

De fosfaat- en basentoestand van de bodem in percelen in de provincies Overijssel en Gelderland

*Slangenburg, Koolmansdijk, Halse Heide, Heidenhoekse Vloed, Leeg'n Könningstool
en Voltherbroek*

Inrichtingsmogelijkheden op basis van de fosfaat- en basenverzadiging



Ecologisch adviesbureau

Giesen & Geurts

Opdrachtgever
Dienst Landelijk Gebied
Regio Oost, Zwolle/Arnhem

De fosfaat- en basentoestand van de bodem in percelen in de provincies Gelderland en Overijssel

Slangenburg, Koolmansdijk, Halse Heide, Heidenhoekse Vloed, Leeg'n Könningstool
en Voltherbroek

Inrichtingsmogelijkheden op basis van de fosfaat- en basenverzadiging

Oprachtgever:
Dienst Landelijk Gebied
Regio Oost
Zwolle/Arnhem



Ecologisch adviesbureau
Giesen & Geurts

*'t Goor 9, 7071 PC Ulfst.
Tel. 0315-640460
Fax 640252
Mail info@giesen-geurts.nl*

Omslagfoto: Slangenburg, perceel langs de Beneden Slinge.

© 2007 Giesen & Geurts, Ulft.

De inhoud van dit rapport (in het geheel of in delen) mag zonder schriftelijke toestemming van Giesen & Geurts niet door fotocopie, druk of andere middelen worden gereproduceerd (de opdrachtgever uitgezonderd).

Citaten uit dit rapport zijn alleen toegestaan met volledige bronvermelding:

Giesen & Geurts, 2007. De fosfaat- en basentoestand van de bodem in percelen in de provincies Gelderland en Overijssel.

Slangenburg, Koolmansdijk, Halse Heide, Heidenhoekse Vloed, Leeg'n Könningstool en Voltherbroek. Inrichtingsmogelijkheden op basis van de fosfaat-en basenverzadiging.

Giesen & Geurts, Ulft/DLG, Regio Oost, Zwolle/Arnhem.

Inhoud

Inleiding
Woord van dank

I Terrein en probleemstelling

1	Terrein.....	1
2	Probleemstelling.....	2
3	Onderzoek.....	4

II Werkwijze en analysemethoden

1	Gefaseerde analyse.....	7
2	Bodemkartering en bemonstering.....	7
3	Bodemanalyses.....	7
4	Wateranalyses.....	8

III Bespreking van de resultaten

1	Bodembeschrijving.....	11
1.1	Bodemeenheden.....	11
1.2	Algemeen.....	14
2	Bodemanalyses.....	14
2.1	Achterhoek.....	14
	Fosfaat.....	14
	Uitwisselbare basen.....	14
2.2	Voltherbroek.....	17
	Fosfaat.....	17
	Uitwisselbare basen.....	17
3	Wateranalyses.....	17
3.1	Achterhoek.....	17
3.2	Voltherbroek.....	19

IV Fosfaat- en basentoestand

1	Fosfaattoestand.....	23
1.1	Achtergrond.....	23
1.2	De fosfaattoestand in de Achterhoek.....	24
	Conclusie.....	26
1.3	De fosfaattoestand in het Voltherbroek.....	27
	Conclusie.....	28
2	Basentoestand.....	29
2.1	Algemeen.....	29
2.2	De basentoestand in de Achterhoek.....	29
2.3	De basentoestand in het Voltherbroek.....	29

V Vegetatieperspectieven

1	Waar zou moeten worden afgegraven?.....	33
	Uitzonderingen.....	33
	Conclusie.....	33
2	Wat is het effect van afgraven?.....	34
	Fosfaat.....	34
	Basenverzadiging en ZNC.....	37
	Grondwater.....	37
3	Vegetatieperspectief na afgraven.....	38
4	Uitmijnen.....	39
5	Samenvattende conclusie en advies.....	40

Literatuur	41
-------------------------	----

Bijlagen

1	Beschrijving van de bodemprofielen	46
2	Resultaten van de bodemanalyses uit de terreinen in de Achterhoek.....	54
	Resultaten van de bodemanalyses uit de terreinen in het Voltherbroek	55
3	Resultaten van de grondwateranalyses uit de Achterhoek en het Voltherbroek.....	56
4	Kaart met de dikte van de A-horizont.....	57
5	Kaart met de GHG na afgraven	60
6	Kaart met de PSI en PSD na afgraven	63
7	Kaart met de ligging van de boringen en de monsterpunten	66

Figuren

1.1	De ligging van de Slangenburg, Heidenhoekse Vloed, Halse Heide, Leeg'n Könningstool en Koolmansdijk in de Achterhoek	1
1.2	De ligging van het Voltherbroek in Twente	2
3.1-3.6	Bodemkaarten van de onderzochte terreinen	
3.1	Slangenburg	12
3.2	Heidenhoekse Vloed	12
3.3	Halse Heide	12
3.4	Leeg'n Könningstool	13
3.5	Koolmansdijk	13
3.6	Voltherbroek	15
3.7-3.8	Waarden van $(Fe+Al)_{ox}$, P_{ox} en P-bodemvocht in de onderzocht grondmonsters	
3.7	Achterhoek	18
3.8	Voltherbroek	18
3.9	Boring VB25-1 met een zeer ijzerrijke horizont op 35-70 cm-mv (laarpodzol)	20
4.1	Het verband tussen P in bodemvocht en de fosfaatverzadigingsindex (PSI).....	23
4.2	Versand tussen het fosfaat in bodemvocht en de PSI in de Achterhoekse terreinen.....	24
4.3	Versand tussen het fosfaat in bodemvocht en de PSD in de Achterhoekse terreinen	25
4.4	Versand tussen het fosfaat in bodemvocht en de PSI in het Voltherbroek	28
4.5	Versand tussen het fosfaat in bodemvocht en de PSD in het Voltherbroek	29
4.6	De basenverzadiging in het Voltherbroek en in de terreinen in de Achterhoek	30
5.1-5.5	Potentiële vegetatiekaart van de terreinen in de Achterhoek	
5.1	Slangenburg	34
5.2	Heidenhoekse Vloed	34
5.3	Halse Heide	34
5.4	Leeg'n Könningstool.....	35
5.5	Koolmansdijk.....	35
5.6	Potentiële vegetatiekaart van de terreinen in het Voltherbroek	36
5.7	Satellietfoto van Koolmansdijk, waarop aan de variatie van de vegetatie is te zien welke delen reeds zijn afgegraven	41
5.8	Enige impressies uit de onderzoeksterreinen	42

Tabellen

1.1	Overzicht van boringen en monsters in de verschillende terreinen	4
3.1	Overzicht van de waargenomen bodemeenheden.....	11
3.2	Calciumbezetting van gronden in Koolmansdijk in 1987, 2000 en 2007.....	16
3.3	Gemiddelde en afgeronde concentraties van de fosfaatbindingscapaciteit $(Fe+Al)$, fosfaat (P_{ox}) en P-bodemvocht, in gronden uit andere terreinen en van locaties in de Achterhoek en het Voltherbroek.....	16
3.4	Beoordeling van grondwater in de Achterhoek en het Voltherbroek	20
4.1	Gemiddelde dikte van de A-horizont in de onderzochte terreinen in de Achterhoek en het Voltherbroek	25
4.2	Gemiddelde waarden per horizont en bodemtype van gemeten parameters in de percelen in de Achterhoek.....	26
4.3	Gemiddelde waarden per horizont en bodemtype van gemeten parameters in de percelen in het Voltherbroek.....	27
5.1	Gemiddelde PSI, PSD, basenverzadiging en basenhoeveelheid van de A-horizont en van de na afgraven dagzomende horizont.....	37
5.2	Vegetatieopnamen op, in 1999-2003, afgegraven plaatsen in Koolmansdijk	38
5.3	Gemiddelde gehalten met standaardafwijking van oxalaat extraheerbaar ijzer, aluminium en fosfaat en de fosfaatverzadigingsindex van een viertal plantengemeenschappen in natuurterreinen en van de na afgraven dagzomende horizonten in de Achterhoek en het Voltherbroek	39
5.4	Oppervlakten in ha. van verwachte syntaxa in de Achterhoek en het Voltherbroek.....	40

Inleiding

In de provincie Gelderland en Overijssel liggen enkele landbouwgronden, die Staatsbosbeheer meestal recent in bezit heeft gekregen. In de provincie Gelderland betreft dat percelen in de Slangenburg, Koolmansdijk, Halse Heide, Heidenhoekse Vloed en Leeg'n Könningstool en in de provincie Overijssel percelen in het Voltherbroek. Het gaat om gebieden die vallen onder 'Natuur Buiten Landinrichting' (NBL).

Door de provincies zijn natuurdoeltypen opgesteld; het doel van dit onderzoek was te achterhalen in hoeverre deze doeltypen kunnen worden bereikt. De uitspraken worden gedaan op basis van bodemopbouw, fosfaat- en basentoestand en grondwatersituatie en kwaliteit.

Van Dienst Landelijk Gebied (Provinciaal Kantoor Overijssel) heeft Giesen & Geurts opdracht ontvangen de grond nader te onderzoeken op aspecten die van belang zijn voor de ontwikkeling van de beoogde natuurdoeltypen.

Hiertoe is veldwerk verricht, met grondboringen, om het bodemtype vast te leggen en de dikte van de voedselrijke bouwvoor te bepalen. Van een aantal profielen werd op 2-3 diepten de fosfaat- en basentoestand onderzocht.

In dit rapport komen o.a. aan de orde:

- * Gehanteerde onderzoeksmethoden.
- * Resultaten van boringen en analyses.
- * Evaluatie van de resultaten met adviezen.

Woord van dank

Wij danken Dienst Landelijk Gebied in Zwolle voor het mogelijk maken van dit onderzoek en in het bijzonder Kees Buddingh en Frank Ringenaldus voor de begeleiding. Verder gaat onze dank uit naar Joop Vrielink, voor zijn hulp bij de boringen en profielbeschrijvingen. Niels Janse (GI-beheerder van DLG) bedanken we voor het kant en klaar aanmaken van bestanden en Frits van Wijngeeren (Staatsbosbeheer) voor het beschikbaar stellen van vegetatieopnamen van Koolmansdijk.



Giesen & Geurts,
Ecologisch Adviesbureau,
't Goor 9,
7071 PC Uift.

Augustus 2007.



I

Terreinen en probleemstelling



1 Terrein

De onderzoeksgebieden liggen in de provincies Gelderland en Overijssel. De Slangenburg ligt ten oosten van Doetinchem, Koolmansdijk ten noorden van Lichtenvoorde, de Halse Heide tussen Halle en Mariënvelde, de Heidenhoekse Vloed ten oosten van Zelhem en de Leeg'n Könningstool ten noorden van Zieuwent (fig. 1.1). Het Voltherbroek ligt aan het Kanaal Almelo-Nordhorn, juist ten westen van Denekamp (fig. 1.2).

In de Slangenburg zijn 10 percelen onderzocht die alle uit min of meer voedselrijk grasland bestaan. De meeste percelen liggen langs de Beneden Slinge, één perceel ligt langs de Bielheimerbeek. In Koolmansdijk zijn zes percelen onderzocht die eveneens uit min of meer voedselrijk grasland bestaan. In Koolmansdijk is al eerder van een aantal percelen de bouwvoor afgegraven met zeer positieve resultaten. In de Halse Heide is slechts één perceel onderzocht dat aan het bestaande reservaat met natte heide grenst. Langs de Boldijk, vlak bij de bestaande Heidenhoekse Vloed, is één perceel onderzocht. In de Leeg'n Könningstool zijn drie percelen onderzocht, waarvan één maïsakker: in de twee graslandpercelen zijn indicaties van lichte verschraling aanwezig.

In het Voltherbroek zijn 38 percelen onderzocht. Het betreft in de meeste gevallen graslandpercelen en in één geval een Grote brandnetelruigte. De meeste graslanden zijn in het Witbolstadium, maar er komt ook schralere vegetatie voor.

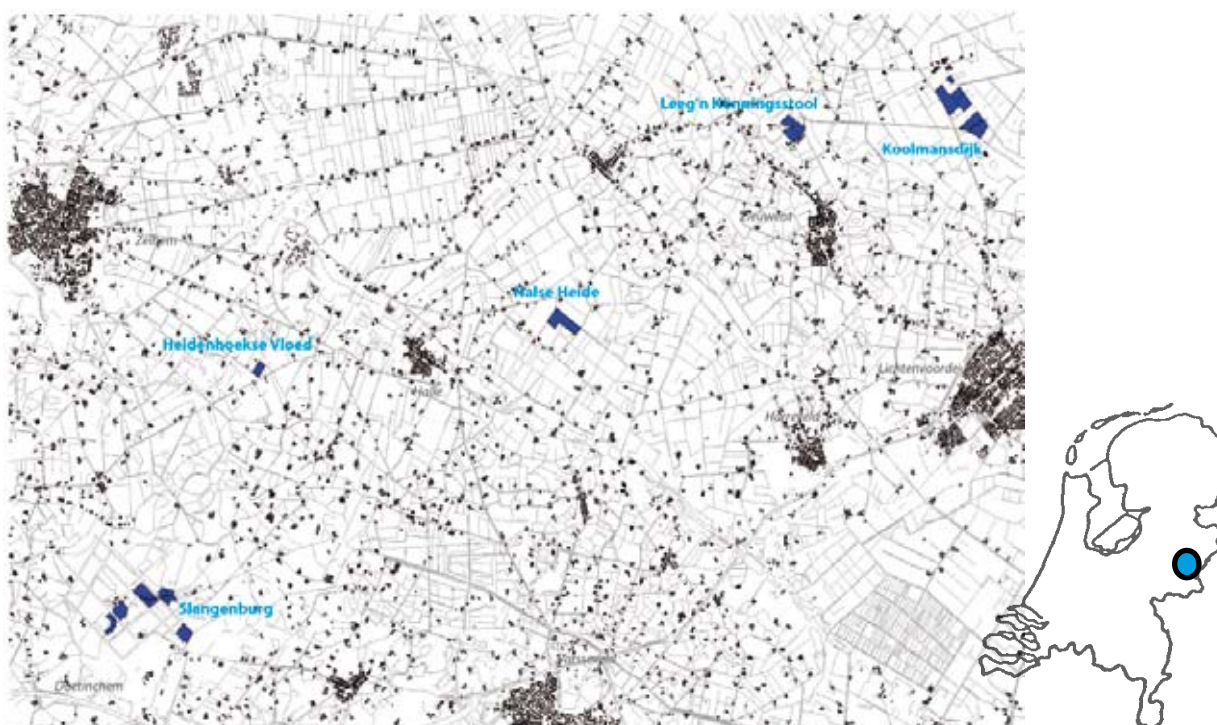


Fig. 1.1.

De ligging van de Slangenburg, Heidenhoekse Vloed, Halse Heide, Leeg'n Könningstool en Koolmansdijk in de Achterhoek.

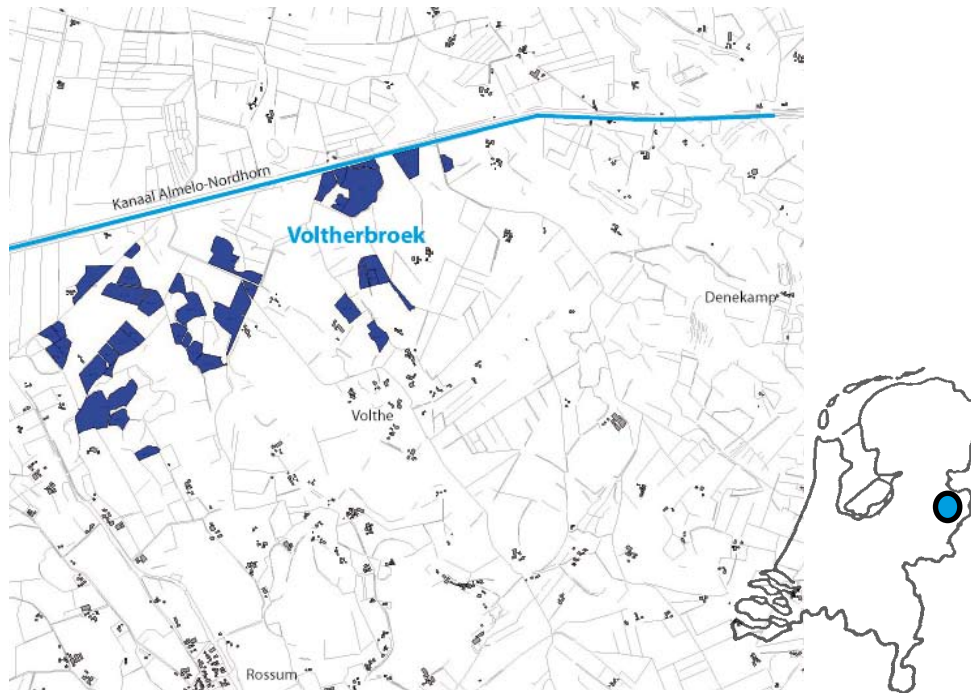


Fig. 1.2.
De ligging van het Voltherbroek in Twente.

2 Probleemstelling

De onderzochte agrarische gras- en akkerlanden verkeren in een voedselrijk stadium. Gezien het voedselrijke karakter van de huidige gras- en akkerlanden, is het de vraag of de opgestelde natuurdoeltypen haalbaar zijn. Om de doelen te bereiken zal daarom een ander beheer moeten worden toegepast.

Van de exacte voedselrijkdom van de graslanden in de huidige toestand was weinig bekend. Omdat voor de natuurdoeltypen voedselarme(re) omstandigheden van de bodem zullen zijn vereist, was het van belang de trofietoestand van de bodem in kaart te brengen. Ook is het van belang te onderzoeken of (basenrijk) grondwater in de wortelzone, of aan maaiveld komt. De basenbezetting van de wortelzone bepaalt immers mede welke vegetatie zich zal kunnen vestigen.

De onderzoeksvragen waren de volgende:

- * Wat is de fosfaattoestand van de bovengrond?
- * Is de voedingstoestand door afgraven tot een streefniveau terug te brengen?
- * Waar bevinden zich de meest kansrijke locaties voor de ontwikkeling van natuurdoeltypen?
- * Welke maatregelen zijn nodig om de ontwikkeling te realiseren?
- * Welke oppervlakten zijn met de maatregelen te realiseren?



Informatieplaat over het Life-project 'Ambition' in het Voltherbroek.



Perceel (VB23) in het Voltherbroek met droog Witbolgrasland op de voorgrond (podzolgrond) en een vochtige laagte daarachter (gooreerdgrond).



3 Onderzoek

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen is het noodzakelijk de bodem gedetailleerd in kaart te brengen. De hieruit voortvloeiende bodemkaart werd gebruikt om de analyseresultaten van de steekproefgewijs verzamelde bodemmonsters te extrapoleren naar niet bemonsterde delen van het terrein, met overeenkomstige bodemtypen. De 56 ha in Overijssel en 51 ha in Gelderland werd gekarteerd door 237 beschreven boringen tot ca. 120 cm-mv en 256 tussenboringen uit te voeren (gemiddeld 4,6 boringen per ha). In tabel 1.1 is het aantal boringen per terrein opgegeven.

Tabel 1.1

Overzicht van boringen en monsters in de verschillende terreinen. Het aantal boringen in Koolmansdijk is de som van de boringen in 2000 (Giesen & Geurts, 2000) en in 2007.

Provincie	Terrein	Oppervlakte ha	Beschreven boringen	Tussenboringen	Aantal boringen per ha	Bodemmonsters			
						verzameld	geanalyseerd		
							fase 1	fase 2	basen %
Gelderland	Slangenburg	18	36	31	3,8	18	11	4	5
	Koolmansdijk	18	20+39	20	4,4	29	16	9	13
	Halse Heide	7	12	23	5,0	5	3	0	0
	Heidenhoekse Vloed	2	8	18	13,0	4	3	1	0
	Leeg'n Köningsstool	6	17	35	9,2	13	6	3	2
Totaal		51	132	127	5,0	69	39	17	20
Overijssel	Voltherbroek	56	105	129	4,2	90	44	10	18
Totaal Gelderland + Overijssel		107	237	256	4,6	159	83	27	38

De bodem werd bemonsterd op twee diepten: de voedselrijke bovengrond (A-horizont) en de B of C-horizont direct daaronder. In enkele gevallen werd ook de gereduceerde Cr-horizont bemonsterd. De A-horizont van de podzol-, gooreerd en enkeerdgronden werd volgens opdracht niet onderzocht. Er werd van uitgegaan dat de fosfaatverzadiging te hoog is en de basenverzadiging laag zal zijn. Van de verzamelde bodemmonsters werden de fosfaat- en basentoestand bepaald. De fosfaattoestand werd uitgewerkt tot fosfaatverzadigingsgetallen. De waarden zijn van belang voor het inschatten van de mogelijkheden om bepaalde natuurdoeltypen te ontwikkelen. De basentoestand werd uitgewerkt tot basenverzadigingsgetallen, van belang voor de aard van de zich te vestigen vegetatie. Voor het vaststellen van de grondwaterstanden werd in het veld de GHG genoteerd aan de hand van hydromorfe kenmerken.

A rural landscape featuring a canal in the foreground with tall reeds. In the middle ground, there is a house with a red roof and a fence. The background is filled with a dense line of green trees under a clear blue sky.

II

Werkwijze en analysemethoden





1 Gefaseerde analyse

Door de aard van de verwachte bodemtypen, met veelal podzolen, werd (in overleg met DLG) besloten de analyses in fasen uit te voeren. De ervaring leert dat bij podzol- en enkeerdgrond in de A-horizont (bouwvoor) de fosfaatbeschikbaarheid hoog is, maar ook vaak de fosfaatvoorraad. Daarom is er van afgezien deze A-horizont te analyseren. Het uitgangspunt was dus dat de A-horizont zou moeten worden afgegraven. Aan deze podzolen is ook geen basenverzadiging bepaald, omdat de verzadiging naar verwachting laag zal zijn. Bij de interpretatie wordt uitgegaan van lage basenverzadigingsgetallen voor podzolen (<20%).

Van de overige gronden wordt in de eerste fase de A-horizont geanalyseerd en in geval van hoge fosfaatverzadiging in fase twee ook de onderliggende C-horizont. Die C-horizont zal na afgraven gaan dagzomen. In de tweede fase wordt alleen aan (dazomende) horizonten met voldoende lage fosfaatverzadiging de basenverzadiging bepaald. Bij podzol- en enkeerdgrond werd alleen van de B of C-horizont de fosfaatverzadiging onderzocht.

Hierdoor wordt het monsteraantal zo veel mogelijk beperkt, maar er is een kleine kans aanwezig dat enkele fosfaatarme A-horizonten worden gemist.

2 Bodemkartering en bemonstering

In het onderzoeksgebied, met een totale oppervlakte van 107 ha., werd door middel van 237 boringen de bodem in kaart gebracht en met nog 256 tusenboringen werd een nauwer grid voor de dikte van de Ah-horizont gelegd. De boringen werden uitgevoerd met een Edelmanboor. De profielen werden beschreven volgens Klinka (bijlage 1). Er werd aangegeven of een horizont gereduceerd of roestig was. Verder werd het humuspercentage en het lutum- en/of leemgehalte van minerale horizonten genoteerd. De grondwatertrap, de GHG en de GLG werden eveneens bepaald. In het veld werd het bodemtype vastgesteld. Bij de kartering van Koolmansdijk is voor twee percelen gebruik gemaakt van een eerdere kartering (Giesen & Geurts, 2000).

Op representatieve plaatsen werd de bodem op 2-3 diepten bemonsterd: de A-horizont en de laag direct daaronder (B/C-horizont) en in enkele gevallen de Cr-horizont. Er werden 159 grondmonsters verzameld. De keuze van de monsterplaats werd in het veld bepaald, aan de hand van de aanwezigheid van een niet verstoord profiel en de frequentie waarin een bodemtype gevonden werd. Tevens werd de keuze bepaald door het leemgehalte. Van de verzamelde monsters werden uiteindelijk 110 monsters (volgens opdracht) uitgeselecteerd om te analyseren.

In het Voltherbroek en in de Achterhoek werden een klein aantal grondwatermonsters verzameld. Verder werd gebruik gemaakt van eerder uitgevoerde wateronderzoek (Giesen & Geurts, 1998, 2000, 2001 en 2003).

3 Bodemanalyses

De 110 geanalyseerde grondmonsters zijn in goed afgesloten PE-zakken vervoerd en op het laboratorium gecatalogiseerd. De grond werd zo spoedig mogelijk op schalen uitgespreid en aan de lucht gedroogd (geforceerde ventilatie bij 35°C). De droogtijd bedroeg ca. 24 uur.



Nadat de grondmonsters luchtdroog waren, is een representatief deel van het monster gemalen in een kruisslagmolen (fijnheid < 0,5 mm) en gehomogeniseerd. De gemalen grondmonsters zijn opgeslagen in PE-potten bij kamertemperatuur. Van de luchtdroge grond is (na malen) het vochtgehalte bepaald (4 uur drogen bij 105°C). De afgewogen luchtdroge grond is op dit vochtgehalte gecorrigeerd, zodat alle in de tabellen opgegeven gehalten berekend zijn van oven-droge grond. Om zo homogeen mogelijke submonsters af te wegen, waaraan de bepalingen zijn uitgevoerd, werd op steeds verschillende plaatsen een klein deel van het monster genomen. Dit geeft een acceptabel representatief deelmonster. Voor het malen is een Culatti kruisslagmolen gebruikt, voorzien van zeefjes met poriëgrootte 0,5 mm. Spectrofotometrische kleurreacties zijn gemeten met een UV/VIS DR 4000 van HACH. Titraties zijn uitgevoerd met een Titroline 96.

Door extractie van de grond met een oxaalzuur/ammoniumoxalaatbuffer met pH=3,0 wordt het gehalte 'actief' ijzer, aluminium en P in de grond bepaald. Oxalaat extraheerbaar P, Fe en Al werden met ICP-AES gemeten.

Voor de meting van P-bodemvocht werd de luchtdroge grond met water (W/V=1:2) geschud (Koopmans, 2004), gecentrifugeerd en in het heldere centrifugaat werd PO_4^{3-} -P gemeten en uitgedrukt in mg/l (in tegenstelling tot de andere waarden in mg/100g OD grond).

Met het organische stofgehalte wordt meestal het gehalte aan organische stof bedoeld dat tijdens het gloeien verloren gaat. Tijdens het gloeien was de oventemperatuur 380°C. De 'bulkdensity' werd bepaald aan een in het veld verzameld volume grond. De bulkdensity is nodig bij berekeningen aan verschralen en uitmijnen. De basenverzadiging van de grond is bepaald volgens de Bascomb-methode met een bij pH=8,1 gebufferde extractieoplossing. In het extract is ook de hoeveelheid uitwisselbaar calcium, magnesium, kalium, natrium en H gemeten (resp. met AAS en door titratie). De basenverzadiging is berekend over de som van de gemeten kationen (calcium, magnesium, kalium, natrium en H). De Ca-verzadiging is berekend over de som van de vier basen (i.v.m. vergelijking van waarden uit Koolmansdijk van 1987). De resultaten staan in bijlage 2.

4 Wateranalyses

In het Voltherbroek zijn vijf grondwatermonsters verzameld uit bestaande of geplaatste peilbuizen. In de Achterhoek werden vier grondwatermonsters uit bestaande peilbuizen verzameld. Naast deze grondwatermonsters is gebruik gemaakt van eerder geanalyseerde grondwatermonsters uit Koolmansdijk, Slangenburg, Halse Heide en Heidenhoekse Vloed (Giesen & Geurts, 1998, 2000 en 2003).

De grondwatermonsters zijn verzameld met een Vampir slangpomp (Bürkle). De monsters werden gekoeld vervoerd en de pH, EGV en alkaliniteit werden nog op dezelfde dag bepaald. Het fosfaatgehalte en de overige parameters werden de volgende dag gemeten. pH en EGV werden gemeten met een SensIon 378 (Hach), spectrofotometrische bepalingen (sulfaat, fosfaat en chloride) met een DR4000 (Hach) en kationen met een Unicam AAS Solar 969. De alkaliniteit is titrimetrisch bepaald.

De analyses werden gecontroleerd volgens de methode van Van Wirdum (1991). Het watertype werd bepaald volgens Stuyfzand (1986). De analyseresultaten staan in bijlage 3.

A rural landscape featuring a canal in the foreground with tall reeds. In the middle ground, there is a house with a red roof and a fence. The background is filled with a dense line of green trees under a clear blue sky.

III

Bespreking van de resultaten





1 Bodembeschrijving

1.1 Bodemeenheden

In bijlage 1 zijn de bodemprofielen van alle boringen beschreven. In de onderzochte gebieden werden de bodemtypen uit tabel 3.1 waargenomen.

Tabel 3.1. Overzicht van de waargenomen bodemeenheden. SB=Slangenburg, HV=Heidenhoekse Vloed, HH=Halse Heide, KS=Leeg'n Könningstool, KD=Koolmandijk en VB=Voltherbroek.

Bodemtype omschrijving	SB	HV	HH	KS	KD	VB
Laarpodzolgronden						
cHn35 laarpodzol in zwak lemig, matig fijn zand	x	-	-	-	-	-
cHn53 laarpodzol in zwak lemig, matig fijn zand	-	x	-	x	-	x
Veldpodzolgronden						
Hn21 veldpodzol in zwak lemig, fijn zand	-	-	-	-	x	-
Hn33 veldpodzol in zwak lemig, zeer fijn zand	-	-	-	-	-	x
Hn53 veldpodzol in zwak lemig, matig fijn zand	-	-	x	-	-	x
Hn35 veldpodzol in sterk lemig, matig fijn zand	-	-	x	-	-	x
Moerpodzolgronden						
zWp moerpodzol met een zanddek	-	-	-	x	-	-
Gooreerdgronden						
cZn35 gooreerd in sterk lemig, zeer fijn zand met een cultuurdek (30-50cm)	x	-	-	-	-	x
cZn53 gooreerd met een matig dik dek (30-50 cm) in zwak lemig, matig fijn zand	-	-	-	-	-	x
pZn21 gooreerd in zwak lemig, fijn zand	-	-	-	-	x	-
pZn35 gooreerd in sterk lemig, zeer fijn zand	-	-	x	-	-	x
Enkeerdgronden						
zEZ34 enkeleerd in zwak en sterk lemig, zeer fijn zand	x	-	-	-	-	-
Beekeerdgronden						
tZg53 bekeerd in zwak lemig, matig fijn zand	x	-	-	-	-	-
tZg35 bekeerd in sterk lemig, zeer fijn zand	x	-	-	-	-	x
tZg36 bekeerd in sterk en zeer sterk lemig, zeer fijn zand	x	-	-	-	-	-
cZg53 bekeerd in zwak lemig, matig fijn zand met een cultuurdek (30-50 cm)	x	-	-	-	-	-
cZg35 bekeerd in sterk lemig, zeer fijn zand met een cultuurdek (30-50 cm)	x	-	-	-	-	-
pZg23 bekeerd in zwak lemig, fijn zand	-	-	-	-	x	-
pZg53 bekeerd in zwak lemig, matig fijn zand	-	-	-	x	-	-
pZg33 bekeerd met een dunne of matig dikke eerdlaag, in zwak lemig, zeer fijn zand	-	-	-	-	-	x
pZg35 bekeerd met een dunne of matig dikke eerdlaag, in sterk lemig, zeer fijn zand	-	-	-	-	-	x
pZg37 bekeerd in zeer sterk lemig, zeer fijn zand	-	-	-	x	-	-
kpZg35 bekeerd in sterk lemig, zeer fijn zand, met een kleidek	-	-	-	-	-	x
fpZg23 bekeerd in zwak lemig, fijn zand, ijzerrijk	-	-	-	-	-	x
kfpZg23 bekeerd in zwak lemig, fijn zand met een kleidek en ijzerrijk	-	-	-	-	-	x
Leemgronden						
Ln5/KT leemgrond en zware tot zeer zware kleigrond	x	-	-	-	-	x
Diep verwerkte gronden						
H/Z diep verwerkte (>50 cm) mengsel van humeus en humusloos zand	-	-	-	x	-	x
K/Z mengsel van zware klei en zand	-	-	-	-	-	x

Als toevoegingen werden gebruikt:

..n	met hydromorfe kenmerken
t..	cultuurdek dun, 15-30 cm
c..	cultuurdek matig dik, 30-50 cm
p..	eerdlaag
z(EZ)	zwart
z..	zanddek
k..	kleidek
f..	ijzerrijk
..z	zandondergrond
..g	gley, hydromorf en roest op <35 cm
..25	grofheid zand (2)/hoeveelheid leem (5)

Grondwatertrappen.

Op de bodemkaart zijn tevens de grondwatertrappen (Gt's) zo goed mogelijk aangegeven. Dit is zonder gegevens van grondwaterstands-buizen gedaan, dus uitsluitend aan profielkenmerken en landschap-pelijke ligging.

Grondwatertrap	GHG	GLG
I	-	<50
H	-	50-80
III	<40	80-120
IV	>40	80-120
V	<40	>120
V*	<40>25	>120
VI	40-80	>120
VII	>80	>120

Op de bodemkaart is op meerdere plaatsen een associatie van Gt's aangegeven, b.v. II/III. Daar was het vaststellen van de Gt moeilijk. In paragraaf 1.3 wordt de legenda van de bodemkaart nader omschreven. Belangrijke aspecten zijn in kaart weergegeven. In fig. 3.1 t/m 3.5 is de bodemkaart van 2007 te zien.

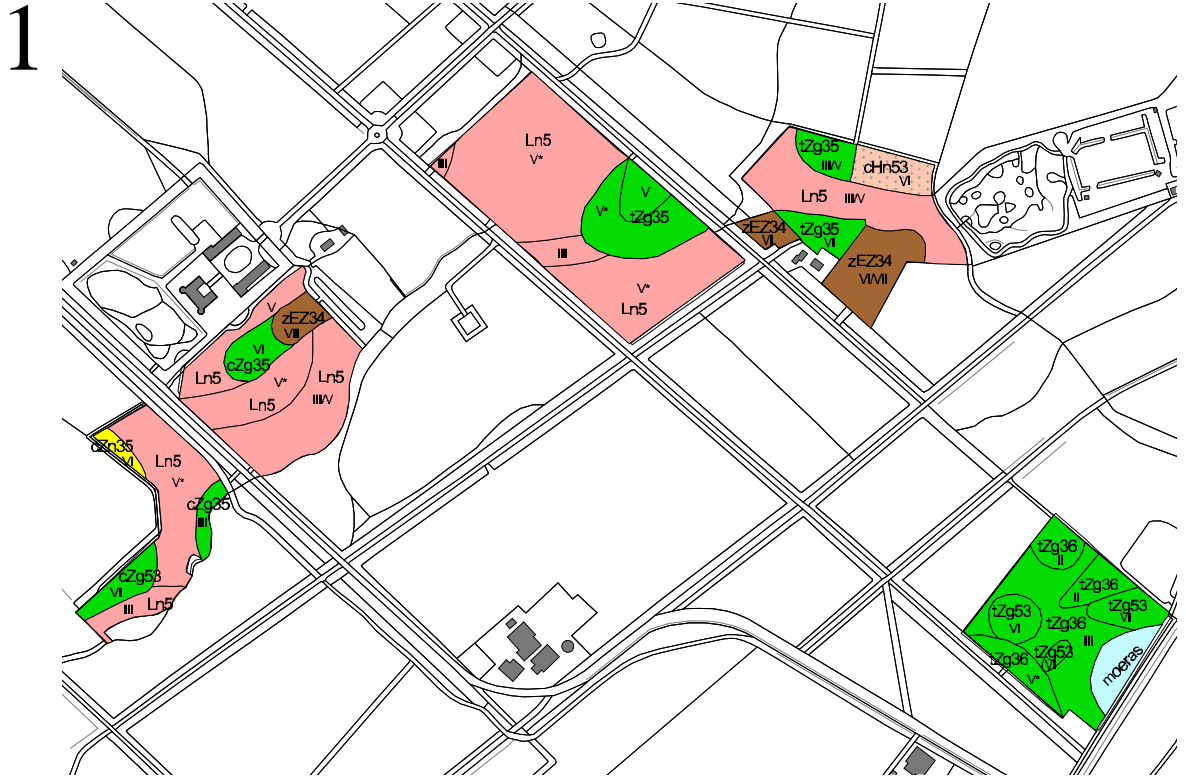
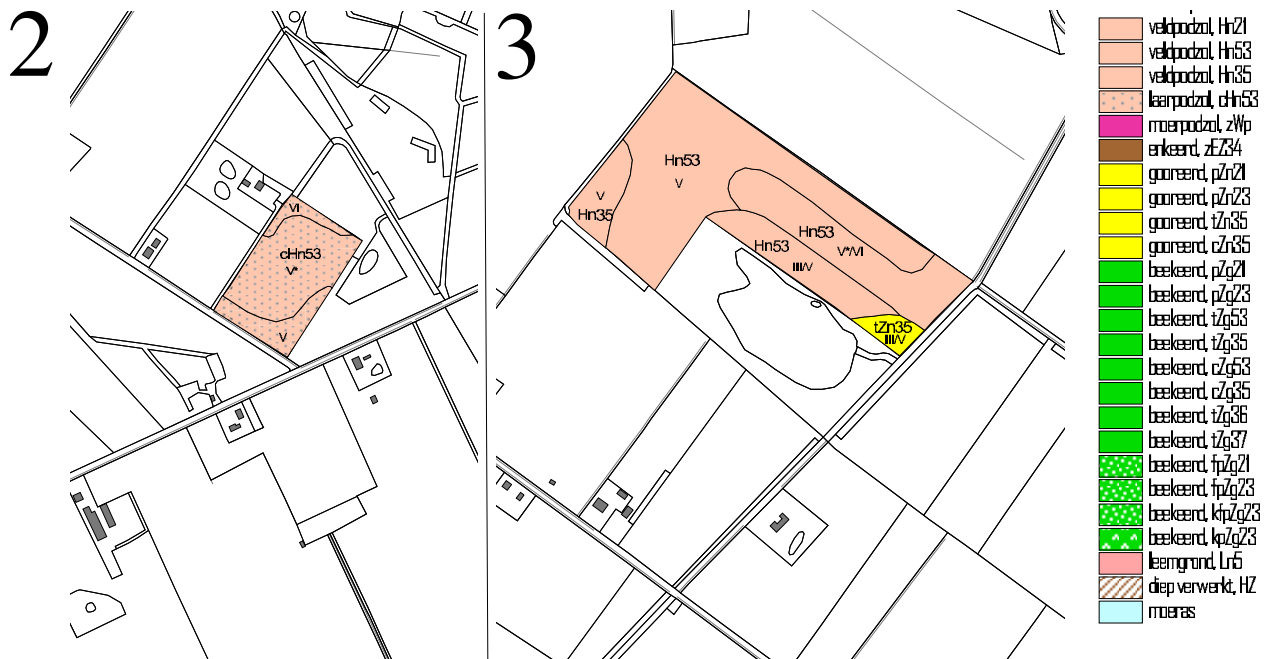


Fig. 3.1 t/m 3.5

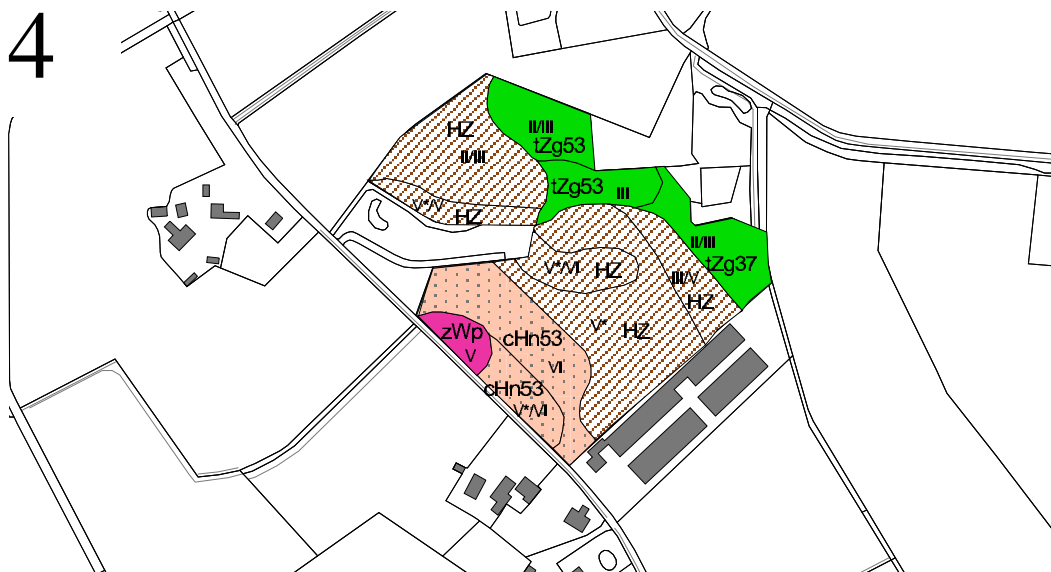
Bodemkaarten van de onderzochte terreinen met Gt.

1 Slangenburg, 2 Heidenhoekse Vloed, 3 Halse Heide, 4 Leeg'n Könningstool en 5 Koolmansdijk.





4



5





1.2 Algemeen.

Achterhoek

In de Leeg'n Könningstool zijn plaatselijk de gronden diep (>50 cm) verwerkt. Hier is de humeuze bovengrond gemengd met materiaal uit de Cg-horizont (eenheid H/Z en K/Z). De gooreerd-, beekerd- en leemgronden kunnen vanaf 80 cm-mv gereduceerd zijn.

Voltherbroek

Op sommige plaatsen zijn de gronden (diep) verwerkt (eenheid H/Z en K/Z) en/of geëgaliseerd wat het lastig maakt om per vlak de dikte van de humeuze bovengrond aan te geven. Deze dikte kan over zeer korte afstand verschillen. De gooreerd-, beekerd- en vlakvaaggronden zijn meestal binnen het onderzochte profiel (tot 120 cm-mv) gereduceerd.

2 Bodemanalyses

De resultaten van de bodemanalyses staan in bijlage 2.

2.1 Achterhoek

Fosfaat

De onderzochte monsters bevatten over het algemeen matige hoeveelheden oxalaat extraheerbaar ijzer en aluminium ((Fe+Al)_{ox} =bindingscapaciteit; tabel 3.3 en fig. 3.7). De gemeten hoeveelheden gefixeerd fosfaat (P_{ox}) zijn ook laag (met een enkele uitzondering). De uiterste waarden voor (Fe+Al)_{ox} zijn: 8,8 en 102,7 mmol/kg, voor P_{ox}: 0,2 en 16,9 mmol/kg en voor P_{bodemvocht}: 0,03 en 2,53 mg/l. In vergelijking met enkele andere terreinen in Nederland zijn de waarden van (Fe+Al)_{ox} niet hoog, maar van P_{ox} ook niet. De waarden van P_{bodemvocht} zijn laag. In fig. 3.7 zijn deze parameters samen te zien per bodemtype en horizont. De bindingscapaciteit daalt met de diepte, maar daalt bij leem- en beekerdgrond pas sterk in de Cr-horizont.

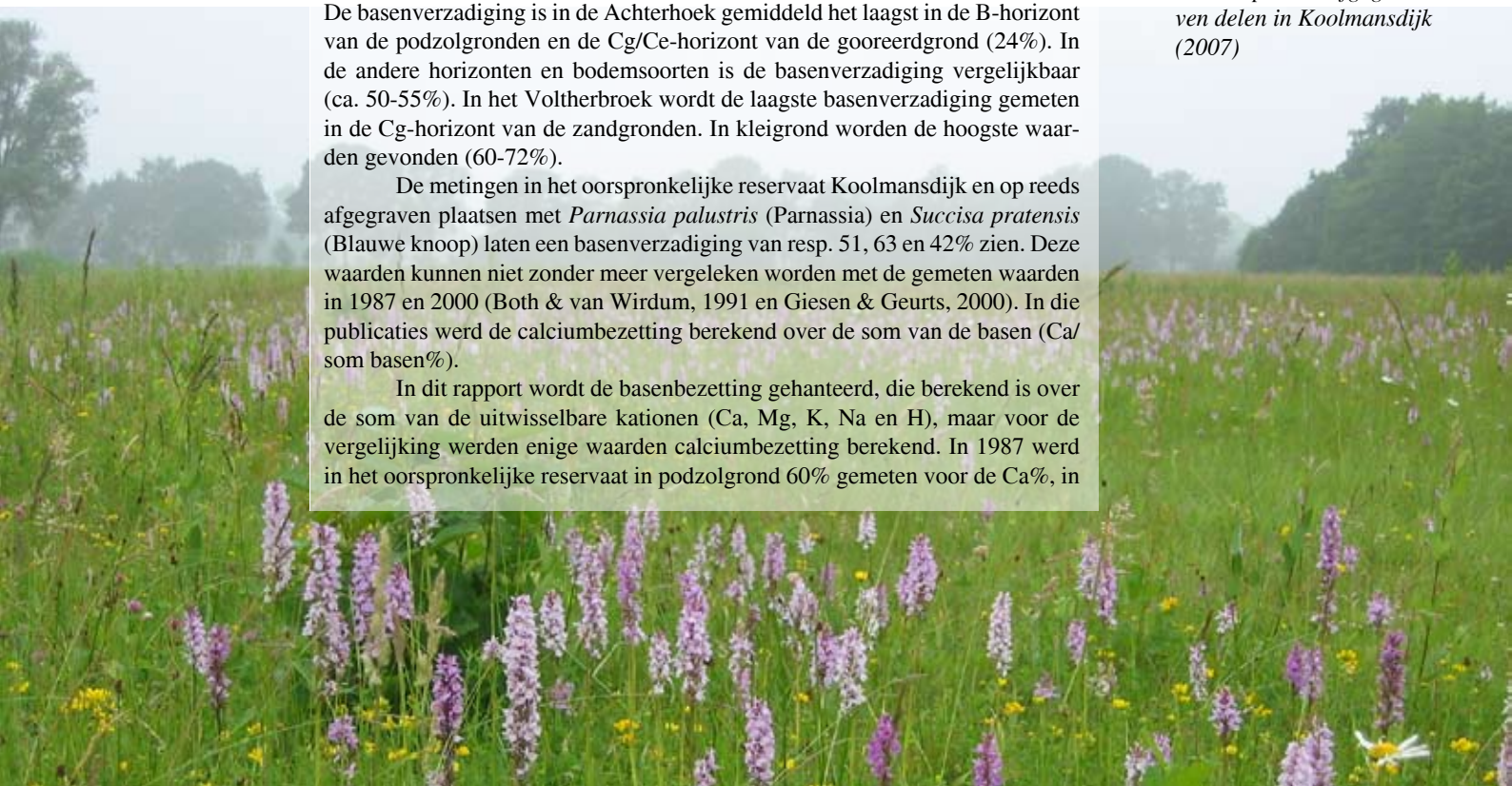
Uitwisselbare basen

De basenverzadiging is in de Achterhoek gemiddeld het laagst in de B-horizont van de podzolgronden en de Cg/Ce-horizont van de gooreerdgrond (24%). In de andere horizonten en bodemsoorten is de basenverzadiging vergelijkbaar (ca. 50-55%). In het Voltherbroek wordt de laagste basenverzadiging gemeten in de Cg-horizont van de zandgronden. In kleigrond worden de hoogste waarden gevonden (60-72%).

De metingen in het oorspronkelijke reservaat Koolmansdijk en op reeds afgegraven plaatsen met *Parnassia palustris* (Parnassia) en *Succisa pratensis* (Blauwe knoop) laten een basenverzadiging van resp. 51, 63 en 42% zien. Deze waarden kunnen niet zonder meer vergeleken worden met de gemeten waarden in 1987 en 2000 (Both & van Wirdum, 1991 en Giesen & Geurts, 2000). In die publicaties werd de calciumbezetting berekend over de som van de basen (Ca/som basen%).

In dit rapport wordt de basenbezetting gehanteerd, die berekend is over de som van de uitwisselbare kationen (Ca, Mg, K, Na en H), maar voor de vergelijking werden enige waarden calciumbezetting berekend. In 1987 werd in het oorspronkelijke reservaat in podzolgrond 60% gemeten voor de Ca%, in

Massale bloei van Gevlekte orchis op reeds afgegraven delen in Koolmansdijk (2007)



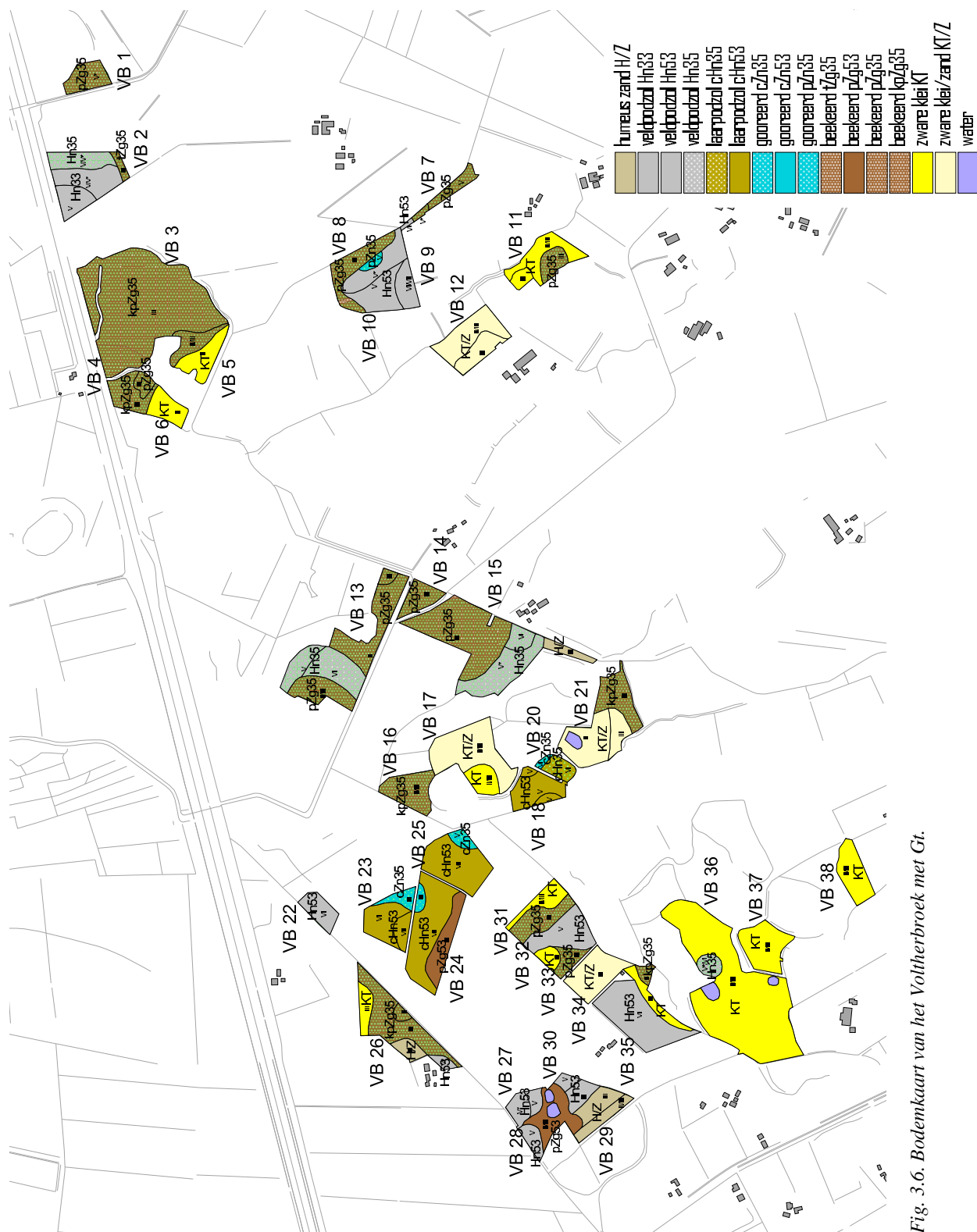


Fig. 3.6. Bodemkaart van het Voltherbroek met Gt.



gooreerd 80% en in beekerdgrond 90%. In 2000 werd in het reservaat 32% gemeten en in de C-horizont van de toen onderzochte graslanden 43-58% voor de calciumbezetting. Vergelijking met de huidige metingen is te zien in tabel 3.2. De cijfers laten goed zien dat na 2000 de grondwaterstand is verhoogd door afgraven en sluiting van het waterpompstation. Hierdoor kon de calciumbezetting weer worden aangevuld. Voor basenminnende vegetatie wordt voor de calciumbezetting een ondergrens van 60% aangehouden.

Tabel 3.2. Calciumbezetting van gronden in Koolmansdijk in 1987, 2000 en 2007 (Ca/som basen%). Na 2000 is de grondwaterstand gestegen.

Bodemtype	locatie/horizont	1987	2000	2007
Beekeerd	maaiveld schraalland	90%	32%	99%
Gooreerd	maaiveld schraalland	80%	-	-
Podzol	maaiveld schraalland	60%	-	-
Beekeerd	Cg	-	43-58%	91%
Gooreerd	Cg	-	50%	91%
Podzol	Cg	-	-	79%
Beekeerd	afgegraven met Parnassia	-	-	96%
Beekeerd	afgegraven met Blauwe knoop	-	-	89%

Tabel 3.3. Gemiddelde en afgeronde waarden van de fosfaatbindingscapaciteit (Fe+Al), fosfaat (P_{ox}) en P-bodemvocht, in gronden uit andere terreinen en van locaties in de Achterhoek en het Voltherbroek.

Gebied	Horizont	grondsoort	(Fe+Al) _{ox}	P _{ox}	P _{bodemvocht}
			mmol/kg	mg/l	mg/l
landbouwgrond Nederland	-	-	90	20	41,42
Binnenveld Wageningen	-	lemig zand/veen	174	12	0,88
Beltrum Achterhoek	-	lemig zand	103	12	0,75
Brunninkhuizerbeek Twente	-	lemig zand	60	3	0,06
Twente	-	lemig zand	56	7	0,59
Enkele Wiericke	-	(koop)veengrond	523	52	0,39
Renkumse beekdal	-	beekerdgrond	62	7	0,25
	-	gooreerdgrond	49	7	0,42
	-	enkeerdgrond	41	8	0,52
	-	podzolgrond	60	41	1,39
	C	alle typen	71	6	0,25
Breedbroeken	A	kalkarme hogere beek-/gooreerd	46	16	2,58
	C	kalkarme hogere beek-/gooreerd	24	2	0,77
	A	kalkrijke beek-/gooreerd	98	9	0,37
	C	kalkrijke beek-/gooreerd	15	0,6	0,09
Voltherbroek	A	alle typen	72	6,4	0,29
	B		76	1,6	0,16
	Cg		62	1,3	0,12
	Cr		24	0,8	0,12
Achterhoek	A	alle typen	59	8,2	0,15
	B		42	1,4	0,12



2.2 Voltherbroek

Fosfaat

De onderzochte bodemonsters bevatten over het algemeen matige hoeveelheden oxalaat extraheerbaar ijzer en aluminium ((Fe+Al)_{ox}), waardoor ook matige hoeveelheden fosfaat (P_{ox}) gebonden kunnen zijn (fig. 3.8 en tabel 3.3). Het blijkt echter dat zeer lage hoeveelheden P_{ox} gemeten worden. De uiterste waarden voor (Fe+Al)_{ox} zijn: 4.0 en 270,5 mmol/kg, voor P_{ox}: 0,01 en 13,1 mmol/kg en voor P-bodemvocht: 0,034 en 1,209 mg/l. In vergelijking met enkele andere terreinen zijn de waarden van (Fe+Al)_{ox} matig hoog, maar daarentegen van P_{ox} laag. De waarden voor P-bodemvocht zijn ook laag. In fig. 3.8 zijn deze parameters samen te zien per bodemtype en per horizont.

De bindingscapaciteit (Fe+Al)_{ox} blijft bij de meeste grondsoorten dieper in het profiel tamelijk hoog, maar bij de zandgronden daalt de capaciteit. In beekerdgrond met kleidek (kpZg) en in kleigrond, is de bindingscapaciteit in de A-horizont het hoogst. In podzolgronden is de bindingscapaciteit in de B-horizont het hoogst, tengevolge van inspoeling van ijzer- en aluminiummineralen.

De bindingscapaciteit daalt met de diepte in zand- en beekerdgrond, maar blijft ongeveer even hoog in podzolen en kleigrond.

In tabel 3.3 zijn enige waarden uit andere terreinen en uit de onderzochte percelen in Gelderland en Overijssel opgesomd. Vooral in landbouwgrond blijkt veel fosfaat (P-bodemvocht=41,4 mg/l) weg te lekken naar het grondwater.

Uitwisselbare basen

De basenverzadiging is het laagst in de A-horizont van de zandgronden (19%), iets hoger (30-45%) in de A-horizont van de beekerdgronden, nog hoger (50-70%) in de C-horizont van zowel de beekerd-, podzol-, kleigrond. De hoogste waarde is gemeten in de A-horizont van kleigrond (76%).

3 Wateranalyses

3.1 Achterhoek

Slangenburg

Het grondwater in de Slangenburg is in 1997 onderzocht (Giesen & Geurts, 1998). Het is gemiddeld zeer hard, zwak zuur en heeft een lange verblijftijd. Hierdoor is het calciumgehalte vaak hoog (tot 150 mg Ca/l). Het ijzer-, sulfaat-, chloride- en nitraatgehalte is soms hoog. Het grondwater langs de Beneden Slinge is steeds van het type CaHCO₃ en lithoclien. De IonRatio is matig hoog tot hoog (70-90%)

Heidenhoekse Vloed

Het grondwater is in het grootste deel van de Heidenhoekse Vloed hard, neutraal en de verblijftijd is lang (Giesen & Geurts, 2000 en 2003). Het grondwater bevat matig tot hoge gehalten calcium (30-100 mg Ca/l). Het ijzer-, nitraat en sulfaatgehalte is bijna overal laag. Dit wijst erop dat geen nitraat wordt aangevoerd en geen pyriet wordt geoxideerd (hierop zijn enkele uitzonderingen). In de meeste gevallen hebben we te maken met het CaHCO₃-type en de IonRatio

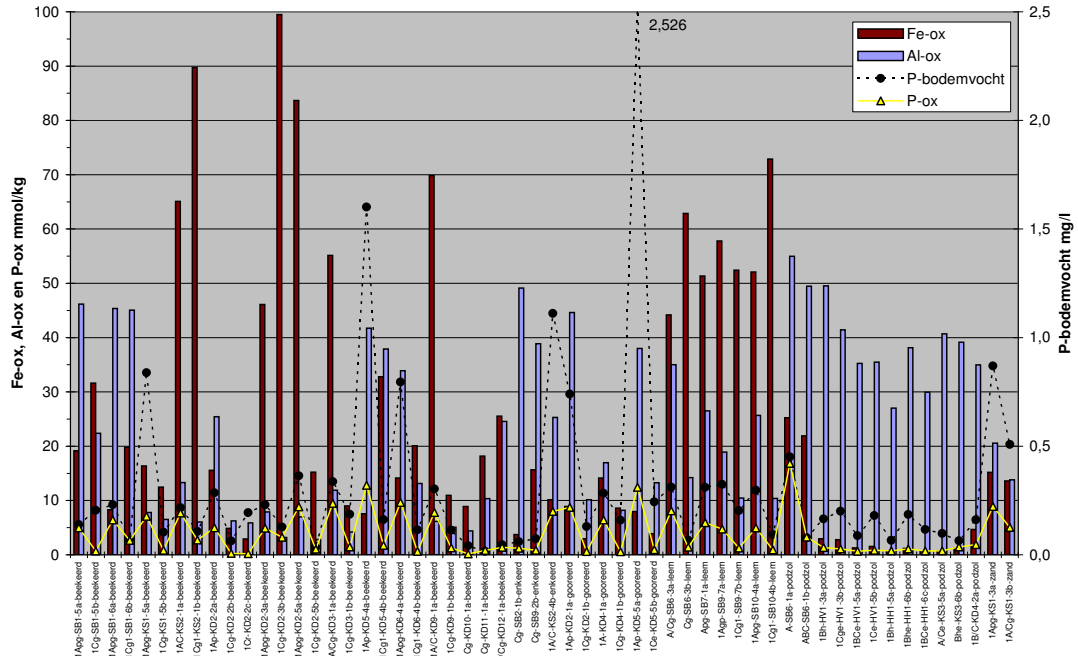


Fig. 3.7. Waarden van $(Fe \text{ en } Al)_{ox}$, P_{ox} en P-bodemvocht in de onderzochte grondmonsters uit de Achterhoek. Ze zijn gerangschikt naar grondsoort en horizont. Opvallend is het grote aandeel aluminium in de gooreerd- en podzol- en sommige beekerdgronden, in tegenstelling tot het grotere aandeel ijzer in de beekerd- en leemgronden.

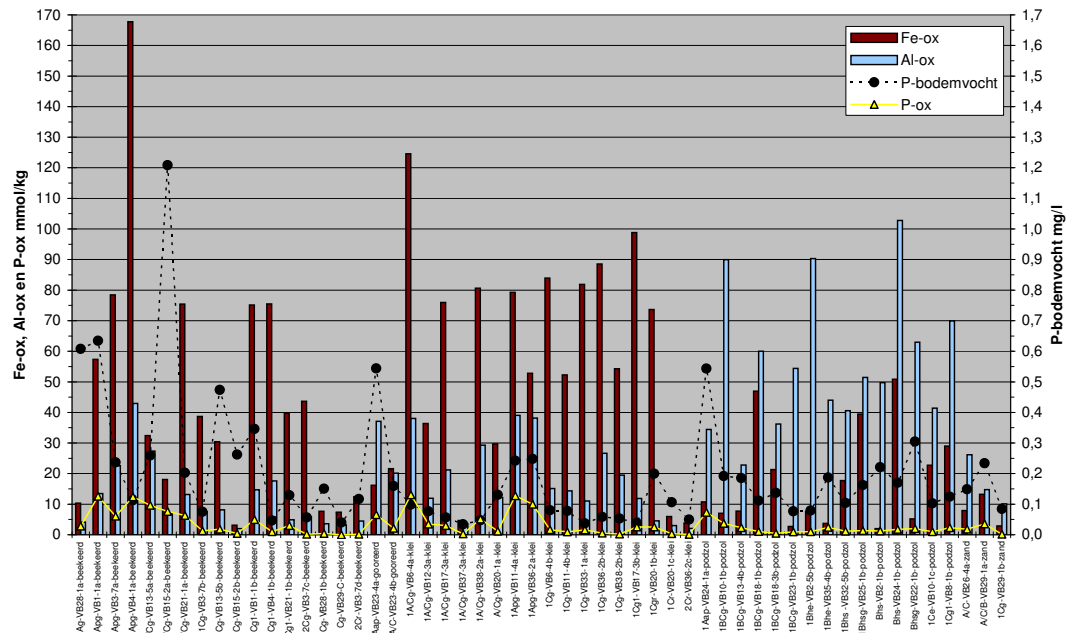


Fig. 3.8. Waarden van $(Fe \text{ en } Al)_{ox}$, P_{ox} en P-bodemvocht in de onderzochte grondmonsters uit het Voltherbroek. Ze zijn gerangschikt naar grondsoort en horizont. Opvallend is het grote aandeel aluminium in de gooreerd- en podzolgronden, in tegenstelling tot het grotere aandeel ijzer in de beekerd- en kleigronden.



is meestal hoog. Uitzonderingen wijzen op regenwaterinvloed ten gevolge van stagnatie. In het oostelijke deel van de Heidenhoekse Vloed is het water lithoclien (in het westen wat vaker atmoclien).

Halse Heide

Het grondwater in de Halse Heide is hard, zwak zuur, heeft een matig lange verblijftijd en bevat een matige hoeveelheid calcium (46-56 mg Ca/l; Giesen & Geurts, 2000). Het ijzergehalte is hoog (ca. 7 mg Fe/l), maar het sulfaat- en nitraatgehalte zijn laag (dus geen pyrietoxidatie). Wel is het fosfaatgehalte verhoogd en daardoor kan het water licht belast worden genoemd. Het water is van het CaHCO_3 type en lithoclien.

Leeg'n Könningstool

Het grondwater is zeer hard, neutraal en heeft een lange verblijftijd en bevat veel calcium. Ook is soms het ijzer-, sulfaat-, ammonium- en chloridegehalte tamelijk hoog. Dat wijst op pyrietoxidatie door nitraat en invloed door gierbemesting. De fosfaatbelasting van het grondwater is echter slechts 'licht'. Het CaHCO_3 -type grondwater en de hoge IonRatio maken het grondwater geschikt voor aanvoer van mineralen naar de wortelzone. Het water kan lithoclien worden genoemd.

Koolmansdijk

Het grondwater is zeer hard, neutraal en de verblijftijd is lang (Giesen & Geurts, 1998). Hierdoor is het water mineraalrijk en bevat veel calcium (tot 219 mg Ca/l). Het ijzergehalte is in buis B005 tamelijk hoog (in 2007), maar gaat niet samen met een zeer hoog sulfaatgehalte. In de meeste gevallen is het sulfaatgehalte tamelijk hoog (80-190 mg/l), waarschijnlijk tengevolge van pyrietoxidatie door lage waterstanden of door nitraat in het grondwater. De nitraatgehalten zijn laag. Het water is licht belast met fosfaat. Het water is van het CaHCO_3 -type, geschikt voor aanlevering van mineralen naar de wortelzone. De IonRatio is hoog en het water is lithoclien.

Het calciumgehalte van het grondwater was in 1978 (betreft wel andere buizen; Both & van Wirdum, 1981) veel lager (22 en 30 mg/l), evenals het sulfaatgehalte (40-51 mg/l). Wel was het nitraatgehalte in 1978 veel hoger dan nu (1,3-1,5 mg N/l tegen nu 0,02 mg N/l). In 1978 is geen ijzergehalte gemeten, maar wel in nabij gelegen buizen (gehalte zeer laag 0,3 mg/l). Deze en de huidige metingen wijzen er op dat pyriet door nitraat en zuurstof (lage grondwaterstanden) tot sulfaat is geoxideerd, maar dat deze omzetting nagenoeg is afgesloten en nitraat nauwelijks meer wordt aangevoerd. Het samengaan van hoge ijzer- en lagere sulfaatgehalten wijst er op dat ijzermineralen worden opgelost en niet op pyrietoxidatie.

3.2 Voltherbroek

Het grondwater in de vijf bemonsterde peilbuizen is zacht tot zeer hard, matig zuur tot zwak zuur en de verblijftijd is meestal (matig) lang. Hierdoor is het water mineraalrijk en bevat tamelijk veel calcium. Ook ijzer is tamelijk veel aanwezig en is vermoedelijk afkomstig van door zuur water opgeloste ijzermineralen. Dat wordt bevestigd door de zuurgraad van het water en de meestal hoge hardheid. De niet hoger dan normale hoeveelheden sulfaat (<50 mg/l), laten zien dat er geen sprake is van pyrietoxidatie door nitraat. Nitraat wordt weinig of niet met het grondwater aangevoerd. Het grondwater is wel belast met fosfaat, waarschijnlijk uitgespoeld uit fosfaatrijke bouwvoren. Het water is van het CaHCO_3 -type, dat geschikt is voor de aanlevering van calcium naar de wortelzone. De IonRatio is matig hoog tot hoog en het water is meestal lithoclien, maar soms speelt ook regenwater een rol (atmoclien).

Tabel 3.4.

Beoordeling van grondwater in de Achterhoek en het Voltherbroek. De peilbuisnummers zijn bemonsterd en geanalyseerd in het voorjaar van 2007. De regels met de aanduiding 'gemiddeld' zijn afkomstig van eerder onderzoek (Giesen & Geurts, 1998, 2000 en 2003); in de tabel zijn gemiddelden van meerdere buizen opgegeven (zie bijlage 2 voor de individuele waarden).

Gebied	Peilbuis	zuurgraad	hardheid	Verblijftijd	Vervuiling	Belasting	Type volgens Stuyfzand	Oorsprong
		pH	HCO ₃	EGV	chloride	fosfaat		
Voltherbroek	B009B	matig zuur	zeer zacht	korte	schoon	belast	CaHCO ₃	litho-atmoclien
	B031B	matig zuur	zacht	matig lange	schoon	zeer sterk	CaHCO ₃	litho-atmoclien
	B063B	zwak zuur	hard	matig lange	schoon	sterk	CaHCO ₃	lithoclien
	VB6	zwak zuur	hard	lange	schoon	licht	CaHCO ₃	lithoclien
	VB29	zwak zuur	zeer hard	lange	schoon	licht	CaHCO ₃	lithoclien
Koolmansdijk	gemiddeld	neutraal	zeer hard	lange	vervuild	belast	CaHCO ₃	lithoclien
	B003	neutraal	zeer hard	lange	matig	licht	CaHCO ₃	lithoclien
	B005	neutraal	zeer hard	lange	matig	licht	CaHCO ₃	lithoclien
Heidenhoekse Vloed	gemiddeld	neutraal	hard	lange	matig	schoon	CaHCO ₃	lithoclien
Leeg'n Könningstool	B002	neutraal	zeer hard	lange	matig	licht	CaHCO ₃	lithoclien
	B004	neutraal	zeer hard	lange	schoon	licht	CaHCO ₃	lithoclien
Slangenburg	gemiddeld	zwak zuur	zeer hard	lange	vervuild	licht	CaHCO ₃	lithoclien
Halse Heide	gemiddeld	zwak zuur	hard	matig lange	matig	licht	CaHCO ₃	lithoclien



Fig. 3.9.

Boring VB25-1 met een zeer ijzerrijke horizont op 35-70 cm-mv (laarpodzol). De kluit linksboven is van 0-10 cm-mv en elke kluit beslaat 10 cm.

IV

Fosfaat- en basentoestand







1 Fosfaattoestand

1.1 Achtergrond

Fosfaat wordt in de bodem vastgelegd door amorfe (ook wel actieve) ijzer- en aluminiumoxiden. Door extractie van de grond met een ammoniumoxalaatoplossing (Schwertman, 1964; Temminghoff, 2000) wordt het gehalte ijzer- en aluminiumoxiden en het fosfaat dat daaraan is gebonden, bepaald.

Uit onderzoek naar het fosfaatbindend vermogen door ijzer- en aluminiumoxiden is naar voren gekomen, dat de maximale hoeveelheid fosfaat die kan worden gebonden (PSC) een functie (α) is van het gehalte oxalaat-extraheerbaar ijzer en aluminium (o.a. Van Riemsdijk et al. 1984, Van der Zee et al. 1987, Koopmans 2004).

In formule:

$$PSC = \alpha (Fe_{ox} + Al_{ox})$$

De gemiddelde waarde van α is afhankelijk het gehalte amorfe ijzer- en aluminiumoxiden, maar ook van andere bodemeigenschappen (organische stof, klei) en varieert tussen 0,30 en 0,80 (Maguire et al., 2001). Voor Nederlandse kalkloze zandgronden wordt een waarde $\alpha = 0,5$ aangehouden (Van der Zee et al., 1988). Een grondsoort waarin de hoeveelheid fosfaat (P_{ox}) overeenkomt met $0,5 (Fe+Al)_{ox}$ wordt dan als fosfaatverzadigd beschouwd. De P-oxalaat analyse (P_{ox}) wordt als maatgevend beschouwd voor de totale geadsorbeerde P-voorraad, dus zowel de reversibele (i.e. gesorbeerd) als de (quasi-) irreversibele (i.e. in inwendige aggregaten gefixeerde) P-voorraad. De gesorbeerde P-fractie komt relatief gemakkelijk beschikbaar, de gefixeerde fractie via een zeer langzame diffusie reactie.

Er wordt van uitgegaan, dat het aan de bodem (d.i. aan Fe- en Al-oxiden) geadsorbeerde fosfaat (P_{ox}) in evenwicht verkeert met het fosfaat in het bodemvocht ($P_{bodemvocht}$). Deze evenwichtsreactie kan worden weergegeven door een isotherm. Deze isotherm wordt ook wel een adsorptie- of desorptie-isotherm genoemd en beschrijft het verband tussen het gebonden fosfaat en het opgeloste fosfaat (in mg P/l in het bodemvocht). Fig. 4.1 geeft dit theoretische verband weer.

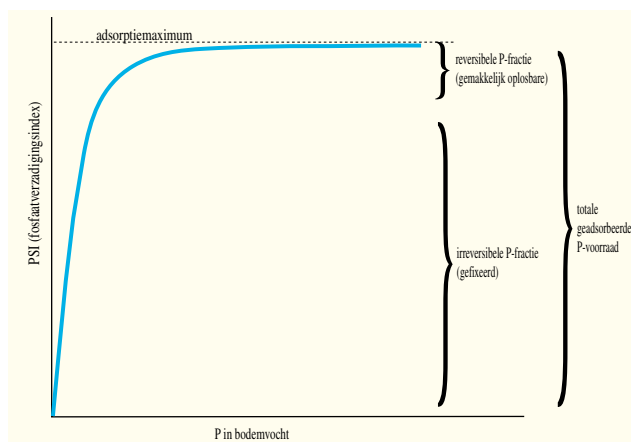
Op de verticale as is het fosfaatgehalte (P_{ox}) in relatie tot het gehalte $(Fe+Al)_{ox}$ weergegeven. De variabele op de verticale as wordt de fosfaatverzadigingsindex ($\alpha = PSI = P_{ox} / (Fe+Al)_{ox}$) genoemd. Het verband is in hoge mate niet-lineair en geeft aan hoe de fosfaatconcentratie in het bodemvocht verandert bij verschillende concentraties gebonden fosfaat. Bij maximale verzadiging neemt de fosfaatconcentratie in het bodemvocht (horizontale deel van de curve) sterk toe, terwijl de gebonden fractie vrijwel ongewijzigd blijft. Bij desorptie komt in het horizontale deel van de isotherm P vooral vanuit de gesorbeerde (reversibele) fase in oplossing. In het verticale deel van de curve is de P-concentratie in het bodemvocht veel sterker gebufferd en verandert de concentratie daarvan maar langzaam: in dit deel is de langzame diffusiereactie verantwoordelijk voor het in oplossing komen van de gefixeerde (quasi-irreversibele) P-fractie (Koopmans et al., 2004).

Afkortingen.

PSC	fosfaatverzadigingscapaciteit; maximale hoeveelheid fosfaat dat kan worden gefixeerd.
PSI	fosfaatverzadigingsindex; geeft aan welk deel van Fe+Al benut kan worden voor de fixatie van fosfaat.
PSD	fosfaatverzadigingsgraad; geeft aan welk deel van de maximale verzadigingscapaciteit bezet is met fosfaat.
P_{ox}	hoeveelheid gefixeerd fosfaat; fosfaatvoorraad.
$(Fe+Al)_{ox}$	bindingscapaciteit.
$P_{bodemvocht}$	hoeveelheid fosfaat dat in bodemwater terecht komt.

Fig. 4.1.

Het verband tussen P in bodemvocht en de fosfaatverzadigingsindex (PSI). De irreversibele P-fractie gaat moeilijk in oplossing en verhoogt het gehalte P in bodemvocht nauwelijks. Bij de reversibele P-fractie is dit juist wel het geval. P_{ox} is de som van deze twee fracties.



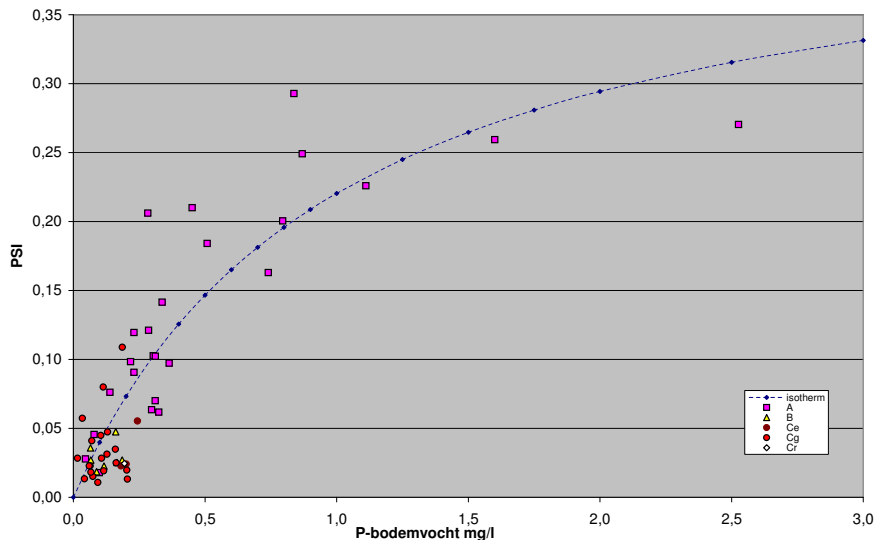


Fig. 4.2. Verband tussen het fosfaat in bodemvocht en de PSI (fosfaatverzadigingsindex) in de Achterhoekse terreinen. De lijn geeft de berekende isotherm weer. In de puntenwolk is onderscheid gemaakt tussen de horizonen.

2.2 De fosfaattoestand in de Achterhoek

In de percelen in de Achterhoek (Slangenburg, Heidenhoekse vloed, Halse Heide, Leeg'n Könningstool en Koolmansdijk) werden 55 bodemmonsters uit de A-, B-, Ce-, Cg-, en Cr-horizont verzameld (bijlage 1 en 2).

In fig. 4.2 is het gevonden verband weergegeven tussen opgelost fosfaat (P-bodemvocht) en de fosfaatverzadigingsindex (PSI). In de figuur is tevens de via regressieanalyse verkregen isotherm weergegeven ($R=0,89$). Uit deze analyse blijkt het adsorptiemaximum te liggen bij $0,44(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$. Dit betekent dat deze gronden een even hoge fosfaatadsorptiecapaciteit (PSC) hebben als de Nederlandse kalkloze zandgronden. Uit fig. 4.2 blijkt ook dat de laagste waarden voor de PSI gevonden zijn in de C-horizonten ($<0,02$; gemiddeld $0,04$ tegen $0,15$ in de A-horizont). Een aantal PSI-waarden in de A-horizonten (hoewel minder dan in het Voltherbroek) zijn dus lager dan de hier aangehouden eis van $0,14$ (vereiste voor het *Calthion palustris*). De maximum waarden liggen dan ook slechts bij $\text{PSI}=0,29$.

Uitgaande van de gevonden maximale fosfaatverzadiging van $0,44(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$, is vervolgens de fosfaatverzadigingsgraad (PSD) van de monsters berekend volgens:

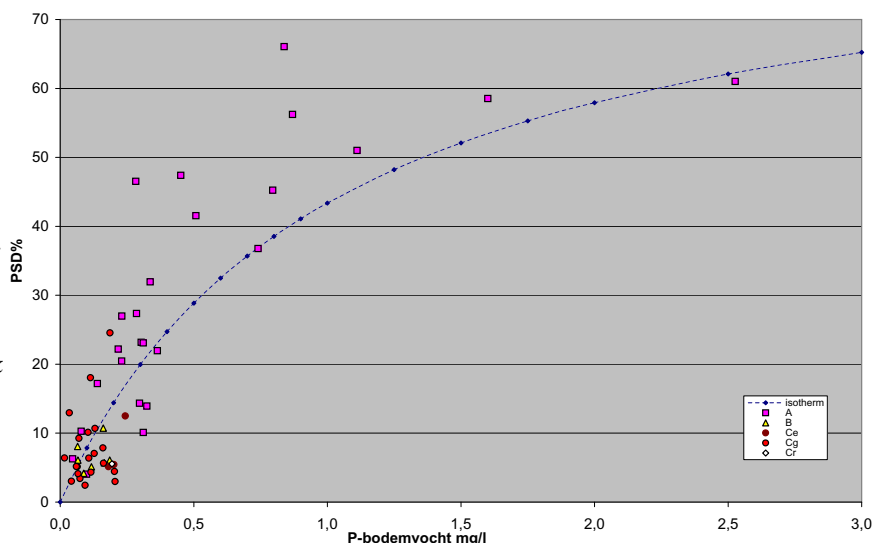
$$\text{PSD} = \frac{\text{P}_{\text{ox}}}{0,44(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}}$$

Omdat de monsters steeds binnen een bodemhorizont verzameld zijn, kan onderscheid gemaakt worden tussen de PSD van horizonen. Uit fig. 4.3 blijkt dat (evenals bij de PSI) de laagste verzadigingswaarden voorkomen in de Cg-horizont ($<2,4\%$; gemiddeld $9,8\%$ tegen $34,8\%$ in de A-horizont). Veel meer monsters uit de A-horizont hebben een $\text{PSD}>20\%$ dan het aantal dat een $\text{PSI}>0,14$ heeft. Dit komt dus niet met elkaar overeen.

Binnen de groep monsters, die in de A-horizont bemonsterd zijn, geldt dat de zand-, gooreerd-, ijzerarmere beekerd- en podzolgronden een te hoge PSI en/of PSD hebben. Alleen leem- en ijzerrijke beekerdgronden voldoen ook in de A-horizont aan de criteria ($\text{PSI}<0,14$ en $\text{PSD}<20\%$) en hoeven daarom niet te worden afgegraven. Ook de A/C horizon van enkeerdgrond en zandgrond (A/Cg) in de Leeg'n Könningstool voldoen niet aan de gestelde criteria. In Koolmansdijk heeft de Cg-horizont van een beekerd met kleidek een te



Fig. 4.3. Verband tussen het fosfaat in bodemvocht en de PSD (fosfaatverzadigingsgraad) in de Achterhoekse terreinen. De lijn geeft de berekende isotherm weer. In de puntenwolk is onderscheid gemaakt tussen de horizonten.



hoge PSD (KD3-1b 24,5%). In het oorspronkelijke reservaat Koolmansdijk en op twee plaatsen die al eerder zijn afgegraven, werden ook monsters van de bovengrond onderzocht. Deze blijken een gemiddelde PSI=0,02 en PSD=5,5% te hebben.

Het blijkt dat er grote verschillen bestaan voor PSI en PSD tussen de A- en B-, Ce- en Cg- horizonten. Deze verschillen zijn als gemiddelde samengevat in tabel 4.2. De waarden voor P_{ox} en $P_{bodemvocht}$ zijn laag. De bindingscapaciteit wordt voornamelijk bepaald door aluminium in bekeerd-, gooreerd-, podzol- en zandgrond. In het oorspronkelijke reservaat zijn de waarden voor ijzer en aluminium ongeveer even hoog; mogelijk ontwikkelt zich daar een podzol. In de ijzerrijke bekeerd- en leemgrond domineert ijzer over aluminium. In de Cg-horizont van bekeerdgrond domineert ook weer ijzer; grondwater bereikt dus deze horizont. De C-horizont heeft steeds de laagste bindingscapaciteit, maar ook de laagste waarden gefixeerd P.

Uit de boorbeschrijvingen blijkt dat de gemiddelde dikte van de A-horizont 40 cm bedraagt (SD=18; range 10-120). Voor de afzonderlijke gebieden in de Achterhoek gelden de gemiddelden in tabel 4.1. In bijlage 4 is de dikte van de A-horizont in kaart gebracht en tevens aangegeven waar zou moeten worden afgegraven.

Beoordelingscriteria

Bij de beoordeling van de PSI-waarden werd uitgegaan van $PSI < 0,14$. Dit is de grenswaarde waarbij Dotterbloemhooiland nog kan voorkomen.

Bij de beoordeling van de PSD-waarden werd uitgegaan van $PSD < 20\%$. Boven $\sim 20\%$ begint de curve in fig. 4.3 en 4.5 vlakker te verlopen waardoor gezegd kan worden dat meer fosfaat in oplossing gaat. Onder $PSD = 20\%$ wordt verondersteld dat verschromen 'kansrijk' is.

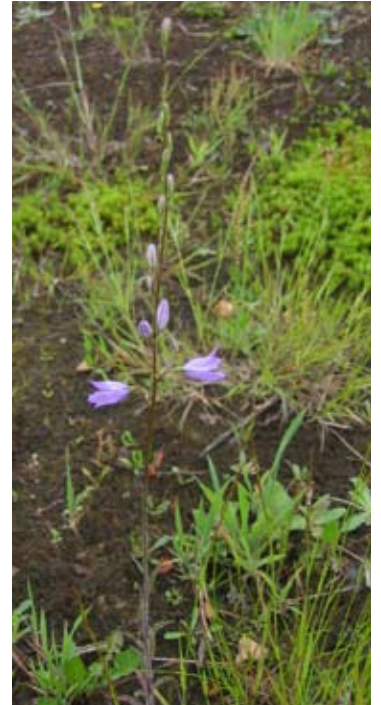
Tabel 4.1. Gemiddelde dikte van de A-horizont in onderzochte terreinen in de Achterhoek en het Voltherbroek.

Terrein	dikte A-horizont in cm			
	gemiddelde	SD	minimum	maximum
Achterhoek				
Slangenburg	34	9	20	75
Heidenhoekse Vloed	43	10	30	70
Halse Heide	36	7	25	50
Leeg'n Koningsstool	61	26	20	120
Koolmansdijk	30	7	10	50
Voltherbroek	34	18	15	110

Conclusie

Uit de analyse van de fosfaattoestand in de percelen in de Achterhoek kan worden geconcludeerd, dat fosfaat vooral (in een gemakkelijk beschikbare vorm) is geaccumuleerd in de A-horizont van de bekeerd-, gooreerd-, zand- en enkeerdgrond. In leem- en ijzerrijke bekeerdgrond is dat niet (altijd) het geval. De gemiddelde PSI en PSD van de A-horizont van alle gronden bedraagt respectievelijk 0,15 en 35%. Het gemiddelde in de B- horizonten is voor de PSI=0,03 en voor de PSD=7%, in de Ce-horizonten voor de PSI=0,07 en voor de PSD=15,6%, in de Cg-horizonten voor de PSI=0,04 en voor de PSD=10%. Het gemiddelde in de Cr-horizonten voor de PSI=0,02 en voor de PSD=6%.

In de in 1999-2003 reeds afgegraven delen van Koolmansdijk is de gestelde eis (P-arme omstandigheden voor de ontwikkeling van schraalgrasland; Giesen & Geurts, 2000) voor wat betreft de fosfaattoestand ruimschoots gehaald en voldoende laag voor het ontwikkelen van *Junco-Molinion*, *Caricion nigrae* of *Ericion tetralicis*, afhankelijk van de basenverzadiging en vochtvoorziening. Dit blijkt ook uit de vestiging van vele Rode Lijstsoorten (o.a. *Rechte rus*, *Parnassia*, *Spaanse ruiter*, *Gewone vleugeltjesbloem*, *Gevlekte orchis*, *Stijve ogentroost*, *Klokjesgentiaan*, *Kleine en Ronde zonnedauw*, *Moeraswespenorchis*, *Blauwe knoop*; Tolman & Pranger, 2004, veldbezoeken en mondelinge mededelingen Frits van Wijngeeren van Staatsbosbeheer).



Rapunzelklokje in afgegraven delen van Koolmansdijk.

Tabel 4.2.

Gemiddelde waarden per horizont en bodemtype van gemeten parameters in de percelen in de Achterhoek (Slangenburg, Heidenhoekse Vloed, Halse Heide, Leeg'n Könningstool en Koolmansdijk). Ook worden waarden weergegeven van reeds afgegraven delen in Koolmansdijk.

	Bodemtype	Horizont	PSI	PSD	Fe _{ox}	Al _{ox}	P _{ox}	(Fe+Al) _{ox}	P _{bodemvocht}	Basenverzadiging	basen
			-	%	mmol/kg				mg/l	%	cmol ⁺ /kg
Achterhoek	Bekeerd	A	0,16	36	32	26	8	58	0,56	57	24
		Cg	0,04	10	26	16	1	42	0,13	38	8
	Bekeerd ijzerrijk	A	0,09	21	65	8	7	72	0,30	49	19
		Cg	0,04	10	57	3	2	60	0,08	-	-
	Gooreerd	A	0,19	43	12	31	8	43	0,96	-	-
		Ce	0,04	9	6	9	<1	15	0,15	24	3
	Podzol	A	0,21	47	25	55	17	80	0,45	-	-
		B	0,03	7	4	38	<1	42	0,12	24	5
		Ce	0,07	16	4	31	2	35	0,37	-	-
	Enkeerd	A/C	0,23	51	10	25	8	1	35	-	-
		Cg	0,02	4	10	44	1	54	0,07	-	-
	Zand	A	0,25	56	15	21	9	36	0,87	-	-
		Cg	0,18	42	14	14	5	27	0,51	-	-
	Leem	A	0,08	17	51	27	6	78	0,31	50	17
		Cg	0,02	4	63	12	1	74	0,12	55	21
	Oorspronkelijke reservaat	A/Cg	0,03	6	26	25	1	50	0,05	51	19
	<i>Succisa pratensis</i>	Cg	0,01	3	9	4	<1	13	0,04	42	6
<i>Parnassia palustris</i>	Cg	0,03	6	18	10	<1	29	0,02	63	15	



1.3 De fosfaattoestand in het Voltherbroek

Voltherbroek

In de percelen in het Voltherbroek werden 54 bodemonsters uit de A-, B-, Ce, Cg- en Cr-horizont verzameld (bijlage 1 en 2).

In fig. 4.4 is het gevonden verband weergegeven tussen opgelost fosfaat (P-bodemvocht) en de fosfaatverzadigingsindex (PSI). In de figuur is tevens de via regressieanalyse verkregen isotherm weergegeven ($R=0,92$). Uit deze analyse blijkt het adsorptiemaximum te liggen bij $0,62(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$. Dit betekent dat deze gronden een hoge fosfaatadsorptiecapaciteit (PSC) hebben in vergelijking met de Nederlandse kalkloze zandgronden. Uit fig. 4.3 blijkt ook dat de laagste waarden voor de PSI gevonden zijn in de C-horizont (0,001; gemiddeld 0,03 tegen 0,10 in de A-horizont). De meeste PSI-waarden in de A-horizonten zijn dus lager dan de hier aangehouden eis van 0,14 (vereiste voor het *Calthion palustris*). De maximum waarden liggen dan ook slechts bij $\text{PSI}=0,31$.

Uitgaande van de gevonden maximale fosfaatverzadiging van $0,62(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$, is vervolgens de fosfaatverzadigingsgraad (PSD) van de monsters berekend volgens:

$$\text{PSD} = P_{\text{ox}} / 0,62(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$$

Omdat de monsters steeds binnen een bodemhorizont verzameld zijn, kan onderscheid gemaakt worden tussen de PSD van horizonten. Uit fig. 4.5 blijkt dat (evenals bij de PSI) de laagste verzadigingswaarden voorkomen in de C-horizont ($<0,2\%$; gemiddeld 4,1% tegen 16,4% in de A-horizont).



Veenbies in afgegraven delen van Koolmansdijk (met stagnerend regenwater).

Tabel 4.3.

Gemiddelde waarden per horizont en bodemtype van gemeten parameters in de percelen in het Voltherbroek.

Voltherbroek	Bodemtype	Horizont	PSI	PSD	Fe _{ox}	Al _{ox}	P _{ox}	(Fe+Al) _{ox}	P _{bodemvocht}	Basenverzadiging	basen
			-	%	mmol/kg					mg/l	%
	Beekeerd zonder kleidek	A	0,21	34	30	13	8	43	0,68	-	-
	Cg	0,04	7	25	6	2	31	0,25	37	6	
Beekeerd met kleidek	A	0,06	10	107	26	8	133	0,18	61	43	
	Cg	0,03	4	49	9	1	58	0,08	-	-	
	Cr	0,01	2	13	5	<1	17	0,12	-	-	
Gooreerd	A	0,12	20	16	37	7	53	0,54	-	-	
	Ce	0,05	8	22	20	2	42	0,16	39	10	
Podzol	A	0,16	26	11	34	7	45	0,54	-	-	
	B	0,03	4	18	59	2	77	0,16	-	-	
	Cg	0,02	3	26	56	2	82	0,11	-	-	
Zand	A	0,09	14	11	21	3	31	0,19	-	-	
	Cg	0,02	3	3	10	<1	13	0,08	19	3	
Klei	A	0,06	10	61	24	6	85	0,12	60	30	
	Cg	0,01	2	77	16	1	93	0,06	72	60	
	Cr	0,03	5	28	3	1	31	0,12	-	-	

Verder blijken de gemiddelde waarden voor PSI en PSD% in

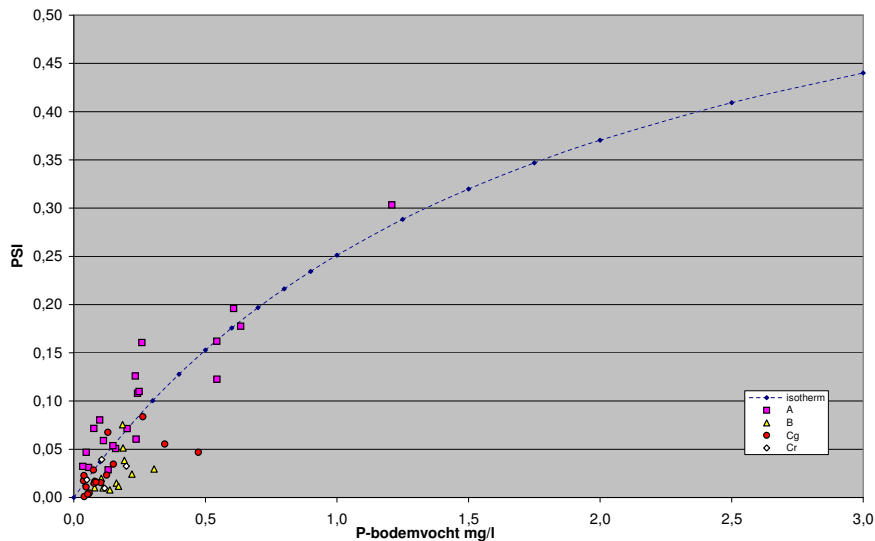


Fig. 4.4. Verband tussen het fosfaat in bodemvocht en de PSI (fosfaatverzadigingsindex) in het Voltherbroek. De lijn geeft de berekende isotherm weer. In de puntenwolk is onderscheid gemaakt tussen de horizonen.

beekeerdgronden zonder kleidek en ook in podzolgronden hoger te zijn dan de criteria ($PSI < 0,14$ en $PSD = 20\%$). Verder blijken de B-horizonten van de podzolen in alle gevallen aan deze criteria te voldoen (gemiddelde $PSI = 0,01$ in laarpodzolen en $0,04$ in veldpodzolen en de gemiddelde PSD is respectievelijk $2,0$ en $5,7\%$). Ook voor de Cg-horizonten gelden ruim voldoende lage waarden voor alle bodemtypen.

Er dient dus onderscheid gemaakt te worden tussen de bodemtypen en de horizonen. In tabel 4.3 is dat samengevat voor verschillende gemeten parameters.

Opvallend is dat de waarden voor P_{ox} zeer laag zijn, evenals die voor $P_{bodemvocht}$. Verder wordt de bindingscapaciteit in gooreerd, podzol en zand voornamelijk bepaald door aluminium en in de andere gronden vooral door ijzer. Blijkbaar is de aanvoer van ijzer in de beekeerdgrond groter dan in de gooreerd- en podzolgronden. De C-horizont heeft de laagste bindingscapaciteit, maar ook de laagste waarden gefixeerd P_{ox} .

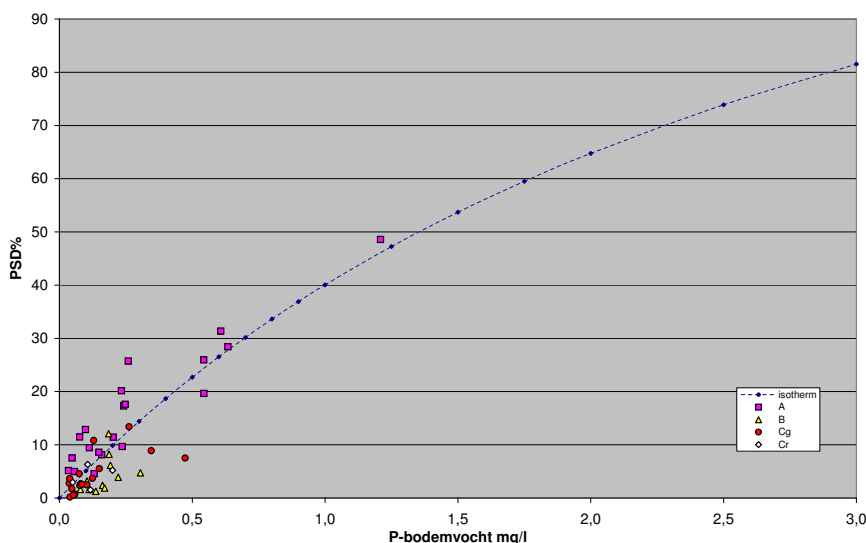
Uit de boorbeschrijvingen blijkt dat de gemiddelde dikte van de A-horizont 34 cm bedraagt ($SD = 18$; range $15-110$; tabel 4.1). In bijlage 4 is de dikte van de A-horizont in kaart gebracht en tevens is er in aangegeven waar zou moeten worden afgegraven.

Conclusie

Uit de analyse van de fosfaattoestand in het Voltherbroek kan worden geconcludeerd, dat fosfaat vooral is geaccumuleerd in de A-horizont van de podzolgronden en de beekeerdgronden zonder kleidek. Dit blijkt uit de waarden voor P_{ox} , maar de waarden zijn niet hoog. De PSD van de A-horizont van alle onderzochte gronden bedraagt gemiddeld 16% en de PSI is gemiddeld $0,10$. In de B- en Cg-horizont is dat voor de $PSD = 4\%$ en voor de $PSI = 0,03$.



Fig. 4.5.
Verband tussen het fosfaat in bodemvocht en de PSD (fosfaatverzadigingsgraad) in het Voltherbroek. De lijn geeft de berekende isotherm weer. In de puntenwolk is onderscheid gemaakt tussen de horizonten.



Begrippen.

CEC	kationuitwisselingcapaciteit; hoeveelheid adsorberingsplaatsen voor basen, andere metalen en H.
ZNC	zuurneutralisatiecapaciteit; basendeel van de CEC. Bij niet verzuurde bodem zou de basenverzadiging (=ZNC) 100% zijn. Als basen door H worden vervangen, neemt de ZNC af.
Basen	som van calcium, magnesium, kalium en natrium.
Basenverzadiging	maat voor de bezetting van het adsorptiecomplex met basen.
H-verzadiging	maat voor de vervanging van basen door H; verzuring.

2 Basentoestand

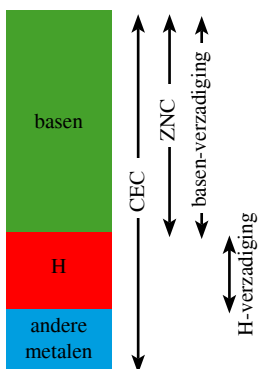
2.1 Algemeen

De basenbezetting van de bodem geeft aan welk deel van het adsorptiecomplex is bezet met basen (calcium, magnesium, kalium en natrium). De H-bezetting van de bodem geeft aan welk deel van het adsorptiecomplex bezet is door H. De hoogte van de H-bezetting geeft aan hoe ver het zuurbufferend vermogen (ZNC=zuurneutralisatiecapaciteit) van de grond is uitgeput. De capaciteit is het verst uitgeput in de gooreerd- en podzolgronden en het minst in de leemrijke beekerd- en kleigronden. Bij de hoge waarden van de basenbezetting zal sprake zijn van een opwaarts gerichte kwelstroom met basenhoudend grondwater en bij de laagste waarden is sprake van infiltratie van regenwater.

2.2 De basentoestand in de Achterhoek

De basenverzadiging van de bodem is afhankelijk van de bodemsoort en van de horizon (tabel 4.1 en fig. 4.6). In beekerd is de hoogste basenverzadiging gemeten (71,2% in de A-horizon) en in gooreerd de laagste (14,6% in de Cg-horizon). In de Achterhoekse terreinen is de gemiddelde basenverzadiging 41,2%.

Het grondwater in de Achterhoekse terreinen is meestal lithoclien en van het CaHCO_3 -type. In tabel 3.4 is een overzicht gegeven van de waterbeoordeling.





2.3 De basentoestand in het Voltherbroek

De basenverzadiging van de bodem is afhankelijk van de bodemsoort en van de horizont (tabel 4.2 en fig. 4.6). In klei is de hoogste basenverzadiging gemeten (75,6% in de Cg-horizont) en in zand de laagste (19,1% in de Cg-horizont). In de terreinen in het Voltherbroek is de gemiddelde basenverzadiging 53,4%, dus hoger dan in de Achterhoek.

Het grondwater in de terreinen in het Voltherbroek is meestal litho-clien, maar soms atmoclien en van het CaHCO₃-type. In tabel 3.4 is een overzicht gegeven van de waterbeoordeling.

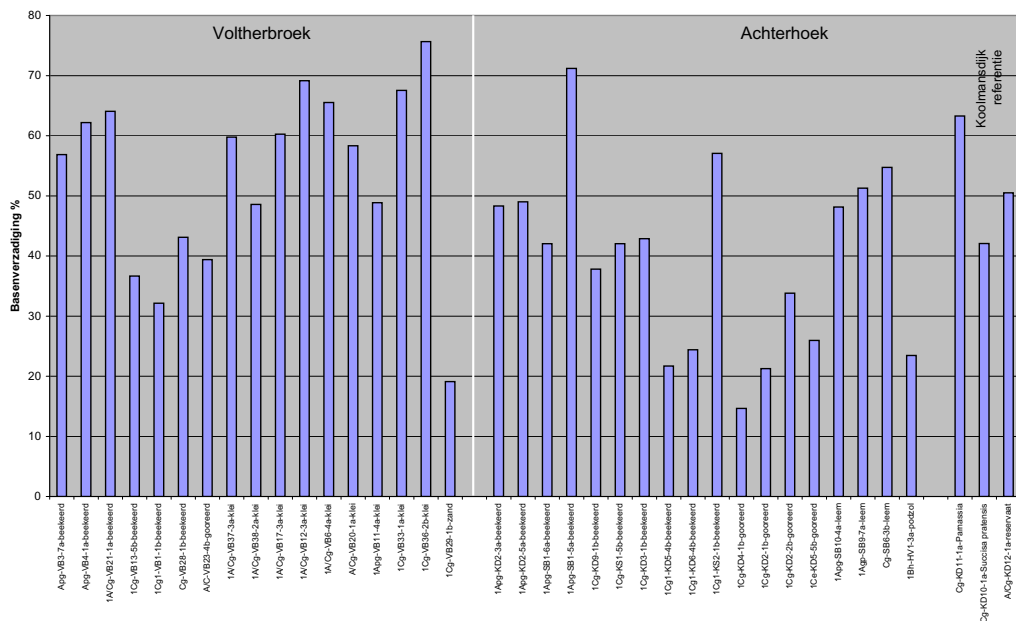


Fig. 4.6.

De basenverzadiging in het Voltherbroek en in de terreinen in de Achterhoek. De monsters zijn gerangschikt naar bodemtype. In beekerd- en kleigrond is de basenverzadiging hoog en in gooreerd-, podzol- en zandgrond juist laag. In het Voltherbroek komen vaker hogere waarden voor dan in de Achterhoek. De locaties in het oorspronkelijke reservaat Koolmansdijk en op de afgegraven delen springen er positief uit.



Vegetatieperspectieven







1 Waar zou moeten worden afgegraven?

Omdat verwijderen van de bovengrond zowel positieve effecten (verwijderen overmaat aan voedingstoffen) als negatieve effecten (verwijderen zuurbuffer, bodemorganismen, zaadbank) met zich meebrengt, wordt geadviseerd alleen af te graven op plaatsen waar dit echt noodzakelijk is.

Op basis van de bevindingen in hoofdstuk IV luidt het advies af te graven op plaatsen waar de fosfaatverzadiging boven 20% komt en de $PSI > 0,14$ (richtwaarde voor het *Calthion palustris*) blijft. Boven een fosfaatverzadiging van $>20\%$ is sprake van makkelijker beschikbaar komend fosfaat. Dit geldt voor zowel de terreinen in de Achterhoek als in het Voltherbroek. De punten met $PSD < 20\%$ liggen in een traject waar P gefixeerd is: het steilere deel van de curve. Die gefixeerde vorm van P komt pas via een langzame diffusiereactie beschikbaar. Deze reactie is veel langzamer dan de opnamesnelheid door de vegetatie en vormt daardoor de beperkende factor.

De locaties met een $PSD > 20\%$ liggen verspreid over het Voltherbroek en in de Achterhoek en zouden voor het bereiken van voedselarmere omstandigheden tot de B- of C-horizont moeten worden afgegraven. Op een enkele locatie is de PSD ook in de C-horizont $>20\%$, zodat daar verder zou moeten worden afgegraven om voedselarme omstandigheden te bewerkstelligen. Deze locaties liggen in de Achterhoek in de Leeg'n Könningstool.

Uitzonderingen

In de Achterhoekse terreinen zijn locaties aanwezig waar door de lage fosfaatverzadiging niet hoeft te worden afgegraven. Desondanks wordt voor deze locaties toch afgraven geadviseerd, omdat daar anders sprake zal zijn van een onnatuurlijk reliëf. Soms is het ook zo dat de locatie zo'n klein deel uitmaakt van het perceel, dat niet afgraven mogelijk niet efficiënt is. Ook zijn locaties aanwezig die klein zijn en in een perceel liggen dat niet hoeft te worden afgegraven; alleen deze stukjes afgraven zal ook inefficiënt zijn.

Slangenburg

In het meest westelijke perceel (SB 10) liggen strookjes die eigenlijk geplagd zouden moeten worden: eventueel kan dit achterwege blijven. In het meest westelijke perceel (SB 1) ligt een stukje met lage fosfaatverzadiging (monster SB 1-5), maar niet afgraven zou het reliëf sterk wijzigen.

Leeg'n Könningstool

De diep verwerkte zandgrond in de Leeg'n Könningstool zouden te diep moeten worden afgegraven (tot 120 cm), zodat wordt afgeraden af te graven. Uitmijnen is een alternatief.

In bijlage 4 is aangegeven waar en tot welke diepte, zou moeten worden afgegraven.

Conclusie

Er kan worden geconcludeerd dat de A-horizont van de gronden in het Voltherbroek op basis van de fosfaatverzadiging op veel plaatsen niet hoeft te worden afgegraven, omdat daar ook nu geschikte uitgangssituaties aanwezig zijn voor de ontwikkeling van schrale vegetatie. Op andere plaatsen is dit wel noodzakelijk.

In de onderzochte terreinen in de Achterhoek hebben de meeste A-horizonten een $PSD > 20\%$, maar dit gaat niet altijd samen met een $PSI > 0,14$; deze waarden zijn vaak wel lager dan 0,14. Op de locaties met een $PSD > 20\%$ wordt daarom afgraven geadviseerd.



Omdat op sommige plaatsen in de Leeg'n Könningstool de af te graven diepte te groot is, kan beter worden afgezien van afgraven en worden gekozen voor uitmijnen. Uitmijnen kan in 20 jaar leiden tot P-schrale omstandigheden.

2 Wat is het effect van afgraven?

Fosfaat

Door afgraven van de voedselrijke A-horizont wordt de fosfaattoestand verbeterd tot een niveau dat geschikt is voor natuurontwikkeling: de PSI en de PSD worden lager dan 0,14 en 20% (zie tabel 5.1; van de gooreerd-, enkeerd- en podzolgronden is de A-horizont slechts een enkele keer onderzocht).

Tabel 5.1.





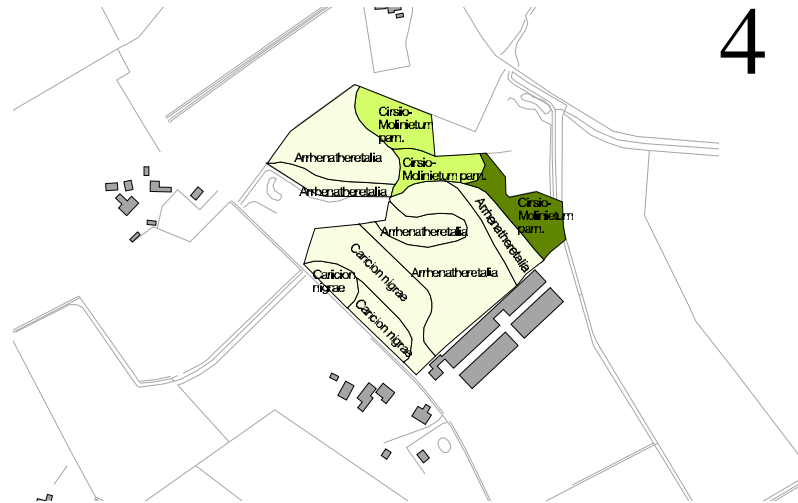
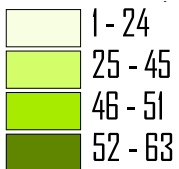
4

Fig. 5.1 t/m 5.5.

Potentiële vegetatiekaarten van de terreinen in de Achterhoek. Het kleurenschema beschrijft de basenverzadiging in % (op af te graven plaatsen van de nieuwe dagzomende horizont en op niet af te graven plaatsen van de huidige dagzomende horizont).

- 1 Slangenburg
- 2 Heidenhoekse Vloed.
- 3 Halse Heide.
- 4 Leeg'n Könningstool.
- 5 Koolmansdijk.

Basenverzadiging (%)



5

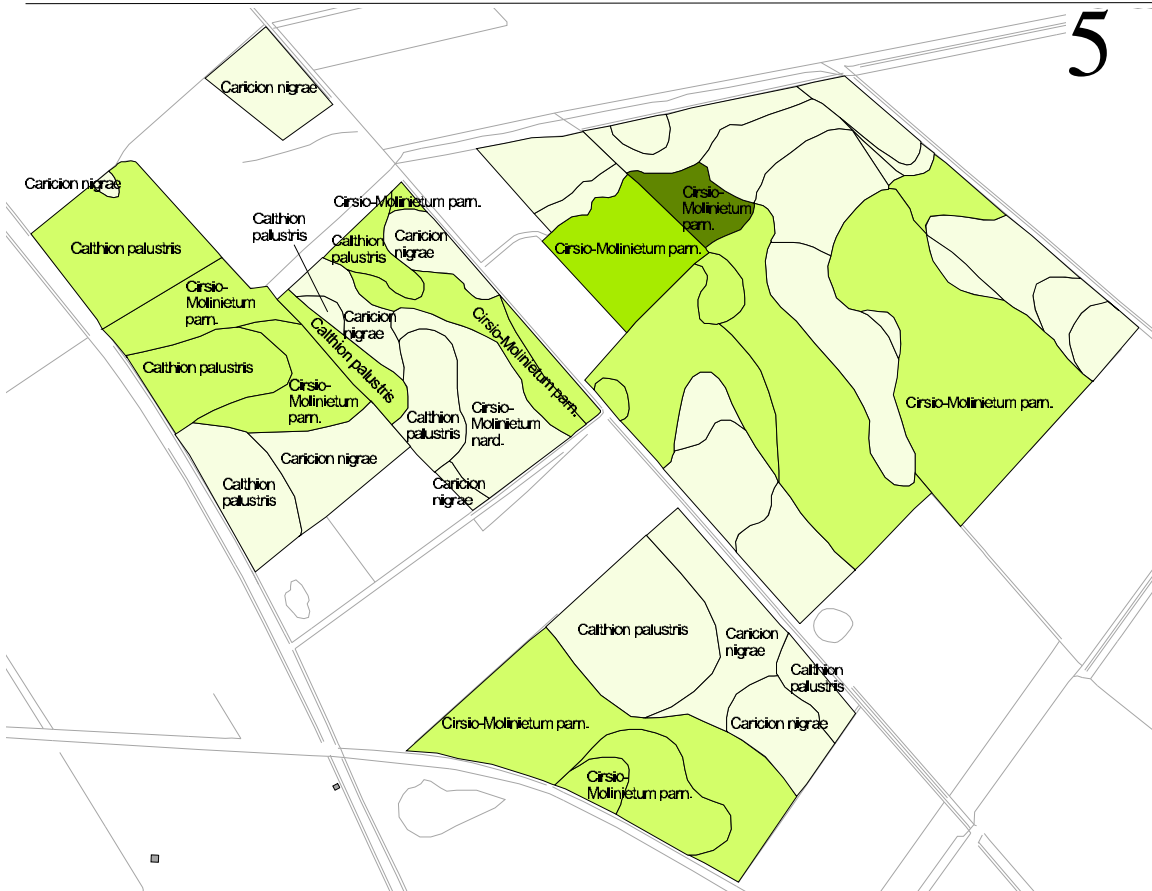




Fig. 5.6. Potentiële vegetatiekaart van de terreinen in het Voltherbroek. Het kleurenschema beschrijft de basenverzadiging in % (op af te graven plaatsen van de nieuwe dagzomende horizont en op niet af te graven plaatsen van de huidige dagzomende horizont).



Gemiddelde PSI, PSD, basenverzadiging en basenhoeveelheid van de A-horizont en van de na afgraven dagzomende horizont (B of C). In de Heidenhoekse Vloed en Halse Heide is de A-horizont niet onderzocht (podzolen).

Terrein	Horizont	PSI	PSD	basen	basenverzadiging
			%	cmol ⁺ /kg	%
Slangenburg	A	0,11	24	14	53
	B en C	0,02	5	3	55
Heidenhoekse Vloed	A	-	-	-	-
	B en C	0,02	5	1	24
Halse Heide	A	-	-	-	-
	B	0,03	6	-	-
Leeg'n Könningstool	A	0,21	47	-	-
	B en C	0,03	7	7	50
Koolmansdijk	A	0,15	33	6	49
	B en C	0,04	10	4	33
Voltherbroek	A	0,10	16	17	58
	B en C	0,03	4	4	46

Basenverzadiging en ZNC

In tabel 4.2 en 4.3 zijn de gemeten gemiddelde waarden van de basenverzadiging in de terreinen in de Achterhoek en in het Voltherbroek opgesomd. Het blijkt dat (voor zover gemeten) de A-horizont meestal een hogere basenverzadiging heeft dan de daaronder liggende horizont. Alleen in kleigrond in de Slangenburg en het Voltherbroek heeft de Cg-horizont een hogere basenverzadiging dan de A-horizont. Daaruit volgt dat op plaatsen waar wordt afgegraven de basenverzadiging meestal lager wordt (kleigrond in de Slangenburg en het Voltherbroek hoeft niet te worden afgegraven). Dat betekent eveneens dat de zuurneutralisatiecapaciteit (ZNC) op de af te graven locaties lager wordt. Door het afgraven komt het grondwater echter ook hoger in het profiel, waardoor aanvulling van het adsorptiecomplex met basen waarschijnlijk is (zie b.v. voor Koolmansdijk in tabel 3.2). In leemarme gronden is dat effect kleiner omdat het adsorptiecomplex daar lager is.

In fig. 5.1 t/m 5.6 is de basenverzadiging in kaarten weergegeven.

Een hoge basenverzadiging kan samengaan met een lage hoeveelheid basen. De zuurbuffer (neutralisatiecapaciteit) is bij een lage hoeveelheid basen ook laag. Bij vergelijkbare basenverzadiging van boven- en ondergrond kan de hoeveelheid basen echter sterk verschillen. Zoals b.v. in beekerdgrond in de Achterhoek (tabel 4.2). De ondergrond heeft dan waarschijnlijk minder bindingscapaciteit voor basen en zonder aanvoer van basen door grondwater kan verzuring optreden. Het is de vraag of afgraven verstandig is op plaatsen waar grondwater niet aan maaiveld komt, maar verzuring treedt daar toch wel op. Met de huidige gegevens is dat alleen plaatselijk in de Leeg'n Könningstool het geval.

Grondwater

Achterhoek

In bijlage 5a t/m e is te zien wat na afgraven de GHG (in cm-mv) wordt. Daarbij is rekening gehouden met locaties die niet hoeven worden afgegraven. De waarden zijn gebaseerd op de in het veld vastgestelde GHG, die mogelijk fos-



siel kunnen zijn. Afgraven zal naar alle waarschijnlijkheid een hogere GHG tot gevolg hebben.

Voltherbroek

In bijlage 5f is te zien wat de GHG in cm-mv na afgraven wordt in het Voltherbroek. Daarbij is rekening gehouden met locaties die niet hoeven worden afgegraven. De waarden zijn gebaseerd op de in het veld vastgestelde GHG, die mogelijk fossiel kunnen zijn. Afgaande op de hoge grondwaterstanden in het voorjaar tijdens het veldwerk, lijken de hydromorfe kenmerken van de bodem echter actueel. Afgraven zal dus na alle waarschijnlijkheid in het gehele Voltherbroek een hogere GHG ten gevolge hebben.

3 Vegetatieperspectief na afgraven

Op basis van de (na wel of niet afgraven) te verwachten fosfaattoestand, kan worden aangegeven welke vegetatie zou kunnen worden verwacht. Daarbij wordt uitgegaan van een, voor de betreffende vegetatie, voldoende hoge grondwaterstand (berekende GHG) en de vastgestelde basenverzadiging. Door het afgraven wordt het maaiveld lager en hierdoor wordt het grondwaterpeil hoger.

Door deze maaiveldval, kan grondwater de basenverzadiging van de bovengrond voor een deel van de gronden op peil houden/brengen. Het grondwater bevat vrij veel basen (o.a. calcium) om uitgespoelde ZNC aan te vullen.

Afgraven van de A-horizont heeft tot gevolg dat in het Voltherbroek in de bekeerdgronden meestal sterk-zeer sterk lemig materiaal aan het maaiveld komt, in gooreerdgrond zwak-sterk lemig materiaal en in podzol- en zandgrond zwak lemig tot leemarm materiaal. In de Achterhoekse terreinen: zwak-sterk lemig materiaal in bekeerd- en enkeerdgrond en in gooreerd- en podzolgrond zwak-zeer sterk lemig materiaal. Verondersteld wordt dat de basenvoorziening/ZNC bij lemig materiaal voldoende is voor basenminnende plantengemeenschappen.

Voor de fosfaatverzadiging geldt dat de na afgraven dagzomende B- of C-horizont een geschikte uitgangssituatie biedt voor natuurontwikkeling. In tabel 5.3 zijn gemiddelde gemeten waarden opgesomd, naast referentiewaarden. De referentiewaarden zijn uit natuurreservaten afkomstig, verspreid door het land (zie Giesen & Geurts, 2004) en van metingen voor het Referentieproject (Beets e.a., 2000-2005). In fig. 5.1 t/m 5.6 zijn kaarten te zien met de te verwachten vegetatie, op grond van de fosfaatverzadiging, GHG en basenverzadiging (eventueel na afgraven).

Door vergelijking van de gemeten waarden met de referentiewaarden in tabel 5.3 kan worden afgeleid, dat door afgraven van de A-horizont gemiddeld een fosfaatverzadigingsindex (PSI) wordt bereikt die in de meeste gevallen tussen Blauwgrasland en Dotterbloemhooiland ligt (zie voor de individuele waarden van de bodemmonsters bijlage 2).

In tabel 5.4 worden de verwachte oppervlakten per syntaxon opgegeven.

Op reeds afgegraven delen van Koolmansdijk hebben zich in 4-8 jaar naast pioniersoorten ook soorten gevestigd die kenmerkend zijn voor Blauwgrasland en Dotterbloemhooiland (zie tabel 5.2). De verschillen tussen de twee opnamegroepen zijn toe te schrijven aan de basenverzadiging. Deze vegetatieopnamen tonen aan dat de aangegeven vegetatieperspectieven ook realistisch zijn.

Tabel 5.2.

Vegetatieopnamen op, in 1999-2003, geplagde plaatsen in Koolmansdijk.

A1+2: met Blauwe knoop; (KD10).

B+C: met Parnassia (KD11); B=nat en C=droger.

Opnamen ter beschikking gesteld door Frits van Wijngaarden (Staatsbosbeheer).

Soort	A1	A2	B	C
Liggend vetmuur	2a			
Gew. biggekruid	2m			
Zwarte els	1a			
Grote wederik	r			
Havikskruid spec.	r			
Knolrus	r			
Basterdklaver		1a		
Gevlechte orchis		+		
Tandjesgras		+		
Kruipwilg		r		+
Gestreepte witbol	2a	2m		
Grauwe wilg	+	1a		
Tormentil	+	1b		
Biezeknoppen	+	+		
Blauwe knoop	2a	2a	r	
Geelgroene zegge			2a	2a
Waterpunge			2m	+
Fraai duizendguldenkruid (Parnassia)			(+)	r
Stijve ogentroost			r	+
Veldrus				r
Grote kattenstaart			+	1b
Witte klaver	+	2a	1a	
Moerasrolklaver	r	3	1b	1b
Schietwilg	r	+	2m	2m
Ruwe berk	2m	+		+
Zomprus		1b	2a	2b
Gew. struisgras	+		1b	+
Grote weegbree	r		2m	
Tengere rus	r		+	
Gew. hoornbloem	+			
Gew. paardebloem	r			
Akkermunt			+	
Egelboterbloem			+	+
Heermoes			+	
Kleine klaver			+	
Moerasvergeetmijnietje			+	
Moeraswalstro			+	
Basenverzadiging %	42	-	63	-
Basen cmol+/kg	6		15	
PSI	0,01	-	0,03	-
PSD%	3	-	6	-



Tabel 5.3.

Gemiddelde (gem., voor zover mogelijk) gehalten met standaardafwijking (sd) van oxalaat extraheerbaar ijzer, aluminium en fosfaat en de fosfaatverzadigingsindex van een viertal plantengemeenschappen/verbonden in natuurterreinen en van de na afgraven dazomende horizonten in de Achterhoek en het Voltherbroek. Referentiewaarden volgens Beets e.a., 2000-2005.

bron	Syntaxon	N	Fe _{ox}		Al _{ox}		P _{ox}		PSI (P/Al+Fe)		basenverzadiging	
			mmol/kg									%
			gem	sd	gem	sd	gem	sd	gem	sd	gem.	
referentie	<i>Junco-Molinion</i>		430	250	90	63	17	11	0,04	0,02	*	
	<i>Cirsio dissecti-Molinietum</i>		79	119	30	33	3	2	0,04	0,02	*	
	<i>Caricion nigrae (Parvocaricetea)</i>		143	69	76	42	9	5	0,04	0,02	<25	
	<i>Calthion palustris</i>		198	201	74	43	23	21	0,14	0,18	>25	
Achterhoek	Beekeerd (Cg)	9	26	24	16	15	1	0,8	0,04	0,03	38	
	Beekeerd ijzerrijk (A)	2	65	19	8	0,5	7	2	0,09	<0,01	49	
	Beekeerd ijzerrijk (Cg)	2	57	42	3	0,2	2	1	0,04	0,01	-	
	Gooreerd (Ce)	2	6	3	9	1	<1	<0,1	0,04	0,01	26	
	Podzol (B)	8	4	7	38	8	<1	0,8	0,03	0,01	24	
	Enkeerd (Cg)	2	10	6	44	5	1	0,2	0,02	<0,01	-	
	Zand (A)	1	14	-	17	-	7	-	0,22	-	-	
	Leem (A)	3	51	6	27	7	6	2	0,08	0,02	50	
	<i>Reservaat</i>	1	26	-	25	-	1	-	0,03	-	51	
	<i>Succisa pratensis locatie</i>	1	9	-	4	-	<1	-	0,01	-	42	
	<i>Parnassia palustris locatie</i>	1	18	-	10	-	<1	-	0,03	-	63	
Voltherbroek	Beekeerd (Cg)	5	25	27	6	5	2	2	0,04	0,03	37	
	Beekeerd met kleidek (A)	3	107	43	26	12	8	3	0,06	0,01	61	
	Gooreerd (Ce)	1	22	-	20	-	2	-	0,05	-	39	
	Podzol (B)	12	18	17	59	23	2	1	0,03	0,02	-	
	Zand (Cg)	1	3	-	10	-	<1	-	0,02	-	19	
	Klei (A)	8	61	35	24	13	6	15	0,06	0,03	60	

* *Cirsio dissecti-Molinietum nardetosum* <25%
Cirsio dissecti-Molinietum typicum/peucedanetosum 25-45%
Cirsio dissecti-Molinietum parnassietosum >45%

4 Uitmijnen

In de Achterhoek zijn in de Leeg'n Könningstool diep verwerkte zandgronden (H/Z) aanwezig, met hoge fosfaatverzadiging (42-56%) zowel in de A- als C-horizont. Afgraven zou een diepe put (tot plaatselijk 120 cm) tot gevolg hebben. In het advies is er voor gekozen af te zien van afgraven. Voor deze percelen is uitgerekend wat de uitmijnduur zou bedragen totdat de PSD<20%. Zonder afgraven blijft de GHG 10-50 cm-mv, te lage waterstanden voor Dotterbloemhoiland, maar gemeenschappen uit de Arrhenatheretalia zijn wel mogelijk.

Uitmijnen van deze percelen met een afvoer van 50 kg P.ha⁻¹.jr⁻¹ (effect vermindert met de jaren) duurt ca. 20 jaar. Er wordt dan een PSI=0,10 en een PSD=20% bereikt.



5 Samenvattende conclusie en advies

- * Op basis van het veldonderzoek en de chemische bodemanalyses kan worden geconcludeerd, dat het meeste fosfaat is opgeslagen in de A-horizont. Voor ontwikkeling van een Blauwgrasland zou op die plaatsen de A-horizont moeten worden afgegraven (zie kaarten in bijlage 4a t/m f). Soms is ook de C-horizont fosfaatrijk, zoals in de diep verwerkte zandgronden in de Leeg'n Könningstool; hier is afgraven vanwege de grote dikte van de fosfaatrijke horizonten geen optie.
- * De fosfaatverzadiging (PSD) van de gronden is in de A-horizont niet één-duidig hoog: in leemgronden (Ln in de Slangenburg), in beekerdgrond met kleidek (kpZg) en zware kleigrond (KT beide in het Voltherbroek) is de A-horizont niet met fosfaat verzadigd en hoeft niet te worden afgegraven.
- * Soms is het moeilijk om op basis van visuele kenmerken de aangegeven af te graven diktes vast te stellen. Bij het afgraven zijn de aangegeven af te graven diktes een houvast; een goede deskundige begeleiding/controle van de werkzaamheden is noodzakelijk. In de meeste gevallen kan op kleurverschillen worden afgegraven. Hierop moet bij het afgraven goed worden gelet.
- * Afgraven van de A-horizont heeft tot gevolg dat zwak lemig tot sterk lemig materiaal aan maaiveld komt. Hoe sterker lemig het materiaal is, hoe hoger de basenverzadiging. Met uitzondering van de Slangenburg, neemt door afgraven overal de basenverzadiging af.
- * Soms wordt voor perceeldelen, ondanks lage fosfaatverzadiging, toch afgraven geadviseerd omdat anders het nieuwe reliëf ongunstig of onnatuurlijk wordt.
- * Het grondwater in de Achterhoek is basenrijk en in het Voltherbroek matig basenrijk.
- * Op basis van de veldwaarnemingen blijkt de GHG in de Achterhoek en in het Voltherbroek na afgraven, dicht genoeg bij maaiveld te komen voor de ontwikkeling van vochtige tot natte vegetatie. Op plaatsen die niet hoeven te worden afgegraven is de GHG meestal al hoog genoeg. Alleen in de Leeg'n Könningstool zal de GHG niet overal hoog genoeg staan.
- * Na afgraven wordt verwacht dat, onder voldoende natte omstandigheden (grondwater aan maaiveld), op plaatsen met lagere basenverzadiging condities aanwezig zullen zijn voor Kleine zeggenvegetatie (*Parvocaricetea, Caricion nigrae*). Op plaatsen met hoge(re) basenverzadiging zijn condities aanwezig voor gemeenschappen uit de *Molinietalia*-orde (*Cirsio dissecti-Molinietum, Junco-Molinion, Calthion palustris* fig. 5.1 t/m 5.6). Op plaatsen met in de toekomst regenwaterinvloed kunnen gemeenschappen uit het *Ericion tetralicis* worden verwacht. Op drogere locaties met lage basenverzadiging zijn kansen voor gemeenschappen uit de *Nardetea*. In de Leeg'n Könningstool, op de niet af te graven locaties, worden gemeenschappen uit de *Arrhenatheretalia* verwacht.
- * Op veel plaatsen, waar op basis van de fosfaatverzadiging niet hoeft te worden afgegraven, heeft de huidige vegetatie nog een voedselrijk karakter. De oorzaak moet gezocht worden in de aanwezigheid van (veel) stikstof. Stikstof spoelt echter snel uit, of kan met hooien worden afgevoerd.
- * Het op kleine schaal onderzochte effect van afgraven in Koolmansdijk in 1999-2003 op de fosfaat- en basentoestand van de nieuwe dagzomende horizonten, laat zien dat de fosfaattoestand laag is ($PSI \leq 0,03$, $PSD \leq 6\%$)



en de basenverzadiging hoog (42-63%). Deze waarden voldoen ruimschoots aan de eisen voor schraalgrasland. Aan de hoge(re) basenverzadiging heeft het sluiten van het waterpompstation (met als resultaat een hogere grondwaterstand) ook positief bijgedragen. Op de onderzochte locaties wordt vegetatie waargenomen met o.a. *Parnassia*, *Spaanse ruiter*, *Blauwe knoop*, *Stijve ogentroost*, *Gevlekte orchis*, *Klokjesgentiaan*, *Moeraswespenorchis e.a.* Daardoor kan gerust geconcludeerd worden dat het afgraven zowel abiotisch als biotisch groot succes heeft gehad (zie tabel 5.2 en 5.3).

- * Door extrapolatie van de gevonden waarden voor de fosfaatverzadiging, basenverzadiging en grondwaterstand na wel of niet afgraven, kan een inschatting worden gemaakt van de oppervlakten van de te verwachten vegetatie-eenheden (tabel 5.4).

Tabel 5.4.
Oppervlakten in ha. van verwachte syntaxa in de Achterhoek en het Voltherbroek.

Syntaxon	Achterhoek (ha)	Voltherbroek (ha)
<i>Calthion palustris</i>	18	29
<i>Caricion nigrae</i>	15	10
<i>Cirsio dissecti-Molinietum parnassietosum</i>	12	6
<i>Cirsio dissecti-Molinietum typicum/peucedanetosum</i>	4	4
<i>Cirsio dissecti-Molinietum nardetosum</i>	2	-
<i>Nardetea</i>	2	11
<i>Arrhenatheretalia</i>	4	-

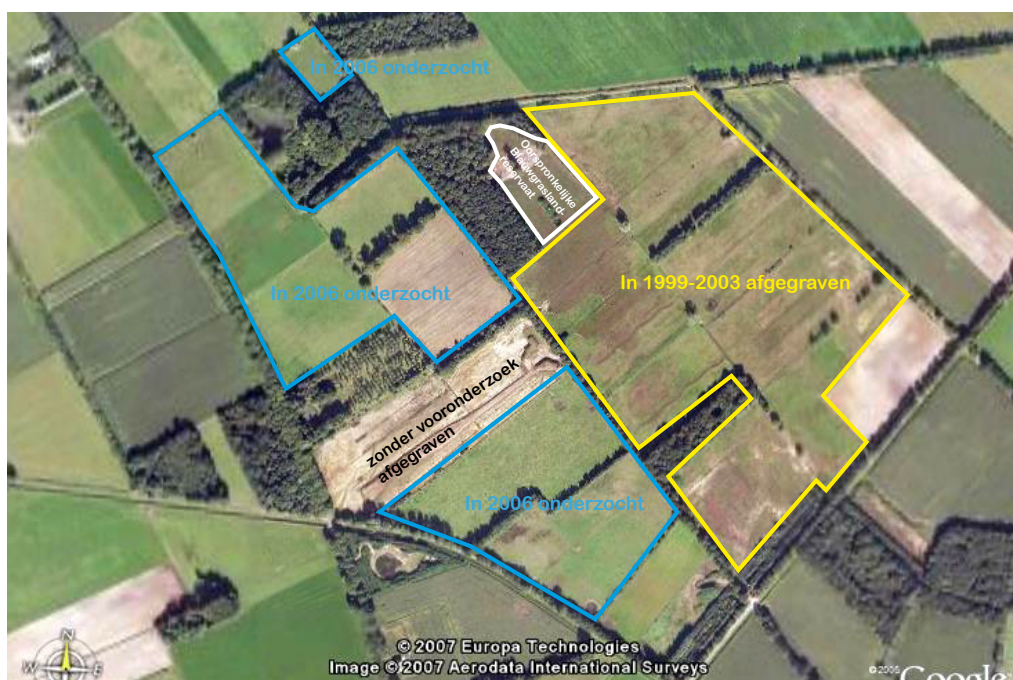


Fig. 5.7.
Satelliefoto van Koolmansdijk, waarop aan de variatie van de vegetatie is te zien welke delen reeds zijn afgegraven.



*Fig. 5.8.
Enige impressies uit de
onderzoeksterreinen.*

*Trekkrus op afgegraven
delen in Koolmansdijk.*



*Stijve ogentroost op afge-
graven delen in Koolmans-
dijk.*



*Perceel VB 17 in het Vol-
therbroek. Op hogere en
drogere delen domineert
gestreepte witbol, maar in
de natte laagte ontbreekt de
soort geheel.*



Literatuur

- Allen, St.E. (ed.), 1989. Chemical analysis of ecological materials. Blackwell Scientific Publ., Oxford.
- Bakker, H. de & W.P. Locher, 1990. Bodemkunde van Nederland. Malmberg, Den Bosch.
- Ball, D.F., 1964. Loss-on-ignition as an estimate of organic matter and organic carbon in non calcareous soils. *J. Soil Sci.*, 15:84-92.
- Beets, C.P., P.W.F.M. Hommel & R.W. de Waal, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005. Selectie van referentiepunten t.b.v. het SBB-project terreincondities. Resultaten inventarisaties. SBB, Driebergen.
- Both, J.C. & G. van Wirdum, 1981. Waterhuishouding, bodem en vegetatie van enkele Gelderse natuurgebieden. RIN-rapport 81/18. Leersum.
- Egnér, H., H. Rhiem & W.R. Domingo, 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. *Kunigl. Lantbr. Högsk. Ann.*, 26: 199-215.
- Giesen & Geurts, 1998. Bemonstering en chemische analyse van grondwater uit Staatbosbeheer reservaten in Gelderland 1997. SBB, Arnhem/G&G, Ulft.
- Giesen & Geurts, 2000a. Bemonstering en chemische analyse van grondwater uit Staatbosbeheer reservaten in Gelderland 1999. SBB, Arnhem/G&G, Ulft.
- Giesen & Geurts, 2001. Bemonstering en chemische analyse van grondwater uit Staatbosbeheer reservaten in Gelderland 2000. SBB, Arnhem/G&G, Ulft.
- Giesen & Geurts, 2000b. Bodemkartering Koolmansdijk met uitvoeringsadvies en kansrijkdom voor natuurherstel. DLG, Arnhem/G&G, Ulft.
- Giesen & Geurts, 2002. De betekenis van chemische en fysische wateranalyses. Staatsbosbeheer, Deventer/G&G, Ulft.
- Giesen & Geurts, 2003. Heidenhoekse Vloed en Gulbroek 2002. Kwaliteit van grond- en oppervlaktewater. SBB, Arnhem/G&G, Ulft.
- Giesen & Geurts, 2004. De fosfaat- en basentoestand van de bodem in de Hooilanden van Binnenveld-Oost 2004, met plagadvies. Ulft, SBB Regio Oost.
- Giesen & Geurts, 2005. De fosfaat- en basentoestand van de bodem van percelen langs de Groenlose Slinge bij Beltrum, met plagadvies. Ulft, DLG Arnhem.
- Giesen & Geurts, 2006a. Plaggen ten behoeve van natuurontwikkeling. Fosfaatverzadiging als uitgangspunt. Flyer G&G, Ulft.
- Giesen & Geurts, 2006b. Bodemonderzoek in het stroomgebied van de Brunninkhuizerbeek. Onderzoek naar bodemopbouw, fosfaat- en basentoestand ten behoeve van en integraal inrichtingsplan voor het stroomgebied van de Brunninkhuizerbeek. Ulft, WRD, Almelo.
- Giesen & Geurts, 2006c. De fosfaat- en basentoestand van de bodem langs de Enkele Wiericke. DLG, Den Haag.G&G, Ulft.
- Giesen & Geurts, 2006d. De fosfaat- en basentoestand van de bodem in het Renkumse beekdal. Staatsbosbeheer, Deventer/G&G, Ulft.
- Hesse, P.R., 1971. A textbook of soil chemical analysis. Clowes & Sons, London.
- Houba, V.J.G., J.J. van der Lee, I. Novozamsky & I. Walinga, 1989. Soil and Plant analysis. Part 5: Soil Analysis Procedures. Vakgroep Bodemkunde en Planvoeding. L.U. Wageningen.
- Jansen, A.J.M., 2000. Hydrology and restoration of wet heathland and fen meadow communities. Dissertatie Groningen.
- Kemmers, R.H., R. de Waal, S.P.J. van Delft & P. Mekking, 2002. Ecologische typering van bodems; actuele informatie over bodemkundige geschiktheid voor natuurontwikkeling. *Landschap*, 19: 89-103.
- Keizer, M.G., V.J.G. Houba & Th.M. Lexmond, 1987. Bemonstering van bodem en



- vegetatie ten behoeve van chemische analyses. Vakgroep Bodemkunde en Plan-
tevoeding. L.U. Wageningen.
- Koopmans, G.F. 2004. Characterization, desorption, and mining of phosphorus in noncal-
careous sandy soils. Wageningen University and Research Centre. PhD. Wage-
ningen.
- Koopmans G.F., W.J. Chardon, P.A.I. Ehlert, J. Dolfing, R.A.A. Suurs, O. Oenema, and
W.H. van Riemsdijk. 2004. Phosphorus availability for plant uptake in a phos-
phorus-enriched noncalcareous sandy soil *J. Envir. Qual.* 33.
- Kratz, R. & J. Pfadenhauer (eds.), 2001. Ökosystemmanagement für Niedermoore, Strate-
gien und Verfahren zum Renaturierung. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Maguire, R.O., R.H. Foy, J.S. Bailey & J.T. Sims. 2001. Estimation of the phosphorus
sorption capacity of acidic soils in Ireland. *European Journal of Soil Science* 52:
479-487.
- Mitchell, J., 1932. The origin, nature and importance of soil organic constituents having
base exchange properties. *J. Am. Soc. Agron.*, 24:256-275.
- Page, A.L. (ed.), 1989. *Methods of soil analysis. Part 2: Chemical and microbiological
properties (Sec. ed.)*. Agronomy, 9(2). Am. Soc. Agr., Soil Sc. Soc. A., Madison
(USA).
- Riemsdijk, W.H. van, L.J.M. Boumans, and F.A.M. de Haan. 1984. Phosphate sorption
by soils: I. A model for phosphate reaction with metal-oxides in soil. *Soil Sci.
Soc. Am. J.* 48:537-541.
- Schaminée, J.H.J., E. Weeda & V. Westhoff, 1995. *De vegetatie van Nederland deel 2.*
Opulus Press, Leiden.
- Schaminée, J.H.J., A.H.F. Stortelder & E. Weeda, 1996. *De vegetatie van Nederland deel
3.* Opulus Press, Leiden.
- Scheffer, F. & P. Schachtschabel, 1989. *Lehrbuch der Bodenkunde.* F. Enke Verlag, Stutt-
gart.
- Schwertmann, U. 1964. Differenzierung der Eisenoxide des Bodens durch Extraktion mit
Ammoniumoxalat-Lösung. *Z. pflanzenernähr. Dueng. Bodenk.* 105: 194-202.
- Stuyfzand, P.J., 1986. Een nieuwe hydrochemische classificatie van watertypen, met
Nederlandse voorbeelden van toepassing. *H2O(19)* 23:562-568.
- Takman, B. & G. Kooijman, 2004. *Beheersrichtlijnen in relatie met de gewenste
trofiegraad.* Visie Staatsbosbeheer, Zwolle.
- Temminghoff, E.J.M. (ed.), 2000. *Methodology of chemical soil and plant analysis.* Sub-
department Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen University.
- Thomas, G.W., 1967. Problems encountered in soil testing methods. In: *Soil testing and
plant analysis, Part 1.* Soil Sci. Soc. of Am. Spec. Pub., 2: 37-54.
- Tolman, M.E. & D.P. Pranger, 2004. *Vegetatie- en plantensoortkartering Koolmansdijk.*
EGG-consult, Groningen.
- Wirdum, G. van, 1991. *Vegetation and hydrology of floating rich-fens,* Dissertatie Uni-
versiteit van Amsterdam.
- Zee, S.E.A.T.M. van der, L.G.J. Fokkink, and W.H. van Riemsdijk. 1987. A new tech-
nique for assessment of reversibly adsorbed phosphate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51:
599-604
- Zee, S.E.A.T.M. van der, M.M. Nederlof, W.H. van Riemsdijk, and F.A.M. de Haan.
1988. Spatial variability of phosphate adsorption parameters. *J. Environm. Qual.*
17: 682-688.



Bijlagen



Bijlage 1.

Beschrijving van de bodemprofielen. SB=Slangenburg, HV=Heidenhoekse Vloed, HH=Halse Heide, KS=Leeg'n Könningstoel, KD=Koolmansdijk en VB=Voltherbroek.

deelgebied	boring	diepte	horizont	Bodemmonster	humus	luthum <2,0	leem < 50μ	M50	roestig	Bodem eenheid		Gt	GHG	GLG	Opmerking
										code	in 't veld omschrijving				
KS1	1	0-32	1App		3	-	17	165							
		32-80	1Cg		-	-	14	-	roestig	IzG53	beekeerdgrond	III	0	95	grijs licht verwerkt
		80-95	1Cgr		-	-	14	-	zwak roestig						
KS1	2	95-120	1Cr		-	-	14	-							
		35-100	1Cg		3	-	15	165	roestig	IzG53	beekeerdgrond	III	15	115	grijs verwerkt
		100-115	1Cg1		-	-	12	165	zwak roestig						
		115-120	1Cr		-	-	12	165							
KS1	3	0-60	1Ap	0-20	4	-	14	150		HZ	diep verwerkte grond	III	10	110	verwerkt
		60-110	1Ce		-	-	10	160							licht grijs
		110-120	1Cr		-	-	10	160							
KS1	4	1Ap	0-45		4	-	16	165		HZ	diep verwerkte grond	V*	25	>120	grijs
		1A/C	45-80		2	-	12	165							bont. Verwerkt
		1Cg	80-120		-	-	12	165							
		1Ap	0-35	0-15	3	-	15	165		IzG53	beekeerdgrond	III	0	110	grijs
KS2	1	1Cr	110-120		-	-	10	165	roestig						
		1Ap	0-35	0-20	4	-	16	165		IzG53	beekeerdgrond	III	0	100	iets verwerkt
		1Cg1	35-60		-	-	12	165	zwak roestig						
		1Cg2	60-100		-	-	10	165							
KS2	2	1Cr	100-120	100-105	-	-	10	165							
		1App1	0-25		2	9	37	150		HZ	diep verwerkte grond	III	15	115	bruin
		1App2	25-45		5	-	28	160							zwart
		1Cg	45-85		-	-	15/30	150	veel roest						gelaagd
		1Cg1	85-115		-	-	15	165	zwak roestig						
KS2	3	1Cr	115-120		-	-	15	165							
		1A/Cg	0-90	5	4/8	25/35	145		HZ	diep verwerkte grond	V*	50	>120	heterogeen opgebracht	
		1Cg	90-120	-	4	140	160	roestig							
KS2	4	1Ap	0-30	0-20	5	-	18	160		HZ	diep verwerkte grond	V*	30	>120	vrij homogeen
		1A/C	30-90	30-60	4	-	18	160							diep heterogeen
		1Cg	90-120		-	-	12	160							
KS2	5	1Ap	0-40		3	7	20	140		HZ	diep verwerkte grond	V	20	>120	vrij homogeen
		1A/Cg	40-80		3	6	27	140							heterogeen
		1Cg	80-120		-	-	12	165	roestig						
KS3	1	1Aap	0-40		6	-	15	160		HZ	diep verwerkte grond	V*/VI	40	>120	zwart, vrijwel homogeen
		1A/C/B	40-120		2/6	-	15	160							heterogeen
		1Aap	0-35		6	-	16	160		HZ	diep verwerkte grond	V*/VI	55	>120	zwart, homogeen
KS3	2	1A/B/C	35-85		4	-	16	160							heterogeen
		1Ce	85-121		-	-	12	160							
		1Aap	0-40		4	-	14	160		HZ	diep verwerkte grond	VI	50	>120	donker grijs, homogeen
		1A/B+	40-85		3	-	14	165							heterogeen
KS3	3	1BCe	85-120		1	-	14	165							lichtgrijs bruin
		1Aap	0-45		6	-	15	160		cHn53	laarpodzol	VI	45	>120	
		1BCe	45-60		1	-	15	160							iets heterogeen van 35-45
KS3	5	1Cg	60-150		-	-	12	145	roestig						zwakke B-horizont
		1Aap	0-45		6	-	16	160		cHn53	laarpodzolgrond	VI	55	>120	vrijwel homogeen
		1BCe	45-80	45-60	1	-	14	160							zwart
		1Cg	80-120	80-100	-	-	12	175	zwak roestig						fiets bruin
KS3	6	1Aap	0-45	0-25	6	-	16	160		zWp	moerpodzolgrond	V*/V*	25	>120	homogeen
		2C	45-65		40	-	-	-							gliede-achtig veen, amorf
		3Bhe	65-80	65-70	3	-	18	140							kazig
		3BCe	80-115		1	-	10	160							fiets bruin
		3Ce	115-120		-	-	10	160							lichtgrijs
		1Aap	0-45		5	-	15	165		cHn53	laarpodzolgrond	VI	55	120	donkergrijs
		1Bhs	45-75		2	-	12	165							verkitte B-horizont
1BC	75-100		1	-	12	165		pZg21	beekeerdgrond	III	10	105	licht bruin		
KD1	1	1Apkg	0-30		6	-	16	155							zwart iets heterogeen
		1Cg	30-90		-	-	16	155	zeer veel roest						
		1Cg1	90-95		-	-	12	160	zwak roestig						
		1Cr	95-120		-	-	12	160							
KD1	2	1A/Cg	0-32		5	-	17	165		pZg21	beekeerdgrond	III	20	105	verwerkt
		1Cg1	32-70		-	-	17	165	zeer roestig						zeer roestig+Fe concreties
		1Cg2	70-100		-	-	12	165	zwak roestig						
		1Cr	100-120		-	-	12	165							
KD2	1	1Ap	0-30	0-20	6	-	17	155		pZn21	gooreerdgrond	V*	35	130	donker grijs
		1Cg	30-115	35-50	-	-	10	165	zwak roestig						licht grijs
		1Cgr	115-120		-	-	10	165							blauw grijs
		1Ap	0-28	0-20	6	-	16	165		pZg21	beekeerdgrond	III	25	95	zwart
KD2	3	1Cg	28-95	30-65	-	-	12	165	roestig						licht grijs
		1Cr	95-120	110-120	-	-	12	165							lichtblauw grijs
		1Ap	0-25	0-20	4	6	28	150		fpZg23	beekeerdgrond	III	15	95	grijs bruin
		1Cg	25-95	30-40	-	-	25	155	zeer veel roest						
		1Cgr	95-110	95-105	-	-	14	155							
KD2	4	1Ap	0-28		4	-	14	165		pZn21	gooreerdgrond	V*	35	130	grijs
		1Ce	28-120		-	-	12	165							licht grijs
		1Ap	0-28	0-20	2	8	27	160	veel roest	kpZg23	beekeerdgrond	II/III	5	75	
KD2	5	1Cg1	28-40	30-40	-	-	25	160	zeer veel roest						
		1Cg2	40-75		-	-	15	160	roestig						
		1Cr	75-100	75-90	-	-	12	160							
		1Ap	0-30		2	5	28	165		pZg23	beekeerdgrond	III	25	95	licht heterogeen
KD2	6	1Cg1	30-45		-	-	18	165	veel roest						
		1Cg2	45-90		-	-	14	165							wal gelaagd
		1Cr	90-120		-	-	14	165							
KD2	7	1Ap	0-40		3	-	18	165		pZg23	beekeerdgrond	III	15	100	verwerkt grijs
		1Cg	40-70		-	-	14	165	roestig						
		1Cgr	70-90		-	-	12	165	zwak roestig						
		1Cr	90-100		-	-	12	165							
KD5	1	1A/Cg	0-30		5	5	26	165		pZg23	beekeerdgrond	III	10	90	licht verwerkt
		1Cg	30-65		-	-	14	165	veel roest						
		1Cg1	65-90		-	-	14	165	zwak roestig						
KD5	1	1Cr	90-110		-	-	14	165							



Bijlage 1, vervolg.

Beschrijving van de bodemprofielen. SB=Slangenburg, HV=Heidenhoekse Vloed, HH=Halse Heide, KS=Leeg'n Könningsstool, KD=Koolmansdijk en VB=Voltherbroek.

deelgebied	boring	diepte	horizont	Bodemmonster	% humus	% luthum <2µ	% leem < 50µ	MSO	roestig	Bodemeenheid		Gt	GHG in 't veld	GLG in 't veld	Opmerking
										code	in 't veld omschrijving				
HH1	8	1Ap	0-35		9	-	17	155		Hn53	veldpodzolgrond	V	15	130	zwart
		1Bh1	35-55		4	-	38	120							meer bodemachtig
		1Bh2	55-85		2	-	12	165							bruin
		1BCe	85-110		1	-	12	165							licht bruin
HH1	9	1A/B	0-30		4	-	16	155		Hn53	veldpodzolgrond	V	15	>120	verwerkt
		1BC	30-50		1	-	12	165							licht bruin
		1Ce	50-120		-	-	10	165							licht geel
HH1	10	1A/B	0-25		5	-	16	160		Hn53	veldpodzolgrond	V	20	>120	verwerkt
		1Bh	25-35		2	-	14	160							bruin
		1BCe	35-80		-	-	12	165							licht bruin
		1Ce	80-100		-	-	12	165							zeer licht bruin
HH1	11	1Ap	0-30		8	-	25	140		Hn35	veldpodzolgrond	V	15	>120	
		1BCe1	30-45		1	-	28	120							grijs bruin, meer bodemachtig
		1BCe2	45-75		1	-	14	160							licht bruin
		1Ce	75-120		-	-	14	160							licht geel
HH1	12	1A/B	0-25		5	-	16	160		Hn53	veldpodzolgrond	V	20	>120	iets verwerkt
		1Bhe	25-50		2	-	12	160							bruin
		1BCe	50-70		1	-	10	160							licht bruin
		1Ce	70-100		-	-	10	-							licht geel
HV1	1	1Aap	0-32		4	-	15	155		cHn53	laarpodzolgrond	V	20	>120	licht verwerkt
		1BCe	32-70		1	-	12	155							
		1Ce	70-120		-	-	12	155							
HV1	2	1A/B	0-45		4	-	15	155		cHn53	laarpodzolgrond	V*	25	>120	verwerkt
		1Cg	45-120		-	-	10	155							licht grijs
HV1	3	1Aap	0-45	45-65	5	-	15	155		cHn53	laarpodzolgrond	V*	25	>120	licht heterogeen, donker grijs
		1Bh	45-65	65-85	3	-	12	155							donker bruin
		1Ce	65-120		-	-	10	155							licht geel
HV1	4	1Aap	0-37		5	-	15	155		cHn53	laarpodzolgrond	V*	25	>120	zeer donker grijs
		1BCe	37-55		1	-	12	155							grijs bruin
		1Ce	55-100		-	-	10	155							licht geel
HV1	5	1Aap	0-45		5	-	16	155		cHn53	laarpodzolgrond	V*	25	>120	licht verwerkt
		1BCe	45-70	45-65	1	-	12	155							licht geel
		1Ce	70-120	70-85	-	-	10	155							
HV1	6	1Aap	0-40		5	-	15	155		cHn53	laarpodzolgrond	V*	25	>120	zeer licht verwerkt, donker grijs
		1Bh	40-70		3	-	12	155							bruin
		1BCe	70-95		1	-	10	155							flets bruin
		1Ce	95-120		-	-	8	155							zeer licht bruin grijs
HV1	7	1A/B	0-53		6	-	17	155		cHn53	laarpodzolgrond	V	20	>120	licht verwerkt
		1BCe	53-80		1	-	10	155							fletse B-horizont
		1Ce	80-100		-	-	10	155							licht grijs bruin
HV1	8	1A/BC	0-30		5	-	15	155		cHn53	laarpodzolgrond	V*	35	>120	matig verwerkt
		1BCe1	30-60		1	-	10	155							licht bruin
		1BCe2	60-100		2	-	10	155							flets bruin
		1Ce	100-120		-	-	10	155							bruin grijs
VB1	1	1Apg	0-20	0-20	2	-	20	135		pZg35	beekerdgrond	V*	25	>120	grijs, weinig humus
		1Cg1	20-70	30-50	-	-	22	135	mangaanroest						ijzer + mangaan roest
		1Cg2	70-80		-	-	10	38	135	mangaanroest					ijzer + mangaan roest
		1Cg3	80-120		-	-	17	135	sterk roestig						sterk roestig
VB1	2	1Apg	0-18		3	-	22	130		pZg35	beekerdgrond	V/V*	20	>120	bruin grijs
		1Cg1	18-45		-	-	22	130							licht grijs
		2Cg1	45-75		-	-	10	55	110						zware leemband
		3Cg1	75-120		-	7	40	110							
VB2	1	1Ap	0-20	0-20	7	-	16	145		Hn33	veldpodzolgrond	V	10	>120	zwart
		1Bhs	20-40	20-40	4	-	14	145							zeer donker bruin
		1BCe	40-70	50-70	2	-	10	145							bruin
		1Cg	70-85		-	-	10	145	roest						lichtgrijs, roest concreities
		1Ce	85-120		-	-	10	-	-						licht grijs
VB2	2	1Ap	0-25		5	-	25	130		Hn35	veldpodzolgrond	V	15	>120	donker grijs
		1Bh	25-45		3	-	25	130							flets bruin
		1Cg1	45-65		-	-	15	130	veel roest						veel roest concreities
		1Cg2	65-120		-	-	15	130	zwak roestig						
VB2	3	1Ap	0-25		6	-	17	140		Hn33	veldpodzolgrond	V/V*	25	>120	zeer donker grijs
		1Bh	25-35		4	-	17	140							donker bruin
		1BCg	35-45		1	-	17	140	roest						met roest concreities
		1Cg1	45-55		-	-	15	135	roest						met roest concreities
		1Cg2	55-120		-	-	15	135							licht grijs
VB2	4	1A/B	0-23		5	-	16	140		Hn33	veldpodzolgrond	V*	35	>120	wat heterogeen
		1Bhsg	23-50		3	-	14	140							donker bruin
		1BCg	50-85		1	-	10	140							verkit, licht bruin
		1Cg	85-100		-	-	10	140	roestig						licht grijs
VB2	5	1Ap	0-30	0-20	6	-	20	135		Hn35	veldpodzolgrond	V	10	>120	licht verwerkt
		1Bhe	30-55	30-55	2	-	23	130							flets bruin
		1Cg	55-100	70-100	-	-	12	155	roestig						
VB3	1	1Apg	0-23		3	14	50	-		kpZg35	beekerdgrond	III	0	115	grijs, kleidek
		1Cg	23-38		-	-	14	50	veel roest						
		2Cg1	38-65		-	-	15	135	veel roest						
		2Cg2	65-115		-	-	12	135	zwak roestig						
		2Cr	115-120		-	-	12	135							
VB3	2	1Apg	0-25		5	12	45	130		kpZg35	beekerdgrond	III	0	110	bruin grijs
		1Cg1	25-38		-	-	12	45	130	roestig					
		2Cg	38-45		-	-	18	130							
		3Cg	45-90		-	-	15	55	130						
		4Cg1	90-110		-	-	10	140	zwak roestig						
		4Cr	110-120		-	-	10	140							blauw grijs



Bijlage 1, vervolg.

Beschrijving van de bodemprofielen. SB=Slangenburg, HV=Heidenhoekse Vloed, HH=Halse Heide, KS=Leeg'n Könningsstool, KD=Koolmansdijk en VB=Voltherbroek.

deelgebied boeing	diepte	horizont	Bodemmonster	% humus	% luthum <2µ	% leem < 50µ	M50	roestig	Bodemeenheid		Gt	GHG in 't veld cm-mv	GLG in 't veld cm-mv	Opmerking
									code	in 't veld omschrijving				
VB3 3	1Ag/Cg	0-22		6	13	40	130		kpZg35	beekeerdgrond	III	0	110	donker grijs bruin, kleidek
	1Cg	22-70		-	-	-	135	veel roest						zeer wisselend luthum %
	2Cr	70-95		-	-	-	135							licht blauw grijs
VB3 4	1A/Cg	0-20		6	15	45	-	roestig	kpZg35	beekeerdgrond	III	5	110	kleidek
	2Cg	20-80		-	-	-	135	zwak roest						
	2Cr	80-105		-	-	-	135							
VB3 5	1Ag/Cg	0-25		5	15	50	-	veel roest	kpZg35	beekeerdgrond	III	5	110	licht heterogeen
	1Cg	25-48		-	-	-	140	zwak roest						
	2Cg1	48-80		-	-	-	140	zwak roest						
	2Cr	80-100		-	-	-	140							
VB3 6	1Apg	0-27		5	6	23	140	veel roest	kpZg35	beekeerdgrond	III	5	105	donker grijs
	1Cg1	27-40		-	-	-	140	zwak roestig						
	1Cg2	40-95		-	-	-	140							
	1Cr	95-100		-	-	-	140							
VB3 7	1Apg	0-25	0-20	5	13	45	-	veel roest	kpZg35	beekeerdgrond	III	5	110	kleidek
	1Cg	25-45	25-45	-	-	-	145	roestig						
	2Cg2	25-90	35-55	-	-	-	145							
	2Cr	90-120	90-110	-	-	-	145							
VB3 8	1A/Cg	0-17		5	10	35	135		kpZg35	beekeerdgrond	III	0	105	kleidek
	1Cg1	17-30		-	-	-	130							kleidek
	1Cg2	30-50		-	-	-	210							grof verspoeld zand
	1Cg3	50-90		-	-	-	210	egale oranje roest						grof verspoeld zand
	1Cr	90-120		-	-	-	195							
VB3 9	1Apg	0-20		6	20	-	-		KT	zware tot zeer zware kleigrond	II	5	65	zeer donker grijs
	1Cg	20-60		2	24	-	-	iets roestig						
	2Cgr	60-70		-	-	-	140	zwak roestig						
	2Cr	70-90		-	-	-	140							
VB4 1	1Apg	0-15	0-15	6	20	-	-	roest	kpZg35	beekeerdgrond	III	8	115	kleidek
	1Cg1	15-30	15-30	-	-	-	-	roestig						kleidek
	2Cg1	30-65	40-60	-	-	-	130	roestig						
	2Cr	65-110	110-120	-	-	-	130	zwak roestig						
VB5 1	1A/Cg	0-18		6	24	-	-	veel roest	KT	zware tot zeer zware kleigrond	II/III	3	77	iets heterogeen
	1Cg	18-70		-	-	-	135							zeer gelaagd
	2Cr	70-90		-	-	-	135							
VB6 1	1Apg	0-15		6	20	-	-		kpZg35	beekeerdgrond	III	0	95	kleidek
	1Cg	15-23		-	-	-	-							kleidek
	2Cg	23-60		-	-	-	130							
	3Cg	60-80		-	-	-	-							
	3Cgr	80-95		-	-	-	-							
VB6 2	1Apg	0-18		6	4	22	140	veel roest	pZg35	beekeerdgrond	III	5	95	donker grijs
	1Cg	18-55		-	-	-	135							
	2Cg	55-80	10-20	-	-	-	125							gelaagd
	3Cgr	80-95		-	-	-	125							
VB6 3	1Apg	0-18		6	40	-	-		KT	zware tot zeer zware kleigrond	II	0	90	zware klei
	1Cg	18-90		-	-	-	-							zware klei
	2Cr	90-120		-	-	-	230							verspoeld zware klei
VB6 4	1A/Cg	0-20	0-18	-	-	-	-		KT	zware tot zeer zware kleigrond	II	0	80	zware klei
	1Cg	20-60	20-60	-	-	-	-	veel roest						
	2Cg1	60-80		-	-	-	140	zwak roestig						
	2Cr	80-100		-	-	-	140							
VB7 1	1A/Cg	0-28		6	5	26	135	roestig	pZg35	beekeerdgrond	V	0	>120	licht verwerkt
	1Cg	28-120		-	-	-	130							
VB7 2	1Aa	0-40		5	-	-	145	roest	pZg35	beekeerdgrond	V*	50	>120	homogeen
	1Cg1	40-60		-	-	-	160	zwak roestig						ijzerconcentraties/licht grijs
	1Cg2	60-120		-	-	-	160							veel ijzer concentraties
VB8 1	1A/Cg	0-30	0-20	5	-	-	145	roestig	Hn53	veldpodzolgrond	VI	50	>120	verwerkt
	1Cg1	30-60	40-55	-	-	-	140							
	1Cg2	60-80		-	-	-	140	roestig						
	1Cg3	80-120		-	-	-	140	zwak roestig						
VB8 2	1A/Cg	0-25		4	6	28	145	veel roest	pZg35	beekeerdgrond	III	15	110	licht verwerkt
	1Cg1	25-45		-	-	-	140							
	1Cg2	45-105		-	-	-	140							blauw grijs
	1Cr	105-120		-	-	-	140							
VB8 3	1A/Cg	0-15		4	4	26	145	roestig	pZg35	beekeerdgrond	III	10	110	verwerkt
	1Cg1	15-80		-	-	-	140	zwak roestig						grindjes
	1Cr	80-105		-	-	-	160							
VB8 4	1Ap	0-25		5	-	-	140	roestloos	pZn35	gooreerdgrond	V	20	>120	zeer donker grijs
	1Ce	25-40		-	-	-	140	zwak roestig						grijs
	1Cg	40-80		-	-	-	140							
VB9 1	1Ap	0-25		4	-	-	145		Hn53	veldpodzolgrond	VI	60	>120	donker grijs
	1Bns	25-55		2	-	-	145							zeer donker grijs
	1BCg	55-80		1	-	-	145							vuil bruin
VB10 1	1Ap	0-28	0-20	4	-	-	145	roest	Hn53	veldpodzolgrond	VI/VI	80	>120	donker grijs
	1Bc	28-40	30-40	-	-	-	155	veel roest						
	1Ce	40-60	40-55	-	-	-	160	zwak roestig						grijs
	1Cg	60-120		-	-	-	160							
VB10 2	1A/Cg	0-30		5	-	-	145	roestig	pZg35	beekeerdgrond	III	0	115	
	1Cg1	30-60		-	-	-	140	zwak roestig						
	1Cg2	60-110		-	-	-	140							
	1Cr	110-120		-	-	-	140							
VB11 1	1Apg	0-18		6	10	40	130	roestig	KT	zware tot zeer zware kleigrond	II/III	0	110	
	1Cg1	18-50		-	-	-	130	zwak roestig						
	1Cg2	50-80		-	-	-	120	roestig						gelaagd
	1Cgr	80-105		-	-	-	300/300	zwak roestig						
	1Cr	105-120		-	-	-	300/300							fijn grind



Bijlage 1, vervolg.

Beschrijving van de bodemprofielen. SB=Slangenburg, HV=Heidenhoekse Vloed, HH=Halse Heide, KS=Leeg'n Könningsstool, KD=Koolmansdijk en VB=Voltherbroek.

deelgebied	boring	diepte	horizont	Bodemmonster	humus %	luhum <2µ %	leem < 50µ %	M50	roestig	Bodemeenheid		Gt	pH in 't veld cm-mv	Opmerking	
										code	in 't veld omschrijving				
VB11	2	1Ap	0-15		6	8	38	135		pZg35	beekeerdgrond	III	10	115	
		1Cg	15-22		-	8	38	135	veel roest						
		2Cg	22-90		-	-	14	140	roestig						
		2Cgr	90-115		-	-	14	130	roestig						
VB11	3	2Cr	115-120		-	-	14	130							grijs
		1A/Cg	0-25		6	37/40	-	-		KT	zware tot zeer zware kleigrond	II/III	0	75	licht verwerkt
		1Cg	25-75		-	37/40	-	-	roestig						
VB11	4	1Apg	0-15	0-15	5	10	-	-		KT	zware tot zeer zware kleigrond	III	0	>120	donker grijs
		1Cg	15-55	20-40	-	50/60	-	-	zwak roestig						
VB12	1	1A/Cg	0-60		4	7	34	140		KT/Z	diepverwerkte grond met zeer zware klei + zand	III	5	110	intensief verwerkt
		1Cg	60-105		-	7	12	155							
		1Cr	105-120		-	7	12	155							
VB12	2	1A/Cg	0-65		5	10	35	-		KT/Z	diepverwerkte grond met zeer zware klei + zand	III*	0	105	verwerkt, zand+klei
		1Cg	65-75		-	15	45	-	veel roest						
		2Cg	75-105		-	-	12	165	roestig						
VB12	3	1A/Cg	0-60	0-50	4	18	40	-		KT/Z	diepverwerkte grond met zeer zware klei + zand	II/III	0	70	mengsel v. humus zand en zw.klei
		2Cg	60-70		-	-	16	135							
		2Cr	70-100		-	-	16	135							
VB13	1	1A/Cg	0-45		3	25	140	-		pZg35	beekeerdgrond	II	0	65	sterk verwerkt blauw grijs
		1Cgr	45-60		-	-	14	140	iets roest						
		1Cr	60-100		-	-	14	140	iets roest						
VB13	2	1Apg	0-15		5	27	140	-		pZg35	beekeerdgrond	II/III	0	100	donker grijs
		1Cg1	15-50		-	24	145	-	egaal roestig						
		1Cg2	50-75		-	-	14	130	roestig						
		2Cgr	75-100		-	12	50	-	zwak roestig						
VB13	3	1Ap	0-25		6	-	19	140		Hn35	veldpodzolgrond	V	15	120	zeer donker grijs
		1Bhg	25-50		4	-	15	141							zeer verkit met ijzerconcreties
VB13	4	1A/B	0-50	0-40	4	-	19	150		Hn35	veldpodzolgrond	VI	55	120	diep verwerkt
		1BCg	50-90	55-70	2	-	14	155	roest						veel roest concreties
		1A/Cg	0-25	0-20	3	-	25	140		pZg35	beekeerdgrond	II/III	0	80	verwerkt
VB13	5	1A/Cg	0-25	30-50	-	-	14	135	roestig						
		1Cg	25-75		-	-	14	135							
		1Cr	75-100		-	-	14	135							
VB14	1	1A/Cg	0-35		3	-	22	145		pZg35	beekeerdgrond	III	0	90	verwerkt
		1Cg	35-60		-	-	15	150							verspoeld zand
		1Cg1	60-85		-	-	12	160							blauw grijs
		1Cr	85-100		-	-	12	160							
VB15	1	1A/Cg	0-30		4	-	22	145		pZg35	beekeerdgrond	III	5	90	verwerkt
		1Cg	30-90		-	-	12	175	zwak roestig						iets grind
		1Cr	90-100		-	-	12	175							verspoeld zand + grindjes
VB15	2	1A/Cg	0-40	0-20	5	-	20	140		pZg35	beekeerdgrond	III	10	110	verwerkt
		1Cg	40-100	45-65	-	-	13/18	170/185	zwak roestig						
		1Cr	100-120	100-120	-	-	13/18	170/185							
VB15	3	1A/BCg	0-45	0-30	5	-	19	150		Hn35	veldpodzolgrond	VI	50	120	verwerkt
		1BCg	45-70	45-70	2	-	14	160	veel roest						veel roest concreties
		1Cg	70-100	70-100	-	-	10	150	zwak roestig						
VB15	4	1A/Cg	0-35		5	-	26	150	roestig	pZg35	beekeerdgrond	III	0	90	licht verwerkt
		1Cg	35-65		-	-	15	125							
		1Cgr	65-85		-	-	15	125							
VB15	5	1A/Bg/Cc	0-45		6	-	24	145		Hn35	veldpodzolgrond	V*	35	120	grote variatie op korte afstand
		1BCg	45-70		1	-	14	140	roestig						zeer verkit roestig (ijzerpodzol)
		1Cg	70-100		-	-	10	130	zwak roestig						
VB15	6	1A/C	0-70		4	-	-	-		H/Z	diep verwerkte grond met humeus en humusloos zand	III	70	110	opgebracht materiaal
		1Cg	70-110		-	-	10	155							licht grijs
		1Cr	110-120		-	-	10	155							
VB16	4	1Apg	0-18		6	6	28	148		kpZg35	beekeerdgrond	II	0	75	vrijwel ongestoord
		1Cg	18-60		-	-	12	155	roestig						
		1Cgr	60-70		-	-	-	-	zwak roestig						
VB17	1	1A/Cg	0-60		2	2/45	-	-		KT/Z	diep verwerkte grond met zeer zware klei en zand	II/III	0	85	zand + veel zware klei
		1Cg	60-85		-	-	10/17	180/150	roestig						gelaagd
		1Cr	85-100		-	-	10/17	180/150							
VB17	2	1A/Cg	0-45		2	5/50	-	-		KT/Z	diep verwerkte grond met zeer zware klei en zand	II/III	0	80	veel zware klei + zand
		1Cg	45-70		-	-	18	125	roestig						
		1Cgr	70-80		-	-	18	125	zwak roestig						
VB17	3	1A/Cg	0-40	0-40	3	-	5/40	-		KT/Z	diep verwerkte grond met zeer zware klei en zand	II/III	10	85	zware klei + zand
		1Cg1	40-60	40-60	-	-	-	195	roestig						
		1Cg2	60-80		-	-	-	115	roestig						
VB18	1	1Aap	0-45	0-30	7	-	16	160		cHn53	laarpodzolgrond	VI	50	120	licht verwerkt
		1BCg	45-55	45-55	1	-	12	160	roest						verkit + roest concreties
		1Cg	55-120	60-85	-	-	10	160	sterk roestig						
VB18	2	1A/BCg	0-50		4	-	15	165		cHn53	laarpodzolgrond	VI	45	120	zwarte A-horizont+BCg
		1Cg	50-100		-	-	8	190	sterk roestig						verkit (humusijzerpodzol)
VB18	3	1Apg	0-40	0-30	3	-	27	145		cHn35	laarpodzolgrond	VI	50	120	opgebracht dek bruin
		1BCg	40-70	40-60	1	-	8	185							verkit
		1Cg	70-100	80-100	-	-	8	185							
VB20	1	1A/Cg	0-60	0-50	2	5/35	-	-		KT/Z	diep verwerkte grond met zeer zware klei en zand	II	0	75	zware klei + zand
		1Cgr	60-75	60-75	-	-	15/30	130							grijs gelaagd
		1Cr	75-100	80-100	-	-	15/30	130							grijs blauw + houtresten
VB21	1	1A/Cg	0-30	0-30	4	10	38	-		kpZg35	beekeerdgrond	III	0	100	sterk heterogeen
		1Cg1	30-35	30-35	-	-	5	28	130	veel roest					
		1Cg2	35-70	50-75	-	-	14	135	zwak roestig						
		1Cgr	70-90		-	-	14	135	zeer zwak roestig						licht grijs
	1Cr	90-120		-	-	14	135								grijs

**Bijlage 1, vervolg.**

Beschrijving van de bodemprofielen. SB=Slangenburg, HV=Heidenhoekse Vloed, HH=Halse Heide, KS=Leeg'n Könningstool, KD=Koolmansdijk en VB=Voltherbroek.

deelgebied	boring	diepte	horizont	Bodemmonster	humus %	luthum <2μ %	leem < 50μ %	M50	roestig	Bodemeenheid		Gt	GHG in 't veld cm-mv	GLG in 't veld	Opmerking
										code	in 't veld omschrijving				
VB21	2	1A/Cg	0-80		-	4/35	-	-		KT/Z	diep verwerkte grond met zeer zware klei en zand	III	0	80	
		1Cr	80-100		-	-	14	160							
VB22	1	1Ap	0-25	0-20	6	-	14	155		Hn53	veldpodzolgrond	VI	45	>120	zwart
		1Bhsg	25-55	25-40	3	-	12	155							donker bruin verkit
		1BCg	55-75		1	-	8	155							matig verkit
VB23	1	1Ce	75-120	80-110	-	-	8	155	iets roest						licht geel
		1Aap	0-35	0-35	4	-	16	155		cHn53	laarpodzolgrond	VII	85	>120	zeer donker grijs
		1BCg	35-65	35-65	1	-	12	165	roestig						verkit
		1Cg	65-100		1	-	10	165							humus inspoeling grijs
VB23	2	1Aap	0-30		5	-	20	140		cZn35	gooreerdgrond	III	5	>120	homogeen
		1A/Ce	30-60		4	-	24	130							heterogeen
		1Cg1	60-80		-	-	13	175	roestig						
		1Cg2	80-120		-	-	10	190	egale roest						
		1Cr	>120		-	-	10	190							
VB23	3	1Aap	0-45		5	-	16	155		cHn53	laarpodzolgrond	VI	50	>120	
		1Bhsg	45-55		2	-	12	165	roestig						
		1BCg	55-62		1	-	10	165	roestig						
		1Cg	62-100		-	-	10	165	zwak roestig						
VB23	4	1Aap	0-40	0-30	6	-	24	140		cZn35	gooreerdgrond	III	5	110	
		1A/C	40-60	40-60	5	-	25	140							verwerkt
		1Ce	60-70		-	-	16	140							
		1Cg	70-90	60-80	-	-	12	140	zwak roestig						
		1Cr	90-110		-	-	12	140							
VB24	1	1Aap	0-30	0-25	5	-	15	155		cHn53	laarpodzolgrond	VII	>80	>120	vrijwel homogeen donker grijs
		1Bhs	30-40	30-40	3	-	15	155							bruin
		1BCg	40-50		1	-	12	165							grijs bruin
		1Cg	50-100	60-80	-	-	12	165	egaal roestig						
		1A/C	0-30		5	-	17	155		pZg53	beekeerdgrond (overgang naar laarpodzol)	III/V	5	120	verwerkt
VB24	2	1Ce	30-75		1	-	12	160							bruin grijs, lichte podzolering
		1Cg	75-118		-	-	8	180							
		1Cr	118-120		-	-	8	180							
		1Aap	0-30		6	-	15	160		pZg53	beekeerdgrond	V*/VI	40	>120	licht verwerkt verkit
VB24	3	1Bhs	30-45		4	-	12	160							
		1BCg	45-75		1	-	12	160	roestig						
		1Cg	75-120		-	-	9	165	roestig						
		1Aap	0-35	0-30	5	-	15	155		cHn53	laarpodzolgrond	VII	85	>120	vrijwel homogeen
VB25	1	1Bhsg	35-70	35-50	2	-	12	155	roestig						bruin
		1Cg	70-100	70-100	2	-	12	155							verstoord
		1Aap	0-42		6	-	24	145	roesteloos	cZn35	gooreerdgrond	V	10	>120	licht verstoord, zeer donker grijs
		1Ce	42-50		-	-	13	175	roestig						grijs
VB25	2	1Cg1	50-100		-	-	13	175	roestig						
		1Cg2	100-120		-	-	20	170/140	roestig						gelaagd
		1Aap	0-30		6	-	16	155		cHn53	laarpodzolgrond	VII	100	>120	zeer donker grijs
		1Bhs	30-40		5	-	14	155							zeer donker bruin
VB25	3	1BCg	40-70		2	-	14	155	roestig						bruin
		1Cg	70-120		-	-	8	165	egaal roestig						
		1Aap	0-30		5	6	28	140		kpZg35	beekeerdgrond	III	10	100	vrijwel homogeen
		1A/Cg	30-45		3	15	45	120							heterogeen
VB26	1	1Cg	45-100		-	6/20	25/45	10/150							sterk gelaagd
		1Cr	100-120		-	6/20	25/45	10/150							blauw grijs + wortelresten
		1A/Cg	0-40		4	-	22	148		kpZg35	beekeerdgrond	III	10	110	matig heterogeen
		1A/Cg	40-50		1	20	-	-	roestig						klei
VB26	2	1Cg	50-70		-	-	8	180	zwak roestig						
		1Cg1	70-110		-	-	8	180	zwak roestig						grindje
		1Cr	110-120		-	-	25	110							blauw
		1A/Cg	0-25		3	15	-	-		kpZg35	beekeerdgrond	II	0	75	zand+klei heterogeen
VB26	3	1Cg	25-55		-	-	8/25	155							gelaagd
		1Cg	55-70		-	-	14	165							
		1Cr	70-100		-	-	14	165							
		1A/C	0-95	0-50	4	-	-	-		H/Z	diep verwerkte grond met humeus en humusloos zand	III	10	115	heterogeen
VB26	4	2Cr	95-120		-	-	10	45							leem
		1A/B	0-30		3	-	14	155		Hn53	veldpodzolgrond	V*	40	>120	verwerkt
		1BCe	30-75		1	-	14	155							licht bruin
VB26	5	1Ce	75-100		-	-	14	155							zeer licht bruin
		1Aap	0-28		4	-	16	165		Hn53	veldpodzolgrond	V*	30	>120	donker grijs
		1E	28-35		2	-	16	165							grijs
		1Bhs	35-55		2	-	12	170							donker bruin
VB27	1	1BCe	55-80		1	-	10	170							bruin
		1Ce	80-120		-	-	10	170							zeer licht bruin
		1Aap	0-20	0-20	3	-	16	160		pZg53	beekeerdgrond	II/III	0	80	
		1Cg	20-60	30-60	-	-	12	160							
		1Cgr	60-80		-	-	12	160							
VB29	1	1A/CB	0-60	0-60	4	-	17	140	roestig	H/Z	diep verwerkte grond met humeus en humusloos zand	III	15	115	heterogeen
		1Cg	60-100	60-80	-	-	10	160							
		1Cr	100-120	100-120	-	-	10	160							
		1A/Cg	0-80		3	-	17	150		H/Z	diep verwerkte grond met humeus en humusloos zand	II/III	0	80	heterogeen
VB29	2	1Cr	80-100		-	-	8	170							
		1A/E	0-20		5	-	16	155		Hn53	veldpodzolgrond	V	10	>120	
		1Bhe	20-55		2	-	10	165							bruin
		1BCe	55-120		1	-	8	180							flets licht bruin
VB30	2	1A/C	0-20		4	-	16	160		pZg53	beekeerdgrond	II/III	5	110	verwerkt
		1Ce	20-45		-	-	8	175							verwerkt + fijn grindje
		1Cg	45-90		-	-	8	175	roestig						
		1Cgr	90-105		-	-	14	140	zwak roestig						
		1Cr	105-120		-	-	14	140							
VB31	1	1A/Cg	0-25		4	-	23	145		pZg35	beekeerdgrond	III	10	120	licht verwerkt
		2 Cg	25-30		-	-	37	-	roestige klei						
		3 Cg	30-90		-	-	12	155	roestig						
		3Cgr	90-115		-	-	12	165							licht grijs
VB31		3Cr	115-120		-	-	8	185							grijs



Bijlage 3.

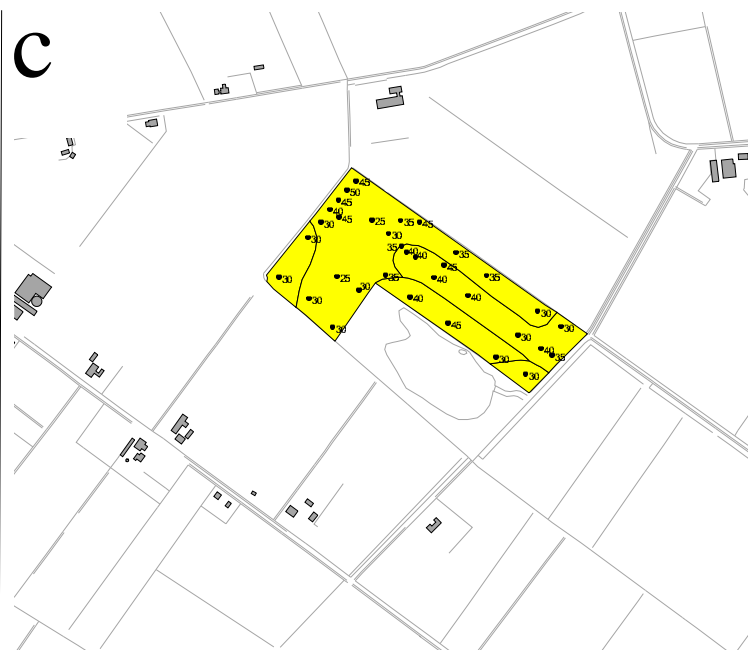
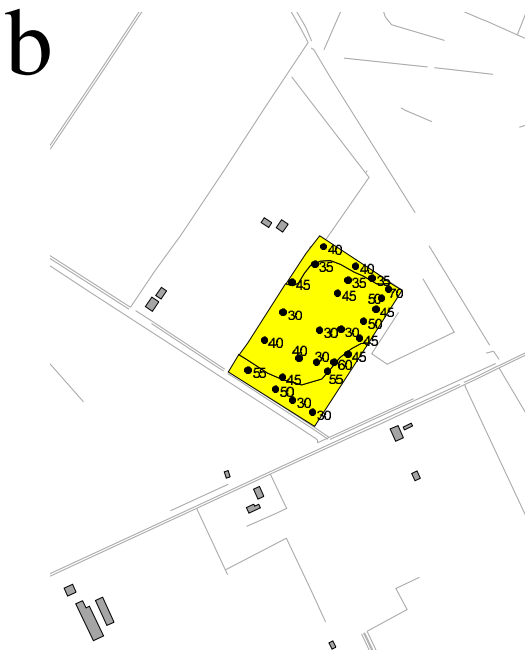
Resultaten van de grondwateranalyses uit de Achterhoek en het Voltherbroek.
Het betreft soms analysesresultaten uit voorgaande jaren.

Peilbuis nr.	bovenkant filter om-nv	Datum	Locatie	EGV mS/m	pH	Ca	Mg	K	Na	Fe	NH4-N	SO4	Cl	HCO3 mmol/l	PO4-P NO3-N mg/l	IR %	Sluifzand watertype	
B009-B	79	24.05.07	Voltherbroek	17,8	5,2	4,2	0,6	0,5	1,8	2,33	2,00	4,2	5,7	0,4	0,067	0,010	56	g ¹ CaHCO ₃ .
B031-B	123	24.05.07	Voltherbroek	20,1	5,6	7,0	1,6	1,0	1,1	5,05	2,50	0,0	6,9	0,8	0,617	0,010	64	g ⁰ CaHCO ₃
B063-B	112	24.05.07	Voltherbroek	34,9	6,0	33,5	1,9	1,0	2,5	5,57	2,00	5,2	13,4	2,1	0,287	0,010	82	g ² CaHCO ₃
VB 6	60	24.05.07	Voltherbroek	51,2	6,2	68,9	1,9	0,5	6,4	5,23	0,20	29,4	7,3	3,1	0,025	0,020	94	g ² CaHCO ₃ .
VB 29	70	24.05.07	Voltherbroek	75,0	6,4	91,2	5,7	1,4	5,7	14,30	6,50	44,0	16,5	5,5	0,022	0,020	91	g ³ CaHCO ₃
B004	330	21.03.78	Koolmansdijk	15,0	5,8	22,0						20,2	8,8	0,3			82	F ² CaSO ₄
B007	230	21.03.78	Koolmansdijk	15,0	6,1	30,0						25,9	11,2	0,6			83	F ² CaSO ₄
B001	215	02.06.97	Koolmansdijk	18,2	6,3	13,2						12,5	1,4				66	
B002	360	02.06.97	Koolmansdijk	63,1	6,7	26,6							17,0	5,1			73	
B004a	330	02.06.97	Koolmansdijk	62,4	6,4	101,3							14,1	5,5			93	F CaHCO ₃
B005	110	02.06.97	Koolmansdijk	122,4	6,6	165,4	12,5	19,2	68,4	0,60	0,30	191,0	72,0	9,5	0,035	0,015	80	F ⁴ CaHCO ₃ +
B006	108	02.06.97	Koolmansdijk	78,2	6,9	95,9	7,9	12,3	38,9	0,20	0,20	86,3	50,0	5,8	0,031	0,019	77	F ³ CaHCO ₃ +
B003	399	12.06.07	Koolmansdijk	91,5	7,1	149,4	10,4	1,3	23,0	0,45	0,13	101,4	27,0	6,8	0,028	0,020	91	g ³ CaHCO ₃ +
B005	110	12.06.07	Koolmansdijk	145,5	6,7	218,9	18,8	1,7	25,3	17,33	0,61	77,5	29,9	13,6	0,022	0,020	93	g ⁴ CaHCO ₃ +
B003	?	4.8.1998	Heidenhoeksevoed	50,7	8,2	55,7	11,0	9,9	17,4	0,01	0,12	107,3	86,9	2,3	0,008	0,006		
B004	?	4.8.1998	Heidenhoeksevoed	10,5	9,6	10,8	1,8	2,1	3,1	0,03	0,10	0,0	20,4	0,6	0,013	0,007		
B006	?	4.8.1998	Heidenhoeksevoed	63,1	8,0	77,8	9,9	6,5	17,5	0,00	0,13	61,0	130,7	3,7	0,014	0,026		
B007	?	4.8.1998	Heidenhoeksevoed	36,6	8,5	36,9	6,4	8,0	11,6	0,00	0,10	96,2	57,7	1,3	0,004	0,016		
bij 7	?	4.8.1998	Heidenhoeksevoed	4,9	7,5	1,8	1,0	3,8	4,8	0,45	0,11	1,6	25,5	0,1	0,005	0,028		
PB1B	190	16.6.02	Heidenhoeksevoed	31,9	6,7	15,3	6,2	8,4	19,5			29,3	22,6	1,5			55	g ¹ CaHCO ₃ +
PB2A	?	16.6.02	Heidenhoeksevoed	26,3	7,3	12,5	4,2	16,0	12,1			27,2	23,6	0,9			48	g ⁰ CaMix +
PB2B	185	16.6.02	Heidenhoeksevoed	56,1	6,6	44,1	7,2	23,9	25,9			58,1	33,6	2,9			70	F ² CaHCO ₃ +
PB3B	185	16.6.02	Heidenhoeksevoed	68,3	7,5	86,5	7,5	0,9	21,5			39,0	59,2	4,3			72	F ³ CaHCO ₃
PB4B	190	16.6.02	Heidenhoeksevoed	40,0	7,4	42,3	7,7	0,7	14,5			18,3	23,4	2,9			76	g ² CaHCO ₃ +
PB5B	185	16.6.02	Heidenhoeksevoed	90,2	6,9	106,5	13,7	0,5	22,8			205,7	41,1	3,3			82	F ² CaMix +
PB6B	190	16.6.02	Heidenhoeksevoed	61,7	7,3	68,6	10,5	17,0	17,5			16,8	18,7	5,6			87	g ³ CaHCO ₃ +
PB7B	192	16.6.02	Heidenhoeksevoed	33,9	7,7	38,9	5,1	2,6	10,1			0,5	11,8	3,0			85	g ² CaHCO ₃ +
PB8B	195	16.6.02	Heidenhoeksevoed	82,3	7,3	106,9	9,1	1,2	31,5			27,8	31,3	7,6			86	F ³ CaHCO ₃ +
PB9B	190	16.6.02	Heidenhoeksevoed	44,4	7,9	49,9	6,9	4,9	14,8			4,8	14,1	4,0			86	g ² CaHCO ₃ +
PB10B	190	16.6.02	Heidenhoeksevoed	66,2	7,4	86,8	9,3	0,6	13,2			68,1	31,9	4,7			83	F ³ CaHCO ₃
B002	148	12.06.07	Koningsstael	103,5	6,9	159,9	11,1	2,3	11,9	9,82	3,00	90,8	28,3	7,8	0,031	0,020	91	g ³ CaHCO ₃ +
B004	155	12.06.07	Koningsstael	91,3	7,0	170,9	9,3	1,7	22,6	0,59	3,00	19,4	6,9	9,3	0,019	0,020	98	g ⁴ CaHCO ₃ +
B1A	?	05.06.97	Slangenburgh	195,8	7,8	7,8			365,2				65,6	11,0				
B1B	?	05.06.97	Slangenburgh	43,8	7,2	39,9			7,3				30,6	2,1				
B3	?	05.06.97	Slangenburgh	20,7	4,3	1,3			3,0				32,5	0,0				
B26	232	05.06.97	Slangenburgh	43,5	6,8	51,2			3,2				17,8	3,2				
B30	?	05.06.97	Slangenburgh	93,2	6,9	79,7			25,1				50,2	6,9				
B31*	248	05.06.97	Slangenburgh	41,4	4,7	52,6	6,4	6,8	15,7	0,26	0,15	131,4	38,9	0,1	0,034	9,982	71	f ¹ CaSO ₄
B32A*	222	05.06.97	Slangenburgh	52,3	6,8	63,8	8,8	3,9	18,5	0,26	0,11	57,8	24,2	3,9	0,010	0,185	82	g ² CaHCO ₃ +
B32B*	758	05.06.97	Slangenburgh	96,2	6,7	149,6	7,6	5,7	38,7	5,81	0,27	116,8	48,1	7,5	0,025	0,020	85	F ³ CaHCO ₃ +
B33	248	05.06.97	Slangenburgh	73,8	6,8	151,2			9,2			38,3	5,3					
B47*	250	05.06.97	Slangenburgh	62,8	6,9	127,7	7,1	0,7	13,6	0,53	0,39	55,0	21,6	5,3	0,030	0,186	91	g ³ CaHCO ₃
B41*	250	05.06.97	Slangenburgh	53,5	4,1	83,1	4,5	2,6	17,5	0,14	0,10	191,6	42,7	0,0	0,036	14,395	78	f ¹ CaSO ₄
B2a	100	07.09.99	Halse heide	42,5	6,3	46,3	4,2	5,7	32,6	7,40	0,34	6,0	20,0	4,2	0,205	0,030	82	g ³ CaHCO ₃ +
B2b	800	07.09.99	Halse heide	35,5	6,5	56,5	4,3	3,7	6,9	6,90	0,35	2,6	17,9	3,3	0,231	0,020	96	g ² CaHCO ₃



Bijlage 4a, b en c.

Kaart met de dikte van de A-horizont en in geel de delen die zouden moeten worden afgegraven.
a: Slangenburg, b: Heidenhoekse Vloed, c: Halse Heide.





Bijlage 4d en e.

Kaart met de dikte van de A-horizont en in geel de delen die zouden moeten worden afgegraven.

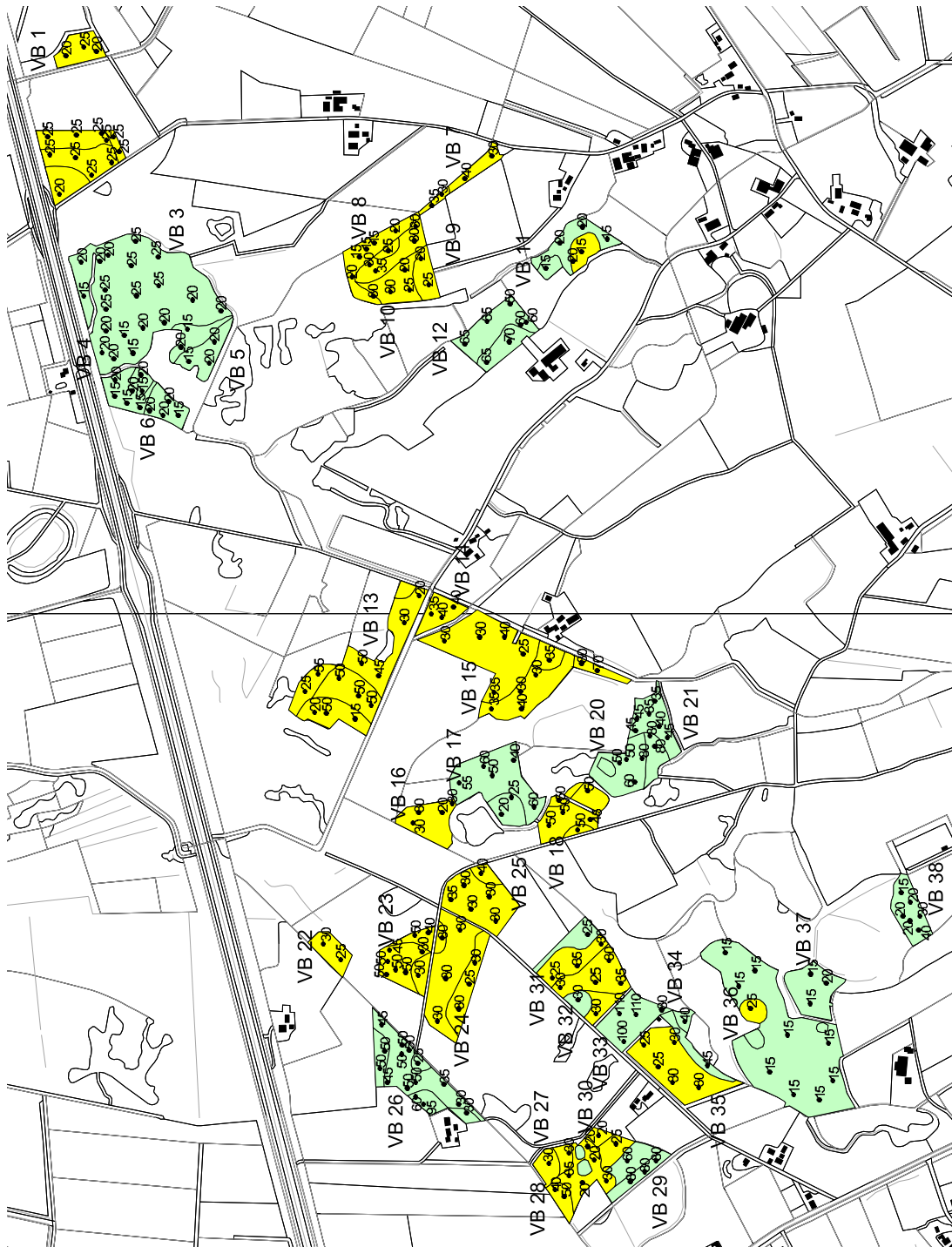
d: Leeg'n Könningsstool, e: Koolmansdijk.





Bijlage 4f.

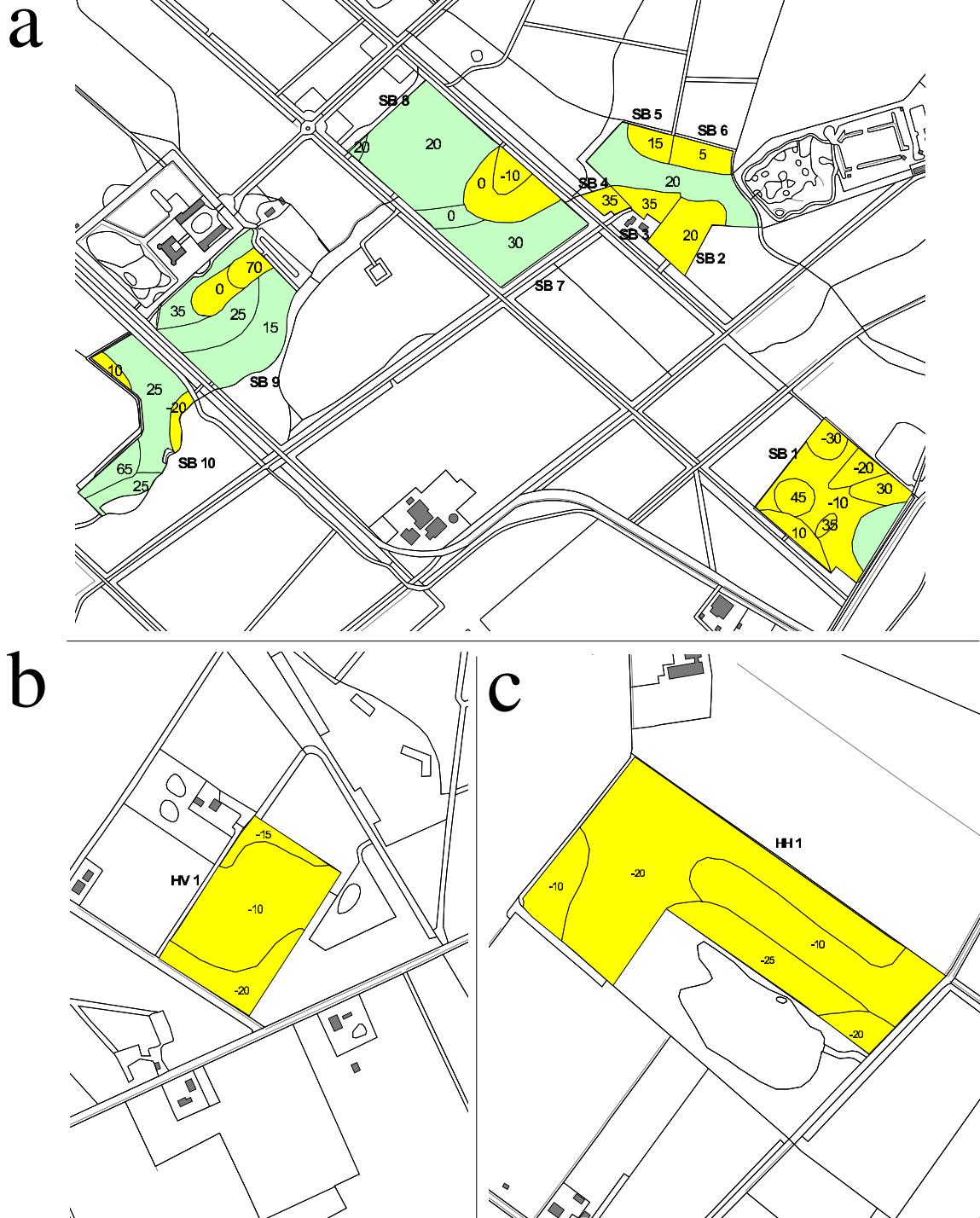
Kaart met de dikte van de A-horizont en in geel de delen die zouden moeten worden afgegraven.
Voltherbroek.





Bijlage 5a, b en c.

Kaart met de GHG na afgraven (in cm-mv). In geel de delen die zouden moeten worden afgegraven. a: Slangenburg, b: Heidenhoekse Vloed, c: Halse Heide.





Bijlage 5d en e.

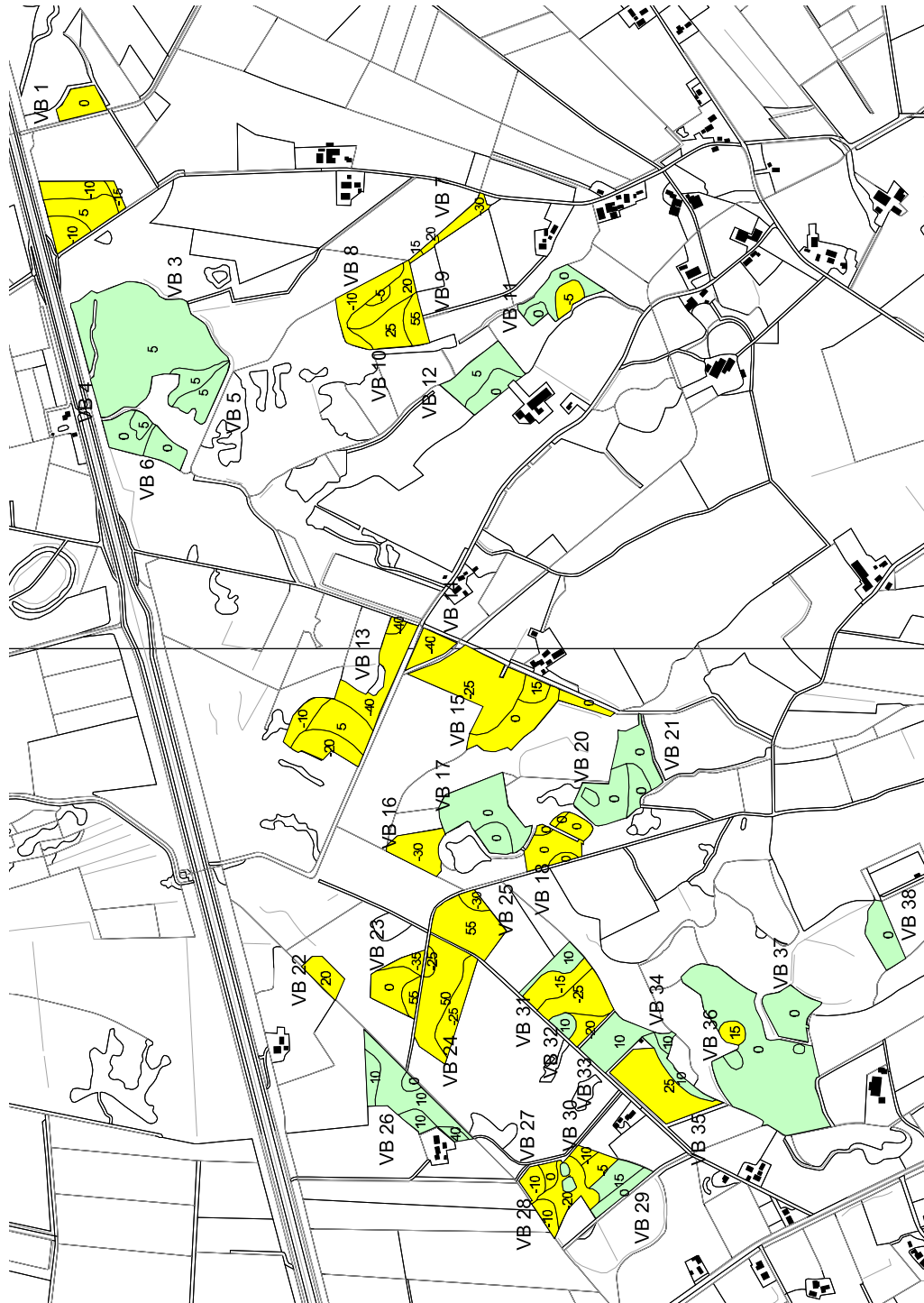
Kaart met de GHG na afgraven (in cm-mv). In geel de delen die zouden moeten worden afgegraven. d: Leeg'n Könningsstool, e: Koolmansdijk.





Bijlage 5f.

Kaart met de GHG na afgraven (in cm-mv). In geel de delen die zouden moeten worden afgegraven. Voltherbroek.





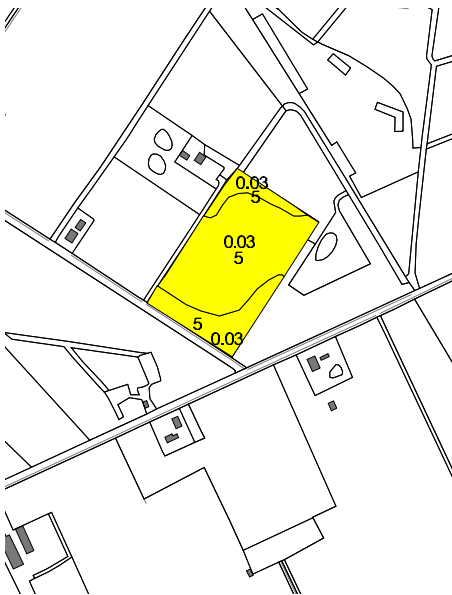
Bijlage 6a, b en c.

Kaart met de PSI en PSD na afgraven. In geel de delen die zouden moeten worden afgegraven. In de groene delen staat de PSI/PSD zonder afgraven. a: Slangenburg, b: Heidenhoekse Vloed, c: Halse Heide.

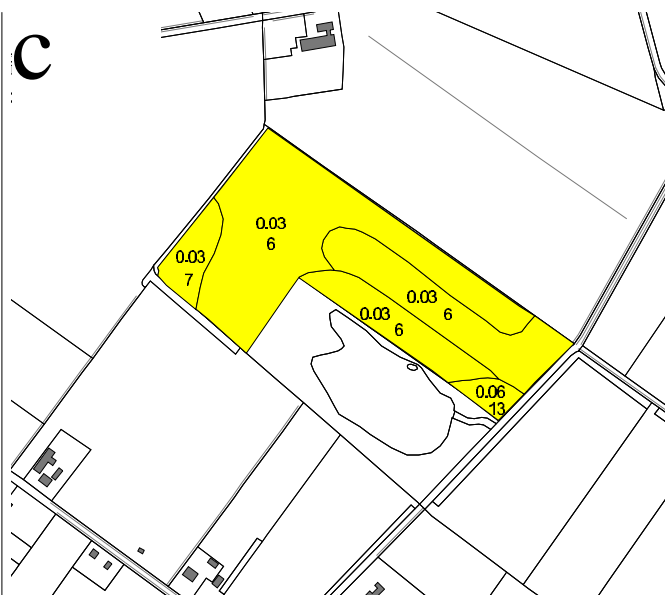
a



b

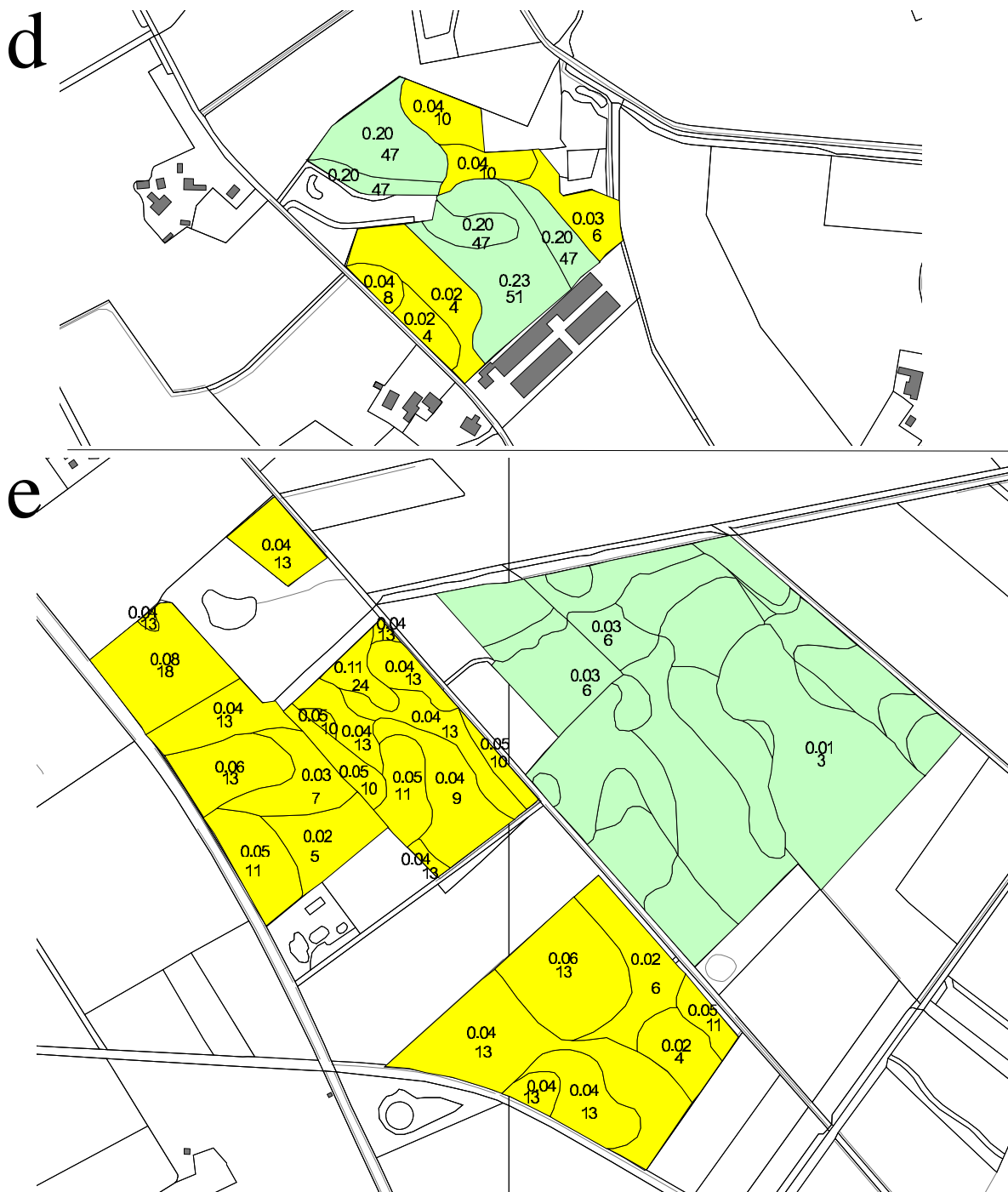


c



Bijlage 6d en e.

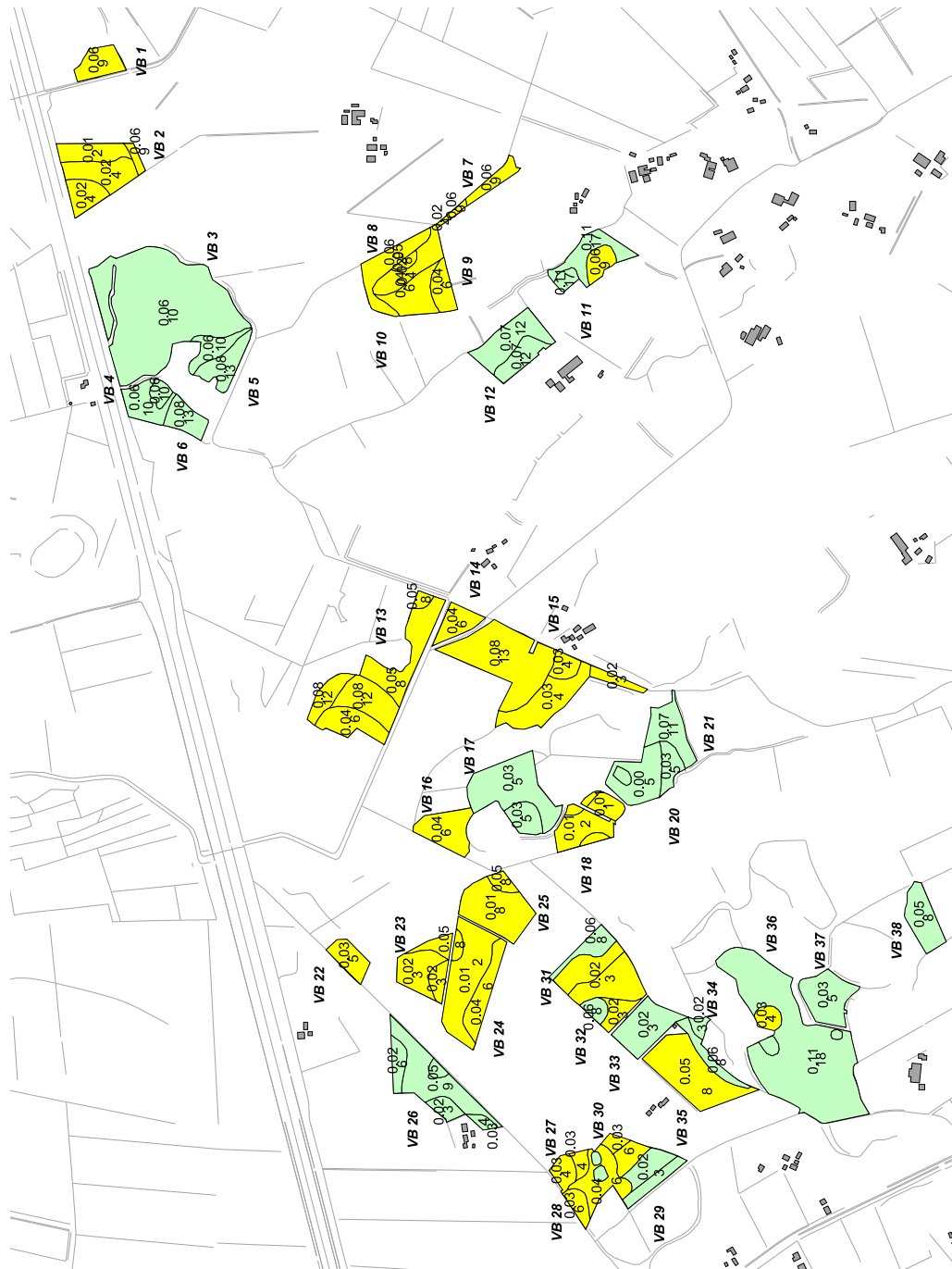
Kaart met de PSI en PSD na afgraven. In geel de delen die zouden moeten worden afgegraven. In de groene delen staat de PSI/PSD zonder afgraven. d: Leeg'n Könningstool, e: Koolmansdijk (de groene delen zijn al afgegraven).





Bijlage 6f.

Kaart met de PSI en PSD na afgraven. In geel de delen die zouden moeten worden afgegraven. In de groene delen staat de PSI/PSD zonder afgraven. Voltherbroek





Bijlage 7a, b en c.

Kaart met de ligging van de boringen, de monsterpunten en de peilbuizen (B nummers). Monsterpunten in blauw, boorpunten zwart. a: Slangenburg, b: Heidenhoekse Vloed, c: Halse Heide.

a

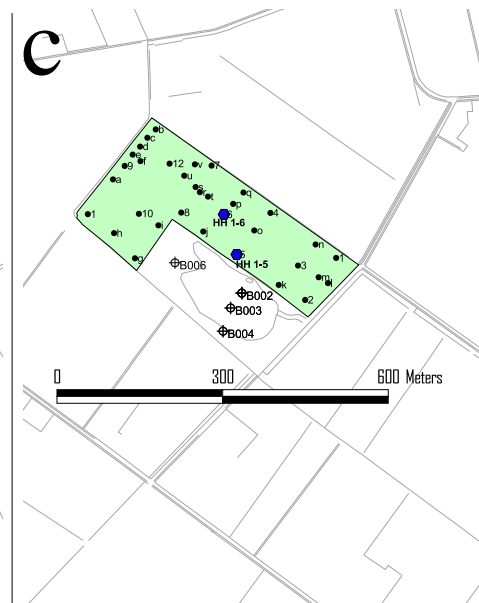


-  Monsters
-  Boringen 2007
-  Peilbuizen SBB

b



c

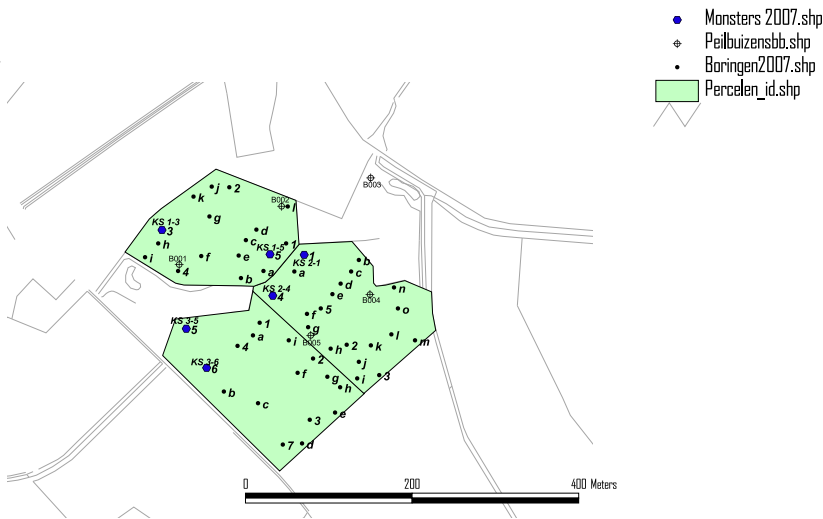




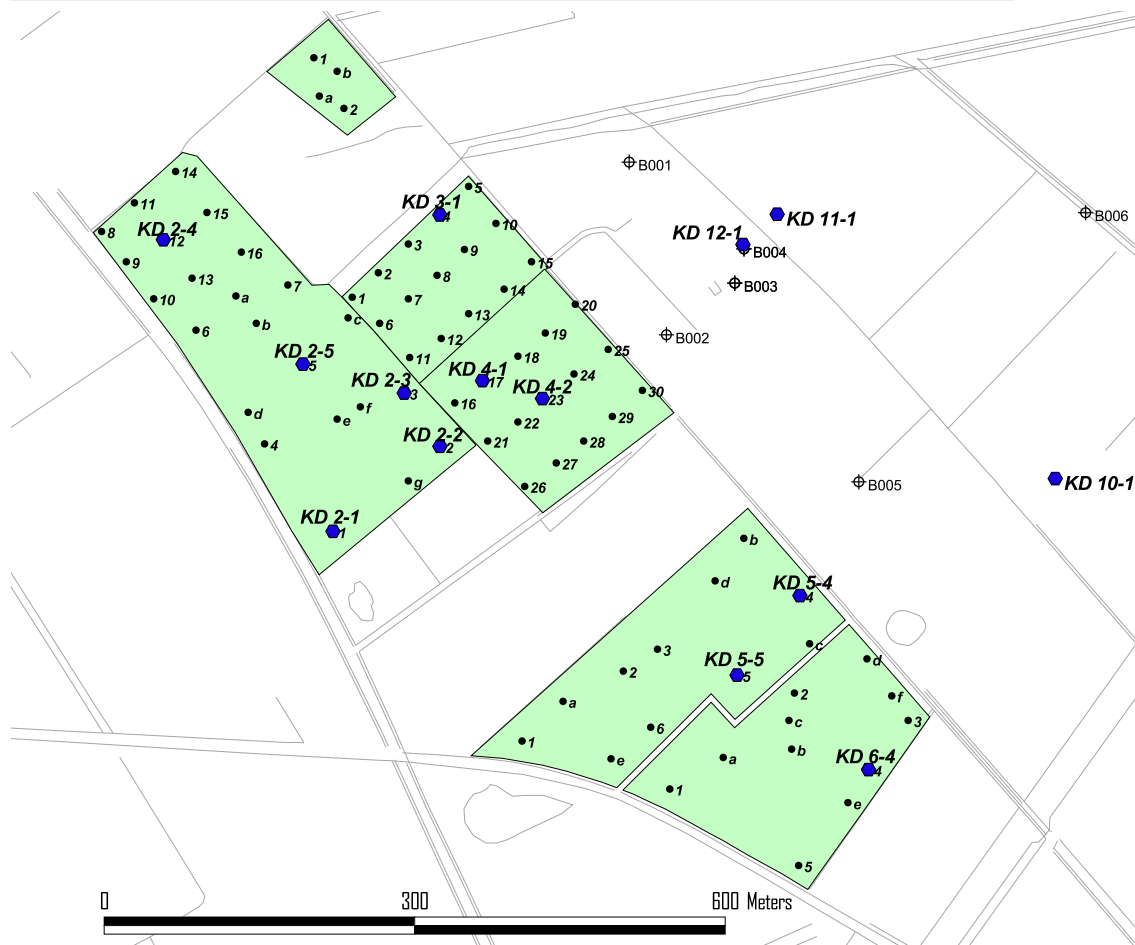
Bijlage 7d en e.

Kaart met de ligging van de boringen, de monsterpunten en de peilbuizen (B nummers). Monsterpunten in blauw, boorpunten zwart. d: Leeg'n Könningsstool, e: Koolmansdijk.

d



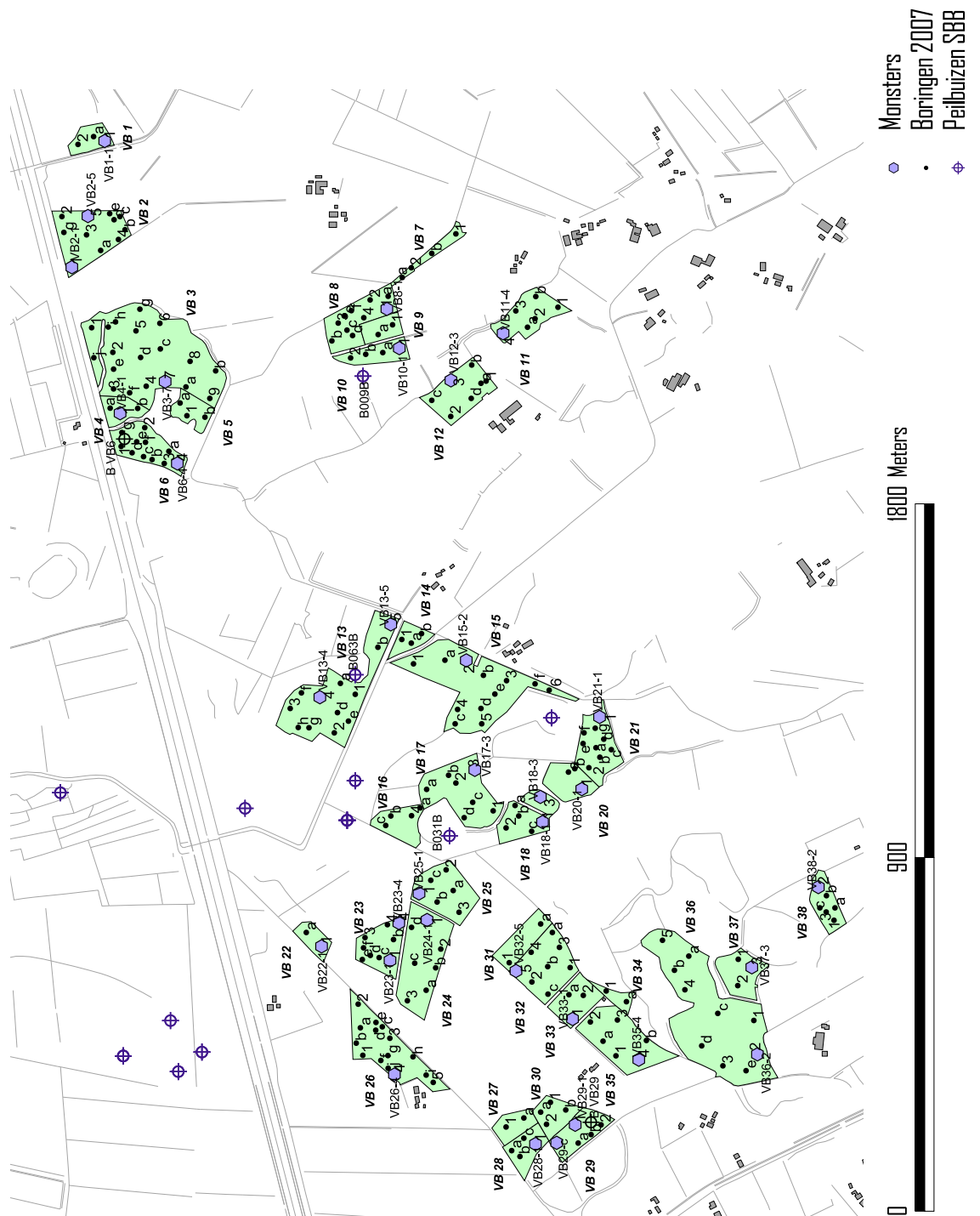
e





Bijlage 7f.

Kaart met de ligging van de boringen, de monsterpunten en de peilbuizen (B nummers). Monsterpunten in blauw, boorpunten zwart. Voltherbroek





Notities.



