



---

# Piekberging en voorraadberging in Rivierenland

Een inventarisatie van geschikte gebieden voor piekberging en voorraadberging in het beheergebied van Waterschap Rivierenland

H.Th.L. Massop, P.C. Jansen, T. van Hattum en C. Kwakernaak



ALTERRA  
WAGENINGEN UR

---



---

# Piekberging en voorraadberging in Rivierenland

Een inventarisatie van geschikte gebieden voor piekberging en voorraadberging in het  
beheergebied van Waterschap Rivierenland

H.Th.L. Massop, P.C. Jansen, T. van Hattum en C. Kwakernaak

Alterra Wageningen UR  
Wageningen, december 2015

---

Alterra-rapport 2685  
ISSN 1566-7197


---

Massop, H.Th.L, P.C. Jansen, T. van Hattum en C. Kwakernaak, 2015. *Piekberging en voorraadberging in Rivierenland; Een inventarisatie van geschikte gebieden voor piekberging en voorraadberging in het beheergebied van Waterschap Rivierenland*. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2685. 50 blz.; 34 fig.; 7 tab.; 19 ref.

Alterra Wageningen UR heeft, als een van de partijen in het project RichWaterWorld (RWW), onderzoek gedaan naar piekberging en voorraadberging in Het Waterrijk, een gebied dat onderdeel is van Park Lingezege dat tussen Arnhem en Nijmegen wordt aangelegd. Omdat door klimaatverandering de kansen op wateroverlast en watertekorten toenemen, is ook elders in Nederland een toenemende behoefte aan bergingsgebieden die kunnen worden ingezet voor piekberging en voorraadberging. Voor Rivierenland is met GIS-bewerkingen geïnventariseerd waar geschikte gebieden voor beide vormen van waterberging liggen.

Trefwoorden: piekberging, voorraadberging, waterberging, waterbergingsgebieden, Rivierenland

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

 2015 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, E [info.alterra@wur.nl](mailto:info.alterra@wur.nl), [www.wageningenUR.nl/alterra](http://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 2685 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Aamse stuw in de Linge



*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

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
|          | <b>Woord vooraf</b>   | <b>5</b>  |
|          | <b>Samenvatting</b>   | <b>7</b>  |
| <b>1</b> | <b>Inleiding</b>  | <b>9</b>  |
| <b>2</b> | <b>Beschrijving van Rivierenland</b>                                | <b>11</b> |
| <b>3</b> | <b>Gebieden voor piekberging</b>                                    | <b>14</b> |
|          | 3.1 Analyse   | 14        |
|          | 3.2 Resultaten  | 18        |
| <b>4</b> | <b>Gebieden voor voorraadberging</b>                                | <b>22</b> |
|          | 4.1 Analyse   | 22        |
|          | 4.2 Resultaten  | 24        |
| <b>5</b> | <b>Integratie</b>   | <b>28</b> |
|          | 5.1 Gebieden voor gecombineerde piek- en voorraadberging            | 29        |
|          | 5.2 Gecombineerde berging voor adaptief waterbeheer                 | 31        |
| <b>6</b> | <b>Conclusies en aanbevelingen</b>                                  | <b>32</b> |
|          | <b>Literatuur</b>   | <b>34</b> |
|          | <b>Bijlage 1 De voorraadberging berekend uit de hoogteverdeling</b> | <b>36</b> |
|          | <b>Bijlage 2 Waterberging in de bodem van Park Lingezen</b>         | <b>45</b> |

---

---

# Woord vooraf

Het project RichWaterWorld (RWW) dat in 2013 is gestart, richt zich op de realisatie van een reeks samenhangende maatschappelijke doelen in de regio. Het gaat hierbij om zelfvoorzienendheid van water, biologische waterzuivering, terugwinning van fosfaat en winning van duurzame energie. Het project wordt ondersteund vanuit het GO-EFRO-subsidieprogramma voor regionale ontwikkeling en met financiering vanuit private partijen en kennisinstellingen. Daarmee levert RichWaterWorld een bijdrage aan de economische en ecologische ontwikkeling van de regio via kennis en innovaties, die ook breder ingezet kunnen worden.

In dat kader heeft Alterra Wageningen UR samen met MeteoGroup en Eijkelpark Soil and Water een webapplicatie ontwikkeld waarmee voor veertien dagen in de toekomst waterstanden en waterbalansen voor een waterbergingsgebied in de Overbetuwe worden voorspeld. Aansluitend volgt een advies om preventief in te grijpen in de waterhuishouding bij verwachte weersveranderingen.

De kennis die in het proefgebied in de Overbetuwe is opgedaan over piekberging en voorraadberging is ook elders toepasbaar. In dit rapport wordt verslag gedaan van de mate van geschiktheid voor de inzet van polders in het Rivierenland voor de tijdelijke opvang van afvoerpieken uit stedelijke gebieden en voor de strategische opbouw van watervorraden die in droge perioden kunnen worden ingezet.





---

# Samenvatting

Klimaatverandering noopt Nederland tot het nemen van maatregelen om meer gebieden in te richten waar water tijdelijk opgeslagen kan worden om wateroverlast in andere gebieden te voorkomen (waterbuffering of piekberging) en om extra water op te slaan dat op strategische momenten ingezet kan worden (waterretentie of voorraadberging). Idealiter kan een gebied beide doelen dienen en kunnen daar ook nog andere functies en waarden aan gekoppeld worden, zoals waterzuivering, hergebruik van de geoogste nutriënten, productie van duurzame energie, recreatie en natuur.

In het hydrologische werkpakket van het project RichWaterWorld ([www.richwaterworld.com](http://www.richwaterworld.com)) is in het waterbergingsgebied "Het Waterrijk" bij Arnhem-Zuid onderzoek gedaan om de waterbeheerder een 'tool' te geven waarmee hij kan beslissen om al dan niet preventief water in te laten (als de beschikbaarheid van water gevaar loopt) of juist af te voeren (als er piekneerslag wordt verwacht). Met de kennis die in het onderzoeksgebied is opgedaan en de randvoorwaarden die voor gebieden voor piekberging en voorraadberging gelden, zijn in een aanvullend onderzoek andere gebieden in het beheergebied van Waterschap Rivierenland geïnventariseerd die geschikt zijn voor waterberging. Het waterschap kan deze inventarisatie gebruiken om het beheergebied klimaatbestendiger en meer zelfvoorzienend te maken. Dit rapport beschrijft de resultaten van dit aanvullende onderzoek.

De gebieden voor piekberging zijn geselecteerd op grond van de relatieve maaiveldhoogte binnen de peilgebieden, de afstand tot bebouwingskernen en de economische waarde van de grond. De plekken die het geschiktst zijn, hebben de laagste maaiveldhoogte, liggen dicht bij een bebouwingskern en hebben een geringe economische waarde. Er is van uitgegaan dat er tijdelijk inundatie mag optreden. Van het beheergebied van het waterschap is, buiten de bebouwingskernen, 3% geschikt en 21% matig geschikt voor piekberging.

Bij de selectie van gebieden voor voorraadberging is inundatie van landbouwgebieden niet wenselijk omdat dat natschade kan opleveren. Er is van uitgegaan dat het peil wel zo ver boven het zomerpeil mag worden opgezet dat het 15% laagste maaiveld nog een drooglegging heeft van 20 cm bij veengronden en 30 cm bij kleigronden. Door de verhoging van het peil neemt de watervoorraad in de sloten en in de bodem toe. In het hele beheergebied met maximaal ruim  $30000 \times 10^6 \text{ m}^3$ . De hoeveelheid die in oppervlaktewater en bodem geborgen kan worden, varieert sterk. Behalve in (veen)gebieden zoals in de Alblasserwaard, waar het peil al hoog is en opzetten van het peil tot natschade leidt, zijn in feite alle gebieden geschikt voor voorraadberging. Alle peileenheden met een laag (zomer)peil zijn geschikt voor oppervlaktewaterberging en oeverwallen zijn bij uitstek geschikt voor bodemberging.

De combinatie van gebieden voor piek- en voorraadberging levert slechts 360 ha (<0,1% van Rivierenland) op die voor beide functies erg geschikt zijn en 910 ha (0,5%) die geschikt zijn. Ruim 8000 ha (4,7%) is redelijk geschikt. Veel van deze gebieden liggen rond de bebouwingskernen in vooral de oostelijke helft van Rivierenland. Ook kleinere gebieden kunnen zinvol (en toereikend) zijn voor de bergingsopgaven. Aanpassen van het landgebruik/functie van gebieden, al dan niet gecombineerd met ingrepen in de vorm van afgraven of een lage ringwal, zijn ook mogelijkheden van medegebruik om waterberging te vergroten.

De inventarisatie levert een eerste inzicht in de situering van geschikte gebieden voor piekberging en voorraadberging in het beheergebied van Waterschap Rivierenland. Gecombineerd met concrete waterbergingsopgaven van het waterschap beperkt dit het zoekgebied waar in een volgende stap meer in detail naar andere randvoorwaarden als vereiste grootte van een bergingsgebied en infrastructurele belemmeringen kan worden gekeken. De methode die hier is toegepast, is in principe geschikt voor heel (laag) Nederland en voor vergelijkbare gebieden buiten Nederland.



# 1 Inleiding

De verandering van het klimaat gaat gepaard met een toename van wateropgaven. Door intensieve buien kan de afvoer van water in korte tijd scherp toenemen. Vooral in steden kan dat grote problemen opleveren. En bij langdurige droogte zal ook de beschikbare watervoorraad in bijvoorbeeld het IJsselmeer en via de aanvoer van de Rijn ontoereikend kunnen worden, waardoor de watervoorziening voor stad en land gevaar loopt. In Nederland worden al extra maatregelen genomen om water op te slaan dat op strategische momenten ingezet kan worden (waterretentie of voorraadberging). Ook worden er meer gebieden ingericht waar water tijdelijk opgeslagen kan worden om de waterafvoer van andere gebieden te prioriteren (waterbuffering of piekberging).

In het Deltaprogramma 2015 ([www.deltaprogramma.nl](http://www.deltaprogramma.nl)) is waterretentie genoemd als een van de maatregelen om risico's van zowel te veel als te weinig water te beperken. Maar is het mogelijk om in hetzelfde gebied zowel piekafvoeren tijdelijk te bergen als het neerslagoverschot vast te houden om het surplus aan water later in te kunnen zetten tegen verdroging? En kun je de kwaliteit van het retentiewater verbeteren om mogelijkheden voor hergebruik te garanderen en daaraan ook nog andere functies en waarden te verbinden, zoals hergebruik van de geogste nutriënten, duurzame energie en natuur? Ook voor Waterschap Rivierenland is dit een belangrijk thema. De nabijheid van de grote rivieren maakt dat waterbezwaar en droogte sterk doorwerken in het beheergebied.

In het project RichWaterWorld ([www.richwaterworld.com](http://www.richwaterworld.com)) werken verschillende private partijen en kennisinstellingen samen aan de vraag of en hoe je tijdelijke berging van hoogwaterpieken kunt combineren met het vasthouden van water en met waterzuivering. Doel is om te komen tot optimale benutting van water, grondstoffen en duurzame energie binnen de regio. Voor de waterkwantiteit zijn voor het waterbergingsgebied "Het Waterrijk" dat bij Arnhem-Zuid wordt gerealiseerd met een grondwatermodel verschillende scenario's doorgerekend. En er is een webapplicatie ontwikkeld waarmee dagelijks voor vijftien dagen vooruit de waterhuishouding wordt berekend (Jansen *et al.*, 2015). Als uitkomst levert de webapplicatie voor de verschillende weersscenario's (van erg droog tot erg nat) verwachte waterbalansen en waterstanden en, daaruit afgeleid, de nog beschikbare waterbergingscapaciteit. Aan de hand daarvan kan de waterbeheerder beslissen om al dan niet preventief water in te laten (als de beschikbaarheid van water gevaar loopt) of juist af te voeren (als er piekneerslag wordt verwacht).



**Figuur 1.1** Rivierenland met zeven voormalige waterschappen ([www.waterschapRivierenland.nl](http://www.waterschapRivierenland.nl)).

De plek van het bergingsgebied Het Waterrijk is gekozen om afvoerpieken uit Arnhem-Zuid en het naastgelegen kassencomplex Bergerden te kunnen bergen en omdat er water aangevoerd en afgevoerd kan worden via de Linge. Met de kennis die in het onderzoeksgebied is opgedaan en de randvoorwaarden die voor gebieden voor piekberging en voorraadberging gelden, zijn in een aanvullend onderzoek andere mogelijke bergingsgebieden geïnventariseerd. In dit rapport wordt

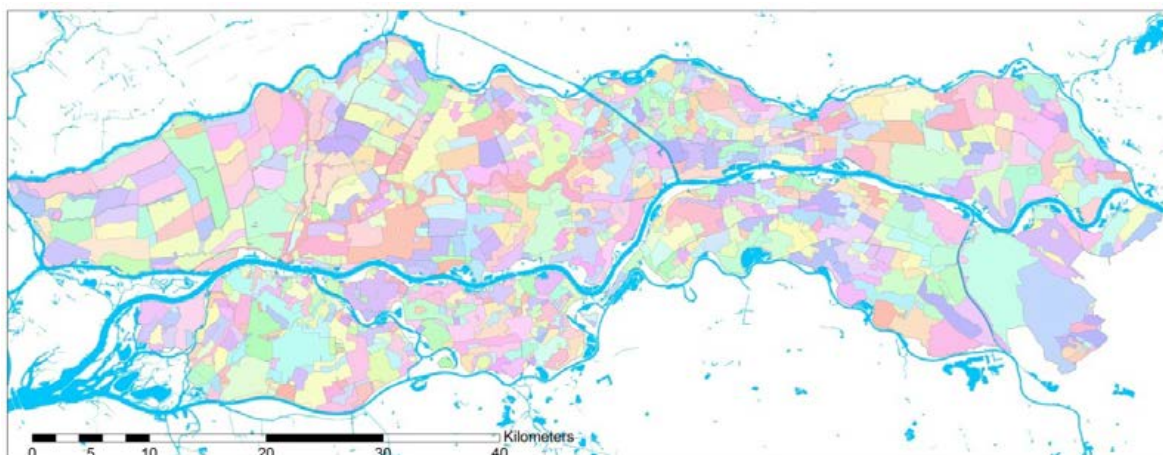
---

verslag gedaan van die inventarisatie. De regio waarin naar bergingsgebieden is gezocht, is het beheergebied van Waterschap Rivierenland. Waterschap Rivierenland is ontstaan uit een samenvoeging van verschillende kleine waterschappen (Figuur 1.1) die weliswaar allemaal in het rivierengebied liggen, maar die qua bodemsamenstelling en hoogteligging verschillen. Zo bestaat de laaggelegen, vlakke Alblasserwaard grotendeels uit veen, de vlakke Bommelerwaard uit klei en de hoge delen van Groesbeek en Ooijpolder uit grof zand. Het zoekgebied wordt hier verder aangeduid als 'Rivierenland'. Het gebied strekt zich uit van de Duitse grens bij de Millingerwaard tot aan de Alblasserwaard in het westen. Het omvat de hele Betuwe waar Park Lingezegen in ligt en waar de Linge als wateraanvoer en -afvoerspil doorloopt.

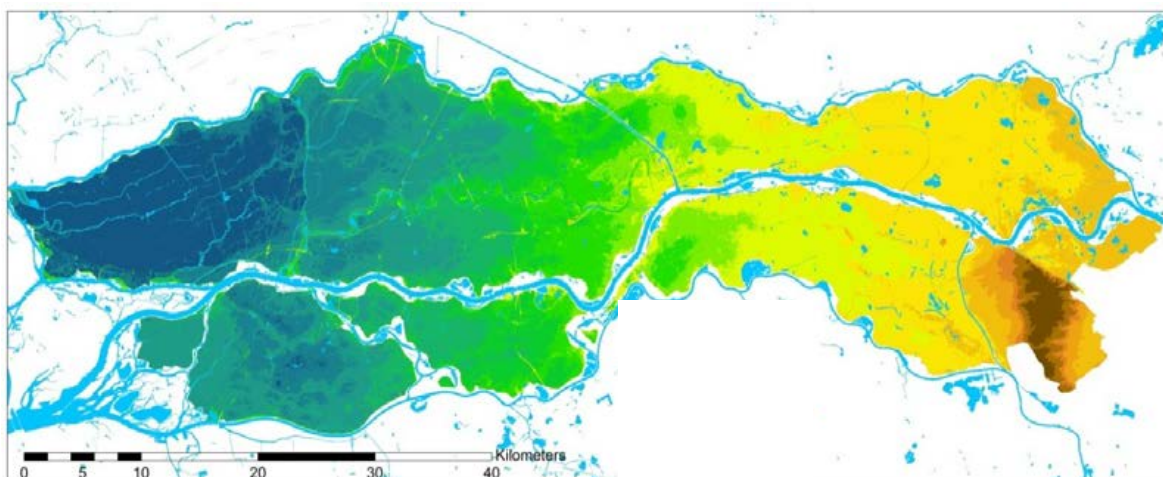
Het opslaan van water om de waterafvoer van andere gebieden te prioriteren, wordt hier verder aangeduid als piekberging en het vasthouden van water dat op strategische momenten ingezet kan worden als voorraadberging. Omdat een aantal randvoorwaarden voor piekberging en voorraadberging verschilt, zijn geschikte gebieden voor deze beide bergingsfuncties in hoofdstuk 3 en 4 eerst apart geïnventariseerd. Idealiter worden beide functies met elkaar gecombineerd. Daarom is in hoofdstuk 5 ook gekeken waar gebieden voor piek- en voorraadberging samenvallen.

## 2 Beschrijving van Rivierenland

Rivierenland, waarin naar potentiële waterbergingsgebieden is gezocht, beslaat ruim 200 000 ha. Het ligt tussen de Nederrijn/Lek in het noorden en de Maas in het zuiden, tussen het Pannerdens Kanaal en de Duitse grens in het oosten en Kinderdijk in de Alblasserwaard in het westen. In het gebied ligt een groot aantal peilvakken van verschillende omvang (Figuur 2.1). De hoogteverschillen binnen de peilvakken spelen een belangrijke rol bij de geschiktheid van bergingsgebieden (Figuur 2.2). De laagste delen komen daar in principe het eerst in aanmerking voor het bergen van water.

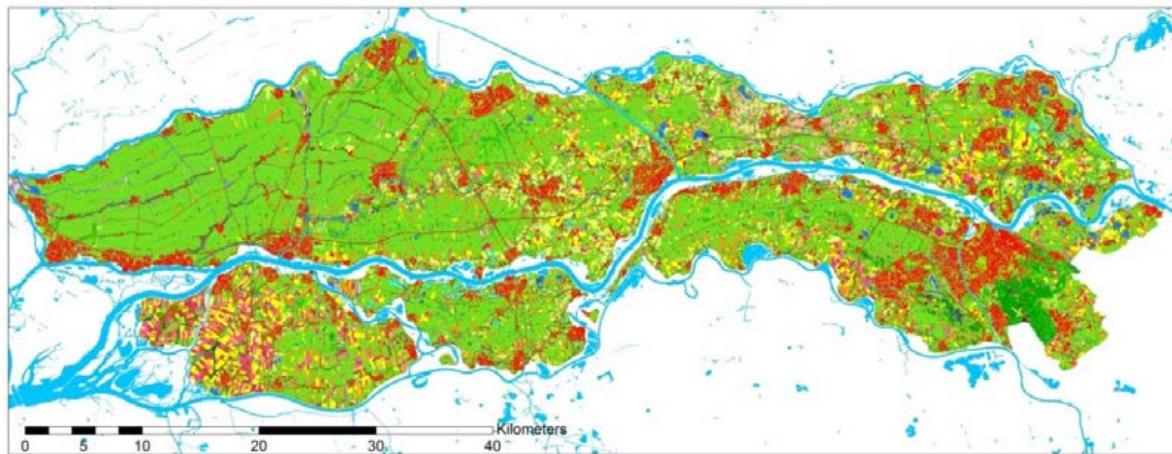


**Figuur 2.1** Peilvakken in Rivierenland.



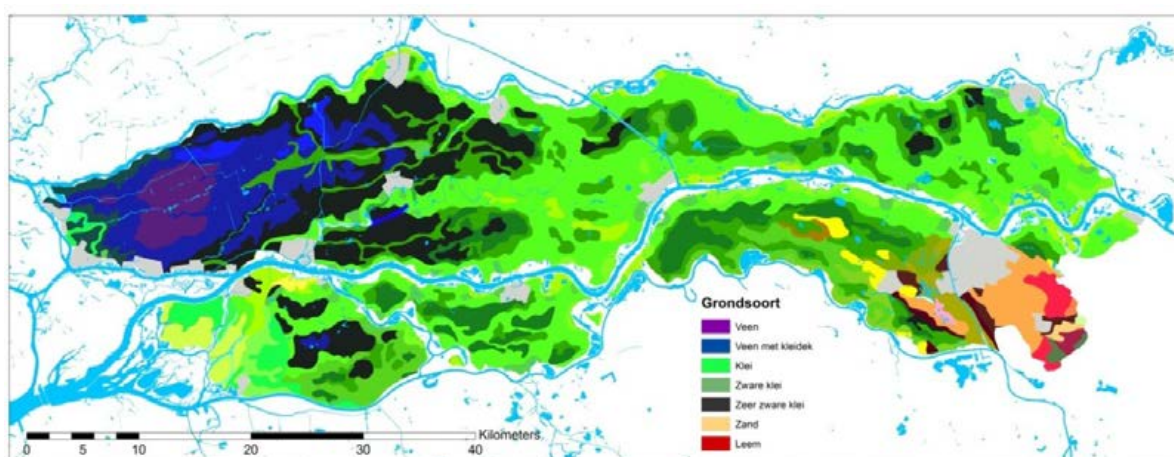
**Figuur 2.2** Hoogtekaart van Rivierenland (AHN2).

In Rivierenland komen veel kleine, maar ook middelgrote en grote bebouwingkernen voor waarvoor piekafvoer een knelpunt kan vormen (Figuur 2.3). Grasland neemt een aanzienlijk deel van de oppervlakte in beslag (46%), maar ook andere land- en tuinbouwgewassen die erg droogtegevoelig zijn en waarvoor de beschikbaarheid van voldoende water essentieel is.



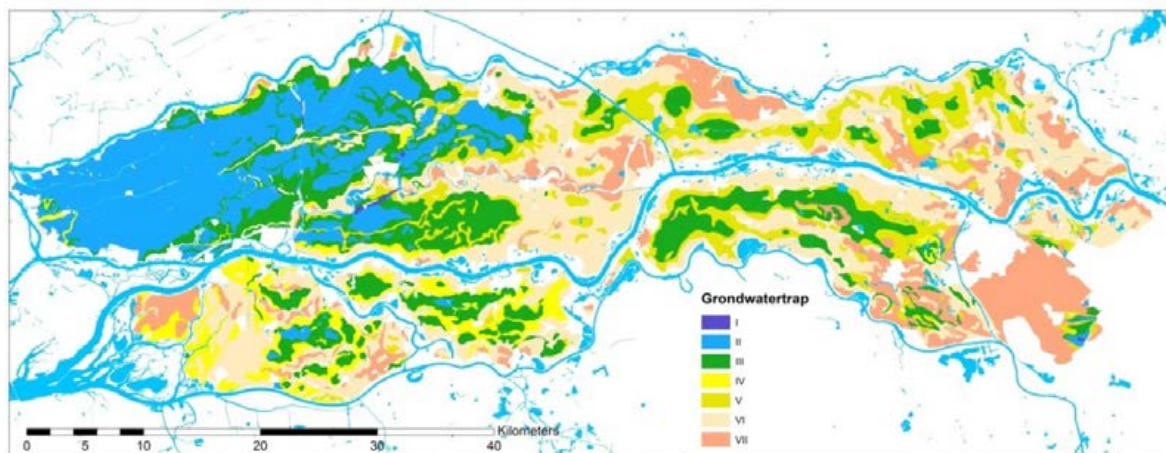
| Opp (ha) | Opp (%) | Landgebruik                                | Opp (ha)        | Opp (%)      |                                       |
|----------|---------|--|-----------------|--------------|---------------------------------------|
| 79354    | 46.3    | 1 - agrarisch gras                         | 620             | 0.4          | 22 - bos in secundair bebouwd gebied  |
| 11294    | 6.6     | 2 - mais                                   | 8432            | 4.9          | 23 - gras in primair bebouwd gebied   |
| 1943     | 1.1     | 3 - aardappelen                            | 20              | 0.0          | 24 - kale grond in bebouwd gebied     |
| 2199     | 1.3     | 4 - bieten                                 | 4734            | 2.8          | 25 - hoofdwegen en spoorwegen         |
| 8452     | 4.9     | 5 - granen                                 | 5830            | 3.4          | 26 - bebouwing in het buitengebied    |
| 3121     | 1.8     | 6 - overige gewassen                       | 2632            | 1.5          | 28 - gras in secundair bebouwd gebied |
| 848      | 0.5     | 8 - glastuinbouw                           | 6               | 0.0          | 35 - open stuifzand en/ of rivierzand |
| 573      | 0.3     | 9 - boomgaarden                            | 75              | 0.0          | 36 - heide                            |
| 165      | 0.1     | 10 - bloembollen                           | 17              | 0.0          | 37 - matig vergraste heide            |
| 5882     | 3.4     | 11 - loofbos                               | 11              | 0.0          | 38 - sterk vergraste heide            |
| 1722     | 1.0     | 12 - naaldbos                              | 556             | 0.3          | 41 - overige moerasvegetatie          |
| 4874     | 2.8     | 16 - zoet water                            | 188             | 0.1          | 42 - rietvegetatie                    |
| 13660    | 8.0     | 18 - bebouwing in primair bebouwd gebied   | 448             | 0.3          | 43 - bos in moerasgebied              |
| 371      | 0.2     | 19 - bebouwing in secundair bebouwd gebied | 3374            | 2.0          | 45 - natuurgraslanden                 |
| 371      | 0.2     | 20 - bos in primair bebouwd gebied         | 2214            | 1.3          | 61 - boomkwekerijen                   |
| 543      | 0.3     | 22 - bos in secundair bebouwd gebied       | 7095            | 4.1          | 62 - fruitkwekerijen                  |
|          |         |  | <b>171251.1</b> | <b>100.0</b> |                                       |

**Figuur 2.3** Landgebruik in Rivierenland (LGN7).



**Figuur 2.4** Vereenvoudigde bodemkaart van Rivierenland.

De bodem en de grondwaterstand geven informatie over de hoeveelheid water die in de onverzadigde zone geborgen kan worden (Figuur 2.4 en 2.5). In kleibodem met een hoge grondwaterstand zal die mogelijkheid minimaal zijn, maar in Rivierenland komen ook plekken voor met een diepe grondwaterstand in combinatie met een zandgrond of een zandgrond met een dun kleidek. Daar is meer ruimte voor waterberging in de onverzadigde zone.



**Figuur 2.5** Vereenvoudigde grondwatertrappenkaart Rivierenland (Stiboka).

Nagenoeg alle peilvakken uit Figuur 2.1 kunnen van water worden voorzien. In de Betuwe gebeurt dat via de Linge die bovenstrooms bij Doornenburg een inlaatpunt in de bovenloop bij het Pannerdens kanaal heeft. Omdat het de afgelopen decennia steeds vaker voorkwam dat de Linge niet onder vrij verval van water kon worden voorzien, is een drijvend gemaal aangelegd in het Pannerdens kanaal. De huidige pompcapaciteit bedraagt 240 m<sup>3</sup>/min (Massop, 2014). Als de waterstand van Pannerdens Kanaal beneden de 6.5 m +NAP zakt, moet mogelijk de inname worden gestaakt.

Verder stroomafwaarts kan de Linge indirect via tien inlaatpunten langs de grote rivieren met water worden aangevuld ([www.waterschaprivierenland.nl](http://www.waterschaprivierenland.nl)). Voor de wateraanvoer van achterliggende peilvakken wordt in een groot deel van de Betuwe gebruikgemaakt van het peilverschil tussen de stuwpanden waarin de Linge is opgedeeld. Bovenstrooms van een stuw wordt water 'afgetapt' om via een omweg en onder vrij verval in het benedenstroomse pand van de stuw uit te komen. Via die omweg vindt ook de afwatering van de peilvakken plaats en via drie inlaatpunten langs de grote rivieren kan omgekeerd ook water op de rivieren worden afgevoerd bij een groot waterbezwaar. De Linge mondt bij Gorinchem uit op de Boven-Merwede en op het Kanaal van Steenenhoek dat 8 km stroomafwaarts in de Beneden-Merwede uitkomt.

De Alblasserwaard en het aangrenzende Vijfheerenlanden kunnen via meerdere inlaatpunten met water uit de grote rivieren worden voorzien. De watervoorziening is daar een minder groot issue dan in de Betuwe. Door de lage ligging treedt er een forse kwelflux op. In de benedenloop van de grote rivieren rond de Alblasserwaard is normaliter voldoende water beschikbaar. Zout water dat bij lage rivierstanden vanuit de zee ver het land inkomt, kan wel een probleem opleveren. De waterafvoer van de Alblasserwaard verloopt via gemalen.

Met de toenemende schommelingen en extremen in natte en droge perioden neemt de noodzaak toe om niet alleen de afvoerpieken op te kunnen vangen, maar ook om mogelijkheden te zoeken om gebieden zelfvoorzienend te maken ten aanzien van de watervoorziening. In Het Waterrijk is een methode uitgewerkt waarin wordt geanticipeerd op de neerslagverwachting en het peil in de grote rivieren (Jansen *et al.*, 2014). Dat onderzoek leverde inzichten voor een bredere verkenning in heel Rivierenland naar geschikte gebieden voor piek- en voorraadberging.

---

## 3 Gebieden voor piekberging

Piekberging is nodig als er onvoldoende water geloosd kan worden of als een afvoergolf groter is dan de afvoercapaciteit. In het eerste geval kan dat optreden als het peil in de grote rivieren en/of de Linge erg hoog is en een verdere stijging elders problemen oplevert. In 1993 en 1995 leidde dat tot grote problemen (Hillen en Jorissen, 1995) en de verwachting is dat door klimaatverandering afvoerpieken nog groter kunnen worden (CHR/KHR, 2007; Kleijn *et al.*, 2010). Omdat de actuele en verwachte waterhoogte van de grote rivieren bekend zijn ([www.rijkswaterstaat.nl](http://www.rijkswaterstaat.nl)), kan bij een hoog oplopend peil nog zo veel mogelijk water geloosd worden om zo bergingsruimte vrij te maken. Daarnaast zijn er, als gevolg van piekneerslag in combinatie met een beperkte berging, ook afvoergolven die binnen peilgebieden problemen kunnen opleveren.

In Rivierenland kan normaliter water geborgen worden in de onverzadigde zone, in de vele sloten en greppels en, als die 'vol' zijn, in laagtes op het maaiveld. In dichtbebouwde gebieden hebben riolering en overstortvijvers lang niet altijd voldoende capaciteit om (toekomstige) neerslagextremen op te vangen. Het is dan zaak om de afvoergolf af te leiden naar minder kwetsbare gebieden.

### 3.1 Analyse

Om inzicht te krijgen in de geschiktheid van gebieden voor piekberging, wordt rekening gehouden met de hoogteverdeling binnen de peilgebieden, de afstand tot bebouwde kernen en de economische waarde van de grond. Aan elk van deze drie factoren wordt een geschiktheid toegekend. Deze worden vervolgens gecombineerd tot één geschiktheidsklasse.

#### **Peilgebieden en maaiveldhoogte**

De peilvakkenkaart van Figuur 2.1 omvat ruim 1000 peilvakken. Het grootste peilvak bestaat uit de vrij afwaterende stuwwal bij Nijmegen. Deze valt buiten de scope van de analyse. Verder zijn uiterwaarden en bebouwde kernen ook niet in beschouwing genomen. De analyse richt zich op het 'echte' Rivierenlandschap, een overwegend vlak poldergebied dat door middel van stuwtjes en gemalen is ingedeeld in peilgebieden met een beheerst zomer- en winterpeil. Ook kan er sprake zijn van een streefpeil als het peil niet gehandhaafd kan worden door bijvoorbeeld het ontbreken van inlaatmogelijkheden. De peilen, die later nodig zijn om de bergingscapaciteit te kunnen kwantificeren, zijn voor de zoektocht naar geschikte gebieden minder relevant.

De maaiveldhoogte is gebruikt om aan de hand van de hoogtekaart geschikte bergingsgebieden te selecteren. Uitgangspunt is dat binnen elk peilvak, hoe vlak ook, hogere en lagere delen voorkomen. De lage plekken zullen het eerst onderlopen en daarmee zijn ze in principe het geschiktst om water te bergen. Aan de laagste delen is daarom de waardering voor waterberging gekoppeld.

Voor alle peilvakken afzonderlijk is aan de hand van het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN2) de oppervlakte op grond van de relatieve hoogte van het maaiveld in acht klassen ingedeeld. Onderscheiden zijn de klassen; 0–5%, 5–15%, 15–30%, 30–50%, 50–70%, 70–85%, 85–95% en 95–100%. In Figuur 3.1 staat een voorbeeld van de hoogteverdeling van een peilvak. Afgebeeld zijn de hoogtes bij de klassegrenzen (percentielen) 15%, 30% en 50%.

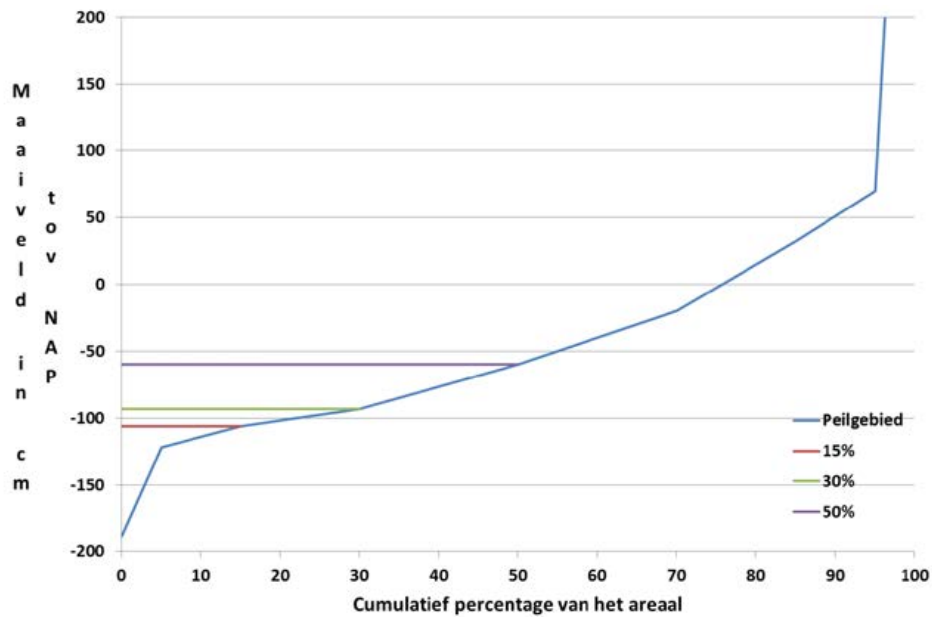
Van de extreemste klassen, 0–5% en 95–100%, is het verschil in maaiveldhoogte het grootst. Aan de lage kant (0–5%) komt dat door sloten en greppels en aan de hoge kant (95–100%) zijn het de dijken en andere verhogingen<sup>1</sup> die boven de omgeving uitsteken. Uit Figuur 3.1 kan al grofweg worden afgelezen hoeveel water er geborgen kan worden. Als bijvoorbeeld 50% van het perceel mag

---

<sup>1</sup> In AHN2 is hoogte van de bebouwing niet weergegeven.

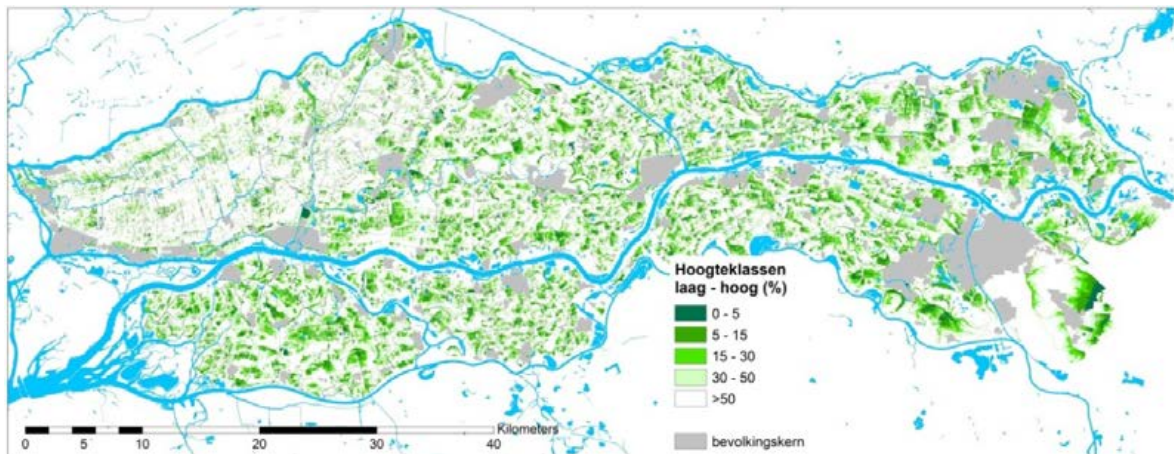


inunderen om water te bergen, is de waterlaag in het geïnundeerde deel gemiddeld 0,35 m dik. Voor een peilvak van 100 ha zou dat neerkomen op een berging van  $0,35 \text{ m} \times 1000 \text{ 000 m}^2 = 350 \text{ 000 m}^3$ .



**Figuur 3.1** Voorbeeld van de verdeling van de maaiveldhoogte.

In Figuur 3.2 zijn de vier (geschiktste) klassen die de laagste plekken van de peilgebieden omvatten in kleur weergegeven. Omdat Rivierenland in westelijke richting helt, zijn telkens de westelijke helften van peilvakken het laagst.



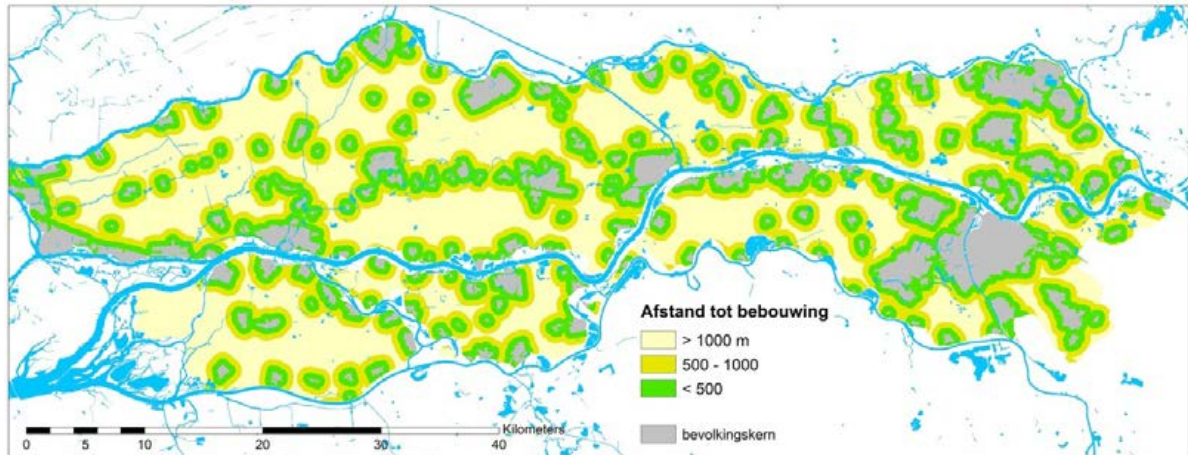
**Figuur 3.2** Geschikte delen van peilvakken voor waterberging op basis van de hoogteverdeling. De laagste plekken (groen) zijn het geschiktst.

### Afstand tot stedelijk gebied

Voor de geschiktheid van gebieden voor het opvangen van hoogwaterpieken vanuit de stad is de afstand een belangrijke factor. Stadsranden kunnen scherp begrensd zijn, maar bij een villawijk of een volkstuinencomplex is de overgang van stad naar land diffuus. Daarom is uitgegaan van de bevolkingskernen die het Centraal Bureau voor de Statistiek in 2011 heeft onderscheiden (CBS, 2014). Bij de begrenzing van een woongebied met een herkenbaar stratenpatroon is een ondergrens gehanteerd van ofwel minstens 25 woningen ofwel minstens 50 inwoners. Voor deze verkenning is

verondersteld dat er bij een minder grote bevolkingsdichtheid voldoende 'groen en blauw' aanwezig is om neerslagpieken op te vangen.

Er zijn drie afstandsklassen onderscheiden, 0–500, 500–1000 en meer dan 1000 m. Aan de kortste afstand wordt de grootste geschiktheid toegekend. In Figuur 3.3 zijn de afstanden weergegeven. Naast de grote steden kunnen ook kleine kernen dicht bij elkaar liggen, waardoor geschikte zoekgebieden elkaar kunnen overlappen.



**Figuur 3.3** Afstand tot stedelijk gebied.

### **Economische waarde van de grond**

De economische waarde van de grond kan een doorslaggevende factor zijn om een gebied wel of niet als bergingsgebied aan te wijzen. Zo vertegenwoordigen stedelijke bebouwing, infrastructuur en glastuinbouw een dusdanig grote economische waarde dat ze in deze analyse afvallen als bergingsgebieden. Open water en rietmoeras, die een veel geringere economische waarde hebben, zijn veel geschikter als bergingsgebied.

Uitgangspunt voor het vaststellen van de economische waarde is het bodemgebruik volgens Land Gebruik Nederland (LGN7) in 2013 (Figuur 2.3). Aan de landgebruiksvormen die in Rivierenland voorkomen, zijn aan de hand van opbrengsten en persoonlijk inschatting van een econoom bij Alterra (J. van Os) economische waarden toegekend (Tabel 3.1). De waarden zijn indicatief en uitsluitend hier toepasbaar. Bij de waarde van akkerbouwgebieden is uitgegaan van de zomerperiode waarbij de oogst bij inundatie goddeels verloren zal gaan.

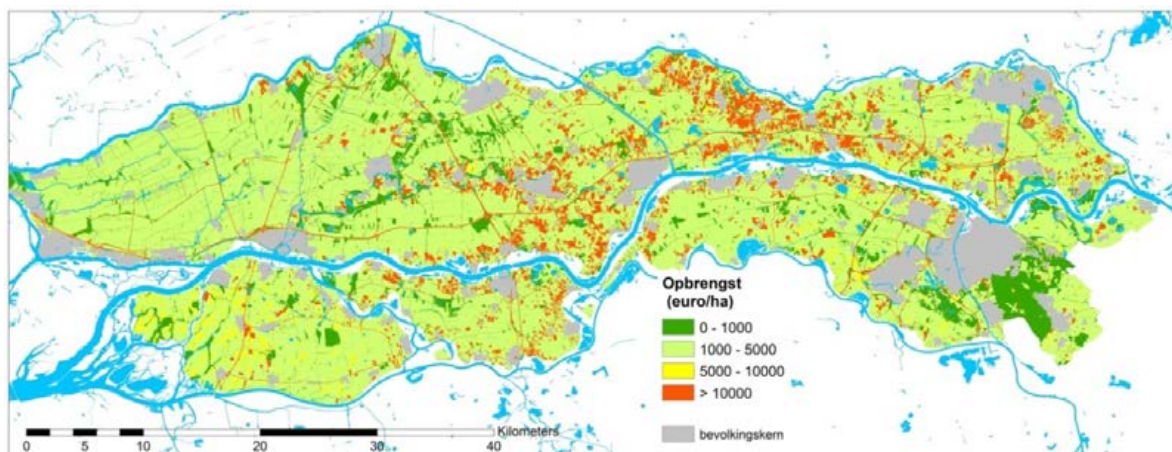
Tabel 3.1

Schatting van de economische waarde van landgebruiksvormen in Rivierenland in €/ha.

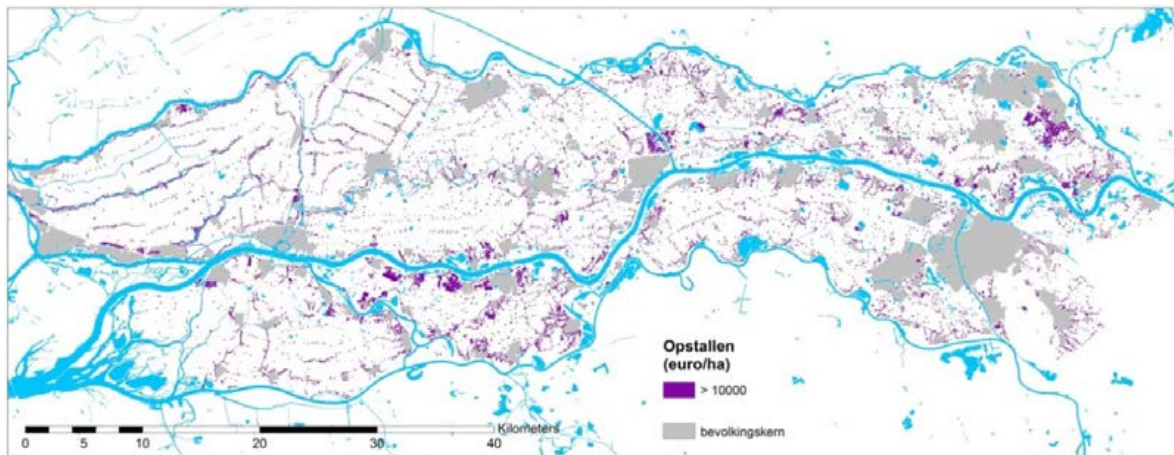
| LGN code omschrijving                | econ.waarde (€/ha) | LGN code omschrijving               | econ.waarde (€/ha) |
|--------------------------------------|--------------------|-------------------------------------|--------------------|
| 1 agrarisch gras                     | 2000               | 24 kale grond in bebouwd gebied     | 2000               |
| 2 mais                               | 2000               | 25 hoofdwegen en spoorwegen         | 100000             |
| 3 aardappelen                        | 4000               | 26 bebouwing in buitengebied        | 2000               |
| 4 bieten                             | 3000               | 28 gras in secundair bebouwd gebied | 2000               |
| 5 granen                             | 2000               | 30 kwelders                         | 500                |
| 6 overige gewassen                   | 10000              | 31 open zand in kustgebied          | 500                |
| 8 grastuinbouw                       | 50000              | 32 duinen met lage vegetatie        | 500                |
| 9 boomgaarden                        | 30000              | 33 duinen met hoge vegetatie        | 500                |
| 61 boomkwekerijen                    | 40000              | 34 duinheide                        | 500                |
| 62 fruitkwekerijen                   | 25000              | 35 open stuifzand en rivierzand     | 500                |
| 10 bloembollen                       | 25000              | 36 heide                            | 500                |
| 11 loofbos                           | 500                | 37 matig vergraste heide            | 500                |
| 12 naaldbos                          | 500                | 38 sterk vergraste heide            | 500                |
| 16 zoet water                        | -                  | 39 hoogveen                         | 500                |
| 17 zout water                        | -                  | 40 bos in hoogveengebied            | 500                |
| 18 bebouwing in prim. bebouwd gebied | 2000               | 41 overige moerasvegetatie          | 500                |
| 19 bebouwing in sec. bebouwd gebied  | 2000               | 42 rietvegetatie                    | 500                |
| 20 bos in prim. bebouwd gebied       | 2000               | 43 bos in moerasgebied              | 500                |
| 22 bos in sec. bebouwd gebied        | 2000               | 45 natuurgraslanden                 | 500                |
| 23 gras in prim. bebouwd gebied      | 2000               |                                     |                    |

Het LGN7-bestand geeft het landgebruik per vlakje van 25 x 25 m. Aan de hand van het meer gedetailleerde bestand van de Landelijke Voorziening Basisregistraties Adressen en Gebouwen (BAG) ([www.kadaster.nl](http://www.kadaster.nl)) is het bebouwde gedeelte van het vlakje per 0,25 m<sup>2</sup> bepaald, waardoor ook de waarde door de aanwezigheid van bebouwing per vierkanter meter vastgesteld kan worden (€ 4500/m<sup>2</sup>).

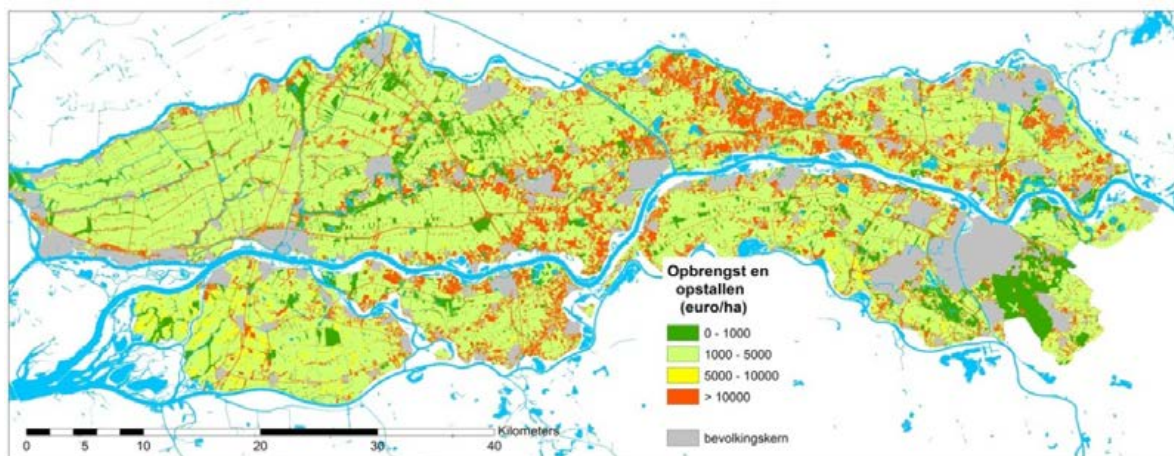
De economische waarde van de landbouwgebieden en van de bebouwing (huizen en bedrijfsbebouwing buiten de bevolkingskernen) staan in respectievelijk de figuren 3.4 en 3.5. De grootste waarde in Figuur 3.4 in rood zijn glastuinbouwgebieden. De stedelijke bebouwing heeft in dit figuur een dummywaarde gekregen. In Figuur 3.6 zijn beide kaarten gecombineerd.



**Figuur 3.4** Economische waarde van landbouwgebieden en van natuur.



**Figuur 3.5** Economische waarde van bebouwing buiten de bevolkingskernen.



**Figuur 3.6** Gecombineerde economische waarde van de bebouwing (buiten de bevolkingskernen), van de landbouwgebieden en van natuur.

## 3.2 Resultaten

Om de uiteindelijke geschiktheid voor piekberging te kunnen berekenen, is aan de combinaties van klassen met de relatieve hoogteligging, de klassen met de afstand tot bebouwingskernen en aan de economische waarde van de grond een gewicht toegekend (Tabel 3.2). Voor de afstand tot bebouwingskernen zijn 3 klassen onderscheiden, voor de berging op het maaiveld 4 klassen en voor de economische waarde 5 klassen. De som van de 3 gewichten wordt verder beschouwd als integrale geschiktheid. De hoogste waarde is 10 en de laagste waarde 1. De score 10 geldt bijvoorbeeld voor de laagste delen van een peilvak met moerasnatuur die dicht bij de stad liggen en 1 voor een kassengebied op meer dan 1000 m van de stadsrand. De resultaten staan in Figuur 3.7. Als bergingsgebied zijn de plekken met weinig bebouwing op grond van de economische waarde vaak geschikt, maar een grote afstand tot stedelijk gebied maakt veel van die gebieden toch minder geschikt. Voor plekken dicht bij bebouwingskernen geldt het omgekeerde.

Voor de gemeenten in Rivierland (Figuur 3.8) is in Tabel 3.3 de geschiktheid gegroepeerd in ongeschikt (klassen 1–6), matig geschikt (klassen 7 en 8) en geschikt (klassen 9 en 10). Voor gemeenten als Lingewaal en Buren, waar weinig bebouwingskernen zijn, is een relatief groot gebied geschikt voor piekberging. Gemeenten als Papendrecht en Arnhem bestaan, voor de delen die in Rivierland liggen, voor meer dan 70% uit dichte bebouwing. Dat slechts een gering percentage van de oppervlakte geschikt is als bergingsgebied wil nog niet zeggen dat er onvoldoende ruimte aanwezig

---

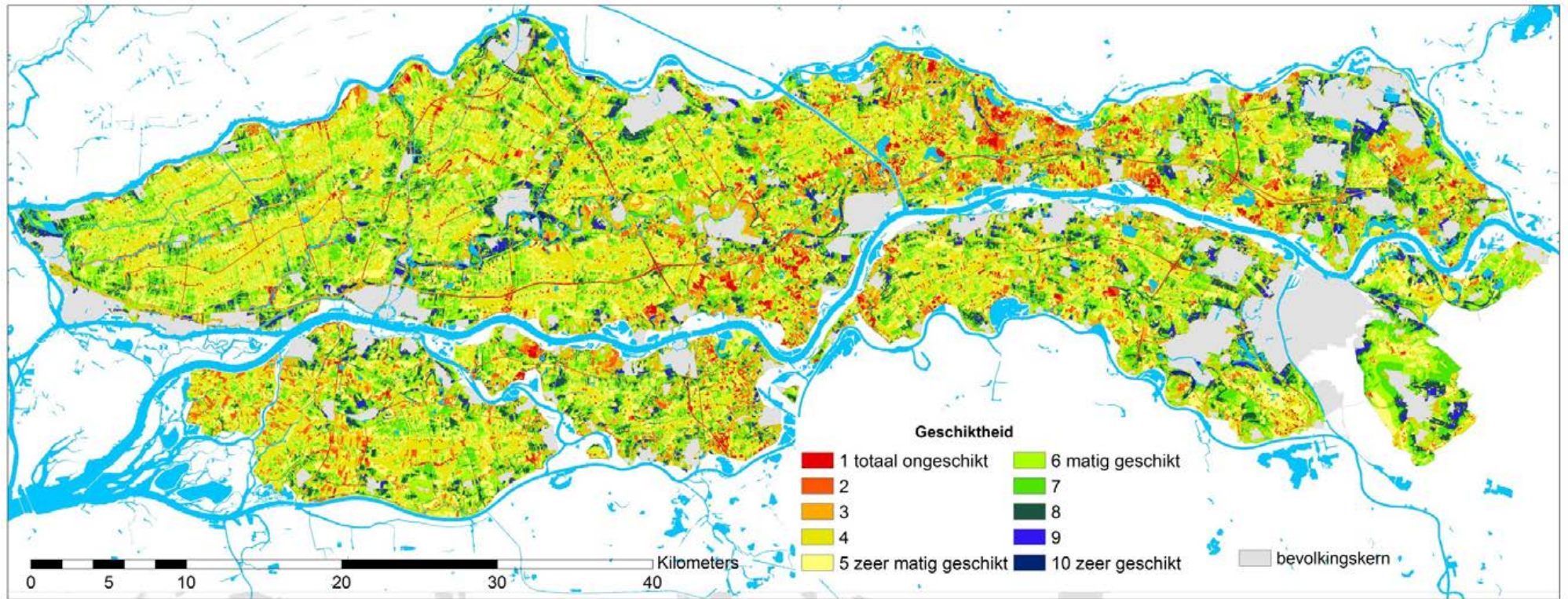
is (deze wordt bepaald door de concrete wateropgave), maar het zoekgebied is wel beperkt. Voor het hele beheergebied van het waterschap is, buiten de bebouwingskernen, 31550 ha (21%) matig geschikt en 5500 ha (3,7%) geschikt voor piekberging.

---

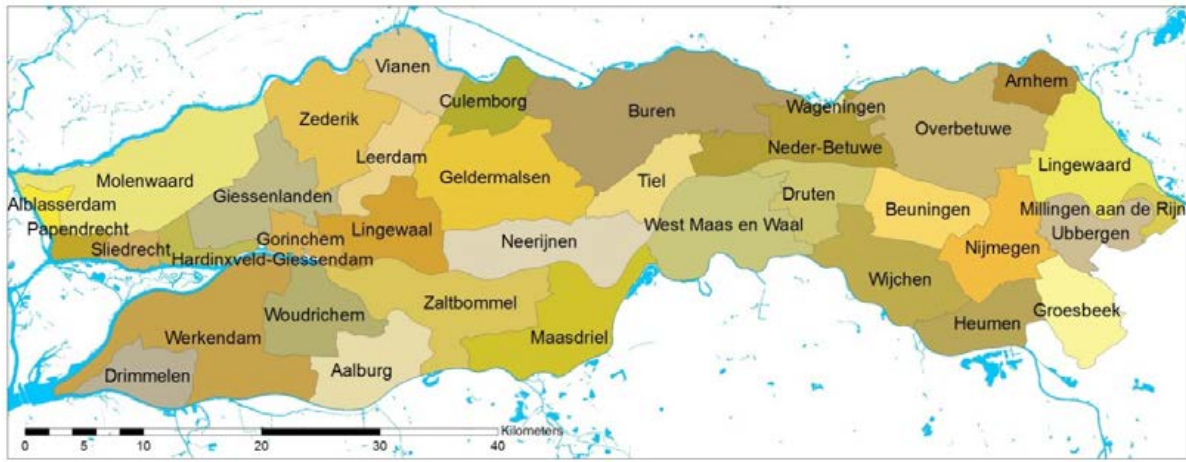
**Tabel 3.2**

*Schatting van de toekenning van de geschiktheid voor piekberging. 0 is ongeschikt, 10 is optimaal geschikt.*

|                                     | weegfactor geschiktheid |            |             |              |         |
|-------------------------------------|-------------------------|------------|-------------|--------------|---------|
|                                     | 4                       | 3          | 2           | 1            | 0       |
| berging op maaiveld (% van de opp.) |                         | < 15       | 15 - 30     | 30 - 50      | > 50    |
| afstand tot bebouwing (m)           |                         | < 500      | 500 - 1000  | > 1000       |         |
| economische waarde (€)              | < 800                   | 800 - 4000 | 4000 - 8000 | 8000 - 16000 | > 16000 |



**Figuur 3.7** Geschiktheid voor piekberging in klassen.



**Figuur 3.8** Gemeenten in Rivierenland.

**Tabel 3.3**

*Oppervlakte geschikt voor piekberging in Rivierenland.*

| code | Gemeente               | oppervlakte       |                   |     | geschiktheid voor piekberging |     |                        |     |                  |     |
|------|------------------------|-------------------|-------------------|-----|-------------------------------|-----|------------------------|-----|------------------|-----|
|      |                        | totaal *)<br>(ha) | kernen *)<br>(ha) | (%) | ongeschikt<br>(ha)            | (%) | matig geschikt<br>(ha) | (%) | geschikt<br>(ha) | (%) |
| 1    | Lingewaal              | 5037              | 232               | 5   | 3632                          | 72  | 920                    | 18  | 255              | 5   |
| 2    | Druten                 | 3327              | 481               | 14  | 1987                          | 60  | 699                    | 21  | 161              | 5   |
| 3    | Ubbergen               | 3045              | 192               | 6   | 1822                          | 60  | 804                    | 26  | 232              | 8   |
| 4    | Heumen                 | 2481              | 382               | 15  | 1616                          | 65  | 463                    | 19  | 22               | 0.9 |
| 5    | Neerijnen              | 5654              | 325               | 6   | 4230                          | 75  | 969                    | 17  | 120              | 2   |
| 6    | Vianen                 | 3864              | 497               | 13  | 2338                          | 60  | 845                    | 22  | 181              | 5   |
| 7    | Arnhem                 | 2044              | 1519              | 74  | 220                           | 11  | 154                    | 8   | 149              | 7   |
| 8    | Leerdam                | 3443              | 388               | 11  | 2241                          | 65  | 680                    | 20  | 134              | 4   |
| 9    | Molenwaard             | 12078             | 433               | 4   | 9374                          | 78  | 2078                   | 17  | 210              | 2   |
| 10   | Woudrichem             | 4810              | 359               | 7   | 3245                          | 67  | 1048                   | 22  | 148              | 3   |
| 11   | Aalburg                | 4742              | 279               | 6   | 3455                          | 73  | 913                    | 19  | 78               | 2   |
| 12   | Alblasserdam           | 886               | 380               | 43  | 268                           | 30  | 166                    | 19  | 80               | 9   |
| 13   | Giessenlanden          | 6510              | 215               | 3   | 4886                          | 75  | 1230                   | 19  | 180              | 3   |
| 14   | Wijchen                | 6417              | 1299              | 20  | 3451                          | 54  | 1333                   | 21  | 346              | 5   |
| 15   | Zederik                | 7379              | 231               | 3   | 5726                          | 78  | 1328                   | 18  | 101              | 1.4 |
| 16   | Hardinxveld-Giessendam | 1601              | 319               | 20  | 860                           | 54  | 328                    | 20  | 90               | 6   |
| 17   | Culemborg              | 2784              | 719               | 26  | 1446                          | 52  | 548                    | 20  | 71               | 3   |
| 18   | Geldermalsen           | 10173             | 761               | 7   | 7404                          | 73  | 1735                   | 17  | 274              | 3   |
| 19   | Nijmegen               | 5052              | 3835              | 76  | 677                           | 13  | 384                    | 8   | 154              | 3   |
| 20   | Overbetuwe             | 10376             | 1155              | 11  | 6530                          | 63  | 2314                   | 22  | 386              | 4   |
| 21   | Tiel                   | 3207              | 862               | 27  | 1709                          | 53  | 465                    | 15  | 161              | 5   |
| 22   | Beuningen              | 3986              | 648               | 16  | 2286                          | 57  | 873                    | 22  | 169              | 4   |
| 23   | Millingen aan de Rijn  | 631               | 145               | 23  | 355                           | 56  | 113                    | 18  | 14               | 2   |
| 24   | Neder-Betuwe           | 5638              | 425               | 8   | 4200                          | 74  | 837                    | 15  | 171              | 3   |
| 25   | Papendrecht            | 964               | 707               | 73  | 171                           | 18  | 63                     | 7   | 28               | 3   |
| 26   | Wageningen             | 55                | 0                 | 0   | 39                            | 71  | 17                     | 30  | 3                | 5   |
| 27   | Buren                  | 13066             | 492               | 4   | 9981                          | 76  | 2262                   | 17  | 328              | 3   |
| 28   | Gorinchem              | 1745              | 801               | 46  | 640                           | 37  | 232                    | 13  | 75               | 4   |
| 29   | Werkendam              | 8794              | 601               | 7   | 6726                          | 76  | 1338                   | 15  | 157              | 2   |
| 30   | Lingewaard             | 6004              | 919               | 15  | 3511                          | 58  | 1173                   | 20  | 376              | 6   |
| 32   | Maasdriel              | 5226              | 584               | 11  | 3459                          | 66  | 1031                   | 20  | 140              | 3   |
| 33   | Groesbeek              | 4397              | 577               | 13  | 2270                          | 52  | 1387                   | 32  | 159              | 4   |
| 34   | Sliedrecht             | 1294              | 403               | 31  | 669                           | 52  | 188                    | 14  | 37               | 3   |
| 35   | West Maas en Waal      | 6720              | 508               | 8   | 4796                          | 71  | 1266                   | 19  | 165              | 2   |
| 36   | Zaltbommel             | 6406              | 658               | 10  | 4264                          | 67  | 1314                   | 21  | 185              | 3   |

\*) binnen rivierenland

---

## 4 Gebieden voor voorraadberging

Klimaatverandering gaat onder andere gepaard met een toename van perioden waarin weinig of geen neerslag valt ([www.knmi.nl](http://www.knmi.nl)). In het zomerhalfjaar kan dat grote economische schade tot gevolg hebben voor bijvoorbeeld landbouwgewassen, funderingen en recreatie ([www.kennisvoorklimaat.nl](http://www.kennisvoorklimaat.nl)). Ook zal de maaiveldaling in veengebieden toenemen ([www.orasveenweidegebieden.stowa.nl](http://www.orasveenweidegebieden.stowa.nl)).

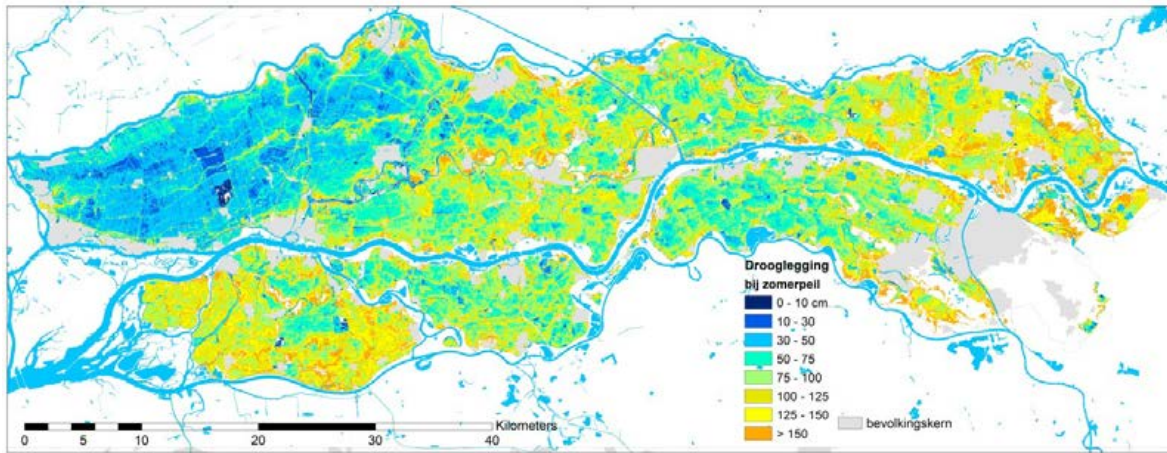
Voor de watervoorziening in Rivierenland wordt water uit de Rijn gebruikt. De Knelpuntenanalyse Deltaprogramma Zoetwater, dat inzicht geeft in het verdelingsvraagstuk rond (zoet)water in ruimte en tijd, laat zien dat waterbeschikbaarheid niet (meer) vanzelfsprekend is ([www.deltacommissaris.nl](http://www.deltacommissaris.nl)). Om droge perioden te overbruggen, waarin reguliere wateraanvoer via de inlaatpunten uit de grote rivieren niet of onvoldoende mogelijk is, kan mogelijk gebruik worden gemaakt van watervoorraden die eerder zijn aangelegd. Lang niet altijd en lang niet overal is voorraadberging mogelijk, maar juist polders in laag-Nederland bieden daar vaak wel goede mogelijkheden toe, zeker als het polderpeil er laag is. Voorraadberging is vooral zinvol op plekken dicht bij het doelgebied waar een voorraad relatief snel kan worden opgebouwd. Het vertakte waterlopenstelsel is geschikt voor voorraadberging, maar ook de bodem en het maaiveld kunnen daar voor worden ingezet. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de voorraadberging in oppervlaktewater en bodem. De voorraadberging die boven het reguliere (zomer)peil maximaal in Rivierenland mogelijk is, wordt kwantitatief ingeschat.

### 4.1 Analyse

Voor een snelle inschatting van de hoeveelheid water die extra geborgen kan worden, kan de werkwijze met de maaiveldhoogteverdeling uit hoofdstuk 3.1 worden gevolgd. Er wordt dan gekeken hoeveel water wordt vastgelegd als het zomerpeil wordt opgezet tot het niveau van bijvoorbeeld 5% van de laagste maaiveldhoogte. Deze methode, die in bijlage 1 verder is uitgewerkt, geeft een snelle indicatie, maar is verder weinig genuanceerd. Er wordt dan geen rekening mee gehouden dat gewassen in de laagste delen met te natte omstandigheden te maken kunnen krijgen. Bij de volgende methode wordt daar beter rekening mee gehouden.

Door het peil in een peileenheid boven het (zomer)peil op te zetten, bijvoorbeeld in het voorjaar, wordt een extra hoeveelheid water in de waterlopen en in de bodem vastgehouden. Om die toename van de hoeveelheid bodemvocht in de bodem te kunnen schatten, is eerst de drooglegging (dit is het verschil tussen maaiveldhoogte en zomerpeil) bepaald (Figuur 4.1). De resolutie van het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN2) is 5 x 5 m. Voor hoogte van het maaiveld is echter gebruikgemaakt van de maaiveldhoogte uit het grondwatermodel MORIA (Jansen *et al.*, 2015), omdat de grovere resolutie van die kaart (25 x 25 m) beter aansluit bij de resolutie van de overige bestanden.





**Figuur 4.1** Drooglegging bij zomerpeil.

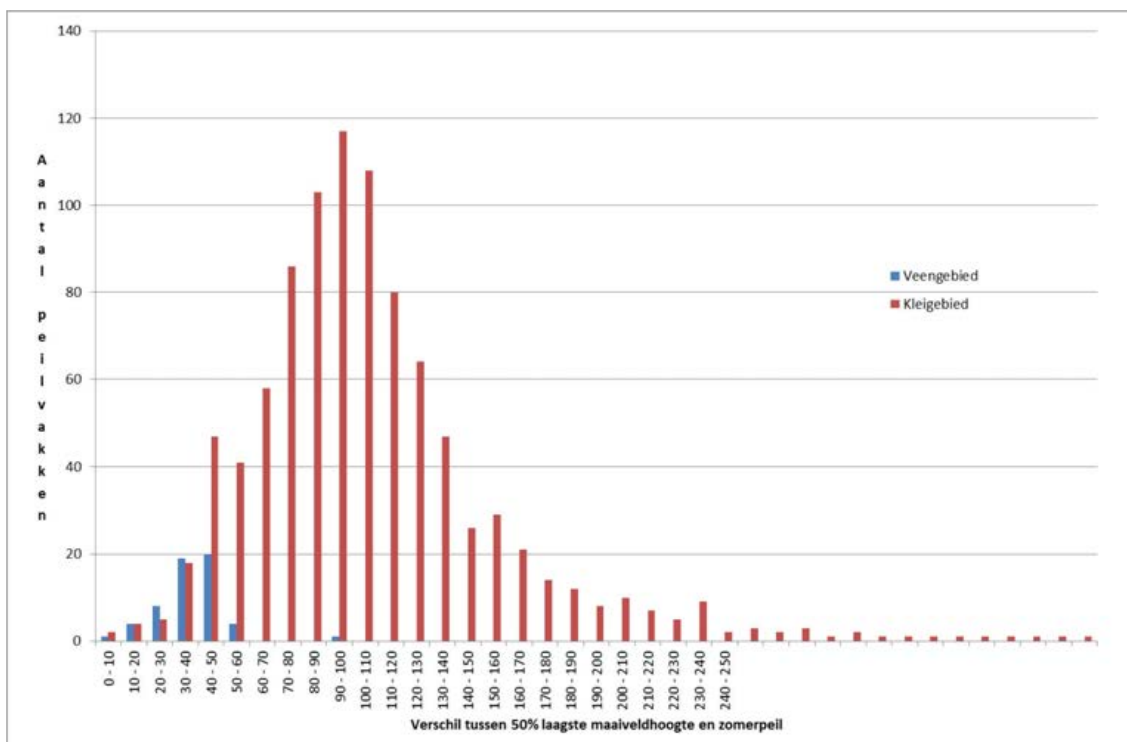
Uit Figuur 4.1 blijkt dat de drooglegging in de veenweidegebieden van de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden in het noordwesten van Rivierenland op de meeste plekken hooguit enkele decimeters bedraagt, terwijl in de kleigronden in de kop van de Betuwe, langs de grote rivieren en de Linge en ook het Land van Heusden en Altena droogleggingen van meer dan een meter voorkomen. De beide dominante grondsoorten in Rivierenland (veen en klei) zijn hier gebruikt om de peilverhoging voor voorraadberging aan te relateren. De ligging van de veen- en kleigebieden is gebaseerd op de bodemkaart (Wösten, 2012). De gemiddelde drooglegging in veengebieden is ongeveer 40 cm en in kleigebieden 95 cm (Figuur 4.2). Voor de maximale verhoging van het peil zijn de waarden gebruikt die in de Fresh Water Options Optimizer (Hoogvliet *et al.*, 2014) zijn toegepast: +20 cm voor het Hollands veenweidegebied en +40 cm voor kleigebied. Omdat de kans op natschade toeneemt in peilvakken die al een relatief hoog peil hebben, zijn de volgende randvoorwaarden voor de peilverhoging aangehouden:

- Peilverhoging: in veengebieden 20 cm en in kleigebieden 40 cm.
- Het peil in veengebieden mag niet hoger zijn dan 20 cm onder het 15% laagste maaiveld<sup>2</sup> en in kleigebieden niet hoger dan 30 cm.

Er is (nog) geen rekening gehouden met het bodemgebruik<sup>3</sup>.

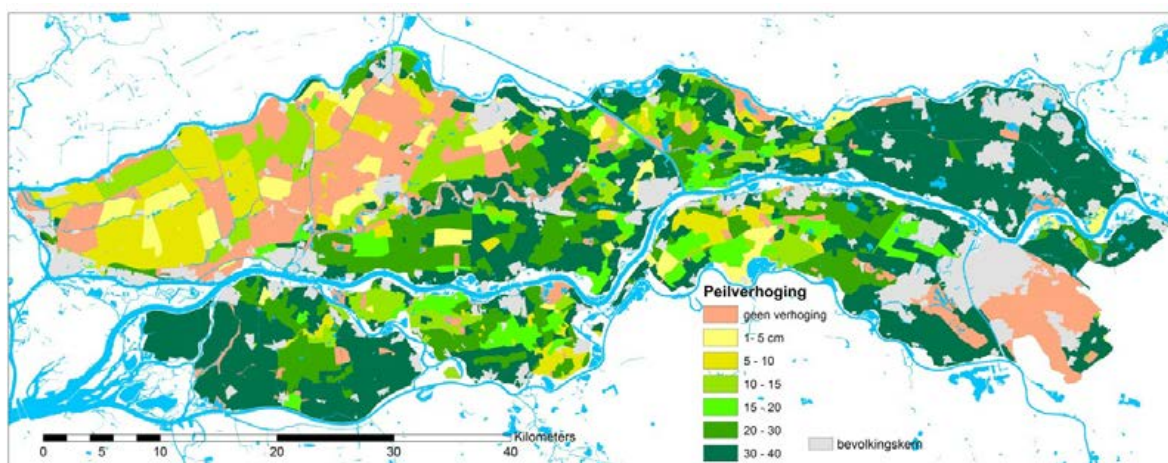
<sup>2</sup> Deze grens is arbitrair, maar hiermee voldoet 85% aan het droogleggingscriterium. Aangenomen is dat het resterende deel vooral uit lager gelegen sloten, plassen, afgravingen en natuurgebieden bestaat.

<sup>3</sup> In de Betuwe komt veel fruitteelt voor die een wat diepere ontwatering nodig heeft dan grasland.



**Figuur 4.2** Gemiddelde drooglegging van de peilvakken in Rivierenland.

De peilverhogingen die met deze aannames zijn berekend, staan in Figuur 4.3. In de peilvakken met de veengebieden in het noordwesten zijn er nauwelijks mogelijkheden om het peil, dat in de uitgangssituatie al hoog is, verder te verhogen. In veel kleigebieden zijn vaak wel forse verhogingen mogelijk. Vooral in de oostelijke Betuwe en in de Biesbosch kan de verhoging maximaal zijn.



**Figuur 4.3** Maximale peilverhoging per peilvak voor voorraadberging.

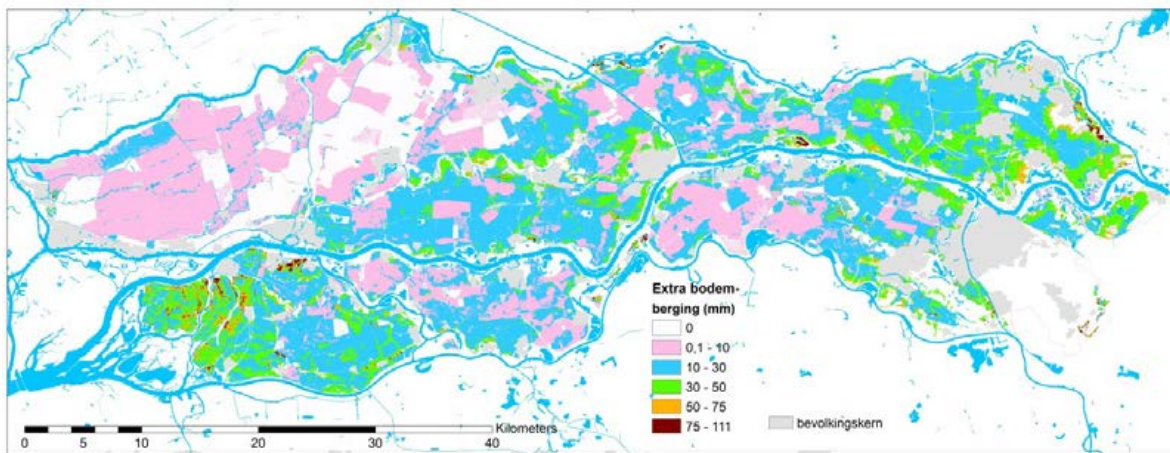
## 4.2 Resultaten

De extra voorraadberging door de peilverhoging die in Figuur 4.3 staat afgebeeld, manifesteert zich in het oppervlaktewater en in de onverzadigde zone. De hoeveelheid extra berging is berekend uit het verschil tussen de berging zonder en de berging met peilverhoging. Voor het oppervlaktewater is – conform de methode die bij de piekberging in hoofdstuk 3 is besproken – rekening gehouden met de dimensies en het talud van de waterlopen. De bodembergingen boven de droogleggingsniveau's zijn

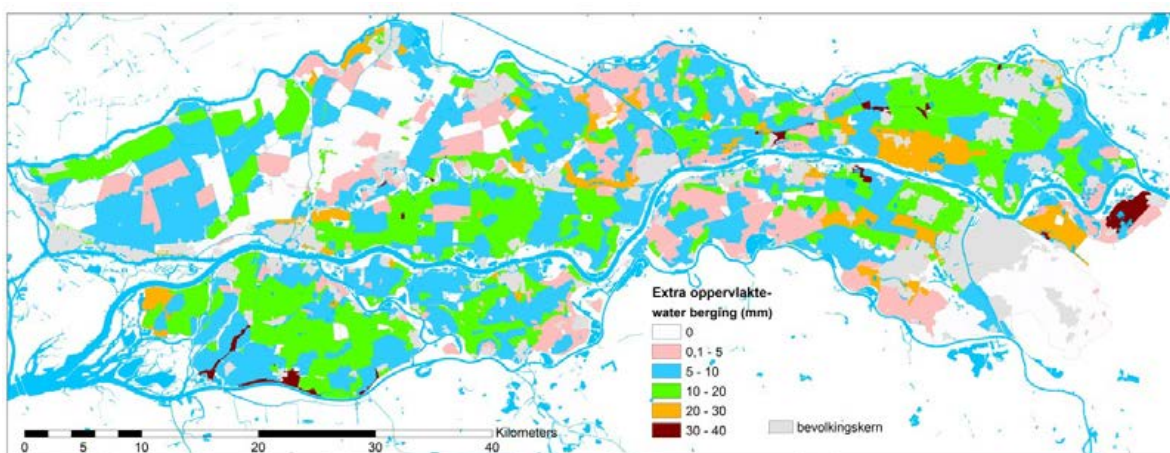
berekend met het programma ZEUS voor een evenwichtsvochtsituatie (Wesseling *et al.*, in prep.). Voor de profielopbouw is de bodemkaart gebruikt (Wösten, 2012) en voor de bodemfysische eigenschappen de Staringreeks (Wösten *et al.*, 2012). De extra bodembergings staat in Figuur 4.4. en de berging in het oppervlaktewater in Figuur 4.5. De extra oppervlaktewaterbergings is per peileenheden gegeven, omdat de waterlopen binnen een peileenheden met elkaar in verbinding staan waardoor verschillen nivelleren. Het kan zinvol zijn om de watervoorraad in kubieke meters te berekenen (= hoeveelheid x oppervlakte), bijvoorbeeld als de watervoorraad in andere peileenheden wordt ingezet.

De extra berging in de onverzadigde zone in Figuur 4.4 is niet als gemiddelde per peilvak berekend, omdat die alleen lokaal beschikbaar is voor de vegetatie.

In de oeverwallen in de Over-Betuwe, maar ook in het land van Heusden en Altena (Figuur 1.1), liggen kansen voor extra waterbergings in de bodem. De mogelijkheden voor berging in het oppervlaktewater worden naast de beschikbare peilverhoging mede bepaald door de dichtheid aan waterlopen. De dichtheid is erg groot in het laagveengebied, maar daar zijn nauwelijks mogelijkheden om het peil op te zetten. De totaal beschikbare extra voorraadbearing in bodem en oppervlaktewater is gesommeerd (Figuur 4.6).



**Figuur 4.4** Extra voorraadbearing in de bodem door het opzetten van het peil.



**Figuur 4.5** Extra voorraadbearing in het oppervlaktewater door het opzetten van het peil.

Voor de gemeenten in Rivierenland (Figuur 3.8) zijn in Tabel 4.1 de maximale berging in bodem en oppervlaktewater gegeven. Een grote hoeveelheid in kubieke meters kan samenhangen met de grootte van het buitengebied, bijvoorbeeld in de gemeente Molenwaard. Grote hoeveelheden die extra

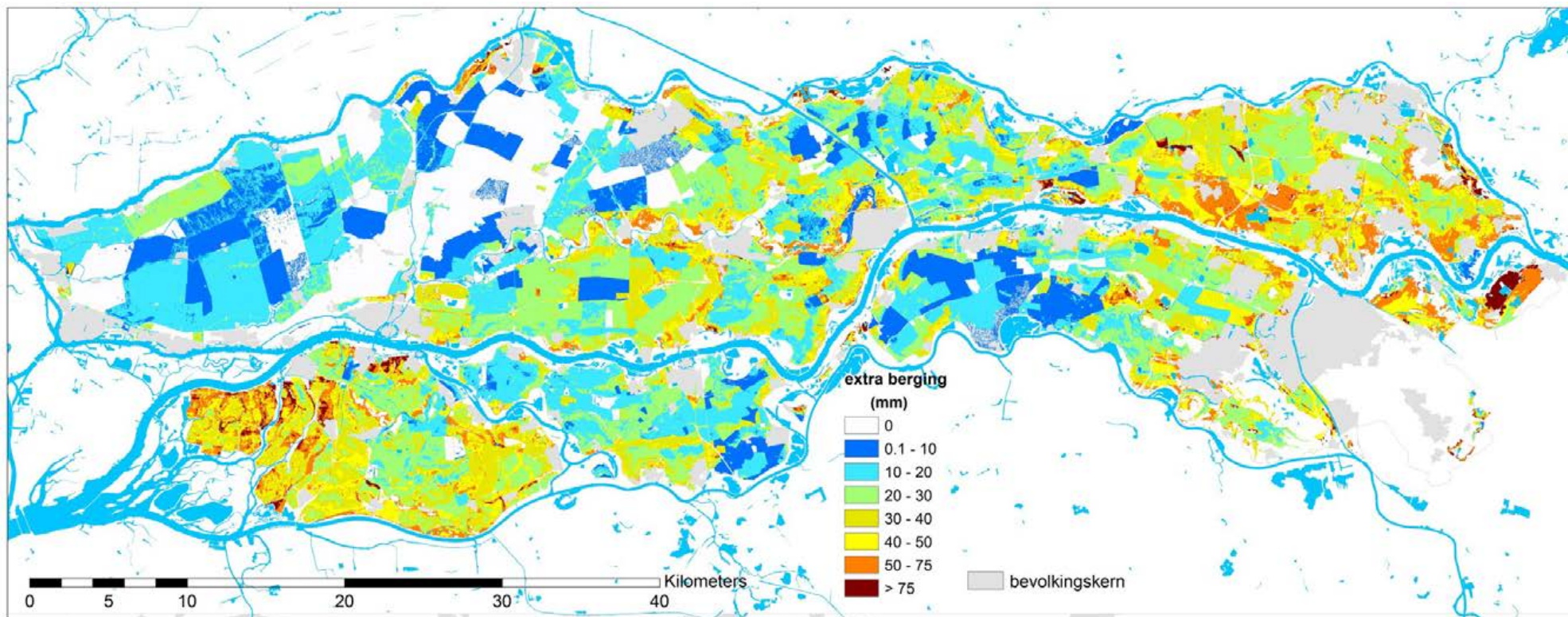
beschikbaar zijn in het oppervlaktewatersysteem kunnen binnen de gemeente of tussen de peileenheden herverdeeld worden. De hoeveelheid in millimeters geeft een indruk van de extra hoeveelheid die in droge perioden benut kan worden door landbouwgewassen. In de gemeenten Zederik, Leerdam, Giessendam en Wageningen is dat, voor zover ze in Rivierenland liggen, minimaal. In de gemeenten Millingen aan de Rijn, Ubbergen en Nijmegen die rond de stuwwal bij Nijmegen liggen en bij de gemeenten Lingewaard, Overbetuwe, Arnhem(-Zuid) en Werkendam gaat het om een substantiële hoeveelheid van 40 mm of meer.

Tabel 4.1

*Maximale hoeveelheden die extra in bodem en oppervlaktewater in Rivierenland geborgen kunnen worden door het opzetten van het peil.*

| code | Gemeente               | oppervlakte |      |           | maximale voorraadberging |                                     |                  |                                     |                    |                                     |
|------|------------------------|-------------|------|-----------|--------------------------|-------------------------------------|------------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------------------------|
|      |                        | totaal *)   |      | kernen *) | bodem                    |                                     | oppervlaktewater |                                     | bodem en opp.water |                                     |
|      |                        | (ha)        | (%)  |           | (mm)                     | (x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | (mm)             | (x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | (mm)               | (x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) |
| 1    | Lingewaard             | 5037        | 232  | 5         | 14                       | 604                                 | 10               | 423                                 | 23                 | 1026                                |
| 2    | Druuten                | 3327        | 481  | 14        | 12                       | 307                                 | 7                | 183                                 | 18                 | 490                                 |
| 3    | Ubbergen               | 3045        | 192  | 6         | 30                       | 522                                 | 30               | 527                                 | 59                 | 1048                                |
| 4    | Heumen                 | 2481        | 382  | 15        | 32                       | 289                                 | 3                | 26                                  | 35                 | 315                                 |
| 5    | Neerijnen              | 5654        | 325  | 6         | 18                       | 947                                 | 10               | 502                                 | 28                 | 1449                                |
| 6    | Vianen                 | 3864        | 497  | 13        | 6                        | 178                                 | 4                | 111                                 | 10                 | 289                                 |
| 7    | Arnhem                 | 2044        | 1519 | 74        | 27                       | 88                                  | 14               | 44                                  | 41                 | 131                                 |
| 8    | Leerdam                | 3443        | 388  | 11        | 2                        | 57                                  | 2                | 44                                  | 4                  | 102                                 |
| 9    | Molenwaard             | 12078       | 433  | 4         | 5                        | 516                                 | 7                | 742                                 | 11                 | 1258                                |
| 10   | Woudrichem             | 4810        | 359  | 7         | 22                       | 892                                 | 10               | 404                                 | 32                 | 1296                                |
| 11   | Aalburg                | 4742        | 279  | 6         | 25                       | 1044                                | 10               | 424                                 | 35                 | 1467                                |
| 12   | Alblasserdam           | 886         | 380  | 43        | 10                       | 35                                  | 6                | 22                                  | 16                 | 58                                  |
| 13   | Giessenlanden          | 6510        | 215  | 3         | 4                        | 219                                 | 4                | 238                                 | 8                  | 457                                 |
| 14   | Wijchen                | 6417        | 1299 | 20        | 22                       | 765                                 | 10               | 344                                 | 32                 | 1109                                |
| 15   | Zederik                | 7379        | 231  | 3         | 3                        | 208                                 | 4                | 248                                 | 7                  | 456                                 |
| 16   | Hardinxveld-Giessendam | 1601        | 319  | 20        | 5                        | 48                                  | 5                | 57                                  | 10                 | 104                                 |
| 17   | Culemborg              | 2784        | 719  | 26        | 9                        | 184                                 | 6                | 113                                 | 15                 | 297                                 |
| 18   | Geldermalsen           | 10173       | 761  | 7         | 14                       | 1264                                | 8                | 687                                 | 22                 | 1951                                |
| 19   | Nijmegen               | 5052        | 3835 | 76        | 31                       | 263                                 | 12               | 105                                 | 43                 | 367                                 |
| 20   | Overbetuwe             | 10376       | 1155 | 11        | 25                       | 2168                                | 14               | 1194                                | 39                 | 3361                                |
| 21   | Tiel                   | 3207        | 862  | 27        | 22                       | 445                                 | 11               | 212                                 | 33                 | 656                                 |
| 22   | Beuningen              | 3986        | 648  | 16        | 20                       | 618                                 | 12               | 382                                 | 32                 | 1000                                |
| 23   | Millingen aan de Rijn  | 631         | 145  | 23        | 31                       | 59                                  | 31               | 59                                  | 61                 | 118                                 |
| 24   | Neder-Betuwe           | 5638        | 425  | 8         | 19                       | 870                                 | 10               | 433                                 | 29                 | 1304                                |
| 25   | Papendrecht            | 964         | 707  | 73        | 5                        | 11                                  | 6                | 15                                  | 11                 | 26                                  |
| 26   | Wageningen             | 55          | 0    | 0         | 4                        | 2                                   | 1                | 1                                   | 5                  | 3                                   |
| 27   | Buren                  | 13066       | 492  | 4         | 17                       | 1884                                | 7                | 805                                 | 24                 | 2689                                |
| 28   | Gorinchem              | 1745        | 801  | 46        | 12                       | 85                                  | 9                | 63                                  | 20                 | 147                                 |
| 29   | Werkendam              | 8794        | 601  | 7         | 32                       | 2464                                | 10               | 775                                 | 42                 | 3238                                |
| 30   | Lingewaard             | 6004        | 919  | 15        | 32                       | 1225                                | 9                | 327                                 | 41                 | 1552                                |
| 32   | Maasdriel              | 5226        | 584  | 11        | 14                       | 590                                 | 7                | 286                                 | 21                 | 876                                 |
| 33   | Groesbeek              | 4397        | 577  | 13        | 29                       | 66                                  | 0                | 0                                   | 30                 | 67                                  |
| 34   | Sliedrecht             | 1294        | 403  | 31        | 7                        | 53                                  | 7                | 54                                  | 14                 | 106                                 |
| 35   | West Maas en Waal      | 6720        | 508  | 8         | 10                       | 565                                 | 5                | 300                                 | 15                 | 864                                 |
| 36   | Zaltbommel             | 6406        | 658  | 10        | 11                       | 606                                 | 8                | 426                                 | 19                 | 1032                                |

\*) binnen rivierenland



**Figuur 4.6** Extra voorraadberging in bodem en oppervlaktewater in Rivierenland door het opzetten van het peil.

## 5 Integratie

Het combineren van piek- en voorraadberging in eenzelfde gebied beperkt niet alleen het ruimtebeslag voor de bergingsgebieden zelf en voor de waterlopen voor de toe- en afvoer, vaak zijn ook andere functies in dergelijke gebieden mogelijk, bijvoorbeeld waterzuivering, winning biomassa en recreatie. Voor het benutten van bergingsgebieden voor zowel piekberging als voorraadberging is anticiperen op verwachte natte en droge perioden noodzakelijk. Daarmee kan worden voorkomen dat juist een watervoorraad is opgebouwd voor een droge periode als er ook kans is op zware onweersbuien. In het RichWaterWorld project zijn de mogelijkheden van gecombineerde voorraad- en piekberging uitgewerkt door gebruik te maken van de weersverwachting voor de komende vijftien dagen (met voor de eerste twee dagen per uur de verwachte piekneerslag op grond van beelden van de buienradar), plus de verwachte rivierstanden, plus de actuele vochttoestand (grondwaterstand en bodemvocht). De vochttoestand wordt op een referentiepunt gemeten middels sensoren (Figuur 5.1) (Jansen *et al.*, 2014). Dit project heeft aangetoond dat deze innovatieve aanpak effectief is en dat opschaling interessant kan zijn.



**Figuur 5.1** Verzamelde inputparameters voor de berekeningen waaruit een advies volgt voor het wel of niet preventief ingrijpen in de waterhuishouding van een waterberginggebied.

Voor het gros van de gebieden zal bij voorraadberging de bergingsfunctie ondergeschikt zijn aan de hoofdfunctie van een gebied. Het opbouwen van een strategische watervoorraad zal tot een niveau kunnen plaatsvinden waarop hoofdfuncties (vrijwel) geen schade ondervinden. Een gebied dat geschikt is voor voorraadberging is vaak vanwege kans op natschade minder geschikt voor piekberging, bijvoorbeeld als het om een akkerbouw- of fruitteeltgebied gaat. Omgekeerd is een gebied dat geschikt is voor piekberging vaak ook inzetbaar voor voorraadberging, mits de bergingscapaciteit voor piekberging geheel kan worden benut wanneer dat nodig is. Het ruimtegebruik in het gebied zelf is in de regel extensief en daardoor minder kwetsbaar voor peilfluctuaties. In dit hoofdstuk wordt gekeken welke randvoorwaarden voor piekberging en voorraadberging elkaar overlappen en welke gebieden voor beide functies geschikt zijn.

Bij het opzetten van het peil bij voorraadberging wordt in deze studie uitgegaan van gecombineerde berging in bodem en oppervlaktewater. Berging uitsluitend in de bodem c.q. onverzadigde zone, bijvoorbeeld met regelbare drainage waarbij het slootpeil gelijk blijft, is in deze studie niet nader uitgewerkt. In het kader van het project RichWaterWorld is wel de verkenning uitgevoerd 'Kansrijke gebieden in Park Lingezegen voor waterberging in de bodem' (Stuyt *et al.*, 2014). In Rivierenland komen vooral kleigronden voor die minder geschikt zijn voor waterberging, maar vaak wordt wel voldaan aan het criterium van een voldoende grote drooglegging die ook nodig is voor succesvolle toepassing van waterberging met regelbare drainage. In bijlage 2 staat een samenvatting van het verslag van die verkenning.

## 5.1 Gebieden voor gecombineerde piek- en voorraadberging

Voor de geschiktheid van gebieden voor gecombineerde piek- en voorraadberging is de geschiktheid voor piekberging (Figuur 3.7) gecombineerd met de maximale bergingscapaciteit voor voorraadberging (Figuur 4.6). Hiervoor is de klasse-indeling uit Tabel 5.1 gebruikt. Bij de voorraadberging is uitgegaan van een agrarische functie, zonder verder onderscheid te maken in gewassen. In de praktijk vraagt fruitteelt om een grotere drooglegging dan grasland. In meer gedetailleerde studies kan daar rekening mee worden gehouden, hier is in algemene zin verondersteld dat het niet te nat mag worden in verband met natschade. Voor een gebied dat is aangewezen voor piekberging zal natschade ondergeschikt zijn aan de functie van het gebied. Bij de combinatie van piek- en voorraadberging is daar in Tabel 5.1 rekening mee gehouden. Een gebied dat matig geschikt is voor piekberging maar geschikt voor voorraadberging, blijft voor de combinatie van beide matig geschikt. Bij de voorraadberging is met bodem- en oppervlaktewaterberging rekening gehouden. Oppervlaktewaterberging is wat hoger gewaardeerd dan bodemberging, omdat het vaak sneller kan worden aangevuld door de afvoer te blokkeren of water in te laten en omdat het water ook elders ingezet kan worden. Bodemberging is afhankelijk van neerslag en de infiltratiesnelheid vanuit de sloten.

Tabel 5.1

*Indeling van klassen van geschiktheid voor gecombineerde piek- en voorraadberging.*

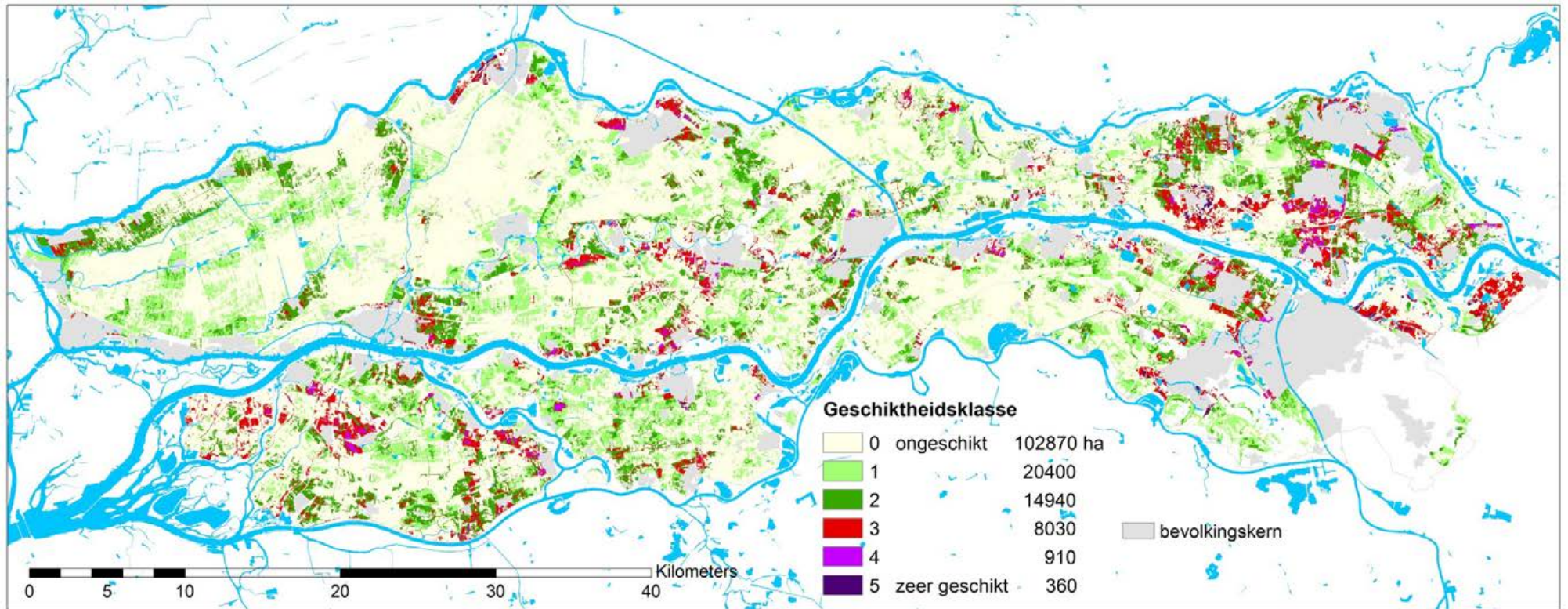
| voorraadberging    |            | piekberging |                    |                 |
|--------------------|------------|-------------|--------------------|-----------------|
| oppervlaktew. (mm) | bodem (mm) | geschikt *) | matig geschikt **) | ongeschikt ***) |
| > 20               | > 20       | 5           | 3                  | 0               |
| 10 - 20            | > 20       | 4           | 3                  | 0               |
| 10 - 20            | < 20       | 3           | 2                  | 0               |
| 5 - 10             | > 20       | 3           | 2                  | 0               |
| 5 - 10             | < 20       | 2           | 1                  | 0               |
| < 5                | > 20       | 2           | 1                  | 0               |
| < 5                | < 20       | 1           | 0                  | 0               |

\*) klassen 9 en 10 in figuur 3.7

\*\*\*) klassen 7 en 8

\*\*\*\*) klassen 1-6

Het eindresultaat staat afgebeeld in Figuur 5.2. Het overgrote deel van Rivierenland is niet of zeer matig geschikt om voor zowel piek- als voorraadberging te dienen (klassen 0, 1, 2). Slechts een kleine oppervlakte (360 ha) is zeer geschikt voor beide (klasse 5). Die gebieden liggen versnipperd over grote delen van Rivierenland, maar ze liggen wel in gebieden die geschikt tot matig geschikt zijn (klassen 3 en 4), waardoor meerdere grotere vlakken goede perspectieven bieden. Veel daarvan hebben een gunstige ligging rond de bebouwingskernen in de Over- en Neder-Betuwe en bij plaatsen als Culemborg, Geldermalsen, Nieuwendijk, Andel en Beuningen. De oppervlakte die geschikt of matig geschikt is, bedraagt ongeveer 9400 ha.



**Figuur 5.2** Geschiktheidsklassen van gebieden in Rivierenland voor het combineren van piek- en voorraadberging.



---

## 5.2 Gecombineerde berging voor adaptief waterbeheer

Waterschap Rivierenland ziet zich geconfronteerd met de gevolgen van klimaatverandering waardoor enerzijds de verdamping toeneemt en de periodes met droogte en verminderde aanvoer van rivierwater langer worden, terwijl anderzijds de neerslagintensiteit toeneemt waardoor afvoergolven groter worden. Een andere factor die een rol speelt, is de intensivering van het landgebruik. Hierdoor stijgt de vraag naar zoet water. Dat zal vaak gebeuren op de momenten dat het aanbod van de rivieren afneemt. Ook wordt een toename van verzilting verwacht van de Lek en de Noord. Het waterschap is daarom bezig met het vergroten van het aandeel water waarmee het rivierengebied zelf in de waterbehoefte kan voorzien, om de afhankelijkheid van waterinlaat vanuit de rivieren te verminderen.

Het doel van waterschap Rivierenland is dat het watersysteem in 2050 robuust en klimaatbestendig is en het watersysteem voldoende veerkracht heeft om extremen in wateraanbod op te vangen. In 2018 voldoet het watersysteem aan de provinciale normen voor wateroverlast, waarbij wordt uitgegaan van het huidige klimaat (Waterschap Rivierenland, 2015).

Maatregelen die het waterschap tot 2021 neemt, zijn o.a.:

- optimaliseren van de verdeling van zoetwater in het regionale watersysteem;
- tijdelijk flexibiliseren van peilen om voorraden op te bouwen;
- aanpassen inlaatwerken;
- bevorderen efficiënt beregenen;
- onderzoeken duurzaam gebruik van grondwater;
- samenwerking met gemeenten en provincies aan gebiedsontwikkelingen in Overbetuwe en Land van Heusden en Altena en omgeving Nijmegen;
- verkenning problemen oostelijk deel van Land van Maas en Waal, in verband met watertekort en onvoldoende waterkwaliteit;
- voor stedelijke gebieden werkt waterschap mee aan ruimtelijke adaptatie en worden stedelijke uitbreidingen grondwaterneutraal gebouwd.

Voor vrijwel al deze punten kan het kaartmateriaal uit deze studie een eerste hulpmiddel zijn.

---

## 6 Conclusies en aanbevelingen

### **Piekberging**

In Rivierenland is op grond van de afstand tot bebouwingkernen, de lage ligging binnen peileenheden en de economische waarde van de grond 5500 ha (3%) van de oppervlakte geschikt voor piekberging, 31500 ha (21%) matig geschikt en 133000 ha (65%) ongeschikt<sup>4</sup>.

Voor de piekberging zijn geen hoeveelheden berekend die daadwerkelijk geborgen kunnen worden, omdat ook andere factoren meespelen: krijgt een gebied een bestemming als moeras of open water waar het peil een meter mag worden opgezet of wordt gekozen voor een weiland dat gedurende korte tijd maar met een paar decimeter mag inunderen?

Door de randvoorwaarden zijn fruitteeltgebieden en gebieden die ver van stedelijke bebouwing liggen minder of ongeschikt of minder aantrekkelijk voor piekberging. De geschikte gebieden zijn vaak beperkt van omvang, maar met een forse waterlaag kan de bergingscapaciteit toch groot zijn<sup>5</sup>. Door ontgraving, zoals in Park Lingezege, kan de bergingscapaciteit verder vergroot worden.

### **Voorraadberging**

Door het peil in de waterlopen tijdelijk zo ver op te zetten dat de gewassen (nog) geen natschade oplopen, kan een extra hoeveelheid water in de onverzadigde zone van de bodem en in het oppervlaktewater worden geborgen. In het oppervlaktewater kan (gebiedsdekkend) 8 mm (10600 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>) extra worden vastgehouden. In het voorjaar kan dat door het water in de bodem, die dan normaliter nat is, vast te houden, of na een droge periode door peilverhoging, waardoor infiltratie vanuit de waterlopen en neerslag voor een extra voorraad water in de onverzadigde zone zorgen. In heel Rivierenland gaat het om circa de dubbele hoeveelheid als in de waterlopen, 16 mm (20100 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>).

De mogelijkheden voor voorraadberging binnen Rivierenland laten grote verschillen zien. In de veengebieden in de Alblasserwaard zijn de mogelijkheden vaak nihil, ondanks dat die gebieden rijk voorzien zijn van sloten en greppels. Het polderpeil is daar al dusdanig hoog dat het verder opzetten zonder natschade niet mogelijk is, tenzij gebruik wordt gemaakt van additionele maatregelen zoals onderwaterdrains of peilgestuurde drainage.

Water dat in het oppervlaktewatersysteem geborgen is, kan via het waterlopenstelsel eenvoudig naar elders in het peilgebied of daarbuiten worden getransporteerd om daar te worden ingezet. De berging in de onverzadigde zone kan alleen lokaal door de vegetatie opgenomen worden.

### **Gebieden voor piek- en voorraadberging**

Gebieden voor piekberging in het buitengebied om stedelijke gebieden te ontlasten, zijn bij voorkeur gesitueerd in lage delen van polders direct grenzend aan stedelijke gebieden. Mogelijkheden voor voorraadberging zullen vooral gezocht moeten worden in gebieden waar veel peilfluctuatie mogelijk is zonder substantiële natschade, zoals in bestaande en verlaten riviersystemen (oeverwallen), die van nature een hoger maaiveld hebben. Het landgebruik, bijv. fruitteelt, kan verder beperkingen opleggen aan de mogelijkheden om het peil periodiek te verhogen. Dit maakt dat de combinatie van beide vormen van berging slechts in 360 ha zeer goed en in 910 ha goed mogelijk is. Samen met de oppervlakte 'redelijk' zou in 9400 ha de combinatie van piek- en voorraadberging mogelijk zijn. In gebieden waar piek- en voorraadberging gecombineerd worden, zal een flexibel peilbeheer moeten worden toegepast om voldoende bergingscapaciteit vrij te maken voor alternerend piek- of

---

<sup>4</sup> 13% bestaat uit bebouwingkernen.

<sup>5</sup> In twee bergingsgebieden in Het Waterrijk bij Arnhem-Zuid van 52 ha en 41 ha kan (uitgaande van het laagst toegestane peil) respectievelijk ca. 170 000 en 240 000 m<sup>3</sup> water worden geborgen.

---

voorraadberging. Anticiperen op de neerslagverwachting en het peil in de grote rivieren, waarvoor in het rapport 'Waterberging in Het Waterrijk' (Jansen *et al.*, 2014) een methode is uitgewerkt, zal dan noodzakelijk zijn.

### **Kanttekeningen**

In deze studie is verondersteld dat afvoer op buitenwater (de grote rivieren) niet of onvoldoende mogelijk is, waardoor piekberging nodig is om wateroverlast te voorkomen. Er is niet gekeken of en zo ja welke delen van Rivierenland geschikt zijn om de afvoer van de rivieren zelf te ontlasten door daar rivierwater in te laten.

Verlaging van het bestaande maaiveld door afgraven, zoals in Het Waterrijk is toegepast, kan extra bergingsruimte creëren. De bodem kan dan niet meer in de oude toestand worden teruggebracht. Bij de berekeningen van de voorraadberging is uitgegaan van het reguliere (zomer)peil en een evenwichtvochtsituatie in de onverzadigde zone. Het is onwaarschijnlijk dat met het opzetten van het peil er zo snel water vanuit de waterlopen in de bodem infiltreert dat binnen enkele dagen een nieuwe evenwichtvochtsituatie is bereikt. In de praktijk zal er aanvulling nodig zijn van neerslag. Het is de vraag of dat – er wordt tenslotte een droge periode verwacht – in voldoende mate plaatsvindt. Er zijn plekken waar tot meer dan 50 mm geborgen kan worden.

### **Toepassing**

Als waterbeheerder krijgt het waterschap door deze studie inzicht waar mogelijk kansen liggen voor extra voorraadvorming en voor piekberging. Ook voor andere waterschappen in laag-Nederland kan een dergelijke inventarisatie een eerste inzicht opleveren waar geschikte gebieden liggen. De analyse kan verder verfijnd worden, bijvoorbeeld door binnen het niveau van een peileenheid te kijken. Dan zou naar detaillering van de waterhuishoudkundige inrichting kunnen worden gekeken, bijvoorbeeld door het plaatsen van stuwen om in hogere delen van de polder het water tijdelijk op te zetten of door de toepassing van peilgestuurde drainage.

---

# Literatuur

- CBS, 2014. Bevolkingskernen in Nederland, 2014. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag. CBS.nl.
- CHR/KHR, 2007. Das Abflussregime des Rheins und seiner Nebenflüsse im 20. Jahrhundert. Analyse, Veränderungen. Trends. Bericht Nr. 1-22 der KHR/CHR.
- 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 Riviereengebied en het IJsseldal in de provincies Gelderland en Overijssel. Arnhem, Provincie Gelderland.
- Hillen, R. & R. Jorissen, 1995. River flooding and flood management in The Netherlands. Ministry of Transport Public Works and Water Management. MAFF Conference of River and Coastal Engineers, Keele University, Staffordshire, United Kingdom.
- Hoogvliet, M., L.C.P.M. Stuyt, P.J.T. van Bakel, J. Velstra, P. de Louw, H.T.L. Massop, L. Tolk, C. van Kempen en M. Nikkels, 2014. Methode voor het selecteren van lokale zoetwateroplossingen en het afwegen van hun effecten "Fresh Water Options Optimizer", Utrecht: Programmabureau Kennis voor Klimaat, Rapport/KvK 141.014.
- Jansen, P.C., H.T.L. Massop, A.A. Veldhuizen, M.H. Mulder & C. Kwakernaak, 2015. Waterberging in Het Waterrijk. Scenarioberekeningen naar piekberging en voorraadberging als opmaat voor een module voor anticiperend waterbeheer. Alterra-rapport 2667. Alterra Wageningen UR, Wageningen.
- Klijn, F. *et al.*, 2010. Overstromingsrisico's en droogterisico's in een veranderend klimaat. Deltares, rapport 1002565-000. [dtvirt35.deltares.nl/products/14119](http://dtvirt35.deltares.nl/products/14119)
- Kwakernaak, C., P. Jansen, M. van Kempen, F. Smolders & H. van Rheenen, 2015. A smart solution for flooding, drought and water pollution. H2O-november 2015. Water Matters, Knowledge Journal for Water Professionals.
- Massop, H.Th.L., 2014. Watersysteembeschrijving Overbetuwe. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2531.
- Stuyt, L.C P.M., P.C Jansen en H.T.L. Massop, 2014. Interne notitie: 'Kansrijke bergingsgebieden met drainage' Park Lingezege. Wageningen, Alterra Wageningen UR.
- Waterschap Rivierenland, 2015. Koers houden, kansen benutten, Waterbeheerprogramma 2016-2021.
- Waterschap Rivierenland, 2010. Waterbeheerplan 2010-2015. Werken aan een veilig en schoon Rivierenland. Hoofdrapport.
- Wösten, J.H.M., F. de Vries, T. Hoogland, H.T.L.Massop, A.A. Veldhuizen, H.R.J. Vroon, J.G. Wesseling, J. Heijckers en A. Bolman, 2013. BOFEK2012, de nieuwe bodemfysische schematisatie van Nederland. Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2387.
- [www.deltacommissaris.nl/documenten/publicaties/2014/09/16/deltaprogramma-2015-achtergronddocument-b2](http://www.deltacommissaris.nl/documenten/publicaties/2014/09/16/deltaprogramma-2015-achtergronddocument-b2)
- [www.kennisvoor.klimaat.nl](http://www.kennisvoor.klimaat.nl)

---

[www.knmi.nl](http://www.knmi.nl)

[www.orasveenweidegebieden.stowa.nl](http://www.orasveenweidegebieden.stowa.nl)

[www.richwaterworld.com](http://www.richwaterworld.com)

[www.waterschapRivierenland.nl/binaries/content/assets/wsrl---corporate/common/beleid/peilbesluiten/linge/toelichting-streefpeilbesluit-de-linge](http://www.waterschapRivierenland.nl/binaries/content/assets/wsrl---corporate/common/beleid/peilbesluiten/linge/toelichting-streefpeilbesluit-de-linge)

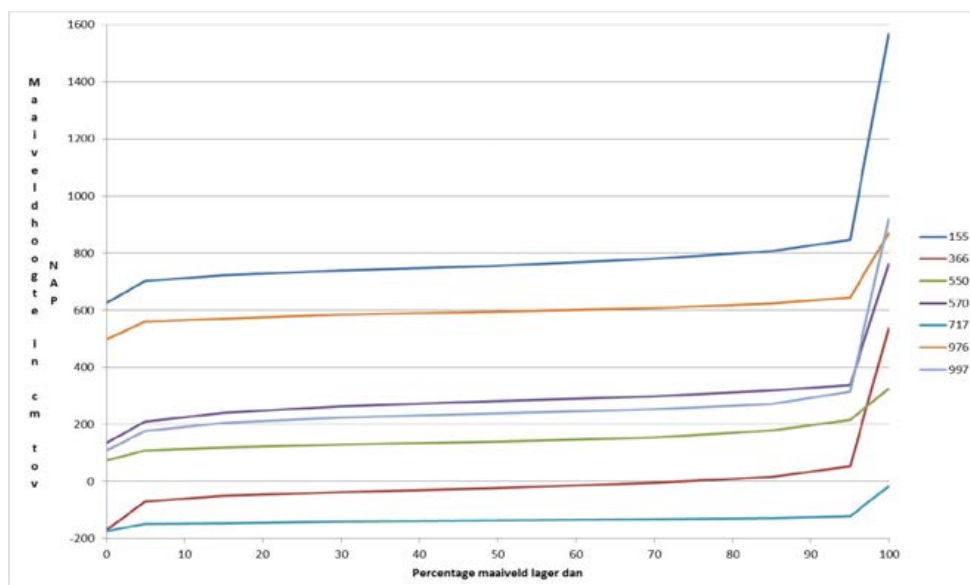
# Bijlage 1 De voorraadberging berekend uit de hoogteverdeling

Conform de werkwijze die in hoofdstuk 3 is beschreven, zijn de minimum- en maximumhoogte bepaald en daarnaast de maaiveldhoogte die door resp. 5%, 15%, 30%, 50%, 70%, 85% en 95% wordt onderschreden. Om de vorm van de hoogteverdeling te kunnen beoordelen, zijn de verdelingen van enkele willekeurig gekozen peilvakken met elkaar vergeleken (Figuur B1.1 en Figuur B1.2). De lijnen vertonen volgens verwachting een min of meer gelijk verloop. De laagste en hoogste 5% (5% en 95%) laten een groot hoogteverschil zien. Bij de laagste 5% wordt dat bijvoorbeeld veroorzaakt door sloten, en bij de hoogste 5% door dijken. In het overgrote gedeelte (90%) van de gebieden is het hoogteverschil veel kleiner.

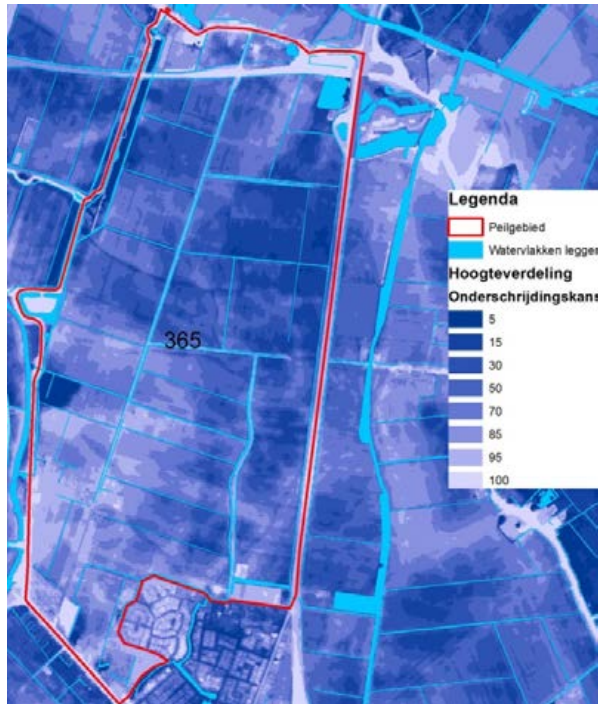


**Figuur B1.1** Geselecteerde peilvakken.

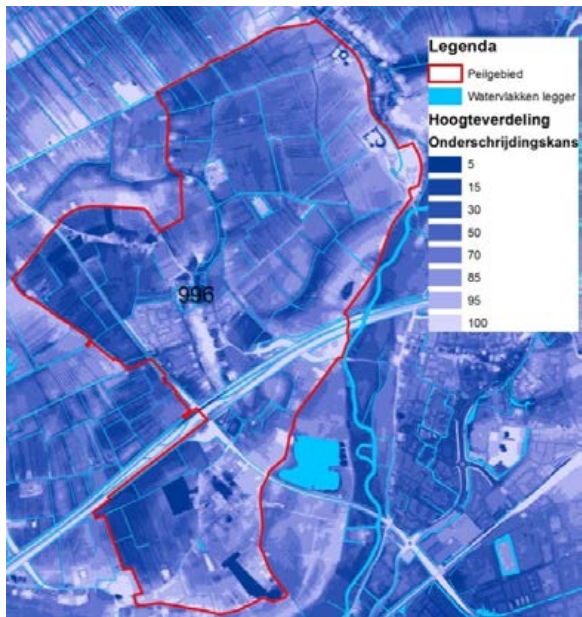
Voor de geselecteerde peilgebieden uit Figuur B1.1, zijn in Figuur B1.3 luchtfoto's van het gebied afgebeeld, samen met de hoogteverdeling en de ligging van de belangrijkste waterlopen. De verdeling van de waterlopen over de peilgebieden blijkt relatief gelijkmatig te zijn. In stedelijke gebieden is de dichtheid aan waterlopen vaak geringer. Voor de berekening van de beschikbare berging in het oppervlaktewater zijn, naast maaiveldhoogteverdeling per peilvak, ook de lengte aan waterlopen en de breedte ervan van belang. Met deze gegevens is een gemiddeld slootprofiel per peilvak berekend (Figuur B1.4).



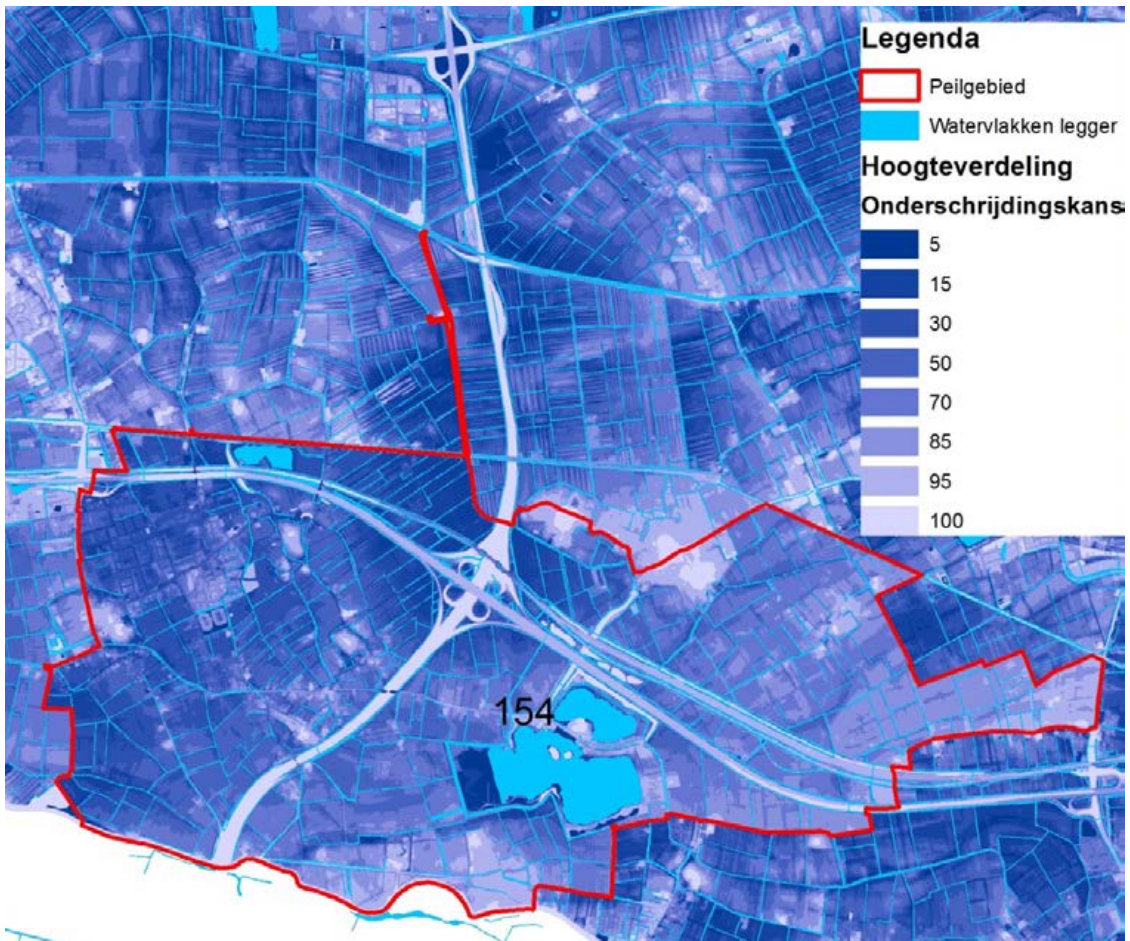
**Figuur B1.2** Hoogteverdeling van zeven peilvakken in Rivierenland.



Gebied 365

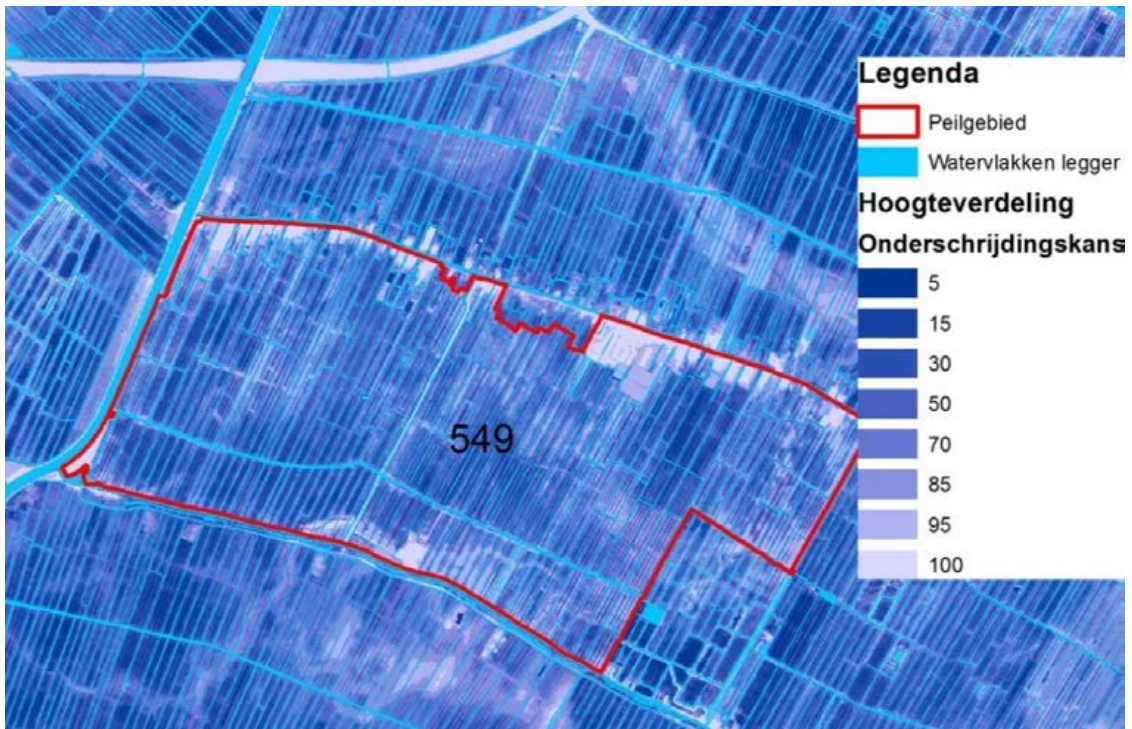


Gebied 996

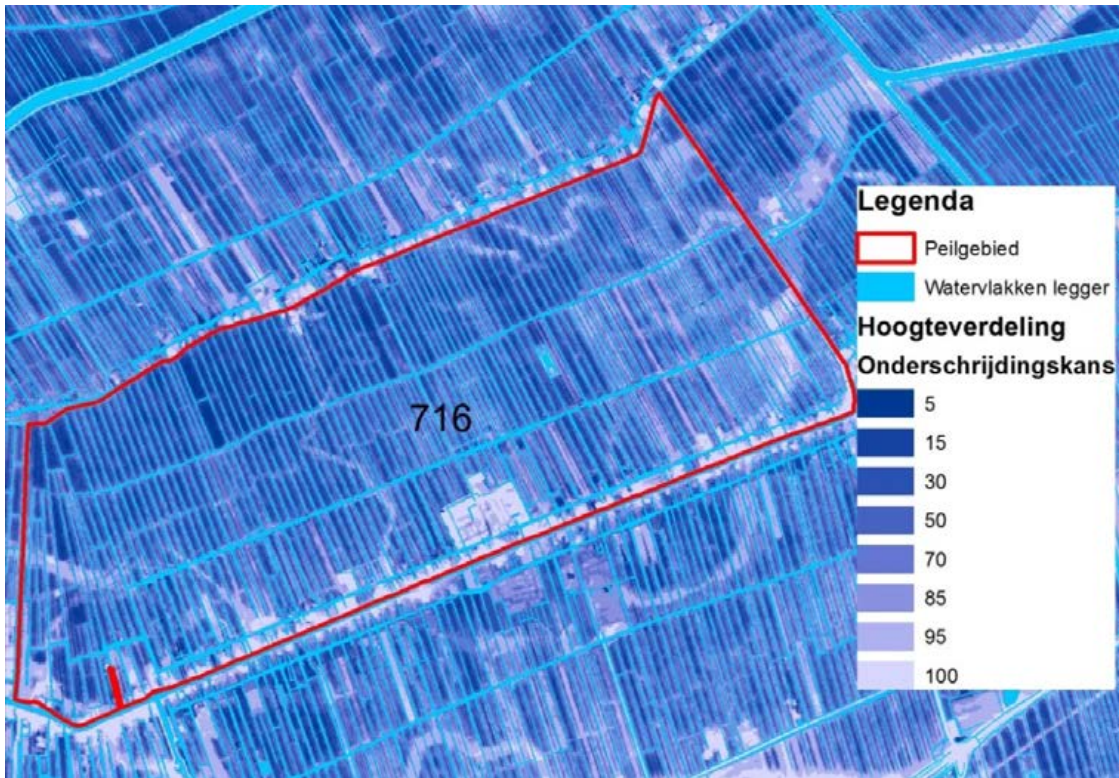
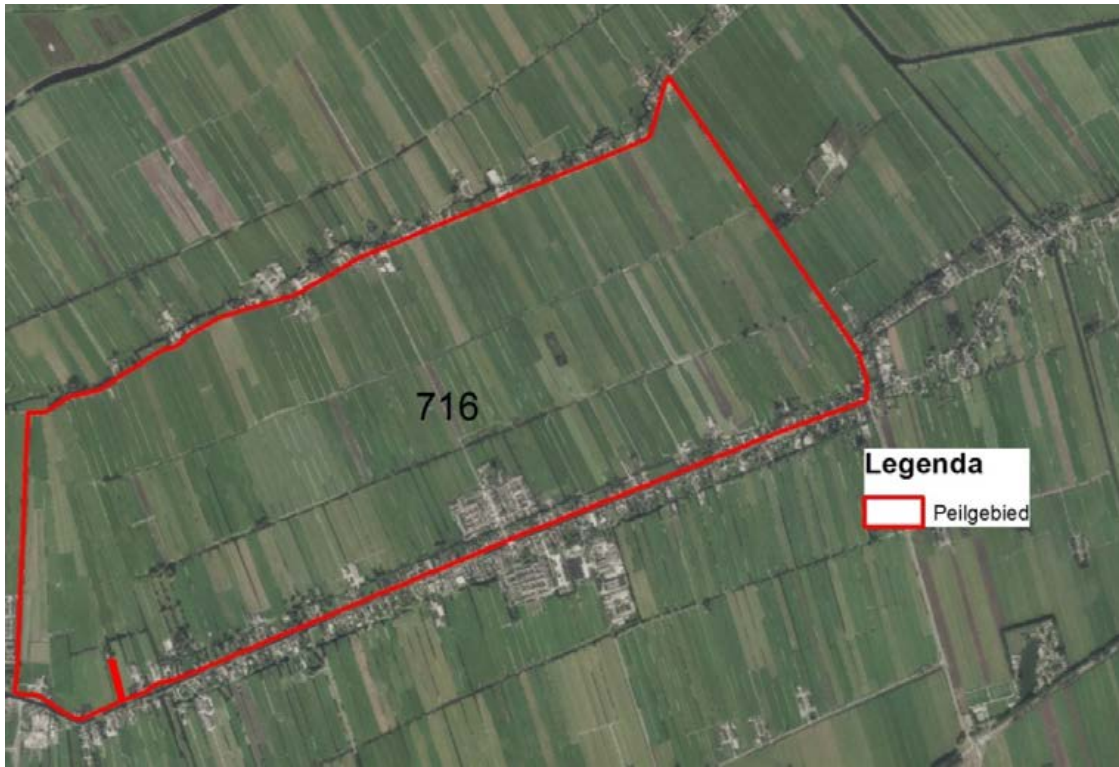


Gebied 154

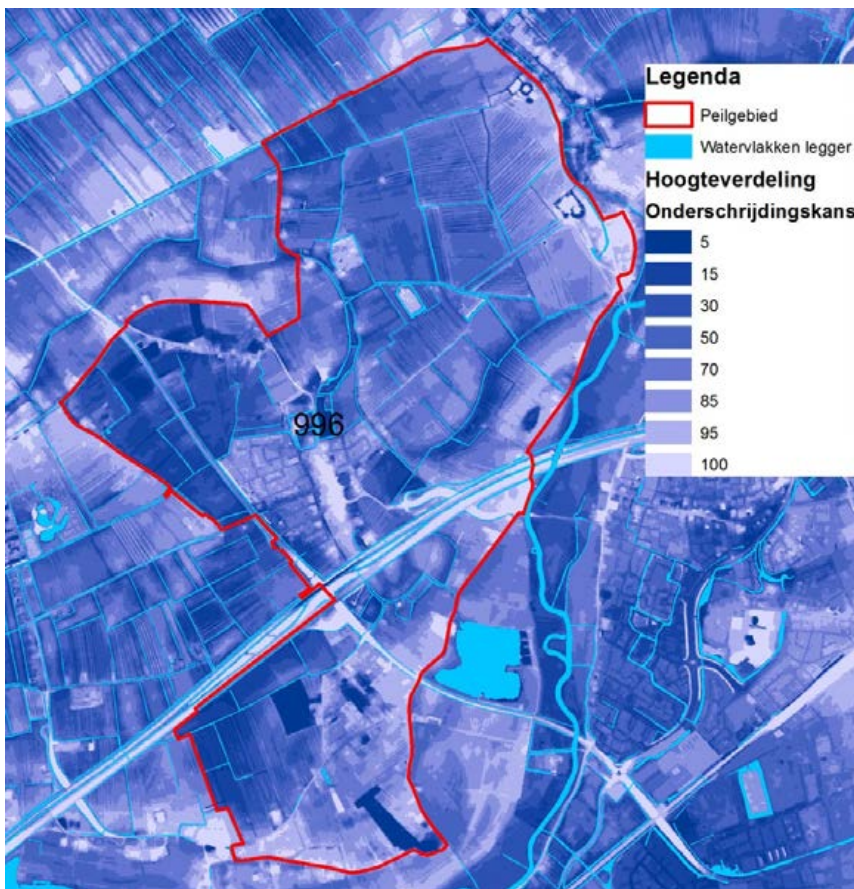
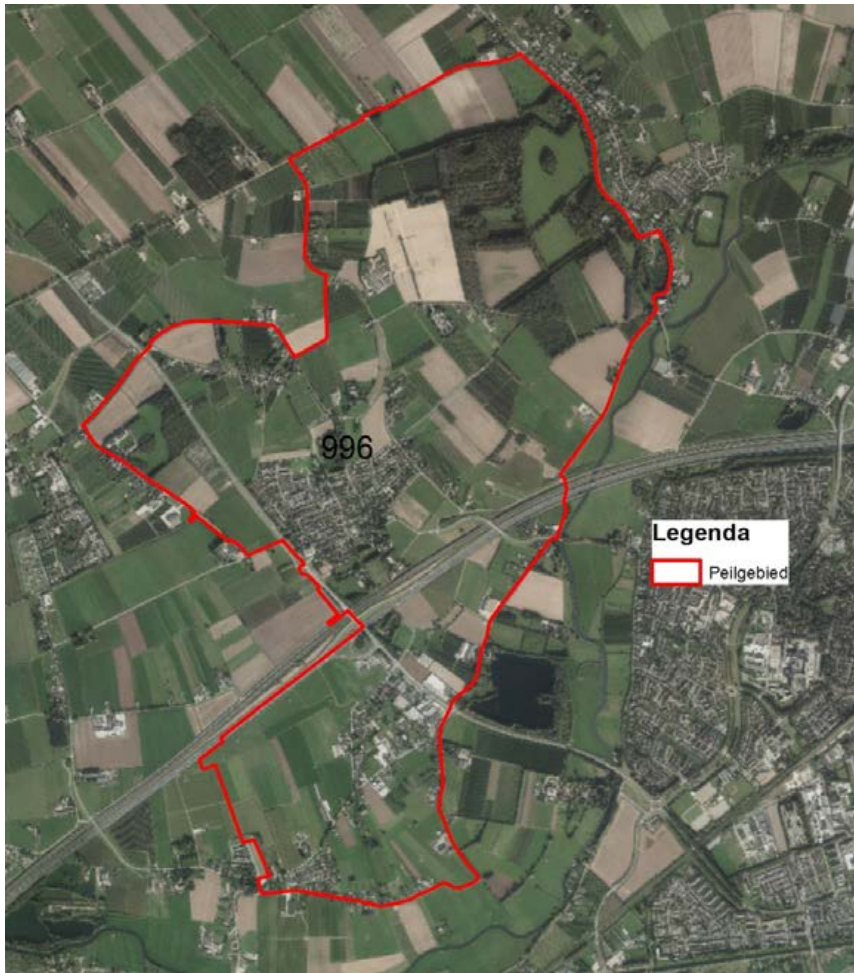




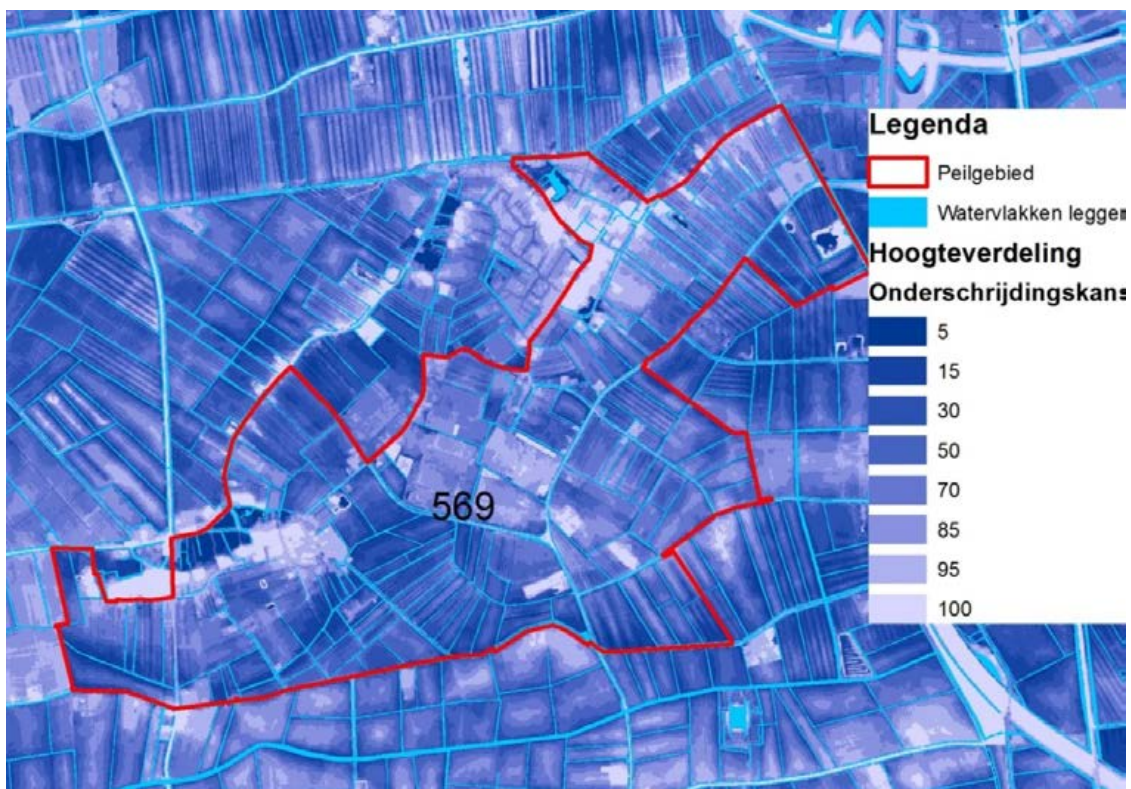
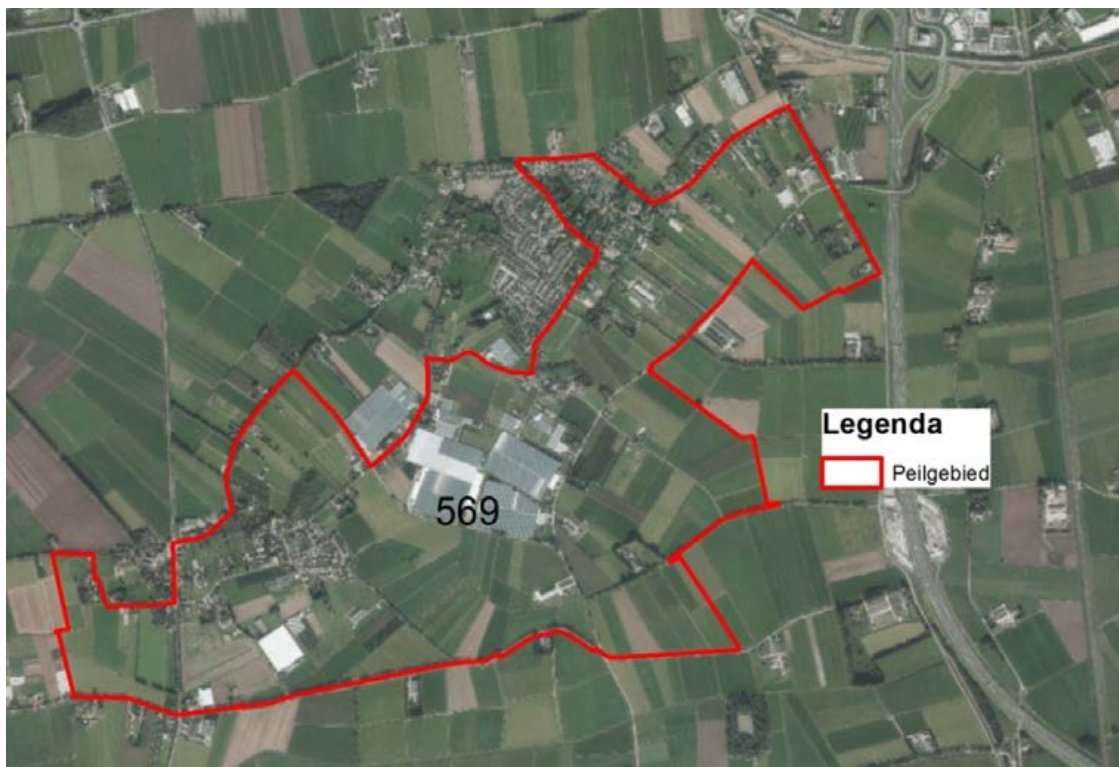
Gebied 549



Gebied 716



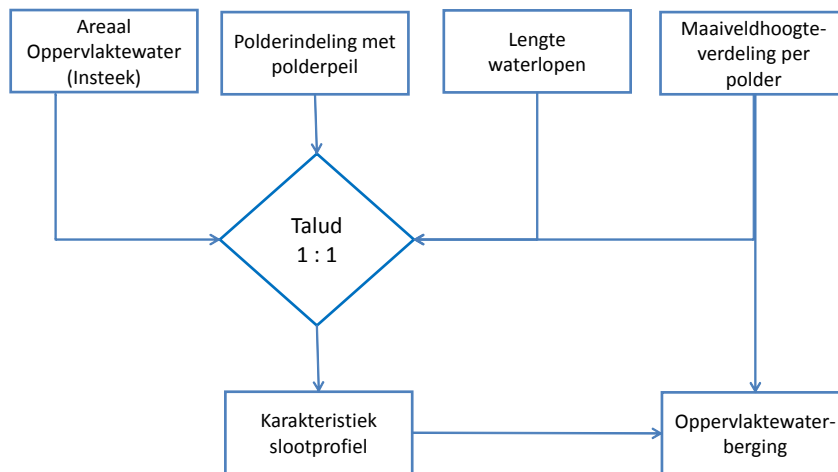
Gebied 996



Gebied 569

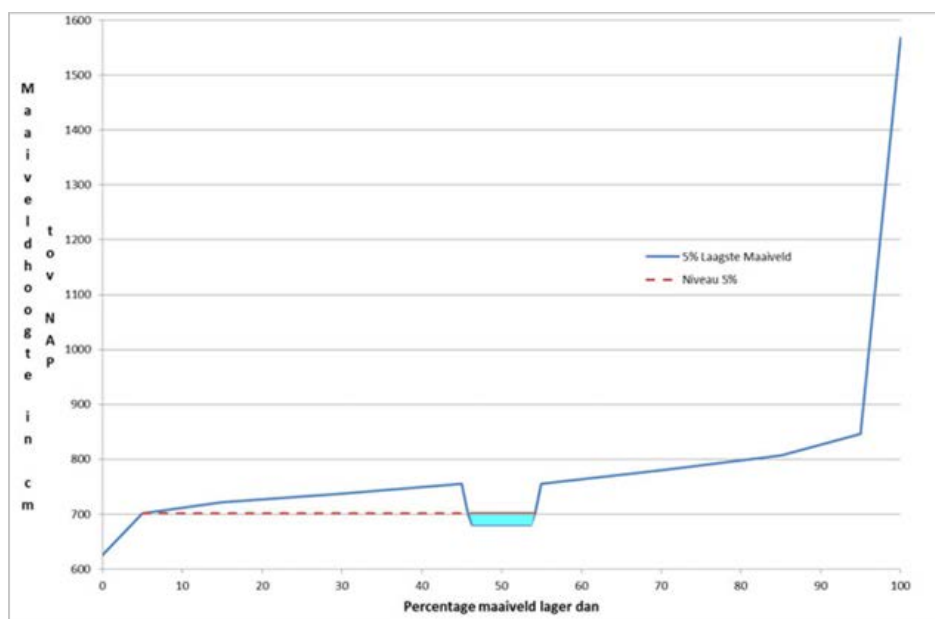
**Figuur B1.3** Luchtfoto's, hoogteverdeling en waterlopen van de peilvakken uit Figuur B1.1.

Voor de karakteristieke sloot per peilvak gaan we ervan uit dat de hoogte van het maaiveld bij de sloot overeenkomt met de gemiddelde maaiveldhoogte. Dit is mogelijk iets te 'gunstig', omdat sloten eerder op lagere plekken liggen dan op hogere plekken en omdat een deel van het areaal dat onder water staat niet is meegenomen in de oppervlakteverdeling. Voor het sloottalud nemen we aan een verhouding van 1 : 1.



**Figuur B1.4** Schematische weergave van de berekening van de oppervlaktewaterberging.

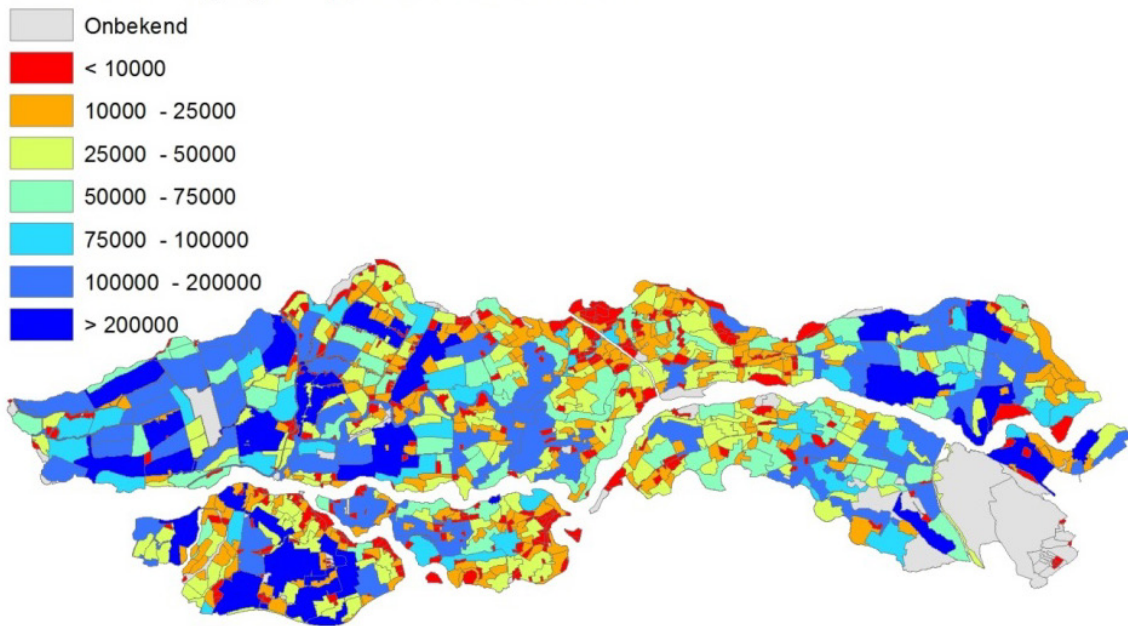
In Figuur B1.5 is de maaiveldhoogteverdeling voor peilvak 155 opengeknipt ter plaatse van het gemiddelde maaiveld en is ter plaatse schematisch een sloot weergegeven. De breedte van de sloot aan maaiveld is door het waterschap afgeleid aan de hand van luchtfoto's. Het polderpeil is bekend en op basis van het talud is de breedte op de waterspiegel berekend. Door aan te nemen dat de waterspiegel in de watergangen mag stijgen tot het niveau waarop het 5% laagste maaiveldhoogte gelijk is aan het waterpeil in de watergangen (rode lijn in Figuur B1.5), kan de potentieel beschikbare berging in het oppervlaktewater worden berekend.



**Figuur B1.5** Schematische weergave van de potentieel beschikbare berging oppervlaktewater.

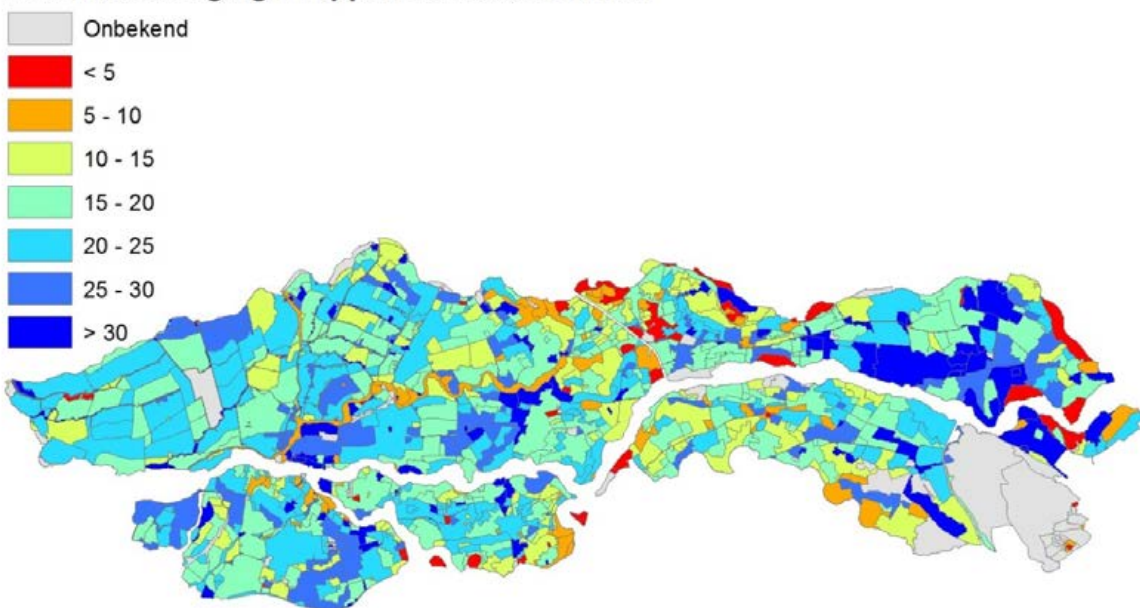
De hoeveelheid water die volgens deze methode kan worden opgebouwd in de peilvakken als het peil wordt opgezet tot het niveau van 5% van de laagste maaiveldhoogte, is afgebeeld in Figuur B1.6 en B1.7. In Figuur B1.6 staat de hoeveelheid in m<sup>3</sup> en in Figuur B1.7 in mm per peilgebied. De hoeveelheid hangt af van de oppervlakte aan waterlopen en de diepte van het peil ten opzichte van het maaiveld. Er zijn aanzienlijke verschillen in potentiële bergingsmogelijkheden tussen de peilgebieden. De mogelijkheden in de deelgebieden Beneden-Linge en Bommelerwaard (Figuur 1.1) zijn duidelijk beperkter dan in de rest van Rivierenland. Om de hoeveelheden enig perspectief te geven: de verdamping van een landbouwperceel (grasland, tarwe) kan in het voorjaar 3-5 mm/dag bedragen.

### Potentiele berging in oppervlaktewater in m<sup>3</sup>



**Figuur B1.6** Potentiële voorraadberging in het oppervlaktewater in m<sup>3</sup> per peilgebied.

### Potentiele berging in oppervlaktewater in mm



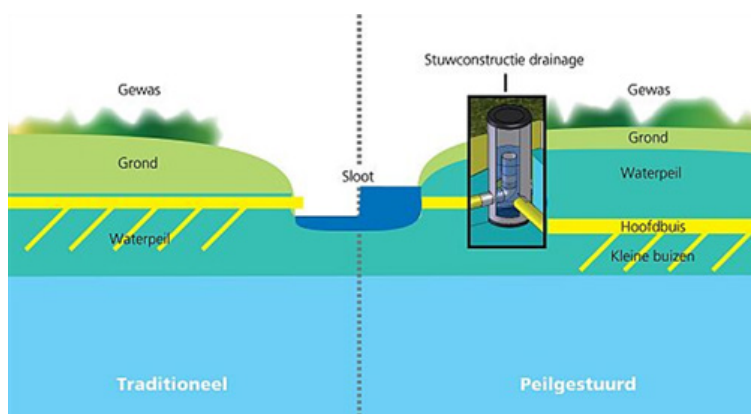
**Figuur B1.7** Potentiële voorraadberging in het oppervlaktewater in mm per peilgebied.

## Bijlage 2 Waterberging in de bodem van Park Lingezege

Naar: Stuyt, L.C.P.M., P.C Jansen en H.T.L. Massop, 2014

Onder verschillende voorwaarden is het mogelijk om het grondwaterpeil gedurende korte tijd te verhogen zonder dat de gewassen daar (veel) nadeel van ondervinden. Daarvoor is het wel nodig dat er regelbare drainage aanwezig is die een snelle waterbeweging naar en vanuit de percelen mogelijk maakt. De onverzadigde zone kan ook worden ingezet om neerslag tijdelijk te bergen en zo de afwatering van een regio niet extra te belasten. Het water kan dan na de afvoerpiek worden afgevoerd. In droge tijden kan in principe ook een voorraad water worden vastgehouden die lokaal aan de vegetatie ten goede kan komen, maar die ook kan uitzakken naar de ontwateringsmiddelen om elders ingezet te worden. De vraag is hierbij wel of er voorafgaand aan een droge periode nog voldoende water in de bodem kan infiltreren.

Om een hoger peil te realiseren, zal het peil in de sloten moeten worden verhoogd. Het verhogen kan op een conventionele manier gebeuren door het optrekken van een stuw of het afsluiten van duikers. Maar het kan ook door het toepassen van peilgestuurde drainage. Bij het systeem van samengestelde peilgestuurde drainage monden de drains niet rechtstreeks uit in een sloot, maar in een ondergrondse verzameldrain (Figuur B2.1). De verzameldrain komt op zijn beurt weer uit in een regelput met een overloop, waarmee de drainagebasis (het peil) kan worden ingesteld.



**Figuur B2.1** Werking van peilgestuurde drainage.

### Geschikte gebieden

Gebieden kunnen op grond van de functie of het landgebruik niet geschikt zijn voor waterberging in de onverzadigde zone van de bodem. Ook kan het zijn dat (fysische) eigenschappen een belemmering vormen. Binnen Park Lingezege is eerst naar het landgebruik van gebieden gekeken. Daarvoor is op de Top10-kaart onderscheid gemaakt tussen percelen die een agrarische functie hebben (weiland, bouwland, fruitteelt) en de overige functies. Ook gebieden waarvan duidelijk is dat een fluctuerend grondwaterpeil niet raadzaam is, bijvoorbeeld gebieden met glastuinbouw, zijn tot deze laatste groep gerekend. Deze gebieden zijn verder niet in beschouwing genomen. Ook niet beoordeeld zijn gebieden die een waterbergende functie hebben zoals Het Waterrijk. De totale oppervlakte van gebieden die qua landgebruik geschikt zijn, bedraagt ruim 1100 ha. Voor dit areaal zijn met GIS-bewerkingen aan rasterbestanden de geschiktheid voor verschillende criteria in kaart gebracht.

---

## Randvoorwaarden

Factor 1: Kleidiepte > draindiepte (ca. 1 m). *Figuur B2.2.*

Een goede doorlatendheid van de bovengrond maakt dat er voldoende snel water kan worden opgeslagen en afgevoerd. Een zware kleigrond is daardoor minder geschikt dan een goed doorlatende zandgrond. Voor Park Lingezege is de zandbanenkaart (Cohen *et al.*, 2009) gebruikt, in combinatie met de informatie die de bodemkaart 1 : 50 000 oplevert. Slechts 5% (54 ha) voldoet aan het 'kleicriterium'. Maar mogelijk bieden lichte kleigronden of kleigronden met een goede doorlatendheid toch perspectieven.

In Figuur B2.3 staat het onderscheid tussen lichte en zware kleigronden, gebaseerd op de bodemkaart. Twee derde van het gebied bestaat uit licht klei, een derde uit zware (kom)klei waarvan de doorlatendheid normaliter erg klein wordt ingeschat. De vele greppels voor oppervlakkige afvoer die in het gebied met zware klei voorkomen, lijken dat te bevestigen.

In Figuur B2.4 staat de doorlaatfactor. De doorlaatfactor is berekend uit de kleidikte/de weerstand van het afdekkende pakket zoals die in het grondwatermodel MORIA is gebruikt (Jansen *et al.*, 2015).

Factor 2: Keileem > 0,6 m

Het ondiep voorkomen van een stagnerende laag keileem maakt dat de grondwaterbeweging te sterk belemmerd wordt en dat de goed doorlatende toplaag te dun is om effectief water te kunnen opslaan. In Park Lingezege komt geen keileem voor.

Factor 3: Geen ijzer

IJzerrijk water dat in drains met lucht in aanraking komt, vormt ijzerafzettingen die het drainagesysteem verstopten. IJzerrijk water kan verwacht worden in kwelrijke gebieden. Voor Park Lingezege zijn er onvoldoende gegevens van het ijzergehalte van het (bovenste) grondwater om hier een uitspraak over te kunnen doen.

Factor 4: Wegzijging < 0,5 mm/dag. *Figuur B2.5.*

Een grote wegzijging maakt dat geborgen water (gedeeltelijk) naar de ondergrond verdwijnt. Door de grondwaterstand te verhogen zal de wegzijging verder toenemen. De wegzijging in Park Lingezege is aan het NHI ontleend. Het overgrote gedeelte van het gebied voldoet aan het criterium van 0,5 mm/dag. Alleen in het noordwesten en zuidoosten van Park Lingezege is de wegzijging iets groter.

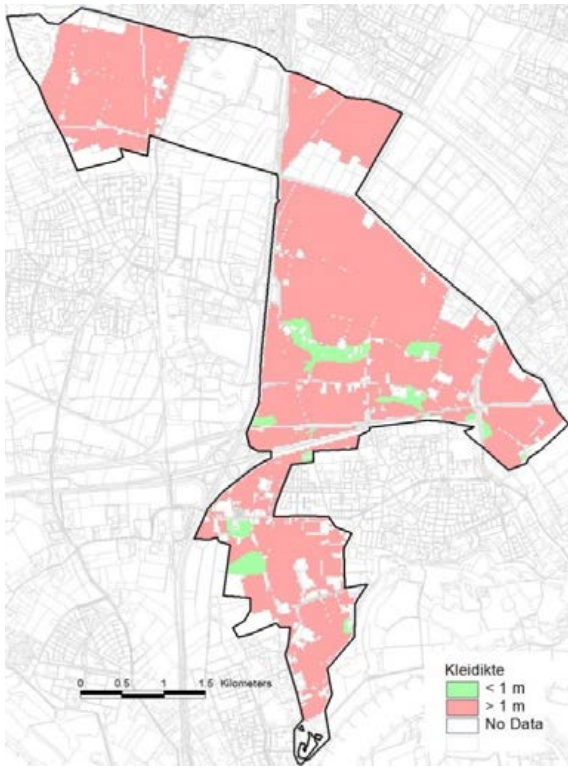
Factor 5: Drooglegging > 0,6 m. *Figuur B2.6.*

De bergingscapaciteit in onverzadigde zone in gebieden die altijd al een hoge grondwaterstand hebben is te klein om effectief te kunnen zijn. Als criterium geldt een drooglegging (dit is de gemiddelde maaiveldhoogte minus het slootpeil) van minimaal 0,6 m. De drooglegging is hier berekend uit de maaiveldhoogte (AHN2) minus het zomerpeil van de peilvakken volgens opgave van Waterschap Rivierenland (2013). Afgezien van twee inmiddels gerealiseerde delen van rietmoerassen heeft Park Lingezege een grotere drooglegging. Het zomer- en winterpeil in de Overbetuwe, die meestal gelijk aan elkaar zijn, is vrij diep.

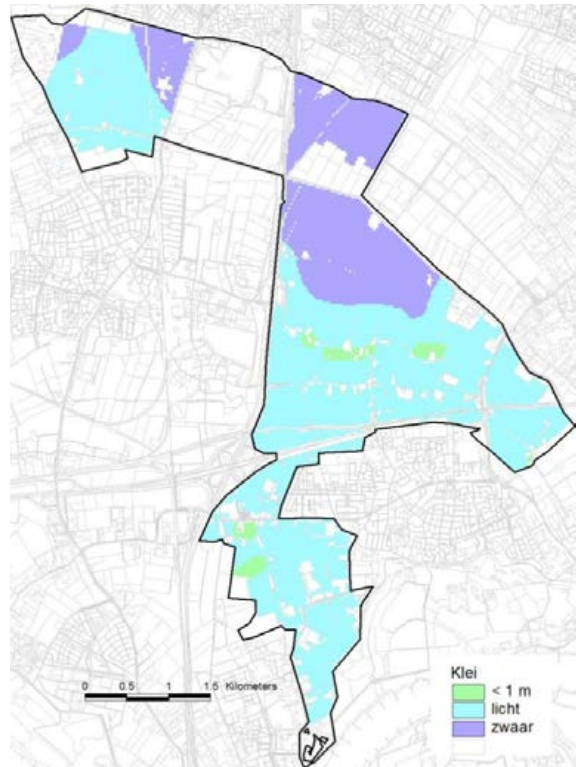
Factor 6: Drooglegging – GVG > 0,7 m. *Figuur B2.7.*

Het criterium voor deze factor is, net als criterium 5, ingegeven door de 'ruimte' die nodig is om water in de onverzadigde zone te kunnen bergen. De GVG (gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand) is berekend uit de grondwatertrappen (Gt) die op de bodemkaart staan. De grondwatertrappen zijn verouderd, maar gezien het consistente peilbeheer zijn ze naar verwachting weinig veranderd. De meest voorkomende grondwatertrappen zijn V en VI.

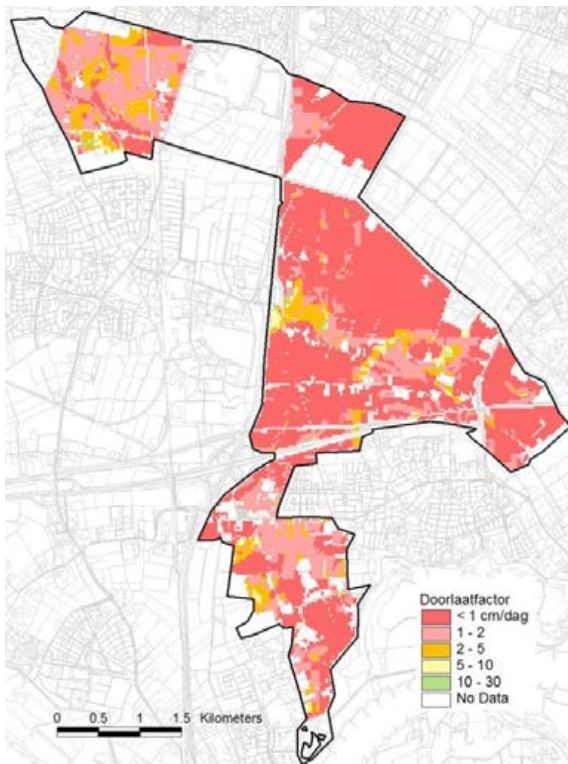




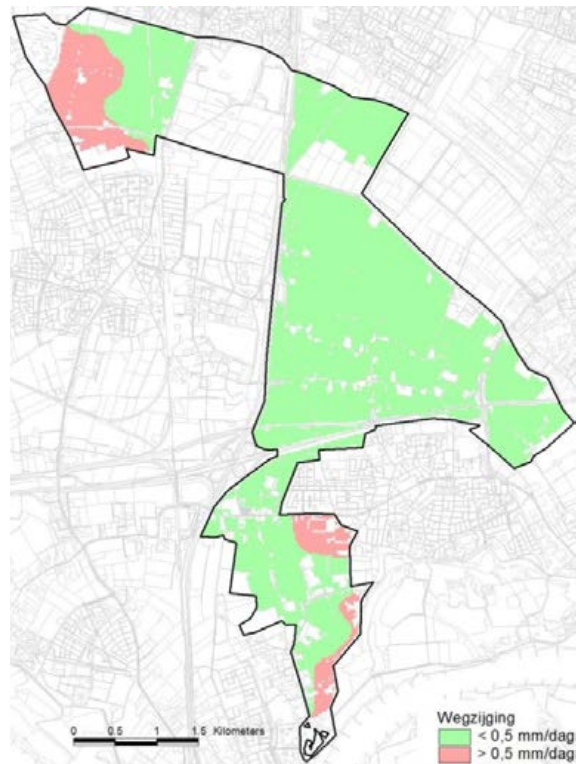
**Figuur B2.2** Kleidikte.



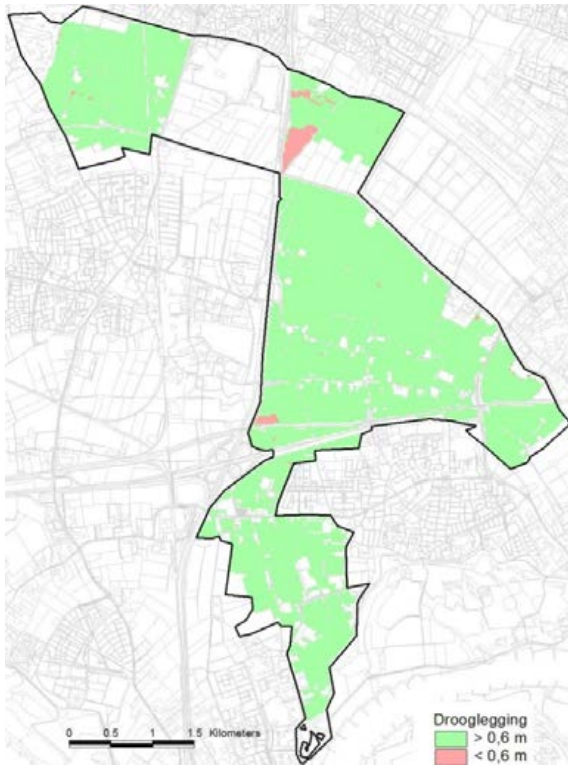
**Figuur B2.3** Zwaarte van het kleidek.



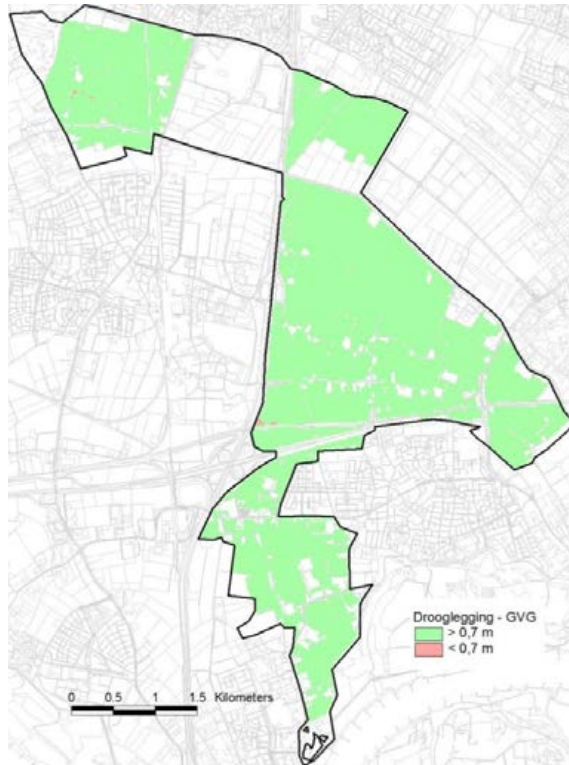
**Figuur B2.4** Doorlatendheid.



**Figuur B2.5** Wegzijing.



**Figuur B2.6** Drooglegging.



**Figuur B2.7** Drooglegging minus de GVG.

### Geschiktheid voor waterberging

Aan de factoren voor de geschiktheidsbepaling voor waterberging door middel van regelbare drainage zijn scores toegekend (Tabel B2.1). De som van de scores levert de uiteindelijke geschiktheid (Tabel B2.2). De ruimtelijke verdeling van de geschiktheidsklassen staan in Figuur B2.8. Van de 1100 ha is 57 ha geschikt en 762 ha matig geschikt.

**Tabel B2.1**

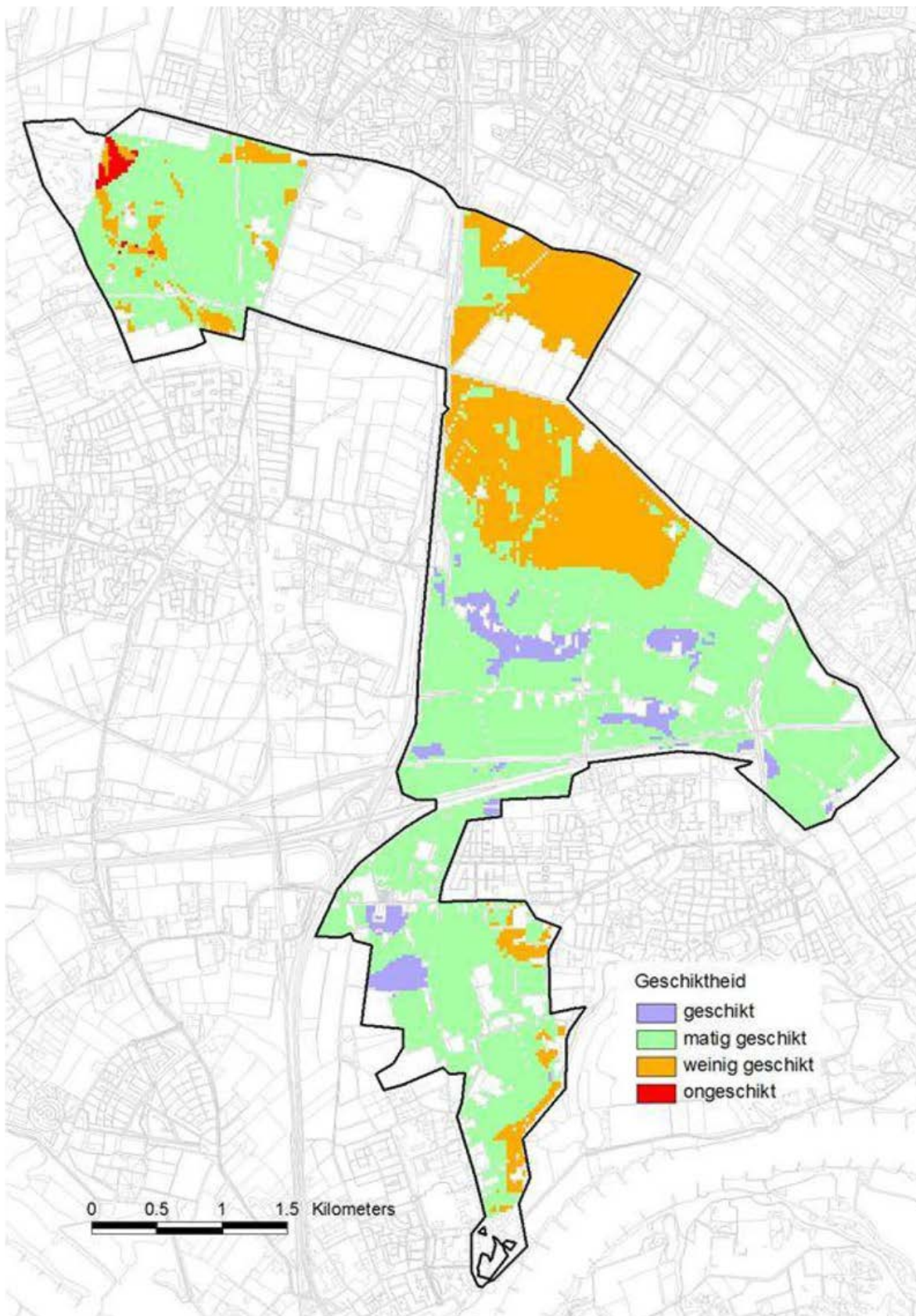
*Scores van de factoren voor waterberging de bodem met behulp van regelbare drainage.*

|            | Criterion                                 | Score | Criterion                                 | Score |
|------------|---|-------|---|-------|
| Factor 1   | Kleidikte < 1m                            | 1     | Kleidikte > 1m                            | 0     |
| Factor 2   | zand en lichte kleigrond                  | 1     | zware kleigrond                           | 0     |
| Factor 3   | doorlaatfactor $k < 0,01$ m/d             | 0     | doorlaatfactor $k < 0,01$ m/d             | 0,25  |
|            | $0,02 < \text{doorlaatfactor} < 0,05$ m/d | 0,5   | $0,02 < \text{doorlaatfactor} < 0,05$ m/d | 0,75  |
|            | doorlaatfactor $k > 0,1$ m/d              | 1     |   |       |
| Factor 4   | wegzijing < 0,5 mm/d                      | 1     | wegzijing > 0,5 mm/d                      | 0     |
| Factor 5/6 | drooglegging-GVG > 0,7                    | 1     | drooglegging - GVG < 0,7 maar             |       |
|            | drooglegging < 0,6                        | 0     | drooglegging > 0,6                        | 0,5   |

**Tabel B2.2**

*Geschiktheid voor waterberging in de bodem met behulp van regelbare drainage aan de hand van de som van scores van verschillende factoren (Tabel B1.1).*

| Som score (factor 1 t/m 6) | Geschiktheid    |
|----------------------------|-----------------|
| > 3,5                      | geschikt        |
| 2,5 - 3,5                  | matig geschikt  |
| 1,5 - 2,5                  | weinig geschikt |
| < 1,5                      | ongeschikt      |



**Figuur B2.7** Geschiktheid van bodems in Park Lingezege voor waterberging met behulp van regelbare drainage.

---

Alterra Wageningen UR  
Postbus 47  
6700 AA Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[www.wageningenUR.nl/alterra](http://www.wageningenUR.nl/alterra)

Alterra-rapport 2685  
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](http://www.wageningenUR.nl/alterra)

Alterra-rapport 2685  
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.

