



RAPPORTAGE

Onderzoek naar aanvullende mogelijkheden ter verbetering van de ondergroei in Overlangbroek



Concept rapportage: Onderzoek naar aanvullende mogelijkheden ter verbetering van de ondergroei in Overlangbroek

Auteurs: Esther Lucassen, Jelmer van Doorn, Fons Smolders

Opdrachtgever: Staatsbosbeheer

Rapportnummer: RP-21.073.22.3

Contactpersoon:

Esther Lucassen
B-WARE Research Centre
Toernooiveld 1, 6525 ED Nijmegen
E-mail: E.Lucassen@b-ware.eu

Inhoudsopgave

1. Inleiding.....	5
2. Materiaal en methoden.....	9
3. Resultaten.....	13
4. Conclusie.....	21
5. Literatuur.....	23

1. Inleiding

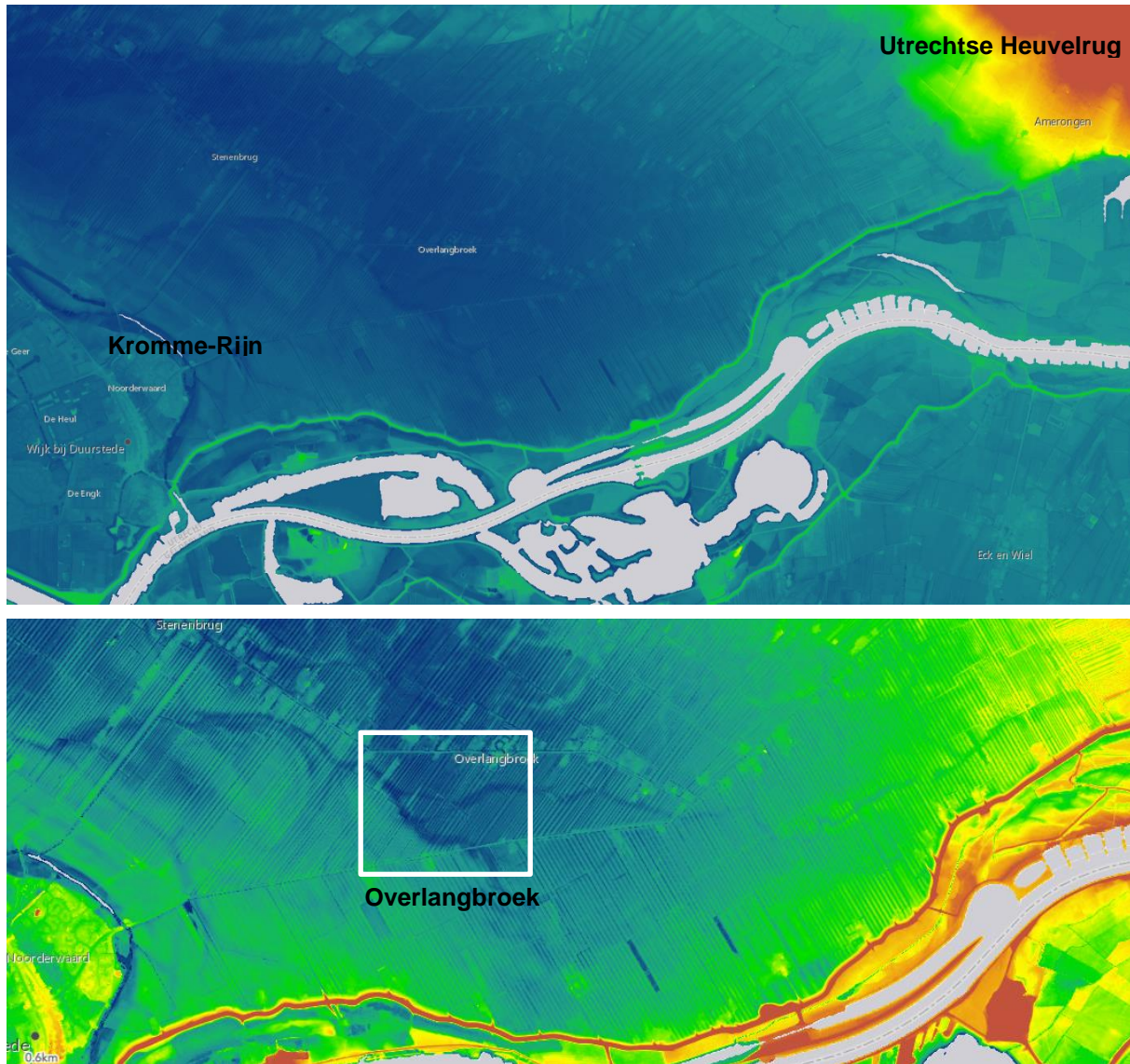
Overlangbroek ligt op één kilometer ten oosten van Wijk bij Duurstede en is 67 ha groot bestaande uit een afwisseling van vochtige tot natte bossen met daartussen een aantal graslanden. Een groot gedeelte van het bos bestaat uit Essen- en Elzenhakhout met op de hoogste delen een klein areaal opgaand Eikenbos. Een van de belangrijkste natuurwaarden in het onderzoeksgebied wordt gevormd door het Essenhakhout. Dit zeldzame bostype wordt onder andere gekenmerkt door aanwezigheid van epifytische mossen en paddenstoelen. Overlangbroek is hierdoor aangewezen als Natura 2000-gebied. In Overlangbroek treedt Essentaksterfte op en verruiging in de kruid- en struiklaag door Braam en Brandnetel.

Het onderzoeksgebied ligt op de overgang van de hoger gelegen zandgronden van de Utrechtse Heuvelrug (in het noordoosten) en de lager gelegen rivierkleigronden van het Kromme-Rijn (in het zuidwesten). Overlangbroek wordt gevoed door grondwater vanuit de Utrechtse Heuvelrug. De neerslag infiltreert hier door het goed doorlatende zandpakket, stroomt zuidwaarts, en treedt uit in het gebied van de Langbroeker wetering. Overlangbroek maakt onderdeel uit van het gebied van de Langbroekerwetering en ligt in een komvormige laagte die naar het westen uitloopt. De hoogste terreindelen bevinden zich in het zuidwestelijk deel van het gebied waar vanuit het terrein naar het noordoosten toe afloopt. Door Overlangbroek loopt een slenk (meanderbedding) van oost naar west met een relatief gering verval van 0,15 meter (figuur 1). Deze slenken zijn in het hakhout herkenbaar door de aanwezigheid van Zwarte els. De bodem in het onderzoeksgebied bestaat uit rivierkleigronden. Het profiel bestaat uit grofweg 1 meter klei met daaronder veen en/of zand. Hydrologisch onderzoek heeft uitgewezen dat de kwelintensiteit te laag is om tot hoog in de klei door te kunnen dringen. Enkel in drainagesloten treedt gebufferd water uit terwijl de kleigronden lijken te verzuren. Dit kan mede een oorzaak zijn voor de verruiging van de ondergroei. Het gebied is een flink aantal jaren al technisch ingericht om op natuurpeil te kunnen zetten (Horsthuis & Jansen, 2011). Ook recentelijk zijn nog aanpassingen geweest.

In het hakhoutbeheer werd in het gebied van de Langbroeker wetering, in een cyclus van zeven jaar, de loten van de essenstoven gehakt. Na de kap neemt de bedekking van de kruidlaag sterk toe door de uitbundige groei van bramen en ruigtekruiden. Dan beginnen de essen weer uit te lopen en als de kronen van de tweede of derdejaars loten zich sluiten, neemt de kruidlaag in bedekking af. Het essenhakhout is dan als het ware een 'stakenbos' geworden dat op de lange duur, indien het niet meer wordt beheerd, een wirwar van kale, dode omgevallen en uitgescheurde takken laat zien. Door het oude hakhoutbeheer weer op te starten kan de ontwikkelingscyclus weer van voren af aan beginnen. In 2010 werd al geconstateerd dat er al een aantal jaren Essentaksterfte optrad. Sindsdien is ingezet om geplande dunning uit te stellen en voorlopig geen grootschalige maatregelen uit te voeren die het leefmilieu van de essenopstanden aantasten, zoals het flink verhogen of verlagen van waterpeilen.

Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden heeft maatregelen opgesteld die erop zijn gericht om binnen de begrensde natuurgebieden de waterbeheersing optimaal af te stemmen op het behoud en herstel van het Essenhakhout. Hiervoor worden, binnen het Natura 2000 gebied, drie verschillende peilgebieden ingericht. Binnen deze gebieden kan een peilregime worden gehanteerd dat optimaal is afgestemd op het Essenhakhout. Hiervoor moet een scheiding worden aangebracht tussen de natuurgebieden en de gebieden met een agrarische functie. Om deze peilgebieden

te begrenzen wordt op de grens tussen het N2000 gebied en de percelen met een andere functie peilscheidingen aangebracht. Binnen de drie natuurgebieden wordt één watergang opgewaardeerd, c.q. gegraven die overtollig water kan afvoeren naar een stuw. De actuele te treffen maatregelen staan vermeld in het rapport van Koerhuis & Copier (2018).



Figuur 1. Relatieve ligging en hoogteligging van Overlangbroek met zichtbaar in donkerblauw het slenkenpatroon (rood= hoogteligging relatief hoog; blauw= hoogteligging relatief laag; groen= intermediaire hoogteligging).

Recentelijk is voor Overlangbroek een geohydrologische effectenstudie uitgevoerd voor het berekenen van maatregelen die moeten bijdragen aan het herstel van de natuurwaarden. Voor de effectbepaling is het beschikbare grondwatermodel HYDROMEDAH lokaal verbeterd. Na validatie van het aangepaste model is bepaald waar binnen het gebied Overlangbroek het nieuwe peil, gevormd door stuwjes (twee scenario's), hoger zal zijn (en in welke mate) dan het bestaande peil (Bergsma, 2018).

Staatsbosbeheer heeft, na een gezamenlijk veldbezoek op 2 september 2021, Onderzoekscentrum B-WARE gevraagd om te onderzoeken of er maatregelen mogelijk zijn om de ondergroei op een drietal deelgebieden binnen het gebied te

verbeteren (tegengaan braamdominantie). In deze gebieden zijn de oude essenstoven, op een enkele na, allemaal afgestorven. Vernatten van het gebied (omvorming tot elzenbroek met karakteristieke ondergroei zoals aanwezig is in de laagste terreindelen) was daarbij, vanuit de opdrachtgever gezien, niet gewenst omdat dit afbreuk zou doen aan de aanwezigheid van epifytische mossen en paddenstoelen waar het in dit gebied juist om te doen is. Het plan van Staatsbosbeheer om het vochtig alluviaal bos met bijbehorende (korst)mossen zo goed mogelijk in de been te houden is, tot nu toe, het afzetten van de oude essenstoven en het doorplanten met soorten die als hakhout kunnen blijven dienen (eik, els) en met enkele andere loofhoutsoorten (haagbeuk, iepen, zoete kers etc.) We verwachten dat groei van bramen binnen het onderzoeksgebied vooral op relatief drogere plekken plaatsvindt waar zowel de N als P beschikbaarheid hoog zijn en de mate van dominantie wordt gestuurd door de P beschikbaarheid. Bijzonder soorten (van het natte of droge) zullen vooral op locaties zijn met een relatief lage P beschikbaarheid en een goede basenverzadiging.

2. Materiaal en methoden

De ligging van de drie deelgebieden wordt gegeven in figuur 2. Deze werden voorafgaand aan dit onderzoek als volgend getypeerd:

- Vak 1: Bestaand essen/elzenhakhout vak, met een redelijke ondergroei (op het oog).
- Vak 2: Bestaand essenhakhout vak dat op instorten staat en in de winter van 2022 zal worden gehakt en verder ingeplant.
- Vak 3: Voormalig hakhout vak. In 2017 is dit gehakt en in 2018 doorgeplant. De jonge aanplant is grotendeels afgestorven en daarom wordt er in winter 2022 bijgeplant.



Figuur 2. Ligging van de drie deelgebieden (1 t/m 3) in Overlangbroek met de bemonsterde locaties als rode stippen. Op locaties A t/m C is de bodem toplaag (0-20 cm en 20-40 cm) bemonsterd en op locatie D (paar meter verwijderd van locatie C) werd een diep bodemprofiel bemonsterd.

Op 19 oktober 2021 is in elk van de drie deelgebieden één diepe bodemboring uitgevoerd tot in het (permanente) grondwater. Van elke boring zijn een aantal bodemlagen geanalyseerd. Deze analyses zullen vooral bijdragen aan de systeemkennis. Aanvullend zijn binnen elk deelgebied drie locaties bemonsterd, bij voorkeur verschillend in plantgroei (type boomsoort, mate van essensterfte, bedekking van ruigtesoorten). Op deze locaties is de toplaag bemonsterd op twee diepten (0-20 cm en 20-40 cm) om te kijken of er mogelijkheden zijn de bodemtoplaag aan te passen voor een betere ondergroei (minder verruiging). De

ligging van de locaties wordt gegeven in figuur 2. De volgende analyses werden uitgevoerd:

Vochtgehalte, dichtheid en gloeiverlies

De bodem werd gemengd alvorens van een gedeelte het vochtverlies werd bepaald. Dit laatste gebeurde door bodemmateriaal in duplo in aluminium bakjes te drogen gedurende 24 uur bij 105°C. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door van één bakje het gloeiverlies van de gedroogde bodem te bepalen. Hiertoe werd een gedeelte van het ingewogen bodemmateriaal, na drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met de fractie organisch materiaal in de bodem. De gedroogde bodem werd gehomogeniseerd met een mortier en bewaard voor verder analyse.

Bodemdestructie

De gedroogde bodem werd gedestruëerd. Door het materiaal te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bepaalde elementen/nutriënten in het bodemmateriaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen materiaal afgewogen in teflon destructievaatjes. Aan het materiaal werd 4 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO₃, 65%) en 1 mL waterstofperoxide (H₂O₂, 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestruëerd in gesloten teflon vaatjes en na afkoelen werden het destruaat nauwkeurig overgebracht en aangevuld tot 100 ml met milliQ water. De monsters werden in polyethyleenpotjes bij 4°C bewaard voor verdere analyse.

Water- en zoutextractie

Op de verse bodem werd een NaCl- en waterextractie uitgevoerd. Met een zoutextractie en een waterextractie kunnen de aan het bodemcomplex gebonden en de vrij oplosbare cationen bepaald worden. Hiervoor werd 17,5 gram verse bodem met respectievelijk 50 ml 0,01 M NaCl oplossing of 50 ml gedemineraliseerd water gedurende 2 uur geschud op een schudmachine bij 105 rpm. De pH werd gemeten met een HQD pH-electrode. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons. Voor analyse op de ICP-OES werd een deel van het filtraat aangezuurd met salpeterzuur (eindconcentratie 1%) en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. Voor analyse op de auto-analyzers werd niet-aangezuurd filtraat bewaard bij -18 °C tot verdere analyse.

Olsen-P extractie

Het Olsen-extract werd uitgevoerd ter bepaling van de hoeveelheid plantbeschikbaar fosfaat. Hiervoor werd 3 gram droog bodemmateriaal met 60 ml Olsen-extract (0,5 M NaHCO₃ bij pH 8,4) gedurende 30 minuten uitgeschud op een schudmachine bij 105 rpm. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons. Het extract werd vervolgens geanalyseerd op een ICP-OES.

Chemische analyses

De destructies van bodem- en plantmateriaal werden met behulp van de ICP en auto-analyser doorgemeten op een aantal elementen. De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P),

zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP-OES, ICAP 6300, Thermo Fisher Scientific of, ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) en fosfaat (PO_4^{3-}) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur. Chloride (Cl^-) werd colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyser III systeem met behulp van mercuritiocyanide. Natrium (Na^+) en kalium (K^+) werden vlamfotometrisch bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer.

3. Resultaten

De primaire data van de resultaten van de bodemanalysen worden vermeld in tabel 1 t/m 4.

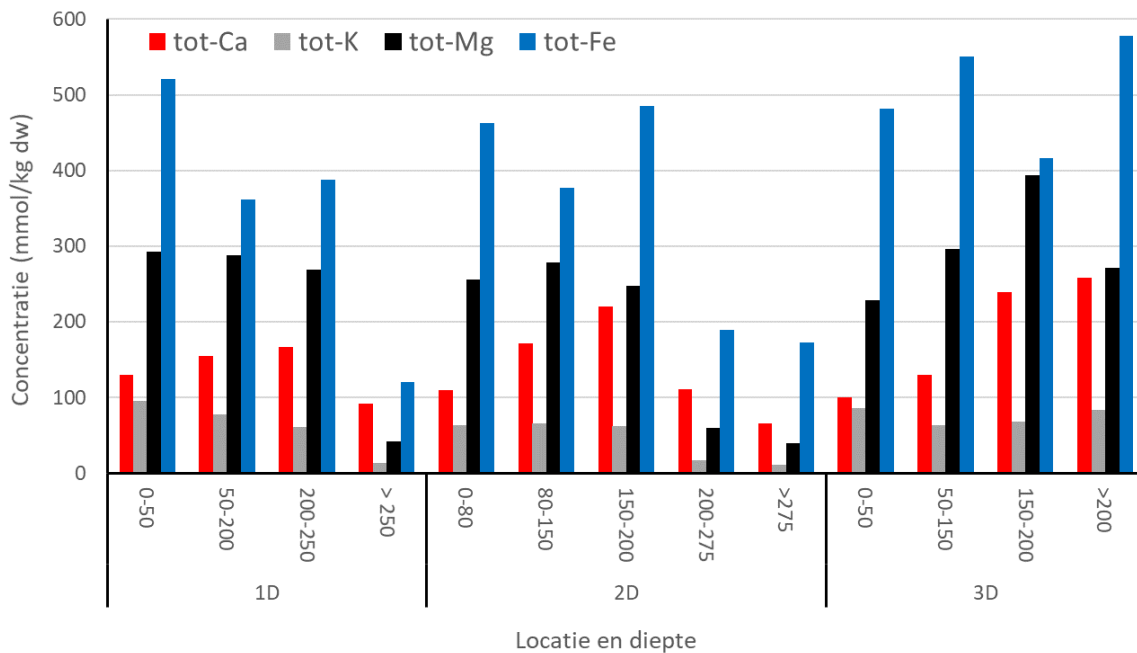
In tabel 1 worden de coördinaten (x,y) van de bemonsterde locaties binnen de drie deelgebieden (figuur 2) gegeven. Ook worden vermeld: de bemonsterde diepten, de bodemtypen, een vegetatie-indruk, de concentratie plantenbeschikbaar-fosfaat (Olsen-P) en enkele algemene kenmerken van de bodems waaronder het vochtgehalte, het as-verlies en de bodemdichtheden. In alle drie deelgebied was een kleilaag aanwezig met een dikte van 2 meter. Hieronder bevond zich een gedegradeerde veenlaag, die op locatie 1 en 2 circa 50-75 cm dik was, met daaronder een zandlaag. In deelgebied 3 was duidelijker een strooisellaag aanwezig dan in deelgebied 1 en 2.

In tabel 2 en 4 worden de bodemanalysen gemeten aan de zout- en waterextracten gegeven. Hieruit blijkt dat er sprake is van verzuring van de kleilaag. De zuurgraad neemt af met toenemende diepte (0-250 cm) zoals ook blijkt uit figuur 4a. Op alle locaties was de toplaag (0-20 cm) zuurder dan de onderliggende kleilaag (20-40 cm). De gemiddelde pH-z van de bodem toplaag (0-20 cm) en onderliggende bodemlaag (20-40 cm) van de drie deelgebieden bedroeg respectievelijk $4,26 \pm 0,23$ en $4,68 \pm 0,15$ ($n=3$). De gemiddelde pH-w van de bodem toplaag (0-20 cm) en onderliggende bodemlaag (20-40 cm) van de drie deelgebieden bedroeg respectievelijk $5,02 \pm 0,26$ en $5,77 \pm 0,41$ ($n=3$). In de diepere kleilaag en in het veen en zand is geen sprake sterk verzuurde condities en bedroeg de pH-w 5,2-6,8. Er is desondanks de bodemverzuring nergens sprake van een zeer lage (<40 %) basenverzadiging. De totale hoeveelheid aan basen gebonden aan het bodemcomplex (BC) is wel veel lager in de toplaag van de kleibodem (tabel 2). Schijnbaar is er toch sprake van het sterk uitspoelen van cationen.

In tabel 3 worden de bodemanalysen gegeven die bepaald zijn aan de bodemdeconstructies. In figuur 3 zijn de concentraties Ca, K, Mg en Fe inzichtelijk gemaakt voor de verschillende diepteklassen (D-locaties). Deze elementen maken deel uit van lutumdeeltjes. Hieruit blijkt dat in alle deelgebieden het tot-Ca gehalte in de kleilaag toeneemt met de diepte. Voor de gehalten tot-K en tot-Mg is eerder sprake van een afname terwijl tot-Fe min of meer gelijk blijft (geen trend). Dit indiceert dat er sprake is van ontkalking van de klei toplaag.

In figuur 5 staan de concentraties van verschillende nutriënten in de bodem gegeven in staafdiagrammen. Op alle locaties, behalve locatie 1C (nat elzenbroek met zeggen in de ondergoei), was sprake van woekering in de ondergoei door Braam en/of Grote brandnetel. Er is redelijk wat variatie in de stikstof- en kaliumbeschikbaarheid van de bodem toplagen tussen de verschillende locaties. De fosfaatbeschikbaarheid in de bodem toplaag is overal hoog. In eikenbos van de Zelderse Driessen en het Hatertse broek is de woekering van braam en de afwezigheid van doelsoorten onderzocht (Lucassen & Roelofs, 2017; Lucassen, 2020). Hieruit bleek dat doelsoorten, net als Gewone braam, ook kunnen voorkomen bij hoge stikstof- en kaliumconcentraties in de bodem. Echter, deze soorten komen dan enkel voor bij een lage fosforbeschikbaarheid in combinatie met een hoge basenverzadiging van de bodem (lage Al:Ca ratio). Dit omdat de

groei van Braam wordt gelimiteerd door fosfor en de doelsoorten niet bestand zijn tegen een verhoogde aluminiumbeschikbaarheid in de bodem.



Figuur 3. Staafdiagrammen van de tot-Ca, tot-K, tot-Mg en tot-Fe gehalten op verschillende bodemdiepten (in cm, bodemtypen zie tabel 1) in de drie deelgebieden (D-locaties).

Het is bekend dat fosfaat in de bodem kan worden gebonden aan calcium, ijzer en aluminium. Indien we kijken naar figuur 5a zien we dat de Olsen-P beschikbaarheid zeer sterk correleert met de tot-Ca:tot-P ratio van de bodem ($R^2 = 0,897$). De correlatie tussen fosfor en ijzer ($R^2 = 0,459$) en fosfor en aluminium ($R^2 = 0,249$) was veel minder sterk (grafieken worden niet gegeven). Verder bleek er een sterke correlatie tussen de concentratie Olsen-P met de pH-z ($R^2 = 0,705$). Des te lager de pH-z (des te meer zuur geproduceerd in de bodem) des te hoger de concentratie Olsen-P (figuur 5b). Calciumfosfaten lossen op onder invloed van zuurproductie en dit vindt plaats bij een relatief hogere pH dan het geval is voor ijzerfosfaat-complexen. De zuurgraad van de bodem correleerde met de concentratie NO₃-z ($R^2 = 0,519$) (figuur 5g). Bij de nitrificatie van ammonium (afkomstig van organisch stof) wordt namelijk zuur geproduceerd waardoor de pH daalt.

Tabel 1. Coördinaten (x,y), bodemtypen, vegetatie-indruk en enkele bodemparameters waaronder het Vochtgehalte (%), As-verlies (%) en de concentratie Olsen-P ($\mu\text{mol/L}$).

Locatie	cm		Bodemtype	Vegetatie	cm	Strooisellaag (OM)	Fractie DW	%		kg dw/L		%		kg fw/L	$\mu\text{mol/L}$ Olsen-P
	Coördinaten	Diepte						Vocht	Asverlies	Dichtheid	Dichtheid	Dichtheid	Olsen-P		
1A	154528	0-15 cm	Org. klei	Aln glu (d), Fra exc (veel dood)	1		0,60	39,6	0,85	15,0	1,38	1644			
	444434	15-40 cm	Grijsbruine klei	Rub fru (100)											
1B	154492	0-20cm	Bruine klei	Aln glu (cod), Fra exc (cod)	2		0,71	29,2	1,06	12,0	1,49	1303			
	444357	20-40cm	Bruine klei	Rub fru (50), Urt dio (50)											
1C	154438	0-20cm	Bruine klei	Fra exc (d), Aln glu (f)	1		0,49	50,9	0,67	18,0	1,36	1080			
	444292	20-40cm	Bruine klei	Car rem (d), Car acu (+), Jun eff (5), Lys vul (+), Iri pse (r), Rub fru (+)											
1D	154438	0-50 cm	Compacte klei	zie 1C	1		0,57	43,4	0,77	14,0	1,35	838			
	444292	50-200 cm	Waterige compacte klei												
		200-250 cm	Sterk gedegradieerd veen				0,54	45,6	0,8	12,0	1,47	236			
		> 250 cm	Mineraal zand				0,52	47,9	0,76	11,0	1,45	172			
2A	154402	0-20cm	Litter met verpulverde klei	Aln glu (70), Fra exc (30)	3		0,73	27,3	0,76	13,0	1,01	1350			
	444571	20-40cm	Compacte droge klei	Rub fru (100)											
2B	154355	0-20cm	Org. droge klei	Aln glu (50), Fra exc (50, veel dode bomen)	6		0,55	45,5	0,52	26,0	0,97	1087			
	444464	20-40cm	Compacte klei	Rub fru (d, hoge groei op dode stammen), Urt dio (f)											
2C	154333	0-20cm	Org. Compacte klei	Aln glu (60), Fra exc (40, helft dood)	1		0,63	37,3	0,87	12,0	1,42	944			
	444424	20-40cm	Compacte klei	Rub fru (50), Urt dio (50)											
2D	154333	0-80cm	Zware klei	zie 2C	1		0,61	38,9	0,84	12,0	1,37	1141			
	444424	80-150cm	Zware klei met plantenresten												
		150-200cm	Bruine weke leem				0,56	44,0	0,75	11,0	1,35	249			
		200-275cm	Gedegradieerd veen				0,32	67,8	0,37	23,0	1,19	159			
		>275cm	Kalkgyttja achtig??				0,57	42,9	0,79	8,0	1,40	236			
3A	153981	0-20cm	Org. bruine klei	Aln glu (+), Que rob (+)	5		0,70	29,6	1,03	10,0	1,45	1889			
	444389	20-40cm	Bruine klei	Urt dio (d), Car spe (15)											
3B	134029	0-20cm	Org. bruine klei	Aln glu (+), Fra exc (dood)	2		0,69	30,7	1,13	9,0	1,58	1464			
	444425	20-40cm	Bruine klei	Rub fru (100) [riet in de nabije sloot]											
3C	154035	0-20cm	Org. bruine klei	Aln glu (+), Fra exc (+, deels dood), Que rob (+)	8		0,66	34,4	0,81	15,0	1,24	1351			
	444563	20-40cm	Bruine droge klei	Rub fru (100), Cir arv (+)											
3D	154035	0-50cm	Org compacte klei	zie 3C	8		0,63	36,6	0,87	12,0	1,39	1100			
	444563	50-150cm	Grijze klei met ijzerroest												
		150-200cm	Natte klei zonder ijzerroest				0,77	23,3	1,19	6,0	1,53	918			
		>200cm	Venige klei				0,64	35,6	0,95	8,0	1,51	397			
							0,32	68,2	0,36	30,0	1,14	205			

Tabel 2. pH en concentratie van elementen in de bodem bepaald met behulp van een zoutextract (concentraties in $\mu\text{mol/kg dw}$). Tevens is de basenverzadiging (%) berekend.

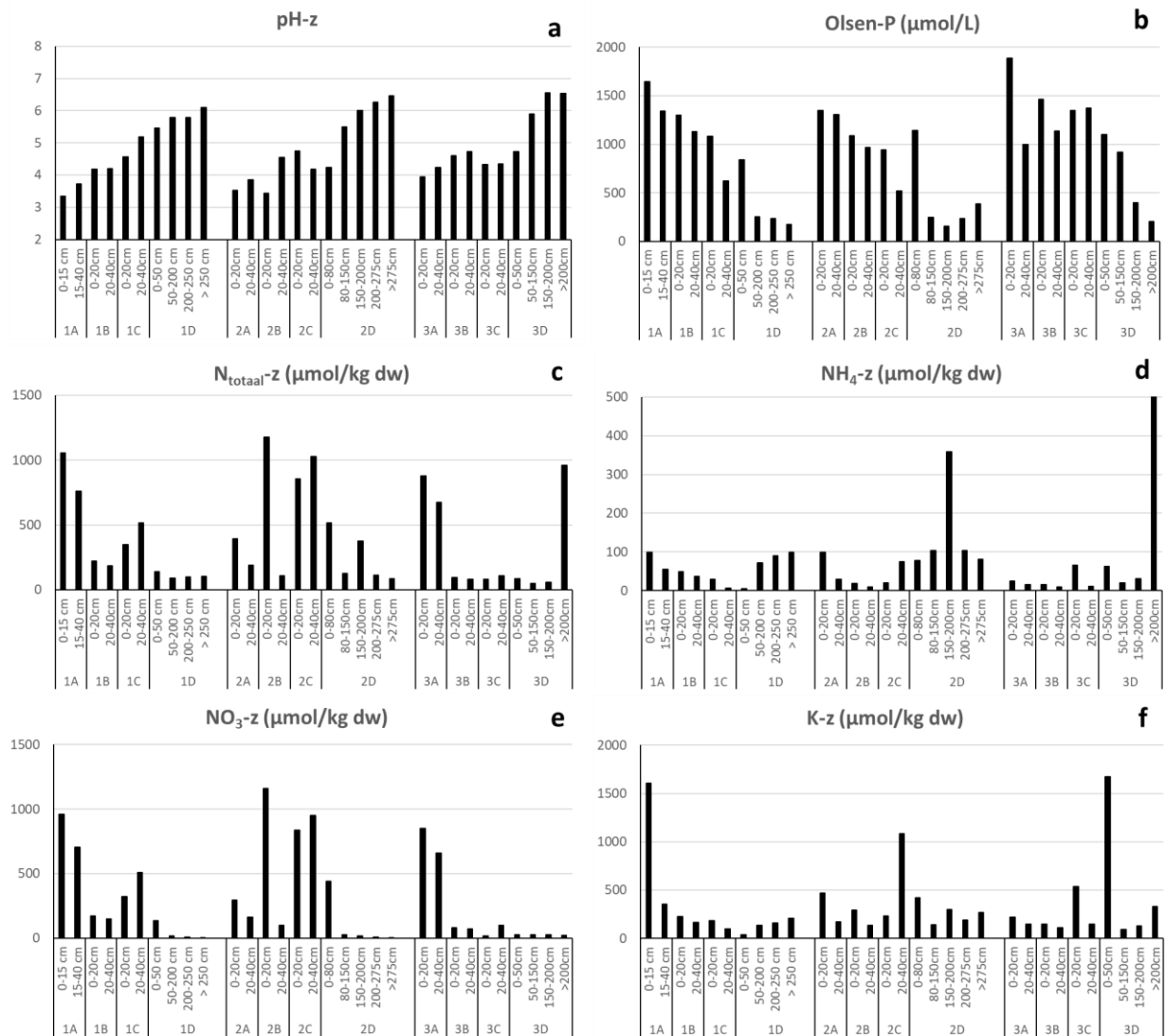
Locatie	Bodemtype	pH-z	% Basenverz.	$\mu\text{g/kg BC}$	$\mu\text{mol/kg dw NO}_3\text{-z}$	$\mu\text{mol/kg dw NH}_4\text{-z}$	Al-z	Ca-z	Fe-z	K-z	Mg-z	Mn-z	P-z	S-z	Si-z	Zn-z
1A	Org. klei	3,34	65	41287	958	99	6055	14716	35,9	1607	5124	462,4	3,5	301	358	41,6
	Grijsbruine klei	3,72	91	83114	704	55	2157	31291	6,9	353	10090	206,1	0,5	185	508	25,8
1B	Bruine klei	4,18	98	96577	174	49	397	35024	4,7	227	13152	67,6	1,1	186	319	26,2
	Bruine klei	4,20	98	94527	150	36	461	34610	4,1	166	12570	79,3	0,2	192	369	14,7
1C	Bruine klei	4,57	99	148279	321	29	142	57304	3,7	186	16742	196,5	0,2	538	691	43,9
	Bruine klei	5,19	100	134437	509	6	17	51892	3,9	99	15276	5,2	0,8	328	563	4,1
1D	Compacte klei	5,46	100	172108	136	5	3	66802	1,9	35	19235	4,6	0,0	589	737	2,1
	Waterige compacte klei	5,79	100	110262	19	72	13	45009	3,3	132	10056	36,4	0,7	603	375	2,4
	Sterk gedegreerd veen	5,79	99	134442	8	90	27	53789	4,3	157	13353	293,7	0,0	840	516	1,1
	Mineraal zand	6,09	99	85250	5	99	14	35720	3,3	208	6801	182,7	0,1	1221	365	0,3
2A	Litter met verpulverde klei	3,52	77	47943	295	99	4002	16672	17,8	469	7065	505,2	2,9	264	429	36,9
	Compacte droge klei	3,85	92	71321	164	29	1639	26211	5,4	171	9364	163,0	0,1	169	465	20,9
2B	Org. droge klei	3,44	75	63711	1158	18	6214	23126	25,6	295	8581	308,2	0,4	349	623	45,5
	Compacte klei	4,54	99	108293	98	9	123	41114	3,1	135	12965	33,9	0,0	255	414	6,2
2C	Org. Compacte klei	4,74	100	127059	838	20	97	49068	3,2	234	14345	27,4	0,1	245	400	9,8
	Compacte klei	4,19	98	92840	951	75	278	34725	5,3	1082	11153	190,5	2,5	267	341	29,2
2D	Zware klei	4,23	98	101415	439	78	437	37648	6,4	420	12850	205,1	0,8	280	345	27,7
	Zware klei met plantenresten	5,49	100	123486	25	103	3	49854	2,1	141	11819	63,2	0,0	787	404	1,5
	Bruine weke leem	6,00	99	172730	16	358	0	73343	24,7	301	12871	260,0	5,4	1897	516	1,3
	Gedegreerd veen	6,27	100	78879	9	104	0	33458	3,6	186	5888	119,0	1,2	967	239	0,6
	Kalkgijtja achtig??	6,46	99	31756	5	81	27	13836	5,0	271	1906	71,5	1,4	856	203	0,2
3A	Org. bruine klei	3,94	94	71897	853	24	1362	26970	4,8	219	8869	135,2	0,4	239	272	25,9
	Bruine klei	4,24	97	72641	659	15	564	26835	2,6	148	9411	62,0	0,2	158	279	12,3
3B	Org. bruine klei	4,61	100	93544	81	15	69	35348	2,1	145	11352	20,9	0,0	125	283	6,2
	Bruine klei	4,73	100	87128	71	9	41	33242	1,7	112	10266	7,5	0,0	112	335	6,6
3C	Org. bruine klei	4,32	98	93841	16	65	195	33054	8,9	536	13598	256,9	3,6	266	388	19,2
	Bruine droge klei	4,34	99	83862	99	11	196	30973	2,5	149	10883	30,3	0,1	127	279	11,1
3D	Org compacte klei	4,72	99	99383	25	62	88	36659	3,6	1671	12197	48,2	1,0	224	246	18,3
	Grijze klei met ijzerroest	5,89	100	94019	28	20	5	34208	1,1	90	12756	0,7	0,0	493	171	0,7
	Natte klei zonder ijzerroest	6,55	100	110654	28	31	18	39634	2,6	128	15630	0,2	0,0	776	157	0,2
	Venlige klei	6,54	99	181442	21	940	0	70742	5,7	328	19815	320,7	8,5	6733	682	1,1

Tabel 3. Totale concentratie van elementen in de bodem bepaald met behulp van een bodemdestructie. Concentraties zijn gegeven in mmol/kg dw.

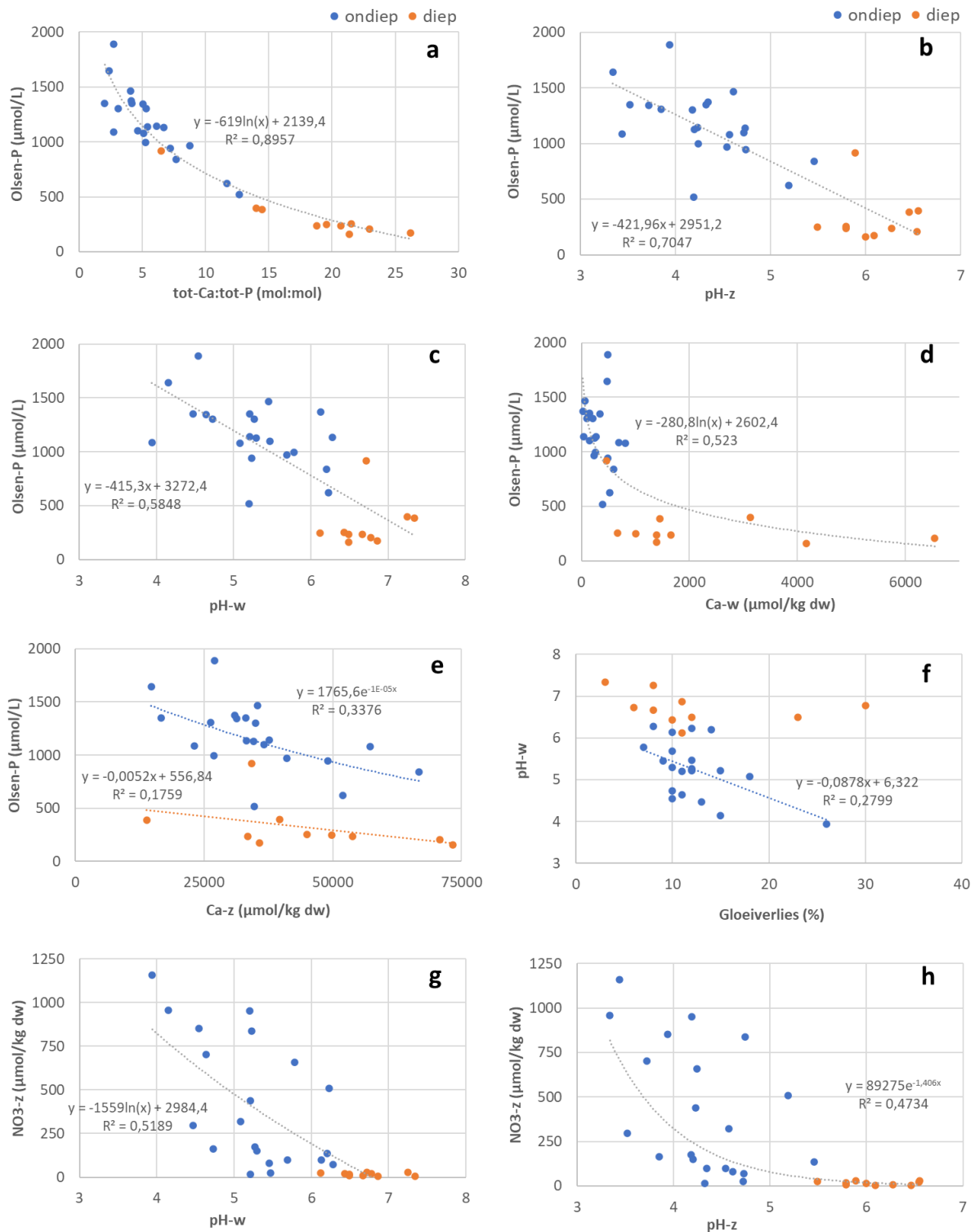
Locatie	Bodemtype	mmol/kg dw											
		Al-tot	Ca-tot	Fe-tot	K-tot	Mg-tot	Mn-tot	Na-tot	P-tot	tot-Catot-P	S-tot	Si-tot	Zn-tot
1A	Org. klei	1223	38,4	459	56,7	222	9,4	2,3	16,3	2,4	15,5	37,2	1,7
	Grijsbruine klei	1390	77,9	485	69,4	257	9,2	3,5	15,5	5,0	11,2	29,1	1,7
1B	Bruine klei	1210	92,9	478	53,2	250	11,0	3,3	17,5	5,3	11,4	25,3	1,6
	Bruine klei	1243	103,4	487	52,7	261	12,4	4,1	15,4	6,7	9,7	25,9	1,5
1C	Bruine klei	1402	111,8	404	75,8	248	5,5	5,8	22,0	5,1	27,4	32,5	2,1
	Bruine klei	1542	186,6	551	80,5	296	16,1	5,8	16,0	11,7	13,4	32,1	1,8
1D	Compacte klei	1657	129,7	521	95,2	293	6,6	6,6	16,9	7,7	19,3	32,2	1,9
	Waterige compacte klei	1258	154,8	362	77,8	288	3,0	6,7	7,2	21,5	18,3	27,3	1,5
	Sterk gedegradeerd veen	1137	167,2	387	61,2	269	4,4	6,0	8,1	20,7	58,1	28,4	1,4
	Mineraal zand	263	91,8	121	13,0	42	1,9	1,8	3,5	26,2	138,9	22,0	0,3
2A	Litter met verpulverde klei	1410	33,3	534	75,0	258	9,9	4,4	16,5	2,0	16,8	25,2	1,5
	Compacte droge klei	1348	48,3	535	63,1	260	10,9	4,0	15,8	3,1	10,2	28,0	1,5
2B	Org. droge klei	1179	47,4	437	66,2	210	5,8	3,2	17,5	2,7	25,1	24,6	1,6
	Compacte klei	1277	110,0	510	59,4	264	8,5	4,4	12,6	8,7	9,3	29,3	1,5
2C	Org. Compacte klei	1348	130,7	476	70,4	267	13,6	4,4	18,1	7,2	12,8	24,2	1,7
	Compacte klei	1358	166,1	508	65,9	292	14,4	4,9	13,1	12,7	8,6	26,3	1,5
2D	Zware klei	1249	110,1	463	63,9	256	10,7	3,8	18,0	6,1	13,8	25,3	1,7
	Zware klei met plantenresten	1174	171,2	377	66,3	279	4,0	5,6	8,8	19,5	90,6	21,6	1,4
	Bruine weke leem	928	220,1	485	62,8	248	3,6	5,7	10,3	21,4	548,3	22,0	1,4
	Gedegradeerd veen	345	111,1	190	16,6	60	2,6	1,9	5,9	18,8	190,9	21,4	0,4
	Kalkgytja achtig??	215	65,8	173	11,7	39	3,2	1,3	4,6	14,5	121,5	21,9	0,3
3A	Org. bruine klei	981	52,8	488	53,2	201	12,9	2,3	19,3	2,7	9,0	22,0	1,4
	Bruine klei	1151	84,6	518	63,0	234	15,0	3,2	16,1	5,3	5,4	24,3	1,3
3B	Org. bruine klei	1112	102,0	536	70,7	225	22,8	3,2	25,0	4,1	10,8	23,2	1,5
	Bruine klei	1071	104,9	553	55,4	226	18,4	2,8	19,4	5,4	5,5	25,0	1,2
3C	Org. bruine klei	953	90,7	459	51,3	208	11,6	3,8	21,7	4,2	12,8	19,6	1,4
	Bruine droge klei	1065	82,9	492	53,5	221	14,7	3,7	20,2	4,1	8,5	22,7	1,4
3D	Org compacte klei	1154	100,7	482	86,0	228	15,6	4,3	21,8	4,6	10,2	26,0	1,4
	Grijze klei met ijzerroest	1132	129,5	551	63,4	296	5,5	4,4	20,0	6,5	3,0	23,9	1,3
	Natte klei zonder ijzerroest	990	239,1	416	68,2	394	3,2	4,3	17,1	14,0	11,7	21,8	1,3
	Venlige klei	1071	258,0	578	83,7	271	4,9	5,8	11,2	23,0	778,4	19,7	1,4

Tabel 4. pH en concentratie van elementen in de bodem bepaald met behulp van een waterextractie. Concentraties zijn gegeven in mmol/kg dw.

Locatie	Bodemtype	µmol/kg															
		pH-w	NO ₃ -w	NH ₄ -w	PO ₄ -w	Na-w	K-w	Cl-w	Al-w	Ca-w	Fe-w	Mg-w	Mn-w	P-w	S-w	Si-w	Zn-w
1A	Org. klei	4,15	831	28,6	1,9	1675	140,4	546	126,1	472	46,6	185	12,7	1,2	128,3	413,4	2,8
	Grijsbruine klei	4,64	788	39,0	1,5	1230	43,4	406	24,8	341	3,6	122	3,2	0,2	73,0	603,2	1,5
1B	Bruine klei	5,27	190	39,7	1,1	1015	25,1	263	31,9	215	7,9	91	0,5	0,5	83,7	390,4	0,9
	Bruine klei	5,29	369	216,8	0,8	1405	287,3	784	23,4	249	6,4	84	1,1	0,6	145,6	468,9	2,8
1C	Bruine klei	5,08	1021	744,3	1,4	2183	422,2	1505	66,8	817	29,6	258	17,2	2,0	609,9	818,8	6,4
	Bruine klei	6,23	702	73,8	1,1	1427	198,5	674	2,0	520	0,7	139	0,7	0,7	217,8	749,6	2,6
1D	Compacte klei	6,2	294	111,7	1,2	1957	220,7	997	1,7	591	0,8	177	0,5	0,5	548,0	1049,6	1,9
	Waterige compacte klei	6,43	140	29,8	1,4	1995	100,1	1356	0,3	666	0,0	159	0,7	0,2	662,4	500,7	0,9
	Sterk gedegradeerd veen	6,49	276	58,7	1,5	2382	210,0	1603	1,1	1392	0,0	347	0,4	0,6	1268,7	767,6	2,1
	Mineraal zand	6,86	289	223,4	1,4	1646	123,1	1251	1,1	1388	0,8	230	9,8	1,4	797,5	353,3	1,1
2A	Litter met verpulverde klei	4,47	143	5,3	1,0	698	12,5	276	35,6	126	8,7	65	3,2	0,8	126,9	591,9	0,7
	Compacte droge klei	4,73	384	66,1	1,1	634	29,1	114	9,2	108	2,2	43	1,5	1,3	99,7	609,7	1,1
2B	Org. droge klei	3,94	1720	425,9	0,3	1217	148,9	331	133,8	692	51,7	293	11,1	1,4	295,5	907,1	4,7
	Compacte klei	5,69	409	177,1	0,8	954	74,1	277	4,2	231	7,5	69	2,3	1,2	258,1	614,5	2,4
2C	Org. Compacte klei	5,23	960	123,1	0,3	1230	149,9	440	21,8	488	7,1	152	1,6	0,7	200,4	570,7	1,8
	Compacte klei	5,2	779	63,4	0,2	744	49,5	225	21,8	394	8,3	126	1,1	1,4	130,5	559,4	1,2
2D	Zware klei	5,21	446	28,6	0,2	755	17,5	125	29,7	267	7,4	95	1,3	0,7	135,6	454,5	1,1
	Zware klei met plantenresten	6,12	202	83,5	0,3	1568	101,1	699	1,8	1002	1,0	233	1,6	1,1	900,7	560,0	1,5
	Bruine weke leem	6,49	137	67,7	0,4	2455	56,8	1575	1,2	4164	0,8	738	9,4	7,4	3688,8	699,1	1,5
	Gedegradeerd veen	6,67	27	35,3	0,1	967	2,7	379	0,2	1653	0,0	291	5,4	2,1	1192,1	291,3	0,3
	Kalkgytja achtig??	7,34	26	35,0	0,3	684	20,4	252	0,5	1449	2,6	236	5,6	1,6	995,5	291,4	0,3
3A	Org. bruine klei	4,54	853	35,5	0,0	501	58,1	181	35,8	492	6,8	173	3,7	0,9	173,0	318,2	1,9
	Bruine klei	5,78	644	16,9	0,3	368	12,5	75	3,5	265	0,2	99	0,6	0,4	81,7	393,1	0,9
3B	Org. bruine klei	5,45	141	21,5	0,3	452	44,6	141	1,7	65	0,4	28	0,1	0,3	24,6	333,2	0,4
	Bruine klei	6,28	142	31,0	0,2	292	7,6	109	0,5	38	1,3	16	0,1	0,5	24,0	461,2	0,2
3C	Org. bruine klei	5,21	59	24,3	0,4	630	43,8	141	30,3	145	8,4	79	0,9	1,1	110,0	466,8	0,9
	Bruine droge klei	6,13	14	31,8	0,0	459	22,9	136	6,4	28	3,3	13	0,1	0,7	20,4	307,7	0,3
3D	Org compacte klei	5,47	20	19,8	0,3	500	64,1	158	24,2	156	9,6	69	0,5	1,1	75,0	263,2	0,7
	Grijze klei met ijzerroest	6,72	59	0,8	0,2	621	4,4	76	0,0	468	0,0	170	0,1	0,5	397,2	262,2	0,2
	Natte klei zonder ijzerroest	7,25	80	20,1	0,2	779	3,0	91	0,1	3134	0,0	1202	0,3	0,8	898,5	173,1	0,1
	Venige klei	6,78	74	369,3	0,3	1842	17,6	626	1,8	6550	0,4	1672	24,3	11,7	6118,5	982,3	0,8



Figur 4. Staafdiagrammen van de pH-z (maat voor de hoeveelheid geproduceerd zuur) en de concentratie van verschillende nutriënten die in theorie van invloed kan zijn op de woekering van planten.



Figuur 5. De best gecorreleerde verbanden tussen bodemparemeters die van invloed kunnen zijn op de beschikbaarheid van fosfaat in de bodem van Overlangbroek. In blauw worden de ondiepe monsters van de locaties A (0-20 cm, 20-40 cm) en D (0-50 cm) gegeven, en in oranje de diepere monsters van locaties D (> 50 cm).

4. Conclusie

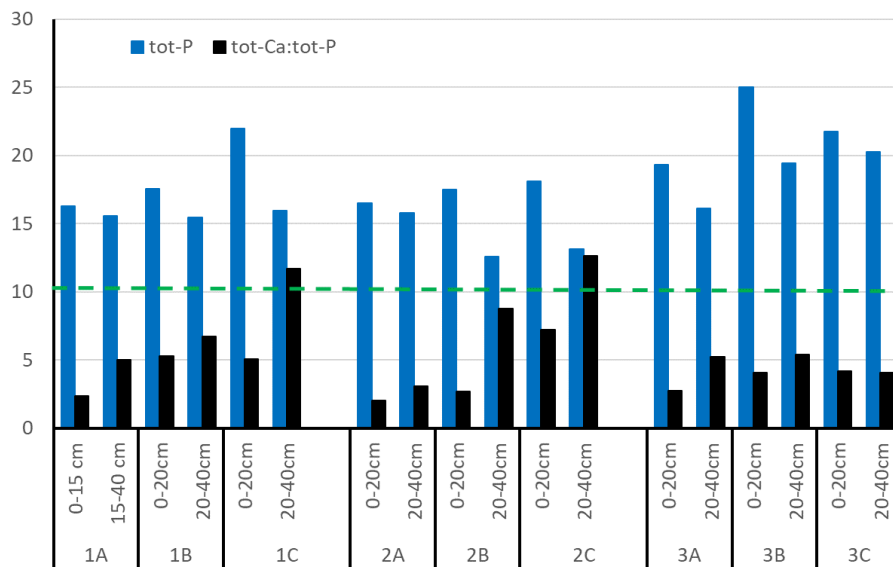
Uit de resultaten blijkt dat de kleilaag van het Overlangbroek verzuurd is en dat de mate van verzuring een sturende invloed heeft op de beschikbaarheid van fosfor in de bodem. De kleilaag was tot op diepte relatief rijk aan fosfor maar de concentratie hiervan was wel het hoogst in de bodem toplaag. Dit zal mogelijk het effect zijn van bladinvall waarbij het fosfor dat dieper in de bodem wordt opgenomen in de toplaag terecht komt (of door historisch gebruik als landbouwgrond).

Het fosfor gehalte was op een diepte van 20-40 cm beperkt lager dan in de toplaag van de klei (0-20 cm). De tot-Ca:tot-P ratio was echter veel gunstiger op 20-40 cm omdat deze bodemlaag minder sterk verzuurd en ontkalkt is. Uit figuur 5a blijkt dat bij een tot-Ca:tot-P ratio > 10 de fosfaatbeschikbaarheid laag is ($< 500 \mu\text{mol/L}$). Enkel op locaties 1C, (2B) en 2C voldoet de bodem hieraan (nagenoeg) op een diepte van 20-40 cm (figuur 6). De verzuring wordt veroorzaakt door (historische) verzurende depositie en afbraak van organisch materiaal (strooisel).

Een manier om de fosfaatbeschikbaarheid te verlagen (het tegengaan van verzuring door vernatting van het gebied is geen optie omdat dit zal leiden tot ontwikkeling van elzenbroek) is door de klei te plaggen en/of te bekalken. Door plaggen wordt fosfor afgevoerd en neemt de Ca:P ratio en de pH toe waardoor de fosfaatbeschikbaarheid afneemt. Door (aanvullend) te bekalken neemt de Ca:P ratio en de pH toe waardoor de fosfaatbeschikbaarheid (zeer waarschijnlijk) omlaag zal gaan. Indien dit in voldoende mate plaatsvindt wordt de groei van gewone braam gelimiteerd en kunnen andere soorten tot ontwikkeling komen. Het is belangrijk om dit soort maatregelen in eerste instantie experimenteel uit te testen in kleine proefvlakken met verschillende doseringen, alvorens dit op grotere schaal uit te voeren. Hierbij kan niet alleen gekeken worden naar hoe snel een effect optreedt op de bodemchemie en vegetatie (de kalk moet kunnen inwerken in de bodem), maar ook of de beschermde mossen in het natuurgebied hier hinder van ondervinden.

Een andere mogelijkheid om de P beschikbaarheid te verlagen is het afvoeren van fosfor door maaien en afvoeren van de ondergroei.

Vernatten van het gebied is geen optie omdat dit zal leiden tot uitbreiding van het elzenbroek dat aanwezig is ter hoogte van de vele drainagesloten in het gebied. In deze sloten is de compacte kleilaag in zijn geheel verwijderd waardoor het lokale grondwater wel kan doordringen tot in het maaiveld. Elzenbroek is geen doeltje in dit gebied.



Figuur 6. Tot-P en tot-Ca:tot-P ratio in de toplaag van de kleibodem (0-20 cm) en de onderliggende kleilaag (20-40 cm) in de drie deelgebieden. De groene stippellijn geeft een indicatieve Ca:P ratio waarboven de Olsen-P concentratie laag is (< 500 $\mu\text{mol/L}$) en limiterend zal werken op de Gewone braam.

5. Literatuur

Bergsma, T. (2018) Geohydrologisch Onderzoek Oud Kolland en Overlangbroek, Rapportage Arcadis in opdracht van Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden, 36 pp.

Horsthuis, M.A.P. & A.J.M. Jansen (2011) Overlangbroek en Oud Kolland: een ecohydrologische systeemanalyse, Rapportage Bosgroep Midden Nederland in opdracht van Staatsbosbeheer, 81 pp

Koerhuis, A. & E. Copier (2018) Ontwerp- Projectplan Waterwet Verbetering waterhuishouding Overlangbroek. Vastgesteld door het college van dijkgraaf en hoogheemraden op 5 juni 2018. Rapportage Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden, 18 pp.

Lucassen, E.C.H.E.T. & J.G.M. Roelofs (2017) Onderzoek kwaliteit ondergroei en zomereiken in het Beuken-Eikenbos met hulst in de Zelderse Driessen: mogelijke herstelmaatregelen. B-WARE Rapportnummer: RP-17.068.17.51 in opdracht van Staatsbosbeheer.

Lucassen, E (2021) Quick-scan onderzoek Hatertse Broek. B-WARE Rapportnummer RP-17.080.20.29 in opdracht van Stichting het Geldersch Landschap.

