



Fosfaatonderzoek Valkenhorst

Bodemchemisch onderzoek naar natuurpotenties

Waterschap de Dommel

27 september 2011

Definitief rapport

9W6806A0

George Hintzenweg 85
Postbus 8520
3009 AM Rotterdam
+31 (0)10 443 36 66 Telefoon
Fax
info@rotterdam.royalhaskoning.com E-mail
www.royalhaskoning.com Internet
Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel	Fosfaatonderzoek Valkenhorst
	Bodemchemisch onderzoek naar natuurpotenties
Verkorte documenttitel	Valkenhorst
Status	Definitief rapport
Datum	27 september 2011
Projectnaam	Landbodem fosfaatonderzoek Dommel
Projectnummer	9W6806A0
Opdrachtgever	Waterschap de Dommel
Referentie	

Auteur(s)
Collegiale toets
Datum/paraaf
Vrijgegeven door
Datum/paraaf



INHOUDSOPGAVE

	Blz.
1 INLEIDING	1
1.1 Aanleiding en achtergrond	1
1.2 Onderzoeksvragen	1
1.3 Leeswijzer	1
2 METHODIEK	3
2.1 Gebiedsbeschrijving	3
2.2 Randvoorwaarden	4
2.3 Veldwerk	5
2.4 Analyses	6
3 RESULTATEN	9
3.1 Veldwaarnemingen	9
3.2 Bodemopbouw	10
3.2.1 Globale bodemtypen	10
3.2.2 Humusvormen	10
3.3 Bodemchemie	12
3.3.1 Algemene bodemkenmerken	12
3.3.2 Verzuuringsgevoeligheid en buffercapaciteit	12
3.3.3 Fosfaatbeschikbaarheid	14
3.3.4 Fosfaatbeschikbaarheid per deelgebied	19
4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	21
4.1 Conclusies	21
4.1.1 Fosfaatbeschikbaarheid	21
4.1.2 Overige relevante bodemchemische aspecten	21
4.1.3 Haalbaarheid natuurdoelen	21
4.2 Aanbevelingen	25
4.2.1 Aanbevelingen voor inrichting	25
4.2.2 Mogelijke alternatieven	25
5 LITERATUUR	29

BIJLAGEN:

-
1. Beschrijving bodemopbouw
 2. Resultaten analyses

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding en achtergrond

Waterschap de Dommel voert in diverse gebieden herstelprojecten uit. Deze herstelprojecten worden over het algemeen uitgevoerd in gebieden die nu in landbouwkundig gebruik zijn. Bij de inrichting van de gebieden worden bepaalde natuurdoelen (natuurbeheertypen) beoogd. Veel van deze natuurdoelen stellen specifieke eisen aan de bodemchemische condities, met name ten aanzien van de voedselrijkdom van de bodem. In veel voormalige landbouwgebieden vormt de voedselrijkdom, en met name de fosfaatbeschikbaarheid, een groot knelpunt bij de realisatie van natuurdoelen. Om vooraf te kunnen voorspellen of de gewenste natuurdoelen gerealiseerd kunnen worden of dat eventueel de doelen moeten worden bijgesteld heeft het waterschap ervoor gekozen fosfaatonderzoek te laten uitvoeren. Dit onderzoek wordt in deze rapportage uitgewerkt voor het gebied Valkenhorst.

1.2 Onderzoeksvragen

In deze rapportage worden de volgende onderzoeksvragen beantwoord:

1. Wat is de fosfaattoestand van de bodem?
2. Vormt de huidige fosfaattoestand een belemmering voor de realisatie van de gewenste natuurdoelen?
3. Welke maatregelen (afgraafdiepte) zijn nodig om de natuurdoelen te kunnen realiseren?
4. Zijn er eventueel alternatieve natuurdoelen of een afwijkende verdeling van de natuurdoelen mogelijk?

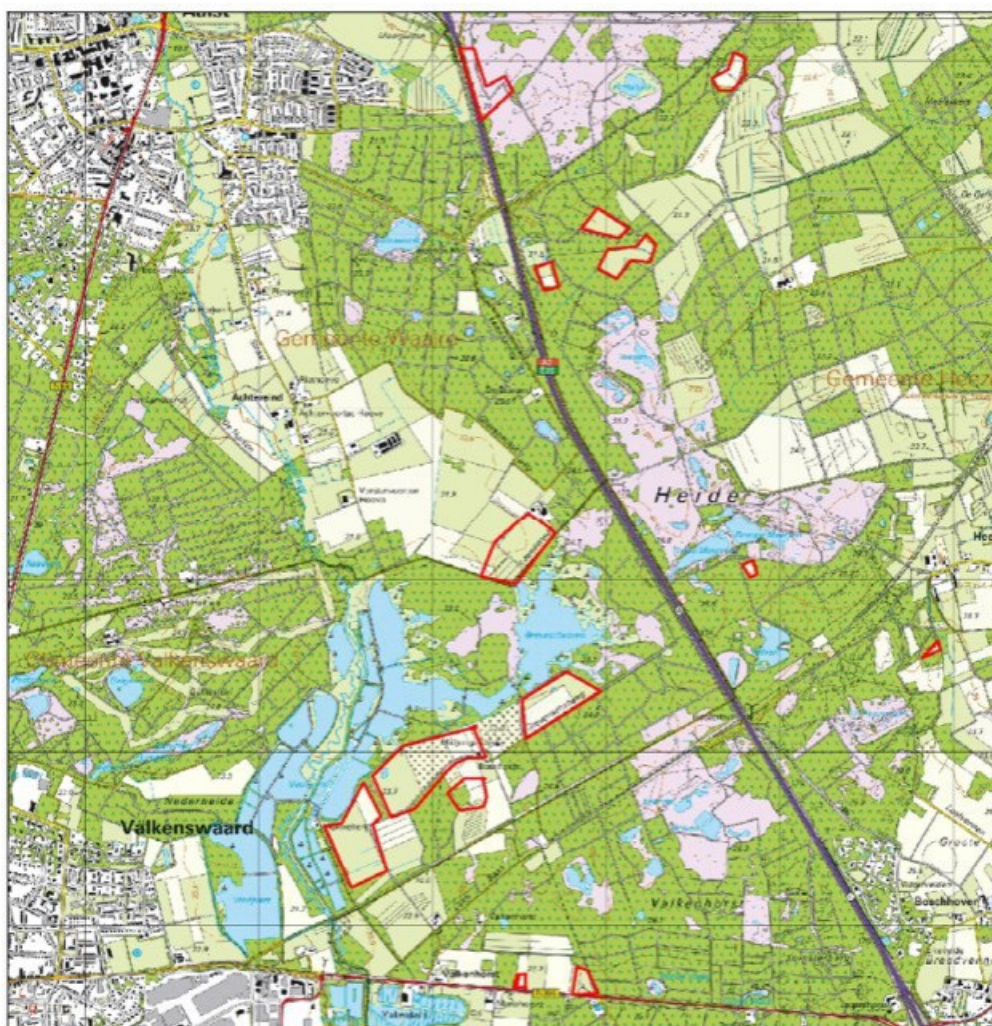
1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 word beschreven hoe het veldwerk is uitgevoerd en welke analyses zijn uitgevoerd. Vervolgens worden in hoofdstuk 3 de resultaten van het veldwerk en de chemische analyses besproken. In het laatste hoofdstuk volgen de conclusies en aanbevelingen die uit het onderzoek naar voren zijn gekomen.

2 METHODIEK

2.1 Gebiedsbeschrijving

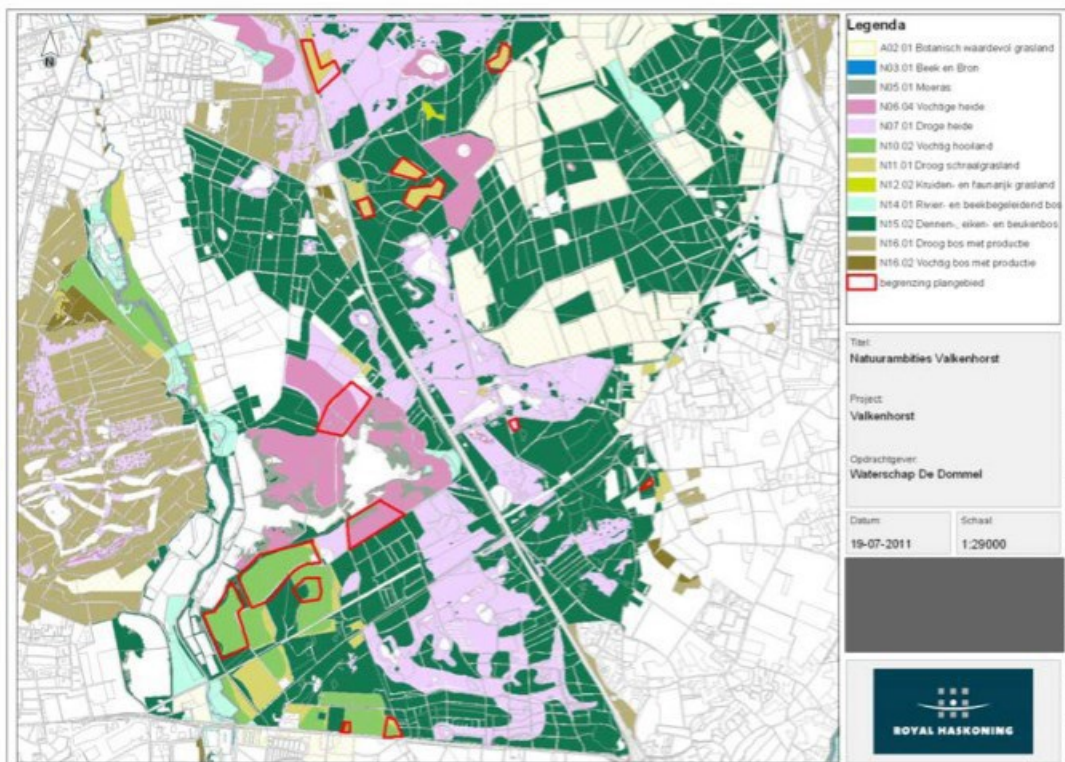
Het onderzoeksgebied Valkenhorst omvat een aantal percelen en perceelsdelen die deels gelegen zijn op en rondom landgoed Valkenhorst en een aantal perceeltjes op de Groote Heide. Het onderzoeksgebied wordt grofweg begrensd door de N69 richting Valkenswaard in het westen, het Leenderbos en Valkenswaard in het noorden, Budel in het zuidoosten en de N396 in het zuiden (figuur 2.1). Het studiegebied bestaat uit zeer diverse percelen, variërend van bos tot grasland, akkers en (vergraste) heide.



Figuur 2.1 Onderzoeksgebied Valkenhorst. © 2009 Dienst voor het kadaster en openbare registers, Apeldoorn.

2.2 Randvoorwaarden

Voor Valkenhorst zijn nog geen specifieke natuurdoelen benoemd. In deze rapportage wordt daarom uitgegaan van de ambitiekaart uit het Natuurbeheerplan van de provincie Noord-Brabant. Op deze kaart zijn voor de onderzochte percelen Droog schraalgrasland, Vochtig hooiland, Vochtige heide, Droge heide, Moeras en Dennen-, eiken- en beukenbos aangemerkt als mogelijk te ontwikkelen natuurbeheertypen (figuur 2.2).



Figuur 2.2 Natuurdoelen in deelgebied Valkenhorst, gebaseerd op de ambitiekaart uit het Natuurbeheerplan van de provincie Noord-Brabant. De onderzochte percelen zijn met rood omlijnd.

In tabel 2.1 staan de randvoorwaarden wat betreft voedselrijkdom, pH en waterstand weergegeven. Schraalland (zowel nat als droog) en Droge heide vereisen de laagste voedselrijkdom ($< 500 \mu\text{mol/l}$ Olsen-P). Ook Vochtig hooiland en Vochtige heide hebben een vrij lage voedselrijkdom nodig voor een goede ontwikkeling: de concentratie plantbeschikbaar-P (Olsen-P) moet tussen circa 300 en $800 \mu\text{mol/l}$ bodem liggen. Voor bodems die zeer rijk zijn aan ijzer, zou deze grens nog iets hoger kunnen liggen.

Voor bepaalde typen Moeras (o.a. grote zeggenmoerassen) kunnen voor de P-beschikbaarheid ongeveer dezelfde randvoorwaarden gesteld worden als voor Vochtige hooilanden en Vochtige heiden. Voor minder voedselarme moerastypen (bijv. rietmoeras en pioniermoeras) mag de voedselrijkdom wat hoger zijn. Dit geldt ook voor Dennen-, eiken- en beukenbos. Hiervoor kan een maximum aangehouden worden van circa $1500\text{-}2500 \mu\text{mol P-Olsen/l}$ bodem en $20\text{-}30 \text{ mmol/l}$ totaal-P.

Soortenarme varianten van bos en moeras kunnen wellicht ook al voorkomen bij de huidige, hoge (agrarische) fosfaatbeschikbaarheid. Overigens geldt ook voor wat meer 'voedselrijke' natuurbeheertypen dat deze zich vaak het mooist (meest soortenrijk) ontwikkelen bij wat lagere voedselrijkdom.

Voor het natuurbeheertype Moeras moet de waterstand in een groot deel van het jaar boven maaiveld staan. In de zomer mag er periodieke droogval optreden. Voor de uitbreiding van waterriet is het essentieel dat de zomerwaterstand lager is dan de winterwaterstand. Voor Vochtige hooilanden mag inundatie met grond- of oppervlaktewater tot in het (vroeg) voorjaar plaatsvinden. Ook in Vochtige heide mag het in het voorjaar en in de winter wat natter zijn.

Tabel 2.1 Randvoorwaarden voor de geselecteerde natuurbeheertypen. Randvoorwaarden gebaseerd op referentiewaarden van B-WARE & Royal Haskoning, Bal et al., 2001 en Synbiosys.

Natuurbeheertype	GHG (cm)	GLG (cm)	pH- H ₂ O	Olsen- P (µmol/l)	totaal-P (mmol/l)
Droog schraalland	> 40 cm -mv	> 80 -mv	4,5-6,5	100-500	< 8
Vochtig hooiland	20 + tot 20 - mv	40 - tot 80 - mv	5-7	300-800 (tot 1200)	8 tot 20 (tot 50)
Droge heide	> 40 cm -mv	> 80 -mv	3,5-4,5	100-500	<5
Vochtige heide	0 tot 40 cm -mv	20 – tot 60 -mv	3-6	100-800	<6
Moeras	20 + tot 0 -mv	10 + tot 40 -mv	5-7	300-1500 (tot 2500)	5 tot 15 (tot 50)
Dennen-, eiken- en beukenbos	> 40 cm -mv	> 80 -mv	4-7	500-2500 (tot ?)	10 tot 30 (tot 50)

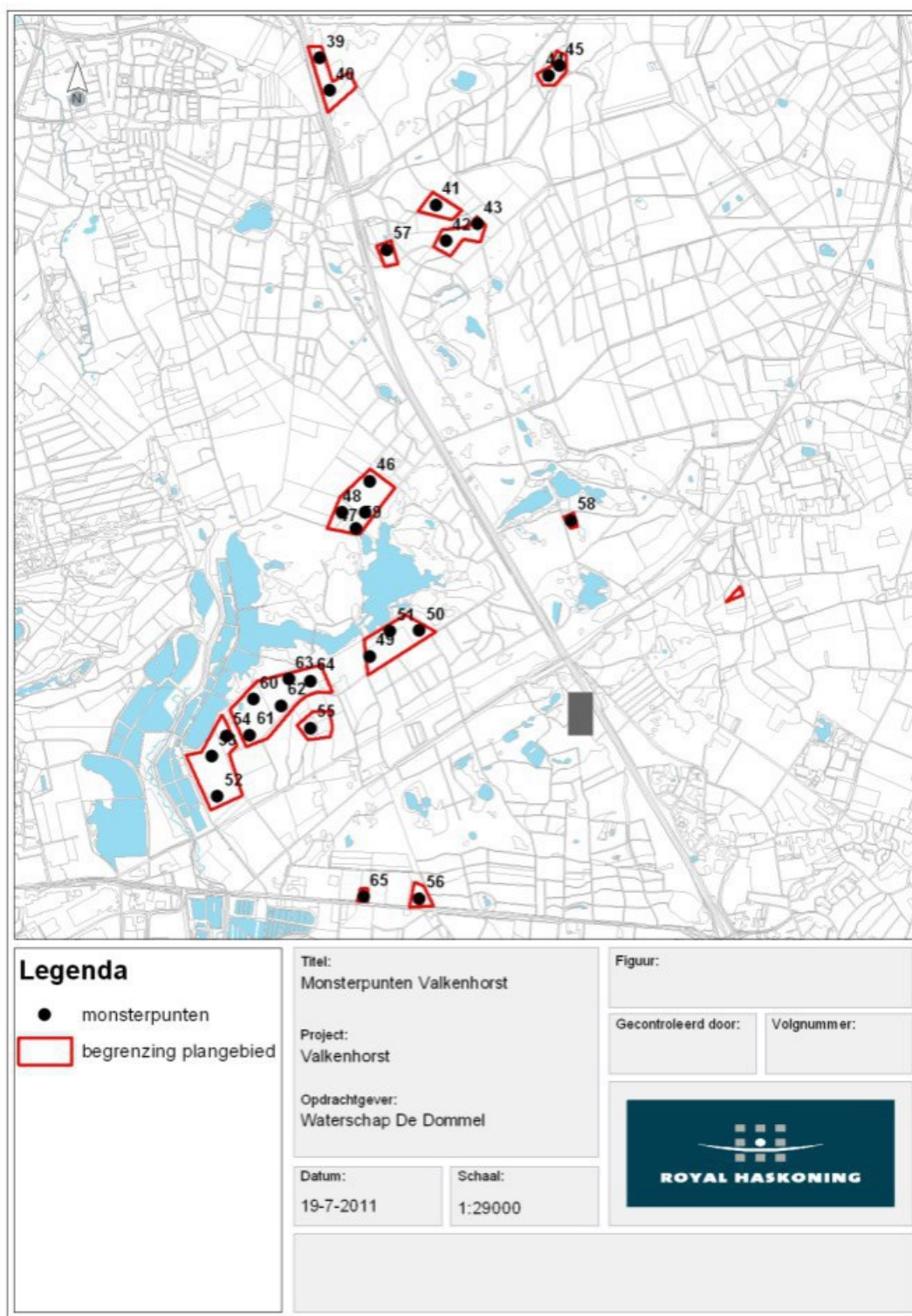
2.3 Veldwerk

Het veldwerk is uitgevoerd op 30 juni 2011. Op 27 locaties zijn bodemprofielen gestoken tot een diepte van 60 cm. Deze monsters zijn verdeeld in vier dieptes: 0-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm en 40-60 cm. Omdat uit eerder onderzoek is gebleken dat de diepte van fosfaatverzadiging zich vaak tussen 20 en 40 cm diepte bevindt, is er voor gekozen binnen die bandbreedte twee aparte lagen te bemonsteren.

Van elk profiel is in het veld de bodemopbouw beschreven volgens de methode Van Delft (2004). Deze methode is gericht op het beschrijven van specifieke kenmerken van het humusprofiel. Het humusprofiel bestaat uit de bovenste 40 cm van een bodem en is het meest veranderlijke deel van de bodem. Daardoor reageert dit deel ook het snelst op veranderingen. Dit maakt dat het beschrijven van het humusprofiel een goede indicatie geeft van recente ontwikkelingen in de bodem, zoals veraarding, verzuring, verdroging, die relevant zijn voor de ontwikkeling van natte natuur. Ook zijn opvallende kenmerken van de monsters en percelen en de meest opvallende planten die voorkwamen genoteerd.

2.4 Analyses

De chemische analyses die zijn uitgevoerd, zijn gericht op het bepalen van de fosfaatbeschikbaarheid in de bodem, het risico op nalevering van fosfaat bij vernatting van de bodems en het bepalen van de verzuringsgevoeligheid van de bodem. Uit onderzoek is gebleken dat een Olsen-extractie (Olsen, 1954) de beste voorspeller is van de beschikbaarheid van fosfaat voor planten (Gilbert et al., 2009). Uit andere onderzoeken is naar voren gekomen dat het risico op nalevering en de verzuringsgevoeligheid van de bodem goed voorspeld kunnen worden op basis van de verhoudingen van ijzer, totaal-P, totaal-S, calcium en magnesium in de bodem. Omdat planten wortelen in een bodemvolume en niet in een bepaalde massa van de bodem, zijn de gegevens met behulp van het massavolume omgerekend naar eenheden per liter. De analyses zijn uitgevoerd door onderzoekcentrum RPS Analyses in Ulvenhout.



Figuur 2.3 Monsterlocaties Valkenhorst.

3 RESULTATEN

3.1 Veldwaarnemingen

De bemonsterde percelen waren, zoals al eerder genoemd, zeer gevarieerd wat betreft gebruik. Er werden percelen bemonsterd met daarop aangeplante bosjes, beweide grasland, maïsakkers, 'natuurakkers', kruidenrijke graslanden, vergraste heide en percelen die geheel gedomineerd werden door pitrus. In figuur 3.1 is deze variatie weergegeven.

Een aantal monsterpunten is iets verschoven ten opzichte van het monsterplan. Het betreft monsterpunten 49 en 51. De eerste is verschoven om het graan op deze akker zo min mogelijk te beschadigen. Punt 51 is iets verschoven in verband met de bereikbaarheid van de exacte locatie. In figuur 2.3 zijn de daadwerkelijk bemonsterde locaties weergegeven.



Figuur 3.1 Foto's van een aantal karakteristieke vegetaties in het plangebied.

3.2 Bodemopbouw

3.2.1 Globale bodemtypen

De bodem van de onderzochte percelen bestaat in alle gevallen uit zand. Op één locatie, in een verdroogd broekbos, is sterk veraard veen aangetroffen onder de zandige toplaag. De bovenste 20-30 cm is over het algemeen sterk humeus en in de bospercelen en de heidepercelen komt een duidelijke strooisellaag voor. Gleyverschijnselen, in de vorm van roestvlekken veroorzaakt door neerslag van ijzer(hydr)oxiden, komen voor op een diepte van 40-60 cm en komen vooral voor in de zuidelijk gelegen percelen. Deze percelen liggen over het algemeen ook iets lager.

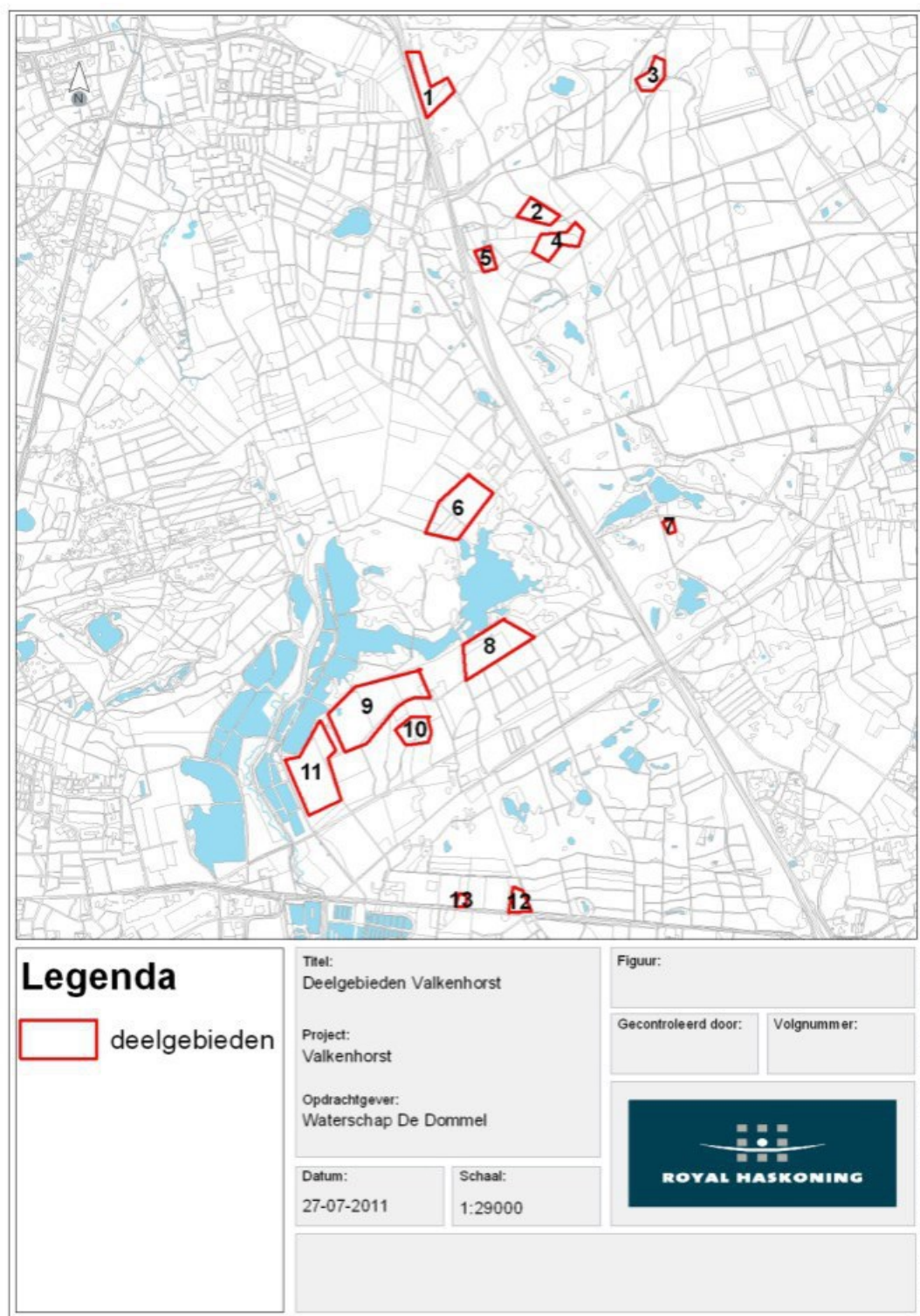
De volledige beschrijvingen van de bodemopbouw in de bemonsterde percelen is opgenomen als bijlage 1.

3.2.2 Humusvormen

De humusvorm is een typering van de bovenste 40 cm van de bodem. Doordat dit deel van de bodem het meest onder invloed staat van vegetatie, klimaat, hydrologie en dergelijke, is dit deel van de bodem het meest veranderlijk. Bij veranderende (abiotische) omstandigheden is dit dan ook het eerst terug te zien in de humusvorm. Globaal worden een aantal basistypen onderscheiden: mull, (mull)moder en mor(modor). Deze basisvormen worden onderscheiden op basis van de mate waarin organische stof geaccumuleerd en/of veraard is, waarbij de hoeveelheid organische stof afneemt in de reeks mull, mullmoder, moder, mormoder en mor. Er worden terrestrische en semi-terrestrisch gevormde humusvormen (voorvoegsel hydro-) onderscheiden op basis van de omstandigheden waaronder de humusvorm is ontstaan.

In het plangebied komen mulls en mullmoders voor. Mullmoders hebben een wat hoger organische stofgehalte in de toplaag door de aanwezigheid van een strooisellaag. De meeste bodems in het plangebied behoren tot de mulls. Mulls komen alleen voor op minerale bodems. Organische stof is vrijwel altijd geheel opgenomen in de toplaag onder invloed van bodemleven of door grondbewerking en de afbraak van organische stof verloopt relatief snel waardoor er geen accumulatie van organische stof (bijvoorbeeld in de vorm van een strooisellaag) plaatsvindt.

De mulls zoals die zijn aangetroffen in het plangebied zijn indicatief voor wegzijgingsgebieden of gedraineerde kwelgebieden. In het plangebied komen vermoedelijk beide typen voor, afhankelijk van de hoogteligging in het gebied. De mullmoders die zijn aangetroffen zijn karakteristiek voor regenwatergevoede zandgronden. De aanwezigheid van een strooisellaag wijst op een langzame afbraak van organisch materiaal. Dit wordt vermoedelijk veroorzaakt door een lage pH van de bodem.



Figuur 3.2 Deelgebieden in Valkenhorst.

3.3 Bodemchemie

3.3.1 Algemene bodemkenmerken

Om de resultaten van de bodemchemische analyses wat gemakkelijk ruimtelijk te kunnen bespreken is het gebied opgedeeld in deelgebieden (figuur 3.2). De bodems in het gebied variëren van vrij kalkrijk (> 20 mmol/l) tot zeer kalkarm (<5 mmol/l). Deelgebieden 4 en 8 zijn behoorlijk kalkrijk met waarden die meestal boven de 30 mmol/l liggen. In de deelgebieden 1, 3, 6, 10 en de diepere lagen van 11, 12 en 13 worden lage calciumconcentraties gemeten, met waarden onder de 10 mmol/l (tabel 3.1). In de overige deelgebieden ligt de calciumconcentratie tussen de 10 en 25 mmol/l.

De ijzerconcentraties in het gebied zijn over het algemeen vrij laag. In een aantal deelgebieden (6, 9, 11) komen (lokaal) wat hogere ijzerconcentraties, meestal in dieper gelegen lagen (tabel 3.1).

De zwavelconcentraties zijn vrij laag en liggen grotendeels onder de 10 mmol/l en allemaal beneden de 15 mmol/l. In bijlage 2 zijn alle analyseresultaten opgenomen.

3.3.2 Verzuuringsgevoeligheid en buffercapaciteit

Op basis van de vrij lage calciumconcentraties kan de bodem als matig en lokaal zelfs slecht gebufferd worden geclassificeerd. Desondanks ligt de verhouding tussen calcium, magnesium en zwavel (S/Ca+Mg ratio) in vrijwel alle monsters beneden de 0,67 (Lucassen et al., 2002). Alleen in deelgebied 10 en de toplaag in deelgebied 6 wordt een te hoge ratio berekend. Dit indiceert dat het risico op verzuring bij het blootstellen van diepere bodemlagen aan zuurstof in de meeste deelgebieden gering is. Dat deze ratio bij lage calciumconcentraties toch nog vrij gunstig uitpakt, wordt veroorzaakt door de lage zwavelconcentraties. Het is echter waarschijnlijk dat bij dergelijke lage calciumconcentraties (met name in deelgebieden 1, 3, 6 en 10) de buffering tegen bijvoorbeeld zure depositie gering zal zijn. Calciumconcentraties tussen 5 en 20 mmol/l zijn indicatief voor een dalende basenverzadiging. Onder de 5 mmol/l is er sprake van een lage basenverzadiging.

Tabel 3.1 Gemiddelde analyseresultaten per deelgebied. Waardes in mmol/l, Olsen-P in μ mol/l.

deelgebied	diepte	Ca	Mg	S	Fe	P-totaal	Olsen-P
	cm	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	μ mol/l
1	0-20	<2,02	<3,33	5,00	10,54	3,29	1275
	20-30	<2,04	<3,36	5,96	8,49	5,17	2088
	30-40	3,29	<3,93	4,82	9,11	7,16	3238
	40-60	12,79	<4,10	2,85	12,92	15,00	6502
2	0-20	14,08	9,50	4,26	14,03	8,83	2861
	20-30	20,22	12,77	2,87	15,71	8,81	2665
	30-40	25,63	12,78	<1,79	18,33	1,47	469
	40-60	4,60	9,54	<2,09	12,56	0,97	198
3	0-20	15,45	11,54	8,12	22,99	24,09	4728
	20-30	13,93	10,19	4,78	19,29	19,15	2461
	30-40	11,46	16,09	3,28	26,33	11,30	1224

	diepte	Ca	Mg	S	Fe	P-totaal	Olsen-P
deelgebied	cm	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	μmol/l
	40-60	9,75	19,63	<2,02	32,26	13,39	1531
4	0-20	31,55	11,95	8,05	12,39	17,83	4218
	20-30	33,96	8,83	4,04	11,37	7,39	1548
	30-40	24,51	19,07	2,08	23,77	<4,26	775
	40-60	11,83	17,36	<2,08	22,30	<3,88	687
5	0-20	35,54	8,22	17,19	22,15	18,22	6761
	20-30	7,19	4,00	1,55	5,94	4,13	2794
	30-40	13,10	12,57	<1,79	16,39	6,40	2146
	40-60	4,94	9,93	<1,12	12,23	<2,09	717
6	0-20	15,27	11,85	6,04	21,39	16,63	3446
	20-30	12,81	10,85	3,49	19,83	11,09	3598
	30-40	11,80	10,50	5,81	59,94	14,45	2276
	40-60	19,48	11,63	7,39	109,53	37,00	794
7	0-20	5,41	3,98	2,51	12,64	8,66	3841
	20-30	6,89	3,75	<1,58	11,16	6,14	3701
	30-40	3,79	7,98	<1,79	19,58	5,22	3166
	40-60	<2,81	<8,21	<1,95	19,78	<3,64	1529
8	0-20	27,72	7,29	4,38	21,55	18,10	5362
	20-30	28,28	7,54	3,72	20,54	16,54	4535
	30-40	35,44	7,61	4,76	21,53	16,18	3745
	40-60	7,96	8,06	<2,14	24,55	<3,98	942
9	0-20	14,55	9,18	4,32	25,82	17,48	6524
	20-30	18,12	9,25	1,90	28,36	14,67	5257
	30-40	19,25	10,95	1,71	28,98	9,56	3440
	40-60	11,61	16,37	<2,24	44,69	5,66	1550
10	0-20	3,66	2,48	9,51	15,93	5,21	2781
	20-30	1,63	3,65	10,45	17,40	5,35	2501
	30-40	<1,78	<2,93	13,08	16,02	4,35	1803
	40-60	<2,09	<3,44	<7,81	6,03	2,70	1687
11	0-20	23,01	8,16	5,15	21,22	18,16	6241
	20-30	22,67	7,99	4,00	16,52	11,72	4274
	30-40	13,79	13,31	<1,89	26,44	4,21	1586
	40-60	8,96	20,64	<2,03	53,59	2,29	922
12	0-20	47,16	10,40	9,02	25,99	19,53	4819
	20-30	13,19	5,42	<1,77	21,58	7,54	3465
	30-40	4,04	4,55	<1,92	10,47	<3,58	979
	40-60	3,94	5,02	<2,12	15,95	<3,94	1013
13	0-20	27,00	8,22	3,35	35,41	14,41	4823
	20-30	19,98	8,60	<1,83	51,12	12,04	4229
	30-40	6,30	4,79	<1,85	25,69	<3,44	699
	40-60	5,51	4,77	<1,92	26,06	<3,58	523

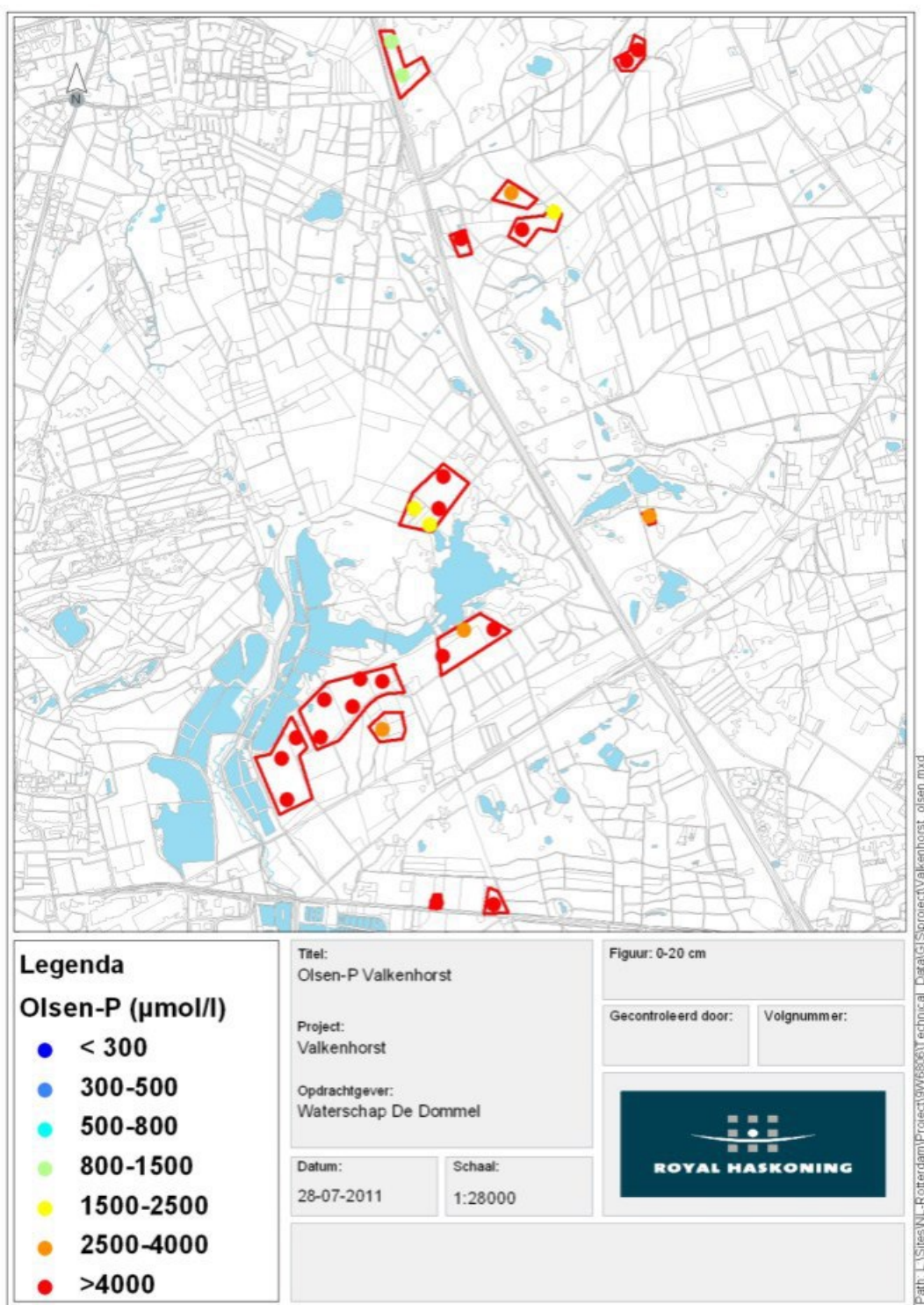
3.3.3 Fosfaatbeschikbaarheid

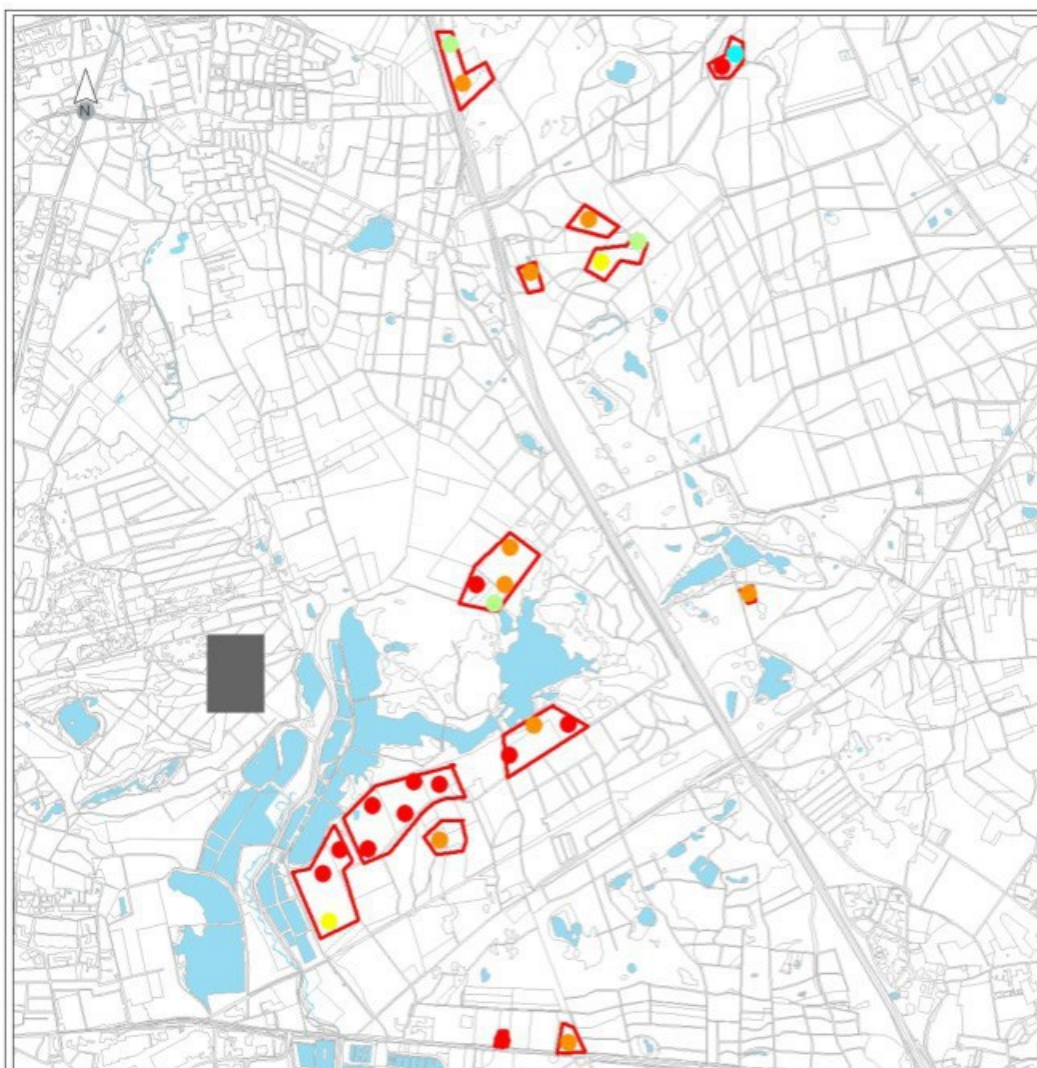
De fosfaatbeschikbaarheid is bepaald als de Olsen-P concentratie. Zoals verwacht neemt de Olsen-P concentratie in vrijwel alle deelgebieden af met diepte. Alleen in deelgebied 1 is het opvallend dat ook in diepere lagen weer hogere Olsen-P concentraties worden gemeten. Mogelijk wordt de toplaag hier door de vegetatie langzaam uitgeput, doordat er niet langer bemest wordt. In slechts vier monsterpunten (41, 44, 46 en 47) ligt de gemiddelde Olsen-P concentratie op 40-60 cm diepte beneden de ongeveer 300-500 $\mu\text{mol/l}$ die nodig is voor echt voedselarme vegetaties (o.a. blauwgrasland, vochtige heide e.d.).

In de bos- en heidepercelen aan de oostzijde van de snelweg en in deelgebied 6 is de bodem duidelijk minder voedselrijk dan in de overige gebieden (figuur 3.3 a t/m d). Alleen in deelgebied 1 zijn de diepere lagen juist weer voedselrijker dan in de andere gebieden. In de gebieden aan de westzijde van de snelweg (met uitzondering van deelgebied 6) is de toplaag vaak zeer voedselrijk en tot op grotere diepte voedselrijk dan in de bos- en heidepercelen aan de andere zijde van de snelweg.

De Olsen-P concentratie is gecorreleerd met de totaal-P concentratie, met name bij wat hogere concentraties. Er is ook een relatie tussen de verhouding tussen calcium + ijzer / totaal-P en de Olsen-P concentratie. Dit impliceert dat de hoeveelheid beschikbaar fosfaat (Olsen-P) sterk wordt bepaald door binding aan ijzer en calcium.

Wanneer delen van het gebied worden afgegraven zullen ook delen van het gebied natter worden dan nu het geval is. Wanneer fosfaatrijke bodems worden vernat bestaat er een groot risico op mobilisatie van fosfaat, doordat aan gereduceerd ijzer minder fosfaat kan worden gebonden dan geoxideerd ijzer. Dit risico bestaat vooral wanneer er relatief weinig ijzer is ten opzichte van fosfaat. Bij een grote overmaat aan ijzer kan alsnog het meeste fosfaat gebonden blijven. Bij een Fe/P ratio beneden de twee is er een groot risico op nalevering van fosfaat. In Valkenhorst ligt deze ratio in deelgebieden 1, 2, 3, 4, 6 (toplaag), 7, 8, 9 en 11 onder de 2. In deze gebieden bestaat dus een groot risico op mobilisatie van fosfaat bij vernatting. In de andere deelgebieden ligt de ratio vrijwel overal ruim boven de drie. Het risico op nalevering is in die gebieden dus gering. Overigens kan bij vernatting van bodems met een hoge actuele fosfaatbeschikbaarheid (hoge Olsen-P) alsnog relatief veel fosfaat in oplossing gaan en zorgen voor algenbloei in het oppervlaktewater.





Legenda

Olsen-P ($\mu\text{mol/l}$)

- < 300
- 300-500
- 500-800
- 800-1500
- 1500-2500
- 2500-4000
- >4000

Titel:
Olsen-P Valkenhorst

Project:
Valkenhorst

Opdrachtgever:
Waterschap De Dommel

Datum:
28-07-2011

Schaal:
1:28000

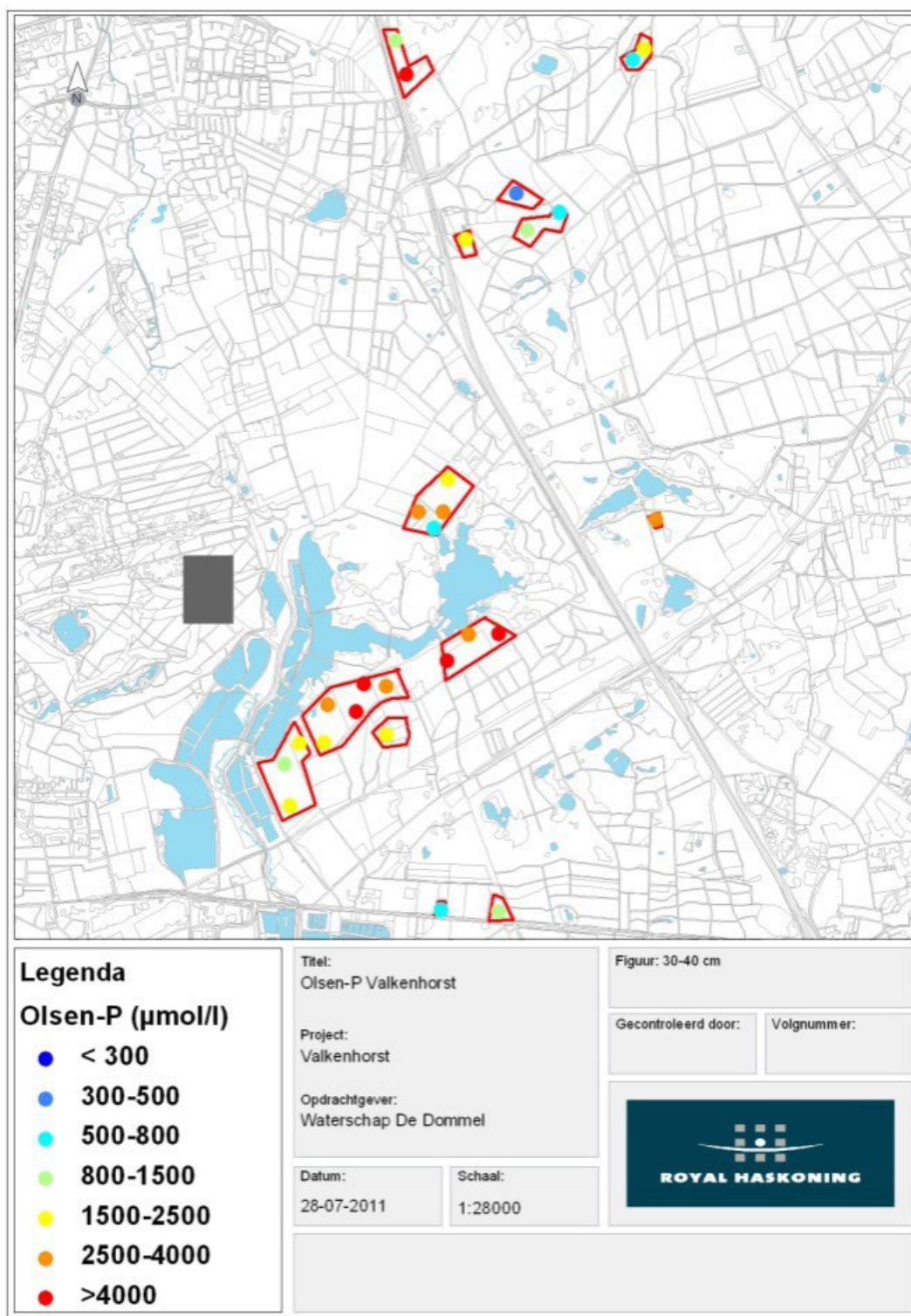
Figuur: 20-30 cm

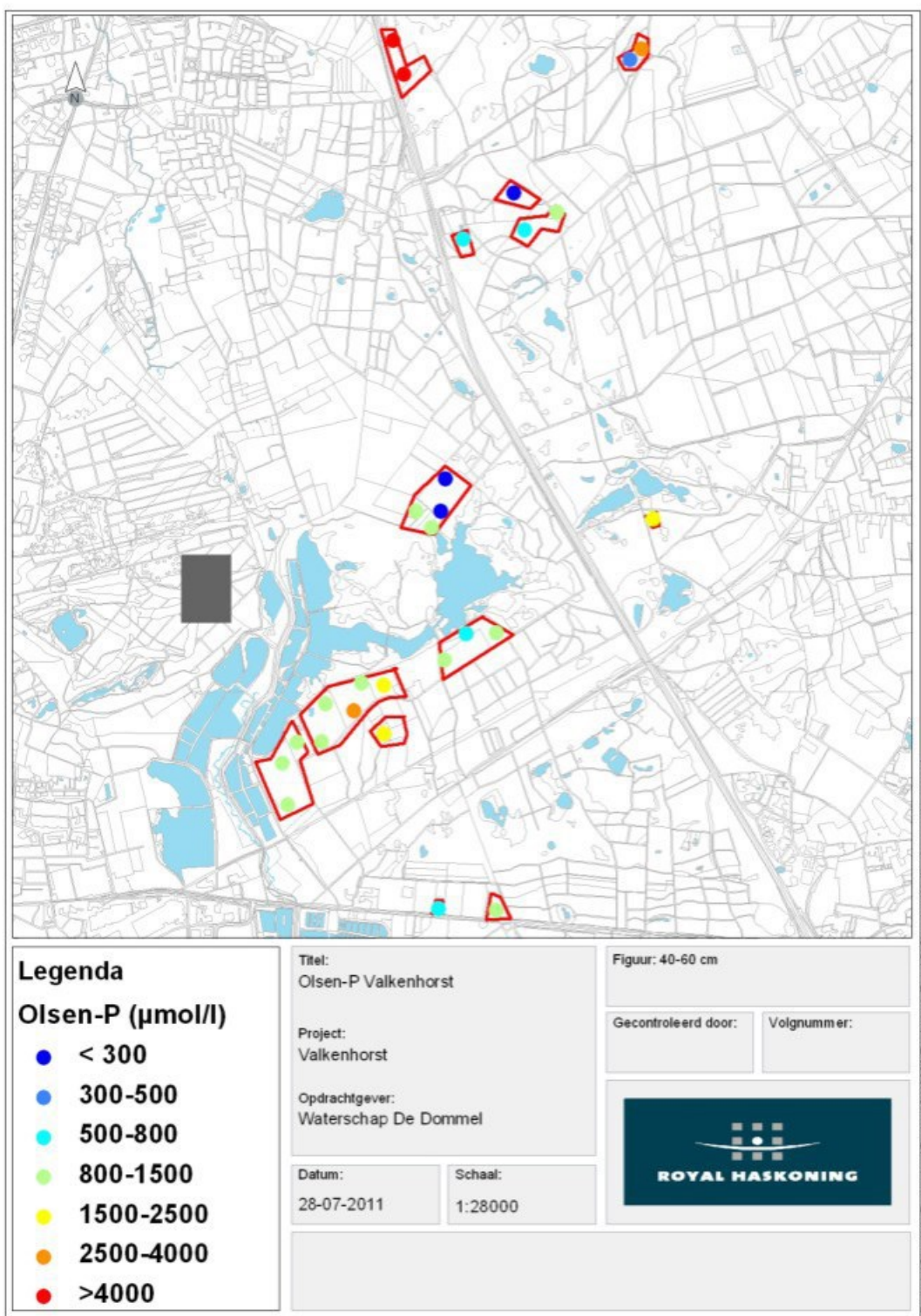
Gecontroleerd door:

Volgnummer:



Path: L:\Sites\NL_Rotterdam\Project\9W6806\Technical_Data\GIS\Project\Valkenhorst_olsen.mxd





Figuur 3.3 Ruimtelijke verdeling van de Olsen-P concentratie in het gebied. 3.3 a: 0-20 cm diepte; 3.3 b 20-30 cm; 3.3 c 30-40 cm en 3.3 d 40-60 cm diepte.

3.3.4 Fosfaatbeschikbaarheid per deelgebied

In deze paragraaf wordt per deelgebied besproken wat de fosfaatbeschikbaarheid is per deelgebied. Ook worden eventueel aanwezige andere bodemchemische knelpunten of opvallendheden aangegeven.

Deelgebied 1:

In deelgebied 1 is de toplaag relatief voedselarm en neemt de Olsen-P concentratie met diepte toe. Dit hangt mogelijk samen met het niet (meer) bemesten, waardoor de toplaag wat uitgeput raakt. De calciumconcentraties zijn zeer laag.

Deelgebied 2:

In deelgebied 2 is de toplaag vrij voedselrijk met Olsen-P concentraties van ongeveer 2700 $\mu\text{mol/l}$. Vanaf 30-40 cm neemt de fosfaatbeschikbaarheid sterk af tot waardes onder de 500 $\mu\text{mol/l}$.

Deelgebied 3:

Ook in deelgebied 3 is de toplaag vrij voedselrijk met Olsen-P concentraties van boven de 4000 $\mu\text{mol/l}$. Vanaf 30-40 cm neemt de fosfaatbeschikbaarheid sterk af tot waardes tussen de 500 en 700 $\mu\text{mol/l}$. De calciumconcentraties zijn vrij laag.

Deelgebied 4:

In deelgebied 4 is de fosfaatbeschikbaarheid in de bovenste 30 cm hoog (>2000 $\mu\text{mol/l}$). In de lagen daaronder neemt de Olsen-P concentratie flink af tot waarden die tussen 500 en 1000 $\mu\text{mol/l}$ liggen. In de diepste laag worden vrij lage calciumconcentraties gemeten.

Deelgebied 5:

In deelgebied 5 is de toplaag zeer voedselrijk, maar daaronder neemt de fosfaatbeschikbaarheid snel af tot rond de 2000 $\mu\text{mol/l}$ en tot ongeveer 700 $\mu\text{mol/l}$ op 40-60 cm diepte. De calciumconcentratie nemen echter sterk af met diepte en wijzen op sterke uitloging van de bodem.

Deelgebied 6:

In deelgebied 6 is de bovenste 40 cm zeer voedselrijk, met uitzondering van punt 59. Op 40-60 cm daalt de fosfaatbeschikbaarheid in het hele deelgebied tot onder de 1500 $\mu\text{mol/l}$, waarbij in punt 46 en 47 een Olsen-P concentratie onder de 500 $\mu\text{mol/l}$ wordt gemeten. De calciumconcentraties zijn laag en nemen af met diepte.

Deelgebied 7:

In deelgebied 7 is de bovenste 40 cm zeer voedselrijk. Pas in de laag van 40-60 cm daalt de fosfaatbeschikbaarheid sterk van boven de 3000 tot rond 1500 $\mu\text{mol/l}$. Ook in dit deelgebied is de calciumconcentratie laag. Ook is de verhouding tussen ijzer en totaal-P ongunstig, waardoor in de toplaag een groot risico op fosfaatmobilisatie bestaat bij vernatting. Dit wordt nog verder versterkt door de lage calciumconcentraties.

Deelgebied 8:

In deelgebied 8 is eveneens de toplaag van 40 cm zeer voedselrijk. Pas op 40-60 cm neemt de fosfaatbeschikbaarheid duidelijk af en daalt de Olsen-P concentratie tot gemiddeld rond de 1000 $\mu\text{mol/l}$. Er is vrij veel spreiding door het gebied heen. Langs de rand van het gebied (punt 51) is het een stuk voedselarmer dan in de zuidpunt (punt 49). In deze diepste laag worden echter wel de laagste calciumconcentraties gemeten.

Deelgebied 9:

Deelgebied 9 is zeer vergelijkbaar met deelgebied 8. De toplaag is zeer voedselrijk en alleen in de diepste laag van 40-60 cm worden Olsen-P concentraties gemeten die onder of rond 1500 $\mu\text{mol/l}$ liggen. Alleen in punt 62 is het ook op die diepte nog zeer voedselrijk. Ook in dit deelgebied worden lage calciumconcentraties gemeten, vooral in de diepere lagen. De zeer lage zwavelconcentraties zijn opvallend.

Deelgebied 10:

In dit deelgebied is de bovenste 30 cm behoorlijk voedselrijk, met Olsen-P concentraties rond 2500 $\mu\text{mol/l}$. Vervolgens daalt de Olsen-P concentratie in de diepere lagen tot 1700-1800 $\mu\text{mol/l}$. Zowel de calcium- als de magnesiumconcentraties zijn zeer laag. Dit wijst op een sterke uitloging van de bodem.

Deelgebied 11:

In deelgebied 11 is de bovenste 30 cm zeer voedselrijk. Op 30-40 cm daalt de fosfaatbeschikbaarheid tot een gemiddelde waarde rond de 1500 $\mu\text{mol/l}$ en op 40-60 cm tot ongeveer 900 $\mu\text{mol/l}$. Ook de calciumconcentratie neemt sterk af met diepte. Ook in dit deelgebied zijn de lage zwavelconcentraties opvallend.

Deelgebied 12 en 13:

Deelgebied 12 en 13 hebben een sterke scheiding in voedselrijkdom tussen de bovenste 30 cm en de 30 cm daaronder. In de bovenste 30 cm worden zeer hoge Olsen-P concentraties gemeten, daaronder liggen de waarden (ruim) onder de 1000 $\mu\text{mol/l}$. Ook in deze deelgebieden neemt de calciumconcentratie sterk af met diepte en worden opvallend lage zwavelconcentraties gemeten.

4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

4.1 Conclusies

4.1.1 Fosfaatbeschikbaarheid

De fosfaatbeschikbaarheid is over het algemeen zeer hoog. Vooral de bovenste 30 tot 40 cm is zeer voedselrijk. In de diepst bemonsterde laag van 40-60 cm diepte is de fosfaatbeschikbaarheid over het algemeen een stuk gunstiger. Over het algemeen ligt de fosfaatbeschikbaarheid op die diepte onder of rond de 1000 $\mu\text{mol/l}$, wat een goed uitgangspunt is voor ontwikkeling van vochtige hooilanden (eventueel met aanvullende vershraling). In de deelgebieden aan de oostzijde van de snelweg komen lokaal lagere fosfaatbeschikbaarheden voor. In deelgebieden 1, 9 en 10 is het opvallend dat ook de diepere lagen voedselrijk zijn.

4.1.2 Overige relevante bodemchemische aspecten

Het meest opvallend aan de bemonsterde bodems zijn de lage calciumconcentraties die in een groot deel van het gebied voorkomen en wijzen op een sterke uitloging van de bodem. De ontkalking van de bodem vermoedelijk een natuurlijk proces dat plaatsvindt bij veroudering van de bodem en het uitblijven van aanvoer van basen via kwel of overstroming met oppervlaktewater.

4.1.3 Haalbaarheid natuurdoelen

In deze paragraaf worden de resultaten vertaald naar de haalbaarheid van concrete natuurdoelen. Dit is per deelgebied uitgewerkt in tabel 4.1. Per deelgebied wordt telkens ingegaan op de gewenste natuurdoelen en of en hoe deze kunnen worden gerealiseerd. Wanneer het aangegeven natuurdoel niet mogelijk is, of wanneer met minder afgraven een andere natuurdoel kan worden bereikt, wordt aangegeven welk alternatief er is. In deze paragraaf wordt (nog) niet uitgebreid ingegaan op de mogelijkheden voor uitmijnen. Deze mogelijkheid is nader uitgewerkt in § 4.2.2.

In een groot deel van het gebied zijn vrij ambitieuze (voedselarme) natuurdoelen gesteld. In veel gevallen zijn deze niet of slechts voor een deel haalbaar. De hoge fosfaatbeschikbaarheid vormt hierbij een belangrijk knelpunt. Ook zijn voor veel natuurdoelen de lage calciumconcentratie een knelpunt. In tabel 4.1 is een overzicht gegeven van de belangrijkste knelpunten voor realisatie van de natuurdoelen.

Tabel 4.1: Overzicht gewenste natuurdoelen, mogelijkheden voor realisatie, maatregelen, knelpunten en alternatieven per deelgebied in onderzoeksgebied Valkenhorst.

Deelgebied	Natuurdoel	Realiseerbaar?	Maatregelen	Knelpunten	Alternatieven
1	Droog schraal-grasland	nee	n.v.t.	fosfaat te hoog, calcium laag	bos, matig voedselrijk grasland (niet afgraven)
2	Droog schraal-grasland	ja	30 cm afgraven		bos, kruiden- en faunairijk grasland (niet afgraven)
3	Droog schraal-grasland	deels	westelijke helft 40 cm afgraven en verschralen, bekalken	na afgraven wellicht te nat, lage calciumconcentratie	bos (niet afgraven)
4	Droog schraal-grasland	ja	40 cm afgraven en verschralen		deels bos, deels kruiden- en faunairijk grasland (niet afgraven)
5	Droog schraal-grasland	ja	40 cm afgraven, verschralen	na afgraven wellicht te nat, zeer lage calciumconcentratie	bos (niet afgraven), vochtige heide (40 cm afgraven en verschralen)
6	Vochtige heide, Droge heide	deels	perceel punt 46 en 47: 40 cm afgraven, bekalken	lage calciumconcentratie	bos (niet afgraven), 30 cm afgraven en verschralen voor mozaïek van vochtig hooiland en matig voedselrijk grasland
7	Droge heide	nee	n.v.t.	te hoog fosfaat	bos (niet afgraven), matig voedselrijk grasland (40 cm afgraven)
8	Vochtige heide, Moeras	ja	40 cm afgraven, bekalken, verschralen: deels moeras en deels vochtige heide of geheel moeras	lage calciumconcentratie	bos (niet afgraven)

Deelgebied	Natuurdoel	Realiseerbaar?	Maatregelen	Knelpunten	Alternatieven
9	Vochtig hooiland	deels	40 cm afgraven, bekalken, verschralen voor deels vochtig hooiland, deels matig voedselrijk grasland	lage calciumconcentratie	bos (niet afgraven) of alleen thv 61 en 63 afgraven voor vochtig hooiland
10	Vochtig hooiland, bos	ja (bos)	niet afgraven (bos)	lage calciumconcentratie	kruiden- en faunarijk grasland (niet afgraven)
11	Vochtig hooiland	ja	40 cm afgraven, bekalken	lage calciumconcentratie	bos (niet afgraven)
12	Vochtig hooiland	ja	30 cm afgraven, bekalken, verschralen	lage calciumconcentratie	bos (niet afgraven)
13	Vochtig hooiland	ja	30 cm afgraven, bekalken	lage calciumconcentratie	bos (niet afgraven)

Uit tabel 4.1 blijkt dat in veel gevallen realisatie van de gewenste natuurdoelen in ieder geval over een deel van de percelen mogelijk is, mits de juiste maatregelen (afgraven, verschralen, bekalken) worden genomen. Een aantal deelgebieden zijn over een grote diepte te voedselrijk voor de gewenste natuurdoelen. Hier kan het natuurdoel beter worden bijgesteld (zie ook § 4.2).

4.2 Aanbevelingen

4.2.1 Aanbevelingen voor inrichting

De haalbaarheid van de gewenste natuurdoelen, zoals besproken in § 4.1.3 is vertaald naar een kaart waarin de noodzakelijke afgraafdiepte en overige maatregelen zijn aangegeven, evenals de te realiseren natuurdoelen (figuur 4.1). Hierbij is als uitgangspunt gehanteerd dat over een zo groot mogelijk oppervlak de gewenste natuurdoelen worden gerealiseerd. Wanneer dat niet mogelijk was is uitgegaan van het meest voedselarme mogelijke natuurdoel.

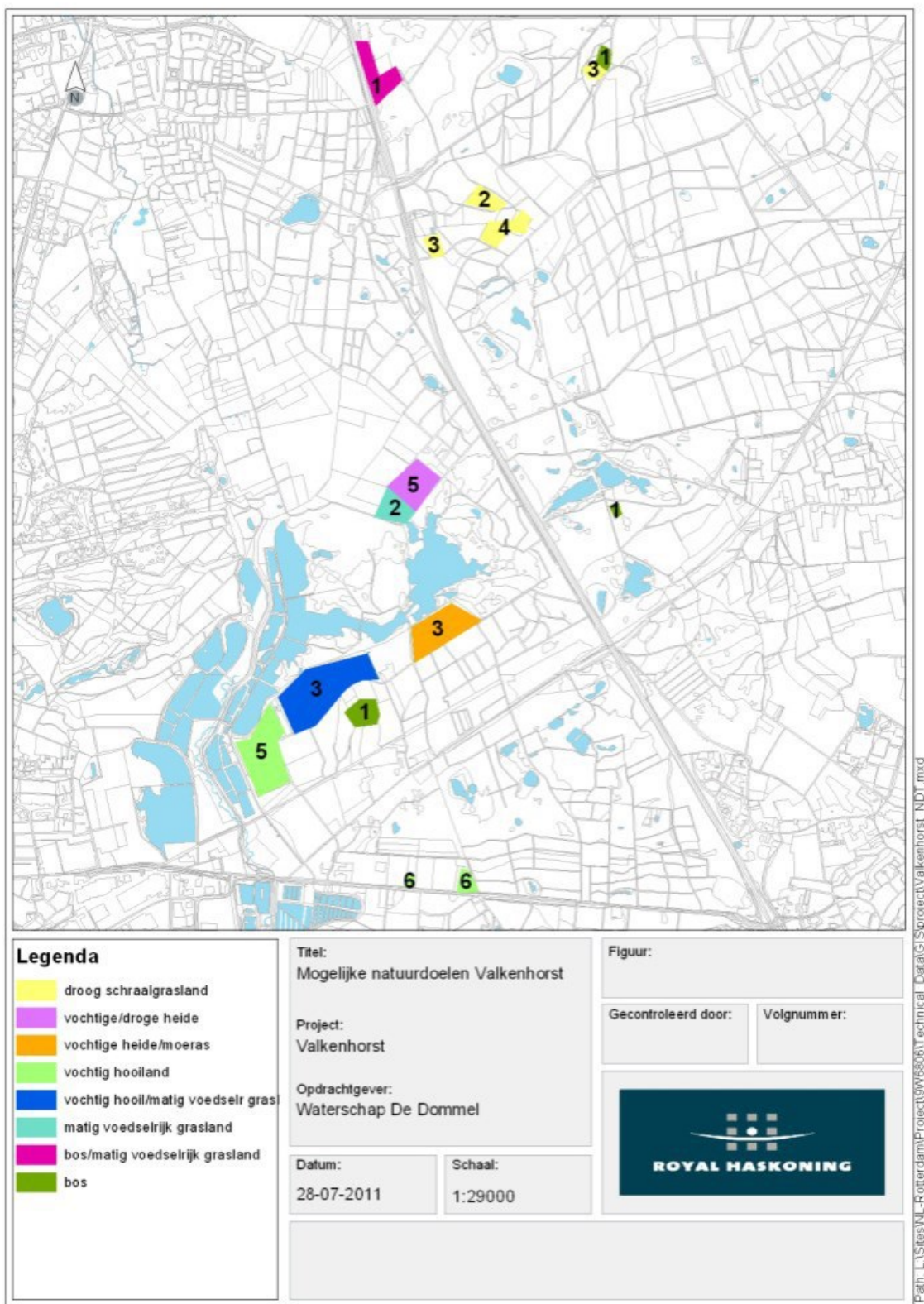
Overigens zijn de aanbevelingen geheel gebaseerd op het bodemchemische onderzoek. Optimale hydrologische omstandigheden zijn hier verder niet meegenomen, omdat deze geen deel uitmaken van deze studie.

4.2.2 Mogelijke alternatieven

In de huidige situatie is het niet mogelijk de gewenste natuurdoelen te realiseren, omdat ten minste de bovenste 30 cm te fosfaatrijk is. Het afgraven van deze laag is noodzakelijk om de doelen wel te kunnen realiseren. Verschralingsbeheer is geen realistisch alternatief, omdat hiermee slechts een beperkte hoeveelheid nutriënten kan worden afgevoerd. Uitmijnen kan in een aantal gevallen wel een alternatief zijn. Ook is het mogelijk de natuurdoelen bij te stellen. Op beide alternatieve mogelijkheden wordt hieronder kort ingegaan.

Alternatieve natuurdoelen

In figuur 4.1 is telkens uitgegaan van de natuurdoelen die in § 2.2 zijn aangegeven voor het onderzoeksgebied. Waar de gewenste natuurdoelen niet mogelijk waren is ontwikkeling van bos aangegeven, omdat dat in de directe omgeving van het gebied ook is aangegeven als natuurdoel. Soms kan het (bijvoorbeeld in verband met efficiënt beheer) wellicht handiger zijn om in plaats van bos graslanden te ontwikkelen. Zonder afgraven kan op de meeste percelen een voedselrijk graslandtype worden ontwikkeld en op termijn fauna- en kruidenrijk grasland.



Figuur 4.1 Te realiseren natuurdoelen en bijbehorende maatregelen.

Uitmijnen of verschralen

Als alternatief voor afgraven wordt vaak verschralen (maaïen en afvoeren) of uitmijnen genoemd. Met verschralen kan maximaal ongeveer 10-25 kg P/ha/jaar worden afgevoerd (Lamers et al., 2005). Met uitmijnen (verschralen door teelt van klaver of met alleen stikstofbemesting) kan dit –in ieder geval de eerste 3-5 jaar- oplopen tot maximaal ongeveer 40 kg/ha/jaar (Sival & Chardon, 2004). Uitgaande van een bewortelingsdiepte van 40 cm komt dit overeen met het afvoeren van maximaal 10 mg P/l bodem per jaar door middel van uitmijnen. Voor de gewenste natuurdoelen is een totale fosfaatlast in de bodem van maximaal 10-20 mmol/l of ongeveer 310-620 mg P/l vereist (en daarnaast een voldoende lage Olsen-P concentratie). In de huidige situatie wordt in de bovenste 40 cm een fosfaatlast gemeten die tussen ongeveer 150 mg P/l en 610 mg P/l ligt. Dit zou betekenen dat in de meeste deelgebieden uitmijnen (vrijwel) niet nodig is (uitgaande van een maximale effectiviteit en een fosfaatlast van maximaal 20 mmol/l). Om een fosfaatlast van maximaal 10 mmol/l te bereiken zou dan maximaal 61 jaar moeten worden uitgemijnd bij een optimale effectiviteit.

In een aantal deelgebieden is de uitgangssituatie gunstig. Wanneer wordt aangenomen dat uitmijnen maximaal ongeveer 5 jaar effectief is (Lamers et al., 2005) dan is uitmijnen dus effectief tot een 'overschot' van ongeveer 50 mg P/l. Dit is het geval in alle deelgebieden uitgaande van 20 mmol/l totaal-P en in deelgebieden 1, 2, 4, 5, 7, 10 en 13 uitgaande van maximaal 10 mmol/l totaal-P. In de meeste deelgebieden zou uitmijnen dus (theoretisch) effectief kunnen zijn.

Aandachtspunt hierbij is wel dat niet precies bekend is wat het effect is van uitmijnen op de fosfaatbeschikbaarheid. Ook bij een relatief lage totaal-P concentratie kan soms een hoge fosfaatbeschikbaarheid voorkomen (geen 1 op 1 relatie tussen Olsen-P en totaal-P). Dit blijkt ook duidelijk uit de analyseresultaten: ondanks de vrij lage totaal-P concentraties worden toch hoge Olsen-P concentraties gemeten. Dit hangt waarschijnlijk sterk samen met de lage calciumconcentraties die gemeten zijn. Uitmijnen zal dus vooral effectief zijn in deelgebieden waar ook de Olsen-P concentratie in de toplaag al vrij laag is. Dit is het geval in de deelgebieden 1, 2 en 10. Voor deze deelgebieden kan uitmijnen dus als een realistisch alternatief worden beschouwd.

Een ander belangrijk aspect is dat bij de rekensom hiervoor is uitgegaan van gunstige omstandigheden voor de wat voedselrijkere vegetatietypen. Voor schralere vegetaties als vochtig hooiland en met name nat schraalland is (veel) verdere verschraling noodzakelijk die ook door middel van uitmijnen niet kan worden bereikt. Wanneer ervoor wordt gekozen in bepaalde deelgebieden uit te mijnen, is het waarschijnlijk ook nodig de doelen bij te stellen. Ook is voor sommige natuurdoelen vernatting nodig ten opzichte van de huidige situatie.

5 LITERATUUR

Bal, D., H.M. Beije, M. Fellingier, R. Haverman, A.J.F.M. van Opstal & F.J. van Zadelhof 2001. Handboek Natuurdoeltypen: Tweede, geheel herziene editie. Expertisecentrum LNV, Wageningen.

Gilbert, J., D. Gowing & H. Wallace, 2009. Available soil phosphorus in semi-natural grasslands: Assessment methods and community tolerances. *Biological Conservation* 142: 1074-1083.

Lucassen, E.C.H.E.T., A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs, 2002. Potential sensitivity of mires to drought, acidification and mobilisation of heavy metals: the sediment S/(Ca+Mg) ratio as a diagnostic tool. *Environmental Pollution* (2002) 120: 635-646.

Olsen, S.R., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA circulation 339. US government print office, Washington.

Van Delft, S.P.J., 2001. Ecologische typering van bodems deel 2. Humusvormtypologie voor korte vegetaties. Alterra rapport 268. Alterra, Wageningen.

Van Delft, B., 2004. Humusvormen. Beschrijving en classificatie van humusprofielen voor ecologische toepassingen (Veldgids). Alterra, Wageningen.

Bijlage 1

Beschrijving bodemopbouw

nr	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	vegetatie
BV39	grijs zand	grijs zand	grijs zand/grijsbruin zand	grijsbruin zand	grijsbruin zand	grijsbruin zand	vergraste heide met pijpenstrootje, pitrus, brandnetel
BV40	strooisel (7 cm), grijs zand	grijs zand	grijs zand	grijs zand	grijs zand	grijs zand, onderin roodbruin zand	vergraste heide, monoculture pijpenstrootje
BV41	licht bruingrijs zand	licht bruingrijs zand	licht bruin zand/geel zand	lichtbruin zand	licht bruingeel zand	licht bruinwit zand	koeienweide, oa boterbloemen, witte klaver, engels raaigras
BV42	donker bruingrijs zand	donker bruingrijs zand	donker grijsbruin zand/bruin zand	bruin zand	licht bruingeel zand	licht bruingeel zand	pitrus, gemaaid
BV43	donker grijsbruin zand	donker grijsbruin zand	donker grijsbruin zand/roodbruin zand	roodbruin zand	bruin zand	lichtbruin zand	pitrus, gemaaid
BV44	donker grijsbruin zand	donker grijsbruin zand	donker grijsbruin zand, onderin licht bruingrijs zand	licht grijsbruin zand	geelwit zand	geelwit zand	maisakker in bos
BV45	grijsbruin zand	grijsbruin zand	grijsbruin zand	grijsbruin zand (7 cm), oranjebruin zand	oranjebruin zand	oranjebruin zand	maisakker in bos
BV46	grijsbruin zand	grijsbruin zand	grijsbruin zand, onder in lichter grijsbruin zand	licht bruingrijs zand/wit zand	wit zand	wit zand	maisakker
BV47	grijsbruin zand	grijsbruin zand	grijsbruin zand	grijsbruin zand/oranje wit zand	oranjewit zand	oranjewit zand	maisakker
BV48	bruingrijs zand	bruingrijs zand	bruingrijs zand	bruingrijs zand	geelwit zand	geelwit zand	maisakker
BV49	donkerbruin zand	donkerbruin zand	donkerbruin zand	donkerbruin zand, onderin oranje zand	oranje zand, gley	oranje zand, gley	graanakker
BV50	donkerbruin zand	donkerbruin zand	donkerbruin zand	donkerbruin zand, onderin geel zand	geel zand, gley	geel zand, gley	
BV51	donkerbruin zand	donkerbruin zand	donkerbruin zand	donkerbruin zand, onderin wit zand	wit zand	wit zand	
BV52	grijsbruin zand	grijsbruin zand	grijsbruin zand (7 cm), oranjebruin zand	lichtbruin zand	lichtbruin zand/wit zand	geelwit zand, gley	gras met koeien langs bosrand
BV53	bruingrijs zand	bruingrijs zand	bruingrijs zand (7 cm), oranjebruin zand	geelbruin zand	geelwit zand	geelwit zand	ruig grasland met oa akkerdistel en witte klaver

nr	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	vegetatie
BV54	bruینگریjs zand	bruینگریjs zand	bruینگریjs zand	mix geel en bruin zand	geel zand met bruine vlekken	wit zand, gley	oude akker, monoculture onbekend gras
BV55	strooisel (5 cm), donkergrіjs, humeus zand	donkergrіjs, humeus zand	donkergrіjs, humeus zand	sterk veraard, zandig veen (OAh)	sterk veraard, zandig veen (OAh), onderin oranjebruin zand (2 cm)	oranjebruin zand	verdroogd broekbos, eiken en pijpenstrootje
BV56	bruینگریjs zand	bruینگریjs zand	bruینگریjs zand/geel zand	geelwit zand	geelwit zand	geelwit zand, gley	gemaaid gras
BV57	donker grіjsbruin zand	donker grіjsbruin zand, onderin bruin zand	bruin zand	licht bruingeel zand	licht bruingeel zand	licht bruingeel zand	koeien wei met oa witte klaver, engels raaigras en pitrus
BV58	grіjszwart zand	grіjszwart zand	grіjszwart zand, onderin bruin zand	roodbruin zand	roodbruin zand	geelbruin zand	gras, droog
BV59	bruin en wit zand	bruin en wit zand	wit zand met bruine vlekken	wit zand	wit zand, onderin licht veraard veen (Oh)	wit zand	paardenwei
BV60	donker grіjsbruin zand	donker grіjsbruin zand	donker grіjsbruin zand	donker grіjsbruin zand (5 cm), bruin zand	oranje bruin zand	oranje bruin zand	kruidenrijk grasland met oa akkerdistel, witbol, boterbloem, begraasd met koeien
BV61	grіjsbruin zand	grіjsbruin zand	grіjsbruin zand	grіjsbruin zand/oranjebruin zand	licht bruingeel zand	licht bruingeel zand, gley	kruidenrijk grasland met oa akkerdistel, witbol, boterbloem, begraasd met koeien
BV62	strooisel (2 cm), bruin zand	bruin zand	bruin zand	bruin zand	bruin zand, onderin geeloranje	geeloranje zand, gley	eikenbosje, geplant
BV63	bruin zand	bruin zand	bruin zand/geel zand	mix geel en bruin zand	geeloranje zand, gley	geel zand	eikenbosje, aangeplante paardenkastanjes, brandnetel
BV64	grіjsbruin zand	grіjsbruin zand	bruin zand	oranjebruin zand	geeloranje zand, gley	geeloranje zand, gley	mix graan en hoog gras (struisgras?)
BV65	bruin zand	bruin zand	bruin zand/oranje zand	wit zand, gley	licht bruingeel zand, gley	licht bruingeel zand, gley	voormalige graanakker met bitterzoet, graan, ganzenvoet en overige akkerkruiden

Bijlage 2

Resultaten analyses

deel gebied	Nr	coördinaten		diepte cm	massa volume	Olsen-P	Ca	Mg	S	Fe	P
		X	Y		kg d.s./l	µmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l
1	39	163226	379004	0-20	0,90	1257	<2,02	<3,33	4,69	15,35	3,21
1	39	163226	379004	20-30	0,75	1291	<1,69	<2,78	5,36	8,15	3,43
1	39	163226	379004	30-40	0,75	1479	<1,68	<2,77	6,00	7,33	4,49
1	39	163226	379004	40-60	1,11	7113	3,36	<4,10	3,35	15,42	16,09
1	40	163291	378797	0-20	0,86	1294	<1,94	<3,20	5,31	5,74	3,37
1	40	163291	378797	20-30	0,91	2885	<2,04	<3,36	6,55	8,82	6,91
1	40	163291	378797	30-40	1,06	4998	3,29	<3,93	3,64	10,90	9,84
1	40	163291	378797	40-60	1,09	5892	22,22	<4,03	2,35	10,43	13,90
2	41	163969	378068	0-20	1,00	2861	14,08	9,50	4,26	14,03	8,83
2	41	163969	378068	20-30	1,07	2665	20,22	12,77	2,87	15,71	8,81
2	41	163969	378068	30-40	1,15	469	25,63	12,78	<1,79	18,33	1,47
2	41	163969	378068	40-60	1,34	198	4,60	9,54	<2,09	12,56	0,97
4	42	164033	377840	0-20	0,94	6259	47,67	11,95	10,18	17,39	28,68
4	42	164033	377840	20-30	1,05	2272	34,98	12,49	4,04	15,13	7,39
4	42	164033	377840	30-40	1,46	976	21,89	27,56	<2,28	33,41	<4,26
4	42	164033	377840	40-60	1,33	534	13,74	21,35	<2,07	25,65	<3,86
4	43	164233	377947	0-20	1,08	2177	15,42	<3,98	5,93	7,39	6,98
4	43	164233	377947	20-30	1,34	824	32,94	5,18	<2,10	7,60	<3,90
4	43	164233	377947	30-40	1,21	573	27,12	10,59	2,08	14,12	<3,52
4	43	164233	377947	40-60	1,33	839	9,93	13,37	<2,08	18,95	<3,88
3	44	164683	378890	0-20	1,12	5335	20,60	9,29	6,30	15,00	19,70
3	44	164683	378890	20-30	1,10	4370	17,28	10,29	5,17	16,00	16,19
3	44	164683	378890	30-40	1,11	687	10,67	23,93	3,80	32,02	5,07
3	44	164683	378890	40-60	1,29	334	11,63	29,68	<2,02	44,21	<3,76
3	45	164755	378954	0-20	1,18	4120	10,29	13,80	9,94	30,97	28,47
3	45	164755	378954	20-30	1,15	553	10,57	10,10	4,39	22,59	22,11
3	45	164755	378954	30-40	1,11	1761	12,24	8,24	2,76	20,65	17,53
3	45	164755	378954	40-60	1,20	2728	7,87	9,58	<1,87	20,30	13,39
6	46	163548	376311	0-20	1,10	5073	20,73	12,39	4,80	23,49	19,98
6	46	163548	376311	20-30	1,12	3904	15,87	12,11	3,25	24,51	16,49
6	46	163548	376311	30-40	1,23	1830	9,97	11,33	<1,91	22,10	7,28
6	46	163548	376311	40-60	1,35	161	4,50	12,78	<2,11	21,58	<3,92
6	47	163519	376111	0-20	1,06	4563	12,66	15,38	9,92	31,91	21,57
6	47	163519	376111	20-30	1,23	3508	12,34	10,80	3,74	26,02	13,45
6	47	163519	376111	30-40	1,13	3389	8,89	8,93	1,89	27,28	11,33
6	47	163519	376111	40-60	1,30	237	<2,93	10,17	<2,03	33,97	<3,79
6	48	163369	376111	0-20	1,08	2490	8,17	8,66	5,94	18,54	20,19
6	48	163369	376111	20-30	1,10	5706	7,63	10,60	<1,72	19,11	3,32
6	48	163369	376111	30-40	1,16	3176	19,81	13,75	9,73	182,45	24,74
6	48	163369	376111	40-60	1,28	1492	39,09	12,43	7,00	365,72	37,00
8	49	163544	375197	0-20	1,13	5042	48,90	7,33	4,33	15,28	28,51
8	49	163544	375197	20-30	1,06	4912	41,46	7,09	3,37	14,39	25,78
8	49	163544	375197	30-40	1,08	4003	52,75	8,43	4,05	16,10	27,47
8	49	163544	375197	40-60	1,20	1247	12,89	10,45	<1,87	35,35	<3,48
8	50	163862	375361	0-20	1,08	8524	16,52	6,72	3,10	25,84	18,71
8	50	163862	375361	20-30	1,14	5824	27,76	7,61	<1,77	27,03	17,12
8	50	163862	375361	30-40	1,18	4331	34,87	7,50	<1,84	27,19	13,59
8	50	163862	375361	40-60	1,35	924	7,14	8,66	<2,11	32,09	<3,93
8	51	163676	375356	0-20	1,10	2522	17,73	7,81	5,72	23,53	7,08
8	51	163676	375356	20-30	1,20	2870	15,63	7,92	4,07	20,21	6,73
8	51	163676	375356	30-40	1,12	2902	18,72	6,89	5,48	21,31	7,48
8	51	163676	375356	40-60	1,37	655	3,84	5,07	<2,14	6,20	<3,98
11	52	162576	374304	0-20	1,04	6098	17,54	7,52	7,17	20,24	18,04
11	52	162576	374304	20-30	1,00	2458	21,43	6,66	<1,56	10,39	5,87
11	52	162576	374304	30-40	1,07	1594	14,33	12,14	<1,67	21,79	4,70
11	52	162576	374304	40-60	1,28	850	9,40	22,96	<1,99	65,76	2,29
11	53	162540	374561	0-20	0,89	4944	26,09	8,71	5,74	17,08	16,37

deel gebied	Nr	coördinaten		diepte cm	massa volume	Olsen-P	Ca	Mg	S	Fe	P
		X	Y		kg d.s./l	µmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l
11	53	162540	374561	20-30	0,99	4069	25,65	9,98	4,00	18,20	13,68
11	53	162540	374561	30-40	1,21	1237	15,03	13,51	<1,89	26,37	3,34
11	53	162540	374561	40-60	1,30	906	7,51	11,79	<2,03	24,50	2,41
11	54	162633	374690	0-20	1,02	7679	25,42	8,23	2,54	26,34	20,09
11	54	162633	374690	20-30	1,00	6295	20,93	7,33	<1,56	20,97	15,62
11	54	162633	374690	30-40	1,10	1927	12,00	14,27	<1,72	31,15	4,59
11	54	162633	374690	40-60	1,21	1009	9,98	27,16	<1,89	70,51	2,16
10	55	163169	374740	0-20	0,60	2781	3,66	2,48	9,51	15,93	5,21
10	55	163169	374740	20-30	0,86	2501	1,63	3,65	10,45	17,40	5,35
10	55	163169	374740	30-40	0,79	1803	<1,78	<2,93	13,08	16,02	4,35
10	55	163169	374740	40-60	0,93	1687	<2,09	<3,44	<7,81	6,03	2,70
12	56	163862	373654	0-20	1,05	4819	47,16	10,40	9,02	25,99	19,53
12	56	163862	373654	20-30	1,14	3465	13,19	5,42	<1,77	21,58	7,54
12	56	163862	373654	30-40	1,23	979	4,04	4,55	<1,92	10,47	<3,58
12	56	163862	373654	40-60	1,36	1013	3,94	5,02	<2,12	15,95	<3,94
5	57	163655	377783	0-20	1,40	6761	35,54	8,22	17,19	22,15	18,22
5	57	163655	377783	20-30	0,75	2794	7,19	4,00	1,55	5,94	4,13
5	57	163655	377783	30-40	1,15	2146	13,10	12,57	<1,79	16,39	6,40
5	57	163655	377783	40-60	0,72	717	4,94	9,93	<1,12	12,23	<2,09
7	58	164826	376061	0-20	1,07	3841	5,41	3,98	2,51	12,64	8,66
7	58	164826	376061	20-30	1,01	3701	6,89	3,75	<1,58	11,16	6,14
7	58	164826	376061	30-40	1,15	3166	3,79	7,98	<1,79	19,58	5,22
7	58	164826	376061	40-60	1,25	1529	<2,81	<8,21	<1,95	19,78	<3,64
6	59	163460	376009	0-20	1,24	1659	19,54	10,96	3,50	11,62	4,79
6	59	163460	376009	20-30	1,24	1273	15,39	9,87	<1,94	9,69	<3,62
6	59	163460	376009	30-40	1,32	708	8,54	7,98	<2,06	7,92	<3,84
6	59	163460	376009	40-60	1,24	1286	14,86	11,14	7,79	16,85	<3,61
9	60	162806	374924	0-20	0,92	6313	21,78	8,02	4,17	13,75	19,77
9	60	162806	374924	20-30	1,00	5136	29,92	8,06	2,05	17,46	18,42
9	60	162806	374924	30-40	1,02	3301	29,72	9,94	1,71	15,79	12,29
9	60	162806	374924	40-60	1,17	1461	16,84	15,14	<1,82	23,96	3,93
9	61	162782	374694	0-20	1,01	8712	14,46	7,88	5,31	18,05	21,14
9	61	162782	374694	20-30	0,98	5226	17,90	7,16	1,75	18,60	13,74
9	61	162782	374694	30-40	1,03	2481	25,03	11,22	<1,60	22,40	7,01
9	61	162782	374694	40-60	1,17	860	10,91	21,81	<1,82	56,19	<3,40
9	62	162981	374882	0-20	1,01	6256	20,11	9,77	<1,57	22,64	16,92
9	62	162981	374882	20-30	1,11	4920	23,75	11,83	<1,74	24,11	14,53
9	62	162981	374882	30-40	1,15	4508	23,79	11,29	<1,79	23,48	12,90
9	62	162981	374882	40-60	1,22	2844	18,49	13,84	<1,90	35,44	7,39
9	63	163029	375051	0-20	0,87	4149	4,71	9,22	3,48	26,37	11,95
9	63	163029	375051	20-30	1,08	4349	5,54	9,56	<1,68	38,92	11,03
9	63	163029	375051	30-40	1,17	4162	11,23	9,36	<1,82	32,04	10,34
9	63	163029	375051	40-60	1,32	871	7,51	16,63	<2,05	59,16	<3,83
9	64	163166	375038	0-20	1,18	7192	11,69	11,00	<1,84	48,32	17,60
9	64	163166	375038	20-30	1,18	6652	13,50	9,66	<1,84	42,72	15,63
9	64	163166	375038	30-40	1,28	2746	6,46	12,93	<1,99	51,19	5,28
9	64	163166	375038	40-60	1,44	1712	4,32	14,44	<2,24	48,70	<4,18
13	65	163505	373666	0-20	1,16	4823	27,00	8,22	3,35	35,41	14,41
13	65	163505	373666	20-30	1,17	4229	19,98	8,60	<1,83	51,12	12,04
13	65	163505	373666	30-40	1,18	699	6,30	4,79	<1,85	25,69	<3,44
13	65	163505	373666	40-60	1,23	523	5,51	4,77	<1,92	26,06	<3,58