

CODEN: IBBRAH (6-87) 1-79 (1987)

ISSN 0434-6793

I N S T I T U U T   V O O R   B O D E M V R U C H T B A A R H E I D

RAPPORT 6-87

EIGENSCHAPPEN EN BEHANDELINGSWIJZE VAN LÖSSGRONDEN

**With a summary: Properties and management of loess soils**

door

P. BOEKEL en H.H.H. TITULAER\*

\* PAGV-Lelystad

1987

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, Postbus 30003,  
9750 RA Haren (Gr.)

---

**Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 6-87 (1987) 79 pp.**

## INHOUD

1. Inleiding	4
2. Vorming en eigenschappen van lössgronden	5
3. Probleemstelling	7
4. Opzet en wijze van onderzoek	8
4.1. Proefplekkenonderzoek	8
4.2. Onderzoek naar het verloop van het vochtgehalte	9
4.3. Onderzoek naar de invloed van bekalking	9
4.4. Onderzoek naar de invloed van organische bemesting	9
4.5. Onderzoek naar de invloed van het tijdstip van ploegen en van verschillende systemen van voorjaarsgrondbewerking	10
4.6. Onderzoek naar het effect van woelen van de ondergrond	13
4.7. Onderzoek naar het effect van zaaibedbehandeling ter bestrijding van verslemping	13
5. Bepalingswijze van de verschillende aspecten van de bodem- structuur	15
5.1. De verslempingstoestand van de grond	15
5.2. De bewerkbaarheid van de grond in het voorjaar	15
5.3. De actuele structuur van de grond	16
6. De structuurtoestand van de grond	20
6.1. De verslempingstoestand van de grond	20
6.2. De bewerkbaarheid van de grond in het voorjaar	21
6.3. De actuele structuur van de grond	23
6.4. Algehele beoordeling van de gesteldheid van de structuur- aspecten	25
7. Groei en opbrengst van de gewassen	27
8. Factoren die van betekenis kunnen zijn voor de verschillende structuuraspecten en voor de gewasgroei	28
8.1. Neerslag en temperatuur	28
8.2. Profielopbouw en ontwateringstoestand	31
8.3. Samenstelling van de grond	34
8.4. Bouwplan	37
8.5. Bemestingstoestand en bemesting van de grond	39

9. Betekenis van verschillende bodem- en andere kenmerken voor de structuuraspecten van de grond	43
9.1. Invloed op de verslemping	43
9.2. Invloed op de bewerkbaarheid	44
9.3. Invloed op de actuele structuur	47
10. Betekenis van verschillende systemen van grondbewerking voor de structuur van de grond	52
11. Betekenis van verschillende bodemkenmerken voor de groei van de gewassen	57
11.1. Betekenis van de bemesting en bemestingstoestand	57
11.2. Betekenis van de bodemstructuur en de voorjaarsbewerkbaarheid	57
11.3. Betekenis van de organische-stofvoorziening	59
11.4. Betekenis van de kalktoestand	60
11.5. Betekenis van de stabilisatie van het zaaibed van suikerbieten	62
12. Betekenis van verschillende systemen van grondbewerking voor de groei van de gewassen	63
12.1. Betekenis van tijdstip van ploegen	63
12.2. Betekenis van de voorjaarsgrondbewerking	64
12.3. Betekenis van diepe grondbewerking	65
13. Bespreking van de resultaten	67
14. Conclusies	70
15. Samenvatting	71
16. Summary	72
17. Literatuur	73
18. Bijlagen	75

## 1. INLEIDING

De laatste decennia is naar voren gekomen dat op de lössgronden in Zuid-Limburg diverse problemen optreden die verband houden met de bodemstructuur en de textuur. In de eerste plaats is daar het verschijnsel van het slempige karakter van deze gronden, waardoor bij zware regenval door het dichtslaan van de bovengrond een oppervlakkige waterafvoer plaats kan hebben, waardoor erosie kan optreden.

In de tweede plaats heeft deze verslemping een verlating van de voorjaarsgrondbewerking tot gevolg, waardoor de inzaai van gewassen wordt verlaat en de groeiduur wordt verkort.

Op sommige plaatsen zijn in het profiel storende lagen aanwezig die de bewortelingsdiepte negatief beïnvloeden. Deze tekortkomingen veroorzaken vooral problemen bij de teelt van suikerbieten, waarvan de opbrengsten duidelijk achterblijven bij die van de rest van Nederland.

In verband hiermee is de laatste jaren veel aandacht besteed aan de problemen op de lössgronden. Omdat de literatuur niet voldoende in de kennis van de vooral bodemfysische aspecten van de gronden kon bijdragen om voor de genoemde problemen een oplossing te geven werd o.a. via een proefplekkenonderzoek getracht inzicht te krijgen in de gesteldheid van de grond t.a.v. verschillende structuuraspecten in dit gebied en de factoren die daarbij een rol spelen. Daarnaast werd op een aantal proefvelden de invloed van verschillende behandelingen en bewerkingen op de fysische eigenschappen van de grond nagegaan. Daarbij is ook nagegaan wat de consequenties kunnen zijn voor de gewasgroei en de opbrengst.

De resultaten van dit onderzoek zijn getoetst aan ervaringen in de praktijk en de beschikbare gegevens uit de literatuur, en zo mogelijk vergeleken met de situatie in het zuidwestelijk zeekleigebied, waar gelijktijdig soortgelijk onderzoek werd verricht.

Aan de hand van de resultaten zal worden getracht de aard en de oorzaak van de problemen op lössgronden nauwkeuriger aan te duiden en aan te geven door welke maatregelen verbetering kan worden verkregen.

## 2. VORMING EN EIGENSCHAPPEN VAN LÖSSGRONDEN

De lössgronden zijn ongeveer 50.000-12.500 jaar geleden gevormd tijdens de Würm-periode. De minerale delen werden door de toen overheersende N-NW winden aangevoerd en bij afnemende snelheden of in de luwte van de dalen afgezet. Die afzetting is in ten minste drie belangrijke stadia gebeurd, die door rustperioden werden gescheiden. In die perioden waren de klimatologische omstandigheden gunstig voor een geleidelijke verwerking van de bovenlagen (Van den Broek en Van der Marel, 1962).

De dikte van het lösspakket varieert van enkele meters tot tientallen meters. Tot een diepte van enkele meters heeft bodemvorming plaatsgevonden, waarbij ontkalking en verwerking is opgetreden en de kleur is veranderd.

Oorspronkelijk was het löss-sediment rijk aan carbonaat (12-15%), maar zelfs bij de jongste Limburgse löss is de kalk tot een diepte van 2½-3 m volledig verdwenen.

Volgens Van der Marel en Van den Broek (1962) bestaat bij löss het carbonaat voor een groter deel uit dolomiet dan bij mariene gronden. Een ander verschil met mariene gronden is dat de fractie 0-50 m overheerst en zelfs tot 80% van de granulaire samenstelling kan bedragen. Door deze textuur is löss van nature sterk slempgevoelig (Bouten et al., 1985). Door deze grote slempgevoeligheid slaat de bovengrond gauw dicht, hetgeen oppervlakkige waterafvoer in de hand werkt en daardoor ook de erosiekansen doet toenemen. Reeds bij hellingen > 1% kan erosie optreden.

Door het vele fijne zand en sloefachtige materiaal is het vochthoudend vermogen van deze gronden hoog. De stijghoogte van het water bij lage vochtspanningen (in de buurt van pF 2) is groot, zodat het opdrogen van de toplaag wordt verhinderd door nalevering van water vanuit de ondergrond. Ook werden aanwijzingen verkregen dat tijdens en kort na een natte periode de vochtgehalten hoger zijn dan bij pF 2 (Schneider en Stienen, 1980). Dit betekent dat in het voorjaar lang moet worden gewacht voordat met het zaakklaarmaken van de grond kan worden begonnen (Czeratzki, 1966). Evenals op andere kleihoudende gronden kan dit lagere opbrengsten tot gevolg hebben (Wind, 1960; Boekel, 1973).

Omdat het materiaal van de A-horizont gemakkelijk door erosie kan worden weggespoeld, is het soms helemaal verdwenen. Dan wordt wel gesproken van een onthoofd lössprofiel. Dat zijn profielen met bovenin

een duidelijke B-horizont-textuur, met een hoger klei- en ijzergehalte. Dergelijke onthoofde lössprofielen worden in Duitsland voor bouwlandgebruik gunstiger beoordeeld dan de meer volledige lössprofielen (Czeratzki, 1986). Er treedt minder verslemping en erosie op en de bewerkbaarheid is beter. In het voorjaar zijn de overgangen vaak duidelijk te zien (Schneider, 1975). Dit betekent dat volledige lössprofielen te verbeteren zijn door middels diepploegen de B-laag naar boven te brengen (Czeratski, 1968). De nalevering van water zou daardoor sterk verminderen en het opdrogen in het voorjaar zou sneller gaan.

Wat de opbrengsten betreft blijkt uit de Landbouwcijfers (LEI-CBS, 1981) dat die van aardappelen en granen op löss niet achterblijven bij het landelijk gemiddelde. De opbrengsten van de suikerbieten blijven wel achter. Waarschijnlijk speelt hierbij ook de pH van de lössgrond een belangrijke rol, gezien de grote invloed die de pH volgens Loman (1977) heeft op de opbrengst van suikerbieten. Uit de overzichtstaten van het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek (Oosterbeek) blijkt dat veel percelen op de lössgronden een te lage pH hebben voor een optimale suikerbietenteelt.

### 3. PROBLEEMSTELLING

Uit het voorgaande komt naar voren dat lössgronden door hun granulaire samenstelling - en mogelijk andere oorzaken - gevoelig zijn voor verslemping, hetgeen in regenrijke perioden, mede door de meestal golvende ligging van het terrein, erosieverschijnselen tot gevolg kan hebben. De gevoeligheid voor verslemping kan ook tot moeilijkheden bij de verbouw van wintergewassen leiden en in het voorjaar vooral bij de inzaai van suikerbieten problemen opleveren.

Een ander verschijnsel, eveneens samenhangend met de granulaire samenstelling, is het grote vochthoudend vermogen en de grote beweeglijkheid in opwaartse richting van het bodemvocht bij pF-waarden van omstreeks 2. Dat levert in het voorjaar het bezwaar op dat veel water moet worden verdampt en er dus lang moet worden gewacht alvorens met de zaaibedbereiding kan worden begonnen. Een te vroege start betekent meestal werken onder minder gunstige omstandigheden en daardoor een verslechtering van de structuur; een late start zal niet alleen moeilijkheden met ontkieming en opkomst kunnen opleveren door korstvorming, vooral onder droge omstandigheden, maar in het algemeen ook een kortere groeiperiode betekenen en lagere opbrengsten opleveren.

Het is duidelijk dat er op de lössgronden problemen zijn op het gebied van verslemping en watererosie, bewerkbaarheid en structuur, die bij een landbouwkundig gebruik van deze gronden tot nadelige effecten op de groei van sommige gewassen kunnen leiden. De opbrengst van suikerbieten is lager dan elders en de kwaliteit van consumptie-aardappelen laat te wensen over.

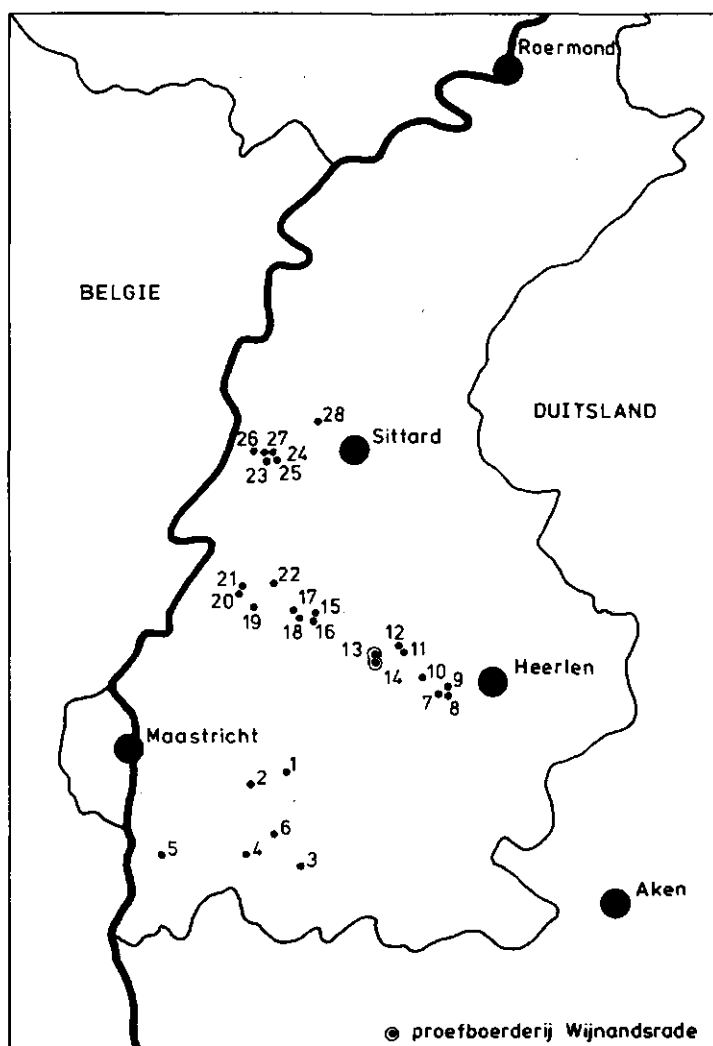
De vraag is dan hoe de genoemde bezwaren kunnen worden opgeheven. Kan door ingrijpen in de hoedanigheid van de bouwvoor (bekalking, organische-stofvoorziening, verzwaring door diepploegen) een bevredigende oplossing worden verkregen of biedt een andere, meer aangepaste, grondbewerking mogelijkheden?

#### 4. OPZET EN WIJZE VAN ONDERZOEK

Het onderzoek dat in de afgelopen jaren op de lössgronden is uitgevoerd bestond uit de volgende onderdelen.

##### 4.1. Proefplekkenonderzoek

Aan de hand van beschikbare bodemkaarten werden in 1967 door de medewerkers van het Consulentenschap in Roermond 28 akkerbouwpercelen uitgezocht, enigszins variërend in samenstelling en verspreid over het lössgebied in Zuid-Limburg (figuur 1).



Figuur 1. Ligging van de proefplekken (1968, 1969, 1970).  
 Figure 1. Location of experimental sites (1968, 1969, 1970).



In 1968, 1969 en 1970 werden daar verschillende waarnemingen en bepalingen uitgevoerd, die betrekking hadden op de bodemstructuur en op factoren die van invloed zouden kunnen zijn op de bodemstructuur. Daarnaast werden via een enquête gegevens verzameld over bouwplan, bemesting, teelttechnieken en opbrengsten.

#### **4.2. Onderzoek naar het verloop van het vochtgehalte**

In het begin van 1974 werden op een aantal plekken, voor een deel gelegen op de proefboerderij te Wijnandsrade, voor een ander deel op bedrijven in de directe omgeving, vanaf januari eenmaal in de 7 tot 14 dagen laagsgewijs grondmonsters genomen, waarin het vochtgehalte werd bepaald en de bewerkbaarheid werd beoordeeld. De bedoeling ervan was om meer inzicht te krijgen in het verloop van het vochtgehalte t.o.v. bewerkingsgrens en veldcapaciteit en daarmee in de bewerkingsmogelijkheden in het voorjaar.

#### **4.3. Onderzoek naar de invloed van bekalking**

In 1967 werd op de proefboerderij te Wijnandsrade een kalktrappenproefveld aangelegd met zes pH-trappen in viervoud, waarbij in vier blokken vier verschillende gewassen werden verbouwd (figuur 2). Dit proefveld werd tot 1984 voortgezet. Incidenteel werden door het IB de pH, de mate van verslemping, de bewerkbaarheid en de actuele structuur bepaald. De gewasopbrengsten werden door de proefboerderij bepaald.

#### **4.4. Onderzoek naar de invloed van organische bemesting**

In verband met de betekenis die aan organische stof t.a.v. de bodemstructuur wordt toegeschreven werd besloten na te gaan of de gesignaleerde problemen op deze gronden door een meer of minder regelmatige bemesting met organische stof konden worden opgelost. Daartoe werd in 1973 parallel aan het kalkproefveld (vier blokken met verschillende gewassen) een proefveld met drie verschillende intensiteiten van organische bemesting, volgens het in figuur 3 weergegeven schema aangelegd. Incidenteel werden door het IB waarnemingen betreffende de structuur van de grond verricht. Ook hier werden de opbrengsten door de proefboerderij bepaald.

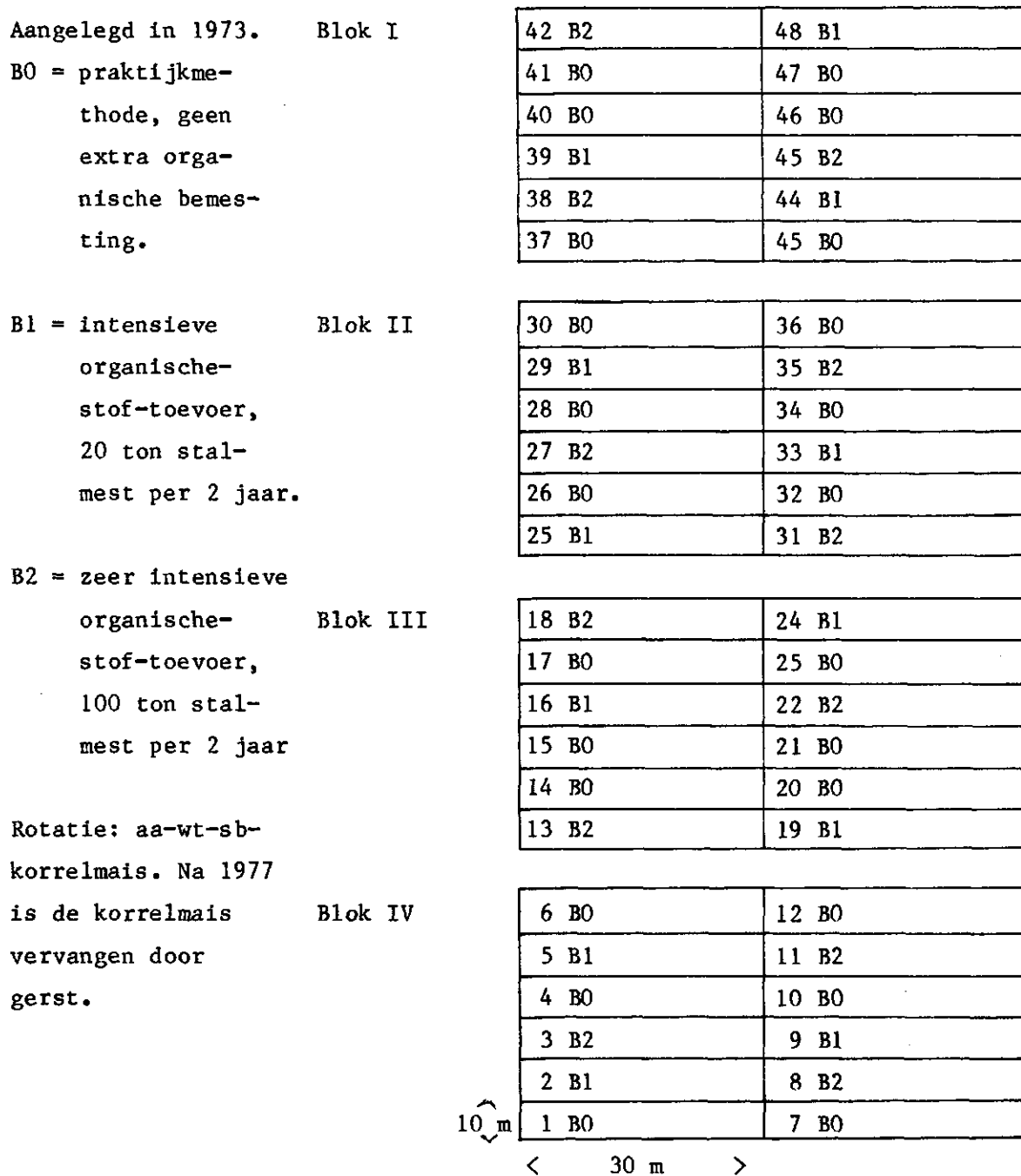
Aangelegd in 1966.			Blok I	96 6,8	90 5,2	84 6,4	78 7,2
Nagestreefde pH's				95 6,4	89 7,2	83 6,8	77 6,4
en gestrooide kalk				94 5,6	88 6,4	82 5,2	76 5,6
				93 6,0	87 6,8	81 6,0	75 6,8
pH	zbb/ha	Emkal/ha		92 5,2	86 6,0	80 5,6	74 5,2
5,2	0	0		91 7,2	85 5,6	79 7,2	73 6,0
5,6	1200	2264					
6,0	2400	4528	Blok II	72 6,8	66 5,6	60 6,8	54 6,8
6,4	3600	6800		71 5,6	65 6,8	59 5,2	53 6,4
6,8	4800	9056		70 6,0	64 6,4	58 6,0	52 5,2
7,2	9600	18114		69 5,2	63 6,0	57 5,6	51 5,6
				68 6,4	62 7,2	56 7,2	50 6,0
				67 7,2	61 5,2	55 6,4	49 7,2
			Blok III	48 6,0	42 5,2	36 5,6	30 6,0
				47 6,8	41 6,8	35 6,0	29 7,2
				46 5,2	40 6,4	34 6,8	28 5,2
				45 7,2	39 6,0	33 7,2	27 5,6
				44 6,4	38 5,6	32 5,2	26 6,4
				43 5,6	37 7,2	31 6,4	25 6,8
			Blok IV	24 6,4	18 6,8	12 5,2	6 5,2
				23 6,8	17 5,2	11 7,2	5 6,4
				22 5,2	16 6,0	10 6,0	4 7,2
				21 7,2	15 6,4	9 6,8	3 6,0
				20 5,6	14 7,2	8 5,6	2 6,8
				19 6,0	13 5,6	7 6,4	1 5,6

10 m  
< 8 m >

Figuur 2. Schema kalkproefveld WR 17.  
Figure 2. Plot plan of lime field WR 17.

#### 4.5. Onderzoek naar de invloed van het tijdstip van ploegen en van verschillende systemen van voorjaarsgrondbewerking

Het is bekend dat lössgronden gedurende de winter nogal dicht kunnen slempen en dat tijdstip en wijze van ploegen daarop van invloed zijn. Aan de wijze van ploegen is enige aandacht besteed middels een ploegdemonstratie met verschillende typen van ploegen (1969). Het effect van



Figuur 3. Schema organische-stofproefveld WR 18.  
Figure 3. Plot plan of organic-matter field WR 18.

het tijdstip van ploegen (voor of na de winter) werd naderhand op enkele proefobjecten nagegaan (tabel 1). Vooral in verband met het feit dat deze gronden vaak in het voorjaar worden geploegd is het niet eenvoudig om aan de eisen van een goed zaaibed en een goed bezakte bouwvoor te voldoen. Er staan echter veel technische hulpmiddelen ter beschikking, maar de vraag was bij welke werkwijze op deze grond het beste resultaat wordt verkregen. Daarom werden in de jaren 1969-1973 door de proefboerderij enkele proeven aangelegd, waarbij verschillende systemen van

TABEL 1. Overzicht van de zaai- pootbedbereidingsproeven.  
 TABLE 1. Survey of trials on seedbed preparation.

Jaar	Objecten	Bewerkingen
1969	1. Vroeg ploegen (half december) 2. Laat ploegen (einde maart)	1. Zaaibed klaarmaken op traditionele wijze (eggen-cambridgerol). 2. Zaaibed klaarmaken met nieuwe werktuigen in 1 à 2 werkgangen (combinatie lepeltandegge + verkruimelaars). 3. Zaaibed klaarmaken in een bewerking met de combinatie Munkhof/frees. 4. Zaaibed klaarmaken in een bewerking met schudeg.
1971	1. Vroeg ploegen (half december) 2. Laat ploegen (einde maart)	1. Zaaibed klaarmaken met Raucombi (2x). 2. Zaaibed klaarmaken met cultivatoren + Raucombi (2x). 3. Zaaibed klaarmaken met tweebalks-schudeg (1x).
1972	1. Vroeg ploegen (half december)	1. Zaaibed klaarmaken door grond ondiep losmaken (5-6 cm), licht aandrukken en verkruimelen en 2x Raucombi. 2. Zaaibed klaarmaken door grond diep los te maken met cultivator (12-15 cm), grond laten opdrogen en 2x Raucombi. 3. Zaaibed klaarmaken door grond 8-10 cm los te maken met schudeg. 4. Zaaibed klaarmaken met aangedreven eg en zaaien in een werkgang. 5. Zaaien over onbewerkte voor.
1973	1. Vroeg ploegen (half december)	Zie punten 1, 2 en 3 van schema 1972.
1979	1. Laat ploegen (half april)	1. Pootbed klaarmaken in meerdere werkgangen (2x), ondiep bewerken (7-9 cm) met een rotorkopeg en daarna poten. 2. Grond opentrekken met vaste-tand-cultivator (15-16 cm) gevolgd door ondiepe bewerking met rotorkopeg (7-9 cm). 3. Volledig en diep losmaken van de bouwvoor met de rotorkopeg (15-16 cm).
1980	1. Vroeg ploegen (begin februari/maart)	
1981	2. Laat ploegen (half april)	

voorjaarsgrondbewerking werden toegepast. Daarbij werden waarnemingen over opkomst, opbrengst en vertakking van de suikerbieten verricht, aangevuld met door het IB uitgevoerde structuurbepalingen. In latere jaren werd ook aandacht aan de pootbedbereiding bij aardappelen besteed. Een overzicht van de proeven op het gebied van voorjaarsgrondbewerking is gegeven in tabel 1.

#### 4.6. Onderzoek naar het effect van woelen van de ondergrond

De gedachte heeft nogal geleefd dat de groeimogelijkheden van de cultuurgewassen vaak werden beperkt door storende lagen in het profiel (ploegzool) of door een te dichte ondergrond. Een losmakende bewerking zou dan verbetering kunnen brengen. In 1971, 1972 en 1973 werden door de proefboerderij proeven aangelegd, waarbij op verschillende wijzen de ondergrond werd losgemaakt (schema's in tabel 2). Door het IB werden verschillende bodemfysische metingen verricht.

TABEL 2. Overzicht van de woelproefvelden.

TABLE 2. Survey of subsoiling trials.

- 
- A. WR 52, gewoeld in de herfst 1971, onderzoek verricht in 1972; woelafstanden 50 en 75, woeldiepten 33 en 40 cm.
  - B. WR 51, gewoeld in de herfst 1972, onderzoek verricht in 1973; woelafstand 50, woeldiepte 40 cm.
  - C. WR 82, gewoeld in de herfst 1973, onderzoek verricht in 1974, 1975 en 1976; woelafstand 25, woeldiepte 40 cm.
  - D. WR 122, gewoeld in het voorjaar 1975, onderzoek verricht in 1975; woelafstand 75, woeldiepte 40 cm (2x).
  - E. WR 164, gewoeld in het najaar 1975, onderzoek verricht in 1976; woelafstand 50, woeldiepte 35-40 cm.
  - F. WR 159 op WR 82, gewoeld in de herfst 1973, onderzoek verricht in 1977; woelafstand 25, woeldiepte 40 cm.
- 

#### 4.7. Onderzoek naar het effect van zaaibedbehandeling ter bestrijding van verslemping

In het lössgebied worden moeilijkheden ondervonden bij de teelt van suikerbieten, die vaak te maken hebben met een slechte opkomst van de jonge plantjes. De oorzaak werd vooral gezocht in het verslempen van het fijne zaaibed en het daarna bij droog weer verkorsten van het oppervlak, waar het jonge plantje niet doorheen kan komen. De oplossing meende men te

kunnen vinden in het stabiliseren van het oppervlak, geheel of alleen in de zaairijen. Vele jaren achtereen werden proefveldjes met verschillende middelen aangelegd en opkomst en opbrengst bepaald.

## 5. BEPALINGSWIJZE VAN DE VERSCHILLENDE ASPECTEN VAN DE BODEMSTRUCTUUR

### 5.1. De verslempingstoestand van de grond

Een indruk over de **mate van verslemping** van deze gronden werd verkregen door in het vroege voorjaar de percelen op het oog te beoordelen (Pelgrum, 1963). Hierbij wordt gebruik gemaakt van een serie foto's die elk een verschillende graad van verslemping aangeven (figuur 4). Bij deze verslempingsbeelden zijn cijfers gegeven in een schaal van 1-9. Een laag cijfer komt overeen met een sterke verslemping, een hoog cijfer met weinig of geen verslemping. Uit ander onderzoek is gebleken dat bij een waardering van de verslemping met een 7 of hoger het luchtgehalte nog voldoende is, en dat een schadelijk effect kan worden verwacht beneden deze waarde. Tijdens de periode eind februari-begin maart zijn over de jaren 1968, 1969 en 1970 de verschillende praktijkpercelen van het plekkenonderzoek op deze wijze in het veld beoordeeld.

De **gevoeligheid** van de grond voor verslemping werd vastgesteld door het vochtgehalte bij de vloeigrens en het vochtgehalte, zoals dat onder natte omstandigheden in het veld voorkomt, te bepalen (Boekel, 1965). De ligging van dat vochtgehalte in het veld t.o.v. de vloeigrens vormt dan een belangrijke indicatie. Hoe meer het vochtgehalte van de grond boven de vloeigrens ligt, hoe slempgevoeliger de grond zal zijn (figuur 5). Een vraag hierbij is of het vochtgehalte onder natte omstandigheden op deze grond enigszins met de veldcapaciteit overeenkomt. Daar zal later op worden ingegaan.

Een schadelijke verslemping in de herfst of winter kan worden verwacht wanneer het vochtgehalte vaak of gedurende langere tijd boven de vloeigrens ligt. Ook in het voorjaar kan verslemping optreden wanneer de grond bij het zaaiklaar maken fijn is gemaakt. De mate van verslemping zal daarbij afhangen van de hoeveelheid en de intensiteit van de neerslag direct na het zaaien en de tijdsduur van blootstelling daaraan.

### 5.2. De bewerkbaarheid van de grond in het voorjaar

De bewerkbaarheid kan evenals de verslemping op verschillende manieren worden gekarakteriseerd. Door bepaling van de uitrolgrens en het veldvochtgehalte (Pelgrum, 1972) kan worden vastgesteld hoe het met de

geschiktheid voor het verrichten van een grondbewerking gesteld is (figuur 6).

De uitrolgrens is dat vochtgehalte waarbij de grond van de natte, plastische toestand overgaat in een zeer droge, verkruielbare toestand. Naarmate het vochtgehalte van de grond in het voorjaar verder boven de grens ligt is de bewerkbaarheid slechter. Men zal dan met de grondbewerking en inzaai langer moeten wachten om versmering van de grond te voorkomen. De grond is het meest geschikt voor bewerking wanneer het vochtgehalte iets beneden de uitrolgrens ligt.

Het tijdstip waarop, en het tijdtraject waarin, de grond kan worden bewerkt spelen een belangrijke rol omdat die van invloed kunnen zijn op de groeimogelijkheden van het gewas en op de organisatie van de werkzaamheden op het bedrijf (Boekel, 1973; Wind, 1960).

### 5.3. De actuele structuur van de grond

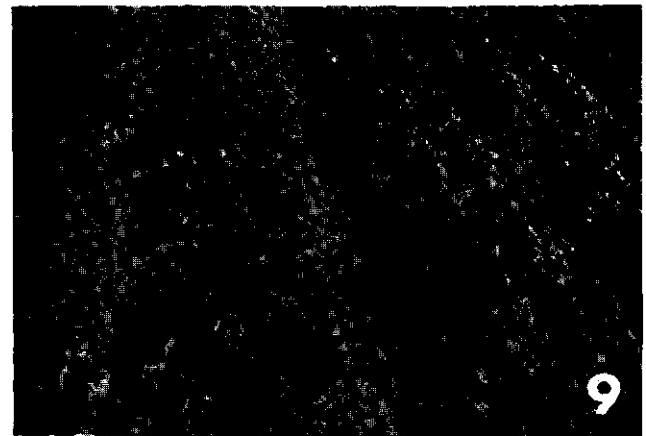
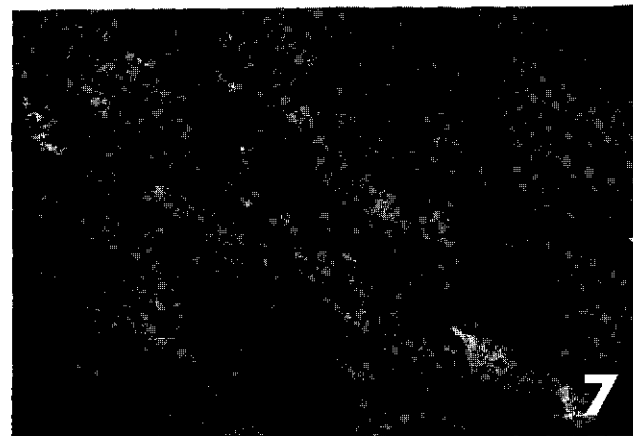
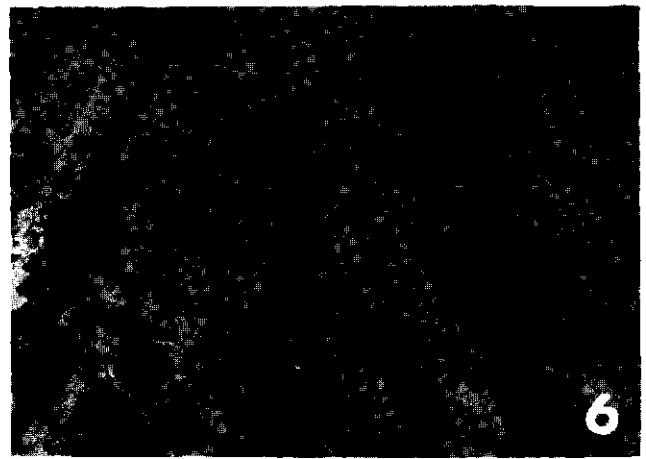
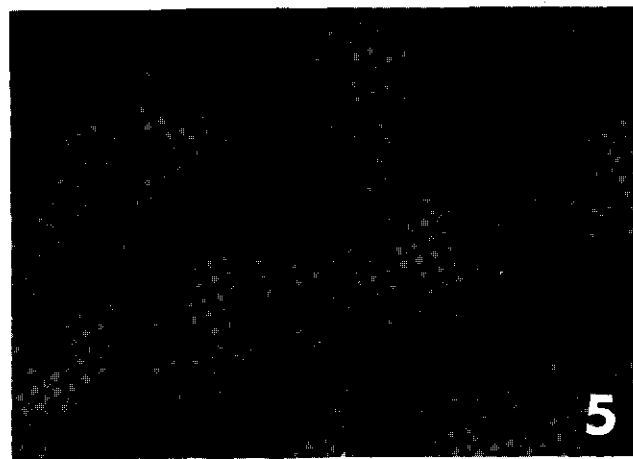
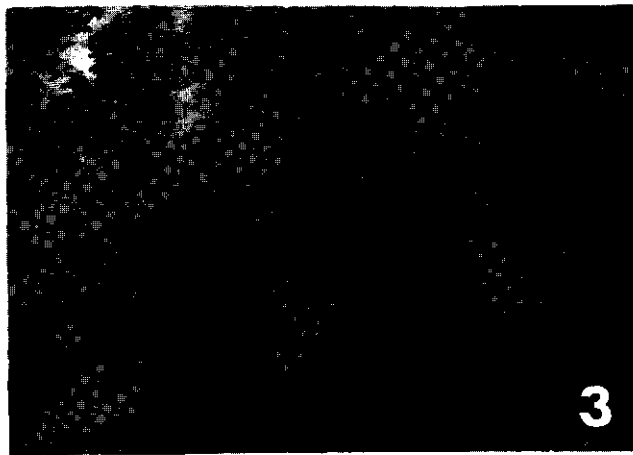
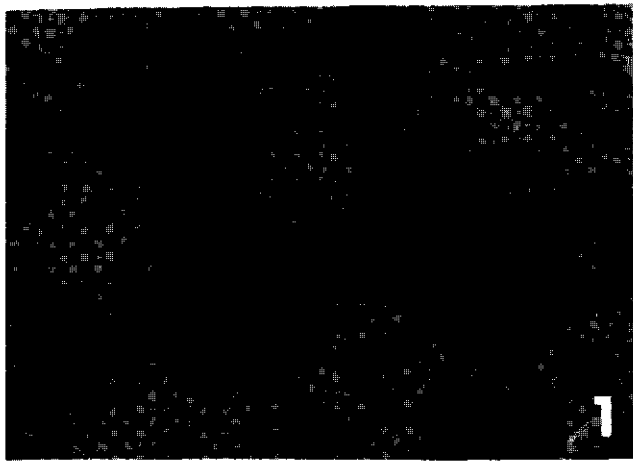
Om de actuele structuur van de grond vast te stellen werd een visuele beoordeling gebruikt (Peerlkamp, 1959). Daarbij wordt getracht door een beoordeling op het oog en het gevoel de kwaliteit van de structuur van de bouwvoor in een cijfer uit te drukken. Het cijfer dat de structuur op dat moment weergeeft - de actuele structuur - wordt in het veld vastgesteld door aan een aantal spitten grond een waarderingscijfer (schaal 1-10) te geven aan de hand van vorm, grootte en stabiliteit van de aggregaten en porositeit van het geheel (figuur 7). Uit deze figuren blijkt dat de breukvlakken een belangrijke aanwijzing zijn voor de structuur. Zijn deze scherp en hoekig, dan is de structuur slechter, zijn ze afgerond of rond ("bloemkoolachtig") dan is de structuur beter.

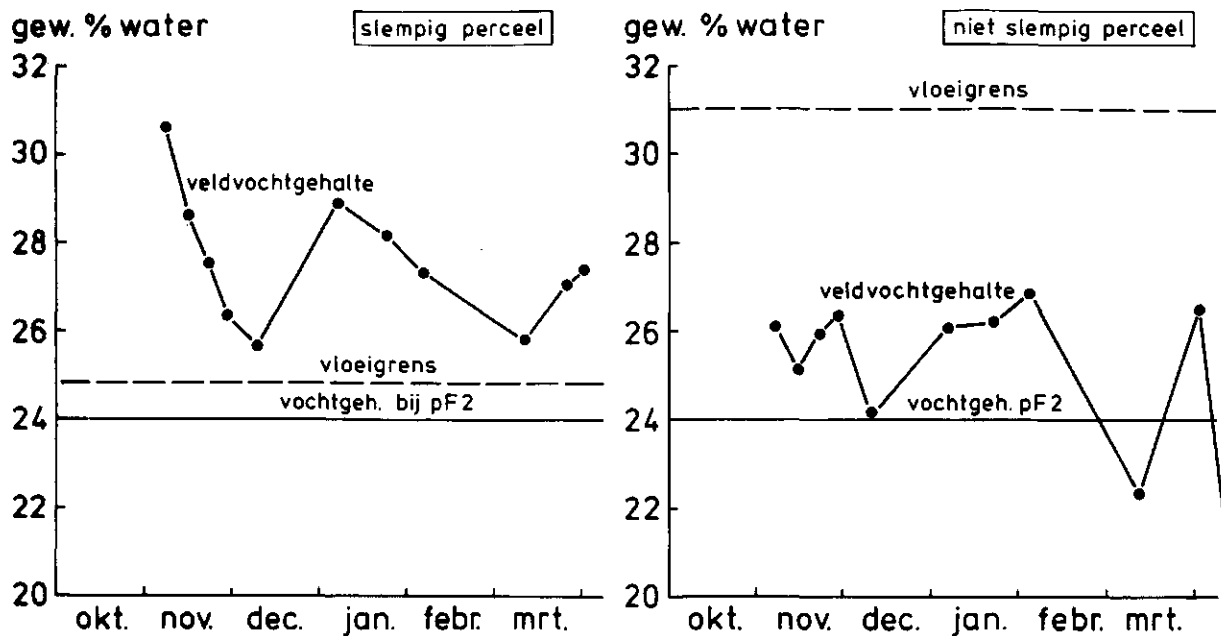
Incidenteel werden aan ringmonsters bepalingen verricht zoals het volumegewicht, poriënvolume, luchtgehalte bij verschillende vochtspanningen,  $O_2$ -diffusie en de waterdoorlatendheid.

Figuur 4. Beoordeling van verslemping in het voorjaar op percelen die op wintervoor zijn geploegd.

Figure 4. Rating of degree of slaking in spring- and autumn-plowed fields.

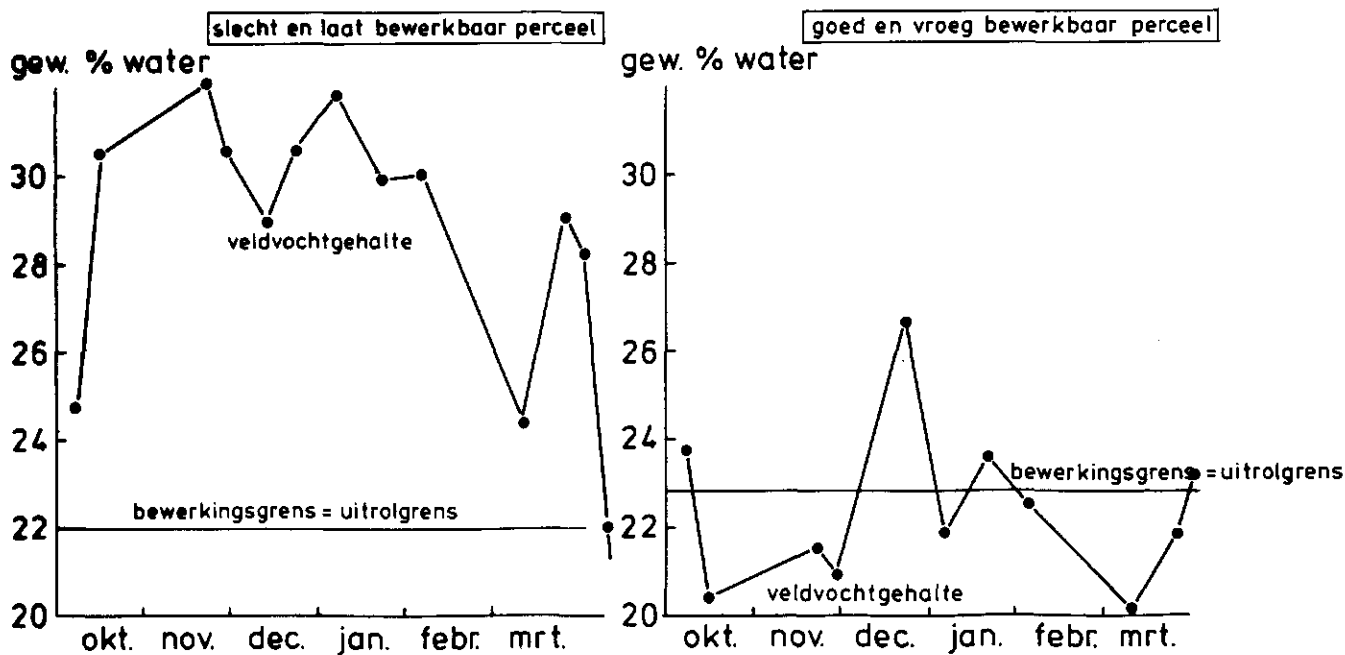






Figuur 5. Karakterisering van de slempigheid door bepaling van vloeigrens en vochtgehalte.

Figure 5. Characterization of slakiness by determining upper plastic limit and moisture content.

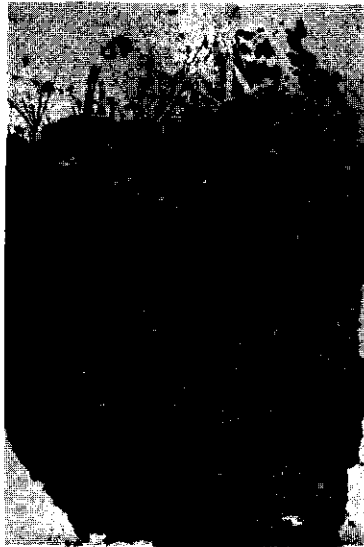


Figuur 6. Karakterisering van de bewerkbaarheid door bepaling van de bewerkingsgrens = uitrolgrens en vochtgehalte.

Figure 6. Characterization of workability by determining lower plastic limit and moisture content.



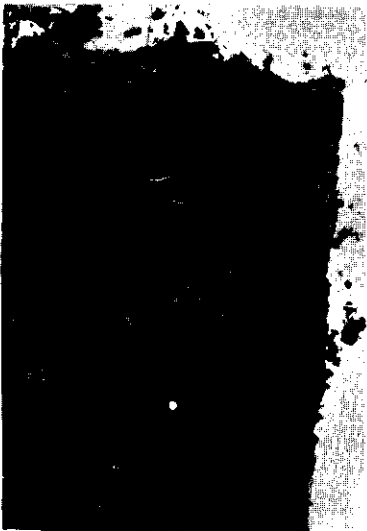
zeer goede structuur  
beoordeling 8 1/2



goede structuur  
beoordeling 7



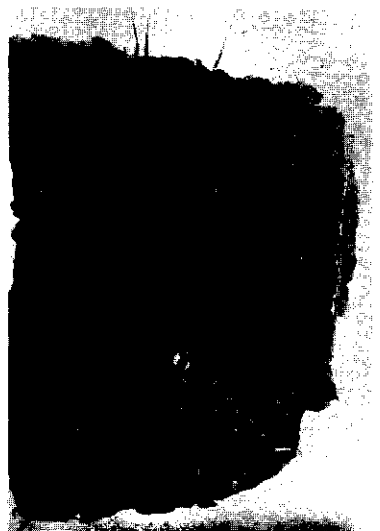
tamelijk goede structuur  
beoordeling 6



matige structuur  
beoordeling 5



slechte structuur  
beoordeling 4



zeer slechte structuur  
beoordeling 2

Figuur 7. Visuele structuurbeoordeling van de grond.

Figure 7. Visual rating of soil structure.

## 6. DE STRUCTUURTOESTAND VAN DE GROND

Aan de hand van frequentietabellen waarin is aangegeven hoe vaak een bepaalde structuurtoestand voorkomt, kan een indruk worden verkregen van het structuurniveau in dit gebied en kan worden vastgesteld of de toestand hier afwijkt van die in het zuidwestelijk zeeleigebied.

## 6.1. De verslempingstoestand van de grond

Tabel 3 geeft een overzicht van de mate van verslemping die op de proefplekken in de verschillende gebieden gedurende de drie jaren van onderzoek is opgetreden.

TABEL 3. Mate van verslemping in het voorjaar.  
TABLE 3. Degree of slaking in spring (visual rating).

Omgeving	Jaar	Aantal percelen met een beoordeling van								Totaal aantal percelen	Gemiddelde verslemping
		2	3	4	5	6	7	8	9		
Sittard	1968	-	-	-	-	2	-	1	2	5	7,6
	1969	-	-	-	-	1	-	-	-	5	6,5
	1970	-	1	1	1	-	1	-	-	4	4,6
	totaal aantal perc.	-	1	1	1	3	5	1	2	14	6,2
Wijnandsrade	1968	-	-	-	-	5	2	3	2	12	7,0
	1969	-	-	-	-	-	8	7	-	15	7,2
	1970	2	3	1	3	2	2	-	-	13	4,3
	totaal aantal perc.	2	3	1	3	7	12	10	2	40	6,2
Margraten	1968	-	-	1	1	3	1	-	-	6	5,6
	1969	-	-	-	-	2	3	-	-	5	6,5
	1970	-	-	1	-	1	3	-	-	5	5,8
	totaal aantal perc.	-	-	2	1	6	7	-	-	16	6,0
totaal aantal percelen alle jaren, gehele gebied		2	4	4	5	16	24	11	4	70	6.1
zuidwestelijk zeeleigebied afslibbaar < 30%		2	1	3	30	58	57	18	8	177	6,4

Opvallend is het grote verschil in verslemping tussen de verschillende percelen. Ervan uitgaande dat schadelijke verslemping op kan treden bij een waarderingscijfer kleiner dan 7 (Boekel, 1985), kan worden geconcludeerd dat over deze drie jaren en over het gehele gebied gerekend een meer of minder ernstige verslemping optreedt op 44% van de percelen. Uit deze tabel blijkt verder dat de verslempingstoestand van jaar tot jaar erg verschillend kan zijn. Vooral in 1970 vertoonden veel percelen een ernstige verslemping, terwijl daarentegen in 1969 weinig of geen verslemping is opgetreden; 1968 nam wat dat betreft een tussenpositie in; enkele percelen vertoonden toen enige verslemping. Over deze drie jaren gerekend komt dit per gebied neer op de volgende percentages schadelijke verslemping: Sittard 43%, Wijnandsrade 40% en Margraten 56%.

Bij vergelijking met het zuidwestelijk zeekleigebied waar in dezelfde jaren onderzoek werd verricht, blijkt dat op de lössgronden gemiddeld veel meer verslemping is opgetreden dan in het genoemde gebied op de gronden van overeenkomstige zwaarte. Het percentage percelen met ernstige verslemping (gewaardeerd met 2, 3 en 4) is er echter groter (14% tegen 3½%).

Tabel 4 geeft een indruk over de slempgevoeligheid van de grond in de verschillende gebieden. Het vochtgehalte in het voorjaar wordt hier vergeleken met het vochtgehalte bij de vloeigrens. Uit deze tabel blijkt dat de percelen in de omgeving van Sittard het meest en de percelen rond Margraten het minst gevoelig zijn voor verslemping. De werkelijk opgetreden verslemping op de lössgronden is in het algemeen minder dan volgens de gegevens over de gevoeligheid zou kunnen worden verwacht. Dat wijst erop dat men door bepaalde maatregelen kans ziet de verslemping wat tegen te gaan. Bij vergelijking van de lössgronden met de zuidwestelijke zeekleigronden is er wel overeenstemming: de lössgronden zijn duidelijk gevoeliger voor verslemping dan de lichtere gronden in het zuidwestelijk zeekleigebied.

## **6.2. De bewerkbaarheid van de grond in het voorjaar**

Beoordeeld aan de verschillen tussen voorjaarsvochtgehalte (begin april) en uitrolgrens, waarvan een overzicht in tabel 5 is gegeven, loopt de bewerkbaarheid nogal uiteen, van perceel tot perceel, van jaar tot jaar en ook van gebied tot gebied. Van 1968 tot 1970 neemt de bewerkbaarheid duidelijk af - het verschil tussen vochtgehalte en uitrolgrens wordt groter - en in de omgeving van Wijnandsrade is die situatie beter dan in

TABEL 4. Gevoeligheid voor verslemping van de proefplekken.  
 TABLE 4. Susceptibility of the experimental sites to slaking.

Omgeving	Jaar	Aantal percelen met een verschil tussen vloeigrens en veldvochtgehalte van							Totaal aantal percelen	Gemiddeld verschil vloeigrens veldvochtgehalte
		<1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	>6		
<b>Sittard</b>	1968	2	1	2	-	1	-	-	6	2,1
	1969	1	3	2	-	-	-	-	6	1,5
	1970	3	-	2	1	-	-	-	6	1,1
	totaal aantal perc.	6	4	6	1	1	-	-	18	1,6
<b>Wijnandsrade</b>	1968	2	5	4	2	1	2	-	16	2,5
	1969	2	7	3	3	-	-	1	16	2,1
	1970	6	1	8	-	1	-	-	16	1,5
	totaal aantal perc.	10	13	15	5	2	2	1	48	2,0
<b>Margraten</b>	1968	-	2	1	1	1	1	-	6	3,1
	1969	1	1	1	3	-	-	-	6	2,5
	1970	2	2	1	-	-	-	-	5	1,2
	totaal aantal perc.	3	5	3	4	1	1	-	17	2,3
totaal aantal percelen, alle jaren, gehele gebied		19	22	24	10	4	3	1	83	2,0
totaal aantal percelen, alle jaren, zuidw. zeekleigebied afslibbaar <30%		18	12	17	20	25	15	45	152	4,5

de omgeving van Sittard en van Margraten. In vergelijking met het zuidwestelijk zeekleigebied is er weinig verschil. De lössgronden lijken in dat opzicht zelfs iets gunstiger (verschil is kleiner), maar het is waarschijnlijk dat het veel latere bemonsteringstijdstip hierbij een rol heeft gespeeld. Uit de enquêtegegevens blijkt in ieder geval dat in de drie jaren van het onderzoek in het lössgebied later met de voorjaarsgrondbewerking werd begonnen (tabel 6) dan in het zuidwestelijk zeekleigebied. Op de oorzaken van dit verschil in bewerkbaarheid zal later worden teruggekomen.

TABEL 5. De bewerkbaarheid van de grond in het voorjaar.  
 TABLE 5. Workability of the soil in spring.

Omgeving	Jaar	Aantal percelen met een verschil veldvochtgehalte - uitrolgrens						Totaal aantal percelen	Gemiddeld verschil veldvochtgehalte uitrolgrens
		<1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6		
Sittard	1968	1	1	3	1	-	-	6	1,8
	1969	1	1	2	1	1	-	6	2,4
	1970	1	1	1	2	1	-	6	2,7
	totaal aantal perc.	3	3	6	4	2	-	18	2,3
Wijnandsrade	1968	5	8	3	-	-	-	16	1,6
	1969	3	5	7	1	-	-	16	1,6
	1970	4	2	5	3	2	-	16	2,2
	totaal aantal perc.	12	15	15	4	2	-	48	1,7
Margraten	1968	1	3	1	-	1	-	6	1,7
	1969	-	2	3	-	1	-	5	2,2
	1970	-	1	1	-	3	-	17	2,4
	totaal aantal perc.	1	6	5	-	5	-	17	2,4
totaal aantal percelen, alle jaren, gehele gebied		16	24	26	8	9	-	83	2,1
totaal aantal percelen, alle jaren, zuidw. zeekleigeb.		64	63	61	31	18	22	259	2,3

TABEL 6. Gemiddelde datum waarop de grond in het voorjaar werd bewerkt en ingezaaid.

TABLE 6. Average date of spring tillage and sowing.

Jaar (gewas)	Lössgronden	Zuidwestelijk zeekleigebied
1968 (suikerbieten)	5 april	23 maart
1969 (suikerbieten)	12 april	4 april
1970 (suikerbieten en andere gewassen)	27 april	18 april

### 6.3. De actuele structuur van de grond

Een overzicht van het aantal percelen met een bepaalde structuurbeoordeling gedurende een aantal jaren van onderzoek is per gebied weergegeven in tabel 7. Bij vergelijking blijkt dat de structuurcijfers van het gebied rondom Sittard iets hoger zijn dan van de overige gebieden. Ook

tussen de jaren zijn er enige verschillen in structuurniveau. Zo was het jaar 1967 minder goed, ongeveer de helft van het aantal percelen kreeg toen een waarderingscijfer lager dan 6. Gesteld moet worden dat in alle vier jaren de structuur van de grond niet slecht genoemd kan worden en bij het zuidwestelijk zeeleigebied zelfs gunstig afsteekt. Slechts op enkele percelen was de structuur zo slecht dat daar een wat mindere opbrengst zou kunnen worden verwacht (Boekel, 1963).

TABEL 7. De actuele structuur op de proefplekken.

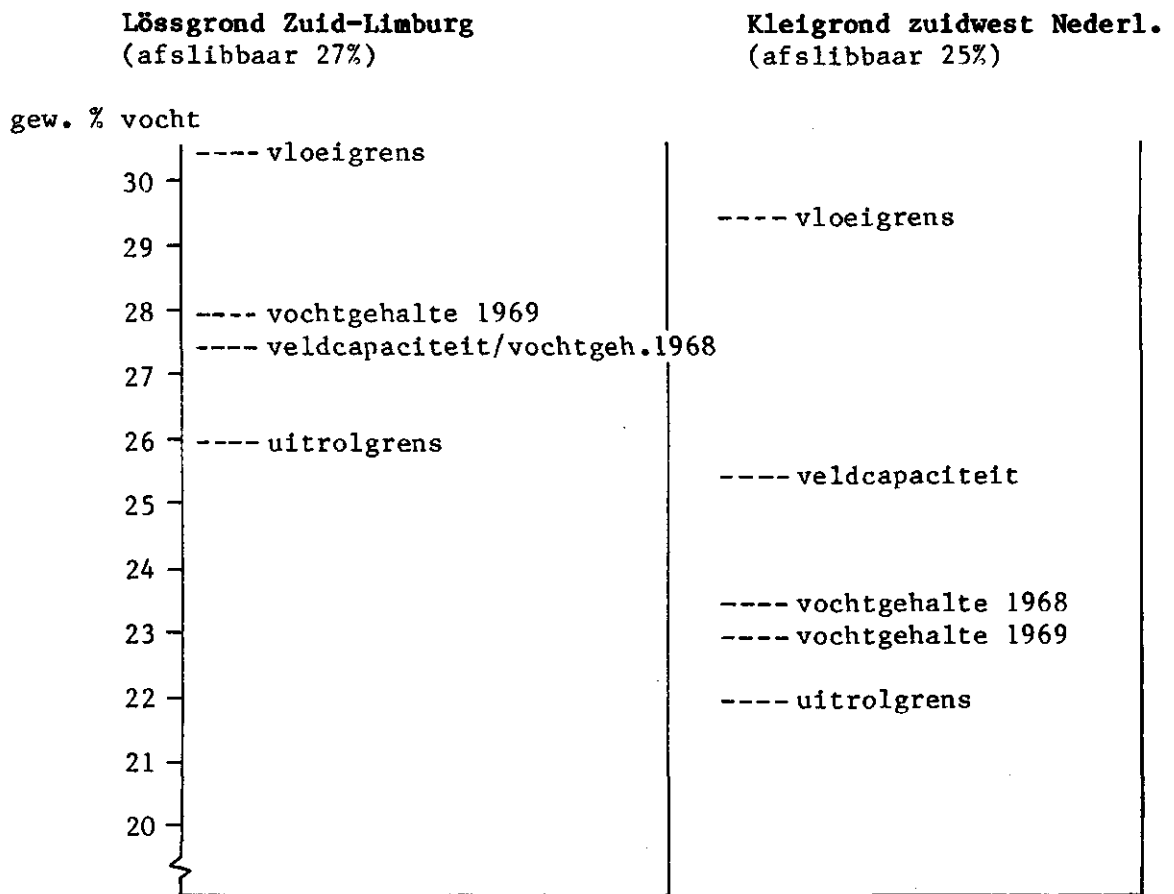
TABLE 7. Actual soil structure at the experimental sites (visual rating).

Omgeving	Jaar	Aantal percelen met een visuele structuurbeoordeling van							Totaal aantal percelen	Gemiddelde visuele structuur	
		2	3	4	5	6	7	8			9
<b>Sittard</b>	1967	-	-	-	1	2	3	-	-	6	6,1
	1968	-	-	-	-	1	3	-	-	4	6,8
	1969	-	-	-	-	4	1	1	-	6	6,4
	1970	-	-	-	1	4	1	-	-	6	5,8
	totaal aantal perc.	-	-	-	2	11	8	1	-	22	6,3
<b>Wijnandsrade</b>	1967	-	1	2	7	6	-	-	-	16	5,0
	1968	-	-	-	4	9	-	-	-	13	5,5
	1969	-	-	-	-	9	6	-	-	15	6,2
	1970	-	-	-	5	4	1	-	-	10	5,9
	totaal aantal perc.	-	1	2	16	28	7	-	-	54	5,7
<b>Margraten</b>	1967	-	-	-	3	3	-	-	-	6	5,5
	1968	-	-	-	-	4	2	-	-	6	6,0
	1969	-	-	-	1	5	-	-	-	6	5,8
	1970	-	-	-	2	2	-	-	-	4	5,3
	totaal aantal perc.	-	-	-	6	14	2	-	-	22	5,7
<b>totaal</b>	1967	-	1	2	11	11	3	-	-	28	5,3
	1968	-	-	-	4	14	10	-	-	23	6,0
	1969	-	-	-	1	19	7	1	-	27	6,1
	1970	-	-	-	11	14	2	-	-	20	5,5
	alle jaren totaal	-	1	2	27	58	22	1	-	98	5,7
<b>alle jaren zuidw. zeeleigebied</b>		7	33	134	280	358	107	-	-	989	5,4



#### 6.4. Algehele beoordeling van de gesteldheid van de structuuraspecten

Beoordeeld aan de ligging van de vloeigrens t.o.v. het veldvochtgehalte en aan het voorjaarsbeeld blijkt dat in bepaalde jaren vrij veel verslemping kan optreden. Wat de bewerkbaarheid in het voorjaar betreft lijkt de toestand - gezien het verschil tussen veldvochtgehalte en uitrolgrens - niet zo ongunstig. Bij vergelijking van de genoemde vochtwaarden met die voor de kleigronden in het zuidwestelijk zeekele gebied komen echter duidelijke verschillen naar voren (figuur 8).



Figuur 8. Vergelijking structuuraspecten lössgrond en kleigrond.  
Figure 8. Comparison of structural characteristics of loess and clay.

Bij vergelijkbare zwaarte is bij de lössgronden het verschil tussen vloeigrens en uitrolgrens veel geringer dan bij de kleigronden. Het plasticiteitstraject is dus veel kleiner. Een ander verschil is de ligging van het veldvochtgehalte t.o.v. de veldcapaciteit. Bij de lössgrond is er weinig verschil, en aangenomen mag worden dat bij een

vroegere bemonstering de vochtgehaltenes hoger zouden zijn geweest en boven de veldcapaciteit zouden liggen. Bij de zuidwestelijke zeekleigrond is het veldvochtgehalte lager dan veldcapaciteit en ligt relatief verder van de vloeigrens en dichter bij de uitrolgrens. Dat betekent voor de lössgronden een grotere gevoeligheid voor verslemping en een ongunstiger bewerkbaarheid in het voorjaar.

Dat toch de actuele structuur niet zo slecht is, en zelfs nog iets beter dan in het zuidwestelijk zeekleigebied, zal het gevolg zijn van het feit dat de grondbewerking wordt afgestemd op de geaardheid van de grond. Er wordt veel in het voorjaar geploegd en er wordt veel later gezaaid. Het feit dat echter ook op de wintertarwepercelen de structuur niet slechter is kan erop wijzen dat deze gronden door verslemping minder worden verdicht dan algemeen wordt aangenomen.

Naast een duidelijk verschil met andere kleihoudende gronden bestaan er tussen de lössgebieden ook verschillen (tabel 8).

TABEL 8. Enkele structuuraspecten in de verschillende lössgronden.  
TABLE 8. Some soil structure characteristics in the different loess areas.

	Vloeigrens- vochtgehalte	Vochtgehalte- uitrolgrens	Actuele structuur
Sittard	1,6	2,3	6,3
Wijnandsrade	2,0	1,7	5,7
Margraten	2,3	2,4	5,7

In de omgeving van Sittard is de slempgevoeligheid groter dan in zuidelijker gebieden, de bewerkbaarheid is er ook ongunstiger, maar toch is de actuele structuur het gunstigst. Ook hier dus een aanwijzing dat verslemping voor de dichtheid van de grond niet desastreus is. Een eventueel minder gunstig effect van een slechtere bewerkbaarheid zal ook hier in de praktijk zijn opgevangen door later te bewerken.

## 7. GROEI EN OPBRENGST VAN DE GEWASSEN

Wat de **groeimogelijkheden** van de gewassen betreft blijkt dat bij vergelijking met de landelijke opbrengsten gedurende de jaren van onderzoek de opbrengsten aan granen en vooral aardappelen ruim boven het landsgemiddelde liggen, maar dat die van de bieten daarentegen 7% lager zijn (tabel 9).

Volgens de LEI-CBS-gegevens zijn de laatste 10 jaren de verschillen in opbrengst t.a.v. suikerbieten en aardappelen kleiner geworden (tabel 10).

TABEL 9. Gemiddelde opbrengstpercentages op de proefpercelen t.o.v. het landelijk gemiddelde in de periode 1967-1969.

TABLE 9. Average yield percentages on the experimental sites relative to the national average in the period 1967-1969.

	zt	wt	zg	wg	h	sb	a
1967	120	99	110	124	132	-	-
1968	125	127	102	123	68	93	133
1969	-	108	109	-	-	93	133
totaal	123	111	107	124	100	93	133

zt = zomertarwe                      wg = wintergerst                      sb = suikerbieten  
wt = wintertarwe                      h = haver                                      a = aardappelen  
zg = zomergerst

TABEL 10. Opbrengstpercentages akkerbouwgewassen t.o.v. het landelijk gemiddelde in de periode 1977-1980.

TABLE 10. Yield percentages of arable crops relative to the national average in the period 1977-1980.

	zt	wt	wg	h	sb	a
1977	105	120	102	122	90	136
1978	104	113	98	124	91	120
1979	104	105	91	116	99	136
1980	98	105	106	116	98	129
1981	96	86	97	83	109	125
1982	94	87	98	88	99	124
1983	108	90	96	100	-	129
1984	107	97	110	110	97	109
1985	93	101	91	83	95	119
1986	106	99	88	93	93	98
totaal	102	99	97	104	97	123

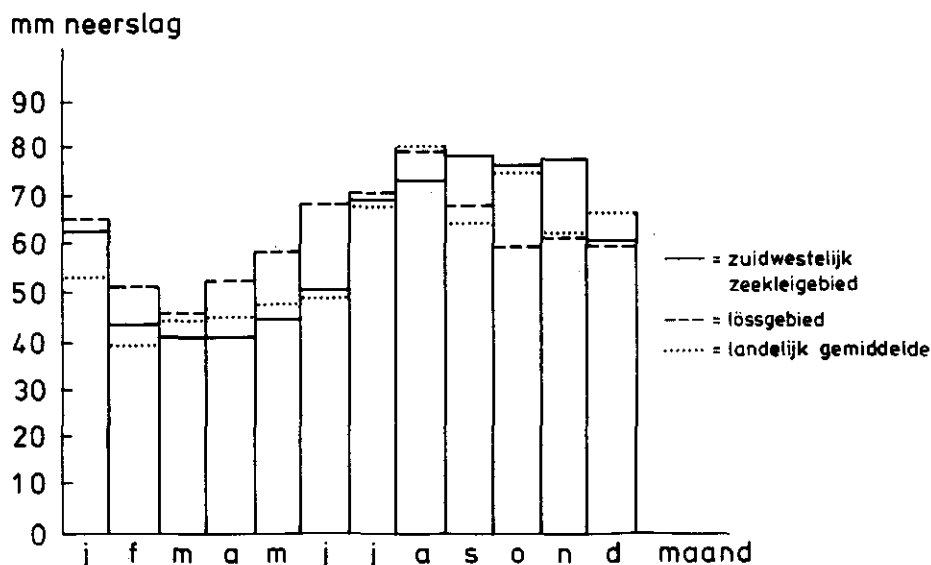
## 8. FACTOREN DIE VAN BETEKENIS KUNNEN ZIJN VOOR DE VERSCHILLENDE STRUC- TUURASPECTEN EN VOOR DE GEWASGROEI

Naast de gegevens over deze factoren, die werden verkregen bij het bodemkundig onderzoek en uit de enquête van het proefplekkenonderzoek, werden hierbij cijfers van het KNMI (weersgegevens) en van het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek (samenstelling van de grond) gehanteerd.

### 8.1. Neerslag en temperatuur

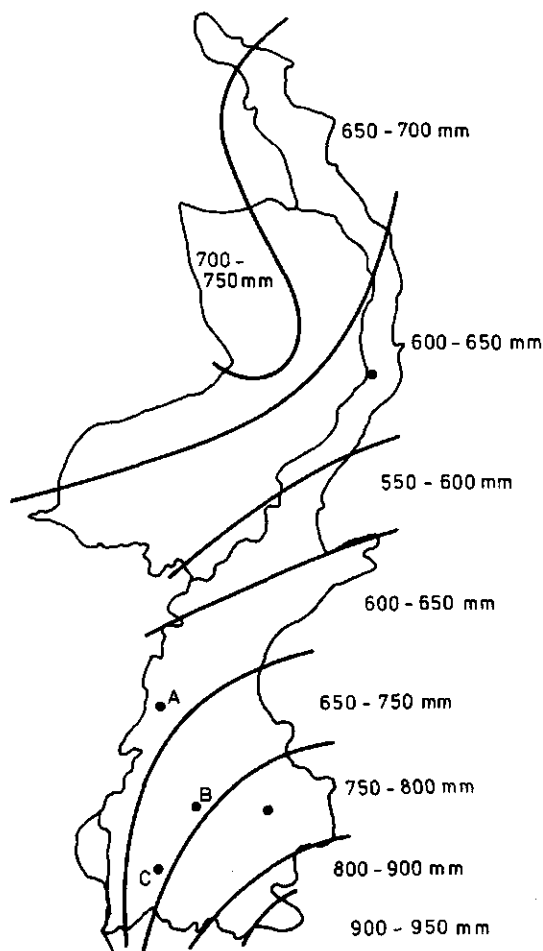
Gegevens over neerslag en temperatuur werden ontleend aan de maandelijks door het KNMI uitgegeven overzichten. Die gegevens hadden betrekking op enkele stations in Zuid-Limburg (Beek en Valkenburg) en enkele in het zuidwestelijk zeekleigebied (Vlissingen-Noordgouwe).

Uit een vergelijking van de neerslaggegevens van Zuid-Limburg (Beek en Valkenburg) met die uit het zuidwestelijk zeekleigebied en met de landelijke gegevens (figuur 9), blijkt dat in Zuid-Limburg de eerste helft van het jaar meer en in de tweede helft minder regen valt dan elders.



Figuur 9. Gemiddelde neerslag in mm per maand in het zuidwestelijk zeekleigebied en het lössgebied, en het landelijk gemiddelde.  
**Figure 9. Average monthly precipitation (mm) in the southwestern marine clay region and in the loess region, and the national average.**

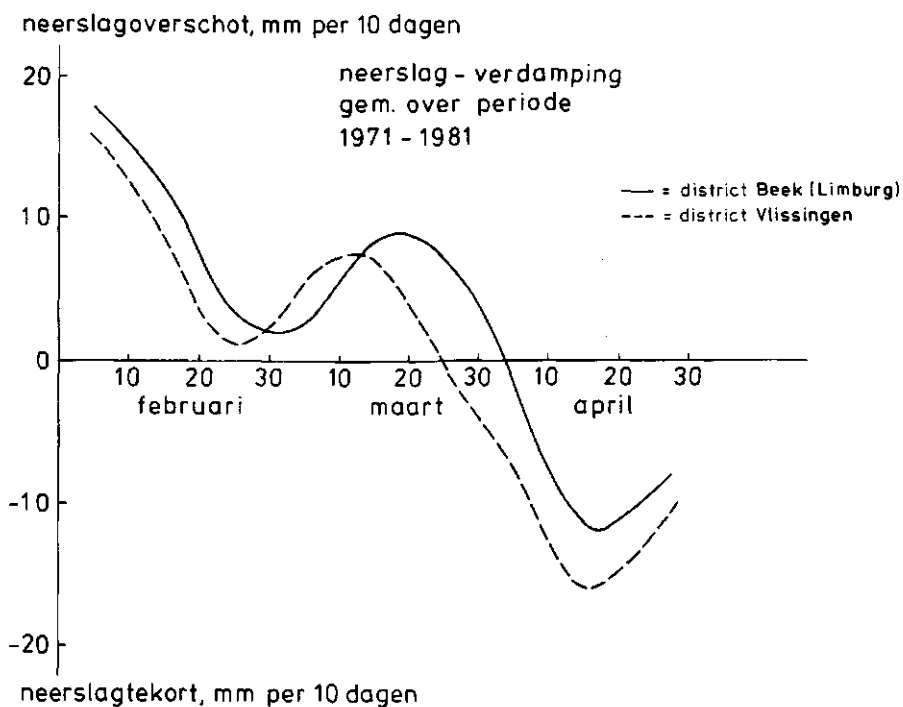
Verder valt op dat van noord naar zuid de hoeveelheid neerslag toeneemt (figuur 10). Daarbij blijkt die toeneming vooral het gevolg te zijn van meer regenval in de eerste maanden van het jaar.



**Figuur 10. Jaarlijkse neerslagverdeling in Limburg.**  
**Figure 10. Distribution of annual precipitation in Limburg.**

Belangrijk voor de vochttoestand van de grond is het verschil tussen neerslag en verdamping. Bij vergelijking van de Limburg-gegevens met die van Vlissingen (figuur 11) blijkt dat er in Limburg in het voorjaar langer een neerslagoverschot is.

Het verschil bedraagt gemiddeld 9 dagen, maar dit kan van jaar tot jaar sterk variëren, gezien de grote verschillen in regenval in de maanden maart en april (tabel 11). Ook het aantal dagen met droog weer in maart en april is in Limburg kleiner dan elders. Wat de temperatuur betreft wijkt Zuid-Limburg weinig af van b.v. het zuidwestelijk zeekeleigebied (figuur 12). In de winter en het vroege voorjaar is de temperatuur er iets lager, in de zomer iets hoger dan in het Zuid-westen.

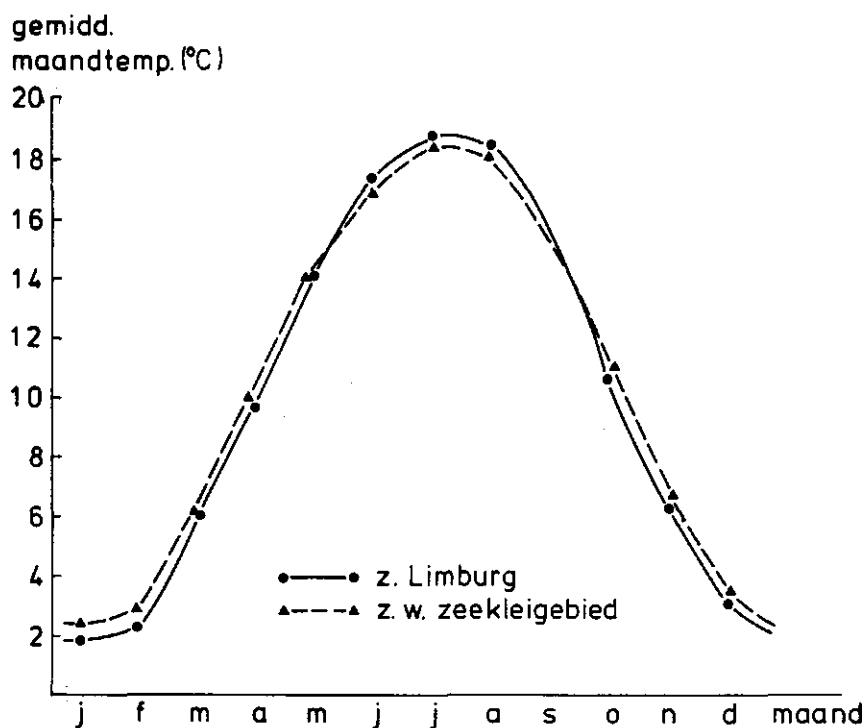


Figuur 11. Verschil in neerslagoverschot (neerslag - verdamping) tussen de districten Beek (Limburg) en Vlissingen (Zeeland) over de maanden februari, maart en april.

Figure 11. Difference in precipitation surplus (precipitation minus evaporation) between the districts Beek (Limburg) and Flushing (Zeeland) in February, March and April.

TABEL 11. Neerslag en aantal droge dagen in een reeks van voorjaren.  
TABLE 11. Precipitation and number of days without precipitation in a series of springs.

	Noordgouwe				Valkenburg			
	mm neerslag		aantal droge dagen		mm neerslag		aantal droge dagen	
	maart	april	maart	april	maart	april	maart	april
1966	43	63	14	15	81	96	12	10
1967	33	40	17	18	46	44	17	18
1968	39	30	15	20	62	4	13	28
1969	54	77	22	17	56	50	18	14
1970	51	48	12	10	84	90	9	4
1971	33	15	16	26	30	33	16	22
1972	20	47	23	12	43	68	24	11
1973	13	48	25	14	35	79	17	7
1974	46	14	24	25	64	25	16	24
1975	77	90	6	13	48	71	7	9
1976	31	6	21	25	27	15	19	24
1977	38	47	15	15	51	82	13	10
1978	45	47	12	20	97	51	10	20
1979	88	53	10	14	115	54	5	11
1980	59	32	16	21	54	53	19	15
gem.	45	44	17	18	60	54	14	15



Figuur 12. Temperatuurverloop in Zuid-Limburg in vergelijking met het zuidwestelijk zeekleigebied.

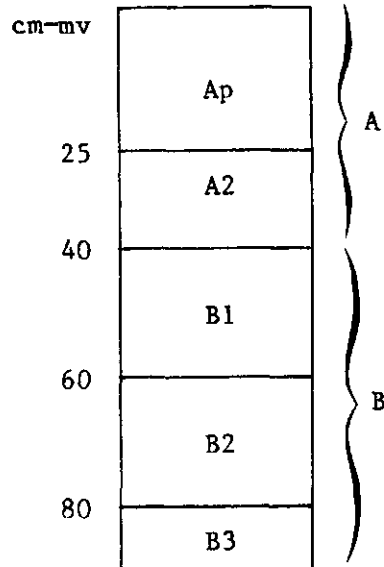
Figure 12. Mean monthly temperature in southern Limburg and in the southwestern marine clay region.

## 8.2. Profielopbouw en ontwateringstoestand

Door de Stichting voor Bodemkartering werd de profielopbouw opgenomen, waarbij ook de bouwvoordikte en grondwaterstandtrap werden genoteerd. Bij 14 profielen werd door middel van laagsgewijs genomen volumemonsters de aanwezigheid van verdichtingen (ploegzolen) nagegaan. Bovendien zijn op de betreffende percelen tijdens een voorjaarsperiode geregeld de grondwaterstanden opgenomen in de daartoe geplaatste buizen.

Het merendeel van de onderzochte gronden bestaat uit een zogenaamd volledig lössprofiel (figuur 13).

Bij zeven van de betrokken percelen is de A-horizont, een uitspoelingslaag, die meestal een lager lutum- en humusgehalte bezit dan de B-horizont, geheel verdwenen (onthoofde lössprofielen). Men boert dus op de B-laag, hetgeen volgens Duitse gegevens gunstig zou zijn. Ook volgens onze gegevens over verslemping en actuele structuur zijn de problemen in een jaar met veel verslemping minder (tabel 12).



Figuur 13. Schematische opbouw lössprofiel.  
 Figure 13. Schematic representation of a loess profile.

TABEL 12. Enkele bodemfysische karakteristieken op volledige en onthoofde lössgronden.

TABLE 12. Some physical characteristics of normal loess soils ("volledig") and of loess soils of which the top layer has eroded ("onthoofd").

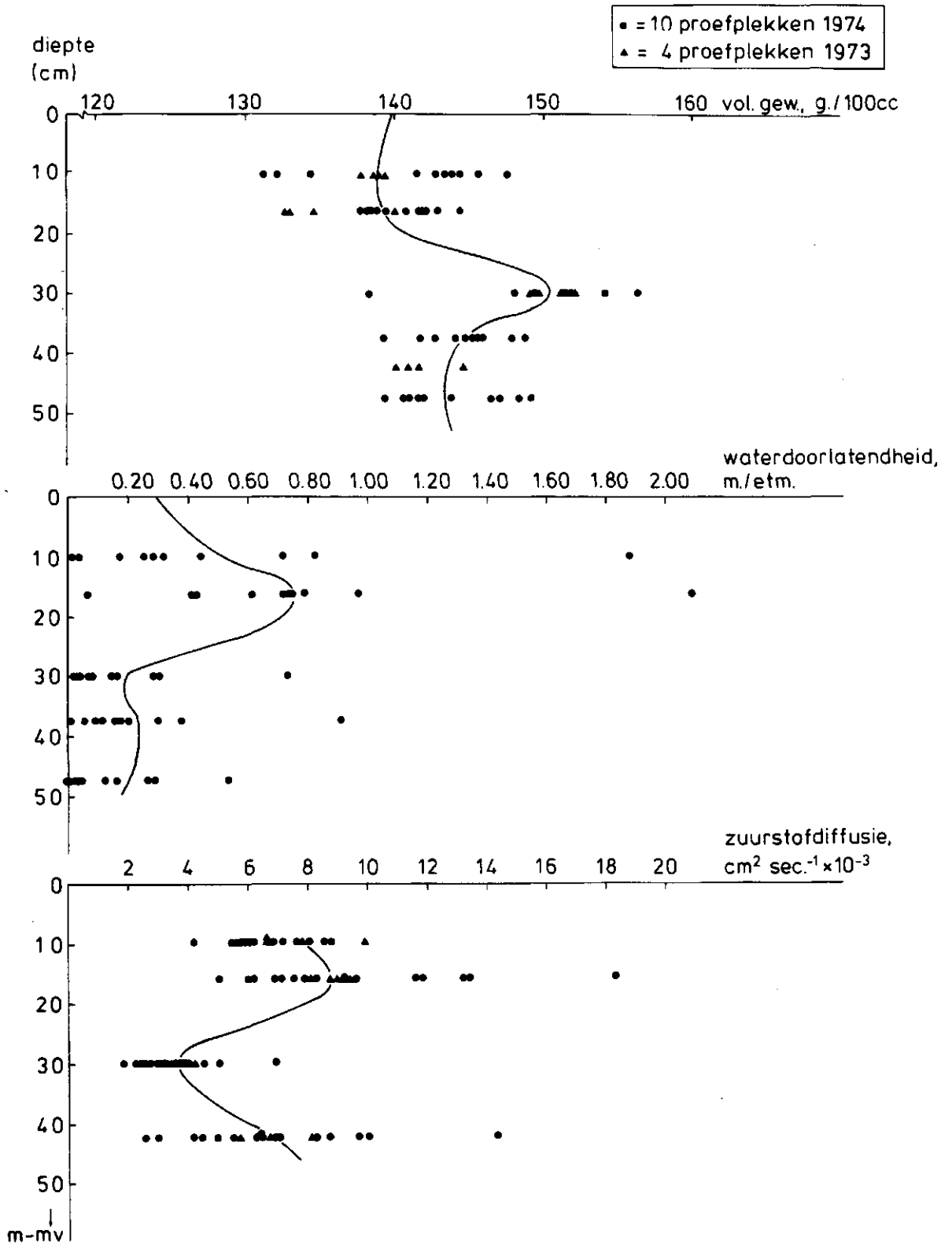
	Gemiddelde verslemping		Gemiddelde actuele structuur	
	volledig lössprofiel	onthoofde lössprofiel	volledig lössprofiel	onthoofde lössprofiel
1967	-	-	5,5	4,8
1968	6,9	6,5	5,9	5,9
1969	6,9	7,0	6,1	6,0
1970	4,7	5,5	5,5	5,5

Voor bepaalde bodemfysische en chemische eigenschappen kan de bouwvoordikte (Ap) van betekenis zijn. De dikte hiervan varieert van 20 tot 30 cm.

Het onderzoek naar de aanwezigheid van verdichtingen in het profiel en dan vooral onder de bouwvoor (ploegzool), heeft het in figuur 14 weergegeven resultaat opgeleverd.

In bijna alle gevallen komt een duidelijke ploegzool voor met een volumegewicht van iets boven de 1,50, met een geringere waterdoorlatendheid en een wat lagere  $O_2$ -diffusiecoëfficiënt. Het moet niet onmogelijk worden geacht dat enig storend effect van de ploegzool op waterafvoer en beworteling kan optreden. Toch ligt het volumegewicht beneden de door





Figuur 14. Verloop volumegewicht, waterdoorlatendheid en zuurstofdiffusie.

Figure 14. Bulk density, permeability and oxygen diffusion at different depths in the profile.

Boels en Havinga (1974) genoemde grenswaarde (1,54) voor het al of niet zinvol zijn van woelen.

De resultaten van het in het voorjaar verrichte onderzoek naar de ontwateringstoestand, verkregen door grondwaterstandmetingen, zijn weergegeven in tabel 13. Hieruit blijkt dat de meeste percelen een grondwaterstand van > 140 cm-mv hebben. Volgens de door Stiboka gehanteerde indeling komt dat overeen met grondwatertrap VII. Een klein aantal met een hogere grondwaterstand (40-70 cm-mv) komt voor in het gebied Wijnandsrade (grondwatertrappen V en VI).

TABEL 13. Frequentieverdeling van de gemiddelde grondwaterstand in cm-mv gedurende de maanden februari en maart.

TABLE 13. Frequency distribution of the average groundwater level (cm below surface) during February and March.

Omgeving	Frequentieverdeling grondwaterstand			Totaal aantal percelen	Gemiddelde waterstand
	40-70	70-140	> 140		
Sittard	-	-	6	6	140
Wijnandsrade	4	4	8	16	113
Margraten	-	4	-	4	134
Totaal	4	8	14	26	122

### 8.3. Samenstelling van de grond

Grondmonsters uit de bouwvoor werden onderzocht op de granulaire samenstelling zoals de gehalten aan lutum, silt en zand. Daarnaast werden de gehalten aan humus en koolzure kalk en de pH-KCl bepaald.

Wat de textuur betreft geeft tabel 14 de onderlinge verhouding weer van de fracties < 2  $\mu\text{m}$ , 2-50  $\mu\text{m}$  en > 50  $\mu\text{m}$  van een lössgrond en een aantal andere grondsoorten. Hierbij kan worden opgemerkt dat lössgronden worden gekenmerkt door een hoog percentage aan delen van 2-50  $\mu\text{m}$ . Het zacht aanvoelen van löss berust op dit hoge percentage silt, en het geringe percentage grof zand.

Om een indruk te verkrijgen van de granulaire samenstelling van de onderzochte lössgronden in verschillende gebieden werden voor de gehalten van de fracties lutum, silt en zand de frequenties per gebiedsdeel en voor het gehele gebied bepaald (tabel 15).

TABEL 14. Granulaire samenstelling van lössgrond in vergelijking met die van enkele andere grondsoorten.

TABLE 14. Particle size distribution of loess as compared with that of some other soil types.

Grondsoort	Gewichtspercentage per fractie		
	lutum (< 2 $\mu\text{m}$ )	silt (2-50 $\mu\text{m}$ )	zand (> 50 $\mu\text{m}$ )
zand	5	10	85
zavel	18	30	52
klei	35	40	25
löss	13	80	7

TABEL 15. Frequentieverdeling van de gehalten aan lutum (< 2  $\mu\text{m}$ ), silt (2-50  $\mu\text{m}$ ) en zand (> 50  $\mu\text{m}$ ).

TABLE 15. Frequency distribution of the contents of clay (> 2  $\mu\text{m}$ ), silt (2-50  $\mu\text{m}$ ) and sand (> 50  $\mu\text{m}$ ).

Omgeving	Aantal percelen met een lutumgehalte van			Totaal aantal percelen	Gemiddeld gehalte lutum, %
	7,5-10	10-12,5	12,5-15		
Sittard	6	-	-	6	9
Wijnandsrade	-	10	6	16	13
Margraten	-	2	4	6	13
Totaal	6	12	10	28	11

Omgeving	Aantal percelen met een siltgehalte van			Totaal aantal percelen	Gemiddeld gehalte silt, %
	72-76	76-80	80-84		
Sittard	6	-	-	6	74
Wijnandsrade	-	8	8	16	80
Margraten	-	1	5	6	81
Totaal	6	9	13	28	79

Omgeving	Aantal percelen met een zandgehalte van			Totaal aantal percelen	Gemiddeld gehalte zand, %
	< 5	5-12	> 12		
Sittard	-	-	6	6	15
Wijnandsrade	-	16	-	16	6
Margraten	6	-	-	6	4
Totaal	6	16	6	28	8

Hieruit blijkt dat de percelen in de omgeving van Sittard een lager gehalte aan lutum en silt en een hoger gehalte aan zand bevatten dan die in de gebieden Margraten en Wijnandsrade. Deze gronden worden tot de zandige lössgronden gerekend.

De organische-stofgehalten en pH-KCl-waarden zijn op dezelfde wijze d.m.v. frequentietabellen (tabel 16) verwerkt.

De organische-stofgehalten zijn tamelijk laag en lopen enigszins uiteen. De percelen in de omgeving van Wijnandsrade en Margraten hebben een gemiddeld organische-stofgehalte van 2,1%. Rondom Sittard is vroeger veel grasland geweest dat later weer is gescheurd, waardoor de gehalten aan organische stof in deze omgeving hoger zijn (2,8%).

TABEL 16. Frequentieverdeling van de gehalten aan organische stof en van de pH-KCl.

TABLE 16. Frequency distribution of organic-matter contents and pH-KCl.

Omgeving	Aantal percelen met een gehalte aan organische stof van			Totaal aantal percelen	Gemiddeld organische stof, %
	1,6-2,2	2,2-2,8	2,8-3,4%		
Sittard	1	1	4	6	2,8
Wijnandsrade	8	7	1	16	2,1
Margraten	4	2	-	6	2,1
Totaal	13	10	5	28	2,3

Omgeving	Aantal percelen met een pH-KCl van			Totaal aantal percelen	Gemiddelde pH-KCl
	4,3-5,0	5,0-5,7	5,7-6,6		
Sittard	4	1	1	6	4,9
Wijnandsrade	3	6	7	16	5,1
Margraten	-	5	1	6	5,3
Totaal	7	12	9	28	5,1

Oorspronkelijk was het lösssediment kalkrijk. In deze gronden was het gehalte aan carbonaat (calciet =  $\text{CaCO}_3$  en dolomiet =  $\text{CaMg}(\text{CO})_2$ ) ca. 12-15% van het oorspronkelijke onverweerde materiaal. Door de bodemvorming zijn deze gronden na verloop van tijd door uitspoeling volledig ontkalkt tot een diepte van enkele meters. De bouwvoor is in alle gevallen kalkarm en heeft een pH-KCl variërend van 4,5-6,5.

Nagegaan werd of de gemiddelde situatie op de proefplekken t.a.v. gehalte aan organische stof en pH-KCl overeenkwam met wat in het algemeen op de lössgronden voorkomt. Dat is gebeurd aan de hand van de door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek samengestelde overzichten van verrichte bepalingen in de periode 1971-1979. De resultaten voor wat gehalte aan organische stof en pH-KCl betreft zijn in tabel 17 vermeld.

TABEL 17. Frequenties van gehalten aan organische stof en pH-KCl op löss.  
TABLE 17. Frequency distribution of organic-matter contents and pH-KCl on loess.

Bouwland	Aantal monsters	Percentage monsters met een gehalte aan organische stof van									Mediaan
		0/0,9	1/1,9	2/2,9	3/3,9	4/4,9	5/5,9	6/7,9	8/9,9	> 9,9	
1971/'72	1042	0	10	64	18	5	2	1	0	0	2,5
1972/'73	1026	0	13	60	19	6	2	0	0	0	2,5
1973/'74	985	0	11	63	20	4	2	0	0	0	2,5
1974/'75	1077	0	15	54	22	6	1	1	0	1	2,5
1975/'76	1167	0	12	64	17	4	1	1	0	1	2,5
1976/'77	1350	0	12	60	20	5	2	1	0	0	2,6
1977/'78	1170	0	11	59	20	6	3	1	0	0	2,7
1978/'79	988	0	14	61	20	4	1	0	0	0	2,6

Bouwland	Aantal monsters	Percentage monsters met een pH-KCl van								Mediaan
		< 4,5	4,5/4,9	5,0/5,4	5,5/5,9	6,0/6,4	6,5/6,9	7,0/7,4	> 7,4	
1971/'72	1042	3	11	23	34	19	6	4	0	5,6
1972/'73	1026	2	10	20	35	21	8	4	0	5,7
1973/'74	987	2	8	21	33	23	8	5	0	5,7
1974/'75	1077	2	6	19	32	27	9	5	0	5,8
1975/'76	1167	2	6	16	29	26	14	7	0	5,9
1976/'77	1360	6	10	15	24	25	11	8	1	5,9
1977/'78	1170	2	5	13	24	30	15	10	1	6,1
1978/'79	992	1	5	13	22	30	17	11	1	6,1

Geconstateerd kan worden dat de gehalten aan organische stof en de pH-waarden op de proefplekken gemiddeld lager waren dan later in de praktijk werd gevonden. Wat de pH betreft zal dit verband houden met de toegenomen bekalking in die periode.

#### 8.4. Bouwplan

De vruchtopvolging over de jaren 1962-1970, zoals die uit de enquêtegegevens naar voren is gekomen, is vermeld in tabel 18. De wintertarwe wordt vooral na aardappelen en bieten verbouwd, zomertarwe vooral na bieten, en zomergerst na wintertarwe. De aardappelen komen na granen en dan vooral na zomergerst, de bieten merkwaardigerwijze na alle mogelijke andere gewassen.

TABEL 18. Vruchtopvolging op de proefplekken in de periode 1962-1970.  
 TABLE 18. Crop sequence on the experimental sites in the period 1962-1970.

Gewas	Aantal percelen met de desbetreffende opvolging									Totaal
	wt	zt	zg	wg	r	h	g	a	b	
1e jaar:										
2e jaar:										
wt	-	1	-	-	-	1	1	15	14	37
zt	-	-	1	-	-	-	-	1	12	14
zg	17	3	3	-	-	3	-	-	5	31
wg	3	2	-	-	-	-	-	-	1	6
r	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
h	2	1	-	-	-	-	-	-	2	5
g	3	-	1	-	-	-	17	-	-	21
a	3	3	13	2	-	-	1	-	-	22
b	8	3	12	4	1	3	5	2	3	41
totaal	36	13	30	6	1	8	24	18	42	178

wt = wintertarwe                      wg = wintergerst                      g = grasland  
 zt = zomertarwe                      r = rogge                              a = aardappel  
 zg = zomergerst                      h = haver                              b = bieten

Verder blijkt uit deze tabel dat 53% van de percelen met granen was bezet, 12% met grasland, 12% met aardappelen en 23% met suikerbieten.

In de laatste jaren van de genoemde periode 1962-1970 is het grasland bijna verdwenen (nog 4%) en de granen zijn sterk toegenomen (63%). Er bestaat echter een groot verschil in bouwplan tussen de verschillende lössgebieden (tabel 19). In de omgeving van Sittard is het areaal grasland en granen groter dan in de overige gebieden. Het aandeel suikerbieten is daarentegen geringer, terwijl in de omgeving van Margraten relatief de meeste suikerbieten worden verbouwd.

TABEL 19. Bouwplan in de verschillende lössgebieden in vergelijking met dat in het zuidwestelijk zeekleigebied gedurende de jaren 1967-1970.

TABLE 19. Cropping plan in the different loess regions and in the southwestern marine clay region in the period 1967-1970.

Omgeving	Aardappelen	Bieten	Granen	Grasland	Diversen
Sittard	8%	13%	71%	8%	0
Wijnandsrade	14%	22%	62%	2%	0
Margraten	4%	31%	61%	4%	0
Totaal	11%	22%	63%	4%	0
Zuidwestelijk zeekleigebied	18%	23%	35%	0	24%

Het bouwplan verschilt zeer sterk van dat in het zuidwestelijk zeeleigebied: er worden veel meer granen, minder aardappelen en geen handelsgewassen verbouwd.

### 8.5. Bemestingstoestand en bemesting van de grond

Om een indruk te krijgen van de mogelijke oorzaken van de verschillen in groei en opbrengst en het aandeel van de bodemstructuur daarbij te kunnen vaststellen, werden gegevens verzameld over de bemestingstoestand en de bemesting van de betrokken percelen. Aan de hand van genomen monsters werden de gehalten aan kalium en fosfaat bepaald (K-HCl en P-AL), terwijl informatie over de bemesting (N, P en K) door middel van enquetering werd verkregen.

Ter beoordeling van de bemestingstoestand van de grond geven tabel 20 en 21 een overzicht van respectievelijk de K-HCl en P-AL-waarden op de proefplekken in de verschillende gebieden. Het aantal percelen met een bepaalde K-HCl-waarde of P-AL-cijfer is hierin gegeven.

TABEL 20. Kalitoestand in de verschillende lössgebieden (K-HCl).  
TABLE 20. Potassium status in the different loess regions (K-HCl).

Omgeving		Sittard	Wijnandsrade	Margraten	Totaal aantal percelen
<b>K-HCl (mg K<sub>2</sub>O/100 g)</b>					
zeer laag	< 9	1	-	1	2
laag	9/10	-	1	1	2
voldoende	11/12	-	2	-	2
<hr/>					
ruim voldoende	13/15	3	9	3	15
vrij hoog	16/20	1	3	1	5
hoog	21/25	-	1	-	1
zeer hoog	> 25	1	-	-	1
totaal aantal percelen		6	16	6	28
gemiddelde K-HCl		vrij hoog 17	ruim voldoende 14	voldoende 12	ruim voldoende 14

Het kaligehalte van de grond kan in het algemeen redelijk worden genoemd. Slechts van enkele percelen, verspreid over het gehele gebied, is de K-HCl laag of zeer laag.

TABEL 21. Fosfaattoestand in de verschillende lössgebieden (P-AL)>  
 TABLE 21. Phosphorous status in the different loess regions (P-AL).

Omgeving	Sittard	Wijnandsrade	Margraten	Totaal aantal percelen
<b>P-AL (mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g)</b>				
zeer laag < 11	2	-	-	2
laag 11-14	-	-	-	-
vrij laag 15-17	1	1	1	3
<hr/>				
goed 18-22	1	3	3	7
vrij hoog 23-27	1	2	-	3
hoog 28-33	-	4	1	5
zeer hoog > 33	1	6	1	8
<hr/>				
totaal aantal percelen	6	16	6	28
<hr/>				
gemiddeld P-AL	goed 20	hoog 29	vrij hoog 26	vrij hoog 27

De fosfaattoestand is gemiddeld goed, maar loopt van perceel tot perceel sterk uiteen. Wat de verschillende gebieden betreft, worden verhoudingsgewijs in de omgeving van Sittard meer percelen aangetroffen met een laag fosfaatgehalte.

De bemestingstoestand van de proefplekken komt gemiddeld goed overeen met het gebiedsgemiddelde, zoals dat uit de gegevens van het Bedrijfs-laboratorium kan worden afgeleid (tabel 22).

De kalitoestand kan hier rechtstreeks worden vergeleken, maar met de fosfaattoestand is dat minder gemakkelijk, omdat omstreeks 1970 de P-AL-bepaling werd vervangen door de P<sub>w</sub>-bepaling. Wanneer ervan wordt uitgegaan dat voor de lössgronden P<sub>w</sub> gemiddeld gelijk is aan 1,3 x P-AL, dan kan worden geconcludeerd dat in die tijd de fosfaattoestand op de proefplekken vrij goed overeen kwam met die in de praktijk. Nadien zijn de fosfaatgehalten duidelijk toegenomen.

De gegevens over de bemesting zijn vermeld in tabel 23.

De N-bemesting in de omgeving Sittard is lager dan op de zuidelijker gelegen percelen, vermoedelijk als gevolg van de nog hogere humusgehalten. Ook de P-bemesting is er lager ondanks het feit dat de P-toestand er duidelijk minder is. De verwachting dat de bemesting wordt aangepast aan de bemestingstoestand gaat duidelijk niet op (figuur 15). Het komt er kennelijk op neer dat de bemestingsgewoonten van bedrijf tot bedrijf en ook van streek tot streek vrij sterk uiteen lopen. In de omgeving van Sittard wordt te veel K (90 kg per jaar) gestrooid en juist voldoende P.



Zuidelijker wordt een redelijke hoeveelheid K gestrooid, maar teveel P (50 kg teveel). Gezien deze bemestingsgewoonten is het begrijpelijk dat de bemestingstoestanden tussen de verschillende gebieden uiteenlopen op de wijze zoals in tabel 20 en 21 is weergegeven.

TABEL 22. Overzicht van K-HCl- en Pw-waarden op de lössgronden (bepalingen Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek).

TABLE 22. Survey of K-HCl and Pw values of the loess soils.

Bouwland	Aantal monsters	Percentage monsters met K-HCl van						Mediaan
		< 10	10/14	15/19	20/24	25/29	> 29	
1971/'72	1045	3	43	31	14	6	5	15
1972/'73	1067	8	45	31	11	3	2	14
1973/'74	1020	4	45	29	14	5	3	14
1974/'75	1107	7	46	28	13	3	3	14
1975/'76	1200	6	45	30	12	5	2	14
1976/'77	1392	8	42	26	13	5	6	15
1977/'78	1199	9	47	29	9	4	2	14
1978/'79	1008	11	47	25	10	4	3	14

Bouwland	Aantal monsters	Percentage monsters met een Pw-getal (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /l) van											Mediaan
		< 10	10/19	20/29	30/39	40/49	50/59	60/69	70/79	80/89	90/99	> 99	
1971/'72	992	6	15	23	23	13	10	5	3	1	0	1	32
1972/'73	1024	9	14	23	20	17	8	5	2	1	1	1	31
1973/'74	985	3	12	20	24	19	8	6	4	2	1	2	35
1974/'75	1077	5	13	20	18	18	12	6	4	2	1	1	35
1975/'76	1167	4	10	19	20	19	11	8	4	2	1	1	38
1976/'77	1350	6	11	19	18	18	12	7	4	2	1	2	38
1977/'78	1170	5	11	17	18	18	13	7	4	4	1	2	40
1978/'79	988	4	10	15	17	18	14	8	7	3	2	2	42

TABEL 23. Bemesting bij de gewassen in de verschillende gebieden.

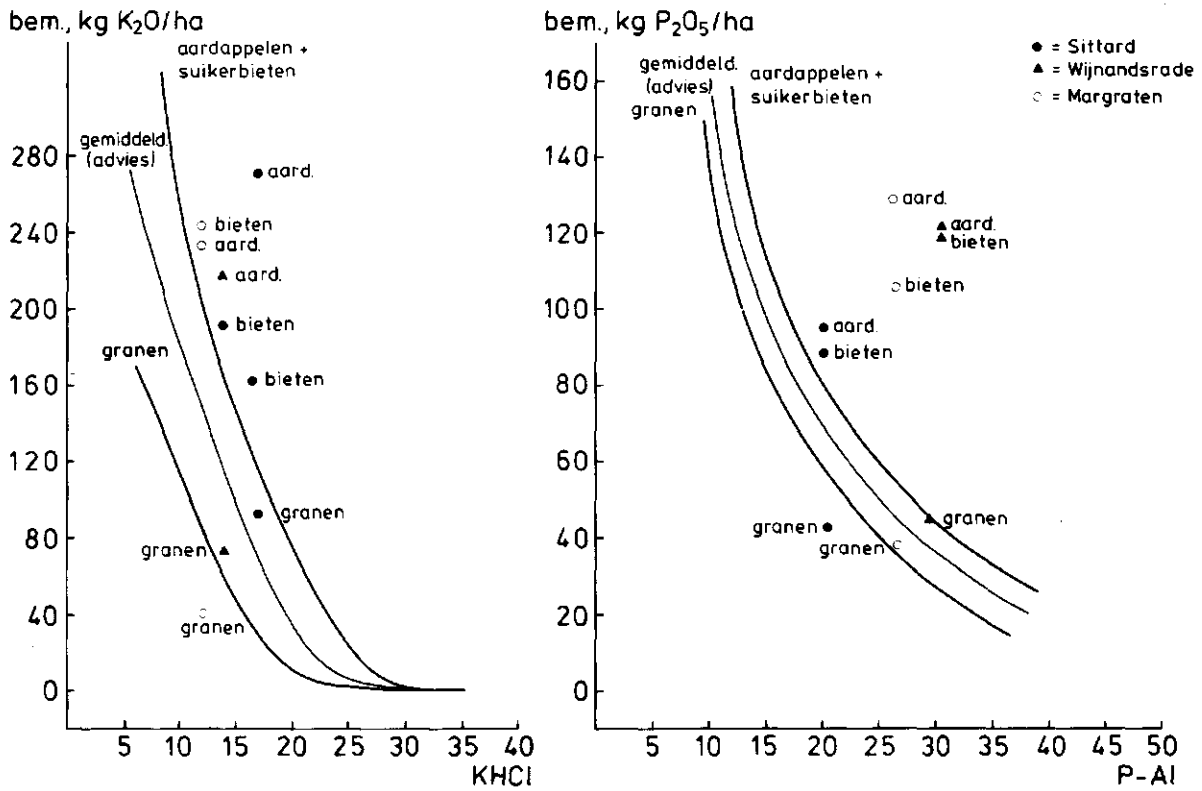
TABLE 23. Fertilization of the crops in the different loess areas.

Omgeving	kg N/ha			kg P/ha			kg K/ha		
	S*	W**	M***	S	W	M	S	W	M
granen	67	76	58	45	46	38	97	72	42
aardappelen	104	159	156	95	123	130	270	190	234
bieten	110	156	156	89	121	105	163	218	244
totaal	281	391	370	229	290	273	530	480	520

\* S = Sittard

\*\* W = Wijnandsrade

\*\*\* M = Margraten



Figuur 15. Kali- en fosfaatbemesting bij verschillende bemestings-  
toestanden. Getrokken lijnen geven het advies weer.

Figure 15. Potassium and phosphate fertilization at different fertilization levels. Lines indicate recommended fertilizer application rate.

## 9. BETEKENIS VAN VERSCHILLENDE BODEM- EN ANDERE KENMERKEN VOOR DE STRUCTUURASPECTEN VAN DE GROND

Om een indruk te krijgen van de factoren die van invloed zijn op de verschillende structuuraspecten, werd in de eerste plaats gebruik gemaakt van de resultaten van het plekkenonderzoek. Bij berekening van de correlatiecoëfficiënten, waarvan het resultaat in bijlage 1 is vermeld, komt een aantal betrouwbare verbanden naar voren die groepsgewijs zullen worden besproken.

Van de onafhankelijke factoren  $< 2 \mu\text{m}$ ,  $< 16 \mu\text{m}$ , humus en pH blijken volgens verwachting de fracties  $< 2 \mu\text{m}$ ,  $< 16 \mu\text{m}$  en  $2-50 \mu\text{m}$  onderling samen te hangen. Niet volgens verwachting is de negatieve correlatie van het humusgehalte met de granulaire fracties. Dat vindt zijn oorzaak in het feit dat vijf percelen lichtere lössgrond in de buurt van Sittard vroeger grasland zijn geweest en daardoor nog een hoger humusgehalte hebben. Deze vijf percelen kunnen de verdere bewerking ernstig vertroebelen en kunnen daarom beter bij de verdere bewerking buiten beschouwing worden gelaten. Wanneer dat gebeurt blijken er onderling geen verbanden meer te bestaan tussen de factoren  $< 2 \mu\text{m}$ ,  $2-50 \mu\text{m}$ , humusgehalte en pH-KCl (bijlage 2). De betekenis van deze factoren voor verschillende aspecten van de bodemstructuur kunnen dan zonder storing worden beoordeeld.

In de tweede plaats werden resultaten van diverse proefvelden (kalktrappen, organische stof, grondbewerking) hierbij betrokken.

### 9.1. Invloed op de verslemping

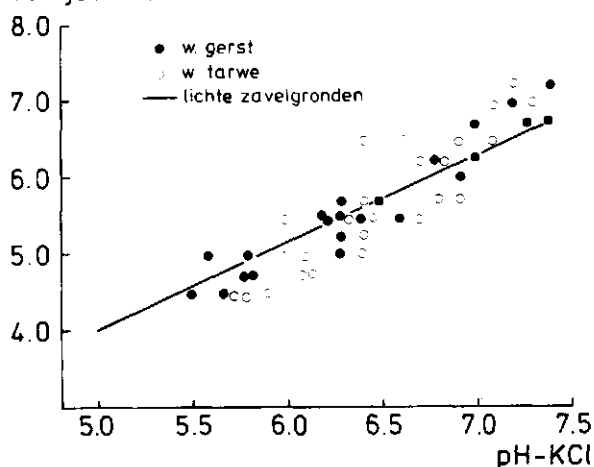
Bij het plekkenonderzoek vertoont de verslemping enkele duidelijke correlaties met enkele bodemkenmerken: de gevoeligheid voor verslemping (vloei grens-vochtgehalte) met het gehalte aan lutum, en de actuele verslemping met de gehalten aan lutum en humus (tabel 24). Dit is geheel in overeenstemming met wat op mariene kleigronden werd gevonden (Pelgrum, 1963). Een duidelijke gunstige invloed van de kalktoestand komt bij dit plekkenonderzoek echter niet naar voren. Dat is wel het geval op het bekalkingsproefveld WR 17. In beide jaren dat in het voorjaar de verslemping werd beoordeeld (1979, 1983) was er een duidelijke positieve invloed die goed overeenkomt met die op de mariene zee kleigronden (figuur 16).

TABEL 24. Correlaties tussen bodemfactoren en verslempingskenmerken.  
 TABLE 24. Correlation between soil factors and slaking characteristics.

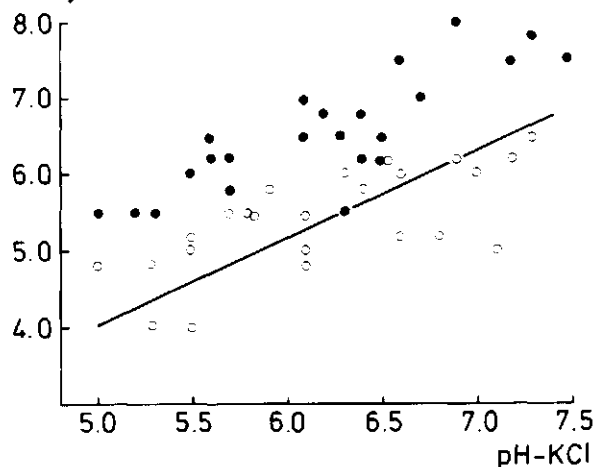
Verslempingskenmerken	Bodemfactoren (met traject)			
	< 2 $\mu\text{m}$ (9,4-15,3%)	2-50 $\mu\text{m}$ (72-84%)	humus (1,6-2,8%)	pH-KCl (4,7-6,4)
vloeigrens	+ 0,57 <sup>++</sup>	+ 0,07	+ 0,28	- 0,09
veldcapaciteit	- 0,33	+ 0,28	+ 0,11	- 0,03
veldvochtgehalte	+ 0,31	+ 0,36	+ 0,12	- 0,26
vloeigrens-veldcapaciteit	+ 0,78 <sup>++</sup>	- 0,13	+ 0,20	- 0,06
vloeigrens-veldvochtgehalte	+ 0,49 <sup>++</sup>	- 0,21	+ 0,26	+ 0,08
verslemping (beoordeling)	+ 0,49 <sup>+</sup>	+ 0,30	+ 0,45	+ 0,26

++ = betrouwbaar op 1% niveau; + = betrouwbaar op 5% niveau

beoordeling verslemping  
 voorjaar 1983



beoordeling verslemping  
 voorjaar 1979



Figuur 16. Invloed van pH-KCl op de mate van verslemping.  
 Figure 16. Effect of pH-KCl on degree of slaking.

## 9.2. Invloed op de bewerkbaarheid

De bewerkbaarheid, gekarakteriseerd door de ligging van het vochtgehalte t.o.v. de uitrolgrens (tabel 25), vertoont bij het plekkenonderzoek weinig samenhang met de factoren < 2  $\mu\text{m}$ , 2-50  $\mu\text{m}$ , humus en pH. Slechts veldcapaciteit-uitrolgrens wordt duidelijk lager bij toenemende fractie < 2  $\mu\text{m}$ , omdat in die richting de uitrolgrens toeneemt en de veldcapaciteit (= pF 2.0) afneemt. Het veldvochtgehalte neemt dan echter toe, met

als resultaat dat het verschil niet verandert. Humusgehalte (traject 1,6-2,8) en kalktoestand (traject 4,6-6,4) hebben geen betrouwbare invloed.

TABEL 25. Correlaties tussen bodemfactoren en enkele bewerkbaarheidskenmerken.

TABLE 25. Correlation between soil factors and workability characteristics.

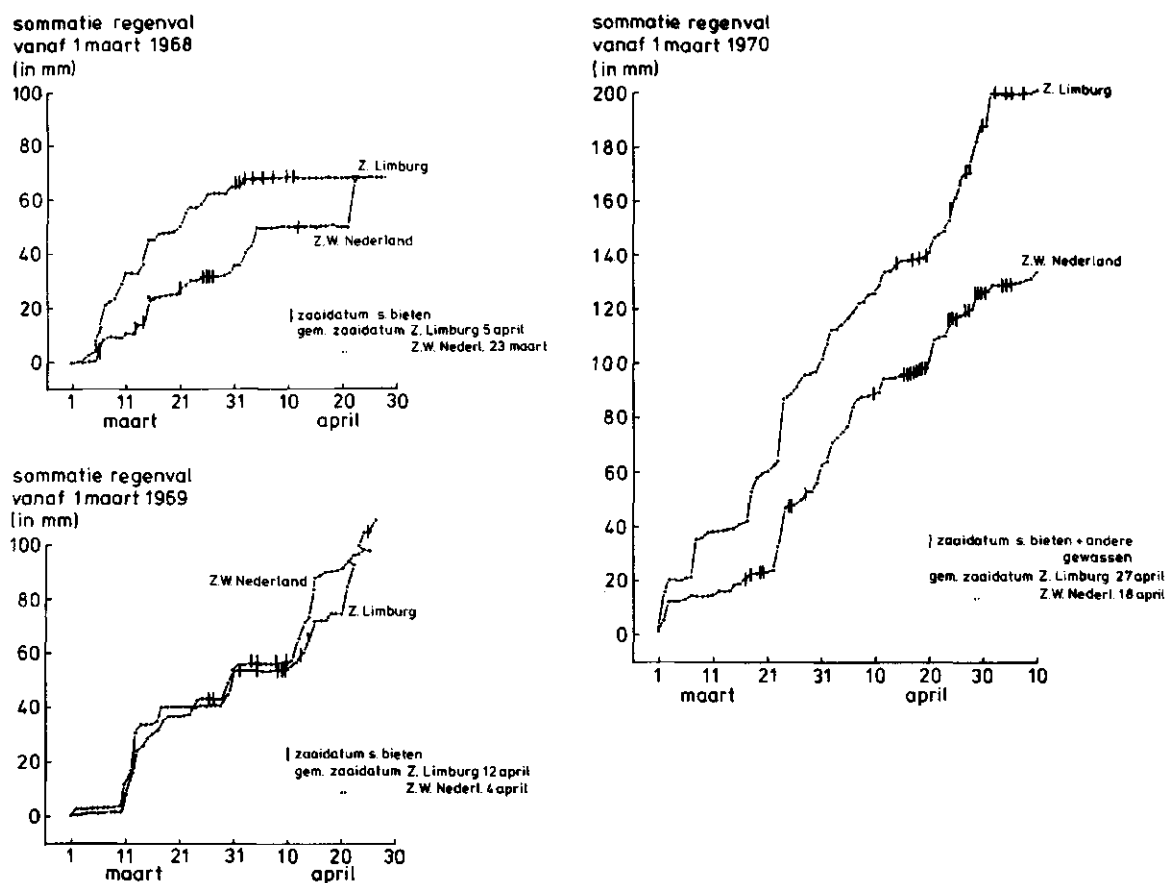
Bewerkbaarheidskenmerken	Bodemfactoren			
	< 2 $\mu\text{m}$	2-50 $\mu\text{m}$	humus	pH-KCl
uitrolgrens	+ 0,36	+ 0,37	+ 0,40	- 0,11
veldcapaciteit	- 0,33	+ 0,28	+ 0,11	- 0,03
veldvochtgehalte	+ 0,31	+ 0,36	+ 0,12	- 0,26
veldcapaciteit-uitrolgrens	- 0,66 <sup>++</sup>	+ 0,02	- 0,20	+ 0,05
veldvochtgehalte-uitrolgrens	+ 0,02	+ 0,08	- 0,27	- 0,23

++ = betrouwbaar op 1% niveau

Dat op de lössgronden later in het voorjaar met grondbewerking en inzaai kan worden begonnen dan in het zuidwestelijk zeeleigebied, zoals in par. 6.2 is aangegeven, kan voor een deel worden verklaard door de grotere hoeveelheid neerslag in de voorjaarsperiode. Dat blijkt uit figuur 17, waarin de regenval over maart en april in de jaren 1968-1970 in een sommatiecurve is weergegeven en waarin ook de begindata van de grondbewerking zijn aangegeven. Vooral in de jaren 1968 en 1970 blijkt een groot verschil in regenval ook een groot verschil in zaaidatum te hebben opgeleverd. In 1969 was er geen verschil in regenval, maar toch een verschil van gemiddeld een week in zaaidatum. Dit wijst erop dat er voor het verschil in bewerkbaarheid ook nog een andere oorzaak moet zijn.

Uit het onderzoek naar het verloop van het vochtgehalte in het profiel in de winter- en voorjaarsmaanden (figuur 18) blijkt dat onder invloed van regenval en verdamping het vochtgehalte een duidelijke schommeling, niet alleen in de bouwvoor, maar ook in de lagen direct daaronder vertoont. Dat betekent dat in een droge periode niet alleen water uit de bovengrond, maar ook uit diepere lagen verdwijnt. Dat duidt erop dat het water zich gemakkelijk capillair kan verplaatsen en de consequentie daarvan is dat veel water moet worden verdampt alvorens de bovenlaag voldoende droog is om bewerkt te worden.

Opvallend in deze figuur is het feit dat in een natte periode in februari het vochtgehalte hoger oploopt dan in een overeenkomstige natte periode in maart. Vermoedelijk heeft dat te maken met bezakking. Een dichte grond kan minder water vasthouden dan een losse grond.



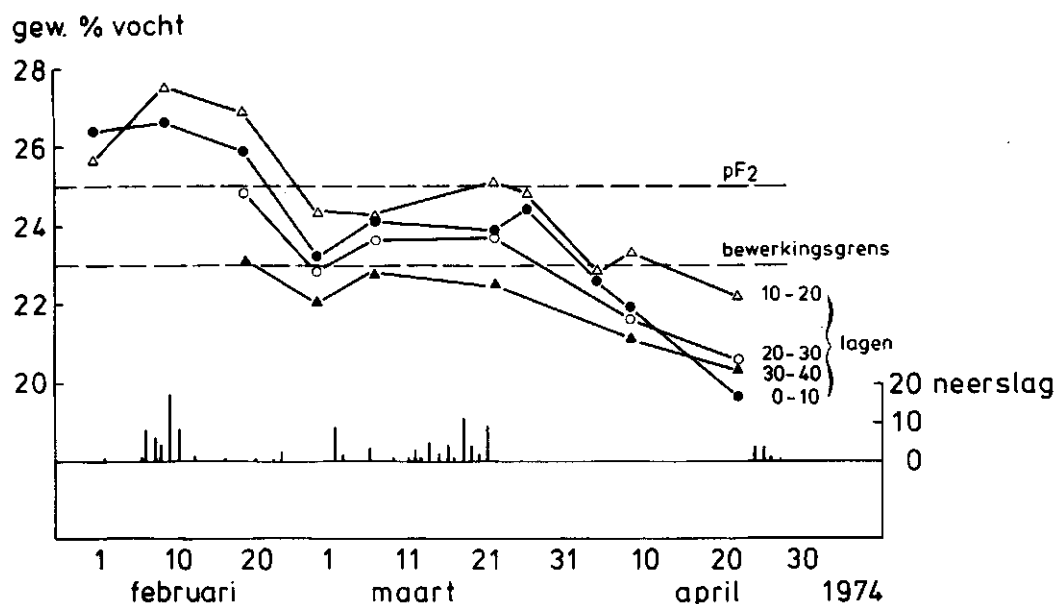
Figuur 17. Sommatiecurven van de neerslag in maart en april voor Zuid-Limburg en Zuidwest-Nederland (1968-1970), en de gemiddelde zaaidatum voor suikerbieten.

Figure 17. Summation curves of precipitation in March and April in southern Limburg and southwestern Netherlands (1968-1970), and average sowing date for sugar beet.

Ook door Schneider en Stienen (1980) werden gegevens over de wijze van opdrogen van lössgrond verzameld. Omzetting van de regelmatig bepaalde vochtspanningen via de pF-curve naar vochtgehalten leverde het in figuur 19 weergegeven beeld op. Ook hieruit blijkt duidelijk dat het opdrogings-

proces in het voorjaar zodanig verloopt dat ook water uit diepere lagen verdwijnt. Dat heeft in deze situatie tot gevolg gehad dat zelfs begin april ongeveer een week moest worden gewacht voordat de bovengrond geschikt was om bewerkt te worden. Dat beeld verschilt sterk van dat van andere kleihoudende gronden, waar namelijk bij enige verdamping in hoofdzaak de bovenste 5-10 cm indroogt en daarmee binnen enkele dagen geschikt is om een zaaibed klaar te maken. Alleen op slempige zavelen kan eenzelfde vochtverloop als bij lössgronden optreden.

Naast het relatief hogere vochtgehalte (lagere zuigspanning) en de hogere regenintensiteit vormt dus het meerdere capillaire transport van water in de lössgronden een oorzaak van het laat kunnen bewerken en inzaaien in het voorjaar van de zomergewassen.

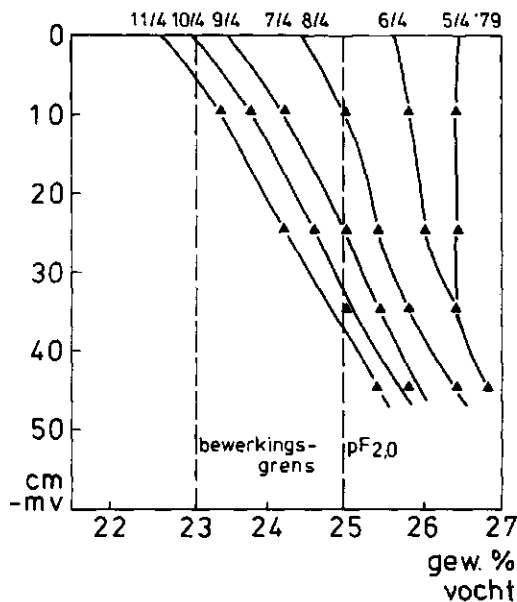


Figuur 18. Verloop van het vochtgehalte in het voorjaar.  
Figure 18. Change of moisture content in spring.

### 9.3. Invloed op de actuele structuur

Bij het onderzoek op de proefplekken vertoont de actuele structuur (visueel beoordeeld) alleen een betrouwbare positieve correlatie met het humusgehalte (tabel 26).

Het humusgehalte komt dus als een voor de bodemstructuur belangrijke factor naar voren. Een overeenkomstig resultaat werd verkregen op het organische-stofproefveld WR 18 te Wijndrade, waar sinds 1973 verschillende intensiteiten van organische bemesting werden toegepast.



Figuur 19. Verloop van het vochtgehalte naar de diepte op verschillende tijdstippen.

Figure 19. Change of moisture content with depth at different times.

TABEL 26. Correlaties tussen bodemfactoren en de actuele structuur.

TABLE 26. Correlation between soil factors and actual structure.

	Bodemfactoren			
	< 2 $\mu\text{m}$	2-50 $\mu\text{m}$	humus	pH-KCl
Visuele structuurwaardering	- 0,05	- 0,15	+ 0,53 <sup>++</sup>	+ 0,20

Incidenteel werd aandacht aan de structuur van de grond besteed, met het in tabel 27 vermelde resultaat.

De laatste jaren is een duidelijk verschil in structuur als gevolg van de uiteenlopende organische bemesting waargenomen, maar dit verschil is gezien de verschillen in humusgehalte toch niet zo erg groot. Het ligt echter in dezelfde orde van grootte als dat wat op het veel oudere proefveld PrLov 6 te Marknesse in de Noordoostpolder werd gevonden.

Dit wijst erop dat de betekenis van organische bemesting voor de bodemstructuur bij de lössgronden niet groter is dan elders.

De invloed van de kalktoestand bij het plekkenonderzoek is minder duidelijk: de correlaties met de structuur zijn weliswaar positief, maar



niet betrouwbaar. Hierbij moet wel worden bedacht dat de pH-KCl niet hoger komt dan ongeveer 6,5, en dat op andere kleihoudende gronden juist het grootste effect werd gevonden bij hogere pH-waarden. Volgens verwachting kwam op het kalkproefveld WR 17 de invloed van de pH duidelijker naar voren (tabel 28, figuur 16).

TABEL 27. Resultaten van het onderzoek naar de actuele structuur op WR 18.

TABLE 27. Actual soil structure on site WR 18.

Jaar	Visuele struc- beoordeling			Poriënvolume (vol. %)			Volume % lucht pF 2,0			Volume % water pF 2,0		
	B0	B1	B2	B0	B1	B2	B0	B1	B2	B0	B1	B2
1973	5,6	5,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1974	-	-	-	49,2	49,0	-	15,3	15,2	-	33,9	33,8	-
1975	4,6	4,8	-	48,4	46,8	-	14,1	11,5	-	35,0	35,4	-
1976	-	-	-	49,4	50,6	50,5	15,3	16,8	14,1	34,1	33,8	34,6
1978	6,4	6,6	6,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1982	5,1	5,6	5,9	45,2	46,3	47,7	12,9	13,2	15,9	32,3	33,0	33,6

B0 = geen organische bemesting  
 B1 = 20 ton stalmest/2 jaar  
 B2 = 100 ton stalmest/2 jaar

gehalte aan organische  
 stof in 1982

B0 = 2,0  
 B1 = 2,3  
 B2 = 3,1

TABEL 28. Correlatie- en regressiecoëfficiënten betreffende de samenhang tussen pH-KCl en de visuele structuurbeoordeling.

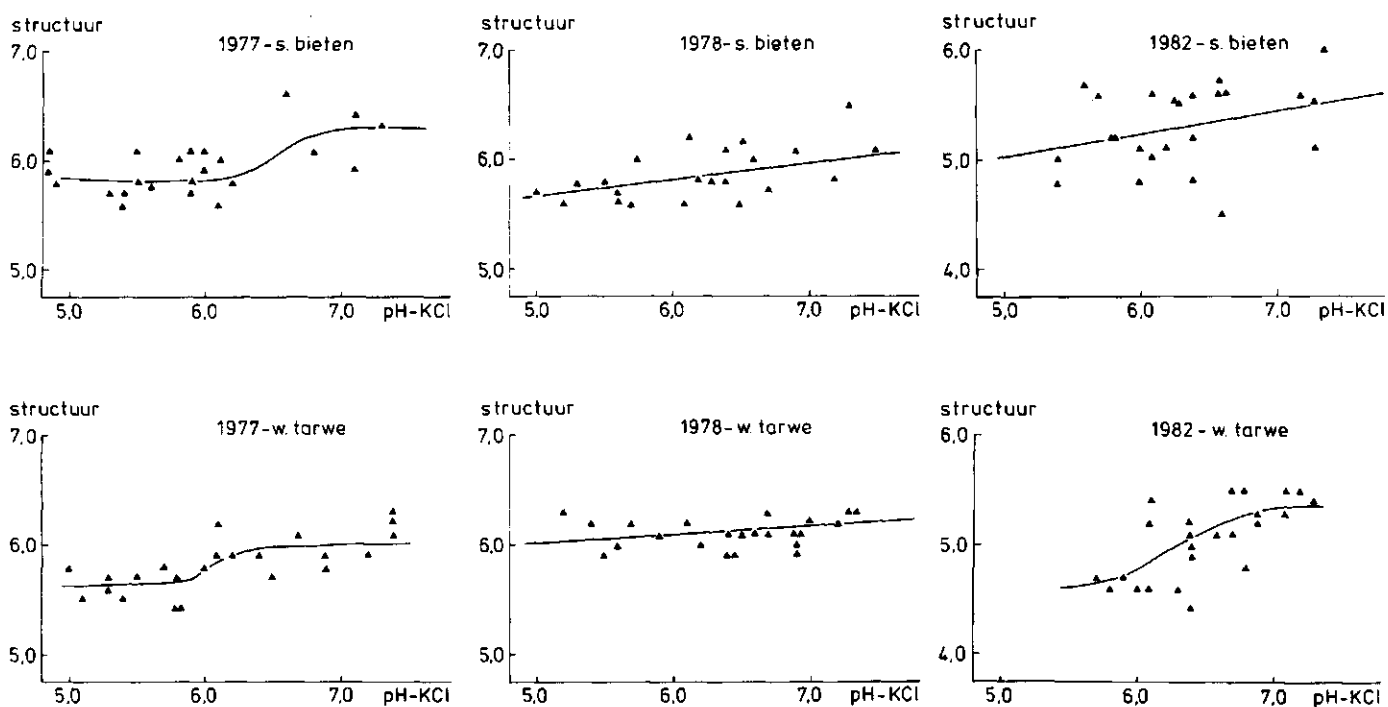
TABLE 28. Correlation and regression coefficients for the relation between pH-KCl and visual rating of soil structure.

Jaar	Wintertarwe		Gerst/mais		Suikerbieten		Alle gewassen	
	corr.	regr.	corr.	regr.	corr.	regr.	corr.	regr.
1968	0,59 <sup>+</sup>	0,29	0,02	- 0,01	0,17	0,11	0,18	0,12
1969	0,44	0,27	0,35	0,14	0,53	0,23	0,38 <sup>+</sup>	0,19
1970	0,31	0,16	0,08	0,04	0,50	0,55	0,24	0,24
1972	-	-	0,34	0,14	-	-	-	-
1973	-	-	0,30	- 0,14	0,09	0,05	0,11	0,06
1975	0,05	0,05	-	-	-	-	-	-
1977	0,53 <sup>++</sup>	0,17	0,53 <sup>++</sup>	0,34	0,27	0,08	0,38 <sup>++</sup>	0,16
1978	0,31	0,09	0,59 <sup>++</sup>	0,25	0,27	0,14	0,36 <sup>++</sup>	0,16
1982	0,68 <sup>++</sup>	0,53	-	-	0,26	0,16	0,33 <sup>+</sup>	0,24
alle jaren	0,32 <sup>++</sup>	0,30	-	-	0,13	0,10	0,14 <sup>++</sup>	0,13

+ betrouwbaar op 5% niveau, ++ betrouwbaar op 1% niveau

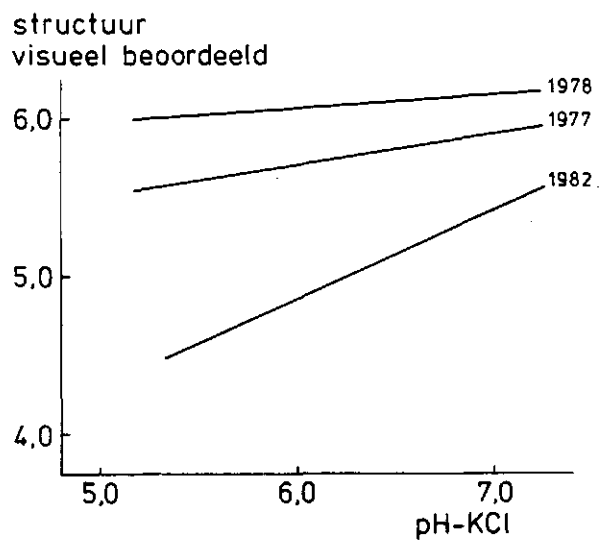
De laatste jaren is er op dit proefveld vooral op de percelen met wintertarwe, gerst en mais een invloed van de pH-KCl op de structuur naar voren gekomen. Bij verhoging van de pH-KCl met een eenheid wordt de structuur met 1/3 punt hoger gewaardeerd. Bij suikerbieten is de invloed geringer, zodat gemiddeld over alle gewassen de invloed ook geringer is en in de orde van grootte ligt van 0,2 punt per 1 punt pH-KCl. Deze invloed is geringer dan op de mariene kleigronden werd gevonden (Boekel, 1986).

Het effect komt niet alle jaren en bij alle gewassen even duidelijk naar voren (figuur 20).



Figuur 20. Invloed van de pH-KCl op de structuur van de grond.  
 Figure 20. Effect of pH-KCl on soil structure (visual rating).

De weersomstandigheden spelen daarbij ongetwijfeld een belangrijke rol. Uit deze resultaten kan worden afgeleid dat een lössgrond in goede kalktoestand beter bestand is tegen ongunstige weers- en andere omstandigheden dan een grond met lagere pH (figuur 21).



Figuur 21. Invloed van de pH-KCl op de structuur van de grond in verschillende jaren.

Figure 21. Effect of pH-KCl on soil structure (visual rating) in different years.

10. BETEKENIS VAN VERSCHILLENDE SYSTEMEN VAN GRONDBEWERKING VOOR DE  
STRUCTUUR VAN DE GROND.

De grondbewerking speelt op deze gronden een belangrijke rol. In verband met verslemping is vooral de wijze van het op wintervoor ploegen erg belangrijk. Dat bleek duidelijk op een perceel te Wijnandsrade, waar in de herfst van 1969 een ploegdemonstratie werd gegeven en waar in het voorjaar van 1970 zeer verschillende toestanden van het oppervlak werden aangetroffen (tabel 29).

TABEL 29. Mate van verslemping bij het op wintervoor ploegen met verschillende ploegtypen.

TABLE 29. Degree of slaking after autumn-plowing with different types of moldboard plows.

Veldje	Ploeg	Verslempingsbeeld voorjaar
1	v. Rump 3 schaar	5
2	Panter 3 schaar	5 <sup>+</sup>
6	Melotte 2 schaar	3½
7	Rabawerk 2 schaar	2½
10	Krone 3 schaar	5½
12	Ransomes 2 schaar	5
14	Rumpstad 2 schaar	4
15	Buchmuhler 2 schaar	3

In het algemeen zal een sterke verkrumeling en vlakke ligging, vooral veroorzaakt door snel rijden bij ploegen, verslemping in de hand werken (Poesse en Van Ouwerkerk, 1967). Het tijdstip van ploegen zal eveneens van invloed zijn op de structuur omdat bij vroeg ploegen meer bezakking en oppervlakkige verslemping kan optreden dan bij laat ploegen. In 1969 verricht onderzoek heeft wat dat betreft de in tabel 30 vermelde resultaten opgeleverd.

Wat opvalt is dat in beide jaren in de laag 0-10 cm geen verschil in structuur wordt aangetroffen, terwijl in de laag 12-17 cm vroeg ploegen een duidelijk vastere structuur tot gevolg heeft. De grond is daar duidelijk meer bezakt. In 1971 kon ook een duidelijk verschil in vochtverdeling in de bovenlaag worden geconstateerd. Bij vroeg ploegen droogt de grond als gevolg van de compactere structuur gelijkmatiger op,

maar het zal langer duren voordat de bovenste 10 cm voldoende droog is. Bij laat ploegen droogt de bovenste 10 cm vrij snel op; daaronder blijft de ondergrond langer nat. Dat zou een grotere gevoeligheid voor verdichting kunnen betekenen.

Uit de in tabel 30 vermelde resultaten blijkt echter dat in de groei-periode in het onderste deel van de bouwvoor het poriënvolume en het luchtgehalte bij laat ploegen hoger zijn dan bij vroeg ploegen. Bodemfysisch gezien heeft laat ploegen hier voordelen boven vroeg ploegen.

TABEL 30. Invloed van tijdstip van ploegen op de bodemstructuur.  
TABLE 30. Effect of time of plowing on soil structure.

Jaar	Ploegtijdstip	Gehalte organische stof, %	Vochtgehalte bouwvoor voorjaar		Bewerkingsdiepte	Laag 5-10 cm			Laag 12-17 cm		
			0-10	10-20		Vol. gew. <sup>3</sup> g/cm <sup>3</sup>	Poriënvolume (vol. %)	Vol. % lucht	Vol. gew. <sup>3</sup> g/cm <sup>3</sup>	Poriënvolume (vol. %)	Vol. % lucht
1969	vroeg (voor de winter)	2,3	21,8	25,3	5,3	1,41	46,9	13,4	1,42	46,4	12,5
	laat (na de winter)	3,1	26,2	31,3	6,5	1,40	47,0	13,7	1,39	47,8	14,4
1971	vroeg (voor de winter)	2,1	22,6	22,8	4,3	1,40	47,3	12,2	1,35	49,0	13,7
	laat (na de winter)	2,2	21,9	24,5	4,3	1,39	47,5	12,4	1,31	50,5	15,6

Op welke wijze de voorjaarsgrondbewerking moet worden uitgevoerd, zal van verschillende factoren afhangen, b.v. van vochtgehalte, vochtverdeling, fijnheid en vlakheid van de grond en natuurlijk van het in te zaaien gewas. Wat dit laatste betreft is veel aandacht aan de zaaibereiding van suikerbieten besteed. Op enkele proefvelden is het effect van verschillende systemen nagegaan. De resultaten zijn nogal uiteenlopend, zoals uit tabel 31 blijkt.

Het effect van de verschillende systemen van voorjaarsgrondbewerking op de actuele structuur van de grond is nogal wisselend en aan de hand van deze gegevens kan alleen worden vastgesteld dat cultivateren in combinatie met het Raucombisysteem een dikker zaaibed oplevert dan de andere systemen.

Uit de betekenis van diepe grondbewerking, en dan vooral wat het woelen van de ondergrond betreft, werden op enkele proefobjecten te Wijmandsrade ervaringen opgedaan en resultaten t.a.v. profielopbouw verkregen.

TABEL 31. Invloed van de voorjaarsgrondbewerking op de structuur van de grond.  
 TABLE 31. Effect of spring tillage on soil structure.

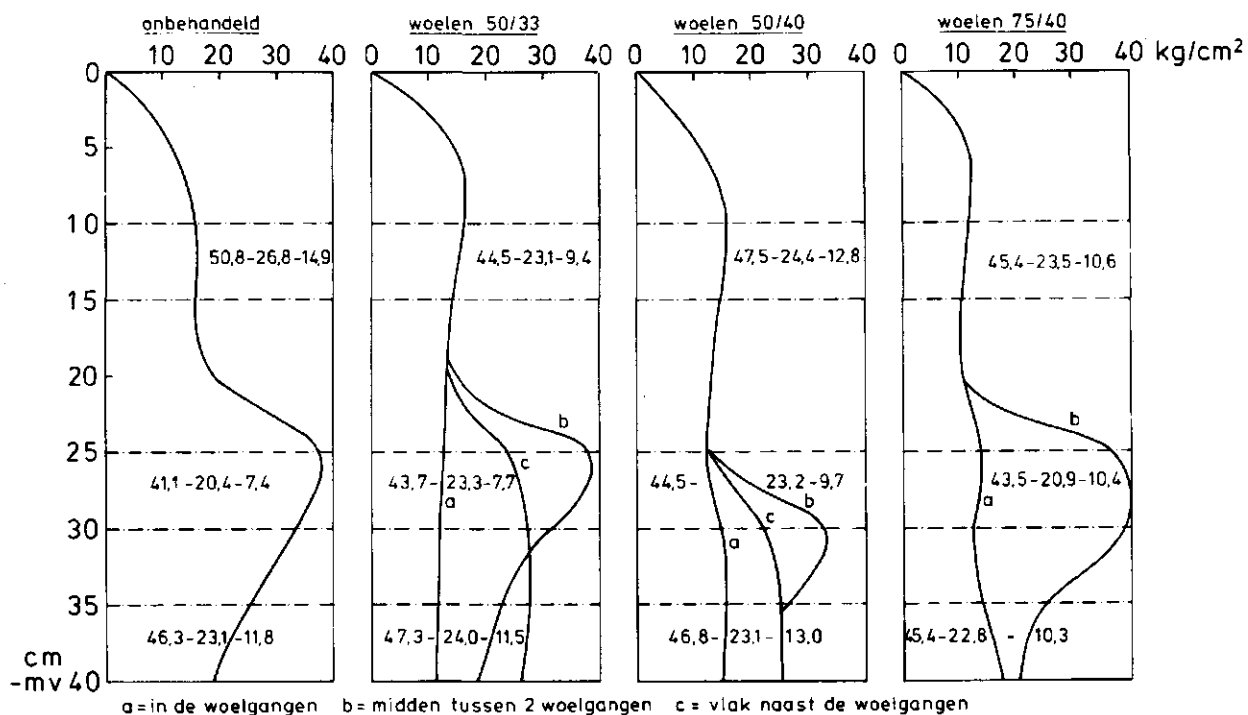
Bewerking	Dikte zaai- bed	Laag 5-10 cm			Laag 12-17 cm		
		Vol. gew.	Por. vol.	Vol. % lucht	Vol. gew.	Por. vol.	Vol. % lucht
<b>1969</b>							
laat ploegen + traditioneel		141,4	46,6	13,1	137,3	48,2	14,8
laat ploegen + Raucombi		143,5	45,8	12,3	143,0	46,0	12,8
laat ploegen + schudeg		141,9	46,4	12,6	135,0	49,1	16,0
laat ploegen + comb. Munkhof		134,5	49,2	16,6	138,7	47,7	13,9
vroeg ploegen + traditioneel		138,1	47,9	14,4	140,1	47,1	12,7
vroeg ploegen + Raucombi		140,8	46,9	13,4	136,9	48,3	15,2
vroeg ploegen + schudeg		146,0	44,9	10,8	146,4	44,8	10,4
vroeg ploegen + comb. Munkhof		138,3	47,8	14,9	145,1	45,2	11,6
<b>1971</b>							
laat ploegen + Raucombi	3,2	140	47,3	12,7	129	52,5	18,2
laat ploegen + cult. + Raucombi	5,5	136	48,8	13,8	131	50,4	16,5
laat ploegen + schudeg	4,0	142	46,3	10,8	139	47,5	12,1
vroeg ploegen + Raucombi	3,8	138	48,1	13,0	135	49,1	13,6
vroeg ploegen + cult. + Raucombi	5,6	143	46,1	10,2	133	49,7	14,0
vroeg ploegen + schudeg	3,6	138	47,8	13,5	138	48,1	13,6
<b>1973</b>							
vroeg ploegen + Raucombi		142,2	46,6	11,8	140,0	47,3	13,0
vroeg ploegen + cult. + Raucombi		139,4	47,6	13,0	140,7	47,1	12,7
vroeg ploegen + schudeg		139,9	47,4	12,5	139,9	47,4	12,3

In mei 1972 werden op verschillende objecten van het woelproefveld WR 52 laagsgewijs g-w-l-verhoudingen bepaald en mechanische weerstanden met de penetrometer (Pot, 1972) opgemeten, met de in figuur 22 weergegeven resultaten.

Daaruit blijkt dat door woelen de duidelijk aanwezige ploegzool (25-30 cm) voor een belangrijk deel is weggevoerd. De mechanische weerstand is verkleind en poriën- en luchtgehalten zijn verhoogd. De bouwvoor is door een dergelijke maatregel echter dichter geworden.

In april en juni 1973 werden van de beide aanwezige objecten van WR 51 laagsgewijs g-w-l-verhoudingen bij verschillende vochtspanningen bepaald en doorlaatfactoren voor water en lucht gemeten (tabel 32).

Volgens de in april verkregen gegevens is ook hier door woelen de ploegzool duidelijk losser geworden: poriënvolume en luchtgehalte zijn hoger geworden en ook de doorlatendheid voor water en lucht is toegenomen. Ook hier zijn er aanwijzingen dat de top laag (0-20 cm) dichter is geworden.



Figuur 22. Invloed van woelen op de mechanische weerstand in het bodemprofiel van lössgrond.

Figure 22. Penetrometer resistance in loess profile as affected by subsoiling.

TABEL 32. Invloed van diepe grondbewerking (woelen) op de ruimtelijke profielopbouw (WR 51).

TABLE 32. Effect of subsoiling on profile characteristics (WR 51).

Laag, cm	Poriënvolume		Vol.% water bij bemonstering		Vol.% water bij pF2		Vol.% lucht bij pF2		Doorlatendheid water m/etmaal	
	april	juni	april	juni	april	juni	april	juni	april	juni
<b>woelen</b>										
0-20	46.5	46.9	36.4	28.1	36.9	34.5	9.6	12.4	0.27	0.46
25-35	44.5	43.3	34.2	30.2	34.9	34.3	9.6	9.0	0.39	0.08
35-45	44.8	45.4	36.3	30.9	36.7	35.6	8.1	9.9	0.04	0.08
<b>niet woelen</b>										
0-20	49.5	47.4	34.7	27.5	36.1	34.8	13.4	12.6	0.77	0.35
25-35	42.9	43.5	37.4	29.4	37.7	35.0	5.5	8.5	0.04	0.03
35-40	42.1	46.3	34.9	30.9	36.0	35.8	6.1	10.5	0.06	0.09

De verschillen die in april nog werden aangetroffen waren in juni vrijwel weer verdwenen. Het effect van woelen is dus kennelijk bij de voorjaarsgrondbewerking al weer teniet gedaan.

Een min of meer overeenkomstig beeld werd verkregen op WR 92 (tabel 33), waar ook direct na het woelen een duidelijk lossere ploegzool en een wat dichtere bouwvoor werd verkregen. Het jaar daarop echter was het effect verdwenen en was de ploegzool nog dichter geworden dan voor het woelen. Ook de aanvankelijk door woelen verbeterde waterdoorlatendheid is veranderd in een ongunstiger toestand.

TABEL 33. Enkele bodemfysische karakteristieken op het woelproefveld WR 92.

TABLE 33. Some soil physical characteristics in the subsoiling experiment WR 92.

Laag, cm	Poriënvolume		Vol.% lucht		Waterdoorlatend- heid, m/etmaal	
	1974	1975	1974	1975	1974	1975
<b>woelen</b>						
5-10	46,4	44,9	12,4	10,6	-	-
15-20	46,9	43,7	13,4	8,4	-	-
27-32	45,3	42,0	11,2	5,8	0,66	0,07
<b>niet woelen</b>						
5-10	47,7	42,7	14,2	7,3	-	-
15-20	48,4	43,4	15,3	7,9	-	-
27-32	42,7	43,5	8,1	8,3	0,08	0,23

De conclusie over het onderzoek naar het effect van diepe grondbewerking (woelen) kan dus zijn dat kort na de uitvoering de ploegzool en de ondergrond lossier zijn geworden, maar dat spoedig daarna (binnen een jaar) de oorspronkelijke dichtheid weer is bereikt of zelfs is overtroffen.



## 11. BETEKENIS VAN VERSCHILLENDE BODEMKENMERKEN VOOR DE GROEI VAN DE GEWASSEN

Om enig inzicht te krijgen in de factoren die van belang zijn voor de groei van de gewassen werd in de eerste plaats na berekening van correlaties tussen bodemfactoren en opbrengsten gebruik gemaakt van de resultaten van het plekkenonderzoek, waarbij opgemerkt moet worden dat vooral de opbrengstgegevens niet erg betrouwbaar zijn. Verder werden de resultaten van de eerder genoemde proefvelden op het gebied van organische-stofvoorziening, bekalking, grondbewerking en grondverbetering gebruikt.

### 11.1. Betekenis van de bemesting en bemestingstoestand

Uit par. 8.5 is gebleken dat de bemestingstoestand in de meeste gevallen, vooral wat de P-toestand betreft, ruim voldoende is. Wat de bemesting betreft geeft men vaak ook meer dan nodig is. Door het feit dat de meeste correlatiecoëfficiënten voor de samenhang tussen K-HCl en P-AL enerzijds en opbrengsten anderzijds negatief zijn en een enkele zelfs significant is, en bemesting geen invloed laat zien wordt de indruk gewekt dat zeker niet te weinig wordt bemest (tabel 34).

TABEL 34. Correlatiecoëfficiënten voor de samenhang tussen bemestingsfactoren en opbrengsten.  
TABLE 34. Correlation coefficients for the relation between soil fertility factors and yields.

Factor	Wintertarwe		Zomertarwe		Zomergerst		Suikerbieten	
	Corr. coëff.	Variatie in factor	Corr. coëff.	Variatie in factor	Corr. coëff.	Variatie in factor	Corr. coëff.	Variatie in factor
K-HCl (mg K <sub>2</sub> O/100 g)	- 0,14	10- 29	- 0,60	16- 50	- 0,12	10- 29	- 0,08	10- 50
P-AL (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g)	- 0,58	10- 34	0,19	18- 44	- 0,10	10- 31	- 0,37	17- 44
N-bemesting (kg/ha)	0,34	60-140	- 0,09	70-100	- 0,56 <sup>+</sup>	0- 92	0,34	80-193
P-bemesting (kg/ha)	0,15	0- 95	0,18	0-100	- 0,11	0-130	0,27	45-190
K-bemesting (kg/ha)	0,18	0-150	0,22	0-120	- 0,04	0-240	0,27	80-320

### 11.2. Betekenis van de bodemstructuur en de voorjaarsbewerkbaarheid

Bij het plekkenonderzoek vertoont de bodemstructuur geen samenhang met de opbrengst (tabel 35), waarbij moet worden bedacht dat het niveau van de structuur in de jaren van dat onderzoek vrij redelijk is geweest.

TABEL 35. Correlatiecoëfficiënten voor de samenhang van structuur en zaaidatum met opbrengsten.

TABLE 35. Correlation coefficients for the relation of soil structure and sowing date with yields.

Factor	Wintertarwe		Zomertarwe		Zomergerst		Suikerbieten	
	corr. coëff.	variatie in factor	corr. coëff.	variatie in factor	corr. coëff.	variatie in factor	corr. coëff.	variatie in factor
structuur (vis.)	0,15	3,8-2,7	0,16	4,5-6,5	0,06 <sub>4</sub>	4,5-7,2	0,02	4,8-6,1
zaaidatum	-	-	-	-	- 0,55 <sup>†</sup>	4/3-29/4	0,04	1/4-25/4

De zaaidatum, die zal samenhangen met de bewerkingsmogelijkheden, vertoont bij zomergerst wel een invloed op de opbrengst, bij suikerbieten niet. In het eerste geval was het zaaidatumtraject 8 weken, in het tweede geval ruim 3 weken. Over de omvang van het opbrengstverlies werd hierbij geen informatie verkregen.

Een mogelijkheid om daarover wel een idee te krijgen is om uit de zaaidatumgegevens met behulp van de bekende relatie tussen zaaidatum en opbrengst (Boekel, 1973) de opbrengstderingen door later zaaien af te leiden (tabel 36).

TABEL 36. Opbrengstdepressie op lössgrond door te laat zaaien, vergeleken met de situatie in het zuidwestelijk zeekleigebied.

TABLE 36. Yield reductions on loess due to late sowing relative to those in the southwestern marine clay region.

Jaar	Opbrengstdepressie in %		
	suikerbieten	gerst en haver	zomertarwe
1968	9	6	8
1969	9	6	8
1970	11	8	10

Gezien dit resultaat kan worden verwacht dat als gevolg van later zaaien op de lössgronden suikerbieten gemiddeld 10%, gerst en haver 7% en zomertarwe 9% minder zullen opbrengen dan in het zuidwestelijk zeekleigebied.

### 11.3. Betekenis van de organische-stofvoorziening

Bij het plekkenonderzoek kon geen duidelijke invloed van het humusgehalte op de opbrengst van de verschillende gewassen worden vastgesteld. Op het onder 4 beschreven proefveld WR 18, waar de invloed van verschillende intensiteiten van organische bemesting gedurende de periode 1973-1984 werd nagegaan, was dat wel het geval (tabel 37).

TABEL 37. Gemiddelde opbrengsten over 7 jaar op het organische-stofproefveld WR 18.

TABLE 37. Yields on organic-matter field WR 18 (average of seven years).

Gewas	Organische-stoftoevoer		
	normaal, kg/ha	intensief, (20 ton stalmest/2 jaar), kg/ha	zeer intensief, (100 ton stalmest/2 jaar), kg/ha
wintertarwe	6789	7187	7178
wintergerst	5920	6090	6191
suikerbieten	61251	64944	66285
aardappelen	38233	42157	43190

Bij alle vier gewassen is er een opbrengstverhoging door organische bemesting, waarbij bij de aardappelen de sterkste reactie wordt waargenomen. Dat is in overeenstemming met wat al eerder werd gevonden (De Haan en Lubbers, 1976; Grootenhuis, 1973) en wat ertoe heeft geleid dat in de praktijk, zeker ook in het lössgebied, voor de verbouw van aardappelen vrij algemeen een of andere vorm van organische bemesting (groenbemesting of stalmest) wordt toegepast (tabel 38).

TABEL 38. Overzicht van organische bemesting op de proefplekken.

TABLE 38. Survey of organic manuring on the experimental sites.

Gewas	1968			1969			1970		
	aantal percelen	stal-mest	groen-bemesting	aantal percelen	stal-mest	groen-bemesting	aantal percelen	stal-mest	groen-bemesting
aardappelen	5	1	-	1	-	1	6	3	4
suikerbieten	10	-	1	9	-	1	3	-	2
wintertarwe	4	-	-	11	-	-	5	1	-
wintergerst	1	-	-	0	-	-	1	-	-
zomergerst	7	-	-	4	-	-	6	-	-

Ook de suikerbieten reageren gunstig op organische bemesting, hoewel in mindere mate dan aardappelen. Een bezwaar is echter de toeneming van de gehalten aan Na, K en  $\alpha$  amino N, die moeilijkheden opleveren bij de suikerwinning. Hoewel dat nog niet in de prijs tot uitdrukking komt zal de praktijk hiermee toch rekening moeten houden.

Verder blijkt dat de granen minder positief op organische bemesting reageren, waarbij het moeilijker kunnen vaststellen van de juiste N-gift en het niet altijd kunnen vermijden van legering een rol spelen.

Het geheel overziend kan worden geconcludeerd dat bij veel aardappelen en bieten in het bouwplan een organische bemesting, vooral rond de teelt van de aardappelen toegepast, rendabel is. Toediening van zeer grote hoeveelheden in de orde van grootte van 100 ton stalmest per twee jaar is zeker niet zinvol.

#### 11.4. Betekenis van de kalktoestand

Nadat Sluijsmans (1966) de invloed van de kalktoestand op de opbrengst van granen had onderzocht, werd door Loman (1977) ook de reactie van aardappelen en bieten op de kalktoestand beoordeeld (tabel 39).

TABEL 39. Gemiddelde samenhang tussen de relatieve opbrengst en de pH van de grond.

TABLE 39. Average relation between relative yield and soil pH.

pH-KCl	Wintertarwe	Gerst	Aardappelen, veldgewas	Suikerbieten
4,8	96½	98	97	82
5,2	98	99	99	90
5,6	99½	100	100	95
6,0	100	100	99½	98
6,4	99	99½	98	99
6,8	97½	98	96½	100
7,2	-	-	95	100

Hierbij moeten echter wel enkele kanttekeningen worden gemaakt. Een punt waarmee rekening moet worden gehouden is de verandering in teelt-technieken gedurende de laatste tientallen jaren, waarbij hogere eisen aan de structuur van de grond worden gesteld. Het is daarom helemaal niet zeker dat de resultaten van vroegere kalkproefvelden gebruikt kunnen worden voor een bekalkingsadvies van nu. Daar komt nog bij dat

voorbij wordt gegaan aan de door Sluijsmans (1956) geconstateerde interactie tussen kalk en kali bij aardappelen. Voor opstelling van een bekalkingsadvies en berekening van de rentabiliteit van bekalking lijkt het daarom beter om niet uit te gaan van de in tabel 39 vermelde gegevens, maar vooral de in de laatste 7 jaren verkregen gegevens op het kalkproefveld WR 17 te gebruiken (tabel 40).

TABEL 40. Gemiddelde opbrengsten bij verschillende pH-KCl (WR 17).  
TABLE 40. Average yields at different pH-KCl values (WR 17).

Wintertarwe			Wintergerst			Aardappelen			Suikerbieten		
pH	kg/ha	rel.	pH	kg/ha	rel.	pH	kg/ha markt.	rel.	pH	kg/ha winbaar	rel.
5,2	7130	98	5,3	5430	95	5,4	38079	99	5,7	53632	88
5,6	7220	100	5,7	5630	99	5,7	40905	106	5,7	56409	93
6,1	7290	101	6,1	5700	100	6,1	40876	106	6,1	57671	95
6,3	7340	101	6,4	5810	102	6,4	40646	106	6,4	59816	98
6,7	7300	101	6,7	5850	103	6,8	39101	102	6,0	61565	101

Het blijkt dat de in tabel 40 vermelde gegevens zo hier en daar afwijken van die in tabel 39. Opvallend is het verschil bij de granen; op WR 17 is de laatste jaren een hogere optimale pH naar voren gekomen dan op de vroegere proefvelden. Bij de suikerbieten is er enig verschil in de opbrengstdepressie bij lagere pH.

Omdat de gegevens in tabel 40 het meest recent zijn en voor aardappelen en bieten betrekking hebben op het verkoopbare produkt, zal ook voor de verdere beschouwingen van deze gegevens gebruik worden gemaakt.

Met die gegevens is in de eerste plaats, mede aan de hand van de in de tabellen 13 en 14 gegeven frequentieverdelingen van de pH-KCl op de proefplekken en praktijkpercelen, afgeleid welke opbrengstdepressies bij de verschillende gewassen door een onvoldoende pH worden veroorzaakt (tabel 41).

Daaruit blijkt dat de opbrengsten van de voornaamste gewassen op de lössgronden als gevolg van een te lage pH zijn achtergebleven. Dat is vooral het geval bij suikerbieten. De laatste 15 jaar is een duidelijke verbetering in de situatie opgetreden. De meest gewenste toestand is echter nog niet bereikt.

TABEL 41. Opbrengstdepressies op lössgronden door te lage pH (in %).  
 TABLE 41. Yield reductions due to low pH (%).

Gewas	Proefplekken	Praktijkperceel	
	1968/1970	1971/1972	1978/1979
wintertarwe	6	4½	2½
wintergerst	3½	2½	1½
aardappelen	10½	7½	3½
suikerbieten	19	14½	9½

### 11.5. Betekenis van stabilisatie van het zaaibed van suikerbieten

Van de vele jaren dat dit onderzoek heeft plaatsgevonden, werd slechts een enkele keer enig resultaat geboekt: er werd een wat betere opkomst van de suikerbieten en een wat hogere opbrengst waargenomen. In de meeste jaren waren er geen verschillen, soms in verband met het feit dat geen verkorsting optrad. Dit beeld is volkomen in overeenstemming met ervaringen op slempige zavelen, waar eveneens niet meer dan 1 à 2 maal per 10 jaar enige schade als gevolg van verslemping is opgetreden en waar jaarlijkse toepassing van een stabiliserend middel als niet rendabel wordt beschouwd. Gezien de verkregen resultaten zal een dergelijke conclusie ook voor de lössgronden getrokken moeten worden.

## 12. BETEKENIS VAN VERSCHILLENDE SYSTEMEN VAN GRONDBEWERKING VOOR DE GROEI VAN DE GEWASSEN

### 12.1. Betekenis van tijdstip van ploegen

Zoals in par. 9.3 werd aangegeven heeft het tijdstip van ploegen invloed op de bodemfysische gesteldheid van de grond. Later ploegen heeft in het algemeen een wat lossere grond in het onderste deel van de bouwvoor tot gevolg. Dat kan weer van invloed zijn op de gewasgroei. Of het voor de winter ploegen minder gunstig is dan na de winter ploegen wordt uit de resultaten echter niet duidelijk. In 1969 werd op het laatgeploegde object een veel hogere opbrengst aan bieten verkregen (52 ton tegen 36 ton op het vroeg geploegde), maar het gehalte aan organische stof was er ook veel hoger (3,1 tegen 2,3% op het vroeg geploegde). In 1971 werd op goed vergelijkbare objecten op voor de winter geploegd land een iets hogere opbrengst verkregen. In 1972 en 1973 werden op enkele voor de winter geploegde objecten opbrengsten van gemiddeld 56 ton verkregen. Bezwaren van ploegen voor de winter komen hierbij dus niet naar voren.

In latere jaren werd nagegaan of vroeg of laat ploegen in het voorjaar van invloed is op de aardappelopbrengst, met het in tabel 42 vermelde resultaat.

TABEL 42. Invloed van tijdstip van ploegen op de opbrengst van aardappelen.

TABLE 42. Effect of time of plowing on yield of potatoes.

Jaar	Tijdstip van ploegen	Totaal-opbrengst aardappelen, kg/ha	Uitval, %	Verkoopbaar produkt, kg/ha
1980	vroeg: 12 febr.	49465	18,9	397,5
	laat : 17 april	55008	19,7	43860
1981	vroeg: 13 febr.	63751	8,3	56630
	laat : 21 april	63546	11,2	54730

Bij laat ploegen is gemiddeld de opbrengst wel iets hoger, maar daar staat meer uitval tegenover, zodat netto weinig winst t.o.v. vroeg ploegen wordt verkregen.

Dit weinig duidelijke effect van ploegtijdstip verrast toch wel enigszins, omdat bekend is dat fysische aspecten als verslemping, bezakking en bewerkbaarheid daardoor wel beïnvloed worden. Het kan echter zijn dat het genoemde effect van vroeg of laat ploegen volledig door de voorjaarsgrondbewerking wordt overheerst, vooral als daarbij wordt geprobeerd ongunstige situaties te corrigeren.

## 12.2. Betekenis van de voorjaarsgrondbewerking

In de periode 1969-1973 zijn bij de zaaibedbereiding voor suikerbieten verschillende vormen van voorjaarsgrondbewerking na vroeg en laat ploegen toegepast. Een overzicht van de resultaten betreffende de opbrengsten is gegeven in tabel 43.

TABEL 43. Invloed van de voorjaarsgrondbewerking op de opbrengst van suikerbieten.

TABLE 43. Effect of spring tillage on yield of sugar beet.

Bewerking	Opbrengsten suikerbieten in t/ha							
	Bij vroeg ploegen				Bij laat ploegen			
	1969	1971	1972	1973	1969	1971	1972	1973
traditioneel	36				56			
Raucombi	41	51	58	57	53	49		
schudeg	34	53	53	52	53	53		
Munkhof (frees)	34				47			
cult. + Raucombi		55	62	60		54		
aangedreven eg			57					
geen bewerking			50					

Aan de hand van de opbrengstgegevens is duidelijk dat gebruik van schudeg en frees bij de zaaibedbereiding voor suikerbieten niet gewenst is. Dit minder gunstige effect van deze aangedreven werktuigen houdt kennelijk verband met het verdichtend effect op de in die situatie nog vrij natte onderlaag van de bouwvoor. Dit soort machine kan doelmatiger worden gebruikt onder wat drogere omstandigheden.

Het beste resultaat is verkregen door de grond eerst diep (12-15 cm) los te trekken met de cultivator, op te laten drogen en daarna het zaaibed met het Raucombisysteem (2x) klaar te maken. Dit systeem heeft duidelijk voordelen boven het alleen hanteren van het Raucombisysteem.



Bij de aardappelteelt blijkt de wijze van pootbedbereiding eveneens van grote betekenis te zijn, gezien de resultaten van het in 1979 en 1981 verrichte onderzoek (tabel 44).

TABEL 44. Invloed van pootbedbereiding op de opbrengst van aardappelen.  
TABLE 44. Effect of seedbed preparation on yield of potatoes.

Wijze van pootbedbereiding	Jaar	Totale opbrengst, kg/ha	Uitval, %	Verkoopbaar produkt, kg/ha
A = pootbed klaarmaken in meerdere werkgangen (2x), ondiep bewerken (7-9 cm) met een rotorkopeg	1979	44947	12,9	37917
	1980	50290	21,7	39080
	1981	61740	7,9	55110
	gem.	52326	14,2	44036
B = grond opentrekken met vaste-tand cultivator (15-20 cm) gevolgd door ondiepe bewerking met rotorkopeg (7-9 cm)	1979	50922	11,8	43548
	1980	54050	21,4	42090
	1981	64030	9,8	56217
	gem.	56334	14,3	47285
C = volledig en diep losmaken van de bouwvoor (15-16 cm) met de rotorkopeg	1979	53636	5,7	48925
	1980	52370	14,8	44280
	1981	65180	11,7	56212
	gem.	57062	10,7	49806

Het dieper losmaken van de grond bij de pootbedbereiding geeft een duidelijk hogere opbrengst, het intensief verkrumelen geeft daarnaast ook nog minder uitval. Het diep (15-16 cm) bewerken van de grond met de rotorkopeg lijkt dan ook de meest aangewezen werkwijze.

Het lijkt gerechtvaardigd te concluderen dat de zaai- en pootbedbereiding bij suikerbieten en aardappelen een belangrijke invloed heeft op de groeimogelijkheden van deze gewassen en dat verschillen in tijdstip en wijze van op wintervoerploegen daardoor volledig kunnen worden weggewerkt.

### 12.3. Betekenis van diepe grondbewerking

Op de verschillende proefobjecten met een diepe bewerking werden opbrengsten bepaald. Bij suikerbieten werd tevens de mate van vertakking bepaald en bij aardappelen werd de kwaliteit beoordeeld (tabel 45).

TABEL 45. Invloed van diepe grondbewerking op de opbrengst van suikerbieten en aardappelen.

TABLE 45. Effect of subsoiling on yields of sugar beet and potatoes.

Proef- veld	Gewoeld in	Jaar bemon- stering	Niet gewoeld			Gewoeld		
			opbrengst kg/ha	vertak- king, %	uitval, %	opbrengst kg/ha	vertak- king, %	uitval, %
<b>Suikerbieten</b>								
WR 52	1971	1972	48910	37		51802	22	
WR 51	1972	1973	55730	52		59240	44	
WR 82	1973	1974	68580	-		68425	-	
WR 82	1973	1976	65216	34		68446	29	
<b>Aardappelen</b>								
WR 122	vj 1975	1975	43715		16,8	43417		17,1
WR 164	nj 1975	1976	35433		-	35633		-
WR 159 op WR 82		1977	52930		33,1	53315		27,7

Vastgesteld kan worden dat suikerbieten gunstig reageren op een diepe grondbewerking, ook nog enkele jaren nadat de bewerking heeft plaatsgevonden en nadat het effect daarvan volgens de bodemfysische metingen alweer is verdwenen. Aardappelen reageren vrijwel niet op het losmaken van de ploegzool en de ondergrond. Het is echter de vraag of de voordelen van een wat diepere grondbewerking - gemiddelde twee ton bieten per jaar - wel opwegen tegen de kosten.

### 13. BESPREKING VAN DE RESULTATEN

De vraag is of aan de hand van de verkregen en besproken resultaten meer kan worden gezegd over de aard, de omvang en de oorzaak van de problemen zoals die in de hoofdstukken 1 (Inleiding), 2 (Vorming en eigenschappen van lössgronden) en 3 (Probleemstelling) werden aangegeven.

Als een van de problemen werd de **slempigheid** genoemd. Inderdaad is naar voren gekomen dat deze gronden gevoelig zijn voor verslemping, vooral omdat ze voor het grootste deel uit de fractie 2-50  $\mu\text{m}$  bestaan, maar toch ook wel vanwege de lage pH. Hoewel dit verschijnsel visueel als een ernstig probleem overkomt, vallen de bezwaren in de praktijk nogal mee. Deze uitspraak is enerzijds gebaseerd op het effect dat met wintergranen, waarbij de grond de gehele winter aan verslemping onderhevig is, uitstekende resultaten worden verkregen en zelfs opbrengsten leveren die hoger zijn dan het landelijk gemiddelde, en dat anderzijds kon worden geconstateerd dat de actuele structuur op die percelen niet slechter was dan op andere. Dat betekent kennelijk dat verslemping de grond niet zodanig verdicht dat de graanplanten moeilijkheden met de beworteling ondervinden. Verslemping van het zaaibed in het voorjaar, als ernstig probleem bij de teelt van suikerbieten aangeduid, treedt ook hier evenals op andere slempige gronden, misschien 1 à 2 maal per 10 jaar op en de andere jaren is er niets aan de hand. Het bezwaar dat overblijft en dat vooral met erosie te maken heeft kan worden verminderd door meer aandacht aan de kalktoestand, de organische-stofvoorziening en aan wijze en tijdstip van ploegen te besteden, zaken die ook in ander opzicht belangrijk zijn.

De **bewerkbaarheid van de grond in het voorjaar** wijkt duidelijk af van die van andere kleigronden. Ze zijn later geschikt voor de zaai- en pootbedbereiding. Het onderzoek heeft drie oorzaken naar voren gebracht: meer regen in het voorjaar, lössgrond houdt meer water vast en het capillair vochttransport is, mede door het snel ineenzakken van de grond, vrij groot. Er moet veel water worden verdampt alvorens de toplaag droog genoeg is om bewerkt te worden. Aan regenval en vochthoudendheid is niets te veranderen, met het capillair vochttransport is dat wel het geval.

Bekalking en organische-stoftoediening zullen een wat stabielere en in het voorjaar een wat lossere grond tot gevolg hebben, waarbij in eerste

instantie wel meer water wordt vastgehouden, maar waarbij in een droge periode door het geringere capillaire vochttransport de toplaag sneller kan indrogen. Een dergelijk effect kan ook worden bereikt door voorafgaand aan de zaaibedbereiding de grond met een cultivator tot een diepte van 12-15 cm los te maken. De bezwaren voor de late bewerkbaarheid kunnen dan grotendeels worden voorkomen.

Het onderzoek liet verder zien dat het met de **actuele structuur** - van belang voor de bewortelings- en groeimogelijkheden van het gewas - op een enkele uitzondering na vrij goed gesteld is, ondanks de toch lage kalktoestand en de niet al te ruime organische-stofvoorziening. Dit houdt verband met de aan de situatie aangepaste grondbewerking (laat ploegen, laat in het voorjaar inzaaien), waardoor weinig wordt verknoeid. In het algemeen zullen bij deze structuren weinig of geen opbrengstreducties optreden. Slechts bij aardappelen zou dat het geval kunnen zijn.

De **opbrengsten** op de lössgronden blijken, voor wat granen en aardappelen betreft, niet onder te doen voor die op andere kleihoudende gronden. Alleen de opbrengsten van de suikerbieten liggen duidelijk op een lager niveau. Het onderzoek heeft verschillende oorzaken kunnen aanwijzen: een te lage kalktoestand, een latere inzaai in het voorjaar, een onjuiste zaaibedbereiding en een storend effect van de ploegzool. Wel moet hierbij gesteld worden dat de beide laatstgenoemde punten ook elders oorzaak van de lage opbrengsten kunnen zijn. Door opvoering van de kalktoestand kan ongeveer 10% opbrengst worden gewonnen; door de voorjaarsgrondbewerking en zaaibedbereiding aan de eigenschappen van deze grond aan te passen kan nog eens 8% worden verdiend en door te woelen nog eens 5%. Door deze maatregelen te treffen zou een opbrengstvermeerdering van ruim 20% kunnen worden verkregen, waarmee ruimschoots het niveau van andere kleigebieden zou zijn bereikt of zelfs overtroffen.

Ook de opbrengsten van andere gewassen kunnen door bepaalde maatregelen worden verhoogd: aardappelen door goed en diep losmaken van de bodem (10%) en door organische bemesting (10%), granen door pH-verhoging en zomergranen ook door vroeger zaaien met aangepaste grondbewerking.

Afgaande op de op proefvelden verkregen opbrengsten zou bij verbouw van een belangrijk areaal aardappelen de pH in het algemeen minder moeten worden verhoogd dan voor suikerbieten en granen gewenst zou zijn. Een verhoging tot een waarde van 6,5 zou dan voldoende zijn. Gebleken is echter dat verdere verhoging van de pH tot tegen de 7,0 belangrijke

voordelen biedt, zoals vermindering van verslemping en verbetering van de actuele structuur en daarmee de bewerkbaarheid van de grond. Het zijn juist de minder gunstige aspecten van de lössgrond die in het pH-traject van 6 naar 7 worden verbeterd. Mede gezien de betrekkelijk geringe kosten lijkt daarom op lössgronden met ernstige structuurproblemen (verslemping, late bewerkbaarheid) een wat hogere pH van ongeveer 7 aan te bevelen. Na de teelt van een gewas aardappelen zou de pH opgevoerd kunnen worden door extra bekalking.

Over de bemesting kan gezegd worden dat veelal meer wordt gestrooid dan noodzakelijk is, waardoor b.v. het Pw-getal de laatste tien jaren duidelijk is gestegen.

Het geheel aan verkregen resultaten heeft de overtuiging gegeven dat door het treffen van de aangegeven maatregelen op bodemkundig terrein op lössgronden opbrengsten kunnen worden verkregen die kunnen wedijveren met die van onze beste cultuurgronden.

## 14. CONCLUSIES

1. Het verslempen van de grond, dat op löss als een groot probleem wordt gezien, lijkt visueel en in verband met erosie ernstiger dan het landbouwkundig is. Slechts een enkele maal in de tien jaar zal schade bij wintergranen en suikerbieten optreden.
2. De bewerkbaarheid van lössgrond in het voorjaar is ongunstiger dan van mariene kleigrond, door een hoger vochtgehalte ten gevolge van meer regenval in het voorjaar en door een hoog capillair vochttransport vanuit de ondergrond. Zonder bijzondere maatregelen zal dit een latere inzaai en daardoor ook wel eens lagere opbrengsten tot gevolg kunnen hebben.
3. De actuele structuur van de grond kan vrij redelijk worden genoemd en zal bij de meeste gewassen in het algemeen weinig of geen opbrengst-reducties tot gevolg behoeven te hebben.
4. De opbrengsten van suikerbieten, die lager zijn dan elders, kunnen door verbetering van de kalktoestand, door een aangepaste voorjaars-grondbewerking en door woelen van een aanwezige ploegzool op een hoger niveau worden gebracht.
5. De opbrengsten van aardappelen, die in vergelijking met andere gebieden al vrij hoog zijn, kunnen door een voorafgaande organische bemesting en door een diepe intensieve pootbedbereiding nog verder worden verhoogd en in kwaliteit worden verbeterd.
6. Rekening houdend met de opbrengsten van de verschillende gewassen is op löss een pH-KCl van ongeveer 6,5 gewenst. Rekening houdend met de betekenis van bodemfysische aspecten als slempigheid, erosiegevoeligheid en bewerkbaarheid zou verhoging van de pH-KCl tot 7 of hoger aan te bevelen zijn. Op gronden waar voornoemde problemen in ernstige mate optreden, is bekalking tot pH-KCl-waarden boven 7 te overwegen.
7. Bij inachtneming van de hier genoemde punten kunnen op lössgronden opbrengsten worden gehaald die kunnen wedijveren met de betere landbouwgronden elders.

## 15. SAMENVATTING

Naar aanleiding van destijds naar voren gekomen klachten over problemen op bodemfysisch terrein op de lössgronden in Zuid-Limburg werd in de jaren 1967-1970 op een aantal proefplekken, verspreid over het gehele lössgebied, een uitgebreid onderzoek verricht, waarbij naast verschillende bodemfysische aspecten als slempigheid, bewerkbaarheid en actuele structuur ook een aantal andere eigenschappen werd bepaald, waarvan kon worden aangenomen dat ze op de een of andere wijze van invloed waren op de genoemde bodemfysische aspecten. Ongeveer in dezelfde periode werd op het proefbedrijf te Wijnandsrade gestart met verschillende proefobjecten, waarbij het effect van verschillende behandelingen (kalk, organische stof en verschillende grondbewerkingen als woelen, tijdstip van ploegen, zaai- en pootbedbereiding) op structuur en opbrengst werd nagegaan.

Uit de resultaten kon een indruk worden verkregen van de bodemfysische gesteldheid van deze gronden en van de knelpunten en de oorzaken daarvan. Tevens kon worden aangegeven hoe de knelpunten zoals slempigheid, late bewerkbaarheid, te lage opbrengsten van suikerbieten, kunnen worden opgelost. Die oplossing ligt vooral in bekalking en voorjaarsgrondbewerking.

Er werd aangegeven tot welke pH moet worden bekalkt, daarbij rekening houdend met de opbrengstgegevens en met de invloed van de kalktoestand op de bodemfysische aspecten.

Ten slotte werd iets gezegd over het haalbare opbrengstniveau op de lössgronden in vergelijking met dat op andere gronden.

## 16. SUMMARY

Complaints about problems of a soil physical nature on the loess soils of Zuid-Limburg were the reason why a number of experimental sites, scattered all over the loess area, were established in 1967, 1968, 1969, and 1970. In extensive investigations different soil physical characteristics were determined, such as slakiness, workability and actual structure. In addition, other properties were studied of which it could be expected that they somehow affected these soil physical characteristics. At about the same time experiments were started on the experimental farm in Wijnandsrade, in which the effect of different treatments (lime, organic matter, and different soil tillage methods such as subsoiling, time of plowing, seedbed preparation) on soil structure and yields were studied.

The results gave an idea of the soil physical status of these soils and of the problems and their causes. It could also be indicated how problems as slakiness, delayed workability, and low sugar beet yields can be solved. The key to the solution lies in liming and spring tillage.

The results also show what pH should be aimed at, taking into account yield data and the effect of the lime status on soil physical properties.

Finally, an indication is given of yield levels attainable on loess soils as compared with those on other soils.



## 17. LITERATUUR

- Boekel, P., 1963. Soil structure and plant growth. *Neth. J. Agric. Sci.* 11: 120-127.
- Boekel, P., 1965. Karakterisering van de slempigheid van zavelgronden door bepaling van de consistentie. *Landbouwkd. Tijdschr.* 77-7: 301-311.
- Boekel, P., 1973. De betekenis van de ontwatering voor de bodemstructuur op de zavel- en lichte kleigronden. *Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp.* 5-73, 42 pp.
- Boekel, P., 1986. De kalktoestand vereist voor een goede structuur en gewasopbrengst. *Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp.* 8-86, 36 pp.
- Boels, D. en L. Havinga, 1974. Effect van woelen op een verdichte zavelgrond. *Cultuurtechn. Tijdschr.* 14.1: 26-34.
- Bouten, W., G. van Eysden, A.C. Imeson, F.J.P.M. Kwaad, H.J. Micher en A. Tiktak, 1985. Ontstaan en erosie van de lössleemgronden in Zuid-Limburg. *KNAG Geografisch Tijdschrift* XIX 10.3: 193-208.
- Broek, J.J.M. van den and H.W. van der Marel, 1962. Morphological and chemical characteristics of various soil types in the province of Limburg. *Boor en Spade* 12: 111-155.
- Czeratzki, W., 1968. Einige Ergebnisse bodenphysikalischer Messungen an zwei Tiefpflugversuchen auf Parabraunerden in Braunschweiger Gebiet. *Landbauforschung Völkenrode* 18-1: 1-8.
- Grootenhuis, J.A., 1973. Resultaten van meerjarig onderzoek betreffende grasgroenbemesting voor consumptieaardappelen op zware, kalkrijke zavelgrond. *Stikstof* 7, no. 73: 546-551.
- Haan, S. de en J. Lubbers, 1976. Resultaten van geregelde bemesting met stalmest op een proefveld van de Dr. H.J. Lovinkhoeve in de Noordoostpolder. *Bedrijfsontwikkeling* 7: 762-765.
- Landbouw-Economisch Instituut en Centraal Bureau voor de Statistiek, 1980, 1981. *Landbouwcijfers*.
- Loman, H., 1977. Kalkverliezen op lössbouwland en de invloed van de kalktoestand op de opbrengsten voor gewassen. *Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp.* 14-77, 22 pp.
- Peerlkamp, P.K., 1959. A visual method for soil structure evaluation. *Meded. Landbouwhogeschool en Opzoekingsstation v.d. Staat te Gent* 24.1: 216-221.

- elgrum, A., 1963. Gevoeligheid voor verslemping van lichte klei- en zavelgronden. Landbouwvoorl. 20: 637-645.
- Pelgrum, A., 1972. De bewerkbaarheid van de grond in het voorjaar en de invloed van enkele factoren daarop. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. R4-1975, 47 pp.
- Poesse, G.J. en C. van Ouwerkerk, 1967. Ristervorm en ploegsnelheid. ILR Publikatie No. 103, 72 pp.
- Pot, M., 1972. Conus-weerstandsmetingen tot 35 cm-mv op de proefvelden. Vastegrondsteeft, ploegen en vergelijking woelen/niet woelen te Wijnandsrade op 30 mei 1972. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Nota.
- Schneider, C.B.H., 1975. Verslag van een studiereis naar Duitsland. De Buffer 21, no. 2: 33-49.
- Schneider, C.B.H. en M.J.J. Stienen, 1980. Het verloop van de vochtspanning en de vochtboekhouding op lössgrond. De Buffer, 26, no. 1: 1-32.
- Sluijsmans, C.M.J., 1956. De reactie van de aardappel op kalk-kali-verhoudingen in de grond. Versl. Landbouwkd. Onderz. 61.11, 82 pp.
- Sluijsmans, C.M.J., 1966. Invloed van de kalktoestand op de opbrengst van wintertarwe, winterrogge en haver op löss. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 14-66, 6 pp.
- Wind, G.P., 1960. Opbrengstderving door te laat zaaien. Landbouwkd. Tijdschr. 72: 111-118.

18. BIJLAGEN



Bijlage 2. Correlatiecoëfficiënten Zuid-Limburg (plekkennederszoek). Proefvlekken met hoge humusgehalten niet meegerekend.

--- = 17 (0,478)

---- = 57 (0,374)

aantal vrijheidsgraden 21

verklarende variabele	< 2 µm	< 16 µm	2-50 µm	humus	pH	vloei- grens	veld- capaciteit	gemiddeld veldvocht- gehalte	vloei- grens- veld- capaciteit	vloei- vocht- gehalte	vloei- vocht- gehalte- capaciteit	verslech- ter- tij. pI.	verslech- ter- op tij. pI.	uitrol- grens	uitrol- gehalte- uitrolgrens	veldvocht- gehalte- veldvocht- grens	veldvocht- gehalte- veldvocht- grens	visuele structuur	visuele structuur niet gecorrigeerd
< 2 µm	0,522																		
< 16 µm	- 0,215	+ 0,560																	
2-50 µm	+ 0,300	+ 0,192	- 0,224																
humus	+ 0,073	+ 0,052	+ 0,086	+ 0,296															
pH	+ 0,522	+ 0,488	+ 0,071	+ 0,283	- 0,092														
vloei-grens	- 0,329	+ 0,049	+ 0,284	+ 0,105	- 0,033	+ 0,286													
veldcapaciteit	- 0,306	+ 0,520	+ 0,760	+ 0,121	- 0,255	+ 0,641	+ 0,292												
gemiddeld veldvochtgehalte	+ 0,775	+ 0,435	- 0,129	+ 0,201	- 0,056	+ 0,752	- 0,416	+ 0,401											
vloei-grens- veldvochtgehalte	+ 0,493	+ 0,201	- 0,209	+ 0,262	+ 0,084	+ 0,765	+ 0,118	- 0,104	+ 0,650										
veldvochtgehalte- veldvochtgehalte	+ 0,523	+ 0,366	+ 0,032	+ 0,004	- 0,172	+ 0,251	- 0,657	+ 0,579	+ 0,685	- 0,106									
verslech- ter- op tij. pI.	+ 0,489	+ 0,203	+ 0,304	+ 0,451	+ 0,257	+ 0,316	+ 0,097	+ 0,083	+ 0,243	+ 0,341	- 0,021								
uitrol-grens	+ 0,362	+ 0,633	+ 0,371	+ 0,398	- 0,113	+ 0,597	+ 0,495	+ 0,694	+ 0,227	+ 0,196	+ 0,107	+ 0,452							
veldvochtgehalte- uitrol-grens	- 0,457	- 0,452	+ 0,019	- 0,202	+ 0,053	- 0,139	- 0,718	- 0,271	- 0,545	- 0,025	- 0,819	- 0,254	- 0,249						
vloei-grens- uitrol-grens	+ 0,463	+ 0,220	- 0,105	+ 0,071	- 0,084	+ 0,216	- 0,169	+ 0,601	+ 0,298	- 0,223	+ 0,806	+ 0,388	- 0,158	- 0,039					
visuele structuur	- 0,056	+ 0,135	- 0,146	+ 0,532	+ 0,197	+ 0,859	+ 0,057	+ 0,349	+ 0,776	+ 0,826	+ 0,224	+ 0,096	+ 0,118	- 0,031	+ 0,367				
tijdstip vleesvoorloegen	- 0,086	- 0,071	+ 0,054	- 0,125	+ 0,131	+ 0,091	+ 0,017	- 0,037	+ 0,080	+ 0,151	- 0,044	+ 0,015	+ 0,081	- 0,046	- 0,141	+ 0,090			
verslech- ter- niet gecorrigeerd	+ 0,382	+ 0,365	- 0,066	+ 0,649	+ 0,125	+ 0,178	- 0,035	- 0,102	+ 0,169	- 0,354	+ 0,112	- 0,013	- 0,066	- 0,050	+ 0,125	- 0,242	- 0,253	+ 0,253	- 0,115