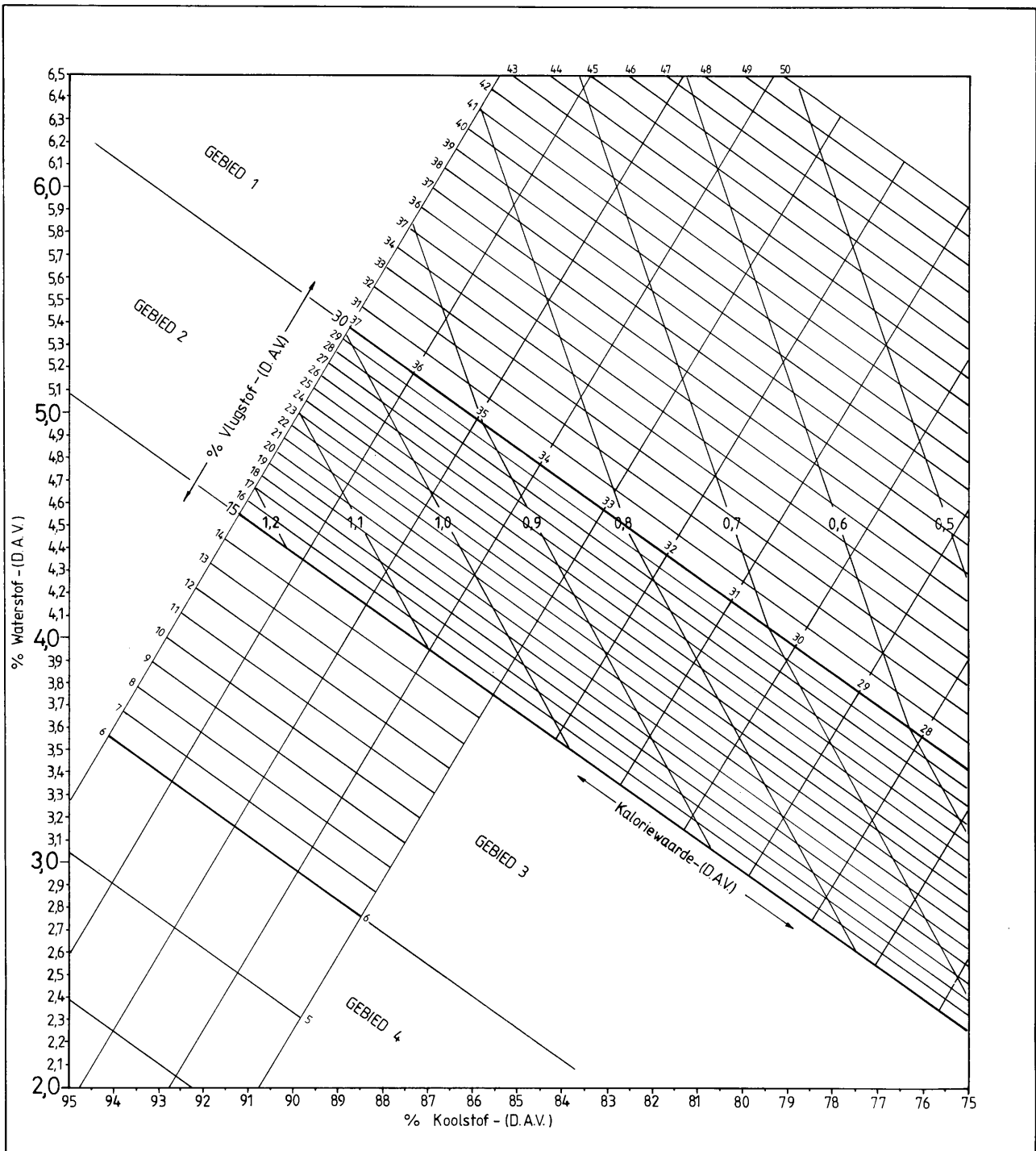
$$\begin{aligned} \text{Gebied 1} & : \% Rov_{(maks)} = 0,096VW - 0,011VS - 2,08 \\ \text{Gebied 2} & : \% Rov_{(maks)} = 0,095VW - 0,032VS - 1,42 \\ \text{Gebied 3} & : \% Rov_{(maks)} = 0,097VW - 0,189VS + 0,85 \text{ (Antrasiet)} \\ \text{Gebied 4} & : \% Rov_{(maks)} = 0,091VW - 0,785VS + 4,62 \text{ (Antrasiet)} \end{aligned}$$

6.4.2.4 Toevalsreflektiwiteit ($Rov_{(rand)}$): Maksimum reflektiwiteit ($Rov_{(maks)}$)

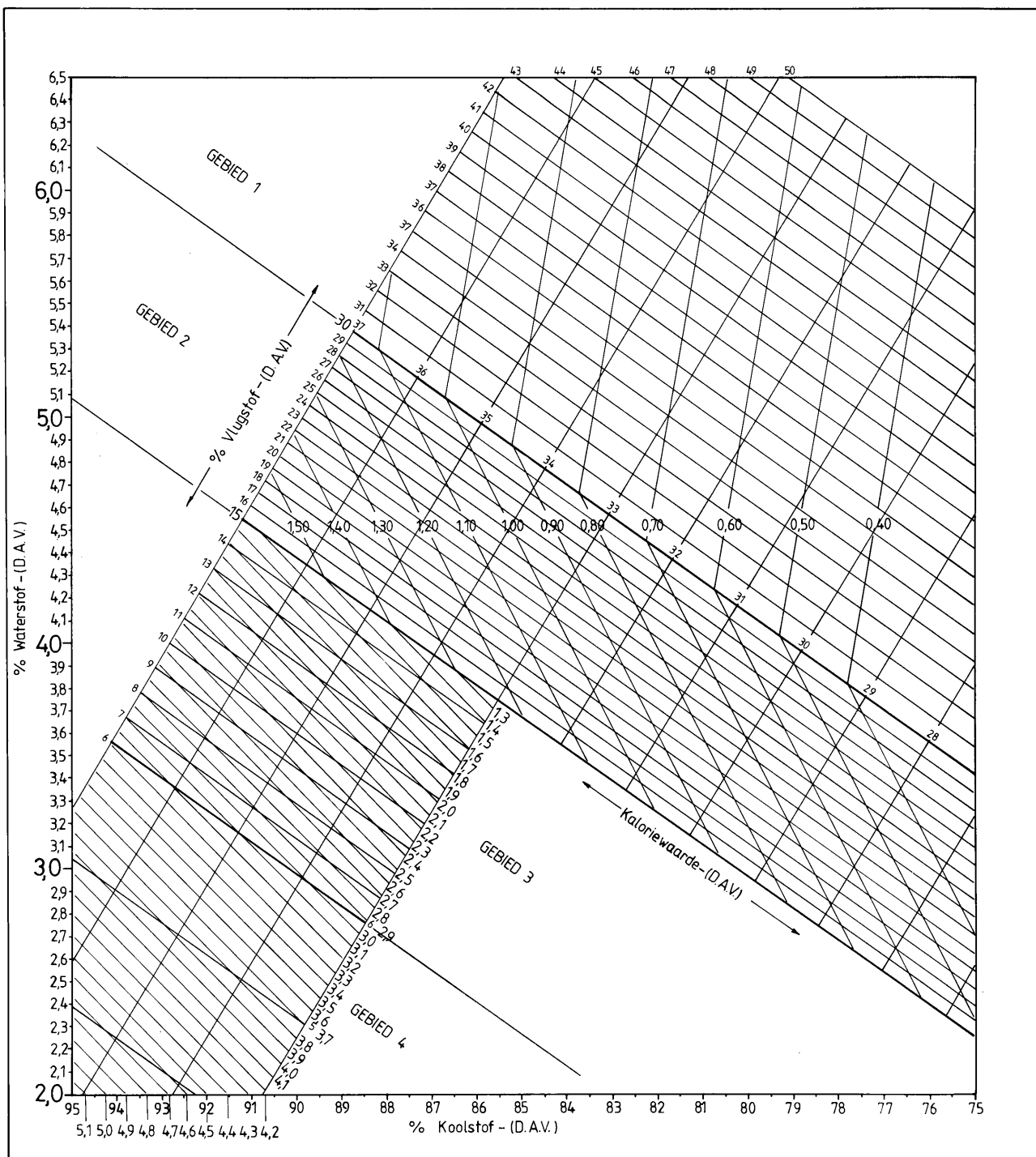
Tot dusver is daar in die praktyk van maksimum reflektiwiteitswaardes gebruik gemaak. Dit het die voordeel dat die standaardafwyking betreklik klein is en gevolglik kan steenkoolmengsels van verskillende range goed van mekaar onderskei word. Die meting van $Rov_{(maks)}$ is egter relatief tydsaam omdat òf die mikroskooptafel òf die polarisator gedraai moet word om die maksimum te verkry.

Om dié rede word daar tans tot 'n groter mate wêreldwyd oorgeskakel na die bepaling van toevalsreflektiwiteit ($Rov_{(rand)}$).

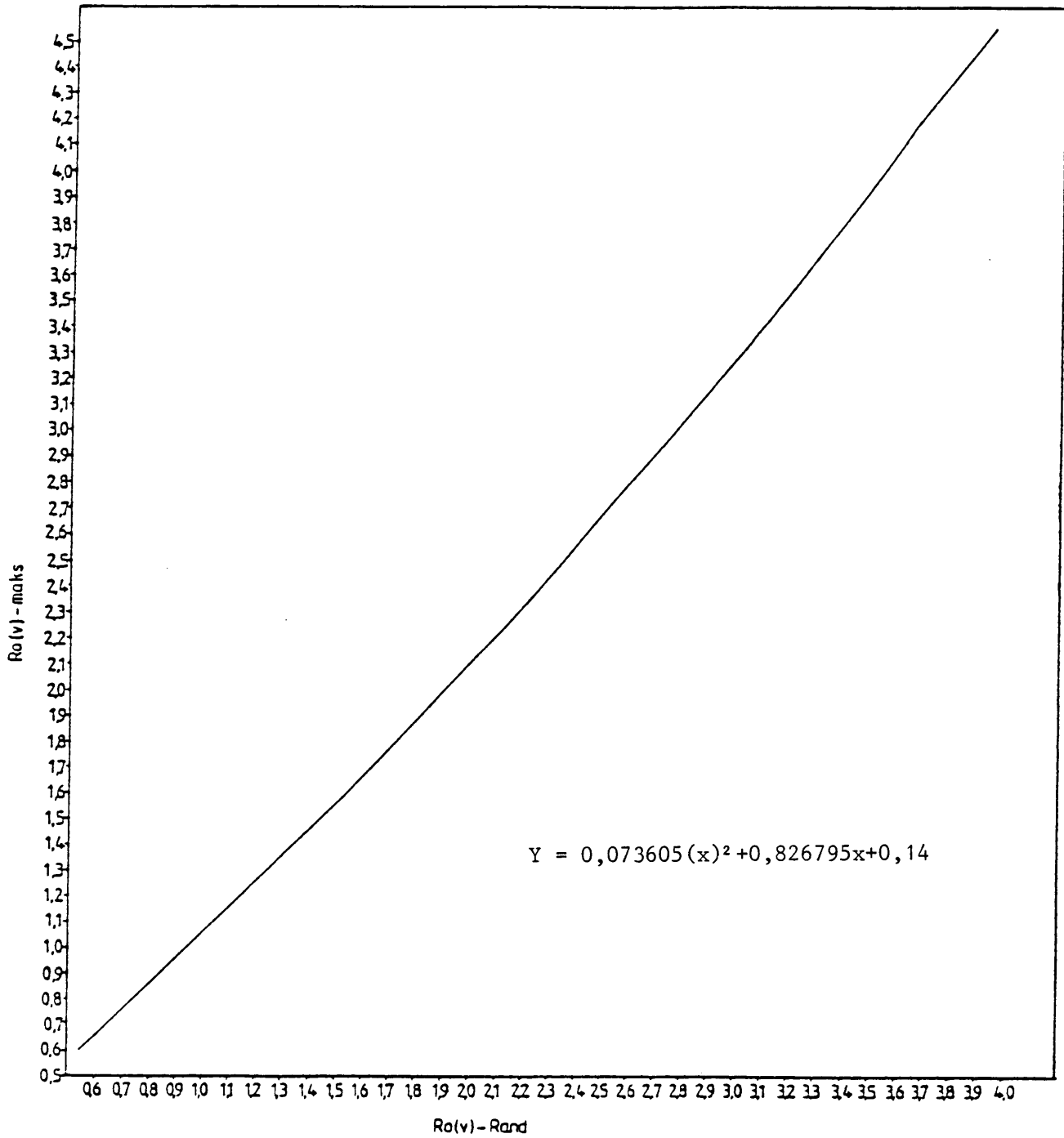
'n Verdere voordeel van hierdie metode is dat foute uitgeskakel word wat by die sentrering van die lens en die verandering van die fokusering tydens rotasie van die mikroskooptafel mag voorkom. Aangesien $Rov_{(maks)}$ al vir bykans 30 jaar op 'n roetine basis gedoen word, is dit dus noodsaaklik om die verwantskap tussen $Rov_{(rand)}$ en $Rov_{(maks)}$ te kwantifiseer, sodat 'n basis van vergelyking tussen die twee waardes verkry kan word.



Figuur 46: Rang ($R_{ov(maks)}$) van steenkool uit Transvaal en die Oranje-Vrystaat. (Asinhoud > 12%).



Figuur 47: Rang ($Rov_{(maks)}$) van steenkool uit Transvaal en Natal.
(Asinhoud van steenkool uit Transvaal < 12%).



Figuur 48: Die verwantskap tussen $Rov_{(rand)}$ en $Rov_{(maks)}$

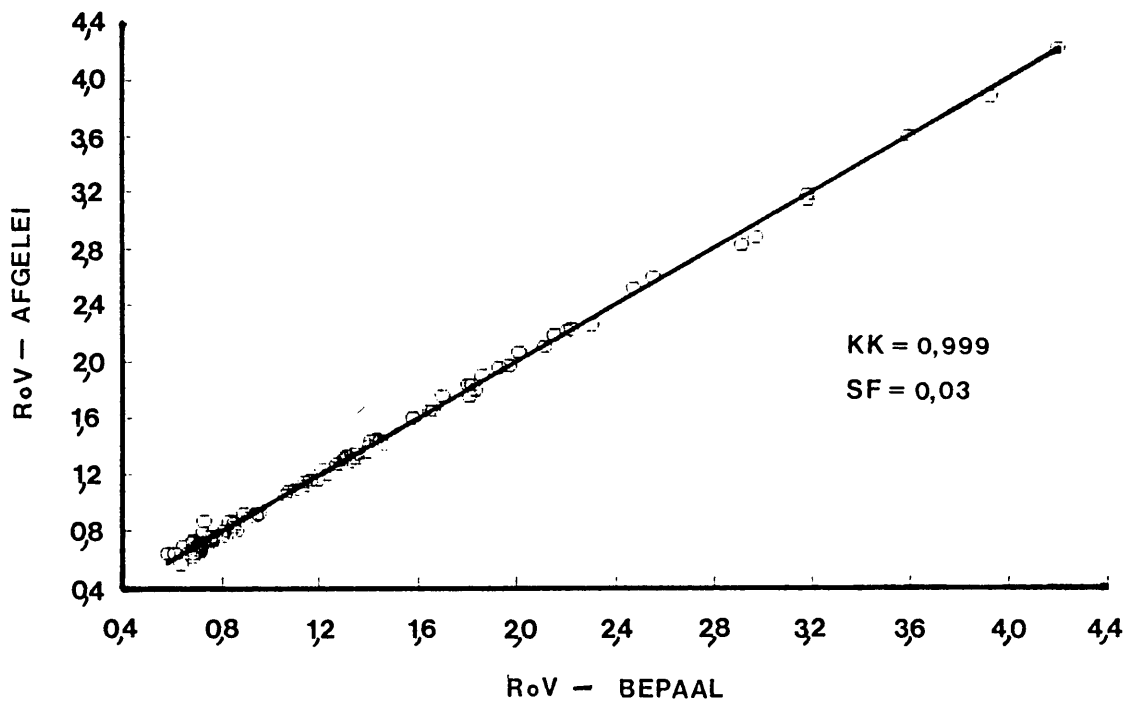
Maksimum sowel as toevalsreflektiwiteite is op steenkoolmonsters uit verskillende geografiese gebiede bepaal en die verwantskap tussen $Rov_{(rand)}$ en $Rov_{(maks)}$ word in Fig. 48 uitgebeeld. Die verwantskap tussen $Rov_{(rand)}$ en $Rov_{(maks)}$ word gegee deur die volgende vergelyking:

$$y = 0,073605x^2 + 0,82679x + 0,14$$

waar $y = Rov_{(maks)}$ en

$x = Rov_{(rand)}$.

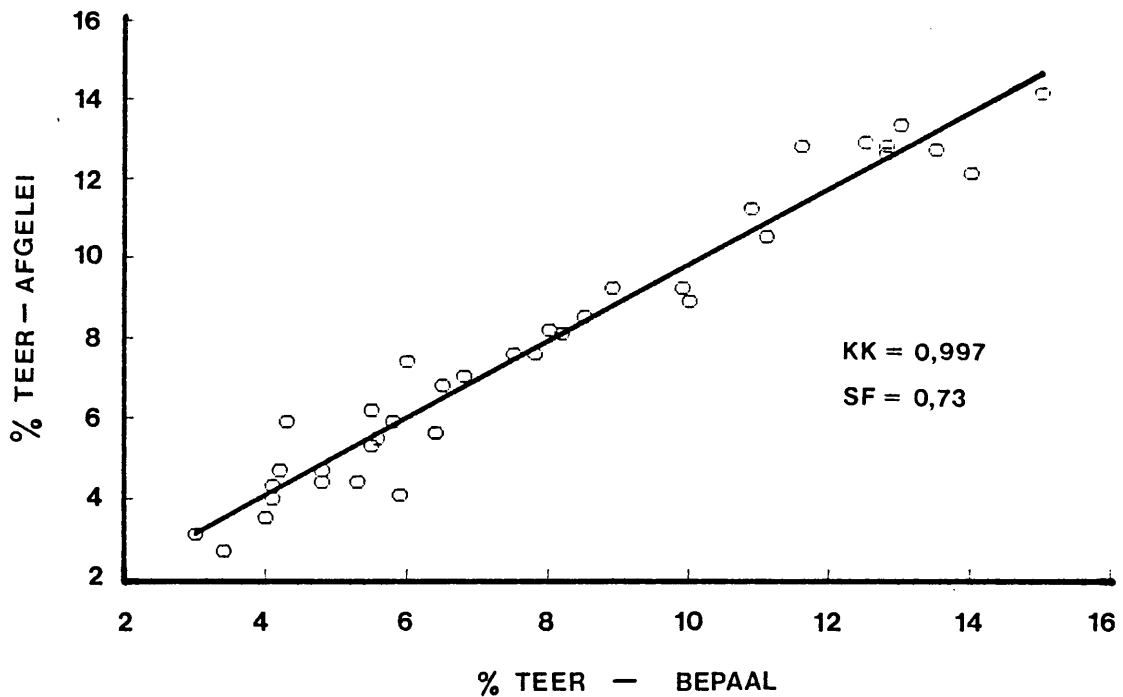
'n Baie goeie korrelasie is gevind tussen dié waardes (Fig 49).



Figuur 49: Die korrelasie tussen afgeleide en bepaalde reflektiwiteitswaardes.

6.4.2.5 Teerinhoud (Fischer-analise)

Die teerinhoud is primêr afhanklik van die waterstofinhoud. 'n Baie goeie korrelasie word egter gevind as die teerinhoud uit vlugstof en verhittingswaardes bereken word (Fig. 50).



Figuur 50: Korrelasie tussen ware en afgeleide teerinhoud

Die teeropbrengs van steenkool uit Transvaal (Fig. 51) verskil van die teeropbrengs van steenkool uit Natal (Fig. 52) en die Oranje-Vrystaat (Fig. 53). Teoreties kan die teeropbrengste met behulp van die volgende formules bereken word:

(i) Transvaal:

Gebied 1 : % Teer = $1,499VW + 0,645VS - 62,3$ en

Gebied 2 : % Teer = $1,511VW + 0,404VS - 55,4$.

(ii) Natal:

Gebied 1 : % Teer = $0,512VW + 0,833VS - 34,4$ en

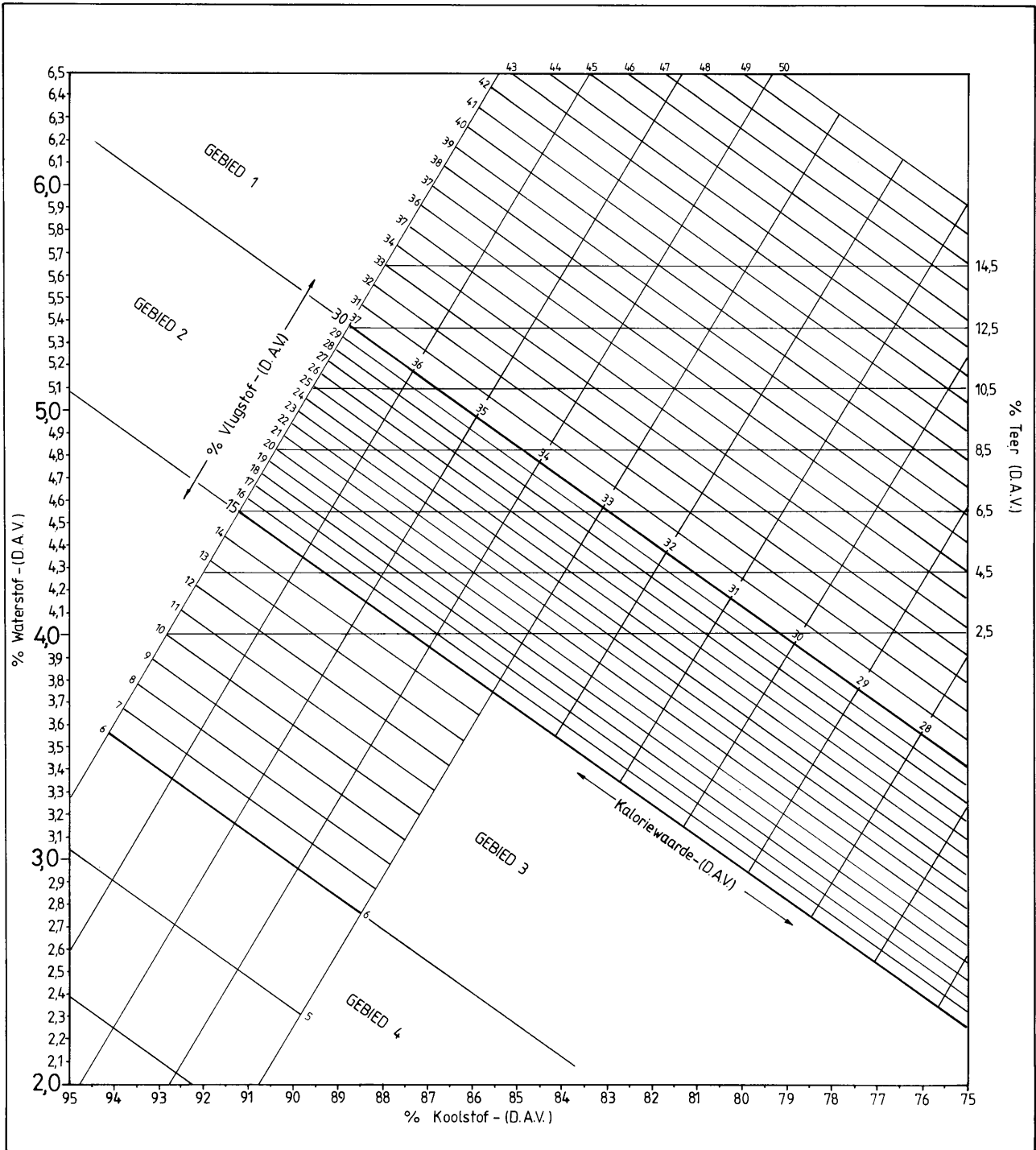
Gebied 2 : % Teer = $0,533VW + 0,522VS - 25,8$.

(iii) OVS:

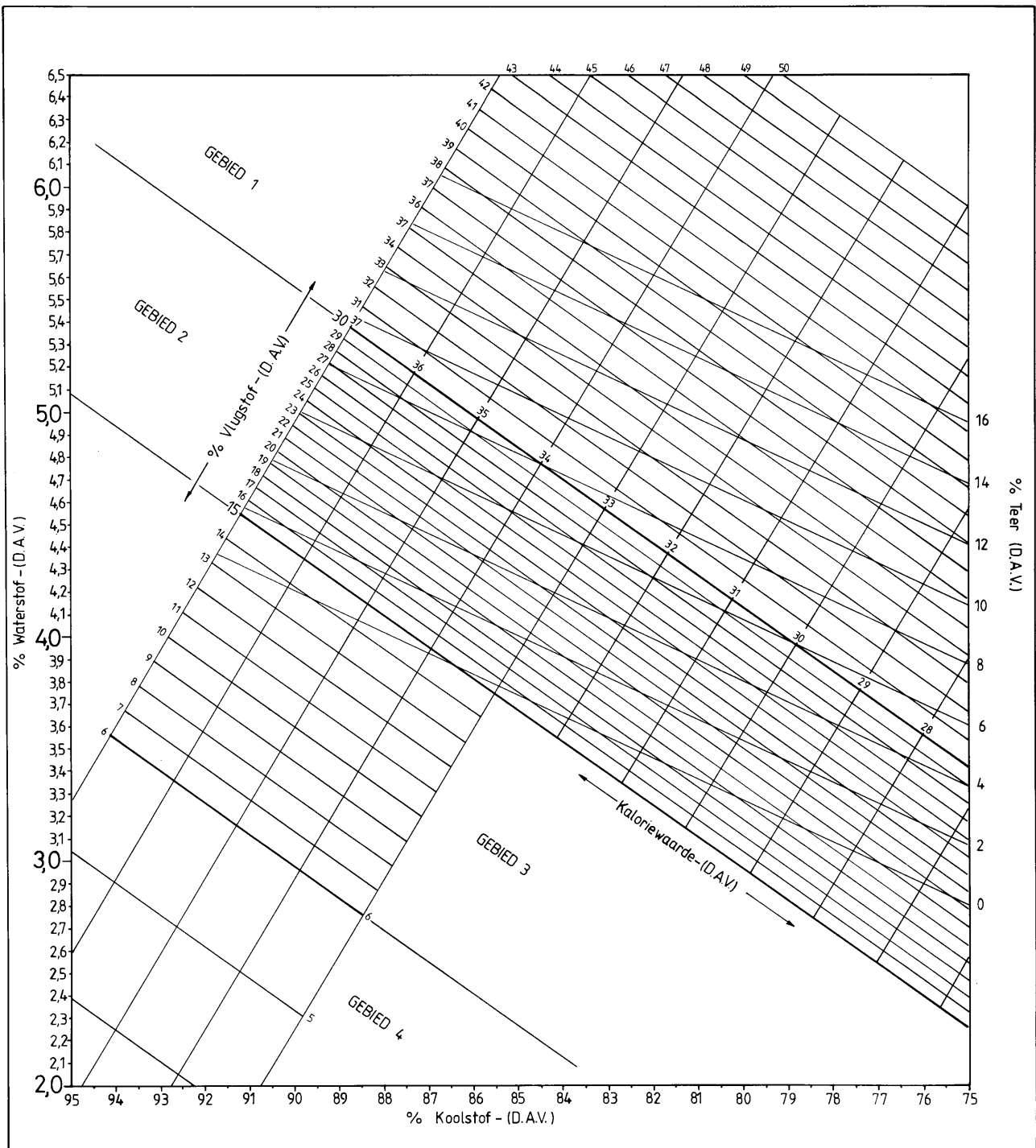
Gebied 1 : % Teer = $0,755VW + 0,321VS - 28,5$ en

Gebied 2 : % Teer = $0,745VW + 0,194VS - 24,4$.

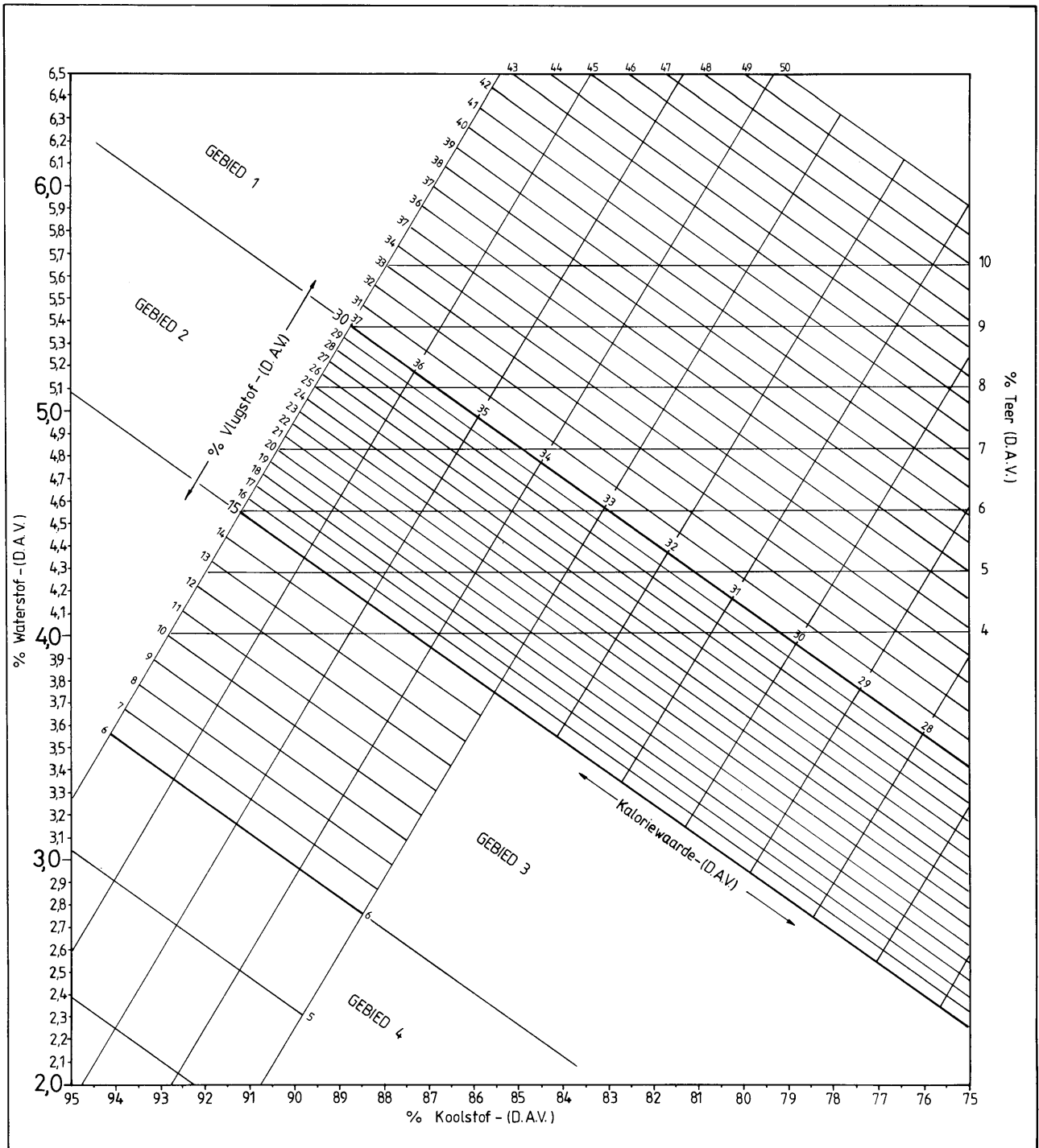
Alle waardes word op 'n droë asvrye basis uitgedruk.



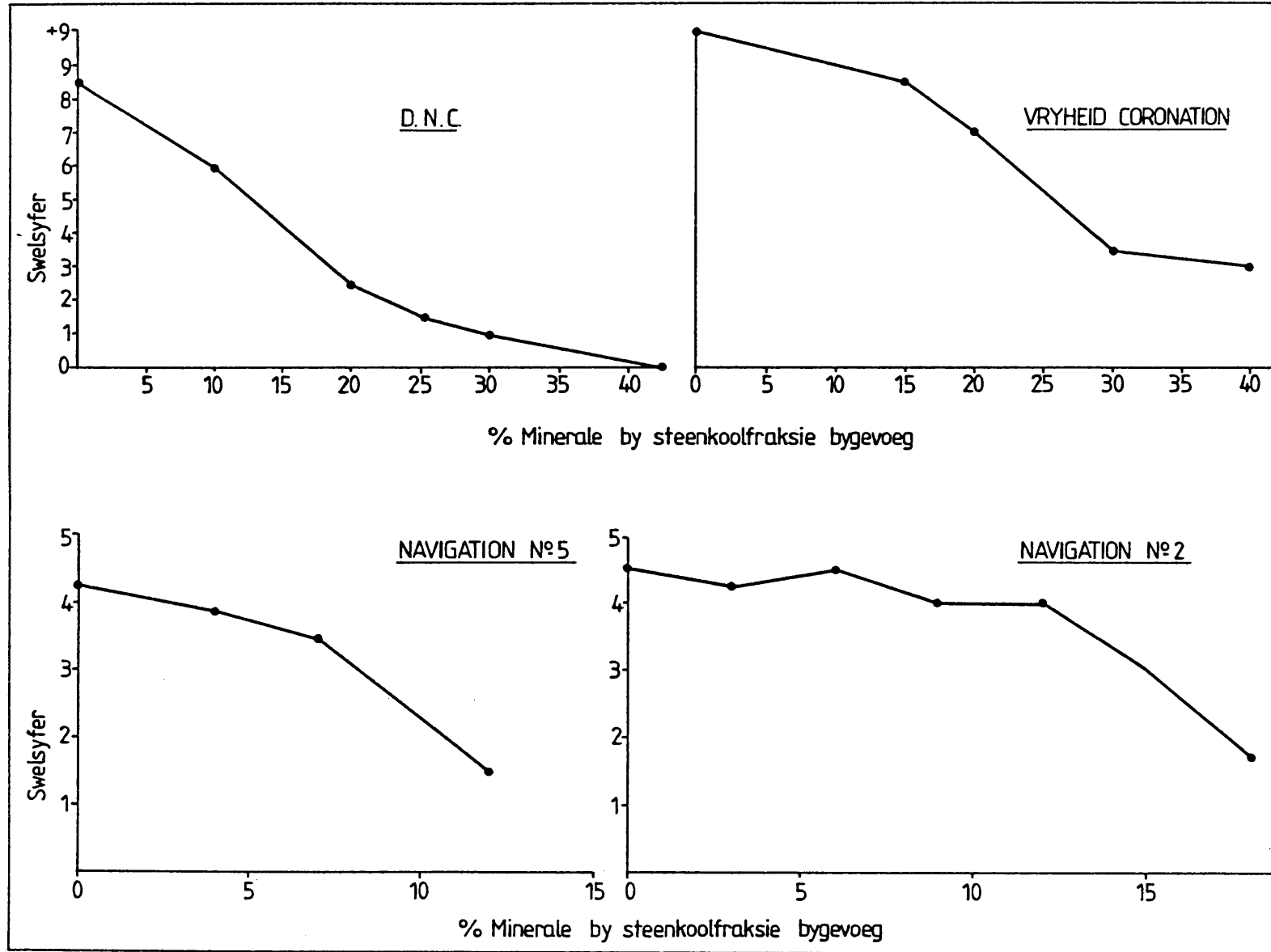
Figuur 51: Teeropbrengs vir steenkool uit Transvaal.



Figuur 52: Teeropbrengs vir steenkool uit Natal



Figuur 53: Teeropbrengs vir steenkool uit OVS

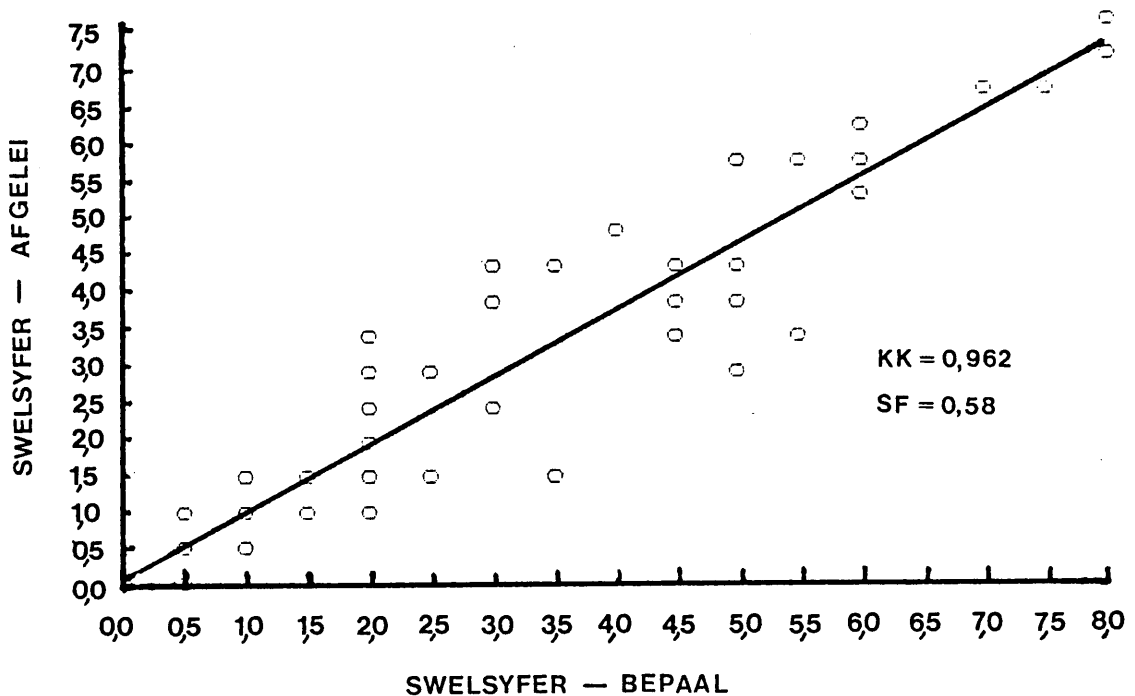


Figuur 54: Die invloed van minerale op swelsyferwaardes volgens Savage

6.4.2.6 Swelsyfer

Hoë asinhoud vertroebel die swelsyferwaardes van steenkool en gewoonlik lei dit tot die verlaging van die swelsyfer. Uitsonderings kom soms in veral Transvaalse steenkool voor. In 'n eksperimentele ondersoek wat deur W H D Savage (Savage, BNI, ongepubliseerd) uitgevoer is, kan hierdie tendens baie duidelik waargeneem word (Fig. 54). Steenkoolprodukte is by verskillende relatiewe digthede progressief veredel, waarna 'n gegewe persentasie minerale by elke fraksie bygevoeg is. Swelsyferwaardes is op elke fraksie bepaal.

Swelsyferwaardes gee 'n aanduiding van die moontlike kookseienskappe van steenkool en gevolglik is in die huidige korrelasiediagram slegs swelsyferwaardes gebruik waar die asinhoud van die steenkool minder as 15% is. 'n Goeie verwantskap is gevind soos uitgebeeld deur Fig. 55.



Figuur 55: Korrelasie tussen bepaalde en afgeleide swelsyfer

'n Mens sou kon verwag dat 'n sistematiese verspreidingspatroon van die isolyne sou voorkom maar dit is nie deurgaans die geval nie. By swelsyferwaardes van groter as 6 is die isolyne taamlik willekeurig (Fig. 56). Geen bevredigende verklaring vir die verskynsel kan aangebied word nie.

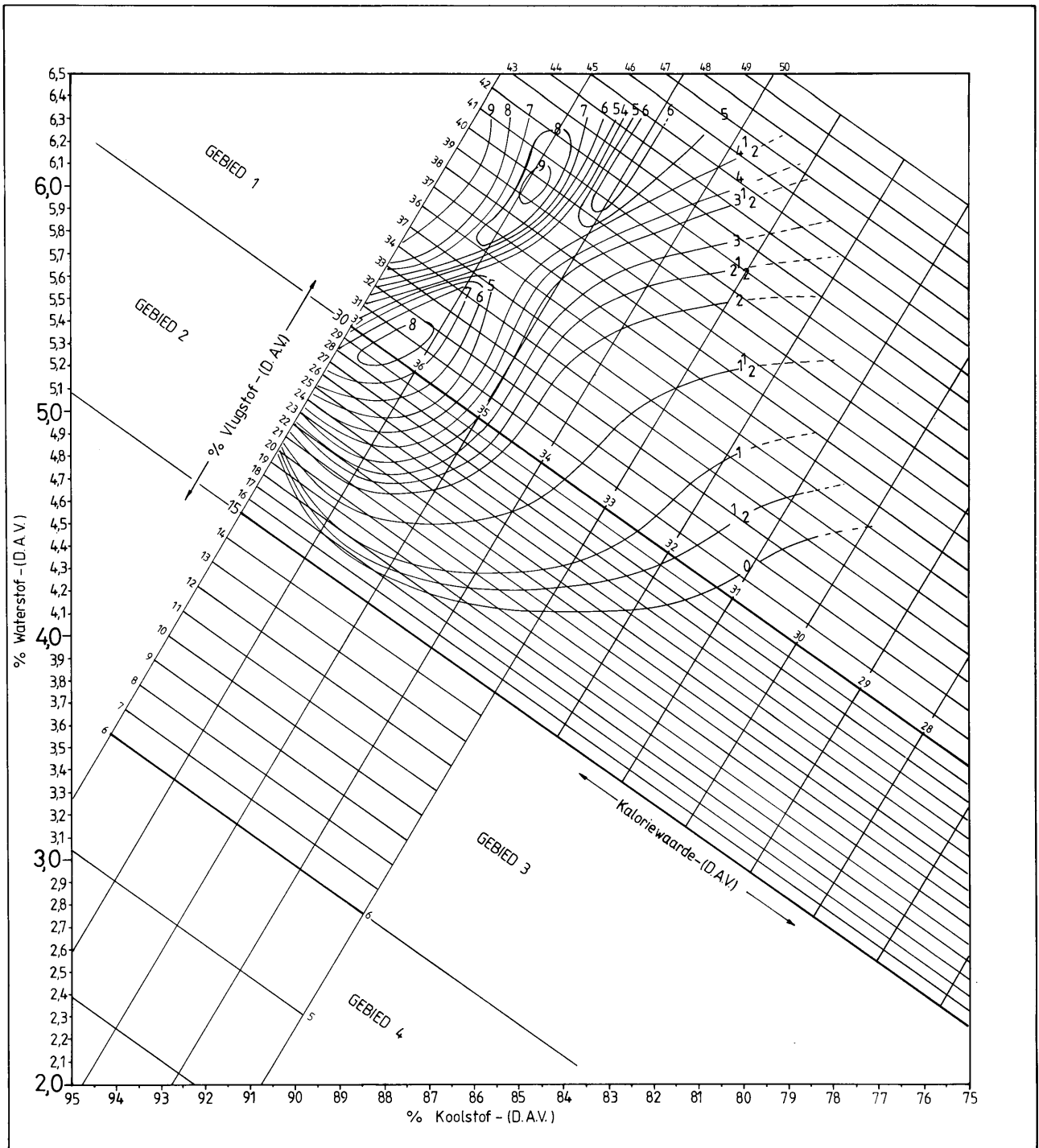
6.4.2.7 Roga-indeks

Die isolyne van die Roga-indeks toon min of meer dieselfde patroon as die swelsyfers maar is meer georden. Die Roga-indeks van verskillende monsters van 'n spesifieke steenkoolmyn waar die kortanalise, elementanalise, verhittingswaarde, rang en tipe geen noemenswaardige verskille uitwys nie, kan egter drasties verskil (Tabel 24).

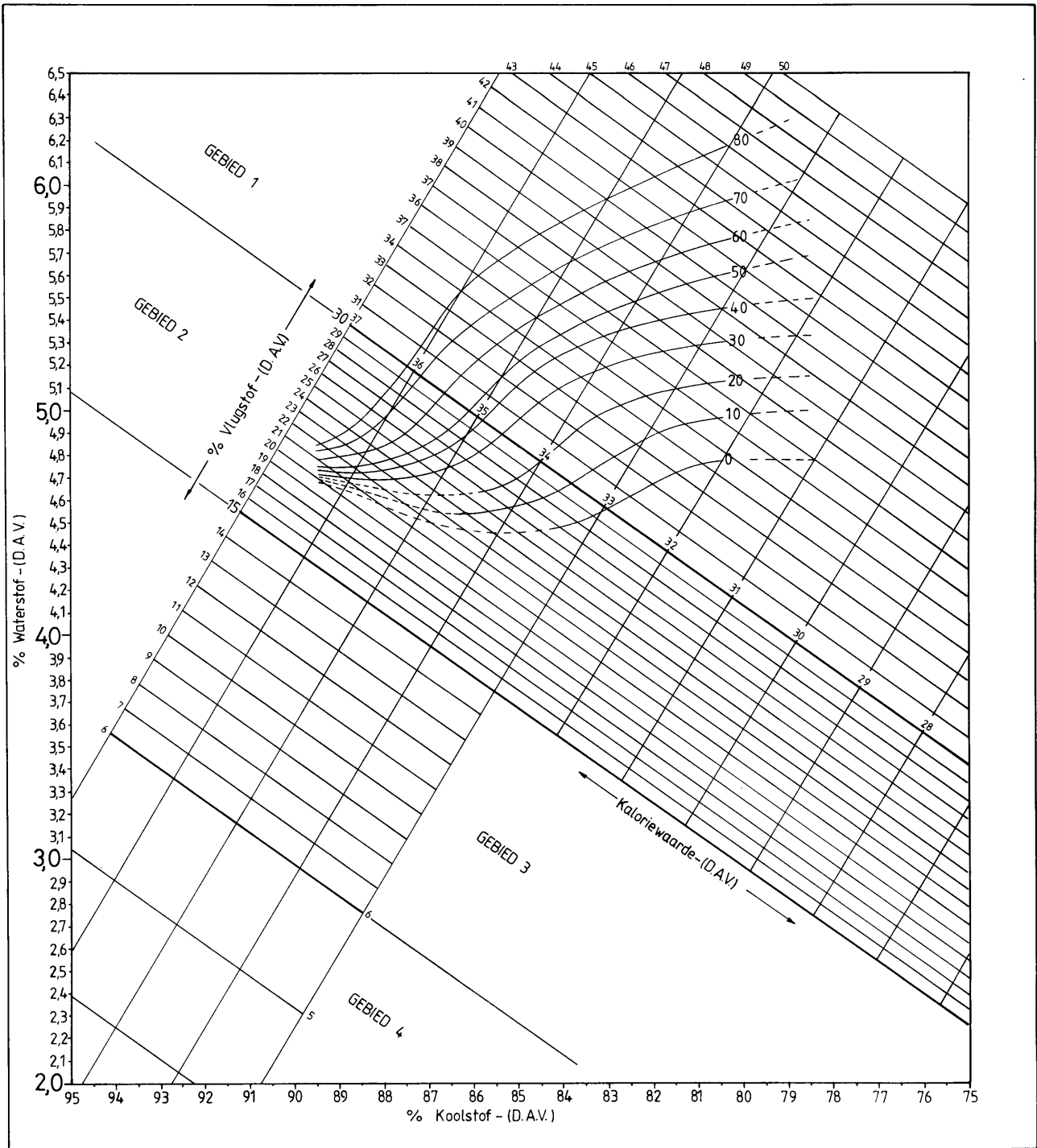
TABEL 24: KORTANALISE EN ROGA-INDEKSE

Myn	VW (MJ/kg)	% H ₂ O	% As	% VS	% VK	Sw	Tot. S	Roga Be- paal	Roga Afge- lei
Indumeni	31,4	1,3	10,9	24,9	62,9	7½	1,69	65	66
	31,7	1,1	10,0	23,5	65,4	6	1,73	43	60

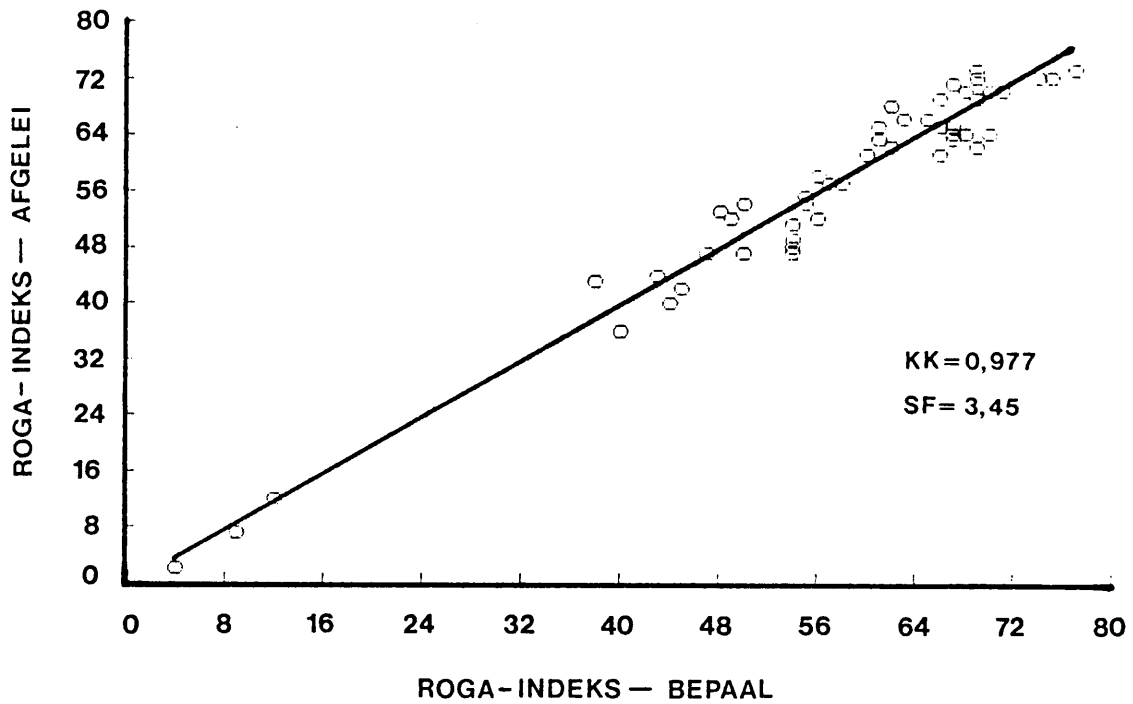
So 'n afname van die Roga-indeks word aan sekondêre oksidasie toegeskryf. Met behulp van Fig. 57 kan die Roga-indekse van "nie-geoksideerde" steenkool grafies bepaal word, op voorwaarde dat die steenkool nie lank aan die atmosfeer blootgestel was nie. Die korrelasie tussen die bepaalde en afgeleide Roga-indeks vir normale of nie-geoksideerde steenkool is baie goed (Fig. 58).



Figuur 56: Swelsyferwaardes



Figuur 57: Roga-Indeks

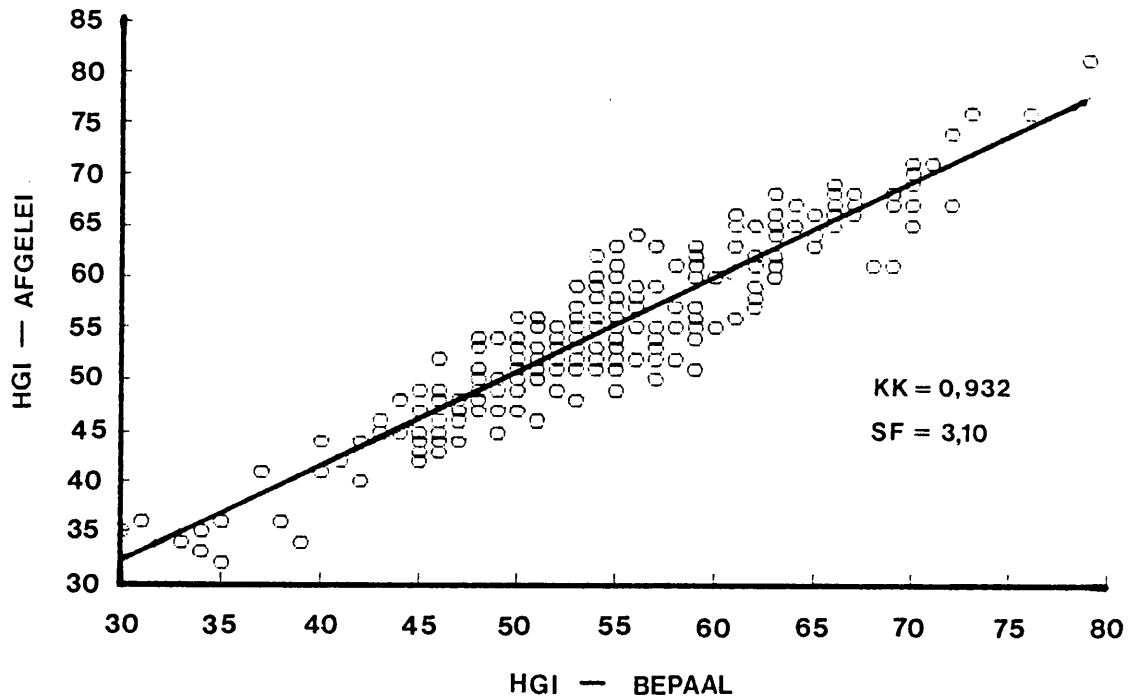


Figuur 58: Korrelasie tussen bepaalde en afgeleide Roga-indeks.

6.4.2.8 Hardgrove-maalbaarheidsindeks (HGI)

Die HGI is 'n maatstaf waarvolgens die gemak bepaal word waarmee steenkool vermaal kan word. 'n Hoë indeks dui op 'n sagte en 'n lae indeks op 'n harde steenkool.

In die aanvanklike diagram het baie groot afwykings voorgekom. Hierdie probleem is oorbrug deur 'n korrelasiediagram vir elke geografiese area op te stel waarna baie goeie korrelasie verkry is soos in Fig. 59 uitgebeeld word.



Figuur 59: Korrelasie tussen bepaalde en afgeleide HGI

Die Vickers-mikrohardheid wat op steenkool maserale bepaal is, kan moontlik 'n verklaring bied vir sekere tendense in die HGI soos uitgebeeld in Fig. 60, 61, 62 en 63.

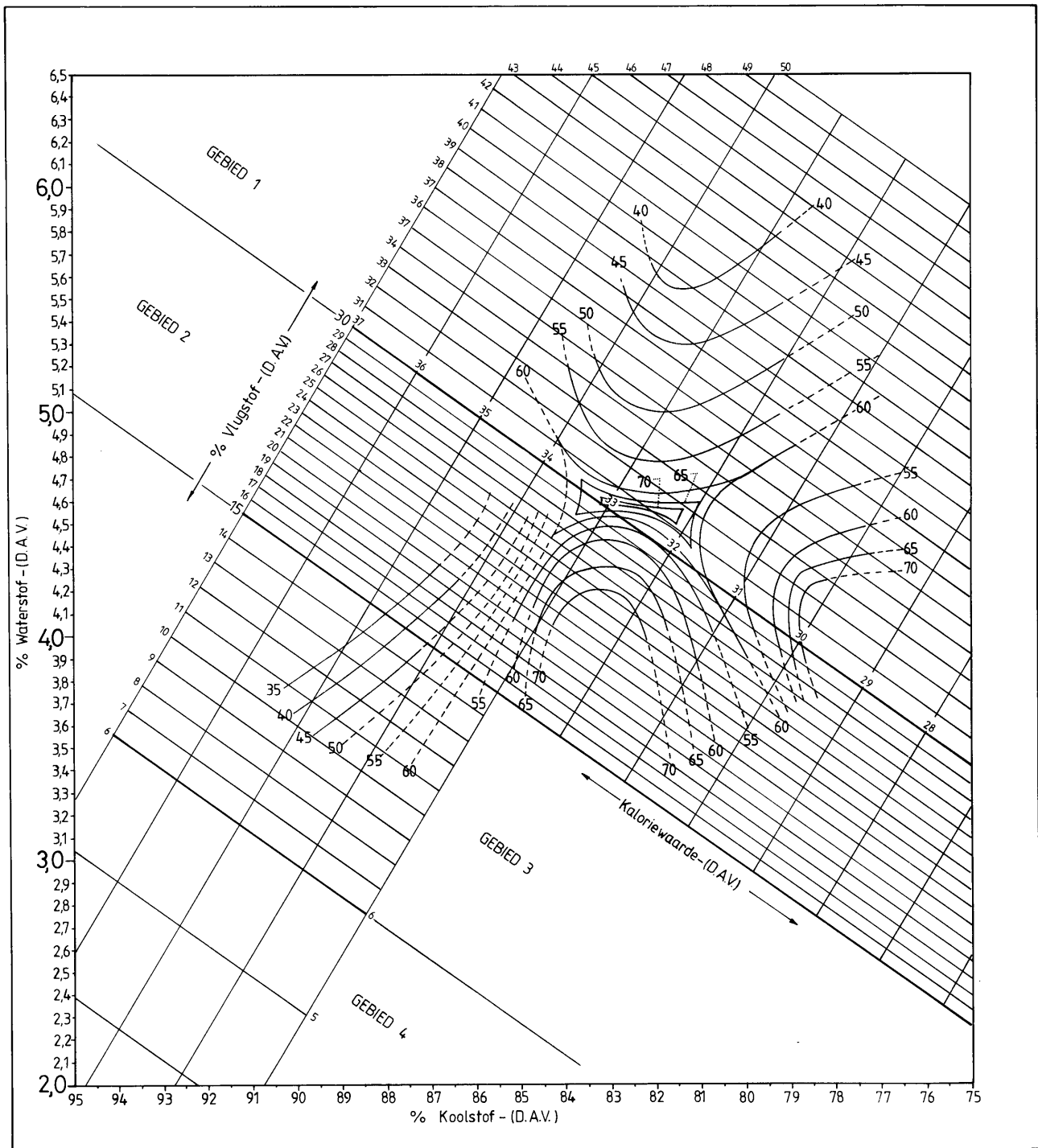
Lae-, medium- en hoërangse bituminese inertinietryke steenkool is relatief sag. Hierdie inertinitiese maserale het oor die algemeen 'n hoë Vickershardheid maar is terselfdertyd bros. Gevolglik sal die steenkool neig om makliker te verbrokkel.

Lae- en mediumrangse bituminese vitrinietryke steenkool is relatief hard aangesien die vitrinitiese maserale in die gebied 'n plasties-rekbare karakter het en nie geredelik verbrokkel nie (Nandi et al., 1977, p. 93-103).

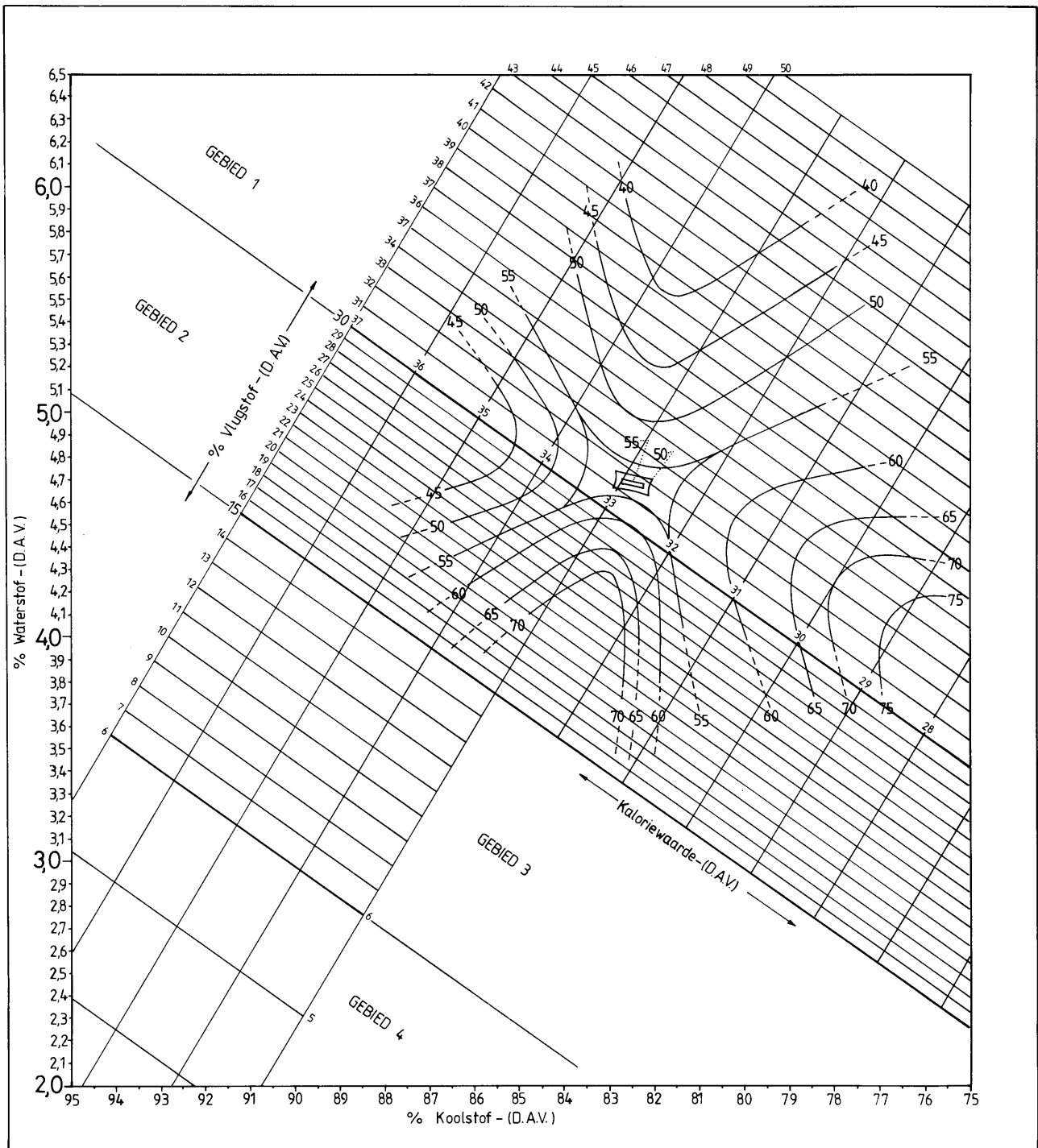
Hoërangse bituminese vitrinietryke steenkool is relatief sag. Met die toename in rang het die plasties-rekbare karakter van die vitriniet na plasties-bros verander sodat die vitriniet geredelik sal verbrokkel.

Hoërangse, hoër vlugstof antrasitiese steenkool uit die Ermelo - Belfast - Piet Retief-area wat grotendeels inertinietryk is, is harder as antrasitiese steenkool uit Natal. Soos reeds genoem is die inertinitiese maserale baie hard en bros. Die vitrinitiese maserale verloor hul plastiese eienskappe en raak elasties. In die Ermelogegebied is die vitriniet hoogs elasties terwyl dit in die Natal-area elastics-bros is.

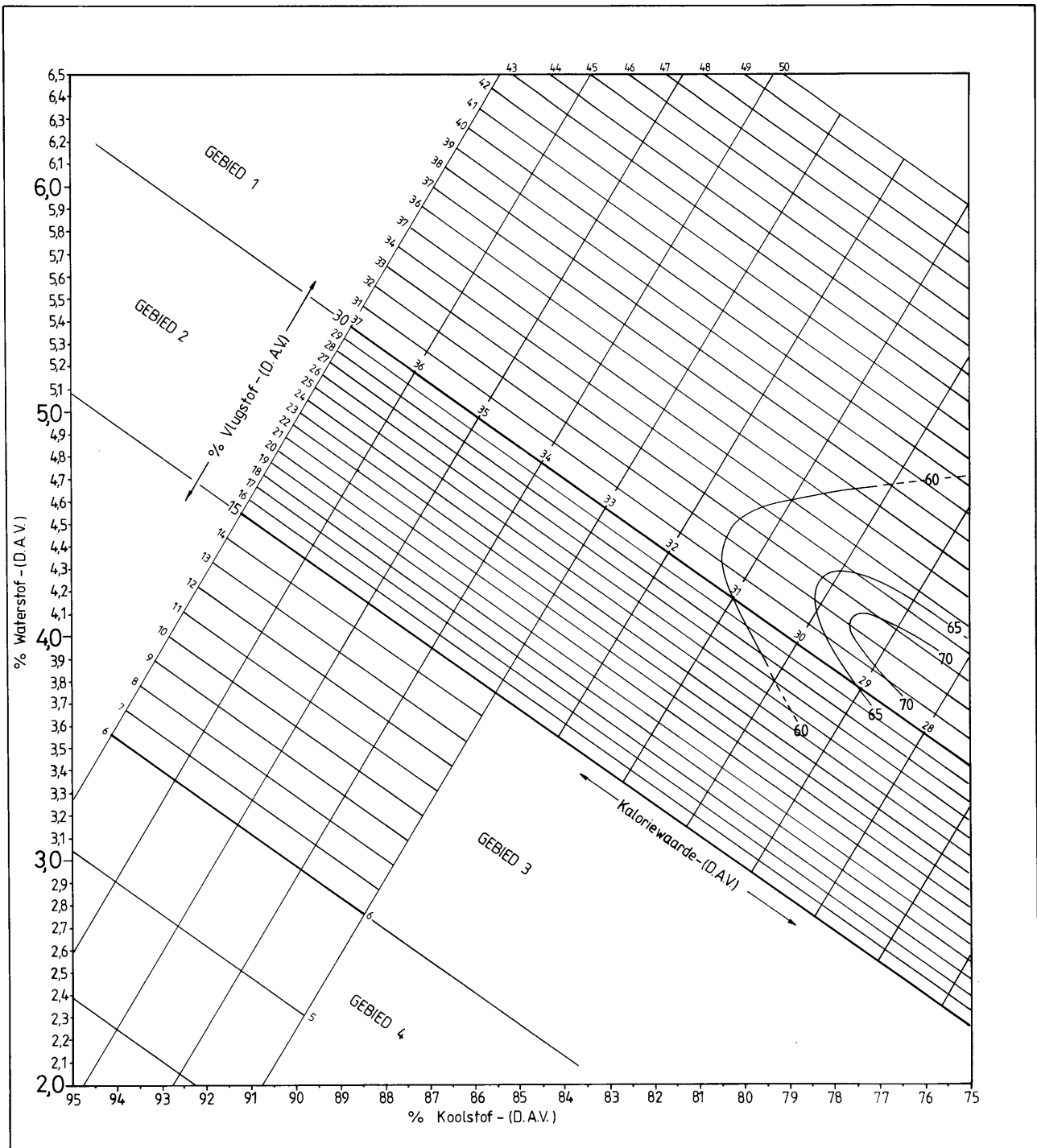
Hoërangse laevlugstof antrasitiese steenkool uit die Ermelo - Belfast - Piet Retief-area is relatief sag maar met 'n toename in vitrinietinhoud word die steenkool harder. Antrasitiese steenkool van Natal ($VS \leq 8\%$) is redelik hard. Vir die betrokke rang is die vitriniet van die Ermelogegebied elastics-bros, terwyl dit vir Natal hoogs elasties is.



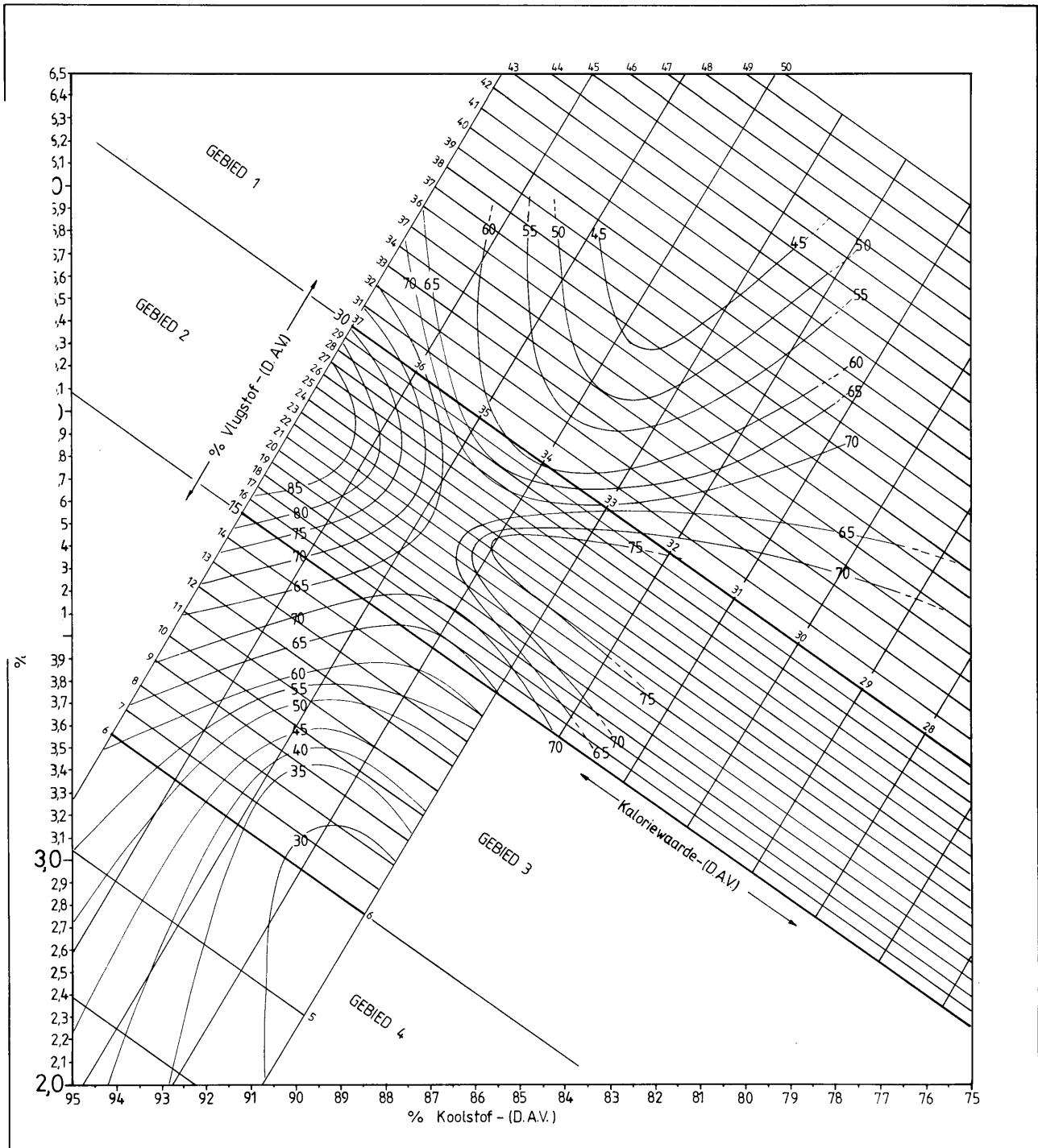
Figuur 60: Variasie in Hardgrove Indeks vir steenkool uit Ermelo - Belfast - Piet Retief in terme van VS en VW



Figuur 61: Variasie in Hardgrove Indeks vir steenkool uit die Witbank-Middelburggebied in terme van VS en VW.



Figuur 62: Variasie in Hardgrove Indeks vir steenkool uit die OVS in terme van VS en VW



Figuur 63: Variasie in Hardgrove Indeks vir steenkool uit Natal in terme van VS en VW

7. KLASSIFIKASIE VAN STEENKOOL

h Klassifikasiesistelsel word deur Bates en Jackson (1980, p. 115) gedefinieer as daardie deel van die sistematiek wat hoofsaaklik betrekking het op die groepering van gelyksoortige entiteite binne h bepaalde stelsel. Volgens Snyman et al (1983, p. 56) moet h klassifikasiesistelsel so eenvoudig moontlik wees en moet berekeninge asook groot hoeveelhede analitiese resultate nie in so h stelsel ingesluit word nie.

Klassifikasiesistelsels word in twee kategorieë ingedeel naamlik geologies-wetenskaplik en kommersieel-tegnologies (Falcon, 1986, p. 1900). Volgens Kruszewska (1983, p. 1-10) maak die meeste stelsels van kort- en elementanalises gebruik.

Die moderne neiging is om ook petrografiese data in die stelsels te inkorporeer. Alpern het in 1981 h stelsel voorgestel waarin graad (asinhoud op h droë basis), tipe (vitrinietinhoud) en rang (reflektiwiteit) as basis vir h klassifikasiesistelsel gebruik is (Falcon, 1986, p. 1911-1913). Alpern se klassifikasiesistelsel (Fig. 64) het egter sekere tekortkominge en die volgende kritiek kan teen die stelsel ingebring word:

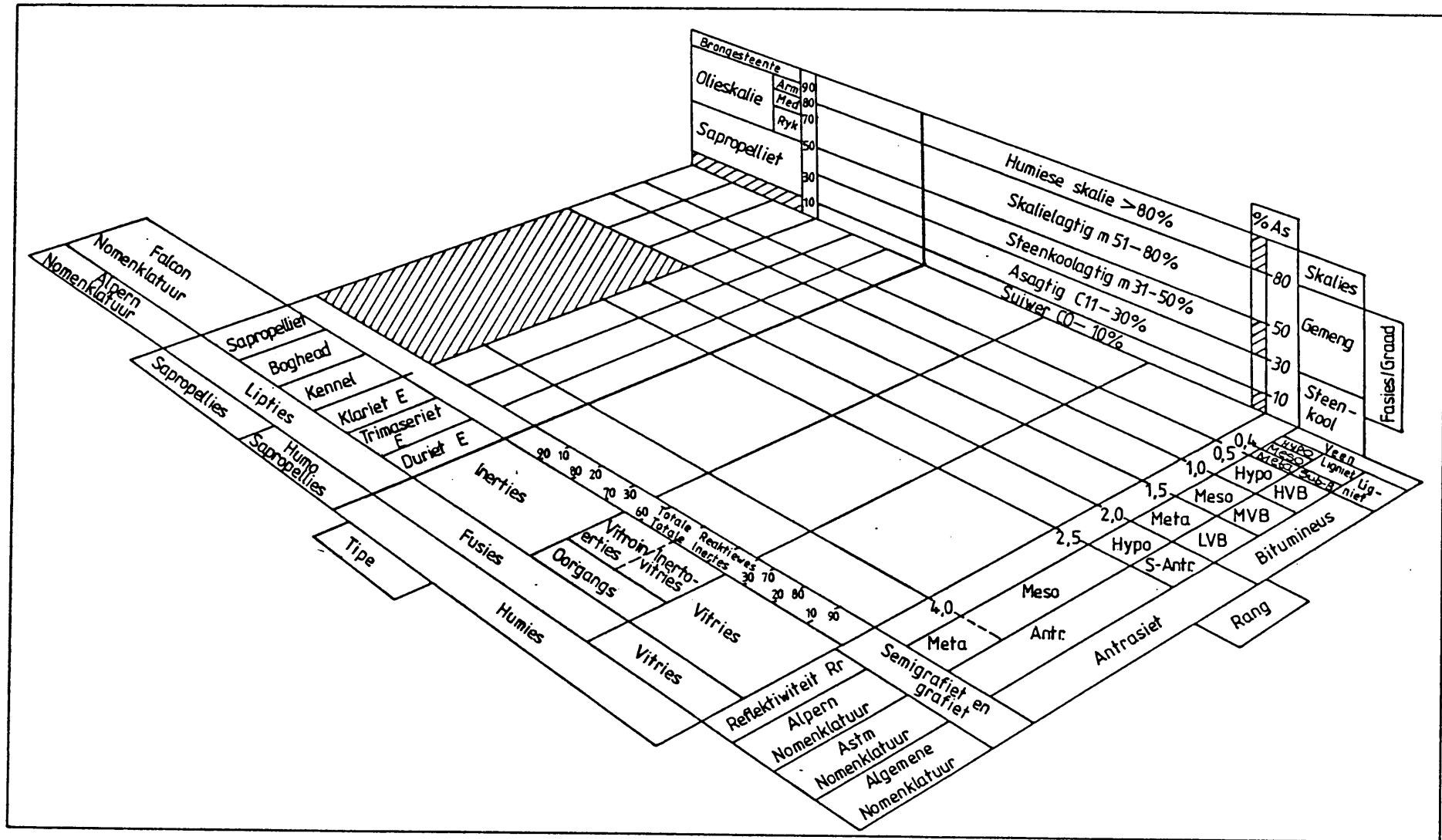
- (a) die stelsel is lomp en in die drie-dimensionele stelsel is dit moeilik om eienskappe kwantitatief voor te stel;
- (b) die reflektiwiteitsgrense is nie van toepassing op Suid-Afrikaanse steenkool nie. Volgens dié stelsel word h reflektiwiteitsgrens van 0,6% $Rov_{(rand)}$ vir lignitiese maserale en 2,0% $Rov_{(rand)}$ vir hypo-antrasiete aangegee. In Suid-Afrika word egter steenkool met h reflektiwiteit van 0,5% $Rov_{(maks)}$ en antrasiet met h reflektiwiteit van 1,9% $Rov_{(maks)}$ aangetref;
- (c) die terme Fusies (F), Lipties (L) en Vitries (V) is misleidend soos uit die volgende voorbeelde afgelei kan word: Vitriniet = 60%; Liptiniet = 30% en Inertiniet = 10%.

Die vitrinietinhoud is $<65\%$ in die $L > I$. Dié steenkool is dus Lipties. Waar die Vitriet = 60% ; Liptiniet = 10% en die Inertniet = 30% is die vitrinietinhoud $<65\%$ en die $I > L$. Hierdie steenkool is dus Fusies;

- (d) die grense ten opsigte van die verhittingswaardes, vlugstofinhoud, swelsyfer en waterstofinhoud is ook nie van toepassing nie.

Falcon (1986, p. 1912-1920) het die stelsel van Alpern vereenvoudig en sekere aanpassings aan die stelsel aangebring (Fig. 65). Dié aanpassings kan kortliks soos volg saamgevat word:

- (a) Die Liptiese fase en die Vitriese en Fusiese fases word as twee afsonderlike klassifikasiesistelsels beskou;
- (b) Die Liptiese fase word deur Falcon onderverdeel as Humo-Sapropellies (Klarriet E; Trimaseriet E en Duriet E) en Sapropellies (Kennel; Boghead en Sapropelliet);
- (c) Die Vitries-Fusies fases word soos volg aangepas:
- (i) Vitries sluit vitriniet en oorgangsmateriaal in met ander woorde totale reaktiewes is $>65\%$.
- (ii) Fusies word onderverdeel in 'n oorgangsfase (totale reaktiewes $35-65\%$) wat opgedeel word in inertovitries (totale reaktiewes $50-65\%$) en vitro-inerties (totale reaktiewes $35-50\%$) en inerties (totale reaktiewes $0-35\%$).
- (d) Die reflektiwiteitsgrens tussen Lignities en Bitumeneus word $0,5\% \text{ Rov}_{(\text{rand})}$.
- (e) Die chemiese parameters word nie erken nie en nie in die aangepaste stelsel geïnkorporeer nie.



FIGUUR 65:- ALPERN SE AANGEPASTE KLASSIFIKASIESTELSEL VIR S. A. STEENKOOI VOLGENS FALCON (1986, p. 1915)

Snyman et al (1983, p. 55-59) stel 'n gekodeerde 8 digitale klassifikasiesstelsel voor wat ook gebaseer is op graad, tipe en rang. 'n Kode 155/60/075 beteken die volgende - die steenkool het 'n asinhoud (droë basis) van 15,5%, 'n afgeleide vitrinietinhoud van 60% en 'n afgeleide reflektiwiteit van 0,75% Rov_(maks).

Indien benodig kan dié drie klasse soos volg onderverdeel word (Snyman et al, 1983, p. 58):

<u>Graad</u>	<u>Persentasie as - droë basis</u>
I	< 10
II	10 - 15
III	15 - 20
IV	20 - 25
V	25 - 30
VI	30 - 35
VII	> 35

<u>Tipe</u>	<u>Persentasie vitriniet - afgelei</u>
A	> 80
B	60 - 80
C	40 - 60
D	20 - 40
E	< 20

<u>Rang</u>	<u>Persentasie Rov_(maks) - afgelei</u>
0	< 0,75
1	0,75 - 0,80
2	0,80 - 0,90
3	0,90 - 1,00
4	1,00 - 1,10
5	1,10 - 1,20
6	1,20 - 1,30
7	1,30 - 1,40
8	1,40 - 2,00
9	> 2,00

Steenkool met 'n kode IV/D/1 sal 'n asinhoud van tussen 20-25%, 'n vitrinietinhoud van tussen 20-40% en 'n reflektiwiteit van tussen 0,75 - 0,80% $R_{ov(maks)}$ hê.

Met behulp van hierdie kode kan ander eienskappe grafies op die korrelasie diagramme (Fig. 27 en 28) afgelees word wat dan as spesifikasies neergelê kan word.

Dieselfde klassifikasieskema kan klaarblyklik ook toegepas word met behulp van die geoptimiseerde Seylerdiagramme wat in hierdie verhandeling beskryf is.

8. GEVOLGTREKKING

Die analitiese resultate waarop alle korrelasieverwantskappe gebaseer is, mag deur sistematiese foute (waardes is konstant hoër of laer as die werklike waarde), toevallige foute (waardes is verspreid rondom 'n sentrale waarde) en eksperimentele foute (foute as gevolg van foutiewe apparaat en foute begaan deur die operateur) beïnvloed word.

Verkeerde metodiek kan ook die analitiese resultate soos volg beïnvloed:

- (a) temperatuurfluktuasies het dikwels hoër aswaardes tot gevolg. Piriet dissosieer eksotermies by $+ 500^{\circ}\text{C}$ om ferrioksiedes en SO_3 vry te stel, terwyl kalsiet endotermies by hoër temperature dissosieer om kaliumoksied en koolsuurgas te vorm. Die kaliumoksied en die SO_3 verbind gedeeltelik om kaliumsulfaat wat in die as agterbly te vorm. Die aswaardes word dus verhoog;
- (b) karbonate, sulfiede en hoë konsentrasies kleiminerale kom dikwels in Suid-Afrikaanse steenkool voor. Hierdie komponente dra by tot die vlugstofinhoud van die organiese komponente en hoër vlugstofwaardes word verkry;
- (c) die verhittingswaarde is 'n absolute bepaling wat die energiekapasiteit van steenkool weergee. Hierdie waarde is egter nie noodwendig 'n getroue weergawe van die twee hoof-energiedraende komponente, koolstof en waterstof nie omdat karbonate endotermies dissosieer en 'n laer verhittingswaarde sal reflekteer, terwyl swael wat eksotermies ontbrand 'n hoër verhittingswaarde tot gevolg sal hê;
- (d) mineraalinsluitels affekteer die C-H waardes. Normaalweg word die totale persentasie koolstof bepaal sonder om te kompenseer vir anorganiese koolstof wat dié waarde verhoog. Korreksies ten opsigte van die waterstofinhoud om te kompenseer vir die inherente voginhoud, word wel aangebring;

- (e) maserale word onderskei op grond van vorm, struktuur, reliëf, kleur, reflektiwiteit en anisotropisme. Klei en mineraal-komponente is soms intiem met die maserale vergroei en verdoesel sommige van die eienskappe wat meebring dat identifikasie bemoeilik word; en
- (f) die betroubaarheid van reflektiwiteitslesings hang van etlike faktore af byvoorbeeld die korrekte instelling van die apparaat, die lineariteit van die fotometer, die stabiliteit van die kragtoevoer, die stabiliteit en korrektheid van die kalibrasie-standaarde, die kamertemperatuur (brekingsindeks van immersie-olie word deur temperatuur beïnvloed) asook die vermoë van die operateur om die korrekte maserale vir reflektiwiteitslesings te identifiseer.

Nieteenstaande bogenoemde en nog ander faktore wat die resultate kon beïnvloed, is baie goeie korrelasieverwantskappe gevind.

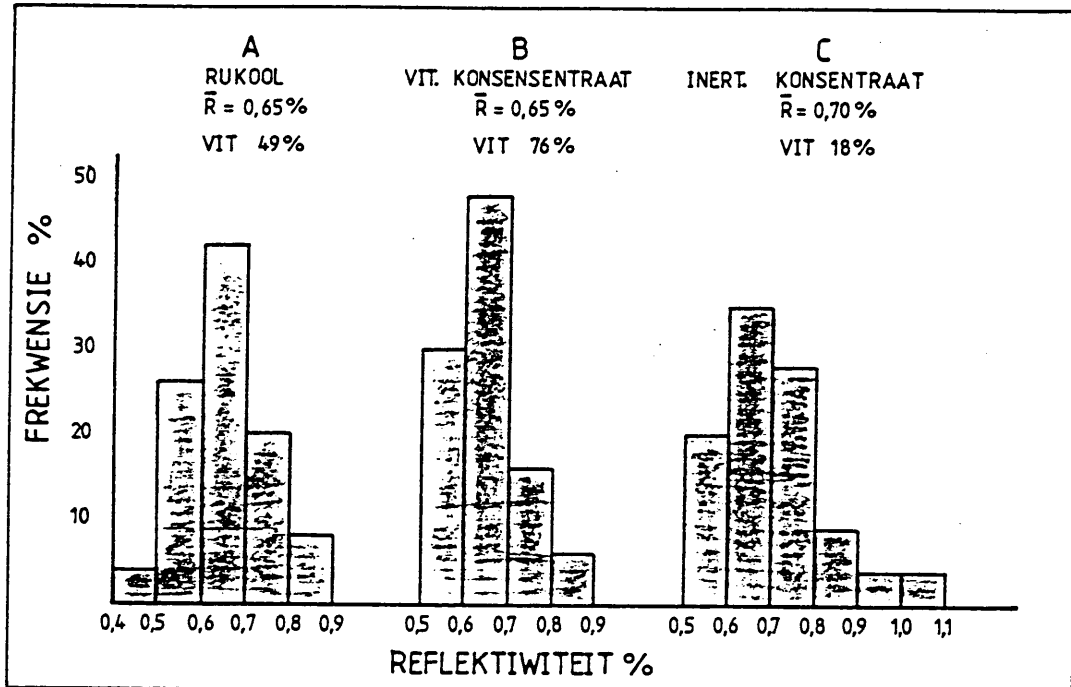
Verdere optimisering van die korrelasieverwantskappe sal egter slegs verkry word indien korreksiefaktore aan die analitiese resultate aangebring word om te kompenseer vir die invloed van anorganiese komponente.

Aangesien asanalises noodsaaklik is vir dié korreksies is die beginsel in die praktyk nie lewensvatbaar nie. Dié analises is moeilik bekombaar en baie duur.

In die toekoms moet moontlik ook daaraan gedink word om modale reflektiwiteitswaardes in plaas van gemiddelde reflektiwiteitswaardes te gebruik. By steenkoolmonsters met 'n baie lae vitrinietinhoud ontstaan die neiging om soms lesings op oorgangsmateriaal (RSF) te neem. 'n Foutiewe hoër reflektiwiteitswaarde word gevolglik genoteer (Fig. 66).

In die onderstaande voorbeeld is 'n rukoolmonster (A) vanaf 'n gegewe myn gewas om eerstens 'n vitrinietkonsentraat (B) asook 'n inertinietkonsentraat (C) te verkry. Die gemiddelde reflektiwiteitslesing (\bar{R}) van die vitriniet in die rukool en die vitrinietkonsentraat is dieselfde, maar die reflektiwiteit van die vitriniet in die inertinietkonsentraat is 0,05% hoër. Indien modale waardes (M) bepaal word, is die reflektiwiteitsafwyking wat bestaan by die inertinietkonsentraat minder, byvoorbeeld:

<u>A (Rukool)</u>	<u>B (Vitrinietskonsentraat)</u>	<u>C (Inertinietskonsentraat)</u>
$M = 0,6 + 0,1 \left(\frac{42-26}{84-46} \right)$ $= 0,64$	$M = 0,6 + 0,1 \left(\frac{48-30}{96-46} \right)$ $= 0,64$	$M = 0,6 + 0,1 \left(\frac{35-20}{70-48} \right)$ $= 0,67$



Figuur 66: Reflektiwiteitshistogramme van steenkool en steenkoolkonsentrate.

Daar moet verder ook baie duidelik daarop gelet word dat in die verhandeling nie gepoog is om steenkool te klassifiseer nie, maar bloot om die eienskappe te korreleer. Soos duidelik blyk uit 7. bestaan daar tans nog geen internasionaal aanvaarbare klassifikasiesistelsel nie. Aandag moet vervolgens daaraan gegee word om 'n aanvaarbare klassifikasiesistelsel vir Suid-Afrikaanse sowel as Europese steenkool op te stel.

9. LITERATUURVERWYSINGS

- BATES, R.L. and JACKSON, J.A. (1980). Glossary of Geology, Second Edition. American Geological Institute, Falls Church, Virginia, 748p.
- BATTEY, M.H. (1972). Mineralogy for students. Oliver and Boyd, Edinburgh, 323p.
- BEUKES, N.J. (1978). An introduction to the sedimentology of coal deposits. Somerskool aangebied deur die Steenkoolverwerkingsvereniging by die Randse Afrikaanse Universiteit Johannesburg, Sept. 1978. Steenkoolverwerking, Volume 1, Referaat 3, 53p.
- B.N.I. Jaarverslag (1980).
- B.N.I. Jaarverslag (1981).
- B.N.I. Inligtingsbrosjyre No. 7 (Junie 1976). News and views, 16-17.
- British Standard 1016: Part 1 (1957). Methods for the testing of coal and coke. Part 1. Total moisture of coal, 15p.
- British Standard 1016: Part 3 (1965). Methods for the testing of coal and coke. Part 3. Proximate analyses of coal, 23p.
- British Standard 1016: Part 5 (1957). Methods for the analyses and testing of coal and coke. Part 5. Gross calorific value of coal and coke, 27p.
- British Standard 1016: Part 6 (1969). Methods for the analyses and testing of coal and coke. Part 6. Ultimate analyses of coal, 37p.
- British Standard 1016: Part 11 (1969). Methods for the analyses and testing of coal and coke. Part 11. Forms of sulphur in coal, 14p.
- British Standard 1016: Part 15 (1960). Methods for the analyses and testing of coal and coke. Part 15. Feasibility of coal ash and coke ash, 13p.
- British Standard 1016: Part 16 (1971). Methods for the analyses and testing of coal and coke. Part 16. Reporting of results, 39p.
- British Standard 1016: Part 19 (1980). Methods for the analyses and testing of coal and coke. Part 19. Determination of the index of abrasion of coal, 6p.
- BROWN, H.R., TAYLOR, G.H. and COOK, A.C. (1964). Prediction of coke strength from the rank and petrographic composition of Australian coals. FUEL, 43, 43-54.
- CADLE, A.B. (1982). Sedimentary controls on coal distribution in the Northwestern Highveld Coalfield. Sedimentology '82, 3rd Symp. Sedimentological Division, Geol. Soc. S. Afr., Johannesburg, 13-14.

- CAIRNCROSS, B. (1980). Anastomosing river deposits: Palaeoenvironmental control on coal quality and distribution, Northern Karoo Basin. Trans. Geol. Soc. S. Afr., 83, 327-332.
- CAIRNCROSS, B. (1982). Coarse-grained anastomosed river deposits from the Witbank Coalfield, South Africa. Sedimentology '82, 3rd Symp. Sedimentological Division, Geol. Soc. S. Afr., Johannesburg, 8-10.
- CAIRNCROSS, Bruce. (1979). Depositional framework and control of coal distribution and quality, Van Dyks Drift Area, Northern Karoo Basin. M.Sc. Thesis. University of Natal, Pietermatizburg, 1979, 75p.
- CAIRNCROSS, B and WINTER, M.F. (1984). High-Constructive lobate deltas in the lower Permian Vryheid Formation, Rietspruit, South Africa. Trans. Geol. Soc. S. Afr. 87, 101-109.
- DE JAGER, F.S.J. (1976). Delfstowwe van die Republiek van Suid-Afrika. Vyfde Uitgawe. Handboek 7. Die Staatsdrukker, Bosmanstraat, Privaatsak X85, Pretoria, 462p.
- Departement van Minerale- en Energiesake (1984). Geologiese kaart van die Republiek van Suid-Afrika, Transkei, Bophuthatswana, Venda en Ciskei en die Koninkryke van Lesotho en Swaziland, 1984.
- Department of Planning and the Environment. (1978). Energy utilization in South Africa. Volume 1, 277p.
- DU TOIT, Alex L. (1954). The geology of South Africa. Third Edition, Oliver and Boyd, Edinburg, Tweeddale Court, London, 611p.
- Energy. A Survey. Supplement to Financial Mail. August 10, 1984. 26-29.
- EVKOM Jaarverslag, 1985.
- FALCON, R.M.S. (1977). Coal in South Africa - Part I. The quality of South African coal in relation to its uses and world energy resources. Minerals Sci. Engng., 9, 198-217.
- FALCON, R.M.S. (1978). Coal in South Africa - Part II. The application of petrography to the characterization of coal. Minerals Sci. Engng. 10, 28-52.
- FALCON, R.M.S. (1978). Coal in South Africa - Part III. Summary and proposals - The fundamental approach to the characterization and rationalization of South Africa's coals. Minerals Sci. Engng., 10, 130-152.
- FALCON, R.M.S. (1986). Classification of coals in Southern Africa. Mineral Deposits of Southern Africa. Vols I & II. Geol. Soc. S. Afr., Johannesburg, 1899-1921.

- FALCON, R.M.S. (1984). The origin, composition and classification of coals in Southern Africa. Part 1. An illustrated and annotated catalogue of the petrographic constituents of the bituminous coals of Southern Africa. Unpublished draft July 1984, 54p.
- FRANCIS, Wilfrid. (1954). Coal. Its formation and composition. London. Edward Arnold (Publishers) Ltd, 567p.
- GAIGHER, J.L. (1980). The mineral matter in some South African coal products. Fuel Research Institute, Report No. 45 of 1980, 94p.
- HART, P.M.G. (1984). The role of coal in the South African Industry. School in Coal Technology and Utilisation of Coal. Rand Afrikaans University, April 3rd to April 5th. Coal Technology, Volume II, Paper F.5, 1-6.
- International Handbook of Coal Petrography (1971). Supplement to the 2nd Edition, Centre National De La Recherche Scientifique 15, Quai Anatole-France, Paris (7^e) - France.
- International Standard - ISO: R157-1960(E). Determination of forms of sulphur in coal, 15p.
- International Standard - ISO: R331-1963(E). Coal - Determination of moisture in the analysis sample - Direct gravimetric method, 3-7.
- International Standard - ISO: R332-1966(E), 1981(E). Coal - Determination of Nitrogen. Macro Kjeldahl method. 7p en 3p.
- International Standard - ISO: R335-1963(E). Determination of the caking power of coal by the roga method, 8p.
- International Standard - ISO: R348-1981(E), Coal - Determination of moisture in the analyses sample - Direct gravimetric method, 2p.
- International Standard - ISO: R349-1963(E). Audibert Arnu Dilatometer test for coal, 15p.
- International Standard - ISO: R501-1966(E), 1981(E). Coal - Determination of the crucible swelling number, 12p.
- International Standard - ISO: R562-1981(E). Hard coal and coke. Determination of the volatile matter content, 5p.
- International Standard - ISO: R589-1967(E), 1981(E). Hard coal. Determination of total moisture, 11p.
- International Standard - ISO: R647-1968(E). Determination of the yield of tar, water, gas and coke residue by low temperature distillation of brown coal and lignite, 11p.
- International Standard - ISO: R925 - 1969(E). Determination of carbon dioxide in coal by the gravimetric method, 6p.
- International Standard - ISO: R5074-1980(E). Hard coal - determination of Hardgrove Grindability index, 8p.

- KARR, Clarence, Jr. (1978) Analytical Methods for Coal and Coal Products. Volume 1, Academic Press. New York, San Francisco, London, 580p.
- KRUSZEWSKA, K. (1983) Coal Classification. The Course on Coal Petrography offered by MINSA, 4-6 July, 1983. Mineralogical Association of South Africa, 10p.
- LE BLANC-SMITH, G. (1980). Genetic stratigraphy for the Witbank coalfield. Trans. Geol. Soc. S. Afr., 83, 313-326.
- LE BLANC-SMITH, G. (1979b). High constructive Deltaic sedimentation and coal accumulation, Witbank Basin. Geocongress '79. Abst., 18th Congr. Geol. Soc. S. Afr., 88-92.
- LE BLANC-SMITH, G. (1980). Logical Letter. Coding system for facies nomenclature: Witbank Coalfield. Trans. Geol. Soc. S. Afr., 83 301-311.
- LE BLANC-SMITH, G. (1979). Stratigraphy and environments of early coal accumulation in the Witbank Basin. Geocongress 79 Abstr., Part 2. 18th Congr. Geol. Soc. S. Afr., 79-83.
- LE BLANC-SMITH, G. and ERIKSSON, Kenneth A. (1979). A Fluvioglacial and Glaciolacustrine Deltaic Depositional model for Permo-Carboniferous coals of the Northern Karoo Basin, South Africa Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 27, 67-84.
- LURIE, Jos. (1977). South African Geology for Mining, Metallurgical, Hydrological and Civil Engineering. McGraw-Hill Book Company, Johannesburg, 294p.
- MACKOWSKY, Marie-Therese. (1981). The application of coal petrology. I.C.A.M., 1981, 33p.
- MALAN, W.C. (1984). Coal in the Metallurgical Industry. School in Coal Technology and Utilisation of Coal. Rand Afrikaans University, Johannesburg, April 3rd to April 5th. Coal Technology, Volume II, Paper F4, 16p.
- Mineraleburo - 1985.
- MOODIE, B. (1975). The physical and chemical properties of coal with special reference to South African coals. B.N.I. Tegniese Memorandum No. 8 van 1975, 29p.
- MOORE, E.S. (1940). Coal - its properties, analysis, classification, geology, extraction, uses and distribution. Second Edition, New York, John Wiley & Sons. Inc., London, Chapman and Hall, Limited, 473p.
- MURCHISON, D.G. and WESTOLL, T.S. (1968). Coal and coal bearing strata. Oliver & Boyd, Edinburgh and London. 418p.
- Nasionale Instituut vir Steenkoolnavorsing Jaarverslag 1983.

- NANDI, B.N., GIAVAGLIA, L.A. and MONTGOMERY, D.S. (1977). The variation of microhardness and reflectance of coal under conditions of oxidation simulating weathering. Journal of Microscopy, 109, 93-103.
- PLUMSTEAD, E.P. (1957). Coal in Southern Africa. Johannesburg, Witwatersrand University Press, 24p.
- S.A. Buro vir Standaarde, Standaardmetodes: S.A.B.S.-Metode 921: Die totale voggehalte van steenkool (distilleermetode), 4p.
- S.A. Buro vir Standaarde, Standaardmetodes: S.A.B.S.-Metode 923: Die totale voggehalte van steenkool, 9p.
- S.A. Buro vir Standaarde, Standaardmetodes: S.A.B.S.-Metode 926: Die asgehalte van steenkool, 3p.
- S.A. Buro vir Standaarde, Standaardmetodes: S.A.B.S.-Metode 927: Die vlugstofgehalte van steenkool, 6p.
- S.A. Buro vir Standaarde, Standaardmetodes: S.A.B.S.-Metode 928: Berekening van die vastekoolstof-gehalte van steenkool. 1p.
- S.A. Buro vir Standaarde, Standaardmetodes: S.A.B.S.-Metode 929: Die bruto hittewaarde van steenkool, 23p.
- S.A. Buro vir Standaarde, Standaardmetodes: S.A.B.S.-Metode 930: Die totale swael gehalte van steenkool (Eschka-metode), 5p.
- S.A. Buro vir Standaarde, Standaardmetodes: S.A.B.S.-Metode 932: Die smeltbaarheid van steenkoolas, 5p.
- S.A. Buro vir Standaarde, Standaardmetodes: S.A.B.S.-Metode 933: Die kroesieswelsyfer van steenkool (gasverhittingsmetode), 8p.
- S.A. Buro vir Standaarde, Standaardmetodes: S.A.B.S.-Metode 935: Verkooksingsvermoë van steenkool (Roga-toets), 10p.
- S.A. Buro vir Standaarde, Standaardmetodes: S.A.B.S.-Metode 938: Koolstof- en waterstofgehalte van steenkool. (Hoëtemperatuurverbrandingsmetode), 12p.
- S.A. Buro vir Standaarde, Standaardmetodes: S.A.B.S.-Metode 941: Koolsuurgasgehalte van steenkool (titrimetriese metode), 6p.
- S.A. Buro vir Standaarde, Standaardmetodes: S.A.B.S.-Metode 942: Stikstofgehalte van steenkool (Kjeldahl makrometode), 8p.
- S.A. Buro vir Standaarde, Standaardmetodes: S.A.B.S.-Metode 1078. Hardgrove maalbaarheidsindeks van steenkool, 9p.

- SASOL Jaarverslag 1984.
- SASOL Jaarverslag 1985.
- SAVAGE, W.H.D., BNI Verslag, Ongepubliseerd.
- SMITH, A.M. (1978). The location and nature of South Africa's coal resources. Somerskool aangebied deur die Steenkoolverwerkingsvereniging by die Randse Afrikaanse Universiteit, Johannesburg. Sept. 1978. Steenkoolverwerking, Volume 1, Referaat 5, 1-17.
- SMITH, W.H., ROUX, H.J. and STEYN, J.G.D. (1981). The classification of coal macerals and their relation to certain chemical and physical parameters of coal. I.C.A.M. 81, Johannesburg, June 1981, 1-18.
- SNOW, Henry, HOLTZ, Peter and BENNETTS, Roy. (1980). Power - The ESCOM story - 1980, 232p.
- SNYMAN, C.P. (1976). Die petrografiese samestelling en die ontstaan van steenkool veral met verwysing na Suid-Afrikaanse steenkool. Trans. Geol. Soc. S. Afr., 79, No. 2. 1976, 242-252.
- SNYMAN, C.P., VAN VUUREN, M.C.J. and BARNARD, J.M. (1983). Chemical and physical characteristics of South African coal and a suggested classification system. N.I.S.N. Report. I.S.B.N. No. 0 7988 2799 8, 110p.
- South African Committee for Stratigraphy (SACS) 1980. Stratigraphy of South Africa. Part 1. Comp. L.E. Kent. Lithostratigraphy of the Republic of South Africa, South West Africa, Namibia and the Republics of Bophutatswana, Transkei and Venda: Handb. geol. Surv. S. Afr., 8, 690p.
- SPEIGHT, James. G. (1983). The chemistry and technology of coal. Marcel Dekker, INC. New York and Basel, 528p.
- STACH, et al. (1975). Stach's Textbook of Coal Petrology. Gebrüder, Borntraeger, Berlin, Stuttgart, 427p.
- STEYN, J.G.D. and SMITH, W.H. (1977) Coal Petrography in the evaluation of S.A. coals. Coal, Gold and Base Minerals, 25, 107-117.
- STUTZER, Otto. (1940). Geology of Coal. The University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA. 461p.
- TANKARD, A.J. et al. (1982). Crustal evolution of Southern Africa. 3,8 Billion years of Earth History. Springer verslag, New York. Heidelberg, Berlin, 523p.
- TAYLOR, G.H., MACKOWSKY, M.-TH. and ALPERN, B. (1967). The behaviour of inertinite during carbonization. Fuel, 46, 431-440

- VAN KREVELEN, D.W. (1982). Coal and its properties related to conversion. International Conference on Coal Conversion, Pretoria, S.A. 16-20 August 1982, p. 14.
- VAN KREVELEN, D.W. (1981). Coal Science and Technology 3. Coal. Typology - Chemistry - Physics - Constitution. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam - Oxford - New York. 514p.
- VAN VUUREN, M.C.J. en BOSHOFF, H.P. (1982). A comprehensive survey of analysis of most chemical and physical properties of colliery product samples taken by the Fuel Research Institute in 1982. B.N.I. Bulletin No. 96, 26p.
- WARD, COLIN, R. (1984). Coal Geology and Coal Technology. Blackwell Scientific Publications, Melbourne, Oxford, London. 345p.
- Witwatersrand Technical College - National Certificate for Technicians. Geology (Coal Mining) T.2. Section A, Lectures 1-5.
- YSKOR Jaarverslag 1985.