

**'N EVALUERING VAN ANALISETEGNIEKE VIR DIE BEPALING VAN
KALKBEHOEFTE VAN GOUDMYNSLIKDAM-MATERIAAL VIR DIE
VESTIGING VAN PLANTEGROEI**

LAMBERTUS JOHANNES VAN DER NEST, B.Sc. Honns.

Verhandeling goedgekeur vir gedeeltelike nakoming van die vereistes vir die graad
Magisters Scientiae in die Departement Plant- en Bodemwetenskappe aan die
Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys.

Leier: Mnr J.P. Coetzee

Potchefstroom
November
1991

VOORWOORD

Die mens het in die laaste tyd begin besef dat hy onlosmaaklik deel is van die skepping en dat hy, meer as enige ander lid van die ekosisteem oor die potensiaal beskik om die aarde te verwoes. Daarom word wette en regulasies herskryf en gesindhede van die mens verander om die versteuring en besoedeling van waardevolle landoppervlaktes te verhoed.

Die geweldige bevolkingsgroei en die ontwikkeling van die mens veroorsaak egter dat die behoeftes na grond en grondstowwe vinnig toeneem. Dit is ook goed dat die mens die hulpbronne eksploiteer want God het aan die mens die opdrag gegee om oor die natuur te heers (Gen 1:26-28) maar terselfdertyd is die mens as rentmeesters van die skepping aangestel. 'n Rentmeester het soos 'n bestuurder vryheid en verantwoordelikheid ten opsigte van die dinge wat aan hom toevertrou is. Hy is vry om self inisiatief te neem en te doen wat na sy oordeel die beste is. Maar hy bly steeds verantwoordelik en hy moet aan die Eienaar rekenskap kan gee van wat hy gedoen het en waarom hy dit gedoen het.

In belang van die mens is dit noodsaaklik dat daar juis op hierdie tydstip pogings aangewend moet word om ook goudmynslikdamme met plante te hervestig en uiteindelik te rehabiliteer sodat besoedeling bekamp word en waardevolle landoppervlaktes weer vir landboudoeleindes of rekreasie gebruik kan word. Op hierdie manier tree die mens nie net bloot op as 'n eksploiteerder nie maar ook as 'n rentmeester van die skepping.

Hierdie ondersoek moet gesien word as 'n beskeie poging om kennis by te dra om plante op die moeilik hervestigbare goudmynslikdamme te vestig. Die resultate van die ondersoek sal hopelik meer lig werp op die bekalkingsbehoefte van goudmynslikdamme vir die vestiging van plantegroei.

Die ondersoek is uitgevoer om probleme waarmee die Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie, PU vir CHO te make het tydens die vestiging van plante op goudmynslikdamme aan te spreek. Die ondersoek is ten volle ondersteun deur die Instituut en daarom is dit van pas om die direkteur, professor Koos van Wyk en die

personeellede van die Navorsingsinstituut vir Hervestigingsekologie te bedank vir die ondersteuning en die geleentheid wat aan my gebied is om die ondersoek uit te voer.

Ek wil ook graag in besonder die volgende persone bedank vir die waardevolle bydraes en ondersteuning wat hulle op verskillende wyses verleen het:

- * Mnr J.P. Coetzee, my studieleier, se positiewe kritiek, voortdurende ondersteuning en kennis wat ek van hom kon opdoen.
- * Dr. H.A. Ranwell vir die leiding en bystand vanaf die begin van die ondersoek.
- * My vrou, Shelly vir haar geweldige motivering tydens die studie.
- * My ouers, Lampie en Louise vir hul ondersteuning, belangstelling en geleentheid om uiteindelik ook so 'n studie te kon aanpak.

INHOUD

ABSTRACT

AN EVALUATION OF ANALYSIS TECHNIQUES FOR THE DETERMINATION OF LIME REQUIREMENTS OF GOLD MINE SLIMES DAM MATERIAL FOR THE ESTABLISHMENT OF VEGETATION	1
--	---

HOOFSTUK 1

INLEIDING	3
------------------	---

HOOFSTUK 2

LITERATUUROORSIG	8
2.1 Inleiding	8
2.2 Die oksidasie van piriet	8
2.3 Faktore wat die oksidasie van piriet beïnvloed	11
2.3.1 Die invloed van pH	11
2.3.2 Die invloed van mikrobiese kataliste	11
2.3.3 Die invloed van temperatuur	12
2.3.4 Die invloed van sulfate, swaarmetale en ander sulfiedes	12
2.3.5 Die invloed van lig	12
2.3.6 Die invloed van die soortlike oppervlakte van piriet	12
2.3.7 Die invloed van water en suurstof	13
2.4 Samevatting	13

HOOFSTUK 3

DIE INVLOED VAN KALKTOEDIENING OP DIE pH EN SOUTKONSENTRASIE VAN SLIK	15
3.1 Inleiding	15
3.2 Materiaal en metodes	15
3.2.1 Materiaal	15
3.2.2 Metodes	16
3.3 Resultate en bespreking	23
3.4 Samevatting	32

HOOFSTUK 4

METODES WAT AANGEWEND IS VIR DIE BEPALING

VAN KALKBEHOEFTE	...	...	...	...	...	...	...	34
4.1	Inleiding	...	...	...	...	...	...	34
4.2	Materiaal en metodes	...	...	...	...	...	...	34
4.2.1	Materiaal	...	...	...	...	...	...	34
4.2.2	Metodes	...	...	...	...	...	...	35
4.3	Resultate en bespreking	...	...	...	...	...	...	36
4.4	Samevatting	...	...	...	...	...	...	40

HOOFSTUK 5

DIE INVLOED VAN KALK OP PLANTVITALITEIT	...	...	...	...	...	...	...	42
5.1	Inleiding	...	...	...	...	...	...	42
5.2	Metodes	...	...	...	...	...	...	42
5.3	Resultate en bespreking	...	...	...	...	...	...	43
5.4	Samevatting	...	...	...	...	...	...	50

HOOFSTUK 6

MONSTERNEMING VIR DIE BEPALING VAN

KALKBEHOEFTE OP SLIKDAMME	...	...	...	...	...	...	...	51
6.1	Inleiding	...	...	...	...	...	...	51
6.2	Materiaal en metodes	...	...	...	...	...	...	51
6.3	Resultate en bespreking	...	...	...	...	...	...	54
6.4	Samevatting	...	...	...	...	...	...	54

HOOFSTUK 7

SINTESE EN OPSOMMING	...	...	...	...	...	...	...	57
7.1	Inleiding	...	...	...	...	...	...	57
7.2	Bespreking van die bevindinge en praktiese implikasies	...	...	...	...	...	...	57
7.3	Samevatting van die belangrikste bevindinge	...	...	...	...	...	...	59
7.4	Aanbevelings vir verdere navorsing	...	...	...	...	...	...	60

VERWYSINGS	61
------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----

ABSTRACT**AN EVALUATION OF ANALYSIS TECHNIQUES FOR THE DETERMINATION OF LIME REQUIREMENTS OF GOLD MINE SLIMES DAM MATERIAL FOR THE ESTABLISHMENT OF VEGETATION**

Owing to the potential pollution problems inherent to gold mine slimes dams, it is essential to find means to curtail the pollution. Vegetative cover has proven to be effective in this regard. However, the very low pH values of the slimes material is detrimental to plant growth. These low pH values can be ascribed to the oxidation of pyrite, a mineral which occurs in the slimes material. It therefore becomes necessary to neutralize the active acidity as well as the potential acidity due to the ongoing oxidation process. A number of analysis techniques for the determination of lime requirements were evaluated on gold mine slimes dam material. After the identification of a suitable method to determine the lime requirements, gold mine slimes dam material can be quantitatively evaluated without the administration of estimated quantities of lime on the basis of a pH value only.

Slimes material of 3 gold slimes dams was incubated in pots treated respectively with 8 different levels of lime. These were laid out in an randomized block design.

A similar experiment was laid out with identical lime applications in pots in which the grass Eragrostis curvula (Schrad.) Nees variety PUK 4L36 was subsequently planted. The pH of the incubated material was measured weekly during the first 4 weeks after which it was measured every month for 11 months. The electrical conductivity of the material was measured at the end of the experiment.

The number of seedlings that germinated in each pot was counted on a weekly basis and the biomass of the plants was measured at the end of the experiment. At the same time various lime requirement measuring methods were evaluated on incubated gold mine slimes dam material. Samples of slime were taken at different locations on two of the slimes dams to determine homo or heterogeneity of the slimes dams with regards to lime requirements.

The results show that the best correlation between pH value of the incubated material and plant biomass was found where the dubbel buffer titration (DBTM) lime requirement determination method was used. At the higher application levels of lime, the pH values of the material reached a plateau. An increase in electrical conductivity was observed after dolomitic lime had been applied.

Using the DBTM to determine the lime requirements of the slimes material from the 2 slimes dams, it was found that the different horisontal layers in a slimes dam have different lime requirements. Samples taken for the determination of the lime requirements of a particular slimes dam will therefore have to be taken in such a way that the differences in lime requirements of the different horisontal layers will be taken into account.

HOOFSTUK 1

INLEIDING

Gedurende die afgelope aantal jare word daar toenemend aandag geskenk aan die vestiging van plante op goudmynslikdamme ten einde omgewingsbesoedeling te bekamp. Goudmynslikdamme (**slikdamme**) veroorsaak drie verkillende tipes omgewingsprobleme, nl. lugbesoedeling, waterbesoedeling en die besetting van waardevolle landoppervlaktes.

Sodra die oppervlak van 'n slikdam uitdroog, is die materiaal uiters erodeerbaar sodat lugbesoedeling op winderige dae plaasvind.

Waterbesoedeling vind plaas tydens afloop van reënwater vanaf die slikdamme, veral vanaf die kante van die damme wat 'n nadelige invloed op die ekologie van die omliggende omgewing, byvoorbeeld waterstrome, uitoefen (Croves, 1974:296).

Volgens Bradshaw & Chadwick (1980:137) het goudmyne in die R.S.A oor 'n periode van 80 jaar meer as 8000 hektaar met afval bedek waarvan 1200 hektaar deur ouer sanddamme beslaan word en die ander 6800 hektaar deur slikdamme. 'n Meer resente opname het getoon dat die platvlakke en kante van slikdamme en sandhope in Suid-Afrika 'n totale oppervlakte van 26000 hektaar beslaan (Bakker, 1991). Rots (wat slegs 'n paar gram goud per ton rots bevat) word duisende meters onder die grondoppervlak gemyn en fyn gemaal waarna goud daaruit geëkstraereer word. Voor dat die ekstraksieproses van goud in die vorm van slik in 1920 toegepas is, is alle uitskot as 'n droë materiaal in die vorm van sandhope gestort. Na 1921 is die uitskotmateriaal in die vorm van slik op, wat vandag as slikdamme bekendstaan, gedeponeer (Groves, 1974:296).

Die materiaal van slikdamme bestaan hoofsaaklik uit tussen 85 en 95 persent silika in die vorm van kwarts, terwyl piriet 1.5 tot 3.5 persent beslaan (Bradshaw & Chadwick, 1980:137; Clausen, 1976:125). Die gemiddelde deeltjiegrootteverspreiding en die chemiese samestelling van goudmynslikdam-materiaal (**slik**) verskyn in tabel 1.1.

Tabel 1.1 'n Fisiese en chemiese ontleding van silk (Bradshaw & Chadwick, 1980:138)

Deursnee (mm)	Persent					
0,2	0					
0,2 - 0,02	50					
0,02 - 0,002	30					
< 0,002	20					
pH	P* (mg kg ⁻¹)	K* (mg kg ⁻¹)	Mg* (mg kg ⁻¹)	Ca* (mg kg ⁻¹)	S Persent	N Persent
2,5 - 3,1	13	15	110	1400	0,2 - 0,4	0,02

* Ultrullbare ioon

Na aanleiding van 'n ondersoek na die strukturele stabiliteit van slikdamme deur die Kamer van Mynwese in samewerking met die Raad vir Wetenskaplike en Industriële Navorsing, is daar in 1953 bevind dat die vestiging van plantegroei die mees bevredigende metode is om die oppervlak van slikdamme te stabiliseer (Clausen, 1976:124). Verskeie tegnieke is in die verlede ondersoek om besoedeling deur slikdamme te bekamp en in 1956 is finaal besluit dat plantegroiebedekking die doeltreffendste is om die damme te stabiliseer (Marsden, 1985:54).

Alhoewel plantegroei die doeltreffendste manier van stabilisasie is, is daar verskeie faktore wat die groei van plante op die slikdamme belemmer en wat verhoed dat natuurlike vestiging plaasvind (Cook, 1971: 21 - 26):

- a) Die lae pH van die boonste laag van die slikdam, wat van tussen 2,0 en 4,0 varieer, afhangende van die ouderdom van die slikdam en die aanvanklike pirietinhoud van die erts. Die boonste laag word beskou as die buitenste laag slik van die slikdam wat aan die atmosfeer blootgestel is.
- b) Die tekstuur van die materiaal wat veroorsaak dat dit onderhewig is aan gedurige winderosie.
- c) Die mate van kompaksie van die materiaal.
- d) Die tekort aan plantvoedingstowwe.
- e) Die steil helling van slikdamme.

Die teenwoordigheid van sianied wat gebruik word in die ekstraksieproses van goud, is nie 'n probleem tydens die vestiging van plantegroei nie aangesien die sianied binne twee maande nadat die slik gedeponeer is, feitlik heeltemal chemies afbreek deur die aksie van son en lug (Cook, 1972)

Die oogmerk met hierdie studie was om slegs die suurheidsprobleem te ondersoek en nie die ander probleme wat met die vestiging van plantegroei gepaard gaan nie. Wanneer die slik aanvanklik op die slikdamme gestort word, kan dit 'n pH-waarde van hoër as 10 hê. Die pH kan egter binne 'n paar maande verlaag na 'n waarde van 2 tot 4 as gevolg van die oksidasie van piriet (Bradshaw & Chadwick, 1980:137; Clausen, 1976:125). Die aanvanklike hoë pH kan toegeskryf word aan oormatige toediening van kalk tydens die reduksieproses. Oksidasie van piriet en die daarop-

volgende verlaging in pH word as die grootste probleem beskou tydens die vestiging van plante op slikdamme (Groves, 1974:297). Pirië oksideer in die teenwoordigheid van water (H_2O) en suurstof (O_2) om swaelsuur (H_2SO_4) en ysterhidroksied ($Fe(OH)_3$) te vorm as die essensiële eindprodukte met mikro-organismes wat kan optree as kataliste in die proses (Bradshaw & Chadwick, 1980:68). In die literatuuroorsig wat volg (Hoofstuk 2), word die oksidasie van pirië en die faktore wat dit beïnvloed, bespreek.

Volgens Clausen (1976:125) kom die suur in die boonste lae van die slikdam voor met die laagste pH in die boonste 0,3 meter. Sodra al die beskikbare pirië in die boonste lae volledig geoksideer is, of nie meer van suurstof voorsien word nie, sal die produksie van suur nie meer plaasvind nie. Aangesien die slik oor baie klein deeltjies beskik is die indringing van suurstof in die dam baie beperk. Tydens die konstruksie van die slikdam word trekkers tans algemeen gebruik om die kantwalle van die dam te konstrueer en gevolglik vind daar in hierdie gevalle kompaksie van die slik onder versadigde toestande plaas. Slikdamme word ook nog in enkele gevalle met die hand gebou en met grawe gekompakteer. Normaalweg is die indringing van suurstof minder as 2 meter diep.

Die swak groei van plante op suurgrond word toegeskryf aan die volgende faktore: Aluminiumtoksisiteit, magnesiumgebrek, kalsiumgebrek, molibdeengebrek, mangaantoksisiteit, fosforgebrek (veroorzaak deur adsorpsie van fosfate aan die kolloidale fraksie in suurgronde en die vorming van onoplosbare aluminium-en/of ysterfosfaatverbindinge) en die minder doeltreffende waterverbruik van plante as gevolg van swak wortelontwikkeling. Benewens aluminium en mangaan kan yster, koper en sink in suurgronde so geredelik toeganklik word dat dit ook plantvergiftiging meebring. Faktore wat ook 'n indirekte invloed op die plant kan uitoefen tydens oormatige grondsuurheid is die bakteriese en biologiese lewe in die grond wat vertraag en selfs tot stilstand gebring kan word (Buys, 1990:37-38).

Die hoofkomponente waaruit slik bestaan is reeds genoem en dit is belangrik dat dit ingedagte gehou moet word dat die samestelling van slik verskil van dié van grond.

Tegniese wat tans algemeen in die praktyk toegepas word om plantegroei op slikdamme te vestig is die "geen bewerking"-metode en die "droëland"-metode. Tydens die implementering van die "geen bewerking"-metode word die suurheid uit die wortelsone geloog deur die toediening van water as 'n fyn missproei vanaf 'n netwerk

oorhoofse pype. 'n Relatief klein hoeveelheid landboukalk word terselfdertyd toegedien. Met die "droëland"-metode word relatief groot hoeveelhede kalk in die boonste laag van die slik ingewerk om die suurheid te neutraliseer (Van Wyk, 1991).

Daar bestaan egter leemtes t.o.v die bepaling van die hoeveelheid landboukalk wat benodig word om die pH tot 'n waarde van ongeveer 6,5 te verhoog (pH(H₂O)) met inagneming van die potensiele suurheid wat as gevolg van die voortdurende oksidasie van piriet ontstaan. Alhoewel reeds heelwat navorsing t.o.v die oksidasie van piriet sowel as die kalkbehoefte vir planthervestiging op steenkoolmyne gedoen is, is min bekend t.o.v die kalkbehoefte vir die vestiging van plantegroei op slikdamme en omdat slik nie grond is nie, is bestaande analisetegnieke nie doeltreffend nie. **Literatuur oor die onderwerp ter sprake is uiters beperk aangesien dit 'n nuwe veld is wat betree word.** In die lig hiervan was dit nodig om:

1. Die invloed van verskeie tipes, asook hoeveelhede landboukalk op die groei van plante in slik te bepaal.
2. Metodes vir die bepaling van kalkbehoefte te evalueer vir gebruik op slikdamme.

Die doel van die studie was dus om die doeltreffendste metode vir bepaling van kalkbehoefte te identifiseer sowel as om die relatiewe invloed van die kalk op plantegroei te bepaal. Dit sal meebring dat kalkbehoeftebepalings op slikdamme in die toekoms akkuraat en in 'n kort tydsbestek gedoen kan word. Die tegniek van monsterneming op slikdamme is ook ondersoek.

Die werkswyse wat met die ondersoek gevolg is, was om gelyktydig die invloed van verskillende kalkbehandelings op die groei van plante in slik van verskillende myne te bepaal. Gelyktydig is die invloed van die verskillende kalkpeile op die pH van die slik en elektriese geleiding van 'n versadigde ekstrak van die materiaal bepaal. In samehang hiermee is 'n aantal metodes vir die bepaling van kalkbehoefte van dieselfde slik geëvalueer.

Die resultate van die eksperimente het aanleiding gegee tot identifisering van 'n betroubare metode vir die bepaling van die korrekte hoeveelheid kalk wat nodig is om 'n aanvaarbare pH in die slik te skep waarin plante kan groei.

HOOFSTUK 2

LITERATUUROORSIG

2.1 Inleiding

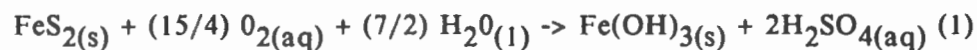
Aangesien die oksidasie van piriet in slik verantwoordelik is vir die lae pH en die gevolglike afwesigheid van plantegroei is dit belangrik dat die oksidasie-proses van piriet deeglik verstaan word.

In hierdie hoofstuk word die oksidasie van piriet sowel as die faktore wat die proses beïnvloed, bespreek.

2.2 Die oksidasie van piriet

Die oksidasie van piriet is 'n gekompliseerde proses wat verskeie tipes reaksies insluit, naamlik hidrolise en die vorming van komplekse ione. Die reaksie word verder beïnvloed deur oplosbaarheidskontroles, kinetiese effekte en mikrobiese kataliste (Nordstrom, 1982:37).

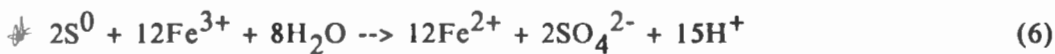
Die netto proses wat die oksidasie van piriet beskryf word gewoonlik voorgestel deur die volgende reaksie vergelyking:



waar piriet en water, in die teenwoordigheid van suurstof, 'n onoplosbare ysterhidroksied en swael suur vorm (Nordstrom, 1982:38; Brown, 1985:4). $\text{Fe}(\text{OH})_3$ word gewoonlik gebruik om ferrihidriet voor te stel wat 'n amorf ysteroksied is en wat beskou word as die aanvanklike produk wat gevorm word wanneer yster(III)ione presipiteer (Backes, Pulford en Duncan, 1986:280).

Die oksidasie van piriet is nie 'n eenvoudige reaksie soos in vergelyking (1) voorgestel word nie, maar 'n reeks reaksies met 'n aantal tussenstappe. Die oksidasie en hidrolise, soos voorgestel deur die netto reaksie, behels die verlies van 1 elektron deur yster, 14 elektrone deur swael en die opname van 7,5 elektrone deur suurstof per mol piriet. In die proses word 1 mol yster gehidroliseer en gepresipiteer. Dit is dus duidelik dat al hierdie veranderinge nie in een stap kan plaasvind nie. 'n Maksimum van 22 reaksies van elektron-oordragte is moontlik en dieselfde aantal moontlike tempo-bepalende stappe kan voorkom. Nog meer stappe is moontlik indien ander oksidante in ag geneem word. Eksperimentele bepalinge op hierdie heterogene sisteem het egter daarop gedui dat 2 elektrone dikwels gelyktydig oorgedra word en dat al 22 stappe nie afsonderlik beskou hoef te word nie (Nordstrom, 1982:38).

Die twee hoof-oksidante wat onder natuurlike toestande op piriet inwerk is suurstof en die yster(III)ioon (Backes, Pulford & Duncan, 1986:280). In 'n literatuurstudie wat gedoen is deur Backes, Pulford & Duncan (1986:280) is die volgende reaksies voorgestel om die oksidasie van piriet te beskryf:



Reaksie (2) is baie stadig. In 'n gerehabiliteerde uitskothoop waar kalk toegedien is om 'n pH van tussen 6 en 7 te bewerkstellig sal dit die dominante reaksieweg vir die oksidasie van piriet wees. Die voorsiening van suurstof d.m.v diffusie deur die oppervlaklae sal dus die tempo-bepalende stap wees. By 'n pH bokant 3,5 word die yster(III)ione wat geproduseer word vanuit die oplossing verwyder as gevolg van die presipitasie van $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Gevolglik is reaksie (5) nie so belangrik onder hierdie toestande nie en die reaksieweg volg dus reaksies (2), (3), (4) en (7) (Backes, Pulford & Duncan, 1986:280).

By lae pH-waardes (<3,0) word piriet vinniger deur ferri-yster as deur suurstof geoksideer, selfs vinniger as wat opgeloste ferro-yster deur suurstof geoksideer kan word. In neutrale tot alkaliese toestand styg die oksidasietempo van ferro-yster vinnig terwyl die konsentrasie van ferri-yster in oplossing, verlaag as gevolg van die presipitasie van ferri-hidroksied. Die resultate van hierdie studies deur Singer & Stumm (1970:1121 - 1123) ondersteun die stelling dat piriet aanvanklik deur suurstof geoksideer word met 'n gevolglike verlaging in pH afhangende van die oksidasietempo van swael na sulfaat. Indien die pH verlaag na 'n waarde benede 4,5 word ferri-yster meer oplosbaar en begin dit as 'n oksidant optree. By pH-waardes benede 3,0 tree dit op as die enigste belangrike oksidant. Aangesien ferri-yster vinniger deur piriet na ferro-yster gereduseer kan word as wat ferro-yster omgesit word na ferri-yster deur suurstof, sal die piriet eenvoudig al die ferri-ione reduseer wat tot gevolg sal hê dat die reaksie stop. Daarom word die oksidasie van ferro- na ferri-yster as die tempo-bepalende stap in die vorming van suur mynwater beskou. Een van die sterkste kataliste van die reaksie is die ysteroksideerende bakterie, Thiobacillus ferrooxidans wat die oksidasietempo van ferro-yster vyf tot ses keer kan verhoog (Singer & Stumm, 1970:1121 - 1123).

In 'n suur omgewing kan daar dus 'n sikliese sisteem ontwikkel waar die ferro-ione wat vrygestel word deur piriet, bakteriologies geoksideer word na ferri-ione wat weer piriet kan oksideer en meer ferro-ione vorm. Hierdie sisteem lei dus tot 'n hoë produksie van suur wat aanleiding sal gee tot die vernietiging van enige gevestigde plantegroei (Backes, Pulford & Duncan, 1986:281).

2.3 Faktore wat die oksidasie van piriet beïnvloed

2.3.1 Die invloed van pH

Dit is reeds gemeld dat die oksidasie van piriet pH-afhanklik is. Volgens Brown (1985:166) is die oksidasietempo van piriet pH-afhanklik met 'n verhoging van 10 -20 $\text{pmol(Fe) m}^{-2} \text{s}^{-1}$ tot 40 - 60 $\text{pmol(Fe) m}^{-2} \text{s}^{-1}$ tussen pH-waardes 5 en 9. Die oksidasietempo van piriet in die teenwoordigheid van kalsiumkarbonaat, natriumbikarbonaat, natriumtiosulfaat en kalsium versadigde smektiet kan herlei word na die invloed van die pH-waarde. Die toediening van CaCO_3 het feitlik 'n verdubbeling in die oksidasietempo van piriet tot gevolg (Brown, 1985:131).

2.3.2 Die invloed van mikrobiiese kataliste

Piriet is 'n mineraal wat termodinamies onstabiel is wanneer dit blootgestel word aan die atmosfeer. Gevolglik is die chemiese oksidasie van piriet 'n spontane reaksie wat geen netto invoer van energie benodig nie. Bakterieë wat vir die oksidering van swawel en yster verantwoordelik is, spesifiek die genus Thiobacillus, is bekend daarvoor dat dit die oksidasietempo van piriet onder gunstige toestande skielik kan verhoog (Singer & Stumm, 1970:1121 - 1123). Thiobacillus ferrooxidans word dikwels as die belangrikste faktor in die oksidasie van piriet beskou, alhoewel die meganismes van die interaksies tussen die organismes en die minerale nog nie volledig beskryf is nie. Thiobacillus ferrooxidans kan egter slegs 'n aktiewe rol speel wanneer die pH verlaag tot tussen 4 en 4,5 (Nordstrom, 1982:46). Brown (1985:72) beweer dat die chemiese oksidasie-tempo groter is as die biologiese oksidasie-tempo by lae waterinhoude en hoë soutkonsentrasies wat die mikrobiologiese aktiwiteit inhibeer. In 'n literatuurstudie deur Brown (1985:71 - 72) is gevind dat die oksidasietempo in die teenwoordigheid van mikrobiologiese kataliste 'n plato bereik sodra die verhouding van piriet tot water verhoog terwyl die chemiese oksidasie-tempo steeds toeneem. Verder is die bydrae van mikro-organismes tot die oksidasie van piriet weglaatbaar klein onder toestande van waterstagnasie. Volgens Brown (1985:167) is die bewering dat die oksidasie van piriet slegs 'n mikrobiologies gekontroleerde proses is, nie korrek nie.

2.3.3 Die invloed van temperatuur

Volgens Nordstrom (1982:44) verdubbel die tempo van oksidasie van piriet deur suurstof met elke 10^0 C verhoging in temperatuur.

2.3.4 Die invloed van sulfate, swaarmetale en ander sulfiedes

Singer & Stumm (1968:19) het gevind dat die teenwoordigheid van sulfaat die tempo van oksidasie inhibeer. Dit blyk egter dat die teenwoordigheid van swaarmetale geen betekenisvolle invloed op die oksidasietempo uitoefen nie, alhoewel die teenwoordigheid van ander sulfiedes soos chalcopiriet en sphaleriet neig om die oksidasietempo te verlaag (Nordstrom, 1982:44).

2.3.5 Die invloed van lig

Singer & Stumm (1968:28) het gevind dat oksidasie van piriet 2 tot 3 keer vinniger plaasvind in die teenwoordigheid van lig.

2.3.6 Die invloed van die soortlike oppervlakte van piriet

Die deeltjiegrootte en morfologie van piriet kan baie varieer. Eksperimente deur Brown (1985:107-109) het getoon dat die oksidasietempo van piriet lineêr verhoog met soortlike oppervlakte. Dit blyk dat die invloed van soortlike oppervlakte belangrik is in die aanvanklike stadiums van die produksie van sulfaat, maar sodra die pH verlaag tot 3 of laer speel dit 'n minder belangrike rol (Nordstrom, 1982:44). Dit sal dus 'n belangrike rol speel indien die pH verhoog word met behulp van bekalking aangesien mikrobiese kataliste nie 'n invloed uitoefen by hoë pH-waardes nie en gevolglik sal die diffusie van suurstof en soortlike oppervlakte van piriet die grootste rol speel in die bepaling van die oksidasietempo van piriet.

2.3.7 Die invloed van water en suurstof

Die teenwoordigheid van water is baie krities vir die oksidasie van piriet. Die belangrikste faktor in die oksidasie van piriet in gronde is die konsentrasie suurstof (Brown, 1985:71 - 72). Smith en Shumate (1971:11 - 18) het bereken dat die diffusietempo van suurstof deur water in oorspoelde myne stadig genoeg is om die tempo van oksidasie te inhibeer.

2.4 Samevatting

Dit is duidelik uit die literatuuroorsig dat die oksidasie van piriet nie 'n eenvoudige proses is nie en afhanklik is van verskillende faktore. Die twee belangrikste oksidante wat onder natuurlike toestande op piriet inwerk is suurstof en yster(III)ioon. Indien pH-waardes hoër is as 3,5 tree suurstof as die belangrikste oksidant op en as dit laer is as 3,5 tree die yster(III)ioon op as die belangrikste oksidant.

Aangesien ferri-yster vinniger deur piriet na ferro-yster gereduseer kan word as wat ferro-yster omgesit word na ferri-yster deur suurstof, sal die piriet eenvoudig al die ferri-ione reduseer wat tot gevolg sal hê dat die reaksie stop. Daarom word die oksidasie van ferro- na ferri-yster as die tempo-bepalende stap in die vorming van suur mynwater beskou.

Die belangrikste faktore wat die oksidasie van piriet beïnvloed is dus die volgende:

- * pH
- * Mikrobiiese kataliste
- * Temperatuur
- * Sulfate, swaarmetale en ander sulfiedes
- * Lig

- * Soortlike oppervlakte van die pirietdeeltjie
- * Water en suurstof

Dit is egter nie bekend in watter mate hierdie faktore 'n invloed op die oksidasie van piriet in situ op slikdamme sal uitoefen nie. Die invloed van hierdie faktore op die oksidasie van piriet in slikdamme sal die potensiële vorming van suur bepaal en gevolglik die hoeveelheid kalk wat nodig is om dit te neutraliseer.

HOOFSTUK 3

DIE INVLOED VAN KALKTOEDIENING OP DIE pH EN SOUTKONSENTRASIE VAN SLIK

3.1 Inleiding

Om metodes vir die bepaling van kalkbehoefte te evalueer was dit belangrik om die reaksie van kalk met slik van verskillende myne vas te stel. Die chemiese gedrag van die slik met kalk ten opsigte van die verandering in pH en elektriese geleiding is nie noodwendig dieselfde as die reaksie wat in grond sal plaasvind nie, aangesien die slik oor 'n aantal unieke eienskappe beskik waarna reeds in Hoofstuk 1 verwys is. Uit die resultate wat in die hoofstuk weergegee word, kan uitspraak gelewer word oor die optimum hoeveelhede van verskillende tipes kalk wat toegedien kan word met inagneming van die onderlinge verwantskap tussen pH en elektriese geleiding.

3.2 Materiaal en metodes

3.2.1 Materiaal

In die studie is gebruik gemaak van slik wat onderskeidelik afkomstig is van Ergo-Withok-dam, Western Deep Levels-dam no 3 en Stilfontein-dam no 4.

Hierdie slikdamme is geselekteer vanuit 'n groter aantal slikdamme. Daar was gepoog om slik van drie verskillende myne te verkry wat chemies van mekaar verskil, veral t.o.v die hoeveelheid piriet wat in die slik voorkom. Dit sou verseker dat die resultate wat met die slik verkry word, 'n wye spektrum verteenwoordig.

Daar is van twee tipes kalk in die eksperiment gebruik gemaak naamlik 'n kalsitiese kalk (74% CaCO_3 en 11,4% MgCO_3) en 'n dolomitiese kalk (43% CaCO_3 en 41% MgCO_3).

3.2.2 Metodes

Die volgende metodes is in hierdie deel van die studie toegepas om die verwantskappe tussen pH, elektriese geleiding en verskillende kalkpeile te bepaal.

- * Inkubasie - 2,5 kg van die slik is in potte geplaas wat met plastiese sakke aan die onderkant geïsoleer sodat daar geen logging vanuit die slik kan plaasvind nie. Die potte is in 'n glashuis geplaas.
- * Proefuitleg - Die proef is uitgelê volgens 'n ewekansige blokontwerp met agt verskillende kalkpeile (Tabel 3.1) en drie herhalings. Die potte is ewekansig uitgeplaas en weekliks geherrankskik.
- * Keuse van tipe kalk - Om te bepaal watter tipe kalk (dolomitiese of kalsitiese kalk) vir die slik van verskillende myne gebruik sou word, is die uitruilbare Ca- en Mg-inhoud van die slik bepaal (Tabel 3.2). Figuur 3.1 is gebruik om vas te stel watter tipe kalk gebruik moet word. In die geval van Stilfontein- en Western Deep Levels-materiale is 'n kalsitiese kalk gebruik terwyl 'n dolomitiese kalk in die geval van die Ergo-materiaal gebruik is (Tabel 3.1).
- * Berekening van hoeveelhede kalk - Om die optimum peil van kalktoediening te bepaal is daar van die aanvanklike veronderstelling uitgegaan dat alle yster in die slik in die die pirietvorm voorkom. Die yster-inhoud in die slik is bepaal met behulp van die U.S. EPA-Metode 3050 (1986). Die ysterkontrasie in oplossing word in tabel 3.3 aangetoon. Die hoeveelheid kalk wat benodig word om die potensiële ontwikkeling van suurheid teen te werk, is soos volg bereken:

TABEL 3.1 Kalkpeile wat toegedien is aan silk van die verskillende myne

ERGO** (t ha ⁻¹)	STILF* (t ha ⁻¹)	WTD* (t ha ⁻¹)
0	0	0
6	15	13
12	30	26
18	45	39
24	60	52
30	75	65
36	90	78
42	105	91

** Dolomitiese kalk

* Kalsitiese kalk

TABEL 3.2 Ultrullbare Ca- en Mg-inhoud van slik van die verskillende myne

	Ca *	Mg *
Ergo	7,21	0,51
Wtd	10,75	3,48
Stilf	9,37	1,24

* cmol(+) kg⁻¹

Stilf = Stilfontein

Wtd = Western Deep Levels

TABEL 3.3 Yster-konsentrasie in ekstrakte van silk van die verskillende myne

	Fe (mg l ⁻¹)
Ergo	4,71
Wtd	8,38
Stilf	9,58

Wtd = Western Deep Levels

Stilf = Stilfontein

Die netto reaksievergelyking van die oksidasie van piriet is gebruik om die hoeveelheid gram H^+ wat geproduseer word uit 1 mol FeS_2 te bereken. Die hoeveelheid effektiewe $CaCO_3$ is bereken uit die hoeveelheid H^+ wat geneutraliseer moet word (Tabel 3.4). Daarna is die werklike hoeveelheid kalk wat toegedien moet word, bereken met inagneming van die kalsiumkarbonaat ekwivalent (KKE) van die 2 tipes kalk. Die werklike hoeveelheid kalk wat op hierdie wyse bereken is, word in tabel 3.4 aangetoon.

Met die proefuitleg is telkens twee hoër peile as die berekende behoefte (Tabel 3.4) toegedien met 'n totaal van 8 peile soos aangetoon in tabel 3.1. Die twee hoër kalkpeile is toegedien om vas te stel wat die invloed van oorbekalking op die groei van plante, pH en elektriese geleiding is, aangesien dit belangrike implikasies in die praktyk kan hê tydens die vestiging van plante.

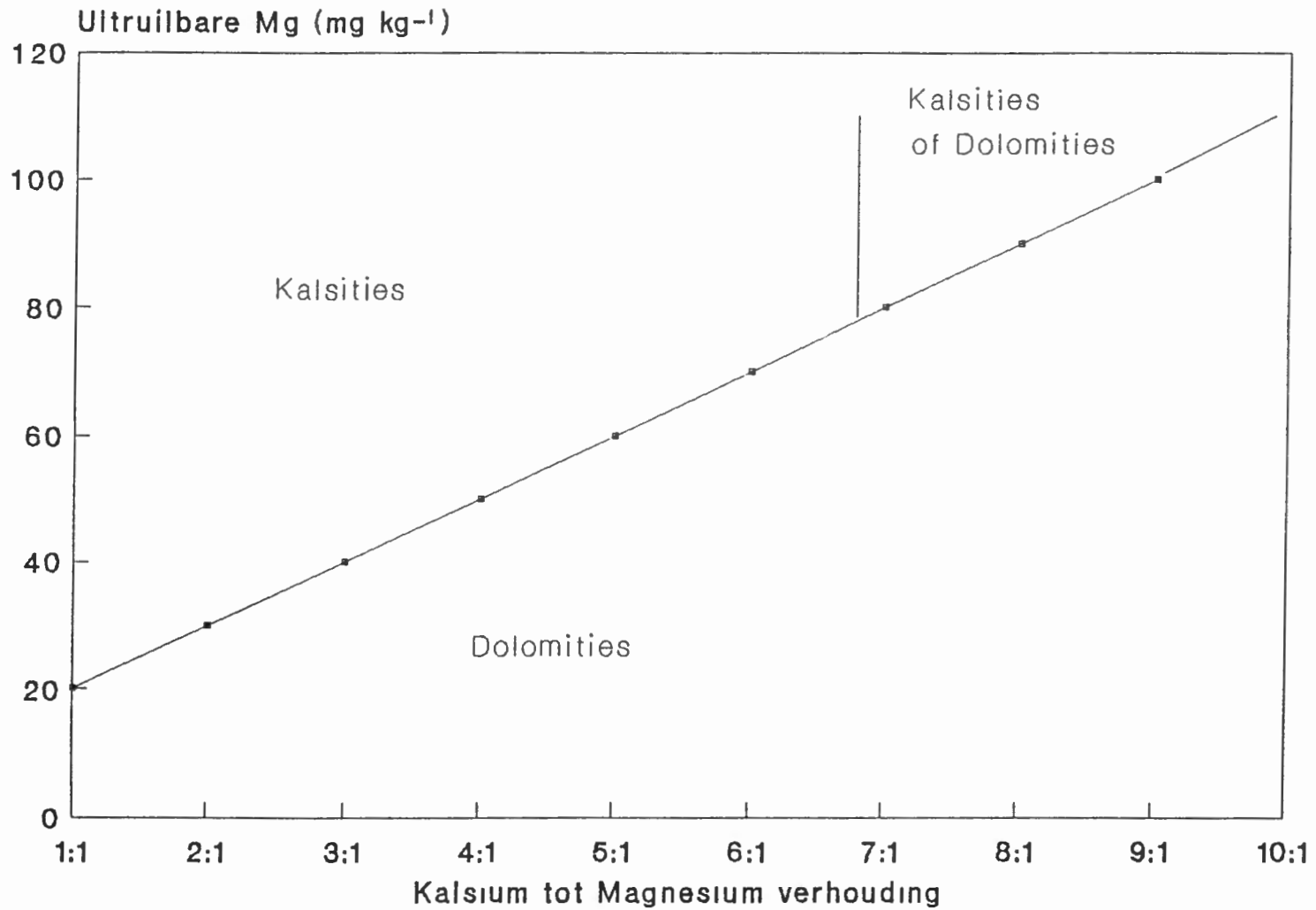
- * Benatting van gefinkubeerde monsters - 600 ml gedefloniseerde water is by elk van die gefinkubeerde-monsters gevoeg. Die sakke is oop gelaat sodat die slik kon uitdroog. Die slik is elke keer met 600 ml gedefloniseerde water benat waneer die dit droog was. 'n Totaal van 22 benattings is gedoen.
- * Metings - pH(KCl) van die verskillende gefinkubeerde monsters is weekliks gemeet vir die eerste 4 weke waarna dit elke maand gemeet is vir 'n periode van 11 maande. 'n Totaal van 72 metings is dus elke keer uitgevoer. Die pH is volgens die metode beskryf deur "The Non-Affiliated Soil Analysis Working Committee" (1990:2/1) gemeet.

Elektriese geleidings is aan die einde van die eksperiment gemeet volgens die metode wat deur "The Non-Affiliated Soil Analysis Working Committee" (1990:4/1) beskryf word.

- * Verwerking van data - Regressie-analises is op al die data uitgevoer. Op die grafieke word die korrelasie-koëffisient (r) van die data t.o.v die wiskundige vergelyking sowel as die standaard-afwyking vanaf die berekende regressiekurwe (SE) weergegee. Verder word aangedui of die korrelasie-koëffisient, hoogs betekenisvol of slegs betekenisvol is.

TABEL 3.4 Die hoeveelheid effektlewe CaCO_3 en werklike hoeveelheid kalk toegedien soos bereken uit die yster-inhoud

	Ergo	Wtd	Stlf
Effektlewe CaCO_3 toegedien (t ha ⁻¹)	32	56	64
Werklike hoeveelheid kalk (t ha ⁻¹)	33	66	75



FIGUUR 3.1 Kalktype wat toegedien moet word met Ca:Mg-verhouding en uitruilbare Mg van die grond as uitgangspunt (Buys, 1990:42)

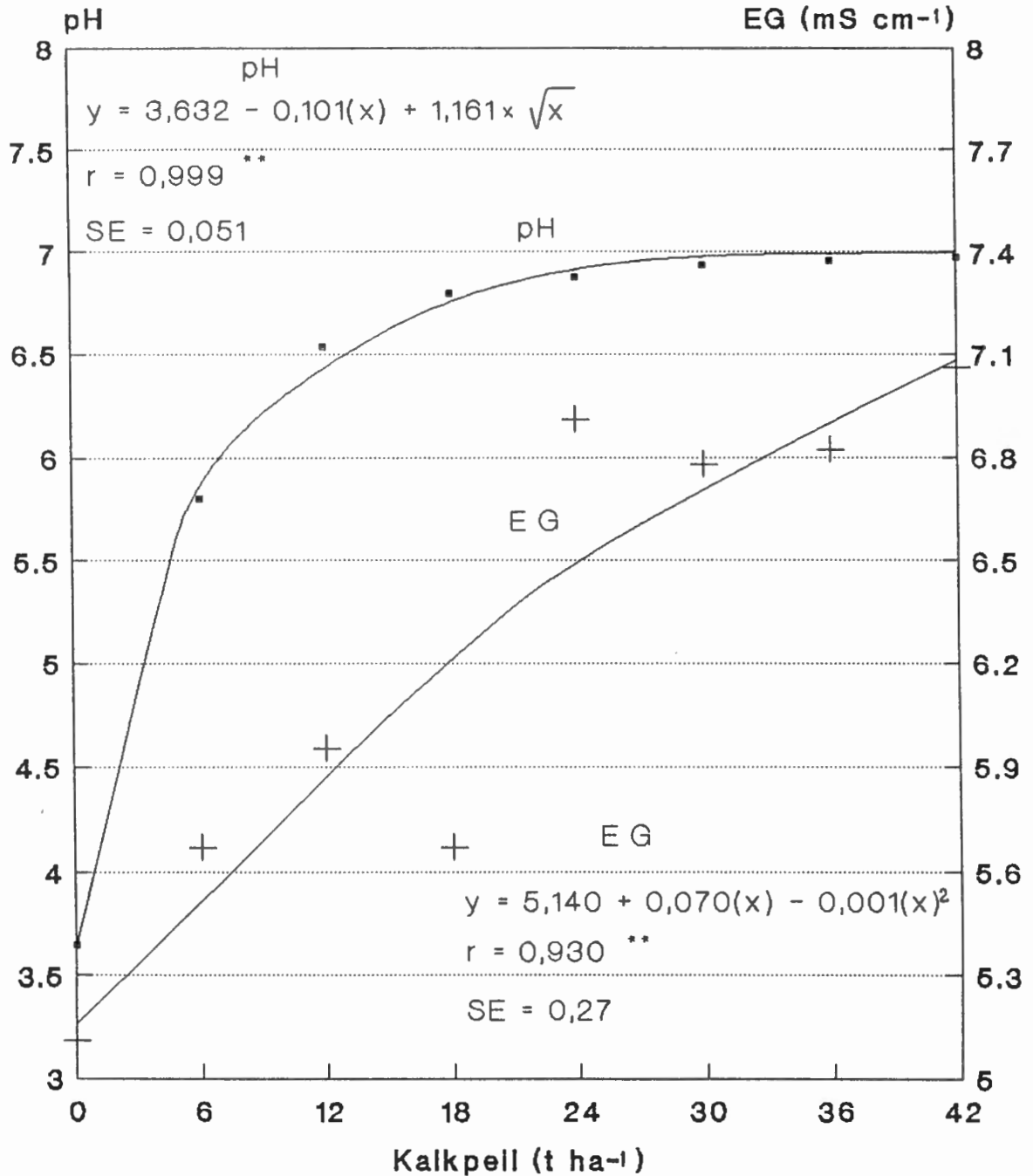
3.3 Resultate en bespreking

Die pH(KCl)-waardes van die monsters wat dieselfde kalkpeile ontvang het, het konstant gebly oor die totale tydperk van die eksperiment. Geen betekenisvolle verskille tussen die pH-waardes het voorgekom nie. Die aanvanklike verandering in pH nadat kalk toegedien is, het binne 1 week plaasgevind wat daarop dui dat die aanvanklike bufferkapasiteit van die slik baie laag is. Die aktiewe suur word dus onmiddelik geneutraliseer sonder dat die reaksie gebuffer word deur potensiële suur wat oor die langtermyn vrygestel kan word.

Die verandering in pH(KCl)-waardes en elektriese geleiding (mS cm^{-1}) met die verskillende kalkpeile word in figure 3.2, 3.3 en 3.4 aangetoon. Die pH-waardes wat in hierdie figure weergegee word vir die verskillende peile, verteenwoordig 'n gemiddelde waarde vir die periode van 11 maande. In al drie materiale styg die pH met verhoogde kalkpeil en begin afplat by die hoogste peil. Totale afplatting van die kurwe vind egter nie plaas nie. In die geval van die slik afkomstig van Ergo, is die hoogste pH 6,96 by 'n kalkpeil van 42 t ha^{-1} (Figuur 3.2). Die hoogste pH-waarde van die Western Deep Levels-materiaal met 'n kalkpeil van 91 t ha^{-1} is 7,32 (Figuur 3.3) en in die geval van Stilfontein-materiaal kom die hoogste pH-waarde, naamlik 8,31, by 'n kalkpeil van 105 ton ha^{-1} voor (Figuur 3.4).

Met verhoging in die kalkpeil is daar 'n verhoging in die elektriese geleiding (mS cm^{-1}) van die Ergo-materiaal (Figuur 3.2). Die teenoorgestelde tendens bestaan egter in die geval van slik afkomstig van Western Deep Levels en Stilfontein (Figuur 3.3 en 3.4). Hier vind daar 'n verlaging in die elektriese geleiding plaas met verhoogde kalkpeil. Die elektriese geleiding neem in beide gevalle toe by 'n kalkpeil van ongeveer 70 t ha^{-1} . Uit figuur 3.5 is dit dus duidelik dat die elektriese geleiding van die Ergo-materiaal eksponensieël toeneem teenoor pH. Figure 3.6 en 3.7 toon egter weer 'n afname in die elektriese geleiding teenoor toename in pH van die slik wat vanaf die ander twee myne afkomstig is.

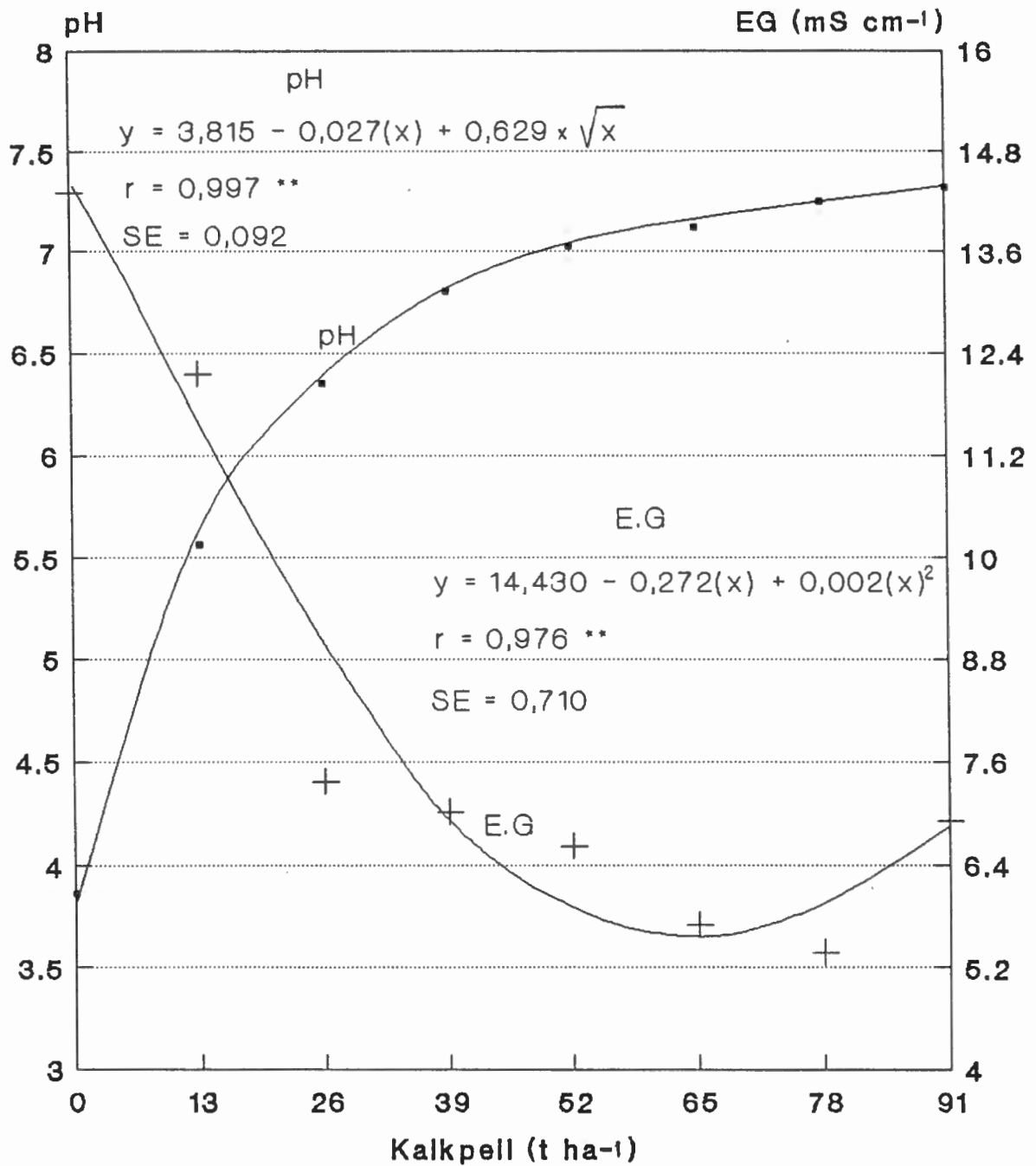
'n Moontlike verklaring vir die kontrasterende tendense is die gebruik van twee verskillende tipes kalk naamlik kalsitiese en dolomitiese kalk. Soos reeds genoem, is daar 'n afnemende tendens in die elektriese geleiding met toename in die pH in die Western Deep Levels- en Stilfontein-materiale waar daar van kalsitiese kalk gebruik gemaak is. Uit figuur 3.8 is dit duidelik dat die oplosbaarheid van CaCO_3 afneem bokant 'n pH van 6 en volgens Stevens en Carron, soos aangehaal deur Loughnan (1973:30), is die abrasie pH van CaCO_3 8. Dit is dus duidelik dat die invloed van



FIGUUR 3.2 Die invloed van verskillende kalkpeile op die pH en elektriese geleiding van die Ergo-materiaal

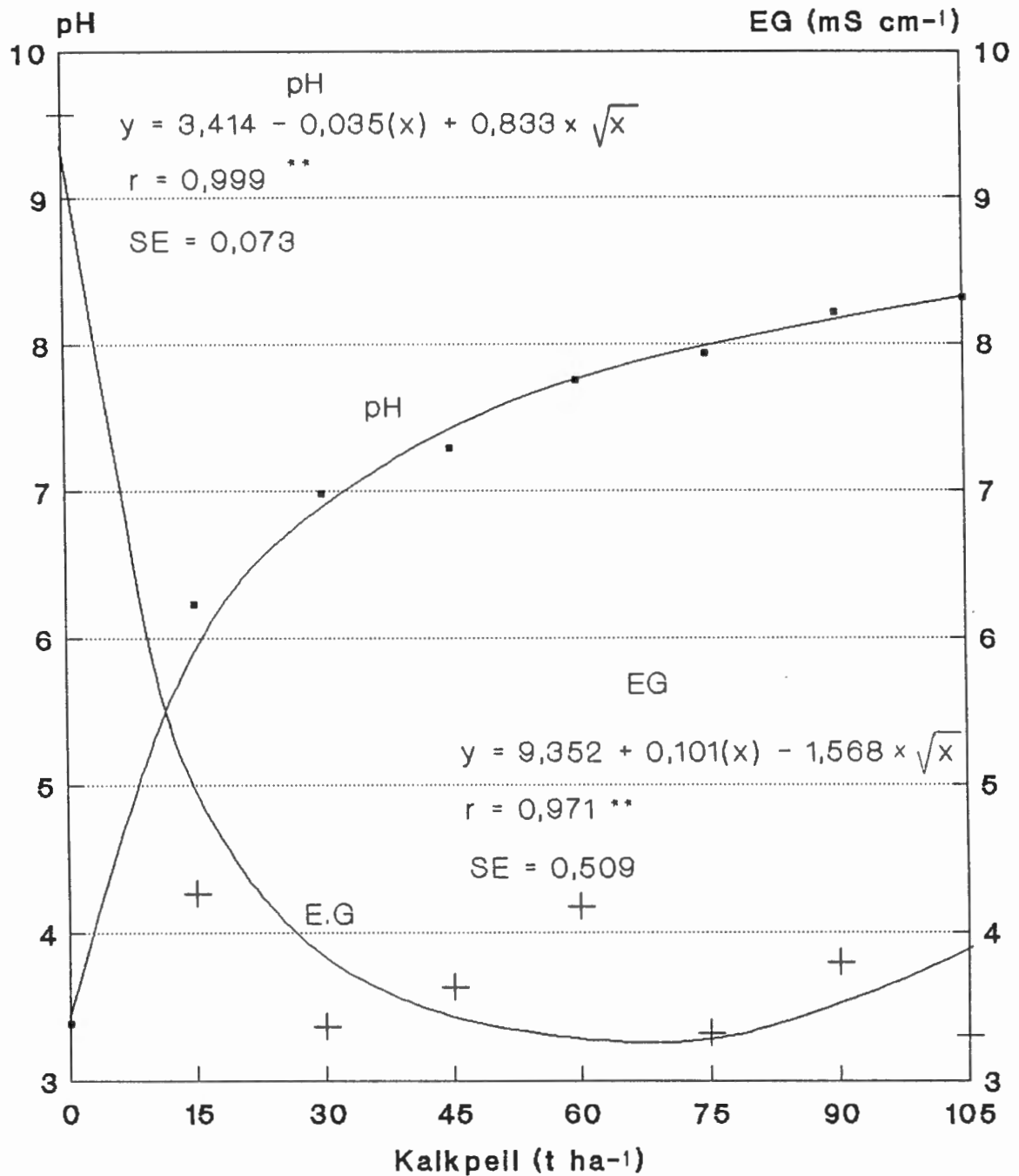
** Hoogs betekenisvol

* Betekenisvol



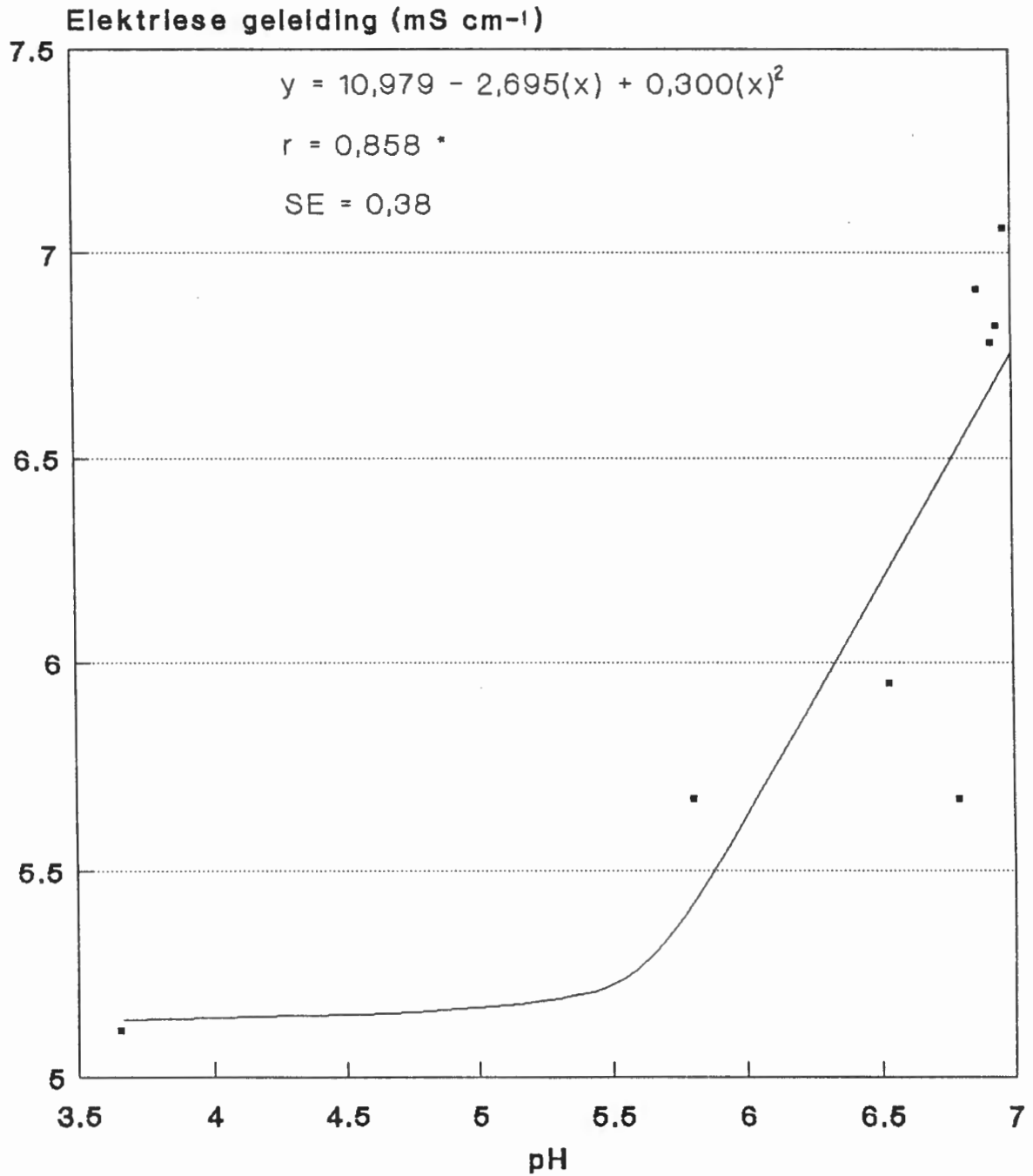
FIGUUR 3.3 Die invloed van verskillende kalkpeile op die pH en elektriese geleiding van die Western Deep Levels-materiaal

- ** Hoogs betekenisvol
- * Betekenisvol



FIGUUR 3.4 Die invloed van verskillende kalkpeile op die pH en elektriese geleiding van die Stillfontein-materiaal

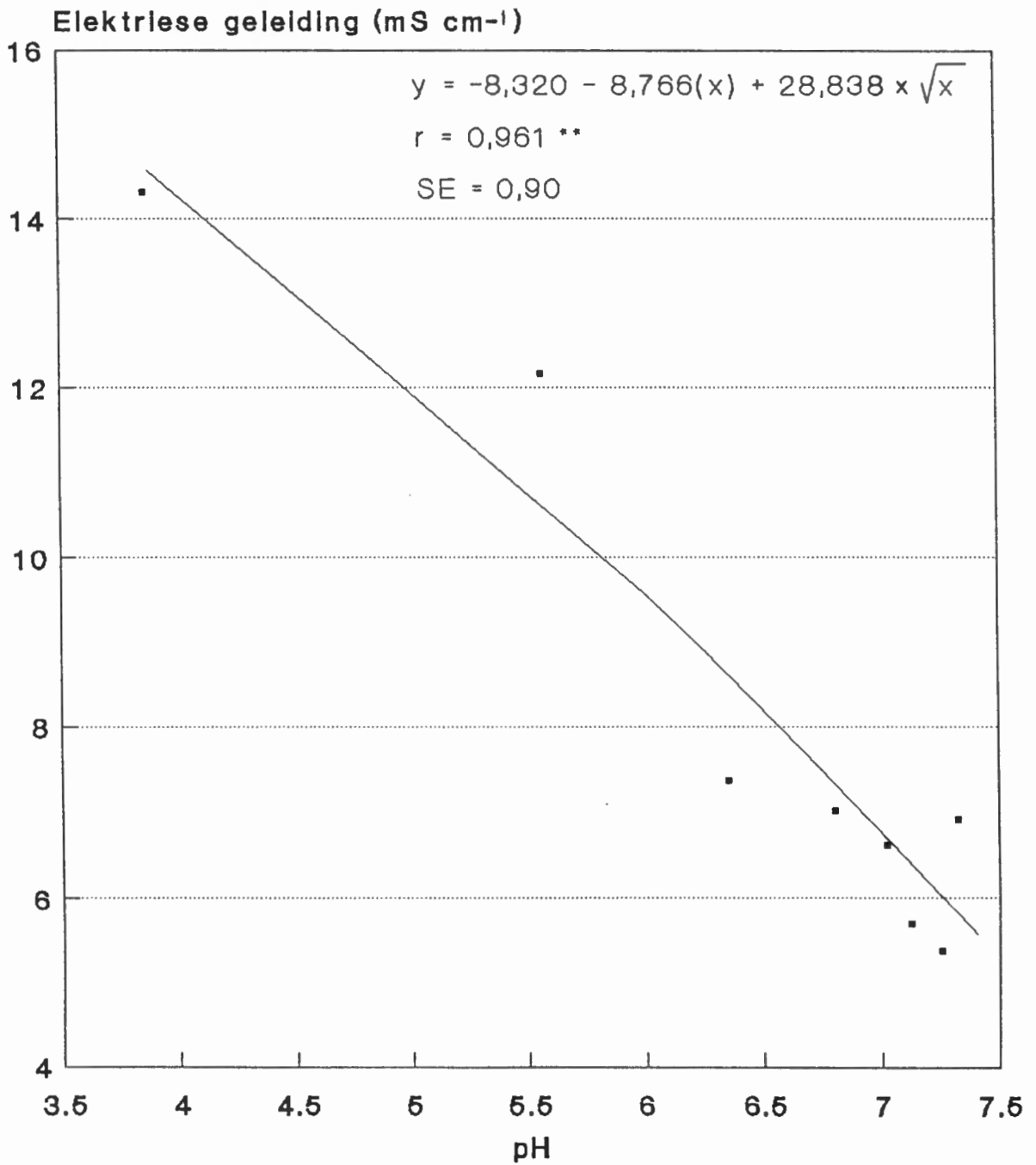
- **** Hoogs betekenisvol
***** Betekenisvol



FIGUUR 3.5 Die invloed tussen pH en elektriese geleiding by verskillende kalkpeile van die Ergo-materiaal

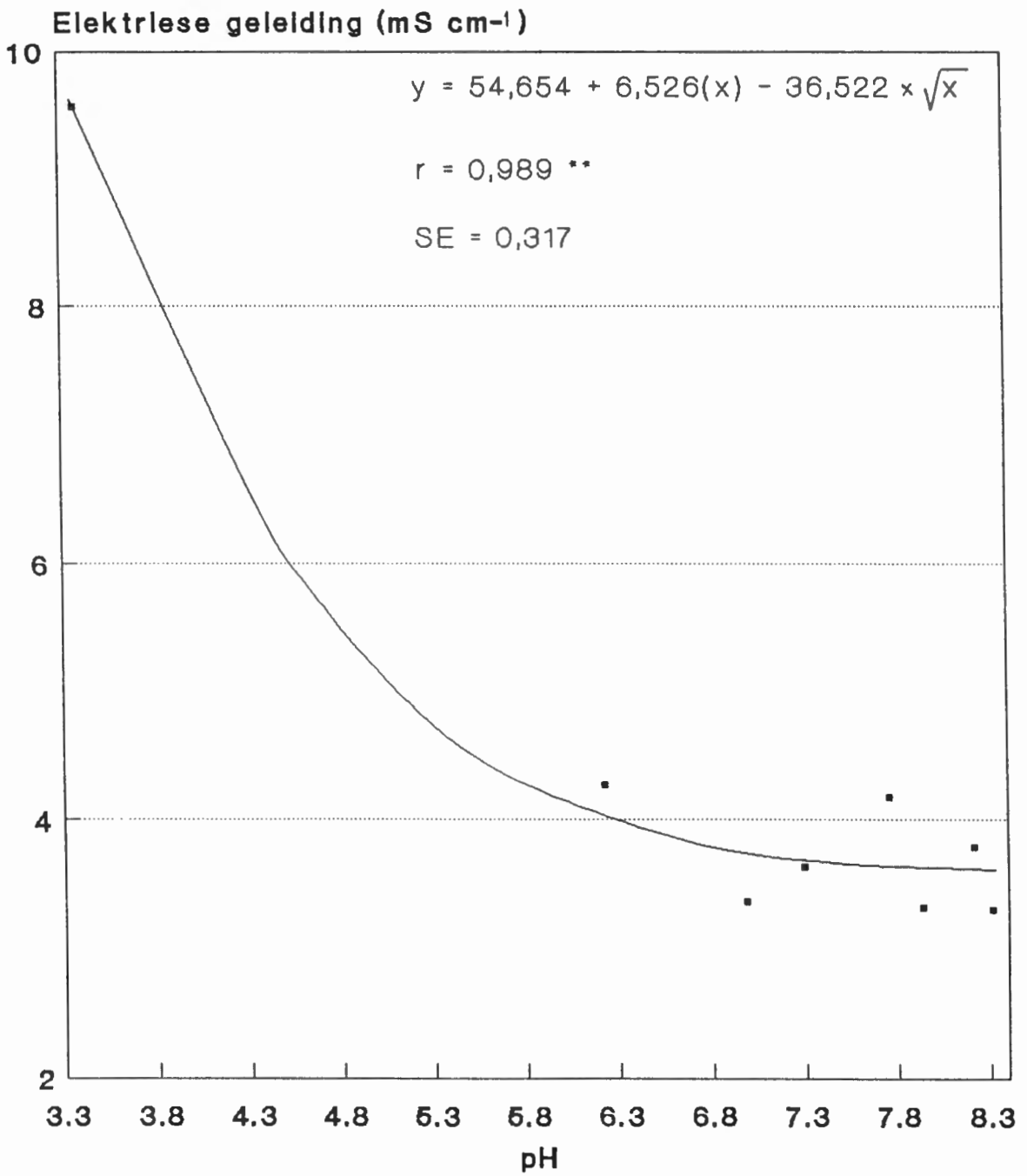
** Hoogs betekenisvol

* Betekenisvol



FIGUUR 3.6 Die verwantskap tussen pH en elektriese geleidings by verskillende kalkpeile van die Western Deep Levels-materiaal

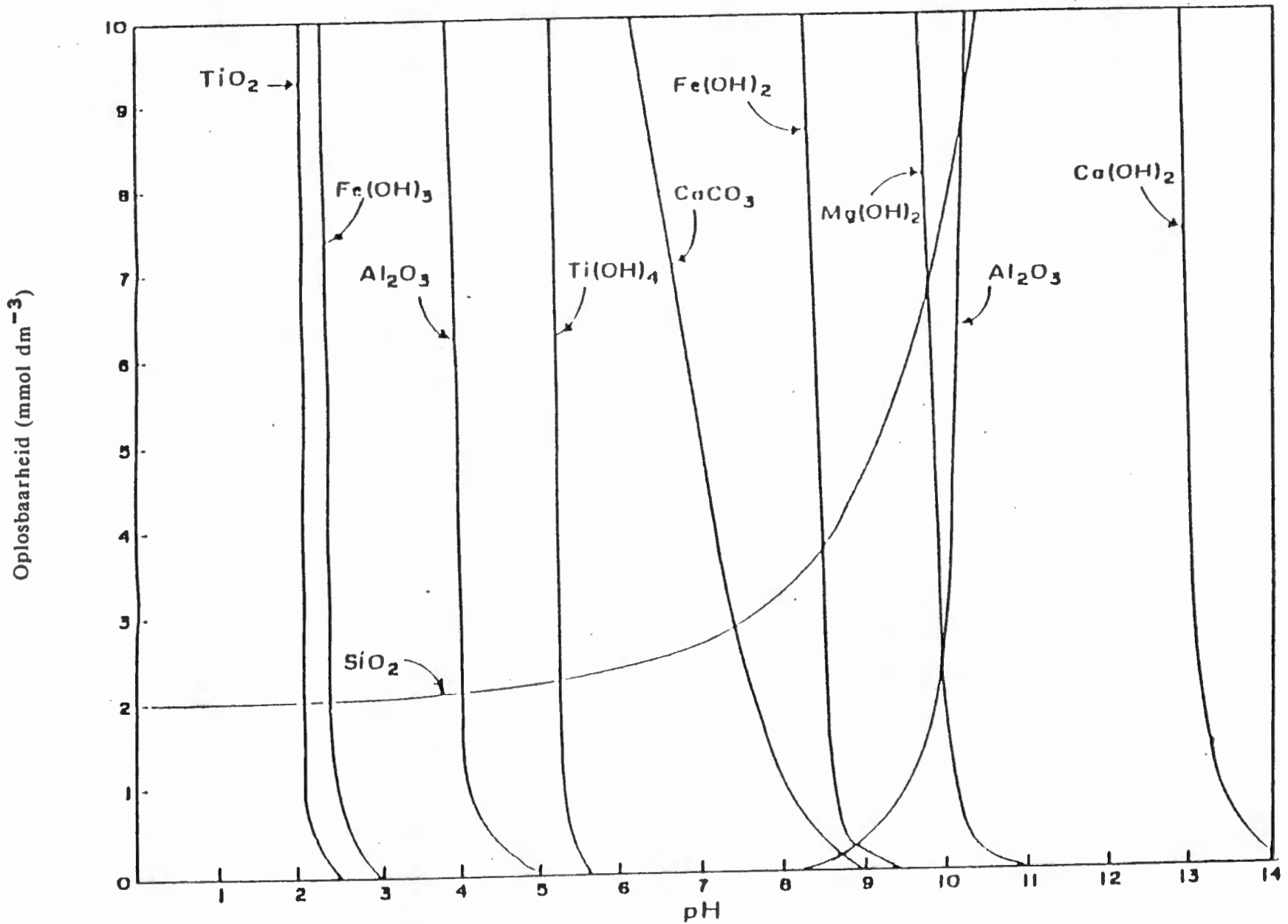
- **** Hoogs betekenisvol
***** Betekenisvol



FIGUUR 3.7 Die verwantskap tussen pH en elektriese geleiding by verskillende kalkpeile van die Stilfontein-materiaal

** Hoogs betekenisvol

* Betekenisvol



FIGUUR 3.8 Die invloed van pH op die oplosbaarheid van sommige komponente wat deur chemiese verwerking vrygestel word (Loughnan, 1973:32)

kalsitiese kalk op die ionsterkte van die oplossing afneem namate die pH verhoog a.g.v die afname in oplosbaarheid van CaCO_3 . Met afname in die ionsterkte van die oplossing verlaag die elektriese geleiding dus progressief soos wat die pH toeneem.

In die geval van die Ergo-materiaal is van dolomitiese kalk gebruik gemaak. Die latere toename in die elektriese geleiding kan moontlik toegeskryf word aan die invloed van die toenemende konsentrasie magnesium op die totale ionsterkte van die oplossing. Volgens Stevens en Carron, soos aangehaal deur Loughnan (1973:30), is die abrasie-pH van MgCO_3 10,11. Volgens Nel (1989:10) geskied die presipitasie van CaCO_3 binne pH-bereike wat in natuurlike gronde voorkom terwyl MgCO_3 by ietwat hoër pH-waardes presipiteer. Die oplosbaarheid van MgCO_3 is dus hoër by relatiewe hoë pH-waardes as dié van CaCO_3 . Dit is dus hieruit duidelik dat MgCO_3 by pH-waardes wat hoër is as 7 nog 'n belangrike bydrae lewer tot die ionsterkte van die oplossing en gevolglik is daar 'n toename in die elektriese geleiding met 'n toename in kalktoediening. In 'n literatuurstudie wat deur Brown (1985:74) gedoen is, is gevind dat die bekalking van afvalmateriale aanleiding kan gee tot hoë sout-konsentrasies, veral wanneer die Mg-inhoud van die kalk hoog is.

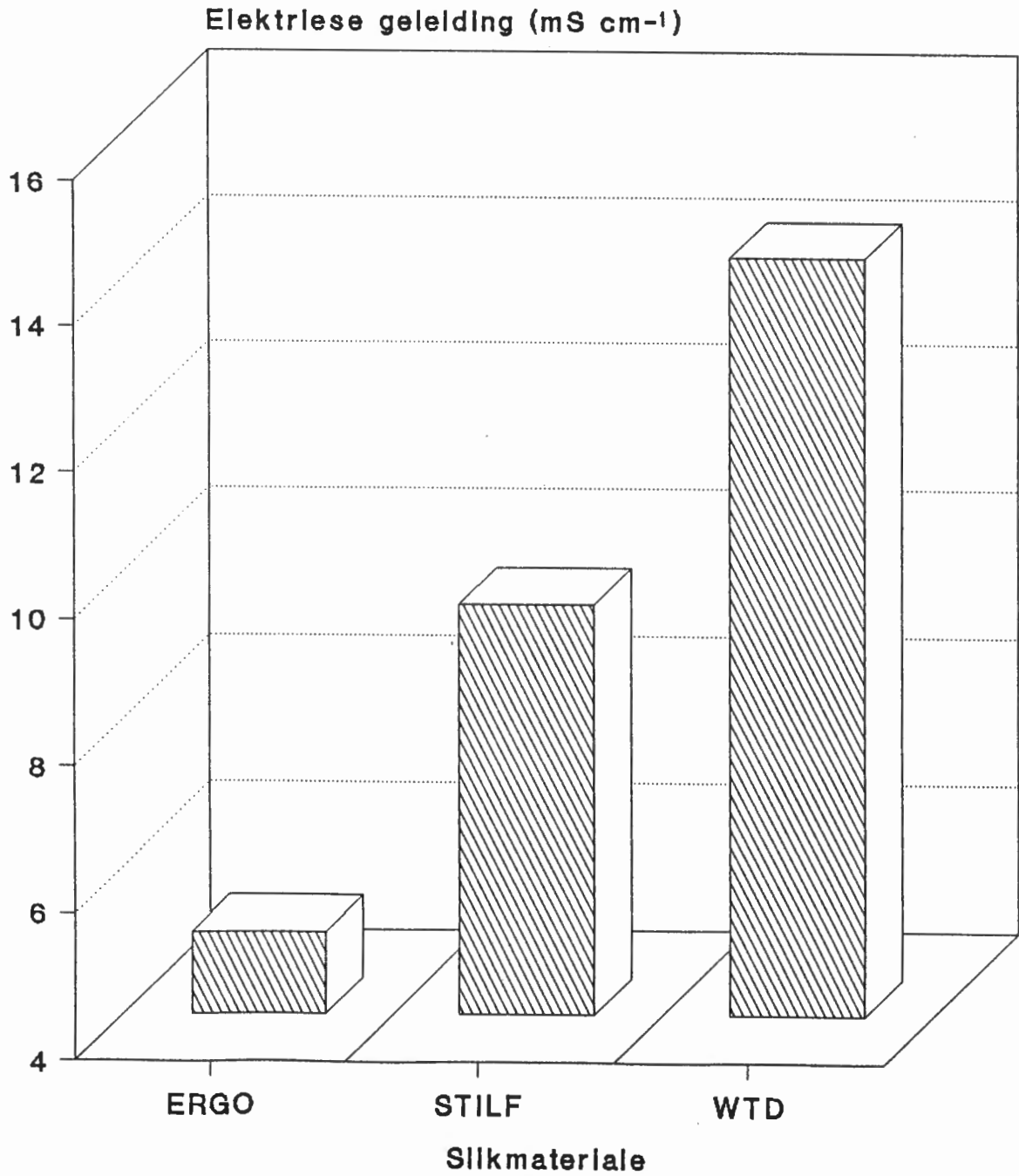
Volgens Brown (1985:92) is die verhoging in elektriese geleiding direk eweredig aan die ionsterkte van die oplossing. Produkte wat 'n bydrae kon maak tot die ionsterkte in die gefinkubeerde monsters is die kalk wat gebruik is in die verskillende materiale. Volgens Brown (1985:92) is 'n verhoging in die elektriese geleiding ook direk eweredig aan die hoeveelheid suur wat geproduseer word tydens die oksidasie van piriëet sowel as die gevolglike invloed daarvan op ander minerale wat as gevolg van die lae pH in oplossing gaan. Na aanleiding van die resultate wat uit eksperimente met slik van Western Deep Levels en Stilfontein verkry is, wil dit voorkom asof die invloed van die suur wat geproduseer word tydens die oksidasie van piriëet, sowel as die neweprodukte, 'n minimale invloed op die ionsterkte van die oplossing en gevolglik die elektriese geleiding het. 'n Moontlike verklaring is dat die oplosbaarheid van die neweprodukte afneem namate die pH toeneem en dus nie 'n bydrae tot die ionsterkte van die oplossing kan lewer nie.

Dit is insiggewend om te let op die verskil in waardes van elektriese geleiding vir die verskillende materiale waar geen kalk toegedien is nie (Figuur 3.9). Hierdie verskynsel word toegeskryf aan die verskil in aktiewe suurheid in die slik wat gevorm het as gevolg van die oksidasie van piriëet. Met 'n groter hoeveelheid suur wat geproduseer word, neem die elektriese geleiding direk eweredig toe as gevolg

van die ionsterkte wat toeneem (Brown, 1985:92). Dit is ook duidelik uit figuur 3.8 dat yster in oplossing gaan by lae pH-waardes en dus ook sou kon bydrae tot die ionsterkte van die oplossing.

3.4 Samevatting

Die resultate van hierdie ondersoek dui daarop dat daar 'n verhoging in pH is van die slik met 'n latere afplatting van die kurwe met verhoogde kalkpeile. Afplatting van die kurwe is die gevolg van verlaagde oplosbaarheid van die kalk met verhoging van die pH. Indien dolomitiese kalk toegedien word, is daar 'n toename in die elektriese geleiding met toename in pH. Die teenoorgestelde vind plaas indien kal-sitiese kalk gebruik word. Die resultate van die eksperiment is ook 'n aanduiding daarvan dat die aanvanklike bufferkapasiteit van die materiaal baie laag is. Geen verlaging in pH van die verskillende gekubeerde monsters het in die tydsbestek van die eksperiment plaasgevind nie. Dit is egter nie bekend wat oor die langtermyn kan plaasvind nie.



FIGUUR 3.9 Die elektriese geleiding van die verskillende materiale wat geen kalk ontvang het nie, nadat dit vir 'n periode van 11 maande gefinkubeer is

HOOFSTUK 4

METODES WAT AANGEWEND IS VIR DIE BEPALING VAN KALKBEHOEFTE

4.1 Inleiding

In die voorafgaande hoofstuk is die verwantskap tussen pH en verskillende kalkpeile aangedui. Dit is belangrik om 'n analise-tegniek te vind met behulp waarvan die kalkbehoefte van slik vinnig en doeltreffend bepaal kan word. Vanweë die unieke eienskappe van die slik is dit so dat die meeste tegnieke wat vir grond ontwikkel is, die kalkbehoefte van slik sal onderskat as gevolg van die oksidasie van piriet. 'n Aantal metodes vir bepaling van kalkbehoefte is geëvalueer deur van dieselfde slik as die wat in die eksperiment soos in Hoofstuk 3 beskryf is, te gebruik. Die resultate van verskillende metodes sowel as korrelasies daarvan met die resultate wat in Hoofstuk 3 weergegee word, word in die hoofstuk bespreek.

4.2 Materiaal en metodes

4.2.1 Materiaal

Die kalkbehoefte is telkens met slik afkomstig van dieselfde myne as dié wat gefinkubeer is (Hoofstuk 3), bepaal.

4.2.2 Metodes

Die volgende tegnieke is toegepas om die kalkbehoefte van die verskillende slik-materiale te bepaal:

- * Die buffermetode volgens Shoemaker *et al.* soos beskryf deur Hesse (1972:43).
- * Uitruilbare suurheid ($\text{KCl}(1 \text{ mol dm}^{-3})$ op massa-basis) volgens "The Non-Affiliated Soil Analysis Working Committee" (1990:6/1).
- * Dubbelbuffer-titrasiemetode (DBTM) volgens Harper, Baker en McCormick (1988:452-456).
- * Titreerbare suurheid. 100 ml gedefloniseerde water word by 10 g droë slik gevoeg waarna die suspensie vir vyf minute gekook word. Dit word vervolgens getitreer met 'n oplossing van $0,1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ NaOH}$.
- * Totale ysterinhoud volgens die U.S. EPA-Metode 3050 (1986). Kalkbehoefte is bereken deur gebruik te maak van die netto reaksievergelyking van die oksidasie van piriet soos wat reeds in Hoofstuk 3 bespreek is.
- * SO_4^{2-} -bepalings volgens die Turbimetriese metode soos beskryf deur Clesceri *et al.* (1989:4-207).

'n Liniêre regressie-analise is gebruik om die resultate van hierdie verskillende metodes met die resultate van die inkubasie-proewe te vergelyk. Die standaardafwykings vanaf die berekende gemiddeldes is ook bepaal.

4.3 Resultate en bespreking

Die hoeveelheid kalk wat benodig word om die pH van die slik tot 6,5 te verhoog, soos bepaal met behulp van die verskillende metodes, word in tabel 4.1 weergegee. Volgens die resultate in tabel 4.2 is dit duidelik dat die DBTM die beste korreleer met die resultate van die inkubasie-proewe.

In beide die gevalle waar die kalkbehoefte met behulp van uitruilbare suurheid en titreerbare suurheid bepaal is, is die hoeveelheid kalk wat benodig word, indien dit vergelyk word met die hoeveelheid wat benodig was volgens die inkubasie-proewe, onderskat. Die waterstof-ione wat verteenwoordig word deur uitruilbare suurheid en titreerbare suurheid is hoofsaaklik produkte van die oksidasie van piriet sowel as van hidrolise van Fe(III). Tydens die bepaling van uitruilbare suurheid word geen potensiële suurheid in ag geneem nie. Tydens die bepaling van die titreerbare suurheid word die suspensie gekook wat gevolglik die oksidasie van piriet versnel as gevolg van die verhoogde temperatuur (Nordstrom, 1982:44). 'n Sekere hoeveelheid potensiële suurheid word dus wel in aggeneem.

Die bepaling van kalkbehoefte deur gebruik te maak van die yster- en sulfaat-inhoud van die slik, het die hoeveelheid kalk wat benodig word in vergelyking met dit wat volgens die inkubasie-proewe benodig word, oorskot. Met behulp van hierdie tegnieke word byna alle potensiële suurheid in aggeneem aangesien dit tydens berekening van kalkbehoefte aanvaar is dat alle yster en sulfate in die pirietvorm voorkom. Dit is egter nie 'n aanduiding van die tempo waarteen die reaksie sal verloop nie. Die potensiële suurheid wat oor die langtermyn genereer word geskied teen 'n tempo wat bepaal word deur die faktore wat in Hoofstuk 2 bespreek is.

Die oorskatting van die hoeveelheid kalk wat benodig word volgens die Shoemaker *et al.*-metode (Tabel 4.1) in vergelyking met die inkubasie-proewe kon nie verklaar word nie.

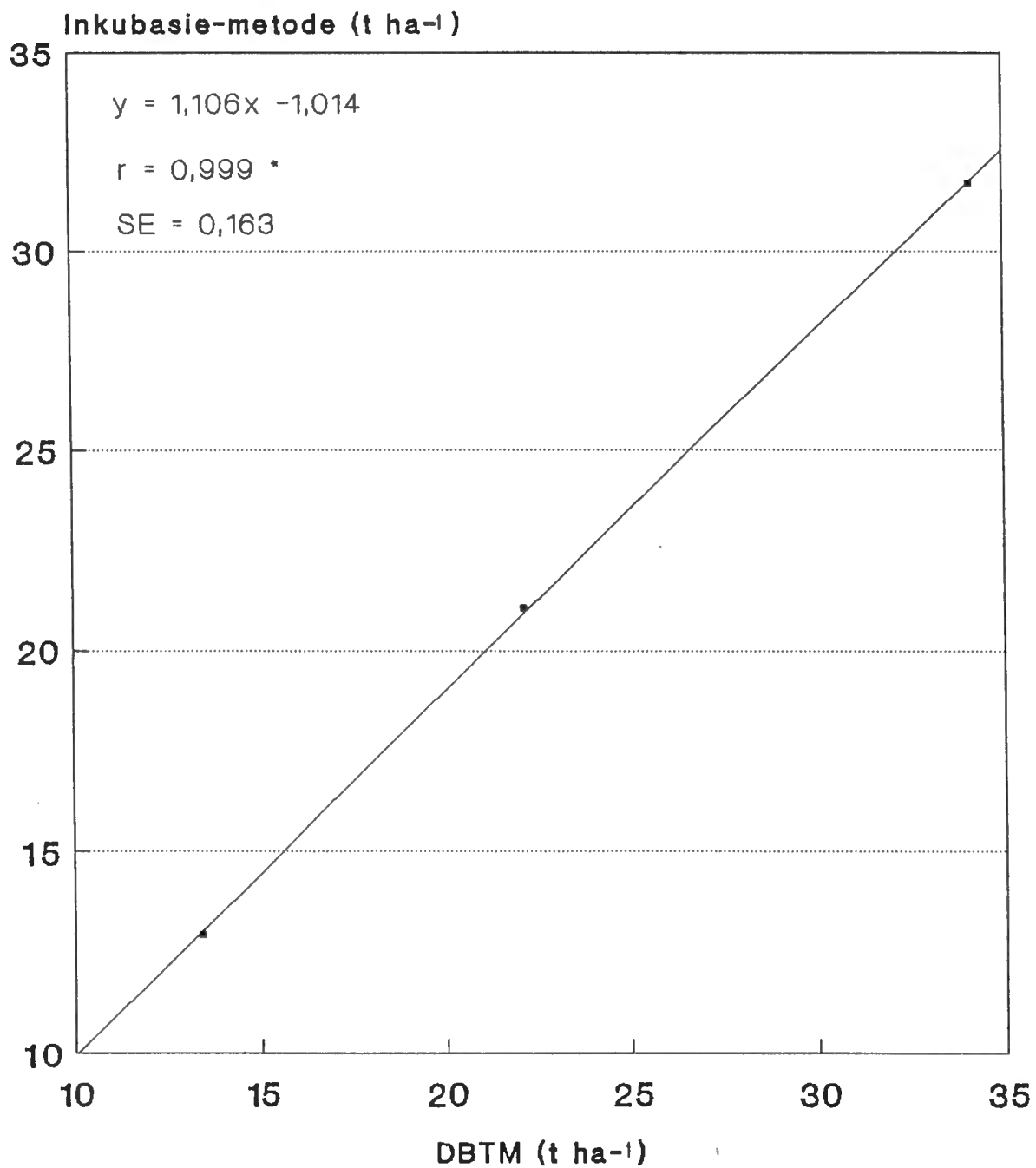
Daar bestaan 'n liniêre verband tussen die resultate van die inkubasie-proewe en die DBTM met $r = 0,999$ (Figuur 4.1). In die geval van die DBTM word daar van twee buffers gebruik gemaak om eerstens die suurproduserende materiale op te los waarna dit kwantitatief geneutraliseer word (Harper, Baker en McCormick, 1988:452). In 'n grondsisteam, waarvoor die metode aanvanklik ontwikkel is, vind daar oplossing van Al-OH polimere, amorfe bedekkings en tussenlaagverbindings

TABEL 4.1 Die hoeveelheid kalk benodig om die pH van slik tot 6,5 te verhoog soos m.b.v Inkubasies-proewe en kalkbehoefte m.b.v. van die verskillende metodes bepaal

Materiaal	Inkubasie t ha ⁻¹ kalk	Shoemaker t ha ⁻¹	DBTM t ha ⁻¹	Ultrullbare Waterstof t ha ⁻¹	Titreerbare Suurheid t ha ⁻¹	Fe-inhoud t ha ⁻¹	SO ₄ ²⁻ -inhoud t ha ⁻¹
Ergo	12,92	23,43	13,37	3,13	9,25	31,60	42,60
Stilf	21,07	46,79	22,13	5,95	13,65	64,30	53,45
Wtd	31,68	66,12	34,1	10,80	22,40	56,30	58,24

TABEL 4.2 Korrelasie koeffisiente (r) met die betekenisvolheid (P) en die standaard afwyking vanaf die berekende gemiddelde (SE) van kalkbehoefte van verskillende eksperimentele metodes gekorreleer met die resultate van geinkubeerde monsters

Metode	r	SE	P
Shoemaker	0,992	3,200	0,05
DBTM	0,999	0,163	0,05
Ultrullbare Waterstof	0,997	0,340	0,05
Titreerbare Suurheid	0,994	0,873	0,05
Fe-inhoud	0,669	14,492	-
SO ₄ ²⁻ -inhoud	0,957	2,701	-



FIGUUR 4.1 Die verwantskap tussen die DBTM en die inkubasie-metode vir die bepaling van kalkbehoefte

plaas vanweë 'n verlaging in pH deur die eerste buffer. Die eerste buffer het 'n pH-waarde van 3,17. Die tweede buffer verhoog die pH na ongeveer 8,2 wat gevolglik die uitruilbare Al^{3+} en ander gehidroliseerde produkte neutraliseer sodat die titrasie van die buffer-grond-mengsel met 'n gestandariseerde basis tot 'n pH van 8,2 dan 'n direkte bepaling van die kalkbehoefte is (Harper, Baker en McCormick, 1988:452).

In die geval van slik sal verlaging in pH veroorsaak dat yster, wat bydra tot die suur toestand, oplos. In 'n literatuurstudie wat gedoen is deur Brown (1985:33-35) is gevind dat wanneer aanvanklike oksidasie van piriet in 'n waterige oplossing plaasvind, 'n oksied- of hidroksiedlaag op die solied/vloeistof skeidingsvlak vorm. Hierdie ysteroksiedlaag het die eienskappe van 'n passiewe laag aangesien dit die metaal van die oplossing skei en dus diffusie van oksidasie-produkte na die oplossing verhoed. Verder verhoed dit ook hidrasie en reaksie van metaal-ione met die oplossing. Die oplosbaarheid van ysteroksied neem toe met afname in pH en gevolglik los die ysteroksiedlaag wat die piriet bedek op, sodat die ysterpiriet direk blootgestel word aan die oplossing. Die vernietiging van die passiewe laag by 'n lae pH lei tot 'n dramatiese verhoging in die oksidasietempo van piriet (Brown, 1985:34).

In die DBTM word die materiaal in die bufferoplossing waarvan die pH 3,17 is, vir sestien ure geskud. Soos reeds in Hoofstuk 2 aangetoon, kan Fe^{3+} by hierdie lae pH optree as oksidant vir die oksidasie van piriet. Oksidasie van piriet word dus gedurende hierdie tydperk bevorder. Sodra die tweede buffer, wat 'n verhoogde pH tot gevolg het, bygevoeg word kan slegs suurstof optree as oksidant aangesien Fe^{3+} nie in oplossing by die verhoogde pH voorkom nie. Minimale oksidasie sal in hierdie tydperk plaasvind aangesien die materiaal deur die vloeistof onderdompel is in die geslote skudbottel.

4.4 Samevatting

Die resultate van die ondersoek dui daarop dat bepaling van kalkbehoefte met behulp van die DBTM die beste korreleer met die hoeveelheid kalk wat in die inkubasie-proewe benodig word om 'n pH van 6,5 te bereik. Dit is duidelik dat 'n

gedeelte van die potensiele suurheid wel bepaal word, maar dit is nie bekend of verdere oksidasie van piriet in die langtermyn sal veroorsaak dat die pH van die slik weer sal daal nie.

HOOFSTUK 5

DIE INVLOED VAN KALK OP PLANTVITALITEIT

5.1 Inleiding

Die rede waarom na 'n geskikte metode vir bepaling van kalkbehoefte gesoek word, is om uiteindelik instaat te wees om plante suksesvol op slikdamme te vestig. In die lig hiervan is dit dus uiters noodsaaklik om die reaksie van plante wat in die slik groei nadat bepaalde hoeveelhede kalk (soos met behulp van die verskillende metodes bepaal) toegedien is, te evalueer.

5.2 Metodes

Die metodes wat in hierdie gedeelte van die studie toegepas is om die prestasie van gras in slik wat verskillende kalkpeile ontvang het te bepaal is die volgende:

- * **Materiaal** - 2,5 kg van die slik is in potte geplaas. Natuurlike toestande is nageboots deur die potte aan die onderkant te isoleer om enige logging van sure of soute te voorkom.
- * **Proefuitleg** - Die proef is uitgelê volgens 'n ewekansige blokontwerp. Agt verskillende kalkpeile (Tabel 3.1) wat driekeer herhaal is, is aan slik afkomstig van Ergo, Stilfontein en Western Deep Levels onderskeidelik toegedien. Die potte is weekliks geherrangskik.
- * **Grasspesie** - Die variteit PUK 4L36** van Eragrostis curvula (Schrad.) Nees is as indikatorspesie gebruik. Tien sade per pot is in die slik afkomstig van die drie verskillende myne gesaai.

**** Gedurende 1991 as variteit geregistreer.**

- * **Bemesting - Bemesting van die grasse in die slik is gedoen volgens aanbevelings van Cook (1985:74): 600 kg ha⁻¹ (1g pot⁻¹) Superfosfaat is in die materiaal ingewerk voordat die gras gesaai is. Vier dae nadat die saad gesaai is, is 300 kg ha⁻¹ (0,5 g pot⁻¹) 2:3:2(22) as bobemesting toegedien. Laasgenoemde toediening is herhaal nadat die plante die derde-blaar-stadium bereik het.**
- * **Klimaatstoestande - Die proef is in 'n glashuis onder gekontroleerde temperatuur toestande met 'n maksimum van 25⁰C en 'n minimum van 10⁰C uitgevoer. Die gras is periodiek met gelyke hoeveelhede gedefoniseerde water benat.**
- * **Bepalings - Die aantal plante is weekliks getel, en die blaarbiomassa is aan die einde van die eksperiment nadat die plantmateriaal in 'n oond gedroog is, bepaal. Die proef het oor 11 maande gestrek. Dit het ook in die tydperk saad gevorm.**
- * **Verwerking van data - Variansie- en regressie-analises is op die data uitgevoer. Standaard afwykings vanaf die berekende gemiddeldes (SE) is ook bereken.**

5.3 Resultate en bespreking

Uit die resultate (Tabel 5.1) is dit duidelik dat geen betekenisvolle verskille voorkom in die plantopkoms tussen die monsters van die Ergo-materiaal wat met 8 tot 42 t ha⁻¹ kalk onderskeidelik behandel is nie. Daar is wel 'n betekenisvolle verskil tussen die plantopkoms in die slik wat geen kalk ontvang het en dié wat met 12 tot 42 t ha⁻¹ kalk behandel is.

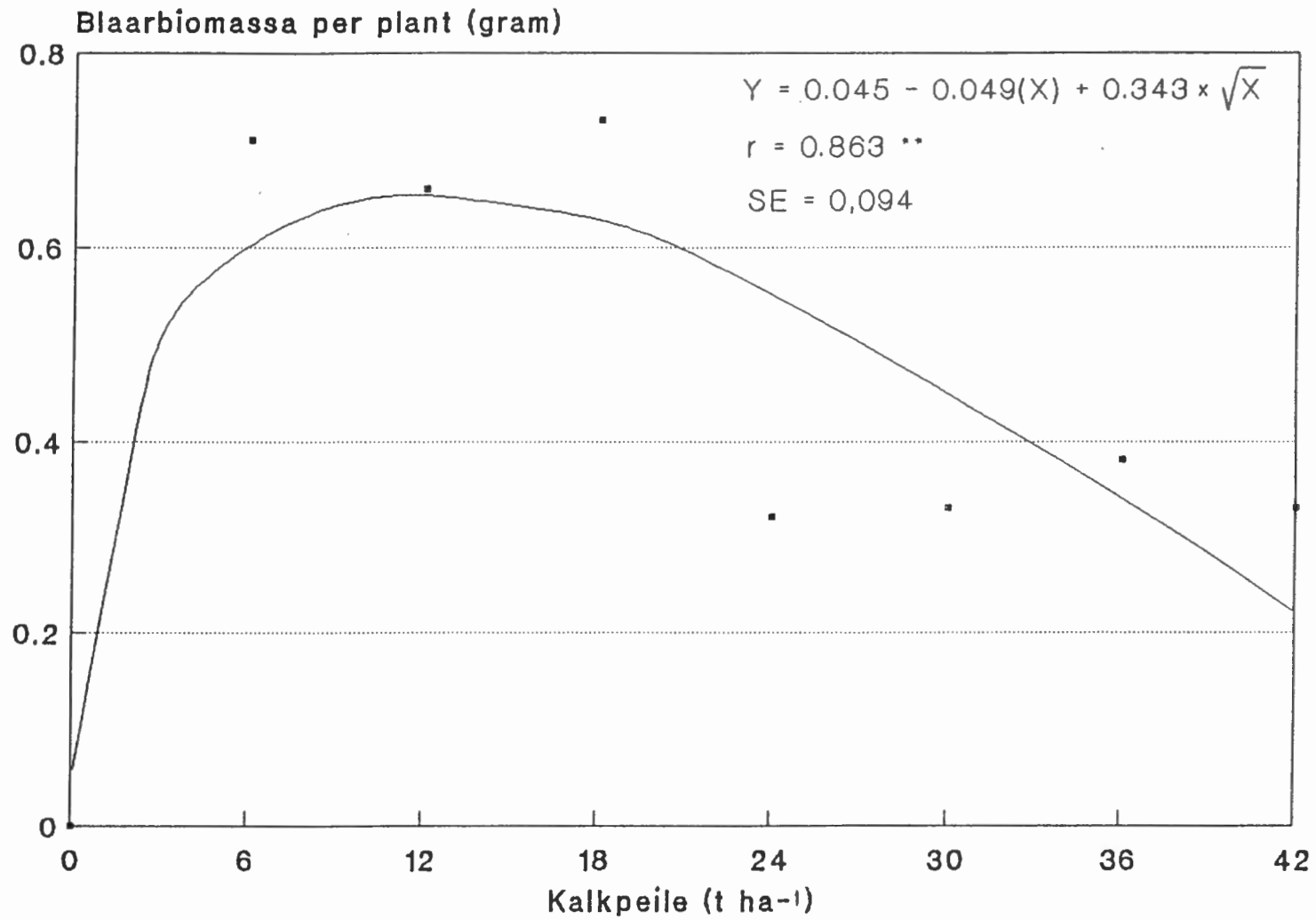
Geen plante het opgekom waar geen kalk toegedien is nie. Hierdie verskynsel kan toegeskryf word aan die lae pH (Figure 3.1, 3.2 en 3.3) van die slik wat aanleiding gee tot 'n aantal sekondêre faktore wat die groei van plante belemmer soos reeds in Hoofstuk 1 bespreek is.

TABEL 5.1 Die gemiddelde plantopkoms per pot vir verskillende kalkpelle in Ergo-, Stilfontein- en Western Deep Levels-materiale

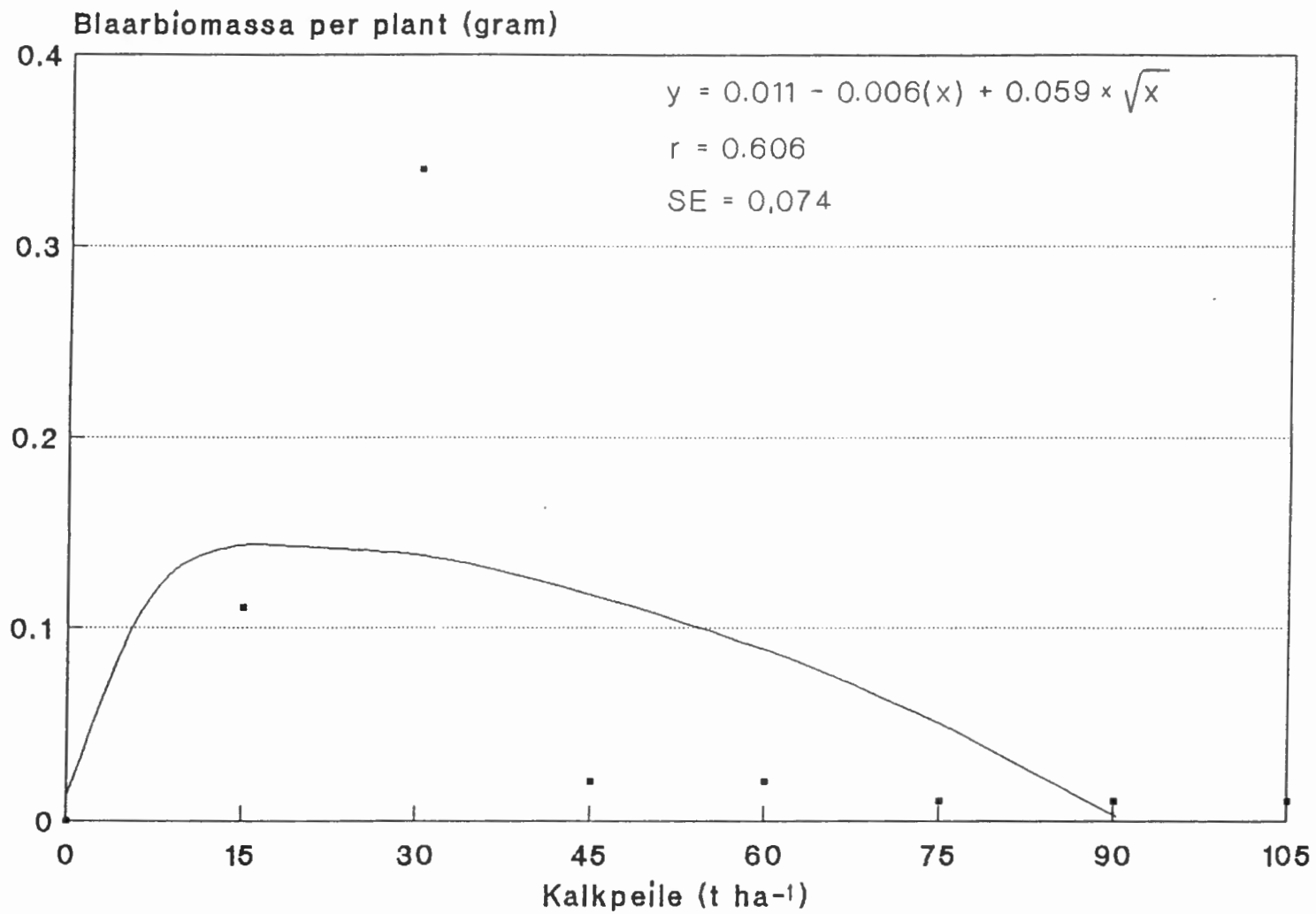
Ergo		Stilf		Wtd	
Kalkpell (t ha ⁻¹)	Aantal plante per pot	Kalkpell (t ha ⁻¹)	Aantal plante per pot	Kalkpell (t ha ⁻¹)	Aantal plante per pot
0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	3,33	15	7,33	13	5,67
12	5,00	30	6,33	26	5,33
18	4,00	45	6,33	39	7,00
24	4,67	60	4,67	52	6,33
30	5,67	75	4,00	65	7,33
36	5,33	90	2,67	78	7,33
42	5,67	105	3,00	91	2,67
KV = 46,26 % KBV(1 %) = 4,73 KBV(5 %) = 3,41		KV = 38,99 % KBV(1%) = 4,07 KBV(5%) = 2,93		KV = 30,96 % KBV(1 %) = 3,92 KBV(5 %) = 2,82	

TABEL 5.2 Die blaarblomassa per plant in Ergo- , Stillfontein- en Western Deep Levels-materiale (Eragrostis curvula)

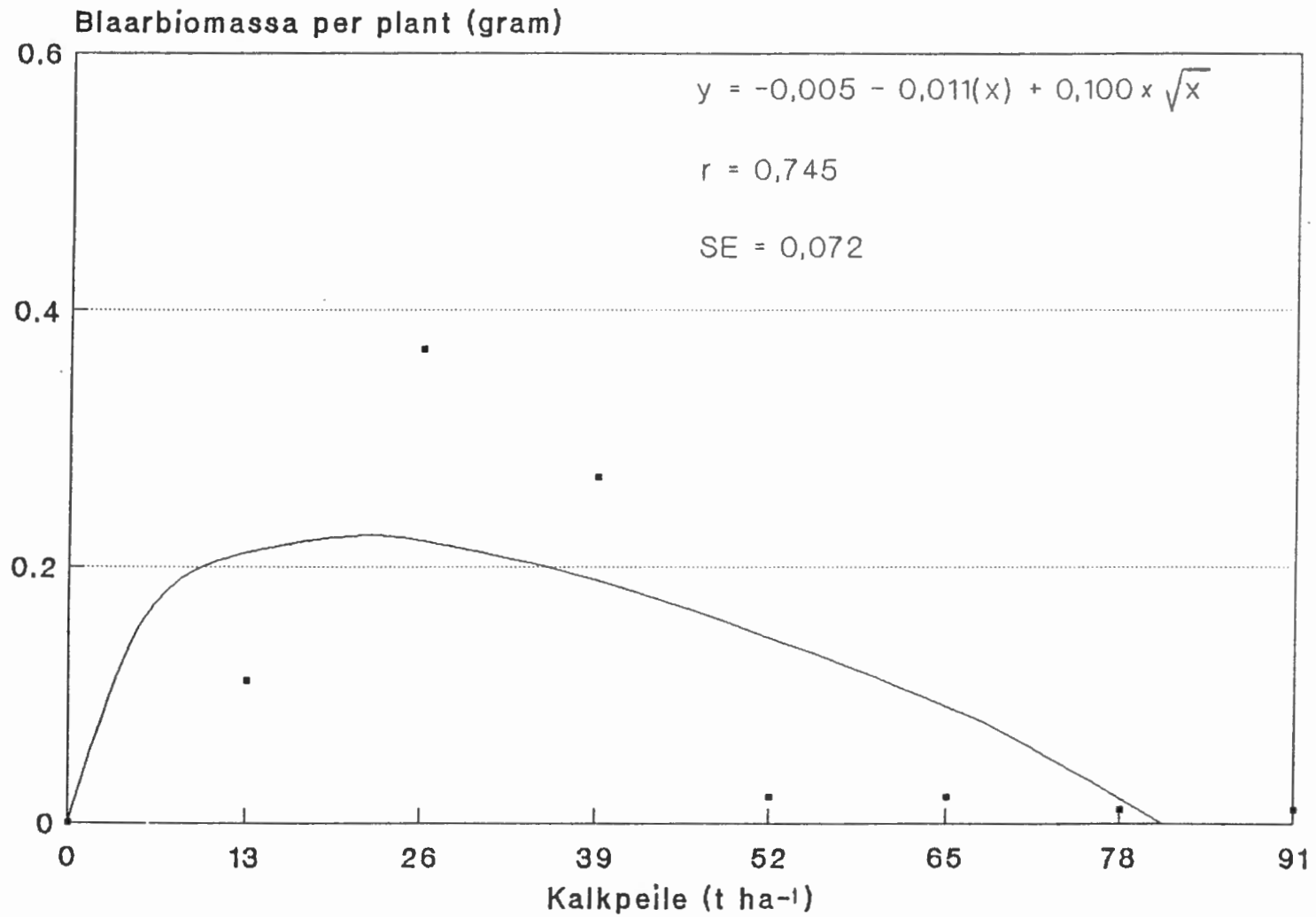
Ergo Kalkpell (t ha ⁻¹)	Blomassa (gram)	Stillf Kalkpell (t ha ⁻¹)	Blomassa (gram)	Wtd Kalkpell (t ha ⁻¹)	Blomassa (gram)
0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	0,71	15	0,11	13	0,11
12	0,66	30	0,34	26	0,37
18	0,73	45	0,02	39	0,27
24	0,32	60	0,02	52	0,02
30	0,33	75	0,01	65	0,02
36	0,38	90	0,01	78	0,01
42	0,33	100	0,01	91	0,01
KV = 23,19 % KBV(1 %) = 0,24 KBV(5 %) = 0,18		KV = 29,16 % KBV(1 %) = 0,04 KBV(5 %) = 0,031		KV = 11,30 % KBV(1 %) = 0,028 KBV(5 %) = 0,020	



FIGUUR 5.1 Blaarbiomassa per plant by verskillende kalkpeile van die Ergo-
 materiaal



FIGUUR 5.2 Blaarbiomassa per plant by verskillende kalkpeile van die Stilfonteinmateriaal



FIGUUR 5.3 Blaarbiomassa per plant by verskillende vlakke kalkpeile van die Western Deep Levels-materiaal

In die geval van Stilfontein-materiaal bestaan daar hoogs betekenisvolle verskille tussen die 0 t ha⁻¹ kalkpeil en die 15, 30, 45 en 60 t ha⁻¹ kalkpeile. Tussen die 15, 30 en 45 t ha⁻¹ kalkpeile is daar geen betekenisvolle verskille in plantopkoms nie. Met kalkpeile van 60 t ha⁻¹ en hoër is daar 'n afname in die aantal plante wat opgekom het.

In die geval van Western Deep Levels-materiaal bestaan daar ook 'n betekenisvolle verskil tussen die potte wat geen kalk ontvang het nie en die 13, 28, 39, 52, 65 en 78 t ha⁻¹ kalkpeile. Geen betekenisvolle verskille in plantopkoms bestaan tussen laasgenoemde kalkpeile nie. Die plantopkoms in die slik wat 'n kalkpeil van 91 t ha⁻¹ ontvang het, is betekenisvol laer as die 13 tot 78 t ha⁻¹ kalkpeile.

Die swak opkoms wat in slik van Stilfontein- en Western Deep Levels-materiale voorgekom het kan aan die vorming van korste, wat visueel aan die oppervlak van die slik waargeneem is, toegeskryf word. Die korste het slegs op die slik met hoë kalkpeile gevorm. Soos reeds in hoofstuk 2 vermeld is, verhoog die oksidasietempo van piriet met verhoogde pH. Dit het tot gevolg dat meer sulfaatverbindings tydens die oksidasie van piriet vorm en dan as 'n sout op die oppervlak van die slik presipiteer. Hierdie soute is egter nie kwantitatief bepaal nie maar slegs visueel waargeneem.

Die blaarbiomassa is in al die gevalle waar geen kalk toegedien is nie nul aangesien geen plante opgekom het nie (Tabel 5.2). Die blaarbiomassa per plant is die hoogste in die gevalle waar 6, 12 en 18 t ha⁻¹ kalk toegedien is in die Ergo-materiaal met geen betekenisvolle verskille tussen laasgenoemde peile nie (Figuur 5.1). Daar bestaan egter geen verdere betekenisvolle verlaging in blaarbiomassa per plant vanaf die 24 t ha⁻¹ tot 42 t ha⁻¹ kalkpeile in hierdie slik nie.

Die hoogste biomassa per plant het in die geval van Stilfontein-materiaal by die 15 en 30 t ha⁻¹ kalkpeile voorgekom en in die geval van Western Deep Levels-materiaal by die 13, 26 en 39 t ha⁻¹ kalkpeile (Figure 5.2 en 5.3 onderskeidelik). 'n Betekenisvolle afname in die blaarbiomassa per plant het in die Stilfontein- en Western Deep Levels-materiale met hoë kalkpeile voorgekom. Geen betekenisvolle verskille kom in die laaste vyf kalkpeile van die Stilfontein- en die laaste vier van die Western Deep Levels-materiaal voor nie. Die verlaging in die biomassa kom ooreen met 'n verhoging in pH van die slik (Figure 3.2 en 3.3).

5.4 Samevatting

Uit die resultate kan afgelei word dat optimale groei van gras in slik by 'n spesifieke kalkpeil voorkom. Die kalkpeil sal van die kalkbehoefte van die slik afhang. Dit is verder duidelik dat geen gras groei waar geen kalk toegedien is nie en dat daar 'n afname in die plantvitaliteit is waar relatief groot hoeveelhede kalk toegedien word.

HOOFSTUK 6

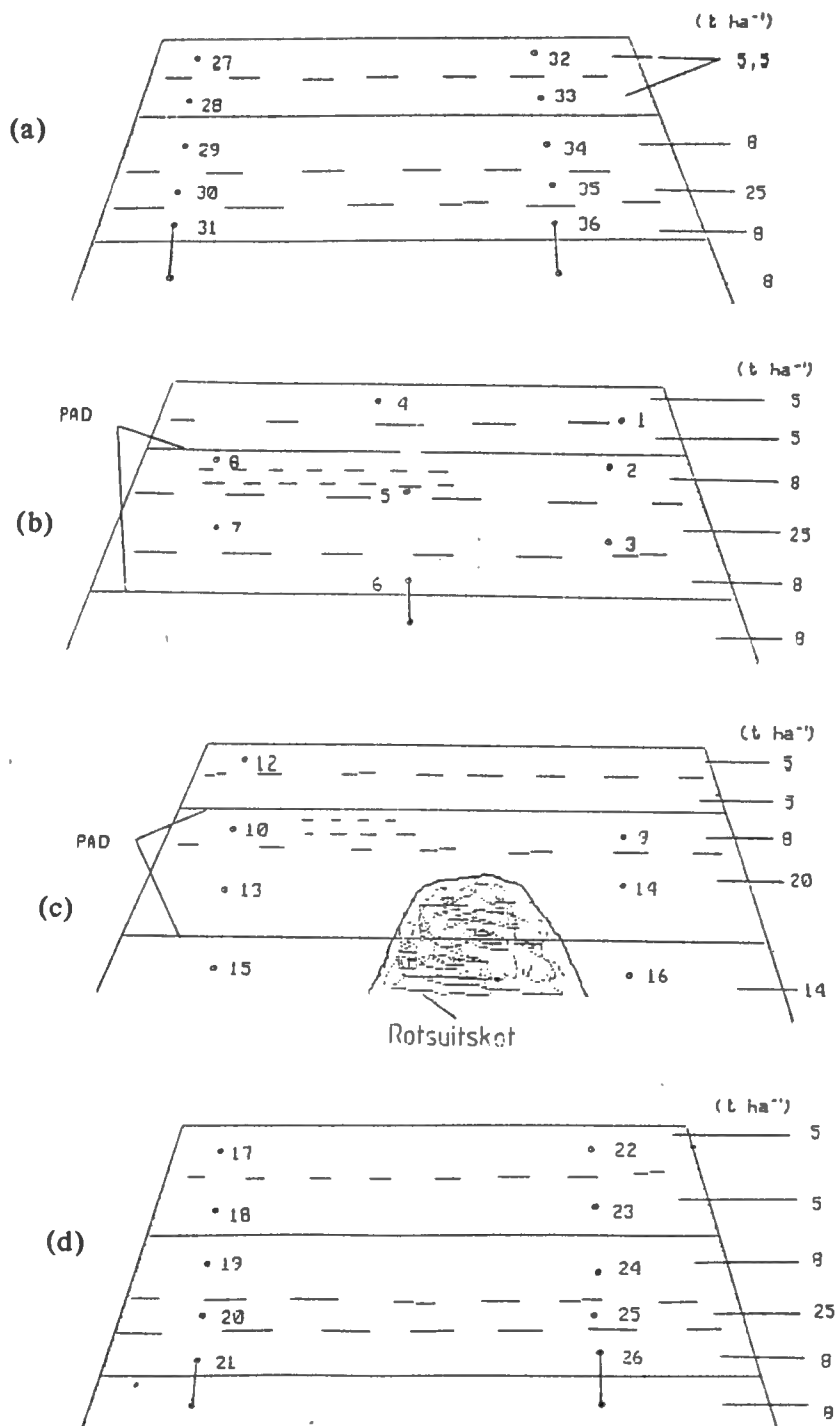
MONSTERNEMING VIR DIE BEPALING VAN KALKBEHOEFTE OP SLIKDAMME

6.1 Inleiding

Die akkuraatheid van 'n kalkbehoeftebepaling vir 'n spesifieke slikdam word deur die wyse waarop monsters op die dam geneem is, beïnvloed. Dit is natuurlik belangrik dat die monsters verteenwoordigend is van die totale chemiese variasie van die slikdam. Vanweë die unieke eienskappe van slikdamme is dit nie moontlik om monsterneming soos op landbougrond te benader nie. In hierdie hoofstuk word die heterogeniteit van slikdamme sowel as die tegnieke om monsters te neem, bespreek.

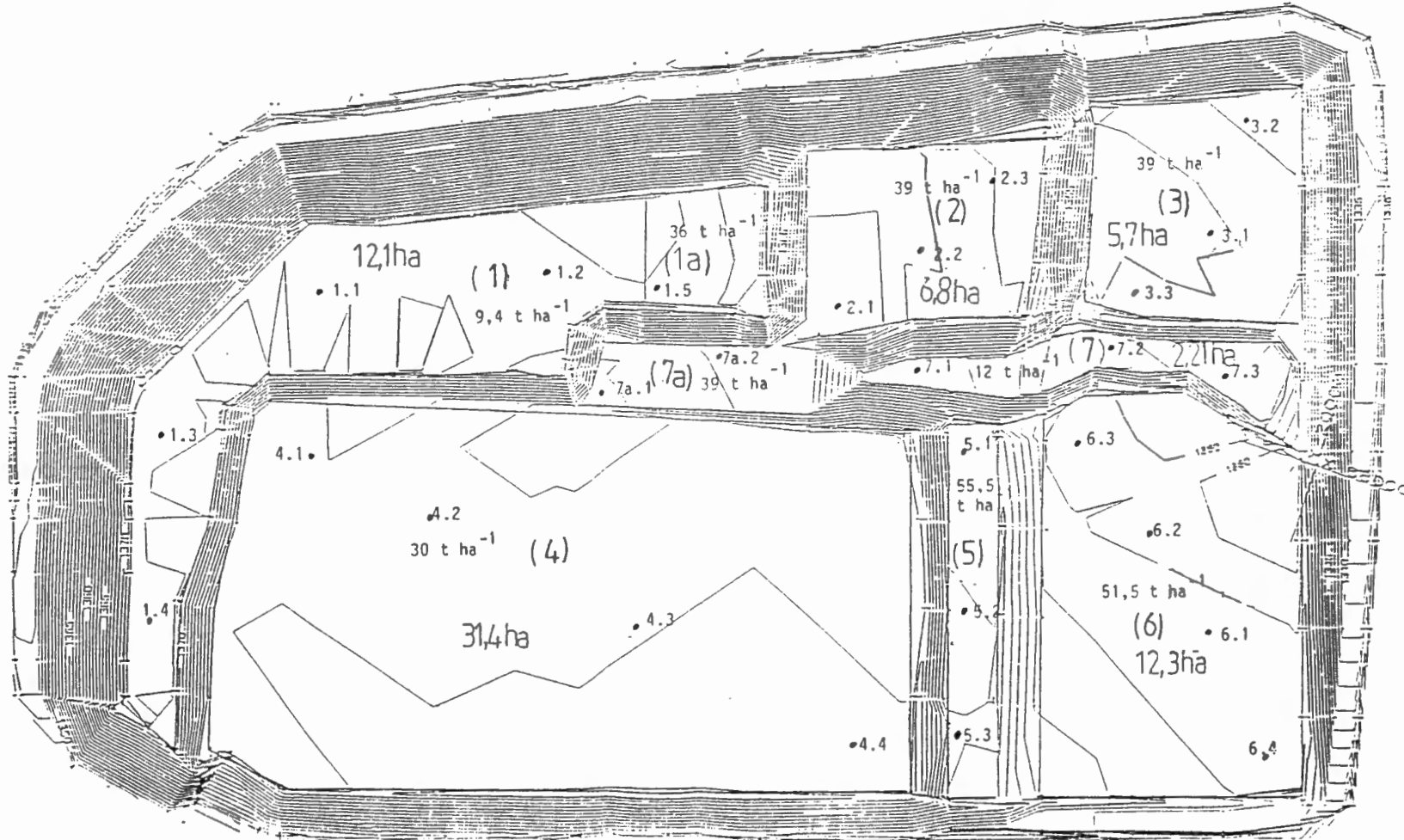
6.2 Materiaal en metodes

'n Slikdam van Vaal Reefs en Stilfontein is onderskeidelik gemonster om verskillende opsigte van pH en kalkbehoefte tussen die verskillende horisontale lae van die sykante en vlakke van die slikdamme vas te stel. Die DBTM is op verteenwoordigende monsters van die verskillende lae van die sykante en vlakke van die onderskeie slikdamme uitgevoer. Monsters vir die bepaling van pH is in verskillende horisontale lae, wat op grond van kleur of die teenwoordigheid van toegangspaaie onderskei kan word, teen die sykante van die slikdam van Vaal Reefs geneem. Die verskillende vlakke op die slikdam van Stilfontein is onderskei op grond van die verskil in hoogte tussen die verskillende vlakke bo-op die slikdam. Die posisies waarin die monsters op die onderskeie damme geneem is, word in figure 6.1 en 6.2 aangetoon.



FIGUUR 6.1 Posisies van monsters wat geneem is op die verskillende sykante van die slikdam by Vaal Reefs sowel as kalkbehoefte ($t\ ha^{-1}$) vir die verskillende horisontale lae

- a) Westelike-sykant
- b) Oostelike-sykant
- c) Suidelike-sykant
- d) Noordelike-sykant



FIGUUR 6.2 Posisies van monsters wat geneem is op die verskillende vlakke van die slikdam by Stilfontein sowel as die kalkbehoefstes ($t\ ha^{-1}$) vir die verskillende vlakke

6.3 Resultate en bespreking

Die pH van die monsters wat van verskillende horisontale lae teen die sykante van die slikdam by Vaal Reefs en op verskillende vlakke bo-op die slikdam by Stilfontein geneem is, word in tabel 6.1 en 6.2 aangetoon. Dit is duidelik uit die resultate dat verskille tussen die verskillende horisontale lae voorkom. Opvallende verskille in pH kom selfs in dieselfde laag voor. Hierdie verskille kan aan verskeie faktore toegeskryf word, soos:

- * Die gebruik van verskillende ekstraksieprosesse oor 'n aantal jare tydens die herwinning van goud.
- * Die gebruik van ander ekstraksieprosesse tydens die herwinning van ander metale soos uranium.
- * Die verskil in tyd wat die slik aan die atmosfeer blootgestel is.
- * Die metode van slikstorting.

Thatcher (1979:259 - 264) het aangetoon dat betekenisvolle verskille in pH en titreerbare-suurheid slegs tussen die dieptes van 0,01 tot 0,1 m en 0,11 tot 0,33 m van slikdamme voorkom. Geen betekenisvolle verskille in die konsentrasie van piriet is, in die twee verskillende dieptesones waargeneem nie.

6.4 Samevatting

Die resultate van die ondersoek dui daarop dat daar verskille in pH sowel as kalkbehoefte tussen die verskillende horisontale lae van die sykante sowel as die verskillende vlakke van die slikdamme bestaan. Dit is verder duidelik dat die neem van monsters in slegs twee dieptesones voldoende is.

TABEL 6.1 Die pH van monsters in verskillende posisies van die silkdam by Vaal Reefs

Monster no	pH(H ₂ O)	Monster no	pH(H ₂ O)	Monster no	pH(H ₂ O)
1	6,31	14	3,96	27	6,06
2	6,20	15	4,01	28	6,48
3	3,81	16	4,10	29	6,43
4	6,35	17	4,86	30	4,11
5	4,68	18	6,58	31	4,06
6	4,09	19	4,00	32	6,35
7	4,01	20	3,76	33	6,35
8	4,85	21	4,09	34	4,37
9	4,58	22	6,44	35	3,74
10	6,75	23	6,77	36	3,88
11	4,33	24	4,43		
12	3,96	25	4,10		
13	6,15	26	3,38		

HOOFSTUK 7

SINTESE EN OPSOMMING

7.1 Inleiding

Uit die eksperimentele resultate wat in hierdie ondersoek verkry is, is die invloed van verskillende peile van kalktoediening op pH, elektriese geleiding en plantvitaliteit in die vorige hoofstukke aangetoon. In Hoofstuk 4 is die resultate van verskillende metodes vir die bepaling van kalkbehoefte vergelyk met die kalkpeile van die gefnkubeerde-proewe om 'n pH van 6,5 te bereik. In hierdie hoofstuk word gepoog om al die aspekte met mekaar te vergelyk en om die praktiese implikasies van die resultate te bespreek.

Die eksperimentele prosedures wat in hierdie ondersoek gevolg is om vas te stel wat-ter metode vir bepaling van kalkbehoefte van slikdamme gebruik kan word, was om gelyktydig die invloed van verskillende kalkpeile op die pH, elektriese geleiding sowel as die plantvitaliteit in die slik te bepaal. 'n Aantal metodes vir die bepaling van kalkbehoefte is terselfdertyd geëvalueer vir slik afkomstig van verskillende myne.

7.2 Bespreking van die bevindinge en praktiese implikasies

Die kalkbehoefte van die Ergo-materiaal om 'n pH van 6,5 te bereik soos bepaal met behulp van die DBTM is $13,37 \text{ t ha}^{-1}$ en soos geverifieer met behulp van die inkubasie-proewe is $12,92 \text{ t ha}^{-1}$ (Tabel 4.1). Die blaarbiomassa van die plante by die kalkpeil het binne die grense van maksimum blaarbiomassa voorgekom. (Tabel 5.2 en figuur 5.1).

Die kalkbehoefte van Stilfontein-materiaal volgens die DBTM is $22,13 \text{ t ha}^{-1}$ en soos bepaal met behulp van inkubasie-proewe is dit $21,07 \text{ t ha}^{-1}$ (Tabel 4.1). Die blaarbiomassa van die plante in die slik was die hoogste tussen die 15 t ha^{-1} en 30 t ha^{-1} peile van kalktoediening (Tabel 5.2 en figuur 5.2).

Die kalkbehoefte van die Western Deep Levels-materiaal soos bepaal met behulp van die DBTM is $34,1 \text{ t ha}^{-1}$ en volgens die inkubasie-proewe is die kalkbehoefte $31,68 \text{ t ha}^{-1}$ (Tabel 4.1). Die blaarbiomassa van die plante in die slik was die hoogste by die 26 t ha^{-1} en 39 t ha^{-1} kalkpeile (Tabel 5.2 en figuur 5.3).

Alhoewel die biomassas van die plantmateriaal wat in die Stilfontein- en Western Deep Levels-materiale hoog was by die 15 en 26 t ha^{-1} kalkpeile onderskeidelik, is dit nie wenslik om die lae kalkpeile toe te dien nie aangesien dit nie die potensieële suurheid wat oor die lang termyn genereer word in ag neem nie.

In al drie gevalle met slik afkomstig van verskillende myne het die kalkbehoefte volgens die DBTM goed gekorreleer met die kalkbehoefte wat uit die inkubasie-proewe afgelei is (Hoofstuk 4). Wat egter hier belangrik is, is die feit dat die resultate van beide tegnieke ook goed korreleer met die hoogste blaarbiomassas in die slik van die verskillende myne by die betrokke kalkpeile.

Dit is dus duidelik uit die resultate dat die DBTM voor vestiging van plante voordelig aangewend kan word om die hoeveelheid kalk wat toegedien moet word om aktiewe en 'n onbekende hoeveelheid potensieële suurheid te neutraliseer, kwantitatief vas te stel. Dit is egter nog nie bekend hoeveel van die potensieële suurheid deur die metode in berekening gebring word nie. 'n Vraag wat onmiddelik gestel kan word is of dit nodig is om deur middel van bekalking vir alle suurheid wat nog moontlik deur die oksidasie van piriët gevorm kan word, voorsiening te maak. Sal die piriëtdeeltjies uiteindelik totaal oksideer of sal 'n ewewigstoestand bereik word sodra plantegroei gevestig is? Backes, Pulford en Duncan (1986:1 - 10) het bevind dat onder laboratorium toestande die byvoeging van organiese materiaal die oksidasie van piriët inhibeer. Dit word beweer dat die organiese materiaal op een of ander manier die oksidasie van Fe(II) na Fe(III) of die oksidasie van piriët deur ferri-ione verhoed en dat die kompleksering van yster hoofsaaklik hierdie verskynsel veroorsaak. Indien hierdie verskynsel ook in die veld-situasie doeltreffend plaasvind, sal plantegroei 'n permanente bron van organiese materiaal wees wat die oksidasie van piriët sal inhibeer.

'n Ander belangrike bydrae van die ondersoek is die feit dat die elektriese geleiding van die slik toeneem met verhoogde peile van dolomitiese kalk. Hierdie verskynsel word hoofsaaklik daaraan toegeskryf dat die oplosbaarheid van magnesium hoër is as dié van kalsium by relatiewe hoë pH-waardes, soos reeds in Hoofstuk 3 bespreek is. Die praktiese implikasie van die bevinding is dat daar gewaak moet word teen die toediening van groot hoeveelhede kalk indien die kalk 'n hoë magnesium-inhoud besit, aangesien dit die soutkonsentrasie sodanig kan verhoog dat groei van plante benadeel word. Indien groot hoeveelhede kalk benodig sou word, sal 'n moontlike oplossing wees om van twee soorte kalk met verskillende oplosbaarheidseienskappe en soortlike oppervlaktes gebruik te maak. 'n Amorfe kalktipe met 'n groot soortlike oppervlakte waarvan die oplosbaarheid hoog is kan gebruik word om die aktiewe suurheid te neutraliseer, terwyl die kalktipe met 'n kleiner soortlike oppervlakte wat oor 'n langer tydperk reaktief sal word, gebruik kan word om die potensiele suurheid te neutraliseer.

Dit is ook gevind dat die suurheid van die verskillende horisontale lae teen die sykante sowel as die verskillende vlakke van slikdamme verskil. Dit het tot gevolg dat monsters so geneem moet word dat die verskille tussen die lae geïdentifiseer kan word. In die praktyk sal dit tot gevolg hê dat die horisontale lae en vlakke verskillende kalkbehoefte besit en dienooreenkomstig bekalk sal moet word. Soos reeds bespreek in hoofstuk 6 kom verskille in pH en titreerbare-suurheid tussen die dieptes van 0,01 tot 0,1 m en 0,11 tot 0,33 m van slikdamme voor. Vir die neem van monsters vir die bepaling van kalkbehoefte sal monsters op genoemde twee dieptes geneem moet word.

7.3 Samevatting van die belangrikste bevindinge

Die belangrikste bevindinge van die studie is die volgende:

- * Die dubbelbuffer-titrasie metode is uiters geskik vir die bepaling van die hoeveelheid kalk wat benodig word in slik met die oog op die vestiging van plante.
- * Hoë toedienings van dolomitiese kalk verhoog die elektriese geleiding van slik uitermatig.

- * Die kalkbehoefte van verskillende lae in slikdamme kan drasties van mekaar verskil.

7.4 Aanbevelings vir verdere navorsing

In hierdie ondersoek is aangetoon dat die DBTM doeltreffend gebruik kan word in die bepaling van kalkbehoefte van slikdamme vir die vestiging van plantegroei. Daar bestaan egter 'n leemte t.o.v die hoeveelheid potensieel-suurheid wat in berekening gebring word tydens die bepaling van kalkbehoefte met behulp van die DBTM en verdien beslis nog verdere navorsing.

'n Verdere aspek wat nog navorsing vereis is om vas te stel of oksidasie van alle piriëte uiteindelik sal plaasvind en of die proses sal stabiliseer. Voordat laasgenoemde onsekerheid nie uitgeklaar word nie, hang daar egter nog 'n vraagteken oor die permanensie van hervestigde plantegroei. Navorsing oor die beskikbaarheid van plantvoedingstowwe by hoë kalktoedienings in die slikdam sal ook uitgevoer moet word sodat effektiewe bemestingsaanbevelings gemaak kan word vir die vestiging van plantegroei.

VERWYSINGS

BACKES, C.A., PULFORD, I.D. & DUNCAN, H.J. 1986. Studies on the oxidation of pyrite in colliery spoil: the oxidation pathway and inhibition of ferrous-ferric oxidation. Reclamation and revegetation research, 4(1986):279 - 291, Apr.

BACKES, C.A., PULFORD, I.D. & DUNCAN, H.J. 1987. Studies on the oxidation of pyrite in colliery spoil: the inhibition of the oxidation by amendment treatments. Reclamation and revegetation research, 6(1987):1 - 11, May. ✱

BAKKER, D. 1991. Mondelinge mededeling aan outeur. Potchefstroom.

BRADSHAW, A.D. & CHADWICK, M.J. 1980. The restoration of land : the ecology and reclamation of derelict and degraded land. Berkely, Los Angeles : Blackwell. 317p.

BROWN, A.D. 1985. Chemical weathering of pyrite in soils. Logan, Utah. 191p. (Dissertation (D.Phil.) - Utah State University.) (Fotokopie - University Microfilms International.)

BUYS, A.J., red. 1990. Bemestingshandleiding. Hennopsmeer : Die Misstofvereniging van Suid-Afrika. 331p.

CLAUSEN, H.T. 1976. Aspects of mine dump reclamation on the Witwatersrand. (In Papers of the Land Reclamation Conference. Gehou op 5,6 en 7 Oktober 1976 te Grays, Essex. Grays, Essex. p. 121-134.)

- CLESCERI, L.C., GREENBERG, A.E. & TRUSSEL, R.R., reds. 1989. Standard methods for the examination of water and waste water. Washington : American Public Health Association, American Water Works Association & Water Pollution Control Federation. 10-200 p.
- COOK, B.J. 1985. The rehabilitation of residue deposits as practiced by mining companies in the Rand Mines group. (In PU-NVK Instituut vir Ekologiese Navorsing : Hervestiging simposium vir mynhoop gehou op die kampus van die Potchefstroomse Universiteit vir CHO op 29 en 30 April 1985 te Potchefstroom. Potchefstroom. p. 68-78.)
- COOK, W.H. 1971. Growing vegetation on mine residue dumps. Clean air journal, 1(1):21-26.
- COOK, W.H. 1972. "Turning the gold mines to green." Script, Talks broadcast on the English Service, South Africa Broadcasting Corporation.
- GROVES, J.E. 1974. Reclamation of mining degraded land. South African journal of science, 70:296-299, Okt.
- HARPER, W.S., BAKER, D.E. & McCORMICK, L.H. 1988. A dual buffer titration method for lime requirement of acid minesoils. J. environ. qual. , 17(3):452-456.
- HESSE, P.R. 1972. A textbook of soil chemical analysis. New York : Chemical Publishing Co., Inc. 520p.
- LOUGHAN, F.L. 1973. Chemical weathering of the silicate minerals. New York : Elsevier. 153p.
- MARSDEN, M.D. 1985. Gold mine reclamation practices as implemented by the Chamber of Mines vegetation Unit and developments by the Potchefstroom University - NIC Institute for Ecological Research. (In PU- NVK Instituut

vir Ekologiese Navorsing : Hervestigingsimposium vir myngroepe gehou op die kampus van die Potchefstroomse Universiteit vir CHO op 29 en 30 April 1985 te Potchefstroom. Potchefstroom. p.35-59.)

NEL, D.J. 1989. Die relatiewe invloed van Ca en Mg op fisiese eienskappe van grond. Potchefstroom. 333p. (Proefskrif (D.Sc.) - PU vir CHO.)

NORDSTROM, D.K. 1982. Aqueous pyrite oxidation and the consequent formation of secondary iron minerals. (In Kittrick, J.A., Fanning, D.S. & Hossner, L.R., eds. Acid sulfate weathering: proceedings of a symposium sponsored by Divisions 5-9, 5-2, 5-5 and 5-6 of the Soil Science Society of America in Fort Collins, Colorado, 5-10 Aug 1979. Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America. p.37-53.) ✱

SINGER, P.C. & STUMM, W. 1970. Acidic mine drainage : the rate determining step. Science, 167:1121 - 1123.

SINGER, P.C. & STUMM, W. 1968. Kinetics of the oxidation of ferrous iron. (In second Symp. Coal Mine Drainage Res. Pittsburgh. p.12-34.)

SMITH, E.E. & SHUMATE, K.S. 1971. Rate of pyrite oxidation and acid production rate in the field. (In Ahmad, M., red. Proc. Acid Mine Drainage Workshop, Ohio Univ. Athens. p.11-18.)

THATCHER, F.M. 1979. A study of the vegetation established on the slimes dams of the Witwatersrand. Johannesburg. 570p. (A Thesis (D.Phil.) - University of Witwatersrand.)

THE NON-AFFILIATED SOIL ANALYSIS WORKING COMMITTEE. 1990. Handbook of standard soil testing methods for advisory purposes. Pretoria: Soil Science Society of South Africa. 35/10p.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1986. Test methods for evaluating solid waste. Washington.

VAN WYK J.J.P. 1991. Mondelinge mededeling aan outeur. Potchefstroom.