



Watersysteembeschrijving Overbetuwe

H.Th.L. Massop

Watersysteembeschrijving Overbetuwe

H.Th.L. Massop

Dit onderzoek is uitgevoerd door Alterra Wageningen UR in opdracht van en gefinancierd door het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling (EFRO) en het Ministerie van Economische Zaken (projectnummer KB-14-001-050).

Alterra Wageningen UR
Wageningen, juni 2014

Alterra-rapport 2531
ISSN 1566-7197



Massop H.Th.L., 2014. *Watersysteembeschrijving Overbetuwe*. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2531. 96 blz.; 83 fig.; 11 tab.; 34 ref.

Park Lingezege is een proeftuin voor het riviereengebied waarin door een systeemgerichte aanpak ontwerpen worden getest die bijdragen aan de waterzekerheid, opvang van wateroverlast en verbetering van de waterkwaliteit. Daarvoor wordt in deelgebied Waterrijk een innovatief systeem ontwikkeld waarin ruimte is voor waterberging maar ook voor waterretentie en waterzuivering.

Het rapport beschrijft het watersysteem van de Overbetuwe met Park Lingezege. Naast een beschrijving van het huidige landgebruik wordt ingegaan op de geologische ontstaanswijze van het gebied en de bodemvorming. Voor zowel de waterafvoer als aanvoer is de rivier de Linge belangrijk. De grote rivieren langs de Betuwe hebben via de fluctuatie in de waterpeilen invloed op de kwel naar de Betuwe.

Trefwoorden: Waterrijk, Linge, KRW, waterlichaam, Park Lingezege, Overbetuwe.

Dit rapport is gratis te downloaden van www.wageningenUR.nl/alterra (ga naar 'Alterra-rapporten' in de grijze balk onderaan). Alterra Wageningen UR verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2014 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, E info.alterra@wur.nl, www.wageningenUR.nl/alterra. Alterra is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra-rapport 2531 | ISSN 1566-7197



Dit onderzoek is uitgevoerd door Alterra Wageningen UR in opdracht van en gefinancierd door het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling (EFRO) en het Ministerie van Economische Zaken.

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
	1.1 Aanleiding	9
	1.2 Doelstelling	9
	1.3 Leeswijzer	9
2	Begrenzing onderzoeksgebied	10
3	Cultuurhistorie	13
	3.1 Toponymen	13
	3.2 Pannerdensch Kanaal	14
	3.3 Ontginning en vorming waterschappen	15
	3.4 Defensie	19
	3.5 Vervoer per water	21
	3.6 Overstromingen	22
	3.7 Ontwikkelingen in de waterhuishouding	25
4	Landgebruik	27
	4.1 Historisch landgebruik	27
	4.2 Huidig landgebruik	28
	4.2.1 Natuur	30
	4.2.2 Park Lingezege	32
5	Geologie en bodem	34
	5.1 Maaiveldhoogte	34
	5.1.1 Regionale maaiveldhelling	34
	5.1.2 Oeverwallen en komgronden	35
	5.1.3 Maaiveldvariatie binnen een perceel	35
	5.2 Geologische vorming van het gebied	36
	5.2.1 Tertiaire- en Pleistocene-afzettingen	36
	5.2.2 Holocene afzettingen	40
	5.2.3 Geohydrologische schematisatie	44
	5.3 Bodem en Gt	47
	5.3.1 Bodemvorming	47
	5.3.2 Grondwatertrappen	50
6	Hydrologie en waterhuishouding	53
	6.1 Waterhuishouding	53
	6.1.1 De Linge	53
	6.1.2 Waterafvoer	56
	6.1.3 Waterberging	57
	6.1.4 Waterrijk	58
	6.1.5 Buisdrainage en maaiveldgreppels	59
	6.1.6 Beregening	61
	6.2 Grondwater	62
	6.2.1 Grondwaterstand en stijghoogten	62

6.2.2	Isohypsen	64
6.2.3	Onttrekkingen	66
6.2.4	Zoet-zoutgrensvlak	68
6.2.5	Kwel en infiltratie	69
6.3	Kaderrichtlijn water	70
6.3.1	Waterlichamen en waterkwaliteit	71
6.3.2	Huidige toestand oppervlaktewater	75
6.3.3	Ruimte voor de rivier	76
6.3.4	Zwemwater	78
	Literatuur	79
	Bijlage 1 Lithostratigrafische eenheden	81
	Bijlage 2 Enkele kenmerken Pleistocene afzettingen	86
	Bijlage 3 Waterhoogten op de Nederrijn en Waal	87

Woord vooraf

In het rivierengebied tussen Arnhem en Nijmegen wordt een landschapspark ingericht, Park Lingezege. In dit landschapspark wordt ruimte geboden voor mens, water, landbouw en natuur. Het project Waterrijk of RichWaterWorld (RWW) is een integraal onderzoeks- en ontwikkelproject in park Lingezege, dat door een consortium van private en publieke partijen en kennisinstellingen wordt uitgevoerd. Partners in het consortium RWW zijn Park Lingezege, Radboud Universiteit, Alterra, Eijkelkamp Agrisearch Equipment, Meteogroup, B-Ware en Alliander.

In 2013 is het project waterrijk gestart met steun vanuit het GO-EFRO fonds voor regionale ontwikkeling en met financiering vanuit private partijen en kennisinstellingen. Het onderzoeksproject waterrijk is inmiddels uitgegroeid tot het innovatie- en uitvoeringsprogramma RichWaterWorld voor realisatie van een reeks samenhangende maatschappelijke doelen in de regio. Het gaat daarbij om zelfvoorzienendheid van water, biologische waterzuivering, terugwinning van fosfaat en winning van duurzame energie. Daarmee levert RichWaterWorld een bijdrage aan de economische en ecologische ontwikkeling van de regio via kennis en innovaties die ook ingezet kunnen worden voor (inter)nationale opgaven en markten.

RWW is een integraal innovatie- en uitvoeringsproject, waarin verschillende producten en doelen worden gerealiseerd, zoals:

- Tijdelijke waterberging uit stedelijk gebied bij extreme neerslag.
- Tijdelijke opslag (retentie) van gebiedseigen water voor benutting in droge tijden.
- Waterzuivering van oppervlaktewater.
- Benutting en terugwinning van nutriënten uit het water.
- Duurzame energievoorziening.
- Vestigingsklimaat en nieuwe economische functies in de regio.

Voor deze integrale aanpak van regionale opgaven is een overzicht nodig van relevante gebiedseigenschappen. Dit rapport biedt dit overzicht.

Samenvatting

Park Lingezegen is een groot landschapspark dat wordt ingericht in de Betuwe tussen Arnhem en Nijmegen. Het park bestaat uit vijf deelgebieden, waaronder deelgebied Waterrijk. In deelgebied Waterrijk staat water centraal, namelijk water om te bergen, water om te spelen en water voor natuur. Hiervoor wordt het gebied opnieuw ingericht en verandert het oorspronkelijke agrarisch landgebruik dat vooral uit grasland bestond in onder andere rietland en bos. Voor de realisatie van rietland wordt over grote oppervlakten het maaiveld afgegraven.

Ten noorden en zuiden van de Betuwe is het landschap vooral gevormd onder koude omstandigheden in de laatste en voorlaatste ijstijd. Het landschap van de Betuwe zelf is een relatief jong landschap, gevormd in het Holoceen onder invloed van de grote rivieren. Het gebied helt van oost naar west. Als gevolg van de ontstaanswijze kan het rivierengebied worden onderscheiden in oeverwallen en komgronden. De belangrijkste kenmerken van beide eenheden zijn samengevat in Tabel 1.

Tabel 1

Kenmerken oeverwallen en komgronden.

Kenmerk	Oeverwal	Komgrond	Opmerking
Topografie	Hoog	Laag	0,5-2,0 m hoogteverschil
Bodemtype	Ooivaaggrond	Poldervaaggrond	
Grondsoort	Lichte klei en zavel	Zware klei	
GT	VI en VII	III en V	
Detailontwatering	Geen maaiveldgreppels	Maaiveldgreppels	
Landgebruik (historisch)	Akkerbouw/Fruiteelt	Grasland	
Bewoning (historisch)	Dorpen	Ontbreekt vrijwel	

In het gebied tussen Arnhem en Nijmegen is in het verleden ingegrepen door de mens, die door de aanleg van het Pannerdensch Kanaal de waterverdeling op de rivieren heeft vastgelegd. Door de bedijkingen is de invloed van de rivier op het gebied via de afzetting van slib afgenomen, wel is het rivierengebied ondanks de aanleg van de bandijken de afgelopen eeuwen als gevolg van dijkdoorbraken nog verschillende malen overstroomd en resteren als relictten van de deze dijkdoorbraken de zogenaamde wielen of waaien die tegenwoordig als natuurgebied of recreatieplas dienst doen. De verbindingssas Arnhem-Nijmegen heeft zowel een rol gespeeld bij het vervoer tussen beide steden (Grift en nu de A325) als voor Defensie (defensiedijk in de IJssellinie). Door de ruilverkavelingen na de twee wereldoorlog is het oorspronkelijk geïsoleerde gebied tussen de grote rivieren ontsloten en landbouwkundig tot ontwikkeling gekomen.

Het waterpeil in de polders van de Betuwe is niet volledig te beheersen. Daarom worden streefpeilen gehanteerd. Voor zowel de wateraanvoer voor droogte- en nachtvorstbestrijding als voor de waterafvoer speelt de rivier de Linge een belangrijke rol in de Betuwe. Door klimaatverandering nemen neerslagpieken en daarmee de afvoerhoeveelheden toe, terwijl door toename van de verdamping door opwarming en mogelijk ook door minder zomerneerslag de watervraag in het groeiseizoen toeneemt. Delen van het gebied waterrijk worden ingezet om afvoerpieken uit stedelijk gebied en het nabijgelegen kassengebied Bergerden tijdelijk te bergen en daarmee het watersysteem te ontlasten.

Ten noorden en zuiden van de Overbetuwe liggen hoge stuwwallen. Vooral vanuit de Veluwe stroomt kwelwater naar de Betuwe. De Overbetuwe wordt omringd door grote rivieren: de Nederrijn, de Waal en het Pannerdensch Kanaal. De rivierstanden fluctueren sterk. Door de relatief geringe weerstand van het afdekkend pakket wordt de kwel sterk beïnvloed door de hoogte van de rivierstand.

In het kader van de Kaderrichtlijn Water is aan een aantal waterlichamen in de Betuwe het type Linge en kanalen Overbetuwe toegekend. De waterkwaliteit in de waterlichamen wordt gemonitord maar

voldoet nog niet overal aan de gewenste kwaliteit. Daarom worden verschillende maatregelen genomen om de waterkwaliteit in overeenstemming te brengen met de gewenste kwaliteit. Door de zuiverende werking van de aan te leggen rietmoerassen in Waterrijk wordt een bijdrage geleverd aan een verbetering van de waterkwaliteit.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Uit diverse landelijke studies blijkt dat als gevolg van klimaatverandering de kans op extreme buien én de kans op langdurige perioden van droogte toenemen, ook in het rivierengebied. Dat vraagt om oplossingen om het overtollige water te conserveren en weer te gebruiken in perioden van schaarste, en tegelijk ook om ruimte voor hoogwaterberging. Een goede waterkwaliteit is daarbij van groot belang voor ecologisch en economisch gebruik van de ruimte. De combinatie van waterberging van neerslagpieken en waterretentie voor gebruik in droge tijden blijkt vaak moeilijk te realiseren. Het project waterrijk heeft als doel om kansen en innovatieve oplossingen voor waterretentie te ontwikkelen, waar mogelijk in combinatie met waterberging, door inzet van geavanceerde sensortechnologie en weersvoorspellingsmethoden, en met slim gebruik van beschikbare ruimte.

1.2 Doelstelling

In het EFRO-project waterrijk is de ambitie uitgesproken om een integrale systeemgerichte aanpak te gaan ontwerpen en testen voor waterzekerheid, de opvang van wateroverlast en de verbetering van de waterkwaliteit, rekening houdend met effecten van klimaatverandering. Proeftuin hiervoor is Park Lingezege. In samenhang daarmee vindt ook onderzoek plaats naar de benutting en verwaarding van nutriënten en biobased producten uit het park.

Het project waterrijk kent verschillende onderdelen (work packages). Deze studie maakt onderdeel uit van Work Package 2 dat zich richt op waterberging en waterretentie. Het doel van dit work package is het ontwikkelen van een innovatief waterbeheersysteem voor waterretentie binnen de hydrologische randvoorwaarden van de functies in het Park Lingezege, en om waterretentie te combineren met andere wateropgaven.

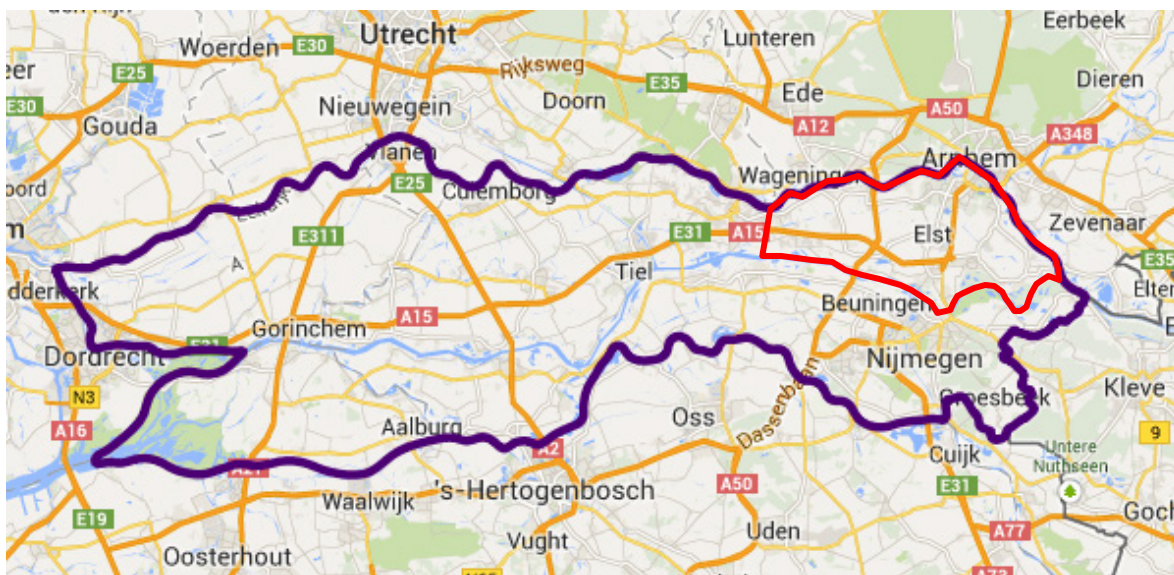
Deze studie is uitgevoerd binnen het work package 2 met als doel de beschrijving van het watersysteem. Daarmee wordt de samenhang beschreven tussen bodem, grondwater, oppervlaktewater en ruimtegebruik van Park Lingezege in de ruimtelijke context van het rivierengebied en de aangrenzende hogere zandgronden. Inzicht in deze samenhang is noodzakelijk om in het waterbeheer van Park Lingezege adequaat te kunnen inspelen op gevolgen van klimaatverandering en andere maatschappelijk relevante ontwikkelingen.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de ligging van het onderzoeksgebied besproken, gevolgd door de cultuurhistorie in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op het historische en het huidige landgebruik. De opbouw van de bodem en de diepe ondergrond wordt beschreven in hoofdstuk 5 gevolgd door de hydrologie en de waterhuishouding van het gebied in hoofdstuk 6.

2 Begrenzing onderzoeksgebied

Het noord-oostelijke deel van het waterschap Rivierenland (Figuur 2.1) is bekend onder de naam Overbetuwe. De Overbetuwe wordt in het noorden begrensd door de Nederrijn, in het zuiden door de Waal, in het oosten door het Pannerdensch Kanaal en in het westen ligt de begrenzing nabij de plaatsen Opheusden en Dodewaard, die beide buiten de Overbetuwe liggen. In de Overbetuwe wordt tussen Arnhem en Nijmegen het park Lingezege ontwikkeld.



Figuur 2.1 Beheergebied van waterschap Rivierenland (blauw) met in rood de begrenzing van de Overbetuwe.

Park Lingezege (Figuur 2.2) is een groot landschapspark in aanleg voor de 160.000 huidige en toekomstige bewoners van Arnhem, Elst, Bommel en Nijmegen. Park Lingezege wordt 1500 ha groot, ter vergelijking, dit is respectievelijk 22 en 18 keer zo groot als het Sonsbeekpark in Arnhem en het Goffertpark in Nijmegen.

Het park bestaat uit vijf deelgebieden met elk hun eigen thema (Figuur 2.2):

- De Park, deelgebied De Park zal nog het meest op een stadspark lijken. Een mozaïek van lanen, stukken bos en open gedeelten, doorsneden door paden, zal na aanleg volop mogelijkheden bieden tot recreëren voor vooral inwoners van Elst en Schuytgraaf. Het deelgebied is vernoemd naar het voormalig kasteel De Park, waarvan de contouren en de oprijlaan nog te herkennen zijn. Dwars door De Park loopt het Romeinse Lint, een markante brede parkzone. In deze zone ligt een watergang met een voet- en fietsverbinding, gelegen op een oude loop van de Rijn in de Romeinse tijd.
- Het Waterrijk, water staat centraal in Het Waterrijk: water om te bergen, water om te spelen en water voor natuur. De Rijkerswoerdse Plassen zijn bestemd voor waterberging en waterrecreatie. Activiteiten als zwemmen en surfen zullen zich aan de noordwestkant concentreren, goed bereikbaar per auto. Voor wandelen, fietsen, vissen, kanoën of paardrijden, de rustigere vormen van recreatie, is er de oostkant van Het Waterrijk, een natuurlijk, avontuurlijk en afwisselend gebied. Ook de Linge krijgt een natuurlijker uiterlijk.
- Het Landbouwwandelen, in Het Landbouwwandelen houden boeren blijvend een plek. Het gebied is door zijn weidsheid aantrekkelijk om in te fietsen of skeeleren, of om een flinke wandeltocht of buitenrit te maken, en daarvoor zullen er zeker meer mogelijkheden komen. Uiteraard biedt het park boeren de kans om nieuwe activiteiten te ontplooiën, zoals een boerderijwinkeltje of bed & breakfast.

- De Buitens, een kleinschalig stukje Betuwe, dat is het karakter van De Buitens. Gelegen op de veilig hoge oeverwal, is dit al een van oudsher dichterbewoond gebied. Dit is dan ook het enige gebied waar nog nieuwe bebouwing mogelijk is, in de vorm van nieuwe landgoederen of nieuwe erven. Uiteraard onder de voorwaarde dat het bijdraagt aan een mooi en typerend landschap, dat het bijdraagt aan het park.
- De Woerdt, deelgebied De Woerdt sluit mooi aan op de landschapszone in de Waalsprong. Het gebied markeert de overgang van stad naar platteland. Stadsbewoners komen hier bij de boer streekproducten kopen, of om iets te drinken tijdens een fietstochtje of wandeling. Door de vele boomgaarden en bijvoorbeeld het beschermd dorpsgezicht van Ressen of de lanen van het landgoed Doornik, is wandelen en fietsen sowieso populair in dit gebied.



Figuur 2.2 Deelgebieden van park Lingezegen.



Figuur 2.3 Markering begrenzing van park Lingezegen.

De begrenzing van het park is zichtbaar gemaakt met een kenmerkende grenspaal (Figuur 2.3).

Het primaire onderzoeksgebied vormt deelgebied waterrijk (Figuur 2.4) dat ligt ter weerszijden van de A325, en grenst in het noorden aan de bebouwing van Arnhem-Zuid, in het oosten aan het tuinbouwgebied Bergerden en aan de zuidkant aan de Linge. Omdat voor het hydrologisch modelonderzoek een ruimer gebied in model wordt gebracht en omdat Park Lingezegen model staat voor het gehele rivierengebied heeft de systeemanalyse betrekking op een ruimer gebied dan Park Lingezegen.



Figuur 2.4 Begrenzing deelgebied Waterrijk (rood) en enkele waterlichamen (blauw) binnen park Lingezegen.

3 Cultuurhistorie

3.1 Toponymen

De naam van het park *Lingezegen* is ontstaan uit de samenvoeging van de namen *Linge* en *zegen*.

Volgens Beekman (1930) is de Linge een rivier die als een klein watertje dichtbij de rivierdijk langs het Pannerdensch Kanaal bij Doornenburg begon. Op de grens van de voormalige gemeenten Gent en Bemmel kwam een andere watergang uit het zuidoosten, die vanaf dat punt de Linge vergezelde zodat er twee naast elkaar lopende weteringen bestonden, die op bepaalde plekken met elkaar in verbinding stonden. De noordelijke tak werd aangeduid als Rijnwetering en de zuidelijke als Waalwetering. Bij Hemmen waren beide takken over korte afstand verenigd om daarna weer als twee takken verder te stromen tot voorbij Ochten. De Rijn- en Waalweteringen zijn samengesteld uit vele rechte en regelmatig gebogen gedeelten en waren van elkaar gescheiden door de zogenaamde Lingewal. De Linge heeft vanaf kasteel Doornenburg tot de Korne een lengte van 51,9 km en tot het Kanaal van Steenenhoek een lengte van 108 km. Omstreeks 1950 is de Linge verbeterd, van de twee weteringen werd een brede watergang gemaakt en de wal ging veelal als weg dienst doen (Lingewal (Figuur 3.1), 1^e of 2^e Weteringsewal). Voorts is een aantal stuwen in de Linge aangebracht, die de rivier in panden verdeelt.



Figuur 3.1 Lingewal ten zuiden van de Linge en Waterrijk en ten oosten van de A325.

De Linge wordt in oude stukken aangeduid als het Lange Water, de Lenge of Wetering. Het bovenste deel van de Linge tot 100 m. boven het punt van samenkomst heette de Doode Linge, onder Zoelen heette de Linge ook wel 'de Groote Landwetering' (Beekman, 1907).

Zeeg is afgeleid van het werkwoord zijgen of tijgen, dit betekent trekken. Daarmee worden in de Over- en Neder-Betuwe de hoofdwaterleidingen genaamd, waarlangs het water 'zijgt' of 'trekt' naar

de Linge en andere weteringen. In een zeeg, al is die geheel of gedeeltelijk kunstmatig aangelegd, beweegt het water altijd onder vrij verval. In het Dijkrecht van de vier Bovenambten van het kwartier van Nijmegen van 1640 4^e Cap., Art. III staat: 'Ende soo yemandt in Landt-weterigen, zegen, Ley- en Tochtgraven, Pijpen ende mede-gangen, eenighe Weeren, Korven ofte andere veranderingh quame te setten of te leggen, ...' (Beekman, 1907).

Volgens Beekman (1930) vindt tot globaal de lijn (Echteld-Rijswijk), waar het maaiveld beneden de Middelbare Rivierstand daalt, de afwatering van de Overbetuwe op natuurlijke wijze plaats, door verschillende grote en kleinere waterlopen, die naar het vermogen van groot naar klein verschillende namen dragen van zeeg, leigraaf, tochtsloot, pijp en medegang. De kleinere waterlopen monden uit in de grotere, de grotere zegen en leigraaven komen uit in de Linge.

3.2 Pannerdensch Kanaal

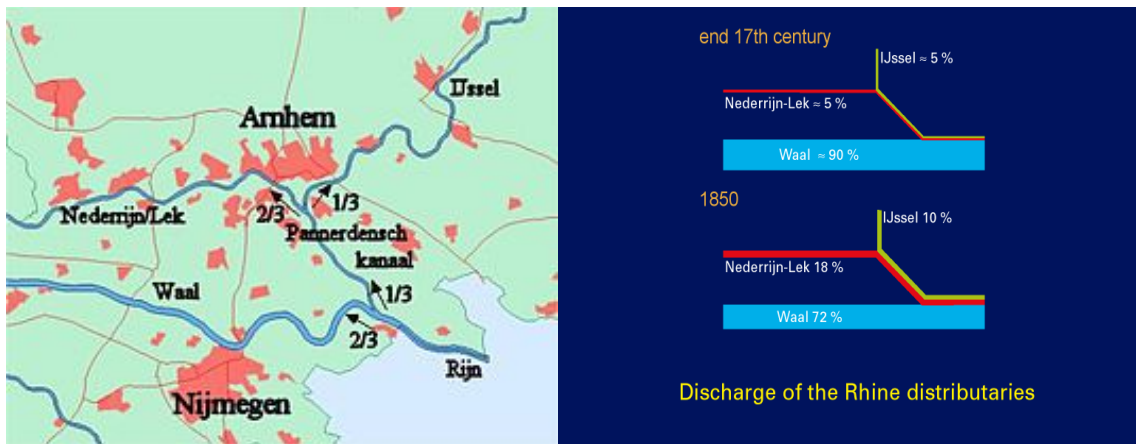
De oorspronkelijke begrenzing van de Betuwe werd gevormd door de Oude Rijn en de Waal, het splitsingspunt lag bij Schenkenschans, dat nu in Duitsland ligt en vanaf de tachtigjarige oorlog in Nederlandse handen was. Schenkenschans was een militaire vesting en had een grote betekenis in het strategisch belangrijke gebied rond de splitsing van de Rijn en Waal en werd als 'toegangspoor' tot de Republiek lange tijd als onneembaar gezien. In de 16e en 17e eeuw vormden de Neder-Rijn en de IJssel zwakke plekken in de verdediging van Nederland. Het Pannerdensch Kanaal werd daarom gegraven als verdedigingslinie (periode 1701-1709), aanvankelijk zonder verbinding met de Rijn en de Waal. Een paar jaar later werd deze verbinding alsnog gelegd (1707) om de watertoevoer naar de IJssel en de Neder-Rijn veilig te stellen. In de beginperiode leidde de verruimde waterafvoer langs deze weg tot dijkdoorbraken en grote overstromingen. Het kanaal behield zijn sleutelpositie voor de landsverdediging nog tot en met de Koude Oorlog.

In Figuur 3.2 is de ligging van het Pannerdensch Kanaal kort na de aanleg, toen aangeduid als De Nieuwe Rijn, weergegeven. De aanleg splitste Herwen, Aerdt en Pannerden af van de Betuwe. Ook de Linge is zichtbaar op de kaart.



Figuur 3.2 Kaart van Pannerdensch Kanaal kort na de aanleg van Isaak Tirion uit 1740 (<http://www.edward-wells.nl/catalogus/index.php?productID=3491>).

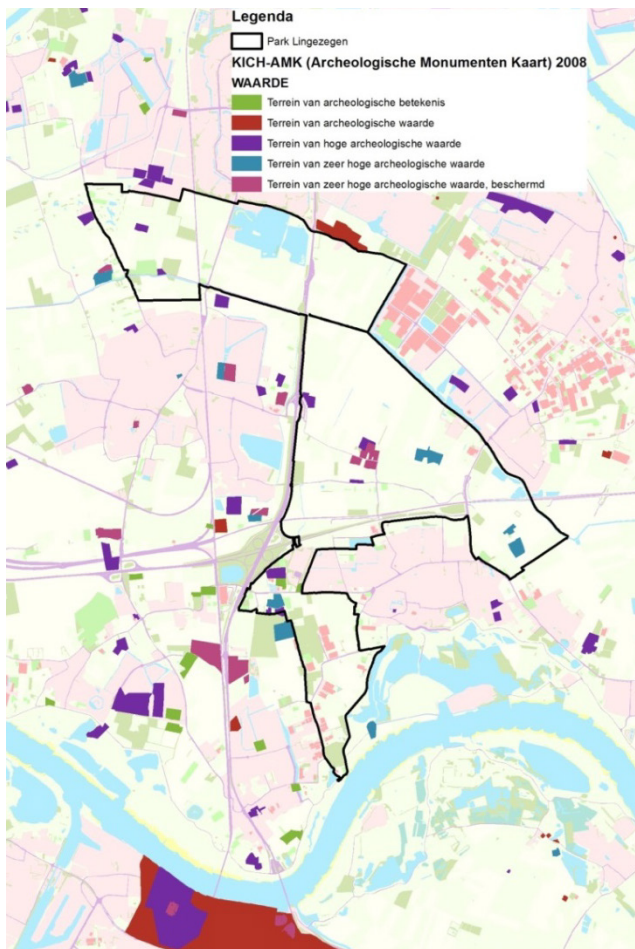
Een belangrijk doel van de waterstaatswerken bij de splitsingspunten van Waal, Rijn en IJssel was het bewerkstelligen van een betere waterverdeling tussen de rivieren. Na uitvoering van de werken is de standaardafvoerdeling bij Fort Pannderden: tweederde naar de Waal en eenderde naar het Pannderdensch Kanaal. Bij IJsselkop wordt de afvoer van het Pannderdensch kanaal opnieuw opgesplitst waarbij tweederde naar de Nederrijn en eenderde naar de IJssel wordt gestuurd (Figuur 3.3).



Figuur 3.3 Afvoerdeling over verschillende Rijntakken.

3.3 Ontginning en vorming waterschappen

Dat het gebied al vroeg werd bewoond, bewijst de kaart met archeologische monumenten (Figuur 3.4).



Figuur 3.4 Archeologische monumenten.

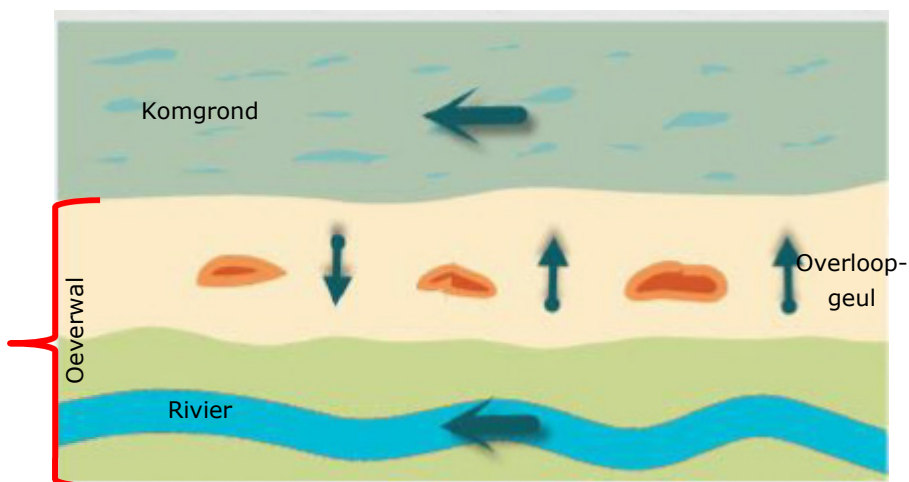
Ook binnen het park Lingezegeen liggen terreinen met archeologische betekenis of waarde.

In de Romeinse tijd vormde de Rijn de noordgrens van het Romeinse Rijk (Limes). In de omgeving van de Limes zijn ter bescherming van de grens een aantal forten gesticht, onder andere Meinerswijk bij Arnhem, gelegen ten noorden van het Lingezegeengebied. Bij deze forten ontstonden nederzettingen. Dat ook andere delen van de Betuwe werden bewoond tonen de vele Romeinse vondsten (Figuur 3.5; Berendsen, 2008).



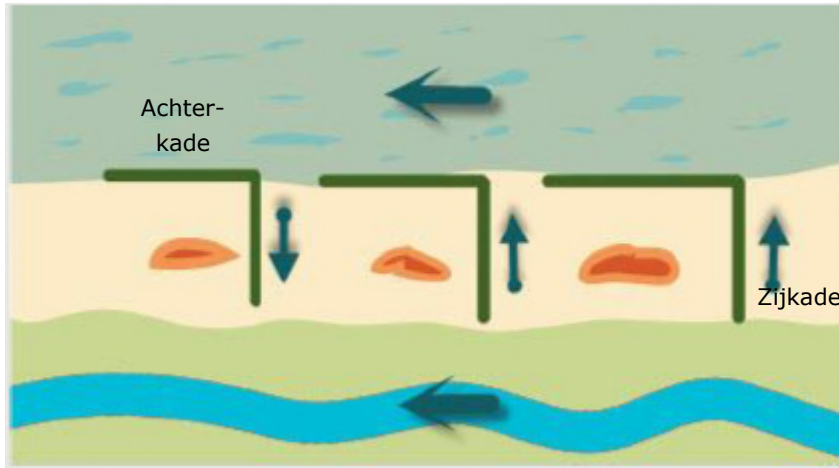
Figuur 3.5 Vondsten in de Romeinse tijd.

Na de Romeinse tijd nam de bevolking eerst af om vervolgens vanaf ca. 800 weer toe te nemen. De mensen vestigden zich aanvankelijk op natuurlijke hoogten, zoals oeverwallen en zandopduikingen (donken) (Figuur 3.6).



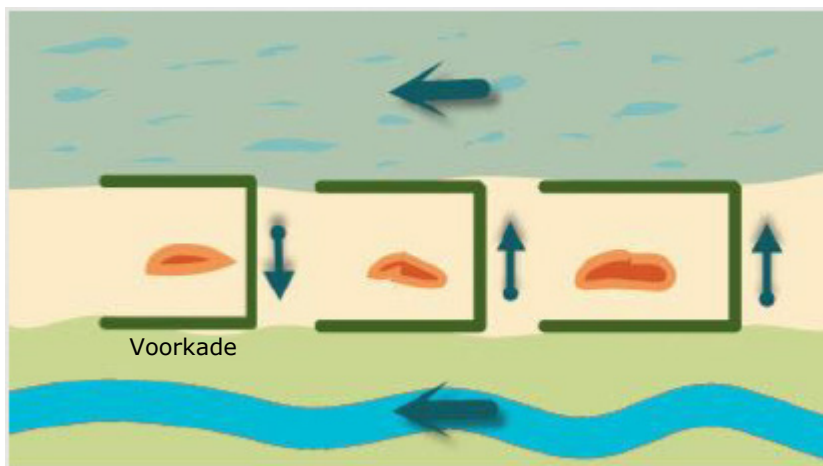
Figuur 3.6 Schematische weergave van de eerste bewoning in het rivierengebied.

Via overloopgeulen in de oeverwal kon de rivier bij hoge rivierstanden water kwijt richting de komgronden. Door verdere toename van de bevolking nam het areaal cultuurgrond toe en daarmee de behoefte om deze grond te beschermen tegen wateroverlast. De natuurlijke afwatering van de cultuurgronden vond plaats zowel in de richting van de rivier als in de richting van de lager gelegen komgronden. Als eerste stap in het bedijkingsproces werden zogenaamde zijkaden later gevolgd door achterkaden (Figuur 3.7) aangelegd om de cultuurgrond te beschermen tegen het water uit de overloopgeulen.



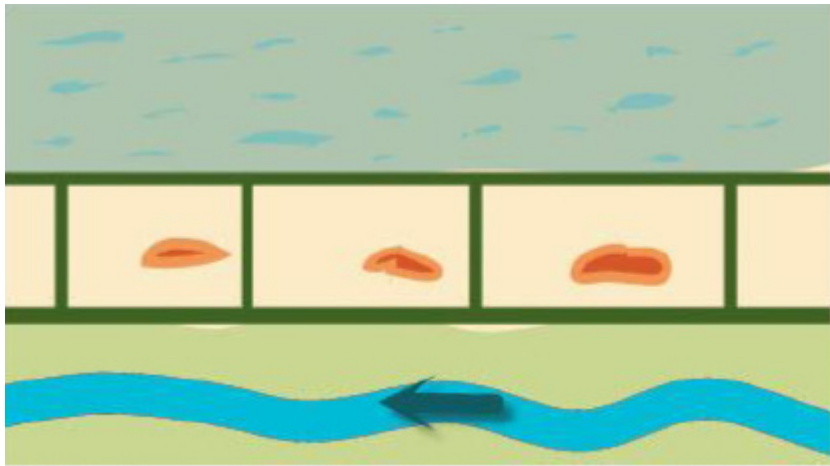
Figuur 3.7 Schematische weergave van de aanleg van zij- en achterkaden in het rivierengebied.

Door de verdergaande uitbreiding van de cultuurgrond werd de beschikbare ruimte voor de rivier steeds verder ingeperkt, daarnaast hadden bovenstrooms gelegen ontginningen (bijvoorbeeld in Duitsland) tot gevolg dat het water sneller werd afgevoerd (afname sponswerking). Om de cultuurgrond tegen het wassende water te beschermen werden in de volgende stap voorkaden (Figuur 3.8) aangelegd.



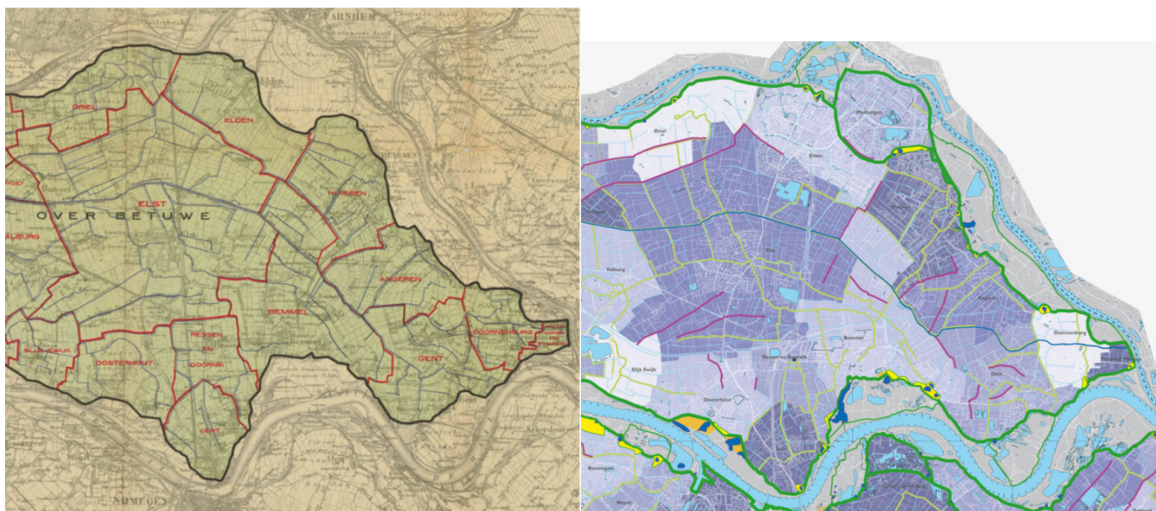
Figuur 3.8 Schematische weergave van de aanleg van voorkaden in het rivierengebied.

Nadat de hogere gronden ten slotte volledig waren ontgonnen en de bevolkingsdruk verder toenam is ook begonnen met de ontginning van de komgronden. Voor de ontginning van de komgronden was het noodzakelijk om de overloopgeulen af te dammen zodat de komgronden waren gevrijwaard van overstromingen (Figuur 3.9).



Figuur 3.9 Schematische weergave van de sluiting van de overloopgeulen in het rivierengebied.

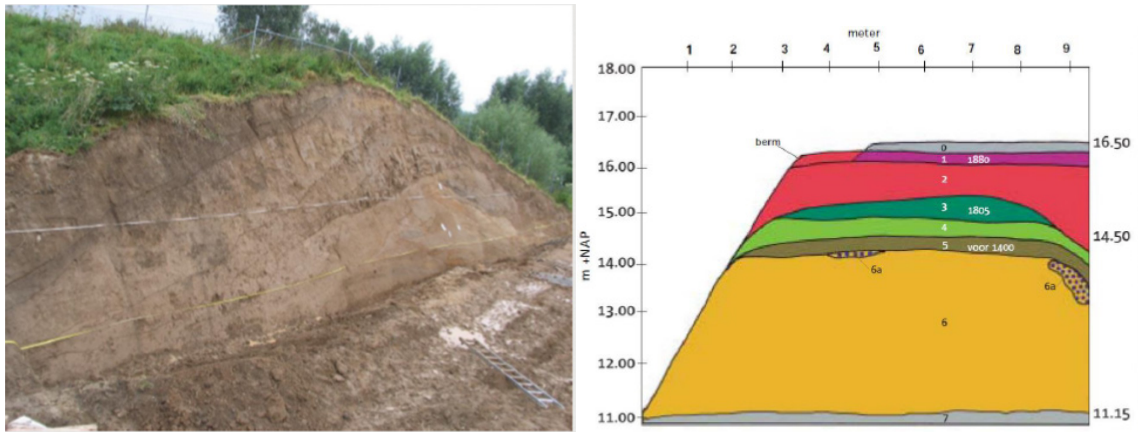
Door de sluiting van de overloopgeulen ontstond een gesloten dijkring (Figuur 3.9). Voor onderhoud van de dijk maar ook voor de ont- en afwatering was een vorm van samenwerking nodig. Deze samenwerking werd per dorp geregeld. Voor de afwatering van de komgronden werd een gemeenschappelijke wetering aangelegd. Door de samenwerking op dorpsniveau ontstonden de zogenaamde dorpspolders, zoals de dorpspolders van Elst, Elden, Huissen en Bemmelen (Figuur 3.10).



Figuur 3.10 Twee kaarten met ligging dorpspolders in de Overbetuwe.

Graaf Reinold van Gelre heeft al in 1327 in een landbrief het ambt Overbetuwe en Nederbetuwe ingesteld met de bijbehorende rechten en plichten. Het ambtsbestuur was belast met de rechtspraak, het algemeen bestuur maar ook met de waterstaatszorg. De waterstaatszorg had betrekking op het toezicht op het onderhoud van de centrale waterafvoeren en waterkeringen. De bestuurlijke taak betrof onder meer het toezicht op de kerspelbesturen. Deze kerspelbesturen en vanaf 1838 de dorpspolders hadden een grote autonomie tot hun opheffing in 1953.

Een belangrijke taak betrof het toezicht op het onderhoud van de dijken voor bescherming tegen hoog water. Door zeespiegelrijzing, ontginning en afname van de ruimte voor de rivier namen de overstromingen toe. Als reactie hierop zijn deze dijken in de loop der tijd, veelal na een grote overstroming, verschillende malen opgehoogd. Voor een aantal locaties zijn de verschillende fasen in de opbouw van de dijk in kaart gebracht (Figuur 3.11) (Mulder, 2002 en Mulder *et al.*, 2003 en 2004).

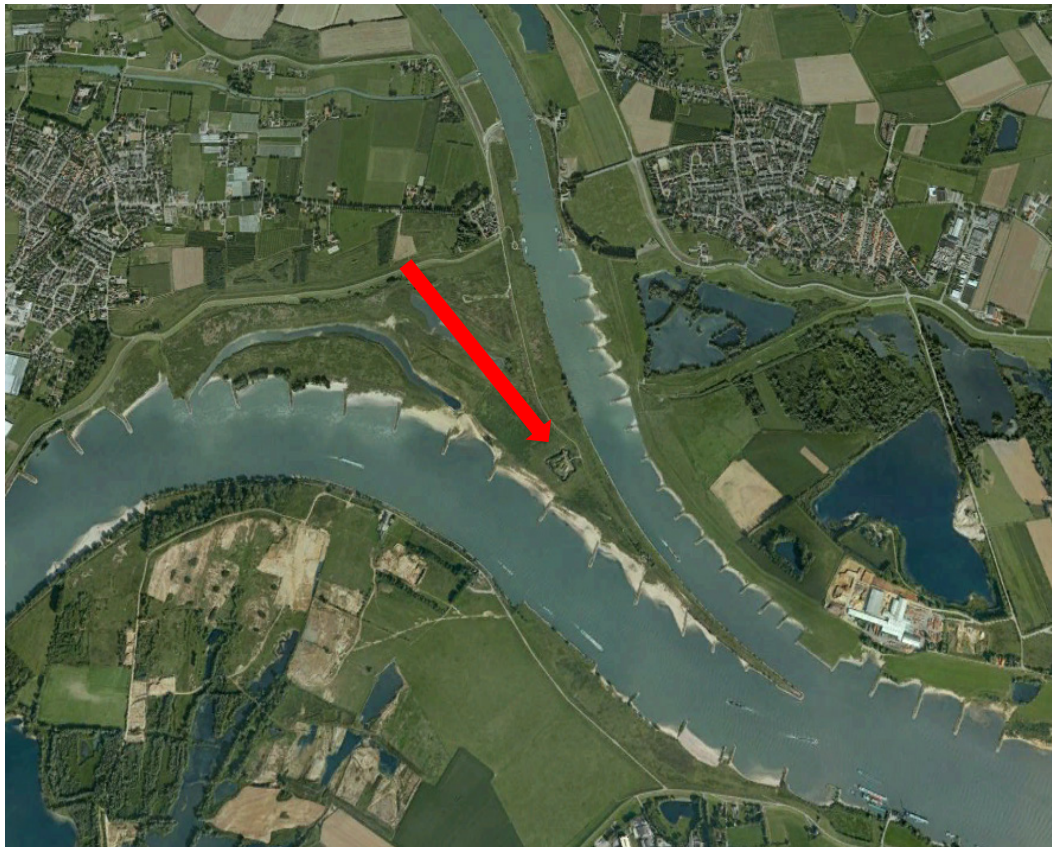


Figuur 3.11 Doorsnede door de Betuwse bandijk.

3.4 Defensie

Bij het Pannerdens Kanaal (paragraaf 3.2) is de functie van de Rijntakken voor de defensie van Nederland al genoemd. Het westen van het land werd aanvankelijk beschermd door de Hollandse Waterlinie en later door de Nieuwe Hollandse Waterlinie. In de periode 1869-1872 is Fort Pannerden (Figuur 3.12) toegevoegd aan de Nieuwe Hollandse Waterlinie. Het fort was een sperfort en ligt op de Pannerdense kop, met de kanonnen van het fort konden zowel de Waal als het Pannerdens Kanaal worden bestreken. Het fort had als doel:

- voorkomen dat een vijandig leger via de Waal kon optrekken richting het gebied achter de Nieuwe Hollandse Waterlinie,
- voorkomen dat het Pannerdens Kanaal kon worden afgedamd, waardoor de Nieuwe Hollandse Waterlinie een tekort aan water kreeg.



Figuur 3.12 Locatie Fort Pannerden op de Pannerdensche Kop.

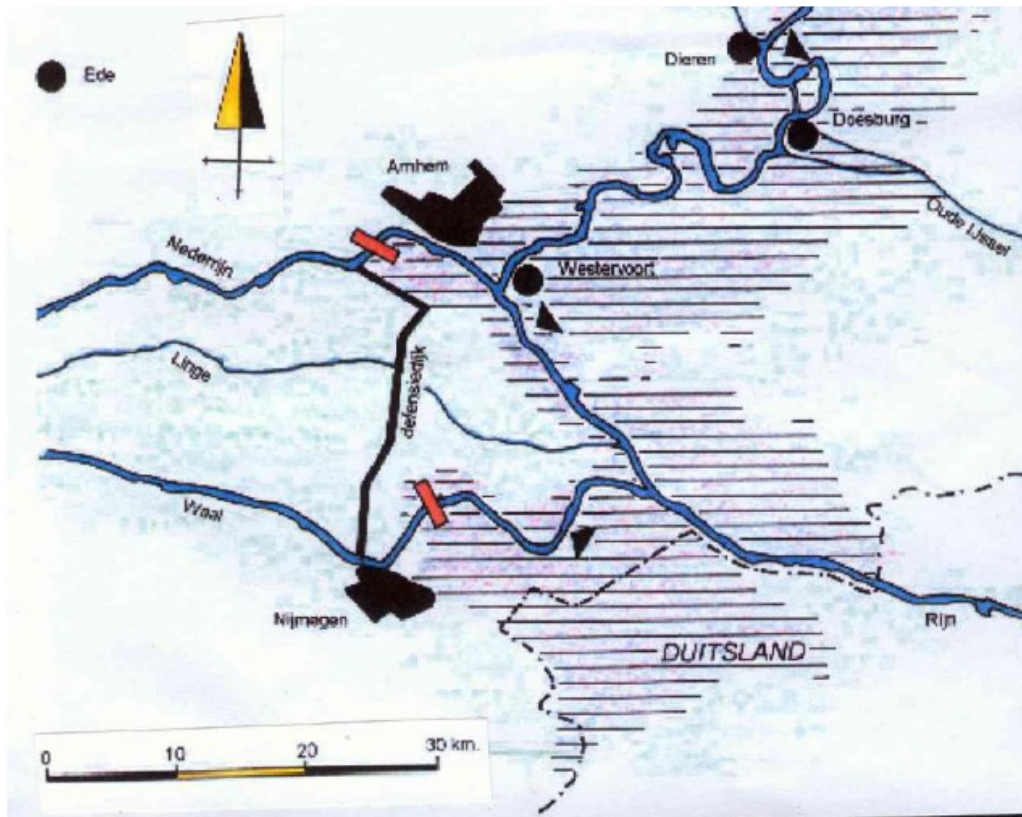
Feitelijk is Fort Pannerden echter nooit ingezet bij de verdediging van Nederland. In 1914-1918 was Nederland neutraal, en in 1940-1945 liet het Duitse leger het fort links liggen door er omheen te trekken. In 1959 werd het fort gedeklassificeerd tot vestingwerk van 'geen klasse'. Recent is fort Pannerden gerestaureerd.

In 1944 vond de Slag om Arnhem plaats, waarbij hevig is gevochten om de Rijnbrug bij Arnhem, die na aanvankelijk te zijn veroverd weer door de geallieerden moest worden prijsgegeven. Na de mislukte slag kwam het frontgebied in de Betuwe te liggen, hierdoor is veel munitie in de bodem terecht gekomen. Uiteindelijk moest de Betuwe worden geëvacueerd. Op 2 december 1944 bliezen de Duitsers de Rijndijk op bij de spoorovergang in Arnhem Zuid waardoor grote delen van de Betuwe onder water liepen (Figuur 3.17).

Na de tweede wereldoorlog was er de angst voor een Russische invasie. Om het westen van het land te beschermen is de IJssellinie aangelegd in de periode 1951-1954. Het doel van de IJssellinie was om door inundatie van een deel van oostelijk Nederland het overige deel van Nederland te beschermen tegen een Russische invasie. Door het volledig afdammen van de Waal en de Neder-Rijn wilde men bewerkstelligen dat de gehele rivierafvoer naar de IJssel werd gestuurd, waardoor deze buiten de oevers zou treden en zelfs buiten de winterdijken. Een strook grond ter breedte van 3-15 km van IJsselmuiden bij Zwolle tot de Ooijpolder bij Nijmegen zou worden geïnundeerd, inclusief een deel van de Overbetuwe. Het onder water zetten van deze gebieden (Figuur 3.13) moest voorkomen dat vijandelijke troepen over het land konden oprukken te voet of per boot, hierbij was de waterdiepte in de onderwater gezette gebieden van groot belang, namelijk niet te ondiep (passeerbaar te voet) of te diep (passeerbaar per boot). Voor de aanleg van de IJssellinie zijn in de omgeving van het onderzoeksgebied enkele omvangrijke werken uitgevoerd, nl.:

- Stuw in de Neder-Rijn ter hoogte van Arnhem.
- Stuw in de Waal ter hoogte van Bommel.
- Aanleg van de Defensiedijk tussen de Neder-Rijn bij Elden en de Waal bij Lent in 1951.

De aanleg van de Defensiedijk had invloed op de afwatering van het bovenstrooms van de Defensiedijk gelegen gebied, omdat maar op één punt water van boven de dijk passeerde, nl. bij de duiker in de Linge waar deze Rijksweg 52 kruist. Hiervoor zijn grotendeels nieuwe brede watergangen aangelegd waarmee het water naar dit punt werd gevoerd (Mentink en Van Os, 1985).



Figuur 3.13 Deel van de werken van de IJssellinie met gebied dat inundeert.

3.5 Vervoer per water

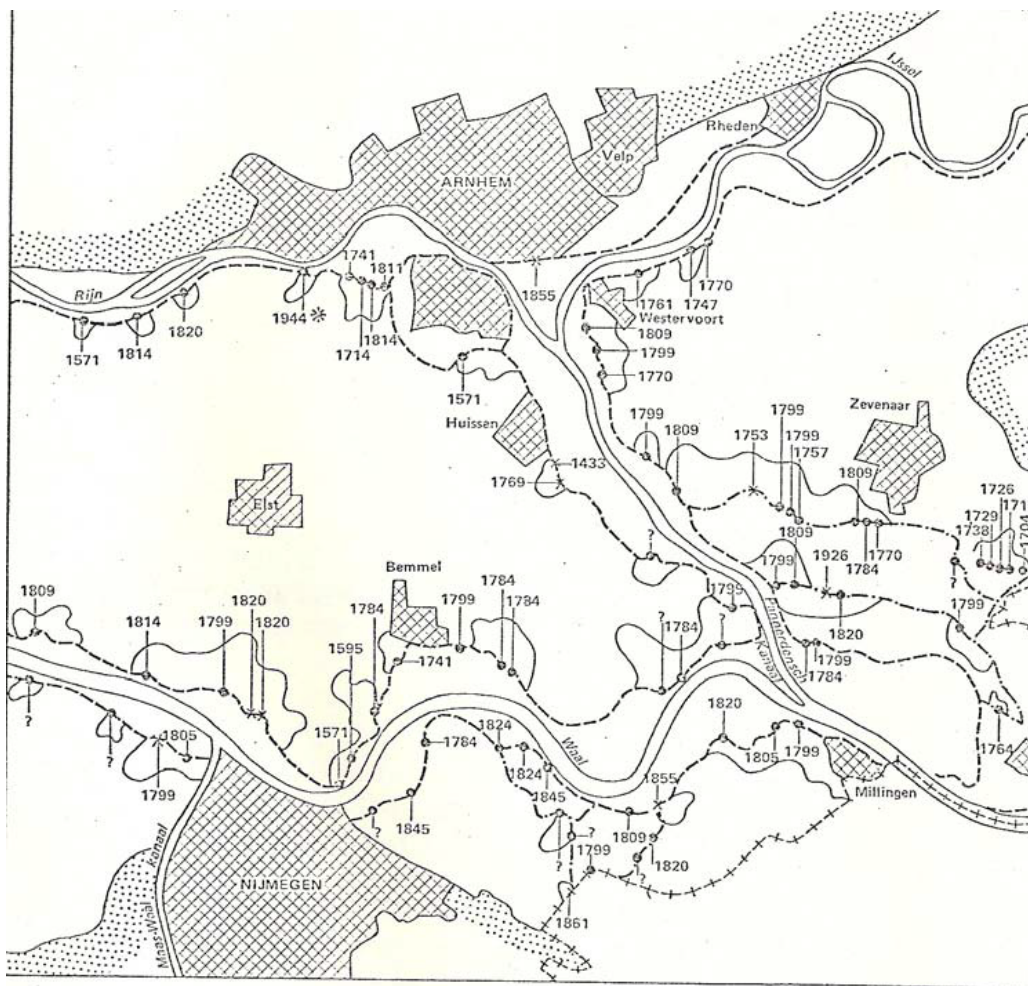
Op initiatief van de stad Nijmegen is er een kanaal gegraven tussen Nijmegen en Arnhem (Figuur 3.13), dit kanaal werd de Grift genoemd en diende om vervoer van vracht en personen over water mogelijk te maken. Het kanaal kwam in 1611 gereed. Deze trekvaart begon bij de buurtschap De Praets, aan de zuidkant van de Nederrijn bij Arnhem. Het kanaal liep via de dorpen Elden en Elst en kwam bij Lent weer uit in de Waal (Figuur 3.14). Ten noorden van Elst kruiste de Grift de Linge. Aan beide kanten van de Grift lagen brede dijken met jaagpaden, waarop ook het landverkeer zich kon verplaatsen. In 1634 brak door zware ijsgang de bandijk bij Lent door. Het water verwoestte onder andere de gemetselde sluizen van de Grift bij het dorp. De sluizen werden niet meer herbouwd waardoor alle goederen voor de trekschuitvaart hier overgeslagen moesten worden. Omdat de onderhoudskosten van de Grift hoog waren en de opbrengsten tegen vielen, raakte de trekvaart in 1743 in onbruik. Na sluiting van het kanaal verzandde het kanaal en is het uiteindelijk gedempt. De waterloop verdween hierdoor. Wel bleef het jaagpad een belangrijke verbindingroute. In Lent herinnert de straatnaam Griftdijk (-Noord en -Zuid) nog aan de Grift. De Rijksweg A325 door Elst en Elden volgt nu nog grotendeels het traject van het jaagpad. (Bron: [http://nl.wikipedia.org/wiki/Grift_\(Betuwe\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/Grift_(Betuwe))).



Figuur 3.14 Vroegere trekvaart tussen Arnhem en Nijmegen.

3.6 Overstromingen

In verband met dreigend hoogwater en gevaar voor dijkdoorbraak is er in 1995 een grote ontruiming uitgevoerd van delen van de Betuwe. Hierbij waren een kwart miljoen mensen betrokken. Hoewel deze ontruiming niet heeft plaatsgevonden in het onderzoeksgebied, is het gebied in het verleden wel regelmatig getroffen door overstromingen als gevolg van dijkdoorbraken. De oorzaak was meestal stremming van de afvoer door ijs. In tegenstelling tot de huidige situatie hadden de rivieren in het verleden onregelmatige afmetingen, bovendien kwamen ondiepten voor. In winters met ijsvorming vormden zich ijsschotsen die met het water werden afgevoerd en zich op bepaalde plekken, zoals bij ondiepten, ophoopten. Hierdoor werd het water bovenstrooms van de verstopping opgestuwd waardoor de dijk kon doorbreken. In Figuur 3.15 is een overzicht gegeven van de vele dijkdoorbraken die in dit gebied hebben plaatsgevonden (Mulder *et al.*, 1979).



Figuur 3.15 *Overzicht van de dijkdoorbraken met jaartal in het gebied tussen Arnhem en Nijmegen.*

Bij een dijkdoorbraak stroomt het opgestuwde water over de dijk, het vallende water heeft veel energie waardoor de voet van de dijk wordt weggeslagen en er uiteindelijk een stroomgat ontstaat. Het bodemmateriaal uit het stroomgat wordt meegenomen en in een waaier direct buiten het stroomgat afgezet, dit leidt tot een verhoging van het maaiveld. Het stroomgat is veelal dusdanig diep dat zand uit de ondergrond wordt meegenomen en afgezet. Deze nieuw gevormde gronden noemen we overslaggronden en zijn bij zandige afzettingen minder vruchtbaar dan de omliggende kleigronden (Figuur 3.16).

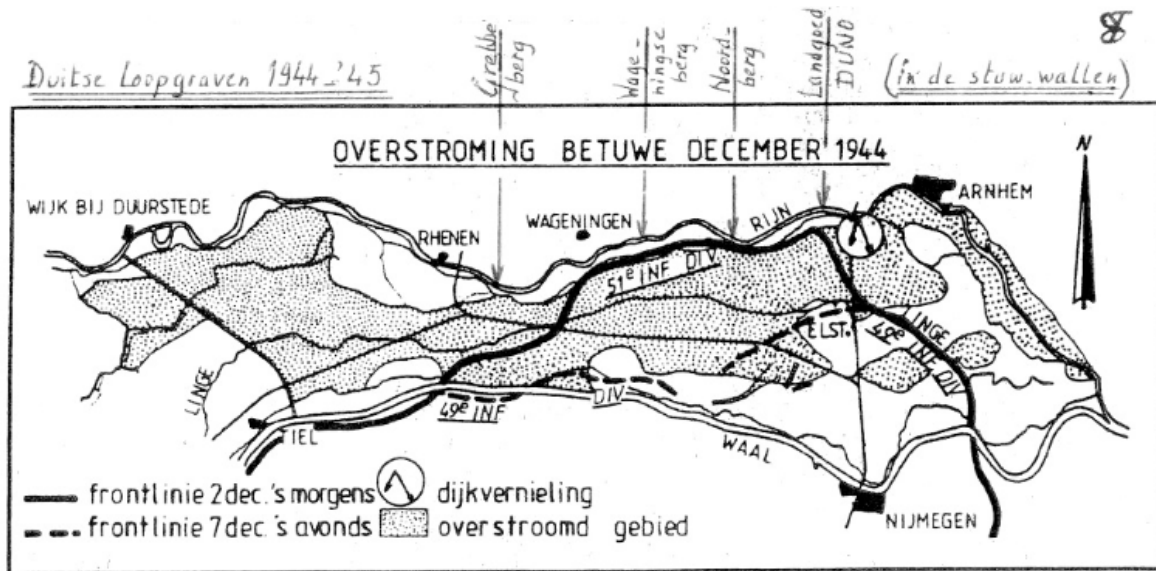


Figuur 3.16 *Dijkdoorbraak met vorming wiel en overslaggronden.*

Tegenwoordig zijn de plekken waar vroeger dijkdoorbraken hebben plaatsgevonden nog te herkennen in het landschap. Op zo'n plek is vaak een gat te vinden dat vol met water staat. Zo'n gat wordt een wiel (ook wel waa of waal) genoemd. Om dit wiel heen is een verhoging zichtbaar, dit is de plek waar

het bodemmateriaal uit het gat is afgezet (overslaggrond). Na de dijkdoorbraak resteert een diepe kuil vol water. De oorspronkelijke dijk kan niet op dezelfde plaats worden hersteld, omdat het wiel erg diep is. De nieuwe dijk wordt of tussen het wiel en de rivier gelegd (binnendijks wiel) of aan de andere zijde van het wiel (buitendijks wiel) (Figuur 3.18). Als ter plaatse van het wiel de afdekkende kleilaag is verdwenen kan bij hoge rivierstanden gemakkelijk water opwellen via het wiel.

De laatste keer dat delen van de Overbetuwe zijn overstroomd was in 1944, zie Figuur 3.17.



Figuur 3.17 Overstroomd gebied in december 1944.



Figuur 3.18 Twee wielen als restanten van dijkdoorbraken achter de rivierdijk.

3.7 Ontwikkelingen in de waterhuishouding

Voor een goede landbouwkundige ontwikkeling kende het rivierengebied kort na de tweede wereldoorlog verschillende problemen. De Bruin (1988) noemt o.a.:

- Ontsluiting. In de kommen waren nauwelijks wegen; graswegen of slecht verharde karresporen voerden naar de aanliggende kavels.
- Waterhuishouding. De kommen waren gebrekkig ontwaterd, de gemalen hadden te geringe capaciteit om de kommen droog te houden. De situatie kort voor en na de oorlog was dat in de herfst het land drassig werd, 's winters stonden lage delen onder water tot ver in het voorjaar. De grassamenstelling was hierop aangepast. In droge zomers waren de bodems in de komgronden keihard. Hierdoor was de bodemventilatie slecht en de beworteling ondiep (geringe beschikbare vochtvoorraad).
- Bedrijfs grootte was gering, in 1948 hadden 12.000 bedrijven (75% van de bedrijven) een oppervlakte kleiner dan 10 ha.
- Pacht, veel grond werd jaarlijks verpacht en er was veel vraag naar grond, hierdoor was er een tekort aan grond met als gevolg hoge pachtprizen en gering rendement. De grond werd uitgeboerd, vanwege de onzekerheid of men de grond het volgende jaar weer kon pachten werd er nauwelijks geïnvesteerd in de grond bijvoorbeeld door bemesting.
- Verkaveling: de pachtpercelen lagen sterk versnipperd op de stroomruggen, kommen en uiterwaarden.
- Bemestingstoestand; de fosfaatstoestand van vooral bouwland was matig tot slecht, verder speelt de afstand van de kavels tot de bedrijven een grote rol.
- Lage inkomens.

De ontwatering en afwatering van de Betuwe is lange tijd een probleem geweest. Ondanks dat de Overbetuwe relatief hoog ligt, had het gebied in het verleden te lijden onder de Linge die haar water moeilijk kwijt kon. Van de 17.180 ha van het Polderdistrict Overbetuwe had in januari 1926 2.140 ha waterbezwaar. Onder andere Honderd Morgen (ten oosten van Doornenburg), Huissen en Elden hadden jaarlijks met wateroverlast te maken (Mentink en Van Os, 1985).

Een rapport over de waterstaatkundige toestand van de Dorpspolder Elst uit 1947 noemde drie oorzaken voor de slechte waterhuishoudkundige toestand, nl.:

- Onvoldoende waterafvoer naar en door de Linge.
- De verwoestingen van de tweede wereldoorlog.
- Conservatisme, misplaatste zuinigheid en gebrek aan daadkracht bij de dorpspolder Elst.

Daarbij kwam nog de aanleg van de Defensiedijk (IJssellinie) in 1951.

Met betrekking tot de Linge is eind jaren veertig een nieuw gemaal in gebruik genomen bij Steenenhoek (mr. dr. G. Kolffgemaal), en zijn later hulpgemalen geplaatst bij Lakemond (Mr. G.J.H.Kuykgemaal, lozing op de Rijn) en ten noorden van Tiel (H.A. van Beuningengemaal, lozing op Amsterdam-Rijnkanaal). De verbreding van de Linge is in fasen uitgevoerd in de periode 1951-1952, ook werd een inlaatsluis gebouwd bij Doornenburg (Figuur 3.19). Bij lage rivierstanden stroomt het water uit het Pannerdensch Kanaal niet onder vrij verval de Linge in. Om voldoende oppervlaktewater in het gebied te krijgen moet water in de Linge worden gepompt. Hiervoor is een drijvend gemaal aangelegd in het Pannerdensch kanaal met een huidige capaciteit van 240 m³/min. Bij zeer lage waterstanden op het Pannerdensch Kanaal is er een knelpunt, waarbij mogelijk de inname moet worden gestaakt. De kritische waterstand is NAP +6.5 m. Door klimaatverandering neemt de kans toe dat in de zomer het inlaatpunt enige tijd gesloten zal worden vanwege lage rivierstanden. Dit is een belangrijke reden om in Waterrijk de mogelijkheden voor water vasthouden (retentie) te verkennen. Het drijvende gemaal heet Pannerling en verwijst naar het verband tussen het Pannerdensch kanaal en de Linge.

Bij de verbetering werd de Waalwetering gedempt met grond van de Weteringse Wal (Lingewal), de eigenlijke profielverruiming vond plaats in de Rijnwetering, omdat deze wetering het laagst gelegen tracé volgt.

Naast de ontwatering was ook de ontsluiting van de landbouwgronden slecht.



Figuur 3.19 Inlaatpunt van de Linge bij Doornenburg.

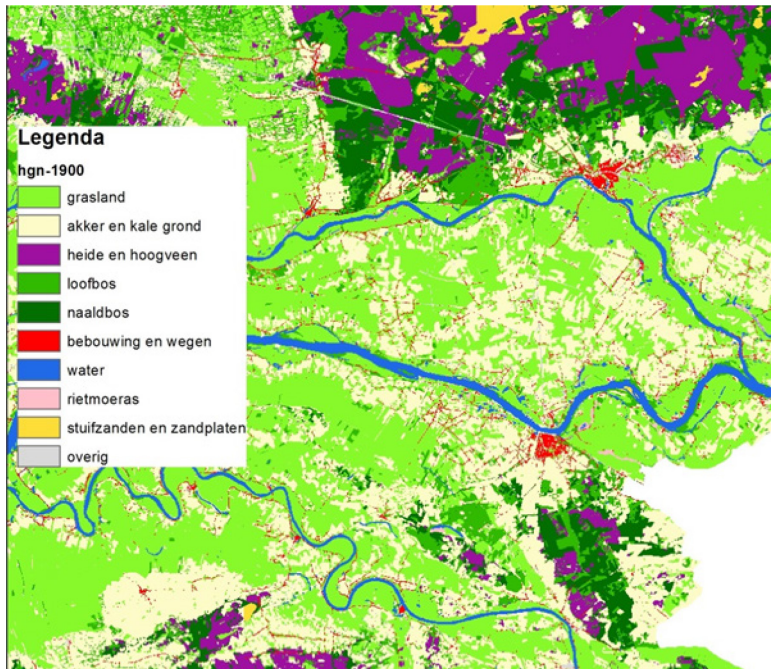
De waterstaatkundige inrichting van het rivierengebied was vanouds afgestemd op het natuurlijk verhang van oost naar west. De dorpsolders behartigden de waterafvoer van de tot een bepaalde buurtschap behorende gronden via een stelsel van oost-west gegraven weteringen naar een zo laag mogelijk gelegen lozingspunt op de rivier. Doordat de onderlinge samenwerking slecht was ontstonden op sommige plaatsen situaties waarbij verscheidene weteringen naast elkaar lagen, uitkomende op hetzelfde lozingspunt. Voor de modernisering van de waterbeheersing was de opheffing van deze kleine waterstaatkundige eenheden van de dorpsolders noodzakelijk en werd de zorg voor de waterbeheersing ondergebracht bij de polderdistricten die belast waren met het dijkbeheer. In 1954 zijn de dorpsolders opgeheven. In 2002 zijn de Betuwse polderdistricten opgegaan in het waterschap Rivierenland.

De detailontwatering is vervolgens na 1955 in ruilverkavelingsverband uitgevoerd.

4 Landgebruik

4.1 Historisch landgebruik

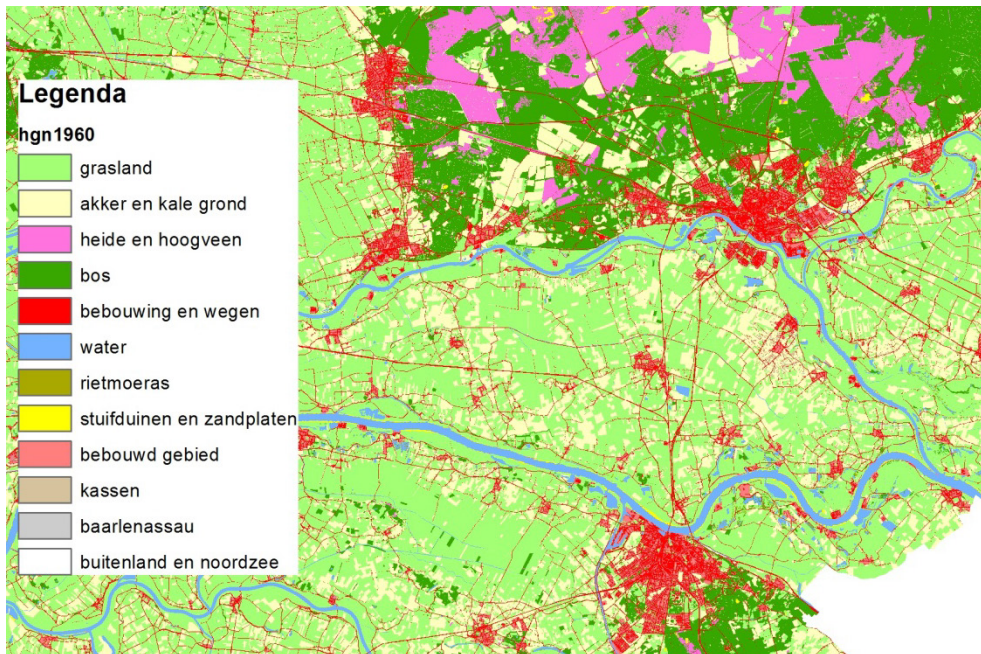
De oudste kaart die inzicht geeft in het landgebruik van de Overbetuwe is afkomstig uit de HGN, de Historische Grondgebruiksk kaart van Nederland. Deze kaart geeft het grondgebruik weer omstreeks 1900 (Figuur 4.1).



Figuur 4.1 Landgebruik omstreeks 1900.

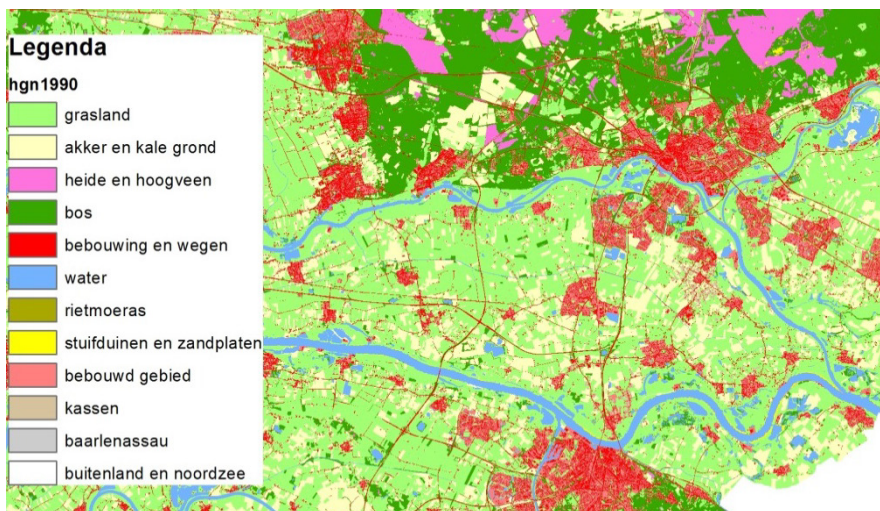
Figuur 4.1 laat zien dat er nog weinig sprake is van verstedelijking van het landschap. Nijmegen en Arnhem bevinden zich nog grotendeels binnen de stadswallen en er heeft nog geen uitbreiding richting de Betuwe plaatsgevonden. Het landgebruik is voornamelijk grasland en akkerland. Gras vinden we vooral terug op de komgronden en in de uiterwaarden, terwijl de akkers vooral op de stroomruggen zijn te vinden. Fruitteelt geeft de kaart niet aan maar was ongetwijfeld al aanwezig.

In Figuur 4.2 is het landgebruik in 1960 weergegeven (HGN1960).



Figuur 4.2 Landgebruik omstreeks 1960.

Uit Figuur 4.2 blijkt dat Arnhem inmiddels is uitgebreid ten zuiden van de Nederrijn, ook de dorpen Elst en Huissen zijn verder uitgebreid en er is een uitgebreid wegenpatroon ontstaan. In Figuur 4.3 staat de situatie in 1990 weergegeven.



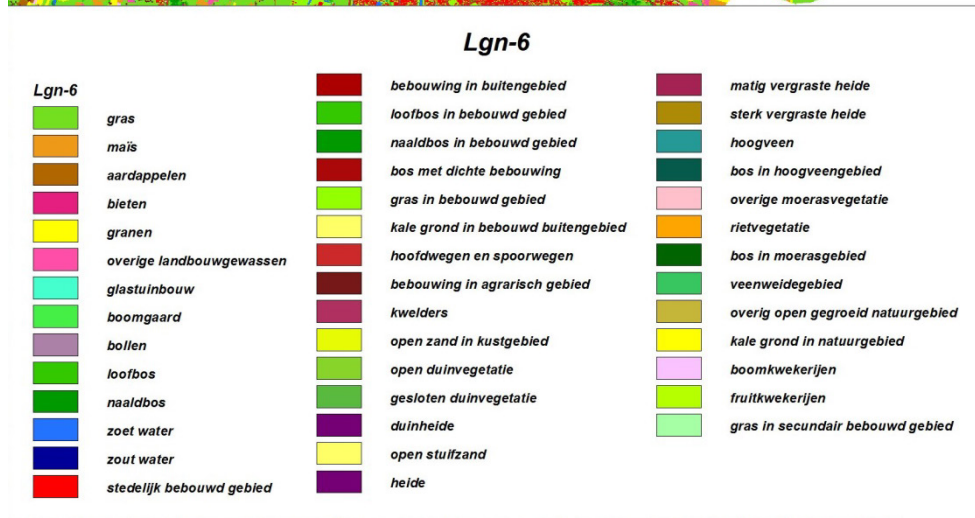
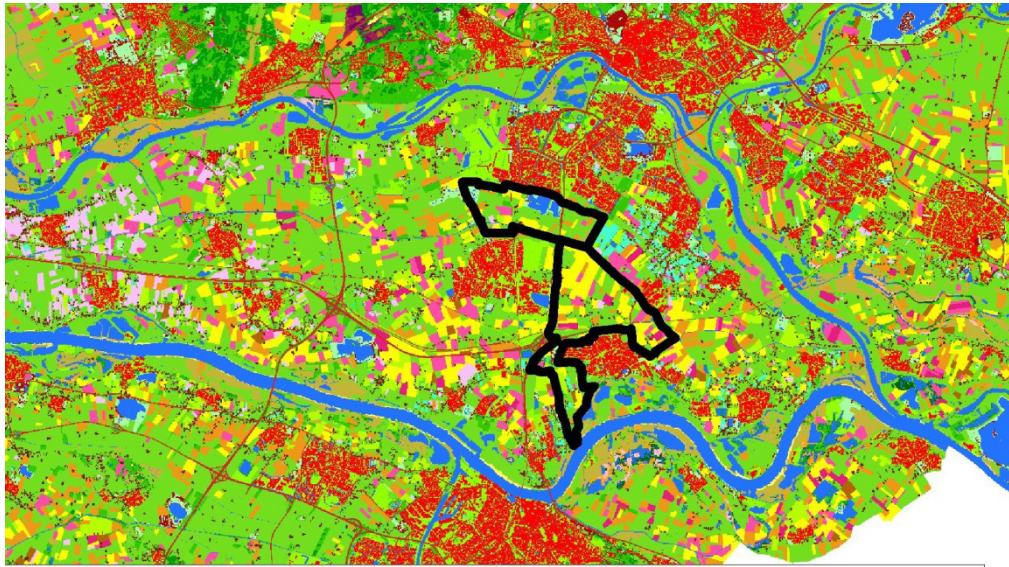
Figuur 4.3 Landgebruik omstreeks 1990.

Uit Figuur 4.3 volgt vooral een verdergaande verstedelijking van de Overbetuwe. Inmiddels groeit Nijmegen ook ten noorden van de Waal (Waal sprong).

4.2 Huidig landgebruik

Het Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland 6 (LGN6) (Hazeu *et al.*, 2012) geeft een overzicht van de verschillende vormen van landgebruik in Nederland. De kaart onderscheidt 42 landgebruiksklassen, waarvan elf landbouwklassen en geeft het landgebruik voor 2007/2008 weer. In Figuur 4.4 is het landgebruik volgens LGN6 weergegeven voor de Overbetuwe met de ligging van Park Lingezegen.

In Tabel 4.1 is voor een aantal voormalige gemeenten van de Overbetuwe de verdeling van het landgebruik gegeven, hiervoor zijn de gemeente-grenzen zoals deze in 2000 golden gebruikt. Delen van de gemeenten Arnhem en Nijmegen voor zover gelegen in de Overbetuwe zijn niet meegenomen, deze gebieden zijn sterk verstedelijkt.



Figuur 4.4 Landgebruik volgens LGN6.

Tabel 4.1

Verdeling van het landgebruik over enkele voormalige gemeenten van Overbetuwe.

Omschrijving	Heteren	Huissen	Elst	Valburg	Bemmel	Gendt
51.7%	31.9%	35.3%	39.7%	30.6%	37.6%	
3.5%	4.9%	6.8%	4.6%	5.8%	6.1%	
0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.6%	0.6%	
0.0%	0.2%	0.7%	1.5%	2.0%	0.7%	
3.3%	1.5%	16.4%	10.3%	8.7%	5.4%	
7.6%	3.5%	6.5%	5.8%	5.1%	1.4%	
0.2%	7.0%	0.1%	0.4%	2.9%	2.0%	
0.3%	0.1%	0.4%	1.2%	0.9%	1.4%	
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	
4.8%	0.8%	0.3%	3.2%	0.9%	0.5%	
3.3%	0.7%	2.4%	5.0%	4.8%	4.4%	
1.4%	1.5%	1.8%	2.5%	2.0%	1.4%	
7.5%	9.4%	3.1%	5.9%	9.4%	16.5%	
15.5%	36.1%	25.7%	16.5%	21.2%	16.8%	
0.9%	2.5%	0.2%	2.9%	5.1%	5.1%	
100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	

Gras neemt als landbouwgewas het grootste areaal in, gevolgd door overige gewassen en granen. Overige gewassen zijn onder andere tuinbouwgewassen, boomkwekerijen, koolgewassen, hennep, koolzaad, enzovoort. Kenmerkend voor dit gebied is het relatief hoge aandeel fruit. Het percentage fruit is vooral hoog in de voormalige gemeenten Bemmel, Valburg en Gendt.

4.2.1 Natuur

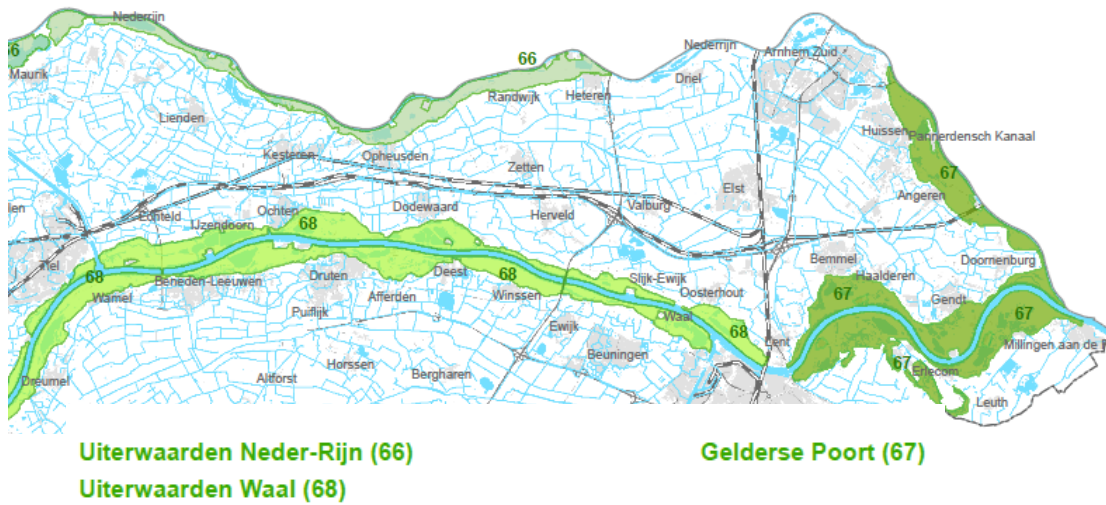
Uit Tabel 4.1 blijkt dat het areaal natuur, exclusief bos en zoet water, volgens de LGN6 beperkt is, dit varieert tussen de 0,2% in de gemeente Elst en 5,1% in de gemeente Bemmel en Gendt. In het Kaderrichtlijn Water Rivierenlandplan (Waterschap Rivierenland, 2008) zijn een aantal kaarten opgenomen die meer specifiek de natuurgebieden weergeven (http://www.waterschaprivierenland.nl/werk_uitvoering/kaderrichtlijn_water/krw_rivierenlandplan).



Figuur 4.5 Enkele wielen met doeltype Wiel gelegen in de Overbetuwe.

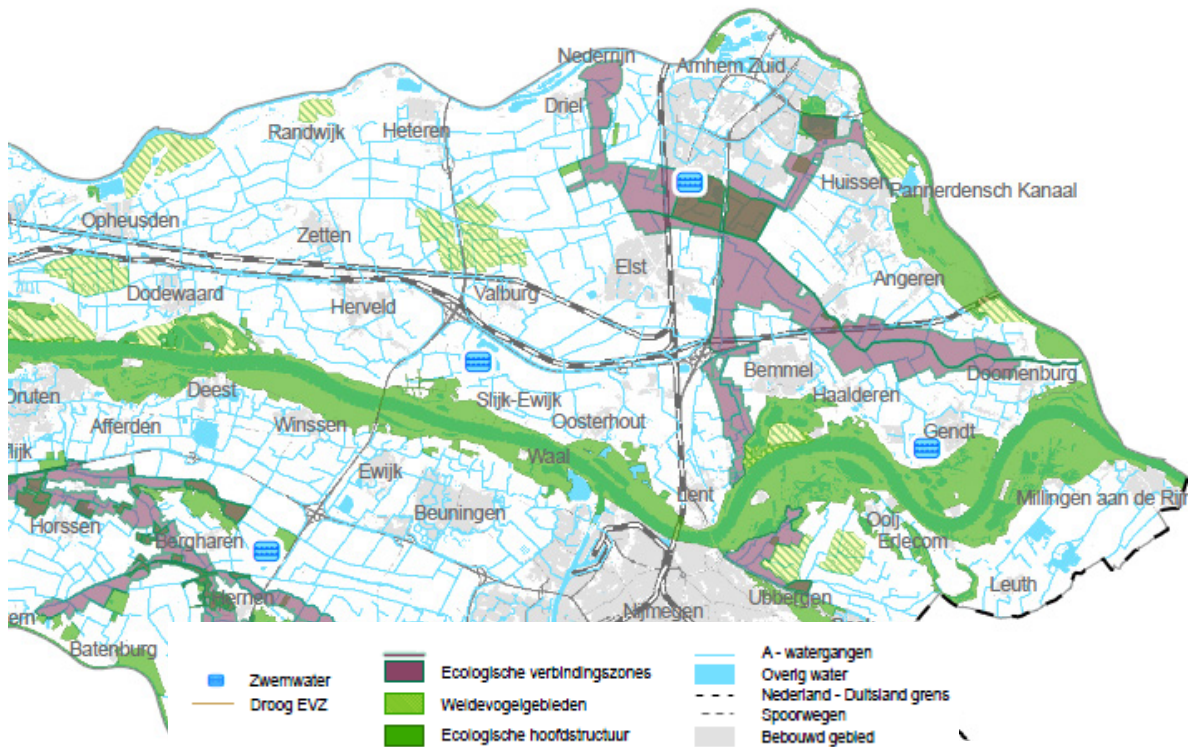
In het beschouwde deel van de Overbetuwe komen geen waterparels of SED waterlopen voor, wel hebben enkele wielen, restanten van dijkdoorbraken, in de Overbetuwe de functie SED met doeltype wiel (Figuur 4.5), deze wielen hebben geen KRW doeltype (Waterplan Gelderland 2010-2015). Toplijst-verdrogingsgebieden ontbreken in Overbetuwe.

De uiterwaarden langs de Neder-Rijn, Pannerdensch Kanaal en de Waal behoren tot de Natura 2000-gebieden (Figuur 4.6).



Figuur 4.6 Natura 2000-gebieden in de Overbetuwe.

De overige natuur is weergegeven in Figuur 4.7.



Figuur 4.7 Overige natuur.

Delen van Park Lingezegen en waterrijk geheel liggen binnen de Ecologische verbindingzones, verder zijn de Rijkerswoerdse Plassen aangegeven als zwemwater voor dagrecreatie (Waterplan provincie Gelderland 2010-2015).

4.2.2 Park Lingezen

In Tabel 4.2 is het huidige landgebruik volgens LGN6, op basis opname 2007/2008, binnen het toekomstige Park Lingezen weergegeven.

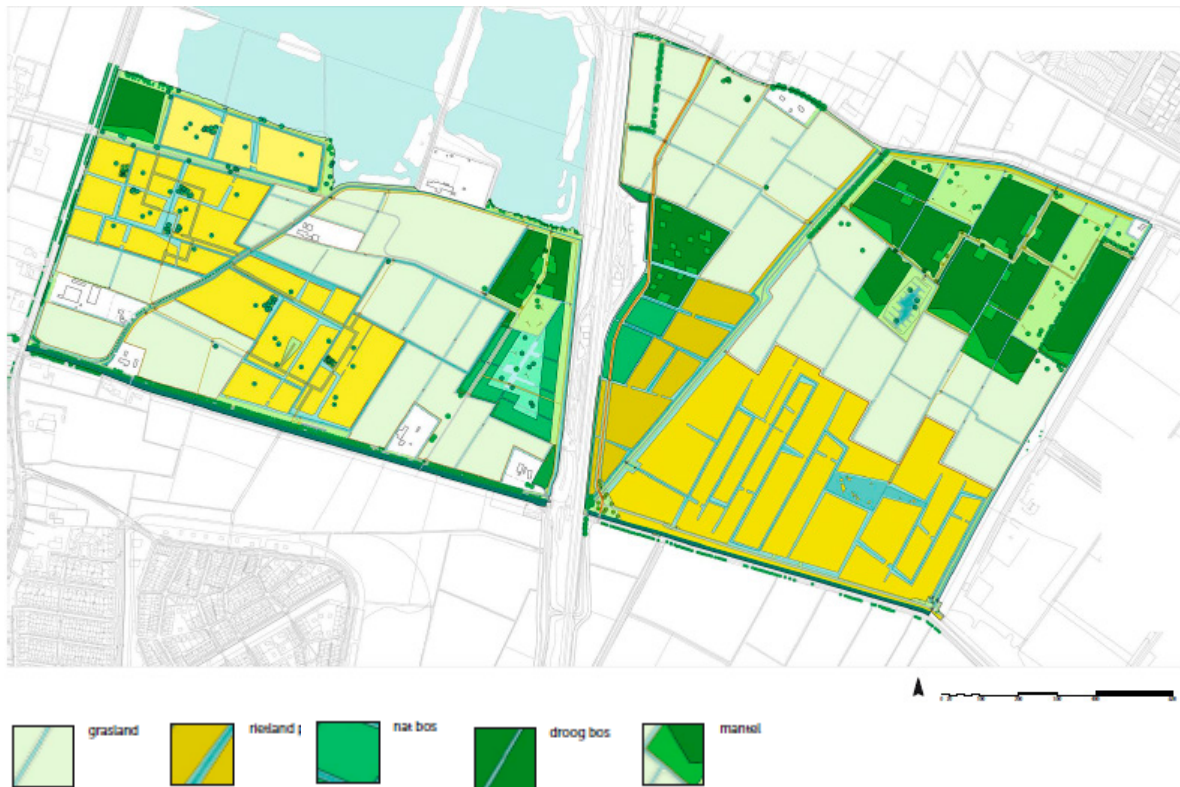
Tabel 4.2

Geclusterd landgebruik volgens LGN6 voor Park Lingezen.

Landgebruik	Hectare	Percentage
Agrarisch gras	653.063	39.6%
Mais	97.688	5.9%
Akkerbouw	490.375	29.7%
Boomgaard en fruit	72.125	4.4%
Boomkwekerij	13.813	0.8%
Glastuinbouw	18.625	1.1%
Bos	25.688	1.6%
Water	77.750	4.7%
Bebouwing etc	193.875	11.7%
Natuur	7.813	0.5%
Totaal	1650.813	100.0%

In de huidige situatie is ruim 80% van het gebied landbouwkundig in gebruik, hiervan is de helft grasland, verder is het aandeel granen binnen de akkerbouw 30%. De overige 10% bestaat voor ongeveer de helft uit mais en fruitteelt. Een deel van het gebied 'Landbouwland' blijft agrarisch.

De gronden binnen Waterrijk zijn of worden aangekocht om het gebied opnieuw in te richten voor hun toekomstige functie. De toekomstige inrichting en landgebruik van het deelgebied Waterrijk is weergegeven in Figuur 4.8. Het landgebruik in Waterrijk wordt grasland, naast rietland en bos. Om het toekomstig landgebruik, zoals rietland te kunnen realiseren worden delen van het gebied afgegraven (Figuur 4.9).



Figuur 4.8 Toekomstige inrichting Waterrijk.



Figuur 4.9 Afgraving maaiveld in gebied Waterrijk.

5 Geologie en bodem

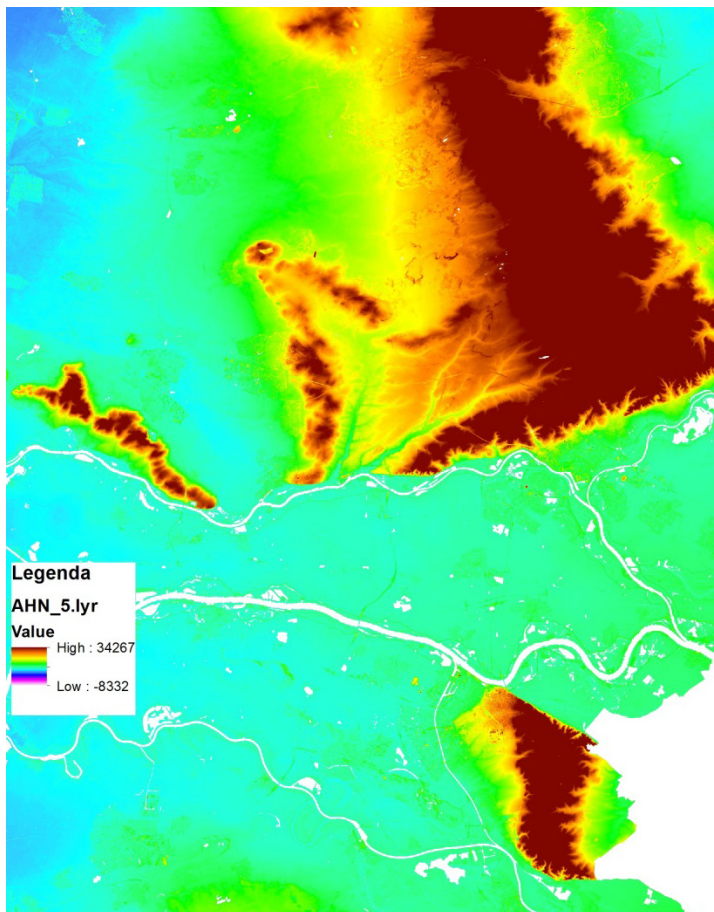
5.1 Maaiveldhoogte

Afhankelijk van het schaalniveau kunnen verschillende vormen van reliëf en maaiveldhoogtevariatie worden onderscheiden, nl.:

- Regionale maaiveldhelling.
- Oeverwallen en komgronden
- Maaiveldvariatie binnen een perceel.

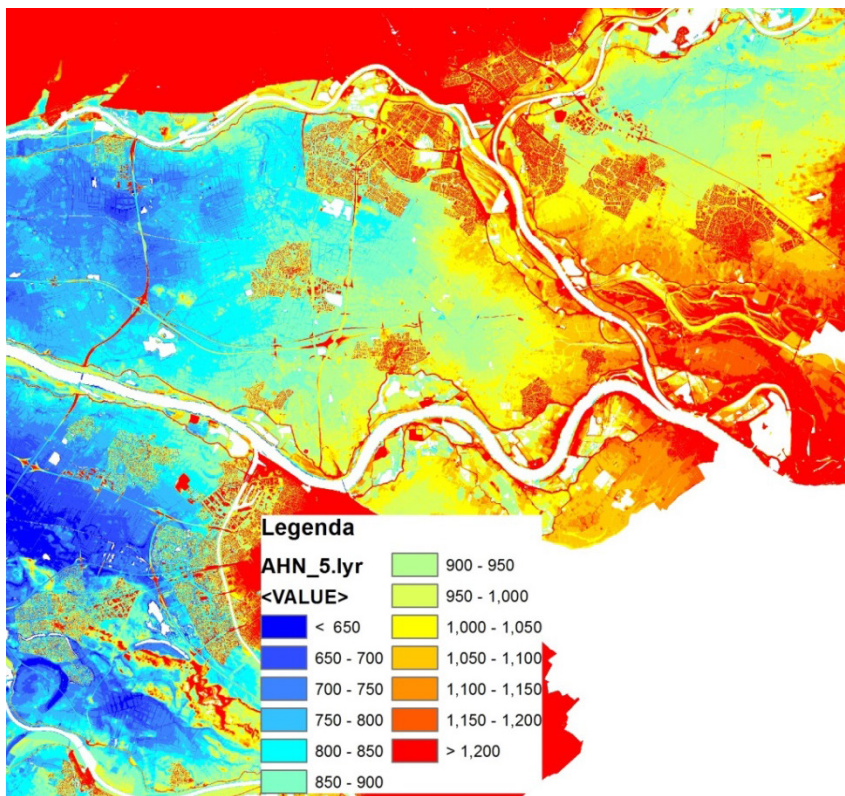
5.1.1 Regionale maaiveldhelling

De in de ijstijd gevormde stuwwallen ten noorden van de Nederrijn (Veluwe) en ten zuiden van de Waal bij Nijmegen vormen de hoogste plekken in de directe omgeving van de Overbetuwe (Figuur 5.1).



Figuur 5.1 Maaiveldhoogte in de omgeving van Arnhem-Nijmegen.

In Figuur 5.2 is de maaiveldhoogte meer in detail voor de Overbetuwe weergegeven. Uit Figuur 5.2 valt af te leiden dat in de Betuwe het maaiveld helt van oost naar west. Nabij het splitsingspunt van Rijn en Waal is de maaiveldhoogte bij benadering 11 m +NAP. Het maaiveld daalt naar 1 m +NAP bij Gorkum. Dit is een verval van 10 m over 100 km oftewel 0,1 m per km.



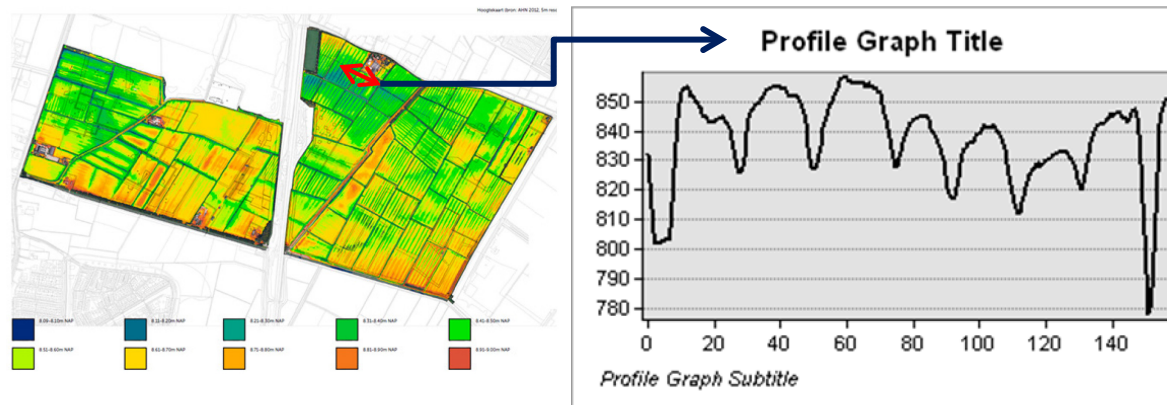
Figuur 5.2 Maaiveldhoogte in de Betuwe ten oosten van de A50.

5.1.2 Oeverwallen en komgronden

Naast deze regionale helling kunnen meer lokale hoogteverschillen worden onderscheiden, zoals tussen de oeverwallen en de komgronden. In Figuur 5.2 zijn lagere kommen omgeven door hogere delen, veelal oude verlaten rivierbeddingen (oeverwallen), herkenbaar. Ook de Nederrijn en de Waal liggen in een oeverwalsysteem dat hoger ligt dan de aangrenzende komgebieden. De hoogteverschillen tussen deze kommen en oeverwallen ligt in de orde van 0,5 - 1 m.

5.1.3 Maaiveldvariatie binnen een perceel

Op perceelsniveau kunnen eveneens hoogteverschillen worden onderscheiden. Vooral in de lager gelegen komgronden zijn lijnvormige patronen herkenbaar. Deze patronen hebben te maken met de geringe doorlatendheid van de ondergrond. Om het neerslagoverschot te kunnen afvoeren zijn maaiveldgreppels aangebracht, tussen de greppels is het maaiveld bol gelegd. Bij hoge neerslag stroomt de neerslag over maaiveld naar de maaiveldgreppels. Het in de maaiveldgreppels verzamelde water stroomt af richting de ont- en afwateringsloten. Maaiveldgreppels vinden we vooral in gebieden met zware klei in de ondergrond, en zijn duidelijk herkenbaar in Figuur 5.3. In de dwarsraai is de diepte van en de afstand tussen de maaiveldgreppels af te lezen.



Figuur 5.3 Maaiveldhoogteverdeling op perceelsniveau binnen Waterrijk (Veenbos en Bosch, 2013) en raai door perceel met maaiveldgreppels.

5.2 Geologische vorming van het gebied

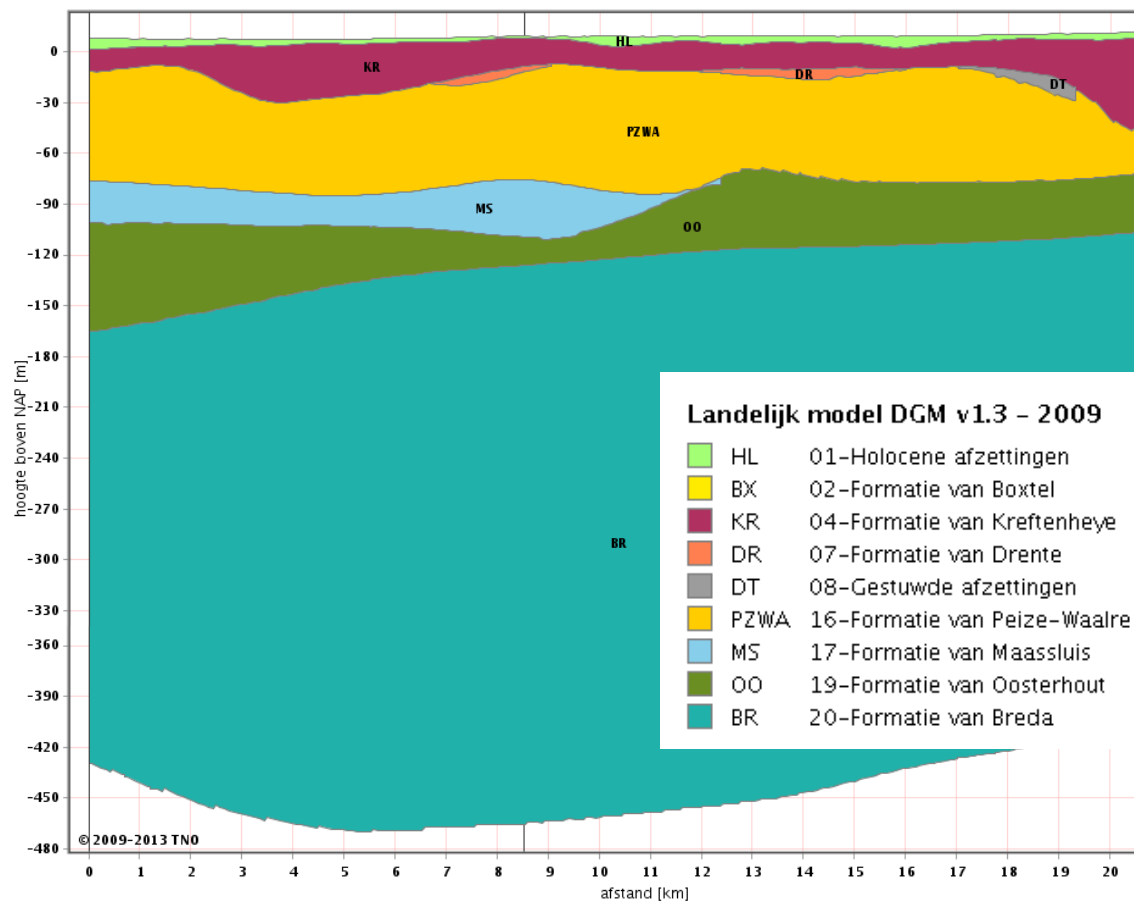
De afzettingen die in de Betuwe nabij maaiveld voorkomen zijn relatief jong (< 10.000 jaar geleden). Op enige diepte gaan deze over in afzettingen van Pleistocene ouderdom en op nog grotere diepte vinden we Tertiaire afzettingen.

5.2.1 Tertiaire- en Pleistocene-afzettingen

Door TNO is het Digitaal Geologisch Model (DGM) ontwikkeld. Het DGM geeft met dikte- en dieptegrids inzicht in de Kwartaire en Boven Tertiaire laagopvolging (<http://www2.dinoloket.nl/nl/about/modellen/dgm.html>). Met DINOMAP kan de laagopbouw van de ondergrond van het onderzoeksgebied via een raai worden gepresenteerd. Om inzicht te krijgen in de opbouw van het onderzoeksgebied zijn twee raaien weergegeven, nl.:

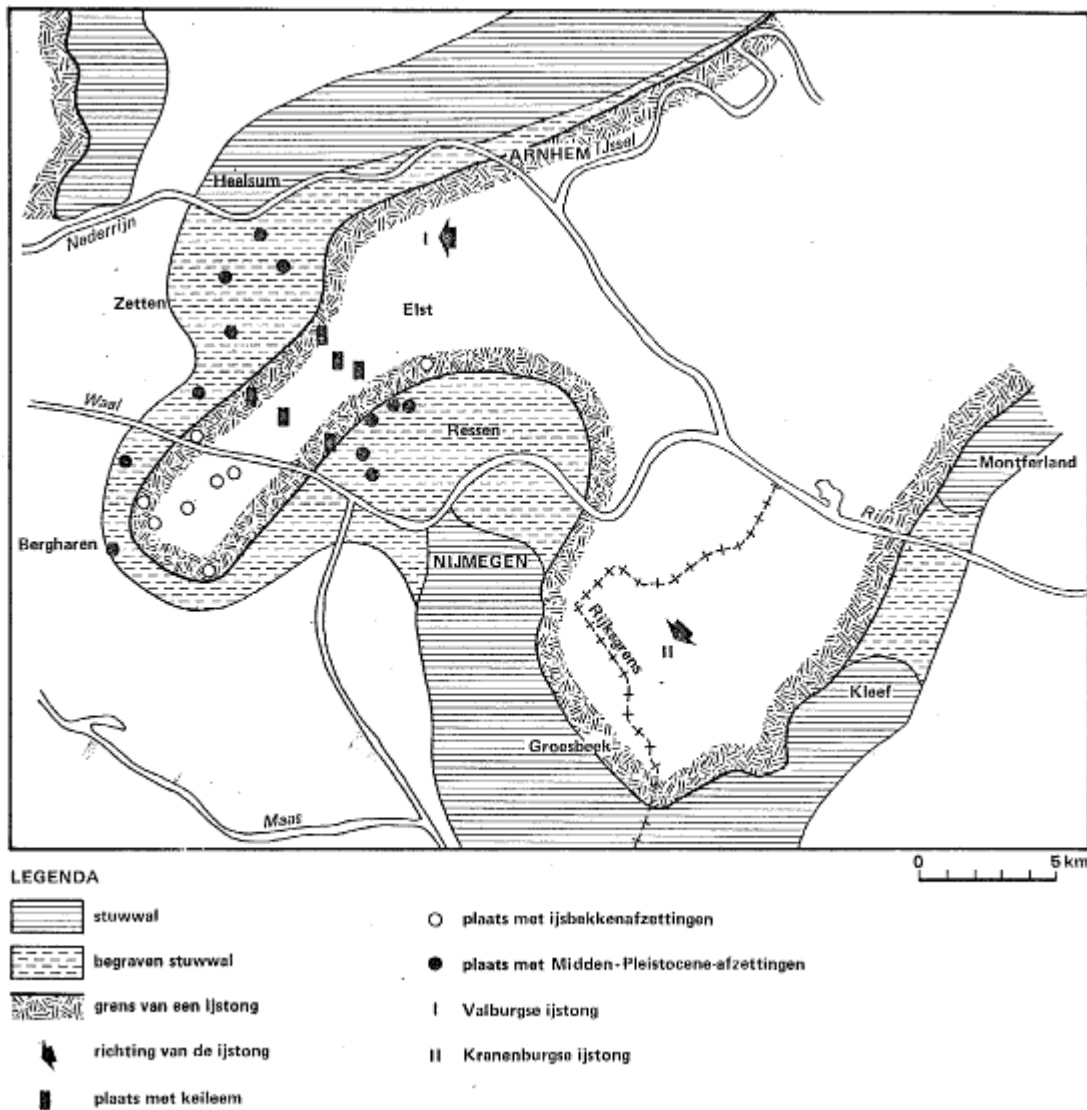
- West-Oost raai van Zetten-Elst-Doornenburg (Figuur 5.4),
- Noord-Zuid raai van Arnhem-Nijmegen (Figuur 5.7).

Gedurende het Tertiair vormde het onderzoeksgebied onderdeel van de zeebodem en zijn dikke pakketten mariene sedimenten afgezet. De bovenkant van deze afzettingen varieert tussen 60-120 m-NAP. Laat Tertiaire afzettingen zijn slechts op enkele plaatsen aangetroffen, voor zover deze lagen zijn aangeboord, blijkt dat deze voor een belangrijk deel bestaan uit kleien en slibhoudende zanden behorende tot de Formaties van Breda en Oosterhout. Aan het eind van het Tertiair trok de zee zich geleidelijk terug. Uiteindelijk stopte de mariene afzetting in dit gebied in het Onder-Pleistoceen (Formatie van Maassluis). In het Pleistoceen trok de zee zich terug en gingen de mariene afzettingen over in fluviatiele afzettingen onder invloed van de Rijn, Maas en rivieren van oostelijke herkomst (Noord-Duitsland). Het Pleistoceen is een periode van afwisselende warme (interglacialen) en koude (glacialen) perioden. De afzettingen kunnen worden opgesplitst in fluviatiele afzettingen behorend tot de Formaties van Peize-Waalre, Kreftenheije en Urk en glaciële afzettingen behorend tot de Formatie van Drente. In bijlage 2 zijn enkele karakteristieken van de afzettingen uit het Pleistoceen weergegeven.



Figuur 5.4 Geologische Formaties in de West-Oost raai tussen Zetten-Elst-Doornenburg (Bron: <http://www2.dinoloket.nl>).

Een glaciaal is een periode waarin het klimaat op aarde aanzienlijk kouder is dan tegenwoordig. Glacialen worden afgewisseld met warmere perioden, de interglacialen, zoals het huidige Holoceen. Tijdens de glacialen is het meestal vrij droog, terwijl tijdens de interglacialen het klimaat vochtig is. Er zijn verschillende glacialen te onderscheiden gedurende het Pleistocene tijdvak, de belangrijkste voor de Betuwe zijn het Saalien en het Weichselien. In het Saalien heeft het landijs zich vanuit Scandinavië uitgebreid en de Betuwe bereikt. Door het zich uitbreidende landijs zijn aan weerszijden van de ijstong de sedimenten opgestuwd waardoor de stuwwallen zijn ontstaan, die we nu kennen als de Veluwe, Rijk van Nijmegen en het Montferland. De maximale verbreiding van het landijs wordt globaal gevormd door de lijn Nijmegen-Haarlem. In Figuur 5.5 is een detailkaart gegeven van de maximale verbreiding van het landijs (Mulder *et al.*, 1979).



Figuur 5.5 Kaartje van de verbreiding van de ijslobben en stuwwallen (naar Verbraeck, 1975).

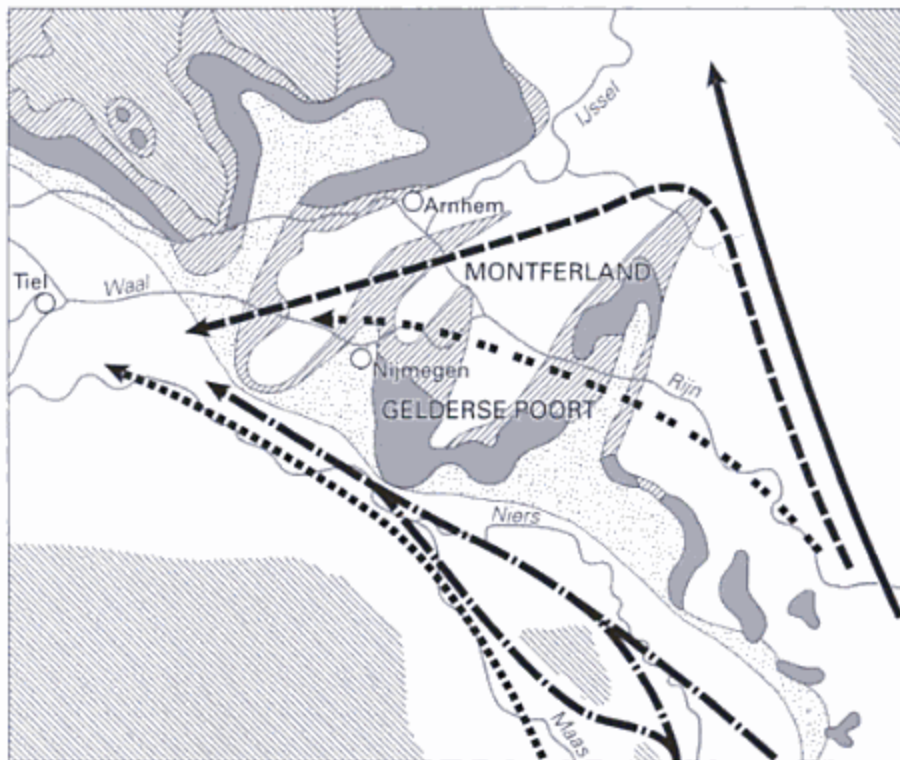
Door de landijsbedekking werd de stroomrichting van de Rijn, die voor de landijsbedekking meer noordwaarts ter hoogte van het huidige IJsseldal stroomde, alsook de Maas naar het westen omgebogen. Dit wordt de Niers Rijn genoemd (Figuur 5.6). Ten zuiden van Nijmegen hadden beide rivieren één gemeenschappelijke loop gevormd. Hiermee begonnen de afzettingen van de formatie van Kreftenheije. Vooral na het terugtrekken van het landijs zijn diepe dalen uitgeschuurd, zoals het IJsseldal, op de bodem van het dal is keileem afgezet (Formatie van Drenthe).

Na het afsmelten van het ijs kon de Rijn zijn loop naar het noorden via het IJsseldal hernemen (Figuur 5.6, IJsseldal Rijn) en ook daar materiaal van de Formatie van Kreftenheije afzetten, zodat de uitgeslepen dalen later geheel zijn opgevuld met rivierafzettingen.

Na deze glaciaal breekt de interglaciale periode het Eemien aan, dit was een relatief warme periode. De gemiddelde globale temperatuur lag tijdens het klimaatoptimum van het Eemien een paar graden boven de huidige temperatuur. In deze periode steeg de zeespiegel waardoor het verval in de rivieren geringer werd en nam de zee weer gedeeltelijk bezit van Nederland. In de Gelderse Vallei zijn mariene Eemafzettingen gevormd (Eemformatie), de Betuwe bleef buiten de invloed van de zee. Aan het eind van het Saalien of in het Eemien is er een doorbraak ontstaan tussen de stuwwallen van de Veluwe en het stuwwalcomplex van Nijmegen met Montferland.

Na deze warme periode trad opnieuw de voorlopig laatste glaciële periode in, het zogenaamde Weichselien, waarin het landijs Nederland niet heeft bereikt, wel daalde de zeespiegel tientallen meters. In Nederland heerste in het Weichselien een toendra-klimaat met een blijvend bevroren

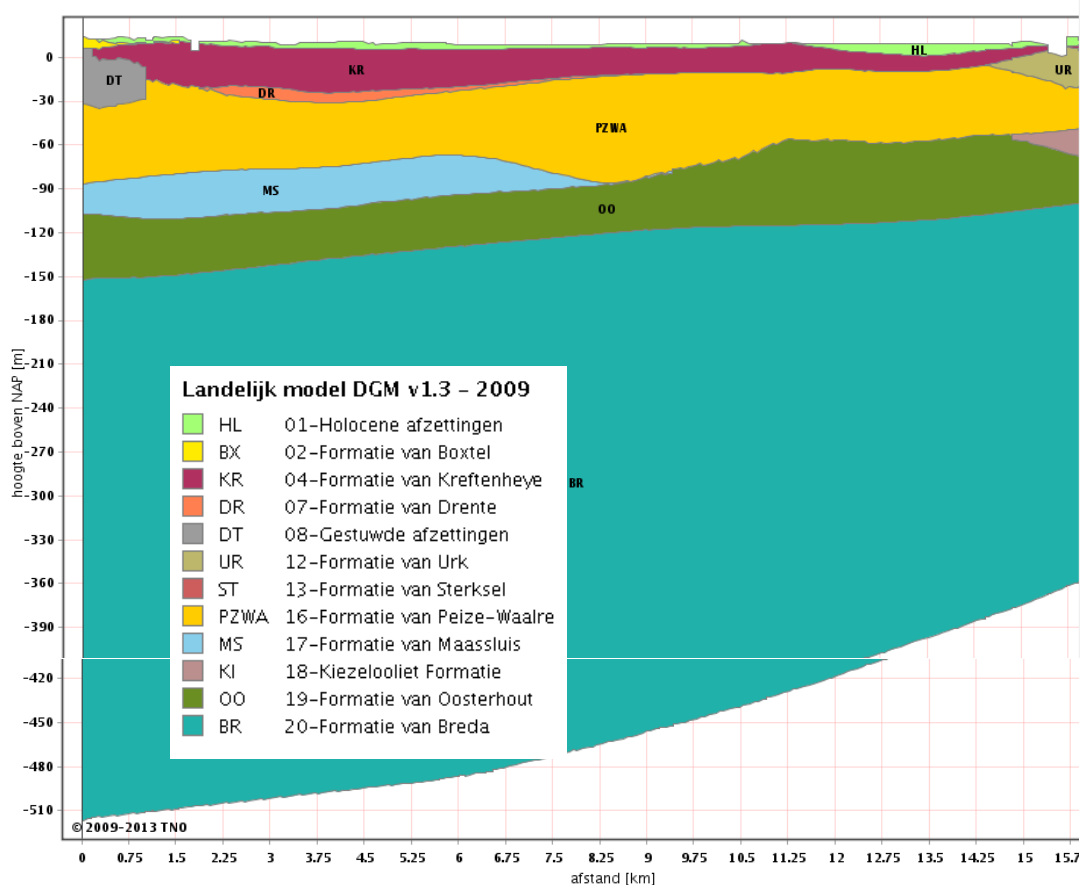
ondergrond (permafrost). Door de zeer koude en soms ook zeer droge klimaat kon het smeltwater op de stuwwallen slechts over de oppervlakte wegstromen, en schuurde daarbij diepe dalen in de hellingen uit. Onder deze koude en droge omstandigheden zijn vooral eolische afzettingen gevormd behorende tot de Formatie van Boxtel (voorheen aangeduid als de Formatie van Twente). Door uitblazing van droogvallende beddingen van het Rijnsysteem zijn eveneens rivierduinen (donken) gevormd, onder andere bij Bommel. In het Vroeg Weichselien was het niveau bereikt dat de hoofdstroom van de Rijn om het Montferland via het Oude IJsseldal vervolgens via de oostelijke Liemers afboog naar het westen (Figuur 5.6 Rond-Montferland Rijn). In het Laet Weichselien veranderde de situatie weer. De stuwwal tussen Montferland en Kleef werd door de Rijn opgeruimd, waardoor de Gelderse Poort ontstond (Figuur 5.6, Gelderse Poort Rijn). De in deze periode gevormde afzettingen van de Rijn behoren eveneens tot de formatie van Kreftenheye.



Kreftenheye Formatie rivierlopen	Saalien		Eemien	Weichselien			Hol.
	midden	laat		vroeg	midden	laat	
	Kr I	Kr II	Kr III	Kr IV	Kr V	Kr VI	
← Niersdal Rijn	●			●	●		
← Gelderse-Poort Rijn				●	●	●	
← Rond-Montferland Rijn		?	?	●	●		
← IJsseldal Rijn		●	●	●			
← Maas	●	●	●	●	●		●



Figuur 5.6 Rivierlopen sinds het Midden-Saalien (naar Verbraeck, 1984).



Figuur 5.7 Geologische Formaties in de Noord-Zuid raai tussen Arnhem-Nijmegen (Bron: <http://www2.dinoloket.nl>).

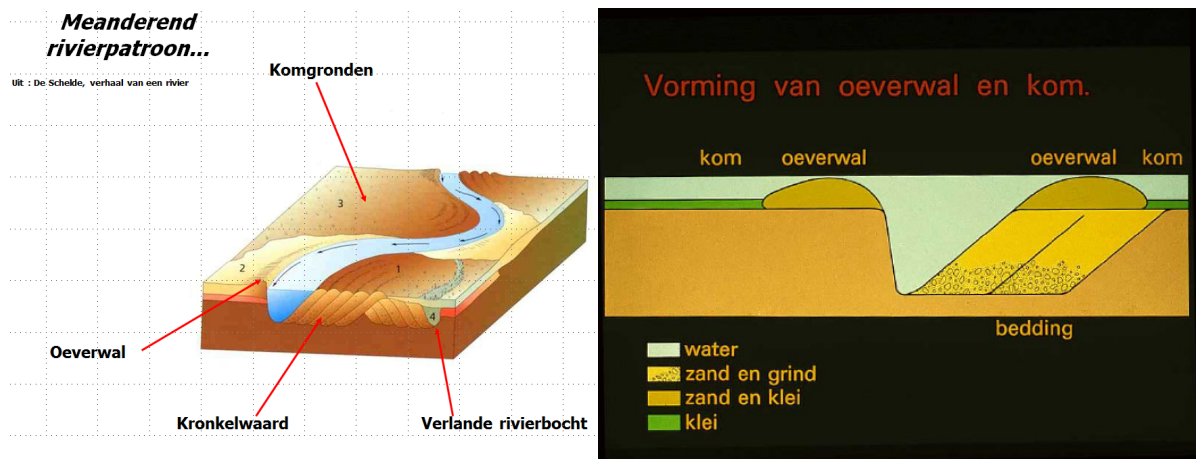
In de Figuren 5.4 en 4.7 zijn de restanten van de gestuwde afzettingen zichtbaar evenals de afzetting tijdens de landijsfase (Formatie van Drenthe). De dekzandafzettingen (Formatie van Boxtel) zijn van geringe dikte of ontbreken. De afzettingen behorende tot de Kiezelooliet Formatie en Formatie van Urk vinden we slechts in de omgeving van Nijmegen.

In bijlage 1 is de ruimtelijke verspreiding van de lithostatigrafische eenheden volgens Geotop weer-gegeven (<http://www2.dinoloket.nl/>).

5.2.2 Holocene afzettingen

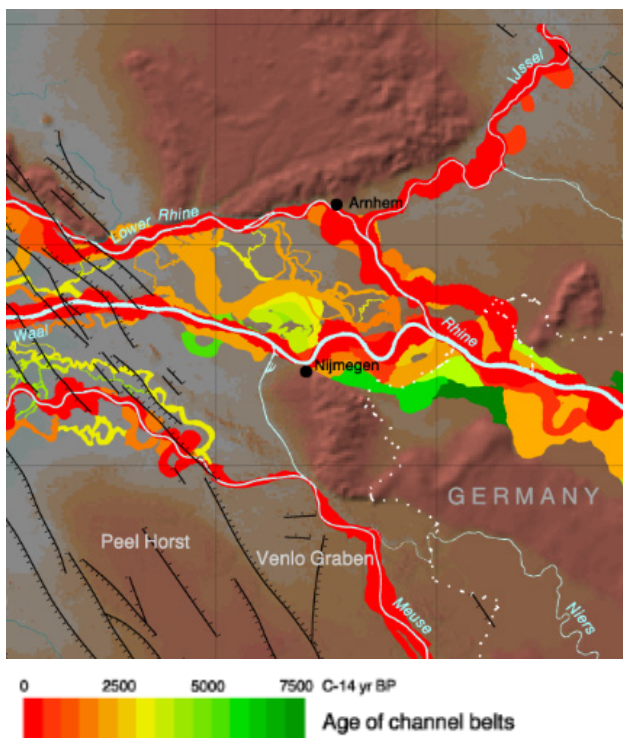
In de jongste periode, het Holoceen, verbeterde het klimaat. Grote delen van Nederland raakten geleidelijk begroeid, waardoor de afspoeling en het uitwaaien van sedimenten afnam in vergelijking met de voorgaande koude periode. In het riviereengebied zorgden gedurende het Holoceen de rivieren voor veranderingen en in jongere tijd nam de invloed van de mens toe door ontbossing, landbouw en ontwatering. De Overbetuwe ligt binnen de invloed van de Rijn. Aan het begin van het Holoceen was het verval groot (lage zeespiegelstand), waardoor de Rijn zich insneed in de Formatie van Kreftenheye, vanaf het Atlanticum kreeg de rivier meer het karakter van een benedenloop en werd sedimentatie van klei mogelijk. De waterafvoer van de Rijn werd gedurende het Holoceen regelmatigier waardoor de vlechtende rivier overging in meanderende rivier met oeverwallen en komgronden. De in deze periode gevormde rivierafzettingen bestaan uit:

- Geulafzettingen.
- Restgeulafzettingen.
- Oeverafzettingen.
- Crevasse-afzettingen.
- Komafzettingen.
- Dijkdoorbraakafzettingen.
- Delta-afzettingen.



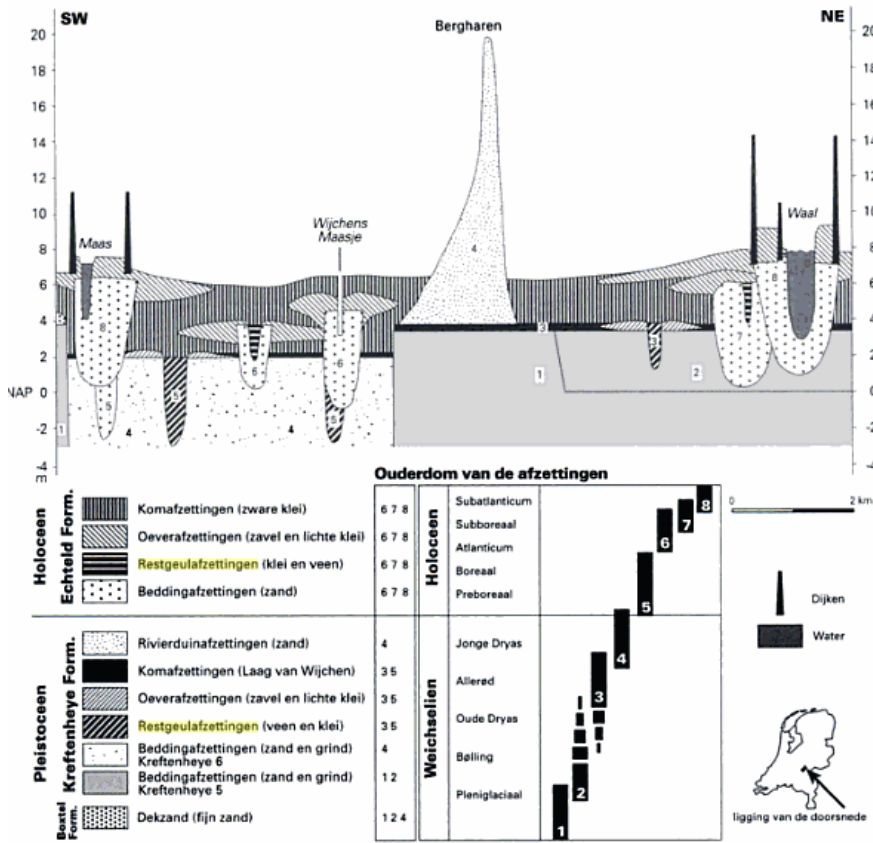
Figuur 5.8 Schematische weergave meanderende rivier en vorming oeverwal en kom.

Een meanderende rivier stroomt doorgaans in een enkele betrekkelijk nauwe geul. Bij toename van de afvoer treedt het water buiten de bedding. De stroomsnelheid neemt daarbij direct af, waardoor het meegevoerde materiaal tot afzetting komt. Aan beide zijden van de bedding ontstaan oeverwallen, die de rivier insluiten. Naarmate de oeverwallen verder worden opgehoogd, bestaan ze uit fijner materiaal. Bij overstroming zal het water op grote afstand van de bedding nog slechts langzaam stromen of stilstaan. In dit gebied (komgrond) bezinkt daardoor alleen het fijnste materiaal (zware klei). Door de grotere stroomsnelheid van het rivierwater in de buitenbochten van de stroomgeul, worden deze steeds verder uitgeschuurd, terwijl in de binnenbochten zandbanken ontstaan, de rivier gaat steeds sterker meanderen. Omdat de rivierbedding geleidelijk wordt opgevuld, zal de rivier op een gegeven ogenblik door een oeverwal heen breken, meestal in een buitenbocht. In het nabijgelegen komgebied ontstaat een nieuwe loop waarmee het proces van de vorming van oeverwallen opnieuw begint. Door de talrijke stroomverleggingen gedurende het Holoceen zijn afzettingen met verschillende ouderdom op en naast elkaar komen te liggen (Figuur 5.9).



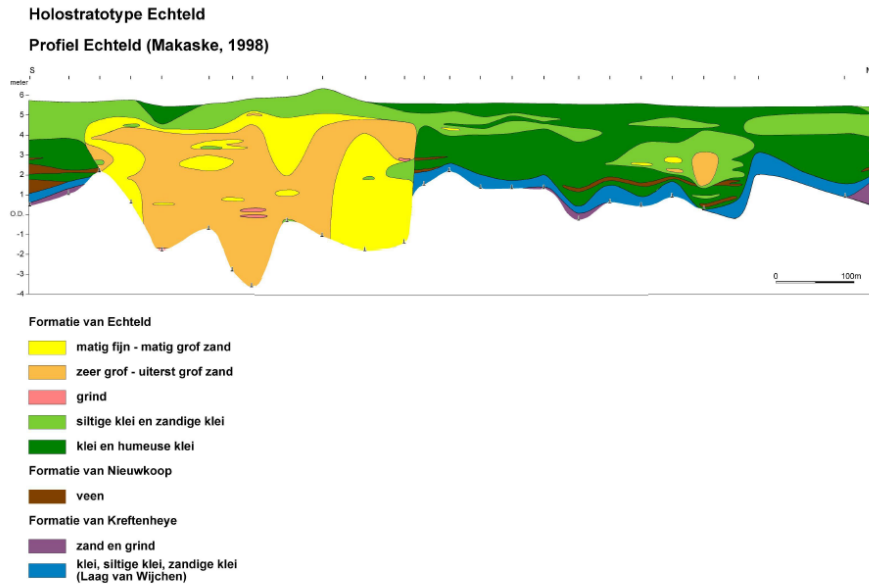
Figuur 5.9 Ouderdom van de Holocene riviersystemen in de Rijn-Maasdelta (Berendsen en Stouthamer, 2001).

In Figuur 5.10 is een schematische dwarsdoorsnede gegeven in het Land van Maas en Waal door meerdere stroomruggen.



Figuur 5.10 Schematische doorsnede door het Land van Maas en Waal met het rivierduincomplex van Bergharen (naar Berendsen, Hoek en Schorn, 1995).

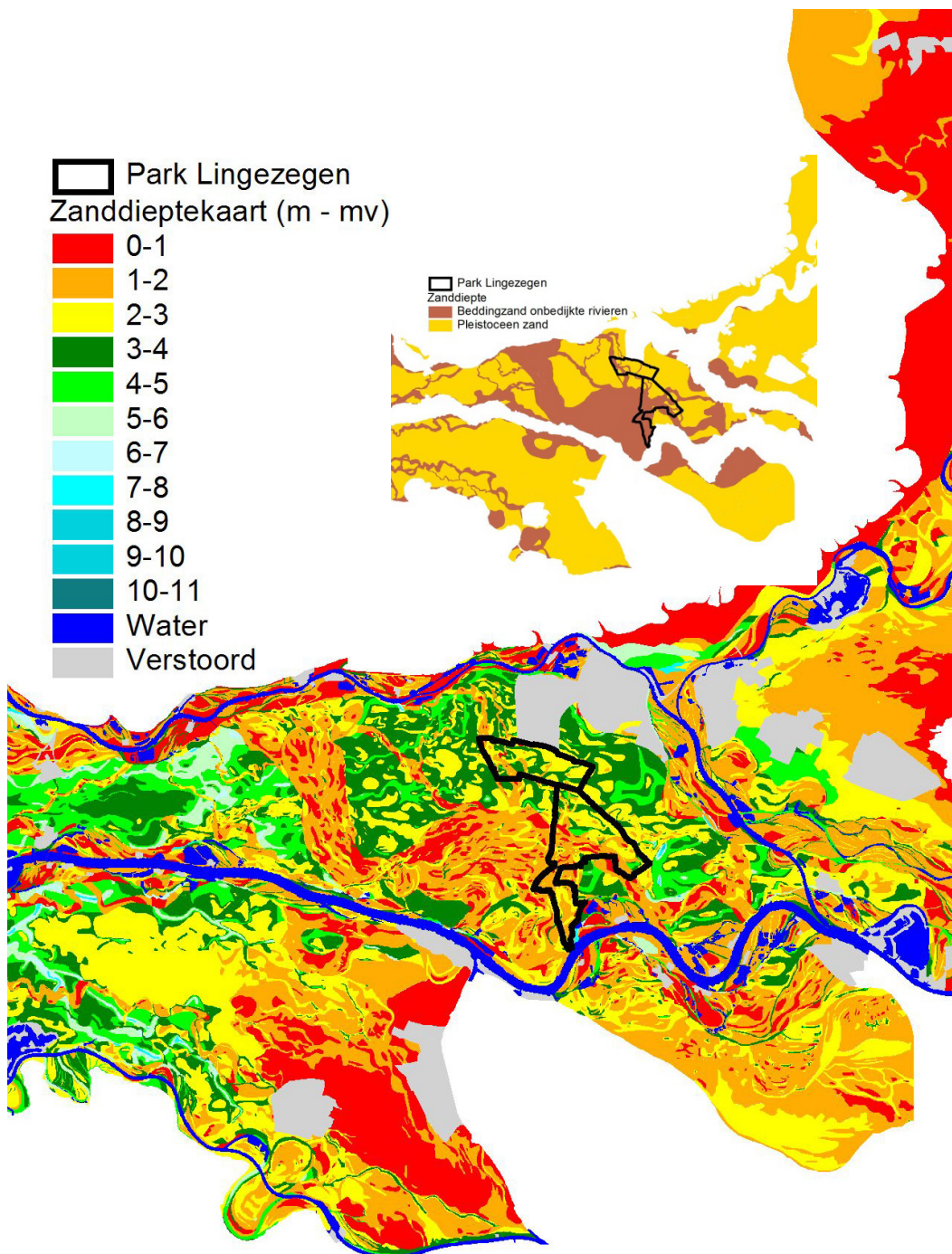
In Figuur 5.10 zijn de insnijdingen in de Formatie van Kreftenheye, rivierduinen, verlaten en actieve rivierstroomstelsels herkenbaar. In Figuur 5.11 is een werkelijk profiel weergegeven nabij Echteld (Makaske, 1996).



Figuur 5.11 Doorsnede Holocene afzettingen nabij Echteld (Makaske, 1998).

In Figuur 5.11 is duidelijke de zandige afzetting van een groot rivierstroomstelsel herkenbaar (zandbaan), waarin de grofheid van het zand hoger in het profiel afneemt, met aan weerszijden de komafzettingen. Verder is een klein tijdelijk functionerend rivierstroomstelsel zichtbaar. In de kom komen ook veenafzettingen voor.

Door de ontstaanswijze is de ondergrond in de Overbetuwe zeer gevarieerd van samenstelling, met brede en smalle stroomruggen met daartussen gelegen komgebieden. De dikte van de aldus gevormde holocene deklaag varieert in de Overbetuwe van ongeveer 2 meter in het oosten tot 5 meter in het westen. Op enkele plaatsen liggen rivierduinen die tot aan het maaiveld reiken, bijvoorbeeld bij Rijkerswoerd, Bommel en Valburg. De zandige afzettingen in de stroomdalgebieden staan in de Overbetuwe vrijwel overal in contact met de onderliggende, grofzandige pleistocene rivierafzettingen. Dit is belangrijk in verband met het transport van water door deze goed doorlatende afzettingen (kwel). De kwelstroom door de 'zandbanen' (oude zandig ontwikkelde stroomgebieden) heeft in het verleden vaak aanleiding gegeven tot dijkdoorbraken op plaatsen waar de dijken de stroomgebieden kruisen. De zandbanen zijn in kaart gebracht (Cohen *et al.*, 2009), de resulterende zanddieptekaart is weergegeven in Figuur 5.12.



Figuur 5.12 Zanddieptekaart omgeving van het Park Lingezen.

In de zanddieptekaart van Figuur 5.12 is een zeer brede stroomgordel tussen Bommel en Valburg herkenbaar.

De deelgebieden De Park, Het Landbouwgebied en Waterrijk liggen in het komgebied met zanddiepten van 2-4 m -mv. De Woerdt en grote delen van De Buitens liggen op de brede stroomgordel bij Bommel.

5.2.3 Geohydrologische schematisatie

De stroming van het grondwater in de bodem wordt in belangrijke mate bepaald door de lithologische samenstelling (zand, grind, klei en veen) en de daarmee samenhangende hydraulische eigenschappen van de onderscheiden geologische eenheden. Voor een grondwatermodel zijn de hydraulische eigen-

schappen van de ondergrond en een schematisering in goed (watervoerende pakket) en slecht doorlatende lagen noodzakelijk als modelinvoer. Het landelijk hydrogeologisch model REGIS-II geeft een detaillering van goed doorlatende en slecht doorlatende lagen binnen de in DGM onderscheiden geologische eenheden. Van elke hydrogeologische eenheid is de diepteligging van de onder- en bovenkant en dikte vastgelegd in gridbestanden van 100 bij 100 meter. Naast deze geometrische gegevens bevat het hydrogeologisch model voor elke eenheid ook de hydraulische eigenschappen. REGIS-II is ook het uitgangspunt voor lokale grondwatermodellen. Voor het Rivierengebied is het model MORIA (Modellering Ondergrond Rivierenland Interactief en Actueel (2008) opgezet. In Tabel 5.1 is de vertaling geologische informatie naar watervoerende pakketten en slecht doorlatende lagen weergegeven, omdat deze schematisatie betrekking heeft op het gehele beheergebied van Rivierenland kunnen sommige afzettingen die staan weergegeven in Tabel 5.1 ontbreken in het onderzoeksgebied.

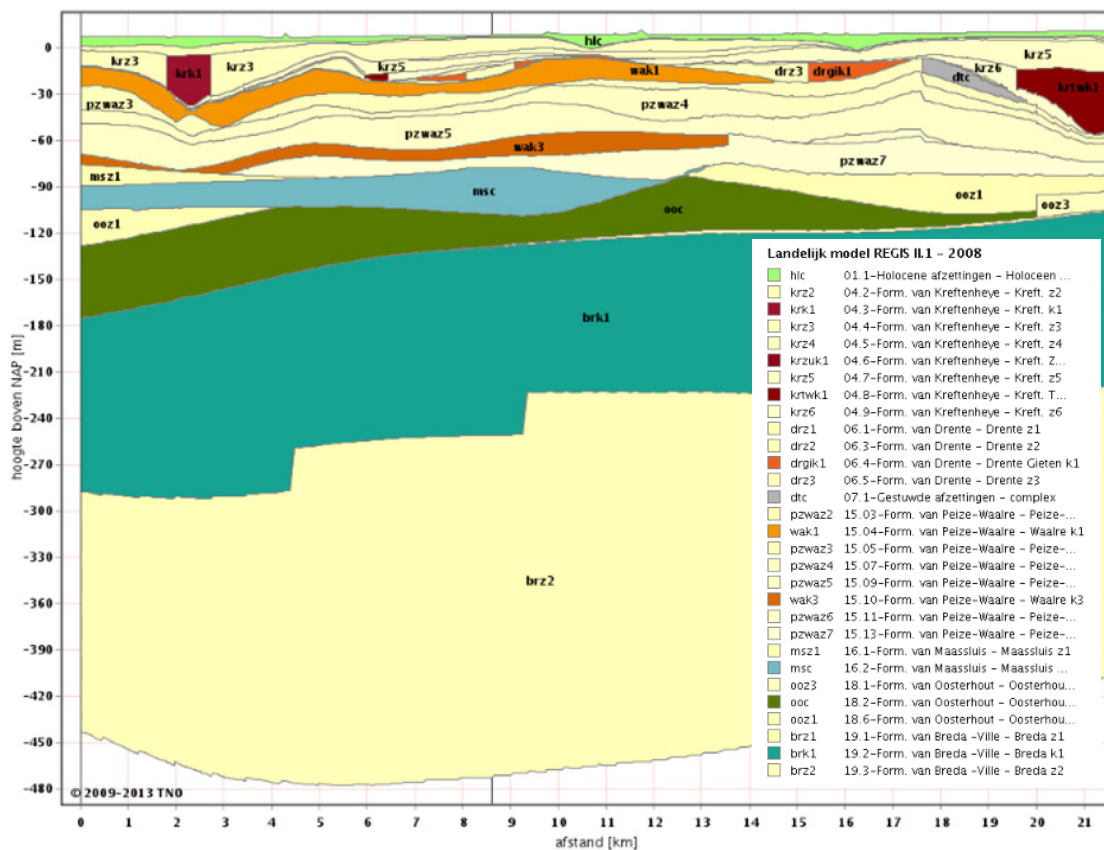
Tabel 5.1

Hydro-geologische schematisatie van de ondergrond van het waterschap Rivierenland voor het model MORIA.

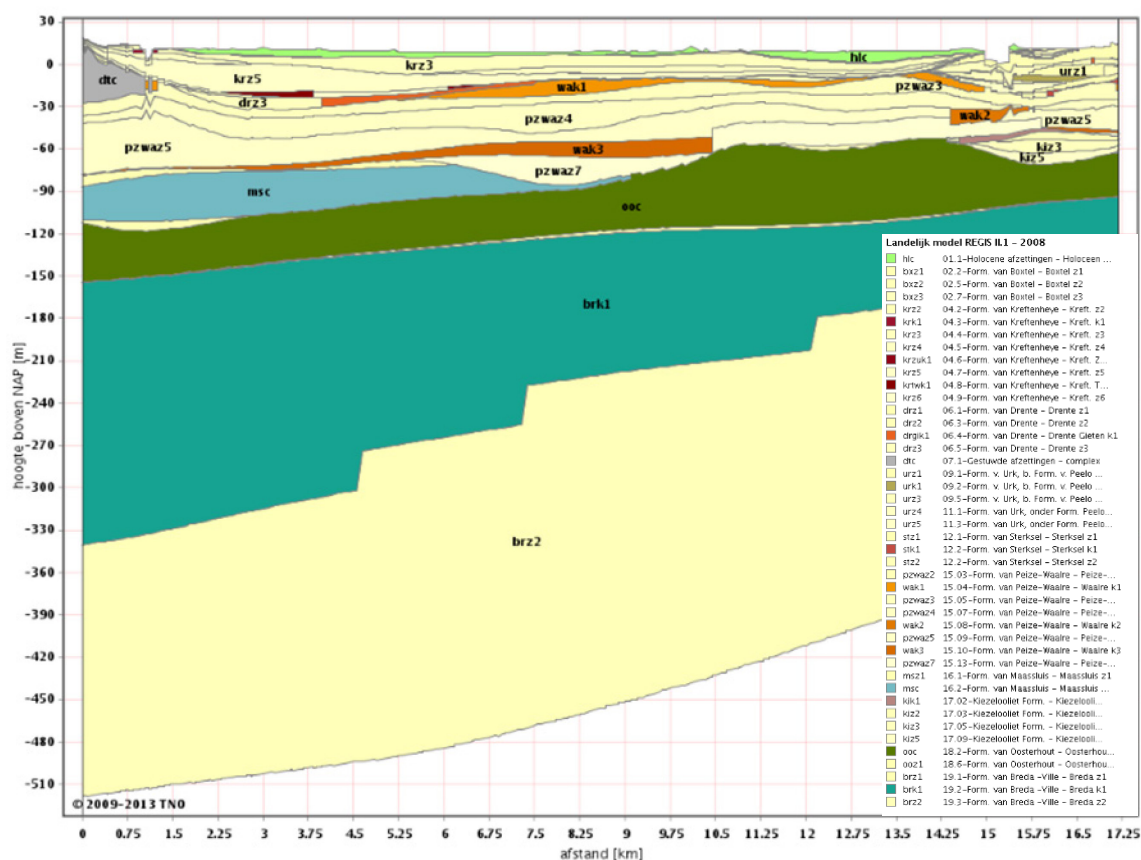
REGIS geohydrologisch model		Lagen grondwatermodel Rivierenland		
Laagcode	Eenheid	Nr.	Code	Opmerkingen
Watervoerend deel deklaag		1	KD01	
Deklaag	Holoceen, Boxtel k1		C01	Schatting uit 3-D parametrisatie
WVP 1		2	KD02	
SDL 1	Boxtel k2, Kreftenheye/Wychen k1, Kreftenheye k1		C02	
WVP 2		3	KD03	
SDL 2	Woudenberg v1, Eem k1		C03	
WVP 3		4	KD04	
SDL 3	Kreftenheye/Zutphen k1		C04	
WVP 4		5	KD05	
SDL 4	Kreftenheye/Twello k1		C05	
WVP 5		6	KD06	
SDL 5	Beegden/Rosmalen k1, Beegden k1		C06	
WVP 6		7	KD07	
SDL 6	Drente/Uitdam k1, Drente/Gieten k1		C07	
DTC	Gestuwd	8	KD08	Geschat met kh = 10 m/dag
			C08	Geschat met kv = 5 m/dag
WVP 8		9	KD09	
SDL 8	Urk k1, Urk k2, Sterksel k1		C09	
WVP 9		10	KD10	
SDL 9	Stamproy k1, Stamproy k2		C10	
WVP 10		11	KD11	
SDL 10	Waalre k1		C11	
WVP 11		12	KD12	
SDL 11	Waalre k2		C12	
WVP 12		13	KD13	
SDL 12	Peize k1		C13	
WVP 13		14	KD14	
SDL 13	Waalre k3		C14	
WVP 14		15	KD15	
SDL 14	Peize complex, Waalre k4		C15	
WVP 15		16	KD16	
SDL 15	Maassluis complex, Kiez eloo liet k1		C16	
WVP 16		17	KD17	
SDL 16	Oosterhout complex		C17	
GHB	Breda k1, Basis	18	KD18	
			GHB	

	Watervoerende laag
	Scheidende laag

In Figuren 5.13 en 5.14 zijn de geologische afzettingen zoals weergegeven in de Figuren 5.4 en 5.7 vertaald naar hydrogeologische eenheden. In deze raaien geven de geel gekleurde lagen de goed doorlatende zandige afzettingen weer, terwijl de overige kleuren duiden op minder goed doorlatende, veelal kleiige afzettingen.



Figuur 5.13 Hydrogeologische eenheden in de West-Oost raai tussen Zetten-Elst-Doornenburg (Bron: <http://www2.dinoloket.nl>).



Figuur 5.14 Hydrogeologische eenheden in de Noord-Zuid raai tussen Arnhem-Nijmegen (Bron: <http://www2.dinoloket.nl>).

5.3 Bodem en Gt

5.3.1 Bodemvorming

In het gebied kunnen twee grondsoorten worden onderscheiden.:

- Rivierkleigronden en
- Zandgronden.

Rivierkleigronden

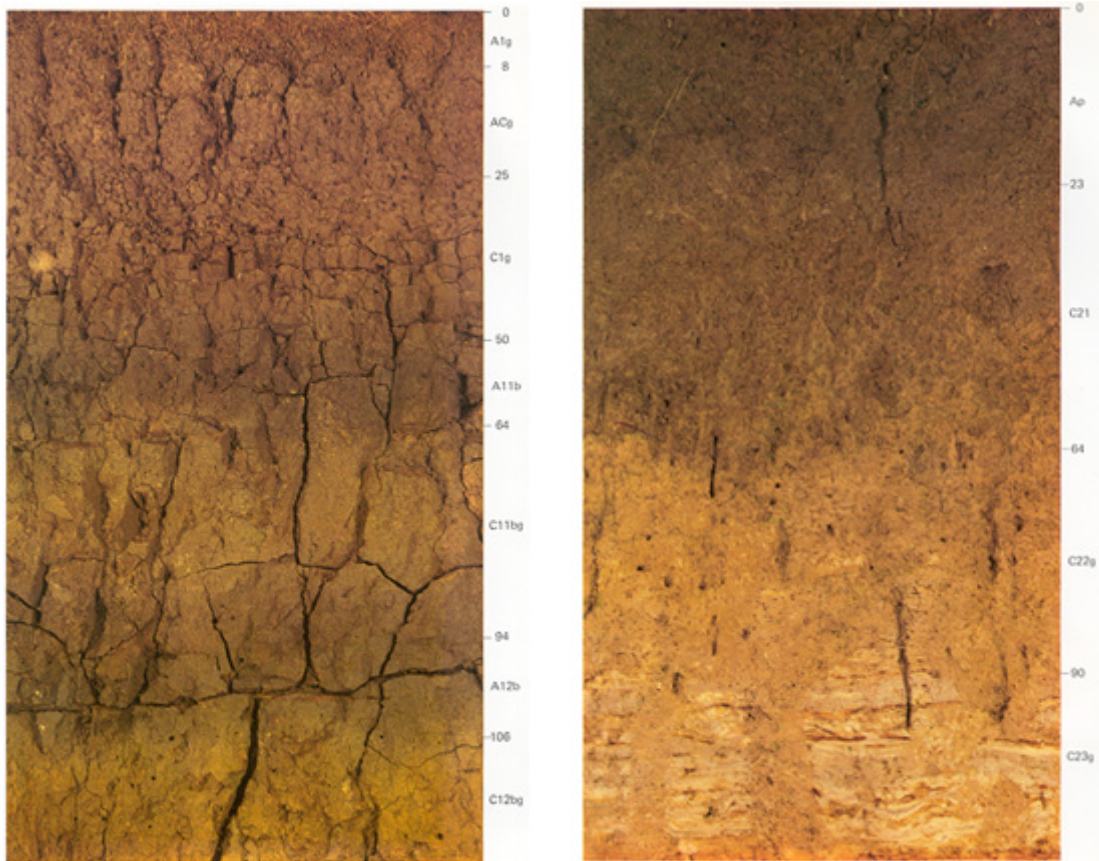
Rivierkleigronden zijn minerale gronden die zijn afgezet door rivieren en bestaan binnen 80 cm - mv over een dikte van minimaal 40 cm uit klei (meer dan 8% lutum). Na afzetting beginnen bodemvormende processen, zoals rijping, homogenisatie en ontkalking. Er is een verschil in zwaarte van de kleigronden. In de kommen vinden we de zware kleigronden, terwijl de stroomruggen bestaan uit lichtere kleigronden met in de ondergrond zelfs zandige afzettingen. Na de afzetting ondergaan de sedimenten veranderingen, zoals waterverlies, volumevermindering (inklinking) en veranderingen in aard en gehalte van organische stof. Dit proces wordt aangeduid als rijping. In de stroomruggronden is het rijpingsproces zeer snel verlopen en in de komgronden traag en soms nog niet voltooid. Mulder *et al.* (1979) constateerden dat in het komgebied van Rijkerswoerd tijdens de opname voor de bodemkaart nog extreem natte omstandigheden heersten waardoor de ondergrond (>80 cm -mv), lokaal niet geheel, gerijpt was. Of dit sindsdien nog steeds het geval is, is niet bekend.

Door de activiteiten van bodemleven heeft vermenging plaatsgevonden van geoxideerde (roestige) ondiepe bodemlagen met diepere lagen, dit proces heet homogenisatie en gaat het diepst bij de xerokleigronden.

De rivierkleigronden verschillen in kalkgehalte. De komgronden zijn vrijwel geheel kalkloos en de stroomruggronden zijn tijdens de sedimentatie niet of nauwelijks ont kalkt. Na afzetting is soms een zekere ont kalking opgetreden bij de stroomruggronden. De meest voorkomende gronden zijn de vaaggronden, dit zijn gronden zonder minerale eerdlaag; de bovengrond is maar weinig donkerder dan de ondergrond (vaag). De vaaggronden worden onderverdeeld in (Figuur 5.15):

- Ooivaaggronden, behorende tot de xerokleivaaggronden en
- Poldervaaggronden, behorende tot de hydrokleivaaggronden.

De ooivaaggronden zijn ontwikkeld op de oeverwallen en in de uiterwaarden, dit zijn de goed gedraineerde topografisch hoger (0,5-2 m) gelegen gronden (Jongmans en Peek, zie <http://www.bodems.nl/nbv/lustrum/nominaties/Gelderland%20Bodem%20-%20Ooivaaggrond%20Jongmans%20&%20Peek.pdf>), terwijl de poldervaaggronden voorkomen op komgronden.



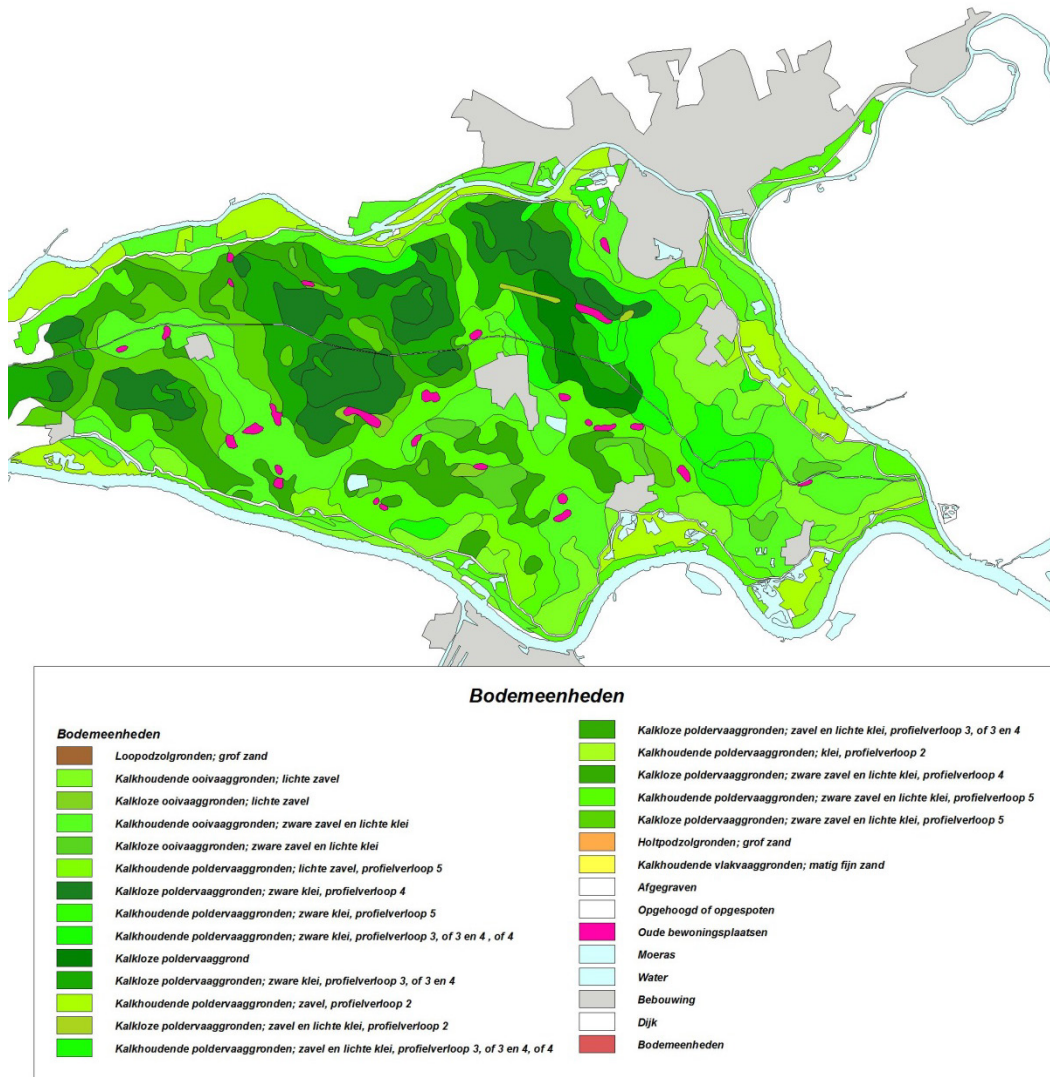
Figuur 5.15 Voorbeeld van een poldervaaggrond (links) en een ooivaaggrond (rechts).

Zandgronden

In dit gebied zijn zandgronden gronden die binnen 80 cm -mv, over een dikte van ten minste 40 cm uit zand bestaan. Het zand is van fluviatiele oorsprong, doch tijdens een droge periode door de wind opgenomen en weer afgezet waardoor de rivierduinen zijn ontstaan. Ook is er zand verplaatst tijdens oeverwal- en dijkdoorbraken, dit zijn de zogenaamde overslaggronden.

De arealen zandgronden binnen het studie gebied zijn zeer beperkt.

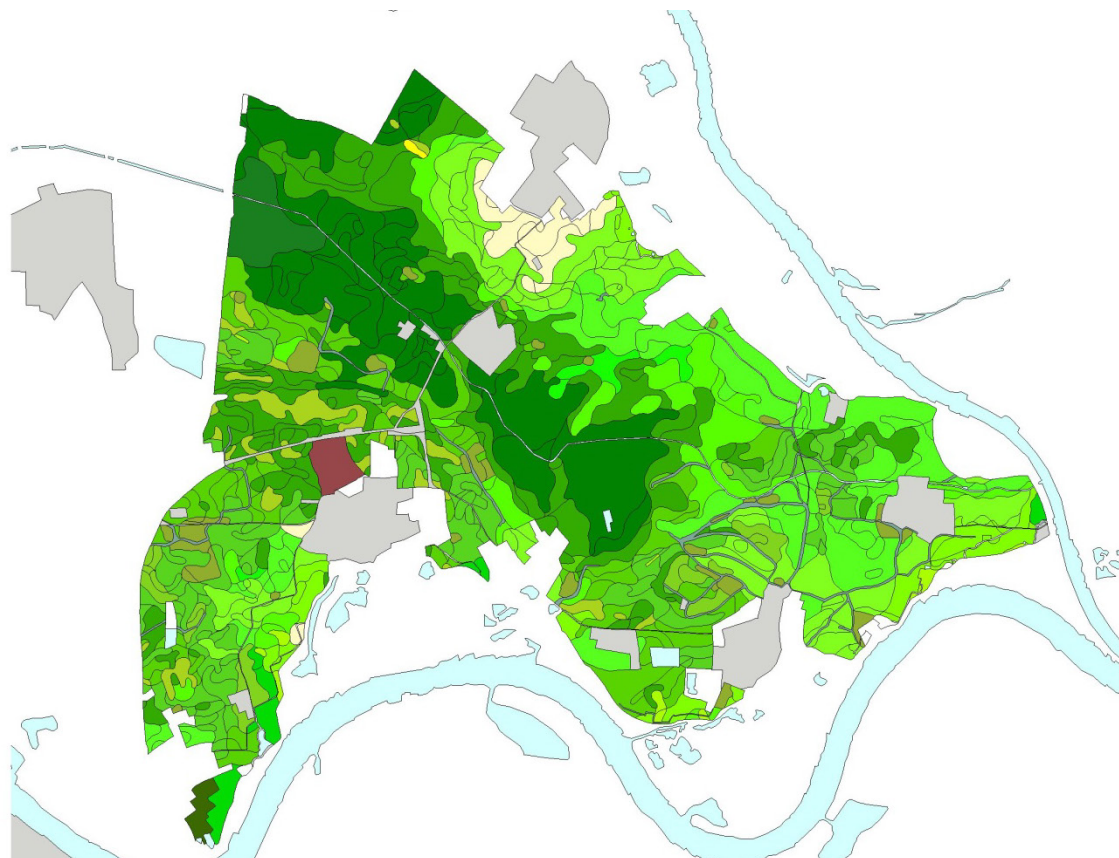
In Figuur 5.16 zijn de bodemeenheden volgens de bodemkaart 1: 50.000 weergegeven.



Figuur 5.16 Bodemeenheden volgens de bodemkaart 1: 50.000.

Uit Figuur 5.16 valt af te lezen dat bijna het gehele gebied bestaat uit ooi- en poldervaaggronden. Er liggen ook verscheidene oude bewoningsplaatsen.

In het kader van de ruilverkaveling Overbetuwe-Oost is een bodemgesteldheid en bodemgeschiktheidskartering uitgevoerd, schaal 1 : 10.000. Het onderzoeksgebied wordt aan de westzijde begrensd door de A325 tussen Arnhem en Nijmegen (Figuur 5.17).



Figuur 5.17 Bodemeenheden volgens de detailkartering 1 : 10 000.

Door de hogere boordichtheid van één boring per ha geeft de bodemkaart 1 : 10.000 meer detail en kijkt deze op een aantal plekken af van de bodemkaart 1 : 50.000.

5.3.2 Grondwatertrappen

Om de diepte en fluctuatie van de grondwaterstand te karakteriseren is het systeem van grondwater-tappen ontwikkeld. Dit systeem is gebaseerd op gemiddeld hoogste grondwaterstanden (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstanden (GLG). Waarden voor de GHG en de GLG worden berekend uit een langjarige reeks van grondwaterstanden die beschikbaar is voor elke buis waarin tweemaal per maand de grondwaterstand is gemeten. Voor deze buizen zoekt de bodemkundige het verband tussen

de GHG en GLG en profiel- en veldmerken. Het gevonden verband maakt extrapolatie van de GHG en de GLG naar andere waarnemingspunten mogelijk. Daardoor kan de bodemkundige de tot klassen samengevoegde GHG-GLG-combinaties, de grondwatertrappen, in het veld afgrenzen. Op deze manier zijn de bodemkaarten voorzien van informatie over winter- en zomergrondwaterstanden die karakteristiek zijn voor een jaar met een gemiddelde neerslag en verdamping (Ten Cate *et al.*, 1995).

De gehanteerde grondwatertrappenindeling is weergegeven in Tabel 5.2.

Tabel 5.2

Grondwatertrappenindeling.

Grondwatertrap (Gt) Tot 1966	1966 - 1988	Na 1988	GHG cm-mv.	GLG cm-mv.
I	I	I	-(0-20) ¹	<50
II	II	II	-(0-20) ¹	50-80
	II*	IIb	25-40	50-80
		IIc	>40	50-80
III	III	III	<40	80-120
	III*	IIIb	25-40	80-120
IV	IV	IV	40-80	80-120
		IVc	>80	80-120
V	V	V	<40	>120
	V*	Vb	25-40	>120
VI	VI	VI	40-80	>120
VII	VII	VII	80-140	>120
	VII*	VIII	>140	>120 (>160) ¹

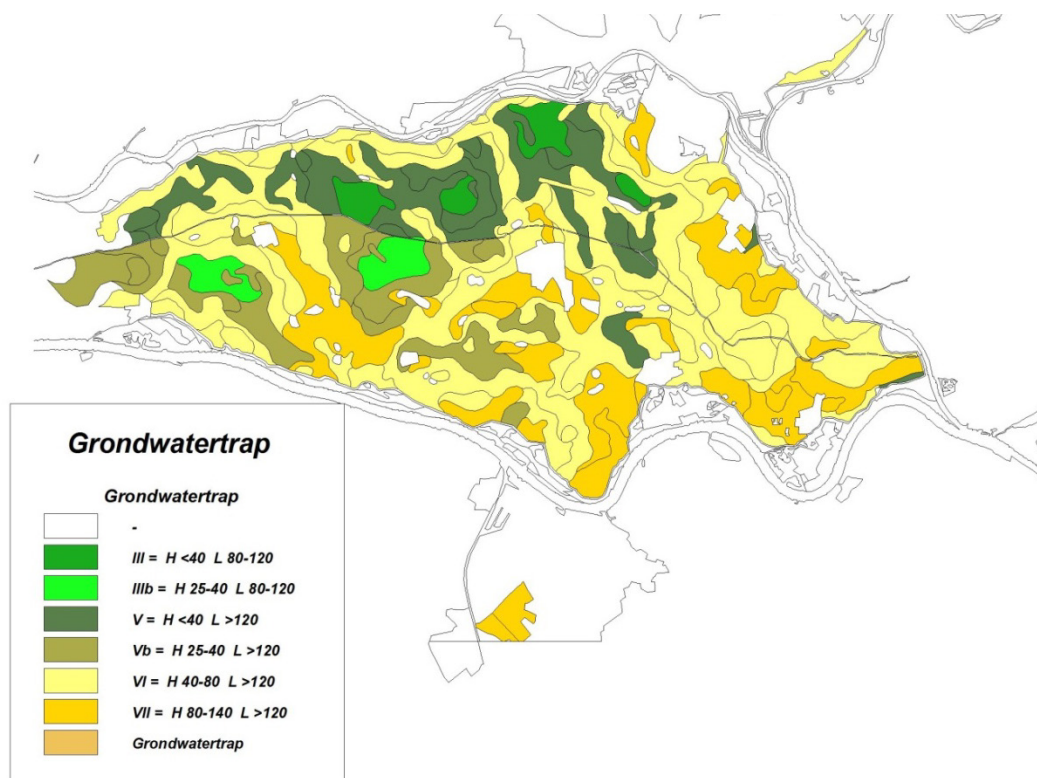
(...)¹ Meest voorkomende waarden binnen een groter GHG- en GLG-traject

Verklaring kwantitatieve toevoegingen:

...b = GHG tussen 25 en 40 cm -mv

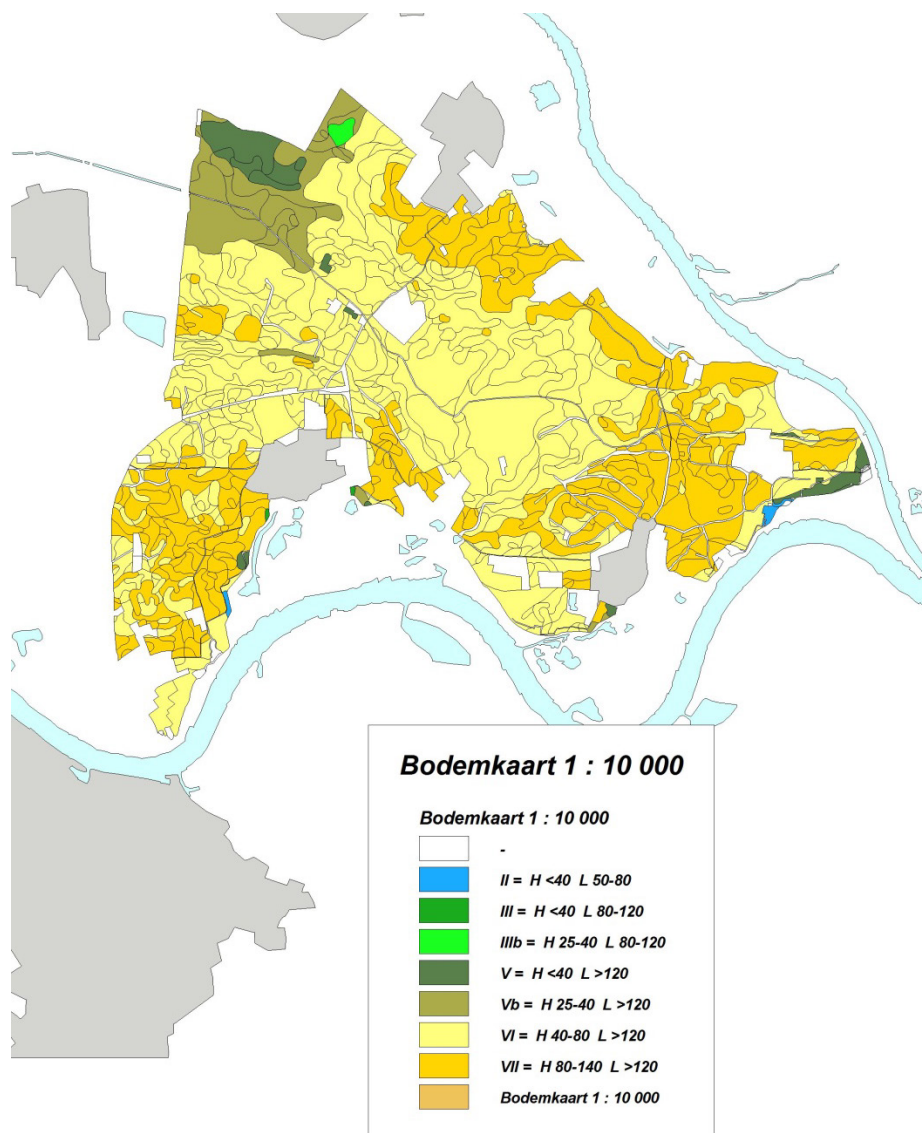
...c = GHG en GLG nagenoeg even diep

Zowel de bodemkaart 1: 50.000 als de bodemkaart 1: 10.000 geeft de grondwatertrappen voor de Overbetuwe, geheel c.q. gedeeltelijk weer (Figuren 5.18 en 5.19).



Figuur 5.18 Grondwatertrappen volgens de bodemkaart 1 : 50.000.

In de komgebieden is de overheersende grondwatertrap III en V, terwijl op de stroomruggen GT VI en VII overheerst.



Figuur 5.19 Grondwatertrappen volgens de bodemkaart 1 : 10.000.

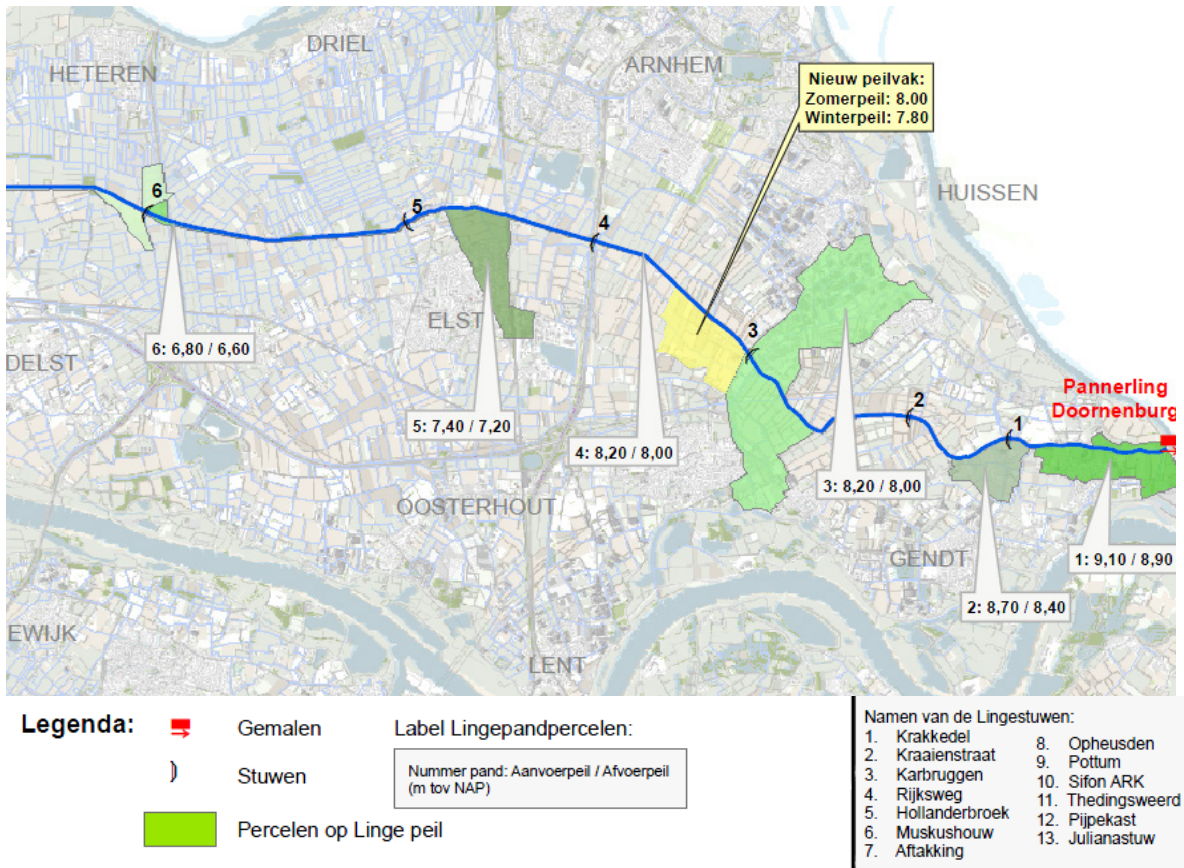
Uit Figuur 5.19 is af te leiden dat het oostelijk deel van het gebied Waterrijk een relatief nat gebied met GT V en Vb is.

6 Hydrologie en waterhuishouding

6.1 Waterhuishouding

6.1.1 De Linge

De Linge heeft een belangrijke functie in de waterafvoer en wateraanvoer van het gebied. De Linge wordt bij Doornenburg gevoed vanuit het Pannerdensch Kanaal en mondt via het Kanaal van Steenenhoek bij Hardinxveld uit in de Boven Merwede. Het traject van de Linge is door dertien stuwen verdeeld in veertien panden. Tussen het inlaatpunt bij Doornenburg en de kruising met de A50 bij Heteren liggen zes stuwen in de Linge (Figuur 6.1). Het gehele stroomgebied van de Linge beslaat 74.000 ha en is ingedeeld in peilvakken. Een deel van de peilvakken staat in open verbinding met de Linge.



Figuur 6.1 Bovenstroomse deel van de Linge tussen Doornenburg en de A50 met locatie-stuwen en inlaatgemaal Pannerling volgens kaart bij Streefpeilbesluit de Linge.

Via gemaal Pannerling kan water worden ingelaten uit het Pannerdensch Kanaal in de Linge. In Tabel 6.1 zijn de streefpeilen gegeven voor de zes bovenstroomse panden van de Linge evenals de herkomst van het aanvoerwater in droge perioden en voor nachtvorstbestrijding (Terpstra, 2008).

Tabel 6.1

Streefpeilen Lingepanden in de Overbetuwe

	Lingepand	Stuwpeil (zomer/winter)	Wateraanvoer tijdens droogte
	Inlaat Doornenburg	9.80/10.40	Doornenburg
1	Krakkedel1	9.20/9.00	Doornenburg
2	Kraaienstraat ¹	8.70/8.40	Doornenburg
3	Karbruggen ¹	8.20/8.00	Doornenburg
4	Rijksweg ¹	8.10/7.90	Doornenburg
5	Hollanderbroek	7.40/7.20	Doornenburg
6	Muskushouw	6.80/6.60	Doornenburg

¹ Bij een peil van NAP +13 m of hoger bij Lobith worden de stuwen op zomerpeil gezet voor het tegengaan van kwel.

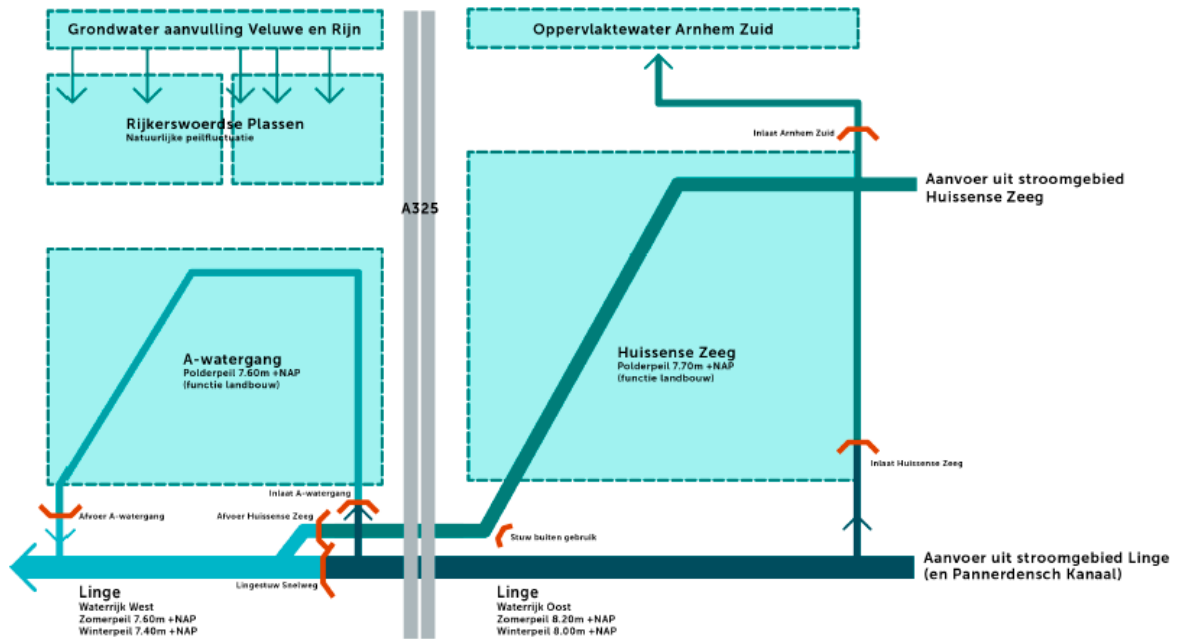
Inlaatgemaal Pannerling heeft een vergunning voor de inlaat tot 8,5 m³/s (Hydrologic, 2013). De Pannerling is een drijvend gemaal met een capaciteit van 4 m³/s, bij waterstanden boven 12 m+ NAP moet het gemaal worden verwijderd. Mogelijk is er een knelpunt bij lage waterstanden op het Pannerdensch Kanaal, waardoor er een lager wateraanbod is richting Nederbetuwe en Beneden Linge en er in de Overbetuwe een knelpunt kan ontstaan. Kritische waterstand is NAP +6.5 m. De waterstand bij 800 m³/s bedraagt ~NAP +6.8 m. Ook is er dan sprake van een afnemende inlaatcapaciteit als gevolg van hogere opvoerhoogte. Tabel 6.2 geeft de waterbehoefte in een droog en extreem droog jaar (Hydrologic, 2013) in een nazomer-situatie. Daarnaast stelt nachtvorstbestrijding in de Betuwe hogere eisen aan de watervraag dan een zeer droge zomer (Hydrologic, 2013). Voor nachtvorstbestrijding in het voorjaar neemt de waterbehoefte met een factor 2 á 3 toe.

Tabel 6.2

Watervraag bij inlaatpunt Pannerling (Hydrologic, 2013).

Karakterisering jaar	Afvoer Lobith m ³ /s	Watervraag Pannerling m ³ /s
Droog, 2003	1000	1.76
Extreem droog, 1976	800	2.78

Het onderzoeksgebied is grotendeels vrij afwaterend maar wel beheerst. In Figuur 6.2 is het wateraanvoer en afvoersysteem nabij stuw Rijksweg in de Linge schematisch weergegeven. Aanvankelijk was de functie van de Linge gericht op de afwatering van het gebied. Bij de Lingeverbetering 1950-1952 zijn stuwen aangelegd.



Figuur 6.2 Aan- en afvoersysteem aan de noordkant van de Linge nabij stuw 4.

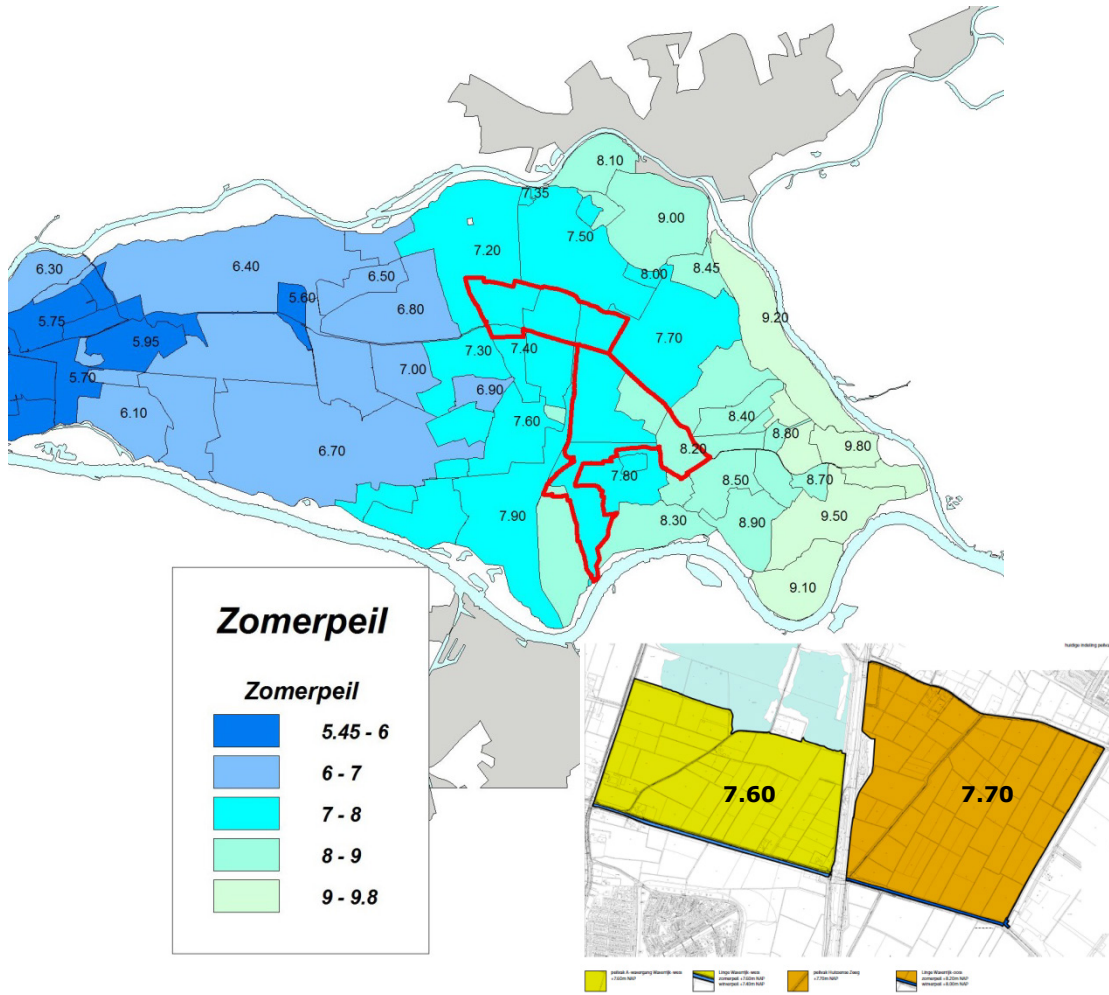
Het aanvankelijk op de afvoer ingestelde systeem van de Linge is zodanig aangepast dat Lingewater uit een pand met een hoger peil kan worden ingelaten naar een peilgebied, terwijl het overtollige water via het afwateringssysteem van het peilgebied wordt geloosd op een lager pand in de Linge. Hierdoor ontstaat bij de Lingestuw een ingewikkeld samenstel van stuwen en waterlopen. Figuur 6.3 geeft een beeld hoe de Linge er uitziet bij een grote afvoer in een natte situatie.



Figuur 6.3 De samenloop van de Linge en de Eldense Zeeg op 23 december 2012 (Bron: Gelderlander).

6.1.2 Waterafvoer

Waterschap Rivierenland heeft een Waterverordening Waterschap Rivierenland opgesteld. De verplichting tot het vaststellen van een peilbesluit is in deze verordening aangegeven op de kaart behorende bij deze verordening. De verplichting tot het vaststellen van een peilbesluit is in deze verordening opgelegd voor oppervlaktewateren waar het waterschap onder normale omstandigheden de wateraanvoer en waterafvoer kan beheersen.



Figuur 6.4 Vigerende zomerpeilen.

Als er geen peilbesluiten zijn voorgeschreven, namelijk voor de gebieden waar het waterpeil niet volledig te beheersen is, kan het waterschap voor de waterlopen in die gebieden streefpeilen vaststellen en hanteren. Uit de kaart bij de verordening blijkt dat de Overbetuwe niet peilbesluitplichtig is, daarom worden peilafspraken vastgelegd in een streefpeilbesluit. De vigerende zomerpeilen zijn weergegeven in Figuur 6.4. Het waterschap heeft volgens het Waterbeheerplan 2010-2015 het doel om voor alle wateren in het beheergebied peilbesluiten vast te stellen. Door Witteveen en Bos (2012) is recent een GGOR en een streefpeilbesluit opgesteld voor de Overbetuwe (Figuur 6.5). Hoewel het gebied sterk lijkt op een poldergebied zijn het geen echte polders omdat niet onder alle omstandigheden het peil kan worden gehandhaafd. Door de helling van het gebied neemt de hoogte van de polderpeilen af in westelijke richting (Figuur 6.5). Het gebied is een mengvorm tussen een vrij afwaterend gebied en een poldergebied.



Figuur 6.5 Peilen en peilgebiedsgrenzen (Witteveen en Bos, 2012).

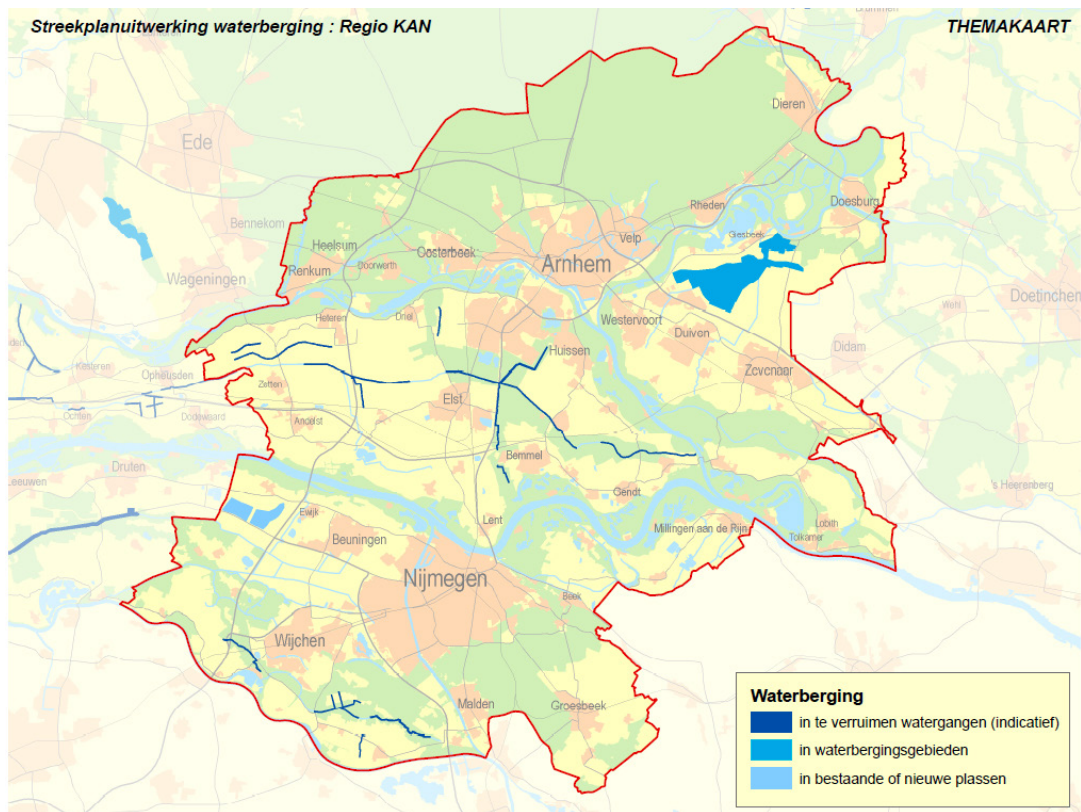
6.1.3 Waterberging

Het Nationaal Bestuursakkoord Water bepaalt dat de waterbeheerders hun watersysteem in 2015 op orde dienen te hebben en vervolgens te houden richting 2050. Deze verplichting van de waterbeheerder om het watersysteem op orde te hebben wordt ook wel de wateropgave genoemd. De waterschappen hebben voor de waterbergingsopgave gekozen voor ruimtelijke oplossingen, naast technische aanpassingen in het systeem en aanpassingen in het beheer, in de vorm van:

- Water vasthouden in bovenstrooms gelegen watergangenstelsels (de haarvaten).
- Berging in verruimde watergangen.
- Water vasthouden in bestaande of nieuwe plassen (op water).
- Water tijdelijk parkeren in waterbergingsgebieden (op land).

Voor het onderzoeksgebied zijn oplossingen gevonden in verruimen van watergangen en door vasthouden in het watersysteem. Deze oplossingen zijn vastgelegd in de streekplanuitwerking waterberging, vastgesteld door GS van Gelderland op 19-6-2006, de bijbehorende kaart is opgenomen in Figuur 6.6. Deze gebieden zijn of worden (voor 2015) vastgelegd in gemeentelijke bestemmingsplannen. In de Overbetuwe zijn de verruimingsmaatregelen vooral gesitueerd langs de Linge en de Huissense en Bemmelse Zeeg (Provincie Gelderland, 2009). In het Lingesysteem zijn bij verbreding van watergangen aan de bovenloop functiecombinaties mogelijk met ecologie (ecologische verbindingzones) en recreatie/ecologie (Park Lingezege). In park Lingezege wordt 28 ha waterberging gerealiseerd (paragraaf 6.1.4), dit gebied is niet aangegeven in Figuur 6.6.

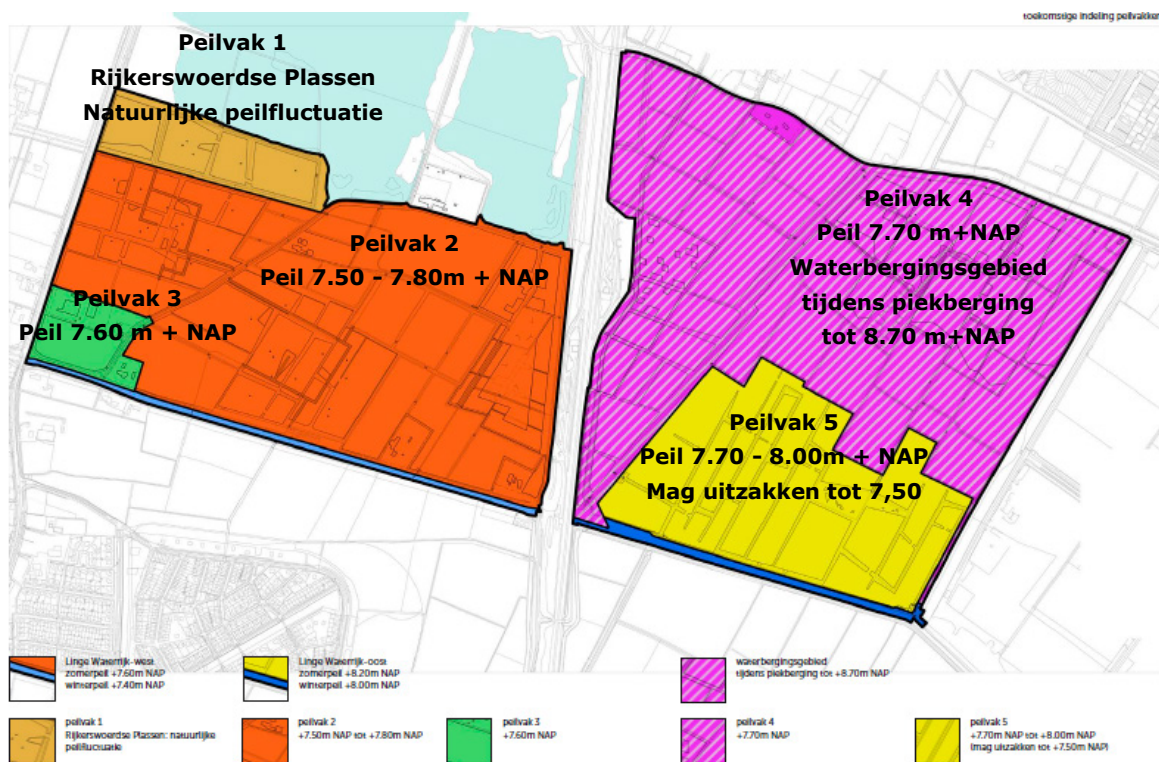
In Park Lingezege en het Waardevol landschap Hollanderbroek is de landschappelijke en cultuurhistorische kwaliteit van belang als ingang voor ontwerp. In het streekplan 2005 waren meer gebieden aangegeven voor waterbergingsfunctie, onder andere de Rijkerswoerdse plassen. Deze plassen komen niet meer voor in de streekplanuitvoering 2006.



Figuur 6.6 Waterbergingsgebieden (Provincie Gelderland, 2006).

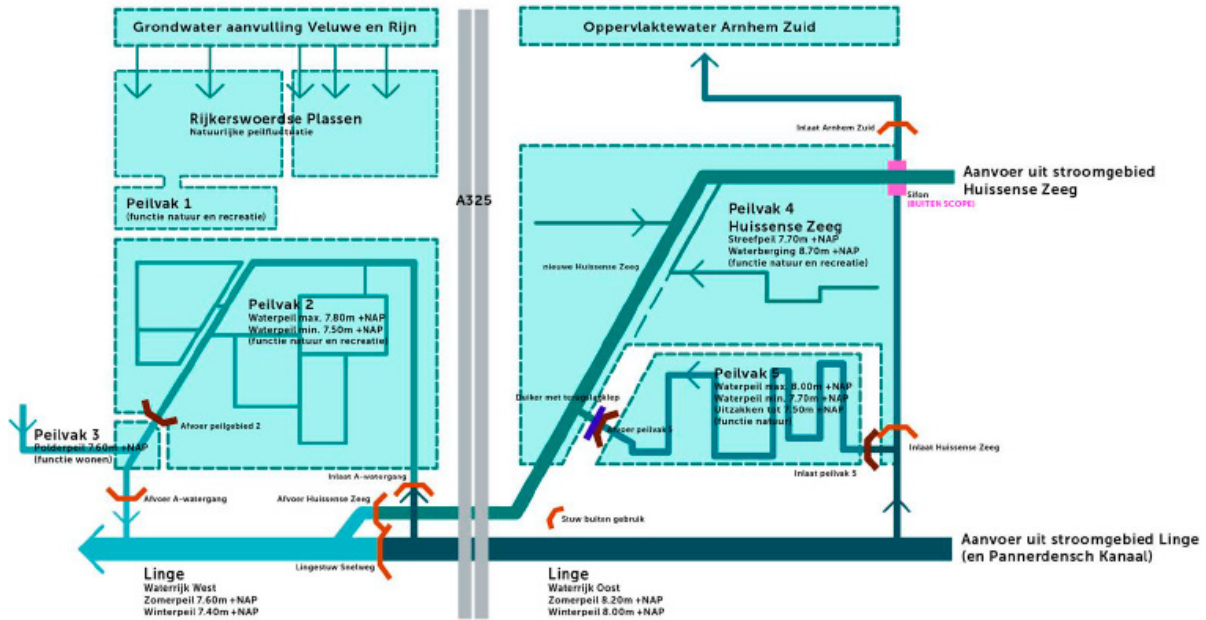
6.1.4 Waterrijk

Als Waterrijk definitief is ingericht worden de huidige twee peilvakken (Figuur 6.4) opgesplitst in vijf peilvakken (Figuur 6.7).



Figuur 6.7 Peilen en peilgebiedsgrenzen Waterrijk (Veenbos en Bos, 2013).

Peilvak 1 wordt gekoppeld aan de Rijkerswoerdse Plassen, deze plassen hebben een natuurlijke fluctuatie. Peilvak 2 en 5 worden ingericht met rietmoerassen, in beide peilvakken mag het peil 30 cm variëren, waarbij het peil in peilvak 5 nog 20 cm onder het laagste niveau mag uitzakken. Omdat peilvak 3 de functie Wonen heeft, geldt een vast peil. Ook peilvak 4 heeft een vast peil, maar gaat ook als waterbergingsgebied functioneren voor Arnhem-Zuid. Hierbij mag het peil oplopen tot 8.70 m+NAP. In Figuur 6.8 is het toekomstige aan- en afvoersysteem voor Waterrijk schematisch weergegeven.

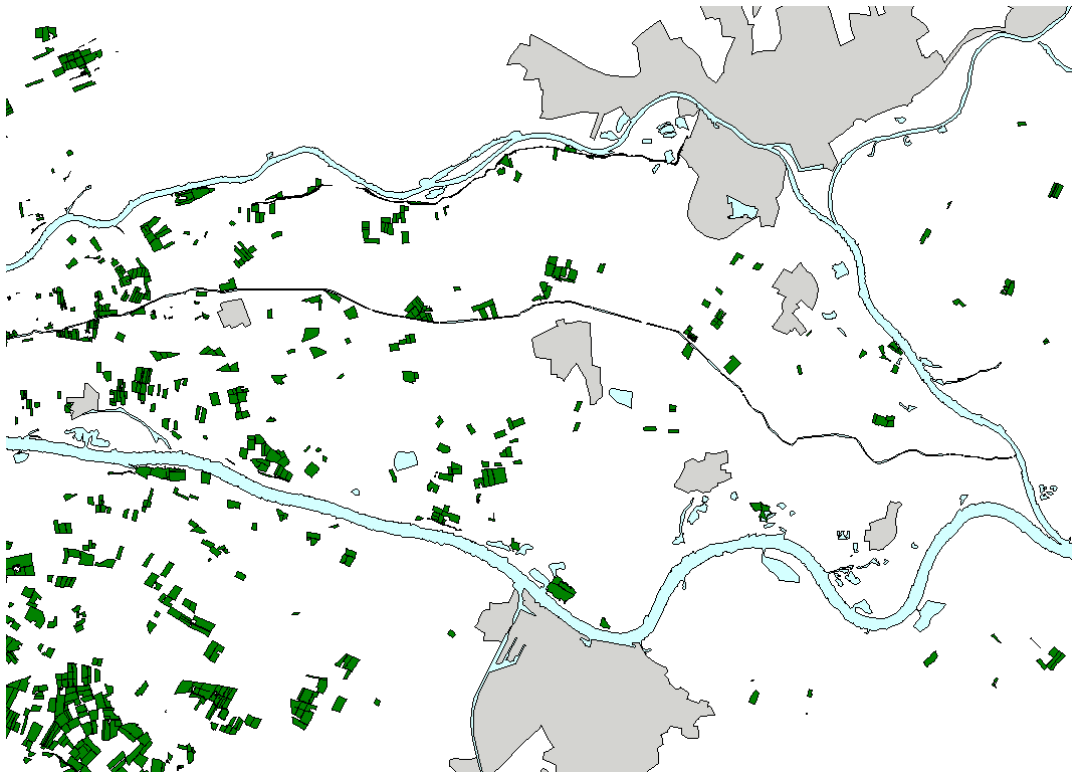


Figuur 6.8 Aan- en afvoersysteem Waterrijk (Veenbos en Bos, 2013).

6.1.5 Buisdrainage en maaiveldgreppels

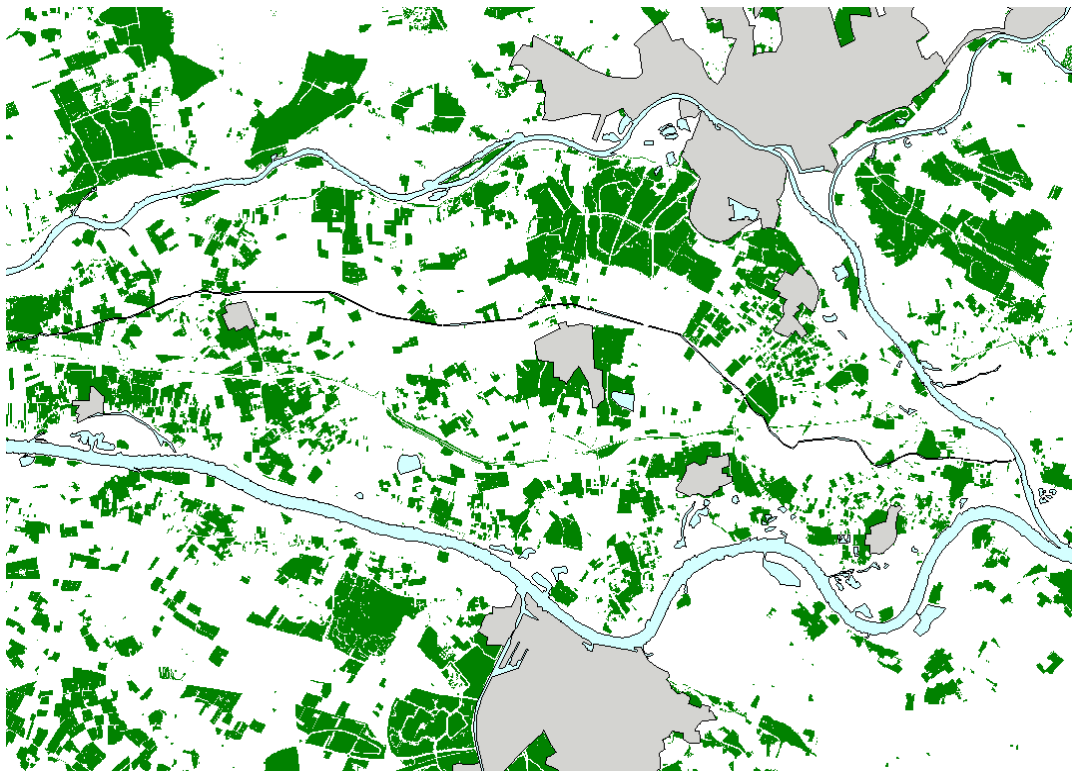
Buisdrainage

De ontwatering van landbouwpercelen wordt naast waterlopen ook uitgevoerd met buisdrainage en maaiveldgreppels. Recent is een nieuwe kaart beschikbaar met ligging van percelen met buisdrainage gebaseerd op de landbouwmetingen van 2010. Bij de enquête voor de landbouwmetingen is de boer gevraagd op hoeveel ha van zijn grond buisdrainage is aangelegd, waarna op basis van karteerbare kenmerken het gedraineerde areaal is toegerekend aan percelen (Massop *et al.*, 2012). In Figuur 6.9 zijn de aldus geïnventariseerde percelen met buisdrainage weergegeven.



Figuur 6.9 *Percelen met buisdrainage op basis van landbouwmetellingen 2010.*

Voor stedelijke gebieden, infrastructuur en bepaalde vormen van bodemgebruik zoals sportvelden, golfbanen, begraafplaatsen etc. is aangenomen dat deze ook gedraineerd zijn en worden samen-gevoegd met de kaart uit Figuur 6.9 en dit is opgenomen in Figuur 6.10.



Figuur 6.10 *Gedraineerde gebieden landbouw, stedelijk, infrastructuur, sportvelden etc.*

Uit Kaart 6.9 blijkt dat het landbouwkundig areaal met buisdrainage beperkt is. Uit Kaart 6.10 blijkt dat door de sterke verstedelijking van het gebied er aanzienlijke arealen gedraineerd zijn toegevoegd aan Kaart 6.9.

Maaiveldgreppels

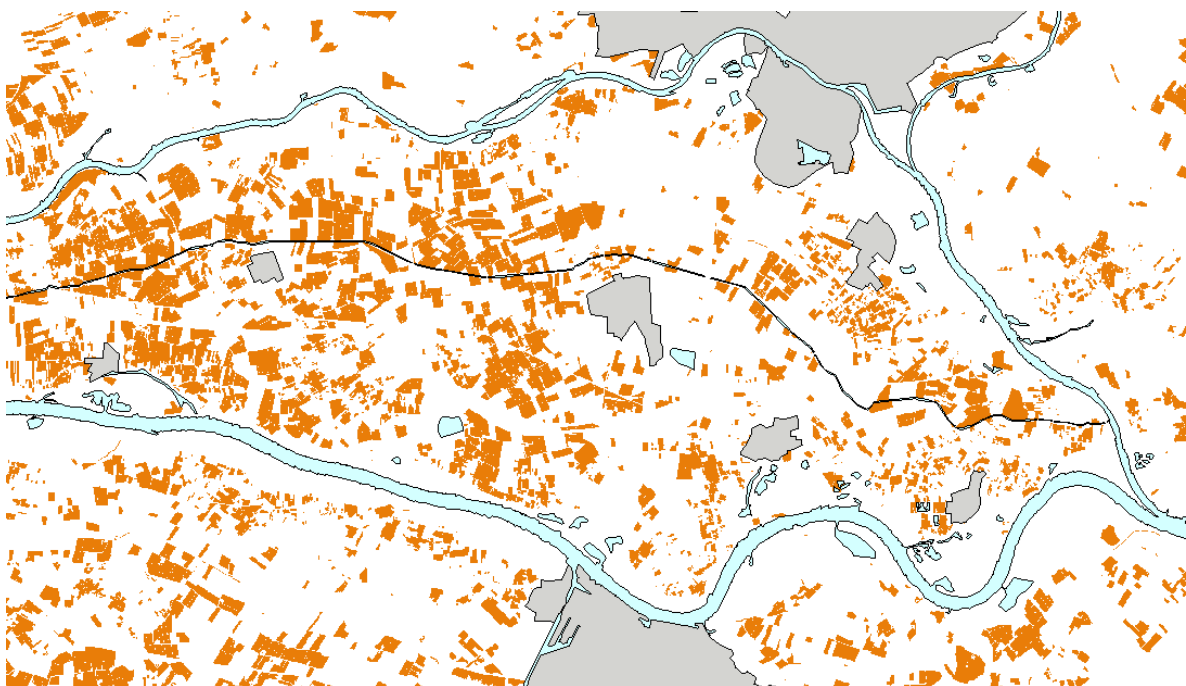
Het rivierengebied kan globaal worden ingedeeld in een oeverwallengebied en een komgrondengebied. De komgronden bestaan uit zware kleigronden. De verticale doorlatendheid van deze gronden is vaak gering. In de zomer ontstaan vaak krimpscheuren, waardoor de doorlatendheid van deze gronden toeneemt. In het najaar en winter sluiten de scheuren zich en neemt de doorlatendheid sterk af. Voor de afvoer van het neerslagoverschot zijn veelal maaiveldgreppels aangelegd, waardoor een deel van het neerslagoverschot over maaiveld tot afvoer komt. Maaiveldgreppels vinden we dus vooral op de komgronden, Figuur 5.3 laat zien dat ook in Park Lingezegen in de huidige situatie maaiveldgreppels voorkomen.

6.1.6 Berekening

In het rivierengebied wordt om twee redenen beregend, nl.:

- aanvulling vochttekort in een droge periode en
- nachtvorstbestrijding.

Met berekening kan het vochttekort worden aangevuld. Op basis van opgaven van de boeren via de landbouwmetellingen van 2010 is een potentiële beregeningskaart (Figuur 6.11) afgeleid (Massop *et al.*, 2013). Voor berekening kan gebruik worden gemaakt van grond- en oppervlaktewater. Via de Linge wordt water aangevoerd dat kan worden gebruikt voor berekening.



Figuur 6.11 Percelen waar wordt beregend volgens de landbouwmetellingen (Massop, 2012).

Bij nachtvorst in het voorjaar kunnen de jonge knoppen van fruitbomen beschadigen. Door 's nachts te beregenen vormt zich een dun laagje ijs om de knoppen. Dit laagje ijs beschermt de knop tegen de vorst. Ingeval dat nachtvorst wordt verwacht neemt de vraag naar oppervlaktewater lokaal sterk toe. Het waterschap neemt in deze situatie maatregelen om ervoor te zorgen dat voldoende water beschikbaar is.

In aardappelteeltgebieden kan bruinrot leiden tot besmetting van de aardappeloogst. Omdat deze ziekte zich via het oppervlaktewater kan verspreiden is voor bepaalde gebieden in Nederland een

beregeningsverbod vanuit oppervlaktewater van kracht. Ook voor delen van het rivierengebied geldt dit verbod, het gebied Overbetuwe valt buiten het verbodsgebied (Figuur 6.12).



Figuur 6.12 Beregeningsverbodgebied 2012 in verband met bruinrot.

Beregening kan plaatsvinden vanuit het oppervlaktewater en vanuit grondwater. Voor het onttrekken van grondwater is een watervergunning nodig die kan worden verstrekt door het waterschap, veelal is schriftelijke melding voldoende. Voor onttrekkingen groter dan 150 000 m³ of voor Koude-Warmte-opslag is vergunning van de provincie nodig. In MORIA, het grondwatermodel van waterschap Rivierenland, zijn zowel de onttrekkingen opgenomen uit het Provinciaal Register als de drinkwater-onttrekkingen.

Een speciale watervoorziening is de **Centrale gietwatervoorziening Bergerden**. Voor de watervoorziening van het glastuinbouwgebied Bergerden, nabij Huissen en Bemmelen, is gekozen voor een collectieve gietwateropslag in de vorm van waterberging in plaats van individuele bassins op bedrijfsniveau. Alle telers zijn mede-eigenaar van het gietwaterbedrijf. In het gebied ligt een waterplas van ca. 4 ha en 15 m diep. Het regenwater dat op de daken van de kassen valt stroomt via het slotenstelsel naar deze centrale waterplas. Met twee pompen bij de centrale plas wordt het leidingsysteem op druk gehouden zodat de kwekers het water kunnen gebruiken voor hun bedrijf. Elke kweker beschikt over twee watermeters, één voor leidingwater en één voor regenwater van de Coöperatie. De waterkwaliteit is goed, onder andere de pH is 5,5 (Stef Huisman, tuinder te Bergenden). Water wordt ook wel via omgekeerde osmose gereinigd tot de juiste EC-waarde en gemengd met hemelwater (volgens een lokale tuinder was het zoutgehalte van het water te hoog). Het project was voor de ondernemers goedkoper dan het zelf aanleggen van eigen bassins. Het bleek financieel aantrekkelijk om een grote infiltratieplas te graven, met daarop aangesloten een stelsel van sloten rondom de bedrijven voor piekopvang van regenwater. De installatie is berekend om 150 ha kassen van water te voorzien. De aanvoercapaciteit bedraagt 4,2 m³/ha/dag.

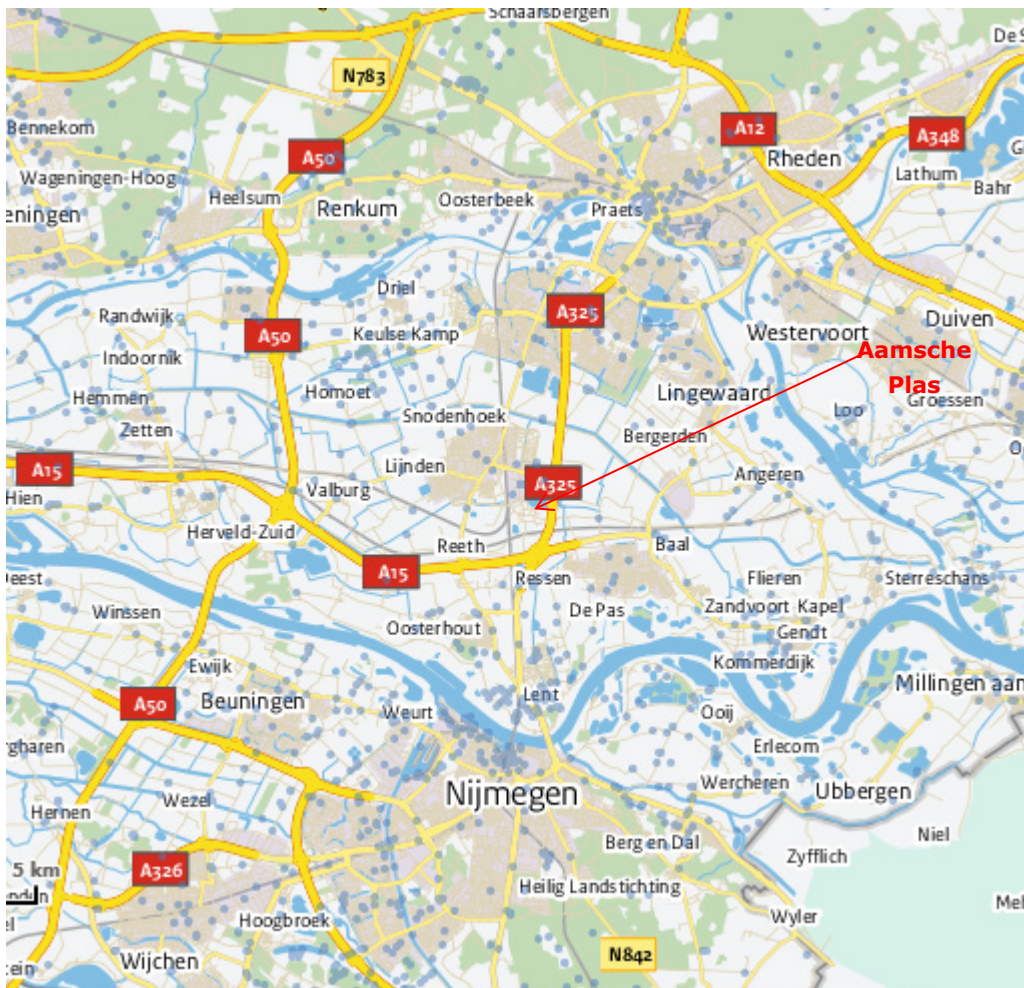
6.2 Grondwater

6.2.1 Grondwaterstand en stijghoogten

In paragraaf 5.3.2 zijn de zogenaamde grondwatertrappen besproken. De grondwatertrappen zijn gekarteerd tijdens de opname van de bodemkaart en geven informatie over de Gemiddeld Hoogste en Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GHG en GLG) en daarmee over de fluctuatie van de grondwaterstand. Naast deze grondwatertrappenkaart is er in de loop der jaren voor verschillende doelen een uitgebreid meetnet met peilfilters (Figuur 6.13) ontstaan die zijn geïnstalleerd voor verschillende doelen, zoals:

- meting van de grondwaterstand,
- meting stijghoogte in diepere watervoerende pakketten,
- bemonstering grondwaterkwaliteit.

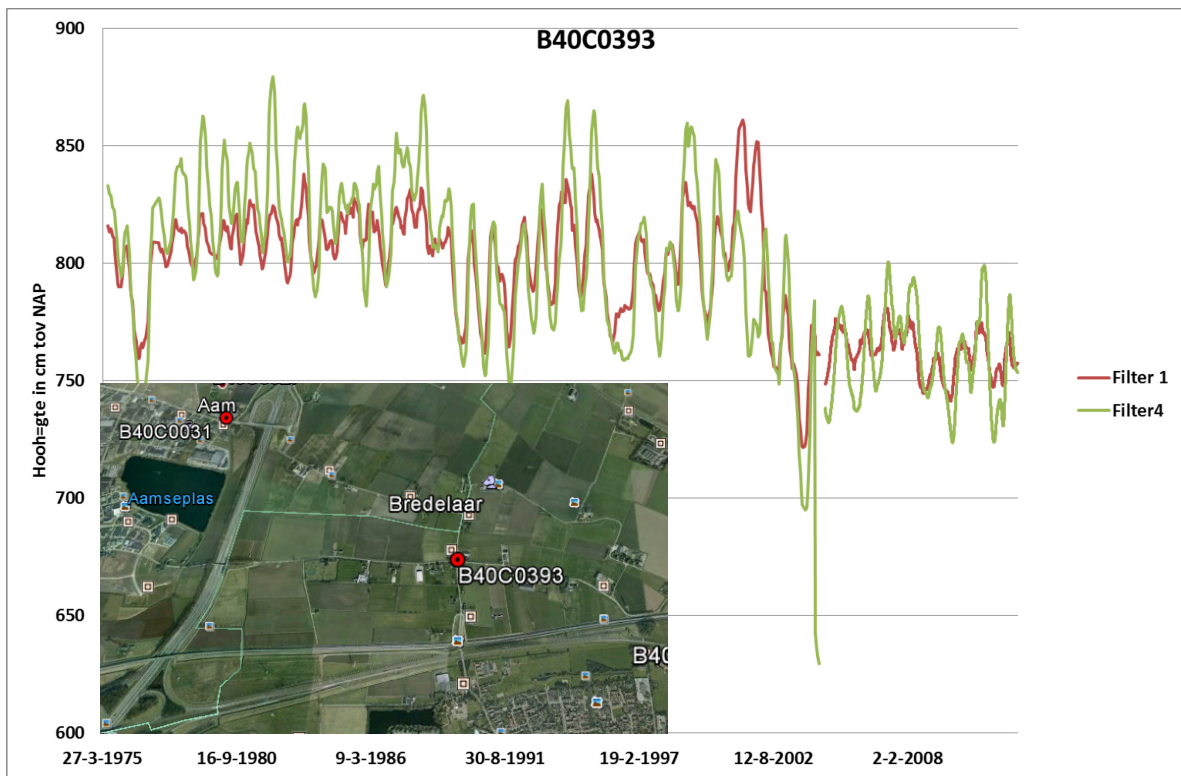
De gegevens die inmiddels zijn verzameld via dit meetnet zijn opgeslagen in database van het Data Informatie Nederlandse Ondergrond, kortweg DINO (www.dinoloket.nl).



Figuur 6.13 Overzicht van de peilbuizen (blauwe stippen) in het DINO-bestand.

Bij meting van grondwaterstanden kan onderscheid worden gemaakt in meting van de freatische grondwaterstand en in meting van de stijghoogte op een bepaald punt in de ondergrond. De stijghoogte van het grondwater is gelijk aan de som van drukhoogte (waterhoogte ten opzichte van filter) en plaatshoogte (afstand filter ten opzichte van referentieniveau). De freatische grondwaterstand is het niveau van het grondwater waar de drukhoogte gelijk is aan nul, overeenkomend met het water-niveau dat zich instelt als een gat wordt geboord tot in de verzadigde zone. De stijghoogte kan op dezelfde locatie verschillen voor verschillende diepten. Bij een stijghoogteverschil ontstaat er grondwaterstroming (kwel of wegzijging).

In Figuur 6.14 is een voorbeeld gegeven van een locatie met zes filters op verschillende diepten, gelegen ten oosten van de Aamsche Plas bij Elst. Voor twee van de zes filters is het stijghoogteverloop als voortschrijdend gemiddelde over drie maanden voor de periode 1975-2013 weergegeven.

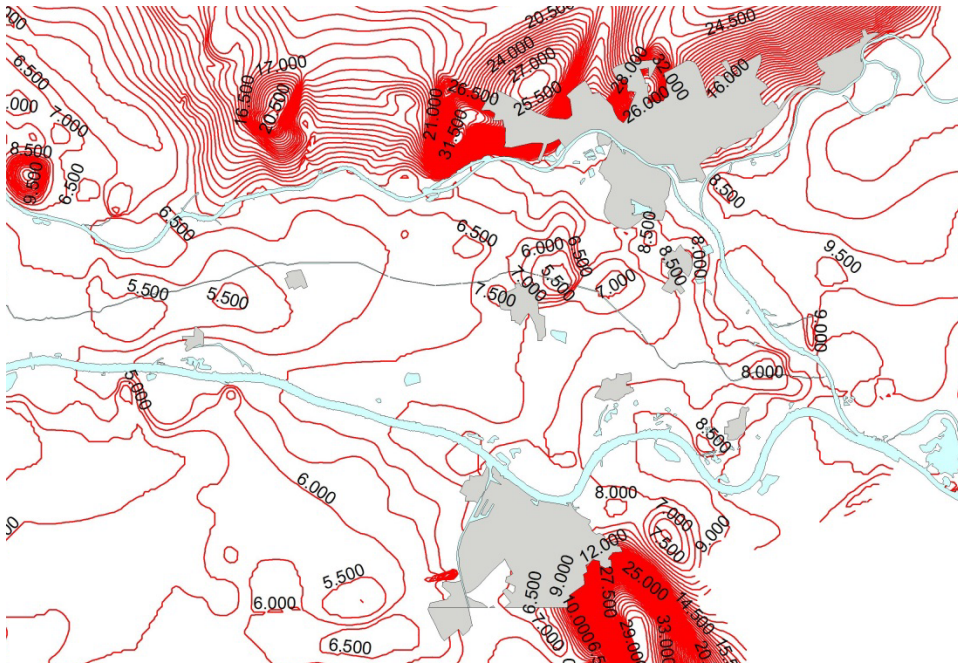


Figuur 6.14 90-daags voortschrijdend gemiddelde stijghoogte in twee filters in B40C0393 gelegen in het centrum van het park Lingezege.

Het bovenste filter 1 bevindt zich tussen 1,30 m+ en 0,70 m-NAP en filter 4 tussen 92.70- en 94.70 m-NAP. Het maaiveld ligt op 9,30 m+NAP. Het ondiepste filter bevindt zich in het bovenste watervoerend pakket en geeft dus niet de freatische grondwaterstand weer. Uit het stijghoogteverloop is af te leiden dat er op deze locatie overwegend kwel optreedt tussen filter 1 en filter 4, maar dat er ook perioden met wegzijging voorkomen vooral als de grondwaterstand uitzakt. Ook blijkt dat het gemiddelde niveau van de stijghoogte na het jaar 2000 is gedaald, over de oorzaak van deze daling is vooralsnog geen verklaring. Verder valt op dat in de periode 2001-2002 filter 1 en 2 tegengesteld reageren.

6.2.2 Isohypsens

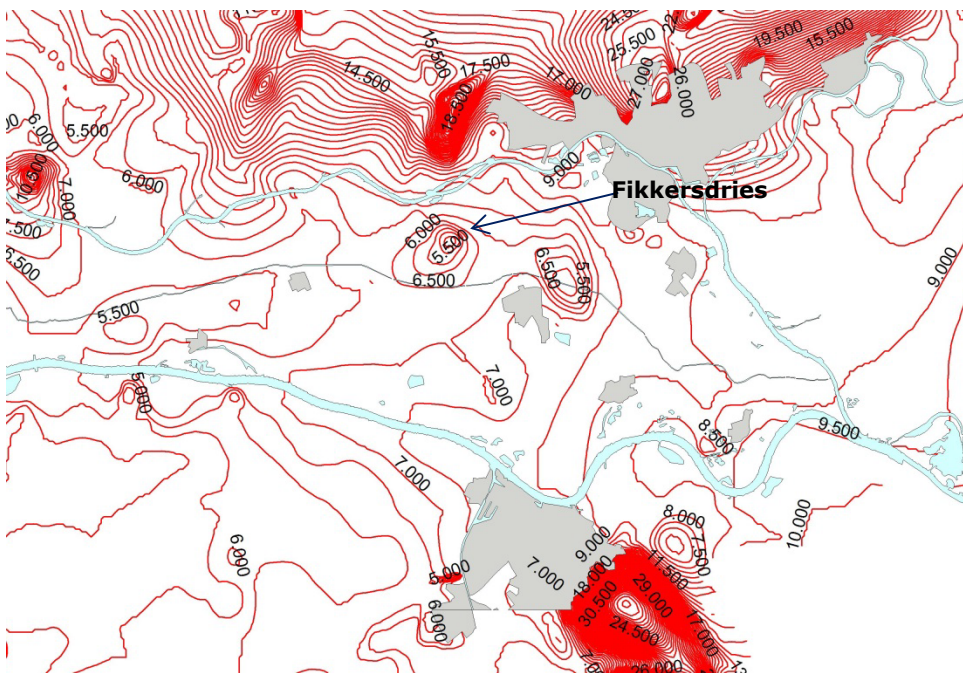
Isohypsens zijn lijnen van gelijke stijghoogte van het grondwater. Uit het isohypsenbeeld is de stromingsrichting en stromingsintensiteit in een watervoerend pakket af te leiden. In Figuur 6.15 zijn de isohypsens weergegeven voor het eerste watervoerend pakket op 28 april 1995. Deze isohypsens zijn ontleend aan het DINOloket.



Figuur 6.15 Isohypsens de datum 28 april 1995 van het eerste watervoerend pakket.

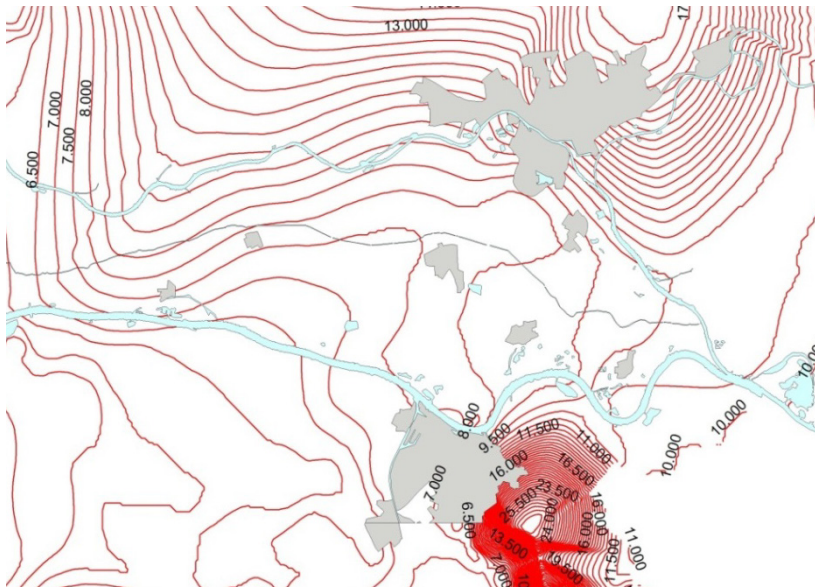
Uit het isohypsensbeeld van Figuur 6.15 blijkt dat de hoogste waarden voor de stijghoogte van het grondwater voorkomen ten noorden van de Rijn op de Veluwe en ten oosten van Nijmegen. Vanuit de Veluwe stroomt grondwater in de richting van de Betuwe en zal aldaar opwellen. De Waal, die insnijdt in het watervoerende pakket, vormt een waterscheiding. Vanuit de Waal infiltreert water dat vervolgens opwelt in de Betuwe en onder andere, door de Linge wordt gedraineerd. In de Betuwe zelf is de stromingsrichting van het grondwater in westelijke richting gericht. Ten oosten van Elst zijn twee trechters zichtbaar, deze duiden op onttrekkingen van grondwater.

In de Figuren 6.16 en 6.17 zijn isohypsens voor diepere watervoerende pakketten weergegeven. In Figuur 6.16 is het effect de drinkwateronttrekking Fikkersdries tussen Arnhem en Heteren op de stijghoogte goed zichtbaar. Ook ten oosten van Elst ligt in 1995 een grote onttrekking.



Figuur 6.16 Isohypsens de datum 28 april 1995 van het tweede watervoerend pakket.

In het derde watervoerende pakket nemen de gradiënten in de stijghoogte sterk af. Grote onttrekkingen zijn niet zichtbaar in het isohypsenbeeld.



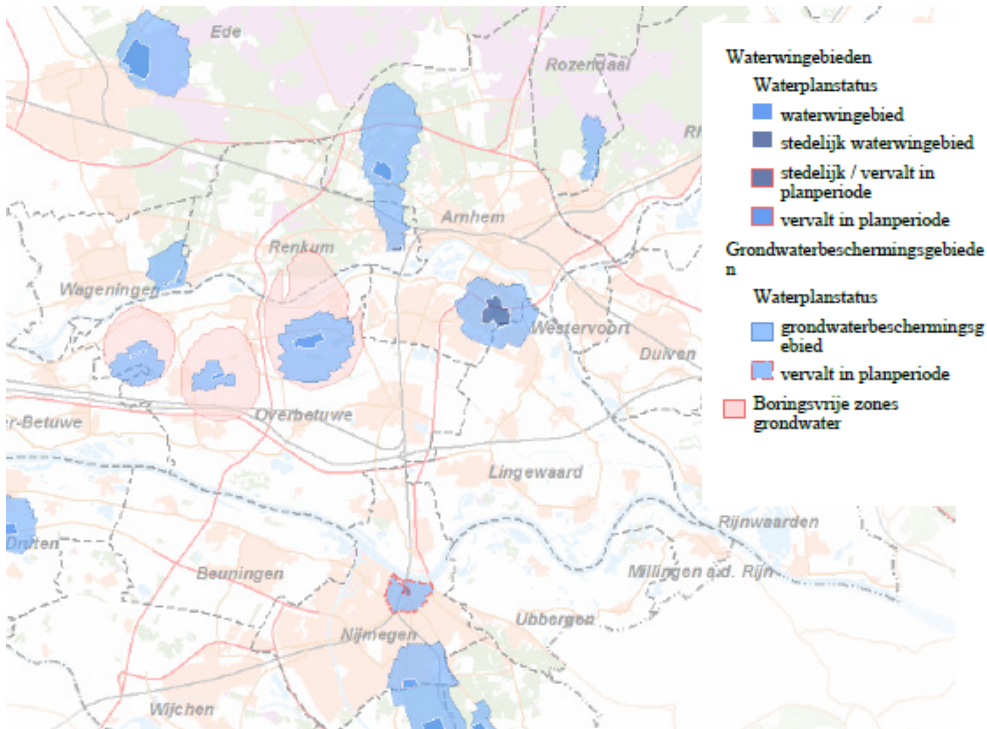
Figuur 6.17 Isohypsen de datum 28 april 1995 van het derde watervoerend pakket.

6.2.3 Onttrekkingen

Grondwater, mits winbaar en van goede kwaliteit, is een bron voor de drinkwatervoorziening, industrieel gebruik en beregening in de landbouw.

6.2.3.1 Drinkwaterwinning.

In het Waterplan van de provincie Gelderland (2009) staan de drinkwateronttrekkingen in Gelderland weergegeven (zie detail in Figuur 6.18).



Figuur 6.18 Grondwaterbeschermingsgebieden volgens Waterplan Gelderland 2010-2015. ([http://ags.prvgld.nl/GLD.Atlas/\(S\(lhpbx4rl3ovovx45fmfwvc55\)\)/Default.aspx?applicatie=Drinkwater](http://ags.prvgld.nl/GLD.Atlas/(S(lhpbx4rl3ovovx45fmfwvc55))/Default.aspx?applicatie=Drinkwater)).

In de omgeving van Park Lingezen liggen twee waterwingebieden, namelijk Fikkersdries en pompstation Ir. Sijmons. Fikkersdries, gelegen ten zuidwesten van Driel, heeft een vergunning van 12 miljoen m³/jaar, onttrekt 10-12 miljoen m³/jaar. Het water wordt onttrokken aan het tweede watervoerende pakket op een diepte van -25 - -70 m t.o.v. NAP. Dit pakket wordt aan de bovenzijde afgedekt door een slecht doorlatende laag bestaande uit afzettingen behorende tot de formatie van Drenthe en of Kedichem (Krikken *et al.*, 2014).

Pompstation ir. H. Sijmons ligt in het Immerloo park in Arnhem-Zuid, heeft een vergunning voor 5,5 miljoen m³/jaar, onttrekking bedraagt momenteel ca. 3,3 miljoen m³/jaar. Het water wordt ook onttrokken uit het tweede watervoerend pakket van de Formatie van Harderwijk en Kedichem op een diepte van -30 tot -70 m ten opzichte van NAP. Dit pakket wordt aan de bovenzijde afgedekt door een slecht doorlatende laag bestaande uit afzettingen behorende tot de formatie van Drenthe en of Kedichem (Gebiedsdossiers Gelderland (Folmer *et al.*, 2012).

Tabel 6.3

Onttrekkingen voor drinkwater nabij het onderzoeksgebied (Provincie Gelderland, 2009).

Gemeente met (deel van) grondwaterbeschermingsgebied	Naam grondwaterbeschermingsgebied	Geohydrologische kwetsbaarheid winning
Arnhem	Ir. H. Sijmons	++
Overbetuwe	Fikkersdries	+

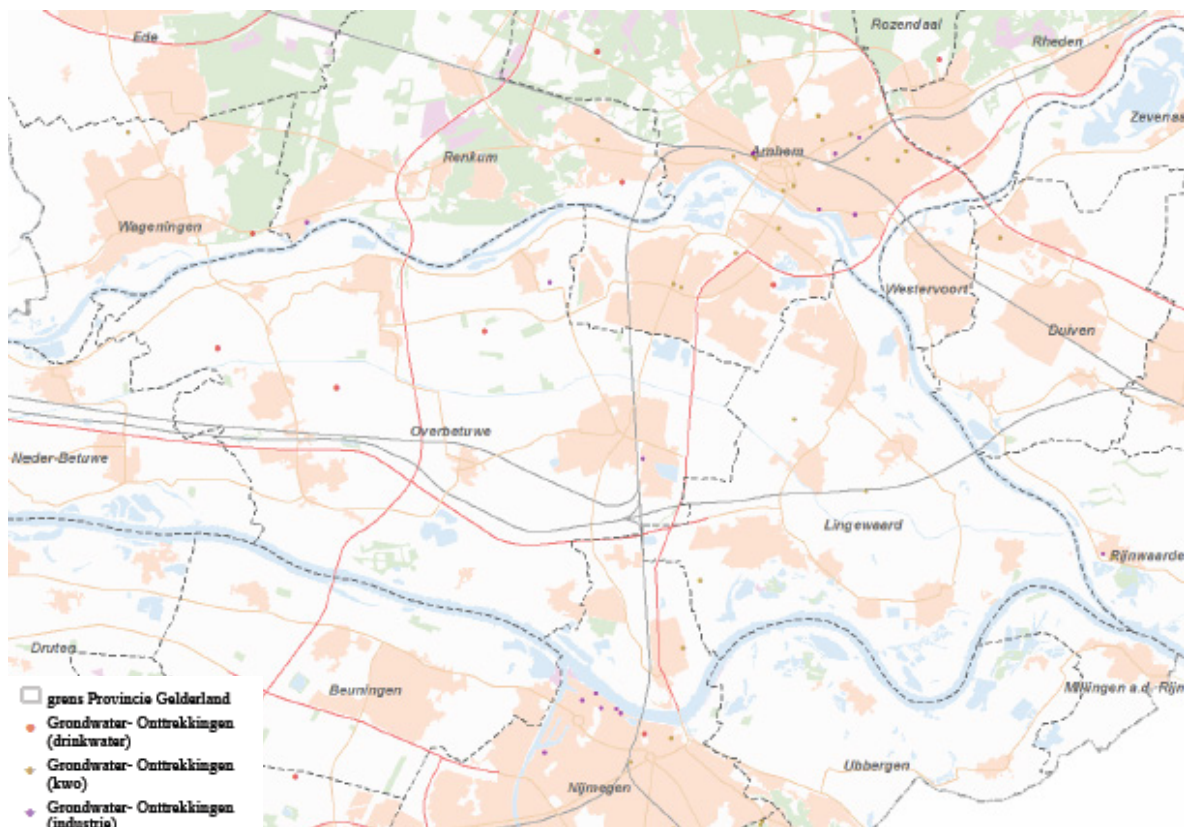
+ beschermingsgebied kwetsbaar voor verontreiniging.

++ beschermingsgebied zeer kwetsbaar voor verontreiniging.

De winputten liggen binnen het waterwingebied (de 1-jaarszone). Rondom de pompstations liggen grondwaterbeschermingsgebieden (de 25-jaarszone), die tot doel hebben het grondwater te beschermen tegen verontreiniging vanaf maaiveld. Mocht zich een verontreiniging voordoen binnen een beschermingsgebied, dan loopt de winning het risico dat deze verontreiniging binnen 25 jaar de winputten bereikt. De grootte van het beschermingsgebied wordt bepaald door de grootte van de winning en door de aan/afwezigheid van beschermende slecht doorlatende lagen boven het aquifer waaraan het water wordt onttrokken. In de Betuwe zijn de beschermingsgebieden relatief klein door de aanwezigheid van beschermende kleilagen aan maaiveld, deze zijn dunner of ontbreken bij ir. Symons. Wel geldt voor de winningen in de Overbetuwe een ruimere boringsvrije zone, omdat bij het doorboren van de beschermende dekla(a)g(en) boven de putfilters de kans op verontreiniging van het diepere grondwater toeneemt (Tabel 6.3).

6.2.3.2 Industrie

Naast onttrekkingen voor drinkwater wordt er ook voor industriële toepassingen water onttrokken en wordt grondwater gebruikt voor de winning en opslag van warmte. In Figuur 6.19 zijn de locaties weergegeven.



Figuur 6.19 Onttrekkingen voor drink- en industriewater en locaties voor de opslag en onttrekking van water voor koude en warmte opslag.

6.2.3.3 Landbouw

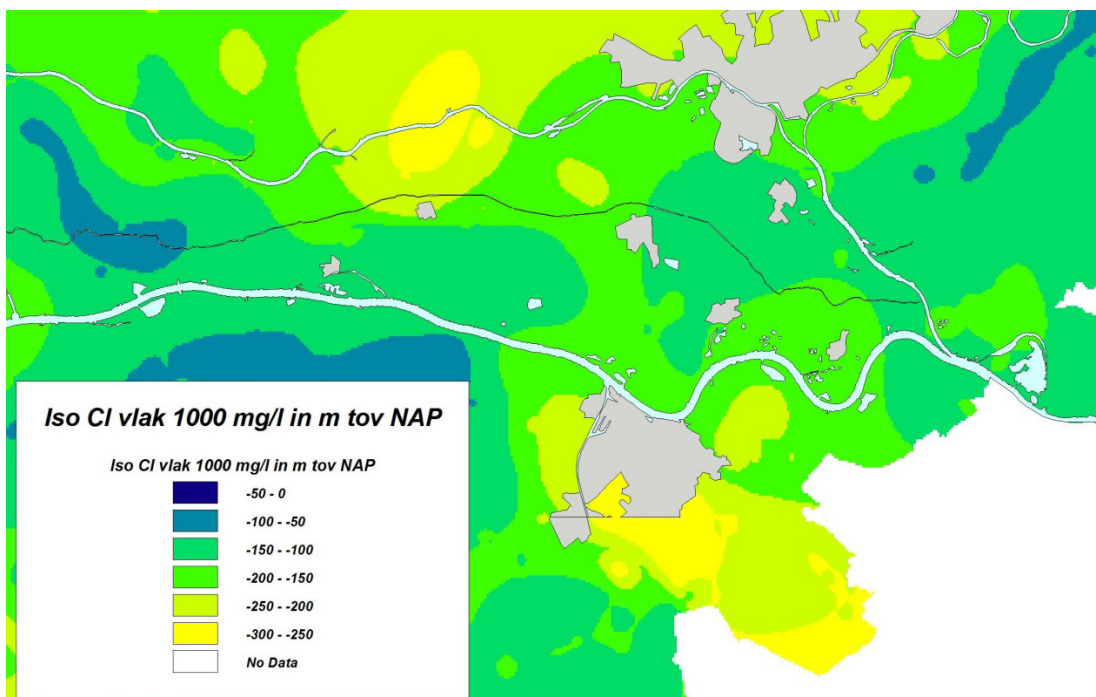
Beregening voor de landbouw vindt plaats vanuit grond- en oppervlaktewater en is besproken in Paragraaf 6.1.6.

6.2.3.4 Tijdelijke onttrekkingen

Naast permanente onttrekkingen voor drinkwater, industrie en landbouw zijn er tijdelijke onttrekkingen, dit zijn bijvoorbeeld bronbemalingen. Bronbemalingen zijn veelal van korte duur en zijn niet nader geïnventariseerd.

6.2.4 Zoet-zoutgrensvlak

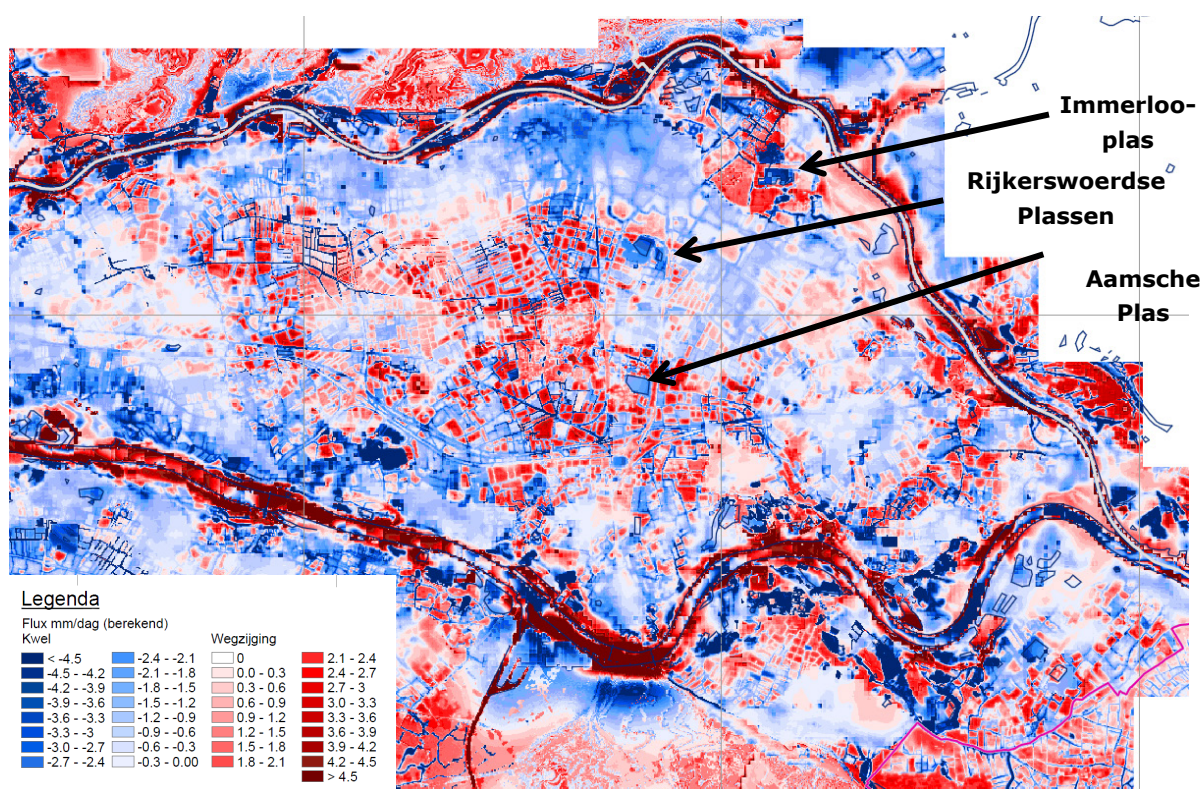
De diepere geologische afzettingen in de ondergrond zijn gevormd in een marien milieu. Deze afzettingen zijn afgedekt door rivierafzettingen die zijn afgezet in een zoet milieu. Ondanks de lange tijd die is verstreken sinds de vorming van de mariene afzettingen komt nog steeds zout water in de ondergrond voor. Door kwel en wegzijging en ook door kunstmatige onttrekkingen kan de diepte van het zoet-zoutgrensvlak verschillen per gebied (Figuur 6.20). In het centrale deel van de Overbetuwe (kwel) ligt het zout-zoutgrensvlak tussen de 100-150 m-NAP, terwijl langs de Rijn en Waal de diepte 150-200 m-NAP bedraagt. Op de Veluwe en de stuwwal bij Nijmegen, beide wegzijgingsgebieden, ligt het zoet-zoutgrensvlak op meer dan 200 m-NAP.



Figuur 6.20 Diepte zoet-zout grensvlak.

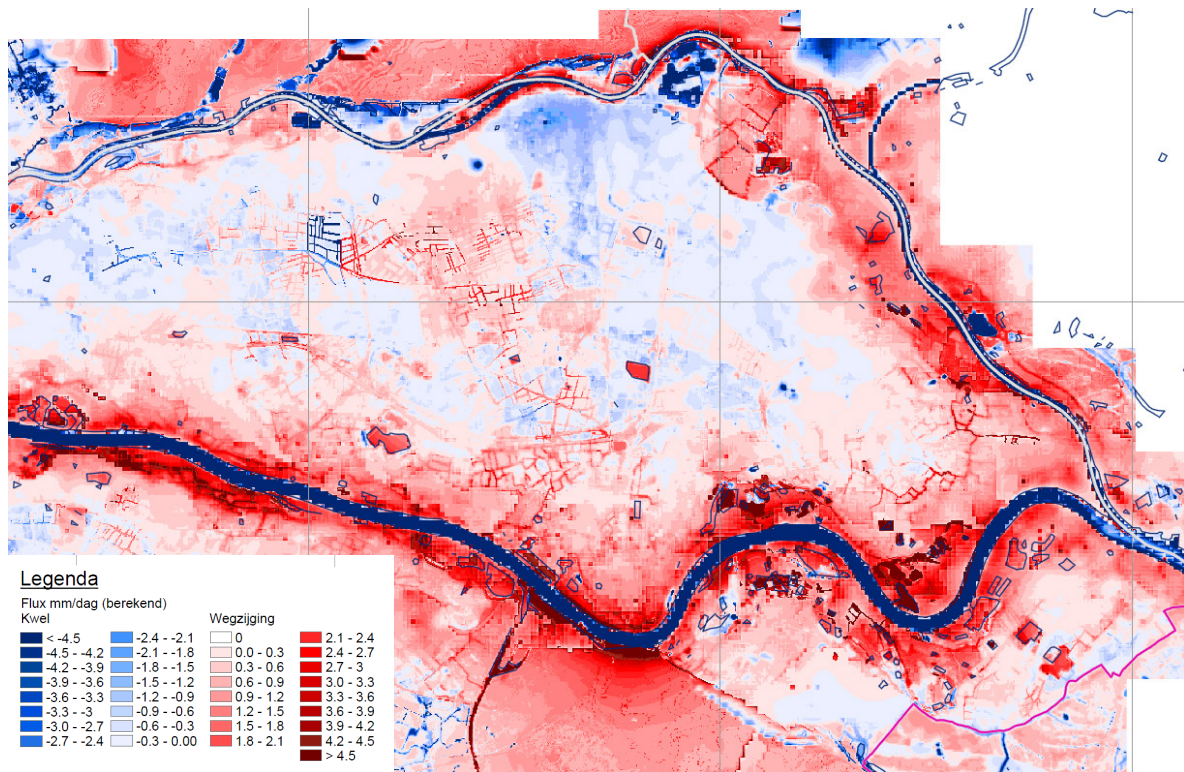
6.2.5 Kwel en infiltratie

Stijghoogteverschillen zijn direct te meten, de kwel of infiltratie die hiervan het gevolg is, is niet direct te meten. Waterschap Rivierenland beschikt over het grondwatermodel MORIA (Van der Linden *et al.*, 2008). Met dit model zijn kwelkaarten berekend. In Figuur 6.21 is de berekende kwelkaart weergegeven tijdens de hoogwatergolf op 14 februari 1995 en in Figuur 6.22 de berekende kwelkaart tijdens de droge zomer van 2003 op 18 augustus 2003.



Figuur 6.21 Kwel en wegzijging op 14-2-1995 tijdens de hoogwatergolf.

In de hoogwatersituatie zijn nog steeds wegzijginggebieden (rood) zichtbaar, onder andere de omgeving van Elst en Arnhem-Zuid. De intensiteit van de kwel (blauw) is in bepaalde gebieden groot, vooral bij enkele plassen, zoals de Immerlooplas, Rijkerswoerdse Plassen en de Aamsche Plas en bij de Linge. De hoogste wegzijgingintensiteiten treden op nabij de Waal.



Figuur 6.22 Kwel en wegzijging op 14-8-2003 tijdens de droge zomer.

In de droge zomer-situatie is een uitbreiding van de wegzijginggebieden zichtbaar, onder andere langs de Waal en het Pannerdens Kanaal. Ook de plassen, onder andere de Rijkerswoerdse Plassen en de Aamsche Plas, zijn wegzijgingsgebieden geworden. De kwel en wegzijgingsgebieden komen verder in grote lijnen overeen. Wel zijn de kwelintensiteiten lager dan tijdens de hoogwatergolf, zo is de Linge minder goed herkenbaar. Omdat de rivierstand van invloed is op de grootte van de kwel zijn in bijlage 3 voor enkele meetpunten langs het Pannerdensch Kanaal, Nederrijn en Waal enkele statistische gegevens over waterpeilen opgenomen.

6.2.5.1 Waterrijk

Door de ingrepen in het gebied Waterrijk, onder andere verlagings maaiveld door afgraving, zal de weerstand van de deklaag afnemen. Door de lagere weerstand van de deklaag kan de kwel of wegzijging ter plaatse toenemen. Ook peilaanpassingen hebben invloed op de kwel en wegzijging.

6.3 Kaderrichtlijn water

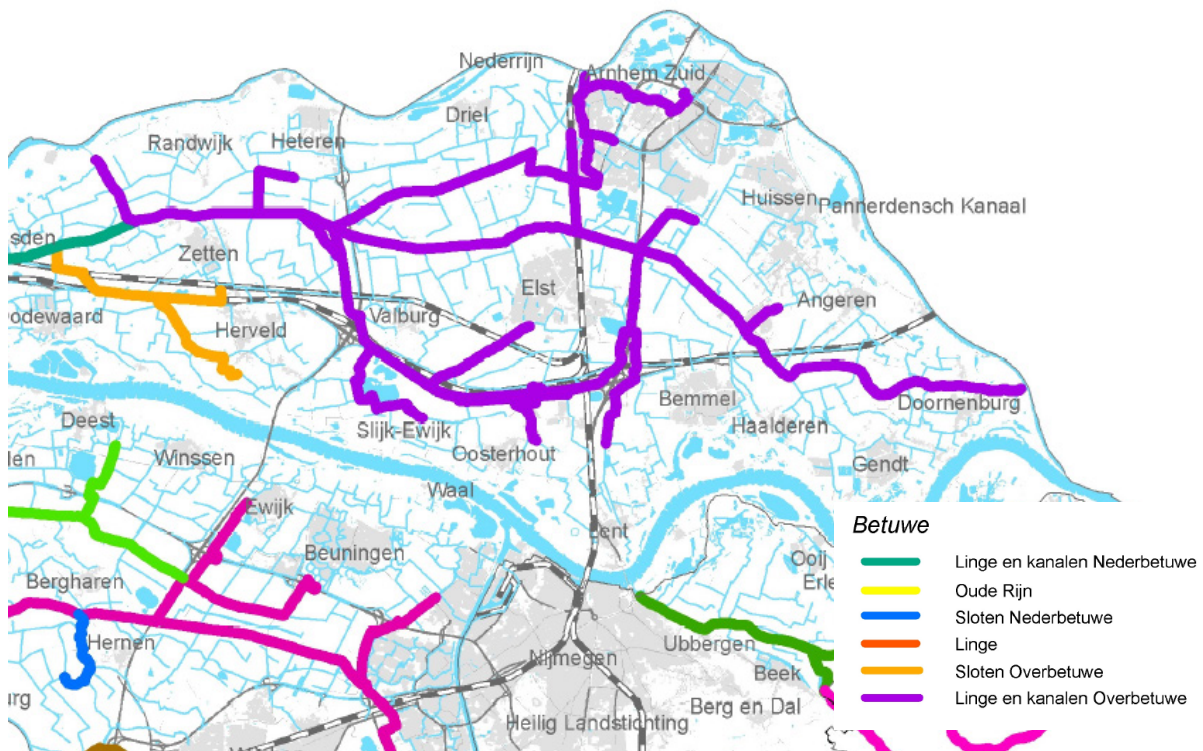
De Kaderrichtlijn Water is een Europese richtlijn die voorschrijft dat de waterkwaliteit van de Europese wateren vanaf 2015 aan bepaalde eisen moet voldoen. De richtlijn is sinds eind 2000 van kracht voor het waterbeheer, dat wil zeggen voor het totaal aan activiteiten die tot doel hebben om het grond- en oppervlaktewater zo goed mogelijk te beheren.

De richtlijn gaat uit van - internationale - stroomgebieden. Rivierenland ligt binnen het stroomgebied van de Rijn. Hiermee is de zorg voor water per definitie grensoverschrijdend geworden.

De richtlijn bepaalt dat de EU-lidstaten voor elk stroomgebied gezamenlijk actieprogramma's moeten opstellen waarin alle aspecten van water aan de orde moeten komen. Inwoners van de betreffende landen moeten meer bij het waterbeheer betrokken worden en de verschillende Europese wetten op het gebied van water moeten beter op elkaar worden afgestemd. De lidstaten hebben maatregelenprogramma's opgesteld. In beginsel moet in 2015, maar uiterlijk in 2027, een 'goede chemische toestand en een goed ecologisch potentieel of een goede ecologische toestand' zijn bereikt. Naast de Europese Kaderrichtlijn Water zijn er nog andere Europese richtlijnen waaraan het Nederlandse waterbeheer moet voldoen: de *Drinkwaterrichtlijn*, de *Grondwaterrichtlijn*, de *Hoogwaterrichtlijn*, de *Kaderrichtlijn mariene strategie*, de *Nitraatrichtlijn*, de *Richtlijn prioritair stoffen*, de *Richtlijn stedelijk afvalwater*, de *Richtlijn aquatisch milieu*, de *Viswater- en Schelpdierwaterrichtlijn* en de *Zwemwaterrichtlijn*.

6.3.1 Waterlichamen en waterkwaliteit

Waterschap Rivierenland heeft verschillende waterlopen binnen het beheergebied aangewezen als waterlichaam. In de Overbetuwe is het waterlichaam Linge en kanalen Overbetuwe aangewezen (Figuur 6.23). Delen van de Bemmelsche zeeg en de Huissensche zeeg zijn onderdeel van dit waterlichaam. Volgens de Factsheet KRW per oppervlaktewaterlichaam is waterlichaam Linge en Kanalen Overbetuwe overwegend langzaam stromend kanaalwater (Linge) dat wordt gevoed door kwel- en overtollig neerslagwater uit de polders en inlaat vanuit het Pannerdensch Kanaal (bij Doornenburg) en uit de Nederrijn (via het Mr. G.J.H. Kuykgemaal bij Randwijk) (http://www.waterschaprivierenland.nl/werk_uitvoering/kaderrichtlijn_water/krw_gebiedsplannen). De stromingsrichting is overwegend oost-west. De status van het waterlichaam is 'kunstmatig' en het watertype is 'M6a-Grote ondiepe kanalen zonder scheepvaart', en is gelegen binnen het deelstroomgebied Rijn-West (Code NL09_18). Om de biologische kwaliteit van watertypen te beoordelen is een maatlat gedefinieerd. Een maatlat is veelal opgebouwd uit een aantal deelmaatlaten en daarbij is gebruik gemaakt van indicatoren. Hierbij is de Goede Ecologische Toestand (GET) de ecologische norm. Het Totaal fosfaat (zomergemiddelde is in de huidige situatie <0.17 mg P/l en voldoet daarmee niet aan het Goed Ecologisch Potentieel van <0.15 mg P/l. Daarentegen voldoet het waterlichaam wel aan de GEP-waarde voor het Totaal stikstof. In de huidige situatie is het Totaal stikstof (zomergemiddelde) 2,2 mg N/l terwijl de GEP-waarde 2,8 mg N/l bedraagt.



Figuur 6.23 KRW waterlopen in de Overbetuwe.

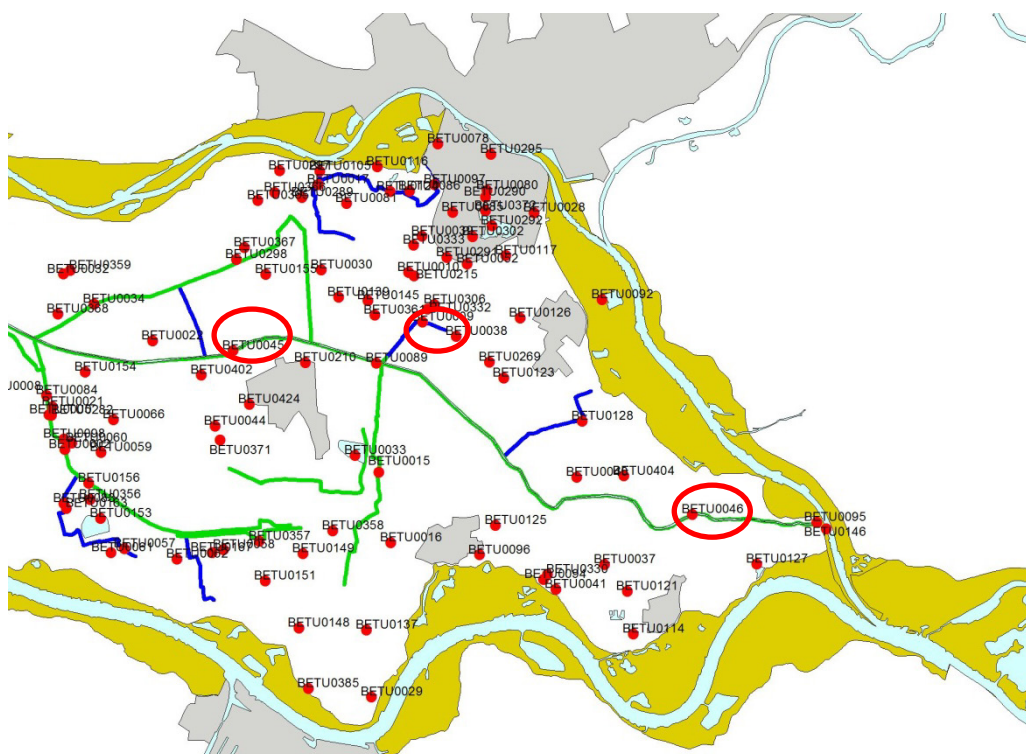
Om op termijn aan de GEP-waarde voor P te voldoen zijn voor waterlichaam Linge en Kanalen Overbetuwe voor de periode 2010-2015 de volgende maatregelen voorzien:

- Natuurvriendelijk (ecologisch) onderhoud op 23 ha.
- Natuurvriendelijke oevers KRW in waterlichamen 22 km.,
- Nazuivering effluent van 1 RWZI.
- Autonoom baggeren 187749 m³.
- Uitvoeren/aanleg van 2 vispassages.

Ook de rietvelden die worden aangelegd in Park Lingezegeen gaan een bijdrage leveren aan de verbetering van de waterkwaliteit van het waterlichaam Linge en kanalen Overbetuwe.

Eén van de doelstellingen van park Lingezegeen is om bij te dragen aan de verbetering van de waterkwaliteit tot een niveau dat vereist is voor de functies in het park, waaronder natuur en recreatie. Hiertoe worden onder andere rietmoerassen aangelegd die N en P onttrekken aan het oppervlaktewater. De N wordt gedeeltelijk vastgelegd in het riet en andere waterplanten, en ook door mineralisatie omgezet in N₂. P wordt eveneens vastgelegd in de vegetatie en de bodem.

Om de kwaliteit van het oppervlaktewater te monitoren beschikt het waterschap over een meetnet voor meten van de waterkwaliteit (zie Figuur 6.23).



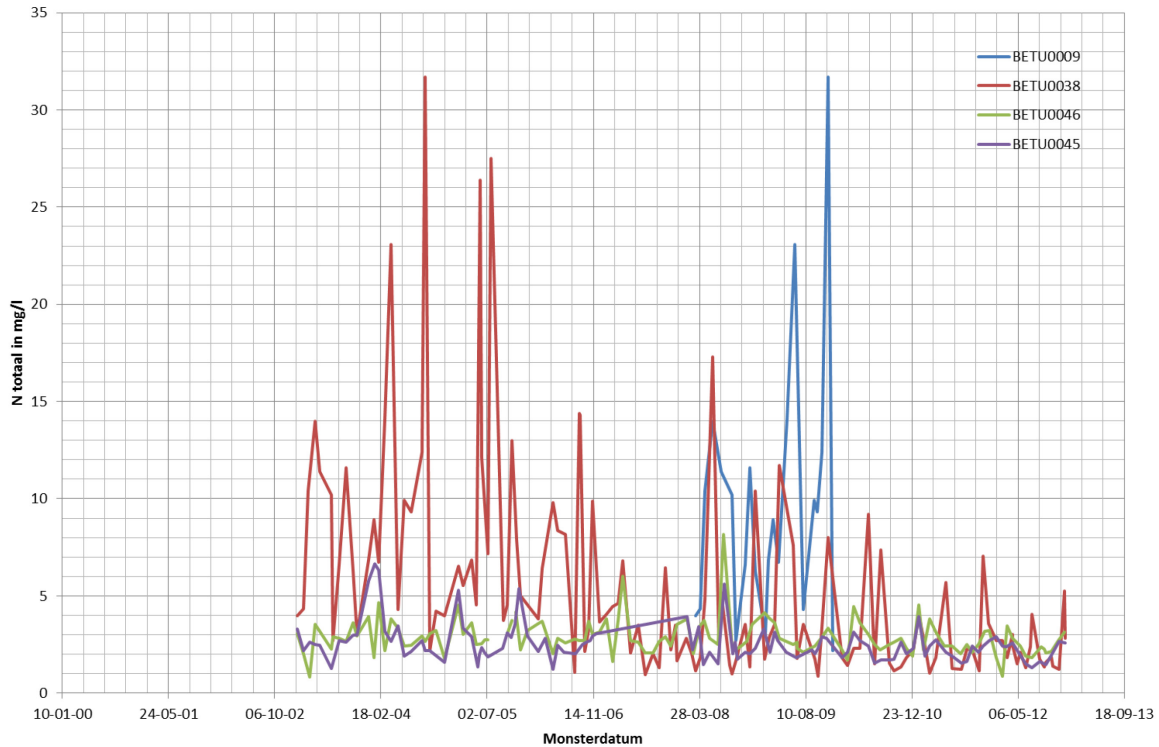
Figuur 6.24 Waterkwaliteitsmeetpunten in de omgeving van Park Lingezegeen.

Om een indruk te krijgen van de waterkwaliteit zijn vier meetpunten geselecteerd (rood omcirkeld in Figuur 6.24 en Tabel 6.4) waarvoor het N_{totaal} en P_{totaal} is weergegeven in de Figuren 6.25 en 6.26. De meetpunten betreffen 2 locaties in gebied Waterrijk van Park Lingezegeen en 2 locaties in de Linge, respectievelijke, bovenstrooms en benedenstrooms van Waterrijk.

Tabel 6.4

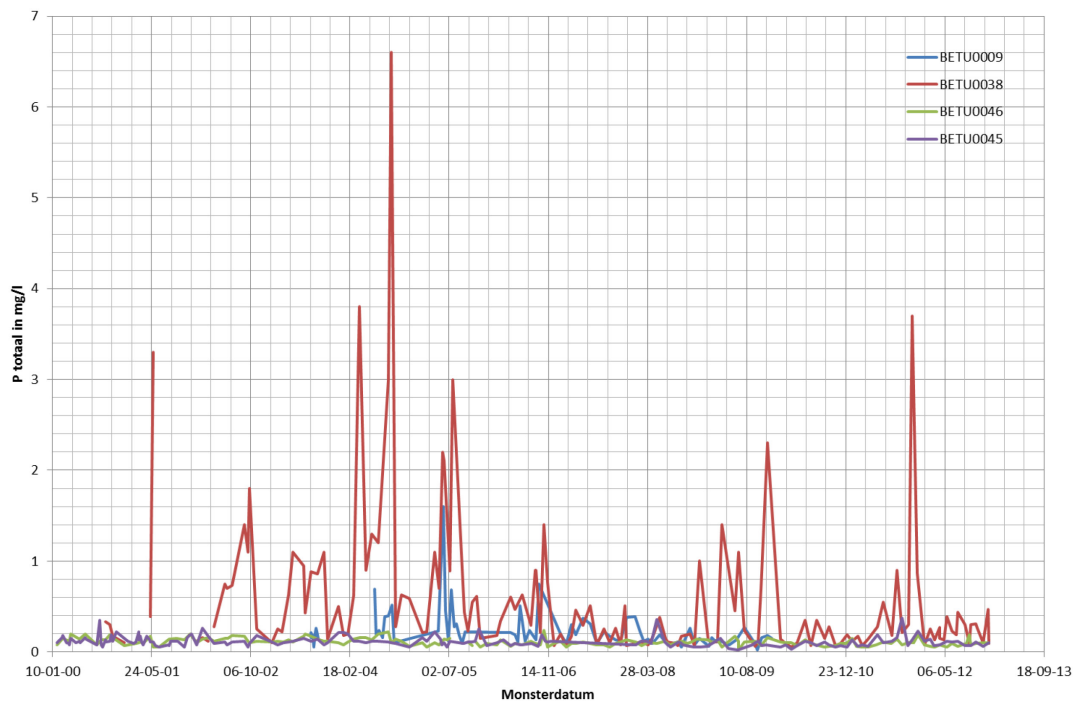
Omschrijving en locatie van vier geselecteerde meetpunten en gemiddelde N_{totaal} en P_{totaal} voor de meetreeks.

Code	Omschrijving meetpunt	X coördinaat	Y	N_{totaal} mg/l	P_{totaal} mg/l
BETU0009	Arnhem - Rijkerswoerdsestraat - A-watergang	189610	438736	3.03	0.24
BETU0038	Huissen - Bergerdense-straat - Huissense Zeeg	190379	438417	5.38	0.59
BETU0045	Elst - Hollanderbroekse straat - Linge	185307	438088	2.56	0.12
BETU0046	Doornenburg - Krakkedel - Linge	195741	434365	2.88	0.11



Figuur 6.25 N_{totaal} voor vier kwaliteitsmeetpunten in de omgeving van Waterrijk.

De grootste pieken worden gevonden in de Huissense Zeeg en de A-watergang. De pieken in de Huissense Zeeg (rode lijn) lijken af te nemen in de tijd. Het N_{totaal} voor de Linge is relatief constant en is benedenstrooms (Elst) overwegend lager dan bovenstrooms (Doornenburg).

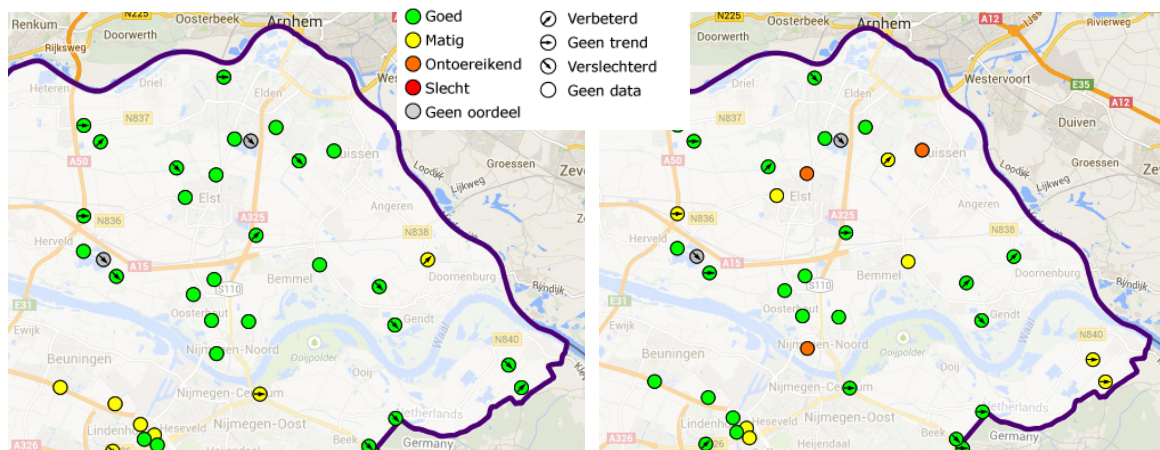


Figuur 6.26 P_{totaal} voor vier kwaliteitmeetpunten in de omgeving van Waterrijk.

In de Huissense Zeeg worden soms hoge P_{totaal} -pieken gemeten tot 6,5 mg/l, in de A-watergang lijken de pieken lager. De P_{totaal} gehalten voor de Linge zijn redelijk constant.

Het waterschap gebruikt het meetnet oppervlaktewaterkwaliteit om de toestand en de trend van de waterkwaliteit te beoordelen (Figuur 6.27)

(http://www.waterschaprivierenland.nl/waterschap/taken/schoon_water/kaart_waterkwaliteit).



Figuur 6.27 Toestand en trend van de waterkwaliteit voor stikstof (links) en fosfaat (rechts).

Het oordeel voor stikstof is op 1 punt bij Doornenburg na goed, ondanks het goede oordeel blijkt dat op enkele locaties de toestand is verslechterd. Voor fosfaat is het oordeel minder goed; er zijn enkele punten die als matig worden beoordeeld evenals 3 punten, in Huissen, Elst en Nijmegen Noord, die als ontoereikend worden beoordeeld.

6.3.2 Huidige toestand oppervlaktewater

Naast N en P zijn er meer factoren die de waterkwaliteit bepalen. In de factsheet (http://www.waterschaprivierenland.nl/werk_uitvoering/kaderrichtlijn_water/krw_gebiedsplannen) zijn de problemen ten aanzien van de huidige chemische en biologische waterkwaliteit kort samengevat (Tabel 6.5).

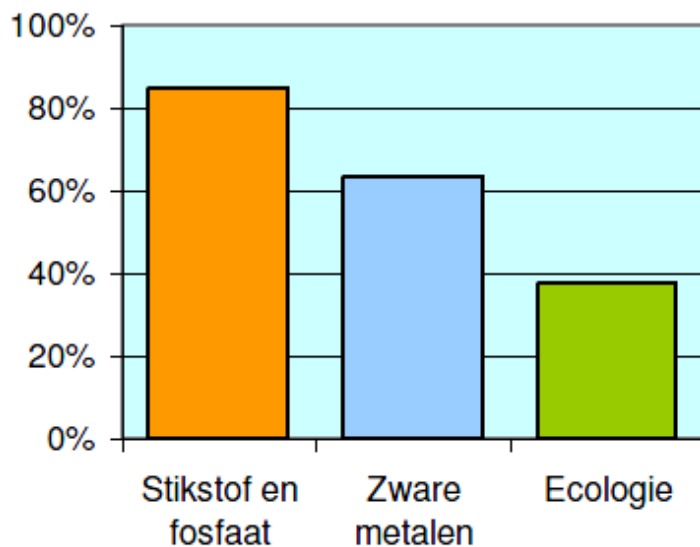
Tabel 6.5

Chemische en ecologische kwaliteit oppervlaktewater in de Overbetuwe met knelpunten en oorzaken.

Chemische kwaliteit	Knelpunten	Oorzaak
Gevaarlijke stoffen (Prioritaire stoffen)	Geen probleem	
Zware metalen	Koper probleemstof in de hele Betuwe. Zink lokaal probleem (Linge en Huissen)	Uit- en afspoeling, overstorten,verkeer, inlaat rivierwater (vooral in de grote wateren)
Stikstof en fosfaat	Hoge concentraties stikstof, in het voorjaar extreem hoog. Fosfaat lokaal een probleem	Uit- en afspoeling uit landelijk gebied, glastuinbouw, inlaat rivierwater. Lokaal RWZI's en overstorten
Gewasbeschermingsmiddelen	Weinig gegeven beschikbaar. Echter boom-, mais en fruitteelt zijn bronnen	Gebruik van middelen (agrarisch, stedelijk en particulier)
Medicijn- en hormoonstoffen	Niet genoemd in de factsheet	
Ecologische kwaliteit	Knelpunten	Oorzaak
Waterbeestjes (macrofauna)	Te weinig verschillende soorten	Zuurstoftekort, inrichting, onvoldoende waterplanten, te veel bagger
Vissen	Soortensamenstelling, geen gezonde populatieopbouw	Geen migratiemogelijkheden naar paai-, opgroei- en vluchtgebied. Onvoldoende waterplanten
Water- en oeverplanten	Onvoldoende bedekking en weinig soorten	Steil talud, intensief maaionderhoud, hoge gehalten aan stikstof en fosfaat. Bagger.
Algen	Slechts lokaal probleem met overmatige algengroei	Hoge gehalten aan stikstof en fosfaat. Droogval in de zomer.

Voor verschillende stoffen voldoet de huidige waterkwaliteit niet aan de gewenste kwaliteit, dit kan worden uitgedrukt in de mate waarin het doel wordt bereikt (Figuur 6.28).

Doelbereik

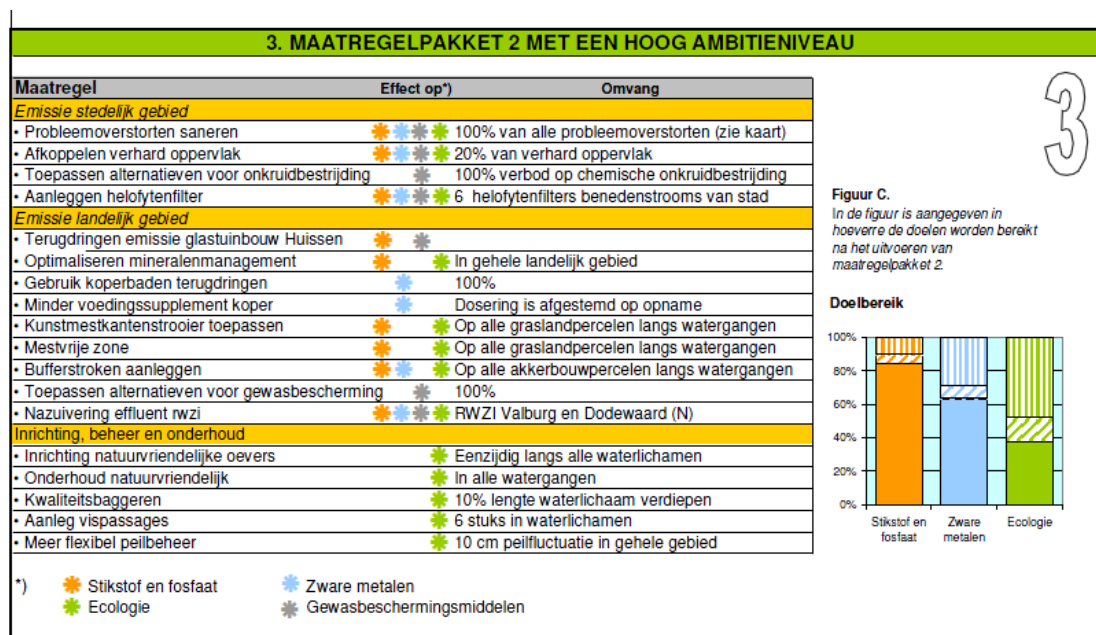


Figuur 6.28 Doelbereik voor stikstof en fosfaat, zware metalen en ecologie in de huidige situatie.

Om op termijn aan de gestelde doel te voldoen moeten maatregelen worden genomen. Er zijn al een aantal maatregelen gepland:

- Natuurvriendelijke oevers (realisatie waterberging, inrichting ecologische verbindingzones).
- Ecologisch onderhoud (beleid gedifferentieerd maaien).
- Onderhoudsbaggerwerkzaamheden (1* 15 jaar).
- 50% reductie riool overstorten.
- Uitvoeren stedelijke waterplannen.
- Afkoppelen verhard oppervlak conform afkoppelplan.
- Verbetering kwaliteit rivierwater.

Na uitvoering van de genoemde maatregelen neemt het doelbereik toe maar zal nog steeds geen 100% bedragen, zodat aanvullende maatregelpakketten met een hoog ambitieniveau noodzakelijk zijn (Figuur 6.29).

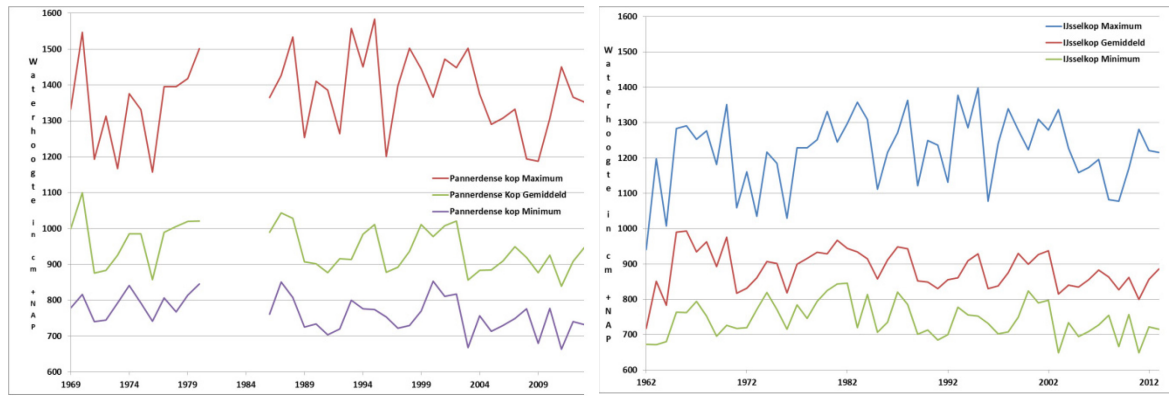


Figuur 6.29 Doelbereik voor stikstof en fosfaat, zware metalen en ecologie in de huidige situatie.

De geplande rietmoerassen in Waterrijk zijn niet opgenomen in de factsheet maar dragen eveneens bij aan de verbetering van de waterkwaliteit.

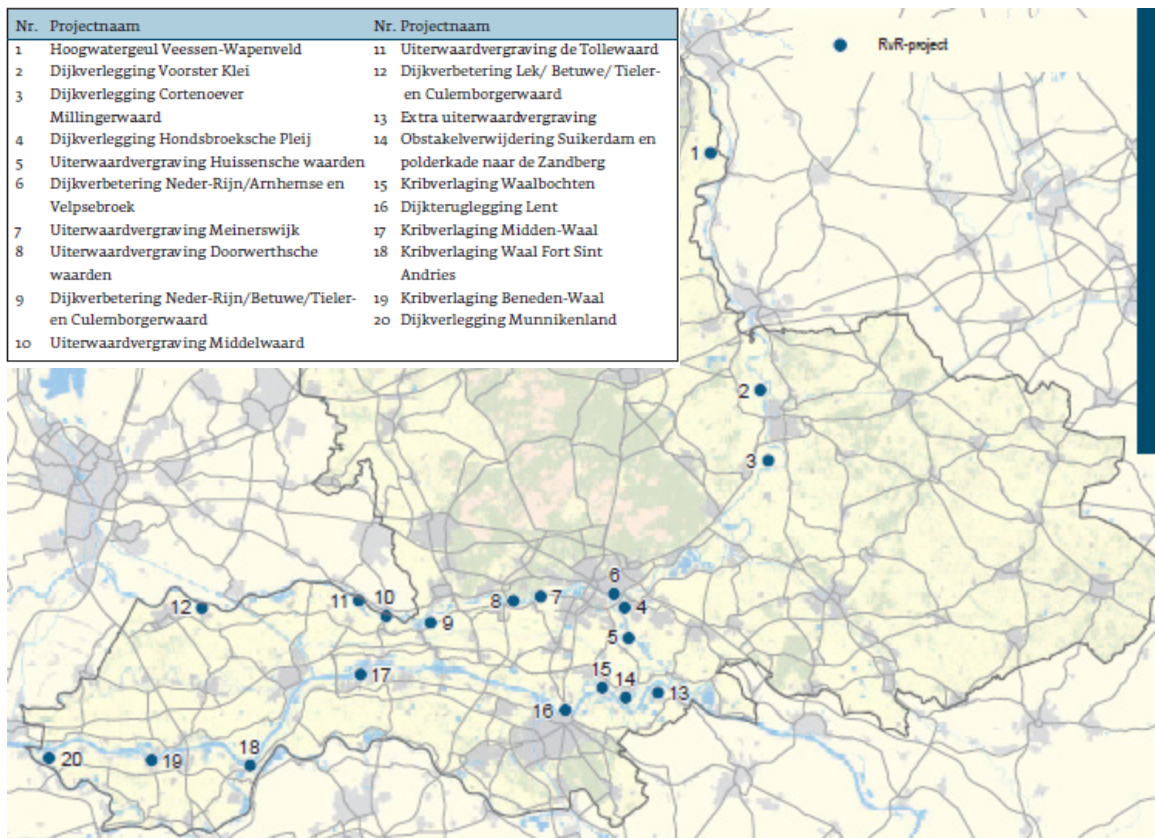
6.3.3 Ruimte voor de rivier

De kans op overstromingen door rivieren is toegenomen omdat de rivier steeds meer aan ruimte heeft verloren. De rivieren liggen ingeklemd tussen steeds verder opgehoogde dijken, daarnaast zijn steeds meer mensen op de lage door dijken beschermde gronden, die ook nog onderhevig kunnen zijn aan bodemdaling, gaan wonen. In Figuur 6.30 zijn de waterstanden weergegeven bij Pannerdensche Kop en IJsselkop over de periode 1960 – heden. In 1995 zijn vanwege de hoge waterstanden en gevaar voor dijkdoorbraak gedeelten van de Betuwe ontruimd.



Figuur 6.30 Hoogste, gemiddelde en laagste waterstand bij Pannerdenschekop (links) en IJsselkop (rechts).

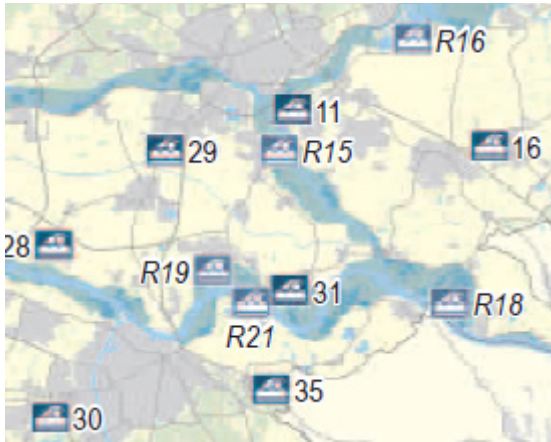
Door klimaatverandering regent het meer en intensiever, waardoor de rivieren meer water moeten verwerken. Het gevolg is stijgende waterstanden en meer kans op overstromingen met grote impact op mens, dier, infrastructuur en economie. Om een veiliger rivierengebied te realiseren voor de vier miljoen Nederlanders wordt het programma 'Ruimte voor de Rivier' uitgevoerd. Op 30 plekken langs Rijn, IJssel, Waal, Nederrijn en Lek zijn of worden in de periode 1995-2015 maatregelen genomen om het water vrijer te laten stromen, waardoor een veiliger rivierengebied ontstaat dat hiermee wordt gehoeud tegen overstromingen. De projecten 5 tot en met 9 en 13 tot en met 16 hebben betrekking op de Overbetuwe (Figuur 6.31).



Figuur 6.31 Projecten in het kader van Ruimte voor de Rivier.

6.3.4 Zwemwater

De nabijheid van de grote rivieren en de vele binnendijs gelegen plassen bieden veel mogelijkheden voor recreatie. In Figuur 6.32 en Tabel 6.6 zijn de locaties weergegeven die als zwemwater worden gebruikt (Waterplan provincie Gelderland 2010-2015).



Figuur 6.32 Zwemwaterlocaties in de Overbetuwe.

Het aanwijzen van een locatie als zwemwater betekent dat de waterkwaliteitsbeheerder zich inspant om de waterkwaliteit te monitoren en dat er een beheer wordt gevoerd dat is gericht op het bereiken en behouden van de kwaliteitseisen die aan zwemwater zijn verbonden.

Tabel 6.6

Type zwemwaterlocaties Overbetuwe

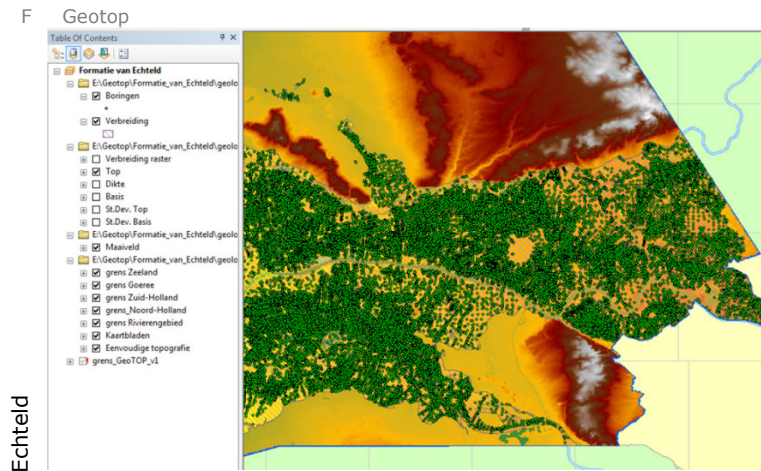
Aanduiding	Gemeente	Type zwemwater
29 Rijkerswoerdse plassen	Overbetuwe	Dagrecreatiegebied
31 Walburgen	Lingewaard	Dagrecreatiestrand
R15 Zwanebad	Lingewaard	Recreatiestrand
R19 Bemmelse Waard	Lingewaard	Wilde zwemplaats

Literatuur

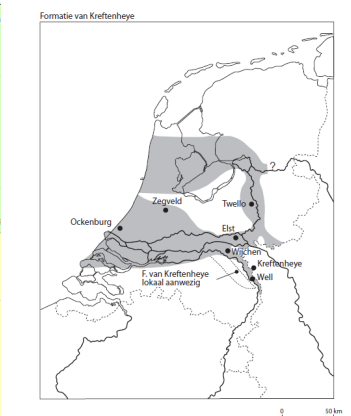
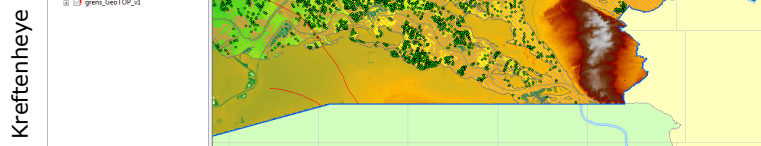
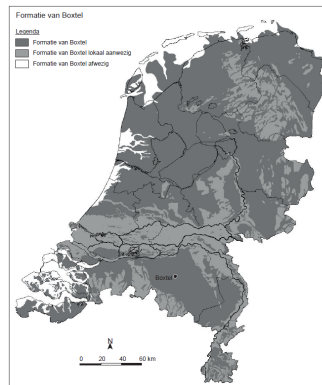
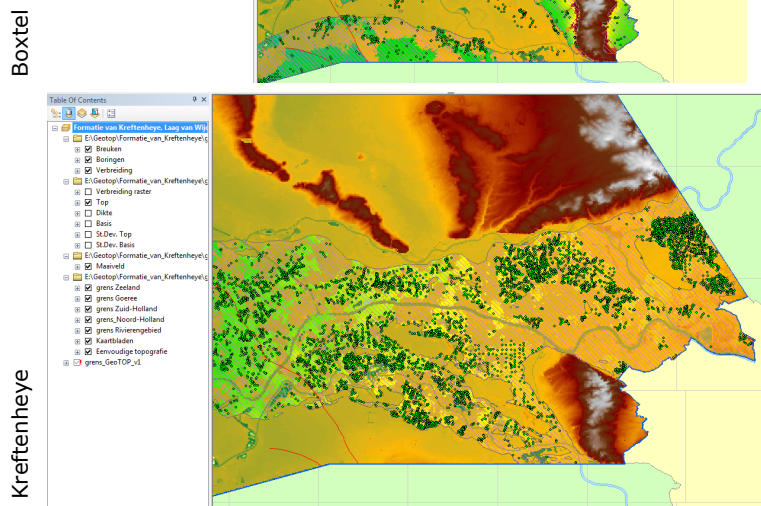
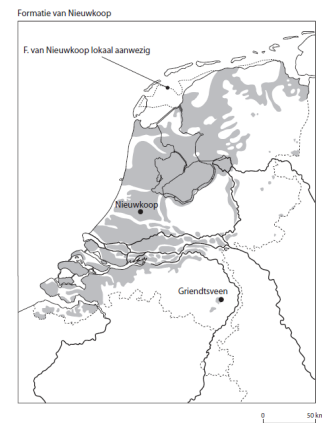
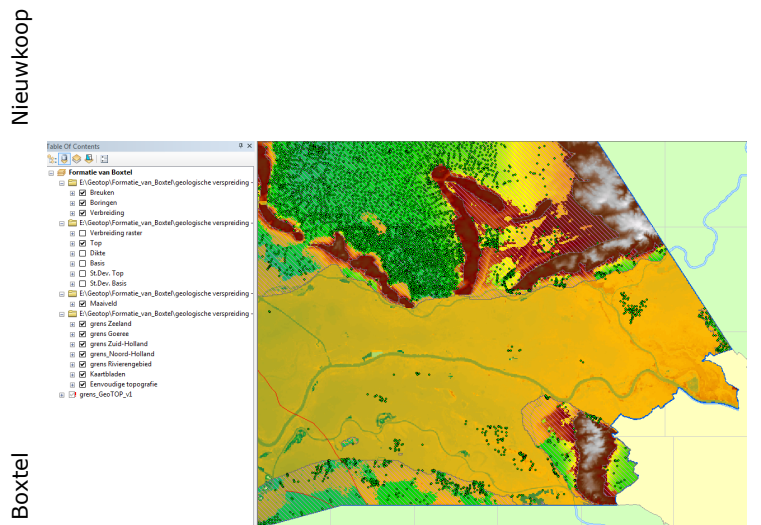
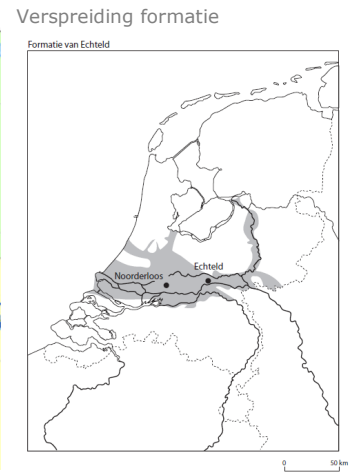
- Aelmans, F.G. 1981. Grondwaterkaart van Nederland. Arnhem-West Kaartblad 40 West. Inventarisatierapport. Delft, GWK29.
- Beekman A.A., 1933. Nederland als Polderland. Thieme, Zutphen.
- Beekman A. A. 1907. Het Dijk- en waterstaatsrecht in Nederland voor 1795. Den Haag, 2 delen.
- Berendsen, H.J.A., W. Hoek en E.A. Schorn, 1995. Late Weichselian and Holocene river channel changes of the rivers Rhine and Meuse in the central Netherlands (Land van Maas en Waal). *Paläoklimaforschung* 14 (Special issue 9).
- Berendsen, H.J.A. en E. Stouthamer, 2001. Palaeogeographic development of the Rhine-Meuse delta. Assen, Koninklijke Van Gorcum.
- Berendsen H.J.A. 2008. Fysische geografie van Nederland. Landschap in delen. Utrecht, Perspectief Uitgevers.
- Bruin H.P. de, 1988. Het Gelders rivierengebied uit zijn isolement: een halve eeuw plattelandsvernieuwing. Zutphen, De Walburg Pers.
- Cohen, K.M., E. Stouthamer, W.Z. Hoek, H.J.A. Berendsen en H.F.J. van Kempen. 2009. Zand in Banen- Zanddiepte kaarten van het Rivierengebied en het IJsseldal in de provincies Gelderland en Overijssel. Arnhem, Provincie Gelderland.
- Folmer, I.M., F.C.J. van Herpen, L. Gommers-Verbeek en A. Krikken. 2012. Gebiedsdossier Gelderland. Drinkwaterwinning Ir. H. Sijmons. 's Hertogenbosch, Haskoning Nederland B.V. Water.
- Grootjans. P. 1984. De geohydrologische beschrijving van de provincie Gelderland. Delft/Arnhem, DGV-TNO/Dienst Waterbeheer Provincie Gelderland.
- Haartsen A. 2009. Ontgonnen verleden. Regiobeschrijvingen provincie Gelderland. Directie Kennis, Ministerie van LNV.
- Hazeu, G.W., C. Schuiling, G.J. Dorland, J. Oldengarm en H.A. Gijsbertse. 2010. Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland versie 6 (LGN6); Vervaardiging, nauwkeurigheid en gebruik. Wageningen, Alterra-Rapport 2012.
- Hydrolog., 2013. Watervereidelings- en verziltingsvraagstukken in het hoofdsysteem in West en Midden-Nederland. Eindrapport. Amersfoort, P475.
- Jonge L.J.A. de. 1954. Verkommerd land . Amsterdam
- Kloosterman F.H. 1993. De Landelijke hydrologische systeemanalyse. Deelgebied Midden-Nederland.
- Koning Robert de., Ferdinand van Hemmen en John Mulder. 2011. Aan de Wieg van het waterschap, inventarisatie van dijken, kaden en watergangen in het Gelders rivierengebied en ontwerp-handreikingen voor wateropgaven. Arnhem, Waterschap Rivierenland en Provincie Gelderland.
- Krikken, A, J. Snijders en G. de Rooij. 2014. Gebiedsdossier Gelderland. Winning Fikkersdries. 's Hertogenbosch, HaskoningDHV Nederland B.V. Rivers, Deltas & Coasts.
- Linden Wim van der, Wilbert Berendrecht, Gerrit Hendriksen, Ab Veldhuizen, Harry Massop. Arnout Heuver, Willem Jan Zaadnoordijk, Vera Lagendijk, Rob de Groot en Jan van de Braak. 2008. Grondwatermodellering Rivierenland. MORIA: Modellering Ondergrond Rivierenland Interactief en Actueel. Utrecht, Deltares/TNO-rapport 2008-U-R0827/A.
- Makaske, B., 1998. Anastomosing rivers. Forms, processes and sediments. Ph.D. Thesis, Utrecht University.
- Massop H.Th.L., C. Schuiling en A.A. Veldhuizen. 2013. Buisdrainagekaart 2013. Update landelijke buisdrainagekenmerken tbv NHI op basis van de landbouwmetellingen 2010. Wageningen, Alterra-rapport 2381.
- Massop H.Th.L., C. Schuiling en A.A. Veldhuizen. 2013. Potentiele beregeningskaart 2012. Update landelijke potentiele beregeningskaart tbv NHI op basis van de landbouwmetellingen 2010. Wageningen, Alterra-rapport 2382.
- Mentink G.J. en J. van Os. 1985. Over-Betuwe. Geschiedenis van een polderland 1327-1977. Zutphen, De Walburg Pers.
- Mulder, J.R, H.R. Salverda en J.A. van den Hurk, 1979. Ruilverkaveling Over-Betuwe-Oost. Bodemgesteldheid en bodemgeschiktheid. Deel I en II. Wageningen rapport 1389.

-
- Mulder J.R., 2002. In de ban van de Betuwse dijken. Deel 3 Doornenburg (Roswaard). Wageningen, Alterra-rapport 403.
- Mulder J.R., P.F.J. Franzen, L.J. Keunen en A.J.M. Zwart. 2003. In de ban van de Betuwse dijken. Deel 4 Angeren. Wageningen, Alterra-rapport 404.
- Mulder J.R., L.J. Keunen en A.J.M. Zwart. 2004. In de ban van de Betuwse dijken. Deel 5 Malburgen. Wageningen, Alterra-rapport 405.
- Provincie Gelderland, 2006. Streekplanuitwerking waterberging. Arnhem.
- Provincie Gelderland, 2009. Waterplan Gelderland 2010-2015. Arnhem.
- Ten Cate, J.A.M., A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp. 1995. Handleiding bodemgeografisch onderzoek. Richtlijnen en voorschriften. Deel B: Grondwater. Wageningen Technisch Document 19B.
- Terpstra W. 2008. Toelichting streefpeilbesluit de Linge. Deventer, TAUW.
- Veenbos en Bosch, 2013. Definitief ontwerp. Het Waterrijk.
- Verbraeck A., 1975. Ice-pushed ridges in the eastern part of the Netherlands river area. Geologie en Mijnbouw 54,1-2: 82-84.
- Verbraeck, A., 1984. Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland, 1:50.000, Blad Tiel West (39W) en Blad Tiel Oost (39O). Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Waterschap Rivierenland. 2008. KRW-Rivierenlandplan. Eindrapport. Tiel. Incl. Factsheet KRW per waterlichaam voor Linge en Kanalen Overbetuwe.
- Witteveen en Bos. 2011. Regionale verkenning zoetwater Rivierengebied. Knelpuntenanalyse. Deventer, TL222-1/liga/008.
- Witteveen en Bos. 2012. Toelichting op het GGOR/Streefpeilbesluit Over-Betuwe inclusief beschrijving. GGOR Over-Betuwe. Deventer, TL217-1/kolm/034.

Bijlage 1 Lithostratigrafische eenheden



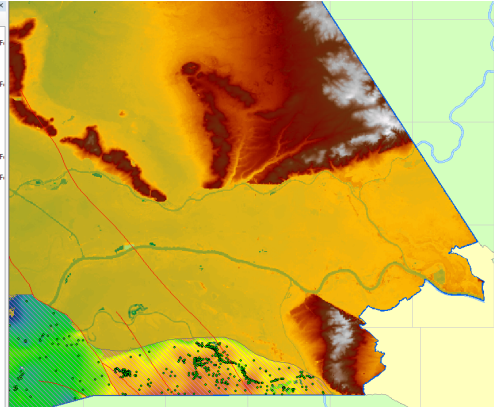
Geotop geeft geen verbreiding aan



Beegden

Table Of Contents

- [-] Formatie van Beegden
 - [x] E1(Geotop)Overige_formaties/geologische verspreiding - F1
 - [x] Bruiken
 - [x] Boringen
 - [x] Verbreiding
 - [x] E1(Geotop)Overige_formaties/geologische verspreiding - F1
 - [x] Verbreiding rester
 - [x] Top
 - [x] Dikte
 - [x] Basis
 - [x] St.Dev: Top
 - [x] St.Dev: Basis
 - [x] E1(Geotop)Overige_formaties/geologische verspreiding - F1
 - [x] Maaiveld
 - [x] E1(Geotop)Overige_formaties/geologische verspreiding - F1
 - [x] grens Zeeland
 - [x] grens Coorens
 - [x] grens Zuid-Holland
 - [x] grens Noord-Holland
 - [x] grens Rivierengebied
 - [x] Kaartbladen
 - [x] Eenvoudige topografie
 - [x] grens_GeoTOP_v1



Formatie van Beegden

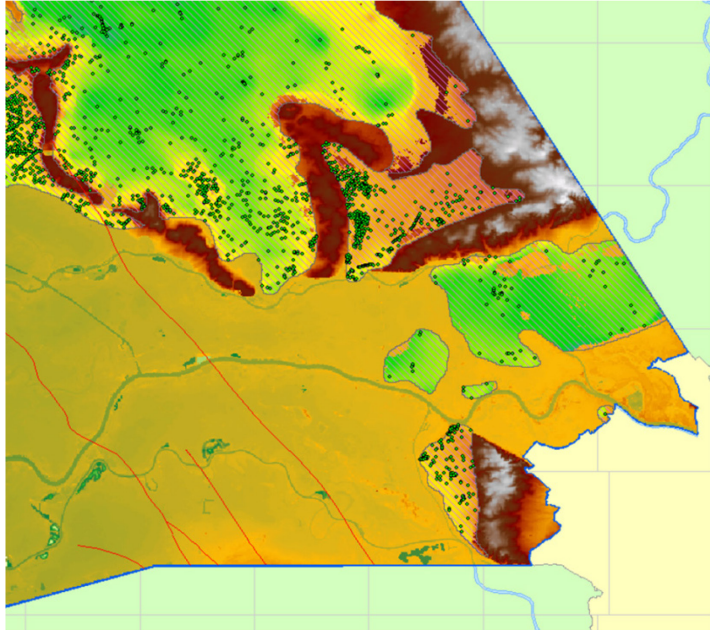
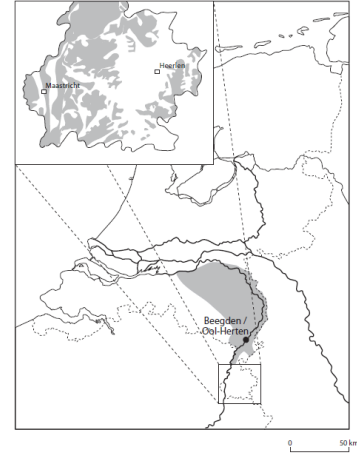
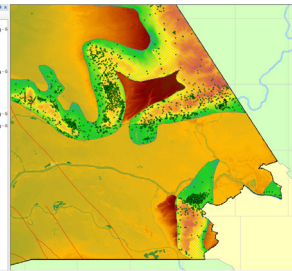


Table Of Contents

- [-] Formatie van Beegden
 - [x] Bruiken
 - [x] Boringen
 - [x] Verbreiding
 - [x] E1(Geotop)Overige_formaties/geologische verspreiding - F1
 - [x] Verbreiding rester
 - [x] Top
 - [x] Dikte
 - [x] Basis
 - [x] St.Dev: Top
 - [x] St.Dev: Basis
 - [x] Maaiveld
 - [x] E1(Geotop)Overige_formaties/geologische verspreiding - F1
 - [x] grens Zeeland
 - [x] grens Coorens
 - [x] grens Zuid-Holland
 - [x] grens Noord-Holland
 - [x] grens Rivierengebied
 - [x] Kaartbladen
 - [x] Eenvoudige topografie
 - [x] grens_GeoTOP_v1



Gestuwd

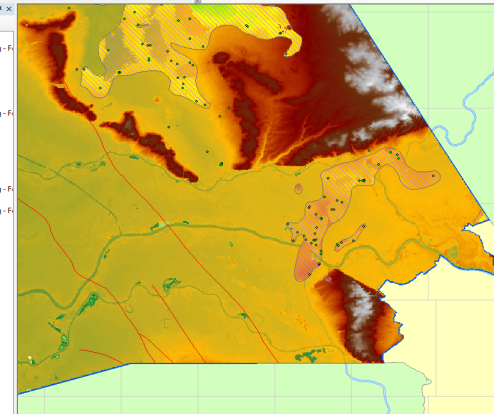
Formatie van Drente



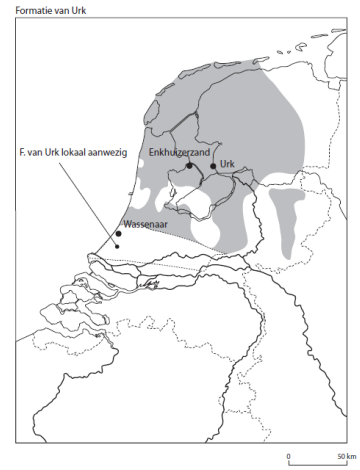
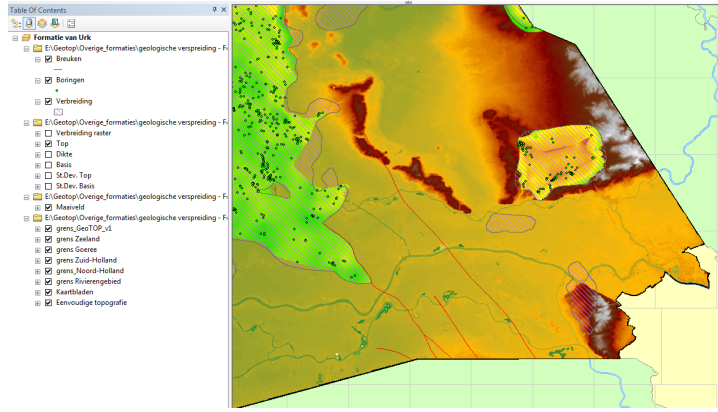
Drente

Table Of Contents

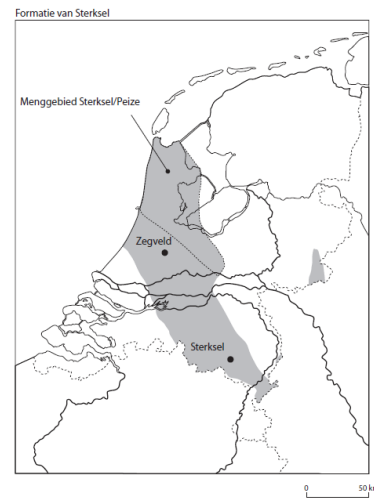
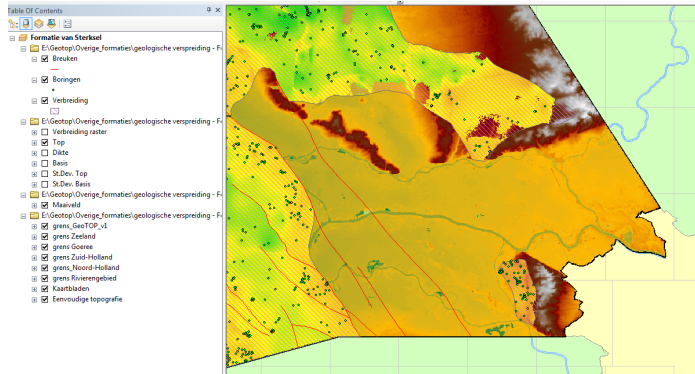
- [-] Formatie van Drente, Laagpakket van Gieten
 - [x] E1(Geotop)Overige_formaties/geologische verspreiding - F1
 - [x] Bruiken
 - [x] Boringen
 - [x] Verbreiding
 - [x] E1(Geotop)Overige_formaties/geologische verspreiding - F1
 - [x] Verbreiding rester
 - [x] Top
 - [x] Dikte
 - [x] Basis
 - [x] St.Dev: Top
 - [x] St.Dev: Basis
 - [x] E1(Geotop)Overige_formaties/geologische verspreiding - F1
 - [x] Maaiveld
 - [x] E1(Geotop)Overige_formaties/geologische verspreiding - F1
 - [x] grens Zeeland
 - [x] grens Coorens
 - [x] grens Zuid-Holland
 - [x] grens Noord-Holland
 - [x] grens Rivierengebied
 - [x] Kaartbladen
 - [x] Eenvoudige topografie
 - [x] grens_GeoTOP_v1



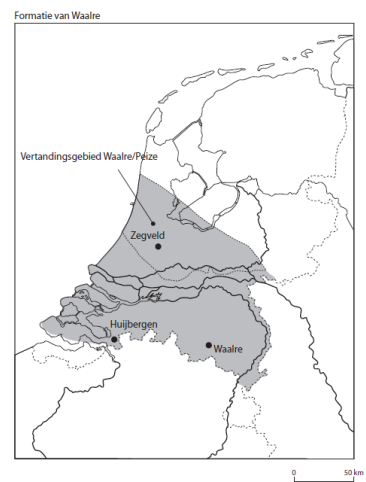
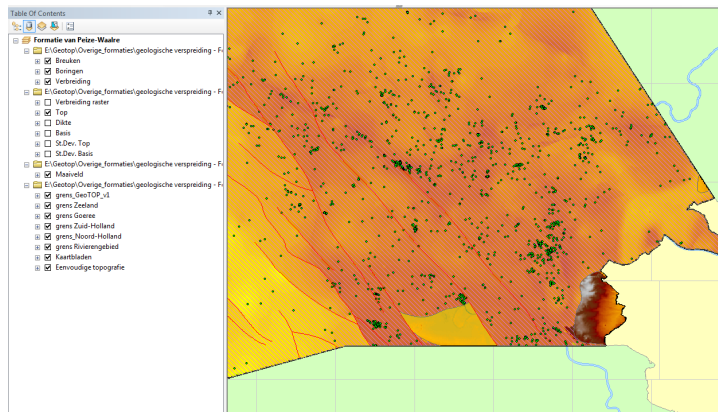
Urk



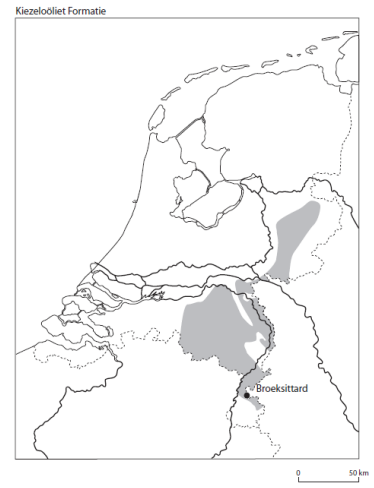
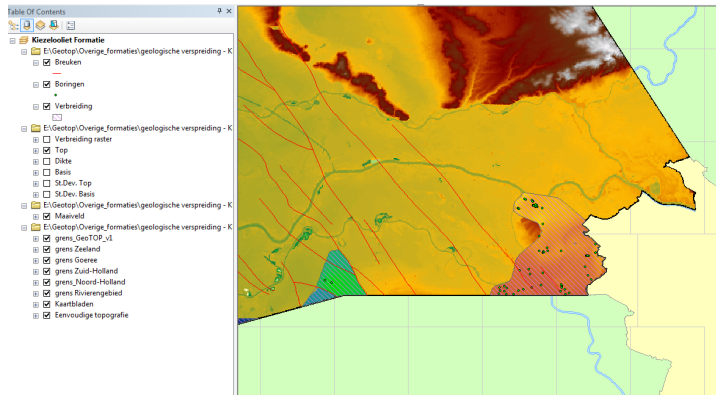
Sterksel



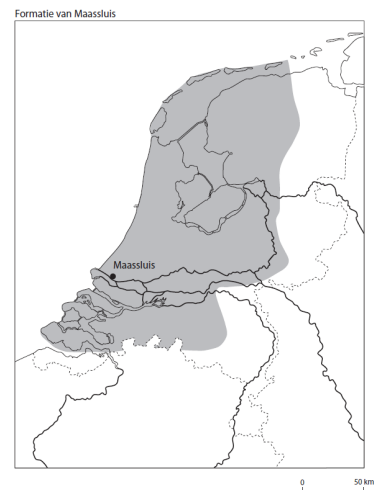
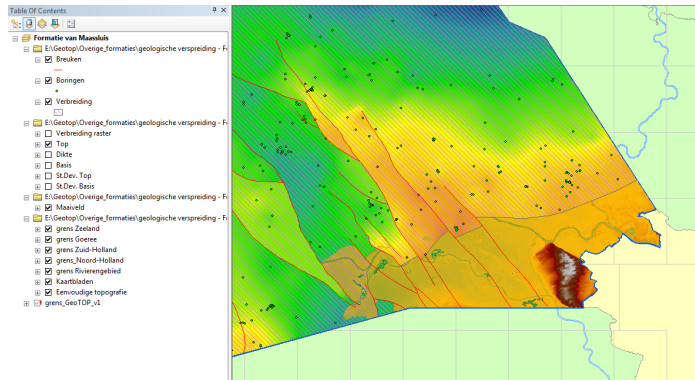
Peize/Waalre



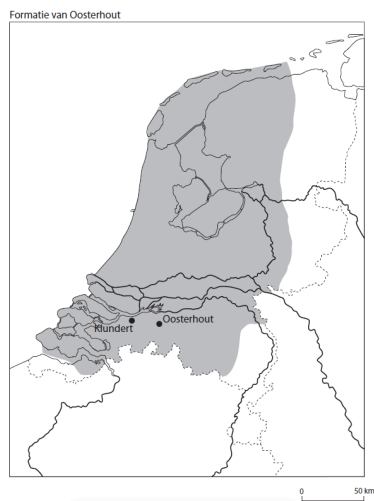
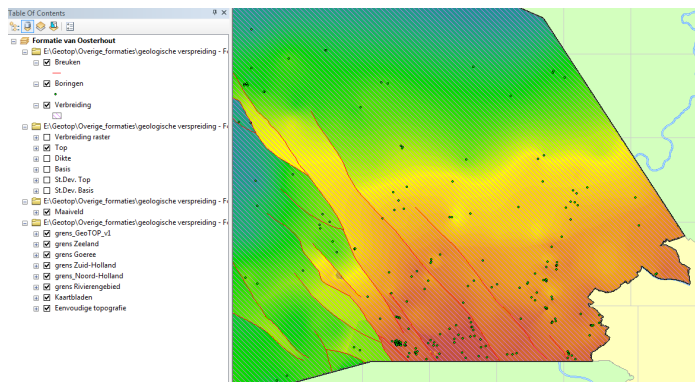
Kiezeloiliet



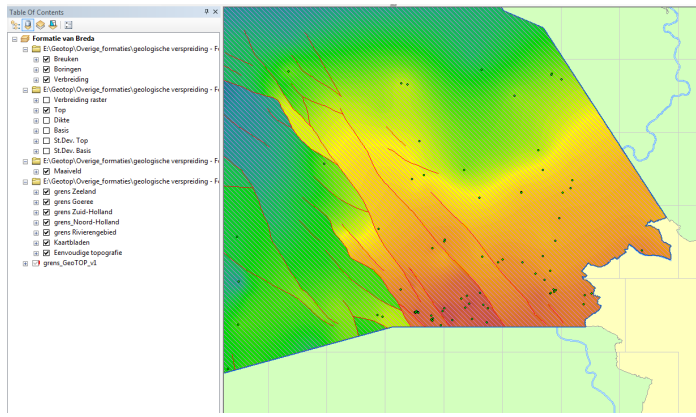
Maassluis



Oosterhout



Breda

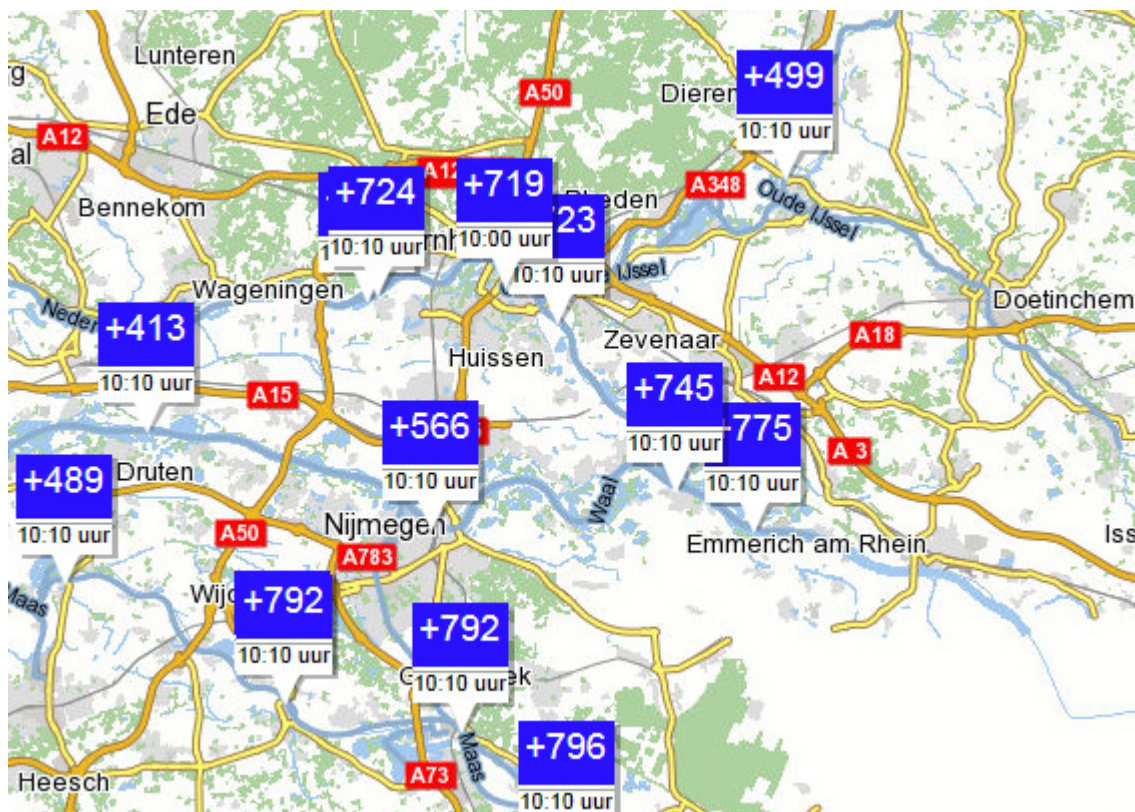


Bijlage 2 Enkele kenmerken Pleistocene afzettingen

Formatie	Ouderdom	Genese	Dominante lithologische kenmerken
Boxtel	Midden-Pleistoceen (Cromerien) tot en met Holoceen	Eolische afzettingen (stuifzand, land- en rivierduinen, dekzand, nat-eolische afzettingen, 'desert pavements', löss), kleinschalig fluviaatiele afzettingen, niveo-eolische afzettingen, helling-afzettingen, lacustriene afzettingen en organogene vormen.	<ul style="list-style-type: none"> Zand, matig fijn tot matig grof (150-300 µm), zwak siltig, lichtgeel tot donkerbruin, kalkloos tot kalkhoudend. Zand, sterk siltig, zeer fijn tot matig fijn (105-210 µm), lichtgeel tot lichtgrijs, kalkloos tot sterk kalkhoudend. Leem, zwak tot sterk zandig, soms kleilig, soms humeus, grijsbruin tot donkergrijs, kalkloos tot sterk kalkhoudend
Kreftenheye	Laat-Saalien - Vroeg Holoceen	De afzettingen gevormd door (voorlopers van) de Rijn.	Zand, matig grof tot uiterst grof (210 – 2000 µm), grijs tot bruin, kalkhoudend, bont, grindhoudend.
Drenthe	Midden en Laat Saalien	sedimenten die zijn gevormd door of nabij het Saale landijs.	<ul style="list-style-type: none"> Zand, matig grof tot uiterst grof (210-2000 µm), zwak tot sterk grindhoudend. Klei en leem, sterk zandig tot uiterst siltig, zwak tot sterk grindhoudend, grijsblauw tot bruingrijs. Zand, matig fijn (150 - 210 µm), kalkloos tot kalkarm, slecht gesorteerd, uiterst tot sterk siltig, zwak tot sterk grindhoudend, grijsblauw tot bruingrijs, met stenen, keien en blokken. Klei, (donker)grijs tot (donker)bruin, zwak tot matig siltig, kalkrijk, veelal stevig. Sterk (cm-mm) gelaagd. Locaal kleine slumpstructuren, 'loadcasts' en fijn-korrelige turbidietachtige structuren.
Urk	Eind Cromerien tot en met Midden-Saalien	Fluviaatiele afzettingen van de Rijn	<ul style="list-style-type: none"> Zand, matig fijn tot uiterst grof (150 – 2000 µm), grijs, na oxidatie geel tot bruin, bont (met roze korrels), zwak tot sterk grindig, kalkloos tot kalkrijk, fijne planten- en houtresten, weinig glimmer. Grind fijn tot zeer grof (2 – 63 mm), relatief hoog gangkwartsgehalte.
Waalre	Laat-Pliocene (Reuverien) en Vroeg-Pleistoceen (Praetiglien tot en met Menapien)	De formatie bestaat uit fluviaatiele en estuariene afzettingen van de Rijn.	Zand, uiterst fijn tot uiterst grof (63 – 2000 µm), kalkloos tot kalkrijk, sporadisch schelphoudend, weinig tot matig glimmerhoudend, spoor tot weinig donkere korrels, grijs tot witgrijs, soms bruingrijs, in de grovere fractie met (rood)bonte componenten.
Peize	Reuverien tot begin Waalien	De formatie bestaat voor het overgrote deel uit fluviaatiele afzettingen die zijn aangevoerd door het Baltische riviersysteem.	Zand, matig grof tot uiterst grof (210 – 2000 µm), lichtgrijs tot wit, kalkloos, zwak tot matig grindig (fijn en matig grof; 2 – 16 mm), in de fractie fijn grind zeer veel restkwarts.
Maassluis	Vroeg-Pleistoceen (Pretiglien-Tiglien)	De Formatie van Maassluis bestaat uit een gevarieerde opeenvolging van ondiep mariene en kustnabije afzettingen, die zand- en kleipakketten omvatten.	Zand, uiterst fijn tot matig grof (63 – 300 µm), grijs, overwegend kalkrijk, (marien)schelphoudend, glimmers.

Bijlage 3 Waterhoogten op de Nederrijn en Waal

Door Rijkswaterstaat worden op verschillende locaties waterstanden gemeten (Figuur 1). Enkele statistieken, zoals overschrijdingsfrequentie van hoge, gemiddelde en lage afvoeren en bijbehorende waterstanden zijn hieronder weergegeven. Waterstanden bij maatgevende afvoer (1* per jaar), gemiddelde en lage afvoer zijn samengevat in Tabel 1 (http://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterdata_waterberichtgeving/watergegevens/#v1).



Figuur 1 Locatie meetpunten in de Rijn, Pannerdensch Kanaal, Nederrijn en Waal met waterstanden op 25-4-2014.

Voor enkele meetpunten uit Figuur 1 zijn in Tabel 1 enkele karakteristieke waterstanden weergegeven.

Tabel 1

Enkele karakteristieke waterstanden tov NAP op enkele meetpunten in de Nederrijn en Waal.

Locatie	Overschrijding 1* per jaar	Gemiddelde afvoer	Overeengekomen lage afvoer
Lobith	1380	980	750
Pannerden (Pannerdensch Kanaal)	1270	-	745
IJsselkop	1190	865	730
Arnhem	1135	-	-
Driel boven de stuw	1010	-	-
Pannerdensche Kop	1330	950	750
Nijmegen	1140	770	570
Tiel	800	450	270

Lobith (Bovenrijn)

Slotgemiddelden 1991.0

Algemene gegevens

13 nov 1824	Aanvang waarnemingen
1 jan 1935	Peilschrijver geplaatst
29 juni 1987	DNM geplaatst

Gemiddelde overschrijdingsfrequentie in toppen per jaar cq kenmerkende afvoeren

overschrijdingsfrequentie	afvoer Lobith in m ³ /s	Gemiddelde overeenkomende waterstanden volgens betrekkinglijn 1991.0
		cm + NAP
1x per 1.250 jaar	15000	1760
hoogst bekende afvoer 3 jan 1926 17h	12600	1690
1 x per 100 jaar	12320	1680
1 x per 10 jaar	9670	1585
1 x per 2 jaar grensafvoer (-peil)	6800	1440
1 x per jaar	5800	1380
gemiddelde afvoer	2200	980
gemiddelde zomer afvoer	1985	940
overeengekomen lage afvoer / OLR 1991.0	984	750
laagst bekende ijsvrije afv. 4 nov 1947	620	

Bijzonderheden:

8-uurwaarden in cm + NAP
vermelde tijdstippen zijn aangegeven in MET

Pannerden (Pannerdensch kanaal)

Slotgemiddelden 1991.0

Algemene gegevens

1772	Aanvang waarnemingen
------	----------------------

Gemiddelde overschrijdingsfrequentie in toppen per jaar cq kenmerkende afvoeren

overschrijdingsfrequentie	afvoer Lobith in m ³ /s	Gemiddelde overeenkomende waterstanden volgens betrekkinglijn 1991.0
		cm + NAP
1x per 1.250 jaar	15000	1535
hoogst bekende afvoer 3 jan 1926 17h	12600	1500
1 x per 100 jaar	12320	1490
1 x per 10 jaar	9670	1425
1 x per 2 jaar grensafvoer (-peil)	6800	1320
1 x per jaar	5800	1270
gemiddelde afvoer	2200	
gemiddelde zomer afvoer	1985	
overeengekomen lage afvoer / OLR 1991.0	984	745
laagst bekende ijsvrije afv. 4 nov 1947	620	

Bijzonderheden:

8-uurwaarden in cm + NAP
vermelde tijdstippen zijn aangegeven in MET

IJsselkop (IJssel)

Slotgemiddelden 1991.0

Algemene gegevens

26 jul 1962	Peilschrijver geplaatst
29 jun 1987	DNM geplaatst

Gemiddelde overschrijdingsfrequentie in toppen per jaar cq kenmerkende afvoeren

overschrijdingsfrequentie	afvoer Lobith in m ³ /s	Gemiddelde overeenkomende waterstanden volgens betrekkinglijn 1991.0 cm + NAP
1x per 1.250 jaar	15000	1455
hoogst bekende afvoer 3 jan 1926 17h	12600	1420
1 x per 100 jaar	12320	1410
1 x per 10 jaar	9670	1345
1 x per 2 jaar grensafvoer (-peil)	6800	1240
1 x per jaar	5800	1190
gemiddelde afvoer	2200	865
gemiddelde zomer afvoer	1985	840
overeengekomen lage afvoer / OLR 1991.0	984	730
laagst bekende ijsvrije afv. 4 nov 1947	620	

Bijzonderheden:

8-uurwaarden in cm + NAP
vermelde tijdstippen zijn aangegeven in MET

Arnhem (Nederrijn)

Slotgemiddelden 1991.0

Algemene gegevens

1772	Aanvang waarnemingen
------	----------------------

gemiddelde overschrijdingsfrequentie in toppen per jaar cq kenmerkende afvoeren

overschrijdingsfrequentie	afvoer Lobith in m ³ /s	Gemiddelde overeenkomende waterstanden volgens betrekkinglijn 1991.0 cm + NAP
1x per 1.250 jaar	15000	1390
hoogst bekende afvoer 3 jan 1926 17h	12600	1360
1 x per 100 jaar	12320	1350
1 x per 10 jaar	9670	1285
1 x per 2 jaar grensafvoer (-peil)	6800	1185
1 x per jaar	5800	1135
gemiddelde afvoer	2200	
gemiddelde zomer afvoer	1985	
overeengekomen lage afvoer / OLR 1991.0	984	
laagst bekende ijsvrije afv. 4 nov 1947	620	

Bijzonderheden:

8-uurwaarden in cm + NAP
vermelde tijdstippen zijn aangegeven in MET

Driel boven (Nederrijn)

Slotgemiddelden 1991.0

Algemene gegevens

18 jul 1967	Peilschrijver geplaatst
28 okt 1987	DNM geplaatst

Gemiddelde overschrijdingsfrequentie in toppen per jaar cq kenmerkende afvoeren

overschrijdingsfrequentie	afvoer Lobith in m ³ /s	Gemiddelde overeenkomende waterstanden volgens betrekkinglijn 1991.0 cm + NAP
1x per 1.250 jaar	15000	1250
hoogst bekende afvoer 3 jan 1926 17h	12600	1225
1 x per 100 jaar	12320	1220
1 x per 10 jaar	9670	1160
1 x per 2 jaar grensafvoer (-peil)	6800	1060
1 x per jaar	5800	1010
gemiddelde afvoer	2200	
gemiddelde zomer afvoer	1985	
overeengekomen lage afvoer / OLR 1991.0	984	
laagst bekende ijsvrije afv. 4 nov 1947	620	

Bijzonderheden:

8-uurwaarden in cm + NAP
vermelde tijdstippen zijn aangegeven in MET

Pannerdensche kop (Waal)

Slotgemiddelden 1991.0

Algemene gegevens

23 dec 1968	Aanvang waarnemingen
29 juni 1987	DNM geplaatst

Gemiddelde overschrijdingsfrequentie in toppen per jaar cq kenmerkende afvoeren

overschrijdingsfrequentie	afvoer Lobith in m ³ /s	Gemiddelde overeenkomende waterstanden volgens betrekkinglijn 1991.0 cm + NAP
1x per 1.250 jaar	15000	1665
hoogst bekende afvoer 3 jan 1926 17h	12600	1600
1 x per 100 jaar	12320	1590
1 x per 10 jaar	9670	1515
1 x per 2 jaar grensafvoer (-peil)	6800	1390
1 x per jaar	5800	1330
gemiddelde afvoer	2200	950
gemiddelde zomer afvoer	1985	910
overeengekomen lage afvoer / OLR 1991.0	984	750
laagst bekende ijsvrije afv. 4 nov 1947	620	

Bijzonderheden:

8-uurwaarden in cm + NAP
vermelde tijdstippen zijn aangegeven in MET

Nijmegen haven (Waal)

Slotgemiddelden 1991.0

Algemene gegevens

1770	Aanvang waarnemingen
12 sept 1980	Peilschrijver geplaatst
6 jul 1988	DNM geplaatst

Gemiddelde overschrijdingsfrequentie in toppen per jaar cq kenmerkende afvoeren

overschrijdingsfrequentie	afvoer Lobith in m ³ /s	Gemiddelde overeenkomende waterstanden volgens betrekkinglijn 1991.0
		cm + NAP
1x per 1.250 jaar	15000	1475
hoogst bekende afvoer 3 jan 1926 17h	12600	1380
1 x per 100 jaar	12320	1370
1 x per 10 jaar	9760	1290
1 x per 2 jaar grensafvoer (-peil)	6800	1190
1 x per jaar	5800	1140
gemiddelde afvoer	2200	770
gemiddelde zomer afvoer	1985	730
overeengekomen lage afvoer / OLR 1991.0	984	570
laagst bekende ijsvrije afv. 4 nov 1947	620	

Bijzonderheden:

8-uurwaarden in cm + NAP

Tiel Waal (Waal)

Slotgemiddelden 1991.0

Algemene gegevens

1810	Aanvang waarnemingen
1 jan 1953	Peilschrijver geplaatst
23 jan 1990	DNM geplaatst

Gemiddelde overschrijdingsfrequentie in toppen per jaar cq kenmerkende afvoeren

overschrijdingsfrequentie	afvoer Lobith in m ³ /s	Gemiddelde overeenkomende waterstanden volgens betrekkinglijn 1991.0
		cm + NAP
1x per 1.250 jaar	15000	1150
hoogst bekende afvoer 3 jan 1926 17h	12600	1060
1 x per 100 jaar	12320	1045
1 x per 10 jaar	9670	955
1 x per 2 jaar grensafvoer (-peil)	6800	850
1 x per jaar	5800	800
gemiddelde afvoer	2200	450
gemiddelde zomer afvoer	1985	410
overeengekomen lage afvoer / OLR 1991.0	984	270
laagst bekende ijsvrije afv. 4 nov 1947	620	

Bijzonderheden:

8-uurwaarden in cm + NAP
vermelde tijdstippen zijn aangegeven in MET



Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2531
ISSN 1566-7197



Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO 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, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR 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.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2531
ISSN 1566-7197

Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO 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, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR 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.

