

RIGLYNE

vir

KARTERING en INTERPRETASIE

van die **GRONDE** van

SUID-AFRIKA

deur **P.A.L. le Roux, F. Ellis, F. R. Merryweather,**
J.L. Schoeman, K. Snyman, P.W. van Deventer & E. Verster.

Volume 1 van 2 volumes

1999

Riglyne vir Kartering en Interpretasie van die Gronde van Suid-Afrika

Eerste Benadering

Deur

P.A.L. le Roux (Sameroeper)

Universiteit van die Oranje-Vrystaat

F. Ellis

Universiteit van Stellenbosch

F.R. Merryweather

Merryweather Environmental

(Voorheen Loxton, Venn en Venote)

J.L. Schoeman

LNR Instituut vir Grond, Klimaat en Water

K. Snyman

Keith Snyman & Associates

P.W. van Deventer

Envirogreen

E. Verster

Unisa

Rig korrespondensie aan:

P.A.L. le Roux, Departement Grondkunde (541), Universiteit van die Vrystaat, Posbus 339,
BLOEMFONTEIN 9300

Tel: Werk 051 4012386

Sel: 0823717572

Faks: 051 4012386

E-pos: LEROUXPA@LANDBOU.UOVS.AC.ZA

1999

VOORWOORD

Toenemende druk op die grondhulpbron as faktor in die produksie van voedsel en vesel lei tot 'n groot toename in grondopname-aktiwiteite in Suid-Afrika. In samehang met die behoefte aan 'n beter diens deur grondopnemers aan gebruikers van grond het 'n behoefte aan die standaardisering van grondopnamemetodiek ontstaan. Dáárvor word riglyne in Hoofstukke 1 en 2 in hierdie publikasie aangebied.

Soos elders word ook in Suid-Afrika ondervind dat die interpretasie van data, as 'n kritieke finale stap in die grondopnameproses, dikwels nie genoeg aandag kry nie. In Hoofstukke 3 en 4 van hierdie publikasie word daarom tweedens beoog om die bestaande kennis oor die kenmerkende aard en gedrag van die gronde van Suid-Afrika saam te vat. Die vereistes waaraan 'n grond moet voldoen vir 'n spesifieke gebruik, is redelik bekend. Die vraag het ontstaan watter gronde aan die gebruiksvereistes voldoen. Daarom is besluit om die interpretasie van gronde in hierdie publikasie as uitgangspunt te neem. Bogenoemde behoefte is nie nuut nie. Dit is ook vervat in die titel van die 1975-uitgawe van *Soil Taxonomy - A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys* (Soil Survey Staff, 1975). Die Grondklassifikasiewerkgroep (1991) is ook bewus van hierdie behoefte en stel dit dat die Suid-Afrikaanse Grondklassifikasiesisteem gronde net klassifiseer. Dit hanteer dus nie die aard en verwagte gedrag van die gronde of die geskiktheid daarvan nie.

Ten spyte van 'n mate van historiese weerstand teen grondklassifikasie en -kartering is dit wêreldwyd die erkende proses om grondeienskappe, wat belangrik is vir grondgebruik, te groepeer in ruimtelik identifiseerbare eenhede waarby die gebruiker baat kan vind. Met hierdie publikasie word gepoog om deur aanvulling van die Suid-Afrikaanse Grondklassifikasiesisteem, dié doel te verwesenlik.

Die waarde van grondklassifikasie lê verder daarin dat dit die geskikste kommunikasiemetode is, plaaslik en regionaal. Sedert die ingebruikneming van die Suid-Afrikaanse Grondklassifikasiesisteem is baie inligting oor die gronde byeengebring sodat die naam van 'n grondvorm of -familie nou meer as net 'n naam kan oordra. Dit kan nou ook tegnologiese inligting wat verband hou met die kenmerkende eienskappe, kwaliteite en geskikthede van die gronde van Suid-Afrika, oordra. Die wye toepassing van die Suid-Afrikaanse Grondklassifikasiesisteem in die landbou en

ander sektore van grondgebruik getuig daarvan. Dit maak die opstel van riglyne vir die interpretasie van die aard en gedrag van Suid-Afrikaanse gronde nou moontlik.

Hierdie riglyne verskuil die ingewikkeldheid van pedogenese agter die meer gebruikersvriendelike kenmerkende eienskappe van die diagnostiese grondhorisonte. Dit is geen maklike taak om die proses van interpretasie oor te dra nie. Die interpreteerder moet die klem op die geheel plaas, sonder om detail te ignoreer. Streng genome is elke situasie uniek en daar moet dus veralgemeen word. Slegs die belangrikste faktore wat die gedrag van gronde beïnvloed, word bespreek. Die veralgemenings is gedoen met Suid-Afrikaanse toestande as norm. Wanneer byvoorbeeld na besproeiing verwys word, word die besproeiing van padierys buite rekening gelaat omdat die praktyk nie in Suid-Afrika gevolg word nie. Weens die gevare verbonde aan veralgemening, word die leser versoek om die inligting in hierdie publikasie met omsigtigheid te hanteer en plekspesifieke inligting in te win soos nodig.

UITNODIGING

Hierdie publikasie word in 'n goedkoop formaat uitgegee as 'n eerste stap om die aanwending daarvan in die Suid-Afrikaanse mark te toets. Omdat die inligting hierin gebaseer word op kennis van die manier waarop Suid-Afrikaanse gronde onder verskillende gebruike reageer, kan 'n wye spektrum van kundiges 'n bydrae maak. Persone wat met grond werk, is voordurend besig om hul kennis van die kenmerkende eienskappe, kwaliteite en geskiktheid daarvan uit te brei. Sulke persone word uitgenooi om toepaslike bydraes in te stuur vir oorweging in die volgende uitgawe met die nodige erkenning.

HOE OM HIERDIE HANDLEIDING OPTIMAAL TE GEBRUIK

Hierdie handleiding moet saam met die publikasie *Grondklassifikasie - 'n Taksonomiese Sisteem vir Suid-Afrika* gebruik word. Dit dek die fasette wat volg op grondklassifikasie, naamlik die kartering en interpretasie van die gronde. Potensiële gebruikers van hierdie handleiding is daarom versprei wees oor die hele spektrum van vakgebiede waarin mense met grond gemoeid is, naamlik grondgebruikers (o.a. boere, navorsers, stads- en streekbeplanners en ingenieurs), grondopnemers en adviseurs. 'n Basiese kennis van grond en grondklassifikasie is 'n aanbeveling.

Om die gedeelte oor grondopnames te gebruik, kan eerstens met die *beginsels* in Hoofstuk 1 gewerk word, gevolg deur die *riglyne* vir die ontwerp van grondopnames in Hoofstuk 2. Die riglyne mag aanpassing verg om by spesifieke omstandighede aan te pas. Die inhoud is so saamgestel dat die persoon wat 'n riglyn benodig (bv. vir begrotingsdoeleindes) vinnig daarby kan uitkom, terwyl die persoon wat met groter sekerheid die korrekte keuse wil maak, die beginsel kan bestudeer en aanpassings kan maak. Riglyne hou die voordeel in dat dit beproefde norme bevat wat meestal geld. Kundiges kan die riglyne aanpas om beter te pas by spesifieke omstandighede.

Om die geskiktheid van grond vas te stel moet die aard en gedrag van die gronde bestudeer word. 'n Verband moet gelê word tussen klassifikasie-inligting en die vereistes waaraan 'n grond moet voldoen om geskik te wees vir verskillende gebruike. Daarvoor word die aard en gedrag van die grondvorme in Hoofstuk 4 gebruik. *Die beskrywing van 'n grond lei nie outomaties tot 'n begrip van die kwaliteit en geskiktheid daarvan vir gebruik nie, maar dit is voldoende vir die klassifikasie daarvan.* Daar word ook al meer aandag gegee aan die grondvereistes van byvoorbeeld verskillende gewasse, wat die vraag na geskikte grond al meer spesifiek maak. Daarom word die aard en gedrag van die grondvorme in Hoofstuk 4 bespreek.

Omdat die diagnostiese horisonte in verskeie van die grondvorme voorkom, word die *diagnostiese horisonte* bespreek en nie die grondvorme nie. Met die *konsepte* van die diagnostiese horisonte in gedagte kan die *eienskappe en implikasies* wat die aard en gedrag van die horisonte *vir algemene gebruik* inhou opgelees word. Hou ook die *familiekenmerke* en die *implikasies* wat dit *vir algemene gebruik* inhou, in aanmerking. Die laaste stap en vir verfyning van die interpretasie van die grond moet die verskillende elemente van die *omgewing* en die

individuele *morfologiese grondeienskappe* in aanmerking geneem word. Dit is in Hoofstuk 3 behandel.

Agt grondopnameverslae is in Bylae 2 ingesluit. Die verslae is verkort en die meeste kaarte is weggelaat omdat dit vertroulik is. Die verslae dek 'n breë verskeidenheid van formate waarin grondopnamedata in Suid-Afrika vir kliënte aangebied word, hoe dit geïnterpreteer word en geëvalueer word vir verskillende gebruike. Die akademiese vlakke waarop die verslae aangebied is verskil omdat die agtergrondinligting waaroor die kliënte beskik, verskil.

Studente sal die gedeeltes oor beginsels van grondopnames en grondeienskappe en konsepte van diagnostiese horisonte bestudeer. Dit sal hulle in staat stel om met vertroue ook die ander gedeeltes van die boek te gebruik. *Landgebruikers* van oor die hele spektrum sal grondeienskappe as sodanig en ook grondvorme en families wil interpreteer en evalueer met die oog op die optimale gebruik van grond. *Landbou-adviseurs* sal hoofsaaklik die interpretasie van gronde aanwend om gewasvereistes en gronde te pas, maar sal ook soms die ander inligting nodig kry. *Grondopnemers* sal die publikasie nuttig vind om saam met die bestaande Suid-Afrikaanse Grondklassifikasiesisteme te gebruik. Die wyd uiteenlopende situasies wat hulle teëkom, was dan ook van die belangrike motiverings om die publikasie saam te stel met die doel om die breë verskeidenheid wat in Suid-Afrika voorkom te dek. *Bestuurslui* sal begrotings en tenders vir grondopnames met groter sekerheid hanteer en sodoende met groter sekerheid beplan.

DANKBETUIGINGS

Bydraes van verskeie persone word erken. Ons bedank graag die volgende: Mnr. J.P. Nell, LNR-IGKW; prof. H.J. von M. Harmse, Potchefstroom; mnre. J.J.N. Lambrechts, Universiteit van Stellenbosch; D. Bornman, Ontwikkelingsbank van Suider Afrika; J.R. van Zyl, LOI Glen; H. Prinsloo, Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys en H.M. du Plessis, Noordwes Koöperasie Beperk en dr. M. Hensley, LNR-IGKW. Komiteelede F.R. Merryweather en J.L. Schoeman het besondere bydraes gemaak.

INHOUD

	Bladsy
Voorwoord	ii
Uitnodiging	iii
Hoe om hierdie handleiding optimaal te benut	iv
Bedankings	v

VOLUME 1

HOOFSTUK	Bladsy
1 Beginsels in ontwerp, uitvoer en interpretasie van grondopnames P. A. L. le Roux	1
2 Ontwerp en uitvoer van grondopnames en die interpretasie van grondkaarte E. Verster & J. L. Schoeman	32
3 Land- en grondkenmerke P. W. van Deventer	51

VOLUME 2

HOOFSTUK	Bladsy
4 Kenmerke van die grondvorms en –families P. A. L. le Roux, F. Ellis, F. R. Merryweather, J. L. Schoeman, K. Snyman, P. W. van Deventer & E. Verster	87
INHOUD VAN DIE BYLAES	151
Bylae 1 Verkorte profielbeskrywingsvorm in gebruik by Noordwes Koöperasie Beperk	152
Bylae 2 Voorbeelde van grondopnameverslae en die interpretasie daarvan vir verskeie algemene gebruike	153
Voorbeeld	
1 Detailverkenning grondopname, interpretasie en evaluering van die gronde se geskiktheid vir verskeie nie-landboukundige gebruike. J.L. Schoeman & T.E. Dohse	154
2 Detail grondopname, interpretasie en evaluering van die gronde se geskiktheid vir die verbouing van somer- en wintergrane, en aangeplante weiding. J.L. Schoeman & H.J. Smith	168
3 Intensiewe grondopname, interpretasie en evaluering van die gronde se geskiktheid vir landskapdoeleindes. E. Verster & T.H. van Rooyen	173
4 Verslag, interpretasie en evaluering van die gronde se geskiktheid vir bosbou, vanaf 'n intensiewe grondopname. Keith Snyman & Associates	178
5 Detail grondopname, interpretasie en evaluering van die gronde se geskiktheid vir besproeiingsdoeleindes. E. Verster & T.H. van Rooyen	181
6 Detail grondopname, interpretasie en evaluering van gronde met die oog op rehabilitasie van grond wat deur mynbou aktiwiteite versteur is. Loxton, Venn & Associates	193
7 Detail grondopname, interpretasie en evaluering van die gronde se geskiktheid vir besproeiing met rioolafval. Loxton, Venn & Associates	198
8 Intensiewe grondopname, interpretasie en evaluering van die gronde se geskiktheid vir die verbouing van appels en pere onder besproeiing. F. Ellis	205

HOOFSTUK 1

BEGINSELS IN ONTWERP, UITVOER EN INTERPRETASIE VAN GRONDOPNAMES

deur P.A.L. le Roux

INHOUD

1.1	Waarom grondopnames?	2	
1.2	Waarde van grondopnames	3	
1.3	Aard van grondopnames	3	
1.4	Identifikasie en beskrywing van grondeienskappe	5	
1.5	Klassifikasie van grond	6	
1.5.1	Wat klassifikasie behels		6
1.5.2	Basiese beginsels van klassifikasie		7
1.5.3	Die klassifikasieproses		8
1.5.4	Die taksonomiese rangorde (hiërargie)		9
1.5.5	Grondklassifikasie in die karteringsproses		10
	Verskillende klassifikasiestelsels		10
	Skeidingskriteria		12
	Fase-kriteria		12
	Kartering as ruimtelike groepering		13
	Grondkwaliteit		14
1.6	Kartering	14	
1.6.1	Doel		14
1.6.2	Intensiteit		14
1.6.3	Kwaliteit		15
1.6.4	Kaarteenhede		16
1.6.5	Minimum bestuursarea		16
1.6.6	Grondopnamemetodes		17
1.6.7	Tempo van grondopnames		18
1.7	Die interpretasie van grondeienskappe en die opstel van aanbevelings vir grondgebruik	18	
1.7.1	Van grondkaart tot grondgeskiktheidskaart		19
1.7.2	Landvermoë		20
1.7.3.	Landgeskiktheid		20
1.7.4	Gebruikskaarte		21
1.8	Ekonomiese beginsels	21	
1.8.1	Voordeel		21
	Lewensduur		21
	Risikovermyding		21
	Risikoversagting		22
	Bestuur van grondeienskappe		22
	Kostevoordeel van grondopnames		23
1.8.2	Koste per hektaar		25

Faktore wat koste beïnvloed	25
Koste	26
1.9 Kwaliteit van grondkaarte	27
1.9.1 Voorbereiding	27
1.9.2 Identifikasie	27
1.9.3 Klassifikasie	27
1.9.4 Kartering	27
1.9.5 Kaartkwaliteit	28
Skaal, intensiteit en minimum bestuursarea	28
Leesbaarheid	29
Akkurate puntvasstelling	29
Kaartenheidspesifikasie	30
Kaartenheidhomogeniteit	30
Kaartsimbole	30
Veldkaartkwaliteit	30
1.10 Kwaliteitskontrole	30
VERWYSINGS	32
AANVULLENDE LITERATUUR	32

1.1 Waarom grondopnames?

'n Grondopname bied sekere voordele as 'n besluitnemingshulpmiddel en daarom word dit wêreldwyd in die beplanning en bestuur van grond gebruik. Die rol wat dit by besluitneming kan speel, varieer en daar kan met reg gevra word of dit geregverdig is, watter voordele dit kan bied en hoe te werk gegaan moet word om die maksimum voordeel uit die belegging te kry.

Grondopnames word geregverdig indien daar 'n redelike kans bestaan dat die beoogde gebruik se kostedoeltreffendheid verhoog, of die volhoubaarheid verbeter kan word. Dit word bereik deur die kwaliteite van die grond en die vereistes van die gebruik te pas. Dit hang dus veral af van die tipe grondgebruik, die mate waartoe die grond wissel en die intensiteit van die gebruik. Die meeste tipes grondgebruik is afhanklik daarvan dat die grond sekere kwaliteite moet hê. Besproeiingsgrond moet byvoorbeeld goeie infiltrasie, interne dreinerings, waterhouvermoë en eksterne dreinerings hê, terwyl grond wat vir 'n bolaag in tuine aangewend word, sanderig en sonder onkruid moet wees. Die grondmantel van Suid-Afrika wissel aansienlik, soms oor kort afstande. Die variasie in grondeienskappe regverdig die klassifikasie daarvan in 73 grondvorme. As gevolg van die ruimtelike variasie word verskeie grondsoorte egter soms om praktiese redes in 'n landsgebruikseenheid ingesluit. Grondopname-inligting stel die grondgebruiker in staat

om tussen gronde te onderskei en die invloed van die wisseling in grondgesteldheid op grondgebruik af te lei. Landgebruikbeplanning kan dan daarvolgens ingerig word.

1.2 Waarde van grondopnames

Die waarde van grondopnames lê daarin dat beter besluite oor die gebruik van grond geneem kan word indien voldoende inligting beskikbaar is. Soos hierbo genoem, verskil gronde onderling en kennis van hierdie verskille maak dit moontlik om gronde te pas by die vereistes van die gebruik. Grondopnames word altyd met 'n doel gemaak. Die inligting wat ingesamel word, is op die doel gerig. Die doel kan egter varieer van baie spesifiek, bv. besproeiing, tot baie algemeen. 'n Grondopname lei onder andere tot 'n grondkaart en dié word weer gebruik om 'n grondgebruiksgeskiktheidkaart saam te stel aan die hand van die interpretasie en evaluering van die gronde. Vir dié doel word omgewingsfaktore wat die geskiktheid vir grondgebruik beïnvloed, ook in aanmerking geneem.

Grondkaarte het egter ook beperkings. Die belangrikste daarvan is kosteverwant. 'n Hoë-intensiteitgrondkaart kan slegs teen hoë koste opgestel word en 'n kaart met te lae-intensiteit voldoen nie aan die vereistes nie. 'n Grondkaart rangskik ook nie gronde outomaties in 'n eenvoudige reeks wat van "swak" na "goed" gegradeer is nie. Die data moet eers geïnterpreteer en geëvalueer word. Verder gee dit ook nie ander voor-die-hand-liggende gebruikersinligting nie. Produksienorme kan byvoorbeeld nie vanaf 'n grondkaart alleen voorspel word nie. Bykomstige inligting, byvoorbeeld oor klimaat, is nodig vir evaluering.

1.3 Aard van grondopnames

Vir die benutting van grond is die ruimtelike variasie van grondeienskappe, dit wil sê die vertikale variasie daarvan in die grondprofiel asook die ligging daarvan in die landskap, bepalend. Hierdie inligting word met behulp van 'n grondopname ingesamel. Streng genome bestaan 'n grondopname uit die identifikasie, klassifikasie en kartering van grond, opgevolg deur die interpretasie en evaluering daarvan. Grondkartering is dus 'n verlengstuk van grondklassifikasie. Kartering groepeer gronde ruimtelik.

Soos klassifikasie variasie in 'n takson beperk, so beperk kartering dit in 'n kaarteenhed. Met gepaste metodes (Kyk Hoofstuk 2) word grondkartering in Suid-Afrika effektief aan die hand van die Suid-Afrikaanse grondklassifikasiesisteem uitgevoer. Klassifikasie en kartering van grond orden die gronddata tot so 'n mate dat sinvolle afleidings gemaak kan word.

Die beoogde intensiteit van grondgebruik bepaal die aard van 'n grondopname. 'n Pedologiese benadering word gewoonlik met grondopnames gevolg. Dit beskryf die natuurlike aard van die grond sonder om voorkeur te gee aan bepaalde potensiele landgebruike. Sulke opnames is veeldoelig. Deur interpretasie van hierdie opnames kan dit in verskeie vakgebiede as 'n databasis aangewend word. Uiteenlopende afleidings kan daaruit gemaak word. Dit is egter soms sinvol om minder intensiewe grondopnames te maak in gevalle waar min inligting nodig is vir die tipe besluite wat geneem moet word. Die intensiteit van die opname bepaal dan ook watter afleidings daarvan gemaak kan word. Beperkte fondse of tyd noodsaak soms sulke doelgemaakte opnames waartydens hoofsaaklik inligting wat betrekking het op 'n bepaalde gebruik, ingesamel word. 'n Grondkaart word dan as tussenproduk saamgestel, maar dit word soms nie vrygestel nie. Slegs 'n grondgebruikgeskiedeniskaart (kortweg gebruikskaart) word vrygestel. So 'n doelgemaakte grondopname of grondgebruikgeskiedenis-opname het egter beperkte waarde omdat die grond as sulks nie voldoende beskryf word nie. 'n Gebruikskaart wat vir een soort aanwending opgestel is, is nie oordraagbaar na die volgende soort gebruik nie, met die gevolg dat 'n verandering in die gebruik 'n ander gebruikskaart kan benodig. Indien 'n grondkaart as tussenproduk opgestel word, kan dit verhoed dat grondopnames herhaal moet word wanneer grondgebruik verander.

Die ondersoek van grondprofile, hetsy deur te boor of deur middel van profielputte, is noodsaaklik vir die identifikasie en aanteken van grondeienskappe. Omdat dit baie tyd verg om grond in detail te beskryf, is dit dikwels sinvol om ten minste sommige waarnemings slegs kortliks beskryf. 'n Voorbeeld van 'n verkorte profielbeskrywing word in Bylae 1 gegee. Vir detailbeskrywings word die prosedure soos voorgestel deur Turner (1991) aanbeveel.

1.4 Identifikasie en beskrywing van grondeienskappe

Deur die beskrywing van grond word data ingesamel wat belangrik geag word vir klassifikasie en interpretasie van die gronde. Die standaardgebruik is om aantekeninge op voorafopgestelde vorms te maak (Bylae 1). Draagbare elektroniese datastoorders word ook vir dié doel aangewend. Data word ook soms gekodeer om beskrywing te bespoedig en groot hoeveelhede data met een oogopslag aan te bied. Die kodes word dan op die grondkaart aangebring (Bylae 2, Voorbeeld 8). Die legende van die grondkaart bestaan dan slegs uit 'n uiteensetting van die kodestelsel wat gebruik is.

Korrekte beskrywing van grondeienskappe hang van die korrekte identifikasie daarvan af. Gebrekkige identifikasie kan tot foutiewe klassifikasie, interpretasie en gebruik van grond lei.

As voorbeeld kan na 'n geval verwys word waar nagelaat is om die ondergrond se droë kleur tydens die beskrywing daarvan te lees. Dié identifikasiefout het gelei tot foutiewe klassifikasie van die horison. Dit is as 'n geelbruin apedale B-horison in plaas van 'n E-horison geklassifiseer wat gelei het tot 'n foutiewe grondvormklassifikasie. Die grond is vervolgens geëvalueer as geskik vir bewerking onder hierdie toestande. Dit het egter ernstig verspoel terwyl die naasliggende geelbruingronde nie verspoel het nie.

Die tipe en gehalte van blootleggings wat gebruik word vir die grond, beïnvloed ook die grondopnemer se vermoë om grondeienskappe te identifiseer. Grondprofile wat volgens voorskrif gemaak is, bied 'n geleentheid om hoëvlakwaarnemings te maak. Blootlegging deur middel van hand- of meganiese bore, asook oppervlakwaarnemings soos grondkleur, grondkorste, plantegroei-karakter en topografie kwalifiseer as laevlakwaarnemings. Elkeen hiervan het 'n plek in die grondopnameproses.

Voldoende monsters word in die reël geneem om die karakter van die dominante gronde te bepaal. Die hoeveelheid monsters hang af van die intensiteit van die opname. In geval van 'n opname met skaal 1:2 000 en 'n waarnemingsdigtheid van 25 per hektaar, wat 'n baie intensiewe opname is, sal baie meer monsters per eenheidsoppervlakte ontleed word as in die geval van 'n verkenningsoopname op skaal 1:50 000.

Omdat grondklassifikasie die variasie in grondeienskappe binne 'n takson beperk, is losliggende eenhede van 'n bepaalde takson, hetsy dit 'n grondvorm, -familie of -fase is,

relatief uniform. Een profiel in 'n takson kan dus in die reël vir ontledingsdoeleindes as verteenwoordigend beskou word. 'n Deeglike ondersoek na die aard van die profiel help om te verhoed dat te min horisonte ontleed word. Doelgemaakte grondopnames vereis spesifieke metodes van monsterneming en ontleding van grondmonsters. By die keuse van laboratoriumbepalings word, indien finansiële bronne dit toelaat, gepoog om 'n geheelbeeld van die grondhulpbron te verkry (Kyk Tabel 2.1).

1.5 Klassifikasie van grond¹

'n Deeglike kennis van die beginsels van klassifikasie is net so belangrik vir die interpretasie van die gronde soos kennis van die klassifikasistelsel self.

1.5.1 Wat klassifikasie behels

Insig in die wese van klassifikasie is belangrik omdat dit die interpretasie van die grondtakson beïnvloed. Klassifikasie is die handeling waardeur soortgelyke objekte in herkenbare groepe geplaas word. Hierdie handeling vorm deel van die mens se alledaagse bestaan en elkeen is gedurig besig om objekte in die omgewing te klassifiseer.

Aangesien die oogmerke van klassifikasie mag verskil, sal die struktuur van 'n klassifikasiestelsel en die vlakke waarop dit geskied ook verskil. So, byvoorbeeld, sal 'n groentewinkel al die appels wat tot dieselfde kultivar behoort, in dieselfde houer plaas, terwyl alle appelkultivars weer bymekaar op dieselfde rak geplaas sal word. Die appels sal op hulle beurt weer saam met ander vrugtesoorte in een afdeling van die winkel uitgestal word om die vrugte van die verskillende groentesoorte te onderskei.

Hierdie voorbeeld illustreer twee belangrike kenmerke van klassifikasie: Die eerste is dat klassifikasie op verskillende vlakke geskied en dat dit na opeenvolgende hoër groepe lei, byvoorbeeld, verskillende kultivars appels word van mekaar onderskei, al dié kultivars gesamentlik word as appels geklassifiseer, en saam met lemoene, pere, ensovoorts word appels as vrugte geklassifiseer. Die tweede kenmerk is dat die struktuur van die klassifikasie vir die gerief van die gebruiker ontwerp word.

¹ Aangepas uit Kok, Theron & Grobbelaar (1987) met vriendelike vergunning van Butterworth Uitgewers.

Die wetenskaplike klassifisering van grond is nie alleen ontwerp om aan die behoeftes van grondkunde te voldoen nie, maar ook met die oog daarop dat soveel moontlik mense wat met grond werk, dit kan gebruik. Daar kan dus verskille bestaan tussen wetenskaplike klassifikasie van grond en dié wat deur die eienaar van 'n plaas gebruik word. Hierdie verskil tussen wetenskaplike klassifikasie en die oënskynlik logiese populêre klassifikasie laat dikwels vrae soos die volgende ontstaan:

- Waarom word gronde opeenvolgend in series, families en vorms geklassifiseer?
- Hoe word gronde geklassifiseer?
- Hoe weet ons wat die wetenskaplike naam van 'n grond is?

In hierdie hoofstuk word gepoog om antwoorde op hierdie en soortgelyke vrae te verskaf.

1.5.2 Basiese beginsels van klassifikasie

Wat stel 'n mens in staat om grond te klassifiseer? Die onderstaande voorbeeld kan as illustrasie dien: Gestel twee sakke, een vol aartappels en die ander gevul met aartappels en tamaties, word aan iemand gegee met die opdrag om die inhoud daarvan te sorteer. In die geval van die eerste sak kan die aartappels slegs op grond van grootte gesorteer word, wat sal meebring dat die persoon sal probeer om klein en groot aartappels van mekaar te skei. Dié taak sal egter onmoontlik word as aartappels van alle groottes aanwesig sou wees. Daarteenoor sal die inhoud van die tweede sak sonder veel moeite in twee groepe, naamlik aartappels en tamaties, verdeel kan word omdat daar geen intermediêre groep aanwesig is nie. In die geval van die aartappels is die variasie in die grootte van die aartappels (met ander woorde 'n kenmerk van die aartappels) aaneenlopend en gevolglik word geen natuurlike groepe onderskei nie. In die geval van die aartappels en tamaties in die tweede sak word onderbrekings in die variasie van die kenmerke egter aangetref. Die variasie in kenmerke van plante is dus nie net baie groot nie, maar daar is dikwels ook onderbrekings (diskontinuiteite) wat dit moontlik maak om tussen groepe te skei.

Gronde kan op dieselfde wyse in groepe, waartussen daar duidelike verskille en onderbrekings van kenmerke bestaan, ingedeel word. Die term wat vir so 'n groep gebruik word, is 'n *takson*. 'n Takson is enige groep voorwerpe, ongeag die grootte van die groep, waarvan al die lede oor sekere gemeenskaplike kenmerke beskik. Die grootte

van die taksons of die verskeidenheid van kenmerke wat binne 'n spesifieke takson aangetref word, is nie van belang nie. Die onderbrekings in die kenmerke van gronde, asook die kombinasie van kenmerke wat in sekere taksons voorkom maar in ander taksons ontbreek, is daaraan toe te skryf dat verskillende gronde onder verskillende toestande ontstaan het.

Die verskillende lede van 'n spesifieke takson deel meer gemeenskaplike kenmerke met mekaar as met lede van 'n ander takson. Dit is dus nie nodig om al die kenmerke van elke lid van 'n takson te leer ken nie, maar slegs dié wat kenmerkend is van die groep as geheel. Dit illustreer een van die belangrikste funksies van klassifikasie, naamlik om 'n opsomming van bestaande kennis daar te stel. So 'n klassifikasie orden dus ons kennis van gronde in 'n sisteem wat die inligting op 'n baie gerieflike manier bewaar en oordra.

1.5.3 Die klassifikasieproses

'n Noodsaaklike vereiste vir klassifikasie is identifikasie, en dit is dan ook een van die beginsels waarop klassifikasiesisteme gebaseer word. Identifikasie moet nie met klassifikasie (benaming) verwar word nie. 'n Bekende persoon kan byvoorbeeld aan die hand van 'n foto geïdentifiseer word sonder dat sy naam noodwendig genoem word. Die groentewinkeleienaar en die wetenskaplike sien dieselfde groente, identifiseer dieselfde kenmerke, maar klassifiseer dit verskillend.

Identifisering is 'n besluitnemingsaksie. Volgens eie oordeel word op grond van waarnemings of metings besluit of twee objekte van mekaar verskil of dieselfde is. Teoreties is dit 'n baie eenvoudige beginsel, maar in die praktyk veroorsaak dit heelwat probleme. Omdat dit besluitneming behels en verskillende persone verskillende besluite mag neem, is dié deel van die proses dus in 'n mate subjektief. 'n Verdere aspek wat die saak bemoeilik, is dat persone mag verskil oor die vraag of objekte verskil of ooreenstem. Tydens identifisering word maatstawwe dus toegepas om ooreenkomste tussen taksons te bepaal. Hierdie maatstawwe mag verskil, en gevolglik sal die klassifikasies ook verskil.

Grondseries verskil in so 'n mate van mekaar dat hulle as afsonderlike taksons herkenbaar is. Om hulle te klassifiseer is egter makliker gesê as gedoen, en wel om die volgende redes:

- Gebrek aan kennis van die grond. Baie min gronde is tot dusver deeglik ondersoek.
- Die omgrensing van vorms, families en series is nog nie eksperimenteel bestudeer nie.
- Baie taksons is aan die hand van baie swak materiaal bekend.
- Intermediêre vorme kom voor.
- Die herkenbare verskille tussen taksons gaan nie noodwendig gepaard met pedogenetiese isolasie nie, en omgekeerd. Gronde wat morfologies verskil kan pedogeneties naby verwant wees en 'n grondeienskap kan die gevolg van verskillende prosesse wees.

1.5.4 Die taksonomiese rangorde (hiërargie)

Dit is dus duidelik (a) dat onderbrekings in die variasie van kenmerke ons in staat stel om gronde in taksons te plaas; en (b) dat klassifikasie op verskillende vlakke plaasvind, met die gevolg dat klassifikasie die onderskeiding van opeenvolgende groter taksons behels. Dit staan as 'n rangorde in die klassifikasiestelsel bekend. Die probleem is om die taksons so te rangskik dat dit ooreenkomste en verskille die beste weerspieël word. Die raamwerk wat vir dié doel opgestel is, staan as 'n taksonomiese rangorde bekend.

Die struktuur van die rangorde bestaan uit 'n stel konvensionele taksonomiese kategorieë. Dit is abstrakte konsepte wat vir die doel van klassifikasie gebruik word. Die kategorieë word volgens 'n vaste volgorde aangewend, en daar mag nie daarvan afgewyk word nie. Die plek wat 'n kategorie in die rangorde inneem, staan as sy rang bekend. Taksons van 'n laer rang is altyd ondergeskik aan en word ingesluit in dié wat 'n hoër rang besit. Bostaande kan aan die hand van die volgende voorbeeld verduidelik word:

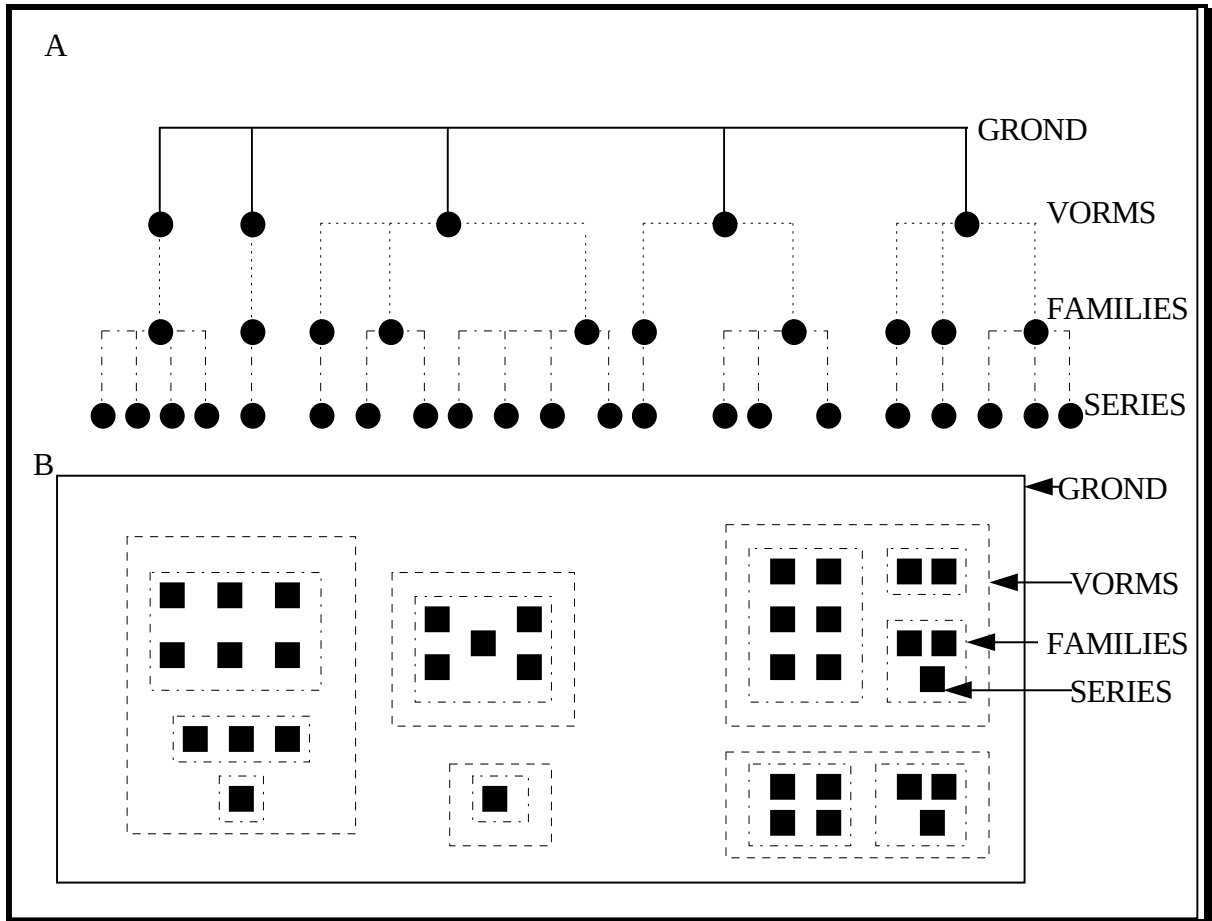
Alle soetdoringbome wat in hierdie land en die res van die wêreld voorkom, word in een takson geplaas wat as *Acacia karroo* bekend staan. Soos reeds genoem, het ons hier met 'n spesie te doen - 'n groep plante wat aan die taksonomiese kategorie "spesie" toegewys is en in die hiërargie die rang van spesie besit. Daar is ongeveer 900 soorte plante wat in baie opsigte met die *Acacia karroo*-plante ooreenstem, maar wat tog onderling van mekaar sowel as van *Acacia karroo*-plante verskil. Elkeen van hierdie 900 plantsoorte is

'n ander *Acacia*-spesie. Al hierdie spesies word saam in een groter takson, wat as *Acacia* bekend staan, geplaas. Dié takson word 'n genus genoem. Die genus *Acacia* word saam met ander genusse, soos *Dichrostachys*, *Albizia* en *Mimosa*, onder die familie Mimosaceae geklassifiseer. Saam met die families Caesalpiniaceae en Fabaceae word dit in die orde Fabales geplaas. Op hul beurt word ordes weer saam in 'n hoër takson geplaas, totdat die allesomvattende takson, naamlik die Ryk Plantae, bereik word. Die beginsel word in Figuur 1.1 uitgebeeld.

1.5.5 Grondklassifikasie in die karteringsproses

Verskillende klassifikasiesistels

Gronde kan volgens 'n verskeidenheid sisteme geklassifiseer word. Almal het egter 'n gemeenskaplike doel, nl. om die gronde so te groepeer dat verskillende voorkomste van enersgeklassifiseerde grond dieselfde invloed en reaksie op die grootste moontlike aantal grondgebruike sal hê. Daarom word grondeienskappe wat self (of deur middel van medeveranderlikes) grondgebruik beïnvloed, as skeidingskriteria verkies. Die ontwerp van 'n klassifikasiesisteem behels drie belangrike stappe. Eerstens word grondeienskappe (byvoorbeeld struktuur) geselekteer. Tweedens word norme vir die eienskap geselekteer, byvoorbeeld tipe struktuur of graad van ontwikkeling. Derdens word die rangorde waarin dit aangewend word, vasgestel.



Figuur 1.1 Voorstellings van 'n hiërgiese klassifikasiestelsel. **A: Dendrogram**
B: Vierkant-in-vierkant-voorstelling. Elke kol in A en elke vierkant of reghoek in B stel 'n takson voor.

Verskillende grondklassifikasiesisteme gebruik dieselfde grondeienskappe as skeidingskriteria, maar in verskillende rangordes. Dit beïnvloed egter nie die aard van detail grondkaarte nie. Byvoorbeeld, indien klein en groot, geel en rooi albasters, geklassifiseer moet word, sal dit nie saak maak of eers volgens grootte en dan volgens kleur of andersom geklassifiseer word nie. Die resultaat sal vier taksons wees.

In die geval van grond sal die grondgrense dus op dieselfde plekke getrek en die gronde vir dieselfde gebruike aangewend word, ongeag die sisteem van klassifikasie wat gevolg word. Dit is egter nie noodwendig die geval met grondopnames op 'n klein skaal, byvoorbeeld 1:500 000 nie omdat komplekse of assosiasies gekarteer word.

Skeidingskriteria

Vir die keuse van skeidingskriteria word kennis oor die eienskappe van die natuurlike grondliggame (ook polipedons genoem) waarmee gewerk word, vereis. Indien kriteria byvoorbeeld vir swart kleigronde ontwikkel word, moet kennis bestaan van die verspreidingsgebiede van sulke gronde, hulle dieptes, struktuur, kleinhoud en ander eienskappe wat grondgebruik kan beïnvloed. Die kriteria (mensgemaak) moet die polipedons (natuurlike verskynsels) so nou-passend as moontlik beskryf.

Grondeienskappe wat simptome van 'n bepaalde tipe grondvorming is, met ander woorde, nou verwant is aan pedogenese, word as kriteria verkies. Die rede is dat hulle die grootste aantal medeveranderlikes besit en daarom die grootste interpretasiewaarde het, en 'n invloed op die grootste verskeidenheid grondgebruik kan hê. Die mate waarin 'n grondeienskap met ander eienskappe koreleer, bepaal dus die voorkeur wat daaraan geheg word vir toepassing as skeidingskriterium. Dit impliseer dat die kriteria wat in die hoër rangordes gebruik word, die grootste aantal medeveranderlikes sal insluit.

Morfologiese grondeienskappe is gebruikersvriendelik en word daarom as skeidingskriteria verkies. Waar nie-morfologiese grondeienskappe gebruik word, word verbande tussen die grondeienskap en morfologiese kenmerke gebruik vir herkenning van die eienskap in die veld en vir ekstrapolasie. 'n Distrofiese kenmerk sal bv. aan die hele kaarteenhed van die Huttonvorm tydens 'n grondopname toegeken word op grond van 'n ontleding van een profiel. Hierdie kenmerk sal byvoorbeeld nie oorgedra word na 'n naasliggende Arcadiagrondvorm nie.

Fase-kriteria

Die SA Grondtaksonomie laat ruimte vir vier range van klassifikasie, nl. vorm, familie, serie en fase. Die skaal van opname bepaal tot 'n mate watter klassifikasierang aangewend word. Tans word slegs grondvorme en -families gedefinieer, onderwyl skeidingskriteria vir series ontwikkel word. Fasekriteria word gekies na gelang van behoefte. Die lokale variasie wat voorkom, byvoorbeeld oppervlak rots, en spesifieke vereistes van die beoogde gebruik is populêre fasekriteria. Seleksie van fasekriteria word as 'n karteringsaksie beskou, hoewel 'n grondfase 'n pasgemaakte, laagste rang van klassifikasie is.

Kartering as ruimtelike groepering

Grondklassifikasie word gedoen aan die hand van die morfologiese eienskappe van grond soos geïdentifiseer in 'n inspeksieput en chemiese eienskappe soos bepaal deur laboratoriumontledings. Dié eienskappe varieer ruimtelik, en waar hulle buite gedefinieerde kriteria val, verander die klassifikasie na 'n ander grondtakson, hetsy 'n vorm, familie, serie of fase. Tydens grondkartering word gepoog om die grondtaksons te omlyn en op 'n kaart aan te dui. Dit verteenwoordig nie die mate van toelaatbare variasie wat voorkom nie en is dan "onsuiwer" omdat ander grondtaksons ook in die begrensde dele voorkom. In gevalle waar gronde soveel varieer dat dit 'n bekende hoeveelheid ander taksons insluit, word grondassosiasies of -komplekse gekarteer. Die term grondassosiasies word algemeen gebruik waar die kaartenheid meer as een takson bevat. Dit is egter in praktyk nodig om dit te skei van grondkomplekse. Beide grondassosiasies en -komplekse is gemeng omdat die gronde weens die geografiese verspreiding daarvan nie skeibaar is op die skaal van die opname nie. Dit is onlangs voorgestel dat die term grondassosiasie gebruik word vir 'n kaartenheid wat meer as een grondtakson met soortgelyke algemene gebruikseienskappe bevat. Die term grondkompleks word dan gebruik vir 'n kaartenheid met meer as een grondtakson met uiteenlopende eienskappe. Die gebruik van grondassosiasie en komplekse hou dus verband met die skaal van die opname. Kleinskaalopnames gebruik gevolglik meer dikwels komplekse en grootskaalopnames assosiasies (Soil Survey Division Staff, 1993).

Die probleem van ruimtelike variasie en skaal is 'n natuurlike verskynsel wat met behulp van kartering opgelos moet word - nie deur middel van grondklassifikasie nie. Dié beginsel kan ook aan die hand van plantgemeenskappe verduidelik word. Geen plantgemeenskap is suiwer nie en hoewel dit maklik is om individue van verskillende plantspesies te skei deur hulle te klassifiseer, is dit nie moontlik om dieselfde met behulp van kartering te doen nie, en derhalwe word sogenaamde plantgemeenskappe gekarteer.

Tydens kartering word grond met 'n bepaalde eenvormigheid dus op papier afgebaken. Min of meer dieselfde eenvormigheid word verwag ten opsigte van die medeveranderlike grondeienskappe. Oënskynlike eenvormigheid word egter ook deur die akkuraatheid waarmee die gronddata opgeneem en weergegee word, beïnvloed. 'n Standaard

pedologiese grondopname is nodig om die mate van eenvormigheid en medeveranderlikes in 'n gebied te verklaar.

Grondkwaliteit

'n Belangrike raakvlak tussen grondklassifikasie, -kartering en -gebruik is wanneer besluit moet word of gronde dieselfde kwaliteite het en dus vir dieselfde gebruik aangewend kan word. Omdat alle toekomstige grondgebruike nie bekend is nie, word altyd gepoog om verskille tussen gronde sover moontlik deur middel van beskrywing, klassifikasie en kartering aan te dui. As gronde A en B byvoorbeeld ewe geskik is vir sommige gebruike maar ten opsigte van hulle geskiktheid vir ander gebruike verskil, behoort hulle deur kartering geskei te word.

1.6 Kartering

1.6.1 Doel

Die doel van 'n grondkaart is om inligting aan besluitnemers beskikbaar te stel wat hulle kan help om meer effektief te beplan en grondgebruik beter te bestuur. Dit maak dikwels deel uit van 'n stel inligting oor die omgewing. Die doel van 'n grondopname bepaal onder andere hoe intensief dit gedoen word. Riglyne vir die vereistes waaraan grondopnames moet voldoen om aan hul doel te beantwoord word in Hoofstuk 2 behandel. Die beginsels ter sprake word in hierdie hoofstuk bespreek.

1.6.2 Intensiteit

Die intensiteit van 'n grondopname kan deur die grootte van die minimum bestuursarea (Kyk Afdeling 1.6.5) bepaal word. Die minimum bestuursarea kan dus die waarnemingsdigtheid en die kaartskaal bepaal (Tabel 1.1). Dit word ook weerspieël in die metode van opname, tipe waarnemings, tempo van opname ens. (Tabel 1.2) Die intensiteit van die opname het 'n bepalende invloed op die voordele en beperkings van die grondkaart en -verslag. Die aanwendingsmoontlikhede van twee grondkaarte, een op skaal 1:10 000 en 'n ander op skaal 1:250 000, verskil, die metode van opname sal verskil en so ook die koste daaraan verbonde. Hoewel die intensiteit van die opnames verskil, kan beide kaarte van goeie kwaliteit wees en suksesvol vir verskillende gebruike

aangewend word. Dit is dus belangrik dat die kwaliteit van grondopnames nie beïnvloed word wanneer oor die intensiteit daarvan besluit word nie.

Tabel 1.1 Die benaderde invloed van intensiteit op die skaal en gebruik van grondopnames. (Hierdie waardes moet as gemiddeldes hanteer word.)

Tipe opname	Waarnemingsdigtheid	Kaartskaal	Minimum bestuursarea (ha)*
Intensief	25/ha	1:2 000	0.04
Detail	1/ha	1:10 000	1
Detail-verkenning	1/25 ha	1:50 000	25
Verkenning	Varieer	1:250 000	600
Snelverkenning	Varieer	Varieer	Varieer

*(Kyk Afdeling 1.6.5)

1.6.3 Kwaliteit

Die kwaliteit van 'n grondkaart word weerspieël in die ongespesifiseerde variasie in grondeienskappe wat in kaarteenhede voorkom en is daarom onafhanklik van die intensiteit van die opname. As grondkaarte vir die verkeerde doel aangewend word, soos wanneer verkenningsoopnames vir stads- of plaasbeplanning gebruik word, beïnvloed die intensiteit van die opname die kwaliteit daarvan vir die bepaalde doel. Die kwaliteit van 'n grondkaart hang af van die sorg waarmee al die stappe van grondklassifikasie en -kartering uitgevoer is, insluitend die kaartskaal en die versorging van die kaart en verslag.

Kwaliteit het slegs 'n geringe invloed op die tempo van 'n grondopname. Die kwaliteit word hoofsaaklik bepaal deur die kwaliteit van die insette van die grondkarterder, die metode van kartering, die skaal en die versorging van die finale kaart. Bekwame karterders is meer oplettend, spandeer hul tyd meer effektief, noteer die nodige inligting beter en gebruik die beste metodes om inligting in te samel met die gevolg dat dit 'n groot verskil maak aan die kwaliteit van die grondkaart. Goeie metodiek behels die volgende:

- Die regte verhouding tussen hoë- en laevlakwaarnemings. Hoëvlakwaarnemings behels profielgate, terwyl laevlakwaarnemings boor-, oppervlak- en ander waarnemings insluit.
- Voldoende waarnemings en vermyding van onnodige waarnemings.
- Voortdurende kontrole tydens waarnemings, bv. notering van kleur en tekstuurskatting.

- Notering (en kodering) van inligting by waarnemingspunte.
- Akkurate aanstip van waarnemingspunte en grondgrense.
- Korrekte afleidings van die waarnemings. Dit lei tot insig in die aard en ligging van grondgrense.

Vergroting van 'n grondkaart verlaag die kwaliteit daarvan. Grondkaarte op skaal 1:10 000 en skaal 1:100 000 sal bv. dieselfde kwaliteit hê as die waarnemingsdigtheid daarop $1/\text{cm}^2$ van die kaart is, hoewel die intensiteit van die opnames in die veld honderdvoudig (10×10) verskil. Dit impliseer onder andere dat groter grondvariasie (bv. assosiasies en komplekse) in die kaartenhede op kleiner skaal (1:100 000) teenwoordig sal wees. Die verskil kan nie uitgewis word deur die kaart na 1:10 000 skaal te vergroot nie omdat die waarnemingsdigtheid tot $1/100 \text{ cm}^2$ sal daal, en dit sal lei tot 'n wanvoorstelling dat die kaart deur die nodige kwaliteit (waarnemingsdigtheid per cm^2) ondersteun word. Die intensiteit van opnames moet oordeelkundig ingekort word sodat dit nie die kwaliteit beïnvloed nie. Soms word die intensiteit van opnames sodanig verlaag dat dit die aanwendingsmoontlikhede en die voordeel beperk.

1.6.4 Kaartenhede

'n Kaartenheid is 'n omlynde gedeelte van 'n kaart wat 'n bepaalde grond, reeks of herhaling van gronde in die natuur verteenwoordig. Die grondvariasie wat daarop aangedui word, word eerstens deur die intensiteit en kwaliteit van die opname bepaal. Die hoeveelheid variasie wat toegelaat word is tweedens 'n funksie van die skaal en kompleksiteit van die grondpatroon. Die ideaal is enersyds om die variasie wat in kaartenhede voorkom tot die minimum te beperk, en andersyds om variasie wat noodwendig ingesluit moet word as gevolg van skaal en/of kompleksiteit van die grondpatroon, so goed as moontlik deur middel van assosiasies of komplekse te definieer. Die grootte van kaartenhede beïnvloed die leesbaarheid en gebruikersvriendelikheid van 'n grondkaart (Tabel 1.4).

1.6.5 Minimum bestuursarea

Die minimum bestuursarea is die kleinste oppervlakte grond wat in beplanning en/of bestuur afsonderlik gehanteer sal word. Dit bepaal die minimumgrootte van 'n

kaarteenheid en dikwels ook die intensiteit van die grondopname. Die waarnemingsdigtheid moet met die minimum bestuursarea verband hou. Die grootte van die minimum bestuursarea plaas ook 'n beperking op die skaal van die kaart omdat die area op die kaart groot genoeg moet wees om leesbaar te wees (Tabel 1.4).

1.6.6 Grondopnamemetodes

Die doel, en gevolglike intensiteit van die opname, asook die ondervinding van die opnemer, bepaal of 'n rooster-, vrye of ekstrapolasiemetode van opname gevolg word (meer hieroor in Hoofstuk 2). Die *roostermetode* impliseer dat waarnemings op vaste afstande van mekaar gemaak word, byvoorbeeld 100x100 m. Dit metode is baie deeglik en word hoofsaaklik in intensiewe opnames gebruik. Deur van 'n geoposisioneringsstelsel (GPS) gebruik te maak, kan die metode, met die nodige aanpassing, egter ook met vrug gebruik word vir die insameling van puntdata op verkenningsskaal.

Die *vrye metode* behels dat die opnemer, vir die keuse van waarnemingspunte, deur die omgewing gelei word. Lug- of ortofoto's behoort as hulpmiddels gebruik en geïnterpreteer te word met hierdie metode.

Kartering volgens die vrye metode behoort altyd te begin met die opstel van 'n werkslegende. Na verkenning van die opnamegebied, maar voordat met kartering begin word, behoort inligting ingewin te word uit die ondersoek en ontleding van 'n beperkte aantal goedgeplaaste profielputte. Hierdie inligting is nodig vir die opstel van 'n werkslegende. Die werkslegende behoort verfyn te word gedurende kartering, waarna dit as finale kaartlegende dien. Profielputte behoort in 'n toporeeks geplaas te word ten einde die topografiese verband van die gronde te kan aflei.

Die *ekstrapolasiemetode* word soms in verkenningsoopnames soos landtipe-opnames (skaal 1:250 000) gebruik. Dit behels dat 'n klein area met behulp van die rooster- en/of vrye metode ondersoek word en die inligting dan na die res van die kaart geëkstrapoleer word deur middel van enkele waarnemings en interpretasie van die aard van die terrein, plantegroei en geologie. Interpretasie van langafstandwaarnemingsprodukte soos satelietfoto's speel 'n groot rol by hierdie metode van opname.

Daar bestaan dikwels 'n behoefte daaraan om grondinligting daar te stel wat minder omvattend is as dit wat deur pedologiese of doelgemaakte opnames voorsien word, byvoorbeeld in voor-uitvoerbaarheidstudies. 'n *Grondinspeksie* word dan uitgevoer. Dit is 'n lae-intensiteitopname wat net 'n algemene idee gee van die gronde. Baie growwe ekstrapolasies word gewoonlik op grond daarvan gedoen. Omdat die sekerheid so laag is, moet die kaart en verslag met oorleg geïnterpreteer word.

1.6.7 Tempo van grondopnames

Die tempo van grondopnames word weergegee in hektaar per werkdag. Dit sluit die duur van die voorbereiding, veldwerk, laboratoriumwerk en kantoorwerk in. Waar nodig moet addisionele tyd vir vergaderings en ander adviserende aktiwiteite (interpretasie, evaluering en grondgebruiksbeplanning) toegelaat word. Die tempo van veldwerk word hoofsaaklik deur die hoeveelheid waarnemings wat per dag gemaak kan word, bepaal. Die aantal waarnemings word weer deur die afstand tussen die waarnemingspunte, die begaanbaarheid van die terrein, die tipe waarnemings (bv. boor of profiele), apparaat (handboor, meganiese boor), vervoermiddel (bakkie, motorfiets of te voet) en diepte van waarnemings bepaal.

Die intensiteit van opname het dus die grootste invloed op die tempo en bepaal of daar veralgemeen kan word (Tabel 1.2). Hierdie waardes word egter sodanig deur bogenoemde faktore beïnvloed dat dit tot viervoudig van die gemiddeldes kan afwyk.

Tabel 1.2 Die benaderde tempo van grondopnames in verhouding tot die intensiteit daarvan

Intensiteit van opname	Gemiddelde tempo van veldwerk (ha per werkdag)	Tydverhouding Veldwerk : Kantoor
Intensief	2	2:1
Detail	30	1:1
Detail-verkenning	500	1:2
Verkenning	2500	1:3
Snelverkenning	10 000	1:5

1.7 Die interpretasie van grondeienskappe en die opstel van aanbevelings vir grondgebruik

Die interpretasie van grondeienskappe en diagnostiese horisonte word onderdeidelik in Hoofstukke 3 en 4 behandel. Sekere beginsels word deurlopend toegepas. Dit word hier

kortliks bespreek. 'n Algemene beginsel is dat, waar moontlik, waardetoevoeging tot gronddata gedoen behoort te word in die vorm van sistematiese, deeglike interpretasie. Interpretasie vereis 'n hoë vlak van kundigheid. Die afleidings wat tot hede van die verskillende grondvorme in Suid-Afrika gemaak was met die oog op die benutting daarvan, was hoofsaaklik op ondervinding gegrond. Baie van die kennis het egter beperk gebly tot die individu en was bedoel vir plaaslike aanwending. Sekere aspekte daarvan is wel in die dokumentasie van lokale instansies vervat as norme vir die grondvereistes van 'n produksiesisteen eerder as kenmerkende eienskappe en kwaliteite van die gronde.

Die interpretasie van gronde word vergemaklik as die beginsels van grondklassifikasie in gedagte gehou word. Eerstens is die klassifikasie van grond gemik op die identifisering van natuurlike grondliggame (polipedons) wat noemenswaardig van mekaar verskil. Dié verskille is nie noodwendig belangrik vir alle gebruike nie. Sommige polipedons kan vir sekere gebruike saamgevoeg word terwyl dit vir ander geskei word omdat die kwaliteit van die gronde (potensiaal en/of degradasiegevaar) daarvan verskil.

Tweedens bepaal dit die mate waartoe geïnterpreteer kan word. 'n Klassifikasietakson op grondvormvlak bevat baie variasie en laat dus minder interpretasie toe as 'n klassifikasietakson op familie- of fasevlak. Derdens speel die gehalte van die opname 'n rol. Indien die roostermetode gebruik is, behoort die inligting met meer sekerheid en vir meer detail geïnterpreteer te kan word as wanneer die vrye- of ekstrapolasiemetode gebruik is.

1.7.1 Van grondkaart tot grondgeskiktheidskaart

Naas die eienskappe van die grond self, beïnvloed die omgewing ook sommige kwaliteite daarvan. Dit kompliseer die interpretasie van grondeienskappe. Dit verg 'n groot sprong om vanaf data na die geskiktheidsevaluering van grond te beweeg. Om tot dié punt te kom vereis kennis, insig en selfvertroue. Terwyl veldwerk bevredigend deur relatief onervare personeel uitgevoer kan word, word interpretasie en evaluering gewoonlik aan ervare personeel oorgelaat. Ten einde landgebruik aan die hand van gronddata te beplan, kan twee benaderings gevolg word. Daar kan naamlik uitgegaan word van 'n landvermoë of landgeskiktheid oogpunt.

1.7.2 Landvermoë

Grondopnames dien soms as basis vir landvermoëklassifikasie (*land capability classification*). Daar bestaan 'n aantal variasies ten opsigte van landvermoëklassifikasie en 'n veralgemeende voorbeeld word hier bespreek, naamlik 'n indeling in hoog- en laagliggende grond wat dan weer onderverdeel word in die beste (klas I) tot die swakste (klas VIII) gronde. Die vermoë en beperkings van die grond word in ag geneem om die klas vas te stel. Beperkings sluit in klimaat, helling, erosie, diepte, pH, ens. Hoewel die ekonomie in ag geneem kan word, speel dit 'n minder belangrike rol, met die gevolg dat algemene tendense vir die dominante gewasse wat in die streek verbou word, as norme aanvaar word.

Landvermoë hou verband met die invloed van die grond op die ekonomie van produksie en die invloed van die produksiesisteem op die grond. Dit is 'n veralgemeende model met die klem op beperkings. Hierdie tipe landevaluering vind toepassing waar gebiede met mekaar vergelyk moet word, 'n generiese of algemene waardebepaling gedoen moet word of waar bewaringsprioriteite bepaal moet word.

1.7.3. Landgeskiktheid

Die mees algemene interpretasie wat van grondopnamedata afhanklik is, is die bepaling van landgeskiktheid (*land suitability*). Landgeskiktheid verwys na die geskiktheid van 'n sekere lokaliteit vir 'n spesifieke landsgebruikstipe (*land utilization type*). Dit vorm die basis vir besluitneming oor volhoubare landgebruik. Die produksie potensiaal en degradasie gevare is van belang. Om die grond te evalueer moet dan ook na die ekonomiese aspekte verwys word. Wanneer ekonomiese analise deel van 'n studie vorm word verwys na landgebruiksbeplanning. 'n Bepaalde landgebruikstipe sluit die gewas, opbrengs en verbouingspraktyk in. Die oogmerk is die mees ekonomiese aanwending op 'n volhoubare basis.

Terwyl landvermoë te doen het met “wat” op land gedoen kan word (altyd kwalitatief), verwys landgeskiktheid na die graad van geskiktheid (kwalitatief en kwantitatief). Voorbeelde kan in bylaag 2 gesien word.

1.7.4 Gebruikskarte

'n Verouderde vorm van geskiktheidsbepaling is die maak van geskikheidskarte vir 'n bepaalde (enkele) landgebruiktype. Dit het beslag gekry in gebiede waar lae-inkomste monokultuurlandbou dominant was. Indien gebruikskarte vandag gemaak sou word, sou dit aan te beveel wees dat 'n grondkaart gemaak word as tussenstap. Die insette is dan dieselfde as vir konvensionele landevaluering. Die pedologiese inligting wat ingesamel word, behoort dan, net soos in die geval van standaardgrondopnames, georden en gedokumenteer te word in 'n kaart en verslag.

1.8 Ekonomiese beginsels

1.8.1 Voordeel

Die voordeel van grondkarte is daarin geleë dat dit inligting oor die hulpbron verskaf wat beplanning op 'n stewiger grondslag plaas en effektiewe bestuur en volhoubaarheid van grondgebruik in die hand werk. Die mate van voordeel hang van verskeie faktore af, onder andere van die kwaliteit van die opname en die aard van die landgebruik. Grondopnames van 'n hoë kwaliteit is geskik vir evaluering van die gronde vir 'n verskeidenheid gebruike.

Lewensduur

Die kwaliteit van 'n grondkaart beïnvloed die lewensduur daarvan. Hoe langer die lewensduur van grondkarte, hoe groter is die voordeel wat daaruit verkry word. Ontwikkeling in grondklassifikasie, grondbewerkingsmetodes, kultivarteling en ander kennis lei daartoe dat grondkarte verouder. Moderne grondkarte se leeftyd is ongeveer 25 tot 30 jaar (Western, 1978). Gebruikskarte en doelgemaakte grondkarte sal na verwagting nog vinniger verouder.

Risikovermyding

Inligting oor die grondhulpbron stel die besluitnemer in staat om bepaalde risiko's te vermy. Hier volg 'n paar voorbeelde:

In die geval van droëlandgewasverbouing in Suid-Afrika is watertekorte die grootste probleem waarmee die landgebruiker te kampe het. Dit kan tot 'n mate bestuur word

deur die gewas by die grond se waterhuishouding aan te pas. By golfbane moet oorstroming vermy word. Kennis van die grond maak die korrekte keuse van kunsmatige dreinerings, terrein en helling moontlik. Besproeiing is bestuursintensief en kennis van die waterhouvermoë van die grond vergemaklik bestuur. Versuiping, verbraking, verdroging, ens. kan vermy word deur die besproeiingsbehoeftes en -tempo's met grondeienskappe te versoen.

'n Landbougrondgebruiker se inkomste kan verhoog indien grondkundige inligting daartoe kan bydra dat die deel van die grond waarop teen 'n verlies geboer word, uitgeskakel word. Dit kan verder verhoog indien dié grond winsgewend vir 'n ander gebruik aangewend kan word.

Daar moet in gedagte gehou word dat geen grond nutteloos is nie. Die ekonomie bepaal die geskiktheid van 'n spesifieke stuk grond vir ingenieurs-, landbou-, behuising en ander gebruike. 'n Eenvoudige beginsel is dat grond eerstens ekonomies aangewend moet word en tweedens so ekonomies moontlik aangewend moet word. As gevolg van die fluktuasie in die ekonomie en ander faktore oor die kort termyn moet berekeninge oor 'n lang termyn gedoen word. Gewas-grondkombinasies wat byvoorbeeld vir minder as 7 uit 10 jaar ekonomiese opbrengste lewer, moet heroorweeg en die grond moet vir 'n ander doel benut word (Ludick & Wooding, 1991).

Risikoversagting

Pedologiese inligting is nodig vir suksesvolle aanwending van tegnieke om grondverwante risikos te versag. In die geval van droëlandgewasproduksie, byvoorbeeld, word aanpassing van opbrengsmikpunte, gewaskeuse en grondmanipulasie (bv. skeurploeg, diepdol, ens.) op pedologiese inligting gebaseer. Wanneer strukture op swellende grond opgerig word, is inligting oor die aktiwiteit en diepte van die swellende materiaal nodig vir die tref van voorsorg om beweging te beperk of die effek daarvan te verminder of uit te skakel.

Bestuur van grondeienskappe

'n Stuk grond word bestuur, óf deur middel van keuse van grondgebruik, óf grondmanipulasie. Manipulasie van grond sluit verandering in chemiese, fisiese en

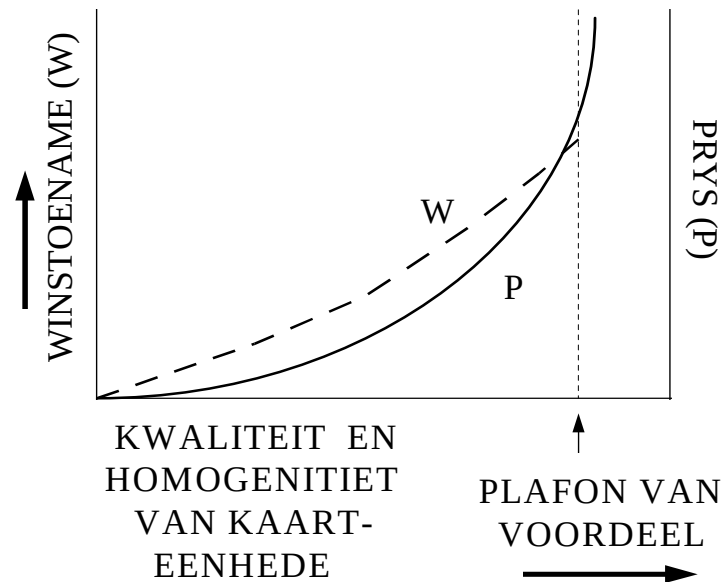
vrugbaarheidseienskappe in. Voorbeelde is toediening van grondverbeteraars, ondergrondse dreinerings, diep dol en gelyksleep. Sulke manipulasies is duur en gewoonlik slegs ekonomies in geval van intensiewe benutting. Tegnologiese ontwikkeling maak dit egter moontlik dat grond wat ongeskik is vir 'n spesifieke gebruik, na manipulasie benut kan word. Swak bestuur kan egter steeds gronddegradasie tot gevolg hê, byvoorbeeld in die vorm van verbrakking, erosie, verarming en versuring.

Kostevoordeel van grondopnames

Die kostevoordeel van 'n grondopname is die verhouding tussen die voordeel, in geldwaarde, wat verkry word deur landgebruik bo die koste van die grondopname. Die kostevoordeel word deur die kwaliteit van die grondopname en die intensiteit van landgebruik bepaal (Figuur 1.2). 'n Grondopname van onnodige hoë intensiteit verhoog koste en verlaag die kostevoordeelverhouding. 'n Grondopname van lae kwaliteit lei daartoe dat die voordeel wat verkry word, laag is.

Die kostevoordeel van grondopnames is gewoonlik hoër indien die grond intensief benut word. In geval van uiters intensiewe benutting, byvoorbeeld vir sommige meervlakgeboue word die grond geheel en al verwyder en is grondopnames dus onnodig. In dié geval kan dit net 'n rol speel in die beplanning van die verwydering en heraanwending van die grond. Die volgende is voorbeelde van veralgemeende kostevoordeelverhoudings vir verskeie gebruike:

- Akkerbou: Volgens berekenings in verskeie lande is 'n kostevoordeel van 1:125 en hoër moontlik in geval van droëlandgewasverbouing (Western, 1978). 'n Verhouding van 1:45 word as uitsonderlik laag beskou. In Suid-Afrika het 'n landwyse opname onder lede van die Grondkunde Vereniging van Suid-Afrika (GVSA) 'n raming van ongeveer 1:20 met 1:10 as 'n minimum gegee. Daar was ook gevalle waar die voordeel baie hoër was. Dié variasie word veroorsaak deur verskeie faktore waarvan die belangrikste mag wees die eenvormigheid van die grondhulpbron, intensiteit van gebruik en die mate waartoe grondvariasie reeds deur die gebruik geakkommodeer word.



Figuur 1.2 Toename in prys (P) van grondopnames met hoër intensiteit en toename in wins (W) as gevolg van verbeterde bestuur (Beckett, 1981).

- Weiding: Grondopnames vir die bestuur van natuurlike veld hou 'n lae kostevoordeel in (Western, 1978). Die hoofrede is dat lokale grondverskille reeds waarneembaar is in die plantgemeenskappe.
- Bosbou: 'n Landwyse opname onder lede van die GVSA het ramings tussen 1:500 en 1:1 200 opgelewer.
- Pomologie en tuinbou: Die landwyse opname onder lede van die GVSA het 'n raming soortgelyk aan dié van bosbou, en in die koers van 1:1000 opgelewer. Hierdie ramings dui daarop dat die potensiële voordeel styg met die intensiteit van gebruik.
- Ingenieursveld: Die verhouding is geweldig groot. Die waarnemings word tot op 'n groter diepte gemaak en is gevolglik duurder. Dikwels word die grond egter in elk geval verwyder en speel opnames dus nie 'n rol nie. Omdat die vereistes baie verskil tussen een projek na die volgende, word grondopnames in die ingenieursveld gewoonlik deur die betrokke firmas self onderneem.
- Landskapargitektuur: Die voordeel is waarskynlik soortgelyk aan dié in die ingenieursveld maar dit word nog baie selde aangewend.

- Sportvelde: Soos in die geval van ingenieurswerk, is die doel van die grondopname dikwels voorkomend, of word die grond verwyder of vervang. Die voordeel is ook baie hoog. Grondkundiges is betrokke by sportvelde met die keuse van geskikte grondmateriaal vir die speeloppervlak omdat die grond met konstruksie geplaas word.

1.8.2 Koste per hektaar

Die koste van grondopnames wissel baie en word hoofsaaklik deur die intensiteit van die opname, die ondervinding van die grondopnemer en die karakter van die terrein bepaal. Vir die opstel van 'n begroting moet die stappe soos in Hoofstuk 2 uiteengesit, gevolg word.

Faktore wat koste beïnvloed

Intensiteit/tempo: Omdat die standaard- of vaste kostes soos vervoer, die teken van die kaart, die skryf van die verslag, ens., grootliks tot die totale koste van grondopnames bydra, styg die koste per hektaar relatief min namate die intensiteit van die opname toeneem. Die koste per waarneming daal dus met verhoogde intensiteit.

Terrein: Soms bemoeilik die aard van die terrein beweging tussen waarnemingspunte. Dit vertraag die opname maar behoort nie die kwaliteit daarvan te verlaag nie. Tipiese voorbeelde van hindernisse is rotse, bosse, berge, kontoerwalle, heinings, ens.. In natuurlike en aangeplante bos word dit soms vroeg reeds te donker om te werk.

Ondervinding: Opnemers met ondervinding kan dieselfde produk as beginners lewer teen 'n baie vinniger tempo. Dit word toegeskryf daaraan dat persone met ondervinding met groter sukses kan karteer en ekstrapoleer omdat hulle skerp waarneem, waarnemingspunte beter kies en vinnig en akkuraat oriënteer. Gevalle is gerapporteer waar die verskil viervoudig was (Olson, 1981).

Tipe waarnemings: Profielgate bied hoëkwaliteitwaarnemings wat noodsaaklik is vir korrekte identifikasie en beskrywing van 'n grond, maar die maak daarvan is arbeidsintensief en tydrowend. Die boor van gate is 'n baie vinniger en doeltreffende manier om grondgrense vas te stel. Hoewel handbore arbeidsintensief is, het dit wyer toepassing in moeilik begaanbare terrein as hidrouliese bore.

Opsigtelike korrelasie: Opsigtelike korrelasie van grondkleur, plantegroei, topografie, ens. met die verspreiding van die grondsoorte kan gebruik word om die karteerwerk te versnel, maar vereis ondervinding en goeie waarneming.

Grondtoestand: Wanneer die grond te droog of te nat is, is dit baie moeilik, soms selfs onmoontlik om opnames uit te voer. Kleurskakerings van die grond is meer opsigtelik in die nat, geploegde toestand. Kartering van diep grond is 'n stadiger proses omdat observasies tot groter dieptes uitgevoer word.

Onderhandeling: Waar tradisionele stamowerhede betrokke is, is uitgerekte onderhandelings soms nodig. Meervoudige besoeke is soms nodig om byvoorbeeld toegang te verkry tot die terrein.

Koste

Salarisse en lone: Salarisse en lone maak ongeveer 45 % van die totale koste van grondopnames uit. Dit kan daal tot 25 % indien die karteerder baie ondervinding het en kan aansienlik verhoog ooreenkomstig die intensiteit van die opname. Let op dat die kwaliteit van die grondopname die koste relatief min beïnvloed. Die rede is dat die kwaliteit hoofsaaklik verband hou met die effektiewe gebruik van tyd van die karteerder en arbeid.

Grondontledings: Dit verteenwoordig ongeveer 25 % van die onkoste en kan varieer tussen 5 en 50 %. Die hoër persentasies kan by intensiewe opnames soos besproeiingsopnames voorkom.

Vervoer en apparaat: Dit verteenwoordig ongeveer 15 % van die totale koste. Indien bakkies met bore gebruik word, werk dit duurder uit (± 20 %) en as handbore gebruik word, goedkoper (± 10 %).

Skryfbehoeftes: Dit verteenwoordig ongeveer 10 % van die uitgawes. Dié persentasie kan tot 5 % daal in geval van hoër intensiteitsopnames. Dié ramings sluit nie spesiale materiaal soos afstandwaarnemingprodukte in nie.

Klerikaal: Die tikwerk, teken van die kaart, ens. waarby die karteerder gewoonlik nie betrokke is nie, verteenwoordig ongeveer 5 % van die onkoste. Dit kan heelwat hoër wees indien hoëvlaktegnologie gebruik word.

1.9 Kwaliteit van grondkaarte

1.9.1 Voorbereiding

Sorgvuldige afhandeling van die stappe soos in Hoofstuk 2 uiteengesit, stel die grondopnemer in staat om optimaal te funksioneer tydens veldwerk. Kwaliteit kan veral nadelig beïnvloed word deur gebrekkige basiskaarte, wat aanleiding gee tot foutiewe orientasie en plasing in die veld, en toerusting wat onvoldoende is om harde grond of gruislae te penetreer.

1.9.2 Identifikasie

Noukeurige en korrekte identifikasie van grondkenmerke en eienskappe is noodsaaklik vir korrekte klassifikasie. Dit beïnvloed dus ook die interpretasie en evaluering van die grond. Die vermoë om grondkenmerke en eienskappe te herken en na waarde te skat, kan gewoonlik slegs deur deeglike opleiding bekom word.

1.9.3 Klassifikasie

Die minimum vereiste vir klassifikasie is 'n deeglike kennis van die kriteria en norme van die klassifikasiestelsel wat gebruik word. 'n Persoon wat slegs oor die minimum kennis beskik, sal dit ook nog moeilik vind om goeie oordeel aan die dag te lê wanneer met grensgevalle of nuwe voorbeelde gewerk word. Insig in grondgenese, ander klassifikasiestelsels in die wereld en die *rationale* agter kriteria wat gebruik word, behoort deur klassifiseerders nagestreef te word ten einde in staat te wees om oordeel aan die dag te kan lê wanneer omstandighede dit vereis.

1.9.4 Kartering

Indien grondgrense nie korrek bepaal word nie, verlaag die kwaliteit van 'n grondkaart drasties. Hoe korrek dit gedoen word, hang nou saam met waarnemingsdigtheid in die geval van die roostermetode, en ondervinding en deeglikheid in die geval van die vrye en ekstrapolasiemetode. Die akkuraatheid van plasing op kaart speel ook 'n groot rol, veral in die geval van detailopnames.

1.9.5 Kaartkwaliteit

Skaal, intensiteit en minimum bestuursarea

Die voordele verbonde aan hoëvlakse beplanning, identifikasie, klassifikasie en kartering kan grotendeels verlore gaan indien die grondkaart op 'n skaal aangebied word wat nie reg daaraan laat geskied nie. Die koste, intensiteit, minimum bestuursarea en die skaal van die veld- sowel as finale kaarte moet met mekaar versoen word (kyk Tabel 1.3).

Die grootte van die minimum bestuursarea moet eerste vasgestel word. Dit bepaal die digtheid van waarnemings en die minimum grootte van 'n kaarteenhed. Die waarnemingsdigtheid word so gekies dat 'n minimum bestuursarea minstens een waarneming sal insluit en die skaal van die kaart word so gekies dat die minimum bestuursarea minstens 0.4 cm^2 sal beslaan. Dit beïnvloed dan ook die prys van die grondopname tot 'n mate.

Tabel 1.3 Die verwantskap tussen die grootte van die minimum bestuursarea, intensiteit, kaartskaal en relatiewe koste van grondopnames. (Die minimum grootte van 'n kaarteenhed is gerieflikheidshalwe as 1 cm^2 geneem.)

Minimum Bestuursarea (ha)	Afstand tussen waarnemings (m)	Intensiteit (ha/wnm)	Finale kaartskaal	Prys per ha (relatief tot die prys van 'n detail opname = 1)
0.04	20X20	0.04	1:2 000	20
1	100X100	1	1:10 000	1
4	200X200	4	1:20 000	0.1
25	500X500	25	1:50 000	0.04
625	2500X2500	625	1:250 000	0.01

Waar kaarte van doelgemaakte skale bekombaar is, soos in die geval van rekenaar-gegenereerde planne, of lugfotovergrotings, behoort die skaal van die *veldkaart* verkieslik ongeveer 1.5 voudig groter wees as die skaal van die *finale kaart*, sodat daar voldoende spasie is vir die noteer van waarnemings en om akkuraatheid van puntplasings te verhoog. Enige foutiewe plasings word dan verklein met die aanbieding van die finale kaart. In die praktyk word karteerders egter dikwels verplig om op die finale skaal in die veld te werk weens die bekombaarheid van gedrukte kaarte op bepaalde publikasieskale, naamlik 1: 10 000, 1: 50 000 en 1: 250 000. Goeie praktyk is om een skaal groter te gaan vir die veldwerk. So byvoorbeeld sal die veldwerk vir 'n opname met 'n publikasieskaal

van 1:50 000, tipies op ortofotos met 1:10 000 skaal gedoen word en dié vir 'n publikasieskaal van 1:250 000, op 1:50 000 skaal topo-kadastrale kaarte.

Leesbaarheid

'n Waarde van 0.4 cm^2 word as die minimum grootte van 'n kaarteenhed aanvaar (Forbes, Rossiter & Van Wambeke, 1987). By sulke klein kaarteenhede maak die oppervlakte van die lyn waarmee dit omlyn word 'n groot persentasie van die totale oppervlak uit, die eenheid word moeilik aangewend en die plasing op kaart en oriëntasie na die grond toe kan aanleiding gee tot groot foute.

Die leesbaarheid van kaarte bepaal hoe effektief dit aangewend kan word. Die kleinste omlynde eenheid moet nie net akkuraat geïdentifiseer kan word nie, dit moet ook verkieslik kleiner wees as die minimum bestuursarea.

Akkurate puntvasstelling

Die skaal beïnvloed die akkuraatheid waarmee 'n punt vasgestel kan word. Hier volg 'n lys van die verskillende pogings tot akkuraatheid met vergelykende skale (Forbes *et al.*, 1987).

Tabel 1.4 Die invloed van skaal op die kleinste leesbare oppervlak op 'n kaart en die noukeurigheid van puntvasstelling vir 'n verskillende kaartskaal.

Kaartskaal	Kleinste leesbare oppervlak (ha)	Naaste puntvasstelling (m)
1:5 000	0.1	1.25
1:10 000	0.4	2.5
1:20 000	1.6	5.0
1:50 000	6	12.5
1:250 000	250	62.5

'n Foto-agtergrond en ondervinding verhoog die akkuraatheid van plasings. Die gebruik van geo-posisioneringsstelsels (GPS) vergemaklik die vasstelling van ruitverwysings. Dit kan egter waardeloos wees om akkurate ruitverwysings te hê as die basiskaart 'n ongekontroleerde lugfoto is. GPS lesings is darenteën van groot waarde as die basiskaart 'n produk van 'n rekenaargesteunde tekenstelsel (CAD) is.

Kaarteenheidspesifikasie

Kaarteenhede word met behulp van kaartsimbole geïdentifiseer. Hulle behoort deur middel van identifiserende, beskrywende en geïnterpreteerde legendes beskryf te word. Die beskrywing bevat inligting oor variasie in eienskappe van 'n enkel komponent, of inligting oor dominansie van verskillende komponente. Enige variasie behoort so goed as moontlik beskryf te word. Die geïnterpreteerde legende bevat algemene aanbevelings ten opsigte van aanwending vir 'n spesifieke doel.

Kaarteenheidhomogeniteit

'n Kaarteenheid word as homogeen beskou as 85 % of meer van die oppervlakte ten opsigte van die spesifikasies (klassifikasie en ander veranderlikes, bv. tekstuur), min varieer.

Kaartsimbole

Elke kaarteenheid moet van 'n kaartsimbool voorsien wees. Eenvoud en gebruikersvriendelikheid is 'n baie hoë prioriteit.

Veldkaartkwaliteit

Die kaart moet van 'n goeie kwaliteit wees sodat dit maklik hanteer en duursaam is. 'n Detailagtergrond, soos lugfoto's, help met oriëntering. Die akkuraatheid van die basiskaart beïnvloed ook die akkuraatheid waarmee die inligting aangestip word. Waar 'n rekenaargegenereerde kaart gebruik word, behoort die skaal in die veld gekontroleer te word. Lugfoto's het inherente skaalgebreke hoewel die akkuraatheid waarmee punte vasgestel word, baie hoog is. Die graad van korrektheid waarmee die grense aangebring is en die korrektheid van klassifikasie is bepalend. Die verhouding tussen die skale van veld- en finale kaarte behoort verhoogde kwaliteit in die hand werk. Daarvoor moet die skaal by detailopnames verklein word en by kleinskaalopnames hoogstens dieselfde bly.

1.10 Kwaliteitskontrole

Kwaliteitskontrole is 'n positiewe aksie en dra enersyds by tot die vertroue waarmee kaarte aangewend word. Andersyds dra dit by tot die ontwikkeling van grondopnemers.

Die kontroleerder moet onpartydig wees en baie ondervinding hê. Die kriteria wat vir kartering gebruik was, moet ook vir evaluering aangewend word.

Omdat verskeie kriteria tydens die kartering van 'n kaarteenhed aangewend word, kan foutiewe insluiting van gronde baie oorsake hê. Die mate waartoe 'n bepaalde grond in 'n kaarteenhed pas, kan egter beraam word. 'n Wetenskaplik verantwoordbare metode van kontrole word in "*Guidelines for evaluating the adequacy of soil resource inventories*" (Forbes *et al.*, 1987) gegee.

Dié metode behels kortliks dat verskeie punte (30 tot 50) willekeurig op die kaart gekies word. Punte na aan grense word vermy. Elke punt word dan gemonitor en twee kriteria word toegepas. Indien van die grondeienskappe nie pas nie, maar in die naasliggende klas val, word dit in een kategorie geplaas. Indien van die eienskappe egter verder verskil van die naasliggende klas, word dit in 'n ander kategorie geplaas. Die metode is verdraagsaam teenoor die eerste foutkategorie en laat 50 % foute toe, maar slegs 10 % foute in die tweede kategorie.

Voorbeeld:

Gegee: Diepte-intervalle van 200 mm, tot 'n diepte van 1400 mm, is gebruik om kaarteenhede te skei. Toetswaarnemings is gemaak in 'n kaarteenhed met diepteklas 800 - 1000 mm. 'n Diepte van 700 mm is gevind. Hierdie waarneming val in 'n naasliggende klas en dus in die eerste kategorie. 'n Toetswaarneming waarvan die diepte buite die naasliggende klas val, bv. 500 mm diep, sal in kategorie twee val.

'n Ander metode van kontrole is die volgende: Ondersoek 'n vaste persentasie van die profielgate wat gebruik is (ongeveer 10 %) vir korrektheid van klassifikasie. Kontroleer enkele grense (ongeveer 5 %) deur weerskante daarvan te boor. Die afstand vanaf die grenslyn waar geboor word, hang af van die skaal van die kaart en dus van die intensiteit van die opname. 'n Goeie norm vir die afstand is 0.5 cm (op kaart) vanaf die grenslyn. Dit neem dus die kaartskaal in ag. Die geleidelikheid al dan nie van grondgrense in die veld behoort in ag geneem te word. Kontroleer die suiwerheid van karteringseenhede deur willekeurig gate oor 5 % van die oppervlakte te boor volgens 'n roosterpatroon. Kontroleer die veldkaart vir skaal en noterings. Kontroleer die finale kaart ten opsigte van skaal en aanbieding (versorging).

Doen soos volg verslag oor die evaluering: Profiele (% reg en % verkeerd); grenskontrolle (% reg en % verkeerd); suiwerheid (% reg en % verkeerd); veldkaart noterings (voldoende/onvoldoende, skaal te klein/reg/onnodig groot); finale kaart (skaal te klein/reg/te groot, grense duidelik/onduidelik, kodes lomp/reg/te kort, legende voldoende/onvoldoende, versorging goed/swak); verslaginhoud te min/voldoende/te veel/te lank/onvoldoende/te kort); kaart en verslag ongeskik/redelik/-geskik/uitstekend vir aanwending soos beoog.

VERWYSINGS

- BECKETT, P.H.T., 1981. The cost-benefit relationships of soil surveys. Soil resource inventories and development planning, Tech. Mono. No.1, Soil Management Support Service, USDA.
- FORBES, T., ROSSITER, D. & VAN WAMBEKE, A., 1987. Guidelines for evaluating the adequacy of soil resource inventories. Dept of Agronomy, Cornell University, Ithaca, NY, 14853.
- GRONDKLASSIFIKASIEWERKGROEP, 1991. Grondklassifikasie. 'n Taksonomiese sisteem vir Suid-Afrika. Mem. Nat. Landbouhulpbr. S. Afr. Nr. 15, Departement van Landbou-ontwikkeling, Pretoria.
- KOK, P.D.F., THERON, G.K. & GROBBELAAR, N., 1987. Plantkunde. Fanerogame en ekologie. Butterworth, Durban.
- LUDICK, B.P. & WOODING, J.G., 1991. 'n Evaluasie van die aanwending en potensiaal van landbougrond en produksiestabiliteit van droëlandgewasse in die landdrostdistrikte van die Hoëveldstreek. Tegniese mededeling no. 224, Departement van Landbou-ontwikkeling, Pretoria.
- SOIL SURVEY DIVISION STAFF, 1993. Soil survey manual. USDA handbook no.18. U.S. Government printing office. Washington, DC 20402.
- TURNER, D.P., 1991. A procedure for describing soil profiles. ISCW Report No. GB/A/91/67. ARC-Institute for Soil, Climate and Water, Pretoria.
- WESTERN, S. 1978. Soil survey contracts and quality control. Oxford University Press, Oxford.

AANVULLENDE LITERATUUR

- DAVIDSON, D.A., 1992. The evaluation of land resources. Longman Scientific & Technical, England.
- DENT, D. & YOUNG, A. 1981. Soil survey and land evaluation. George Allen & Unwin, London.
- McRAE, S.G., 1988. Practical pedology. Chichester, Horwood.
- OLSON, G.W., 1981. Soils and the environment. Chapman and Hall, New York.
- SYS, C., VAN RANST, E & DEBAVEYE, J., 1991. Land evaluation Part I. Principles in land evaluation and crop production calculations. Agricultural publications no. 7, ITC, University of Gent, Brussels.

HOOFSTUK 2

ONTWERP EN UITVOER VAN GRONDOPNAMES EN INTERPRETASIE VAN GRONDKAARTE

deur E. Verster en J.L. Schoeman

INHOUD

2.1	Inleiding	33
2.2	Ontwerp van die opname	35
2.2.1	Inleiding	35
2.2.2	Verkennde gesprekke	36
2.2.3	Voorlegging	36
2.3	Voorbereiding	41
2.3.1	Basiskaart	41
2.3.2	Inligting oor die opnamegebied	39
2.3.3	Interpretasie van inligting	41
2.3.4	Vasstelling van terreinkenmerke en kriteria	43
2.3.5	Vorrade en toerusting	43
2.3.6	Reëlins	44
2.4	Veldwerk	44
2.4.1	Veldverkenning en werkslegende	44
2.4.2	Kartering	45
2.4.4	Grondmonsters	47
2.5	Laboratoriumontledings	48
2.6	Kantoor	48
2.7	Integrering	48
2.7.1	Interpretasie en evaluering	48
2.7.2	Verslag	50
VERWYSINGS		51
AANVULLENDE LITERATUUR		51

2.1 Inleiding

Die riglyne vir die ontwerp en uitvoer van grondopnames en interpretasie van grondkaarte in hierdie hoofstuk is aanvullend tot die beginsels soos in Hoofstuk 1 uiteengesit. 'n Hoë mate van buigsaamheid van enige riglyne is egter nodig om reg aan die spesifieke vereistes van elke opname te laat geskied. Die doel hier is om aan te toon wat tans, in die lig van huidige ondervinding en met inagneming van bestaande tegnologie, onder Suid-Afrikaanse omstandighede as goeie praktyk beskou kan word.

Die hoofstuk handel oor die rol wat die grondopnemer speel in die vasstelling van die behoefte aan en die ontwerp van grondopnames. Meer spesifiek dek dit die opnemer se rol in die formulering van die doel van die opname, die maak van voorstelle betreffende metodes wat gebruik kan word om die doel te bereik en die beskrywing van die eindproduk wat gelewer moet word. Verder behandel dit die uitvoer en interpretasie van die grondopname in groter diepte.

'n Grondopname is 'n arbeidsintensiewe en gevolglik duur onderneming wat deur 'n reeks aktiwiteite gekenmerk word. Hierdie aktiwiteite kan in verskeie fases van uitvoering gegroepeer word soos in Figuur 2.1 aangedui. Hoewel daar verskeie soorte grondopnames is, volg almal in 'n mindere of meerdere mate dieselfde patroon en gaan deur dieselfde fases. Dit is die rede waarom die grondopnameproses verder in die hoofstuk aan die hand van hierdie fases en gepaardgaande aktiwiteite georden word. Dit moet egter ook duidelik gestel word dat daar binne die proses 'n vryheid van keuse van uitvoering en aktiwiteite, soos van toepassing op enige stel omstandighede, behoort te wees.

Aangesien grondopnames in die beplanningsfase van grondgebruikprojekte aangewend word, is dit nodig om daarvoor te begroot. 'n Vloeiopad wat gevolg kan word met die opstel van 'n begroting of tender kan soos volg daar uitsien:

- Klaar die doel uit (Kyk Afdelings 2.2.2 en 2.2.3).
- Bepaal die minimum bestuursarea aan die hand van die doel (Kyk Afdeling 1.6.5).
- Bepaal die waarnemingsdigtheid aan die hand van die minimum bestuursarea.
- Die waarnemingsdigtheid bepaal die skaal van die finale kaart (Kyk Afdeling 1.6.2, Tabel 2.1) en die veldkaart.
- Bepaal die metode van opname, o.a. die digtheid van waarnemings en die distribusie van profielgate wat nodig is om aan die vereiste doel te voldoen (Tabel 2.1).
- Beraam die aantal ontledings wat benodig word (Tabel 2.1).
- Beraam die afstand wat gereis moet word, en die tyd wat die veld- en kantoorwerk sal duur.
- Neem die duur van die interpretasie van die data en die evaluering van die geskiktheid van die gronde in ag.

Alternatiewelik kan die intensiteit van waarnemings en die oppervlakte van die opnamegebied gebruik word as basis vir die beraming van die duur van die grondopname (Kyk Afdelings 1.6.2 en 1.6.3). Deur die vergoeding van die grondopnemer en ander direkte koste as basis te gebruik, kan 'n beraming van die totale koste gemaak word (Kyk Afdeling 1.8.2). Neem die aspekte soos in hierdie afdeling uiteengesit, in aanmerking.

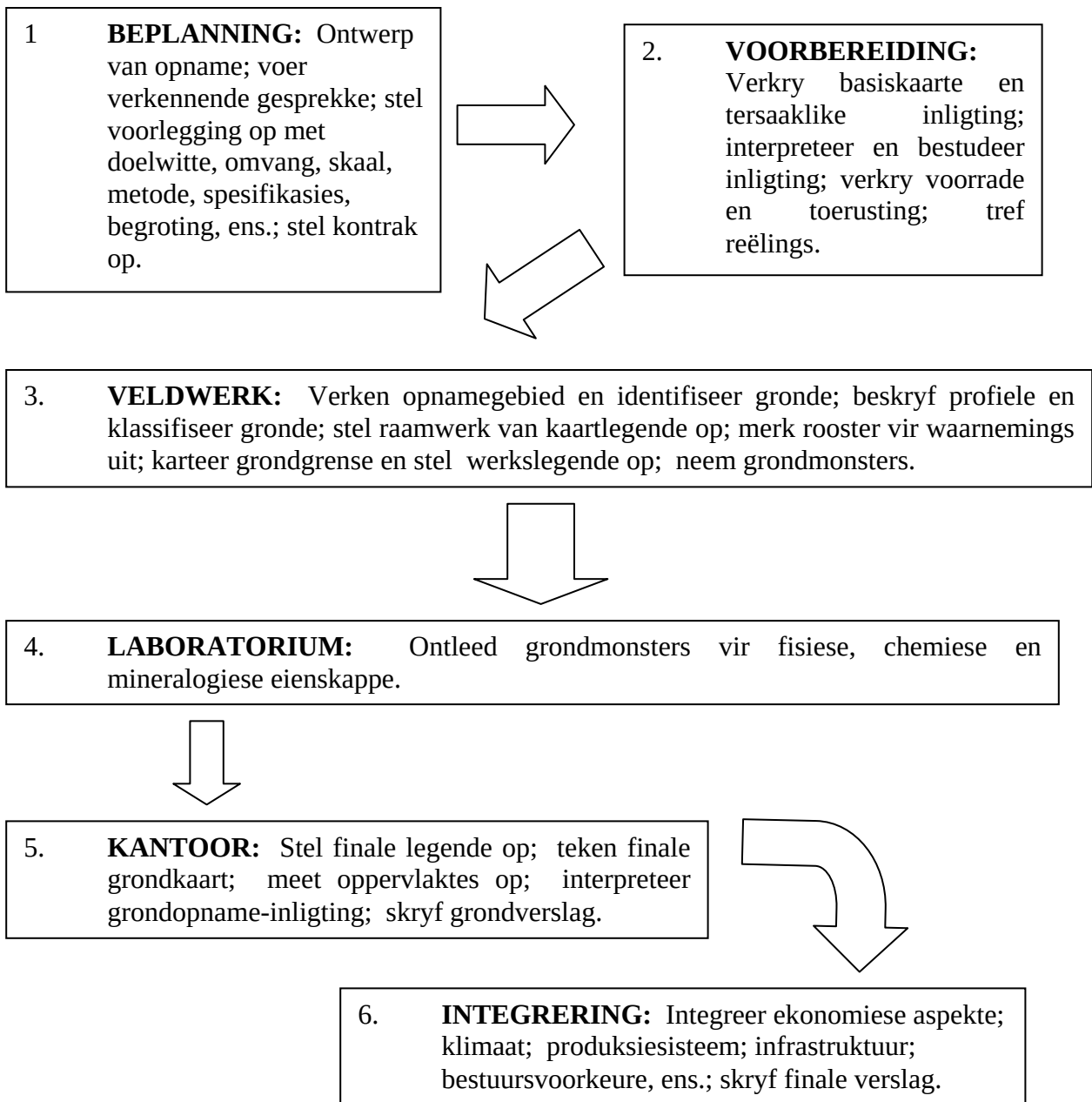
2.2 Ontwerp van die opname

2.2.1 Inleiding

In Suid-Afrika is by die ter perse gaan van hierdie publikasie, nog geen sistematiese detail-grondopnameprogram nie. Detailgrondopnames wat onderneem word, kan as doelgemaak beskou word in teenstelling met veeldoelige pedologiese opnames. Veeldoelige grondopnames volg sistematiese grondopnameprogramme en is die norm in ontwikkelde lande. In die geval van doelgemaakte opnames, soos hier ter sprake is, is dit belangrik dat die ontwerp van die opname die nodige aandag kry.

Die ontwerp van 'n grondopname begin reeds wanneer daar 'n behoefte aan grondinligting ontstaan. In ander gevalle kan die spesifikasies van 'n grondopname in 'n tenderdokument saamgevat wees, en word die ontwerp van die opname nie deur die opnemer gedoen nie. Vir die doel van hierdie hoofstuk word verkennende gesprekke as die beginpunt van die grondopname beskou. Die vermoë al dan nie van die grondopnemer om die behoefte op 'n kostedoeltreffende wyse aan te spreek, moet alreeds duidelik uit hierdie verkennende gesprekke blyk. Die verantwoordelikheid berus by die grondopnemer, as kundige op die gebied van grondopnames, om die grondgebruiker te lei om sy behoeftes duidelik te laat kristalliseer en om antwoorde daarop te formuleer. Daarna is dit die opnemer se taak om die opname sodanig te ontwerp dat die onmiddellike doelstellings op 'n bekostigbare manier bereik word sonder dat wetenskaplike beginsels opgeoffer word. As die opname 'n mate van veeldoeligheid kan verkry sonder groot addisionele insette van fondse en mensekrag, byvoorbeeld deur geringe aanpassings aan die ontwerp, sal die grondopnemer hom of haar daarvoor beywer.

Die ontwerp van 'n grondopname word omvat in die beplanningsfase. Die fase word gewoonlik met verkennende gesprekke ingelui, waarna 'n voorlegging met spesifikasies opgestel word (Figuur 2.1).



Figuur 2.1: Vloeidiagram van die fases in die grondopnameproses

2.2.2 Verkennende gesprekke

Tydens verkennende gesprekke is dit nodig dat die grondopnemer (konsultant) met 'n oop gemoed na die grondgebruiker (kliënt) sal luister en, deur vrae te vra, hom of haar waar nodig sal lei in die formulering van die behoeftestelling. Die grondopnemer sal dan, met gebruik van so min as moontlik tegniese terme (wat vir die grondgebruiker onbekend mag wees), moontlike oplossings bespreek. Die doel hiervan is eerstens om die grondopnemer in staat te stel om die

behoeftestelling genoegsaam te begryp om later 'n aanvaarbare voorlegging te kan maak, en tweedens om aan die grondgebruiker die geleentheid te bied om die opnemer-organisasie se kundigheid op te som.

Hierdie aktiwiteit mag van beperkte omvang wees in gevalle waar dit die vorm aanneem van die bespreking van 'n tenderdokument waarin die ontwerp van die opname reeds uiteengesit is.

2.2.3 Voorlegging

'n Skriftelike voorlegging word meestal vir grondopnames verlang en word as 'n belangrike aktiwiteit tydens die ontwerp van 'n opname beskou. Dit stel die grondopnemer in staat om die doel van die opname in woorde saam te vat en in presiese terme aan te toon watter stappe nodig sal wees om die opdrag uit te voer. Dit kan meebring dat die opnemer die opnamegebied vooraf moet besoek om hom of haar te vergewis van aspekte soos variasie in grondpatrone en toeganklikheid van die terrein. In die geval van groot en/of ingewikkelde projekte mag dit nodig wees om eers 'n breë, voorlopige voorstel (*pre-proposal*) vir bespreking in te dien. Waar enigsins moontlik is dit wenslik om eers hierdie voorlopige voorstel met die kliënt te bespreek sodat aanpassings, waar nodig, deur middel van interaksie tussen betrokkenes gemaak kan word.

Al die tersaaklike aspekte behoort in die voorlegging (of tenderdokument) vermeld te word. Sekere aspekte behoort ook spesifikasies te bevat. Om die grondopnemer met die opstel van spesifikasies te help, kan Tabel 2.1 geraadpleeg word. Aanpassings kan gemaak word met inagneming van die beginsels soos in Hoofstuk 1 bespreek.

Verdere toeligting oor sommige aspekte en spesifikasies is die volgende:

- Die doel waarvoor die opname ontwerp word, moet duidelik omskryf word, want die doel bepaal die vereistes waaraan 'n opname moet voldoen, die stappe wat gevolg moet word, hoe lank die opname sal duur en waarvoor begroot moet word. 'n Doel kan byvoorbeeld wees om 'n detailgrondopname met die oog op plaasbeplanning te maak of om 'n detail-verkenningsgrondkaart vir stedelike beplanning saam te stel. Vir elke doelgemaakte grondopname sal 'n spesifieke reeks spesifikasies uitgewerk moet word. Die beoogde grondgebruik bepaal die detail van die inligting wat benodig word en dus die minimum bestuursarea (Kyk Afdeling 1.6.5). Dit bepaal die skaal van die opname en die

waarnemingsdigtheid. Die minimum bestuursarea moet nie kleiner as 0.4 cm^2 op die kaart wees nie (verkieslik minstens 1 cm^2) en minstens een waarnemingspunt bevat.

- Saam met die doel moet daar ook verskeie spesifikasies vir die opname opgestel word. Dit moet in die voorlegging gemeld te word en behoort die volgende in te sluit.
 - Oppervlakte wat ondersoek moet word.
 - Klassifikasiesisteen wat gebruik sal word.
 - Interpretasies.
 - Inhoud, formaat en hoeveelheid kopieë van die verslag en kaarte.
 - Beraamde tydsduur en moontlike begin- en einddatums.
- Die voorlegging moet aandui hoeveel personeel, met watter mate van kundigheid vir die opname aangewend sal word. Gewoonlik word *curricula vitae* aangeheg.
- Spesifikasies oor die skaal van die opname vorm 'n integrale deel van die voorlegging. Soos reeds in Hoofstuk 1 uiteengesit, word die skaal hoofsaaklik deur die doel van die opname en die kompleksiteit van die grondpatroon bepaal. Tabel 2.1 kan die grondopnemer help met die keuse van 'n skaal. Die verskil tussen die veldskaal en die finale skaal van die grondkaart moet ook gespesifiseer word. Byvoorbeeld, ten einde 'n uitvoerbaarheidstudie vir besproeiing te doen, kan lugfoto's op 'n skaal van 1:30 000 vir die veldkartering van gronde gebruik word, terwyl die finale grond- en interpretasie-inligting op 1:50 000 topokadastrale-velle aangedui word.
- Die metode van opname moet ook gespesifiseer word. In Tabel 2.1 word die aanbevole opnametipe (rooster of vrystylmetode) vir verskillende skale en toepassingsvelde opgesom. Hiermee saam moet besluit word wat die waarnemingsdigtheid (afstand tussen waarnemings of hektaar per waarneming), sowel as die aantal hoë- en laevlakwaarnemings per hektaar behoort te wees. Al hierdie begrippe wat met die intensiteit van grondopnames verband hou, is alreeds in Hoofstuk 1 behandel, terwyl Tabel 2.1 sekere aanbevelings in dié verband bevat.
- By alle grondopnames moet die metode van monsterneming, die hoeveelheid monsters en die soort laboratoriumontledings wat uitgevoer gaan word (Tabel 2.1), vermeld word. Die soort ontledings word deur die doel van die opname bepaal. Die oorwegende behoefte sal roetine-

Tabel 2.1 Oorsig oor riglyne vir die ontwerp van grondopnames

INTEN- SITEIT	SKAAL	BELANGRIKE TOEPASSINGS	OPNAMEMETODES					METODE VAN MONSTERNEMING					
			BASIS- KAARTE	ROOSTER OF VRY	AFSTAND TUSSEN WAAR- NEMINGS	HEKTAAR PER WAARN.	WERKS- LEGENDE	SUBMON- STERS PER OBSERVASIE	GESELEK- TEERDE PROFIELE	HORISONTE			
Intensief	1:500 tot 1:3 000	Sportvelde	Terreinplanne	Rooster	30-75	0.09-0.56	'n Werks- legende voor kartering begin, is ge- woonlik onnodig weens beperkte omvang van hierdie tipe opnames.	Toepaslike metode waar grondvrug- baarheid beraam moet word.	Toepaslike metode	A, B, C			
		Vrugte- wingerdbou en	Lugfoto- vergrotings		50-100	0.25-1.00		Selde van toepassing					
		Proefterreine vir landbou en bosbou	Terreinplanne		30-75	0.09-0.56							
		Landskaps- argitektuur: Pad-, spoorbelynings		50-100	0.25-1.00								
		Landskaps- argitektuur: Konstruksie- terreine		30-75	0.09-0.56								
Detail	1:5 000 tot 1:10 000	Droëland akkerbou	Lugfoto- vergrotings; ortofoto's	Rooster	150-250	2.25-6.25	In die geval van groter opnames, waar nie op 'n ruitpatroon gewerk word nie, behoort 'n karteer- legende deur middel van profielgate opgestel te word voordat met kartering begin word.	Verkieslike metode	Toepaslike metode	A, B			
		Kleinboer- ontwikkeling			150-250	2.25-6.25		Toepaslike metode					
		Vrugte- wingerdbou en									100-150	1.00-2.25	
		Besproeiings- ontwikkeling	Ortofoto's; kontoerplanne	Rooster	100-200	1.00-4.00		Selde van toepassing	Verkieslike metode	A, B, C			
		Bosbou- ontwikkeling			150	2.25		Verkieslike metode	Toepaslike metode	A, B			
		Stedelike uitbreiding	Lugfoto's; ortofoto's	Vry of Rooster	150-250	2.25-6.25		Selde van toepassing	Verkieslike metode	A, B, C			
		Detail-verkenning	1:50 000	Ekstensiewe landbou	1:50 000 velle; Lugfoto's	Vry		500-2 000	25-400	'n Karteer- legende word opgestel na bestudering van 'n beperkte aantal goedge- plaaste profielgate wat deur die opname- gebied versprei is. Kartering word in terme daarvan gedoen. Dit word uitgebrei as nuwe gronde tydens kartering gevind word. Dit vorm die basis vir die finale legende.	Nie toepaslik nie as gevolg van variasie in kaarteenhede.	Toepaslike metode	A, B
				Uitvoerbaarheid- studies: besproeiing				300-600	9-36				A, B, C
Uitvoerbaarheid- studies: bosbou	500-2 000			25-400			A, B						
Stedelike beplanning													
Streekontwik- keling													
Natuurbewaring													
Militêre terrein- evaluering													
Verkenning	1:100 000 tot 1:250 000	Streekbeplanning	1:50 000 kaarte; lugfoto's; Langafstand beelde	Vry	2 000- 10 000	400- 10 000							
Snelver- kenning	1:250 000	Streekbeplanning			5 000- 15 000	2 500- 22 500							

Tabel 2.1 (vervolg)

INTEN-SITEIT	BELANGRIKE TOEPASSINGS	GROND-ONTLEDINGS OM TE OORWEEG*	INLIGTING WAT OP DIE KAART BEHOORT TE VERSKYN	INLIGTING EN DATA WAT IN DIE VERSLAG BEHOORT TE VERSKYN	INTERPRETASIES/ AANBEVELINGS WAT GEMAAK BEHOORT TE WORD	BYLAES WAT VAN TOEPAS-SING MAG WEES
Intensief	Sportvelde	1, 2, 7, 8, 9, 13	Grondvorme, families, fases en landklasse; kaarteenhede is verkieslik suiwer series (tans ad hoc) of fases van families; beskrywende legende bevat inligting oor gronddiepte, kleur, tekstuur, struktuur en klipperigheid; 'n oorlegsel wat die ligging en nommers van waarnemingpunte aantoon, word aanbeveel.	Opdrag, metodes, klimaatdata; resultate met klem op relevante grondeienskappe, insluitend uitgraafbaarheid, voorkoms van rots, klippe, gruis, natheid.	Eksterne en interne dreinerings, swel-krimp eienskappe, waterhouvermoë, verdigbaarheid, natuurlike vrugbaarheid.	Sigblad met verkorte profielbeskrywings van waarnemingpunte; profielbeskrywings met ontledingsdata waar van toepassing.
	Vrugte- en wingerdbou	1, 2/3, 4, 8, 13		Opdrag, metodes, klimaatdata; resultate met klem op relevante grondeienskappe, insluitend tekens van natheid, struktuur, chemiese eienskappe.	Landgeskiktheid, eksterne en interne dreinerings, waterhouvermoë, landvoorbereiding.	
	Proeftereine vir landbou en bosbou	1, 2, 7, 13, 15		Verslag meestal opsioneel.		
	Landskaps-argitektuur; Pad-, spoorbelynings	1, 2, 13		Opdrag, metodes, klimaatdata; resultate met klem op relevante grondeienskappe wat erodeerbaarheid en natuurlike vrugbaarheid bepaal.	Erodeerbaarheid, natuurlike vrugbaarheid, interne dreinerings.	
	Landskapsargitektuur; Konstruksieterreine	1, 2, 7, 13, 14				
Detail	Droëland akkerbou	1, 2, 6, 8, 9, 13	Grondvorme, families, fases en landklasse; kaarteenhede is verkieslik suiwer series (tans ad hoc) of fases van families; gronde wat saam gekarteer word, verskil nie grootliks in gebruikswaarde nie; beskrywende legende toon veralgemeende dieptes, kleur, tekstuur, struktuur en klipperigheid aan; 'n oorlegsel met die ligging en nommers van waarnemingpunte mag nodig wees.	Opdrag, metodes, klimaatdata; resultate met klem op relevante grondeienskappe.	Grondgeskiktheid; waterhouvermoë; erodeerbaarheid; verdigbaarheid (waar van toepassing)	
	Kleinboerontwikkeling					
	Vrugte- en wingerdbou	1, 2, 5, 6, 7, 8, 13				
	Besproeiings-ontwikkeling	1, 2/3, 4, 8, 13		Verslag meestal opsioneel. Opdrag, metodes, klimaatdata; resultate met klem op relevante grondeienskappe.	Grondvoorbereiding (meestal in uitgebreide kaartlegende of databasisinvoere). Swel-krimp, swigting, interne dreinerings.	
	Bosbou-ontwikkeling	1, 2, 7, 8, 13				
Detail- verkenning	Stedelike uitbreiding	1, 2, 7, 13, 14				
	Ekstensiewe landbou	1, 3, 4, 6, 8, 13	Grondvorme, assosiasies en landklasse; waar die gebruikswaarde van gronde wat weens skaalbeperkings saamgekarteer is, verskil, word die persentasie van die kaarteenhede wat deur elk beslaan word, beraam; beskrywende legende toon veralgemeende dieptes, kleur, tekstuur en klipperigheid aan; 'n oorlegsel met die ligging en nommers van waarnemingpunte kan nuttig wees.	Opdrag, metodes, klimaatdata; terrein- en moedermateriaal-beskrywings; resultate en gevolgtrekkings met klem op relevante grondeienskappe.	Grondgeskiktheid; waterhouvermoë, erodeerbaarheid, verdigbaarheid waar van toepassing.	Profiel beskrywings en ontledingsdata van verteenwoordigende profiele van die belangrikste kaarteenhede; sigblad met waarneming beskrywings
	Uitvoerbaarheid-studies: besproeiing	1, 2/3, 4, 13			Besproeiingsgeskiktheid; waterhou-vermoë, eksterne en interne dreinerings.	
	Uitvoerbaarheid-studies: bosbou	1, 2, 7, 8, 13			Bosbougeskiktheid.	
	Stedelike beplanning	1, 2, 13, 14			Landboupotensiaal; swel-krimp vermoë, swigting, interne dreinerings; geskiktheid vir stedelike gebruike.	
	Streekontwikkeling	1, 2, 8, 13			Landvermoë; landgeskiktheid soos deur opdrag bepaal.	Profielbeskrywings en ontledingsdata vir die hoof grondtipes
	Natuurbewaring	1, 2, 8			Erodeerbaarheid; land- en grond-geskiktheid soos deur opdrag bepaal.	
Verkenning	Militêre terrein-evaluering	3, 7, 13, 14			Geskiktheid vir oorlandse beweging.	
	Streekbeplanning	Word deur doel van ondersoek bepaal	Grondassosiasies en landklasse; legende toon dominante, sub-dominante en ander grondvorme; beskrywende legende toon veralgemeende dieptes, kleur en tekstuur aan.		Landvermoë/landgeskiktheid soos deur opdrag bepaal.	
Snelverkenning	Streekbeplanning					

*1. pH en elektriese weerstand; 2. KUK en uitruilbare katione; 3. Katione en anione in versadigde ekstrakt; 4. Elektriese geleivermoë van versadigde ekstrakt; 5. KCl-ekstraheerbare suurheid; 6. Uitruilbare Al; 7. Organiese C; 8. Ekstraheerbare P (Bray ens.); 9. P-fikseervermoë; 10. CBD-ekstraheerbare Fe, Al, Mn; 11. Pirofosfaat-ekstraheerbare Fe, Al, C; 12. Matriksuigkurwe; 13. Deeltjiegrootteverspreiding (7 fraksies); 14. Atterberggrense (>15% klei); 15. Kleimineralen (X-straaldiffraksie)

ontledings behels soos deeltjiegrootte, uitruilbare katione, KUK, pH en elektriese geleiding, terwyl meer gespesialiseerde ontledings soos die mineralogie van die kleifraksie, waterhouvermoë, ensovoorts moontlik op geselekteerde monsters uitgevoer kan word. Sekere ontledings is nodig om die klassifikasie van die gronde te finaliseer en om die evaluering van gronde te vergemaklik.

- 'n Beraming van die koste sal deur 'n begroting of kwotasie in die voorlegging vervat word (Kyk Afdeling 1.8.2).
- Soms dring een of beide partye daarop aan dat 'n kontrak opgestel en onderteken word. In so 'n geval kan die voorlegging van die grondopnemer as basis vir die kontrak dien.

2.3 Voorbereiding

Hierdie fase is hoofsaaklik 'n kantoorkomponent. Dit omvat onder andere aktiwiteite soos die verkryging van basiskaarte en inligting oor die opnamegebied; interpretasie van lugfoto's en kaarte; identifisering van grond- en terreinkenmerke; verkryging van voorrade en tref van reëlins (Kyk Afdeling 1.6).

2.3.1 Basiskaart

'n Basiskaart wat as veldkaart en vir die opstel van die finale grondkaart aangewend kan word, moet verkry of geproduseer word. Dit is belangrik dat die basiskaart se skaal akkuraat moet wees. Bakens of ander vaste punte moet duidelik sigbaar wees. Topo-kadastrale of ortofotokaarte, lugfoto's of lugfotomosaïeke (lugfotomosaïeke kan self saamgestel word) of kaarte met genoegsame agtergrondinligting wat deur 'n rekenaar geproduseer is, dien meestal die doel. Die opnamegrense van die beoogde projek moet op die basiskaart ingetrek word.

Topo-kadastrale kaarte en lugfoto's kan van die Staatsdrukker, Pretoria, en lugfoto's van die Direkteur, Opmetings en Kartering, Rhodeslaan, Mowbray 7700 bestel word. (Kyk ook Afdeling 1.9.5).

2.3.2 Inligting oor die opnamegebied

Beskikbare inligting (kaarte en verslae) oor geologie, klimaat, landvorm, gronde, plantegroei, afstandwaarnemingprodukte (in die geval van verkenningsopnames) ens. behoort verkry te word. Gepubliseerde geologiese kaarte is by die Raad vir Geowetenskappe, Pretoria te koop, terwyl

inligting oor grond, landvorm en klimaat in die vorm van landtipekaarte en -memoirs (skaal 1:250 000) by die LNR-IGKW, Privaatsak X79, Pretoria 0001 aangekoop kan word. Die soort inligting wat ter sake is by 'n opname hang onder andere af van die skaal van die opname.

2.3.3 Interpretasie van inligting

Interpretasie van lugfoto's en kaarte kan op kantoor gedoen word maar die belangrikste lugfoto-interpretasie is die wat in die veld tydens kartering plaasvind. Deur die basiskaart (byvoorbeeld die kontoere), geologiese-, plantegroei-, grond- en ander kaarte te bestudeer, kan insig in die aard van die opnamegebied vooraf verkry word. Die belangrikste op dié stadium is waarskynlik die bestudering van die lugfoto's of ander beelde - hulpmiddels wat gebruik kan word om die veldwerk te vergemaklik en te bespoedig. Deur die lugfoto's van die opnamegebied stereoskopies te bestudeer, kan:

- Die gebied geëvalueer word met betrekking tot die topografie en landvorme, omvang en aard van gronderosie, natuurlike plantegroei, intensiteit en aard van landgebruikspraktyke, ens.
- Tydens 'n uitvoerige studie van fotobeeldpatrone – wat variasie in helling, landvorm, plantegroei, kleurtoon, ens. aandui – kan skynbaar homogene gebiede voorlopig afgebaken word. Sodoende weet die grondopnemer dat hy of sy sekere fotobeeldverskille opgemerk het wat moontlik met grondverskille verband hou en word 'n beeld van die verspreiding van die gronde gevorm.
- Dreineringspatrone kan gewoonlik duidelik gesien word. Die afbakening hiervan is belangrik vir 'n begrip van grondgenese wat weer belangrik is vir die voorspelling van grondverskille met die oog op veldoriëntering en -interpretering.

Lugfoto's is nuttig by alle soorte grondopnames, hetsy as veldkaarte of as hulpmiddels. 'n Grondopnemer kan 'n lugfoto as 'n veldkaart gebruik om homself beter ten opsigte van landmerke te oriënteer, en grondgrense af te lei. Lugfoto's is egter van onskatbare waarde in die geval van onbegaanbare terrein waar daar van ekstrapolasie gebruik gemaak moet word om 'n grondkaart saam te stel.

Die waarde van lugfoto-interpretasie is egter beperk. Dit kan nie veldwerk vervang of noemenswaardig verminder nie. Die hoofvoordeel daarvan is dat dit die kwaliteit van die werk verhoog, veral indien die terrein onbekend is. Die interpretasie van lugfoto's in die veld, met of

sonder 'n stereoskoop, maak 'n selfs groter bydrae. Dit kan die doeltreffendheid van 'n ervare grondopnemer, veral in kleinskaalkartering aansienlik verhoog.

2.3.4 Vaststelling van terreinkenmerke en kriteria

Tydens hierdie fase is dit ook belangrik om alle terreinkenmerke wat 'n invloed op die doel van die grondopname kan uitoefen, te probeer identifiseer. Byvoorbeeld, indien die doel van 'n grondopname is om die geskiktheid van grond vir die besproeiing van subtropiese boomgewasse en groentes te bepaal, sal dit nodig wees om kriteria vir hellingklasse (erosiebeheer), diepteklasse (wortelverspreiding van hierdie gewasse verskil) en klipperigheidklasse (graad van meganiese beperking) vooraf te probeer vasstel. Dié gegewens is nodig vir die opstel van 'n werkslegende (Kyk Afdeling 2.4.1).

2.3.5 Voorrade en toerusting

Benewens 'n betroubare voertuig, beskermende kleredrag en toepaslike kaarte en verslae, word die volgende toerusting en voorrade vir veldwerk benodig:

1. 'n Klembord (A4 grootte of ongeveer 4 maal groter) om die veldkaart, lugfoto's, notaboek, datavelle, ens. vas te hou terwyl die opnamegebied deurkruis, waarnemings aangeteken en grondgrense gekarteer word. Die nodige skryfbehoeftes soos potlode, penne, uitveërs, liniale, kleefband ens. moet ingepak word. Omnichroom-potlode is veral belangrik as van lugfoto's gebruik gemaak word. Die grondopnemer kan dalk bykomende kopieë van die veldkaart byderhand hou ingeval die kaart beskadig word.
2. Klassifikasieboeke, 'n Munsell-kleurboek en 'n profielbeskrywingshandleiding, 'n notaboek, datavelle vir verkorte profilebeskrywings (Kyk Bylae 1), datavelle vir volledige profielbeskrywings, asook 'n afskrif van die opdrag, waar van toepassing, moet byderhand wees.
3. Apparaat vir die blootlegging van grond moet beskikbaar wees. Twee tipes grondbore behoort beskikbaar te wees, te wete die Edelman-tipe vir nat, kleierige grond en die Thompson-tipe vir normale gebruik. Benewens grondbore en pikke en grawe vir die maak van profielgate, is 'n bottel met water vir die skatting van tekstuur, vadoeke om hande mee af te vee, 'n digte houder met soutsuur vir die identifisering van kalk, 'n geologiese hamer (of

mes), sakkies vir die neem van grondmonsters, 'n maatband, kompas en handlens toerusting wat beskikbaar moet wees. Hierdie toerusting kan gemaklik in 'n rugsak saamgedra word.

4. Indien die spesifikasies bepaal dat roetine-ontledings in die veld uitgevoer moet word, sal instrumente soos 'n pH-meter, weerstandsmeter en ander apparaat vir spesifieke metings (byvoorbeeld 'n skyfpermeameter vir infiltrasietempo) saamgeneem moet word.
5. Ysterpale, draad, 'n hamer en tang vir die afspan van profielgate om te verhoed dat diere daarin val, mag nodig wees.

2.3.6 Reëlins

Die volgende reëlins kan, waar moontlik, vooraf getref word:

- Vasstelling van die naam van die persoon aan wie op die terrein gerapporteer moet word om toestemming te kry om die opnamegebied te betree.
- Verblyf.
- Arbeid.

2.4 Veldwerk

In die kontrak of opdrag is daar ooreengekom op spesifikasies oor die waarnemingsdigtheid en die metode van opname (vrystyl-, rooster- of ekstrapolasie metode). Hierdie spesifikasies sal bepaal hoe die veldwerk uitgevoer sal word. Ofskoon die verskillende stappe wat geneem moet word tydens die uitvoer van die veldwerk volgens die vrystyl-, rooster- en ekstrapolasiemethode verskil, behels die metodes in die breë dieselfde werkwyse. Veldwerk behels die maak van waarnemings en kartering tydens sistematiese deurkruising van die opnamegebied.

2.4.1 Veldverkenning en werkslegende

Voordat met kartering begin word, is dit raadsaam om 'n veldverkenning van die opnamegebied te doen om vertrouwd te raak met die landmerke, grondpatrone en grense van die gebied. Alhoewel sekere inligting (byvoorbeeld landtipes) oor die grondpatroon beskikbaar mag wees, behoort die opnemer nogtans sistematies deur die gebied te beweeg om hom/haar te vergewis daarvan. Behalwe in die geval van gedetailleerde rooster-tipe opnames word hierdie stap gebruik om 'n werkslegende op te stel. Die opnemer behoort die gronde met behulp van 'n grondboor

(profielgate is verkieslik) op verteenwoordigende geologie-heuwelhang-kombinasies te identifiseer, sorgvuldig te beskryf, en die inligting in 'n werkslegende te omskep. Dit is belangrik dat die klassifikasie van gronde tydens veldverkenning baie sorgvuldig gedoen word omdat dit aan die basis lê van baie stappe wat volg. Die stappe van grondklassifikasie soos in die betrokke publikasie beskryf is, moet gevolg word. Die ligging van hierdie waarnemings kan vooraf bepaal word deur voorafstudie van beskikbare inligting oor die opnamegebied.

Die werkslegende (Kyk ook Afdeling 1.6.6) is 'n voorlopige legende van die kaarteenhede wat verwag word. Die opstel daarvan is 'n belangrike stap om te verseker dat kartering konsekwent uitgevoer word. Die kenmerke van elke kaarteenhede behoort kortliks in die legende beskryf te word sodat die grondkaart onafhanklik van 'n verslag gebruik kan word. Elke eenheid wat op die kaart voorkom, word deur middel van 'n simbool in die legende aangedui saam met die belangrikste kenmerke van die eenheid. Daar bestaan geen konvensie aangaande die orde van rangskikking van kaarteenhede nie, maar dit word aanbeveel dat gronde van hoogliggend na laagliggend, of van goed na swak gedreineer, of van hoogs na minder geskik vir 'n spesifieke gebruik gerangskik word. Die doel en skaal van die grondopname sal die inhoud van die legende bepaal. In die geval van kleinskaalopnames sal dit gewoonlik die vorm van 'n sigblad aanneem waarin die volgende kolomme mag voorkom na gelang van die opdrag: Kaartsimbool; klassifikasie van gronde, grondassosiasies of -komplekse (uitgedruk in terme van dominant en subdominant); kort beskrywing van die dominante gronde; landvorm, huidige landgebruik/plantegroei, graad van erosie en faktore wat grondgebruik kan beïnvloed. Landklasse word na die gronde geplaas. Voorbeelde van legendes wat vir intensiewe grondopnames gebruik word, word in Bylae 2 gegee.

2.4.2 Kartering

Dit is die omvangrykste en duurste aktiwiteit van 'n grondopname. Die metode wat vir 'n bepaalde opname gevolg moet word, word soms breedweg in die opdrag gespesifiseer, byvoorbeeld of van 'n grondboor, grondboor en profielgate of slegs profielgate gebruik gemaak moet word. Soms word die roostermetode gespesifiseer.

Indien 'n roostermetode gebruik word, kan die rooster vir die plasing van waarnemings vooraf uitgemerk word. Kennis wat tydens die verkenning van die opnamegebied opgedoen is, sal nou handig te pas kom. Veldwerk kan vergemaklik word as rigtings (kompaspeilings) gekies word

wat eenvoud in die hand werk, byvoorbeeld wat parallel met 'n prominente pad of grensdraad loop of saam met gewasrye. Dit is belangrik om die rigting waarlangs beweeg gaan word so te kies dat dit sover moontlik parallel aan die hellingsrigting is. Om afstande so akkuraat as moontlik te bepaal, moet die opnemer die lengte van sy normale treë yk met behulp van 'n kaart waarvan die skaal bekend is of met behulp van 'n voertuig se afstandsmeter. Sommige werkers maak gebruik van 'n meetwiel. In oop veld kan soms met 'n voertuig op 'n kompaspeiling gery word. Die voertuig se afstandsmeter word dan gebruik om die voorafbepaalde roosterafstande te meet.

Elke waarnemingspunt moet so akkuraat as moontlik op die veldkaart aangestip word. Waar nodig sal aantekeninge oor die omgewingskenmerke gemaak word. Die grondprofiel of boorwaarneming *sal altyd* beskryf word in een of ander van die gebruikelike formate (volle of verkorte beskrywing vir hoëvlakwaarnemings en verkorte beskrywing of kode vir boorwaarnemings). Die grond sal vervolgens geklassifiseer word volgens die stelsel soos gespesifiseer. Die ligging van profielgate kan met behulp van 'n geoposisionerings-apparaat vasgestel word.

Soos van waarnemingspunt tot waarnemingspunt beweeg word, hetsy by wyse van die rooster-, of vrystylmetode, moet die grondkaart saamgestel word deur die roete sorgvuldig op die veldkaart te volg. Al die landoppervlak-, helling-, grond-, plantegroei- en ander verskynsels moet aangewend word om grondgrense op te spoor. Die grense moet op die veldkaart aangestip en met die ooreenstemmende grense van die voorafgaande waarnemingsroete verbind word namate voortbeweeg word. Bykomende waarnemings tussen die roetes mag nodig wees om die grondgrense te verbind. Akkuraatheid word aansienlik bevorder deur die grense in die veld aan te teken eerder as om dit later in die kantoor te ekstrapoleer. Die interpretasie van lugfoto's in die veld speel 'n groot rol in dié verband. Tydens die karteringsproses word die werkslegende getoets en verfyn.

Die opstel van die finale legende is 'n baie belangrike stap omdat dit die kommunikasiemedium tussen die grondopnemer en die gebruiker van die kaart is. Die legende word deur die veld- en laboratoriuminligting bepaal, en kan nie voorspel word of vooraf opgestel word nie. Dit kan gewoonlik nie gefinaliseer word alvorens laboratoriumontledings beskikbaar is nie. 'n Geforseerde legende kan die kwaliteit van die opname aansienlik skade aandoen.

'n Nuwe metode van kartering wat veral by die roostermetode van toepassing kan wees, is om die puntdata deur middel van rekenaartegniese in die kantoor te groepeer. Waarnemingspunte wat homogeen is ten opsigte gekose parameters kan dan omlyn word. 'n Kaarteenheid word sodoende geskep. Die belangrike bydrae van die veldwerker se opmerkings in verband met grond grense kan egter in die metode verlore raak. Sulke metodes kan nie verbeter op die ouer metode waar die veld waarnemings van grond grense deur die kaarteerder geïnterpreteer en geëkstrapoleer is om sodoende die grondkaart in die veld op te stel.

2.4.4 Grondmonsters

Sekere grondontledings is nodig om gronde te karakteriseer, te klassifiseer en te evalueer. Die vraag is egter watter profiele vir monsterneming geselekteer moet word. Normaalweg word een verteenwoordigende profiel van elke dominante grond deur ontledings gedek. Omdat grondontledings duur is, word aanbeveel dat slegs monsters wat verteenwoordigend van dominante of problematiese gronde is, ontleed word. Verteenwoordigende profiele moet sorgvuldig gekies word op grond van die omvang van die grond wat dit verteenwoordig, die moedermateriaal, geassosieerde gronde en spesifieke doelwitte. Die beste metode is om monsterneming uit te stel tot na die kartering voltooi is, aangesien verteenwoordigende profiele dan meer suksesvol geselekteer kan word. Dit is egter nie koste-effektief om byvoorbeeld tydens 'n verkenningsopname na 'n afgeleë gebied terug te gaan nie. Monsterneming geskied dus gewoonlik aan die einde van die karteringsfase. Dit word aanbeveel dat 'n monster van ten minste elke diagnostiese horison geneem word, of soos voorgeskryf deur die Suid-Afrikaanse grondklassifikasiestelsel vir die identifisering van sekere diagnostiese eienskappe (bv luviese B-horison). Soms sal meer as een monster van diagnostiese horisonte dikker as 300 mm nodig wees.

'n Metode van monsterneming wat goeie resultate gee by detailopnames op die roostermetode is om klein (30 g) monsters te neem van sleutel horisonte of op gekose dieptes by elke waarneming en dit dan na kartering saam te voeg per horison per kaarteenheid. Sodoende word 'n baie verteenwoordigende beeld van die grond gekry omdat die sub-monsters ewekansig getrek is.

Waar monsters in toetsgate geneem word, word een wand van die gat sorgvuldig skoongemaak, die verskillende horisonte duidelik afgemerkt. Monsters word met behulp van 'n graaf en hamer geneem. Plaas die graaf aan die onderpunt van die horison en kap 'n verteenwoordigende

monster uit. Onderlinge kontaminasie tussen die horisonte kan vermy word deur die profielwand van onder af te monster. Die grondmonster word in 'n seil- of plastieksak geplaas, verseël en van 'n nommer voorsien. Die massa monster wat geneem word, hang af van die soort grondmateriaal sowel as die aantal en soort ontledings wat gedoen moet word. Normaalweg word sowat 0.5 tot 2 kg grond gemonster.

2.5 Laboratoriumontledings

Die soort laboratoriumontledings wat uitgevoer moet word, word deur die doel van die opname bepaal. Soms kan dit nodig wees om 'n veldlaboratorium in te rig, veral in gebiede met versoutingsprobleme waar roetine-ontledings van byvoorbeeld pH, weerstand of versadigingsekstrak gedoen word soos die veldwerk vorder.

2.6 Kantoor

Die finalisering van die grondkaart met legende, interpretasie van grondopname-inligting (Kyk Afdeling 1.7) en verslag (Kyk Bylae 2 Voorbeelde 1 tot 8) word in die kantoor afgehandel. Die veldkaart met grondgrense en kaartsimbole daarop word na die kantoor gebring waar die grondkaart gefinaliseer word. Om die legende te finaliseer moet die klassifikasie en beskrywing van die gronde aan die hand van laboratoriumontledings gekontroleer word. Die grondkaart word met die hand of met behulp van rekenaarsagteware getrek. Verkleining word rekenaarmatig, fotografies, planimetries, of in uiterste gevalle, met die oog/hand gedoen. Terselfdertyd word die oppervlaktes van die kaarteenhede opgemeet en elke eenheid van 'n finale kaartsimbool voorsien.

2.7 Integrering

2.7.1 Interpretasie en evaluering

Die doel met die interpretasie van grondkaarte is om inligting in 'n formaat beskikbaar te stel wat die grondgebruiker sal verstaan. In wese is die proses gebaseer op die aflei van die kwaliteite van die grond vanaf die opnamedata en die evaluering van die funksionele verwantskap daarvan (met in agneming van faktore soos klimaat) met die vereistes van grondgebruik. Tydens die evaluering word die vereistes van 'n landgebruikstipe met die grondkwaliteite vergelyk (*matching*) om 'n evaluering van die geskiktheid van die grond vir die gebruik te maak. Vir landboukundige

evaluerings word dit toenemend moontlik om potensiële oesopbrengste deur middel van gewasmodelering te beraam. Tans is evaluering egter nog meestal kwalitatief en word die resultaat as grade van geskiktheid weergegee. In die evaluering van geskiktheid word die langtermyn produksiepotensiaal, grondverbeterings wat nodig mag wees en die gevaar van degradasie in aanmerking geneem.

Evaluering van grondgeskiktheid vorm dus deel van landevaluering waarvoor inligting betreffende die klimaat en ander faktore ook benodig word. Verskillende soorte landevaluering kan onderskei word. Voorbeelde van die interpretasie en evaluering van gronde vir 'n verskeidenheid gebruike is ingesluit as voorbeelde in Bylae 2.

Voorbeeld 1 is 'n detail-verkenningsoopname. Die gronde van die groter Bloemfontein word in die verslag geïnterpreteer en vir dorpsontwikkeling geëvalueer. Die beskrywing, interpretasie en evaluering van die gronde word in afsonderlike tabelle aangebied. Voorbeeld 2 is 'n detail grondopname. In hierdie voorbeeld is die gronde vir die geskiktheid vir die verbouing van die mees algemene gewasse onder droëlandtoestande ge-evalueer. Die opname is meer intensief as Voorbeeld 1 en laat dus meer spesifieke evaluering, soos vir spesifieke gewasse, toe. In Voorbeeld 3 is die gronde geïnterpreteer vanaf 'n detail grondopname. Die geïnterpreteerde inligting stel beplanners in staat om die gronde te evalueer vir die geskiktheid daarvan vir die verskeidenheid van algemene gebruike wat met landskapbeplanning gepaard gaan. Die verskillende gronde se geskiktheid vir bosbou, en aanbevelings oor die keuse van spesies en grondvoorbereiding word van die grondeienskappe afgelei en per grondsoort aangebied. Die aanbevelings in die verslag is baie spesifiek en die inligting word in 'n gebruikersvriendelike tabelformaat hanteer. Algemene besproeiingsgeskiktheid is die doel van die verslag in Voorbeeld 5. 'n Detailopname is daarvoor geïnterpreteer en vir die geskiktheid daarvan vir die besproeiing van die meer algemene gewasse geëvalueer. Mynbou aktiwiteite was die motivering vir die grondopname in Voorbeeld 6 en in Voorbeeld 7 was dit die behoefte aan geskikte terrein vir die storting van rioolafval. Die interpretasie van die gronde in hierdie opnames is soortgelyk aan die vir landbougebruik, maar in hierdie laaste twee voorbeelde word ander vereistes aan die gronde gestel en unieke evaluerings is die gevolg. In Voorbeeld 8 is die grond spesifiek vir die verbouing van appels en pere onder besproeiing geëvalueer. Die detail van hierdie opname is in ooreenstemming met die intensiteit van die gebruik.

Landevaluering is 'n omvangryke onderwerp wat nie hier bespreek kan word nie. Daar is 'n wye reeks van internasionale en lokale landklassifikasiesistels beskikbaar, soos onder andere dié van die FAO (1976, 1983, 1985), Scotney, Ellis, Wood, Taylor, Nott, Van Niekerk, & Verster (1987) asook sagteware. Daar is handleidings beskikbaar wat dit moontlik maak om hierdie tipe stelsels te gebruik nadat grondkundige en klimaatinligting tot die verlangde formaat verwerk is.

2.7.2 Verslag

Die oordra van die resultate van 'n grondopname aan die grondgebruiker is 'n belangrike aspek van die opnameprosedure. Hoewel grondopnameverslae 'n groot verskeidenheid vorms kan aanneem afhangende van die doel en intensiteit van die opname, behoort so 'n verslag ten minste die volgende inligting te bevat:

- As inleiding: 'n beskrywing van waar die opnamegebied geleë is en die grootte daarvan, asook die doel en skaal daarvan en moontlike aannames wat op die opname betrekking het.
- 'n Beskrywing van die omgewingsfaktore soos klimaat, landvorm, geologie, hidrologie, huidige grondgebruik en plantegroei. Enersyds kan dit uitgebreide beskrywings van bogenoemde kenmerke bevat indien die verslag deel van 'n hulpbronstudie oor grond vorm of as die spesifikasies dit byvoorbeeld vir plaasbeplanning vereis, of andersyds kan slegs baie kortliks hierna of selfs na slegs enkele omgewingskenmerke verwys word soos in die geval van landskapbeplanning waar 'n grondopname deel van 'n omvangryke verslag oor die omgewing vorm. Vir plaasbeplanning behoort die huidige gebruik van die grond byvoorbeeld beskryf te word, en dit kan dan later met die potensiële grondgebruik vergelyk word.
- 'n Beskrywing van die metodes en tegnieke wat vir die grondopname gebruik is.
- 'n Beskrywing van alle gronde (ligging, morfologie, chemiese, fisiese en ander eienskappe soos klassifikasie en genese), in watter kaartenhede hul voorkom en met watter ander gronde hul geassosieer is. Hierdie gedeelte sal waarskynlik die omvangrykste wees. Aan die ander kant kan ellelange beskrywings van algemeen bekende gronde, byvoorbeeld die Huttonvorm, vermy word deur na die publikasie van die Grondklassifikasiewerkgroep (1991) te verwys en kenmerkende eienskappe, kwaliteite en geskikthede in tabelvorm voor te stel.

- 'n Beskrywing hoe om die grondkaart en -inligting te interpreteer. In hierdie gedeelte word die grondinligting vir 'n spesifieke gebruik of gebruike, soos aanvanklik in die doelwit van die opname bepaal, geïnterpreteer.
- 'n Opsomming wat ook die aanbevelings, indien enige, insluit.
- 'n Aanhangsel waarin profielbeskrywings en analitiese data in tabelvorm opgesom word.
- Grondkaart.

VERWYSINGS

FAO, 1976. A framework for landevaluation. Soils Bulletin No 32, Rome.
 FAO, 1983. Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture. Soils Bulletin No 52, Rome.
 FAO, 1985. Guidelines: land evaluation for irrigated agriculture. Soils Bulletin No 55, Rome
 GRONDKLASSIFIKASIEWERKGROEP, 1991. Grondklassifikasie. 'n Taksonomiese sisteem vir Suid-Afrika. Mem. Nat. Landbouhulpbr. S. Afr. nr. 15, Departement van Landbou-ontwikkeling, Pretoria.
 SCOTNEY, D.M., ELLIS, F., WOOD, P.C., TAYLOR, K.P., NOTT, R.W., VAN NIEKERK, B.J. & VERSTER, E., 1986. A system of land capability classification for rainfed agriculture in the SATBVC States. Report of the Multilateral Technical Committee for Agriculture and Environmental Affairs, Pretoria. Unpublished.

AANVULLENDE LITERATUUR

SOIL SURVEY DIVISION STAFF, 1993. Soil survey manual. USDA handbook no.18. U.S. Government printing office. Washington, DC 20402.

LAND- EN GRONDKENMERKE

deur P.W. van Deventer

INHOUD

3.1 Landkenmerke	54
<i>Kenmerke van die landskap</i>	54
3.1.1 Hidrologie	55
<i>Inleiding</i>	55
<i>Oppervlakwater (surface water)</i>	55
<i>Suboppervlakwater (ondergrondwater)</i>	56
<i>Regionale watervlak</i>	56
<i>Verhewe of freatiesse watervlak (perched)</i>	56
<i>Swewende of tydelike watervlak</i>	56
<i>Faktore wat die watervlakke beïnvloed</i>	57
<i>Invloed van watervlakke op grondeienskappe</i>	57
<i>Geomorfologiese implikasie</i>	57
<i>Geotegniese eienskappe</i>	57
3.1.2 Geomorfologie	58
<i>Topografie</i>	58
<i>Terreinmorfolologiese eenhede</i>	58
<i>Helling</i>	59
<i>Gronderosie</i>	60
<i>Besproeiing</i>	60
<i>Ingenieursgebruike</i>	60
<i>Hellingsaspek</i>	61
<i>Welwingstipe</i>	61
<i>Mikroreliëf</i>	61
<i>Erosie</i>	63
3.1.3 Landvorm	63
3.1.4 Resente landgebruik	64
3.1.5 Geologie	64
<i>Onderliggende materiaal</i>	65
<i>Die effek van geologie op grond</i>	66
3.1.6 Klimaat	67
3.1.7 Plantegroei	69
3.1.8 Los oppervlakrots	70
3.2 Grondmorfologie	71
3.2.1 Waterinhoud	71
3.2.2 Grondkleur	72
3.2.3 Vlekke	75
3.2.3 Tekstuur	78
3.2.4 Struktuur	79
3.2.5 Diepte	81

<i>Effektiewe diepte</i>	82
3.2.6 Konsistensie en sementasie	82
3.2.7 Makroporieë	83
3.2.8 Kutane	84
3.2.9 Wryfvlakke	85
3.2.10 Grondorganismes	86
<i>Plantwortels</i>	86
<i>Diere</i>	86
3.2.11 Vry kalk en gips	87
3.2.12 Stratifikasie	88
3.2.13 Duplekseienskappe	88
3.2.14 Konkresies	88
3.2.15 Biotiese strukture	89
3.2.16 Growwe fragmente	89
3.2.17 Waterabsorpsie	90
3.2.18 Korste	90
3.2.19 Lamelle	90
3.2.20 Vry soute	90
VERWYSINGS	91

3.1 Landkenmerke

Kenmerke van die landskap

Die doel van hierdie hoofstuk is nie om 'n evaluering van die rol van land- en grondkenmerke vir elke gebruik te gee nie, maar eerder algemene riglyne met betrekking tot die breë rol en interpretasie van hierdie kenmerke in algemene landgebruik. Daar word van die standpunt uitgegaan dat enige grondgebruiker of beplanner, ongeag of dit 'n boer, besproeiingsingenieur, ingenieursgeoloog of landskapsargitek is, hierdie kenmerke van die land en grond gedurende die beplanningsfase sal interpreteer en evalueer. Verskillende gebruikers sal verskillende metodes (beskrywings en ontledings), interpretasies en evaluerings gebruik vir die opstel van gepaste voorskrifte.

Grondeienskappe varieer in 'n mate in die grondtakson (grondvorme en -families). Dit is dus nodig om benewens die interpretasie van die grondtakson ook die grondeienskap, soos struktuur, of 'n landeienskap, soos helling, te kan interpreteer.

3.1.1 Hidrologie

Inleiding

Hidrologie is die toegepaste studie wat te doen het met die verspreiding, voorkoms en chemiese en fisiese eienskappe van aardverwante water. Dit behels dus die aard en gebruik van water wat op en onder die aarde voorkom. Die gedeelte van die hidrologiese siklus wat op die grondoppervlak, in die grond en in vlak gesteentes aktief is, is van belang vir die interpretasie en gebruik van die landskap.

Die hidrologiese sisteem bestaan uit in- en uitsette wat subsisteme met mekaar verbind. Elk van hierdie subsisteme het sy eie beheer- en stoormeganismes wat verdere uitsette en soms ook insette bepaal. Omgewingsaspekte soos helling en klimaatsomstandighede, byvoorbeeld presipitasie-intensiteit beïnvloed die in- en uitsette. Grondkwaliteite soos infiltrasievermoë, kapillêre beweging en waterretensievermoë het 'n groot invloed op die finale in- en uitsette van so 'n sisteem. Grondeienskappe soos tekstuur, poriegeometrie, kompaksie of verdigtingslae, makroporieë en kleimineralogie bepaal in 'n groot mate die kwaliteit en kwantiteit van die finale uit- of inset.

Oppervlakwater (surface water)

Die faktore wat die kwaliteit en kwantiteit van oppervlakwater beheer, is klimaat, grond, landvorm, plantegroei en algemene landgebruik. Vir algemene landgebruik is die voorkoms van water, soos poelvorming of afloop, en die faktore wat dit beheer, soos helling en infiltrasievermoë, van belang. Presipitasie is die enkele faktor met die grootste invloed op oppervlakaflow. Suboppervlakaflow vanaf die grondwatersisteem en basisvloei vanaf die ondergrondse watersisteem, maak kleiner bydraes. Die belangrikste grond- en landkwaliteite wat afloop beïnvloed, is grondbedekking, helling, infiltrasietempo en interne dreinerings. Dit word veral beheer deur die kleimineralogie, tekstuur, struktuur en poriegeometrie van die grond.

Oppervlakaflow word primêr bepaal deur die intensiteit van presipitasie met die infiltrasievermoë van die grond te vergelyk. Indien die infiltrasievermoë laer as die intensiteit van presipitasie is, kan verwag word dat oppervlakaflow of opdamming sal plaasvind. Die interaksie tussen terreinmorfologiese eenhede, mikroreliëf, hellinggradiënt en plantegroei beïnvloed ook die intensiteit en omvang van oppervlakaflow.

Suboppervlaktwater (ondergrondwater)

Drie watervlakke word in of onder die grond uitgeken. Heel onder is die regionale vlak. Hoër op word die verhewe en swewende watervlakke gevind.

Regionale watervlak

Dit is daardie watervlak wat relatief konstant is en nie deur geringe veranderings beïnvloed word nie. Seisoenale reënval het 'n invloed daarop. Bokant die regionale watervlak kan verskeie ander tipes watervlakke voorkom wat aan korttermyn fluktuasies onderhewig is. Daar bestaan nie een regionale watervlak in Suid-Afrika nie, maar die water kom vaar in afgeslote selle.

Verhewe of freatiese watervlak (perched)

Dit is 'n watervlak bokant die regionale watervlak. 'n Verhewe watervlak het nie 'n regionaal kontinue laterale beperkende laag nie. Daar kan meer as een verhewe watervlak bo die regionale watervlak wees. G-horisonte, wat vir die grootste deel van die jaar met water versadig is, word deur 'n freatiese watervlak in stand gehou (Kyk Afdeling 4.2.7 *G-horison*).

Swewende of tydelike watervlak

'n Swewende watervlak is onderhewig aan korttermynveranderings en word gewoonlik in die grondprofiel op klei met 'n lae versadigde hidrouliese geleiding aangetref. Dit kom net voor na reënbuie, en kan van enkele dae tot etlike maande van die jaar versadig wees. Tipiese voorbeelde kom voor in gronde met redoksmorfe horisonte soos die E-, en sagte en harde plintiese B-horisonte. So 'n swewende watervlak het gewoonlik 'n beperkte laterale dimensie in vergelyking met die freatiese of regionale watervlak wat veral 'n homogene en kontinue laterale dimensie het. By E-horisonte speel laterale vloei 'n groter rol. Die horison onder die E-horison gelei die water soms so stadig dat dit enkele dae na versadiging van die E-horison, nog droog is. Die E-horison kan vir enkele weke tot verskeie maande met water versadig wees (Kyk Afdelings 4.2.6 *E-horison*, 4.2.11 *Sagte plintiese B-horison* en 4.2.12 *Harde plintiese B-horison*). Dit kom ook as sypellyne voor in posisies waar dit nie as E-horisonte kwalifiseer nie.

Faktore wat die watervlakke beïnvloed

Verskeie omgewings-, terrein-, en interne faktore kan watervlakke beïnvloed. Die belangrikste faktore is die onderliggende gesteente, verbuigings in die aardkors, hidrouliese gradiënte, verhoogde presipitasie en topografie.

Invloed van watervlakke op grondeienskappe

Ondergrondse water is gewoonlik suurstof-arm. As gevolg van die anaërobiese toestande wat dikwels met die freatiese en swewende watervlakke gepaard gaan, word verskeie grondeienskappe tydelik of permanent daardeur verander. Die belangrikste invloed van watervlakskommelings op die grond is veranderinge in kleur, silikaatkleimineralogie, oplosbaarheid en mobiliteit van ione, versouting, versuring en struktuur.

Geomorfologiese implikasie

Van die belangrikste geomorfologiese verskynsels wat met freatiese watervlakke geassosieer word, is karsttopografie. Onderaardse grotte of oplossingsholtes in karbonaatgesteentes vorm aan die bokant van die freatiese watervlakke en die diepte van sulke holtes is dus 'n aanduiding van paleowatervlakke. Indien die watervlak in karbonaatgesteentes vlakker as 30 m is en vinnig daal, is daar 'n neiging tot grondoppervlakversteurings in die vorm van sinkgate, dolines, ens.. Sulke verskynsels kom algemeen aan die verre Wes-Rand en noord-wes van Kimberley voor. Dit beïnvloed die benuttingspatroon van ongeveer 400 vierkante kilometer in die Wes-Randgebied.

Verlaging van watervlakke in 'n kleierige medium soos mangaanaarde (wad), Karoo-tipe skalies en tersiêre kleie veroorsaak ook konsolidasieversakkings.

Geotegniese eienskappe

Sekere geotegniese grondeienskappe soos sensitiwiteit, dravermoë, swigting, konsolidasieversakking, karstvorming, versouting, dispersie, solifluksie, swelling en krimp is direk gekoppel aan die kwaliteit of kwantiteit van die water in die grond.

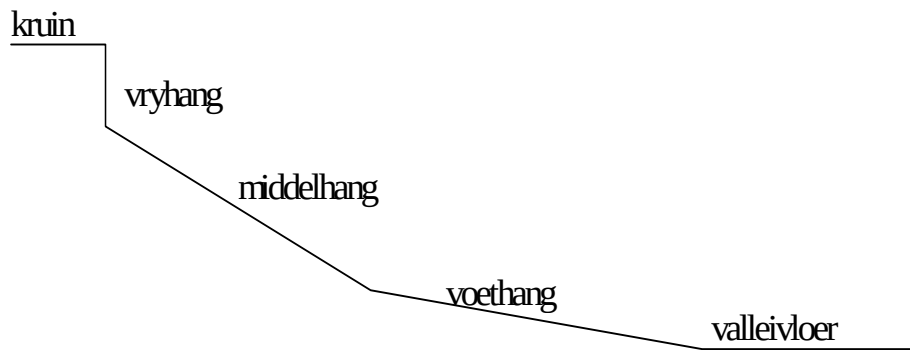
3.1.2 Geomorfologie

Topografie

Topografie behels die natuurlike fisiese kenmerke van die landoppervlak. Dit sluit kenmerke soos terreinmorfolgie, hellinggradiënt, -aspek en -vorm, reliëf en dreinerings in.

In die eenvoudigste vorm word tussen vyf terreinmorfolgiese eenhede onderskei (Figuur 3.1). In sekere gevalle kan verdere onderverdelings gemaak word. Die middelhang en voethang word dikwels in boonste en onderste hange verdeel.

Terreinmorfolgiese eenhede



Figuur 3.1 'n Skematiese voorstelling van 'n geïdealiseerde heuwelhangprofiel met die onderskeie terreinmorfolgiese eenhede.

Pedogenese word sterk beïnvloed deur die heuwelhangprosesse wat met die verskillende terreinmorfolgiese eenhede geassosieer word. Op die kruine vorm meesal residuele gronde. Op plato's is die gronde gewoonlik ouer as die ander gronde in die landskap met 'n meer gevorderde graad van verwerking en loging. Sagte of harde plintiese en/of E-horisonte kom ook dikwels op die oorgang na die vryhang voor. Op hellende kruine is die gronde jonk omdat erosie domineer. Vryhange is so steil dat grond gewoonlik nie daarop voorkom nie en fisiese verwerking van die rotse domineer. Indien gronde daarop voorkom, is dit vlak en behoort tot die Mispah- of Milkwoodvorm.

In die diep goedgegreeneerde gronde van die middelhang kom massabeweging, oppervlakerosie en terrasvorming algemeen voor. Die Oakleaf-, Hutton-, Clovelly- en Valsriviergrondvorme kom dikwels in dié posisie voor. Op die voethang maak resente kolluviasie 'n kleiner bydrae en speel *in situ* verwerking 'n groter rol. Die gronde is swakker gedreineer as dié op die middelhang en

tekens van natheid kom dikwels voor. Tipiese hidromorfe gronde kom egter slegs algemeen op die valleivloer en groot plato's voor. Alluviale eienskappe is dikwels prominent in gronde van die valleivloer.

Die katena-konsep leun sterk op die heuvelhangsiklus en die verskillende terreinmorfologiese eenhede. Die gradering in dreinerings van die gronde met verandering in topografiese posisie het ook aanleiding gegee tot die begrip hidrotoporeeks. Die hidrotoporeeks is die verband tussen die grondwaterhuishouding en die topografie. Die hoër liggende gronde is beter gedreineer en laerliggende gronde tipies vir variërende tye versadig.

Gronderosie kom redelik algemeen op die vryhang, middelhang en valleivloer voor. Dit moet onder alle omstandighede as sodanig benut en bestuur moet word.

Helling

Die helling van grond kan oor kort afstande verander en daarom word die helling van 'n gebied met 'n 50 m radius rondom 'n profielgat as verteenwoordigend aanvaar. Dit moet tydens die interpretasie van grondopnames in aanmerking geneem word. Helling kan in klasse ingedeel word volgens die gradiënt of persentasie-helling wat kan lei tot 'n beskrywende klassifikasie. 'n Verteenwoordigende klassifikasie van helling word in Tabel 3.1 saamgevat. Vir erosie sensitiewe gronde word die indeling verder verfyn.

Verskeie grondvormende prosesse, soos margalitisasie, solonisasie en hidromorfisme is gekoppel aan helling omdat die helling die grondwaterhuishouding beïnvloed. Eindprodukte van hierdie grondvormende prosesse, soos sagte en harde plintiet, G- en sekere E-horisonte, is 'n direkte uitvloeisel van die helling van die terrein. Sekere gronde is beperk tot sekere hellings, byvoorbeeld dupleksgronde kom byna nooit by hellings $>20^\circ$ voor nie en vertiese gronde nie by hellings $>9^\circ$ nie. Dit kan algemeen aanvaar word dat logging, organiese materiaalinhoud, primêre verwerking, horisondifferensiasie, gronddiepte, stikstof- en waterinhoud afneem met 'n toename in helling. Hierdie verband kan teruggevoer word na die effek van helling op infiltrasie en dreinerings van water.

Gronderosie

Die gevoeligheid van gronde vir watererosie verskil. Gronde van die Estcourtvorm sal byvoorbeeld teen heelwat laer hellings reeds erosie ondergaan in vergelyking met gronde van die Huttonvorm. Behalwe vir 'n pedogenetiese verwantskap met erosie, is daar ook aspekte soos grondtekstuur, helling, hellinglengte, bedekking en reënval wat alles saamgevat word in die grondverliesvergelyking van Wischmeier & Smith (1978).

Besproeiing

In die besproeiingsbedryf is helling dikwels die belangrikste faktor wat die tipe besproeiingstelsel bepaal. In Tabel 3.1 word die geskikte hellings vir die verskillende stelsels getoon. Die erodeerbaarheid van grond moet met die besproeiingskedulering versoen word byvoorbeeld: Die maksimum toelaatbare watertoevoer vir 'n grond met 'n gemiddelde erodeerbaarheidsfaktor (K) van 0.3, vir vloedsbesproeiing vir elke 15 cm voor- of beddingwydte kan met behulp van die volgende vergelyking bereken word (FAO, 1979):

$Q \text{ maks.} = \left(\frac{0.63}{\text{Helling\%}} \right)$ liter per sekonde. Q maks. is die maksimum hoeveelheid water wat toegelaat word vir 'n voor of bedding 15 cm wyd.

Tabel 3.1 Hellings waarby verskillende besproeiingstelsels doeltreffend funksioneer (FAO, 1979)

Klas	Helling		Beskrywing	1*	2*	3*	4*
	Grade	%					
1	0 - 5°	0 - 9	Gelyk	*	*	*	*
2	5 - 10°	9 - 18	Effens hellend	*	*	*	*
3	10 - 15°	18 - 27	Matig hellend			*	*
4	15 - 20°	27 - 36	Hellend			*	*
5	20 - 30°	36 - 58	Steil hellend				*
6	> 30°	> 58	Baie steil				*

* 1 = Vloed, 2 = Nie-gemeganiseerde sprinkelaars, 3 = Gemeganiseerde sprinkelaars, 4 = Mikro (drup of ondergrond)

Tabel 3.2 Welwingstipes

Vorm	Beskrywing
	Reguit
	Golwend
	Konkaaf
	Konveks
	Terrasvorm

Ingenieursgebruik

Die hellingstabiliteit van grond is 'n funksie van die rushoek en/of hoogte van die grond sowel as die reaksie daarvan met water. Hierdie kritieke helling moet bepaal word alvorens enige konstruksie aangepak word om te voorkom dat swigting plaasvind. Vir pad- en spoorkonstruksies

is dit nodig dat insnyding en opvullings gemaak word sodra hellings 15° oorskry, terwyl hellings $>30^\circ$ so ver moontlik vermy moet word.

Hellingsaspek

Hellingsaspek beïnvloed hoofsaaklik die mikroklimaat en gevolglik grondvorming en plantegroei. As gevolg van die variasie in duur van sonstraling is dit vir sekere gewasse, soos druiwe, van belang vir rypwording, kwaliteit, ens,. In koue streke is die helling wat meer sonstraling in die winter ontvang ook meer gesog vir behuisingsdoeleindes en het derhalwe 'n hoër markwaarde. Gronde op noordelike en westelike hellings is ook deurgaans warmer en droër as dié op suidelike en oostelike hellings. Die gevolg hiervan is dat in Suidelike Afrika die noordwestelike hellings die warmste en die suidoostelike hellings die koudste is. Dit verklaar byvoorbeeld waarom daar in die Otavibergland merkbaar meer kalkreet op die noordelike hellings voorkom. Die rol van helling en hellingsaspek vergroot namate weg van die ewenaar beweeg word.

Welwingstipe

Die geometriese kenmerke van hange word ook beskryf in terme van die vorm wat dit aanneem. Elkeen van die tipes welwings het 'n eiesoortige invloed op die aard en benutting van die land. Die middel- en voethange het gewoonlik 'n konkawe vorm terwyl heuwels meesal konveks is. Valleivloere en vlaktes is meesal reguit terwyl kruine en plato's ook dikwels reguit is. Tabel 3.2 bied 'n voorstelling van die verskillende tipes welwings.

Mikroreliëf

By die interpretasie van mikroreliëfkenmerke moet in gedagte gehou word dat in profielbeskrywings 'n lokale oppervlakte van $<100 \text{ m}^2$ en 'n relatiewe reliëf van minder as 10 m in 'n radius van 50 m om die profielgat genoteer word. Parametriese kenmerke soos diepte of hoogte, laterale verspreidingsfrekwensie, persentasie bedekking en/of oriëntasie word genoteer.

Die invloed van mikroreliëf op grondgebruike en -eienskappe is nie oral dieselfde nie maar wissel na gelang van die klimaat, seisoen, grondtipe, ens. Gevolglik moet elke geval op sy eie beoordeel word. Tabel 3.3 dien slegs as 'n gids vir algemene grondeienskappe en -gebruike wat

moontlik deur mikroreliëf beïnvloed kan word. Dit kan as riglyn gebruik word by die beplanning van doelgemaakte grondopnames.

Tabel 3.3(a): Grondgebruike en -kenmerke wat deur mikroreliëf beïnvloed word

Mikroreliëf	Grondgebruike en –kenmerke (Kyk Tabel 3.3 (b) vir kodes)
Karstdepressies	1(de), 2(abcd), 3(abfg), 4(abcde), 7,8,9a 10(abc)
Dagsome	1(bcde), 3(abfg), 4(abcde), 5,7,8,9(ab), 10(ad)
Los oppervlakrotse	1(bde), 3(abefg), 5,7,8,9(ab), 10(ad)
Duine	1(bde), 2(abcd), 3(abefg), 4(abcdef), 5,6,7,8,9b, 10(abc)
Deflasiebultjies	3(abfg), 4g,7,8,9b, 10(ab)
Deflasieholtes	3(abfg), 4g,7,8,9b, 10(ab)
Dreineringsdepressies	1(bde), 2(bd), 3(abfg), 4(abcde), 5,6,7,8,9, 10(abc)
Liniêre dreinering	1(abcde), 2(bcd), 3(abcdefg), 4(abcde), 5,6,7,8,9, 10(abc)
Dreinerings sonder voorkeur	Dieselfde as liniêre dreinering
Moerasse, vleie	Byna alle gebruike en kenmerke
Fonteine	Byna alle gebruike en kenmerke
Rivierwalle	1(bde), 3(abcefg), 4(abcde), 5,6,7,8,9, 10(ab)
Liniêre gilgai	1(de), 3(abfg), 4(b), 7,8,10(ab)
Gilgai sonder voorkeur	Dieselfde as liniêre gilgai
Erosiedongas	1(abcde), 2(abcd), 3(abdefg), 4(abcde), 5,6,7,8,9, 10(abc)
Rûe	1(bde), 2d, 3(ef), 4(eg)
Terrasette	1(abcde), 3(abefg), 4b, 5,7,8,9, 10(ab)
Miershope	1(abcde), 3(abfg), 4b, 7,8
Molshope	3(abfg), 8, 9
Erdvarkgate	1(bde), 3(abfg), 7,8,9
Erdwurmhope	3(fg), 8
Antropologies	Verskeie

Tabel 3.3 (b): Kodes vir toepassing van grondgebruike en -kwaliteite

1. Landbou	a. Ekstensief b. Droëlandakkerbou c. Aangeplante weiding d. Algemene besproeiing e. Vrugte en wingerd	5. Bosbou	
2. Afval:	a. Solied b. Vloeibaar/Oplosbaar c. Riool d. Radioaktief	6. Gronderosie:	a. Water b. Wind
3. Ontspanning:	a. Kampering b. Piekniek c. Parke d. Staproetes e. Natuurparke f. Sportvelde g. Gholfbaan en Rolbalbaan	7. Hidrologiese bestuur:	a. Grondwater b. Ondergrondse water c. Oppervlaktwater
4. Konstruksie:	a. Paaie en spoorlyne b. Geboue <6 verdiepings c. Geboue: >6 verdiepings d. Nywerhede e. Uitgrawings (bv riool) f. Boumateriaal	8. Militêre gebruik	
		9. Algemene grondbewerking bv ploeg	
		10. Kwaliteite:	a. Dreinerings b. Deurlugting c. Mikroklimaat
		11. Algemene mikroklimaat	

Erosie

Die invloed van erosie kan met behulp van die USLE-vergelyking bereken word (Wischmeier & Smith, 1978). Verskeie vorms en metodes van erosieklasifikasie kom in die literatuur voor. Die volgende aspekte van erosie is belangrik: erosieprosesse, vervoermedium, oorsake van erosie en erosiebestryding of -stabilisering.

Erosie is 'n aanduiding dat die ekologiese sisteem onder die huidige praktyke nie stabiel is nie. Dit kan ook 'n aanduiding wees van die koste-effektiwiteit van 'n stabilisasieprogram. Vir geïntegreerde omgewingsimpakbestuur is die inligting wat uit die klassifikasie verkry word van wesenlike belang. Bestuurs- en bewaringspraktyke kan daarvolgens toegepas en geëvalueer word.

3.1.3 Landvorm

Landvorm het 'n groot invloed op grondgenese en -gebruik. By die interpretasie daarvan moet in gedagte gehou word dat die landvorm wat dominant binne 'n radius van 50 m vanaf die profielgat voorkom, beskryf word. Tydens verkenningsopnames word alle landvorms in die omgewing van die profielgat (ongeveer die afstand) beskryf. Die belangrikste landvorms is:

kolluviaal, heuwelhang, pan, fluviaal, vulkaan, kus, karst, aried, meteorieties, gletser en tektonies. Elkeen van hierdie landvorme het 'n kenmerkende aard en gedrag. Meer as een landvorm kan gelyktydig 'n invloed hê op die eienskappe van 'n grond en dit moet in aanmerking geneem word met die interpretasie van die omgewing en die evaluering van die geskiktheid van die grond.

3.1.4 Resente landgebruik

Daar word algemeen onderskei tussen verskillende tipes resente landgebruik ongeag die plantegroekklassifikasie omdat dit die toekomstige gebruik met betrekking tot doeltreffende beplanning, bestuur en aanwending van hulpbronne beïnvloed. Indien die huidige gebruik byvoorbeeld vlak ondergrondse mynbou-aktiwiteite insluit, kan oppervlakdestabiliteit in die toekoms verwag word. So 'n gebied sal dan byvoorbeeld nie geskik wees vir hoëdigtheidbehuising nie. Die volgende is voorbeelde van gebruike: beboude gebied (laedigheid, bv huise, hoë digtheid, bv woonstelle); informele dorpsstigting; versteurde gebied; akkerbougewasse (droëland of besproeiing); weiding (aangeplant of natuurlik); vrugte en wingerd; plantasies; mynbou: diep ondergrond (met of sonder ontwatering), vlak ondergrond, oopgroef, reduksiewerke, smelter, afvalhope, rots, slikdamme, verdampingspanne; nywerhede (bv pulpverwerking); infrastruktuur (bv pad- of spoorreserwe); kragentrales (bv hidro- of kernkrag); ontspanningoorde (bv kampeerterrein, natuurreservaat, wildtuin); sportvelde; wildernisgebied; onbenutte gebied; stortingsterreine bv vaste afval, riool, ens., en vleilande.

3.1.5 Geologie

Die geologie van die landskap is belangrik omdat dit die materiaal onderliggend aan die grond en/of die moedermateriaal daarvan verteenwoordig. Die invloed van die geologie op die gebruik van die land varieer in samehang met die ander omgewingsfaktore soos klimaat. Die solum is die verwerkte produk van die oorspronklike moedermateriaal met die gevolg dat die grondeienskappe in 'n groot mate daarvan afgelei kan word. As sodanig maak dit egter 'n klein bydrae tot die interpretasie van die grond self. Tabel 3.4 gee 'n opsomming van die solum-oorsprong en verwante kenmerke wat belangrik is vir die interpretasie van grond en die evaluering daarvan vir gebruik.

Tabel 3.4 Solum-oorsprong en die gevolge daarvan (Brink, Partridge & Williams, 1982)

Oorsprong	Vervoermedium	Verwagte tekstuur	Verwagte ingenieurs-geologiese probleme
-----------	---------------	-------------------	---

Soliede rots	Verwering	Wye spektrum	Wye spektrum
Alluvium	Riviere en strome	Wye spektrum	Wye spektrum
Eolies	Wind	Sand	Swigsande
Getymeer	Riviere en getye	Slik, klei	Welsand, hoë sensitiwiteit
Kolluviaal	Gravitasie en plaatwas	Gruis tot klei	Wye spektrum
Meer	Getye, golwe	Sand, slik, klei	Saamdrukbaarheid, swelling
Pan	Plaatwas, strome	Slik, klei	Swelling, saamdrukbaarheid
Strand	Golwe	Sand	Swigsande

Onderliggende materiaal

Materiaal onderliggend aan 'n grond is nie noodwendig dieselfde as die moedermateriaal daarvan nie. Die term onderliggende materiaal verwys na grond of verweerde rots direk onder die solum of dieper as 1.5 m. Onderliggende materiaal kan ongekonsolideerde materiaal, saproliet of soliede rots wees. Die invloed van ongekonsolideerde materiaal op die kwaliteite en geskikthede van grond hang af van die algemene eienskappe daarvan. Ongekonsolideerde materiaal se eienskappe varieer soveel dat dit soos die oorliggende grond of op soortgelyke wyse as rots geïnterpreteer kan word.

Saproliet se eienskappe varieer ook baie veral wat betref die aard (chemies of fisies verweerd) en mate van verwering. Chemies goedverweerde saproliet maak byvoorbeeld 'n groot bydrae tot die grondvolume. Fisies goedverweerde saproliet maak slegs in sekere opsigte 'n bydrae tot die grond se kwaliteite. Dit verbeter byvoorbeeld die graad van dreinerings van die grond maar maak 'n klein bydrae tot die waterhouvermoë daarvan.

Vaste rots word geklassifiseer as stollings-, sedimentêre- of metamorfegesteentes. Die aard van elk van die gesteentes bepaal die invloed daarvan op die grond en die gebruik van die grond. Vir elk van hierdie tipes gesteente is daar 'n afsonderlike klassifikasiestelsel wat hier net kortliks toegelig sal word.

Stollingsgesteente: Die kern van 'n klassifikasie vir stollingsgesteentes is gebaseer op die tekstuur en mineraalsamestelling. Tabel 3.5 gee 'n kort opsomming van die belangrikste kriteria vir 'n klassifikasiestelsel vir die mees algemene stollingsgesteentes.

Ultrabasiese, basiese en intermediêre gesteentes verweer tot kleigrond. Dit is egter beperk tot halfdroë en natter streke. In die droë streke is chemiese verwering beperk. Die kwartsfraksie van suurgesteentes lei daartoe dat dit gewoonlik sanderige gronde vorm. Luviasie van klei kan aanleiding gee tot kleierige ondergrond.

Sedimentêre gesteentes: Die belangrikste eienskappe van sedimentêre gesteentes is die petrologie, chemiese en mineralogiese samestelling en tekstuur. Indien gelaagdheid teenwoordig is bevoordeel dit die tempo van verwerking. Vertikale gelaagdheid bevoordeel ook die dreinerings van water uit die solum na die gesteentes. Sekere sedimente se chemiese en mineralogiese samestelling mag wyd uiteenlopend wees soos bv konglomeraat, breksie, grouwak, moddersteen, mergel en evaporiet. Dit moet by die interpretasie daarvan in aanmerking geneem word.

Tabel 3.5: Klassifikasie van die belangrikste stollingsgesteentes (Dietrich & Skinner, 1990).

	Tekstuur:	Grof (>5 mm) (intrusief, plutonies)	Fyn (<5 mm) (ekstrusief, vulkanies)
<u>Ultra-basies:</u>	Gesteente:	Doleriet, hertzbergiet, peridotiet, pirokseniet	Duniet
	Minerale:	Olivien, pirokseen	
<u>Basies:</u>	Gesteente:	Gabbro, noriet, anortosiet, olivien gabbro	Anortiet, plagioklaas, pirokseen, biotiet en olivien
	Minerale:	Anortietplagioklaas, pirokseen, biotiet en olivien	
<u>Intermediêr:</u>	Gesteente:	Dioriet, granodioriet, tonaliet	Andesiet, dasiet
	Minerale:	Plagioklaas, kwarts, ortoklaas, biotiet, klinopirokseen, horingblende	Plagioklaas, klinopirokseen, ortoklaas, kwarts, biotiet, horingblende
<u>Suur:</u>	Gesteente:	Graniet, siënië	Rioliet
	Minerale:	Ortoklaas, plagioklaas, kwarts, biotiet, horingblende, muskoviet	Ortoklaas, plagioklaas, kwarts, biotiet, horingblende

Metamorfe gesteentes: Aangesien die tekstuur en struktuur van metamorfe gesteentes kompleks en ineengestrengel is, word eerder verwys na die maaksel (fabric). Die genetiese oorsprong, bv kontakmetamorfose of regionale metamorfose, sowel as die maaksel word as primêre klasse gebruik in die klassifikasie van metamorfe gesteentes. Die tekstuur en mineralogiese samestelling is egter die belangrikste eienskappe wat die grondeienskappe beïnvloed.

Die effek van geologie op grond

Omdat gesteentes die moedermateriaal van grond is, hou dit vele implikasies in. Dit beïnvloed onder andere die chemiese en mineralogiese eienskappe, gronddiepte, kleur, tekstuur en pH, wat weer verskeie kwaliteite soos die hidrouliese geleiding van die grond bepaal.

Fynkorrelrige stollingsgesteentes verweer stadiger as growwe gesteentes indien die petrologie dieselfde is. So byvoorbeeld is gronde op rioliet baie vlakker as grond op graniet in dieselfde omstandighede. Hierdie effek van die tekstuur van geologie op die grond is nie net beperk tot stollingsgesteentes nie.

Die verwerking van primêre gesteentes en die uitwerking daarvan word breedvoerig deur Weinert (1980) beskryf. Die verweringsvolgorde van die belangrikste minerale in stollingsgesteentes, het 'n wye invloed met die gevolg dat afleidings gemaak kan word met betrekking tot gronddiepte, kleimineralogie ens.. Die ultrabasiese gesteentes, bv duniet, verweer veel vinniger in die natter streke as suurgesteentes, bv graniet. Die verwerking word beheer deur die verhouding van silika:suurstof in die dominante minerale.

Die afsettingsomgewing is ook belangrik. Dit beïnvloed die tekstuur en dikwels ook die mikro-elementkonsentrasie van die grond. Grond wat uit skalies van marine-oorsprong gevorm het bevat meer Na, Mg en mikro-elemente as grond wat uit skalies van vlak varswateroorsprong gevorm het.

Die tekstuur van die moedermateriaal bepaal in 'n hoë mate die grondtekstuur. Die areniete (gesteentes met growwe tekstuur) lewer meesal 'n grond met 'n sanderige tekstuur, terwyl argeliete (gesteentes met fyn tekstuur) weer slik- en kleigrond lewer. Die tekstuur van sedimentêre afsettings word bepaal deur die oorsprong daarvan en beïnvloed so die grondtekstuur. Eoliese sedimente verweer tot fyn sandgrond.

Tuf en agglomeraat verweer tot gronde met 'n lae pH as gevolg van die ortoklaas en kwarts wat in die oorspronklike vulkaniese gesteentes domineer. Die verweringsproduk van basiese en ultrabasiese gesteentes is geneig om kleierige gronde met 'n neutrale tot alkaliese pH te wees. Voorbeelde hiervan is die Arcadiavorm op gabbro en Shortlandsvorm op diabaas.

Die struktuur van die gesteentes beïnvloed ook die verweringspotensiaal en in sekere gevalle ook die eksterne dreinerings van die grond. Gesteentes soos skalies en skiste, met horisontale gelaagdheid, verweer langs die laagvlakke en die gronde geassosieer met sulke gesteentes is veel dikker. Dreinerings onder die grond wat daaruit ontwikkel, is gewoonlik swak. In die Transvaal-oopenvolging vorm dit dikwels die vallei waar diep gronde aangetref word. Gelaagde gesteentes wat vertikaal voorkom en tektoniese strukture, soos verskuiwingsvlakke en nate, bevorder eksterne hidrouliese geleiding (in die gesteentes) sodat sulke gronde dikwels goed gedreineer is.

3.1.6 Klimaat

Klimaat beïnvloed alle vorms van landgebruik en veral plantproduksie, hetsy dit akkerbou, weiding of bosbou is. Klimaat bepaal in 'n groot mate die geskiktheid van grond, veral vir

gewasproduksie. Gronddiepte speel byvoorbeeld 'n groter rol indien die verspreiding van die reënval swak is.

Die klimaatselemente reënval, temperatuur, sonstraling en wind speel die grootste rol in grondgebruik en moet saam met gronddata geïnterpreteer word. Die laasgenoemde drie parameters bepaal in 'n hoë mate evapotranspirasie wat 'n groot invloed op plantproduksie het. Die klimaat bepaal ook die verweringspotensiaal van padboumateriaal (Weinert, 1980). Dit is veral die verwerking van basiese stollingsgesteentes soos doleriet, diabaas, pirokseniet, noriet ens. wat belangrik is omdat die 2:1-kleimineraal, wat fisies baie aktief is met verandering in waterinhoud, daaruit vorm. Die bydrae van klimaat kan gekwantifiseer word deur die klimaatselemente te evalueer en te integreer. So 'n parameter wat bekend staan as die N-waarde is deur Weinert ontwikkel vir Suid-Afrika. 'n Kontouerkaart van die berekende N-waardes is vir Suider-Afrika saamgestel (Weinert, 1980).

Fisiese verwerking van basiese stollingsgesteentes oorheers by waardes van $N > 5$ terwyl by $N < 5$ chemiese verwerking oorheers. Dit val ongeveer saam met die bioklimatologiese grens tussen droog en halfdroog. Kalkkrete kom byna net by $N > 5$ voor, terwyl harde plintiet weer by $N < 5$ voorkom. Die dominante kleimineraal hou ook verband met die heersende klimaat. Tussen $N = 5$ en $N = 10$ is illiet die dominante kleimineraal, terwyl kaolinite en smektiet onderskeidelik van $N < 2$ en tussen $N = 2$ en $N = 5$ domineer. Die diepte van verwerking neem drasties toe by $N < 2$. By $N < 1$ is die silika ook uitgeloog en die seskwioksiede domineer die mineralogie in die grond (Weinert, 1980). Algemene grondvrugbaarheidsparameters, soos KUK, kan gevolglik van die N-kontouere afgelei word.

Die ariditeitsindeks is nog 'n eenvoudige verwerkte vorm van klimaatdata. Dit is die langtermyn gemiddelde jaarlikse reënval (mm)/potensiële evapotranspirasie (mm). Dit is 'n baie ou parameter maar dit het 'n goeie verband met pedogeneties-effektiewe reënval, bioklimaatsones en gewasproduksiepotensiaal.

Homogene klimaatsones is deur Dent, Schultze & Angus (1988) vir Suid-Afrika gekarteer. Dit is 'n baie bruikbare verwerking van klimatologiese data vir Suid-Afrika. Die N-waarde, ariditeitsindeks en vele ander klimaatparameters kan daarop toegepas word.

3.1.7 Plantegroei

Die plantegroei van Suid-Afrika varieer baie. Acocks (1988) het tien hoofveldtipes geïdentifiseer naamlik: kus-tropiese woud, binnelandse tropiese woud, tropiese bos, savanne-bosveld, Karooveld, struikveld, grasveld, fynbos, vleie en moerasse, en woestyn. Die veldtipes varieer ook ten opsigte van die formasieklas, saamgestel uit die groeivorm, kruinbedekking en hoogte (Tabel 3.6).

Tabel 3.6: Groeivormklassifikasie van plantegroei (Edwards 1983)

Groeivorm	Beskrywing
Boom	Selfondersteunde houtagtige plante >2 m hoog, met een of enkele goed gedefinieerde stamme
Struik	Selfondersteunde houtagtige plante, <5 m hoog, meestal meer-stammig
Gras	Nie-houtagtige plante wat tot die familie Poaceae behoort
Kruid	Nie-houtagtige, nie-grasagtige, selfondersteunde plante, meestal <5 m hoog

Grondopnemers vind baat deur te let op die veldtoestand, aangesien tekens van afwykende veldtoestande, waarneembaar as dominansie van pioeniergrasse, bosindringing of kaal kolle, kan dui op potensiële gronderosie.

Plantspesiesamestelling word geassosieer met sekere grondtipes. Dit vergemaklik grondopnames en help met die interpretasie van gronde. *Burkea africana* word byvoorbeeld met sandgrond en *Acacia mellifera* met vrykalk iewers in die boonste 6 m van die grond geassosieer. Vir algemene grondgebruik is dit soms nodig om te weet wat die struktuurklas van die plantegroei is wat in 'n gebied voorkom.

3.1.8 Los oppervlakrots

Los rotse (>2 mm) het 'n invloed op verskeie grondkwaliteite. Die grootte, vorm, afgerondheid, persentasie bedekking en graad van verwering beteken kan hê as aanduiding van grondgenese asook 'n rol speel in landgebruik. Vir sekere grondgebruike is die litologie ook belangrik. Los rotsfragmente is gewoonlik nie residueel nie, dus kan verwag word dat die grond ook onderhewig sal wees aan vervoer (kolluviasie en/of alluviasie).

Rotsfragmente beïnvloed die mikro- en grondklimaat. Afhangende van die kleur van die fragmente kan dit die grondtemperatuur verlaag of verhoog. Dit kan ook waterinfiltrasie verhoog en oppervlakafloup en erosie verminder. Dit beïnvloed die K-faktor van die USLE-erosievergelyking in so 'n mate dat drastiese aanpassings nodig is waar los oppervlakrotse voorkom. Dit verminder die reëndruppelenergie-impak op die grond en sodoende spat-erosie. Dit verminder ook verdamping uit die grond en daarom word dit soms in kleinskaalboerdery gebruik om water te bewaar. Sowat 20 % bedekking deur rotse kan groot voordeel vir vrugtebou inhou maar los rotsfragmente kan bewerking van akkerbougrond ernstig benadeel.

3.2 Grondmorfologie

Die eienskappe van gronde kan as chemies, fisies, mineralogies en morfologies geklassifiseer word. Morfologiese grondeienskappe is die eienskappe wat "vorm" het en dus met die menslike sintuie waargeneem kan word. Daarom word morfologiese eienskappe gebruik om grondhorisonte te identifiseer. Grondhorisonte is geneties verwante lae. Die diagnostiese horisonte kom in kombinasies as grondvorms voor. Dit verskil van naasliggende horisonte met betrekking tot fisiese, chemiese en biologiese kenmerke soos kleur, struktuur, tekstuur, konsistensie, organiese materiaal, pH, ens. Hierdie eienskappe is die gevolg van horisondifferensiasie. Die teenwoordigheid en graad waarin die grondeienskappe teenwoordig is impliseer dat sekere grondvormingsprosesse in die profiel en in hierdie horisonte oorheers. Die horisonte is nie geïsoleer nie sodat daar 'n korrelasie tussen die eienskappe van die verskillende horisonte van dieselfde profiel is. Dié feit moet in aanmerking geneem word by die interpretasie van die grond.

Grondeienskappe kan in drie kategorieë geplaas word met die oog op die interpretasie daarvan. Die eerste groep het hoofsaaklik waarde as 'n fisiese of chemiese grondeienskap en min werd vir die doel van interpretasie. Die hoeveelheid klip in 'n horison is so 'n eienskap. Die tweede groep het as sulks geen invloed nie, maar die afleidings wat daaruit gemaak kan word, is belangrik. Grondkleur en -vlekke is goeie voorbeelde. Plantwortels is kleurblind en oefen nie voorkeur uit ten opsigte van kleur nie (Soil Survey Staff, 1975). Hoewel kleur en vlekke dus geen invloed op grondgebruik uitoefen nie, is dit die belangrikste indikatore van grondwaterhuishouding, wat weer die belangrikste kwaliteit van grond vir meeste grondgebruike is (Cutler, 1983). Die derde groep oorvleuel die vorige twee en beide die eienskap, sowel as dit wat daarvan afgelei kan word, is belangrik.

3.2.1 Waterinhoud

Waterinhoud beïnvloed sekere grondeienskappe byvoorbeeld kleur, konsistensie en struktuurgraad en daarom word die toestand van die grond altyd gespesifiseer wanneer hierdie eienskappe bepaal word. As gevolg van die groot variasie in die Suid-Afrikaanse klimaat, varieer die waterinhoud van grond baie. Dit hou ook implikasies vir die interpretasie van G- en ander horisonte met tekens van natheid in.

Volgens grondfisiese beginsels versadig gronde van onder af. “Onder” is die eerste laag wat die versadigde hidrouliese geleiding beperk. Die duur van die versadiging hang af van die aanvulling van water en die graad van beperking. Die waterinhoud van die beperkende laag en die lae daaronder hang af van die geleidingsvermoë daarvan en van die duur van die versadiging. Sekere pedo- en prismakutaniese B-horisonte swel vinnig toe na benatting en beperk geleiding in so 'n mate dat dit droog kan wees onder 'n versadigde E-horison!

Die waterinhoud van versadigde horisonte met 'n hoë klei-inhoud, soos die G-horison, word dikwels onderskat omdat vrywater nie daaruit vloei wanneer dit blootgelê word nie. Daar moet in gedagte gehou word dat die matrikskragte in sulke materiaal so hoog is dat dit nie water kan vrylaat nie.

3.2.2 Grondkleur

Grondkleur is 'n opvallende grondeienskap en kan ook relatief maklik met behulp van 'n Munsell-kleurkaart bepaal word. Grondkleur weerspieël dikwels spesifieke mineralogiese, chemiese, fisiese, biologiese en hidrologiese kwaliteite en word derhalwe dikwels gebruik as 'n parameter vir die evaluering van grond (Tabel 3.7). Grondhorisonte is dikwels nie homogeen van kleur nie en die kleur van die binnekant en die buitekant van 'n ped verskil ook soms. Sulke verskynsels sowel as die kleurpatroon in die profiel en vlekke het betekenis. Grondkleur moet met groot omsigtigheid geïnterpreteer word omdat verskeie faktore dit beïnvloed.

In die bogrond is dit hoofsaaklik organiese materiaal wat die kleur bepaal, terwyl die teenwoordigheid of afwesigheid van ysteroksiede en -hidroksiede die ondergrondhorisonte se kleur domineer. Geërfde kleure word veroorsaak deur die kleur van die moedermateriaal en kom veral in die C-horison voor.

'n Toename in humus veroorsaak 'n donkerder kleur. Dit word versterk deur 'n hoë basisstatus en 'n hoë 2:1-kleimineraalinhoud in die grond soos by melaniese A-horisonte voorkom (Kyk Afdeling 4.2.4 *Melaniese A-horisonte*). In semi-ariëde gebiede is die kleur van die bogrond gewoonlik baie donker, terwyl die pigmentasie afneem met 'n toename in temperatuur en humiditeit. Hoewel die basis status en die kleimineralogie medeveranderlikes met hierdie toestande is word dit ook toegeskryf aan die verandering in die tipe humus wat onder verskillende toestande vorm.

Donkerrooi, geel, blou, groen, wit en swart kleure word veroorsaak deur die bedekking van die gronddeeltjies. Grys kleure, daarenteen, word veroorsaak deur die verwydering van die kleurmiddels en dus die ontbloting van die gronddeeltjies se eie grys kleur. Grys kleure word algemeen toegeskryf aan reduksie tydens versadiging met water. Dit kon nog nie in die geval van alle gebleikte A-horisonte bevestig word nie. Skynbaar verblyk van dié horisonte makliker.

Die algemene verband tussen grondkleur en die grondwaterhuishouding word oorvereenvoudig. Rooi gronde is regionaal meer volop in droër gebiede en geel gronde in natter gebiede. In die topo-opeenvolging kom rooi gronde algemeen in die beste gedreineerde posisie voor, gevolg deur geel gronde en dan grys gronde in die swakste gedreineerde posisies. Dit is ook die tendens in die grondprofiel. Die bogronde is rooier gevolg deur geel en dan grys kleure dieper in die grond. In die peds van gronde wat periodiek aan versadiging onderhewig is kom dieselfde kleurvolgorde van buite na binne in die peds en andersom voor.

Die kleur van die ondergrond is afhanklik van die intensiteit van die reduserende toestande wat dit periodiek oor die lang termyn ervaar. Intensiteit van reduksie is weer gekorreleer met die duur van versadiging en die beskikbaarheid van maklik oksideerbare organiese materiaal. Hierdie korrelasie varieer omdat daar soms nie voldoende organiese materiaal in die grond beskikbaar is om reduksie ver genoeg te laat verloop nie. Dit is egter die uitsondering en daarom word grondkleur algemeen geassosieer met die natheid van grond. Rooi kleure ontstaan in die grond waar reduserende toestande afwesig is en versadigde toestande dus baie selde voorkom. Dit word aan goeie dreinerings in die halfdroë en natter streke toegeskryf, maar in die randgebiede van die halfdroë en droër streke is die reënval gebrekkig sodat die grond nie lank genoeg versadig om reduksie te veroorsaak nie. Dit verklaar waarom rooi gronde in halfdroë streke as besproeiingsgrond gewild is en ook waarom die rooi gronde in droë streke nie noodwendig goed gedreineer is nie.

Waar kort periodes van versadiging voorkom, word die grond geel (Schwertmann, 1993). Dit word in 'n mate deur 'n hoë ysteroksied-inhoud gebuffer. Hoe meer ysteroksied in die grond is, hoe langer kan versadiging duur voordat die grond vergeel. Goethiet, die geel ysteroksiedmineraal, vorm net onder reduserende toestande (Schwertmann, 1985). Langer periodes van versadiging gaan ook gepaard met 'n algemene hoër waterinhoud, sodat geel gronde

oor die algemeen meer plantbeskikbare water bevat as rooi gronde. Dit maak nie by alle gewasse 'n produksieverskil nie.

Tabel 3.7 Die aard van grondkleure en afleidings wat daarvan gemaak kan word

Kleurmiddel	Identifikasie	Voorkoms	Implikasies
Soute	Oplosbaar, smaak	A-, B- en C-horisonte, droë streke, besoedeling	Loging beperk. In droë streke speel die lae reënval die hoofrol. Andersins dui dit op gebrekkige dreinerings of oormatige besproeiing. Graad van beperking neem toe van kalk na oplosbare soute.
Gips	Kristalvorm	A-, B- en C-horisonte, droë streke, laagliggend	
Kalk	Bruis met 10% HCl	A-, B- en C-horisonte, droë streke	
Kwarts	Sand, slik	A-, B- en C-horisonte, gesteente	Gronddeeltjies is bedek met kleurmiddels en dus net sigbaar indien die kleurmiddels verwyder is.
Silikaatklei	Gesteente	A-, B- en C-horisonte, gesteente	
Ontkleur van Fe en humus	Kleur	E- en G- horisonte, tekens van natheid, regiese sand	Reduksie a.g.v. swak dreinerings of geërf.*
Gereduseerde ysteroksiede	Kleur	G-horisonte (Gley)	Uiterste toestande van swak dreinerings.
Goethiet	Kleur	A-, B-horisonte	Goeie dreinerings, versadig selde, laer kleinhoud.
Geogenies	Kleur, rotskarakter	Saproliet	Lae Fe-inhoud.
Hematiet	Kleur	A-, B- en C-horisonte	Goeie dreinerings, versadig nie in natuurlike toestand/hoë Fe-inhoud.**
Humus	Kleur, organiese materiaal inhoud	A-horisonte, Podzols, B-horisonte as kutane	Hoë organiese inhoud.
Mn (Pirolusiet)	Bruis met koue, vars H ₂ O ₂	A-, B- en C-horisonte	Eerste teken van periodieke versadiging en swak dreinerings*** of geërf.
Ysteroksiede	Kleur	A-, B- en C-horisonte	Swak dreinerings, periodieke versadiging in die natuurlike toestand.****
*Aktiewe (pedogenetiese) grys kleure word van geërfde grys kleure geskei deurdat dit geleidelike oorgange het na die naasliggende kleure en die kleure in 'n vaste orde naasliggend en vertikaal in die profiel voorkom (Kyk Afdeling 3.2.3 <i>Vlekke</i>). **Rooi kleure in droë streke is die gevolg van die klimaat eerder as die graad van dreinerings. Die reënval is dan te laag om die grond te versadig. ***Periodieke versadiging gepaardgaande met loging lei tot herverspreiding van die Mn. ****Dit dui			

Kleur									
	Wit	Grys	Groen en blou vlekke	Geel en geelbruin	Rooi	Donkerbruin en dofswart	Swart vlekke (metaalagtig)	Rooi, geel en grys vlekke	

Die interpretasie van rooi en geel kleure is kompleks. Hoewel koringproduksie op geel gronde in die Oos-Vrystaat byvoorbeeld hoër is, word aspersieproduksie oop die gronde benadeel. Die natter toestande wat koringproduksie bevoordeel lei skynbaar ook tot meer reduserende toestande wat aspersieproduksie benadeel.

Indien versadiging egter langer duur as waaronder geel grondkleure vorm, word grond grys gekleur. Die ysteroksiede word onder sulke toestande verwyder omdat dit oplosbaar is en die gronddeeltjies se kleur word blootgelê. Die metings van Van Huysteen (1994) dui daarop dat hierdie verband in die Wes-Kaap geld maar dat die verskil in waterinhoud tussen die geelbruin apedale B- en E-horisonte baie groter is as die verskil tussen die rooi en geelbruin apedale B-horisonte. Die grondfamilies met geel E-horisonte is skynbaar wat betref waterinhoud 'n intermediêre toestand tussen die geelbruin apedale B-horisonte en E-horisonte.

Omdat die grondkleure met intensiteit van reduksie geassosieer is, is die direkte afleiding dus dat dit die vlakke van reduksie impliseer en nie waterinhoud direk nie. Die verband met die waterinhoud in geheel, en veral oor die hele jaar, is baie swakker. Dit is byvoorbeeld algemeen bekend dat gronde met E-horisonte tydens die droë seisoen baie droër word as die naasliggende gronde met 'n geelbruin apedale B-horison.

3.2.3 Vlekke

Vlekke is diagnosties in die Suid-Afrikaanse Grondklassifikasiesisteen in sagte plintiese B-horisonte en as tekens van natheid. In beide materiale word dit veroorsaak deur periodieke versadiging van die ondergrond met water (Grondklassifikasiewerkgroep, 1991). Sagte plintiet en tekens van natheid, in ander materiaal as plintiet, word soortgelyk geïnterpreteer, met inagneming van die feit dat die materiaal waarin dit voorkom verskil. Anders as plintiet, kom

tekens van natheid in die sagte karbonaat, kutaniese en ander horisonte voor (Grondklassifikasiewerkgroep, 1991).

Vlekke hou verskeie implikasies vir die gebruik van die grond in. Dit is eerstens 'n indikasie van die grondklimaat en gevolglik die lugklimaat. Die droogste tipe klimaat waaronder dit algemeen voorkom, is die randgebied van die halfdroë streek van Suid-Afrika. Dit dui ook op swak dreinerings. Water hoop onder natuurlike toestande in die horison en daarbo, op en veroorsaak vorming van vlekke.

Die prominensie, grootte en kleur van die vlekke, die diepte waarop dit voorkom en die kleur van die horison waarin dit voorkom, is aanduidings van die graad van ondergrondversadiging en dus van die klimaat en graad van dreinerings. Groter, meer prominente en vlakker voorkoms van vlekke dui op swakker gedreineerde toestande. Die kleur van die vlekke en die matriks dui op swakker dreinerings in die volgorde van rooi kleure wat dui op die beste dreinerings, geel kleure op swakker dreinerings en grys kleure op die swakste dreinerings. Swart kleure in die ondergrond is mangaanryk en kom net as vlekke in die ondergrond voor en nie soos rooi kleure ook as 'n homogene kleur nie. Waar dit in 'n rooi matrikskleur voorkom is dit die eerste tekens van periodieke ondergrondversadiging.

Permanente waterversadiging en anaërobiese toestande veroorsaak dominante grys kleure met blou en groen tinte. Hierdie grys, blou en groen kleure word toegeskryf aan die akkumulasie van gereduseerde ysterverbindings. 'n Bekende kleimineraal wat domineer in vergleyde toestande is gloukoniet. Dit dui op uiters swak gedreineerde, versadigde toestande wat in die landbou net geskik is vir die verbouing van gewasse wat ongevoelig is vir versuiping.

Kleurvariasie in die vorm van vlekke dui op variasie in die redokstoestand tydens ondergrondversadiging. Die balans in die kleure van die vlekke is dus 'n aanduiding van die mate van reduksie wat in die horison heers. Indien al vier die kleure, naamlik swart, rooi, geel en grys voorkom, dui dit op 'n groot variasie in die redokstoestand. Meestal is net twee of drie kleure teenwoordig.

Ontystering wat die grys kleur veroorsaak, kan geskied deur herverspreiding van die yster na die rooi vlekke of deur logging daarvan. Indien logging 'n groot rol speel, is die grys sone gewoonlik ook sanderig en kan dit soos klein E-horisonte optree. Dit kan die besproeibaarheid van sulke

gronde beïnvloed omdat dit laterale interne dreinerings aanhelp. Hierdie voordeel kan geld waar lokaal besproei word en die helling van die grond laterale dreinerings aanhelp.

'n Vaste naasliggende opeenvolging van vlekke in peds van gestruktureerde grond is die gevolg van die ruimtelike variasie in redokspotensiaal tydens versadiging. Die ruimtelike variasie van die redokspotensiaal is 'n aanduiding van die grondwaterhuishouding (Bouma,1983). Rooi vlekke op die wande van die makroporieë (interpedale porieë en wortelkanale) wat weg van die porie in die rigting van die matriks opgevolg deur geel en grys, dui op lang periodes van versadiging in die peds. Tydens versadiging reduceer die omgewing in die ped en word die yster opgelos. Die makroporieë is geoksideer en die opgeloste yster beweeg met die konsentrasiegradiënt na die makroporieë. Die omgekeerde opeenvolging van kleure is meer opvallend. Die grys pedoppervlaktes word naasliggend opgevolg met geel, rooi en swart in die kern van die ped. Hierdie verspreiding van kleure verteenwoordig korter periodes van versadiging waartydens net die makroporieë reduceer.

Die interpretasie van grondkleur en -vlekke is onderhewig aan kritiek omdat dit in gronde kan voortbestaan nadat die grondwaterhuishouding verander het, en omdat dit oorgedra word deur moeder materiaal. Dit is daarom baie belangrik om pedogenetiese aktiwiteit van die redoksproses uit te ken. Dit kan uitgekien word aan:

- 'n vaste naasliggende opeenvolging van twee of meer kleure van swart, rooi, geel en grys wat verband hou met die grondwaterhuishouding, regionaal, in die topografie, grondprofiel of peds;
- 'n verband tussen die grondwaterhuishouding en die prominensie, grootte en geleidelike oorgange van vlekke en die redokstoestande in die grond;
- versadiging van die grond waar organiese materiaal teenwoordig is. Relatief eenvormige helder kleure laer af in die grondprofiel as redoksmorfe kleure kan verklaar word omdat daardie deel van die profiel versadig met water maar nie voldoende hoeveelhede maklik oksideerbare organiese materiaal bevat nie. Dit bied dan ook 'n verklaring vir die bestaan van die geelbruin apedale B-horison van die Griffinvorm wat geleë is waar die grond versadig gedurende reën en voldoende organiese materiaal beskikbaar is.

3.2.3 Tekstuur

Tekstuur is een van die stabiele eienskappe van gronde en kan slegs onder uiterste toestande verander byvoorbeeld as gevolg van die intense invloed van winderosie en besproeiing of natuurlike vloed met water wat groot hoeveelhede sand, slik of klei bevat. Onder natuurlike toestande verander die tekstuur van gronde baie stadig as gevolg van verwerking en luviasie (eluviasie en illuviasie). Chemiese verwerking geskied nogtans vinnig genoeg in halfdroë en natter streke om 'n invloed op die keuse van opvullingsmateriaal vir padbou te hê. Luviasie het slegs 'n noemenswaardige invloed waar met Na-ryke water besproei word en klei kan disperseer en luvieer.

Tekstuur beïnvloed grondgebruik oor 'n wye spektrum. Dit word in berekening gebring by die interpretasie en berekening van kwaliteite soos plantbeskikbare waterhouvermoë, hidrouliese geleivermoë, grondvrugbaarheid, chemiese aktiwiteit, bewerkbaarheid, besproeibaarheid, deurlugting, infiltrasievermoë, erodeerbaarheid (wind en water), kors- en seël-vorming, kapillêre styging, kompaksie, swel-krimp-potensiaal, saamdrukbaarheid, skuifskursterkte, Atterberggrense, ens. Omdat tekstuur as 'n klas aangedui word moet die mate van variasie wat in die tekstuurklasse voorkom, in die interpretasie geakkommodeer word.

Die belang van tekstuur lê veral in die invloed daarvan op die grondwaterkarakteristieke en chemiese aktiwiteit van gronde. Grondwaterkarakteristieke word grootliks bepaal deur die hoeveelheid en tipe klei wat in die grond teenwoordig is. Swellende smekiet (2:1-klei) verlaag die hidrouliese geleiding en verhoog die waterhouvermoë van 'n grond. Dit beïnvloed onder andere weer die geskiktheid van gronde vir besproeiing. Die chemiese aktiwiteit word in 'n groot mate beheer deur die soortlike oppervlak van die grond wat weer verband hou met die klei-inhoud en -mineralogie.

Die impak van tekstuur op die fisiese en chemiese eienskappe van grond word sterk beïnvloed deur die mineralogie van die verskillende groottefraksies, tipe en hoeveelheid organiese materiaal, tipe en konsentrasie uitruilbare en oplosbare katione, struktuur, posisie in die profiel, graad van kompaksie en digtheid, diepte, gelaagdheid, landskap- en terreinposisie. Omdat die growwe fragmente nie deel van die grondfraksie is nie, word die belang daarvan in die grondprofiel dikwels oor die hoof gesien.

Die volgende aspekte word deur die hoeveelheid en grootte van growwe fragmente beïnvloed:

- Besproeiingskedulering en bemestingsaanbeveling kan maklik oordoen word as die hoeveelheid klippe in die grond nie in ag geneem word nie. Growwe fragmente in die grondprofiel verdun die grondmatriks (Kyk Afdeling 3.2.16 *Growwe fragmente*) en beïnvloed sodoende die vrugbaarheid en waterhouvermoë. Growwe fragmente wat deur 'n patina bedek is, soos die geval met die meeste natuurlike klippe, hou geen plantbeskikbare water nie. Onafgeronde rotsfragmente (sonder patina) kan egter 3 % of meer plantbeskikbare water, op massabasis, hou.
- Hidroulise geleiding kan afneem of toeneem met 'n toename in rotsfragmente.

3.2.4 Struktuur

Grondstruktuur verwys na die aggregering van primêre gronddeeltjies in sekondêre eenhede wat van mekaar geskei word deur swakheidsvlakke. Ingenieursgeoloë lê veral klem op die swakheidsvlakke tussen die verskillende struktuureenhede (Brink *et al.*, 1982) en daarom berus hul klassifikasie van struktuur hoofsaaklik op die grootte en geslotenheid, al dan nie, van die swakheidsvlakke. Daarteenoor vestig die pedologiese klassifikasie die aandag op die graad van ontwikkeling, grootte en vorm wat berus op veldwaarneming.

Volgens Brink *et al.* (1982) word wryf- en swakheidsvlakke geassosieer met fisiese aktiwiteit van gronde. In Suid-Afrika word dit veroorsaak deur swellende kleie. Fisiese aktiwiteit van gronde hou sekere implikasies in vir huisfondamente, sypaadjies, paaie, heinings en ander strukture wat in die grond gevestig word. Swakheidsvlakke waarvan die helling in die rigting van uitgrawings wys, kan die oorsaak van ineenstortings wees en selfs fyn blokstruktuur kan soos kohesielose materiaal met swigtingspotensiaal reageer.

Huidig word slegs kwalitatiewe interpretasies op grond van die algemene beskrywing van grondstruktuur gemaak. Boedt & Laker (1985) beskryf egter die graad van struktuurontwikkeling met die persentasie uitruilbare Na+Mg en vind 'n goeie verband tussen hierdie parameter en die potensiële plantbeskikbare waterinhoud van die grond.

Die interpretasie van struktuur van A-horisonte verskil drasties van die interpretasie van die struktuur wat in die ondergrond voorkom. Nie al die tipes strukture kom in die A-horisonte van

gronde voor nie. Die peds van die A-horison is meer waterstabil, bevoordeel versadigde hidrouliese geleiding van water- en wortelontwikkeling, vergemaklik bewerking, vorm 'n beter saadbed en is minder onderhewig aan water- en winderosie as grond in die apedale toestand.

Struktuur in die ondergrond het 'n totaal ander invloed op gewasproduksie en moet dus anders geïnterpreteer word. Met die uitsondering van die rooi gestruktureerde B-horison is makropeds in die ondergrond wateronstabil (Nell, 1991). Dit dispergeer met benatting, die interpedale porieë sluit in 'n wisselende mate en vertraag versadigde hidrouliese geleiding. Indien sulke horison op die oppervlak blootgestel word, dispergeer dit en vorm 'n kors wat opkoms van saailinge benadeel, infiltrasie van water verlaag, water- en winderosie bevorder en bewerking bemoeilik. Ondergronde beland op die grondoppervlak as gevolg van erosie van die A-horison of diep ploeg. Fisiese aktiwiteit, soos wat byvoorbeeld bepaal word deur middel van plastisiteitsindeks, hou verband met die graad van struktuurontwikkeling. Hoewel die fisiese aktiwiteit van gronde verband hou met beide dispersie en die teenwoordigheid van swellende kleie, is dispersie en swellende kleie nie noodwendig ekwivalent nie.

Op grond van struktuur kan die geskiktheid van kutaniese gronde vir besproeiing onderskei word (Nell & Bennie, 1991). Dit beïnvloed interne dreinerings wat lei tot die opbou van soute en verskil van een grondvorm na 'n ander. 'n Toename in die graad van struktuurontwikkeling lei tot beperking van dreinerings deurdat infiltrasie en versadigde hidrouliese geleiding belemmer word. Dit beperk ook die hoeveelheid plantbeskikbare water (Boedt & Laker, 1985).

Die grootte en vorm van struktuur is ook van belang vir gewasproduksiedoeleindes. Die grootte van peds bepaal die hoeveelheid interpedale porieë en beïnvloed dus die volume makroporieë beskikbaar vir die waterbeweging en wortelontwikkeling. Groter peds is dus minder gunstig vir gewasproduksie. Die graad van ondergrondstruktuur hou verband met die fisiese aktiwiteit van die grond sowel as met die vermoë van die grond om te dispergeer. Dit beïnvloed ook die brutodigtheid van die peds. Beide die faktore werk nadelig in op waterbeweging en wortelontwikkeling. Sterker ontwikkelde makrostruktuur is dus meer nadelig vir gewasproduksie. Dit geld weereens net vir ondergronde uitsluitend die rooi gestruktureerde B-horison (Nell, 1991).

Die vorm van die peds beïnvloed gewasproduksie in die algemeen deur die invloed daarvan op waterbeweging en wortelontwikkeling. Prismas is meer nadelig as hoekige blokke wat weer meer nadelig is as subhoekige blokke. Plaatstruktuur word as uiters beperkend beskou. Struktuur het 'n kenmerkende verband met bewortelingsruimte (Saayman, 1973).

'n Waarde van $KUK_{grond} = 11 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ word gebruik om in 'n grensgeval tussen neokutaniese en apedale horisonte aan die een kant en prismakutaniese, pedokutaniese en rooi gestruktureerde B-horisonte aan die ander kant te onderskei. Aanduidings is dat hierdie verwantskap tussen KUK_{grond} en struktuur ook geld vir sterker ontwikkelde ondergrondstrukture. Grondhorisonte met 'n sterk struktuur het kenmerkend 'n KUK_{grond} van $>15 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Dit geld waarskynlik nie vir kolomvormige strukture soos by sommige Estcourts voorkom nie, omdat die peds reeds degradeer.

3.2.5 Diepte

Met die diepte van grond word normaalweg bedoel die totale dikte van die A- en B-horisonte. Die rol van grondvolume in grondgebruik is die hoofmotivering vir die insluiting van gronddiepte as kriterium in grondopnames. In gewasproduksie is dit belangrik omdat dit waterhouvermoë en derhalwe die produksiepotensiaal van grond onder spesifieke klimaatstoestande bepaal. In die halfdroë streke word diep gronde verkies vir die groter waterhouvermoë en oorbrugging van droogtes terwyl dit in subhumiede streke verkies word omdat dit nie so maklik versuip nie.

Die bydrae van grondvolume tot produksiepotensiaal neem drasties af met diepte. Die limiet waarby die afname plaasvind hang hoofsaaklik van die tekstuur van die grond en klimaat af. Beperkende lae het 'n verdere voordeel in halfdroë streke omdat dit die opgaar van water bevoordeel. Die reënval van Suid-Afrika is wisselvallig, veral in die halfdroë streke. Tydens 'n reëntydperk kan die profiel versadig word en water deur dreineringsverlore raak indien kleilae dit nie beperk nie. Dit lei tot versadiging van die ondergrond en 'n groter persentasie van die profiel se water is dan beskikbaar vir plantopname. Die keerlaag word op kleiner diepte verkies in laer reënvalstreke. Optimum diepte in die Wes-Vrystaat is ongeveer 800 mm.

Diepte beïnvloed ook die geskiktheid van grond vir besproeiing omdat dit die volume grond beskikbaar vir laterale dreinerings, die diepte van 'n potensiële watertafel en die profielbeskikbare waterkapasiteit beïnvloed. Grondopnames vir ingenieursdoeleindes strek tot by

die vaste rots en word dus baie dieper uitgevoer as opnames vir landbou en ander gebruike. Die dieperliggende materiaal beïnvloed stabiliteit van strukture.

Effektiewe diepte

Die effektiewe diepte van grond is ter sake by die evaluering van die geskiktheid van die grond vir gewasproduksie. Die begrip is onderhewig aan kritiek omdat dit nie altyd die verskille tussen plantspesies, verbouingspraktyke, klimaat en die aard van die onderliggende materiaal in aanmerking neem nie. Hoewel dit in die verlede 'n groot rol in die algemene evaluering van gewasproduksiepotensiaal gespeel het, het tegnologiese ontwikkeling dit skynbaar ingehaal. Dit is wenslik om, wanneer die term gebruik word, 'n aanduiding te gee van die produksiesisteem waarvoor dit geld.

Dit is nodig om die verskille tussen gewasse in aanmerking te neem by die bepaling van effektiewe diepte. Koring benut byvoorbeeld 'n groter volume grond as mielies in 'n Avalongrond in die Oos-Vrystaat. Effektiewe diepte kan ook deur bestuur gemanipuleer word byvoorbeeld met plantdatum en oorlêstelsels.

Die onderliggende materiaal beïnvloed ook die produksiepotensiaal van 'n grond en dit moet dus saam met gronddiepte in aanmerking geneem word in potensiaalskattings. Dit kan die produksiepotensiaal beperk of verhoog.

3.2.6 Konsistensie en sementasie

Die konsistensie van grond verander met verandering in waterinhoud. Daarom word verskillende terme gebruik om te onderskei tussen konsistensie in die nat en droë toestand. In die nat toestand word ook onderskei tussen klewerigheid en plastisiteit. Sementering word soms verwar met plastisiteit. Die sementering van grond, anders as konsistensie, verander nie met waterinhoud nie.

Die belangrikste invloed van konsistensie op gewasproduksie is die invloed daarvan op wortelontwikkeling, bewerkbaarheid van die grond en waterinfiltrasie. Hoër grade van konsistensie benadeel waterbeweging en wortelontwikkeling deurgaans en die nadelige effek vererger met afname in waterinhoud. Kwantitatiewe afleidings van konsistensie word beperk deur die interaksie tussen struktuur, tekstuur, brutodigtheid en waterinhoud.

Voertuigbegaanbaarheid is nou gekoppel aan konsistensie. Duinsand het byvoorbeeld geen kohesiekrag en dravermoë in die droë toestand nie. In die klam of nat toestand verhoog die dravermoë egter aansienlik. Kleigrond daarenteen het 'n harde konsistensie in die droë toestand met baie goeie dravermoë, maar in die nat toestand het dit 'n swak dravermoë as gevolg van 'n plastiese konsistensie.

Atterberggrense word soms gebruik vir die kwantifisering van konsistensie. Skuifskursterkte, saamdrukbaarheidsterkte, kompaksiepotensiaal, brutodigtheid en veral swigpotensiaal word direk verbind met die konsistensie- en sementeringseienskappe van grond.

3.2.7 Makroporieë

Makroporieë is daardie porieë wat sonder hulpmiddels waarneembaar is. Die grootte daarvan stem ooreen met die grootte van die porieë wat verantwoordelik is vir swaartekragdreinerings. Makroporieë kom voor as pakkingsporieë, krake en biologiese strukture. Krake is planêr en biologiese strukture is pypvormig. Biologiese strukture word in Afdeling 3.2.15 bespreek.

Makroporieë in nat grond is deurlugtingsporieë wat meesal met lug gevul is, veral as dit 'n goed gedreineerde grond is. Daarteenoor word na die mikroporieë verwys as kapillêre porieë, wat dui op die rol wat dit in die grond speel. Die belangrikste implikasie van makroporieë is dat dit versadigde hidrouliese geleiding, deurlugting en wortelontwikkeling beïnvloed. Hoe meer, groter en meer aaneenlopend die porieë is, hoe groter sal hierdie rol wees. Porieë met vertikale oriëntasie het ook 'n groter invloed op die genoemde grondkwaliteite as dié met horisontale oriëntasie.

Hidrouliese geleiding word bevorder deur voorkeurvloei. Die interpedale makroporieë speel 'n groter rol hierin as die intrapedale makroporieë. Omdat laasgenoemde in die peds voorkom, is dit meestal nie aaneenlopend tussen peds nie. Die water beweeg soveel vinniger deur die makroporieë dat dit vir die grootste gedeelte van vloei verantwoordelik is. Dit lei daartoe dat versadigde vloei in gestruktureerde gronde hoofsaaklik in die makroporieë plaasvind. Nie al die makroporieë bly oop in die nat toestand nie. Baie swel toe en die indruk wat van 'n gestruktureerde grond in die droë toestand verkry word, kan misleidend wees. 'n Variërende persentasie van die openinge tussen peds bly oop in die nat toestand en neem dus deel aan

voorkeur versadigde vloei. Fyner struktuur bevoordeel waterbeweging. In die onversadigde toestand dien hierdie makroporieë as sones van deurlugting in gestruktureerde kleigronde.

Volgens Brink *et al* (1982) beïnvloed porieë die stabiliteit van gronde wat spanning ondergaan. Hoe groter en hoe meer die porieë is, hoe meer sal die finale vervorming wees wat deur die spanning teweeggebring word.

Grond en afsettings (soos mangaanaarde) wat baie aaneenlopende makroporieë bevat, ondergaan groot volumevermindering tydens konsolidasieprosesse. Groot dolines en versakkingstrukture in dolomitiese gebiede is toe te skryf aan die konsolidasie daarvan.

Voorkeur wortelontwikkeling vind in hierdie makroporieë plaas. Sulke porieë is volop in swellende kleigrond. Tydens uitdroging krimp die grond en word van die plantwortels beskadig indien dit nie elasties genoeg is om by die volumeverandering van die grond aan te pas nie. Voorbeelde van sulke skade is die natuurlike verdwering (bonsai-groeiwyse) van sekere plantspesies wat op vertiese gronde voorkom.

Brink *et al.* (1982) verwys daarna dat die verswakte skuifsterkte van gronde wat krake het soveel as 70 % van die oorspronklike sterkte kan wees. In nat toestande verlaag die teenwoordigheid van water in die krake die grondsterkte nog meer en ineenstortings kom voor, veral in uitgrawings waar die helling van die krake in die rigting van die uitgrawings wys.

3.2.8 Kutane

Sover bekend oefen geeneen van die tipes kutane wat onderskei word, 'n beperking op waterbeweging of plantwortelaktiwiteit uit nie. Omdat dit 'n baie unieke vorm het, is dit egter 'n betekenisvolle aanduiding van spesifieke grondvormingsprosesse waarvan die omgewingstoestand in 'n mate afgelei kan word.

Argillane (silikaatkleikutane) is 'n aanduiding dat luviasie van silikaatklei in die profiel aktief is. Luviasie is aktief waar klei disperseer en dus meer aktief in die teenwoordigheid van 2:1-klei en natriumaktiwiteit. Klei illuvieer nie in die teenwoordigheid van vry kalk nie, omdat dit dispersie onderdruk. Omdat argillane soms so prominent is, skyn dit as beperkend vir wortelontwikkeling op te tree. Die brutodigtheid van die peds speel waarskynlik 'n groter rol in die beperking van wortelontwikkeling in die peds.

Organane (humuskutane) op die peds van die prismakutaniese B-horison van die Estcourtgrondvorm is 'n aanduiding van natter toestande as wanneer dit afwesig is (Grondklassifikasiewerkgroep, 1991).

Silane (silika- of kwartskutane) is 'n aanduiding van intense reduksie tydens periodieke versadiging en die afbraak van silikaatkleie.

Ferrane en **manganane** (yster- en mangaankutane) is 'n aanduiding van yster- en mangaanakkumulasie onder toestande van yster- en mangaanherverspreiding. Dit gaan gepaard met grys albane wat in die naasliggende ontysterde vlak vorm. Die rigting van opeenvolging van die kutane, naamlik van die albaan na die ferraan en manganaan dui die redoksgradiënt aan wat tydens versadiging heers. Indien die manganaan of ferraan op die pedoppervlak is en die albaan in die matriks, dui dit op lang periodes van versadiging (Bouma, 1983). Dit word ook oksimorfologie genoem (ISRIC, 1994). Die omgekeerde opeenvolging dui op korter periodes van versadiging.

Gipsane en kalkane (gips- en kalkkutane) is aanduidings van periodieke langdurige versadiging van die ondergrond met water. Dit kom blykbaar net in droë streke voor waar dié soute nie uitgelooë is nie. Reduserende toestande heers skynbaar nie tydens die versadiging nie sodat vlekke nie voorkom nie. Dit is moontlik die gevolg van 'n gebrek aan organiese materiaal. Die dreineringsvermoë van sulke gronde is waarskynlik ook swak.

3.2.9 Wryfvlakke

Hierdie verskynsel word geassosieer met baie hoë fisiese aktiwiteit met benatting en uitdroging van swellende gronde. Dit kan strukture soos huise, paaie, heinings, ens. laat bars en/of oorhel. Die graad van struktuurontwikkeling in grond is die eerste aanduiding van fisiese aktiwiteit, maar wryfvlakke kom net onder uiterste toestande van fisiese aktiwiteit, soos ontstaan in gronde met baie swellende klei, voor. Uitgraving in gronde met wryfvlakke kan ook maklik toeval as gevolg van swigting langs die skuifskurvlakke. Wryfvlakke kom vlakker voor by gronde met hoër fisiese aktiwiteit en by laer reënval.

Wryfvlakke is al waargeneem in grond met 'n plastisiteitsindeks (PI) van 22 wat 400 mm diep is. Dit is al beskryf as prominent by 'n PI van 25 maar dit kom na verwagting prominent voor by 'n PI van 32 en groter. Die PI van grond kan so groot soos 60 wees. Huise op grond met

wryfvlakke vereis spesiale fondamente, om te verhoed dat dit bars. Die grondoppervlak kan meer as 100 mm vertikaal beweeg oor 'n seisoen as gevolg van benatting en uitdroging. Die eenvoudigste maatreël om beweging teen te werk is om die grond nat of droog te hou ongeag die seisoen. Die invloed van fisiese aktiwiteit op boukoste kan bereken word aan die hand van PI, klei-inhoud en diepte (Van der Merwe, 1964). Die belangrikste rolspelers in die fisiese beweging van gronde is die hoeveelheid en soort kleimineraal sodat die KUK_{grond} daarmee verband hou. Wryfvlakke kom skynbaar voor in grondhorisonte met 'n $KUK_{grond} > 30 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

Wryfvlakke en hoë fisiese aktiwiteit is nie beperk tot vertiese A-horisonte nie. Dit kom ook in pedo- en prismakutaniese B-horisonte voor. Kyk ook Afdeling 4.2.3 *Vertiese A-horison*.

3.2.10 Grondorganismes

Plantwortels

Waar plantwortels in 'n profiel waargeneem word, is die kans goed dat water en lug ook voorkom in 'n verhouding wat geskik is vir gewasproduksie. Akkergewasse se groei word skynbaar beperk indien meer as 80 % van die porievolume met water gevul is. Die tipe en ouderdom van die plant speel uiteraard die belangrikste rol in die voorkoms van wortels in die grondprofiel.

Plantwortels se bydrae tot algemene grondkwaliteit lê in die verrotte plantwortels van afgestorwe plante en wortelkanale. Plantwortelmateriaal lewer 'n bydrae tot die humus in die grond terwyl wortelkanale waterbeweging en deurlugting bevorder. Worteloriëntasie in die grond is meesal dendrities behalwe waar penetrasieweerstand ondervind word en die wortels dan 'n voorkeur-oriëntasie volg. Horisontale wortelgroei word aangetref op prismakutaniese B-horisonte, kleipanne en harde rotsbanke. Voorkeurgroei word aangetref tussen peds in vertiese A- en kutaniese B-horisonte, of om rotsfragmente waar daar swakheidsvlakke aanwesig is.

Diere

Diere wat in die grondprofiel voorkom, lewer 'n bydrae tot die kwaliteit van die grond. Dit is in die eerste plek 'n aanduiding dat die grondtoestande gunstig is vir lewe. Grondfauna is verantwoordelik vir die afbraak van organiese materiaal en die verspreiding daarvan in die grond asook die opbreek van aggregate en vorming van nuwe biotiese strukture soos krotovinas. Die

aktiwiteit van kleiner gronddiere speel 'n groot rol in die vermenging en losmaak van die grond, veral die A-horison. In hoër reënvalstreke speel erdwurms 'n groot rol maar in halfdroë en droë streke speel insekte 'n groter rol.

3.2.11 Vry kalk en gips

Vry kalk kom in diagnostiese neo-, sagte- en hardebank karbonaathorisonte voor. Vry kalk kom soms ook in ander diagnostiese horisonte voor. Gips is geassosieer met kalk omdat dit onder soortgelyke toestande presipiteer sodat dit dikwels saam voorkom. Kalk hou meer water as grond en daarom kan dit die waterhouvermoë van grond met tot 60 % verhoog (Kyk *Sagte karbonaathorison* onder Afdeling 4.2.17). Kalk dan daarom ook die plastisiteitsindeks van grond verhoog. Die plastisiteitsindeks van kalkhoudende gronde, as aanduiding van die fisiese aktiwiteit, kan dus misleidend wees. Omdat kalk en gips bronne van kalsium is speel dit 'n rol in die fisiese aktiwiteit van gronde. Geadsorbeerde kalsium beperk die swelling van kleie en verlaag daarom die fisiese aktiwiteit van grond. Dit het ook 'n invloed op die pedogenese aangesien luviasie van klei daarom nie in die teenwoordigheid van vry kalk of gips plaasvind nie.

Vry kalk kom net in grond met pH >7.5 en basisversadiging >100 % voor. Dit beïnvloed die algemene vrugbaarheid van die grond omdat die beskikbaarheid van plantvoedingstowwe met pH varieer en plante gevoelig is vir pH. Daar moet onderskei word tussen vry kalk en kalkkonkresies. Laasgenoemde kan in grond met 'n relatief lae pH voorkom, en beïnvloed dus nie noodwendig die grondmatriks-pH nie. Plante wat gevoelig is vir pH kan in gronde met kalkkonkresies groei sonder dat dit groei benadeel. Die aard van grond se reaksie op die HCl-toets is 'n indikatie van die karbonaatinhoud (Tabel 3.8).

Tabel 3.8 Reaksie van die grond op die 10 % HCl-toets vir karbonate (Hodgson, 1974)

Veldbeskrywing	Geskatte CaCO_3 -inhoud	Hoorbare geluid (naby oor) met HCl aanwending	Sigbare effek met aanwending van HCl
Nie-kalkhoudend	<0.5 %	Geen	Geen
Skaars kalkhoudend	0.5-1.0 %	Dof hoorbaar	Geen
Effens kalkhoudend	1.0-2.0 %	Dof tot matig hoorbaar	Ligte opbruising beperk tot individuele korrels, net sigbaar
Matig kalkhoudend	2.0-5.0 %	Matig hoorbaar ook weg van oor	Opbruising maklik sigbaar
Kalkhoudend	5-10 %	Maklik hoorbaar	Matige opbruising, borrels tot 3 mm in deursnee

Baie kalkhoudend	>10 %	Maklik hoorbaar	Matige opbruising, borrels tot 7 mm in deursnee
------------------	-------	-----------------	---

3.2.12 Stratifikasie

Kyk Afdeling 4.2.20: *Gestratifiseerde alluvium*.

3.2.13 Duplekseienskappe

'n Dupleksgrond bestaan uit 'n relatief goed deurlaatbare boggrond wat abrupt onderlê word deur 'n baie stadig deurlaatbare horison wat nie 'n hardebank is nie. Die verskil in deurlaatbaarheid word toegeskryf aan 'n verskil in klei-inhoud. 'n Abrupte oorgang kom voor bo sommige G-horisonte, prismakutaniese B-horisonte en onder sekere plintiese horisonte.

Dupleksgronde is gevoelig vir erosie. As gevolg van die swak deurlaatbaarheid van die ondergrond horison, versadig die boggrondhorison vinnig tydens reënbuie en dit lei tot verhoogde oppervlakaflow en basisvloei. As gevolg van die dispersiewe karakter van die prismakutaniese B-horison vind tonnelerosie maklik daarin plaas.

3.2.14 Konkresies

Konkresies is nodules met konsentriese ringe. Die term word egter losweg vir alle nodules gebruik word. Omdat dit deur sikliese prosesse gevorm word, word 'n konsentriese karakter verwag. Die ringe is dikwels nie sigbaar met die oog nie. Konkresies kom voor as kalsiumkarbonaat (kalkreet), ysteroksiede (ysterrikreet of plintiet), mangaanoksiede (manganokreet), silika (silcrete), gips (gipskreet) en aluminiumoksiede (lateriet). Lateriet word geassosieer met tropiese gronde. Silcrete kom meer dikwels in 'n massiewe vorm voor en in groot nodules van tot 15 cm in deursnee.

Die belangrikste afleidings wat van konkresies gemaak word, word afgelei van die chemiese samestelling daarvan. Verdere afleidings kan van die hardheid, hoeveelheid, grootte en vorm gemaak word. Die paleogenetiese omgewingstoestande kan van die konkresies se samestelling afgelei word. Omliggende gronde se paleogenetiese omstandighede kan ook daaruit afgelei word en onder gunstige toestande kan 'n ouderdom selfs aan die grondhorisonte gekoppel word.

Konkresies van Fe-Mn oksiede dui net soos vlekke op 'n fluktuierende watervlak. Waar dit in 'n laag voorkom, dui dit op kapillêre styging van gereduseerde ysterryke water vanaf 'n vergleyde

onderliggende laag. Kyk ook Afdeling 4.2.11 *Sagte plintiese B-horison*. Dit kan ook sedimentêre afsettings wees. Kalknodules kom voor in gronde met 'n hoë basisstatus. Dit kan egter as afsettingsrelikte in 'n kalkvrye matriks voorkom.

Kalkreet en ferrikreet se grootste waarde lê in die ingenieursgebruike daarvan, aangesien beide in padboukonstruksie, vir hellingstabiliteit en stabilisasie van geërodeerde grond gebruik word. Silkrete kan as 'n betonaggregaat gebruik word.

3.2.15 Biotiese strukture

Verskeie biotiese strukture kom in gronde voor in die vorm van gate, kanale en holtes. Dit word gevorm deur plante en diere van variërende grootte. Die strukture is soms leeg maar dikwels gevul met materiaal van die hoër liggende horison. Oorblyfsels van biologiese oorsprong is soms in die strukture teenwoordig. Indien hierdie kanaalvulsels raak geboor word kan dit lei tot verwarring as gevolg van die dun "horison" se donker kleur. Die kleur word deur die organiese oorblyfsels veroorsaak.

Die belangrikste implikasie van biotiese strukture is die invloed wat dit op die vloei van water en lug deur die grond het. Dit dra by tot beter wortelontwikkeling en algemene groei, waarskynlik as gevolg van die groter persentasie organiese materiaal in veral die krotovinas, beter deurlugting en minder penetrasieweerstand. Die rol van die bioporieë as kanale vir lug en/of water in die grond kan afgelei word van die teenwoordigheid en oriëntasie van vlekke (Bouma, 1983).

3.2.16 Growwe fragmente

Materiaal >2 mm is grof fragmente. Dit bestaan hoofsaaklik uit rotsstukke en/of konkresies. Afdeling 3.1.8 *Los oppervlakrots* gee 'n opsomming van die belangrikste implikasies van sulke fragmente op die oppervlak van gronde.

Grof fragmente verlaag die totale hoeveelheid grond per volume. Dit moet in berekening gebring word by die berekening van waterinhoud, kalk- en bemestingsaanbevelings. Die grootte en hoeveelheid makroporieë word deur growwe fragmente vergroot en dit beïnvloed waterbeweging, wortelontwikkeling en deurlugting. Grof fragmente kan skynbaar die versadigde hidrouliese geleiding van grond verlaag of verhoog. Klipperige gronde versadig gouer maar hou minder water vas. Die algehele bewerkbaarheid van grond met growwe fragmente is laag.

3.2.17 Waterabsorpsie

Die tempo waarteen klam onversteurde grond water absorbeer is 'n aanduiding van die hidrouliese eienskappe daarvan. As 'n druppel water in minder as een sekonde geabsorbeer word, dui dit op goeie deurlaatbaarheid, maar indien dit langer as tien sekondes neem, is die versadigde hidrouliese geleiding van die grond baie laag.

3.2.18 Korste

Korste is die produk van meganiese kompaksie onder spesifieke fisiese/chemiese/-mineralogiese/biologiese toestande. Die mees algemene vorm van korsvorming is die oppervlakverseëling wat plaasvind onder die invloed van kinetiese energie van reëndruppels op die grond. Indien slik en klei die tekstuur domineer, is die kans op korsvorming >in die geval van sanderige gronde. Gronde met 'n UNP >5 is ook meer geneig tot korsvorming.

Korste beperk waterinfiltrasie, gasuitruiling en saailingopkoms. Beperkte infiltrasie lei tot opdamming, oppervlakafloop en erosie. Ontkieming van sade word beperk deur die gebrek aan gaswisseling en die korste kan so hard wees dat die saailinge dit nie kan breek nie. Dit het gevolglik 'n negatiewe invloed op plantvestiging en gewasproduksie.

3.2.19 Lamelle

Lamelle is geassosieer met sanderige gronde soos die Fernwoodvorm en kom as 'n horisontale golwende verskynsels voor. Daar is gevalle bekend waar lamelle waterbeweging vertraag en groei van gevoelige wortelstels beperk. Dit verhoog ook die grond se konsistensie aansienlik maar dit het blykbaar meestal nie 'n invloed op grondgebruik nie.

3.2.20 Vry soute

Vry soute kom voor waar dreinerings beperk is. In droë gebiede word dit hoofsaaklik toegeskryf aan die invloed van klimaat. In halfdroë gebiede speel die topografie en die onderliggende materiaal 'n groot rol en kom soute veral in laagliggende gebiede voor waar sytelwater akkumuleer. In hoë reënval gebiede is vry soute relatief skaars, aangesien dit reeds uit die sisteem geloos is. Vry soute is gevolglik 'n aanduiding van die grond se hidrologie.

VERWYSINGS

- ACOCKS, J.P.H., 1988. Veld types of South Africa. Ed. O.A. Leistner. Botanical Research Institute, Department of Agriculture and Water Supply, Pretoria.
- BOEDT, L.J.J. & LAKER, M.C., 1985. The development of profile available water capacity models. WRC Report No. 98/1/85, Pretoria.
- BOUMA, J., 1983. Hydrology and soil genesis of soils with aquic moisture regimes. In L.P. Wilding, N.E. Smeck & G.F. Hall (eds.). *Pedogenesis and Soil Taxonomy. I. Concepts and interactions*. Elsevier, Amsterdam.
- BRINK, A.B.A., PARTRIDGE, T.C., & WILLIAMS, A.A.B., 1982. *Soil survey for engineering*. Clarendon Press, Oxford.
- CUTLER, E.J.B., 1983. Soil classification in New Zealand. Soil Science Department, Lincoln College, Canterbury, NZ.
- DENT, M.C., SCHULZE, R.E. & ANGUS, G.R., 1988. Crop water requirements. Deficits and water yield for irrigation planning in Southern Africa. WRC Report No 118/1/88, Pretoria.
- DIETRICH, R.V. & SKINNER, B.J., 1990. *Gems, granites and gravels: knowing and using rocks and minerals*. Cambridge University Press, Cambridge.
- EDWARDS, D., 1983. Broad scale structural classification of vegetation for practical purposes. *Bothalia* 14, 705 – 712.
- FAO, 1979. Soil survey investigations for irrigation. FAO soils bulletin 42, FAO, Rome.
- GRONDKLASSIFIKASIEWERKGROEP, 1991. Grondklassifikasie. 'n Taksonomiese sisteem vir Suid-Afrika. Mem. Nat. Landbouhulpbr. S. Afr. Nr. 15, Departement van Landbou-ontwikkeling, Pretoria.
- HODGSON, J.M., 1974. *Soil survey field handbook*. Technical Monograph No. 5. Soil survey of England and Wales. Rothamsted, Harpenden.
- NELL, J.P., 1991. Besproeibaarheid van gestrukteurde gronde. M.Sc.Agric verhandeling, Universiteit van die Oranje Vrystaat, Bloemfontein.
- NELL, J.P., & BENNIE, A.T.P., 1991. Structure as an index of the irrigability of soils. *Proc. Sth. Afr. Irrig. Simp.*, 336-341.
- VAN DER MERWE, D.H., 1964. The prediction of heave from the plasticity index and percentage clay fraction of soils. *The civil engineer in South Africa*. June, 105-107.
- VAN HUYSSTEEN, C.W., 1995. The relationship between subsoil colour and degree of wetness in a suite of soils in the Grabouw district, Western Cape. M.Sc.Agric. dissertation. University of van Stellenbosch, Stellenbosch.
- WISHMEIER, W.H. & SMITH, D.D., 1978. Predicting rainfall erosion losses – A guide to conservation planning. *Agriculture Handbook* 537, U.S.D.A., Washington DC.
- WEINERT, H.H., 1980. The natural road construction materials of Southern Africa. *Academica*, Pretoria.
- SAAYMAN, D., 1973. Grondeienskappe en wingerdprestasie in die Bonnievale-omgewing. M.Sc. verhandeling. Universiteit van Stellenbosch, Stellenbosch.
- SCHWERTMANN, U., 1985. The effect of pedogenetic environments on iron oxide minerals. *Adv. Soil Sci.* 1, 171-200.
- SCHWERTMANN, U., 1993. Relations between iron oxides, soil color and soil formation. In J.M. Bingham & E.J. Ciolkosz (eds.). *Soil color*. Soil Sci. Soc. of Am., Madison, Wisconsin.
- SOIL SURVEY STAFF, 1975. *Soil Taxonomy, a classification system for making and interpreting soil surveys*. Pocahontas Press Inc., Blacksburg, Virginia.