



Basisregistratie Ondergrond (BRO) Actualisatie bodemkaart

Herkartering van de bodem in Flevoland

F. Brouwer, F. de Vries en D.J.J. Walvoort

| WOt-technical report 143



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Basisregistratie Ondergrond (BRO) - Actualisatie bodemkaart

Dit Technical report is gemaakt conform het Kwaliteitsmanagementsysteem (KMS) van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen University & Research.

De WOT Natuur & Milieu voert wettelijke onderzoekstaken uit op het beleidsterrein natuur en milieu. Deze taken worden uitgevoerd om een wettelijke verantwoordelijkheid van de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) te ondersteunen. We zorgen voor rapportages en data voor (inter)nationale verplichtingen op het gebied van agromilieu, biodiversiteit en bodeminformatie, en werken mee aan producten van het Planbureau voor de Leefomgeving zoals de Balans van de Leefomgeving.

Disclaimer WOt-publicaties

De reeks 'WOt-technical reports' bevat onderzoeksresultaten van projecten die kennisorganisaties voor de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu hebben uitgevoerd.

WOt-technical report 143 is het resultaat van een onderzoeksopdracht van en gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV).

Basisregistratie Ondergrond (BRO) - Actualisatie bodemkaart

Herkartering van de bodem in Flevoland

F. Brouwer, F. de Vries en D.J.J. Walvoort

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, december 2018

WOt-technical report 143

ISSN 2352-2739

DOI: 10.18174/468672

Referaat

Brouwer, F., F. de Vries en D.J.J. Walvoort (2018). *Basisregistratie Ondergrond (BRO); Actualisatie bodemkaart: herkartering van de bodem in Flevoland*. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WUR. WOT-technical report 143. 52 blz.; 22 fig.; 4 tab.; 19 ref.

Sinds 2010 wordt door Wageningen Environmental Research (WENR) structureel gewerkt aan de actualisatie van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. De actualisatie richt zich vooral op kenmerken die na verloop van tijd door natuurlijke processen of door ingrepen kunnen veranderen. Dit rapport beschrijft de werkwijze en resultaten van de actualisatie van de bodemkaart van gebieden in Flevoland met een pleistocene ondergrond dieper dan 0,8 m – mv.

Trefwoorden: BRO, Basisregistratie Ondergrond, bodemkaart, bodemdaling, Flevoland, veendikte, rijping

Abstract

Brouwer, F., F. de Vries & D.J.J. Walvoort (2018). *Key Register of the Subsurface (BRO); Update of soil map: Soil remapping in Flevoland*. WOT-technical report 143. Statutory Research Tasks Unit for Nature & the Environment (WOT Natuur & Milieu), WUR, Wageningen. 52 p.; 22 figs; 4 tabs; 19 refs.

Since 2010 Wageningen Environmental Research (WENR) has been updating the soil map of the Netherlands, scale 1 : 50 000. The update focuses mainly on characteristics that can change over time under the influence of natural processes or as a result of interventions. This report describes the methods used to update the soil map and the results for areas in the province of Flevoland with a Pleistocene subsoil deeper than 0.8 metres below the surface.

Keywords: BRO, , Key Register of the Subsurface, soil map, soil subsidence, Flevoland, peat thickness, soil maturation

Foto omslag: Pieter Dijk (Trainee bij WENR)

© 2018 **Wageningen Environmental Research (WENR)**

Postbus 47, 6700 AA Wageningen

Tel: (0317) 48 07 00; e-mail: fokke.brouwer@wur.nl

De reeks WOT-technical reports is een uitgave van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen University & Research. Dit technical report is verkrijgbaar bij het secretariaat. De publicatie is ook te downloaden via www.wur.nl/wotnatuurenmilieu.

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Postbus 47, 6700 AA Wageningen

Tel: (0317) 48 54 71; e-mail: info.wnm@wur.nl; Internet: www.wur.nl/wotnatuurenmilieu.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Achtergrond	11
1.2 Probleemstelling	11
1.3 Projectdoel	12
1.4 Afbakening	12
1.5 Impact van het project	12
1.5.1 Algemeen	12
1.5.2 Bijdrage aan de BRO-doelstelling	13
1.5.3 Bijdrage aan de aanbevelingen van het UN Data Revolution-rapport	13
1.5.4 Bijdrage aan de Sustainable Development Goals	14
1.6 Doelgebied	15
2 Geologie en bodem	17
2.1 Reeks van bodemkundige en geologische inventarisaties	17
2.2 Geologie	18
2.2.1 Afzettingen uit het Pleistoceen	18
2.2.2 Afzettingen uit het Holoceen	19
2.3 Bodem	20
3 Werkwijze	23
3.1 Uitgangspunten	23
3.2 Data verzamelen	24
3.2.1 Deskstudie naar gegevens uit diverse bronnen	24
3.2.2 Kalibratieset met boormonsterbeschrijvingen	25
3.2.3 Validatieset met boormonsterbeschrijvingen	26
3.3 Modelleren	27
3.3.1 Exploratieve gegevensanalyse	27
3.3.2 Geostatistisch model	27
3.3.3 Validatie	27
3.4 Bodemkaart actualiseren	28
4 Resultaten	31
4.1 Boormonsterbeschrijvingen	31
4.2 Ruimtelijke voorspellingen	31
4.2.1 Begindiepte van de pleistocene ondergrond	31
4.2.2 Dikte van het minerale dek	32
4.2.3 Dikte van de veenlaag	33
4.2.4 Begindiepte van niet-gerijpte klei	34
4.3 Validatie	35
4.3.1 Begindiepte van de pleistocene ondergrond	35
4.3.2 Dikte van het minerale dek	37
4.3.3 Dikte van de veenlaag	38
4.3.4 Begindiepte van niet-gerijpte klei	39
4.4 Geactualiseerde bodemkaart	39

5	Conclusies en synthese	43
	Referenties	45
	Verantwoording	47
Bijlage 1	Protocol bij boren	49

Woord vooraf

De Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, is onderdeel van de Basisregistratie Ondergrond (BRO). De BRO maakt onderdeel uit van het stelsel van basisregistraties. De gegevens over de ondergrond worden voortaan op één plek beheerd en ontsloten. De informatie is voor veel toepassingen buitengewoon relevant, mits de gegevens actueel zijn. Wageningen Environmental Research (WENR) is gedelegeerd bronhouder van de bodemkaart en werkt sinds 2010 structureel aan de actualisatie van de kaart. Dit wordt gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Voor de actualisatie van de bodem van Flevoland hebben de Provincie Flevoland en het Waterschap Zuiderzeeland mede bijgedragen in de kosten waardoor het mogelijk werd om de meeste boorlocaties tot in de pleistocene ondergrond uit te boren. Hierdoor is het ook mogelijk de gegevens te gebruiken voor de totstandkoming van de GeoTOP van het gebied. Dit rapport gaat over de actualisatie van de bodemkaart van gebieden in Flevoland waar de pleistocene ondergrond dieper dan 0,8 meter in het bodemprofiel voorkomt.

Bij de uitvoering van het project waren een groot aantal collega's betrokken. Het veldwerk, waarbij op bijna 1320 locaties (512 in de Noordoostpolder en 807 in Oostelijk en Zuidelijk Flevoland) een boorbeschrijving is opgesteld, is met veel inzet uitgevoerd door Gert Stoffelsen, Ebbing Kiestra, Willy de Groot, Fokke Brouwer, Pieter Dijk, Paul Gerritsen, Eduard Hummelink en Falentijn Assinck (allen WENR). De modellering is uitgevoerd door Dennis Walvoort in samenspraak met Dick Brus (beiden WENR). Fokke Brouwer en Folkert de Vries zorgden voor de verdere verwerking van de gegevens.

De coördinatie en planning van het project beruiste in 2017 bij Folkert de Vries en in 2018 bij Fokke Brouwer. Het project maakt onderdeel uit van het BRO-programma onder leiding van Joop Okx. We bedanken de grondeigenaren voor hun toestemming om op hun percelen grondboringen te mogen verrichten.

Fokke Brouwer, Folkert de Vries en Dennis Walvoort

Samenvatting

De bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, geeft informatie over de bodemopbouw tot ca. 1,2 m-mv. Rond 1960 is de toenmalige Stichting voor Bodemkartering (Stiboka) gestart met het vervaardigen van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. In 1995 kwam de kaart voor geheel Nederland gereed. De bodemkaart is onlangs onderdeel geworden van de Basisregistratie Ondergrond (BRO). Met de registratie beoogt de overheid de informatievoorziening sterk te verbeteren, door publieke gegevens over de ondergrond op gestandaardiseerde wijze via één loket als open data aan te bieden. De BRO maakt onderdeel uit van het stelsel van basisregistraties. Om de informatie van de bodemkaart adequaat te kunnen gebruiken voor landelijke en regionale toepassingen, is er voortdurend onderhoud nodig. Dit onderhoud richt zich de komende jaren op:

- *Verbetering en actualisatie van de inhoudelijke informatie.* Dit is nodig omdat er, deels door natuurlijke processen en deels door ingrepen, veranderingen optreden in bodemkenmerken.
- *Verbetering van de geografische nauwkeurigheid.* Dit heeft onder andere betrekking op een nauwkeuriger begrenzing van de grote rivieren, meren en kanalen, op de begrenzing van markante bodemkundig-landschappelijke eenheden en op de afstemming van de patronen van de Geomorfologische kaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, het andere bodemkundige model dat onderdeel uitmaakt van de BRO.
- *Kwaliteitsindicatoren.* Om de kwaliteit te monitoren en de bruikbaarheid van het model voor toepassingen te kunnen inschatten, zijn er objectieve kwaliteitsindicatoren nodig.

Sinds 2010 wordt er, gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, structureel gewerkt aan de actualisatie van de bodemkaart. Tijdens de eerste jaren is de bodemkaart op de moerige gronden en de dunne veengronden in Noord Nederland geactualiseerd (De Vries *et al.*, 2014) en in de periode 2016-2017 volgden de gebieden in Noord- en Zuid-Holland met niet-gerijpte klei in het bodemprofiel (De Vries *et al.*, 2017). Ten slotte zijn in 2017 de dikke veengronden in het Waterschap Drents Overijsselse Delta geactualiseerd (De Vries *et al.*, 2018).

Dit project heeft betrekking op gebieden in Flevoland met een pleistocene ondergrond dieper dan 0,8 m-mv. Voor de Noordoostpolder betreft dit een areaal van ca. 38 500 ha en voor Oostelijk en Zuidelijk Flevoland ca. 74 500 ha. Niet-gerijpte klei heeft een relatief groot volume aan poriën dat gevuld is met water. Het materiaal is slap en heeft weinig draagkracht. Bij ontwatering verandert het slappe sediment geleidelijk in een stevige, doorlatende bodem met structuur. Dit 'rijpingsproces' gaat gepaard met een onomkeerbaar verlies aan water en een volumeverlies van 10% tot 30%. Het volumeverlies gaat gepaard met maaiveldddaling. Bij bodems met slappe kleilagen is er dus een risico op bodemdaling. Ook dieper liggende veenlagen slinken doordat het veen oxideert en inklinkt. Uit onderzoek van Van den Akker (2005) is bekend dat naarmate de gronden dieper ontwaterd zijn, de oxidatie en klink toenemen. Om de risico's op maaiveldddaling in te schatten, is het van belang om inzicht te krijgen in de begindiepte van de pleistocene ondergrond, de dikte van de veenlagen, de dikte van het minerale dek en de begindiepte van eventueel voorkomende slappe kleilagen.

De actualisatie is uitgevoerd met behulp van 'Digitale Bodemkartering' (DBK). Hiervoor is een geostatistische methode gebruikt waarbij met een combinatie van bodemgegevens uit veldwaarnemingen en informatie over terreinkenmerken, kaartbeelden worden gecreëerd. DBK wordt in drie fasen uitgevoerd:

- **Data verzamelen**, bestaande uit:
 - Boorbeschrijvingen op een groot aantal locaties om de diktes van de klei- en veenlagen en de begindiepte van de eerste dekzandlaag (pleistocene ondergrond) vast te stellen en de actuele rijpingstoestand van de kleilagen in de ondergrond vast te stellen.
 - Gebiedsdekkende hulpbestanden met terreinkenmerken, zoals hoogteligging, reliëf en diepte van de pleistocene ondergrond, enz.

-
- **Modelleren en valideren:** hiermee wordt op basis van een relatie tussen bijvoorbeeld veendikte en de terreinkenmerken, gebiedsdekkend voorspellingen gedaan over de aanwezigheid en dikte van veen. Het doelgebied is, vanwege verschillen in tijdstip van drooglegging en geografische verschillen, opgedeeld in twee polders: de Noordoostpolder en Oostelijk en Zuidelijk Flevoland. Per polder is een voorspellingsmodel opgesteld. Deze fase resulteert in drie kaarten (rasters met celgrootte van 50 x 50 m²):
 1. – 'DikteMineraalDek, dikte van de bovengrond bestaande uit zeeklei en/of zeezand.
 2. – 'DikteVeenlaag', dikte van de veenla(a)g(en).
 3. – 'TopPleistoceen', begindiepte van de pleistocene zandondergrond (soms keileem).

Het opstellen van een raster voor de begindiepte van slappe klei was niet zinvol omdat slechts 12 van de in totaal 1320 boringen een niet-gerijpte ondergrond hadden, beginnend binnen 0,8 m–mv. Het voorkomen van niet-gerijpte klei beginnend dieper dan 0,8 m–mv. wordt op de bodemkaart niet onderscheiden.

- **Actualiseren bodemkaart:** aan de hand van de drie hier boven genoemde rasters wordt per kaartvlak van de bodemkaart vastgesteld of ze nog voldoen aan de bijbehorende eisen van de diktes van het minerale dek en het veenpakket en aan de begindieptes van de pleistocene ondergrond. Bij de kaartvlakken waarbinnen dit inmiddels niet meer het geval is, wordt volgens een schema, zoals toegelicht in par. 3.3, de bodemcode aangepast. Uit de resultaten blijkt dat in de Noordoostpolder bij 22% van het areaal veranderingen in het bodemtype zijn opgetreden en in Oostelijk en Zuidelijk Flevoland zelfs bij 39% van het areaal.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De gegevens van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, worden door overheden (zoals provincies, gemeentes en waterschappen), onderzoeksinstituten, adviesbureaus en natuurbeheerders voor diverse toepassingen gebruikt, zoals voor het ontwikkelen van ruimtelijke plannen, berekeningen in simulatiemodellen en beslissingsondersteunende systemen en voor allerlei interpretaties. Toepassingen met bodemkundige invoergegevens resulteren vaak in kansen- of risicokaarten of thematische kaarten. De toepassingsgebieden zijn landbouw, landinrichting, natuur, waterbeheer, ruimtelijke ordening, archeologie, milieu en klimaat.

Rond 1960 is de toenmalige Stichting voor Bodemkartering (Stiboka) gestart met het vervaardigen van deze landelijke bodemkaart. In 1995 kwam de kaart voor geheel Nederland gereed. De informatie op de bodemkaart is dus globaal 20 tot meer dan 50 jaar geleden verzameld. De basisinformatie voor de bodemkaart van Flevoland is grotendeels zelfs nog ouder, omdat de kaart voor de Noordoostpolder gebaseerd is op gegevens van kort na de drooglegging in 1942. Oostelijk Flevoland werd vervolgens in 1957 en Zuidelijk Flevoland in 1968 drooggelegd.

De Bodemkaart van Nederland maakt onderdeel uit van de gegevens in de Basisregistratie Ondergrond (BRO). Met de basisregistratie beoogt de overheid de informatievoorziening sterk te verbeteren, door publieke gegevens over de ondergrond op gestandaardiseerde wijze voor zowel de overheid als andere partijen ter beschikking te stellen. Om de informatie van de bodemkaart adequaat te kunnen gebruiken voor landelijke en regionale toepassingen is er voortdurend onderhoud nodig. Sinds 2010 zijn er voor de BRO al verschillende projecten uitgevoerd om de informatie van de bodemkaart te actualiseren:

- Tijdens de eerste jaren is de bodemkaart op de moerige gronden en de dunne veengronden in Noord-Nederland geactualiseerd (De Vries *et al.*, 2014).
- in de periode 2016-2017 volgden de gebieden in Noord- en Zuid-Holland met niet-gerijpte klei in het bodemprofiel (De Vries *et al.*, 2017).
- Ten slotte zijn in 2017 de dikke veengronden in het Waterschap Drents Overijsselse Delta geactualiseerd (De Vries *et al.*, 2018).

1.2 Probleemstelling

De bodemkaart geeft informatie over de gelaagdheid van de bodem tot een diepte van 1,2 meter. De kaart van Flevoland is gebaseerd op gegevens van vlak na de verschillende fases van drooglegging: de Noordoostpolder in 1942, Oostelijk Flevoland in 1957 en Zuidelijk Flevoland in 1968. Sindsdien zijn er veranderingen opgetreden door rijping en krimp van slappe kleilagen en oxidatie en klink van veenlagen, waardoor mogelijk ook andere bodemtypen zijn ontstaan. In Flevoland is plaatselijk sprake van ernstige maaiveldafval, die kan oplopen tot gemiddeld meer dan 2 cm per jaar. Dit heeft consequenties voor de agrarische potenties. Zonder aanpassingen in de ontwatering zullen de boeren over enige tijd genooddakt zijn hun bedrijfsvoering drastisch aan te passen. In delen van de Noordoostpolder is dit reeds een urgent probleem. In Zuidelijk Flevoland ondervindt de gemeente Zeewolde door bodemdaling ernstige problemen bij het onderhoud van wegen. Vanwege de problemen ten gevolge van maaiveldafval is er bij de provincie en het waterschap behoefte aan informatie over de bodemopbouw tot aan de pleistocene zandondergrond.

1.3 Projectdoel

Dit BRO-project richt zich op de verbetering van de bodeminformatie van de Provincie Flevoland en heeft twee belangrijke doelstellingen:

- Het actualiseren van de bodemkaart.
- Het verzamelen van actuele informatie over de laagopbouw van de ondergrond tussen 1,2 en 3,5 à 4 m–mv. met speciale aandacht voor de begindiepte van de pleistocene ondergrond en slappe kleilagen, en de dikte van het minerale dek en de veenlagen.

De actualisatie van de bodemkaart wordt voor de BRO gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. De Provincie Flevoland en het Waterschap Zuiderzeeland financieren het onderzoek naar de laagopbouw vanaf 1,5 m tot ca. 3,5 à 4 m meter diepte. Concreet bestaan de resultaten van dit project uit:

- Een GIS-bestand met de geactualiseerde Bodemkaart, schaal 1 : 50 000.
- Ca. 1320 nieuwe boormonsterbeschrijvingen, waarvan 512 stuks in de Noordoostpolder en 807 in Oostelijk en Zuidelijk Flevoland. Deze worden opgenomen in de BRO-database.
- GIS-bestanden met informatie over belangrijke laagpakketten tot ca. 3,5 à 4 m–mv, zoals de dikte van de toplaag van zeeklei en/of zeezand, dikte van veenlagen en de begindiepte van de pleistocene ondergrond.
- Dit rapport met een verantwoording van de werkwijze bij het actualiseren van de bodemkaart.

1.4 Afbakening

De nieuw verzamelde gegevens hebben betrekking op de gebieden in Flevoland die het meest gevoelig zijn voor bodemdaling zoals aangegeven in figuur 2. Dit rapport beschrijft de werkwijze en de resultaten. Het moerasgebied van de Oostvaardersplassen, open water, de bebouwde gebieden, de moerige gronden en de gebieden met pleistocene opduikingen behoren niet tot het doelgebied. De oppervlakte van het doelgebied bedraagt voor de Noordoostpolder ca. 38 500 ha en voor Oostelijk en Zuidelijk Flevoland ca. 74 500 ha. In 2006 is de bodemkaart geactualiseerd voor de moerige gronden in Flevoland (De Vries *et al.*, 2014). De gebieden in dit project sluiten hier op aan.

Om boormonsterbeschrijvingen op te stellen, wordt tot in de pleistocene zandondergrond geboord met een maximale diepte tot 4 m–mv. Dus wanneer de top van de pleistocene ondergrond dieper ligt dan 4 m, wordt de absolute diepte niet geregistreerd. De actualisatie heeft alleen betrekking op de bodemtypen en niet op de grondwatertrappen (Gt's). Het verbeteren van de informatie over het grondwaterstandsverloop, weergegeven met grondwatertrappen, valt buiten de scope van dit onderzoek. Dit gegeven wordt, vrijwel gelijktijdig, in een afzonderlijk BRO-project door WENR geactualiseerd.

1.5 Impact van het project

1.5.1 Algemeen

Met dit project krijgen we de beschikking over een actuele bodemkaart schaal 1 : 50 000 van Flevoland en over extra informatie betreffende de laagopbouw tot ca. 3,5 à 4 m diepte. Dit als aanvulling op de al beschikbare informatie. Voor de provincie en het waterschap zijn de gegevens in eerste instantie van belang om de kwetsbaarheid van het gebied voor verdere maaiveld-daling in te kunnen schatten en voor het ontwikkelen van maatregelen om de schade door verzakkingen te voorkomen of te beperken. Daarnaast is de actuele informatie belangrijk voor de vele toepassingen van bodemkundige informatie op het gebied van ruimtelijke planning, bodembeleid, waterbeheer en duurzaam bodemgebruik. In de volgende paragrafen wordt de bijdrage van dit project aan de doelstelling van de Basisregistratie opgesomd en de relatie met de aanbevelingen en de duurzame ontwikkelingsdoelen van de Verenigde Naties.

1.5.2 Bijdrage aan de BRO-doelstelling

De Basisregistratie Ondergrond wordt hét informatiesysteem met publieke gegevens van de Nederlandse ondergrond. Deze basisregistratie maakt het mogelijk om bodem- en ondergrondgegevens via één digitaal loket te raadplegen (<https://bro.pleio.nl/>). De bestaande informatie-systemen, zoals het DINOLoket van TNO en BIS Nederland van WENR, zijn onderling onvoldoende met elkaar verbonden, waardoor er geen adequaat overzicht is van wat er onder de grond al bekend is. Alle met overheidsgeld verzamelde gegevens over de bodem en de ondergrond worden in de BRO opgenomen. De BRO-gegevens komen vanaf 2017 gefaseerd beschikbaar.

Het lopende project Actualisatie Bodemkaart is gerelateerd aan een tweetal registratieobjecten:

- Boormonsterprofielen, waarmee de boormonsterbeschrijvingen worden bedoeld.
- Bodemkundig model, waarmee de bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 wordt bedoeld.

1.5.3 Bijdrage aan de aanbevelingen van het UN Data Revolution-rapport

"Data en modellen zijn van levensbelang voor besluitvorming en leveren het ruwe materiaal voor af te leggen verantwoording. Zonder de juiste informatie is het ontwerpen, monitoren en evalueren van beleid een bijna onmogelijke opgave."

Zo begint het rapport 'A world that counts' van de UN Expert Advisory Group on a Data Revolution for Sustainable Development (2014). De adviesgroep doet een aantal aanbevelingen die ervoor moeten zorgen dat het verzamelen, opslaan en verstrekken van data beter wordt afgestemd op de informatie die we nodig hebben om de vorderingen op weg naar de Sustainable Development Goals (SDG) te monitoren.

De doelstellingen van de Basisregistratie Ondergrond komen in grote lijnen overeen met enkele doelstellingen van de UN Expert Advisory Group (tabel 1). We moeten opmerken dat wat betreft de realisatie van de Landelijke Voorziening van de BRO nog onvoldoende wordt gekeken naar de aansluiting bij de internationale bodemwereld.

Tabel 1 Bijdrage van dit project aan de aanbevelingen van de UN Expert Advisory Group.

Aanbeveling	Bijdrage	Opmerkingen
Ontwikkelen van consensus betreffende principes en standaarden	De binnen het project verzamelde gegevens en de gerealiseerde actualisatie van de Bodemkaart 1 : 50 000 worden via de BRO gepubliceerd. BRO draagt bij aan een <i>nationale</i> data exchange standaard voor boormonsterprofielen en het bodemkundig model	Nog onvoldoende aansluiting bij internationale data exchange standaarden zoals INSPIRE ML Soil en/of Soil ML wat betreft boormonsterprofielen.
Ontwikkelen van systemen die voor iedereen toegankelijk zijn	BRO realiseert een voor iedereen toegankelijk systeem (de Landelijke Voorziening BRO) en een deel van de informatie zal via PDOK worden ontsloten	Het feit dat het enkel en alleen verstrekken van xml-bestanden het gebruik van de data in ernstige mate in de weg zou staan, is goed opgepakt en daarom wordt een alternatieve uitlevering via BROloket en PDOK gerealiseerd
Voldoende middelen voor verbetering van data, modellen en de toegankelijkheid hiervan	De ministeries van Economische Zaken en Klimaat (EZK) en Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) dragen bij aan het realiseren van de Landelijke Voorziening BRO en aan de actualisatie van de daarbij horende data en modellen	
Leiderschap voor coördinatie	BRO is leidend en toonaangevend wat betreft aardwetenschappelijke en bodemkundige data	Er is voor de bodemkundige data nog onvoldoende aansluiting gezocht bij de internationale bodemwereld

1.5.4 Bijdrage aan de Sustainable Development Goals

Nederland heeft de ambitie en streeft er naar alle door de regeringsleiders van de lidstaten van de Verenigde Naties vastgestelde Duurzame Ontwikkelingsdoelen (SDGs, figuur 1) in 2030 te behalen (Ministerie voor Buitenlandse Handel en Ontwikkelingssamenwerking, 2016). Ons werk is gerelateerd aan een beperkt aantal SDGs zoals die in tabel 2 is opgenomen. Elke SDG kent een aantal indicatoren (Inter-agency and Expert Group, 2016); de door ons opgeslagen gegevens en modellen hebben in een beperkt aantal gevallen een relatie met die indicatoren. Uit tabel 2 is te concluderen dat de gegevens in de BRO niet overeenstemmen met de gewenste indicatoren, maar wel een rol kunnen spelen bij de totstandkoming van de indicatoren.



Figuur 1 Overzicht van de Sustainable Development Goals van de Verenigde Naties.

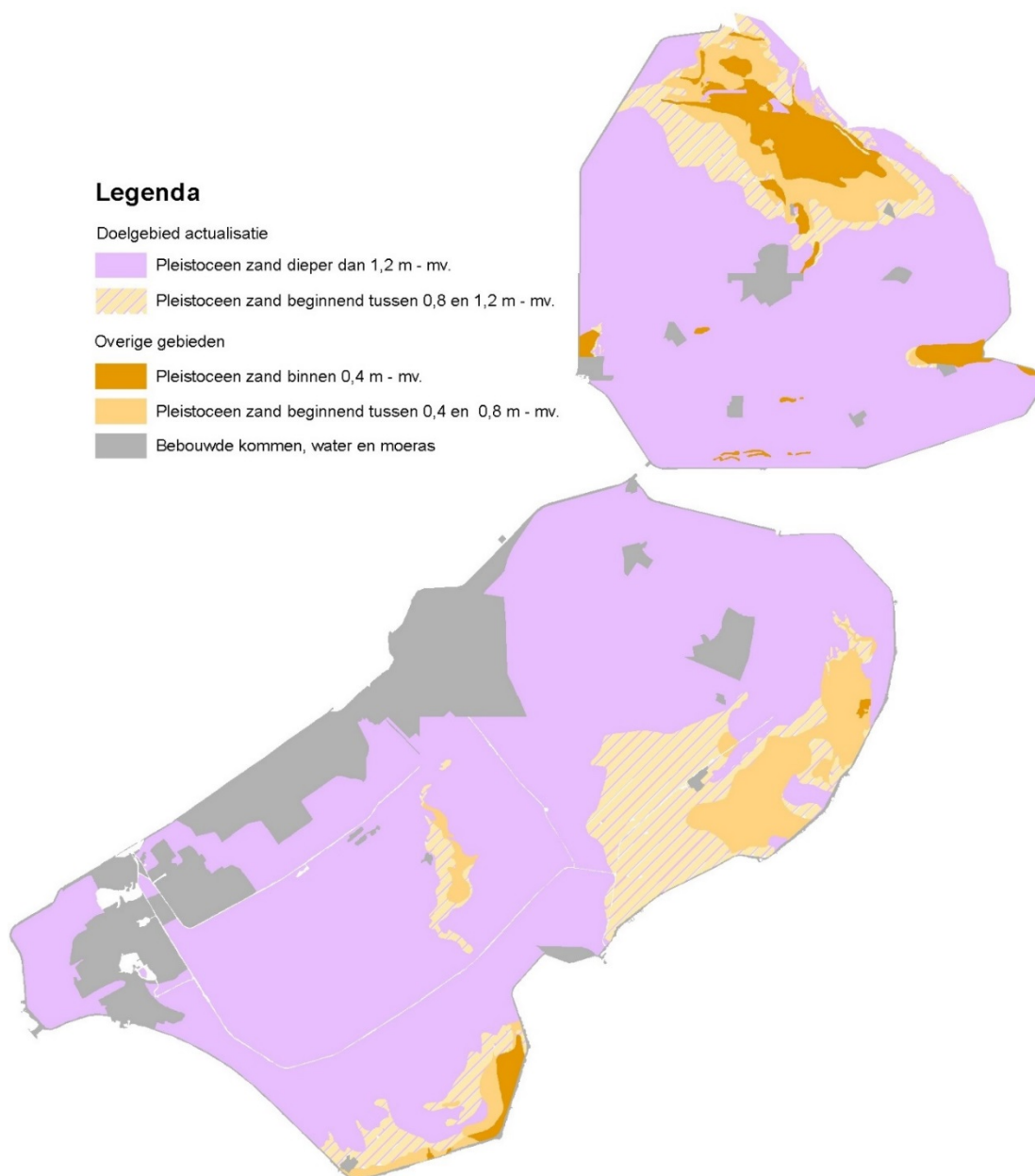
Tabel 2 Relatie actualisatie bodemkaart met Sustainable Development Goals van de Verenigde Naties.

SDG	Indicator	Bijdrage	Opmerking
2 Geen honger	Percentage duurzame landbouw (landbouw gericht op het behoud van ecosystemen, op klimaatbestendigheid en op een voortdurende verbetering van land- en bodemkwaliteit)	Uit de huidige gegevens is voor een aantal bodemkwaliteitsparameters een nulmeting af te leiden	De combinatie van data en bodemkaart met het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB) is waarschijnlijk onvoldoende om een indicatie van het percentage duurzame landbouw te geven
6 Schoon water en sanitair	Percentage onbedreigde watervoorraad	De bodemopbouwgegevens geven een indicatie van de kwetsbaarheid van onderliggende watervoerende pakketten.	
12 Verantwoorde consumptie en productie	-		
13 Klimaatactie	-		
15 Leven op het land	Percentage aangetaste bodem ten opzichte van het totale landoppervlak	Met behulp van de Bodemkaart zijn voor verschillende aantastingen inschattingen gemaakt van de diverse bodembedreigingen	

SDG	Indicator	Bijdrage	Opmerking
17 Partnerschap om doelstellingen te bereiken	Aantal samenwerkingsovereenkomsten en – programma’s inzake SDG gerelateerde gegevensverwerking	<ul style="list-style-type: none"> • Samenwerking met TNO inzake BRO • Lid van het European Soil Bureau Network • Samenwerking met ISRIC - World Data Center for Soils 	

1.6 Doelgebied

Dit project heeft in eerste instantie betrekking op de gebieden in Flevoland waar in de gegevens van de bodemkaart de informatie over de exacte begindiepte van de pleistocene ondergrond ontbreekt (figuur 2, doelgebied: pleistocene ondergrond > 1,2 m– mv, lichtpaarse kleur). Dit zijn de gebieden die het meest gevoelig zijn voor bodemdaling. In 2006 is de bodemkaart geactualiseerd voor de moerige gronden in Flevoland (De Vries *et al.*, 2014). In figuur 2 maken deze moerige gronden onderdeel uit van de gebieden met een pleistocene ondergrond beginnend tussen 0,4 en 0,8 m–mv.



Figuur 2 Het doelgebied van de actualisatie.

Om een vloeiende aansluiting te krijgen met de moerige gronden is besloten om binnen dit project aanvullende boringen te verrichten in de bodemvlakken met een pleistocene ondergrond beginnend tussen 0,8 en 1,2 m–mv (figuur 2, gearceerd gebied). Daarmee is het doelgebied in tweede instantie dus uitgebreid. De bodemkaart is geactualiseerd voor het aangepaste doelgebied waarvoor geldt dat de pleistocene ondergrond > 0,8 m–mv begint. De oppervlakte van het aangepaste doelgebied bedraagt voor de Noordoostpolder ca. 38 500 ha en voor Oostelijk en Zuidelijk Flevoland ca. 74 500 ha.

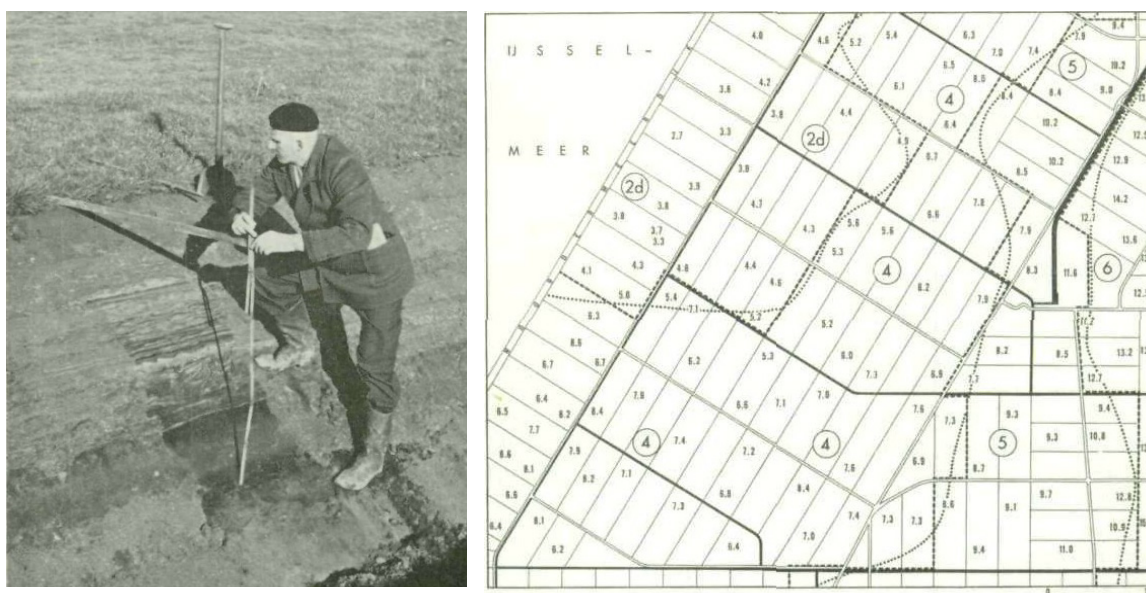
De boringen van dit project zijn via 'spatial coverage' -techniek ruimtelijk verdeeld over het doelgebied. Voor de gebieden buiten het doelgebied zijn in DINOLoket (www.dinoloket.nl) voldoende aanvullende boorgegevens van TNO aanwezig om verantwoord voor de gehele provincie een raster te maken van de begindiepte van de pleistocene zandondergrond. Voor de andere rasters (dikte minerale dek: zeeklei en -zand, dikte van veenlagen) is dit alleen gedaan voor het doelgebied omdat we hiervoor alleen zeer recente informatie wilden gebruiken.

2 Geologie en bodem

In dit hoofdstuk geven we een globale beschrijving van de geologie en bodemopbouw van Flevoland. De geologische beschrijving van de Noordoostpolder is vooral gebaseerd op de gegevens uit de kaartencatalogus van Gotjé (2014 en 2010). Voor de beknopte beschrijving van de geologie van Oostelijk en Zuidelijk Flevoland is gebruik gemaakt van de gegevens van de Toelichting bij Bodemkaart, schaal 1 : 50 000 (Eilander & Heijink, 1990). Door gebruik te kunnen maken van de nauwkeurig uitgewerkte kaartencatalogus van Gotjé is de geologie van de Noordoostpolder uitvoeriger beschreven dan die van Oostelijk en Zuidelijk Flevoland. De geologie in de Noordoostpolder is ook complexer van aard dan die van Oostelijk en Zuidelijk Flevoland. De geologie van Oostelijk en Zuidelijk Flevoland wordt in dit hoofdstuk beschreven als onderdeel van de Zuiderzee.

2.1 Reeks van bodemkundige en geologische inventarisaties

Reeds voor het droogvallen van de Noordoostpolder in 1942, Oostelijk Flevoland in 1957 en Zuidelijk Flevoland in 1968 is al onderzoek verricht naar de bodemgesteldheid van Flevoland. In 1889 werd in opdracht van de Zuiderzeevereniging het grootste gedeelte van de Zuiderzeebodem gekarteerd. De resultaten van deze kartering zijn door Lely verwerkt tot de 'Geologische kaart der Zuiderzee' (Lely, 1891) waarbij de bouwvoorwaarte werd aangegeven met de grondsoorten klei, zavel, lichte zavel, zand en veen. Jaren later werd bij het uitwerken van de plannen voor drooglegging van de Noordoostpolder in de jaren 1931 – 1932 ongeveer 200, regelmatig over het gebied verspreid liggende, boringen uitgevoerd tot een diepte van 1 m en gelijk daarna in 1932 en 1933 nog eens 300 boringen tot een diepte van 7 à 10 m beneden de waterbodem. Deze boringen hebben geleid tot een verbetering van de bouwvoorwaartekaart (figuur 3, rechts) en kaarten betreffende de aard van de ondergrond, de dikte en de diepte van veenlagen en de diepte van het pleistocene zand. En als afgeleide werd een inschatting gemaakt van de te verwachten klink (Zuur, 1938). In 1939 volgde een gedetailleerdere opname met ruim 800 boringen tot 1 meter beneden de waterbodem. De karteringen van voor het droogvallen van de Noordoostpolder waren nuttig voor de eigenlijke inpoldering en voor het in cultuur brengen van de gronden in de polder.



Figuur 1 Bodemkundige opname langs slootwand (links) en een fragment van de bouwvoorwaartekaart (rechts). In elk perceel is het lutumgehalte aangegeven en de omcirkelde codes geven een klasse-indeling in lutumgehalte (2d: <5% lutum, 4: 5-8%, 5: 8 – 12% en 6: 12-17,5%. Bron: Wiggers et al., 1962).

Zo zijn de bodemkundige gegevens gebruikt bij het opstellen van het ontginningsplan, waardoor men al snel na de drooglegging aanving met de ontginning van de zandige strook langs de kust en het zandcomplex nabij Ramspol. Om de polder-peilen vast te stellen, heeft men gebruik gemaakt van de gegevens verkregen bij het onderzoek naar de te verwachten inklinking (Wiggers *et al.*, 1962).

Tijdens de drooglegging van de Noordoostpolder begon men in 1941 al met een nieuwe opname van de bodemgesteldheid. In het nog zeer drassige terrein werden in een vierkantsverband van 250 x 250 m boringen verricht. Bij deze inventarisatie bleek dat bij de kartering te land veel meer bijzonderheden aan het licht kwamen dan bij de eerder uitgevoerde karteringen onder water. Met de gegevens van deze vroegtijdige kartering heeft men correcties aangebracht op het verkavelingsplan, de vereiste greppelafstand en het voorlopige bestemmingsplan.

Na de voorkartering volgde in de periode 1941 – 1954 de definitieve kartering. Bij deze kartering werden opnames uitgevoerd aan de wanden van pas gegraven sloten en greppels (figuur 3, links). Langs de vers gegraven slootwanden kon men de verschillen in profielopbouw goed volgen. In homogene gebieden beschreef men om de 50 m een wand tot 1 à 1,5 meter diepte. Bij een grote variatie in opbouw ging men meer profielen beschrijven. De gegevens van de slootkartering zijn verwerkt tot de zogenaamde slootprofielen met een lengteschaal 1 : 2.500 en een hoogteschaal 1 : 10. Deze slootprofielen zijn vereenvoudigd en verkleind en samengevoegd tot de Profielkaarten van de Noordoostpolder. De informatie van deze kaarten is gebruikt voor de patronen op de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Deze is voor het noordwestelijke deel van de Noordoostpolder gepubliceerd in 1970 (Stiboka), voor het noordoostelijke deel in 1988 (Makken) en voor het zuidelijke deel in 1990 (Eilander & Heijink).

In 1955 promoveerde Wiggers op het onderzoek naar de ondiepe bodemgesteldheid van de Noordoostpolder (Wiggers, 1955). Het promotieonderzoek van Gotjé heeft veel informatie opgeleverd over de geologie en aard van de dieper gelegen holocene afzettingen (Gotjé, 1993). Het kaartmateriaal uit deze studies is door Gotjé gebundeld in een kaartencatalogus (Gotjé, 2014).

2.2 Geologie

2.2.1 Afzettingen uit het Pleistoceen

Keileem ter plekke van Urk, Tollebeek en het Voorster bos

Tijdens de Saalien-ijstijd, de periode van 180 000 tot 130 000 jaar geleden, breidde de ijskap vanuit Scandinavië zich uit tot over het noorden van Nederland. Het landijs kroop langzaam over het oppervlak en sleet diepe dalen uit. Tussen en voor de ijslobben werd de grond opgedrukt. Zo ontstonden stuwwallen, zoals de Utrechtse heuvelrug en de Veluwe. Onder invloed van het landijs werd er ook keileem afgezet, een mengsel van klei, zand, grind en zwerfkeien. De keileem in de ondiepe ondergrond ter plaatse van Urk, Tollebeek en bij Kraggenburg dateert uit deze periode. Na het smelten van het landijs werden de diepe dalen opgevuld met sediment dat met name door rivieren vanuit het oosten werd aangevoerd (Gotjé, 2014).

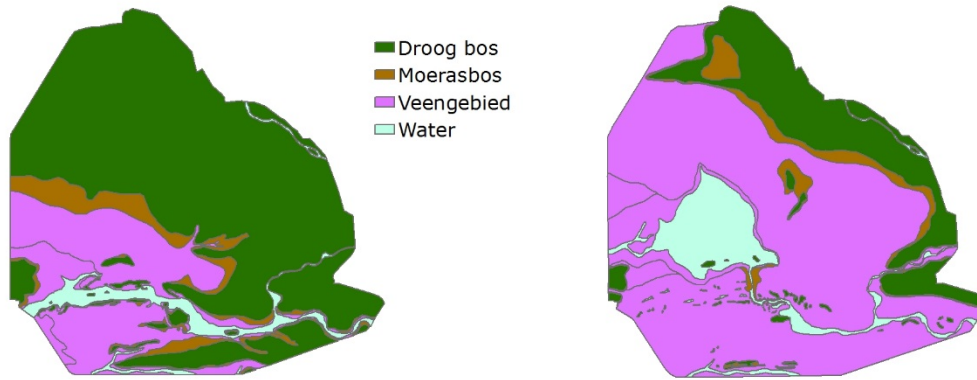
Dekzand en de oer-Vecht

In de Eemtijd, de warme periode na het Saalien, maakte het zuidelijke deel van de Noordoostpolder onderdeel uit van de Rijndelta. En de stijgende zeespiegel reikte tot aan Schokland. In dit overgangsgebied werd zowel klei als veen afgezet. In de laatste ijstijd, het Weichselien (120 000 tot 10 000 jaar geleden) bereikte het landijs Nederland niet. Door de kou en het gebrek aan begroeiing verplaatste de wind grote hoeveelheden zand vanuit de weer droog liggende Noordzee, waardoor het keileem- en rivierzandlandschap werd afgedekt met zogenaamde dekzanden. In het noorden van de Noordoostpolder liggen deze pleistocene afzettingen aan of nagenoeg aan de oppervlakte.

De Rijn stroomde nu zuidelijk van de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug. In het gebied van de Noordoostpolder stroomden twee vlechtende rivieren, de oer-Vecht langs de noordkant van Schokland (figuur 4, links) en de IJssel langs de zuidkant. Tijdens de laatste koude fase van het Weichselien ontstonden langs de vlechtende riviersystemen rivierduinen en lokaal werd rivierklei afgezet. Deze afzettingen staan bekend als de Formatie van Kreftenheye. (Gotjé, 2014).

Landschap rond ca. 5000 voor Chr.

Landschap rond ca. 3400 voor Chr.



Figuur 2 Links: Impressie van de begroeiing rond ca. 5000 voor Chr. met in het zuiden het dal van de oer-Vecht. Rechts: het landschap rond ca. 3400 voor Chr. (Gotjé, 2014).

2.2.2 Afzettingen uit het Holoceen

Vanaf 10 000 jaar geleden hogere temperaturen en veenvorming

Na de laatste ijstijd begon ca. 10 000 jaar geleden het Holoceen. De temperatuur steeg en de zeespiegel kwam omhoog. Het pleistocene landschap kwam onder invloed te staan van de Noordzee en stijgend grondwater. In de laagste delen zorgde moerasvegetatie voor veenvorming, het zogenaamde Basisveen ontstond. Op de hogere delen kwamen uitgestrekte bosgebieden voor.

Vanaf 5000 VC wisselende invloed van de zee met sedimentatie, veenvorming en erosie

Vanaf 5000 voor Chr. brak een fase aan met een wisselende invloed van de zee. Er waren perioden met sedimentatie en perioden met overwegend veenvorming en soms erodeerde er veen onder sterke invloed van de zee. Rond 3700 voor Chr. ontstond het zeegat bij Bergen (NH), door deze inbraak ontstond ten westen van Emmeloord een groot meer (figuur 4, rechts). Langs de oevers van het meer en langs de rivieren werd klei afgezet. Daarna overheerste gedurende een lange periode de veengroei. Nagenoeg het totale gebied raakte bedekt met veen, totdat rond 1900 voor Chr. vanuit Bergen een nieuwe getijdengeul ontstond, met invloed tot diep in Flevoland. Er werd weer klei afgezet en het verlande meer bij Emmeloord werd opnieuw een meer. Ook elders ontstonden meren. Tegen 1500 voor Chr. was het zeegat bij Bergen weer dichtgeslibd. Een landschap met meren resteerde. Door afslag en erosie werden deze meren steeds groter tot er uiteindelijk een aaneengesloten meer ontstond, het Flevomeer. De erosieproducten van het aangrenzende veenland sedimenteerden op de bodem van dit meer. Deze afzettingen staan bekend als detritus (organische stof gesedimenteerd met dynamiek/stroming) en gyttja (organische stof gesedimenteerd zonder dynamiek/neerdwarrelend).

De Zuiderzee ontstaat in de eerste eeuwen van de jaartelling

Omstreeks het begin van de jaartelling besloeg het Flevomeer een groot deel van het oorspronkelijke veengebied. Geleidelijk ontstond er vanuit het noorden een verbinding met de zee, waardoor de Zuiderzee ontstond. Door de invloed van de zee én van de IJssel sedimenteerde er zand en klei. Ook afslag en erosie ging door, de Zuiderzee breidde zich steeds verder uit, alleen de bewoonde eilanden Urk en Schokland bleven over. Stormvloedten teisterden de eilanden vele malen, onder andere in 1164, 1170, 1375, 1507 en vooral in 1570. Na de stormvloed van 1824 en 1825 werd de toestand voor Schokland onhoudbaar. In 1858 werd bij wet de ontruiming van Schokland gelast. De zeshonderd bewoners vertrokken en de meeste bebouwing werd afgebroken (Eilander en Heijink, 1990).

Op de bodem van de Zuiderzee is een pakket zand en klei gesedimenteerd. In het noordwestelijk deel van de Noordoostpolder, dicht bij de aanvoerbasis, is kleihoudend uiterst fijn zand afgezet. In oostelijke richting worden de sedimenten lutumrijker. Dit zet zich door tot ongeveer het centrum van de polder en blijft dan over een zekere afstand constant. Vervolgens neemt het lutumgehalte oostwaarts naar de grens met het 'oude land' snel weer af. Vanuit het zuiden is er onder invloed van de IJssel zand aangevoerd. Deze matig fijnzandige afzettingen liggen ten zuiden van Ens en staan bekend onder de naam Ramspolzand.

Afsluiting IJsselmeer en bedijking Noordoostpolder en Oostelijk en Zuidelijk Flevoland

In 1932 kwam de Afsluitdijk gereed en ontstond het IJsselmeer. Kort daarna werd in 1942 de Noordoostpolder drooggelegd, Oostelijk Flevoland in 1957 en Zuidelijk Flevoland in 1968. Afzettingen uit de IJssel-meerperiode worden in de Noordoostpolder niet aangetroffen, wel in Oostelijk en Zuidelijk Flevoland.

2.3 Bodem

Figuur 5 toont in een vereenvoudigde opmaak de bodemkaart van Flevoland, schaal 1 : 50 000, versie 2014. De bodemkaart geeft informatie over de profielopbouw tot een diepte van 1,2 m-mv. Figuur 5 laat duidelijk zien dat de bodemopbouw in de Noordoostpolder gevarieerder is dan die van Oostelijk en Zuidelijk Flevoland.

In het overgrote deel van Flevoland liggen holocene, kalkhoudende, mariene afzettingen aan de oppervlakte. De mariene afzettingen bestaan meestal uit zavel of klei maar kunnen lokaal ook uit zeezand bestaan. Mariene afzettingen worden op de bodemkaart naar het lutumgehalte ingedeeld in zandgronden (< 8% lutum) en klei- of zavelgronden (8% lutum of hoger).

De kalkhoudende zandgronden worden verder ingedeeld naar zandgrofheid van het zand en lutumgehalte (kleiarm met minder dan 4% lutum en kleiig 4 á 8% lutum). Langs de westrand van de Noordoostpolder komen lokaal kleiige, uiterst fijnzandig ($M_{50} < 105 \mu\text{m}$) zandgronden voor. Rond Urk en de keileemopduiking bij Kraggenburg is het zand matig fijn ($150 < M_{50} < 210 \mu\text{m}$) tot matig grof ($M_{50} > 210 \mu\text{m}$) door vermenging met pleistoceen zand als gevolg van afslag van de pleistocene opduikingen. Het kleiarme, matig fijnzandige 'Ramspolzand' ten zuiden van Ens is aangevoerd door de IJssel. In profielen van de kalkrijke zandgronden is weinig bodemvorming aanwezig. Door het agrarische gebruik is hier een zwak humeuze bouwvoor ontstaan. Vanwege de geringe tekenen van bodemvorming worden deze kalkhoudende zandgronden in de bodemclassificatie tot de vaaggronden gerekend.

Legenda

Veengronden en moerige gronden

- Met moerige bovengrond
- Met zandbovengrond
- Met kleibovengrond

Klei- en leemgronden

- Kalkrijke drechтваaggronden (zavel en klei)
- Kalkrijke poldervaaggronden (zavel, profielverloop 2)
- Kalkrijke poldervaaggronden (zavel, profielverloop 5)
- Kalkrijke poldervaaggronden (klei, profielverloop 2)
- Kalkrijke poldervaaggronden (klei, profielverloop 5)
- Keileemgronden

Zandgronden

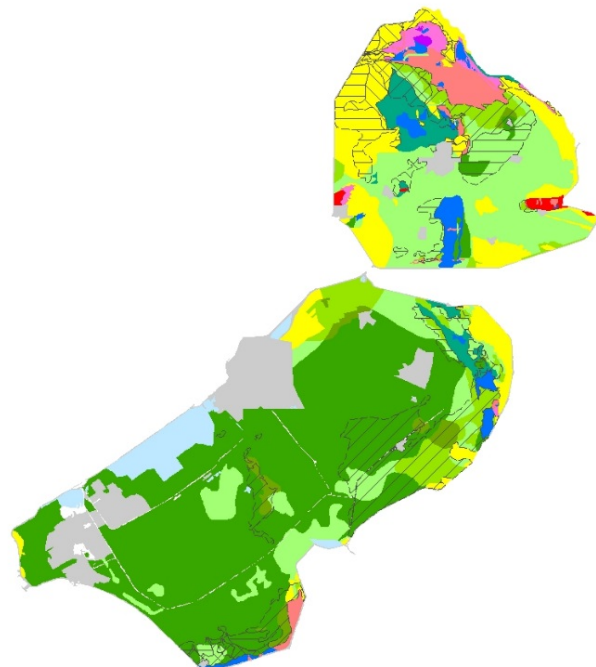
- Kalkhoudende zeezandgronden
- Kalkloze dekzandgronden

Overig

- Bebouwing, dijken, enz.
- Water en moeras

Ondergrond

- Pleistoceen zand beginnend tussen 0,4 en 1,2 m - mv.
- Veenondergrond beginnen tussen 0,4 en 1,2 m - mv.
- Moerige tussenlaag (maximaal 0,4 m dik)
- Moerige tussenlaag op Pleistoceen zand binnen 1,2 m - mv.



Figuur 3 Bodemkaart met vereenvoudigde opmaak (Bron: bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, versie 2014).

Bij de kleigronden wordt onderscheid gemaakt in drechtvaaggronden, poldervaaggronden en nesvaaggronden. Bij drechtvaaggronden begint tussen 0,4 en 0,8 m-mv een veenlaag van tenminste 0,4 m dikte. De laag boven het veen heeft 8-25% lutum (zavel). Bij de poldervaaggronden en de nesvaaggronden is de kleilaag dikker dan 0,8 m, op veel plaatsen bestaat deze laag uit lichte en zware zavel. De nesvaaggronden hebben een ongerijpte ondergrond binnen 0,8 m-mv en komen alleen voor in een smalle strook langs de zuidrand van Oostelijk en Zuidelijk Flevoland. In de Noordoostpolder komt lokaal lichte klei (25 < lutum < 35%) voor en op Schokland ligt een smalle strook met zware kleigronden (lutum > 35%). In Oostelijk en Zuidelijk Flevoland bestaat de bovengrond overwegend uit lichte klei, lokaal zelfs zware klei. Gemiddeld is de bovengrond in de Noordoostpolder dus (veel) lichter dan de bovengrond in Oostelijk en Zuidelijk Flevoland. Zowel bij de kalkhoudende zandgronden als bij de kleigronden komt over een aanzienlijk areaal veen in de ondergrond voor. Bij de drechtvaaggronden begint deze laag al tussen 0,4 en 0,8 m-mv. Bij de poldervaaggronden, de nesvaaggronden en de kalkhoudende zandgronden bedraagt de begindiepte van de veenlaag minimaal 0,8 m-mv. Begint de veenlaag tussen 0,8 en 1,2 m-mv dan wordt dit onderscheiden met een toevoeging voor de ondergrond.

In het noorden van de Noordoostpolder en lokaal langs de zuidrand van Oostelijk en Zuidelijk Flevoland komen pleistocene zandgronden aan of nabij de oppervlakte voor. In het deel waar het pleistocene zand aan de oppervlakte ligt, is in het matig fijnzandige materiaal meestal podzolering opgetreden. In de Noordoostpolder liggen langs de noordflank van de dekzandrug veengronden en moerige gronden met een ondergrond van pleistoceen zand. Langs de zuidflank komt in een brede zone met kleigronden eveneens pleistoceen zand binnen een diepte van 1,2 m-mv voor. In Oostelijk en Zuidelijk Flevoland is de helling van de bovenkant van de pleistocene ondergrond voornamelijk zuidoost-noordwest gericht en is daarmee bijna tegengesteld aan die van de Noordoostpolder die vooral noordoost-zuidwest gericht is. Door deze, bijna tegengestelde, hellingshoek komen in Oostelijk en Zuidelijk Flevoland juist aan de noordflank van de dekzandrug kleigronden voor met pleistoceen zand binnen een diepte van 1,2 m-mv. Alleen in de Noordoostpolder liggen, bij Urk, Tollebeek en Kraggenburg, enkele opduikingen met keileem, ontstaan door opstuwend landijs tijdens het Pleistoceen. Ten westen van Schokland reikt de top van enkele rivierduintjes tot aan maaiveld. Deze zijn ontstaan door verstuiving van zand uit de oerstroombalen van de Vecht en de IJssel.

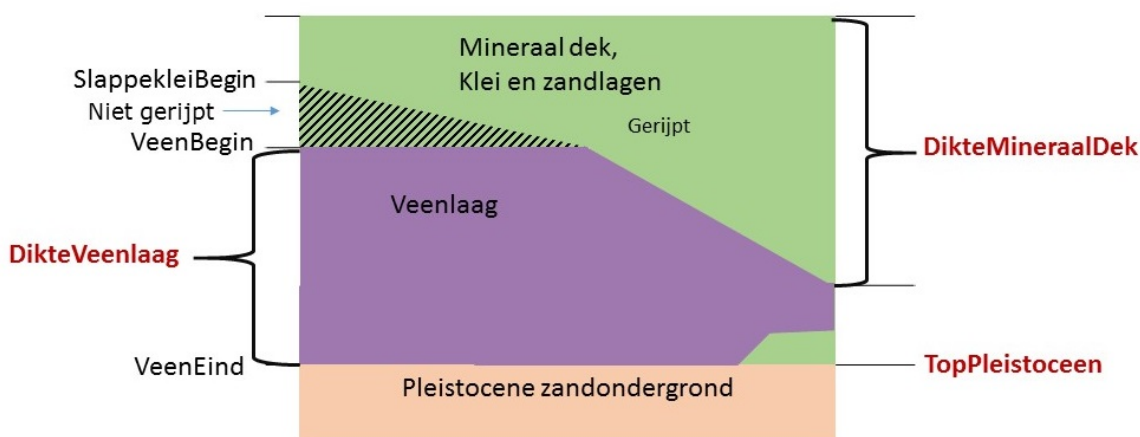
3 Werkwijze

3.1 Uitgangspunten

Dit project heeft als doel de bodemkaart te actualiseren en actuele informatie te verzamelen over de laagopbouw in het traject tot de pleistocene ondergrond met een maximumdiepte van 3,5 à 4 m-mv. Bij het actualiseren van de bodemkaart gaat het met name om kenmerken binnen 1,2 m-mv. die in de loop van de tijd kunnen veranderen, zoals rijping van kleilagen en de begindiepte en dikte van de veenondergrond. Jonge sedimenten zoals in Flevoland zijn aanvankelijk zeer waterrijk en plastisch. Dit slappe materiaal is nog niet gerijpt. Door ontwatering en door gewasverdamping wordt er water onttrokken. Voor een deel is dit een onomkeerbaar proces, de slappe klei wordt steviger. Bij dit 'rijpingsproces' treedt krimp op, er ontstaan scheuren en de kleilaag wordt dunner. Ook veenlagen slinken doordat veen oxideert en inklinkt. Deze veranderingen kunnen resulteren in andere bodemtypen.

Het genereren van gebiedsdekkende kaartbeelden wordt uitgevoerd met behulp van 'Digitale BodemKartering' (DBK). We gebruiken hiervoor een geostatistische methode waarbij door een combinatie van bodemgegevens uit veldwaarnemingen en allerlei informatie over terreinkenmerken, zoals reliëf, grondwaterstanddiepte, ontwateringsdiepte en bodemgebruik, kaartbeelden worden gecreëerd. Naast een voorspelling van bodemkenmerken geeft het model ook een indicatie van de precisie van de voorspelling. Met DBK worden de doelvariabelen afzonderlijk voorspeld. De doelvariabelen in dit project zijn (figuur 6):

- Dikte van het minerale dek in cm (DikteMineraalDek). Dit is het aaneengesloten pakket van mariene klei- en/of zandlagen dat vanaf maaiveld begint en op een veenlaag of direct op de pleistocene zandondergrond rust. In Flevoland rust het minerale dek meestal op een veenlaag en dan is de dikte van het minerale dek eveneens te gebruiken als de begindiepte van de veenlaag in cm t.o.v. maaiveld.
- Begindiepte van niet-gerijpte (slappe) klei in cm-mv (SlappekleiBegin). De begindiepte van niet-gerijpte klei is van belang bij de actualisatie van de bodemkaart. De bodemkaart onderscheidt eenheden waarbij de niet-gerijpte laag binnen 0,8 m-mv begint.
- Dikte van de veenla(a)g(en) in cm (DikteVeenlaag).
- Begindiepte pleistocene ondergrond in m ten opzichte van NAP (TopPleistoceen). De pleistocene ondergrond bestaat overwegend uit zand en soms uit keileem.



Figuur 4 Schematische voorstelling van de laagopbouw in Flevoland en het benoemen van de doelvariabelen.

3.2 Data verzamelen

Voor het modelleren zijn waarnemingen nodig over de verschillende doelvariabelen. Deze gegevens kunnen worden afgeleid uit boormonsterbeschrijvingen. Hiervoor is op een groot aantal locaties een boormonsterbeschrijving opgesteld. Er is ook nagegaan of er al bruikbare gegevens in databases beschikbaar zijn. Voor ons onderzoek hebben we gebruik gemaakt van twee landelijke en openbare databases, te weten het Bodemkundig InformatieSysteem van WENR (BIS Nederland) en DINOLoket van TNO. Op het moment van verschijnen van dit rapport is men binnen de BRO bezig om deze beide databases toegankelijk te maken via één BRO-Loket.

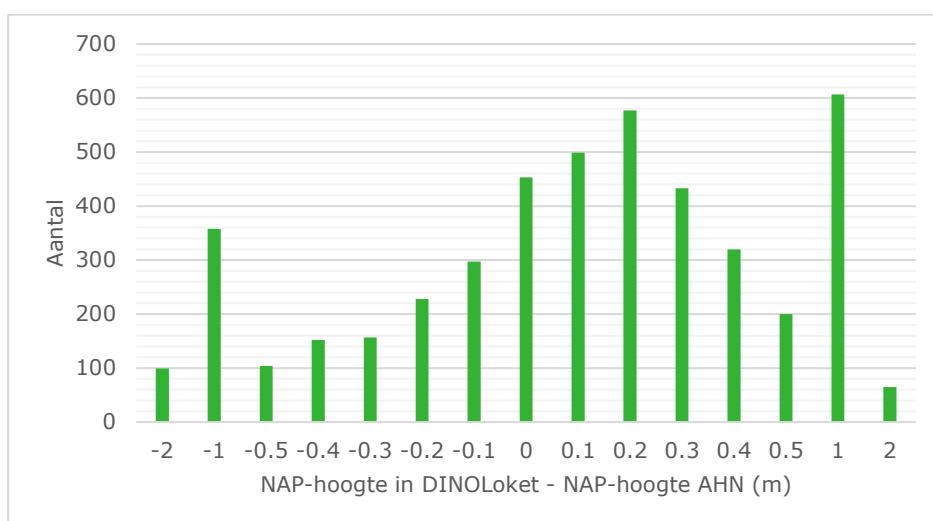
3.2.1 Deskstudie naar gegevens uit diverse bronnen

BIS Nederland (BRO registratieobject-bodemkundige boormonsterbeschrijving)

In BIS Nederland zijn profielbeschrijvingen geselecteerd van boringen die niet ouder zijn dan 2005. Boringen ouder dan 2005 blijven in dit project buiten beschouwing omdat informatie over de veendikte over de jaren heen snel veranderd. Voor de Noordoostpolder zijn dan 76 boormonsterbeschrijvingen beschikbaar met informatie over de laagopbouw. In Oostelijk en Zuidelijk Flevoland voldoen 45 boormonsterbeschrijvingen aan de gestelde leeftijdsgrens.

DINOLoket

Gotjé heeft in 2014 een datacatalogus samengesteld waarin een groot aantal bestanden en kaarten van de Noordoostpolder worden beschreven (Gotjé, 2014). Waterschap Zuiderzeeland heeft deze GIS-bestanden ter beschikking gesteld. Hiertoe behoort ook een bestand met 4549 boorlocaties afkomstig uit het DINOLoket. De belangrijkste informatie in deze dataset is de maaiveldhoogte ten opzichte van NAP en de begindiepte van de pleistocene zandondergrond ten opzichte van NAP (doelvariabele TopPleistocene). Helaas ontbreekt de datum van opnames. Steekproefsgewijs is de informatie van deze dataset vergeleken met de complete set in het DINOLoket. De ligging van de locaties (X- en Y-coördinaten), de maaiveldhoogtes en de begindieptes van de pleistocene ondergrond komen overeen. Uit deze steekproef blijkt dat er gegevens bij zitten vanaf 1930. Bij een deel van de boringen is de opnamedatum niet bekend. Het is ook niet bekend op welke wijze de maaiveldhoogte is vastgesteld. Omdat de inwinning van de gegevens over een lange periode is verspreid, zullen er voor het bepalen van de hoogte in de loop van de jaren waarschijnlijk verschillende methodes gebruikt zijn. De hoogtes in het bestand zijn vergeleken met de hoogtes uit het Actueel Hoogtebestand van Nederland (AHN2). Er komen verschillen voor tot meer dan 1 meter (figuur 7). De boorlocaties met een verschil van minder dan 0,5 m zijn geselecteerd om te gebruiken in dit project. In totaal betreft het 3351 van de 4549 boringen.



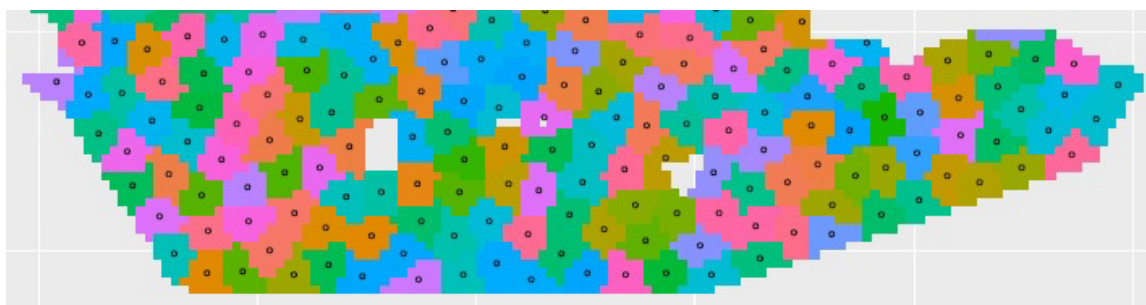
Figuur 5 Overzicht van de verschillen tussen de opgegeven NAP-hoogte van de locaties in het DINOLoket en de NAP-hoogte volgens AHN2. (-0.4 betekent dat de hoogte volgens de gegevens in het DINOLoket 0.4 m lager is dan de maaiveldhoogte volgens AHN2 op die locatie).

Voor Oostelijk en Zuidelijk Flevoland heeft Gotjé dit werk helaas niet uitgevoerd. Een eigen zoekactie in DINOLoket leverde slechts 67 boorbeschrijvingen op waarin de hoogte van het maaiveld bekend is en waarin een zandondergrond beschreven is die duidelijk te typeren valt als onderdeel van het Pleistoceen (dekzand of keileem). De boorbeschrijvingen uit het DINOLoket zijn alleen gebruikt voor de doelvariabele 'TopPleistoceen'. Voor de andere doelvariabelen waren we onvoldoende zeker van de kwaliteit en de bruikbaarheid in verband met de leeftijd van de boringen en/of de beschrijvingen.

3.2.2 Kalibratieset met boormonsterbeschrijvingen

Een boormonsterbeschrijving geeft schematisch informatie over de gelaagdheid in een bodemprofiel op een bepaalde locatie. Om een boormonsterbeschrijving te kunnen maken, haalt de veldbodembodkundige met een zogenaamde edelmanboor of met een gutsboor bodemmateriaal uit het boorgat omhoog en legt dit op volgorde neer. Vervolgens wordt op basis van kleur, samenstelling en consistentie de gelaagdheid vastgesteld. Begin- en einddieptes van de lagen worden genoteerd en van elke laag worden belangrijke kenmerken geschat, zoals organische-stofgehalte, veensoort, lutumgehalte, leemgehalte, siltgehalte, zandgrofheid, consistentie en aanwezigheid van kalk. De locatie wordt vastgelegd via x- en y-coördinaten met behulp van GPS (Global Positioning System). De boormonsterbeschrijvingen worden opgeslagen in het Bodemkundig InformatieSysteem (BIS Nederland) van Wageningen Environmental Research (WENR) en sinds 2017 definitief ook in de BRO registratieobject-bodemkundige boormonsterbeschrijving. De boormonsterbeschrijvingen zijn via internet in te zien in BIS Nederland (<http://maps.bodemdata.nl/bodemdatanl/index.jsp>) en DINOLoket (<https://www.dinoloket.nl/>).

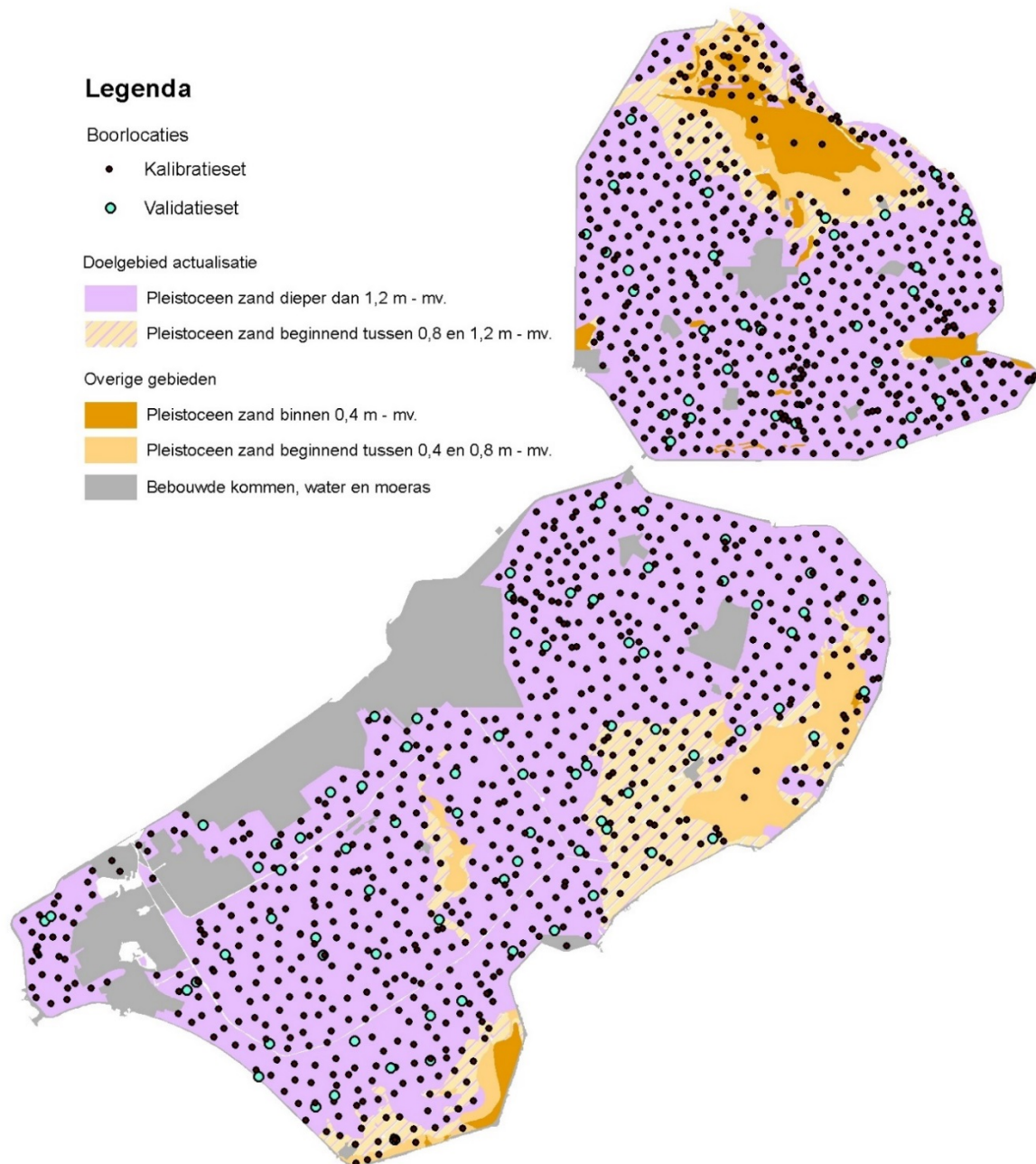
Om te beschikken over een uitgebreide kalibratieset met actuele boormonsterbeschrijvingen, zijn evenredig over de Noordoostpolder 477 locaties en evenredig over de Oostelijk en Zuidelijk Flevoland 730 locaties geselecteerd. Voor de Noordoostpolder is vanwege een complexere bodemopbouw gekozen voor een iets hogere dichtheid dan voor Oostelijk en Zuidelijk Flevoland: Noordoostpolder gemiddeld 1 boring per 80 ha en Oostelijk en Zuidelijk Flevoland gemiddeld 1 boring per 100 ha. Om een evenredige verdeling over een deelgebied te krijgen, is gebruikgemaakt van 'spatial coverage sampling' (Walvoort *et al.*, 2010). Hierbij wordt de Noordoostpolder opgedeeld in 477 en Oostelijk en Zuidelijk Flevoland in 730 compacte deelgebiedjes (figuur 8). Vervolgens worden de zwaartepunten van de deelgebiedjes als boorlocatie aangewezen. Op deze locaties, of in de nabije omgeving, worden beschrijvingen van de profielopbouw opgesteld (figuur 9). Indien een locatie wordt verplaatst naar de nabije omgeving, worden de geografische coördinaten hierop aangepast. Hierbij worden de richtlijnen voor bodemkundige boormonsterbeschrijvingen gevolgd (Ten Cate *et al.*, 1995). Tevens geldt voor dit veldwerk een protocol met een aantal richtlijnen voor het kiezen van de locatie en de boordiepte (Bijlage 1). De opdracht was tot in de pleistocene zandondergrond te boren, met een maximum diepte van 3,5 à 4 m-mv.



Figuur 6 Voorbeeld van de opsplitsing van het doelgebied in deelgebiedjes met gelijke oppervlakte zoals toegepast bij spatial coverage sampling.

Bij het opstellen van de boormonsterbeschrijvingen wordt gebruikgemaakt van de VeldGIS-applicatie op veldcomputers. Dit is een door WENR ontwikkelde module in ArcGIS met een invulscherm voor boormonsterbeschrijvingen. Met GPS worden de x- en y-coördinaten automatisch bepaald. De hoogte wordt automatisch afgeleid uit het AHN2-bestand. Voor een aantal attributen in de VeldGIS-applicatie (zoals bodemgebruik, horizontcode en veensoort) zijn keuzelijsten beschikbaar, hetgeen het invullen vergemakkelijkt en fouten voorkomt. Tevens bevat VeldGIS programma's om te controleren of de beschrijvingen consistent zijn.

Voor de Noordoostpolder vormen de 477 nieuwe boormonsterbeschrijvingen, samen met 76 boorgegevens uit BIS Nederland en 3351 boorgegevens uit het DINOLoket de kalibratieset voor de modellen waarmee de ruimtelijke voorspellingen worden uitgevoerd voor het deelgebied van de Noordoostpolder. Voor Oostelijk en Zuidelijk Flevoland vormen de 730 nieuwe boormonsterbeschrijvingen, samen met 45 boorgegevens uit BIS Nederland en 67 boorgegevens uit het DINOLoket de kalibratieset voor de modellen waarmee de ruimtelijke voorspellingen worden uitgevoerd voor het deelgebied Oostelijk en Zuidelijk Flevoland.



Figuur 9 Locaties van recent door WENR uitgevoerde boorbeschrijvingen.

3.2.3 Validatieset met boormonsterbeschrijvingen

Om de ruimtelijke voorspellingen van de verschillende doelvariabelen te toetsen is een onafhankelijke set met gegevens nodig. Daarvoor hebben we een validatieset met boormonsterbeschrijvingen samengesteld. De informatie uit deze beschrijvingen wordt dus niet gebruikt bij de ruimtelijke voorspellingen. Door middel van een kanssteekproef zijn in de Noordoostpolder 35 locaties en in Oostelijk en Zuidelijk Flevoland 77 locaties geloot (figuur 9). Om de boormonsterbeschrijvingen te maken, is dezelfde werkwijze gevolgd als bij de kalibratieset. Als belangrijke aanvullende voorwaarde geldt dat voor de validatieset exact op de aangegeven locaties wordt geboord.

3.3 Modelleren

3.3.1 Exploratieve gegevensanalyse

Om gevoel te krijgen voor de beschikbare gegevens voeren we eerst een exploratieve gegevensanalyse uit. We kijken dan onder andere naar de verdelingen van de gegevens, naar extreme waarden die kunnen duiden op fouten, de ruimtelijke configuratie van waarnemingspunten en ruimtelijke patronen. Ook kijken we of er gecensureerde waarnemingen voorkomen. Een voorbeeld van een gecensureerde waarneming is een 'dieper dan'-waarde. Denk bijvoorbeeld aan een veenlaag waarvan de onderkant dieper ligt dan de maximale boordiepte. Men weet dan wel de diepte van de bovenkant, maar niet die van de onderkant. De onderkant van de laag wordt dan gerapporteerd als 'dieper dan de maximale boordiepte'. Vaak worden gecensureerde waarnemingen buiten beschouwing gelaten bij analyses. Wij doen dit echter niet, omdat gecensureerde waarnemingen ook informatie verschaffen. We weten dan immers de minimale dikte van een laag, of de minimale diepte tot het pleistocene zand.

3.3.2 Geostatistisch model

We gebruiken geostatistische modellen om de kaarten te maken. Daarbij willen we zo goed mogelijk de karakteristieken van de gegevens meenemen:

1. Doordat niet altijd tot de pleistocene ondergrond is geboord, weten we soms alleen dat deze dieper ligt dan de maximale boordiepte en kennen we dan alleen de minimale dikte van een veenlaag. Dit zijn zogenaamde gecensureerde waarnemingen. Weglaten van dergelijke gegevens is onverstandig, omdat hierdoor dieptes en diktes systematisch zullen worden onderschat.
2. We gebruiken gegevens uit verschillende bronnen die verschillen in nauwkeurigheid. We willen dat nauwkeuriger gegevens meer bijdragen aan de kaart dan minder nauwkeurige gegevens.

De geostatistische methode die we gebruiken heet kriging (Cressie, 1993). Een meetwaarde wordt hierbij opgesplitst in twee additieve componenten: een ruimtelijke trend en een residu. De trend-component representeert ruimtelijke patronen op regionale schaal, de residuen geven de lokale afwijkingen van de trend.

Om de trend te modelleren, wordt vaak gebruik gemaakt van vlakdekkende hulpinformatie. Dat wil zeggen, gegevensbestanden die voor alle locaties waar metingen zijn verricht en waar voorspellingen moeten worden gedaan beschikbaar zijn. Voorbeelden zijn een digitaal hoogtemodel, attributen van de bodemkaart, maar ook de geografische coördinaten van punten in een gebied.

Het schatten van de trendparameters doen we door het maximaliseren van de likelihood van een Tobit model (https://en.wikipedia.org/wiki/Tobit_model). Langs deze wijze wordt expliciet rekening gehouden met gecensureerde waarnemingen. Het verdisconteren van de betrouwbaarheid van de metingen doen we door schattingen van de betrouwbaarheid expliciet mee te nemen bij de ruimtelijke interpolatie.

Met behulp van kriging hebben we kaarten vervaardigd voor de begindiepte van de pleistocene ondergrond, de dikte van het minerale dek, en de dikte van de veenlaag. We hebben geïnterpoleerd naar een regelmatig grid van voorspelpunten met een resolutie van 50 meter. Dit grid wordt het predictiegrid genoemd.

3.3.3 Validatie

We valideren door waarden op validatiepunten te vergelijken met voorspelde waarden op de kaart. Validatiepunten worden tijdens het modelleerproces buiten beschouwing gelaten en alleen voor validatiedoeleinden gebruikt (par. 3.2.3). Merk verder op dat de aselect genomen validatiepunten niet noodzakelijkerwijs hoeven samen te vallen met de voorspelpunten van het predictiegrid. Dat willen we ook niet, omdat we de kaart als geheel willen valideren en niet alleen de voorspelde waarden op de punten van het predictiegrid.

We hebben de volgende validatiestatistieken berekend:

- De gemiddelde fout (ME), d.w.z. het gemiddelde van het verschil tussen de gemeten waarde en de berekende waarde. De optimale waarde is gelijk aan nul.
- De vierkantswortel uit de gemiddelde gekwadrateerde fout (RMSE). Dit is een waarde groter dan of gelijk aan nul. Het optimum is nul. De RMSE is een maat voor de nauwkeurigheid.
- De (Pearsons) correlatiecoëfficiënt (r). Dit is een maat van overeenkomst in het ruimtelijke patroon tussen de waarnemingen en de voorspellingen. De correlatiecoëfficiënt is nul als er geen overeenkomst is, 1 als de patronen gelijk zijn, en -1 als de patronen omgekeerd zijn. De optimale waarde bij validatie is 1.

3.4 Bodemkaart actualiseren

Het belangrijkste onderdeel van dit BRO-project is het actualiseren van de bodemkaart van Flevoland. Om de informatie van de bodemkaart adequaat te kunnen gebruiken voor landelijke en regionale toepassingen, is voortdurend onderhoud nodig. Dit onderhoud bestaat uit:

- Verbetering van de geografische nauwkeurigheid; dit heeft in Flevoland vooral betrekking op een nauwkeuriger begrenzing van bebouwde gebieden, nieuwe waterplassen en sterk opgehoogde en afgegraven terreinen.
- Verbetering en actualisatie van de inhoudelijke informatie; dit is nodig omdat, deels door natuurlijke processen en deels door ingrepen, veranderingen optreden in bodemkenmerken. Voor Flevoland geldt vooral dat na de drooglegging van de polders lokaal sterke maaiveldddaling is opgetreden. Aan dit proces is ook nog zeker geen einde gekomen. Door maaiveldddaling verandert de opbouw van de bodem. In Flevoland zal dit vooral tot gevolg hebben dat de pleistocene ondergrond en het daarop rustende veenpakket ondieper in het bodemprofiel komen te liggen. Door verdergaande rijping van klei kunnen bodemvlakken met een ongerijpte ondergrond inmiddels een gerijpte ondergrond hebben.

Om de uitbreidingen van bebouwde gebieden en nieuwe waterplassen te actualiseren, wordt de meest recente topografische kaart gebruikt (Top10NL_2016sep). Voor het afgrenzen van sterk opgehoogde en sterk afgegraven terreinen gebruiken we AHN2.

Met behulp van de vier rasters met celgrootte van 50 x 50 m² (DikteMineraalDek, SlappekleiBegin, DikteVeenlaag en TopPleistocene) en de boormonsterbeschrijvingen wordt per kaartvlak van de bodemkaart vastgesteld of ze nog voldoen aan de bijbehorende eisen van de diktes van het minerale dek en veenpakket en aan de begindieptes van niet-gerijpte klei en de pleistocene ondergrond. Bij de kaartvlakken waarbinnen dit inmiddels niet meer het geval is, wordt volgens een schema de bodemcode, of een onderdeel ervan, aangepast en/of wordt de begrenzing van die kaartvlakken aangepast.

Pleistocene zandondergrond (TopPleistocene)

Bij het actualisatieproces beginnen we met het raster van de pleistocene zandondergrond. We plotten dit raster, ingedeeld in de volgende vier klassen onder de bodemkaart:

1. Beginnend dieper dan 1,2 m–mv.
2. Beginnend tussen 0,8 en 1,2 m–mv.
3. Beginnend tussen 0,4 en 0,8 m–mv.
4. Beginnend ondieper dan 0,4 m–mv.

Ad. 1. Alle kaartvlakken van ons doelgebied die liggen in de klasse van een pleistocene zandondergrond beginnend dieper dan 1,2 m–mv blijven ongemoeid.

Ad. 2. Kaartvlakken van ons doelgebied liggend in de klasse van een pleistocene zandondergrond beginnend tussen 0,8 en 1,2 m–mv horen op de bodemkaart een toevoeging .../p voor de ondergrond te hebben. Wanneer deze ontbreekt, wordt die bij deze actualisatie ingevuld.

Ad. 3. Kaartvlakken van ons doelgebied liggend in de klasse van een pleistocene zandondergrond beginnend tussen 0,4 en 0,8 m–mv horen op de bodemkaart naast een toevoeging .../p voor de ondergrond ook een profielverloop 2 te hebben. Wanneer de toevoeging .../p ontbreekt en/of het profielverloop anders is dan een 2, wordt bij deze actualisatie de toevoeging en het profielverloop gecorrigeerd. Bij de kalkhoudende zeezandgronden wordt geen profielverloop onderscheiden. Hier wordt bij een ontbrekende toevoeging .../p alleen deze toevoeging ingevuld.

Ad. 4. Kaartvlakken van ons doelgebied liggend in de klasse van een pleistocene zandondergrond beginnend ondieper dan 0,4 m–mv horen op de bodemkaart een code te hebben van een kalkloze dekzandgrond of een keileemgrond. Wanneer er sprake is van kaartvlakken van ons doelgebied die liggen in deze klasse, zal met behulp van aangrenzende kaartvlakken en inliggende boormonsterbeschrijvingen worden gekozen voor de meest geschikte bodemcode van een kalkloze dekzandgrond of een keileemgrond.

Veenlaag (DikteVeenlaag en DikteMineraalDek)

Wanneer de aanpassing van de bodemkaart op de pleistocene zandondergrond klaar is, volgt de aanpassing op de dikte en begindiepte van het veenpakket. Bij de dikte van het veenpakket zijn voor de bodemkaart drie klassen van belang:

- Dunner dan 0,15 m.
- Dunner dan 0,4 m maar dikker dan of gelijk aan 0,15 m.
- Dikker dan of gelijk aan 0,4 m.

De begindiepte van het veen leiden we af uit het raster van de dikte van de minerale bovengrond. Wanneer een veenlaag aanwezig is, dan is de begindiepte van deze veenlaag gelijk aan de einddiepte (= dikte) van het bovenliggende minerale dek. De vier klassen die van belang zijn voor de begindiepte van het veen zijn gelijk aan die van de begindiepte van de pleistocene zandondergrond.

Om de bodemkaart te actualiseren voor de veenlaag is een combinatie nodig van begindiepte en dikte van het veen. Voor de bodemkaart zijn de volgende combinaties van begindiepte en dikte van veen van belang:

1. Beginnend dieper dan 1,2 m–mv ongeacht de dikte.
2. Beginnend tussen 0,8 en 1,2 m–mv en dikker dan of gelijk aan 0,4 m.
3. Beginnend tussen 0,4 en 0,8 m–mv en dikker dan of gelijk aan 0,4 m.
4. Beginnend tussen 0,4 en 0,8 m–mv en dunner dan 0,4 m maar dikker dan of gelijk aan 0,15 m.
5. Beginnend ondieper dan 0,4 m–mv en dikker dan of gelijk aan 0,4 m.
6. Beginnend ondieper dan 0,4 m–mv en dunner dan 0,4 m maar dikker dan of gelijk aan 0,15 m.
7. Beginnend ondieper dan 0,4 m–mv en dunner dan 0,15 m.

Ad. 1. Alle kaartvlakken van ons doelgebied die liggen in de klasse van een veenlaag beginnend dieper dan 1,2 m–mv blijven ongemoeid, ongeacht de dikte.

Ad. 2. Kaartvlakken van ons doelgebied liggend in de klasse van een veenlaag beginnend tussen 0,8 en 1,2 m–mv en dikker dan of gelijk aan 0,4 m horen op de bodemkaart een toevoeging .../v voor de ondergrond te hebben. Wanneer deze ontbreekt, wordt die bij deze actualisatie ingevuld.

Ad. 3. Kaartvlakken van ons doelgebied liggend in de klasse van een veenlaag beginnend tussen 0,4 en 0,8 m–mv en dikker dan of gelijk aan 0,4 m horen op de bodemkaart een profielverloop 1 te hebben. Wanneer het profielverloop anders is dan 1, wordt bij deze actualisatie de bodemcode hierop aangepast. Bij de kalkhoudende zeezandgronden wordt geen profielverloop onderscheiden. Bij deze gronden wordt in dit geval alleen gekeken naar de toevoeging. Bij een ontbrekende toevoeging .../v wordt dan alleen deze toevoeging ingevuld.

Ad. 4. Kaartvlakken van ons doelgebied liggend in de klasse van een veenlaag beginnend tussen 0,4 en 0,8 m–mv en dunner dan 0,4 m maar dikker dan of gelijk aan 0,15 m horen op de bodemkaart een toevoeging .../w voor de ondergrond te hebben. Wanneer deze ontbreekt, wordt die bij deze actualisatie ingevuld.

Ad. 5. Kaartvlakken van ons doelgebied liggend in de klasse van een veenlaag beginnend ondieper dan 0,4 m–mv en dikker dan of gelijk aan 0,4 m horen op de bodemkaart een code te hebben van een veengrond. Wanneer er sprake is van kaartvlakken van ons doelgebied die liggen in deze klasse, zal met behulp van aangrenzende kaartvlakken en inliggende boormonsterbeschrijvingen worden gekozen voor de meest geschikte bodemcode van een veengrond.

Ad.6. Kaartvlakken van ons doelgebied liggend in de klasse van een veenlaag beginnend ondieper dan 0,4 m–mv en dunner dan 0,4 m maar dikker dan of gelijk aan 0,15 m horen op de bodemkaart een code te hebben van een moerige grond. Wanneer er sprake is van kaartvlakken van ons doelgebied die liggen in deze klasse, zal met behulp van aangrenzende kaartvlakken en inliggende boormonsterbeschrijvingen worden gekozen voor de meest geschikte bodemcode van een moerige grond.

Ad. 7. Alle kaartvlakken van ons doelgebied die liggen in de klasse van een veenlaag beginnend ondieper dan 0,4 m–mv en dunner dan 0,15 m horen op de bodemkaart een code te hebben van een kalkloze dekzandgrond of een keileemgrond. Deze kaartvlakken zijn al gecorrigeerd met het raster van de pleistocene zandondergrond.

Niet-gerijpte klei (SlappekleiBegin)

Wanneer de aanpassing van de bodemkaart op de dikte en begindiepte van de veenlaag klaar is, volgt tot slot de aanpassing op de begindiepte van niet-gerijpte klei. Voor de interpretatie van de begindiepte van niet-gerijpte klei zijn voor de bodemkaart twee klassen van belang:

- Beginnend ondieper dan 0,8 m–mv.
- Beginnend op of dieper dan 0,8 m–mv.

De kaartvlakken van ons doelgebied die met dit raster gecontroleerd moeten worden, zijn de nesvaaggronden (Mo...). Wanneer kaartvlakken van ons doelgebied met deze bodemcode liggen in de klasse 'Beginnend op of dieper dan 0,8 m–mv.' dan moet de bodemcode van een nesvaaggrond worden gecorrigeerd naar een bodemcode van een poldervaaggrond (Mn...).

4 Resultaten

4.1 Boormonsterbeschrijvingen

Voor dit project zijn voor de Noordoostpolder in de periode maart – juli 2017 op 512 locaties grondboringen verricht, waarbij een boormonsterbeschrijving is opgesteld. Hiervan behoren 35 tot de validatieset en 477 tot de kalibratieset. Voor Oostelijk en Zuidelijk Flevoland zijn in de periode april 2017 – oktober 2018 op 807 locaties grondboringen verricht, waarbij een boormonsterbeschrijving is opgesteld. Hiervan behoren 77 tot de validatieset en 730 tot de kalibratieset (figuur 9). Al deze nieuwe boormonsterbeschrijvingen zijn inmiddels aan het BRO-bestand toegevoegd.

De opzet was om minimaal tot de pleistocene zandondergrond te boren met een maximale boordiepte van 3,5 à 4 m-mv. Bij enkele profielen met een dik pakket holoceen zand is dit niet gelukt, omdat de zandkorrels onder de grondwaterspiegel een geringe onderlinge binding hebben, waardoor dit verzadigde materiaal uit de boor vloeide. Dit was soms het geval bij het kleiarme, matig fijne 'Ramspolzand' ten zuiden van Ens en bij het eveneens kleiarme, matig fijne zeezand in het bos- en recreatiegebied Roggebotzand ten oosten van Dronten.

4.2 Ruimtelijke voorspellingen

4.2.1 Begindiepte van de pleistocene ondergrond

Om de begindiepte van de pleistocene ondergrond te voorspellen, is het doelgebied uitgebreid tot de gehele provincie Flevoland. Binnen het doelgebied zijn zowel begindieptes van WENR (BIS Nederland) als van TNO (DINOloket) beschikbaar, buiten het doelgebied vooral die van DINOloket. Daarnaast weten we dat bij pleistocene opduikingen buiten het doelgebied, waar op de bodemkaart kalkloze zandgronden en keileemgronden zijn onderscheiden zoals bij Urk, Kuinre, Kraggenburg en ten zuiden van Zeewolde, de begindiepte van de pleistocene ondergrond gelijk is aan de maaiveldhoogte.

Noordoostpolder

In totaal hebben we de beschikking over 553 WENR-boringen, 3349 DINO-boringen, en 38 maaiveldhoogtes (AHN) van pleistocene opduikingen.

We beschikken over drie bronnen: DINO, WENR, en AHN. De onnauwkeurigheid van deze bronnen is geschat als een standaarddeviatie. Voor WENR is die geschat op 5 cm (expertkennis). Die van DINO zal op het moment van meting vergelijkbaar zijn met die van WENR. We schatten deze echter iets minder nauwkeurig in omdat we niet over voldoende metadata beschikken (zoals meetdatum). Bovendien is de DINO-set gebaseerd op meerdere onderzoeken en zal daardoor naar verwachting heterogener van samenstelling zijn. Daarom nemen we aan dat de betrouwbaarheid van de DINO-data iets lager is dan die van WENR, namelijk 10 cm (expertkennis).

De maaiveldhoogtes zijn gebaseerd op een gecorrigeerd AHN waar bebouwing is verwijderd. De maaiveldhoogtes zullen niet exact de begindiepte van de pleistocene ondergrond weergeven omdat de uitgevoerde correctie (verwijderen bebouwing, bomen, e.d.) niet foutloos is. We hebben de beschikbare boorpunten in deze gebieden gebruikt om een relatie af te leiden tussen de begindiepte tot de pleistocene ondergrond en de maaiveldhoogte op basis van het gecorrigeerde AHN. Deze relatie hebben we vervolgens gebruikt om op basis van de maaiveldhoogte de begindiepte tot de pleistocene ondergrond te voorspellen, inclusief de betrouwbaarheid van deze voorspelling. De gefitte relatie verklaart 71% van de variatie in de gegevens.

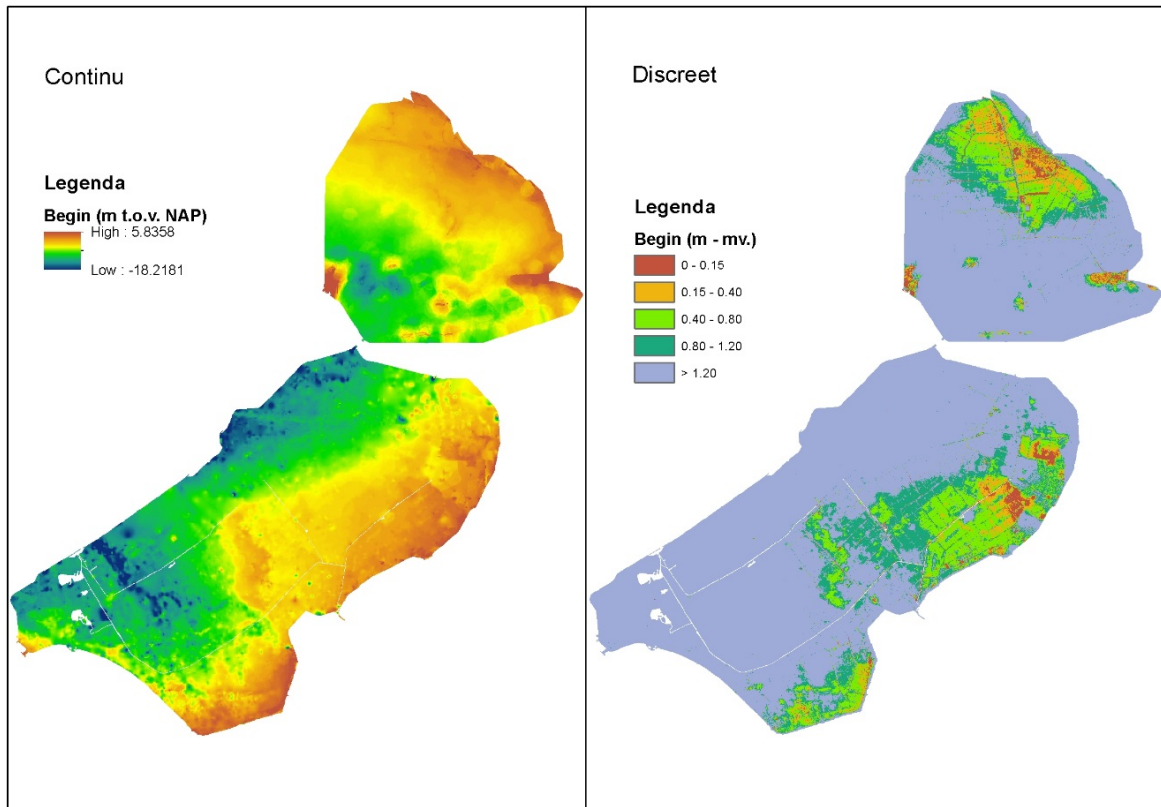
We hebben geen gebruik gemaakt van hulpinformatie, zoals geografische coördinaten en de bodemkaart, omdat die onvoldoende voorspelkracht bleken te hebben. De trendcomponent is daarom gebaseerd op een gewogen gemiddelde van de gegevens, waarbij gecorrigeerd is voor gecensureerde waarnemingen. Tevens is bij de kriging expliciet rekening gehouden met de nauwkeurigheid van de gebruikte gegevensbronnen (paragraaf 3.3.2). Figuur 10 geeft het resultaat.

Oostelijk en Zuidelijk Flevoland

Voor Oostelijk en Zuidelijk Flevoland hadden we de beschikking over slechts 67 additionele DINO-boringen. Wel hadden we de beschikking over een gebiedsdekkende kaart van TNO (DINOLoket). Deze hebben we gebruikt als hulpinformatie om de voorspellingen van de WENR-kaart te verbeteren.

De trendparameters hebben we statistisch geschat door het maximaliseren van de likelihood van een Tobit-model (par. 3.3.2). Hierdoor konden we ook de gecensoreerde waarnemingen meenemen in het model.

De residuen (zie par. 3.3.2) hebben we gemodelleerd met een sferisch semivariogrammodel. De diepte van de pleistocene ondergrond is verkregen door het trendmodel toe te passen op alle punten van het predictiegrid en daar de geïnterpoleerde residuen bij op te tellen. Het resultaat is weergegeven in figuur 10.



Figuur 10 Begindiepte van de pleistocene ondergrond. Links in meters ten opzichte van NAP in een continue weergave, rechts in meters ten opzichte van maaiveld in klassen die gebruikt worden bij de bodemkaart.

4.2.2 Dikte van het minerale dek

Noordoostpolder

Om de kaart van de dikte van het minerale dek te maken, zijn 553 waarnemingen beschikbaar, waarvan 29 gecensoreerd zijn ('dikker dan' metingen). Aangenomen is dat de onnauwkeurigheid van de diktebepalingen 5 cm is (expertkennis).

De trendcomponent hebben we gemodelleerd op basis van de geografische coördinaten. Bij het fitten is rekening gehouden met de aanwezigheid van gecensoreerde waarnemingen (zie par. 3.3.2).

De kaart van de dikte van het minerale dek is berekend met behulp van kriging. Figuur 11 geeft het resultaat.

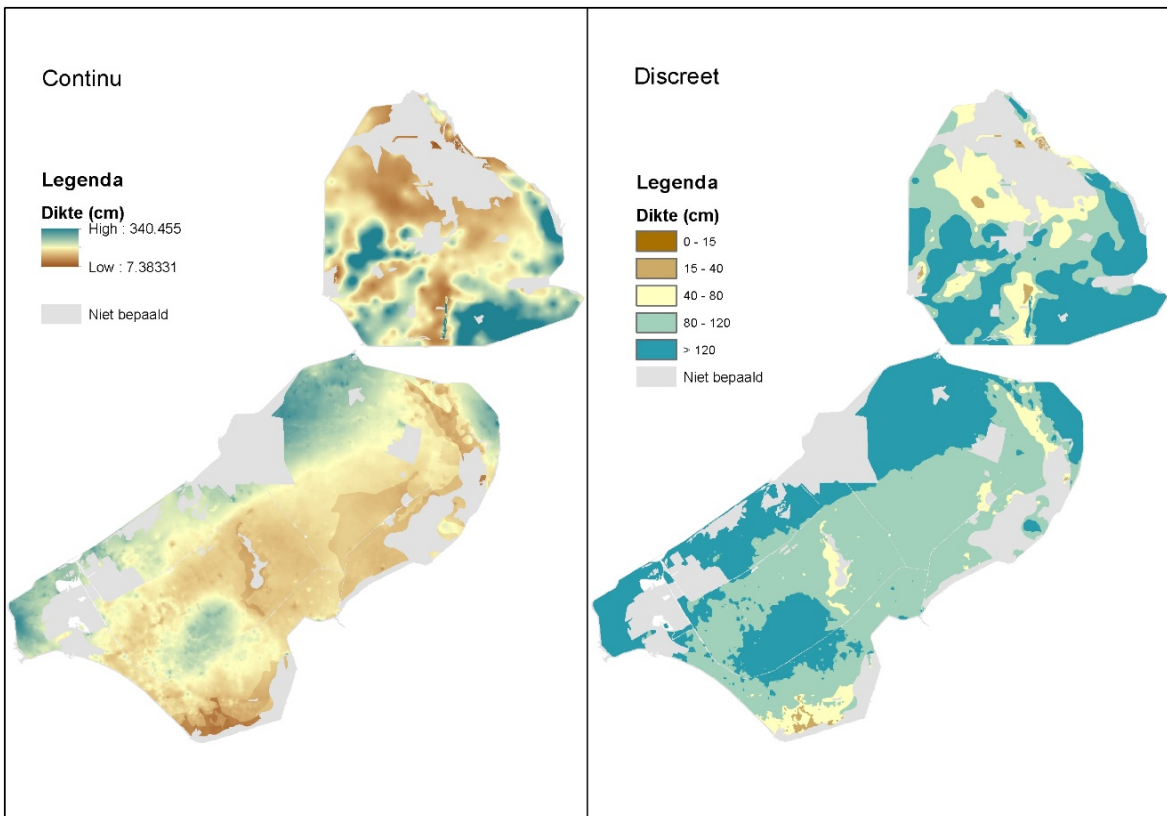
Oostelijk en Zuidelijk Flevoland

Om de kaart van de dikte van het minerale dek te maken, zijn 775 waarnemingen beschikbaar, waarvan 39 gecensureerd zijn ('dikker dan' metingen).

Voor het fitten van het trendmodel houden we wederom rekening met gecensureerde waarnemingen (par. 3.3.2). De volgende verklarende variabelen zijn in het trendmodel opgenomen: begindiepte van het Pleistocene zand (par. 3.3.1), de dikte van het minerale dek volgens de bodemkaart 1 : 50.000 (met klassen 0-40, 40-120, 80-120, en dieper dan 120 cm), en de geografische y-coördinaat.

Het trendmodel is toegepast op alle punten van het predictiegrid. Vervolgens zijn hier de residuen naartoe geïnterpoleerd en bij de voorspellingen van het trendmodel opgeteld. De interpolatie is uitgevoerd met simple kriging met een exponentieel semivariogrammodel.

De kaart van de dikte van het minerale dek is weergegeven in figuur 11.



Figuur 11 Dikte van het minerale dek in centimeters. Links in een continue weergave, rechts in klassen die gebruikt worden bij de bodemkaart.

4.2.3 Dikte van de veenlaag

Noordoostpolder

Om de kaart van de dikte van de veenlaag te maken, zijn 553 metingen beschikbaar binnen het studiegebied, waarvan 125 gecensureerd zijn ('dikker dan' metingen). Aangenomen is dat de onnauwkeurigheid van de diktebepalingen 5 cm is (expertkennis).

De trendcomponent hebben we gemodelleerd op basis van de geografische coördinaten. Bij het fitten is rekening gehouden met de aanwezigheid van gecensureerde waarnemingen (zie par. 3.3.2).

De kaart van de dikte van de veenlaag is berekend met behulp van kriging en is weergegeven in figuur 12 links en midden.

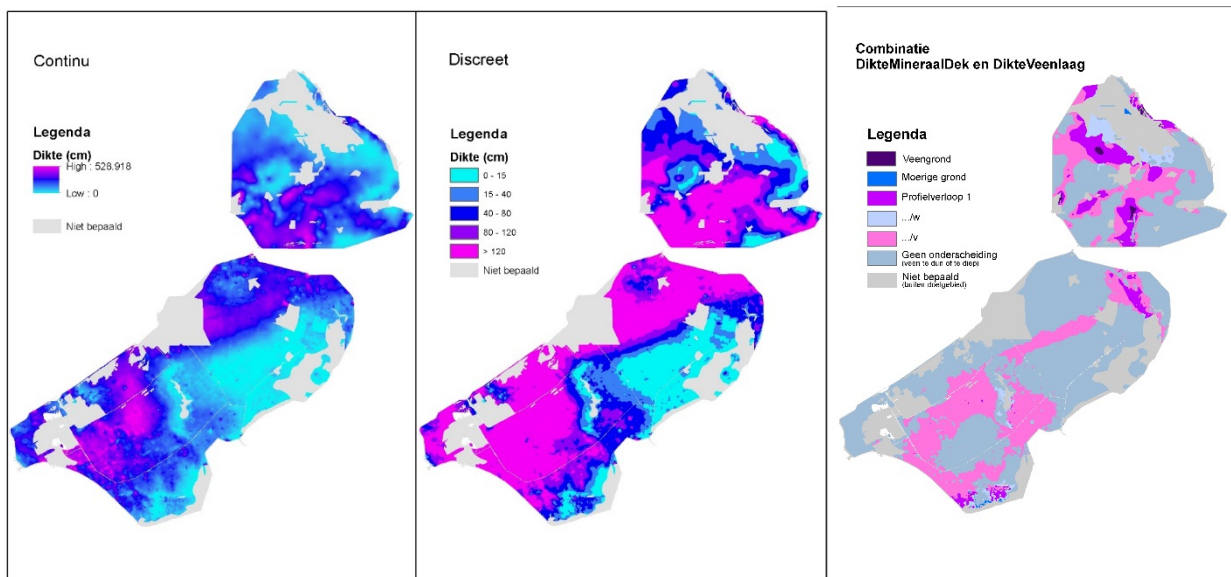
Oostelijk en Zuidelijk Flevoland

Om de kaart van de dikte van de veenlaag te maken, zijn 775 metingen beschikbaar, waarvan 174 gecensureerd zijn ('dikker dan' metingen).

De trendcomponent hebben we gemodelleerd op basis van de begindiepte van de pleistocene ondergrond (par. 3.3.1) en de geografische coördinaten. Bij het fitten is rekening gehouden met de aanwezigheid van gecensureerde waarnemingen (zie par. 3.3.2).

Het trendmodel is toegepast op alle punten van het predictiegrid. Vervolgens zijn hier de residuen naartoe geïnterpoleerd en bij de voorspellingen van het trendmodel opgeteld. De interpolatie is uitgevoerd met simple kriging met een sferisch semivariogrammodel.

De kaart van de dikte van de veenlaag is weergegeven in figuur 12 links en midden. Voor controle van de veen gerelateerde eenheden en toevoegingen op de bodemkaart is een combinatie noodzakelijk van de dikte van de veenlaag met de begindiepte van die veenlaag (par. 3.4). Deze combinatiekaart is weergegeven in figuur 12 rechts).



Figuur 12 Dikte van de veenlaag in centimeters. Links in een continue weergave, midden in klassen die gebruikt worden bij de bodemkaart, rechts gecombineerd met kaart van de dikte van het minerale dek.

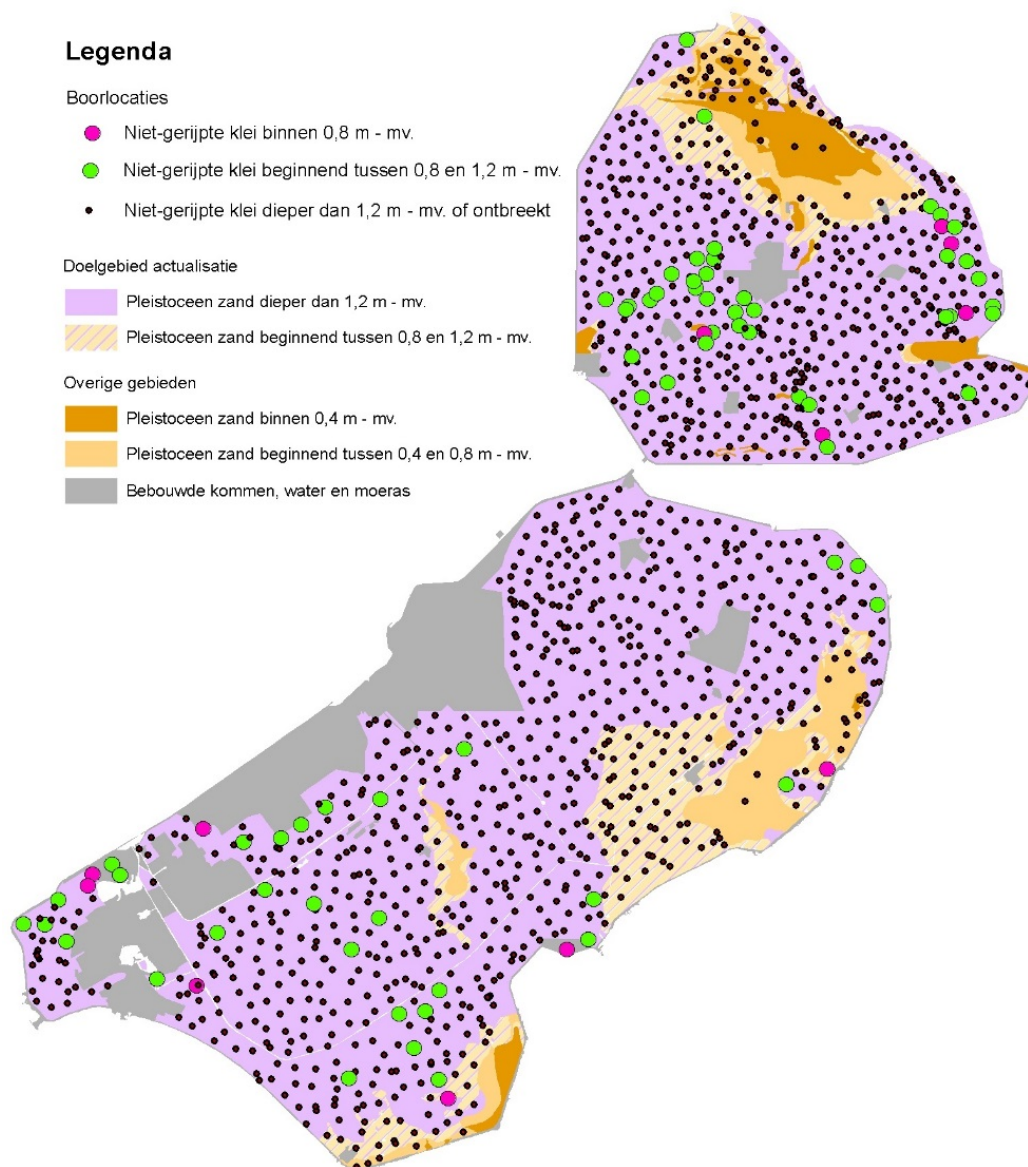
4.2.4 Begindiepte van niet-gerijpte klei

Noordoostpolder

Om de kaart van de begindiepte van niet-gerijpte klei te maken, zijn 553 waarnemingen beschikbaar, waarvan 102 gecensureerd zijn ('dieper dan' metingen). Bij 347 waarnemingen is met zekerheid vastgesteld dat niet-gerijpte klei ontbreekt omdat de pleistocene ondergrond is aangeboord. Bij de overige 104 waarnemingen is niet-gerijpte klei aangetroffen, waarvan bij slechts vijf waarnemingen ondieper dan 0,8 m–mv (figuur 13). Door dit zeer geringe aantal is het samenstellen van een predictiegrid voor de begindiepte van niet-gerijpte klei niet zinvol.

Oostelijk en Zuidelijk Flevoland

Voor het maken van de kaart van de begindiepte van niet-gerijpte klei zijn 775 waarnemingen beschikbaar, waarvan 141 gecensureerd zijn ('dieper dan' metingen). Bij 498 waarnemingen is met zekerheid vastgesteld dat niet-gerijpte klei ontbreekt omdat de pleistocene ondergrond is aangeboord. Bij de overige 136 waarnemingen is niet-gerijpte klei aangetroffen, waarvan bij slechts zeven waarnemingen ondieper dan 0,8 m–mv (figuur 13). Vanwege dit zeer geringe aantal is besloten om geen predictiegrid voor de begindiepte van niet-gerijpte klei samen te stellen.



Figuur 13 Boorlocaties met indeling naar begindiepte van niet-gerijpte klei.

4.3 Validatie

Om de validatiestatistieken te berekenen, hebben we alleen gebruik gemaakt van de ongecensoreerde waarden. Voor het maken van de figuren in de paragrafen 4.3.1 tot en met 4.3.3 hebben we de gecensoreerde waarden wel meegenomen.

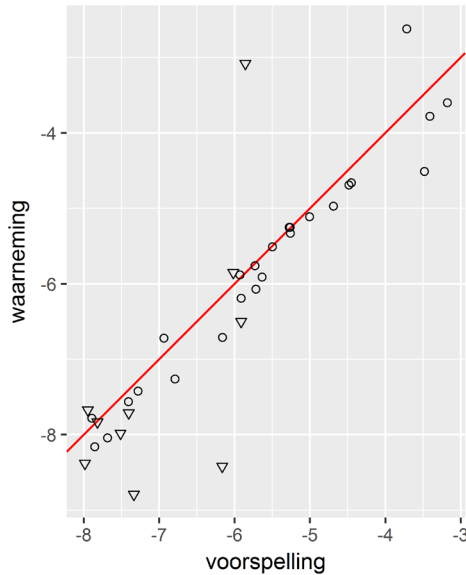
4.3.1 Begindiepte van de pleistocene ondergrond

Noordoostpolder

Om de begindiepte van de pleistocene ondergrond te valideren, waren 35 waarnemingen beschikbaar, waarvan 10 gecensoreerd. Het ruimtelijke patroon van de begindiepte van de pleistocene ondergrond wordt goed voorspeld. De correlatiecoëfficiënt tussen gemeten en berekende begindiepte bedraagt 0,97. De gemiddelde fout is -16 cm, dat wil zeggen dat de berekende waarden gemiddeld iets hoger zijn dan de gemeten waarden. De RMSE bedraagt 39 cm.

In figuur 14 zijn de waargenomen begindieptes uitgezet tegen de voorspelde begindieptes. Gecensoreerde waarnemingen (dieper dan) zijn weergegeven als driehoekjes, niet-gecensoreerde waarnemingen als cirkeltjes. Bij een foutloze kaart en afwezigheid van waarnemingsfouten zouden de

cirkeltjes op de rode lijn moeten liggen (de voorspelling is dan gelijk aan de waarneming) en de driehoekjes erboven (de voorspelling is dan kleiner dan de waarneming). Een kaart is echter een model, dus een vereenvoudiging van een deel van de werkelijkheid, en niet de werkelijkheid zelf. Niet alleen de kaart, maar ook waarnemingen zijn behept met fouten. Daarom zullen de cirkels bij een goede kaart ook altijd een beetje verspreid rond de rode lijn liggen. De driehoekjes zullen in dat geval meestal boven de rode lijn te vinden zijn. In figuur 14 zien we dat de cirkeltjes meestal rond de rode lijn liggen. Wel zien we een aantal driehoekjes er onder liggen. Dit betekent dat de kaart de begindiepte van de pleistocene ondergrond iets te ondiep voorspelt.

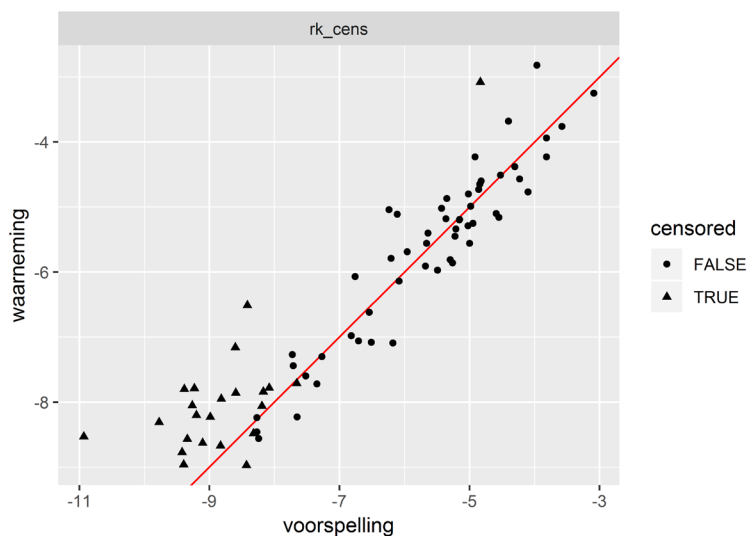


Figuur 14 Waargenomen begindiepte van de pleistocene ondergrond uitgezet tegen de voorspelde begindiepte. Gecensureerde waarnemingen zijn weergegeven als driehoekjes. De rode lijn is de 1:1-lijn.

Oostelijk en Zuidelijk Flevoland

Om de begindiepte van de pleistocene ondergrond te valideren, waren 77 waarnemingen beschikbaar, waarvan 23 gecensureerd. Het ruimtelijke patroon van de begindiepte van de pleistocene ondergrond wordt goed voorspeld. De correlatiecoëfficiënt tussen gemeten en berekende begindiepte bedraagt 0,94. De gemiddelde fout is -2 cm, dat wil zeggen dat de berekende waarden gemiddeld iets hoger zijn dan de gemeten waarden. De RMSE bedraagt 46 cm.

In figuur 15 zijn de waargenomen begindieptes uitgezet tegen de voorspelde begindieptes. Gecensureerde waarnemingen (dieper dan) zijn weergegeven als driehoekjes met de punt naar boven. Gecensureerde waarnemingen zouden boven de rode 1:1-lijn moeten liggen.



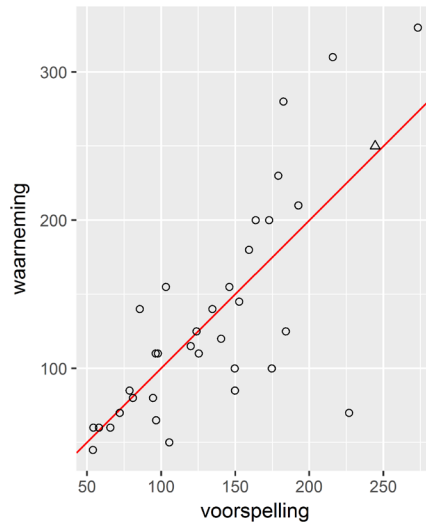
Figuur 15 Waargenomen begindiepte van de pleistocene ondergrond uitgezet tegen de voorspelde begindiepte. Gecensureerde waarnemingen zijn weergegeven als driehoekjes. De rode lijn is de 1:1-lijn.

4.3.2 Dikte van het minerale dek

Noordoostpolder

Om de dikte van het minerale dek te valideren, waren 35 waarnemingen beschikbaar, waarvan 1 gecensureerd. Het ruimtelijke patroon van de dikte van het minerale dek wordt redelijk goed voorspeld. De correlatiecoëfficiënt tussen gemeten en berekende dikte bedraagt 0,75. De gemiddelde fout is verwaarloosbaar, slechts -0,2 cm. De RMSE bedraagt 48 cm.

In figuur 16 zijn de waargenomen diktes uitgezet tegen de voorspelde diktes. De gecensureerde waarneming (dikker dan) is gegeven als een driehoekje met de punt naar boven. Deze waarneming zou onder de rode 1:1-lijn moeten liggen.



Figuur 16 Waargenomen dikte van het minerale dek uitgezet tegen de voorspelde dikte. Gecensureerde waarnemingen zijn weergegeven als driehoekjes. De rode lijn is de 1:1-lijn.

Oostelijk en Zuidelijk Flevoland

Voor het valideren van de dikte van het minerale dek waren 76 waarnemingen beschikbaar, waarvan 2 gecensureerd. Het ruimtelijke patroon van de dikte van het minerale dek wordt redelijk voorspeld. De correlatiecoëfficiënt tussen gemeten en berekende dikte bedraagt 0,68. De gemiddelde fout is klein, slechts -3 cm. De RMSE bedraagt 35 cm.

In figuur 17 zijn de waargenomen diktes uitgezet tegen de voorspelde diktes. De gecensureerde waarneming (dikker dan) is gegeven als een driehoekje met de punt naar boven. Deze waarnemingen zouden onder de rode 1:1-lijn moeten liggen.



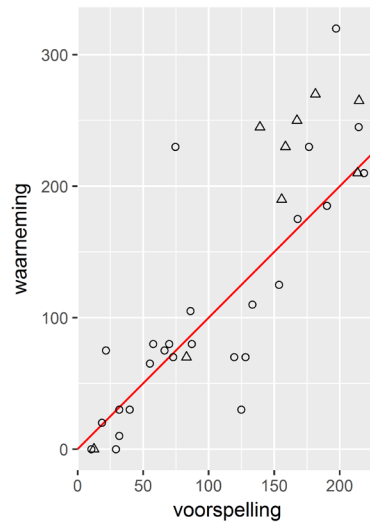
Figuur 17 Waargenomen dikte van het minerale dek uitgezet tegen de voorspelde dikte. Gecensureerde waarnemingen zijn weergegeven als driehoekjes. De rode lijn is de 1:1-lijn.

4.3.3 Dikte van de veenlaag

Noordoostpolder

Om de veendikte te valideren, waren 35 waarnemingen beschikbaar, waarvan 9 gecensoreerd. Het ruimtelijke patroon van de veendikte wordt goed voorspeld. De correlatiecoëfficiënt tussen gemeten en berekende begindiepte bedraagt 0,81. De gemiddelde fout is 5,6 cm. De RMSE bedraagt 50 cm.

In figuur 18 zijn de waargenomen diktes uitgezet tegen de voorspelde diktes. Gecensoreerde waarnemingen (dikker dan) zijn weergegeven als driehoekjes met de punt naar boven. Gecensoreerde waarnemingen zouden onder de rode 1:1-lijn moeten liggen. Dat is in 6 van de 9 gevallen niet het geval.

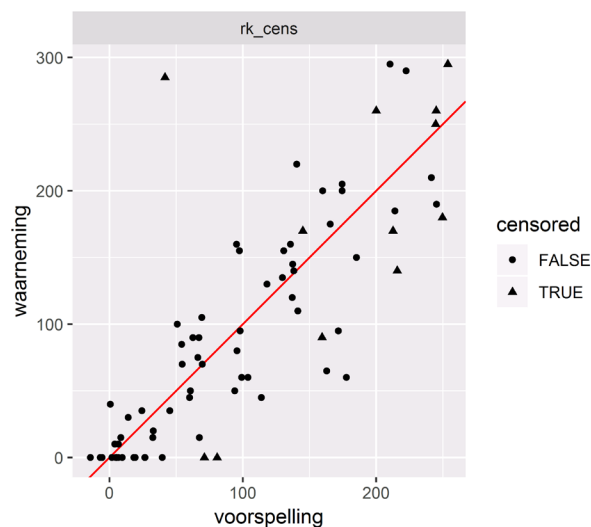


Figuur 18 Waargenomen veendikte uitgezet tegen de voorspelde veendikte. Gecensoreerde waarnemingen zijn weergegeven als driehoekjes. De rode lijn is de 1:1-lijn.

Oostelijk en Zuidelijk Flevoland

Om de veendikte te valideren, waren 76 waarnemingen beschikbaar, waarvan 12 gecensoreerd. Het ruimtelijke patroon van de veendikte wordt goed voorspeld. De correlatiecoëfficiënt tussen gemeten en berekende begindiepte bedraagt 0,87. De gemiddelde fout is -2,4 cm. De RMSE bedraagt 38 cm.

In figuur 19 zijn de waargenomen diktes uitgezet tegen de voorspelde diktes. Gecensoreerde waarnemingen (dikker dan) zijn weergegeven als driehoekjes met de punt naar boven. Gecensoreerde waarnemingen zouden onder de rode 1:1-lijn moeten liggen.



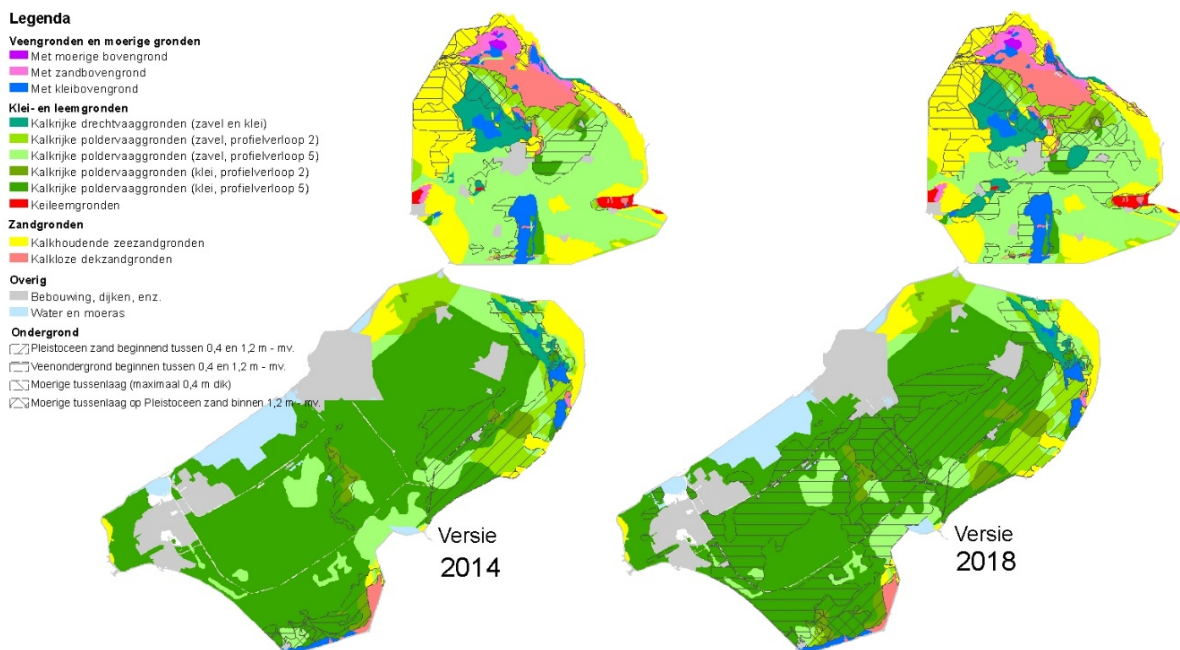
Figuur 19 Waargenomen veendikte uitgezet tegen de voorspelde veendikte. Gecensoreerde waarnemingen zijn weergegeven als driehoekjes. De rode lijn is de 1:1-lijn.

4.3.4 Begindiepte van niet-gerijpte klei

In de Noordoostpolder voldoen slechts vijf waarnemingen aan de definitie van een niet-gerijpte ondergrond en in Oostelijk en Zuidelijk Flevoland betreft dit zeven waarnemingen. Vanwege dit geringe aantal is het vervaardigen van een predictiegrid voor de begindiepte van niet-gerijpte klei voor beide polders niet zinvol.

4.4 Geactualiseerde bodemkaart

Figuur 20 toont in een vereenvoudigde opmaak de geactualiseerde bodemkaart (versie 2018) en de oorspronkelijke bodemkaart (versie 2014). Rond 1960 is de toenmalige Stichting voor Bodemkartering (Stiboka) gestart met het vervaardigen van deze landelijke bodemkaart. In 1995 kwam de kaart voor geheel Nederland gereed. De informatie op de bodemkaart is dus 20 tot meer dan 50 jaar geleden verzameld. De basisinformatie voor de bodemkaart van Flevoland is grotendeels zelfs nog ouder, omdat de kaart voor de Noordoostpolder gebaseerd is op gegevens van kort na de drooglegging in 1942. Oostelijk Flevoland werd vervolgens in 1957 en Zuidelijk Flevoland in 1968 drooggelegd.

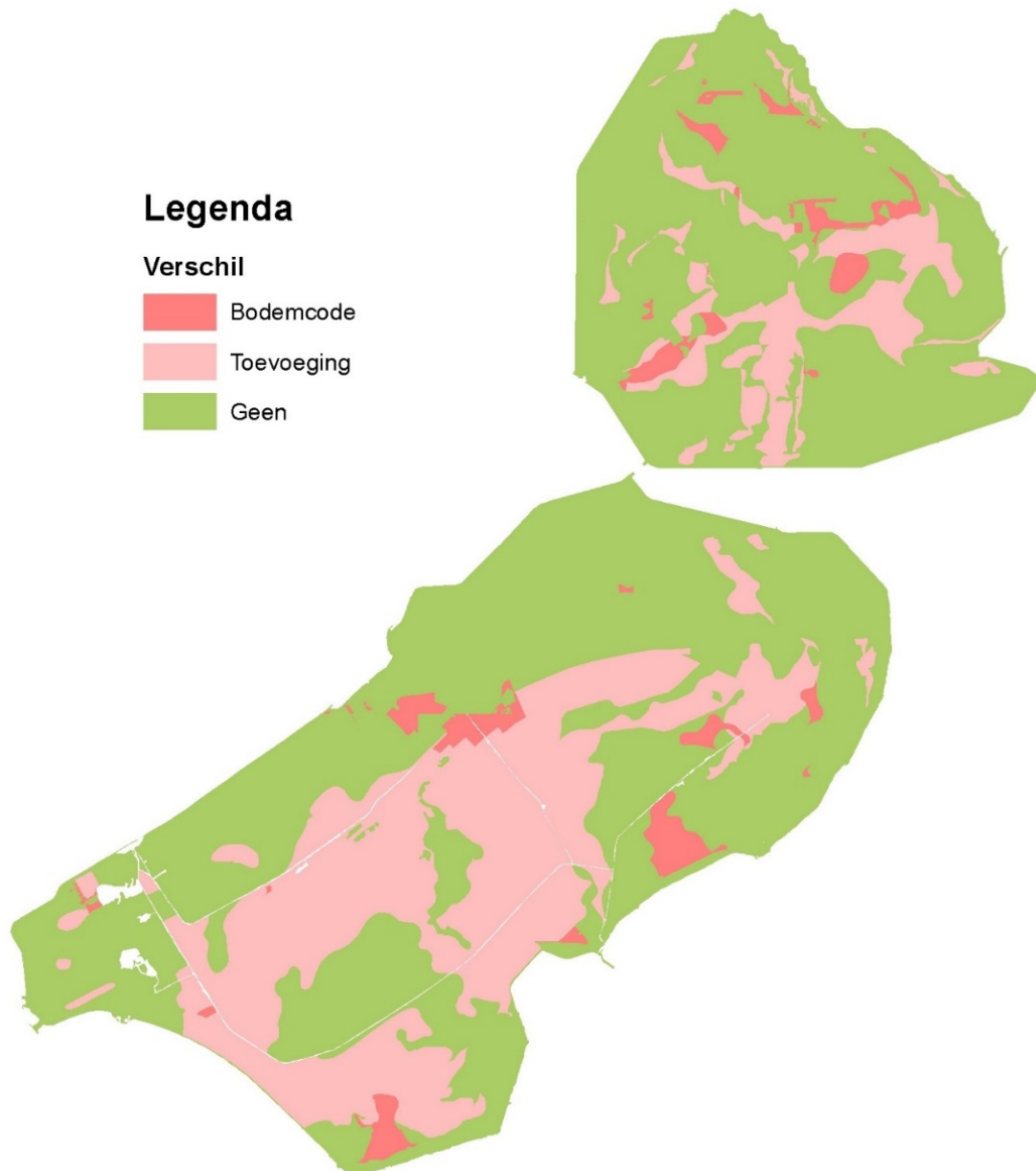


Figuur 20 De bodemkaart van Flevoland in vereenvoudigde opmaak met links de oorspronkelijke (versie 2014) en rechts de geactualiseerde bodemeenheden (versie 2018).

Tabellen 3 en 4 geven een overzicht van de oorspronkelijke eenheden op de bodemkaart en de wijzigingen. Figuur 21 geeft de gebieden met wijzigingen van hoofdcodes en toevoegingen voor de ondergrond weer. In de Noordoostpolder is bij 10 408 ha een wijziging doorgevoerd en in Oostelijk en Zuidelijk Flevoland bij 37 593 ha:

- Op de geactualiseerde bodemkaart is de geografische nauwkeurigheid verbeterd van bebouwde gebieden van Lelystad en zijn een aantal nieuwe waterplassen en sterk opgehoogde en afgegraven terreinen onderscheiden.
- Gronden met een niet-gerijpte kleiondergrond (nesvaaggronden) binnen 0,8 m–mv zijn ongewijzigd. Niet-gerijpte klei komt, zowel in de Noordoostpolder als in Oostelijk en Zuidelijk Flevoland, lokaal voor maar overwegend op grotere diepte dan 0,8 m–mv (figuur 13) en heeft daarmee geen invloed op de bodemkaart maar nog wel op risico voor bodemdaling.

- De wijzigingen op bodemtypen zijn het gevolg van krimp van klei en oxidatie en klink van veen. Voor de bodemkaart heeft dit consequenties voor de begindiepte en dikte van de veenlaag en voor de begindiepte van de pleistocene zandondergrond. Dit kan op twee manieren tot uiting komen, namelijk door een wijziging van de toevoeging voor de ondergrond of door een wijziging van de hoofdcode (par. 3.3 en figuur 21). Het areaal van met name twee toevoegingen voor de ondergrond zijn na de actualisatie aanzienlijk toegenomen, namelijk .../v (veen beginnend binnen 0,8 en 1,2–mv. en tenminste 0,4 m dik) en .../p (pleistoceen zand beginnend tussen 0,4 en 1,2 m–mv).
- Wijzigingen gekoppeld aan kleine oppervlaktes (< 5 ha.) zijn meestal een indirect gevolg van veranderingen in aansluitingen van ongewijzigde kaartvlakken met kaartvlakken met een gewijzigde bodemcode en/of toevoeging voor de ondergrond.



Figuur 21 Overzicht van de gebieden waar de bodemkaart is aangepast.

Tabel 3 Overzicht van de oorspronkelijke eenheden op de bodemkaart van de Noordoostpolder en de wijzigingen per eenheid. Ongewijzigde bodemeenheden blijven in dit overzicht buiten beschouwing.

Oorspronkelijke informatie		Nieuwe bodemcodes met oppervlakte (ha)									
AVk	104	AVkp	104								
kHn21	142	zWz	90	Opgehoogd	26	kWp	19	Water	4	kWz	3
kSn13A	353	kSn13Av	202	Mv51A	151						
kSn13Av	2	kSn13A	2								
kSn14A	97	kSn14Av	97								
kSn14Av	93	kSn14Awp	72	kSn14A	21						
kVc/Mn25A	1173	kVc/Mv51A	1173								
kVd	16	kVz	16								
kWz	11	kWp	11								
Mn12A	46	Mn12Av	46								
Mn12Ap	35	Zn21	34	Mn22Ap	1						
Mn12Awp	5	Zn21	4	Water	2						
Mn15A	1142	Mn15Av	516	Mv51A	256	Mn15Aw	141	Mn15Ap	130	kHn21	46
		Mn12Ap	23	kSn13Av	17	kWp	6	Mn25Aw	5	kWz	3
Mn15Ap	274	Mn12Awp	267	Zn21	8						
Mn15Av	754	Mn15Awp	483	Mv51A	268	Mn15Ap	3				
Mn15Aw	192	Mn15A	104	Mn15Av	67	Mv51A	21				
Mn15Awp	220	Mn12Awp	220								
Mn25A	3420	Mn25Av	3044	Mn25Ap	198	Mv51A	90	Mn25Awp	54	Mn25Aw	33
Mn25Ap	175	Mn22Ap	175								
Mn25Av	479	Mn25Awp	284	Mn25A	159	Mv51A	35				
Mn25Aw	83	Mn25A	57	Mv51A	25						
Mn35Ap	114	Mn82Awp	114								
Mn35Av	139	Mv51A	74	Mn35Awp	65						
Mn45A	32	Mn45Av	27	Mn15A	4	Mn12Ap	1				
Mv51A	476	Mv51Ap	437	Mn25A	39						
Mv81A	105	Mv81Ap	99	Water	5	kHn21	1				
Mv81Ap	7	Water	5	kHn21	1						
sHn21	16	Water	16								
Sn13A	115	Sn13Av	113	uWz	2						
Sn13Aw	61	Sn13Awp	61								
uWz	5	kHn21	3	kWz	2						
uZn10A	71	uZn10Av	71								
uZn10Aw	17	uZn10Awp	17								
Zn10A	121	Zn10Av	66	uWz	55						
Zn10Aw	167	Zn10Awp	167								
Zn50A	137	Zn50Ap	137								
zVz	4	Opgehoogd	4								

Tabel 4 Overzicht van de oorspronkelijke eenheden op de bodemkaart van Oostelijk en Zuidelijk Flevoland en de wijzigingen per eenheid. Ongewijzigde bodemeenheden blijven in dit overzicht buiten beschouwing.

Oorspronkelijke informatie		Nieuwe bodemcodes met oppervlakte (ha)							
Bebouwing	7	Moeras	5	Opgehoogd	3				
Dijk	8	Moeras	7	Water	1				
Mn12A	44	Mn12Av	44						
Mn15A	185	Mn15Av	143	Water	35	Moeras	7		
Mn15Ap	64	Mn15Awp	48	Mn12Ap	16				
Mn22A	43	Mn22Ap	26	Mn22Av	17				
Mn25A	4687	Mn25Av	3930	Mn25Ap	653	Mn22Ap	58	Water	26
		Moeras	17	Opgehoogd	4				
Mn25Ap	416	Mn22Ap	416						
Mn25Awp	118	Mn22Awp	118						
Mn35A	25107	Mn35Av	18510	Mn35Ap	4174	Mn35Awp	1588	Bebouwing	530
		Mn82Ap	123	Water	104	Opgehoogd	78		
Mn35Ap	1186	Mn82Ap	1018	Mn35Awp	168				
Mn35Av	571	Mn35Awp	541	Mn82Awp	30				
Mn35Awp	247	Mn82Awp	247						
Mn45A	4131	Mn45Av	2262	Mn45Ap	1623	Mn45Awp	247		
Mn82A	154	Mn82Ap	154						
Mo80A	5	Water	3	Moeras	1				
Moeras	3	Water	2	Dijk	1				
Opgehoogd	530	Bebouwing	333	Mn35A	182	Water	14		
Water	3	Bebouwing	2	Moeras	2				
Zn50A	80	Zn50Av	80						

5 Conclusies en synthese

Cijfers

In dit project is binnen de Provincie Flevoland informatie verzameld over de diktes van het minerale dek en van de veenla(a)g(en) en over de begindieptes van niet-gerijpte klei en van de pleistocene ondergrond. Het doelgebied heeft een oppervlakte van ca. 113 000 ha, waarvan voor de Noordoostpolder ca. 38 500 ha en voor Oostelijk en Zuidelijk Flevoland ca. 74 500 ha. Binnen dit project zijn op ca. 1320 locaties boormonsterbeschrijvingen opgesteld, waarvan voor de Noordoostpolder 477 voor een kalibratieset en 35 voor een validatieset en voor Oostelijk en Zuidelijk Flevoland 730 voor een kalibratieset en 77 voor een validatieset.

Met deze nieuwe gegevens en de gegevens van 121 boormonsterbeschrijvingen uit BIS Nederland van WENR zijn voor de dikte van het minerale dek en van de veenlaag (rasters) samengesteld. Om de kaart van de begindiepte van de pleistocene ondergrond te vervaardigen, zijn naast de WENR-gegevens bovendien voor 3418 locaties uit het DINOLoket van TNO gegevens gebruikt. De combinatie van deze boormonsterbeschrijvingen en de verschillende rasters zijn vervolgens gebruikt om de bodemkaart (versie 2014) te actualiseren. De bodemkaart (versie 2014) heeft voor de bodemeenheden in het doelgebied overal de oorspronkelijke bodemeenheden ten tijde van de drooglegging. Uit de gegevens van de geactualiseerde bodemkaart, schaal 1 : 50 000 blijkt dat bij ca. 48 000 ha een wijziging is doorgevoerd, waarvan voor de Noordoostpolder bij 10 408 ha (22%) en voor Oostelijk en Zuidelijk Flevoland bij 37 593 ha (39%).

Bodemdaling

Met behulp van de verzamelde gegevens is een verdeling te maken van gebieden in gevoeligheid voor (risico op) bodemdaling. Wanneer we bodemdaling door tektoniek en winning van delfstoffen buiten beschouwing laten en alleen kijken naar bodemdaling door rijping en compactie van klei en naar oxidatie en klink van veen dan zijn de drie belangrijkste aspecten daarbij:

- Begindiepte van niet-gerijpte klei.
- Begindiepte en dikte van de veenlaag.
- Grondwaterstanden, met name de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG).

Aangezien het grondwaterstandsverloop als aspect buiten de scope van dit project valt, beperken we ons tot een combinatie van de twee eerste aandachtspunten (figuur 22). De klasseindeling van het veen en van de niet-gerijpte klei in deze figuur zijn indicatief. Zeker is dat gevoeligheid voor bodemdaling toeneemt, naarmate niet-gerijpte klei en/of veen hoger in het bodemprofiel voorkomen en het veenpakket dikker is. In hoeverre bodemdaling in werkelijkheid op gaat treden, is vooral afhankelijk van de diepte van de GLG. Hoe dieper de GLG, des te groter is de kans op maaiveld daling. Gebieden met een groot risico kunnen, om maaiveld daling te voorkomen, daarom het beste zo nat mogelijk worden gehouden. Dat hierdoor een spanningsveld kan ontstaan met agrarische grondgebruikers is evident.

Legenda

Boorlocaties met niet-gerijpte klei

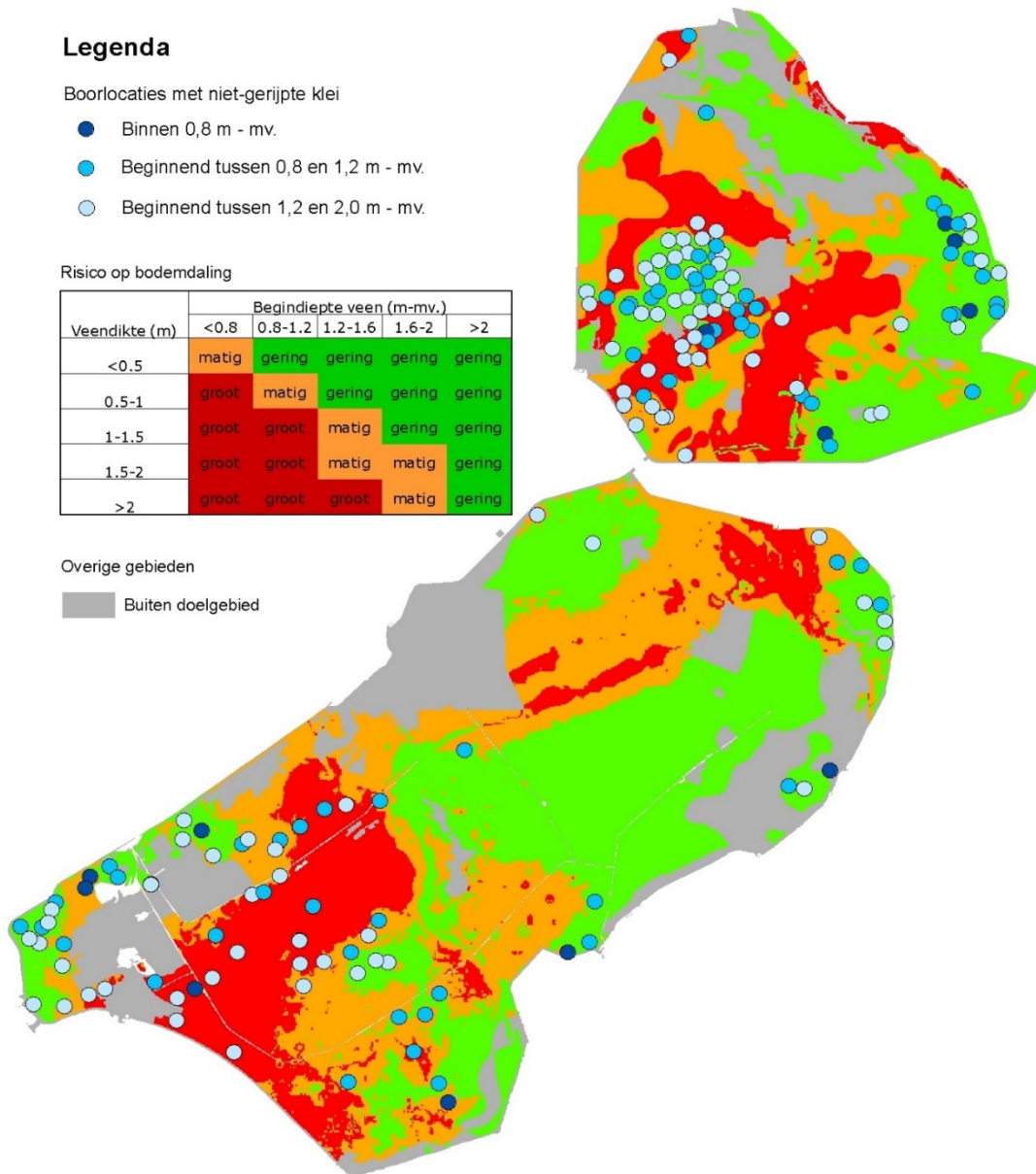
- Binnen 0,8 m - mv.
- Beginnend tussen 0,8 en 1,2 m - mv.
- Beginnend tussen 1,2 en 2,0 m - mv.

Risico op bodemdaling

Veendikte (m)	Begindiepte veen (m-mv.)				
	<0,8	0,8-1,2	1,2-1,6	1,6-2	>2
<0,5	matig	gering	gering	gering	gering
0,5-1	groot	matig	gering	gering	gering
1-1,5	groot	groot	matig	gering	gering
1,5-2	groot	groot	matig	matig	gering
>2	groot	groot	groot	matig	gering

Overige gebieden

- Buiten doelgebied



Figuur 22 Overzicht van de gebieden die gevoelig zijn voor maaiveld daling.

Referenties

- Akker, J.J.H. van den (2005). *Maaiveldaling en verdwijnende veengronden*. In: Rienks, W.A. en A.L. Gerritsen, 2005. *Veenweide 25x belicht. Een bloemlezing van het onderzoek van Wageningen*. Wageningen Universiteit en Researchcentrum.
- Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp (1995). *Handleiding bodemgeografisch onderzoek. Richtlijnen en voorschriften. Deel A: Bodem*. Wageningen, Staring Centrum, Technisch document 19A.
- Cressie, N. A. C. (1993). *Statistics for Spatial Data*, Wiley, New York
- Eilander, D.A. en W. Heijink (1990). *Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000. Toelichting bij de kaartbladen 20 West Lelystad (gedeeltelijk), 20 Oost Lelystad en 21 West Zwolle*. Wageningen, Staring Centrum.
- Gotjé, W. (1993). *De holocene laagveenontwikkeling in de randzone van de Nederlandse kustvlakte (Noordoostpolder)*. Dissertatie Vrije Universiteit Amsterdam.
- Gotjé, W. (2010). *Wegen naar een duurzaam behoud van het archeologisch bodemarchief in UNESCO Werelderfgoed Schokland*. Gotjé Environmental Consultancy.
- Gotjé, W. (2014). *Catalogus van geologische kaarten van de Noordoostpolder*. Gotjé Environmental Consultancy.
- Inter-Agency and Expert Group (2016). *Report of the Inter-Agency and Expert Group on Sustainable Development Goal Indicators (E/CN.3/2016/2/rev.1), Annex IV*.
- Lely, C. (1891). *Nota's betreffende het onderzoek omtrent de afsluiting en droogmaking van de Zuiderzee, de Wadden en de Lauwerszee. No. 6 Resultaten der terreinwerkzaamheden verricht in 1889 en 1890 No 7 1. Geologische toestand en algemeen plan van indijking*.
- Makken, H. (1988). *Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000. Toelichting bij de kaartbladen 16 West Steenwijk en 16 Oost Steenwijk*. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering.
- Minister voor Buitenlandse Handel en Ontwikkelingssamenwerking (2016). *Nederland Ontwikkeld Duurzaam: Plan van aanpak inzake implementatie SDGs*. Brief MINBUZA-2016.600505 van de Minister voor Buitenlandse Handel en Ontwikkelingssamenwerking aan de Tweede Kamer, 30 september 2016.
- Stichting voor Bodemkartering (1970). *Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000. Toelichting bij de kaartbladen 15 West (Friese gedeelte) en 15 Oost Stavereen*. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering.
- UN Expert Advisory Group (2014). *A world That Counts. Mobilising the data revolution for sustainable development*. Report prepared at the request of the United Nations Secretary-General, by the Independent Expert Advisory Group on a Data Revolution for Sustainable Development, November 2014.
- Vries, F. de., D.J. Brus, B. Kempen, F. Brouwer en A.H. Heidema (2014). *Actualisatie bodemkaart veengebieden; Deelgebied 1 en 2 in Noord-Nederland*. Wageningen, Alterra, Rapport 2556.
- Vries, F. de, D.J.J. Walvoort en F. Brouwer (2017). *Basisregistratie Ondergrond (BRO); Actualisatie bodemkaart. Herkartering van de eenheden met slappe kleilagen*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2834.
- Vries, F. de, F. Brouwer en D.J.J. Walvoort (2018). *Basisregistratie Ondergrond (BRO); Actualisatie bodemkaart. Herkartering westelijk veengebied Waterschap Drents Overijsselse Delta*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2887.
- Walvoort, D.J.J., D.J. Brus & J.J. de Gruijter (2010). *An R package for spatial coverage sampling and random sampling from compact geographical strata by k-means*. Computers & Geosciences 36:1261-1267.
- Wiggers, A.J. (1955). *De wording van het Noordoostpoldergebied*. Dissertatie Universiteit van Amsterdam.
- Wiggers, A.J. F. H. de Jong en K. Spanjer (1962). *Van Zee tot land nr 33. De bodemgesteldheid van de Noordoostpolder*. N.V. Uitgevers-mij W.E.J. Tjeenk Willink, Zwolle.
- Zuur, A.J. (1938). *Over de bodemkundige gesteldheid van de toekomstigen Noordoostpolder*. Groningen.

Internetbronnen

- BIS Nederland, Bodemkundig Informatie Systeem van Wageningen Environmental Research (WENR).
<http://maps.bodemdata.nl/bodemdatanl/index.jsp>
- DINOLoket, Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond van TNO, Geologische Dienst Nederland.
<https://www.dinoloket.nl/>
- BRO, Basisregistratie Ondergrond. <https://bro.pleio.nl/>
- Tobit model, https://en.wikipedia.org/wiki/Tobit_model

Verantwoording

Dit project werd uitgevoerd en begeleid door Wageningen Environmental Research (WENR). De werkwijze werd afgestemd met de Provincie Flevoland en het Waterschap Zuiderzeeland. Voorts is de werkwijze besproken in een deskundigenbijeenkomst met vertegenwoordigers van de provincie, het waterschap en TNO. De resultaten zijn becommentarieerd door vertegenwoordigers van de provincie en het waterschap.

Joop Okx heeft de interne review van dit rapport uitgevoerd.

De auteurs bedanken allen voor hun bijdrage aan het tot stand komen van deze rapportage.

Bijlage 1 Protocol bij boren

Project 5200043580 BRO Bodemkaart Flevoland
Actualisatie bodemkaart van Flevoland – Deelgebied Oostelijk en Zuidelijk Flevoland

Instructies voor het maken van boorbeschrijvingen

Het doel van het project is de bodemkaart van Flevoland te actualiseren en de profielopbouw tot de pleistocene ondergrond (indien aanwezig binnen 3,5 à 4 m–mv) in kaart te brengen. We maken daarbij gebruik van gegevens uit boorbeschrijvingen. Er zijn nog onvoldoende actuele boorbeschrijvingen beschikbaar. Daarom zijn er ca. 1320 locaties aangewezen voor het maken van nieuwe beschrijvingen, waarvan 512 in de Noordoostpolder en 807 in Oostelijk en Zuidelijk Flevoland. Het project loopt tot eind 2018. Het veldwerk voor de NOP is afgerond. Het veldwerk in Oostelijk en Zuidelijk Flevoland start in het najaar.

Locaties.

In totaal dienen er in Oostelijk en Zuidelijk Flevoland dus 807 locaties bezocht te worden. De locaties zitten in de shapefile in VeldGIS. Bij het maken van de boorbeschrijvingen is het niet noodzakelijk dat je de nummering aanhoudt van de aangegeven punten. Het belangrijkste is dat er een boorbeschrijving wordt gemaakt. Je kunt zelf bepalen in welke volgorde je de locaties per deelgebied (veldkaart) bezoekt en nummert. Maak onderling afspraken over de verdeling van de locaties zodat locaties niet dubbel worden bezocht/beschreven.

Bepalen locatie in het veld:

Er zijn twee soorten boorlocaties:

- **Kalibratiepunten** (in Oostelijk en Zuidelijk Flevoland 730), op de kaart weergegeven met een +. Indien mogelijk wordt de boorbeschrijving opgesteld op de locatie met de aangegeven x- en y-coördinaten. Wanneer dat niet lukt kun je in de nabijheid een beschrijving opstellen. Wanneer de locatie in de bebouwde kom ligt, of wanneer je geen toestemming krijgt, kun je het punt verplaatsen naar een buurperceel. Bij het kiezen van een andere locatie moet je wel binnen het doelgebied (veldkaart) blijven.
- **Validatiepunten** (in Oostelijk en Zuidelijk Flevoland 77), op de kaart met een ster aangegeven. Voor deze punten geldt een strenge eis dat de boring exact op de aangegeven locatie uitgevoerd dient te worden. Als dat niet lukt vervalt het punt en moet worden uitgeweken naar een reservepunt.

Boordiepte en Boorbeschrijving

- Het profiel uitboren tot minimaal 1,5 m en **altijd tot in de pleistocene zandondergrond wanneer deze binnen 4 m–mv voorkomt**. In de gebieden waar de pleistocene ondergrond dieper dan 4 meter zit, hoef je niet dieper te boren.
- Bij elk punt een volledige boorbeschrijving maken met formulier in VeldGIS. Van alle lagen altijd het organische-stofgehalte, lutum-, leem- en siltgehalte schatten. Voor het schatten van het siltgehalte (2-63 µm) gaan we aan de hand van de analyses vuistregels opstellen.
- Bij sterk verstoorde bodemopbouw (wanneer lagen/horizonten niet meer op hun oorspronkelijke diepte liggen) drie boringen verrichten en dan een beschrijving maken van de meest voorkomende profielopbouw. Verwerking aangeven in de standaardpuntencode.
- Bij een grof mengsel van veen en zand of een afwisselende gelaagdheid deze componenten afzonderlijk beschrijven en de mengverhouding aangeven (%).

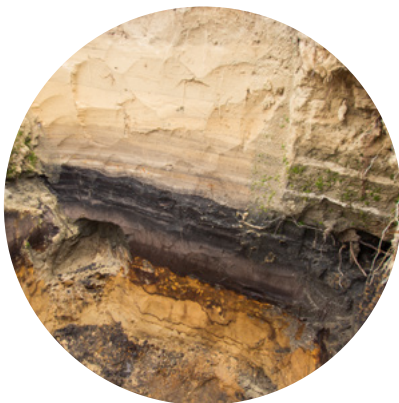
Verschenen documenten in de reeks Technical reports van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu vanaf 2017

WOt-technical reports zijn verkrijgbaar bij het secretariaat van Unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu te Wageningen. T 0317 – 48 54 71; E info.wnm@wur.nl

WOt-technical reports zijn ook te downloaden via de website www.wur.nl/wotnatuurenmilieu

88	Mol-Dijkstra, J.P. & G.J. Reinds (2017). <i>Technical documentation of the soil model VSD+; Status A</i>	103	Buijs, A.E., B.H.M. Elands & C.S.A. van Koppen (2017) <i>Vijftienvintig jaar burgerbetrokkenheid in het natuurbeleid. Analyse van beleidsdiscoursen en publiek draagvlak</i>
89	Arets, E.J.M.M., J.W.H. van der Kolk, G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & M.J. Schelhaas (2017). <i>Greenhouse gas reporting for the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2016</i>	104	Cremer, J.S.M., S.M.J.M. Brasseur., A. Meijboom, J. Schop & J.P. Verdaat (2017). <i>Monitoring van gewone en grijze zeehonden in de Nederlandse Waddenzee, 2002-2017</i>
90	Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, S.V. Oude Voshaar, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk (2017). <i>Emissies naar lucht uit de landbouw in 2014. Berekeningen met het model NEMA</i>	105	Glorius, S.T., A. Meijboom, J.T. van der Wal & J.S.M. Cremer (2017). <i>Ontwikkeling van enkele mossel-banken in de Nederlandse Waddenzee, situatie 2016</i>
91	Os van, J., M.G.T.M. Bartholomeus, L.J.J. Jeurissen & C.G. van Reenen (2017). <i>Rekenregels rundvee voor de landbouwtelling. Verantwoording van het gebruik van I&R gegevens voor de landbouwtelling</i>	106	Hennekens, S.M., W.A. Ozinga & J.H.J. Schaminée (2017). <i>BioScore 3 – Plants. Background and pre-processing of distribution data</i>
92	Haas, W. de, R.J. Fontein & M. Pleijte (2017). <i>Is eenvoudig beter? Twee essays natuur en landschap in het nieuwe omgevingsbeleid</i>	107	Melman, Th.C.P., M.H.C. van Adrichem, M. Broekmeyer, J. Clement, R. Jochem, H.A.M. Meeuwssen, F.G.W.A. Ottburg, A.G.M. Schotman & T. Visser (2017). <i>Natuurcombinaties en Europese natuurdoelen; Ontwikkeling van een methode om natuurdoelen te realiseren buiten het Natuurnetwerk Nederland</i>
93	Schuilung, C., A.M. Schmidt, I.J. La Rivière & R.A. Smidt (2017). <i>Beschermde gebiedenregister; Technische documentatie, Status A.</i>	108	Vries, S. de, W. Nieuwenhuizen & J.M.J. Farjon (2017) <i>HappyHier: hoe gelukkig is men waar?; Gegevensverzameling en bepaling van de invloed van het type grondgebruik - deel I.</i>
94	Henkens, R.J.H.G., M.M.P. van Oorschot en J. Ganzevles (2017). <i>Bijdrage van Green Deals aan de beleidsdoelen voor natuur en biodiversiteit</i>	109	Overbeek, M.M.M., E. Smeets & D. Verhoog (2017). <i>Biobased materialen, circulaire economie en natuurlijk kapitaal.</i>
95	Arets, E.J.M.M., J.W.H. van der Kolk, G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & M.J. Schelhaas (2017). <i>Greenhouse gas reporting for the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2017</i>	110	Pouwels, R., G.W.W. Wamelink, M.H.C. van Adrichem, R. Jochem, R.M.A. Wegman en B. de Knecht. (2017). <i>MetaNatuurplanner v4.0 - Status A; Toepassing voor Evaluatie Natuurpact</i>
96	IJsseldijk, L.L., M.J.L. Kik, L. Solé & A. Gröne (2017). <i>Postmortaal onderzoek van bruinvissen (Phocoena phocoena) uit Nederlandse wateren, 2016.</i>	111	Commissie Deskundigen Meststoffenwet (2017). <i>Advies Mestverwerkingspercentages 2018.</i>
97	Verburg, R.W., W.H.G.J. Hennen, L.F. Puister, R. Michels & K. van Duijvendijk (2017). <i>Estimating costs of nature management in the European Union; Exploration modelling for PBL's Nature Outlook</i>	112	Koffijberg K., J.S.M. Cremer, P. de Boer, J. Nienhuis, H. Schekkerman, J. Postma & K. Oosterbeek (2017). <i>Broedsucces van kustbroedvogels in de Waddenzee. Resultaten 2015-2016 en trends in broedsucces in 2005-2016.</i>
98	Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, S.V. Oude Voshaar, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk (2017). <i>Emissies naar lucht uit de landbouw in 2015. Berekeningen met het model NEMA</i>	113	Arets, E.J.M.M., J.W.H. van der Kolk, G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & M.J. Schelhaas (2018). <i>Greenhouse gas reporting for the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2018</i>
99	Kuiters, A.T., G.A. de Groot, D.R. Lammertsma, H.A.H. Jansman & J. Bovenschen (2017). <i>Genetische monitoring van de Nederlandse otterpopulatie; Ontwikkeling van populatieomvang en genetische status 2016/2017</i>	114	Bos-Groenendijk, G.I. en C.A.M. van Swaay (2018). <i>Standaard Data Formulieren Natura 2000-gebieden; Aanvullingen vanwege wijzigingen in Natura 2000-aanwijzingsbesluiten</i>
100	Adriaanse, P.I. & W.H.J. Beltman (2017) <i>Comparison of pesticide concentrations at drinking water abstraction points in The Netherlands simulated by DROPLET version 1.2 and 1.3.2 model suites</i>	115	Vonk, J. , S.M. van der Sluis, A. Bannink, C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J.W.H. van der Kolk, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, S.V. Oude Voshaar & G.L. Velthof (2018.) <i>Methodology for estimating emissions from agriculture in the Netherlands – update 2018. Calculations of CH4, NH3, N2O, NOx, PM10, PM2.5 and CO2 with the National Emission Model for Agriculture (NEMA)</i>
101	Daamen, W.P., A.P.P.M. Clercx & M.J. Schelhaas (2017). <i>Veldinstructie Zevende Nederlandse Bosinventarisatie (2017-2021).</i>		
102	Boer, T.A. de & F.L. Langers (2017). <i>Maatschappelijk draagvlak voor natuurbeleid en betrokkenheid bij natuur in 2017</i>		

116	IJsseldijk, L.L., M.J.L. Kik, & A. Gröne (2018). <i>Postmortaal onderzoek van bruinvissen (Phocoena phocoena) uit Nederlandse wateren, 2017. Biologische gegevens, gezondheidsstatus en doodsoorzaken.</i>	132	Vries, S. de & W. Nieuwenhuizen (2018) <i>HappyHier: hoe gelukkig is men waar?; Gegevensverzameling en bepaling van de invloed van het type grondgebruik, deel II</i>
117	Mattijssen, T.J.M. & I.J. Terluin (2018). <i>Ecologische citizen science; een weg naar grotere maatschappelijke betrokkenheid bij de natuur?</i>	133	Kistenkas, F.H., W. Nieuwenhuizen, D.A. Kamphorst & M.E.A. Broekmeyer (2018). <i>Natuur- en landschap in de Omgevingswet.</i>
118	Aalbers, C.B.E.M., D. A. Kamphorst & F. Langers (2018). <i>Bedrijfs- en burgerinitiatieven in stedelijke natuur. Hun succesfactoren en knelpunten en hoe de lokale overheid ze kan helpen slagen.</i>	135	Sanders, M.E. (2018). <i>Voortgang realisatie natuurnetwerk. Technische achtergronden bij de digitale Balans van de Leefomgeving 2018</i>
119	Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk (2018). <i>Emissies naar lucht uit de landbouw in 2016. Berekeningen met het model NEMA</i>	136	Koffijberg K., J.S.M. Cremer, P. de Boer, J. Nienhuis, K. Oosterbeek & J. Postma (2018). <i>Broedsucces van kustbroedvogels in de Waddenzee in 2017</i>
120	Sanders, M.E., F. Langers, R.J.H.G. Henkens, J.L.M. Donders, R.I. van Dam, T.J.M. Mattijssen & A.E. Buijs (2018). <i>Maatschappelijke initiatieven voor natuur en biodiversiteit; Een schets van de reikwijdte en ecologische effecten en potenties van maatschappelijke initiatieven voor natuur in feiten en cijfers</i>	137	Egmond, F.M. van, S. van der Veeke, M. Knotters, R.L. Koomans, D. Walvoort, J. Limburg (2018). <i>Mapping soil texture with a gamma-ray spectrometer: comparison between UAV and proximal measurements and traditional sampling; Validation study</i>
121	Farjon, J.M.J., A.L. Gerritsen, J.L.M. Donders, F. Langers & W. Nieuwenhuizen (2018). <i>Conditie voor natuurinclusief handelen. Analyse van vier praktijken van natuurinclusief ondernemen</i>	138	Glorius, S.T., A. Meijboom, J.T. Wal van der, J.S.M. Cremer (2018). <i>Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee; situatie 2017.</i>
122	Gerritsen, A.L., D.A. Kamphorst & W. Nieuwenhuizen (2018). <i>Instrumenten voor maatschappelijke betrokkenheid. Overzicht en analyse van vier cases</i>	139	Berg, F. van den, A. Tiktak, D.W.G. van Kraalingen, J.G. Groenwold & J.J.T.I. Boesten (2018). <i>User manual for GeoPEARL version 4.4.4.</i>
123	Vullings, L.A.E., A.E. Buijs, J.L.M. Donders, D.A. Kamphorst, H. Kramer & S. de Vries (2018). <i>Monitoring van groene burgerinitiatieven; Analyse van de resultaten van een pilot en nulmeting in vier gemeenten</i>	140	Kuiters, A.T., G.A. de Groot, D.R. Lammertsma, H.A.H. Jansman & J. Bovenschen (2018). <i>Genetische monitoring van de Nederlandse otterpopulatie; Ontwikkeling van populatieomvang en genetische status 2017/2018</i>
124	Boonstra, F.G., Th.C.P. Melman, W. Nieuwenhuizen & A. Gerritsen (2018). <i>Aanpak evaluatie stelselvernieuwing agrarisch natuurbeheer; Uitgangspunten en opties voor een beleidsevaluatie</i>	141	Muskens G.J.D.M., M.J.J. La Haye, R.J.M. van Kats & A.T. Kuiters (2018). <i>Ontwikkeling van de hamsterpopulatie in Limburg. Stand van zaken voorjaar 2018</i>
125	Vullings, L.A.E., A.E. Buijs, J.L.M. Donders & D.A. Kamphorst (2018). <i>Monitoring van groene burgerinitiatieven; Methodiek, indicatoren en ervaring met pilot en nulmeting.</i>	142	Glorius, S.T. (2018). <i>Ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de geulen van referentiegebied Rottum; Tussenrapportage twaalf jaar na sluiting (najaar 2017).</i>
126	Beltman, W.H.J., M.M.S. ter Horst, P.I. Adriaanse & A. de Jong (2018). <i>Manual for FOCUS_TOXSWA v5.5.3 and for expert use of TOXSWA kernel v3.3; User's Guide version 5</i>	143	Brouwer, F., F. de Vries en D.J.J. Walvoort (2018). <i>Basisregistratie Ondergrond (BRO); Actualisatie bodemkaart: herkartering van de bodem in Flevoland</i>
127	Van der Heide, C.M. & M.M.M. Overbeek (2018). <i>Natuurinclusief handelen en ondernemen. Scopingstudie 'Bedrijven, economie en natuur'</i>		
128	Langers, F. (2018). <i>Recreatie in groenblauwe gebieden; Actualisatie van CLO-indicator 1258 (Bezoek aan groenblauwe gebieden) op basis van data van het Continu Vrijtijdsonderzoek uit 2015</i>		
129	Glorius, S.T., I.Y.M. Tulp, A. Meijboom, L.J. Bolle and C. Chen (2018). <i>Developments in benthos and fish in gullies in an area closed for human use in the Wadden Sea; 2002-2016</i>		
130	Kamphorst, D.A & T.J.M. Mattijssen (2018). <i>Scopingstudie Vermaatschappelijking van natuur. Een overzicht van onderzoek bij Wageningen Universiteit & Research voor het Planbureau voor de Leefomgeving en het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit</i>		
131	Breman, B.C., T.J.M. Mattijssen & T.M. Stevens (2018). <i>Natuur 2.0. Het natuurdebat op social media.</i>		



Thema Basisregistratie Ondergrond

Wettelijke Onderzoekstaken

Natuur & Milieu

Postbus 47

6700 AA Wageningen

T (0317) 48 54 71

E info.wnm@wur.nl

ISSN 2352-2739

www.wur.nl/wotnatuurenmilieu

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

