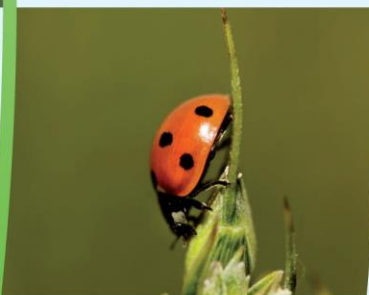


Soil for life

Report 1736.N.18

**Bodemkaarten N- en P-toestand
binnen beheergebied HSK**



Bodemkaarten Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard

Auteur(s) : ir. S. Verweij (NMI)
 dr. ir. P. van Vliet (Eurofins Agro)
 dr. ir. G.H. Ros (NMI)



© 2018 Wageningen, Nutriënten Management Instituut NMI B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit de inhoud mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de directie van Nutriënten Management Instituut NMI.

Rapporten van NMI dienen in eerste instantie ter informatie van de opdrachtgever. Over uitgebrachte rapporten, of delen daarvan, mag door de opdrachtgever slechts met vermelding van de naam van NMI worden gepubliceerd. Ieder ander gebruik (daaronder begrepen reclame-uitingen en integrale publicatie van uitgebrachte rapporten) is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van NMI.

Disclaimer

Nutriënten Management Instituut NMI stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens NMI verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Verspreiding

Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard

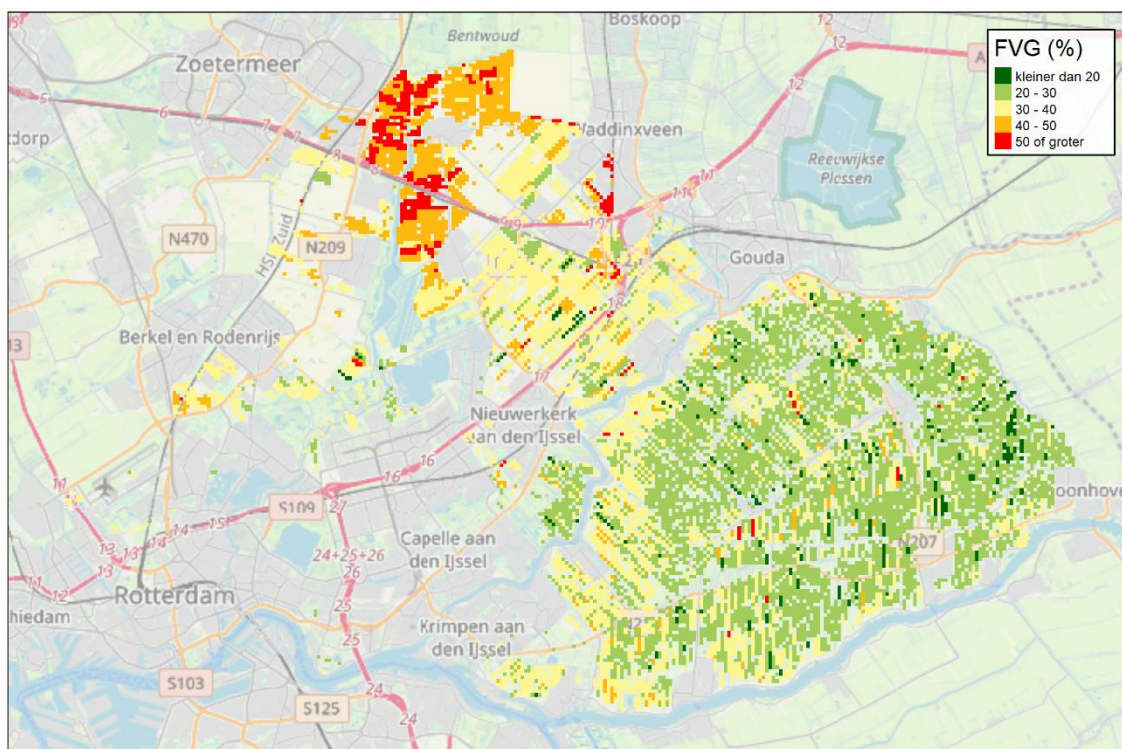
1x

Samenvatting

Ter voorbereiding van de SGBP3 wil het Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard beter inzicht krijgen in de nutriëntenbelasting in het beheersgebied. Om dit inzicht te verbeteren is door *Wageningen Environmental Research* in 2018 een studie uitgevoerd om de omvang van de nutriëntenbelasting, de mogelijke bronnen en de stuurbaarheid ervan te kwantificeren. Binnen de context van deze studie is perceelsinformatie opgevraagd bij Eurofins Agro (het agrarisch laboratorium voor bodem, mest en gewas in Nederland) om inzicht te krijgen in de stikstof- en fosfaat-voorraden in de agrarische bodem. Voor deze studie is specifiek gevraagd om inzicht te geven in:

- de hoeveelheid fosfaat in de bodem, in het bijzonder voor die bepalingen die van invloed zijn op de bemestingsruimte op agrarische bedrijven. Voor bouwland is dat het Pw-getal (fosfaatextractie met water, $\text{mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$) en voor grasland de hoeveelheid PAL (fosfaatextractie met ammonium-lactaat, $\text{mg P}_2\text{O}_5 100 \text{ g}^{-1}$). Daarnaast wordt ook standaard de hoeveelheid plant-beschikbaar fosfaat (P) gemeten via een extractie met 0,01 M CaCl_2 .
- De hoeveelheid organische stof (%) en organische stikstof in de bodem (mg N kg^{-1}), en de afbreekbaarheid ervan zoals dat gemeten wordt via een anaerobe incubatiemethode (N-mineralisatiesnelheid, mg N kg^{-1}).
- Het landgebruik, bodemtype en grondwatertrap omdat deze in sterke mate de transportroutes en gedrag van fosfaat in de bodem beïnvloeden.
- de P-verzadiging (%) van de bodem, dat wil zeggen de mate waarin een grond is 'opgeladen' met fosfaat en risico's oplevert voor hoge P-verliezen richting het oppervlaktewater.

De gekozen parameters geven gezamenlijk inzicht in de ruimtelijke variatie van bodemeigenschappen die van invloed zijn op de plantbeschikbaarheid en de uit- en afspoeling van fosfaat. Het voorliggende rapport beschrijft de gebruikte brongegevens en onderliggende methodologie waarmee deze kaarten tot stand zijn gekomen. Ter illustratie wordt hieronder de ruimtelijke variatie in P-verzadiging weergegeven.



Inhoud

	pagina
1 Inleiding	2
2 Materiaal & Methode	3
2.1 Meetbare fracties en pools van fosfaat en stikstof in de bodem	3
2.2 Ontwikkeling bodemkaarten	4
3 Resultaten	6
3.1 Landgebruik, grondwatertrap en bodemsoort	6
3.2 Retentievermogen van bodems en P-voorraad	6
Literatuur	11
Bijlage I. Bodemkaarten (jpg)	12

1 Inleiding

Schoon en gezond water is een essentiële randvoorwaarde voor planten en dieren en een belangrijk onderdeel van een gezonde leefomgeving. De waterkwaliteit is de afgelopen decennia weliswaar verbeterd, maar Nederland heeft nog belangrijke opgaven. Voor het nieuwe beleid, de Delta-Aanpak Waterkwaliteit en Zoetwater werken overheden, maatschappelijke organisaties en kennisinstituten samen om de waterkwaliteit te verbeteren en de doelen van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) in 2027 te bereiken. Een van de zorgpunten voor het bereiken van de KRW-doelen is de hoge nutriëntenbelasting vanuit landelijk gebied.

Ter voorbereiding van de SGBP3 wil het Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard beter inzicht krijgen in de nutriëntenbelasting in het beheersgebied. Om dit inzicht te verbeteren is in 2018 een studie uitgevoerd om de omvang van de nutriëntenbelasting, de mogelijke bronnen en de stuurbaarheid ervan in beeld te brengen. Binnen deze studie is informatie opgevraagd bij Eurofins Agro (het agrarisch laboratorium voor bodem, mest en gewas in Nederland) om inzicht te krijgen in de stikstof- en fosfaat-voorraden in de agrarische bodem.

Voor deze studie is specifiek gevraagd om inzicht te geven in:

- De hoeveelheid fosfaat (P) in de bodem, in het bijzonder voor die bepalingen die van invloed zijn op de bemestingsruimte op agrarische bedrijven. Voor bouwland is dat het Pw-getal (fosfaatextractie met water, $\text{mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$) en voor grasland de hoeveelheid PAL (fosfaatextractie met ammonium-lactaat, $\text{mg P}_2\text{O}_5 \text{ 100 g}^{-1}$). Daarnaast wordt ook standaard de hoeveelheid plantbeschikbaar fosfaat gemeten via een extractie met 0,01 M CaCl_2 .
- De hoeveelheid organische stof (%) en organische stikstof in de bodem (mg N kg^{-1}), en de afbreekbaarheid ervan zoals dat gemeten wordt via een anaerobe incubatiemethode (N-mineralisatiesnelheid, mg N kg^{-1}).
- Het landgebruik, bodemtype en grondwatertrap omdat deze in sterke mate de transportroutes en gedrag van fosfaat in de bodem beïnvloeden.
- De P-verzadiging (%) van de bodem, dat wil zeggen de mate waarin een grond is 'opgeladen' met fosfaat en risico's oplevert voor hoge P-verliezen richting het oppervlaktewater.

De gekozen parameters geven gezamenlijk inzicht in de ruimtelijke variatie van bodemeigenschappen die van invloed zijn op de plantbeschikbaarheid en de uit- en afspoeling van stikstof en fosfaat (Van Rotterdam et al., 2016; Ros et al., 2015). Belasting van het watersysteem is naast de bodemtextuur gerelateerd aan de bodemeigenschappen zoals pH, P-toestand, en N-mineralisatiesnelheid en de mogelijkheid om deze overschotten in de bodem te bufferen (verzadigingsgraad).

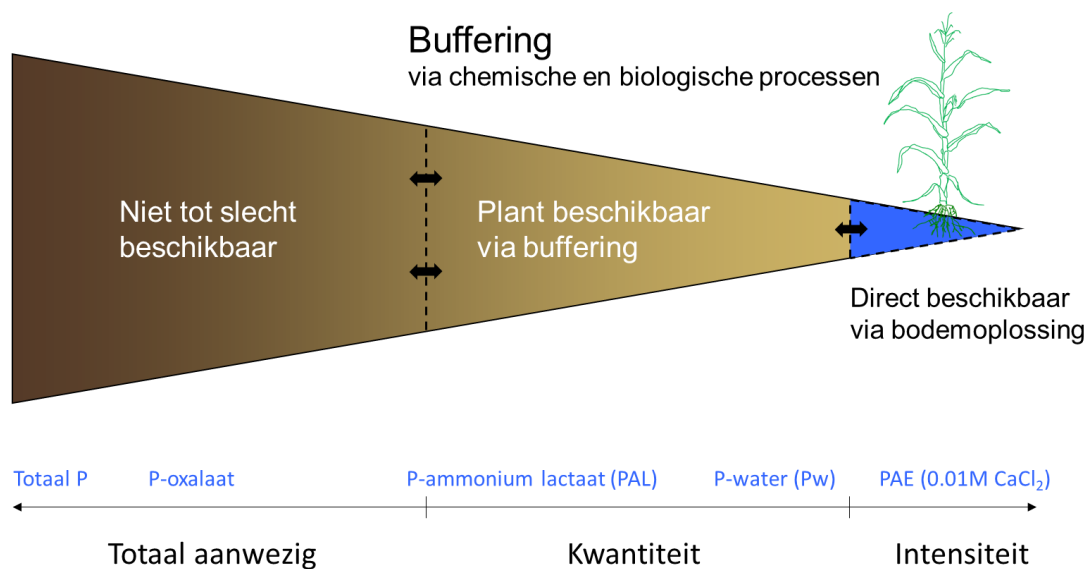
Het voorliggende rapport beschrijft de gebruikte brongegevens en onderliggende methodologie waarmee deze kaarten tot stand zijn gekomen. Een inhoudelijke analyse van de gegevens om het risico op N- en P-verliezen in beeld te brengen, is geen onderdeel van de huidige rapportage.

2 Materiaal & Methode

Voor het beheergebied van Schieland en Krimpenerwaard te krijgen zijn verschillende bodemkaarten ontwikkeld die inzicht geven in de ruimtelijke variatie van nutriëntenlevering en -buffering. De gebruikte werkwijze en de geselecteerde bodemparameters worden in dit hoofdstuk kort beschreven.

2.1 Meetbare fracties en pools van fosfaat en stikstof in de bodem

Er zijn veel verschillende manieren om de hoeveelheid en plant-beschikbare hoeveelheid fosfaat en stikstof in de bodem te meten. Voortbouwend op diverse onderzoekstrajecten (Van Erp, 2002; Van Rotterdam-Los, 2011; Ros, 2011; Reijneveld, 2013) zijn door Eurofins Agro verschillende meetmethoden ontwikkeld gebaseerd op het wetenschappelijke concept intensiteit, buffering en kwantiteit (Figuur 2.1).



Figuur 2.1. Het intensiteit-buffering-quantiteitsconcept schematisch weergegeven, met in blauw de koppeling van meetbare fosfaatpools in relatie tot de beschikbaarheid van fosfaat voor gewasopname.

De “kwantiteit” geeft de hoeveelheid aan dat van een specifiek nutriënt beschikbaar is in de bodem. Voor fosfaat- en stikstofparameters worden deze voornamelijk gemeten via NIR-spectroscopie. Niet alles hiervan is echter direct opneembaar voor gewassen omdat gedurende het groeiseizoen allerlei chemische én biologische processen ervoor zorgen dat het desbetreffende nutriënt ook daadwerkelijk beschikbaar komt. De “intensiteit” geeft een maat voor de hoeveelheid van een specifiek nutriënt dat aanwezig is in de bodemoplossing. Deze hoeveelheid is direct beschikbaar voor gewasopname en wordt gemeten via een extractiemethode (met 0,01M CaCl_2) die de eigenschappen van de bodemoplossing reflecteert. De “buffercapaciteit” is de snelheid waarmee de direct beschikbare hoeveelheid nutriënten wordt aangevuld wanneer deze aan de bodemoplossing worden onttrokken. De factoren die deze buffercapaciteit beïnvloeden, verschillen per nutriënt: de buffercapaciteit van stikstof wordt voornamelijk gestuurd door de bodembiologie terwijl de buffering van fosfaat sterk afhangt van de bodemchemie. De buffercapaciteit wordt geschat door simulatie van chemische en biologische processen (mineralisatie en immobilisatie, desorptie, etc.) in afhankelijkheid van bodemparameters (als P-pools, Al- en Fe-oxiden en de mineralisatiesnelheid) en weersomstandigheden of door eenvoudige proxies die deze processen reflecteren.

De stikstof- en fosfaatbeschikbaarheid werden in het verleden gekwantificeerd via enkelvoudige extractie-methodes waarbij een specifieke fractie uit de bodem in oplossing werd gebracht. Deze extraheerbare fractie zou beschikbaar kunnen komen voor gewasopname. In werkelijkheid is de beschikbaarheid van nutriënten echter een dynamisch proces dat niet één-op-één gerelateerd is aan een bepaalde bodemfractie. Gebruik makend van het kwantiteit-buffering-intensiteitsconcept blijkt dat een combinatie van PAL (extractie met ammoniumlactaat), P- CaCl_2 (PAE, extractie met CaCl_2) en de hoeveelheid ijzer en aluminium in een bodem (extractie met oxalaat) het mogelijk maakt om de beschikbaarheid van fosfaat accuraat te beschrijven. Deze vernieuwde benadering die gebruikt maakt van een meting van de capaciteit en intensiteit is recent gebruikt om nieuwe fosfaatbemestingsadviezen voor gras en mais te ontwikkelen (Bussink et al., 2011). Voor stikstof bleek de totale hoeveelheid stikstof in de bodem in combinatie met een biologische incubatietest een nauwkeurige schatting te kunnen geven van de stikstofbuffering bij een constant vochtgehalte en temperatuur. Aanvullende correctie op basis van weers-gegevens creëerde de mogelijkheid om een accurate schatting te geven van de stikstofbeschikbaarheid gedurende het seizoen (Ros et al., 2011).

2.2 Ontwikkeling bodemkaarten

Omdat bodemparameters die de N- en P-verliezen naar het oppervlaktewater sturen ruimtelijk sterk kunnen variëren, zijn in het kader van de recente bronnenanalyse relevante bodemparameters opgevraagd uit het agrarische meetnet van Eurofins Agro. Dit betreft metingen van de bouwvoor, waarbij de bouwvoor is gedefinieerd als de eerste 10 cm-mv voor grasland en de eerste 25cm-mv voor bouwland. Binnen het beheergebied van het waterschap HSK zijn er anno 2018 circa 9.302 agrarische percelen in gebruik. Van 4.763 percelen waren er voor de periode 2013-2018 ook daadwerkelijk metingen beschikbaar van basis bodemkenmerken en verschillende fosfaatfracties in de bodem. Gebruik makend van deze perceels-informatie, zijn ruimtelijke kaarten gemaakt van parameters die het risico op N- en P-uitspoeling beïnvloeden.

Omdat de resultaten niet herleidbaar mogen zijn tot individuele bemonsterde percelen (lees: analyse-resultaten) én van de helft van de percelen geen gegevens bekend zijn, is een (geo-)statistische methode toegepast om de ruimtelijke variatie in bodemparameters betrouwbaar in beeld te brengen. Concreet zijn er statistische modellen ontwikkeld voor zowel de totale hoeveelheid fosfaat in de bodem (P_{totaal}), de P-voorraden zoals gemeten met een extractie met water (P_w), oxalaat (P_{ox}) of ammonium-lactaat (PAL) en de P-concentratie in het bodemvocht zoals gemeten met een 0.01M CaCl_2 extractie-methode (PAE). De capaciteit van de bodem om fosfaat te binden is in beeld gebracht door inzicht te geven in de hoeveel ijzer- en aluminium(hydr)oxiden. Ook wordt inzicht gegeven in de ruimtelijke variatie in de afbreekbaarheid van organische stikstof (gemeten via een anaerobe incubatiemethode) en de zuurgraad van de bodem.

Gebruik makend van allerlei co-variabelen, zoals postcodegemiddelde bodemeigenschappen uit de proevendatabase van NMI (waaronder organische stof, pH, mineralogie, kation-uitwissel-capaciteit, voorraden en concentraties van stikstof, fosfaat, kalium, calcium en magnesium), het landgebruik, bodemtype, grondwatertrap, ruimtelijke meetgegevens van het RIVM, en water- en stofstromen uit landelijke modellen zijn statistische *machine learning* modellen getraind om zo een voorspelling te geven van de bovengenoemde bodemparameters. De genoemde co-variabelen helpen om de ruimtelijke interpolatie te verbeteren door specifiek rekening te houden met perceelskenmerken.

Door gebruik te maken van *machine learning* technieken kunnen er relaties gevonden worden tussen bodemeigenschappen en de verklarende co-variabelen (die voor elk perceel bekend zijn). Als algoritme is gebruik gemaakt van *Gradient Boosted Trees* (GBT) met als implementatie *XGBoost* (Friedman 2001; Chen

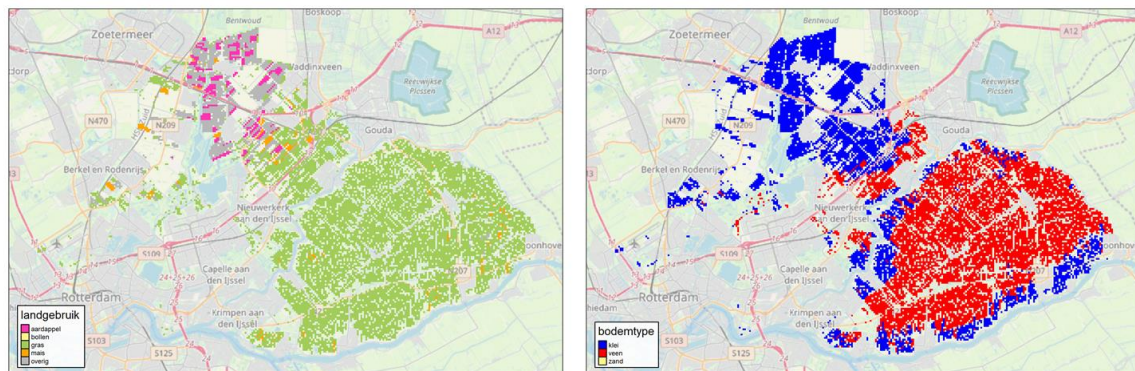
et al. 2016). Dit algoritme is een ensemble methode en gebruikt meerdere *decision trees* om relaties tussen bodemparameters te vinden. In tegenstelling tot een andere tree-based ensemble methode, genaamd Random Forest, maakt GBT voor elke *decision tree* gebruik van een fractie van de trainingsdata. Deze fractie wordt elke keer gebaseerd op welke percelen slecht scoren in de voorafgaande *decision trees*. Door de *decision trees* kort te houden en niet ingewikkeld, hebben de voorspelling van de individuele *decision trees* een hoge bias, maar een lagere variantie. Door van deze voorspellingen het gemiddelde te nemen, kan er een nauwkeurig model ontstaan om de ruimtelijke variatie in bodemparameters in beeld te brengen.

Deze statistische modellen zijn getraind op percelen waarvan bodemeigenschappen bekend zijn, gebruik makend van bodemanalyses in Noordwest-Nederland. De hoogste betrouwbaarheid is te vinden voor de parameters P-totaal, P-oxalaat, Al-oxalaat, de activiteit van het bodemleven en de P-verzadigingsgraad (met meer dan 80% verklaarde variantie, en een gemiddelde modelfout kleiner dan 15-20%). De parameters PAL, Pw en P-CaCl₂ vertonen een grotere onzekerheid (met 40-50% verklaarde variantie en een gemiddelde modelfout rond 30%). De ruimtelijke spreiding in de modelonzekerheid wordt meegenomen in het maken van de ruimtelijke kaarten. Gebruik makend van de voorspelde bodemparameters (voor die percelen waarvoor geen gegevens bekend waren) en de gemeten bodemparameters worden vervolgens ruimtelijke kaarten gemaakt voor het hele beheergebied van HSK, op een resolutie van 100x100 m.

3 Resultaten

3.1 Landgebruik, grondwatertrap en bodemsoort

De fosfaat- en stikstofvoorraad in de bodem, de beschikbaarheid ervan voor gewasopname en het risico op uit- en afspoeling wordt beïnvloed door het landgebruik, het bodemtype en de vochthuishouding van de bodem. De ruimtelijke variatie hiervan binnen het beheergebied van HSK wordt hieronder geïllustreerd. Van alle agrarische percelen wordt 81% gebruikt als blijvend grasland, 10% als tijdelijk en natuurlijk grasland, 3% voor de teelt van mais en wintertarwe, 1% voor de teelt van aardappels en 5% voor overige gewassen. De niet-graslandpercelen komen vooral voor in Schieland.



Figuur 3.1. Ruimtelijke variatie in landgebruik en bodemsoort binnen het beheergebied van HSK.

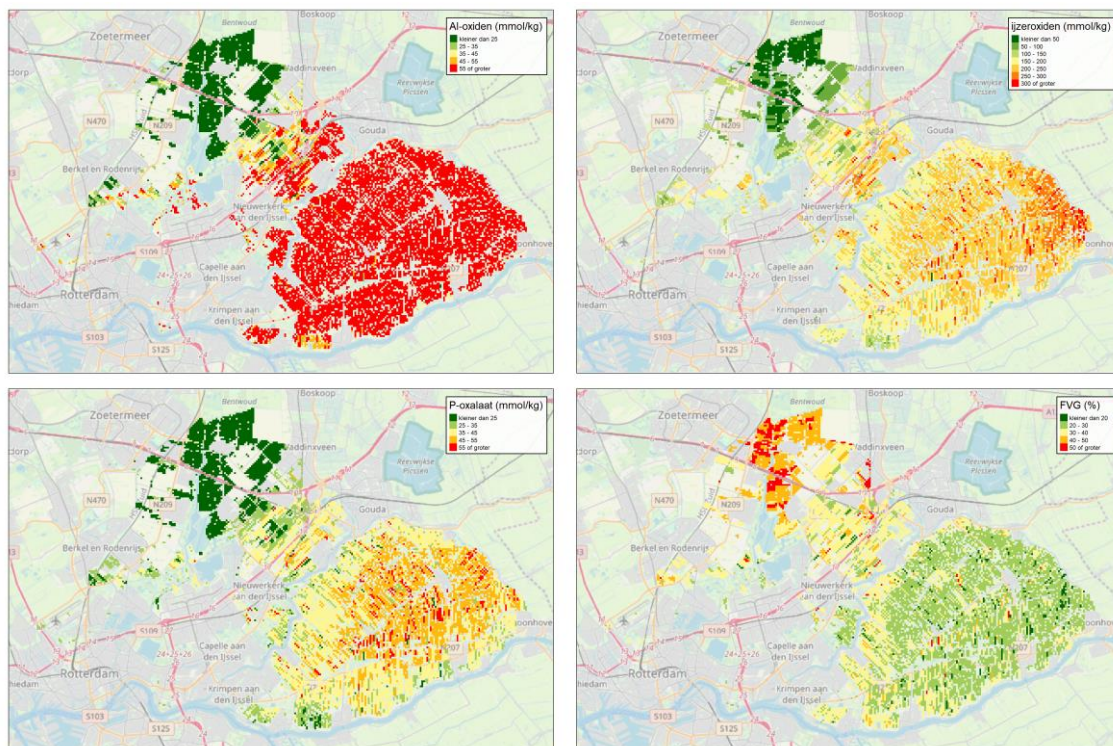
Binnen het beheergebied varieert de dominante grondsoort van veengronden in de Krimpenerwaard tot kleigronden in Schieland. Van alle aanwezige agrarische percelen ligt 65% op veengrond en 35% op klei. Het grootste deel van de percelen heeft daarbij een geringe ontwatering; de grondwatertrap wordt voor 80% van de percelen benoemd als grondwatertrap I, II of III. De percelen zijn dan ook overwegend nat tot erg nat. Dit betekent concreet dat de gemiddelde hoogste grondwaterstand voorkomt binnen de eerste 40 cm beneden maaiveld, en de gemiddelde laagste grondwaterstand varieert van binnen de eerste 50 cm-mv tot maximaal 120 cm-mv.

3.2 Retentievermogen van bodems en P-voorraad

Binnen Krimpenerwaard en Schieland is er sprake van een grote variatie in P-voorraden in de toplaag van de bodem. De hoeveelheid fosfaat (gemeten via een oxalaat-extractie) varieert van 12 tot 72 mmol kg⁻¹, waarbij de kleigronden gemiddeld een lagere voorraad hebben dan de veenbodems. De gemiddelde P-voorraad ligt op 31 mmol kg⁻¹ op klei en neemt toe tot gemiddeld 45 mmol kg⁻¹ op veen. Het vermogen om fosfaat te binden in de bodem hangt sterk samen met de hoeveelheid ijzer- en aluminiumoxides in de bodem. Deze zijn het hoogst in de veengronden en het laagst in de kleigronden. Dit retentievermogen neemt toe van 208 mmol kg⁻¹ op klei tot 333 mmol kg⁻¹ op veen; er is hierbij een duidelijke gradiënt over het beheergebied waarneembaar.

Op basis van deze drie parameters kan in beeld worden gebracht in welk mate de bodem verzadigd is met fosfaat. De P-verzadigingsgraad is namelijk gedefinieerd als het deel van de P-vastlegingscapaciteit (geschat via de hoeveelheid aluminium- en ijzer-oxiden) dat 'bezet' is met fosfaat. Deze parameter geeft daarmee dus een indicatie of er sprake is van fosfaatretentie in de bodem en wat het risico is op eventuele

uitspoeling. Het geeft ook een beeld van het risico op eventuele afspoeling, al is die relatie complex¹. Eventuele verliezen via oppervlakkige afvoer worden er maar beperkt door beïnvloed². Een fosfaat-lekkend perceel is gedefinieerd als een perceel dat nagenoeg rechtstreeks afwatert op open waterlopen en waarbij als gevolg van de fosfaattoestand in de bodem een verhoogde fosfaatbelasting van het oppervlaktewater optreedt (Schoumans, 2004). De studie van Schoumans et al. (2004) definieert een kritieke P-verzadigingsgraad van 25% voor kleigronden en kalkarme zandgronden. Voor veengronden en kalkrijke zandgronden ligt deze lager, en wel op respectievelijk 10 en 5%. De gemiddelde P-verzadigingsgraad ligt met 35% op de kleipercelen en met 29% op de veenpercelen hoger dan deze kritische grens. Daarbij is er binnen de grondsoort nog aanzienlijke variatie mogelijk. Binnen het gebied kan de P-verzadiging oplopen tot 58% in de kleipercelen en tot 44% in de veenpercelen.



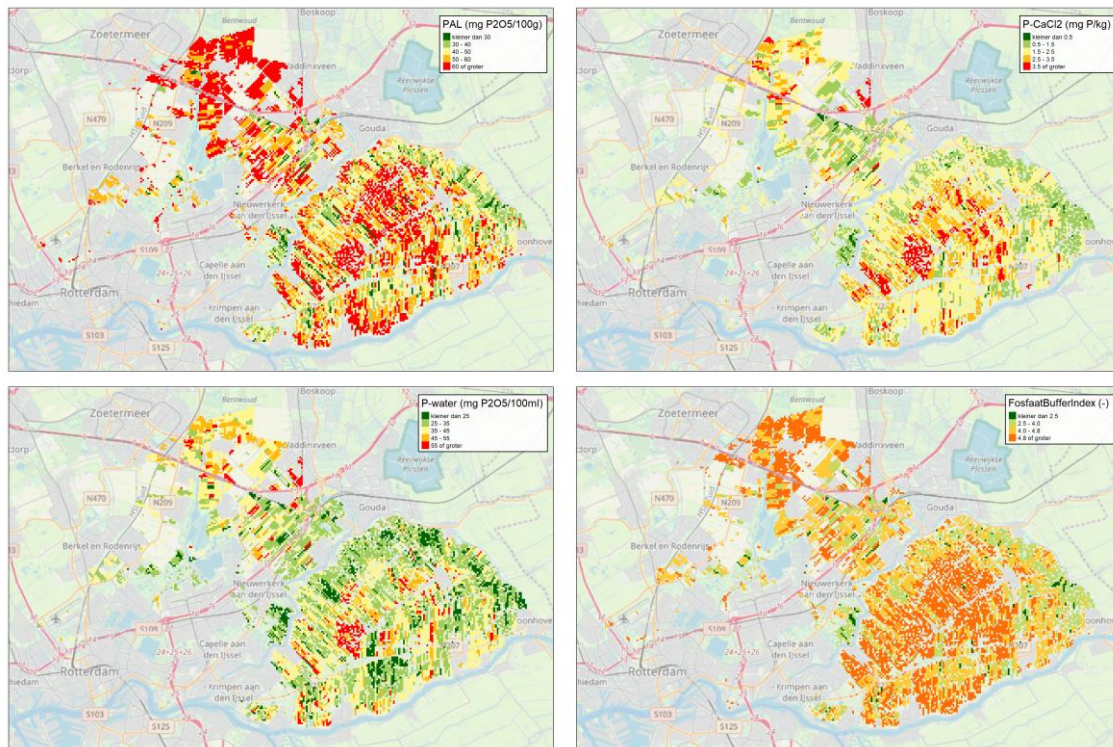
Figuur 3.2. Ruimtelijke variatie in de P-voorraad in de bodem (Pox, mmol+ / kg), het aanwezige retentie-vermogen van de bodem, zoals gemeten via Fe-oxiden en Al-oxiden (mmol+ / kg) en de daarvan afgeleide P-verzadigingsgraad (FVG, %).

De fosfaattoestand van de bodem geeft aan of er voldoende fosfaat in de bodem zit voor een optimale gewasproductie en wordt gebruikt in zowel bemestingsadviezen als de mestwetgeving. In Nederland wordt daarvoor gebruik gemaakt van twee analysemethoden die ingezet worden afhankelijk van het landgebruik. Voor grasland wordt de hoeveelheid beschikbaar fosfaat gemeten via een extractie met ammonium-lactaat. Deze methode levert per perceel daarmee de zogenoemde PAL-waarde. Voor bouwland wordt gebruikt gemaakt van een analysemethode waarbij de bodem wordt geschud met water. Dit resulteert in de

¹ Het verband tussen de P-verzadigingsgraad van de bodem en de P-concentratie in oppervlaktewater is complex. Een veelheid van factoren bepaalt het uiteindelijke transport van fosfaat uit de bodem naar het oppervlaktewater (zie Schoumans et al, 2004). In gedraineerde bodems wordt een duidelijke relatie gevonden tussen P-verzadigingsgraad van de bodem en de P-concentratie in het drainwater.

² Oppervlakkige afvoer van fosfaat kan ook optreden via slib- en/ of mestdeeltjes na veel neerslag (bijv., via greppels). Deze route treedt vooral op als er veel regen valt vlak na het moment van bemesting, en het risico is groter op klei- en veengronden dan op zandgronden. Omdat het afspoelend water maar beperkt in contact staat met de bodem, heeft de verzadigingsgraad van de bodem weinig invloed op deze bron.

zogenoemde Pw-waarde. Afhankelijk van de hoeveelheid fosfaat wordt een bodem vervolgens geclassificeerd als een toestand 'arm', 'laag', 'neutraal' of 'hoog'.



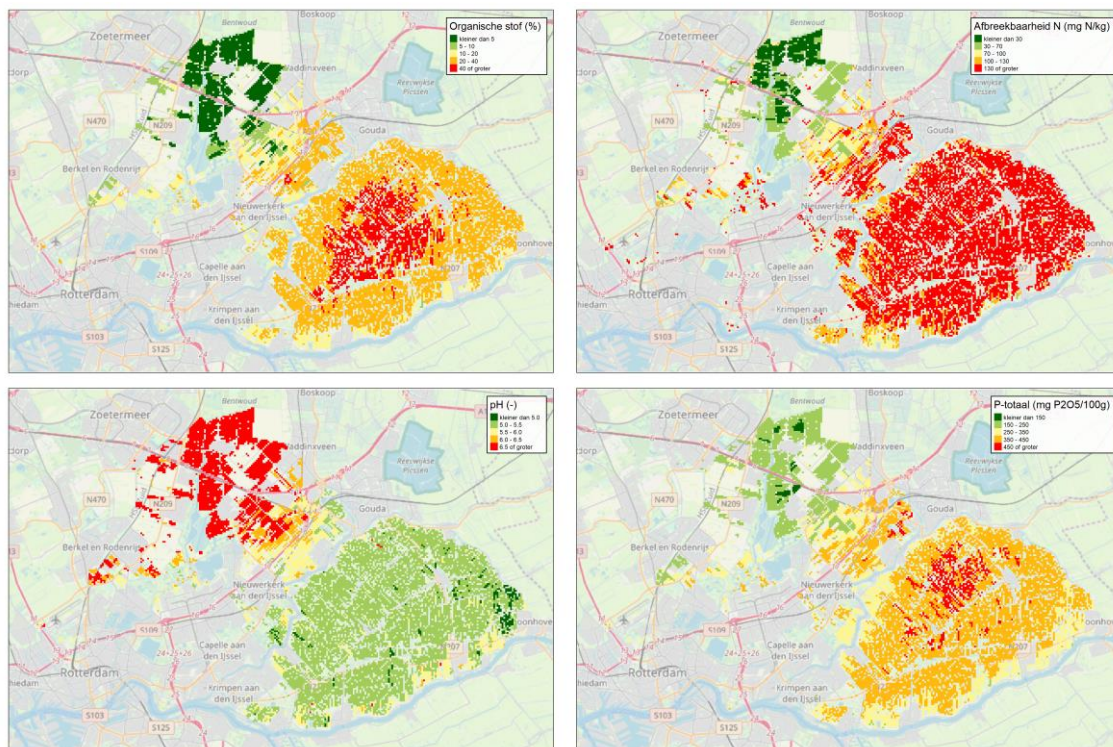
Figuur 3.3. Ruimtelijke variatie in de voorraad van fosfaat in de bouwvoor, gemeten via waterextractie (Pw) of een extractie met ammonium-lactaat (PAL), de P-concentratie beschikbaar in de bodemoplossing (PAE, gemeten via extractie met CaCl_2) en de agronomische waardering van deze parameters conform recente inzichten (de P-bufferindex).

Op graslandpercelen varieert de PAL-waarde van 10 tot $> 300 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ } 100 \text{ g}^{-1}$ op klei en van 11 tot $250 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ } 100 \text{ g}^{-1}$ op zand. De gemiddelde hoeveelheid PAL ligt op $56 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ } 100 \text{ g}^{-1}$ voor beide grondsoorten. Op gronden die als bouwland gebruikt worden, varieert de Pw-waarde van 14 tot $100 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$ met gemiddeld 10% hogere concentraties op klei. Dit betekent ook dat 57% van alle agrarische percelen (zowel grasland als bouwland) in de toestandsklasse hoog ligt³. De overige percelen liggen voor 38% in de klasse neutraal en voor 6% in de klasse laag. Van alle graslandpercelen ligt 62% in de klasse hoog en het overige deel grotendeels in de toestand neutraal (35%). Van alle bouwlandpercelen ligt bijna 60% in de toestandsklasse neutraal en 36% in de klasse arm. Op bodems met een lage P-toestand mag wettelijk meer fosfaat via mest toegevoerd worden dan op bodems met een hoge P-toestand, een regel die aansluit bij het landbouwkundig bemestingsadvies. Bodems met een hoge P-toestand worden gekenmerkt door een hoge P-beschikbaarheid en hebben geen tot weinig aanvullende P-bemesting nodig om een goede gewasproductie te realiseren. Als er veel fosfaat in de bodemoplossing aanwezig is (wat vaak de praktijk is bij percelen met een hoge P-toestand) dan bestaat er een relatief groot risico op P-verliezen.

De concentratie fosfaat die beschikbaar is in de bodemoplossing, gemeten via een extractie met 0.01M CaCl_2 , varieert tussen $0,2$ en 18 mg P kg^{-1} (Figuur 3.3.). De hoogste gemiddelde concentraties komen voor op grasland ($1,9 - 2,2 \text{ mg P kg}^{-1}$). Binnen de bouwlandpercelen varieert de concentratie van $0,2$ tot 7 mg P kg^{-1} . Op basis van de huidige P-kengetallen PAL en P- CaCl_2 kan of de directe beschikbaarheid van fosfaat

³ Voor de waardering, zie https://www.rvo.nl/sites/default/files/2018/03/Tabel-2-Fosfaatgebruiksnormen-2018_0.pdf

of de buffering van fosfaat wordt voorspeld, maar niet beiden. Fundamenteel onderzoek gestart in 2003 door de Wageningen Universiteit en NMI geeft aan dat een verbetering van de adviezen mogelijk lijkt te zijn door juist rekening te houden met zowel de (directe) P-beschikbaarheid in de bodem als met het P-buffering van de bodem (Bussink et al., 2011; Van Rotterdam & Bussink, 2016). De hieruit afgeleide fosfaatbufferindex (PBI) geeft aan hoe goed een bodem in staat is de P-concentratie op evenwicht te houden, en varieert sterk binnen de graslanden. De PBI is gemiddeld 4,45 en varieert van 0,55 tot 9,8 waarbij het onderscheid tussen klei en veen verwaarloosbaar is. De gewenste PBI in grasland ligt voor een optimale agronomische situatie rond de 4, waarbij de optimale situatie gedefinieerd is als een situatie waarbij met de gegeven P-bemesting een P-gehalte in de eerste snede van minimaal 3,7 mg kg⁻¹ te realiseren is en de P-gift vergelijkbaar is met de P-onttrekking). Gronden met een PBI lager dan 2,5 vallen in de categorie 'laag' en worden gekenmerkt door een lage P-buffering terwijl een PBI hoger dan 4,8 een indicatie is dat er weinig P-bemesting nodig is voor een goede gewasproductie. Van alle percelen ligt 7% van de percelen in de categorie laag, terwijl 39% van de percelen valt in de categorie hoog. Het resterende aandeel graslandpercelen (53%) valt in de categorie optimaal en suboptimaal.



Figuur 3.4. Ruimtelijke variatie in de totale hoeveelheid organische stof, de afbreekbaarheid van organisch geboden stikstof in de bodem, de pH en de totale hoeveelheid fosfaat in de toplaag van agrarische percelen.

De totale hoeveelheid fosfaat in de bodem varieert van 299 tot 515 mg P₂O₅ 100g⁻¹, en neemt binnen de onderzochte percelen toe van klei naar veengronden; de concentraties in de Krimpenerwaard zijn dan ook substantieel hoger dan in Schieland (Figuur 3.4). Op graslanden ligt het gehalte vrijwel altijd hoger dan op bouwlandpercelen. Organische stof (OS) heeft belangrijke functies in de bodem en is van directe invloed op de bodemvruchtbaarheid. Het verbetert de structuur, bevordert de bewerkbaarheid en verhoogt het vochtvasthoudend vermogen. Daarnaast zorgt OS voor extra kationomwisselcapaciteit waardoor meer kationen als kalium, calcium en magnesium kunnen worden vasthouden. De OS bevat daarnaast ook zelf nutriënten als stikstof, fosfor en zwavel, die na afbraak beschikbaar komen voor gewasopname. Het organische stofgehalte varieert tussen de 1,4 en 63% (Figuur 3.4). Het organische stofgehalte in de bodem

is sterk gecorreleerd aan de textuur, het landgebruik en de N-rijkdom van de bodem. Veengronden zijn per definitie rijk aan organische stof. Daarbij komt dat onder grasland het OS-gehalte toeneemt met de leeftijd van de graszode. De huidige landbouwpraktijk streeft naar een positieve OS-balans waarbij de afbraak van OS in de bodem wordt gecompenseerd via de aanvoer van gewasresten, compost en organische mest.

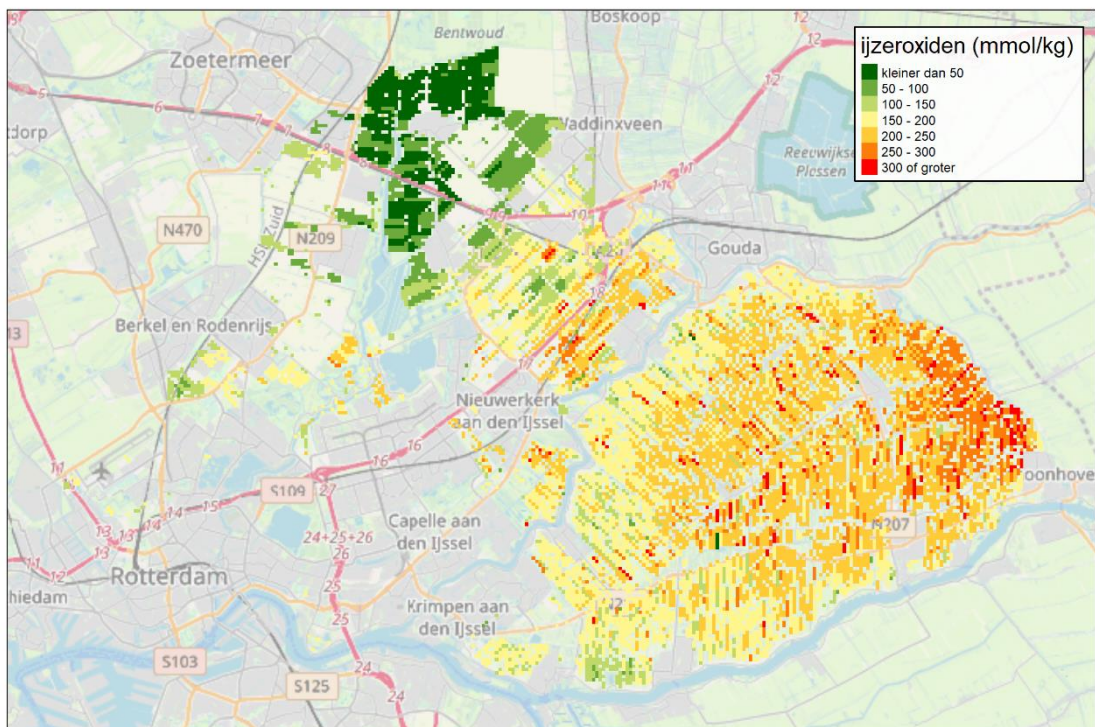
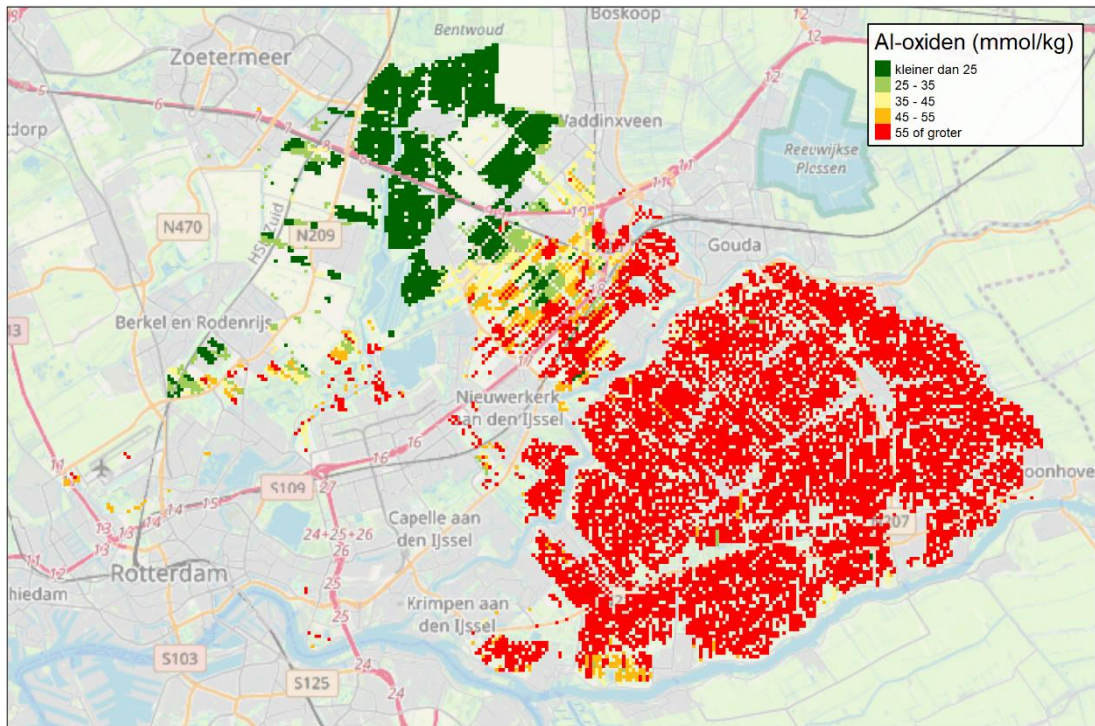
De afbreekbaarheid van de aanwezige organische stof wordt bepaald via een anaerobe incubatieproef waarbij grondmonsters 10 dagen bij een temperatuur van 40 graden Celsius worden opgeslagen onder anaerobe omstandigheden. De toename van ammonium wordt vervolgens gemeten. Deze toename geeft een indicatie van de activiteit van het bodemleven, en daarmee ook van de kwaliteit van de organische stikstof in de bodem. Bodems met een hoge afbreekbare hoeveelheid stikstof worden gekenmerkt door een hoge natuurlijke N-levering, en hogere N-verliezen gedurende de winterperiode. Binnen Schieland en Krimpenerwaard varieert deze afbreekbaarheid van 9,8 tot 315 mg N kg⁻¹ (Figuur 3.4) waarbij de laagste concentraties voorkomen in Schieland. De gemiddelde afbreekbaarheid over alle soorten landgebruik neemt toe van 50 mg N kg⁻¹ voor de kleigronden in Schieland tot gemiddeld 170 mg N kg⁻¹ in de veengronden. De hoogste afbreekbaarheid voor stikstof wordt gevonden in graslandpercelen, wat samenhangt met zowel de graszodeontwikkeling als de huidige bemestingspraktijk met drijfmest. Het OS-gehalte onder grasland is daardoor ook hoger dan onder bouwland.

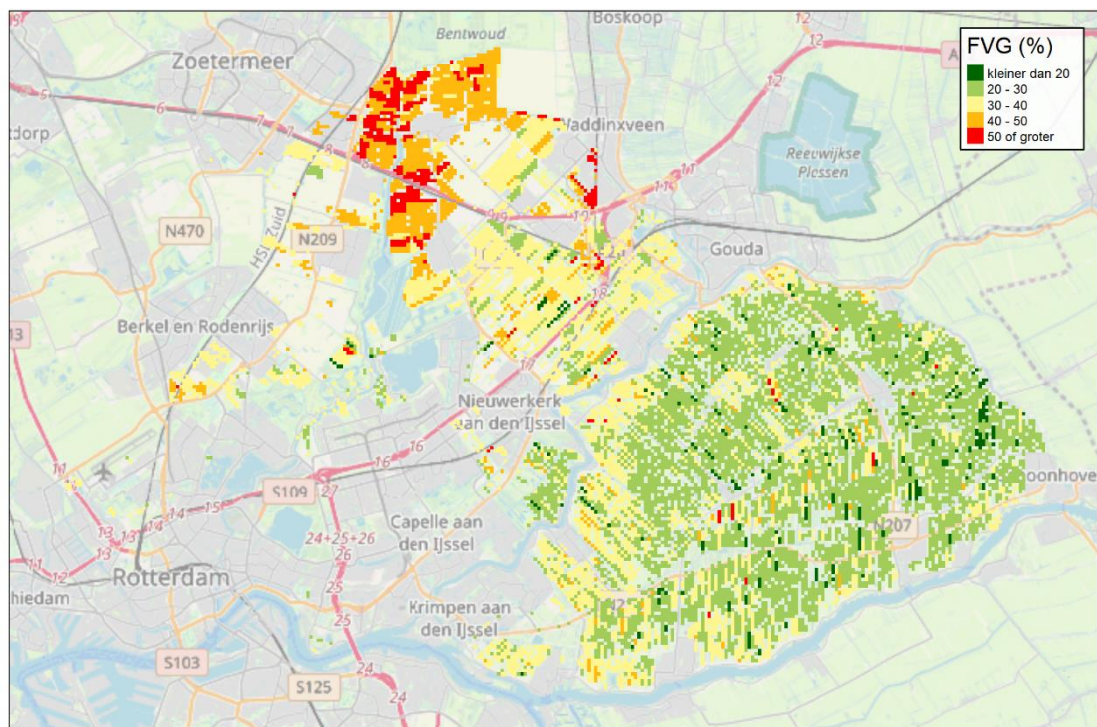
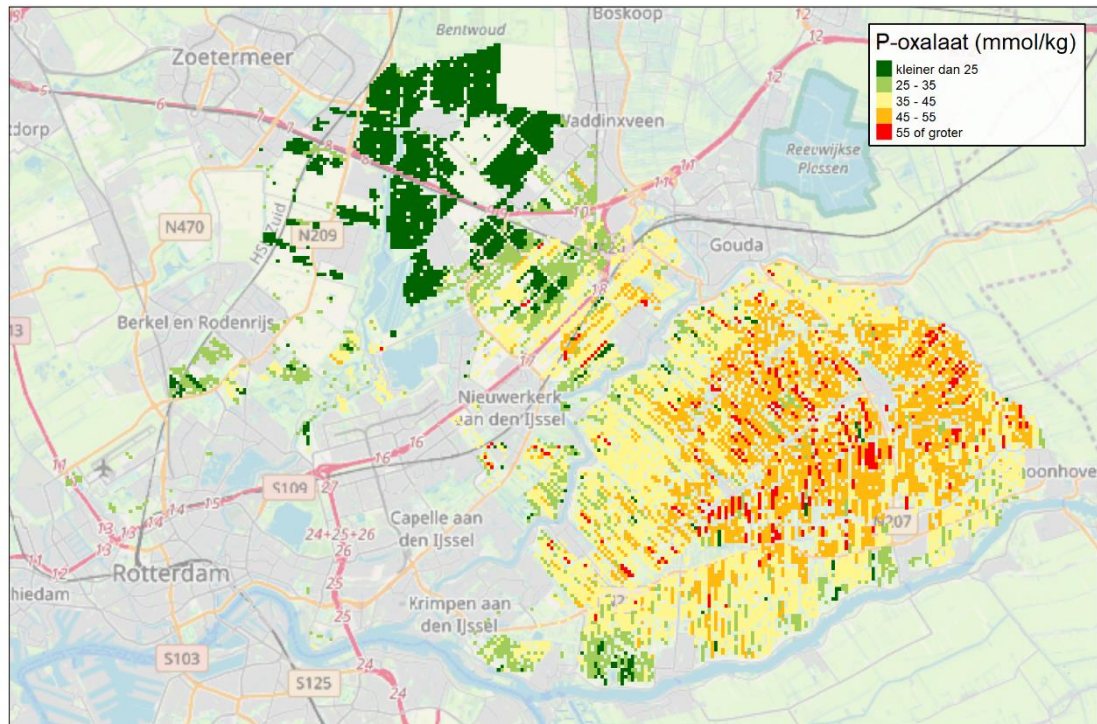
De zuurgraad (pH) van de bodem beïnvloedt de vorm waarin nutriënten in de bodem aanwezig zijn en de beschikbaarheid ervan. De zuurgraad heeft niet alleen een groot effect op de chemische vorm van de verbindingen en hun omzettingen, maar ook op biologische processen. Een optimale zuurgraad voor het bodemleven ligt tussen de 6 en 7. Bij lage pH's wordt de gewasopname van nutriënten geremd. Binnen het beheergebied van HSK varieert de pH van 4,0 tot 7,5. De pH van veengronden ligt doorgaans lager dan dat van klei, hogere natuurlijke verzuring via afbraak van organische stof en de afwezigheid van kalkrijke onderdelen (zoals schelpen en carbonaten) in het moedermateriaal. De gemiddelde pH per grondsoort neemt dan ook toe van 5,3 op veen (en dat is vrij hoog voor veengronden) tot 7,1 op klei. De pH van de bodem daalt jaarlijks door o.a. gewasonttrekking, uitspoeling en de verzurende werking van minerale stikstofmeststoffen.

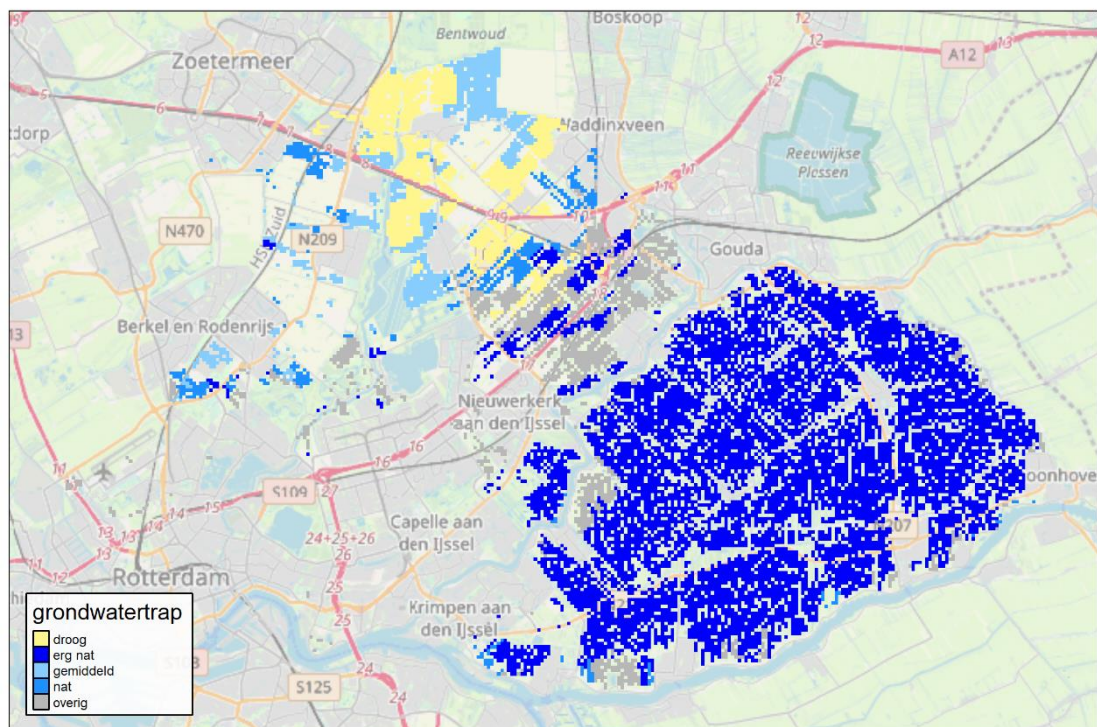
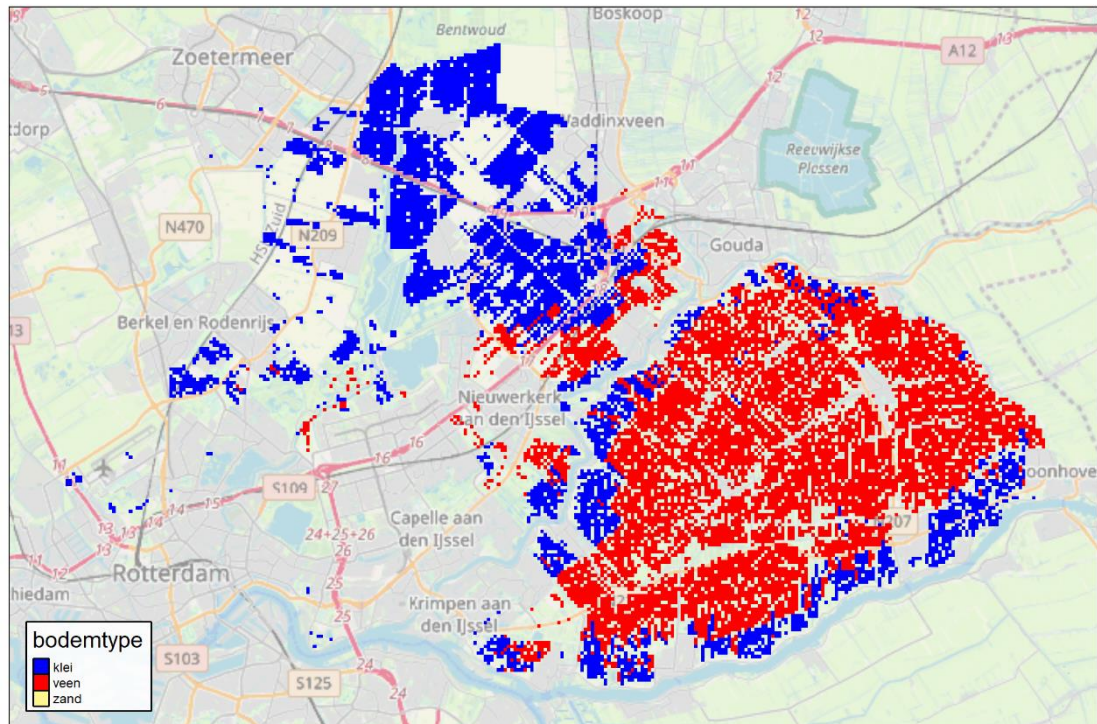
Literatuur

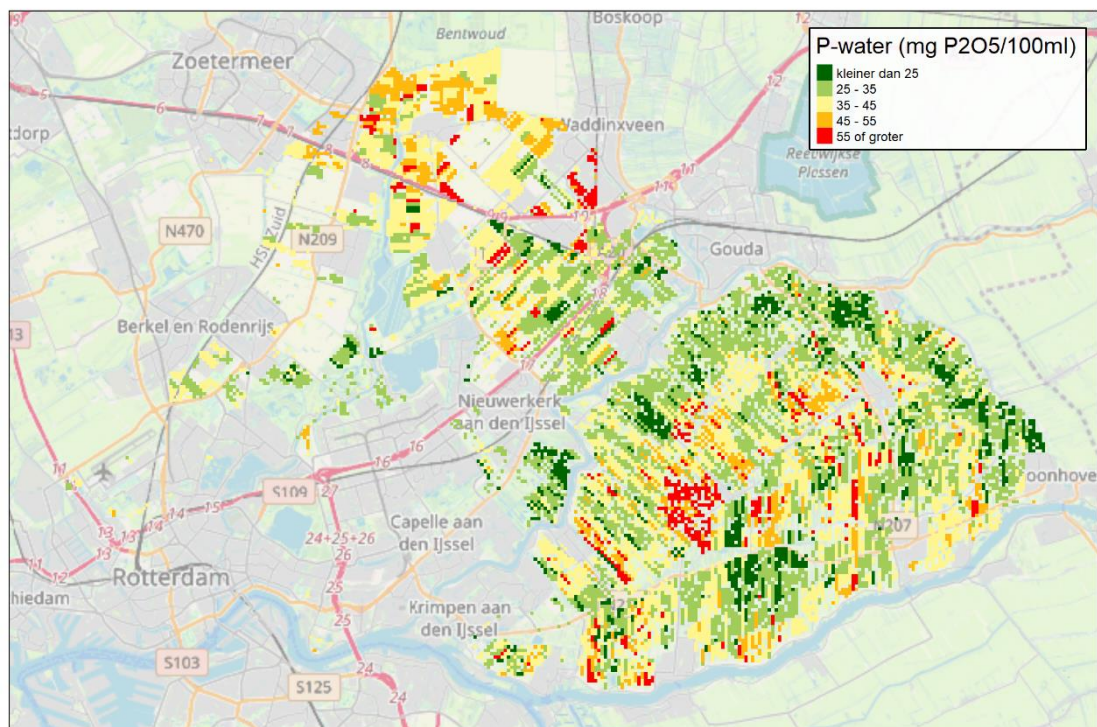
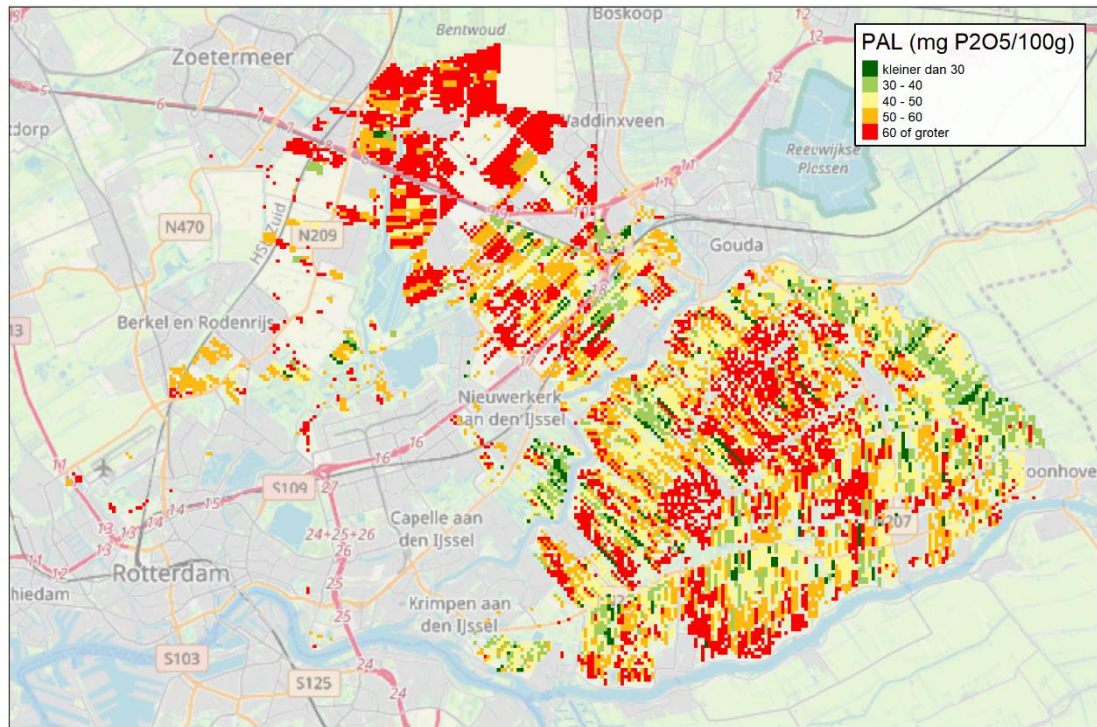
- Bussink D.W., Bakker R.F., Van den Draai H. & E.J.M. Temminghoff (2011) Naar een advies voor fosfaatbemesting op nieuwe leest; deel 2 grasland. NMI-rapport 1246.2, Nutriënten Management Instituut, Wageningen.
- Chen T. & C. Guestrin (2016) XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. In Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining - KDD '16 (pp. 785–794). New York, New York, USA: ACM Press.
- Friedman J.H. (2001). Greedy function machine: A gradient boosting machine. *The Annals of Statistics*, 29(5), 1189–1232.
- Reijneveld A (2013) Unravelling changes in soil fertility of agricultural land in the Netherlands. PhD thesis Wageningen University.
- Ros, GH (2011) Predicting soil nitrogen supply; relevance of extractable soil organic matter fractions. PhD thesis Wageningen University.
- Schoumans O (2004) Inventarisatie van de fosfaatverzadiging van landbouwgronden in Nederland. Alterra-rapport 730.4, Alterra, Wageningen.
- Van Erp P (2002) The potentials of multi-nutrient soil extraction with 0.01M CaCl₂ in nutrient management. PhD thesis Wageningen University, 237 pp.
- Van Rotterdam-Los AMD (2010) The potential of soils to supply phosphorus and potassium, processes and predictions. PhD thesis Wageningen University
- Van Rotterdam A.M.D. & D.W. Bussink (2016) Fosfaatstreeftoestand in de bodem voor mais en gras, CBGV-notitie, Commissie Bemesting Grasland & Voedergewassen.

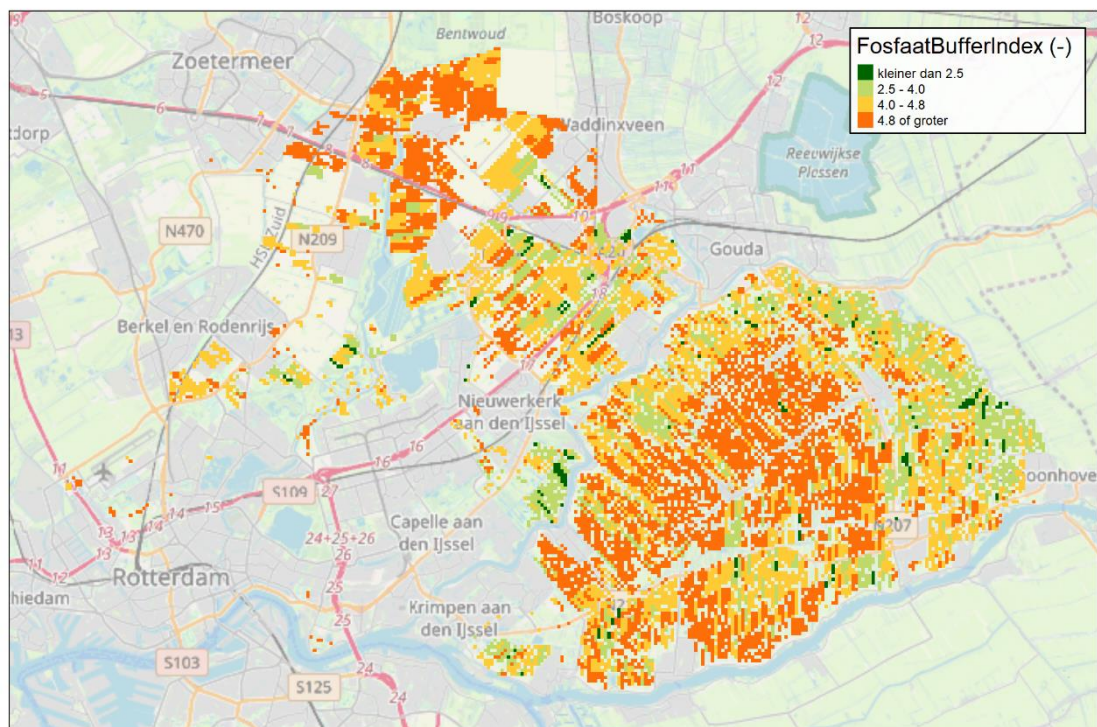
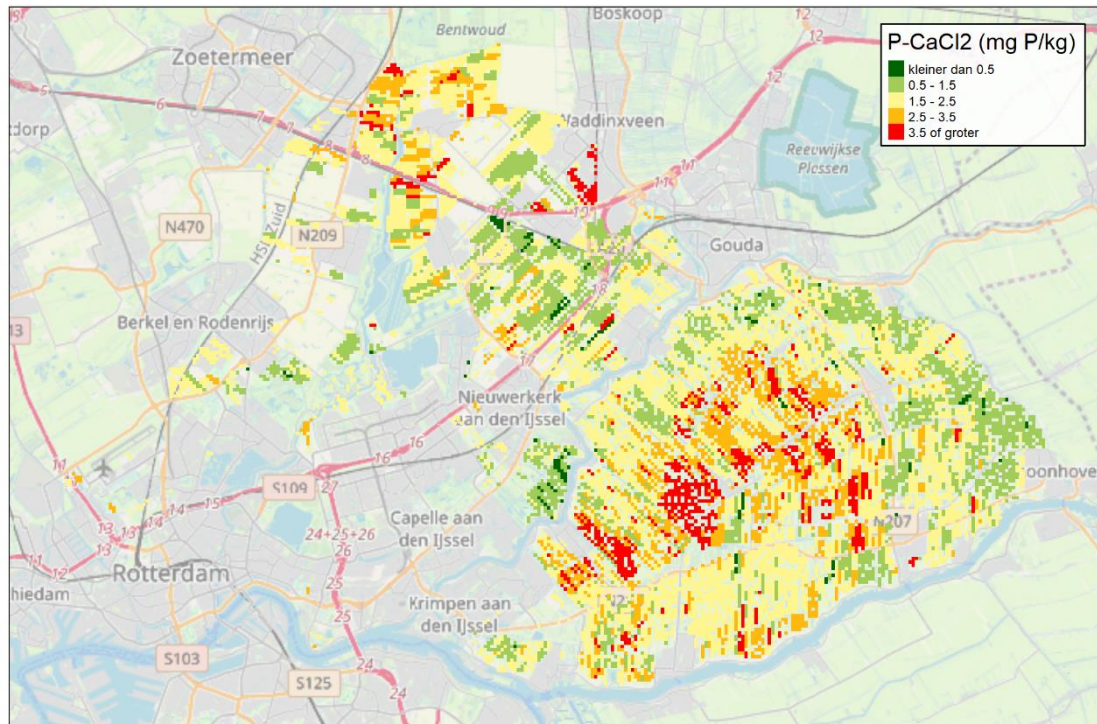
Bijlage I. Bodemkaarten (jpg)

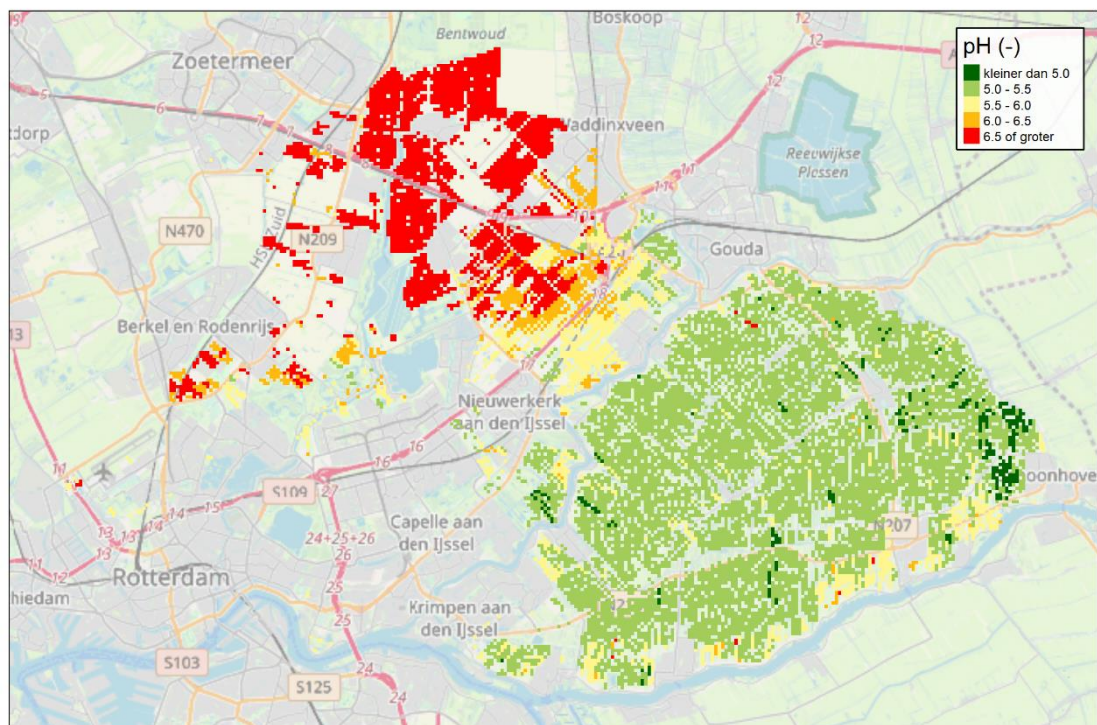
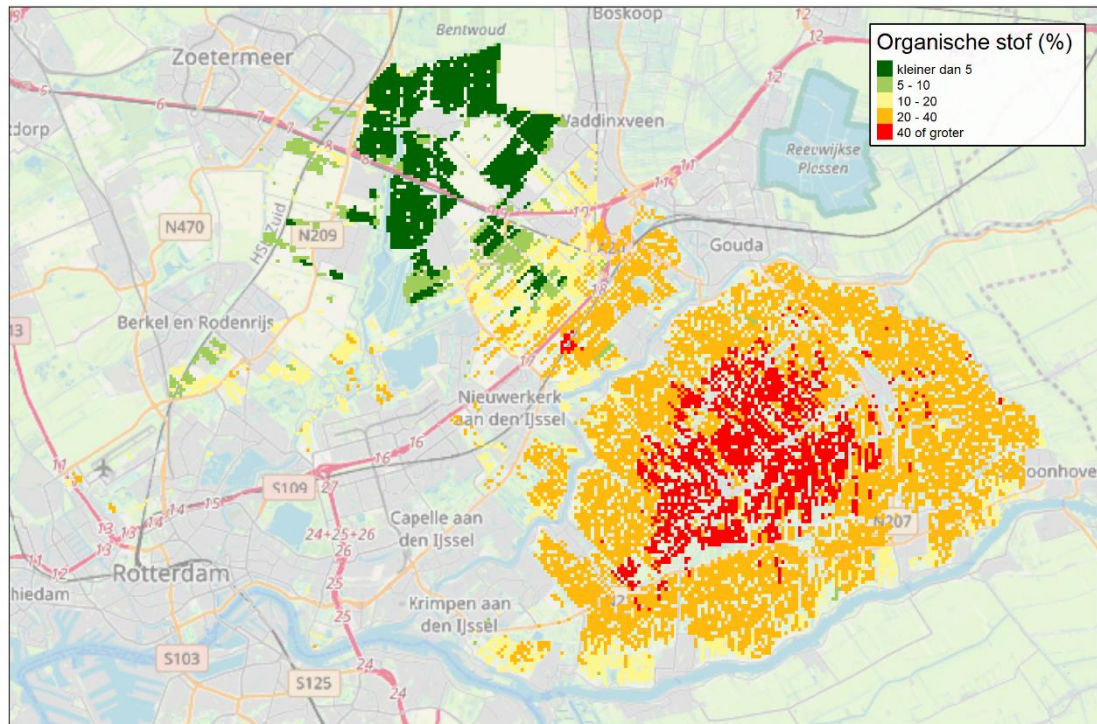


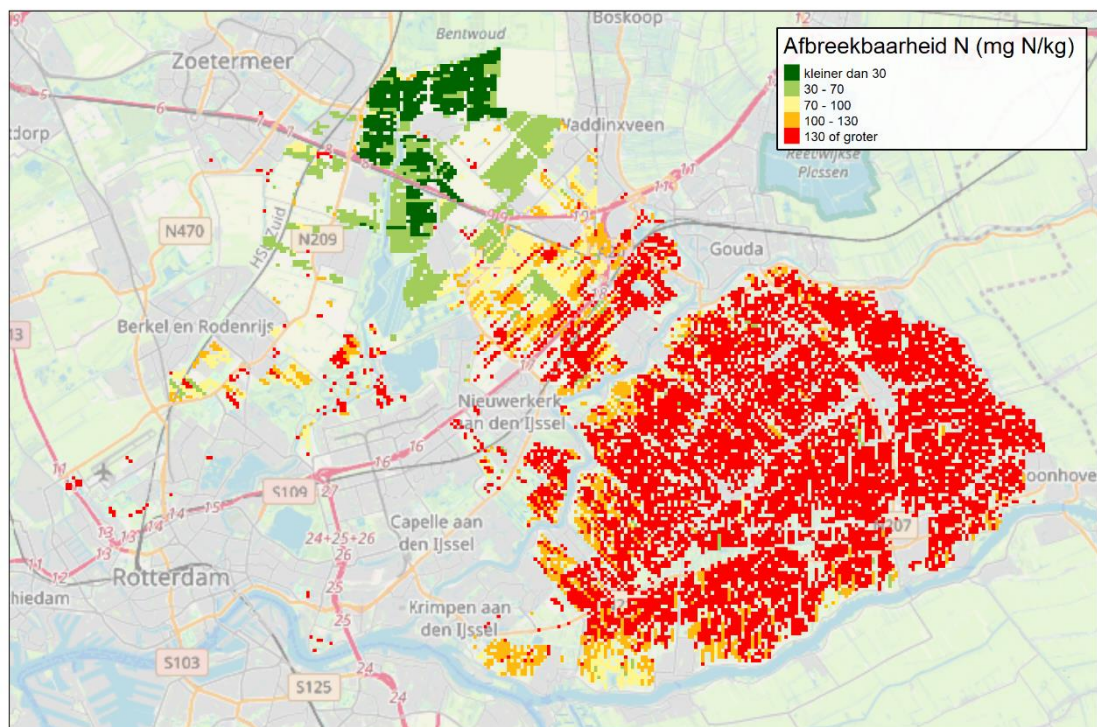
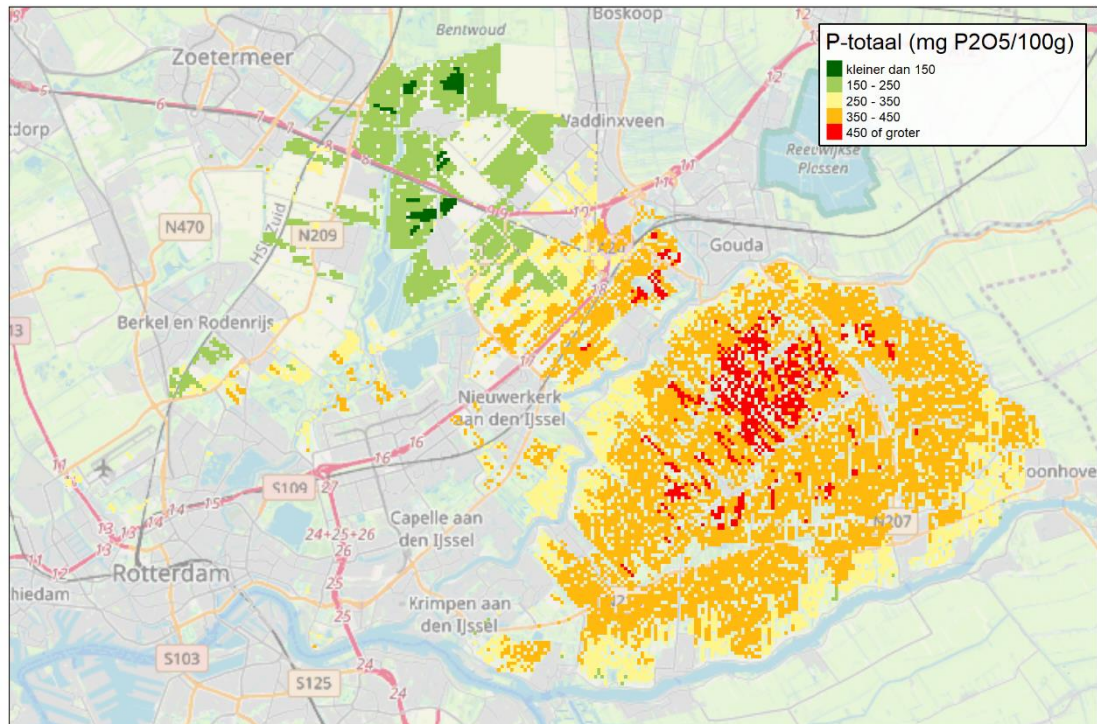














www.nmi-agro.nl

nutriënten management
instituut nmi bv
nieuwe kanaal 7c
6709 pa wageningen
nmi@nmi-agro.nl