

*J. v. Babel*

ICW nota 1743

november 1986



nota

instituut voor cultuurtechniek en waterhuishouding, wageningen

ONDERZOEK NAAR DE EFFECTEN VAN WATERAANVOER EN PEILVERANDERINGEN  
IN AGRARISCHE GEBIEDEN OP DE WATERKWALITEIT IN NATUURGEBIEDEN

Deel 4: Enkele hydrologische, bodemfysische en  
bodemchemische parameters uit twee SWNBL  
proefgebieden

ir. R.F.A. Hendriks

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-  
middelen, dus geen officiële publikaties.  
Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een  
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende  
discussie van onderzoeksresultaten. Inde meeste gevallen zullen  
de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek  
nog niet is afgesloten.  
Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut  
in aanmerking

## I N H O U D

	Blz.
1. INLEIDING	1
2. SITUATIESCHETS VAN DE PROEFGEBIEDEN	2
2.1. Empese/Tondense heide	2
2.2. Veerstablok	10
3. METHODEN	13
3.1. Bodemfysische grootheden	13
3.1.1. Verzadigde doorlatendheid	13
3.1.2. Waterretentiekarakteristieken (pF-curven)	15
3.1.3. Onverzadigde doorlatendheid (k(h)-relatie)	19
3.1.4. Organische stofgehalte en granulaire samenstelling van de minerale delen	20
3.2. Bodemchemische grootheden	21
3.2.1. Adsorptiecapaciteit (CEC) en samenstelling van het complex	21
3.2.2. C/N-quotient als maat voor de voedselrijkdom van de bodem	22
3.2.3. Ca-gehalte en pH van het bodemvocht	23
4. RESULTATEN	23
4.1. Bodemfysische grootheden	23
4.1.1. Verzadigde doorlatendheid	23
4.1.2. Waterretentiekarakteristieken (pF-curven)	25
4.1.3. Onverzadigde doorlatendheid (k(h)-relatie)	28
4.1.4. Organische stofgehalte en granulaire samenstelling van de minerale delen	30

<b>4.2. Bodemchemische grootheden</b>	<b>32</b>
4.2.1. Adsorptiecapaciteit (CEC) en samenstelling van het complex	32
4.2.2. C/N-quotient als maat voor de voedselrijkdom van de bodem	33
4.2.3. Ca-gehalte en pH van het bodemvocht	35
 <b>LITERATUUR</b>	 <b>37</b>
 <b>APPENDICES</b>	

## 1. INLEIDING

In het kader van de Studiecommissie Waterbeheer, Natuur, Bos en Landschap (SWNBL) verricht het ICW onderzoek naar de effecten van wateraanvoer en peilveranderingen in agrarische gebieden op de waterkwaliteit in natuurgebieden. Dit onderzoek behelst een modellenstudie, waarin aan de hand van een aantal bestaande en nog te ontwikkelen simulatiemodellen, voor een tweetal proefgebieden verschillende situaties zullen worden doorgerekend. Voor de verificatie en calibratie van en de simulatie met de modellen zijn gegevens, verkregen uit veldbepalingen en laboratoriumanalyses en -experimenten nodig. In deze nota worden de resultaten van een aantal deelonderzoeken van dit veld- en laboratoriumonderzoek gegeven. Het betreft enkele bodemfysische en bodemchemische eigenschappen van de proefgebieden. De betreffende proefgebieden zijn de Empese en Tondense heide in de ruilverkaveling Brummen-Voorst en het boezemland Veerstablok in de polder Stolwijk, ten zuiden van Gouda.

De volgende bepalingen en analyses zijn verricht:

### I. Bodemfysische eigenschappen:

- 1) Verzadigde doorlatendheid met behulp van de boorgatenmethode (Empese/Tondense heide en Veerstablok).
- 2) Waterretentiekaracteristieken (pF-curven) (Empese/Tondense heide).
- 3) Onverzadigde doorlatendheid (berekening k(h)-relatie) (Empese/Tondense heide).
- 4) Organische stofgehalte en granulaire samenstelling van de minerale delen (Empese/Tondense heide).

### II. Bodemchemische eigenschappen:

- 1) Adsorptiecapaciteit (CEC) en samenstelling van het complex (Empese/Tondense heide).
- 2) C/N-quotient als maat voor de voedselrijkdom van de bodem (Veerstablok; Empese/Tondense heide: literatuur gegevens).
- 3) Calciumgehalte en zuurgraad van het bodemvocht (Veerstablok).

De genoemde grootheden zijn, direct of indirect, parameters voor de verschillende waterkwantiteits (bodempysische grootheden) en waterkwaliteits (bodemchemische grootheden) modellen.

Eerst wordt een korte situatieschets van de proefgebieden gegeven, die als inleiding en referentiekader dient voor de daaropvolgende bespreking van de methoden van de bepalingen en analyses. Vervolgens worden de resultaten gepresenteerd en besproken.

## 2. SITUATIESCHETS VAN DE PROEFGEBIEDEN

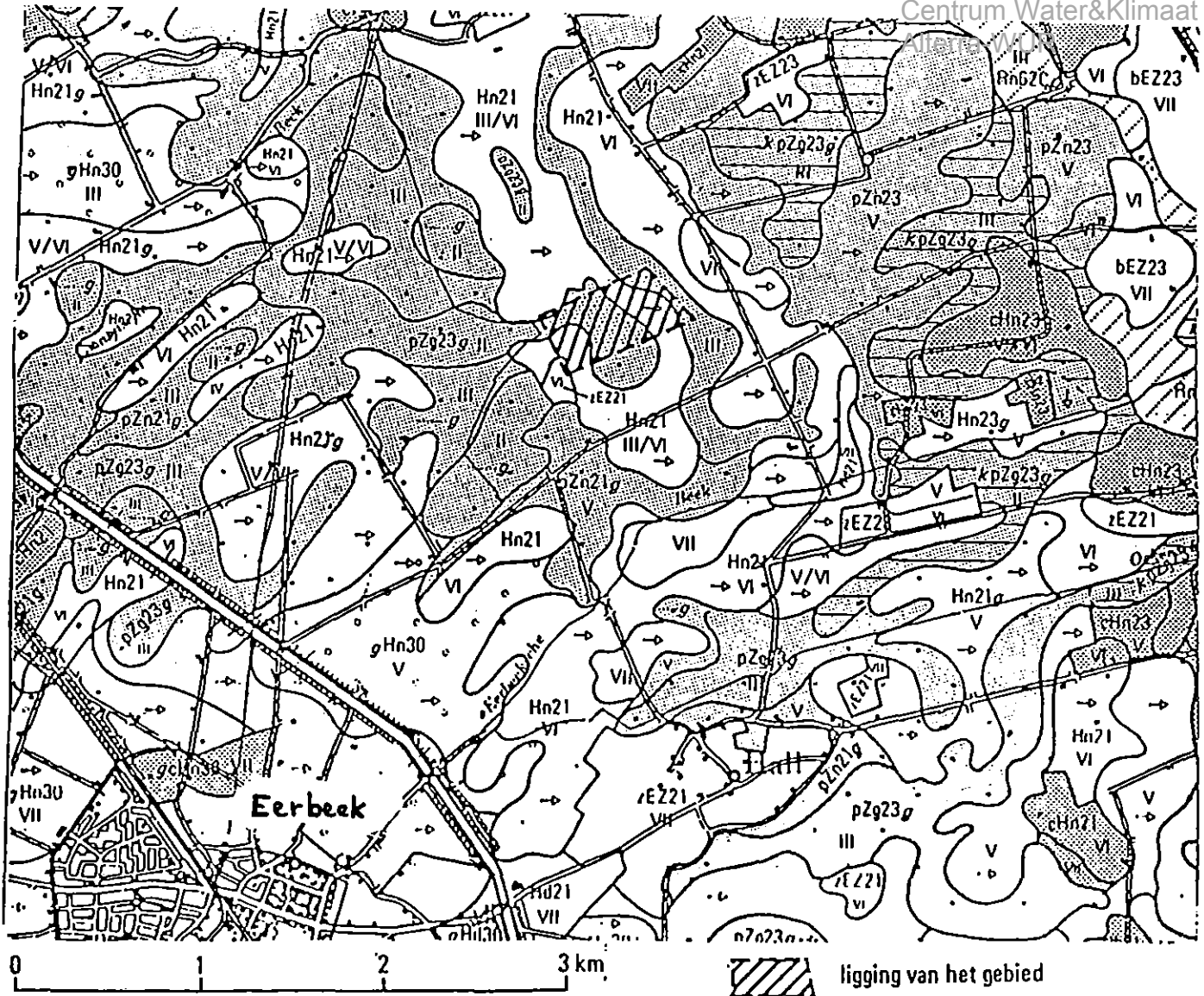
In dit hoofdstuk wordt een korte situatieschets van de proefgebieden gegeven. Tijdens de bespreking van de methoden van de toegepaste bepalingen en analyses zal hieraan herhaaldelijk worden gerefereerd. Voor een meer uitgebreide beschrijving van de gebieden wordt verwezen naar GROENENDIJK (1986).

### 2.1. Empese/Tondense heide

Het terrein is gelegen in het pleistocene deel van Nederland, tussen de Veluwe en de bandijk van de IJssel, ongeveer drie kilometer ten Noordoosten van Eerbeek (fig. 2.1). Het is ongeveer 25 ha. groot. De bodem bestaat voornamelijk uit veldpodzolgrond op de hogere delen en eerdgronden in de lager gelegen delen (fig. 2.2a en 2.2b).

Fig. 2.2a is een schematische bodemkaart van het gebied. De bodemkundige informatie van deze figuur is hoofdzakelijk afkomstig van de bodemkaart (1:10 000) van het ruilverkavelings-gebied Brummen-Voorst (GROOT OBBINK e.a., 1979). Ze is op enkele punten bijgesteld door drs. R.W. de Waal van de Stiboka, die recentelijk enkele profielen van het terrein heeft beschreven en is op schematische wijze en op vergrote schaal weergegeven in fig. 2.2a. De bijstelling betreft met name het laagst gelegen deel van het gebied, in fig. 2.2a benoemd als een associatie van beek- en broekeerdgronden.

In de fig. 2.3a tot en met 2.3d zijn profielbeschrijvingen gegeven van twee veldpodzolprofielen en twee beekeerdprofielen. De veldpodzolprofielbeschrijvingen zijn afkomstig van BANNINK en PAPE (1979), de beekeerdprofielbeschrijvingen van de Waal (niet gepubliceerd). De ligging van de profielen is aangegeven in fig. 2.2a.



**Enkeerdgronden**

hoge bruine enkeerdgronden  
 bEZ23 lemig fijn zand

hoge zwarte enkeerdgronden  
 zEZ21 leemarm en zwak lemig fijn zand  
 zEZ23 lemig fijn zand  
 zEZ30 grof zand

**Eerdgronden**

beekeerdgronden  
 pZg23 lemig fijn zand

**gooreerdgronden**

pZn21 leemarm en zwak lemig fijn zand  
 pZn23 lemig fijn zand

**Humuspodzolgronden**

veldpodzolgronden  
 Hn21 leemarm en zwak lemig fijn zand  
 Hn23 lemig fijn zand  
 Hn30 grof zand

**Toevoegingen**

- z... zanddek, 15 á 40 cm dik
- k... zavel- of kleidek, 15 á 40 cm dik
- g... grind ondieper dan 40 cm beginnend
- ...g grof zand en/of grind beginnend tussen 40 en 120 cm
- ...p pleistoceen zand beginnend tussen 40 en 120 cm
- vergraven

Fig. 2.1. Fragment uit de bodemkaart, schaal 1:50 000 kaartblad 33  
 Oost (naar: STICHTING VOOR BODEMKARTERING, 1979)

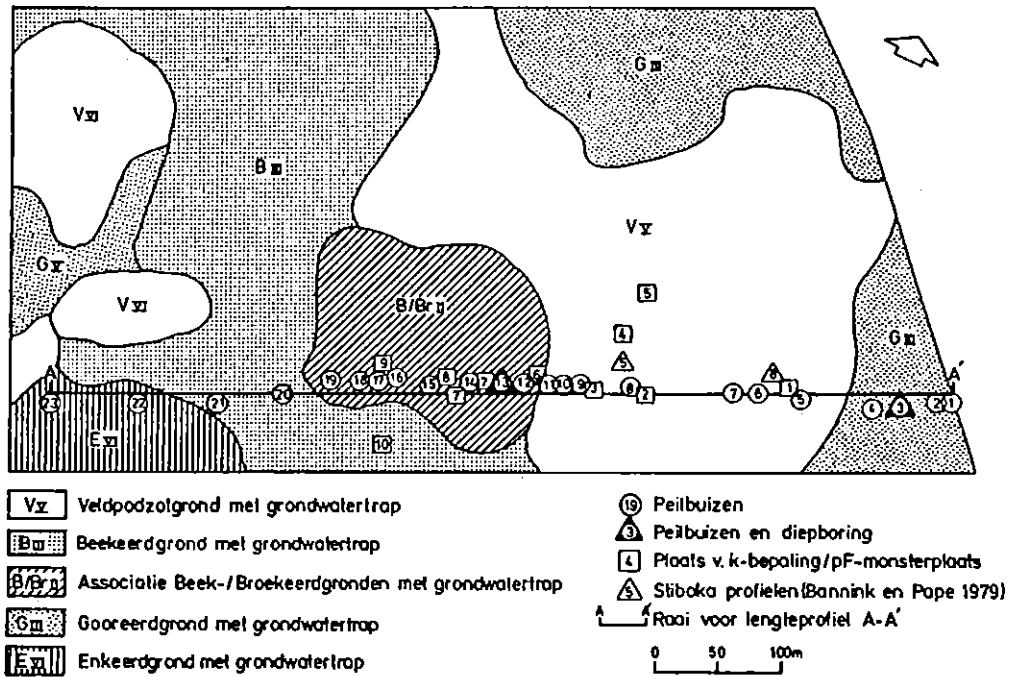


Fig. 2.2a. Schematische bodemkaart van de Empese/Tondense heide (naar GROOT OBBINK e.a., 1979 en De Waal, niet gepubliceerd) met peilbuizen, bemonsterings- en k-bepalingsplaatsen

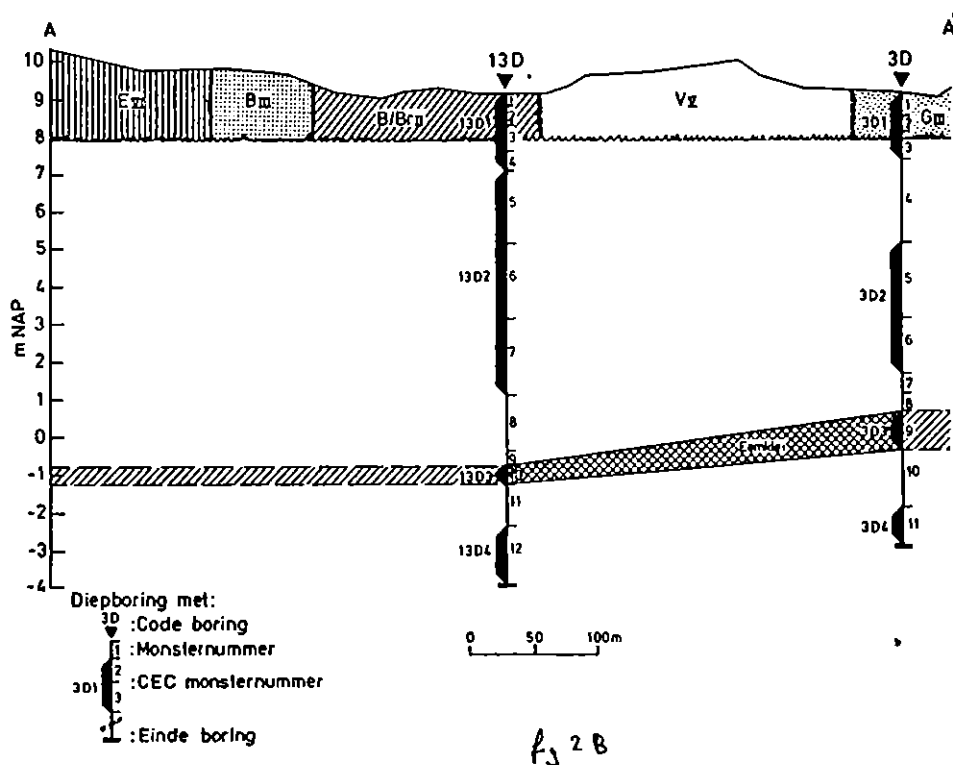


Fig. 2.2b. Lengteprofiel over raai AA' met diepboringen

Fig. 2.2b is een lengteprofiel over raai AA' uit fig. 2.2a. In dit profiel zijn gegevens verwerkt van twee diepboringen, uitgevoerd door het ICW. De maaiveldhoogten zijn eveneens afkomstig van het ICW. Een in het veld uitgevoerde monsterbeschrijving van de twee diepboringen is gegeven in appendix 1.

AEJMANS (1983) geeft aan dat ten Westen van de Empese/Tondense heide, op 12-14 m beneden maaiveld een laag eemklei ligt. Of deze storende laag tot onder het natuurterrein doorloopt was niet zeker. Op grond van de gegevens van de diepboringen mag verondersteld worden dat dit wel het geval is. De diepte bedraagt hier ca. 11 m. onder maaiveld en de dikte 0,5 tot 1 m. (fig. 2.2b). De laagdikte in het deel van het terrein ten Westen van diepboring 13D is niet bekend. Of de laag zich eveneens uitstrekt ten Oosten van diepboring 3D is onzeker.

Het onderzoek in de Empese/Tondense heide heeft zich voornamelijk afgespeeld langs de raai AA' (fig. 2.2a) en wel toegespitst op de overgang van de hoger gelegen veldpodzolgrond naar de komvormige laagte van de beek- en broekeerdgronden. Hydrologisch gezien is dit de meest interessante lokatie in verband met optredende lokale kwelstromen van de hoge naar de lage delen (fig. 2.4). Alle onderzochte gronden in de komvormige laagte zijn beekeerdgronden (de Waal, mon.med.).

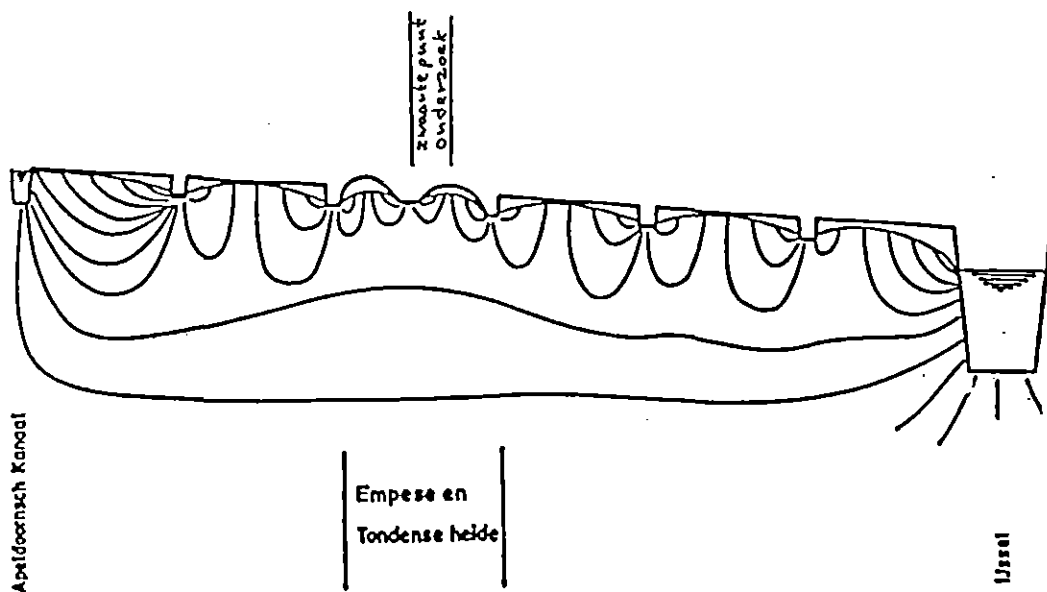


Fig. 2.4. Stroombanen patroon in de Empese/Tondense heide (naar GROENENDIJK, 1986)



Profiel nr : grondwaterstandsbuis 5, 250 cm tot 246 cm-mv  
 profielopbouw : A0 is 4-6 cm dik, worteldiepte 40 cm  
 bodemkaarteenheid: veldpodzolgrond Hn21  
 grondwatertrap : Va; GHG ± 10 cm, GLG ± 140 cm

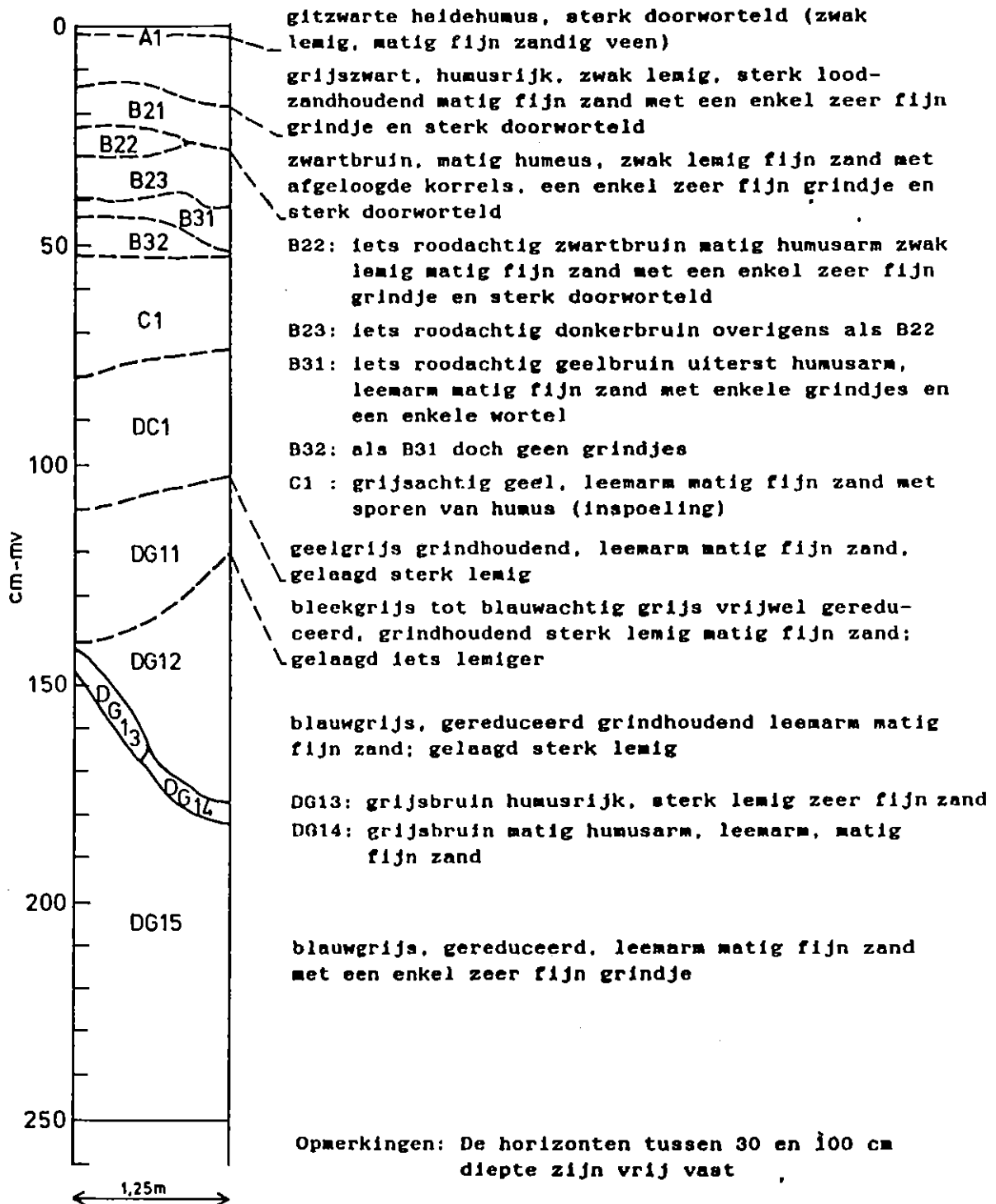


Fig. 2.3a. Profielbeschrijvingen van de Empense/Tondense heide

Bron: BANNINK en PAPE (1979)

-7-

Profiel nr : grondwaterstandsbuis 8  
 8a: 125 cm tot 107 cm-mv (boven Cg12)  
 8b: 165 cm tot 147 cm-mv  
 8c: 250 cm tot 247 cm-mv  
 Profielopbouw : A0 is 3-4 cm dik, worteldiepte 60-68 cm  
 Bodemkaartenheid: Veldpodzolgrond, Hn21  
 Grondwatertrap : Va, GHG ± 10 cm, GLG ± 140 cm

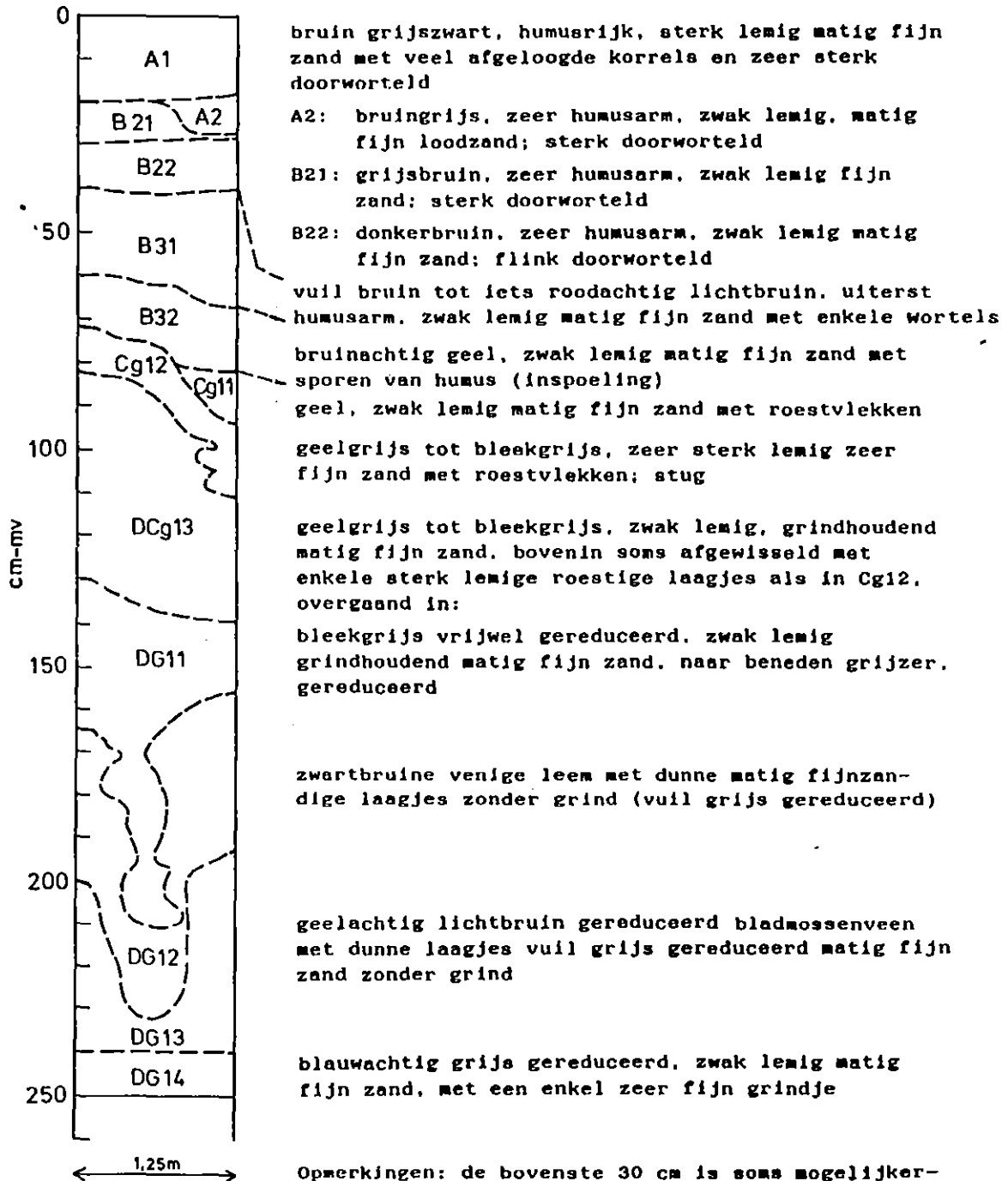


Fig. 2.3b. Profielbeschrijving van de Empese/Tondense heide

Bron: BANNINK en PAPE (1979)

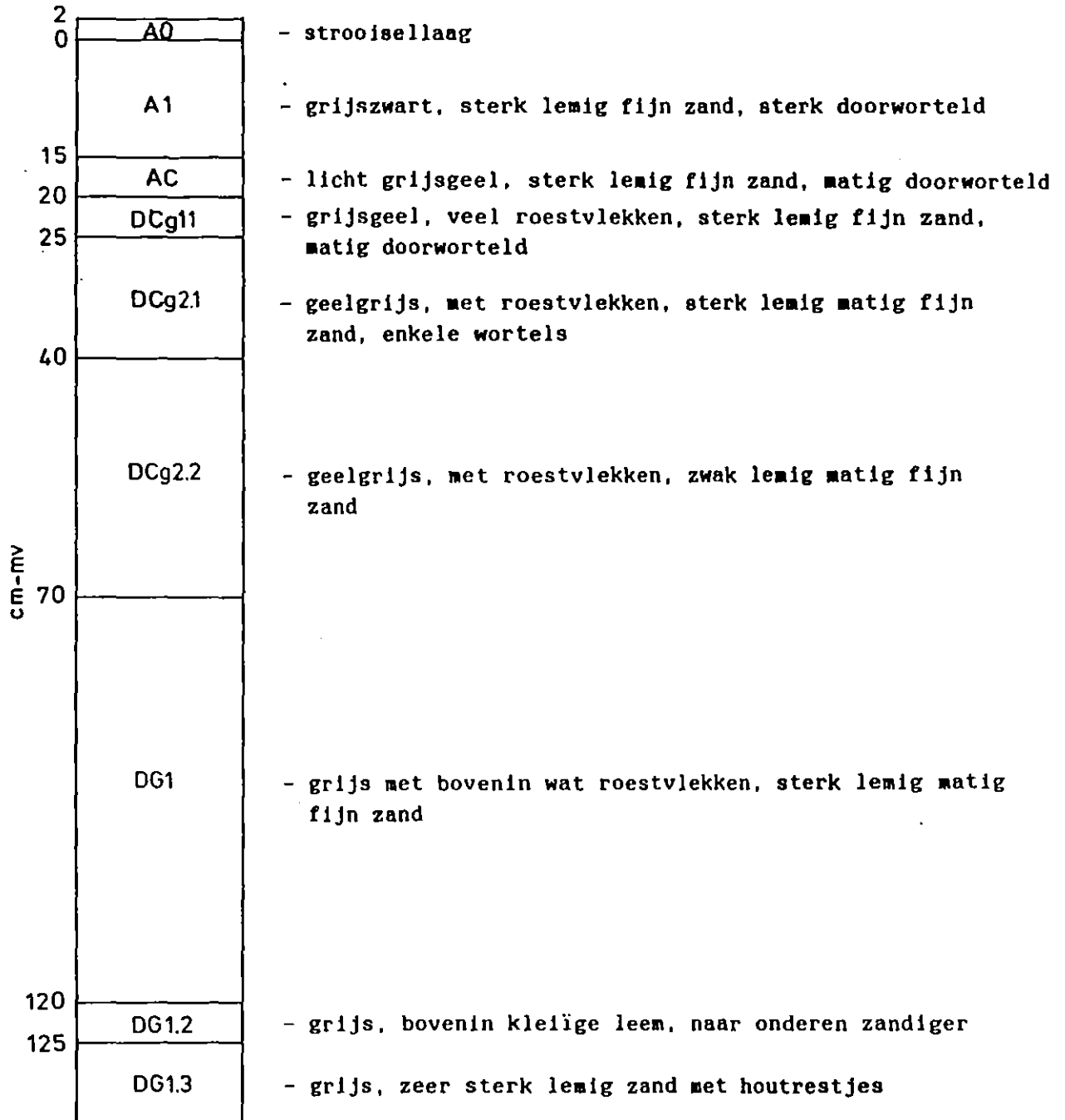
Profiel : pF-monsterplaats 6  
 profielopbouw:

5	A0	- strooisellaag
0	A1	- grijszwart met enige afgeloogde korrels, humeus sterk lemig fijn zand, sterk doorworteld
5	A2	- bruingrijs, humusarm, leemarm matig fijn loodzand, matig doorworteld
15	B2	- licht bruingeel, licht humeus, sterk lemig fijn zand, matig doorworteld
35	DB	- bruinachtig grijsgeel, licht humeus, sterk lemig fijn zand, enkele wortels, onderin wat fijn grind
50	C1	- grijsgeel, zwak lemig matig fijn zand, met leembandjes en wat fijn grind, enigszins gereduceerd
75	DG1	- grijze zandige leem met grove zandkorrels
90	DG12	- grijze humeuze, zandige leem
95	DG13	- donkerbruin, sterk venige leem
100	DG14	- grijze zandige leem, met houtresten
110	DG15	- grijs, sterk lemig, matig fijn zand
125	DG16	- grijze zandige leem

Rodemtype: zwak ontwikkelde veldpodzol nabij de overgang naar de bekeergrond

Fig. 2.3c. Profielbeschrijving Empese/Tondense heide  
 Bron: De Waal (niet geubliceerd)

Profiel : pF-monsterplaats 7  
 profielopbouw:



Bodemtype: beekerdgrond

Fig. 2.3d. Profielbeschrijving Empese/Tondense heide

Bron: De Waal (niet gepubliceerd)

## 2.2. Veerstablok

Het boezemland Veerstablok is gelegen in het veenweide landschap van de Krimpenerwaard in het holocene deel van Nederland (fig. 2.5a). Het is ongeveer 5,6 ha. groot. De bodem bestaat uit een dun laagje oligotroof hoogveen met daaronder een overgangszone naar het ca. 1,5 tot 2 m. onder maaiveld gelegen eutrofe laagveen.

De hieronder beschreven informatie betreffende de bodems van Veerstablok is afkomstig van de Waal (niet gepubliceerd).

De grondwatertrap binnen het natuurterrein Veerstablok is vrijwel overal I (GHG 20 cm, GLG 50 cm). Toch zijn er enige verschillen in bodemontwikkeling binnen het terrein waar te nemen. Op relatief hoge plekken is de dunne A-horizont enigszins verweerd (vlie-r-veengrond; profiel 2). De wat lager gelegen, nattere profielen hebben een onverweerde bovengrond (vlie-t-veengronden; profiel 1).

De grootste verschillen tussen de veenbodems in Veerstablok zijn terug te voeren op het type veen. Aan de IJsselzijde verslagen veen: een mengsel van rietzeggeveen, bosveen en slib (ongeveer 40%). Aan de zuidzijde rietzeggeveen met wat houtresten bedekt met een dunne laag mosveen of rietmosveen met minder dan 30% slib. De twee hieronder beschreven profielen geven ongeveer de rang aan waarbinnen de bodems van Veerstablok variëren.

Profiel 1, Schraalland met o.a. veenmos en zonnedauw (zie fig. 2.5b);

- 0- 5 cm A0 jong mosveen met enige rietveen bijmenging, zeer weinig verteerde plantenresten, bruingrijs, organische stof ongeveer 80%;
- 5-55 cm G1 jong rietveen, vrijwel onverteerd met enige slibbijmenging, zeer slap en waterrijk, bruingrijs (kraggeveen);
- 55-65 cm G2 broekveen bestaande uit rietresten, grijsbruin;
- >65 cm G3 broekveen met weinig houtresten, grijsbruin, organische stof 65%.

Classificatie: vlierveengrond met GT I (Vo I)

Profiel 2, Moerasbos (zie fig. 2.5b)

- 0- 5 cm A1 verweerd veen, zwartbruin, met 60-70% organische stof;
- 5-55 cm G1 verslagen rietzeggeveen met houtresten en slibbijmenging, donker grijsbruin, 40% organische stof;
- >55 cm G2 broekveen met wat houtresten, donker grijsbruin, 60-70% organische stof.

Classificatie: vlierveengrond met GT I (Vd I).

In het boezemland is een waterhuishouding ingesteld, die onafhankelijk is van het polderpeil. Met behulp van een pompinstallatie kan polderwater in de pasveersloot worden gepompt en via een overlaat kan overtollig water op de omliggende polder worden geloosd, waardoor een constant peil kan worden gehandhaafd (fig. 2.5b).

Het onderzoek heeft voornamelijk plaatsgevonden langs de lengte-as van het terrein, tussen het begin en het eind van de pasveersloot (fig. 2.5b).

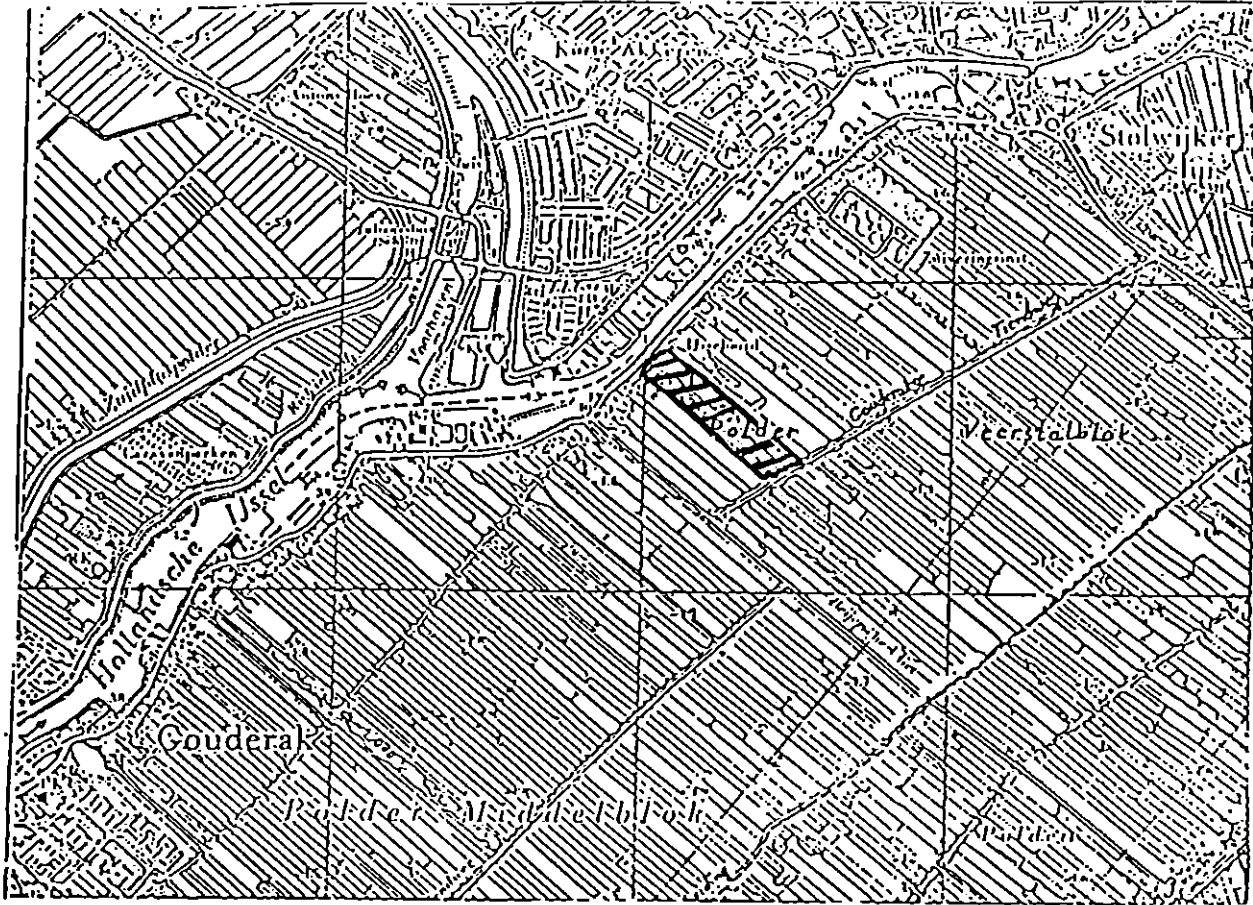


Fig. 2.5a. Fragment uit kaartblad 38 A, met ligging van het onderzoeksgebied

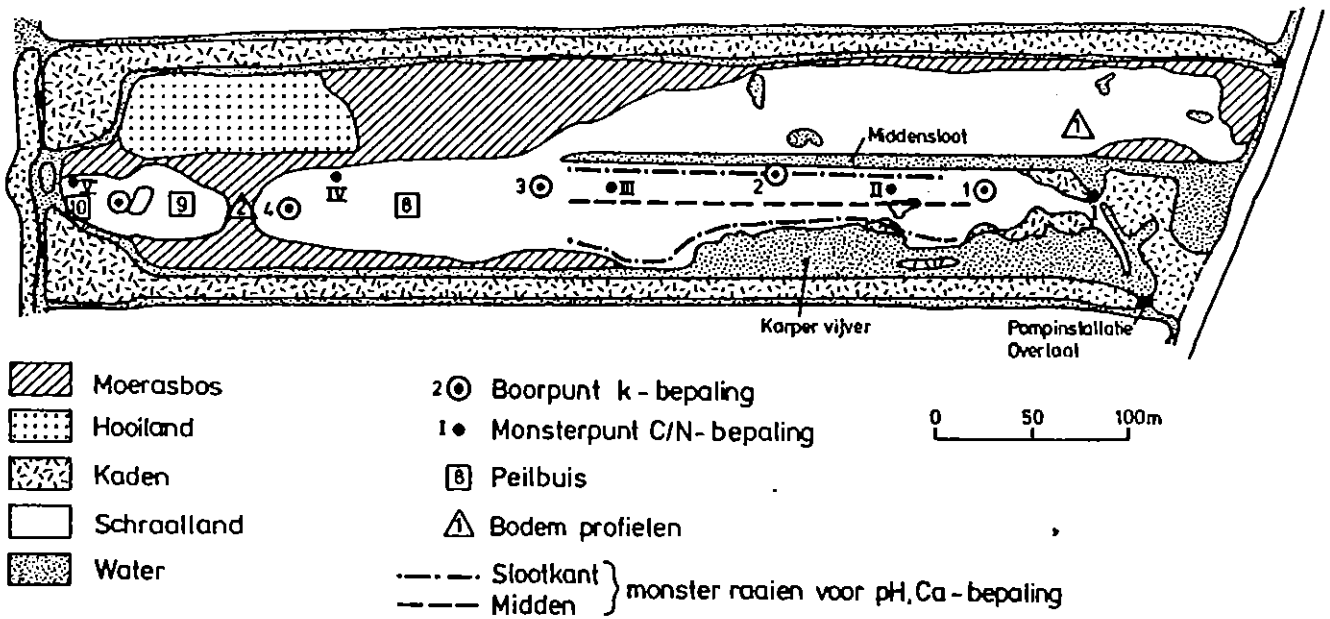


Fig. 2.5b. Kaart van het boezemland Veerstalblok met bemonsterings- en k-bepalingsplaatsen

### 3. METHODEN

Aangezien het hier handelt om standaardmethoden, blijft deze bespreking beperkt tot een aantal voor dit onderzoek specifieke zaken. Voor details wordt verwezen naar relevante literatuur.

#### 3.1. Bodemfysische grootheden

##### 3.1.1. Verzadigde doorlatendheid

In beide proefgebieden is de verzadigde doorlatendheid (k-waarde) van het bodemprofiel geschat met behulp van de boorgatenmethode.

##### Methode

Het principe van de boorgatenmethode (Hooghoudt-Ernst) is: de stijgsnelheid van de waterspiegel in een leeggepompt boorgat is een maat voor de horizontale doorlaatfactor  $k$  in de omgeving. De bepalingen zijn uitgevoerd met een 'standaard boorgatenmethode kit' van de firma Eykelkamp waarvan de boordiameter 8 cm bedraagt. Zie verder: VAN BEERS (1979).

##### Lokatie bepalingen

Teneinde een indruk te verkrijgen van de verzadigde doorlatendheid en de spreiding daarin over het terrein, zijn in elke onderzochte bodemsoort vijf doorlatendheidsbepalingen verricht:

- \* In de Empese/Tondense heide zijn de veldpodzolgronden en de beekeerdgronden onderzocht. De lokaties van de tien bepalingen zijn zoveel mogelijk langs de raai met peilbuizen gekozen. Enkele lokaties daarbuiten kunnen een indruk geven van de spreiding in de doorlatendheid (zie fig. 2.2a).
- \* In Veerstalblok zijn vijf lokaties langs de lengte-as van het terrein genomen (zie fig. 2.5b).

##### Berekening verzadigde doorlatendheid volgens Ernst

Voor de Empese/Tondense heide is een berekening van de verzadigde doorlatendheid uitgevoerd met behulp van gegevens verkregen uit de korrelgrootte-analyse (sub.par. 3.1.4).



Voor pleistoceen zand in Nederland geldt volgens Ernst:

$$k = \frac{58\,000}{U^2} \cdot A \cdot B \cdot C$$

waarbij k in m/d wordt gevonden (VAN DER MOLEN, 1975).

Hierin is U het specifieke oppervlak van het zand in  $\text{cm}^{-1}$ .  
 A, B en C zijn correctiefactoren voor sortering, afslibbare delen  
 (< 16  $\mu\text{m}$ ) en grind (> 2000  $\mu\text{m}$ ) (tabel 3.1).

Tabel 3.1. Correctiefactoren volgens Ernst (bron, VAN DER MOLEN, 1975)

A	goed gesorteerd zand (3 topfracties > 90%)	A = 1.5
	normaal gesorteerd zand (3 topfracties ~ 70%)	A = 1.0
	slecht gesorteerd zand (3 topfracties ~ 55%)	A = 0.5
B	deeltjes < 16 $\mu\text{m}$ : 0%	B = 1.0
	2.5%	B = 0.5
	5%	B = 0.3
	7%	B = 0.2
C	grind > 2000 $\mu\text{m}$ : < 45%	C = 1.0
	60%	C = 2.0
	70%	C = 4.0

Het U-cijfer van een grond is te berekenen door het aandeel van elke fractie te vermenigvuldigen met het fractie-U-cijfer. Tabel 3.2 geeft voor de relevante fracties het U-cijfer.

Tabel 3.2. U-cijfers ( $\text{cm}^{-1}$ ) van de fracties tussen 16 en 2000  $\mu\text{m}$

Fractie ( $\mu\text{m}$ )	U-fractie	Fractie ( $\mu\text{m}$ )	U-fractie
16 - 50	373	150 - 210	57
50 - 75	164	210 - 300	40
75 - 105	113	300 - 600	24
105 - 150	80	600 - 2000	10

### 3.1.2 Waterretentiekarakteristieken (pF-curven)

Voor de meeste hydrologische modellen, waarbij in de onverzadigde zone wordt gerekend, is het nodig het verband vochtspanning-vochtgehalte (pF-curven) te kennen. Van een aantal gronden in de Empese/Tondense heide is dit verband bij enkele pF-waarden bepaald. In dit gebied wisselen de grondwaterstand en daarmee samenhangend de vochtspanningen. In het boezemland Veerstalblok wordt de grondwaterstand op een zo constant mogelijk peil van 10 tot 20 cm - maaiveld gehouden, zodat deze gegevens hier minder relevant zijn.

Naast genoemde bepaling is er nog op twee andere wijzen getracht een indruk te krijgen van de waterretentiekarakteristieken van de Empese/Tondense heide. De volgende drie methoden zijn toegepast:

- A) Bepaling van het vochtgehalte van monsters bij enkele pF-waarden.
- B) Berekening met behulp van een regressiemodel van het vochtgehalte van monsters bij verschillende pF-waarden.
- C) Plaatsing in de Staringreeks volgens organische stofgehalte en granululaire samenstelling.

In het navolgende worden deze drie methoden besproken.

#### Ad A) Bepalingen aan monsters

Het model WATBAL vraagt om het vochtgehalte bij drie pF-waarden: pF-0 (verzadiging), pF-2,0 (veldcapaciteit) en pF-4,2 (verwelkingspunt). Uit praktische overwegingen is het vochtgehalte bepaald bij: pF-0,5 (als benadering van pF-0), pF-1,5 (extra punt), pF-2,0 en pF-4,2. De verkregen waarden dienden als basis van een pF-curve.

#### Methode

##### A1) pF-2,0 en lager

Met metalen ringen (100 cm<sup>3</sup>) zijn in kuilen, in verticale richting monsters van grond in natuurlijke ligging gestoken. De monsters zijn geprepareerd en op een pF-bak met Blokzijk zand geplaatst. Na verzadiging van de monsters zijn onderdrukken in de zandbak aangelegd van 3,3 , 31 en 100 cm waterkolom (resp. pF-0,5, pF-1,5 en pF-2,0). Bij elke pF-waarde is het vochtgehalte bepaald als fractie van het totale volume van de grond. Uit deze bepaling is tevens de bulkdichtheid (gr/cm<sup>3</sup>) van elk monster verkregen.

Zie verder: BODEMKUNDE (1970).

A2) pF-4,2

Van grondmonsters, genomen vlak naast de plaatsen waar de ringen werden gestoken, is het vochtgehalte bij pF-4,2 bepaald. De monsters zijn daartoe eerst verzadigd, waarna ze in een membraampers onder een druk van 15,5 atmosfeer zijn gebracht. Nadat zich evenwicht had ingesteld, is het vochtgehalte bepaald als gewichtsfractie. Dit is met behulp van de bulkdichtheid omgerekend naar volumefractie.

Zie verder: BODEMKUNDE (1970).

Lokatie monsterplaatsen

De veldpodzolgronden en de beekerdgronden zijn beide op twee diepten bemonsterd:

- veldpodzolgronden: 15 cm (wortelzone) en  
120 cm (rond de GLG, grondwatertrap V)
- beekerdgronden: 15 cm (wortelzone) en  
80 cm (rond de GLG, gr.w.trap II)

Van de veldpodzolgronden zijn op elke diepte 10 monsters genomen, verdeeld over vijf kuilen naast de boringen van de boorgatenmethode (punten 1 t/m 5, fig. 2.2a). Van de beekerdgronden zijn eveneens op elke diepte 10 monsters genomen, verdeeld over vier kuilen (punten 6 t/m 8 en 7', fig. 2.2a). Uit elke kuil is op beide diepten, dicht naast de plaats waar de ringen werden gestoken een ongeveer gelijke hoeveelheid grond genomen. Deze monsters zijn samengevoegd tot een mengmonster per diepte per grondsoort; in totaal vier mengmonsters. Naast de pF-bepalingen zijn aan deze mengmonsters de bepalingen, vermeld in subparagraaf 3.1.4 verricht. De monsters zijn eind juli 1986 genomen.

ad B) Berekening met behulp van een regressie-model

KRABBENBORG e.a. (1983) hebben een regressie-model opgesteld waarmee het vochtgehalte bij verschillende vochtspanningen is te bepalen:

$$\theta = b_0 + b_1.H + b_2.L + b_3.M50 + b_4.SV$$

waarin:

- $\theta$  = volumepercentage vocht bij de onderscheiden vochtspanningen
- H = percentage organische stof
- L = percentage leem (< 50  $\mu\text{m}$ )
- M50 = mediaan van de zandfractie (> 50 en < 2000  $\mu\text{m}$ )
- SV = specifiek volume, reciproke waarde van de dichtheid van de grond, in  $\text{cm}^3/\text{g}$
- b0 t/m b4 = regressiecoëfficiënten, afhankelijk van grondsoort en vochtspanning

Voor elke grondsoort heeft elke vochtspanning een eigen regressievergelijking. Invullen van waarden voor de variabelen geeft het volumepercentage vocht in de betreffende grond bij die vochtspanning. De volumeprocenten vocht bij de diverse vochtspanningen bepalen samen de waterretentiekarakteristieken (pF-curven).

In tabel 3.3 zijn de regressiecoëfficiënten voor de vier onderscheiden grondsoorten (de mengmonsters) gegeven.

Tabel 3.3a t/m c. Regressiecoëfficiënten voor de vier grondsoorten. Bron: KRABBENBORG e.a. (1983).

Regressievergelijkingen voor het berekenen van volumeprocenten vocht voor A(an)-horizonten van lage veldpodzol-, laarpodzol- en gooreerdgronden (Gt II t/m V) (groep III)

pF	n	b0	b1	b2	b3	b4	R	s	S( $\theta$ )
1,0	201	14,51	0,23	0,02	0,001	37,78	0,90	2,0	4,5
1,5	205	13,02	0,53	0,03	0,022	30,51	0,85	2,5	4,8
2,0	202	19,61	1,92	0,26	0,007	- 1,64	0,78	4,5	7,0
2,3	142	17,67	2,61	0,23	0,035	-16,60	0,71	5,6	7,8
2,7	163	- 2,48	2,00	0,24	0,058	1,81	0,77	5,1	7,9
3,4	190	- 0,97	1,30	0,23	0,044	- 4,33	0,80	2,9	4,7
4,2	197	2,44	0,87	0,11	0,019	- 4,19	0,76	2,0	3,1

a. Veldpodzolgronden, 15 cm diep

Regressievergelijkingen voor het berekenen van volumeprocenten vocht voor A(an)-horizonten van beekerd- en lage zwarte enkeerdgronden (Gt II t/m V) (groep VII)

pF	n	b0	b1	b2	b3	b4	R	s	S(θ)
1,0	133	17,64	0,16	-0,03	-0,019	39,32	0,93	2,3	6,0
1,5	133	18,11	0,42	-0,04	-0,020	34,30	0,89	2,9	6,2
2,0	134	12,38	0,92	0,05	-0,015	26,51	0,79	4,8	7,7
2,3	103	22,57	1,51	0,28	-0,035	- 0,01	0,67	6,2	8,1
2,7	104	- 4,66	0,50	0,36	0,019	23,05	0,71	5,8	8,0
3,4	127	- 0,44	1,27	0,33	0,038	- 3,65	0,74	4,2	6,2
4,2	131	4,15	1,14	0,19	0,004	- 5,36	0,74	3,0	4,4

b. Beekeerdgronden, 15 cm diep

Regressievergelijkingen voor het berekenen van volumeprocenten vocht voor C-horizonten van lage veldpodzol-, laarpodzol- en gooreerdgronden en van beekerd- en lage zwarte enkeerdgronden (Gt II t/m V), gebaseerd op gegevens verzameld vanaf 1970 (groep III en groep VII)

pF	n	b0	b1	b2	b3	b4	R	s	S(θ)
1,0	116	- 9,77	1,04	-0,06	-0,019	80,55	0,76	1,7	2,6
1,5	119	1,10	1,29	-0,09	-0,025	61,70	0,64	2,1	2,6
2,0	115	41,77	7,28	0,28	-0,192	- 1,19	0,83	4,0	6,9
2,3	117	21,21	4,59	0,25	-0,085	- 1,41	0,67	3,9	5,1
2,7	113	5,46	2,29	0,21	-0,037	9,25	0,61	2,9	3,6
3,4	102	4,01	2,00	0,13	-0,019	2,15	0,59	2,0	2,4
4,2	103	7,32	1,21	0,10	-0,008	- 8,10	0,64	1,2	1,5

c. Veldpodzolgronden, 120 cm en beekerdgronden, 80 cm diep

De waarden voor de vier variabelen zijn verkregen uit de bepalingen aan de pF-ringen (bulkdichtheid) en de bepalingen aan de mengmonsters zoals vermeld in subparagraaf 3.1.4.

#### ad C) Plaatsing in de Staringreeks

De Staringreeks is een standaardreeks van bodemfysische karakteristieken (WOSTEN e.a., 1986). Ze bestaat uit 18 bouwstenen voor zowel boven- als ondergrond, waarbij onder de bovengrond in de meeste praktische gevallen de wortelzone wordt verstaan. De 18 bouwstenen zijn ingedeeld naar textuur, organische stofgehalte en mediaan van de zandfractie. In appendix 2 is deze indeling gegeven. Door genoemde grootheden te bepalen (zie sub.par. 3.1.4) voor elk van de vier grondsoorten (mengmonsters) is het mogelijk een (globale) waterretentie- en doorlatendheidskarakteristiek voor deze grondsoorten vast te stellen. Hoewel WOSTEN e.a. (1986) uitdrukkelijk stellen dat de Staringreeks alleen voor regionale doeleinden mag worden gebruikt, is hier gemeend dat zij kan dienen ter ondersteuning van de onder A en B beschreven methoden bij het bepalen van waterretentiekarakteristieken.

#### 3.1.3 Onverzadigde doorlatendheid ( $k(h)$ -relatie)

Voor de Empese/Tondense heide zijn  $k(h)$ -relaties berekend met behulp van de 'methode Bloemen' (BLOEMEN, 1980). Met deze methode wordt een  $k(h)$ -relatie verkregen aan de hand van de granulaire samenstelling van de grond. De verkregen relaties zijn vergeleken met de doorlatendheidskarakteristieken uit de Staringreeks (zie 3.1.2, ad C). Zowel methode Bloemen als de Staringreeks zijn uitsluitend bedoeld voor regionaal gebruik. Het dient dan ook uitdrukkelijk gesteld dat de resultaten van deze beide benaderingen hier enkel gepresenteerd worden als aanwijzingen voor de orde van grootte van de onverzadigde doorlatendheid in de Empese/Tondense heide.

De onverzadigde doorlatendheid speelt in het Veerstablok geen rol; nagenoeg het gehele profiel is continue verzadigd.

Het berekenen van de  $k(h)$ -relatie volgens de methode Bloemen is gedaan met behulp van het programma CAPSEV (WESSELING e.a., 1984). Dit programma vraagt als input het organische stofgehalte en het aandeel van de verschillende textuurklassen. Deze gegevens zijn verkregen uit de bepalingen beschreven onder subparagraaf 3.1.4.

Als output geeft CAPSEV (o.a.):

- $k_s$  = verzadigde doorlatendheid (cm/d)  
 $k_e$  = effectieve doorlatendheid (cm/d), aangenomen wordt:  $k_e = 0,5 \cdot k_s$   
 $h_w$  = drukhoogte (cm) waarbij  $k_e$  is verkregen  
 $h_a$  = drukhoogte (cm) bij luchtindringingspunt  
 $r$  = omrekeningsfactor,  $r = h_a/h_w$   
 $n_s$  = helling van de curve

Door deze getallen in te vullen in de volgende vergelijking wordt een  $k(h)$ -relatie verkregen (BLOEMEN, 1980).

$$k = k_e \quad \text{voor} \quad h \geq h_w$$

$$k = k_e \cdot \left[ \frac{h_w}{h} \right]^{n_s} \quad \text{voor} \quad h < h_w$$

Waarin  $k$  de doorlatendheid is in cm/d en  $h$  de drukhoogte in cm

### 3.1.4 Organische stofgehalte en granulaire samenstelling van de minerale delen

Deze bepalingen zijn verricht aan de vier mengmonsters genoemd onder punt ad A (lokatie monsterplaatsen) in subparagraaf 3.1.2.

Het organische stofgehalte is verkregen door het gloeiverlies van de monsters te bepalen na 5 uur gloeien bij 500 °C.

De granulaire samenstelling van de minerale delen is bepaald volgens standaardmethoden gebruikelijk bij de Hoofdafdeling Bodemtechniek van het ICW. Tijdens de voorbehandeling van het monster worden organische stof en koolzure kalk verwijderd, worden de bodemaggregaten kapot gemaakt door het oplossen van verkittende bestanddelen en wordt de grond gepeptiseerd, zodat alle klei-deeltjes los van elkaar in suspensie zijn. Vervolgens wordt een scheiding gemaakt tussen de grove en de fijnere fracties met behulp van een 50 µm zeef. De onderverdeling van de fijne fracties wordt bepaald uit de slibanalyse, die van de grove door droog zeven. De volgende textuurklassen zijn bepaald: <2, 2-16, 16-50, 50-75, 75-105, 105-150, 150-210, 210-300, 300-600, 600-1000 en 1000-2000 µm.

Voor de zandfracties (> 50 en < 2000 µm) zijn zeefkrommen getekend waaruit grafisch de M50-cijfers zijn afgeleid.

### 3.2 Bodemchemische grootheden

#### 3.2.1 Adsorptiecapaciteit (CEC) en samenstelling van het complex

Van een aantal monsters uit de Empese/Tondense heide zijn de adsorptiecapaciteit en de samenstelling van het bodemcomplex bepaald.

In de waterkwaliteitsmodellering van dit terrein spelen genoemde grootheden een belangrijke rol. In het boezemland Veerstablok is dit niet het geval; hier is de modellering toegespitst op de verspreiding van een conservatieve stof als chloride.

#### Methode

De CEC is bepaald met behulp van de methode beschreven door BASCOMB (1964). Bij de bepaling wordt het kationencomplex van de grond vervangen door  $Ba^{2+}$ , door de grond te schudden met een  $BaCl_2$  oplossing. De  $BaCl_2$  oplossing is gebufferd op pH 8,1 met triethanolamine om te voorkomen dat het eventueel aanwezige  $CaCO_3$  in oplossing gaat. Na centrifugeren wordt het  $Ba^{2+}$  in de grond vervangen door  $Mg^{2+}$ , door toevoeging van een  $MgSO_4$  oplossing. Het aanwezige  $Ba^{2+}$  slaat dan neer als sulfaat.

Door het verschil te bepalen tussen de Mg concentratie van de toegevoegde vloeistof en die van de bovenstaande vloeistof na centrifugeren kan de CEC worden gemeten. Een beeld van de bezetting van het kationencomplex wordt verkregen door in de vloeistof verkregen na het schudden met  $BaCl_2$  de verschillende metaalionen te bepalen.

De concentraties van Na, K, Ca en Mg zijn gemeten met behulp van een Inductively Coupled Plasma remissie spectrometer (ICP), die van Na en K zijn gecontroleerd met behulp van een Atomic Absorption Spectrometer (AAS).

#### Lokatie monsterplaatsen

Met de monsters verkregen uit de twee diepboringen (fig. 2.2b) zijn mengmonsters samengesteld door gelijke gewichtshoeveelheden van de samenstellende (stoofdroge) monsters intensief te mengen.

Per diepboring zijn zo twee mengmonsters verkregen: een uit de bovengrond en een uit het bovenste watervoerende pakket. Verder zijn per diepboring het monster uit de eemkleilaag en het diepste monster uit het onderste watervoerende pakket meegenomen (zie fig. 2.2b en appendix 1). Per diepboring zijn dus aan vier monsters (CEC-monsters) CEC-bepalingen gedaan.



De monsters zijn begin april 1986 genomen; de bepalingen zijn enkele dagen later verricht.

### 3.2.2 C/N-quotient als maat voor de voedselrijkdom van de bodem

#### Veerstalblok

Van enkele monsters van het Veerstalblok is het C/N-quotient bepaald als maat voor de voedselrijkdom van het veen. Het doel van deze bepaling was na te gaan of er in de lengterichting van het terrein differentiatie in voedselrijkdom van het veen aanwezig is. Deze kennis is van belang bij het onderzoeken van eventuele kwel vanuit de Hollandse IJssel aan de voet van de IJsseldijk, door middel van het meten van de chloridegehalten in een raai met peilbuizen loodrecht op de richting van de IJssel. Hogere voedselrijkdom in een bepaald deel van deze raai, zal samenhangen met een hoger gehalte aan macro-componenten als chloride. Daaruit zouden ten onrechte conclusies ten aanzien van het optreden van kwel getrokken kunnen worden.

#### Methode

Het koolstofgehalte is berekend uit het organische stofgehalte, dat bepaald is uit het gloeiverlies na vijf uur gloeien bij 500 °C. Voor het gehalte aan koolstof in de organische stof is 50 gewichts-% genomen (LOCHER en BAKKER, 1985).

Het stikstofgehalte is verkregen door middel van de bepaling van Kjeldahl-stikstof. Bij deze methode wordt alle stikstof, met uitzondering van de nitraat-stikstof in het monster bepaald. Het monster wordt daartoe eerst gedestruëerd met geconcentreerd zwavelzuur, waarna het stikstofgehalte verkregen wordt uit de fotometrische bepaling van ammonium (volgens Nederlandse Norm (NEN) 3235).

#### Lokatie monsterplaatsen

Met een veenguts zijn vijf monsters gestoken op een diepte van ca. 1,5 m, langs de lengte-as van het terrein (zie fig. 2.5b). De monsters zijn half april 1986 genomen.

#### Empese/Tondense heide

BOTH en VAN WIRDUM (1981) geven van een zestal plaatsen in de Empese/Tondense heide C/N-quotienten. Vijf van deze plaatsen liggen ongeveer langs de raai AA': bij peilbuis 3, tussen peilbuis 4 en 5, tussen peilbuis 5 en 6, tussen peilbuis 7 en 8 en bij peilbuis 9 (zie fig. 2.2a). Het zesde punt ligt aan de noordzijde van het terrein in de bekeerdgrond. De C/N-quotienten werden bepaald aan monsters genomen op 5 cm diepte.

Te zijner tijd zullen er C/N-bepalingen verricht worden langs de raai AA' op de overgang van de veldpodzolgronden naar de bekeerdgronden ter aanvulling van bovengenoemde gegevens. Het geheel van C/N-quotienten kan een indruk geven van het verloop van de voedselrijkdom van de grond langs raai AA'.

### 3.2.3 Ca-gehalte en pH van het bodemvocht

Van een aantal monsters uit Veerstablok zijn het Ca-gehalte en de pH van het bodemvocht bepaald.

#### Methode

De monsters zijn met een veenguts gestoken (15 cm diepte), in een luchtdichte zak meegenomen naar het laboratorium, waar het vocht uit de monsters gedrukt is. Direct daarna is de pH met een pH-meter gemeten. Het Ca-gehalte van het bodemvocht is bepaald met behulp van een AAS.

#### Lokatie monsterplaatsen

Er zijn twee mengmonsters samengesteld uit monsters genomen langs drie raaien: één midden tussen de sloten en twee langs de kanten van de sloten (zie fig. 2.5b). De monsters uit de middenraai zijn samengevoegd tot één mengmonster. Dit is eveneens gedaan met de monsters uit de twee raaien langs de slootkanten. De monsters zijn gestoken met een veenguts op een gemiddelde diepte van 15 cm (tussen 10 en 20 cm diep). Dit is half april 1986 gedaan.

## 4. RESULTATEN

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de verschillende bepalingen gepresenteerd en besproken.

### 4.1. Bodemfysische grootheden

#### 4.1.1. Verzadigde doorlatendheid (k-waarde)

##### Boorgatenmethode

In tabel 4.1 staan de resultaten van de boorgatenmethode vermeld. In appendix 3 worden de gegevens van elk boorgat gegeven.

Tabel 4.1 Resultaten boorgatenmethode

Grondsoort	Aantal	Doorlaat- factor	Standaard- dev.	Diepte gat	Grondwater- stand	Represen- tatief traject (m-mv)
	n	k(m/d)	s(k)(m/d)	D(m-mv)	W(m-mv)	
Beekeerd- gronden	5	0,82	0,71	1,62	0,99	1,00-1,80
Veldpodzol- gronden	5	0,48	0,35	1,77	1,36	1,35-2,00
Veengronden	5	4,59	1,56	1,03	0,22	0,20-1,20

De waarde k is een gemiddelde doorlaatfactor van een grondkolom, die als bovengrens het freatisch vlak heeft en die doorloopt tot ca. 20 cm onder de bodem van het boorgat (VAN BEERS, 1979). De boven- en ondergrens van de grondkolom vormen dus de grenzen van het traject in verticale zin waarvoor de bepaalde k-waarde representatief is.

De k-waarden van de beekeerdgronden en de veldpodzolgronden in de Empese/Tondense heide verschillen niet veel; ze liggen beide in dezelfde orde van grootte. De gemiddelde doorlatendheid van de beekeerdgronden is groter dan die van de veldpodzolgronden, maar de relatieve spreiding is hier ook groter (82% tegen 73%). De hoge spreiding in de waarden duidt op een grote heterogeniteit in het terrein.

Het boezemland Veerstablok kent een grotere gemiddelde doorlaatfactor van de bovengrond dan de Empese/Tondense heide. De relatieve spreiding is hier beduidend lager (34%), wat duidt op een meer homogene situatie. LUDWIG (1979) geeft een verband tussen de humifikatiegraad naar VON POST (VAKGROEP CULTUURTECHNIEK, 1981) en de doorlatendheid van riet- en zeggeveen. Volgens de Waal en van Toorn (mon.med.) ligt de humifikatiegraad van het veen van de representatieve diepte in Veerstablok tussen H2 en H6, wat overeenkomt met een doorlatendheid van ca. 0,5 tot 7 m/dag. De met behulp van de boorgatenmethode verkregen waarden voor de doorlaatfactor van het veen (appendix 3) vallen alle binnen dit traject.

Berekening volgens Ernst

Tabel 4.2 geeft de resultaten van de berekening van de doorlaatfactor voor de Empese/Tondense heide volgens Ernst.

Tabel 4.2 Doorlaatfactoren berekend volgens Ernst

Grondsoort	k (m/d)	U (cm <sup>-1</sup> )	A	B	C
E 15 cm diep	0,38	124	0,5	0,2	1,0
E 80 cm diep	0,84	83	0,5	0,2	1,0
P 15 cm diep	0,56	102	0,5	0,2	1,0
P 120 cm diep	1,12	72	0,5	0,2	1,0

E= beekerdgronden

P= veldpodzolgronden

Deze berekening geeft voor de beekerdgronden (80 cm diep) een doorlaatfactor, die goed overeenkomt met de waarden van de boorgatenmethode voor die gronden. Bij de veldpodzolgronden (120 cm diep) is dit minder het geval. Dit zou het gevolg kunnen zijn van de vele leembandjes, die tussen 140 en 180 cm diepte in de boorgaten in deze gronden zijn aangetroffen en die in de berekening niet tot uitdrukking komen. Verder valt op dat volgens deze berekening de doorlatendheid toeneemt met de diepte.

#### 4.1.2. Waterretentiekarakteristieken (pF-curven)

De resultaten van de pF-bepalingen zijn gegeven in tabel 4.3. De waarden voor de bulkdichtheden staan vermeld in tabel 4.5 (subpar. 4.1.4). Deze tabel bevat eveneens de gegevens, die gebruikt zijn bij het indelen van de gronden in de Staringreeks.

De resultaten zijn verwerkt tot gecomponeerde pF-curven (fig. 4.1). De waarden verkregen met behulp van de bepalingen aan monsters vormen de basis van deze curven. De andere gegevens zijn gebruikt om de trend van de grafieken tussen pF-2.0 en pF-4.2 te bepalen en ter vergelijking met de basisgegevens.

Met uitzondering van de veldpodzolgronden 15 cm diep, bevatten alle gronden minder vocht in het traject pF-0 - pF-2,0 dan, en ongeveer evenveel vocht in het traject pF-2,0 - pF-7,0 als de betreffende Staringreekscurve. Het eerste verschijnsel is vooral sterk aanwezig bij de veldpodzolgronden 120 cm diep. De veldpodzolgronden 15 cm diep bevat in het gehele pF-traject meer vocht dan de Staringreekscurve.

Tabel 4.3. Resultaten van de pF-bepalingen

Grondsoort	pF pF-bepaling			Regressie- model	Staring- reeks	Grondsoort	pF pF-bepaling			Regressie- model	Staring- reeks	BANNINK en PAPE (1979)
	$\theta^*$ %	S( $\theta$ )					$\theta$ %	$\theta^*$ %	S( $\theta$ )			
E15 Staringreeks bouwsteen: B3	0.5	39.8	7.3	-	44.3	P15 Staringreeks bouwsteen: B2	0.5	42.7	3.4	-	42.0	-
	1.0	-	-	40.5	43.0		1.0	-	-	43.7	40.3	44.7
	1.5	36.9	5.2	37.7	41.0		1.5	41.4	4.0	42.4	38.0	43.9
	2.0	32.1	7.2	30.6	35.0		2.0	33.8	6.4	34.6	28.5	30.5
	2.3	-	-	26.3	28.0		2.3	-	-	30.0	23.3	27.7
	2.7	-	-	23.3	20.0		2.7	-	-	24.1	16.5	25.5
E80 Staringreeks bouwsteen: O3	3.4	-	-	13.3	12.0	3.4	-	-	14.7	9.5	10.7	
	4.2	4.2	0.7	7.8	7.0	4.2	9.9	0.7	9.4	5.4	5.4	
	0.5	28.4	1.9	-	34.0	0.5	26.0	2.0	-	37.3	-	
	1.0	-	-	29.5	32.5	1.0	-	-	29.3	35.8	30.9	
	1.5	27.2	1.8	28.9	30.0	1.5	24.3	2.1	28.9	33.1	30.0	
	2.0	22.9	2.6	18.0	20.0	2.0	18.6	5.3	12.7	21.7	16.7	
O2	2.3	-	-	14.4	14.0	2.3	-	-	10.7	14.0	12.8	
	2.7	-	-	9.9	8.0	2.7	-	-	7.6	9.2	10.5	
	3.4	-	-	6.5	4.5	3.4	-	-	4.7	6.2	2.9	
	4.2	4.5	0.2	4.9	2.5	4.2	4.9	0.1	3.7	4.1	2.0	

\*gemiddelde met n=10    E = beek/broekeerdgrond    P = veldpodzolgrond

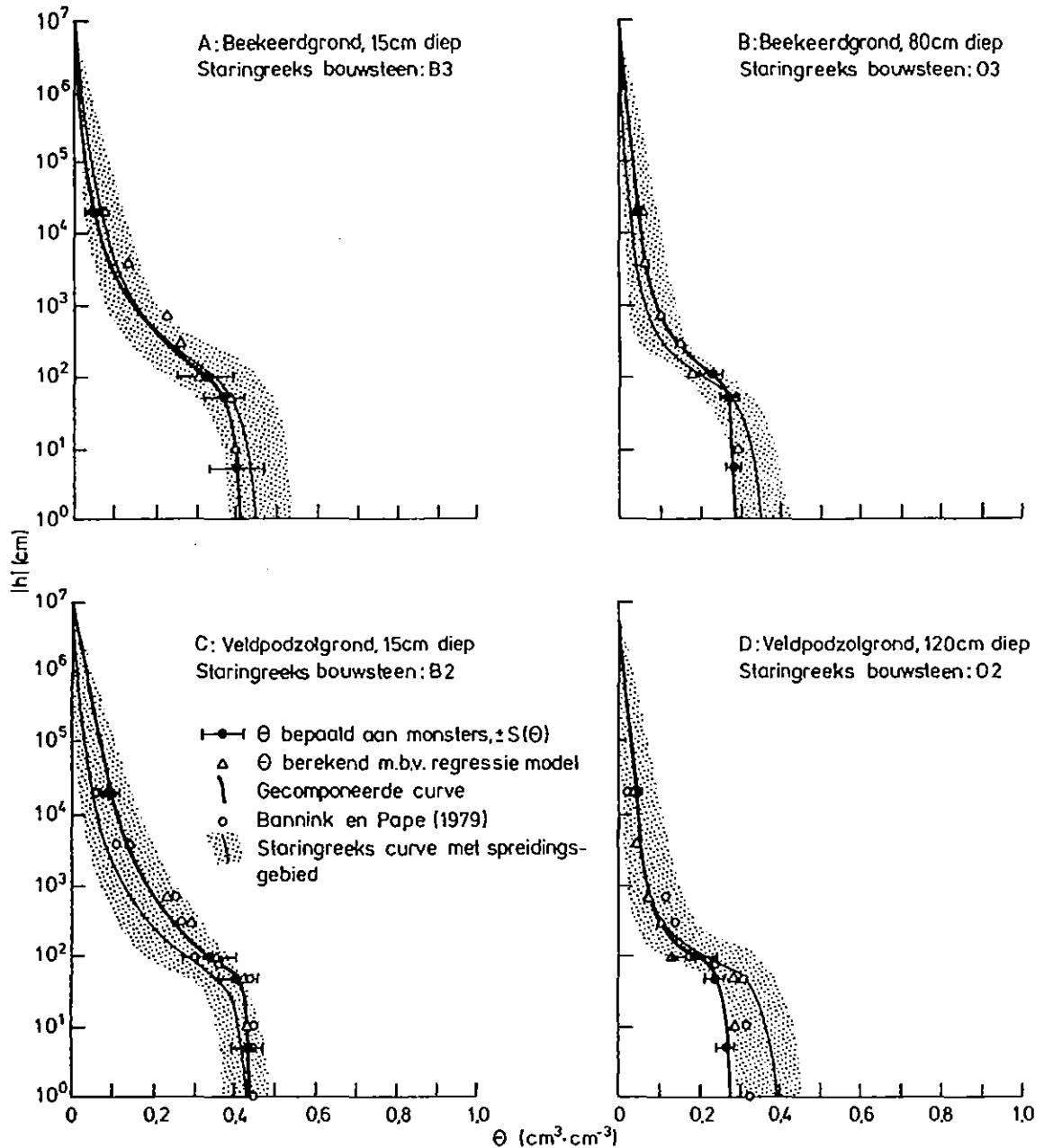


Fig. 4.1. Waterretentiekarakteristieken voor de Empese/Tondense heide

Het verschil tussen de aan monsters bepaalde vochtgehalten enerzijds en de berekende en Staringreeks vochtgehalten anderzijds kan een gevolg zijn van de structuur van de gronden (BODEMKUNDE, 1970), een grootheid die in de berekening en bij de indeling in de Staringreeks niet is meegenomen. Met name de monsters van de ondergronden leken sterk verdicht te zijn.

De gegevens van BANNINK en PAPE (1979) betreffen 'Stiboka-profiel' nr 8, een veldpodzolprofiel in de buurt van enkele veldpodzolgrondbemonsteringsplaatsen (zie fig. 2.2a). Het zijn de waarden van twee relevante horizonten (zie ook subpar.4.1.4).

#### 4.1.3. Onverzadigde doorlatendheid ( $k(h)$ -relatie)

De output van programma CAPSEV is gegeven in tabel 4.4.

Tabel 4.4. Uitvoer van programma CAPSEV

Grondsoort	$k_s$ (cm/d)	$k_e$ (cm/d)	$h_w$ (cm)	$h_a$ (cm)	$r$	$n_s$
E 15 cm diep	278,2	139,1	-4,88	-21,98	4,5	1,81
E 80 cm diep	527,1	263,5	-3,56	-16,03	4,5	1,88
P 15 cm diep	375,3	187,6	-4,51	-20,31	4,5	1,75
P 120 cm diep	514,3	257,2	-3,84	-17,30	4,5	2,11

E= beekerdgronden

P= veldpodzolgronden

Ingevuld in de vergelijking van Bloemen (subpar.3.1.3) geven deze waarden  $k(h)$ -relaties zoals weergegeven in fig. 4.2. De met methode Bloemen berekende  $k(h)$ -relaties komen in grote lijnen overeen met de doorlatendheidskarakteristieken uit de Staringreeks. In het traject pF-0 - pF-5,0 liggen de Bloemen-waarden in het algemeen iets hoger dan de Staringreeks waarden of zijn ze nagenoeg gelijk hieraan (pF-1,5 - pF-2,0 en rond pF-4,2). Bij pF-waarden groter dan 5 is de met methode Bloemen verkregen doorlatendheid van vooral de veldpodzolgronden veel lager dan de Staringreeks doorlatendheid.

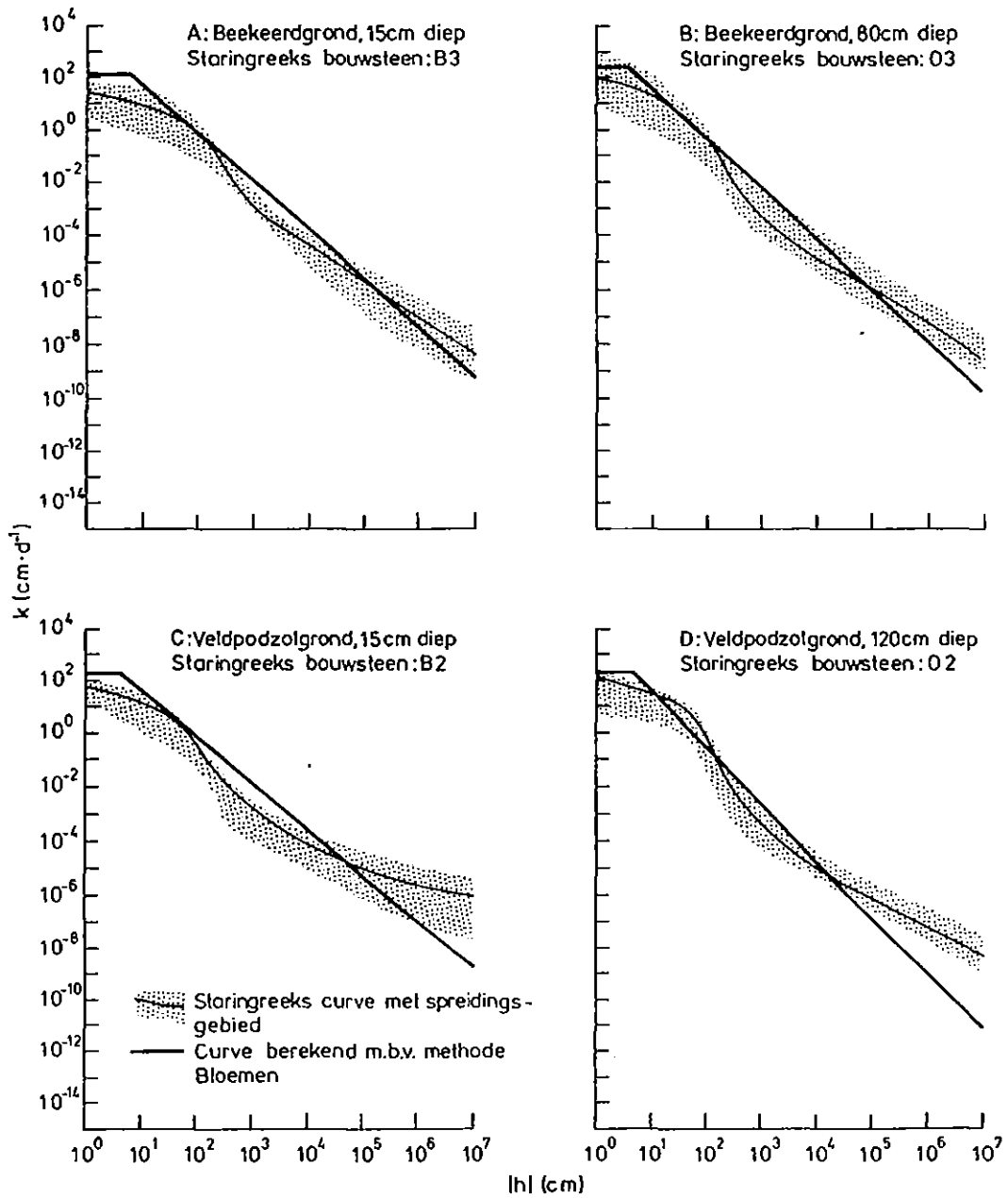


Fig. 4.2. Doorlatendheidskarakteristieken voor de Empese/Tondense heide



De met behulp van methode Bloemen verkregen verzadigde doorlatendheid is ca. 10 maal groter dan die verkregen met behulp van de boorgatenmethode. De algemene ervaring is dat methode Bloemen overschattingen geeft van de verzadigde doorlatendheid.

#### 4.1.4. Organische stofgehalte en granulaire samenstelling van de minerale delen

In tabel 4.5 zijn het organische stofgehalte en het aandeel van de verschillende textuurklassen van de gronden gegeven. De tabel bevat tevens het volumegewicht (bulkdichtheid), de porositeit en de betreffende bouwsteen uit de Staringreeks.

Tabel 4.5. Organische stofgehalte en granulaire samenstelling van de minerale delen

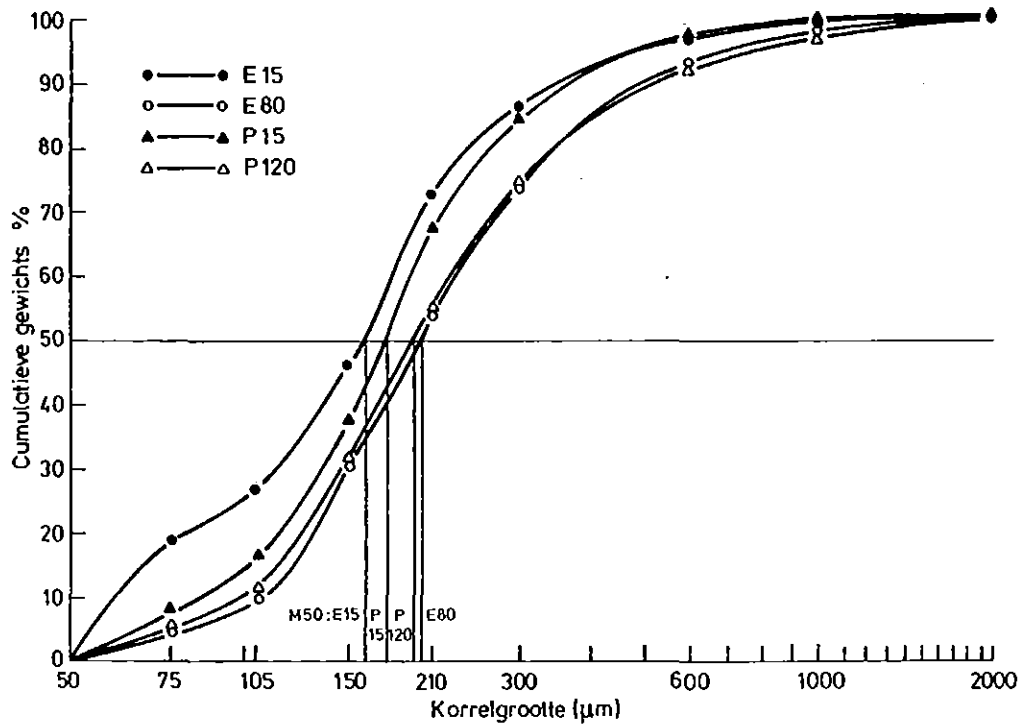
Grondsoort	E15	E80	P15	P120	Boring 8*	Boring 8*
Diepte (cm-mv)	12,5-17,5	77,5-82,5	12,5-17,5	117,5-122,5	10-22	110-115
Horizont	A	C	A	C	A12/AB	CG
Org. stof	1,8	1,4	5,4	0,9	3,1	0,0
< 2 µm %	1,6	3,8	1,1	3,0	5,3	3,0
2- 16 µm %	8,2	6,7	6,2	5,2	1,4	0,4
16- 50 µm %	14,0	7,7	10,6	4,1	12,8	5,8
50- 75 µm %	14,4	3,5	6,9	4,5	4,3	6,3
75- 105 µm %	6,0	4,2	6,5	5,3	4,1	8,8
105- 150 µm %	14,3	17,0	17,3	17,9	18,1	24,9
150- 210 µm %	19,8	19,4	24,9	20,0	26,1	28,4
210- 300 µm %	10,7	15,7	13,6	17,4	15,6	13,5
300- 600 µm %	8,1	16,3	10,7	16,0	10,6	7,3
600-1000 µm %	1,6	4,5	1,6	3,8	1,7	1,6
9000-2000 µm %	1,4	1,2	0,6	2,8		
M50 µm	160	200	175	195	182	161
Vol.gew. gr/cm <sup>3</sup>	1,500	1,860	1,375	1,880	1,408	1,822
Porositeit	0,41	0,29	0,45	0,27	0,45	0,32
Bouwsteen uit Staringreeks	B <sub>3</sub>	O <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	O <sub>2</sub>

\*naar BANNINK en PAPE (1979) E = beekerdgronden P = veldpodzolgronden

De gegevens van 'STIBOKA-boring' nr 8, een veldpodzolprofiel, dienen ter vergelijking met de twee veldpodzolgronden P15 en P120. De waarden van de horizonten A12 en AB zijn gemiddeld ten einde een horizont te verkrijgen, die dezelfde gemiddelde diepte heeft als P15.

Voor de zandfracties ( $> 50$  en  $< 2000 \mu\text{m}$ ) zijn de zeefkrommen weergegeven in fig. 4.3. Uit deze krommen zijn grafisch de M50-waarden bepaald.

De porositeit van elke grond is verkregen door de pF-curve van de grond door te trekken naar pF-0; het vochtgehalte bij die pF-waarde is gelijk aan de porositeit.



E= beekerdgronden    P= veldpodzolgronden

Fig. 4.3 Zeefkrommen van de zandfracties

## 4.2. Bodemchemische grootheden

### 4.2.1. Adsorptiecapaciteit (CEC) en samenstelling van het complex

De adsorptiecapaciteit en de samenstelling van het complex van de CEC-monsters zijn gegeven in tabel 4.6.a en b.

Tabel 4.6a en b. Resultaten van de CEC-bepalingen

a. Boring 3D						
Monster	3D <sub>1</sub> (pH 8,1)	3D <sub>1</sub> gecorr.	3D <sub>2</sub>	3D <sub>3</sub>	3D <sub>4</sub>	
CEC meq/100 gr	10,9	8,2	3,7	18,3	4,3	
Initiële bezetting:						
Ca meq/100 gr	3,5(32,1)*	3,5(42,7)	1,9(51,4)	16,5(90,2)	3,5(81,4)	
Mg meq/100 gr	0,6( 5,5)	0,6( 7,3)	0,1( 2,7)	0,6( 3,3)	0,1( 2,3)	
Na meq/100 gr	0,3( 2,8)	0,3( 3,7)	0,2( 5,4)	0,2( 1,1)	0,2( 4,6)	
K meq/100 gr	0,3( 2,8)	0,3( 3,7)	0,1( 2,7)	0,2( 1,1)	0,2( 4,6)	
Totaal van de vier kationen meq/100 gr	4,7(43,2)	4,7(57,4)	2,3(62,2)	17,5(95,7)	4,0(93,0)	
b. Boring 13D						
Monster	13D <sub>1</sub> (pH 8,1)	13D <sub>1</sub> gecorr.	13D <sub>2</sub>	13D <sub>3</sub>	13D <sub>4</sub>	
CEC meq/100 gr	18,1	13,4	4,4	28,2	5,5	
Initiële bezetting:						
Ca meq/100 gr	5,0(27,9)*	5,0(37,3)	2,5(56,8)	24,3(86,2)	4,2(76,4)	
Mg meq/100 gr	0,8( 4,6)	0,8( 6,0)	0,2( 4,5)	1,1( 3,9)	0,1( 1,8)	
Na meq/100 gr	0,3( 1,7)	0,3( 2,2)	0,2( 4,5)	0,2( 0,7)	0,1( 1,8)	
K meq/100 gr	0,1( 0,6)	0,1( 0,7)	0,1( 2,3)	0,2( 0,7)	0,2( 3,6)	
Totaal van de vier kationen meq/100 gr	6,2(34,9)	6,2(46,3)	3,0(68,2)	25,8(91,5)	4,6(83,6)	

\*de cijfers tussen haakjes geven de kation aandelen als percentage van de CEC

De waarden van de twee ondiepe CEC-monsters (3D<sub>1</sub> en 13D<sub>1</sub>) zijn gecorrigeerd voor de pH. De samenstellende monsters van deze meng-monsters hebben een pH die aanmerkelijk lager is dan de pH waarbij de CEC-bepaling is uitgevoerd (8,1) (zie appendix 1). Volgens HELLING e.a. (1964) neemt de CEC van organisch materiaal 30 meq per 100 g materiaal per pH-eenheid toe. Voor klei (deeltjes < 2 µm) is de toename 4,4 meq per 100 g per pH-eenheid. Het kleigehalte van de samenstellende monsters is niet bepaald; in de meeste gevallen zal dit zeer laag zijn (< 5%, zie tabel 4.5). De verwachting is dat het pH-afhankelijke effect van de kleideeltjes op de totale CEC van de betreffende CEC-monsters klein is. Het pH-afhankelijke effect van de organische stof op de CEC is in deze monsters niet te verwaarlozen. De CEC-correctie is uitgevoerd a.h.v. de pH en het organische stofgehalte van de samenstellende monsters (beide bepaald in het Waterkwaliteit laboratorium van het ICW).

Uit de tabellen 4.6a en b valt een verschil te lezen tussen de CEC en het totaal van de vier bepaalde kationen. Dit geldt met name voor de vier ondiepe CEC-monsters. Dit verschil kan de volgende oorzaken hebben:

- er zijn andere, niet bepaalde kationen (zoals Al en Fe) in belangrijke mate aan het complex gebonden
- de beschrijving volgens HELLING e.a. (1964) van het effect van de pH op de CEC is niet volledig
- het pH-afhankelijke effect van klei op de CEC van de monsters is niet verwaarloosbaar.

Opvallend is verder dat CEC-monsters van vergelijkbare diepte een CEC hebben, die in dezelfde orde van grootte ligt. Hierbij zijn de CEC's van de monsters van boring 13D steeds hoger dan die van boring 3D.

#### 4.2.2. C/N-quotiënt als maat voor de voedselrijkdom van de bodem

##### Veerstalblok

De resultaten van de C- en N-bepalingen en de C/N-quotiënten staan vermeld in tabel 4.7.

Tabel 4.7. C/N-quotiënten van de monsters uit Veerstalblok

Monster :	I	II	III	IV	V
C					
mg/g grond	416,0	428,3	417,9	400,8	383,2
N-Kjeldahl					
mg/g grond	17,6	17,3	21,3	23,8	21,8
C/N	23,6	24,8	19,6	16,8	17,6

De monsters aan de noordkant van de raai (IV en V) hebben een lager C/N-quotient dan die aan de zuidkant. Dit wijst op een verloop van de voedselrijkdom van het veen langs de raai: het veen aan de noordkant van het natuurterrein is voedselrijker dan het veen aan de zuidzijde. Dit komt overeen met de bevindingen van de Waal (zie subpar. 2.2), die aan de noordzijde een mengsel van rietzeggeveen, bosveen en slib (ca. 40%) vindt en aan de zuidzijde rietzeggeveen met een dunne laag mosveen of rietmosveen met minder dan 30% slib.

In figuur 4.4 staan de C/N-quotienten uitgezet tegen de afstanden vanaf de noordgrens van het terrein. Tevens zijn in deze figuur het Ca- en Cl-gehalte (gemiddelde van de periode 3 april - 11 sept. 1986) van de peilbuizen (1,5 m diep) uit de raai loodrecht op de richting van de IJssel gegeven.

Uit de figuur valt af te leiden dat bij het onderzoeken van eventuele kwel vanuit de Hollandse IJssel, d.m.v. het meten van het calcium- en chloridegehalte in een raai loodrecht op de richting van de IJssel, rekening gehouden dient te worden met differentiatie in voedselrijkdom van het veen langs deze raai.

#### Empese/Tondense heide

In tabel 4.8 zijn de C/N-quotienten van de Empese/Tondense heide gegeven.

Deze waarden lijken een aanwijzing te zijn voor een toenemende voedselrijkdom vanuit het midden van de veldpodzolgronden (tussen peilbuis 5 en 8) naar de beekerdgronden. Extra bepalingen op de overgang van de veldpodzolgronden naar de beekerdgronden kunnen hierover meer informatie geven.

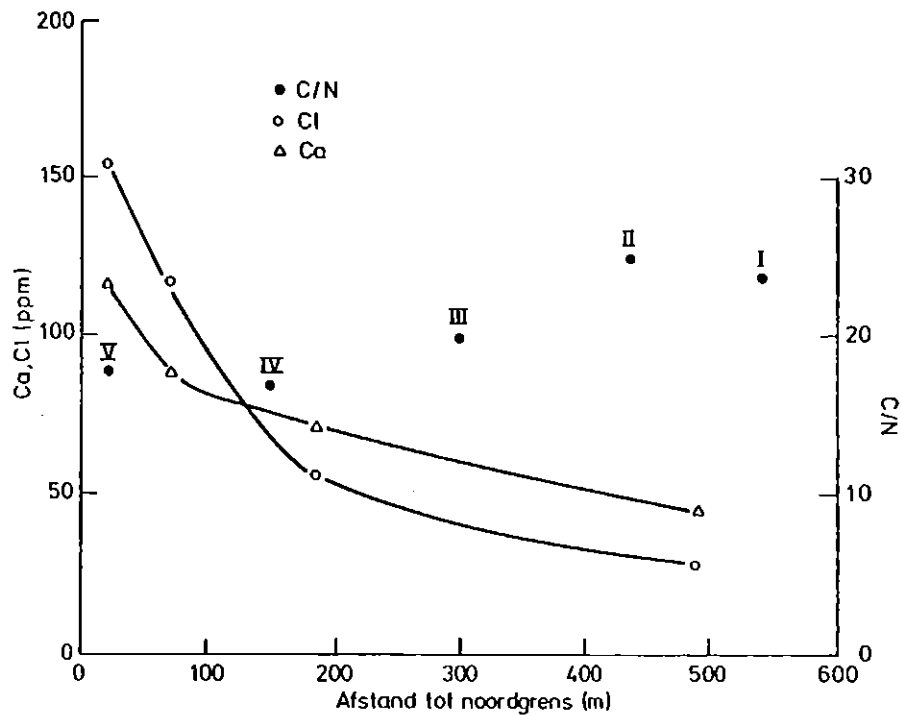


Fig. 4.4. C/N-quotient, Ca- en Cl-gehalte in een raai loodrecht op de richting van de IJssel

Tabel 4.8. C/N-quotienten van de Empese/Tondense heide  
 Bron: BOTH en VAN WIRDUM (1981)

Plaats/ peilbuis	3	tussen 4 en 5	tussen 5 en 6	tussen 7 en 8	9	beekeerd noordzijde
C/N- quotiënt	16	16	37	29	18	15

#### 4.2.3. Ca-gehalte en pH van het bodemvocht

Tabel 4.9 geeft de resultaten van de Ca- en pH-bepalingen langs de slootkanten en midden tussen de sloten in Veerstablok.

Tabel 4.9. Ca-gehalte en pH van het bodemvocht

Monster:	raai slootranden	raai midden
pH	5,2	4,0
Ca (ppm)	17,8	13,0

LITERATUUR

- AELMANS, F.G., 1983. Grondwaterkaart van Nederland; Apeldoorn-Oost. D.G.V.- T.N.O.
- BANNINK, J.F. en J.C. PAPE, 1979. Enige gegevens betreffende de bodemgesteldheid van de natuurterreinen Empese en Tondense heide, Koolmansdijk en Nijkampsheide. Rapport ten behoeve van de commissie bestudering Waterhuishouding Gelderland. Stiboka, Wageningen.
- BASCOMB, C.L., 1964. Rapid method for the determination of cation exchange capacity of calcareous soils.
- BEERS, W.F.J. VAN, 1979. The auger hole method: a field measurement of the hydraulic conductivity below the watertable. ILRI bulletin No. 1, Wageningen.
- BLOEMEN, G.W., 1980. Calculation of hydraulic conductivities from texture and organic matter content. Zeitschrift fur Pflanzen-ernaehrung und Bodenkunde, 143. Band, Heft 5, Seite 581-605.
- BODEMKUNDE, 1970. Cursus voor opleiding van Landbouwkundig personeel van het Ministerie van Landbouw en Visserij. Deel 1, Theoretische bodemkunde. Onderafdeling Scholing van het Ministerie van Landbouw en Visserij/ Rijkslandbouwconsulentschap voor Bodem- en Bemestingsvraagstukken te Wageningen.
- BOTH, J.C. en G. VAN WIRDUM, 1981. Waterhuishouding, bodem en vegetatie van enkele Gelderse natuurgebieden. Basisrapport ten behoeve van de Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland. RIN-rapport 81/18, RIN, Arnhem.
- GROENENDIJK, P., 1986. Onderzoek naar de effecten van wateraanvoer en peilveranderingen in agrarische gebieden op de waterkwaliteit in natuurgebieden. Deel 1, Gebiedsbeschrijving en onderzoeksprogramma. ICW nota 1695, ICW, Wageningen.
- GROOT OBBINK, D.J., F. DE VRIES en G. RUTTEN, 1979. Ruilverkavelingsgebied Brummen-Voorst. De bodemgesteldheid, deel 1. Stiboka, Wageningen.
- HAMMINGA, W, 1985. Het inductief gekoppeld plasma/atomaire emissie spectrofotometer (ICP/AES). ICW nota 1621, ICW Wageningen.



- HELLING, C.S., G. CHESTERS and R.B. COREY, 1964. Contribution of organic matter and clay to soil cation-exchange capacity as affected by the pH of the saturating solution. Soil Science Society Proceedings 1964, page 517-520.
- KRABBENBORG, A.J., J.N.B. POELMAN en E.J. VAN ZUILEN, 1983. Standaardvochtkarakteristieken van zandgronden en veenkoloniale gronden, deel 1. Stiboka rapport nr 1680, Stiboka, Wageningen.
- LOCHER, W.P. en H. BAKKER (redactie), 1985. Bodemnatuurkunde. Voorpublicatie uit: Bodemkunde van Nederland. Deel 1, Algemene Bodemkunde.
- LUDWIG, R., 1979. De waterhuishouding van de Deurnse Peel. Rapport nr 20-80-1. Staatsbosbeheer, Dienstvak Natuurbehoud, Tilburg.
- MOLEN, W.H. VAN DER, 1975. Agrohydrologie. Collegediktaat Vakgroep Cultuurtechniek, LH Wageningen.
- VAKGROEP CULTUURTECHNIEK, 1981. De waterhuishouding van natuurgebieden. Syllabus doctoraalcollege, LH, Wageningen.
- WESSELING, J.G., G.W. BLOEMEN and W.A.J.M. KROONEN, 1984. Computer program CAPSEV. ICW nota 1500, ICW, Wageningen.
- WOSTEN, J.H.M., M.H. BANNINK EN J. BEUVING, 1986. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: De Staringreeks. ICW rapport nr 18, ICW, Wageningen.

APPENDIX 1. GEGEVENS VAN DE DIEPBORINGEN

Diepboring 3D

Meng- monster	Monster	Diepte (m)	Omschrijving	pH	Org. stof %
	1	0 - 0,60	bruin zand U50	4,1	1,6
3D1	2	0,60- 1,00	bruingrijs zand U50	4,8	0,1
	3	1,00- 1,75	venige klei	5,5	7,6
	4	1,75- 4,00	bruingrijs slibhoudend zand U70	7,7	-
	5	4,00- 6,00	grijs zand U50	-	-
3D2	6	6,00- 7,50	grijs zand U40	7,9	-
	7	7,50- 8,00	grijs zand U30, met wat steentjes	-	-
	8	8,00- 8,50	bruin zand U35, met laagje venige klei	-	-
3D3	9	8,50- 9,50	taaie, harde groengrijze klei	7,2	-
	10	9,50-11,00	slibhoudend grijs zand U80	-	-
3D4	11	11,00-12,00	grijsbruin zand U60	7,9	-

Diepboring 13D

	1	0 - 0,30	zwarte grond	4,9	14,8
13D1	2	0,30- 0,80	leemhoudend fijn bruin zand U60	6,0	1,4
	3	0,80- 1,50	fijn bruin zand U70 met veel grind	7,1	0,3
	4	1,50- 2,00	venige klei	5,4	4,4
	5	2,00- 4,00	grijs zand U50 met veenrestjes	7,3	-
13D2	6	4,00- 6,00	idem	7,7	-
	7	6,00- 8,00	grijs zand U40, met wat steentjes	7,9	-
	8	8,00- 9,50	grijs zand U30, met wat steentjes met laagje venige klei van 9,40-9,50	-	-
	9	9,50- 9,90	donkergrijs zand U30 met laagjes bruine klei	-	-
13D3	10	9,90-10,40	harde taaie grijsgroene klei, iets venig	6,9	-
	11	10,40-11,50	fijn slibhoudend grijsbruin zand U70	-	-
13D4	12	11,50-13,00	bruingrijs zand U60	7,7	-

**APPENDIX 2. INDELING NAAR TEXTUUR (in % van de mindere delen), organisch stofgehalte (in % van de grond) en mediaan van de zandfractie (M50) van bouwstenen uit de 'Staringreeks' volgens de textuur-terminologie van het systeem van bodemclassificatie voor Nederland**  
 Bron: WÖSTER e.a. (1986)

Bouwsteen	Leem (%)	lutum (%)	Organische stof (%)	M50 (µm)
<b>BOVENGRONDEN</b>				
<b>Zand</b>				
B1 leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand	0- 10		0- 15	105- 210
B2 zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	10- 18		0- 15	105- 210
B3 sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	18- 33		0- 15	105- 210
B4 zeer sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	33- 50		0- 15	105- 210
B5* grof zand			0- 15	210-2000
B6* keileem	0- 50		0- 15	50-2000
<b>Zavel</b>				
B7 zeer lichte zavel		8- 12	0- 15	
B8 matig lichte zavel		12- 18	0- 15	
B9* zware zavel		18- 25	0- 15	
<b>Klei</b>				
B10 lichte klei		25- 35	0- 15	
B11 matig zware klei		35- 50	0- 15	
B12 zeer zware klei		50-100	0- 15	
<b>Leem</b>				
B13* zandige leem	50- 85		0- 15	
B14* siltige leem	85-100		0- 15	
<b>Moerig</b>				
B15* weinig zand		0- 8	15- 25	
B16 zandig veen en veen		0- 8	23-100	
B17* venige klei		8-100	16- 45	
B18 kleilig veen		8-100	25- 70	
<b>ONDERGRONDEN</b>				
<b>Zand</b>				
O1 leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand	0- 10		0- 3	105- 210
O2 zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	10- 18		0- 3	105- 210
O3 sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	18- 33		0- 3	105- 210
O4 zeer sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	33- 50		0- 3	105- 210
O5 grof zand			0- 3	210-2000
O6 keileem	0- 50		0- 3	50-2000
O7* beekleem	33- 50		0- 3	50- 150
<b>Zavel</b>				
O8 zeer lichte zavel		8- 12	0- 3	
O9 matig lichte zavel		12- 18	0- 3	
O10 zware zavel		18- 25	0- 3	
<b>Klei</b>				
O11 lichte klei		25- 35	0- 3	
O12 matig zware		35- 50	0- 3	
O13 zeer zware		50-100	0- 3	
<b>Leem</b>				
O14* zandige leem	50- 85		0- 3	
O15 siltige leem	85-100		0- 3	
<b>Veen</b>				
O16 oligotroof veen			35-100	
O17 mesotroof en eutroof veen			35-100	
O18* moerige tussenlaag			15- 35	

\* Aan deze bouwsteen zijn tot op heden onvoldoende metingen verricht om een gemiddelde relatie te kunnen presenteren.

APPENDIX 3. Gegevens van de boorgatenmethode

Empese en Tondense Heide (zie fig. 2.2a)

Boorgat	K (m/d)	Diepte gat (m-mv)	Grondwaterstand (m-mv)
<b>Veldpodzolgronden</b>			
1	0,27	1,85	1,50
2	0,62	2,00	1,46
3	1,02	1,80	1,28
4	0,38	1,60	1,34
5	0,13	1,60	1,22
Gem.	$\bar{K}$ 0,48	$\bar{D}$ 1,77	$\bar{G}$ 1,36
Stan. dev.:	S(K) 0,35	S(D) 0,17	S(G) 0,12)
<b>Beekeerdgronden</b>			
6	0,59	1,55	0,93
7	0,29	1,60	0,87
8	1,44	1,50	1,09
9	1,71	1,70	1,02
10	0,08	1,75	1,05
Gem.	$\bar{K}$ 0,82	$\bar{D}$ 1,62	$\bar{G}$ 0,99
Stan. dev.:	S(K) 0,71	S(D) 0,10	S(G) 0,09
<b>Veerstalblok (zie fig. 2.5b)</b>			
1	4,00	1,00	0,20
2	5,02	1,07	0,17
3	5,28	1,12	0,32
4	6,39	1,04	0,16
5	2,26	0,90	0,27
Gem.:	$\bar{K}$ 4,59	$\bar{D}$ 1,03	$\bar{G}$ 0,22
Stan. dev.:	S(K) 1,56	S(D) 0,08	S(G) 0,07