



ALTERRA

WAGENINGEN UR

Kenmerken van het ontwateringssysteem in Nederland

H.Th.L. Massop
J.W.J. van der Gaast
A.G.M. Hermans

Alterra-rapport 1397, ISSN 1566-7197



Kenmerken van het ontwateringstelsel in Nederland

Kenmerken van het ontwateringstelsel in Nederland

**H.Th. L. Massop
J.W.J van der Gaast
A.G.M. Hermans**

Alterra-rapport 1397

Alterra, Wageningen, 2006

REFERAAT

Massop H.Th.L., J.W.J. van der Gaast en A.G.M. Hermans, 2006. *Kenmerken van het ontwateringsstelsel in Nederland*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1397. 94 blz.; 19 fig.; 19 tab.; 23 ref.

In dit onderzoek, dat is uitgevoerd binnen het BO Cluster Vitaal Landelijk Gebied, Thema Water van LNV zijn de kenmerken van het ontwateringsstelsel in Nederland bepaald. Het betreft vooral de kleinere waterlopen, deze zijn veelal niet in beheer bij waterschappen. Via veldmetingen bij verschillende onderzoeken zijn gegevens verzameld. Een belangrijk informatiebron was de GD-actualisatie. Om de afmetingen van waterlopen landsdekkend in kaart te brengen is gebruik gemaakt van het waterlopenbestand volgens de Top10-vektor. Door de meetgegevens te analyseren met behulp van verschillende karteerbare kenmerken zijn allereerst kennistabellen en standaardprofielen opgesteld op basis van deze karteerbare kenmerken en de in de Top10-vektor onderscheiden klassen van waterlopen. Vervolgens zijn tabellen te koppelen aan de Top10-vektor waterlopen. Hierdoor worden de afmetingen van het ontwateringsstelsel landsdekkend in beeld gebracht. Tevens is aan de hand van de standaardprofielen in combinatie met slootdichtheden de beschikbare oppervlaktewaterberging berekend.

Trefwoorden: Afwatering, drainagebasis, drooglegging, hydrotype, ontwatering, waterloop

ISSN 1566-7197

Dit rapport is digitaal beschikbaar via www.alterra.wur.nl. Een gedrukte versie van dit rapport, evenals van alle andere Alterra-rapporten, kunt u verkrijgen bij Uitgeverij Cereales te Wageningen (0317 46 66 66). Voor informatie over voorwaarden, prijzen en snelste bestelwijze zie www.boomblad.nl/rapportenservice.

© 2006 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 484700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

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

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
2 Theorie met betrekking tot ontwatering	13
2.1 Relevante begrippen	13
2.2 Concept van meervoudige drainagesystemen	14
3 Gegevens en methode	17
3.1 Uitgangspunten	17
3.2 Digitale databestanden	18
3.3 Metingen aan ontwateringsmiddelen	24
3.4 Methode	26
4 Resultaten	29
4.1 Database	29
4.2 Indeling op basis van de Top10-vektor	29
4.3 Indeling op basis van de grondwatertrap	30
4.4 Indeling op basis van de geohydrologische eigenschappen van de ondergrond	31
4.4.1 Hydro-regio's	31
4.4.2 Hydrotypen	33
4.5 Indeling op basis van de bodem	36
4.6 Representativiteit van de gemeten ontwateringsbasis	38
4.6.1 Verschil in maaiveldhoogte nabij de sloot en een punt op 10 m uit de sloot	38
4.6.2 Verschil in maaiveldhoogte in een strook nabij de sloot en in het vlak op enige afstand van de sloot	40
4.7 Dimensionering Top10-vektor waterlopen	44
5 Discussie	53
6 Conclusies en aanbevelingen	55
Literatuur	57

Bijlagen

1 Betrouwbaarheid en steekproefomvang	59
2 Statistische gegevens: indeling op basis van Top10-vektor	61
3 Statistische gegevens: indeling op basis van GT	63
4 Statistische gegevens: indeling op basis van Geohydrologische eigenschappen van de ondergrond	67
5 Statistische gegevens: indeling op basis van bodemfysische eenheden	75
6 Representativiteit van de gemeten ontwateringsbasis	79

7	Afmetingen waterlopen	81
8	Afmetingen waterlopen	83
9	Meetgegevens uitgesplitst naar hydrotype, Gt en slootklasse voor het aantal metingen, het verschil in maaiveldshoogte en de standaarddeviatie van de verschillen	89

Woord vooraf

In het kader van het BO Cluster Vitaal Landelijk Gebied, Thema Water van LNV is het project 'Ontwatering in beeld' geformuleerd. Dit project heeft tot doel het in beeld brengen van verschillende aspecten van de ontwatering. In dit project wordt de dimensionering van de waterlopen landelijk gekarakteriseerd. Dit betreft vooral waterlopen die een ontwateringsfunctie hebben, deze zijn veelal niet in beheer bij het waterschap. De afmetingen van waterlopen in beheer bij een waterschap, provincie en rijk zijn relatief goed bekend. Dat geldt in mindere mate voor de kleinere waterlopen.

De dank van de onderzoekers gaat uit naar Dhr. H. Prak van Dienst Landelijk Gebied en Dhr. J. Huinink van de directie Kennis van het ministerie van LNV voor de begeleiding bij het onderzoek.

Samenvatting

De ligging van de waterlopen is met het beschikbaar komen van de Top 10-vektor van Nederland goed bekend. Dat geldt niet voor de afmetingen van deze waterlopen, hoewel de Top 10-vektor een beperkte indeling geeft op breedteklassen. De grotere waterlopen zijn in beheer bij o.a. waterschappen en de afmetingen zijn vastgelegd in de zogenaamde leggers. De kleinere waterlopen zijn veelal in beheer van agrariërs en spelen een belangrijke rol bij de ontwatering van de percelen. Om de afmetingen van deze waterlopen in kaart te brengen is een landelijke inventarisatie gezien de omvang (91400 km aan greppels en droogvallende waterlopen en 158700 km aan waterlopen smaller dan 3 m), niet reëel. Om toch de afmetingen van waterlopen landelijk te kunnen karakteriseren is gebruik gemaakt van veldmetingen. In de afgelopen jaren is via veldmetingen veel informatie beschikbaar gekomen over afmetingen van waterlopen. Vooral de GD-actualisatie heeft een groot aantal gegevens over slootbodemdpte en drooglegging opgeleverd. Voor de breedte-afmetingen waren andere gegevensbronnen beschikbaar. Alle metingen betreffen metingen op puntlocaties. Om deze informatie landsdekkend toe te kunnen passen, bijv. ten behoeve van hydrologische modellen, is koppeling aan een landsdekkend bestand van waterlopen noodzakelijk, hiervoor is het TOP10-vektor bestand gebruikt.

Als eerste stap zijn de slootmetingen, die in het kader van de Gd-actualisatie zijn uitgevoerd geanalyseerd, aan de hand van een aantal karteerbare kenmerken, zoals Gt, hydrotype en bodemfysische eenheid. Uit de analyse blijkt dat de drooglegging en slootbodemdpte verschilt per klasse van waterlopen. Wat betreft de Gt's is er vooral een onderscheid tussen de natte GT I en II en de drogere GT's. Voor de overige karteerbare kenmerken zien we vooral verschillen tussen zand- klei en veengebieden. De beschikbare data kunnen op basis van deze analyse op meerdere manieren worden gekoppeld aan het Top10-vektorbestand via zogenaamde karteerbare kenmerken.

De drooglegging van de waterloop is gemeten ter plaatse van de waterloop. Om na te gaan of het maaiveld bij de waterloop representatief is voor de omgeving is via twee methoden, met behulp van het AHN, het verschil bepaald voor de hoogte van het maaiveld naast de sloot en het gemiddelde maaiveld in de omgeving van de sloot. Uit deze analyse blijkt dat het maaiveld nabij de sloot ca 12 cm lager ligt dan het gemiddelde maaiveld in de omgeving.

De dataset van de GD-actualisatie geeft geen informatie over de breedteafmetingen van waterlopen, hiervoor zijn andere bronnen gebruikt. Omdat de gegevenssets van andere bronnen beperkter in omvang waren, was het niet mogelijk een uitgebreide analyse uit te voeren en zijn deze gegevens gebruikt om een aantal tabellen te vullen, waarmee per combinatie van hydrotype en type waterloop een standaardprofiel is vastgelegd. Met behulp van deze standaardprofielen is vervolgens een inschatting gemaakt van de beschikbare oppervlaktewaterberging.

1 Inleiding

Zowel bij waterhuishoudingstudies op regionale als op landelijke schaal is kennis van de ontwatering belangrijk. De interactie tussen grond- en oppervlaktewater is immers bepalend voor de wijze waarop de grondwaterstand en de afvoer reageren op veranderingen in neerslag of op waterhuishoudkundige maatregelen. In theoretische zin is het proces van ontwatering duidelijk. Noodzakelijke gegevens hierbij zijn de ligging en de kenmerken van de ontwateringsmiddelen.

Voor de watergangen in beheer en onderhoud van de waterschappen zijn deze gegevens relatief goed bekend en opgenomen in de legger. Voor de overige waterlopen was er tot voor kort slechts in zeer beperkte mate informatie beschikbaar (Van der Gaast en Van Bakel, 1997) . Echter, met het beschikbaar komen van de digitale topografische kaart van Nederland (schaal 1:10.000), ook wel Top10-vektorkaart genoemd, is de ligging van bijna alle waterlopen bekend. Bovendien heeft Alterra in het kader van diverse onderzoeken in het veld gegevens verzameld over de eigenschappen van waterlopen, zoals bodemdiepte en waterdiepte.

De doelstelling van dit project is de eigenschappen van de waterlopen zo goed mogelijk gebiedsdekkend in beeld te brengen. Hiertoe worden de meetgegevens allereerst gekoppeld aan de eerder genoemde Top10-vektorkaart. Vervolgens vindt een koppeling plaats met andere digitale geografische bestanden die mogelijk een verklarende werking hebben ten aanzien van de afmetingen van waterlopen.

Het onderzoek is vooral gericht op de niet in de legger opgenomen ontwateringsmiddelen. De meetgegevens hebben vooral betrekking op sloten in het zandgebied. Het in beeld brengen van de ontwatering voor klei- en veengebieden is niet gebiedsdekkend of met een grotere onzekerheid dan voor het zandgebied. Buisdrainage en het maaiveld als drainagemiddel worden in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten.

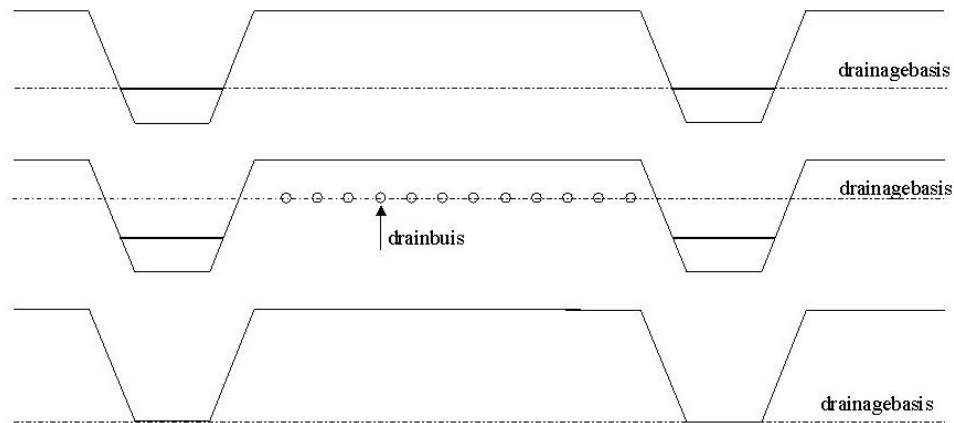
2 Theorie met betrekking tot ontwatering

2.1 Relevante begrippen

In deze paragraaf volgen enkele relevante begrippen met betrekking tot de theorie rond ontwatering. Alle hier genoemde definities zijn afkomstig uit de verklarende hydrologische woordenlijst (NHV-werkgroep, 2002).

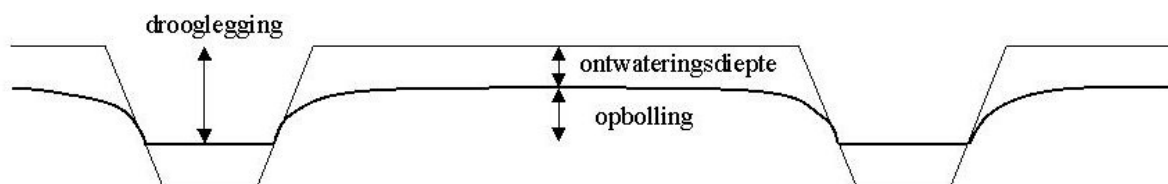
Een waterloop draineert op het moment dat de grondwaterstand boven de drainagebasis (ontwateringsbasis) stijgt. De drainagebasis is gedefinieerd als de grondwaterstand die bereikt wordt na een droge periode en dan bij benadering overeenkomt met (zie figuur 1):

- peil in de ontwateringsmiddelen;
- de hoogteligging van de drainbuizen;
- de bodem van de waterlopen op het moment dat deze droogvallen.



Figuur 1: Ontwateringsbasis of drainagebasis (Gespreksgroep Hydrologische Terminologie, 1986).

De drainagebasis ligt in een afvoersituatie als gevolg van stromingsweerstand en is enigszins hoger dan het niveau van het oppervlaktewater. Toch kan in deze situatie de drooglegging als maat genomen worden voor de ontwateringsbasis. De drooglegging is het hoogteverschil tussen de waterspiegel in een waterloop en het grondoppervlak (zie figuur 2). De opbolling is het maximale hoogteverschil tussen de waterstand in de ontwateringsmiddelen en de grondwaterstand daartussen in een afvoersituatie (zie figuur 2). De ontwateringsdiepte is de afstand tussen het grondoppervlak en de hoogste grondwaterstand tussen de ontwateringsmiddelen (zie figuur 2).



Figuur 2: Drooglegging, opbolling en ontwateringsdiepte (Gespreksgroep Hydrologische Terminologie, 1986).

2.2 Concept van meervoudige drainagesystemen

Bij de interactie tussen het grond- en oppervlaktewater kunnen meerdere drainagesystemen worden onderscheiden zoals bijvoorbeeld greppels, buisdrainage, kavelsloten, beken en rivieren. Elk drainagesysteem heeft een eigen ontwateringsbasis en dichtheid.

Het meest eenvoudige conceptuele model van ontwatering is dat de ontwateringsflux (specifieke afvoer) naar een bepaalde klasse van waterlopen evenredig is met de opbolling en omgekeerd evenredig met de zogeheten drainageweerstand. Door Ernst is onderstaande relatie voor de drainageweerstand afgeleid:

$$c_d = \frac{D_v}{k_v} + \frac{L^2}{8 \sum (kD)_h} + \frac{L}{\pi k_r} \ln \left(\frac{\alpha D_r}{u} \right) + L \frac{c_b}{u}$$

c_d	= drainageweerstand (d)
L	= slootafstand (m)
D_v, D_r	= laagdikte waarover resp. verticale en radiale stroming plaatsvindt (m)
k_v, k_r	= doorlaatfactoren voor de lagen met resp. verticale en radiale stroming (m/d)
$\sum (kD)_h$	= doorlaatvermogen van de lagen waarover horizontale weerstand wordt berekend (m ² /d)
u	= natte omtrek sloot (m)
α	= geometriefactor (-)
c_b	= slootbodemweerstand (d)

Bij ruimtelijke numerieke modellen (3D) moet een weerstand per invloedsoppervlak (modelcel) worden opgegeven en deze weerstand is in principe schaalafhankelijk. Daarom is de grootheid lekweerstand geïntroduceerd die voor elk willekeurig gebied de interactie tussen freatisch grondwater en oppervlaktewater karakteriseert (Ad hoc Werkgroep Consensus Hydrologie, 2002; Groenendijk et al, 2002).

Per klasse van waterlopen is een drainageweerstand of, bij toepassing van ruimtelijke numerieke modellen, de oppervlakterepresentatieve lekweerstand te berekenen uit de volgende (karteerbare) kenmerken:

- gemiddelde afstand tussen waterlopen (uit lengte aan sloten in het beschouwde oppervlak) (Van der Gaast et al., 2006);
- geometrie van de waterloopklasse (bodembedpte, bodembreedte, talud);
- geohydrologische eigenschappen (diktes, horizontale en verticale doorlatendheden van de geohydrologische pakketten);
- dikte en weerstand van de sliblaag in de ontwateringsmiddelen (intreeweerstand) (Jousma en Massop, 1996 en Massop en Van der Gaast, 2006).

Bij een gegeven ontwateringsbasis is bij elke grondwaterstand een lekflux te berekenen. Door optellen van de fluxen naar de onderscheiden klassen van waterlopen kan bij elke grondwaterstand een totale ontwateringsflux worden bepaald.

Dit concept van meervoudige drainagesystemen is verwerkt in modellen zoals SWAP (Van Dam et al., 1997) en SIMGRO (Veldhuizen et al., 1998).

3 Gegevens en methode

3.1 Uitgangspunten

In hoofdstuk 2 is uiteengezet dat de ontwateringsbasis en de lekweerstand belangrijke grootheden zijn voor het vaststellen van de drainageflux. Indien voor het beschouwde oppervlak klassen van ontwateringsmiddelen onderscheiden kunnen worden met gegevens over bodemdiepte en drooglegging, dan kan de ontwateringsbasis in beeld gebracht worden. Voor het bepalen van de drainage-/lekweerstand zijn de geometrische eigenschappen van de waterlopen eveneens een vereiste. Dit geldt eveneens voor de bepaling van beschikbare berging in het oppervlaktewater.

In deze studie wordt onderzocht in hoeverre de eigenschappen van het oppervlaktewater gebiedsdekkend in beeld te brengen zijn. Hiertoe zijn de beschikbare metingen met betrekking tot de afmetingen van waterlopen gekoppeld aan karteerbare kenmerken die mogelijk een verklarende werking kunnen hebben. Zo is het mogelijk dat de geohydrologische eigenschappen van de ondergrond of het grondwaterregime de eigenschappen en de dichtheid van de waterlopen in een gebied bepalen. De onderzochte karteerbare kenmerken zijn:

- de waterloopklassen zoals onderscheiden in de Top10-vektorkaart;
- de geohydrologische eigenschappen van de ondergrond volgens de indeling in hydrotypen (Massop et al., 1997 en Massop et al., 2000);
- het grondwaterregime uitgedrukt als grondwatertrap;
- de bodemfysische kenmerken (Wösten et al., 1988).

Naast de mogelijke relatie met deze kenmerken is onderzocht in hoeverre de gemeten ontwateringsbasis representatief is voor het beschouwde oppervlak. Hiertoe zijn gegevens over het maaiveldverloop aangewend.

In de volgende paragraaf worden alle gebruikte digitale bestanden in detail besproken. In paragraaf 3.3 komen de in het veld verzamelde meetgegevens met betrekking tot de eigenschappen van waterlopen aan de orde. Tenslotte wordt in paragraaf 3.4 de gevolgde procedure in een aantal stappen beschreven.

3.2 Digitale databestanden

In deze studie zijn de volgende digitale databestanden gebruikt:

Top10-vektor kaarten

De Top10-vektor kaart is een belangrijke bron van gegevens met betrekking tot de ligging van het oppervlaktewater. Er worden verschillende typen ontwateringsmiddelen onderscheiden:

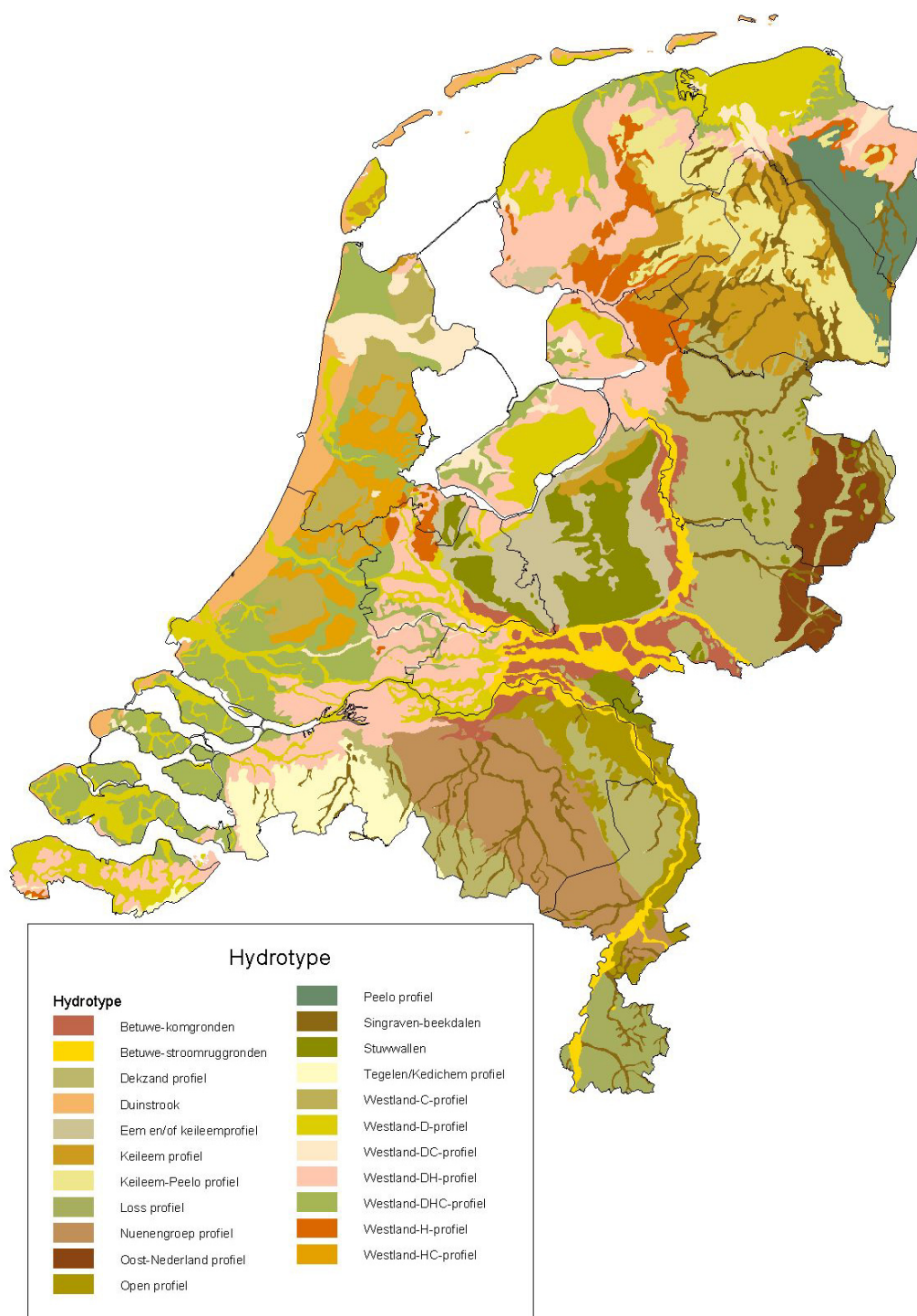
- Greppels: greppels en droogvallende waterlopen;
- Enkele sloten: waterlopen smaller dan 3 m op de waterspiegel;
- Gerenforceerde sloten: waterlopen met een breedte van 3 tot 6 m op de waterspiegel;
- Oeverlijn Land/Blauw: waterlopen breder dan 6 m.

De Top10-vektor kaartbladen worden regelmatig vernieuwd. Wijzigingen kunnen gebaseerd zijn op het daadwerkelijk dempen of graven van sloten. Wijzigingen kunnen echter ook verband houden met wijzigingen in de onderscheiden typen ontwateringsmiddelen. Zo is de klasse waterlopen breder dan 6 meter gewijzigd van lijn-element naar vlak-element. Tevens is het lijn-element hoofd-afwateringspatroon geïntroduceerd. Aan deze klasse is echter geen breedte van de waterloop gekoppeld. Eerder kwam deze klasse zelfstandig voor. Dit type waterloop komt alleen voor in combinatie met een van de bovenvermelde klassen.

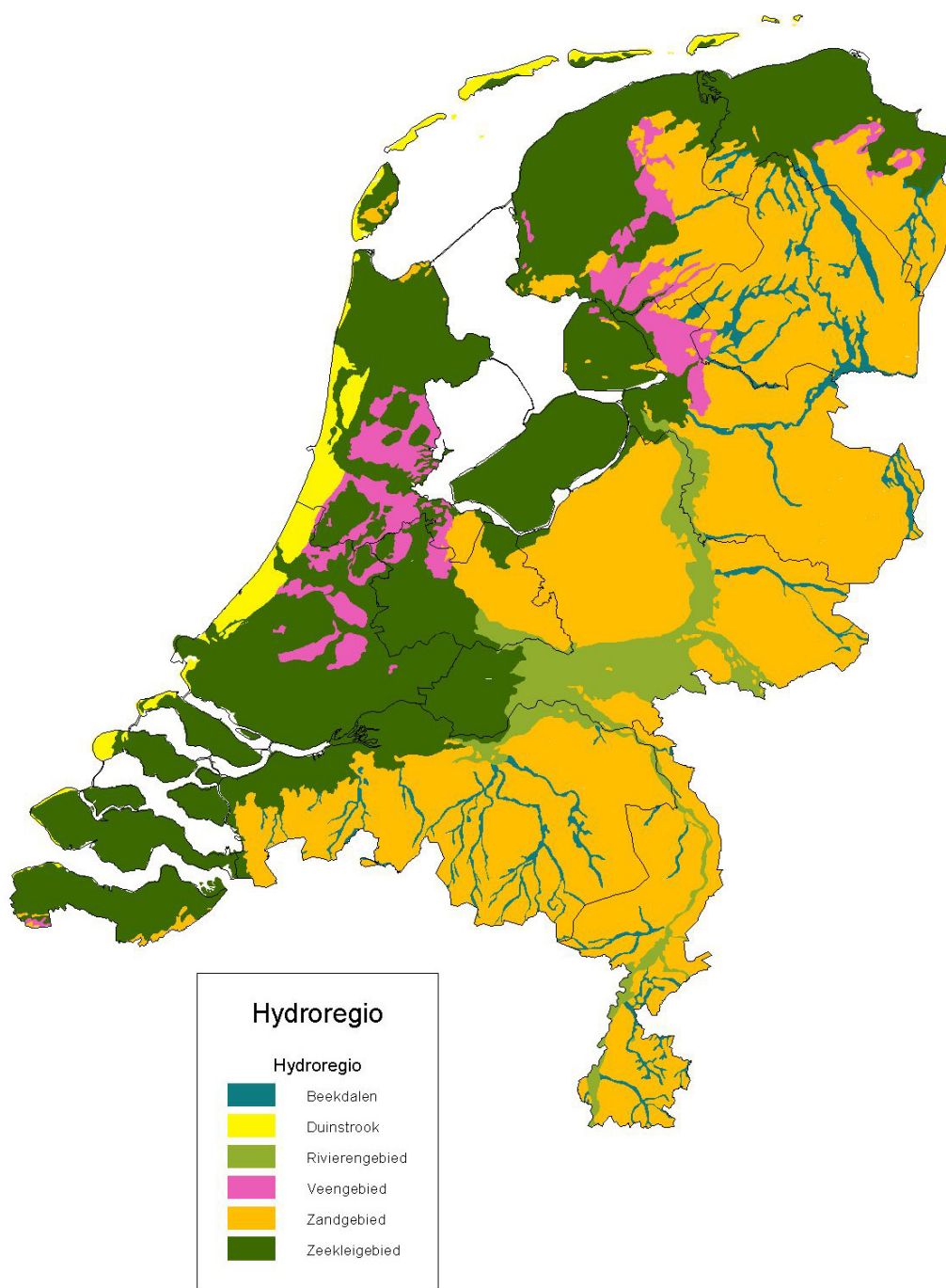
Hydrotypenkaart en hydroregiokaart

Een hydrotype is een classificatie van de geohydrologische opbouw van het topsysteem in goed en slecht doorlatende lagen (Massop et al, 1997; 2000). Figuur 3 geeft de ligging van de hydrotypen in Nederland weer.

Door het clusteren van hydrotypen naar grotere regio's is een hydroregiokaart (zie figuur 4) te vervaardigen. Tabel 1 geeft deze clustering van hydrotypen tot hydroregio's weer.



Figuur 3: Hydrotypenkaart.



Figuur 4: Hydroregiokaart.

Bij de begrenzing tussen rivierklei en zeeklei is het primariene gebied bij het zeekleigebied getrokken.

Tabel 1: Clustering van hydrotypen tot hydroregio's

Hydroregio	Hydrotypen
Beekdalen	Singraven-beekdalen
Duinstrook	Duinstrook
Zandgebied	Dekzand profiel Nuenengroep profiel Tegelen/Kedichem profiel Open profiel Peelo profiel Keileem-Peelo profiel Eem en/of keileemprofiel Keileem profiel Loss profiel Oost-Nederland profiel Stuwwallen
Rivierkleigebied	Betuwe-komgronden Betuwe-stroomruggronden
Zeekleigebied	Westland-D-profiel Westland-DH-profiel Westland-DHC-profiel Westland-DC-profiel Westland-C-profiel
Veengebied	Westland-H-profiel Westland-HC-profiel

Grondwatertrappenkaart

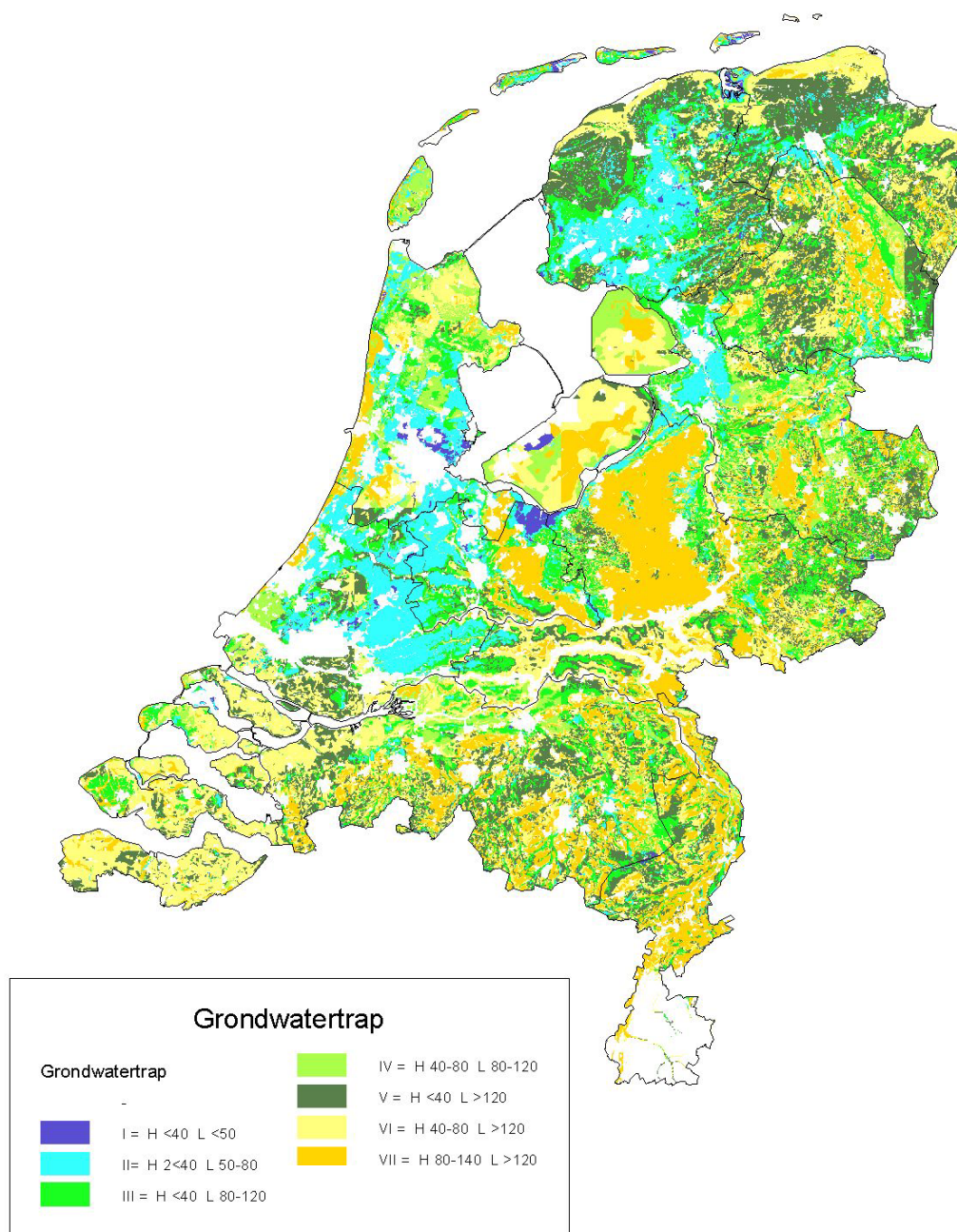
De bodemkaart 1 : 50 000 (De Vries en Denneboom, 1992) geeft een grondwatertrap (Gt) weer. De Gt geeft een indicatie van het heersende grondwaterregime. De kaartbladen van de bodemkaart zijn op verschillende momenten gekarteerd en de indeling in Grondwatertrappen is in de loop van de tijd gewijzigd. Om toch landsdekkend met deze kaarten te kunnen werken is ondanks de ouderdom de meest gedateerde indeling gehanteerd. Figuur 5 geeft een overzicht.

Kaart met bodemfysische eenheden

Voor de bodemfysische kenmerken van de bodem worden de bodemcodes volgens de bodemkaart 1 : 50 000 vertaald naar een beperkt aantal van 21 bodemprofielen. Hiervoor zijn dezelfde 21 bodemprofielen onderscheiden als bij de generalisatie van de bodemkaart 1 : 250 000 (Wösten et al, 1988) ten behoeve van de PAWN-studie. Voor deze 21 bodems is de profielopbouw evenals de omschrijving van het materiaal bekend. Figuur 6 geeft een overzicht van de onderscheiden bodemfysische eenheden.

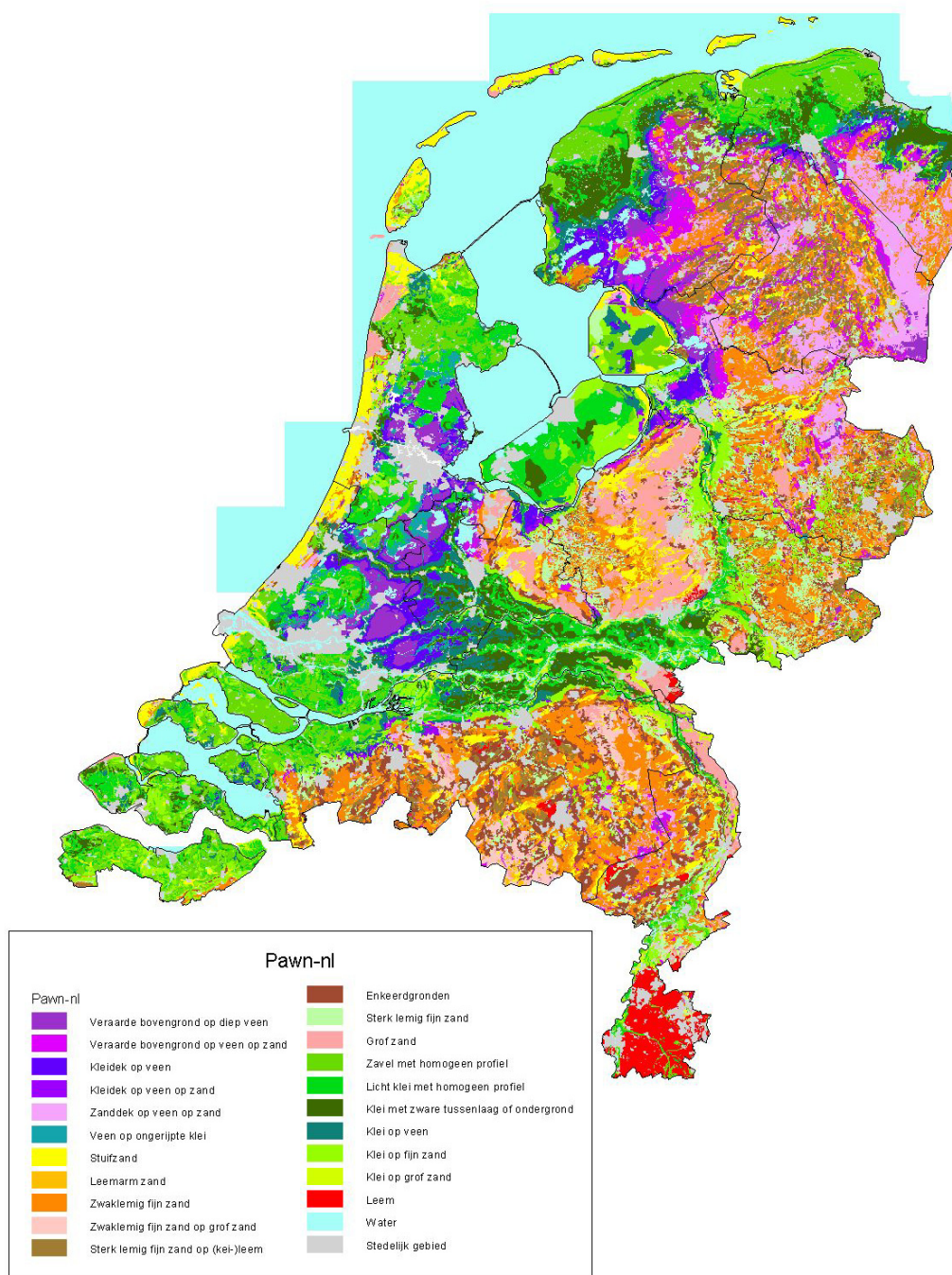
Het Actueel Hoogtebestand Nederland

Het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) is gemaakt met behulp van metingen die door middel van laseraltimetrie zijn verkregen in een resolutie van één punt per zestien vierkante meter. Laseraltimetrie is een *remote sensing* techniek voor hoogtebepaling van het landschap vanuit een vliegtuig of helikopter. Voor deze studie is voor de diverse kaartbladen het 5x5m-grid gebruikt. Anno 2006 is het AHN voor heel Nederland beschikbaar.

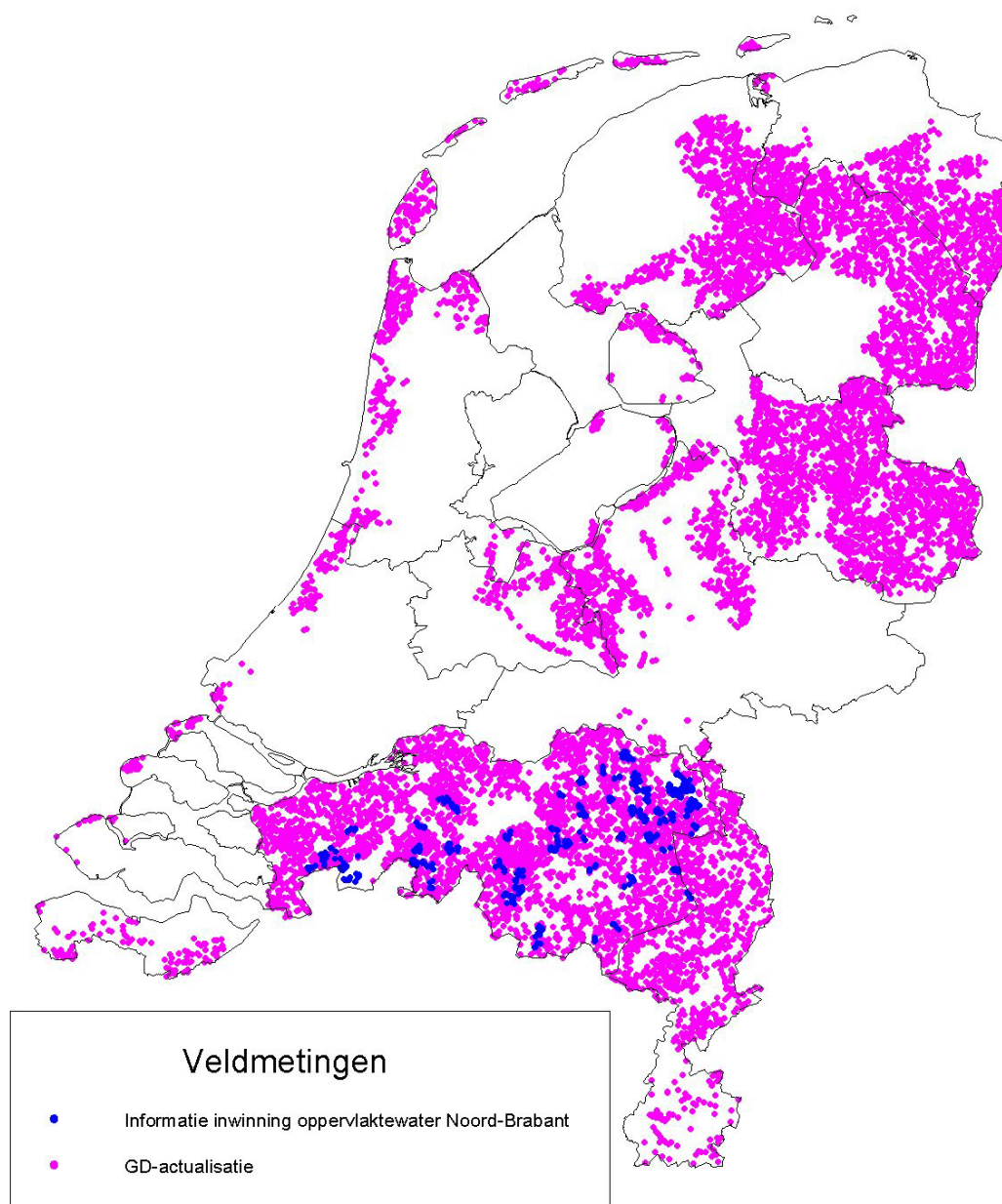


Figuur 5: Grondwatertrappenkaart op basis van de bodemkaart schaal 1: 50000 (Alterra).

De bestanden zijn niet geheel vrij van fouten. Soms worden bomen of wateroppervlakken aangezien als maaiveld. In verband met het onderzoek van de representativiteit van de gemeten ontwateringsbasis voor het beschouwde oppervlak is vooral deze laatste foutenbron van belang.



Figuur 6: Bodemfysische eenheden op basis bodemkaart 1 : 50000 (Alterra).



Figuur 7: Locaties van uitgevoerde metingen aan ontwateringsmiddelen.

3.3 Metingen aan ontwateringsmiddelen

In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van meetgegevens met betrekking tot ontwateringsmiddelen die door Alterra in het kader van eerdere onderzoeken verricht zijn.

Differentiatie van waterlopen t.b.v. het bestrijdingsmiddelenbeleid in Nederland

Door Van der Gaast en Van Bakel (1997) is, aangezien het Top10-vektor bestand toendertijd nog niet landsdekkend beschikbaar was, een vergelijking uitgevoerd mbt de dichtheid van waterlopen in de Top10-vektor en het Waterstaatkundig Informatie Systeem(WIS). Voor verschillende landschapsregio's zijn dichtheden bepaald. Aan de hand van veldmetingen zijn standaardprofielen afgeleid die representatief zijn voor een aantal landschapregio's.

Onderzoek Actualisering Grondwatertrappen

In verschillende delen van Nederland heeft Alterra veldmetingen uitgevoerd ten behoeve van de actualisatie van de Grondwatertrappen (Finke et al., 2002). Bij deze actualisatie zijn aselect locaties geloot voor gerichte opname van de grondwaterstand. In principe is de grondwaterstand op elke locatie tweemaal gemeten: eenmaal rond het moment van de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en eenmaal rond het moment van de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG). Daarbij zijn ook bodem- en waterdiepte gemeten van de dichtstbij gelegen waterloop. De metingen zijn uitgevoerd in de periode 1999 tot 2002. In verband met de MKZ-crisis kon op een aantal locaties de waterdiepten in de zomer van 2002 niet gemeten worden. In totaal zijn op 11290 locaties metingen aan het oppervlaktewater verricht. Overigens zijn alleen de exacte locaties van de grondwaterstandsmeting bekend. Figuur 7 geeft een overzicht.

Onderzoek Informatie-inwinning oppervlaktewater Noord-Brabant

Bij een onderzoek in Noord-Brabant zijn gerichte metingen aan het ontwateringsstelsel uitgevoerd (Massop en Te Beest, 2001). Het doel was vergelijkbaar met dat van de huidige studie: het koppelen van afmetingen aan de oppervlaktewaterklassen zoals deze voorkomen op de Top10-vektor kaart. Op basis van hydrotype en grondwatertrap zijn gebieden geselecteerd. Binnen de geselecteerde gebieden zijn veldopnamen verricht om de afmeting van waterlopen vast te leggen. Sloten zijn alleen bemeten indien de situatie in het veld overeenkwam met de situatie volgens de Top10-vektorkaart. In totaal zijn in de winter van 2000/2001 op 749 locaties metingen uitgevoerd (zie figuur 7). In deze studie zijn naast de slootbodemb- en waterdiepte ook de slootkenmerken als talud en bodembreedte opgenomen.

Onderzoek STONE

In het kader van de evaluatie van het mestbeleid is Nederland geschematiseerd in zogenaamde hydrologische plots (Massop et al, 2000 en Kroon et al, 2001). De indeling in plots heeft plaatsgevonden op basis van hydrotypen (22), drainagegroepen (7), grondwatertrappen (7) en kwel/wegzijging (6). Om de STONE-plots te kunnen parametriseren waren gegevens noodzakelijk mbt bodemdiepte en ontwateringsbasis. Aanvankelijk heeft de parametrisatie plaatsgevonden op basis van metingen in een beperkt aantal hydrotype-Gt –combinaties.

Onderzoek Noord-Nederland (MIPWA-NN)

In Noord-Nederland wordt een modelstudie uitgevoerd door NITG samen met TAUW, Royal Haskoning en Alterra. Voor de modellering zijn gegevens over drooglegging noodzakelijk. In eerste instantie is een procedure ontwikkeld om de

drooglegging af te leiden uit het AHN. Om deze kaart vervolgens te toetsen is een veldonderzoek uitgevoerd, waarbij op 22 locaties metingen zijn verricht. Bij deze metingen is niet alleen de drooglegging maar ook de waterdiepte (slootbodemdpte) tov maaiveld en de waterbreedte bepaald, verder is aandacht besteed aan de maaiveldhoogte in de omgeving van de waterloop.

Enquête waterkwaliteit en veegezondheid

Bij het onderzoek naar de relatie tussen waterkwaliteit en veegezondheid zijn in de provincie Friesland gegevens verzameld over afmetingen van waterlopen (Harmsen et al., 2000).

Overige metingen

Voor projecten kan de behoefte bestaan om gegevens te verzamelen over afmetingen van waterlopen. Mede voor dit project ‘Ontwatering in Beeld’ is op meerdere locaties dmv veldonderzoek aanvullende informatie verzameld.

3.4 Methode

Bij de gevolgde procedure zijn een aantal stappen te onderscheiden:

STAP1: *Koppeling locaties aan Top10-vektor waterlopenkaart*

Voor de dataset ‘informatie-inwinning oppervlaktewater Noord-Brabant’ is al een koppeling gemaakt met de Top10-vektor kaart. Sterker nog: Deze kaart is feitelijk op juistheid getoetst. Voor de dataset ‘Actualisering Grondwatertrappen’ moeten de locaties van de grondwaterstandsmetingen nog gekoppeld worden aan locaties op de dichtstbijzijnde waterloop. Met behulp van een GIS is deze koppeling gemaakt met het meest recente Top10-vektor waterlopenbestand. Tevens zijn de op deze kaart onderscheiden waterloopklassen gekoppeld aan de locaties.

STAP2: *Koppeling locaties aan digitale datadatabestanden*

Voor beide datasets zijn de locaties op de waterlopen met behulp van een GIS gekoppeld aan de volgende eerderbesproken digitale bestanden:

- de hydrotypenkaart;
- de hydroregiokaart;
- de grondwatertrappenkaart;
- de kaart met bodemfysische eenheden.

STAP 3: *Koppeling locaties aan maaiveldhoogten loodrecht op de sloot*

De slootdiepten zijn gemeten met als referentie de maaiveldhoogte direct naast de watergang. Om te onderzoeken in hoeverre de maaiveldhoogte op deze locatie representatief is voor het gehele perceel is deze maaiveldhoogte vergeleken met die op een afstand van resp. 10, 20 en 30 meter loodrecht op de sloot. Hiertoe is met behulp van GIS een koppeling gemaakt met het eerderbesproken AHN. Naast de bepaling van de maaiveldhoogte op vaste afstanden van de waterloop is tevens voor grotere vlakken nagegaan of het gemiddelde maaiveld langs de sloot systematisch verschilt van het gemiddelde maaiveld op grotere afstand tot de waterloop.

STAP 4: *Analyse*

Met behulp van eenvoudige statistische methoden wordt geanalyseerd welke digitale databestanden verklarend zijn voor slootdiepte en drooglegging. Hiertoe wordt per klasse van de Top10-vektor en per klasse van een karteerbaar kenmerk het volgende bepaald:

- het aantal waarnemingen;
- de gemiddelde waarde voor slootdiepte en drooglegging;
- de standaardafwijking;
- het 95%-betrouwbaarheidsinterval rond de gemiddelde waarde (zie bijlage 1).

Uitspraken met betrekking tot significante verschillen worden gedaan op basis van het 95%-betrouwbaarheidsinterval.

In dit rapport wordt de meeste aandacht besteed aan drooglegging en bodemdiepte, daarnaast zijn tevens gegevens verzameld over de overige afmetingen van waterlopen. Dit betreft aanzienlijk minder metingen. De beschikbare gegevens zijn gekoppeld aan combinaties van hydrotype en slootklasse uit de Top10-vektor. Omdat minder gegevens beschikbaar zijn, is gebruik gemaakt van tabellen. Deze tabellen zijn gevuld met beschikbare gegevens, de ontbrekende combinaties zijn aangevuld op basis van expert judgement.

4 Resultaten

4.1 Database

In paragraaf 3.3 is een overzicht gegeven van de beschikbare gegevensbronnen tav de dimensionering van waterlopen. Voor de analyse van de drooglegging en de slootbodemdiepte is gebruik gemaakt van de metingen verzameld tbv de GD-actualisatie en voor het project Informatie-inwinning oppervlaktewater Noord-Brabant, omdat deze bron verreweg de meeste data bevat die op overeenkomstige wijze zijn bepaald. Toepassing van de in paragraaf 3.4 besproken procedure heeft een waardevolle database opgeleverd. Voor ruim 12000 locaties konden metingen met betrekking tot slootdiepte en drooglegging gekoppeld worden aan eerdergenoemde digitale bestanden.

De volgende paragrafen geven de resultaten weer van de analyses die met deze database verricht zijn. Bij de analyses zijn per onderscheiden gebedskenmerk en slootklasse de volgende figuren en tabellen aangemaakt, nl;

- figuur 95% betrouwbaarheid van de slootdiepte resp. drooglegging;
- tabel met aantal metingen van de slootdiepte resp. drooglegging;
- tabel met gemiddelde van de slootdiepte resp. drooglegging;
- tabel met 95%-betrouwbaarheidsinterval.

De figuren en tabellen worden gedeeltelijk in de tekst besproken, de overige figuren en tabellen worden weergegeven in bijlagen 2 t/m 5 bij het rapport.

Om de representativiteit van de gemeten drooglegging en slootbodemdiepte te onderzoeken is met behulp van het AHN onderzocht of er een systematisch verschil is in maaiveldhoogte nabij de sloot en op enige afstand uit de sloot.

Voor de bepaling van de breedte-afmetingen (bodem, waterspiegel en maaiveld) bevat deze database geen informatie. De overige gegevensbronnen geven hierover wel informatie, echter de hoeveelheid data is veel beperkter. Daarom is een uitgebreide analyse niet mogelijk en is dit materiaal vooral gebruikt om de afmetingen van waterlopen te karakteriseren in de vorm van tabellen. Deze tabellen zijn vervolgens gebruikt om de beschikbare berging in het oppervlaktewater te bepalen tussen de waterspiegel en maaiveld.

4.2 Indeling op basis van de Top10-vektor

De ligging van alle waterlopen is weergegeven op de Top10-vektor kaart. Deze digitale kaart kent een indeling in vier waterloopklassen, die deels gebaseerd is op de breedte van de waterloop. Het ligt daarom voor de hand om de beschikbare veldmetingen te koppelen aan de Top10-vektor en te onderzoeken of de gemiddeld gemeten slootdiepte en drooglegging per waterloopklasse significante verschillen vertoont. Tabel 2 geeft een overzicht van de verdeling van de metingen over de

waterloopklassen. Voor meer statistische gegevens wordt verwezen naar bijlage 2. Een verschil tussen twee klassen van waterlopen wordt als significant beschouwd als het gemiddelde van de ene klasse buiten het 95%-betrouwbaarheidsinterval van de andere klasse ligt.

Het zwaartepunt van de metingen ligt in de klassen ‘greppel’ en ‘enkele sloot’. Dit is gunstig daar vooral deze klassen niet in de legger van het waterschap zijn opgenomen. Er is een duidelijk onderscheid met betrekking tot slootdiepte en drooglegging tussen de diverse klassen. De slootdiepte en drooglegging zijn voor ‘enkele sloten’ groter dan voor ‘greppels’. De ‘gerenforceerde sloot’ heeft de grootste slootdiepte en drooglegging. Op basis van deze resultaten wordt in het vervolg van dit hoofdstuk de klasse-indeling volgens de Top10-vektorkaart aangehouden. De klasse ‘oeverlijn/landblauw’ wordt verder buiten beschouwing gelaten. Het betreft immers een grote verscheidenheid aan oppervlaktewateren zoals rivieren, plassen en vaarten. De klasse ‘gerenforceerde sloot’ wordt in het vervolg van dit hoofdstuk alleen besproken indien het aantal waarnemingen per klasse-indeling groot genoeg is.

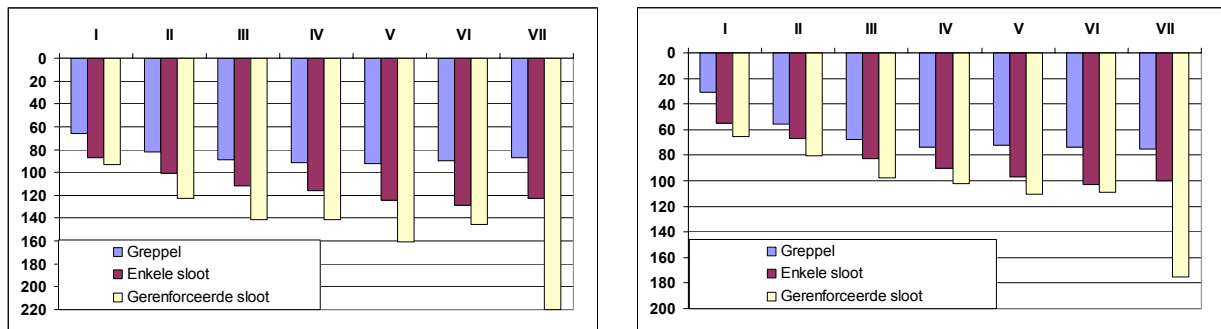
Tabel 2: Aantal waarnemingen en gemiddelde slootdiepte en drooglegging in cm beneden maaiveld per klasse van de Top10-vektor kaart.

Slootklasse	Aantal waarnemingen	Slootdiepte	Drooglegging
Greppel	5746	89	70
Enkele sloot	4828	116	88
Gerenforceerde sloot	463	144	101
Oeverlijn/Landblauw	985	130	88

4.3 Indeling op basis van de grondwatertrap

Figuur 8 geeft de resultaten weer met betrekking tot gemiddelde slootdiepte en drooglegging voor de onderscheiden Grondwatertrappen. Ook bij deze indeling neemt bodemdiepte en drooglegging duidelijk toe gaande van klasse ‘greppel’ naar ‘enkele sloot’ naar ‘gerenforceerde sloot’. Tevens zien we een variatie op basis van Gt, slootdiepte en drooglegging neemt toe met toenemende Gt. Voor de kleinere waterlopen stagneert deze trend echter bij Gt IV of V en zet niet door tot grondwatertrap VII.

De gemiddelde greppeldiepte is alleen significant ondieper voor Gt-klassen I-II. De gemiddelde drooglegging van de greppels loopt op van 31 cm bij Gt I tot 74 cm bij Gt IV en blijft daarna constant. Voor de klasse ‘enkele sloten’ loopt de slootdiepte en de drooglegging op van Gt I (resp. 87 en 55 cm) tot Gt V (resp. 124 en 97 cm). Bij hogere Gt’s zijn de veranderingen niet significant. Voor de klasse ‘gerenforceerde sloot’ worden significante verschillen vastgesteld tussen de Gt-klasse I-II, III-VI en VII. Dit geldt zowel voor de slootdiepte als voor de drooglegging. Opvallend is de zeer grote slootdiepte en drooglegging voor gerenforceerde sloot bij Gt VII. In bijlage 3 zijn nog een aantal aanvullende statistische gegevens weergegeven.



Figuur 8: Slootdiepte (links) en drooglegging (rechts) in cm beneden maaiveld voor de klassen 'greppel', 'enkele sloot' en 'gerenforceerde sloot' weergegeven voor Gt I t/m VII

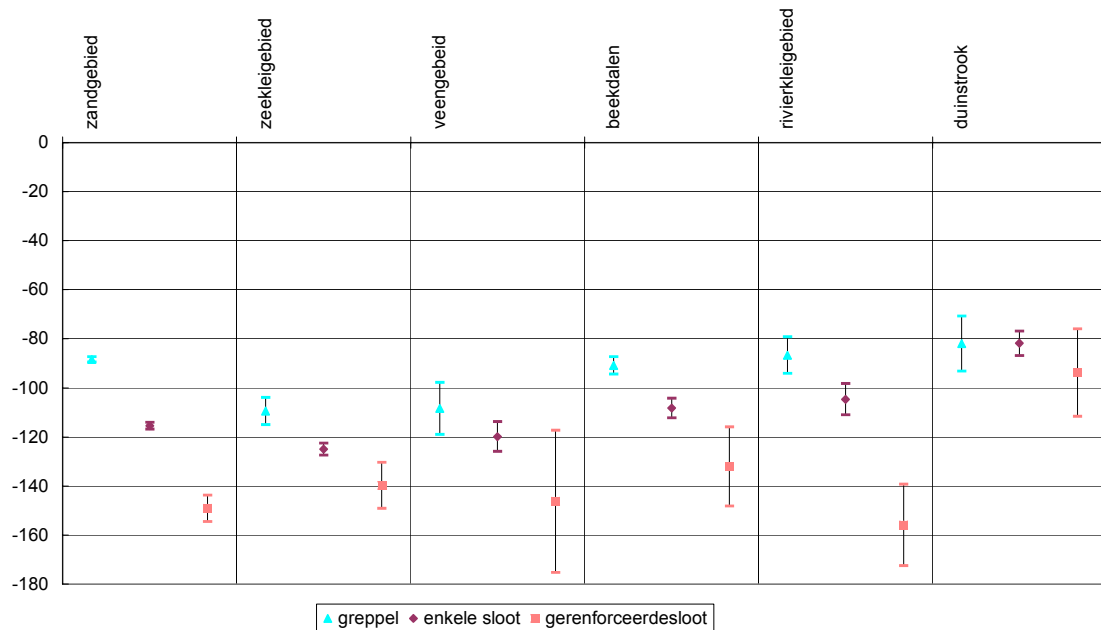
4.4 Indeling op basis van de geohydrologische eigenschappen van de ondergrond

4.4.1 Hydro-regio's

Tabel 3 geeft het aantal waarnemingen per hydro-regio weer. In deze tabel is duidelijk te zien dat de meeste slootmetingen verricht zijn voor de klasse 'greppels' en 'enkele sloot' in het zandgebied. Opvallend is dat het aantal waarnemingen in de klasse 'greppel' voor de hydro-regio's duinstrook, veengebied en zeekleigebied aanzienlijk lager is dan voor de klasse 'enkele sloot'. Het is aannemelijk dat de klasse 'greppel' in deze landschapsregio's ook daadwerkelijk minder voorkomt. We vinden hier immers veelal peilbeheerste gebieden. Verder is het van belang te weten wanneer een sloot als greppel wordt geklassificeerd. Zowel in klei- als veengebieden komen op veel plaatsen een of meerdere ondiepe greppels per perceel voor met het doel om, ingeval de opbolling het maaiveld nadert of bij lage infiltratiecapaciteit, het water via de greppel oppervlakkig te kunnen afvoeren. Deze greppels zitten niet in de Top10-vektor, dat blijkt uit de metingen voor greppels in het veenweidegebied, maar ook voor de andere gebieden. De gevonden diepten zijn groter dan voor greppels mag worden verwacht, de metingen hebben dus betrekking op de wat diepere droogvallende waterlopen.

Tabel 3: Aantal waarnemingen voor de klassen 'greppel', 'enkele sloot' en 'gerenforceerde sloot' voor de onderscheiden hydro-regio's.

Hydro-regio	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot
Zandgebied	4943	3036	288
Zeekleigebied	190	1058	84
Veengebied	38	118	8
Beekdalen	407	333	45
Rivierkleigebied	127	157	21
Duinstrook	34	114	15



Figuur 9: Gemiddelde slootdiepte (met 95%-betrouwbaarheidsinterval) in cm beneden maaiveld voor de klassen 'greppel', 'enkele sloot' en 'gerenforceerde sloot' weergegeven voor de onderscheiden hydro-regio's.

Figuur 9 geeft de gemiddelde slootdiepte, inclusief het 95%-betrouwbaarheidsinterval, voor de onderscheiden hydroregio's. Bij deze indeling vinden we voor veengebieden en voor de duinstrook geen duidelijk onderscheid tussen de klassen 'greppel', 'enkele sloot' en 'gerenforceerde sloot'.

De slootdiepte van de klasse 'greppel' is voor zeeklei- en veengebieden gemiddeld 109 cm. Voor de overige hydroregio's geldt een gemiddelde van 88 cm. Voor de 'enkele sloten' geldt dat de slootdiepte met gemiddeld 82 cm het laagst is in de duinstrook. In beekdalen en rivierkleigebieden vinden we in deze klasse een slootdiepte van gemiddeld 107 cm, voor zandgebieden 115 cm en voor zeekleigebieden 125 cm. Het 95%-betrouwbaarheidsinterval rond de gemiddelde slootdiepte voor veengronden is voor deze slootklasse te ruim om onderscheid te kunnen maken met zand- of zeekleigebieden. Voor de klasse 'gerenforceerde sloot' is het 95%-betrouwbaarheidsinterval zo ruim dat slechts geconcludeerd kan worden dat de slootdiepte in de duinstrook significant ondieper is (gemiddeld 94 cm) dan in de overige hydroregio's (gemiddeld 146 cm).

In bijlage 4 zijn aanvullende statistische gegevens opgenomen. In de volgende paragraaf wordt onderzocht of een verdere uitsplitsing naar hydrotype zinvol is.

4.4.2 Hydrotypen

4.4.2.1 In zandgebied

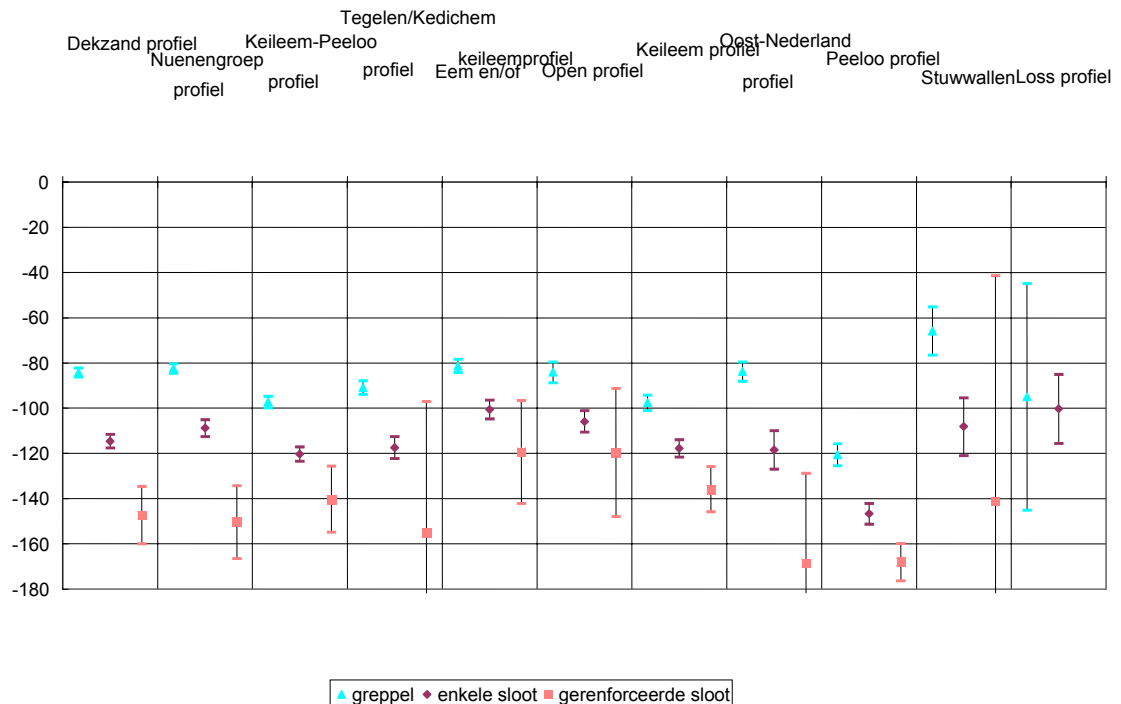
Figuur 10 geeft de gemiddelde slootdiepte voor de drie onderscheiden klassen van waterlopen, inclusief het 95%-betrouwbaarheidsinterval, voor de onderscheiden hydrotypen binnen het zandgebied. Het beperkte aantal waarnemingen in de klasse 'gerenforceerde sloot' maakt dat in verschillende hydrotypen deze klasse niet te onderscheiden is van de klasse 'greppel' of 'enkele sloot'. Voor het Löss-profiel geldt dat er zelfs geen onderscheid te maken is tussen de klasse 'greppel' en 'enkele sloot'. Voor de overige hydrotypen geldt dat de slootdiepte van de klasse 'enkele sloot' steeds groter is dan de slootdiepte van de klasse 'greppel'.

Omdat sommige hydrotypen veel overeenkomst vertonen wat betreft de slootdiepte kan worden overwogen deze te clusteren. Tabel 4 geeft voor de klasse 'greppel' en 'enkele sloot' weer welke hydrotypen geclusterd kunnen worden zodanig dat nog een significant verschil in slootdiepte te onderscheiden is. Opvallend is de grote slootdiepte voor het Peelo-profiel. Dit zijn de veenkoloniale gronden in de provincies Groningen en Drenthe. Uit informatie van het waterschap blijkt dat in het gebied van het voormalige waterschap Veenmarken een groot deel van de klasse ondiepe greppels/droogvallende sloten volgens de Top10-kaart ten dele onterecht in deze klasse is ingedeeld. Deze waterlopen worden bij wateraanvoer gebruikt, het peil wordt daar 50-70 cm opgezet. Een mogelijke verklaring voor de relatief grote greppeldiepte voor het Keileem- en Keileem-Peelo-profiel is dat deze ontwateringsmiddelen de ondiepe keileemlaag doorsnijden. Daarnaast komen in het keileemgebied relatief veel zaksloten voor die de snelle ondiepe ontwatering verzorgen, maar niet aangesloten zijn op het afwateringsstelsel.

Naast de in deze paragraaf opgenomen tabellen en grafieken zijn in bijlage 4 aanvullende tabellen en grafieken weergegeven.

Tabel 4: Mogelijke indeling van de hydrotypen in zandgebied. Per cluster is de gemiddelde slootdiepte weergegeven voor de klasse 'greppel' en 'enkele sloot'.

Hydrotipe	Greppel	Enkele sloot
Stuwwallen	66	
Eem- en/of keileemprofiel Open profiel Nuenen groep profiel	83	106
Dekzand profiel Oost-Nederland profiel		117
Tegelen/Kedichem profiel	91	
Keileem/Peelo profiel Keileem profiel	97	
Peelo profiel	121	147



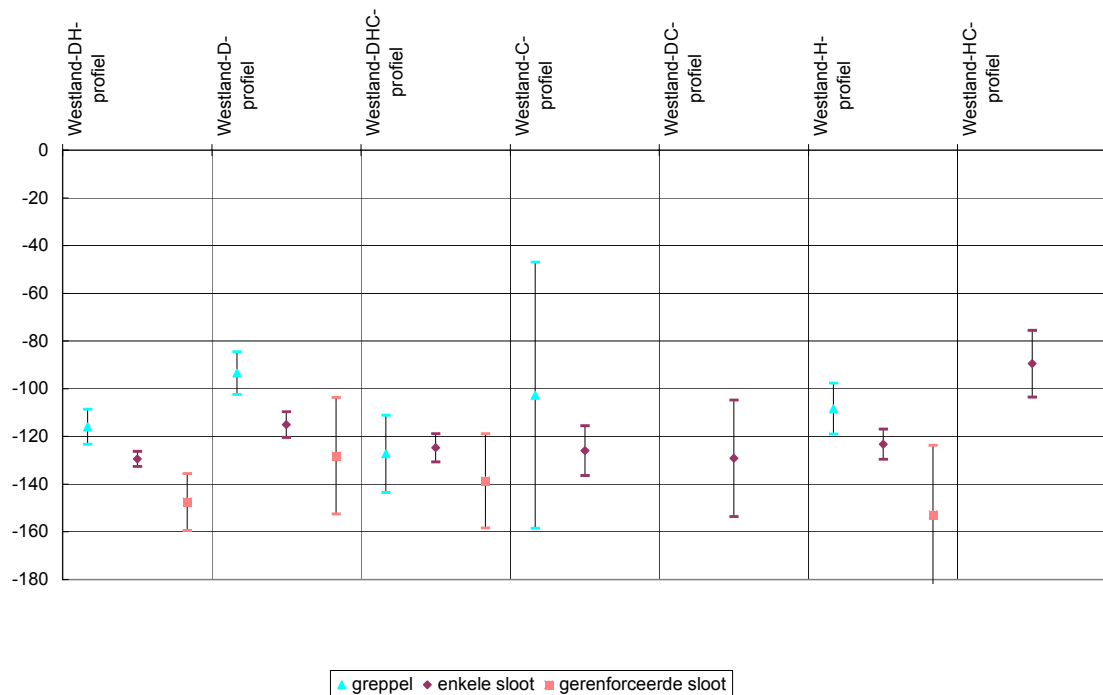
Figuur 10: Gemiddelde slootdiepte (met 95%-betrouwbaarheidsinterval) in cm beneden maaiveld voor de klassen 'greppel' 'enkele sloot' en 'gerenforceerde sloot' weergegeven voor de onderscheiden hydrotypen binnen de zandgebieden.

4.4.2.2 Zeeklei- en veengebied

Figuur 11 geeft de gemiddelde slootdiepte, inclusief het 95%-betrouwbaarheidsinterval, voor de onderscheiden hydrotypen binnen het zeeklei- en veengebied. Alleen in het Westland-DH-profiel is de klasse 'gerenforceerde sloot' te onderscheiden van de klasse 'enkele sloot'. Voor de veengronden kan dit veroorzaakt worden door het beperkte aantal waarnemingen. Voor de overige profielen binnen het zeekleigebied is het echter ook mogelijk dat er weinig verschil is in de bodemdiepte van beiden slootklassen. Voor het Westland-DHC-profiel kan zelfs de klasse 'greppel' niet onderscheiden worden van de klasse 'gerenforceerde sloot'.

Voor de zeekleigronden kunnen we op grond van figuur 11 stellen dat er in het Westland-DH-profiel en het Westland-D-profiel een duidelijk onderscheid is tussen de klasse 'greppel' en 'enkele sloot', waarbij de bodemdieptes voor het Westland-D-profiel het ondiepst zijn. Voor de slootdiepte van de overige sloten binnen het zeekleigebied is geen onderscheid te maken.

Voor de veengronden vallen de geringe slootdieptes op voor het Westland-HC-profiel. Dit zijn de bekende veenweidegebieden van Holland, Utrecht en Friesland. Het Westland-H-profiel, ook wel Hollandveen genoemd, komt vooral voor op zand in Utrecht en in de kop van Overijssel. Dit type kent diepere sloten.



Figuur 11: Gemiddelde slootdiepte (met 95%-betrouwbaarheidsinterval) in cm beneden maaiveld voor de klassen 'greppel', 'enkele sloot' en 'gerenforceerde sloot' weergegeven voor de onderscheiden hydrotypen binnen de zeeklei- en veengebieden.

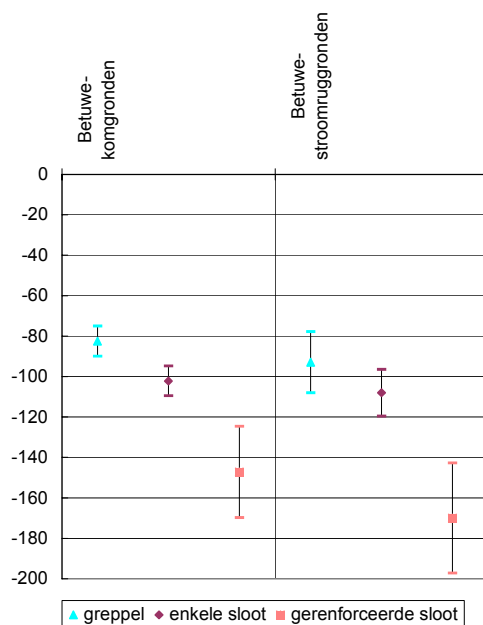
Op basis van bovenbeschreven constateringën geeft tabel 5 een mogelijke clustering in hydrotypen binnen het zeeklei- en veengebied.

Tabel 5: Mogelijke indeling van de hydrotypen in zeeklei- en veengebied. Per cluster is de gemiddelde slootdiepte weergegeven voor de klasse 'greppel' en 'enkele sloot'.

Landschapsregio	Hydrotype	Greppel	Enkele sloot
Zeekleigebied	Westland-D-profiel	93	115
	Westland-DH-profiel	116	129
	Westland-DHC-profiel	125	
	Westland-C-profiel Westland-DC-profiel		
Veengebied	Westland-H-profiel	108	123
	Westland-HC-profiel		90

4.4.2.3 Rivierkleigebied

Figuur 12 geeft de gemiddelde slootdiepte, inclusief het 95%-betrouwbaarheidsinterval, voor de hydrotypen Betuwe-komgronden en Betuwe-stroomruggronden.



Figuur 12: Gemiddelde slootdiepte (met 95%-betrouwbaarheidsinterval) in cm beneden maaiveld voor de klassen 'greppel', 'enkele sloot' en 'gerenforceerde sloot' weergegeven voor de onderscheiden hydrotypen binnen het rivierkleigebied

Hoewel de gemiddelde slootdiepten voor de drie onderscheiden waterloopklassen bij de stroomruggronden groter is zijn de verschillen niet significant.

4.5 Indeling op basis van de bodem

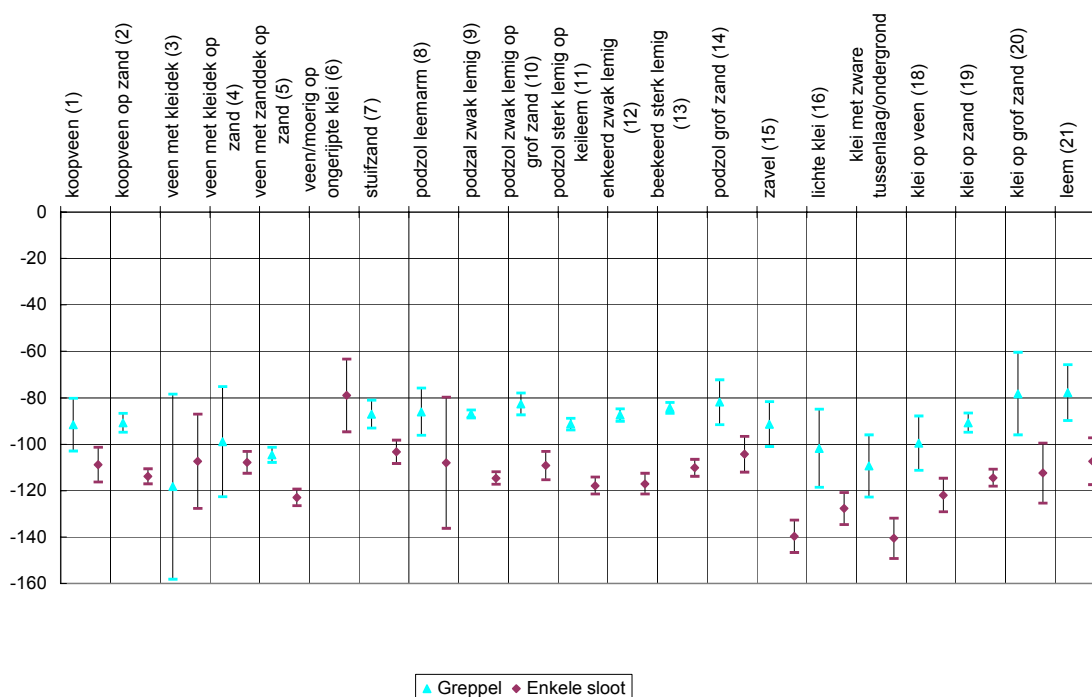
Voor de indeling op basis van de bodem zijn bodems samengevoegd op basis van de bodemfysische eenheid. In tabel 6 is het aantal waarnemingen per bodemfysische eenheid weergegeven.

In figuur 13 zijn de bodemdiepten voor de twee klassen van waterlopen, onderscheiden naar bodemfysische eenheid weergegeven.

Uit figuur 13 blijkt dat er voor de meeste bodemfysische eenheden een duidelijk verschil is in bodemdiepte tussen de klasse greppel en enkele sloot. Alleen voor eenheid 3 is er vanwege het geringe aantal waarnemingen geen duidelijk onderscheid te maken. Voor bodemfysische eenheden 7 t/m 14, alle gelegen in het zandgebied, is de klasse greppels vrijwel identiek. Voor de klasse enkele sloot is er meer variatie in diepte. Duidelijk is te zien dat de sloten (greppels en enkele sloot) in het kleigebied (16 t/m 18) het diepst zijn.

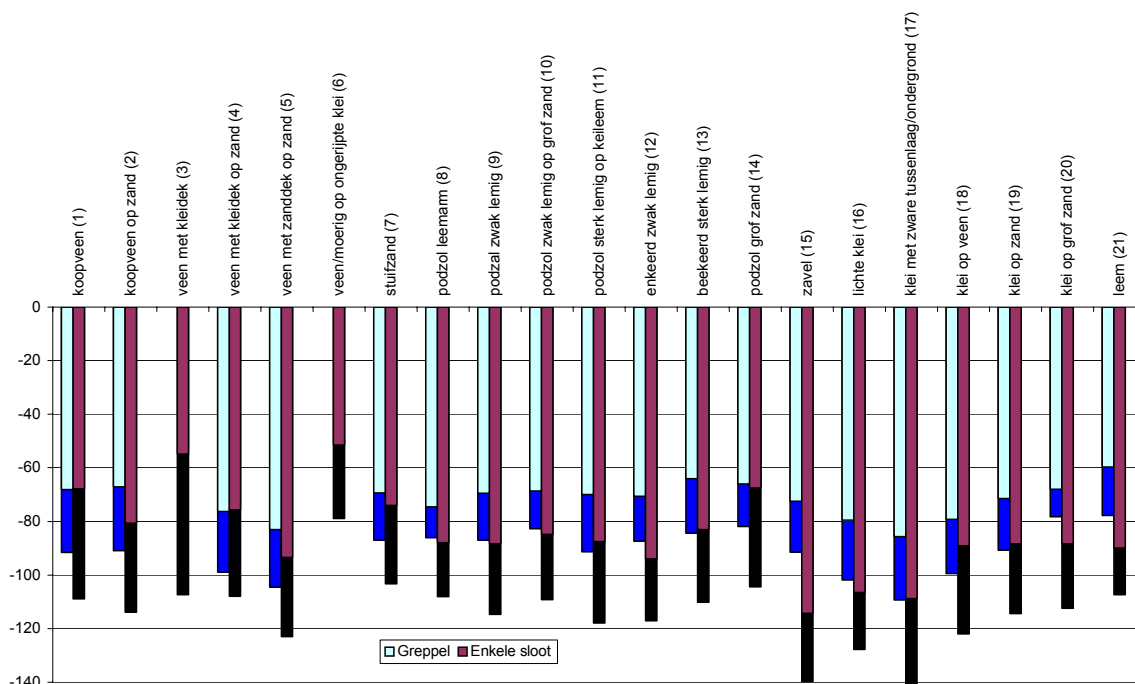
Tabel 6: Aantal waarnemingen voor de klassen 'greppel' en 'enkele sloot' binnen de onderscheiden bodemfysische eenheden.

Bodemfysische eenheid	Greppel	Enkele sloot
koopveen (1)	62	69
koopveen op zand (2)	277	477
veen met kleidek (3)	3	16
veen met kleidek op zand (4)	19	156
veen met zanddek op zand (5)	548	480
veen/moerig op ongerijpte klei (6)	1	16
stuifzand (7)	163	265
podzol leemarm (8)	48	12
podzol zwak lemig (9)	1751	902
podzol zwak lemig op grof zand (10)	257	159
podzol sterk lemig op keileem (11)	639	336
enkeerd zwak lemig (12)	581	301
beekeerd sterk lemig (13)	694	425
podzol grof zand (14)	92	84
zavel (15)	90	217
lichte klei (16)	45	149
klei met zware tussenlaag/ondergrond (17)	32	91
klei op veen (18)	24	94
klei op zand (19)	322	452
klei op grof zand (20)	21	44
leem (21)	56	59



Figuur 13: Gemiddelde slootbodembedpte (met 95%-betrouwbaarheidsinterval) in cm beneden maaiveld voor de klassen 'greppel', 'enkele sloot' en 'gerenforceerde sloot' weergegeven voor de onderscheiden bodemfysische eenheden

Naast de in deze paragraaf opgenomen tabellen en grafieken zijn in bijlage 5 aanvullende tabellen en grafieken weergegeven.



Figuur 14: Gemiddelde slootdiepte en drooglegging in cm beneden maaiveld voor de klassen 'greppel' en 'enkele sloot' weergegeven voor de onderscheiden bodemfysische eenheden.

4.6 Representativiteit van de gemeten ontwateringsbasis

In deze paragraaf wordt bekeken in hoeverre de gemeten slootdiepte en drooglegging representatief is voor het beschouwde oppervlak of perceel. De metingen hebben plaatsgevonden met als referentie het maaiveld direct naast de sloot. Het AHN biedt mogelijkheden te onderzoeken of deze meting representatief is voor de omgeving van de sloot. Er is op twee manieren gekeken naar eventuele verschillen in maaiveldhoogte, nabij de sloot en op enige afstand van de sloot. De eerste benadering betreft de bepaling van de maaiveldhoogte op afstand 10 en 30 m in een raai loodrecht op de sloot. Bij de tweede methode is het gemiddelde maaiveld van een vlak langs de sloot en een vlak op grotere afstand van de sloot bepaald.

4.6.1 Verschil in maaiveldhoogte nabij de sloot en een punt op 10 m uit de sloot

Tabel 7 geeft het gemiddelde maaiveldverschil volgens het AHN tussen de sloot en een punt 10 m loodrecht uit de sloot. De verschillen zijn weergegeven per slootklasse en per Gt. Zoals eerder vermeld is het zaak alert te zijn op AHN-metingen ter hoogte van de sloot die niet het maaiveld representeren maar betrekking hebben op het waterniveau en/of het talud van de sloot.

Tabel 7: *Verskil (cm) tussen AHN-bepaling 10m uit de sloot en ter hoogte van de sloot*

Gt	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot
I	12	20	29
II	11	22	34
III	13	28	44
IV	15	29	54
V	16	33	57
VI	13	37	48
VII	13	31	84

Er zijn inderdaad aanwijzingen dat dit op een deel van de locaties van toepassing is:

- Het bepaalde verschil neemt toe gaande van de klasse 'greppel' naar 'enkele sloot' naar 'gerenforceerde sloot'. De drooglegging neemt op eenzelfde manier toe (zie paragraaf 4.2). Bovendien is de kans op het meten van de waterspiegel het grootst bij bredere sloten.
- Het bepaalde verschil neemt toe met Gt. Voor de klasse 'greppel' en 'enkele sloot' is dit alleen het geval voor de diepere Gt's . Voor de 'gerenforceerde sloot' zet deze trend door en is gemiddeld zelfs 84 cm bij Gt VII. Deze constatering komen overeen met die van de drooglegging (zie paragraaf 4.2).
- In bijlage 6 worden tevens de bepaalde AHN-verschillen weergegeven voor respectievelijk het punt 10 m uit de sloot en 20 m uit de sloot, en het punt 20 m uit de sloot en 30 m uit de sloot. De verschillen zijn hier kleiner. Dit is op zichzelf geen aanwijzing dat ter hoogte van de sloot de waterspiegel gemeten is. Het feit dat deze verschillen geen verband vertonen met de klasse sloot of de Gt is echter wel een aanwijzing in deze richting.

Twijfel over de juistheid van de AHN-meting ter hoogte van de sloot bemoeilijkt de analyse omtrent de representativiteit van de gemeten ontwateringsbasis. Om toch een indicatie te geven van het maaiveldverschil 30 m uit de sloot en direct naast sloot is de volgende werkwijze gevolgd: Als 10 m uit de sloot de AHN-bepaling 60 cm of meer verschilt met de AHN-bepaling ter hoogte van de sloot, wordt aangenomen dat deze laatste de waterstand betreft en dus onjuist is. Alleen in dat geval wordt het maaiveld 30 m uit de sloot vergeleken met het maaiveld 10 m uit de sloot. In alle andere gevallen vindt de vergelijking gewoon plaats met het AHN ter hoogte van de sloot. Hoewel de waarde van 60 cm enigszins gebaseerd is op de minimale gemiddelde drooglegging voor de klasse 'enkele sloot' (zie figuur 6), blijft het hanteren van elke vaste waarde discutabel. Tabel 8 geeft een overzicht van het resultaat. Onderscheid naar slootklasse en Gt lijkt niet gerechtvaardigd. Volgens deze methode is het maaiveld 30 m loodrecht uit de sloot gemiddeld 14 cm hoger dan het maaiveld direct naast de sloot.

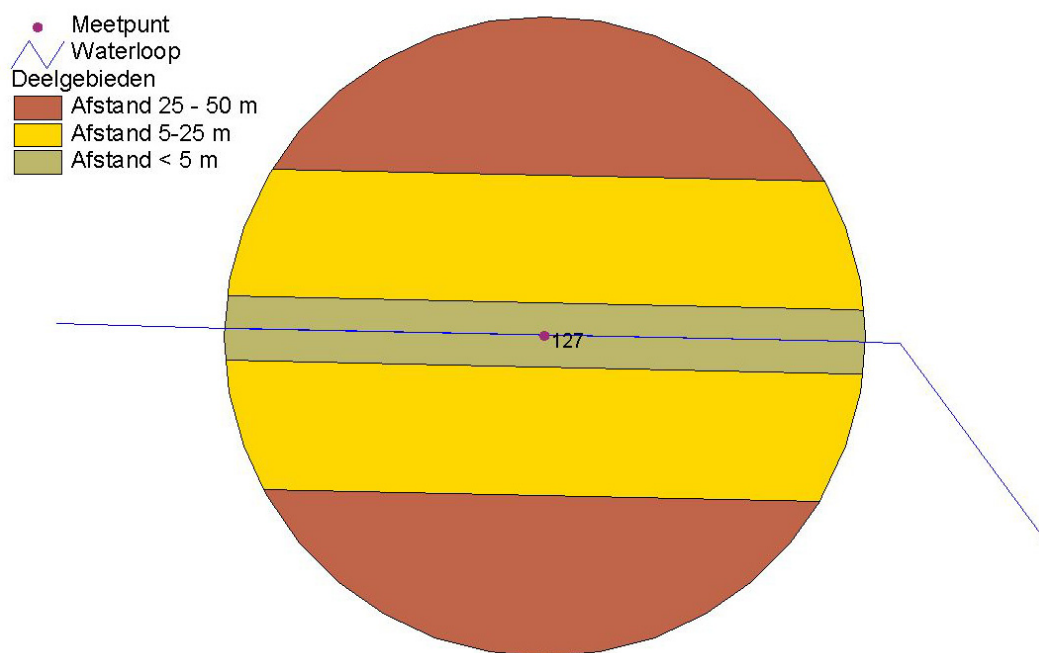
Tabel 8: Maaiveldhoogteverschil (cm) 30m uit de sloot en direct naast de sloot volgens bovenbeschreven methode.

Gt	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot
I	14	8	16
II	11	21	20
III	11	18	16
IV	15	17	-4
V	12	18	11
VI	10	13	11
VII	5	20	9

Uit bijlage 6 is te zien dat voor oeverlijn/landblauw op 10 m uit de sloot nog vaak de waterspiegel gemeten wordt. Ook dit is een bevestiging voor de beïnvloeding van het AHN door ligging van waterlopen.

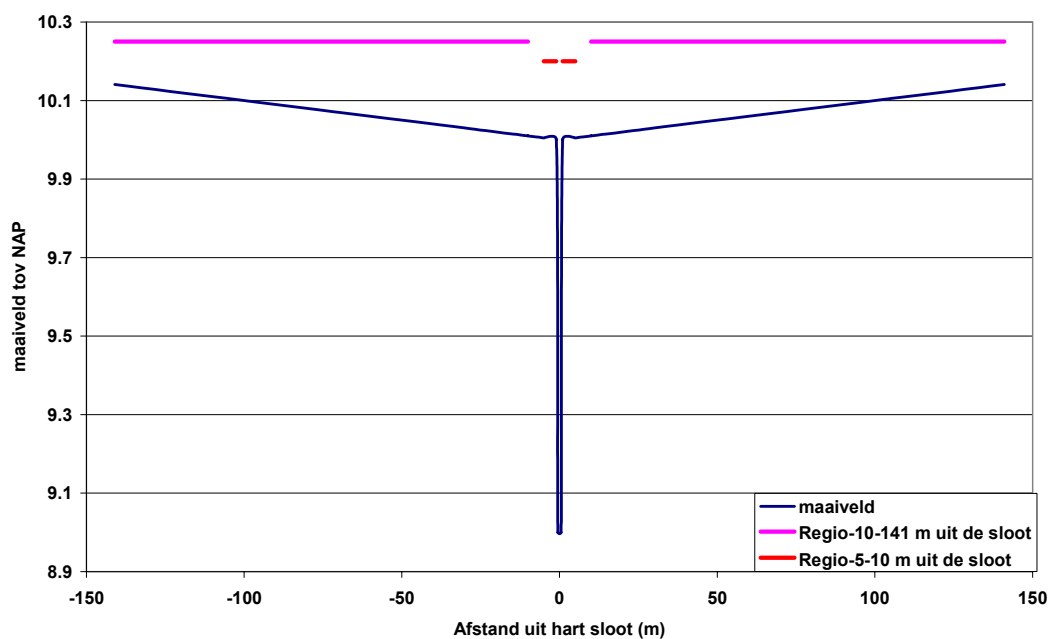
4.6.2 Verschil in maaiveldhoogte in een strook nabij de sloot en in het vlak op enige afstand van de sloot

Voor bepaalde landelijke studies wordt gerekend met de zogenaamde plotbenadering bijv. 'STONE' en 'Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken'. Plots kunnen bestaan uit meerdere gridcellen. Elke gridcel heeft een bepaalde grootte, voor STONE is dit 250*250 m. Om een eventueel verschil in gemiddelde maaiveldhoogte binnen de plot en nabij de sloot vast te stellen, is de maaiveldhoogte in de omgeving van de puntlocaties nader geanalyseerd met behulp van het AHN 5*5 m grid. De verwachting is dat het maaiveld in de omgeving van een sloot lager ligt dan het gemiddelde van de bijbehorende 250 m gridcel. Elk beschikbaar meetpunt uit de GD-actualisatie ligt op een waterloop. Om een eventueel maaiveldhoogteverschil te kunnen bepalen is om elk beschikbaar meetpunt een cirkel gelegd met een straal van 141 m, de bijbehorende cirkel heeft daarmee eenzelfde oppervlak dan een gridcel van 250*250 m. Deze cirkel is opgedeeld in drie regio's door 2 buffers om de waterloop te leggen, nl. tot resp. 5 en 10 m afstand tot de waterloop. In figuur 15 is een fictief voorbeeld gegeven met afwijkende afstanden nl. cirkel van 50 m en een buffer van resp. 5 en 25 m



Figuur 15: Gebied met straal van 50 m rondom een meetpunt opgesplitst naar verschillende afstanden tot een waterloop

In doorsnede dwars over de sloot zien de onderscheiden gebieden er als volgt uit (figuur 16).



Figuur 16: Doorsnede door cirkel met straal van 141 m rondom een meetpunt met de twee onderscheiden buffers

Het gebied met een afstand kleiner dan 5 m tot de waterloop is niet meegenomen in de analyse omdat de maaiveldhoogte in het AHN mogelijk is beïnvloed door de aanwezigheid van de waterloop. Dit kan ook gelden voor de afgeleide hoogte van het

meetpunt (zie paragraaf 4.6.1). Voor het gebied met een afstand van 5- 10 en 10-141 m afstand gelegen binnen de cirkel is de gemiddelde maaiveldhoogte en de standaardafwijking bepaald. Er wordt hierbij verondersteld dat de maaiveldhoogte op de meetpuntlocaties en de gemiddelde maaiveldhoogte in de strook tussen 5-10 m uit de sloot vergelijkbaar zijn en niet systematisch verschillen. Uit de gemiddelde maaiveldhoogte binnen beide regio's kan het gemiddelde verschil in maaiveldhoogte worden bepaald. Dit verschil is vervolgens op verschillende manieren geanalyseerd.

1. Allereerst is gekeken naar verschillen tussen klassen van waterlopen

Tabel 9: Verschil in maaiveldhoogte tussen regio met afstand 10-141 m tov regio met afstand van 5-10 m van de waterloop voor alle meetpunten

Slootklasse	Gemiddeld verschil	Stand. Dev.	Aantal
Greppel	-0.14	0.69	5728
Sloot < 3m	-0.16	0.65	4828
Sloot 3 – 6 m	-0.17	0.57	463
Sloot > 6 m	-0.18	0.68	745
Totaal	-0.15	0.67	11766

Gemiddeld is het maaiveld 15 cm lager in het traject van 5-10 m uit de sloot tov overige deel van de cirkel (10-141 m uit de sloot). De standaarddeviatie van het verschil is groot. Bij nadere analyse bleek, dat puntlocaties waarvoor geen GT bekend is (blank en '-') een grote bijdrage leveren aan de standaarddeviatie. Door het weglaten van deze punten is onderstaande tabel gemaakt

Tabel 10: Verschil in maaiveldhoogte tussen regio met afstand 10-141 m tov regio met afstand van 5-10 m van de waterloop voor alle meetpunten met weglating van de punten waarvoor de GT ontbreekt

Slootklasse	Gemiddeld verschil	Stand. Dev.	Aantal
Greppel	-0.12	0.29	5588
Sloot < 3m	-0.12	0.35	4709
Sloot 3 – 6 m	-0.14	0.37	447
Sloot > 6 m	-0.14	0.48	689
Totaal	-0.12	0.33	11,433

De verwijdering van een beperkt aantal punten geeft een sterke afname van de standaarddeviatie, ook het verschil in maaiveldhoogte neemt enigszins af. De verschillen in maaiveldhoogte komen redelijk overeen met de gevonden verschillen in tabel 8.

2. Vervolgens is gekeken naar verschillen op basis van Gt

Tabel 11: Verschil in maaiveldhoogte tussen regio met afstand 10-141 m tov regio met afstand van 5-10 m van de waterloop voor alle meetpunten op basis van GT

GT	Gemiddeld	Stdev	Aantal
-	-1.05	2.08	221
I	-0.11	0.24	95
II	-0.13	0.40	1270
III	-0.11	0.28	3183
IV	-0.06	0.30	893
V	-0.12	0.33	2753
VI	-0.11	0.28	2325
VII	-0.26	0.48	914
(blank)	-1.03	5.03	112
Totaal	-0.15	0.67	11766

In bovenstaande tabel is duidelijk het effect te zien van de punten gelegen in vlakken waarvoor geen GT bekend is op het gemiddelde verschil en op de standaarddeviatie van dit verschil. Opvallend zijn verder het geringe verschil voor GT IV (deze Gt is oa karakteristiek voor de Veenkoloniën). De verschillen voor GT I, II, III, V en VI verschillen weinig en voor GT VII is het verschil relatief groot.

3. Vervolgens is gekeken naar verschillen op basis van Hydrotipe

Tabel 12: Verschil in maaiveldhoogte tussen regio met afstand 10-141 m tov regio met afstand van 5-10 m van de waterloop voor alle meetpunten met weglating van de punten op basis van de Hydrotipe

Hydrotipe	Gemiddeld verschil	Stand. Dev.	Aantal
Betuwe-komgronden	-0.11	0.39	199
Betuwe-stroomrugggronden	-0.28	0.59	96
Dekzand profiel	-0.10	0.23	2194
Duinstrook	-0.28	0.59	185
Eem en/of keileemprofiel	-0.14	0.21	692
Keileem profiel	-0.11	0.24	552
Keileem-Peeloprofiel	-0.08	0.20	1070
Loss profiel	-0.56	1.40	6
Nuenengroep	-0.13	0.26	1443
Oost-Nederland	-0.22	0.46	417
Open profiel	-0.19	0.42	610
Peelo profiel	-0.02	0.18	638
Singraven-beekdalen	-0.15	0.37	866
Stuwwallen	-0.39	0.71	100
Tegelen/Kedichem profiel	-0.19	0.40	771
Westland-C-profiel	-0.07	0.33	55
Westland-D-profiel	-0.10	0.42	394
Westland-DC-profiel	-0.06	0.19	21
Westland-DH(C)-profiel	-0.07	0.43	943
Westland-H-profiel	-0.06	0.17	158
Westland-HC-profiel	-0.06	0.19	14
Totaal	-0.12	0.33	11424

De hydrotypen Betuwe-stroomrug, Duinstrook, Lössprofiel, Oost-Nederland, Open profiel en Stuwwallen geven het grootste verschil in maaiveldhoogte te zien. Voor het Peelo-profiel is het verschil gering, dit betreft het Veenkoloniale gebied. Voor het aanmaken van de tabel zijn de punten met ontbrekende GT buiten beschouwing gelaten.

In bijlage 9 zijn nadere opsplitsingen van de verschillen weergegeven naar sloottype, Gt en hydrotype.

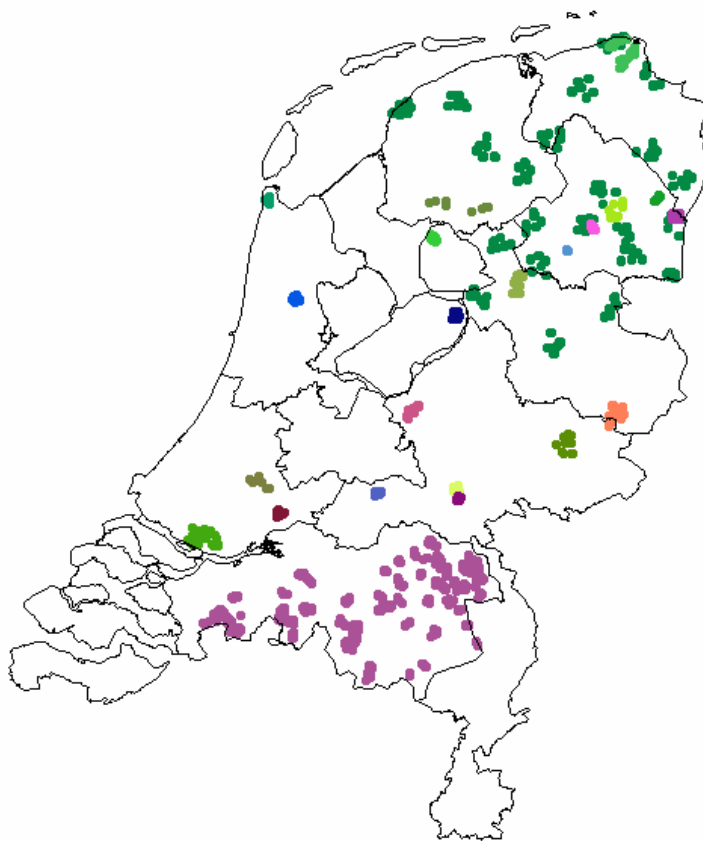
Conclusie:

- Door het maaiveld voor een gebied ter grootte van een gridcel te vergelijken met het maaiveld in een smalle strook langs de sloot vinden we verschillen:
 - voor de klasse greppels en waterlopen < 3 m bedraagt het verschil in maaiveldhoogte 12 cm,
 - voor de GT I, II, III, V en VI vinden we eveneens ca 12 cm, terwijl voor GT VII een grotere en GT IV een geringere afwijking wordt gevonden,
 - Voor een aantal hydrotypen vinden we eveneens ca 12 cm, met uitzondering van hydrotypen met veel GT VII en/of maaiveldvariatie zoals Betuwe-stroomrug, Duinstrook, Lössprofiel, Oost-Nederland, Open profiel en Stuwwallen, opvallend is het geringe gemiddelde verschil van 2 cm voor de Veenkoloniën.
 - Voor West-Nederland liggen de verschillen systematisch lager nl. ca 7 cm

4.7 Dimensionering Top10-vektor waterlopen

In voorgaande paragrafen is beschreven hoe aan de hand van veldmetingen de drooglegging en de bodemdiepte is bepaald. Deze metingen zijn op meerdere wijze te koppelen aan karteerbare kenmerken. Binnen de projecten 'STONE' en 'Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken' worden veelal de afmetingen gekoppeld aan hydrotype of aan bodemeenheid. In deze rapportage zijn de breedte afmetingen gekoppeld aan hydrotype.

Voor de karakterisering van de overige dimensies van de waterlopen is eveneens gekozen om de afmetingen te koppelen aan hydrotypen. Voor de breedte-afmetingen zijn minder gegevens beschikbaar dan tav de drooglegging. In figuur 16 is de ruimtelijke spreiding van de beschikbare gegevens weergegeven.



Figuur 17: Locaties waar metingen zijn verricht aan de afmetingen van waterlopen.

Om de slootprofielen per hydrotype te karakteriseren zijn standaardprofielen afgeleid. Om de standaardprofielen vast te leggen zijn op basis van de meetgegevens vier tabellen opgesteld waarin per combinatie van hydrotype en slootklasse uit de Top10-vektor een standaardwaarde is weergegeven. Deze vier tabellen bevatten de volgende gegevens:

- bovenbreedte van insteek tot insteek;
- taludhelling;
- bodemdiepte;
- drooglegging.

Met de beschikbare gegevens voor de bovenbreedte is de tabel ingevuld (grijze cellen). De ontbrekende cellen zijn vervolgens zo goed mogelijk geschat aan de hand van expert-judgement. De sloten in het Top10-vektor bestand zijn gekarakteriseerd op basis van de breedte op de waterspiegel. Voor sloten breder dan 6 m is een bovenbreedte aangehouden van 10 m. Deze klasse is erg variabel, van beken tot rivieren en grote kanalen.

De afmetingen tussen de insteek bij greppels geven aan dat deze geen betrekking hebben op de zogenaamde maaiveldsgreppels, maar op de wat grotere droogvallende waterlopen.

Voor het vaststellen van de taludhelling is dezelfde aanpak gehanteerd. Het resultaat staat weergegeven in tabel 14.

Tabel 13: Breedte Top10-waterlopen van insteek tot insteek in cm

Hydrottype	Greppel	Sloot 1-3 m	Sloot 3-6 m	Sloot > 6 m
Betuwe-komgronden	300	420	770	1000
Betuwe-stroomruggonden	300	390	770	1000
Dekzand profiel	230	325	650	1000
Duinstrook	230	325	650	1000
Eem en/of keileemprofiel	260	300	650	1000
Keileem profiel	260	330	650	1000
Keileem-Peelo profiel	280	340	650	1000
Loss profiel	230	325	650	1000
Nuenengroep profiel	200	330	650	1000
Oost-Nederland profiel	225	435	650	1000
Open profiel	220	330	650	1000
Peelo profiel	340	435	770	1000
Singraven-beekdalen	300	385	790	1000
Stuwwallen	325	425	650	1000
Tegelen/Kedichem profiel	215	350	650	1000
Westland-C-profiel	400	490	710	1000
Westland-D-profiel	400	550	800	1000
Westland-DC-profiel	400	510	800	1000
Westland-DH-profiel	400	410	640	1000
Westland-DHC-profiel	400	520	640	1000
Westland-H-profiel	340	340	650	1000
Westland-HC-profiel	340	340	650	1000

Tabel 14: Taludhelling Top10-waterlopen (n)

Hydrottype	Greppel	Sloot 1-3 m	Sloot 3-6 m	Sloot > 6 m
Betuwe-komgronden	1.00	1.00	1.00	1.20
Betuwe-stroomruggonden	1.00	1.00	1.00	1.20
Dekzand profiel	1.10	1.10	1.10	1.10
Duinstrook	1.10	1.10	1.10	1.10
Eem en/of keileemprofiel	1.30	1.30	1.30	1.30
Keileem profiel	1.10	1.10	1.30	1.30
Keileem-Peelo profiel	1.10	1.10	1.40	1.40
Loss profiel	1.10	1.10	1.10	1.10
Nuenengroep profiel	1.00	1.00	1.10	1.10
Oost-Nederland profiel	1.00	1.20	1.30	1.30
Open profiel	1.00	1.00	1.10	1.10
Peelo profiel	1.20	1.20	1.50	1.70
Singraven-beekdalen	1.20	1.30	1.30	1.40
Stuwwallen	1.20	1.30	1.30	1.30
Tegelen/Kedichem profiel	1.00	1.10	1.20	1.20
Westland-C-profiel	1.20	1.20	1.30	1.30
Westland-D-profiel	1.20	1.20	1.30	1.30
Westland-DC-profiel	1.20	1.20	1.30	1.30
Westland-DH-profiel	1.10	1.10	1.30	1.30
Westland-DHC-profiel	1.10	1.10	1.10	1.30
Westland-H-profiel	1.10	1.10	1.20	1.20
Westland-HC-profiel	1.10	1.10	1.20	1.20

De gevonden waarden zijn lager, zeker voor zandgebieden, dan de ontwerpnormen volgens het Cultuurtechnische Vademecum (tabel 15). Bij de verdere invulling is zoveel mogelijk uitgegaan van de meetgegevens. Wel is het zo dat de meeste gegevens betrekking hebben op kleinere waterlopen. Mogelijk benaderen de grotere waterlopen de ontwerpnormen beter.

Tabel 15: Taludhelling (1: n) volgens Cultuurtechnisch Vademecum.

Grondsoort	Waarden van n
Klei, leem, loss, vast veen	1-2
Zavel, vast zand	1,5-2,5
grof zand	1,5 -3
Fijn zand, slap veen	2-4

Voor de bodemdikte is voor een belangrijk deel gebruik gemaakt van de meetgegevens die zijn verzameld in het kader van de GT-actualisatie (tabel 16), voor de diepere sloten is een inschatting gemaakt. Vooral de klasse sloot > 6m kunnen bij grotere breedten ook grotere waterdiepten voorkomen, zeker als er sprake is van scheepvaart bijv. Twentekanaal (waterdiepte van 5 m).

Tabel 16: Bodemdikte Top10-waterlopen in cm

Hydrotipe	Greppel	Sloot 1-3 m	Sloot 3-6 m	Sloot > 6 m
Betuwe-komgronden	82	102	150	175
Betuwe-stroomruggronden	93	108	170	195
Dekzand profiel	84	115	145	170
Duinstrook	82	82	95	120
Eem en/of keileemprofiel	81	101	110	135
Keileem profiel	98	118	135	160
Keileem-Peelo profiel	97	120	135	160
Loss profiel	95	100	110	135
Nuenengroep profiel	82	109	130	155
Oost-Nederland profiel	84	118	130	155
Open profiel	84	106	120	145
Peelo profiel	121	147	170	195
Singraven-beekdalen	91	108	135	160
Stuwwallen	66	108	140	165
Tegelen/Kedichem profiel	91	117	130	155
Westland-C-profiel	103	126	155	180
Westland-D-profiel	130	145	150	175
Westland-DC-profiel	130	145	150	175
Westland-DH-profiel	116	129	150	175
Westland-DHC-profiel	127	125	150	175
Westland-H-profiel	108	115	150	175
Westland-HC-profiel	108	115	150	175

Voor de drooglegging is eveneens voor een belangrijk deel gebruik gemaakt van de meetgegevens die zijn verzameld in het kader van de GT-actualisatie (tabel 17), voor de diepere sloten is een inschatting gemaakt op basis van overige informatie. Omdat geen onderscheid wordt gemaakt in Gt is uitgegaan van de meest voorkomende drooglegging. Daarnaast is het mogelijk dat er regionale verschillen bestaan, bijv. de drooglegging in Westland-H-profiel in Friesland is veelal groter dan bij het

overeenkomstige gebied in Zuid-Holland. Voor enkele hydrotypen in West-Nederland zijn afwijkende waarden tov tabel 5 gebruikt, deze zijn aangepast op basis van aanvullende gegevens voor de desbetreffende hydrotypen.

Tabel 17: Drooglegging Top10-waterlopen in cm

Hydrotype	Greppel	Sloot 1-3 m	Sloot 3-6 m	Sloot > 6 m
Betuwe-komgronden	62	79	90	90
Betuwe-stroomruggronden	65	78	105	105
Dekzand profiel	66	87	95	95
Duinstrook	59	57	65	65
Eem en/of keileemprofiel	57	72	75	75
Keileem profiel	79	86	95	95
Keileem-Peelo profiel	75	85	85	85
Loss profiel	51	83	85	85
Nuenengroep profiel	65	84	100	100
Oost-Nederland profiel	66	96	100	100
Open profiel	72	84	85	85
Peelo profiel	102	120	130	130
Singraven-beekdalen	69	80	90	90
Stuwwallen	54	85	95	95
Tegelen/Kedichem profiel	72	90	100	105
Westland-C-profiel	80	100	110	110
Westland-D-profiel	105	110	115	115
Westland-DC-profiel	94	94	105	105
Westland-DH-profiel	99	99	105	105
Westland-DHC-profiel	99	99	105	105
Westland-H-profiel	40	45	55	55
Westland-HC-profiel	40	45	55	55

De tabellen 13, 14, 16 en 17 kunnen vervolgens worden gebruikt om de overige dimensies voor het standaardprofiel af te leiden, zoals:

- breedte op de waterspiegel;
- bodembreedte;
- waterdiepte;
- berging boven de waterspiegel.

In bijlage 7 zijn de breedte op de waterspiegel, waterdiepte en de bodembreedte weergegeven. In bijlage 8 zijn de getekende standaardprofielen per hydrotype en slootklasse weergegeven.

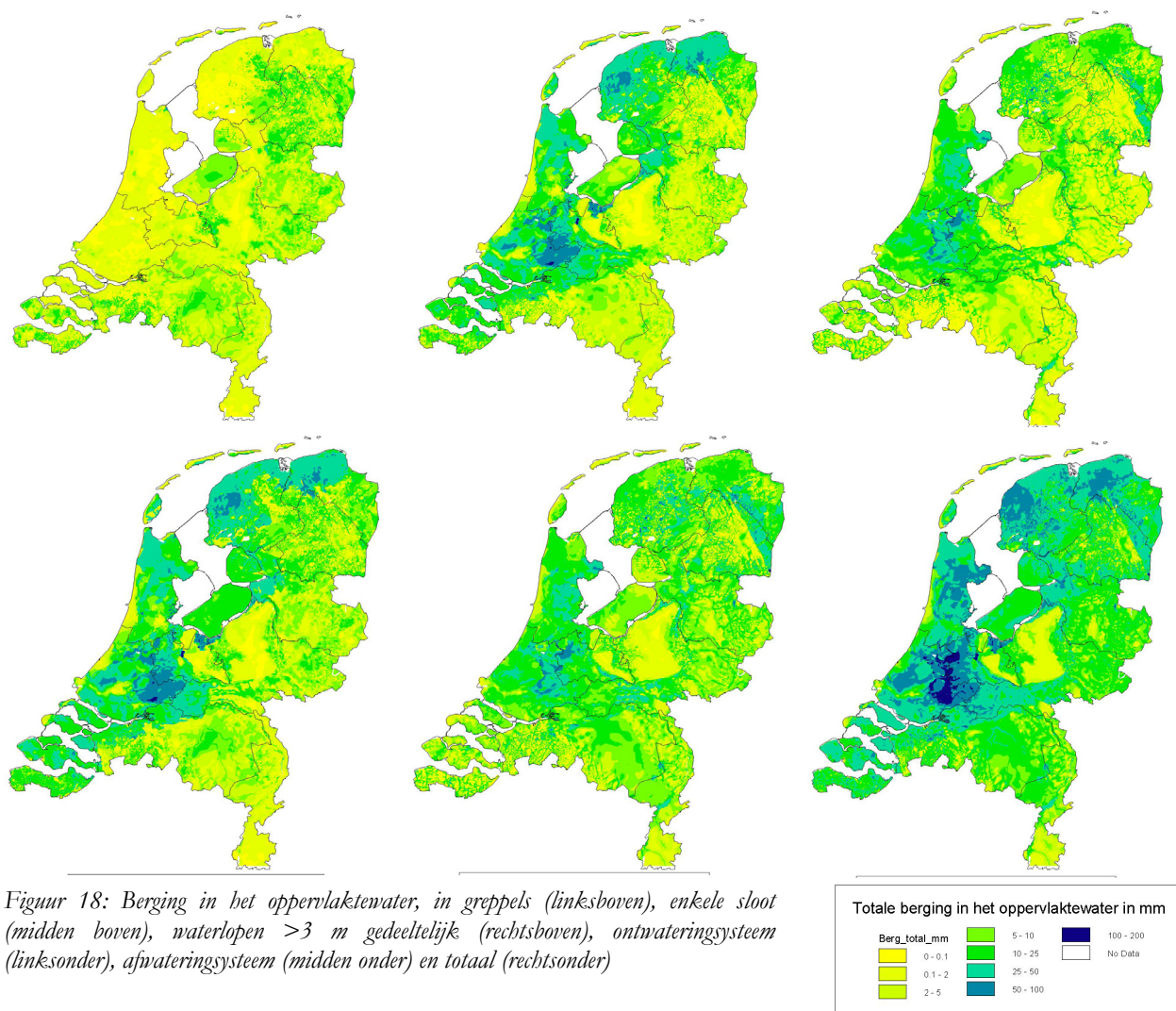
Uit de standaardprofielen kan vervolgens de beschikbare berging worden afgeleid. In tabel 18 is de beschikbare doorsnede in het slootprofiel tussen de waterspiegel en het naastgelegen maaiveld weergegeven.

Tabel 18: Beschikbare berging boven de waterspiegel in m² voor standaardprofielen van de Top10-waterlopen

Hydrotipe	Greppel	Sloot 1-3 m	Sloot 3-6 m	Sloot > 6 m
Betuwe-komgronden	1.48	2.69	6.12	8.03
Betuwe-stroomruggronden	1.53	2.43	6.98	9.18
Dekzand profiel	1.04	1.99	5.18	8.51
Duinstrook	0.97	1.50	3.76	6.04
Eem en/of keileemprofiel	1.06	1.49	4.14	6.77
Keileem profiel	1.37	2.02	5.00	8.33
Keileem-Peelo profiel	1.48	2.10	4.51	7.49
Loss profiel	0.89	1.94	4.73	7.71
Nuenengroep profiel	0.88	2.07	5.40	8.90
Oost-Nederland profiel	1.05	3.07	5.20	8.70
Open profiel	1.07	2.07	4.73	7.71
Peelo profiel	2.22	3.49	7.48	10.13
Singraven-beekdalen	1.50	2.25	6.06	7.87
Stuwwallen	1.41	2.67	5.00	8.33
Tegelen/Kedichem profiel	1.03	2.26	5.30	9.18
Westland-C-profiel	2.43	3.70	6.24	9.43
Westland-D-profiel	2.88	4.60	7.48	9.78
Westland-DC-profiel	2.70	3.73	6.97	9.07
Westland-DH-profiel	2.88	2.98	5.29	9.07
Westland-DHC-profiel	2.88	4.07	5.51	9.07
Westland-H-profiel	1.18	1.31	3.21	5.14
Westland-HC-profiel	1.18	1.31	3.21	5.14

Deze tabel is vervolgens gebruikt om de beschikbare berging boven de waterspiegel in beeld te brengen. De beschikbare berging in combinatie met de lengte aan waterloop geeft de beschikbare oppervlaktewaterberging in mm. Als kaart voor de slootlengte is gebruik gemaakt van de kaarten die zijn ontwikkeld in het kader van het project 'Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken' (Van der Gaast et al., 2006). Hiervoor zijn 25m-grid kaarten gebruikt. Omdat het basisgrid veel grids zonder waterlopen bevat, zijn de grids gebruikt waarbij op basis van een filter techniek de waterlopen zijn uitgesmeerd over de omgeving. In figuur 18 zijn de resultaten van de koppeling weergegeven in mm berging in het oppervlaktewater. Voor de bepaling van de berging in het primaire systeem, dit komt overeen met de Top10-vektor waterloopklassen gerenforceerde sloot en oeverlijn Land/Blauw (paragraaf 3.2), is uitgegaan van de klasse met de kleinste afmeting (gerenforceerde sloot), nl. sloot 3-6 m op de waterspiegel (tabel 18). De kaart met lengte aan waterlopen per grid is de som van de klasse waterlopen 3-6 m (gerenforceerde sloot) en een deel van de waterlopen breder dan 6 m (oeverlijn land/Blauw). De klasse waterlopen breder dan 6 m is gefilterd, op meren, plassen en poelen. Deze kunnen gedeeltelijk, voor zover ze in contact staan met afwateringssysteem bijdragen aan de berging in het oppervlaktewater. Daarnaast is het mogelijk dat een deel van het primaire systeem een geringere bergingsmogelijkheid heeft dan aangehouden, omdat het water bijv. maximaal tot 50 cm onder kruin van de kade mag stijgen bij sommige boezemwateren. In het project 'Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken' zijn de verschillende waterloopklassen verder samengevoegd tot een ontwateringssysteem

(tabel 19 lichtgrijs) en een afwateringssysteem ((tabel 19 donkergrijs). Deze kaarten zijn samen met de kaart voor de totale berging eveneens in figuur 18 weergegeven.



Naast de ruimtelijke spreiding is in tabel 19 de gemiddelde berging per hydrotype, voor de bovenstaande kaarten weergegeven.

Tabel 19: Berging in het oppervlakte water in mm

Hydrotype	Greppel	Enkele sloot	Waterlopen > 3m	Ontwatering	Afwatering	Totaal
Betuwe-komgronden	5.01	13.19	8.51	5.02	21.70	26.72
Betuwe-stroomruggronden	2.84	7.55	14.41	10.40	14.41	24.81
Dekzand profiel	5.22	4.65	3.73	5.22	8.37	13.59
Duinstrook	0.42	3.88	7.69	4.30	7.69	12.00
Eem en/of keileemprofiel	5.44	3.98	3.15	5.44	7.12	12.56
Keileem profiel	6.23	6.02	4.86	6.24	10.88	17.12
Keileem-Peelo profiel	7.58	7.51	4.98	7.59	12.48	20.07
Loss profiel	0.41	0.94	1.47	0.41	2.41	2.82
Nuenengroep profiel	4.67	4.35	4.20	4.67	8.55	13.22
Oost-Nederland profiel	5.30	5.52	2.42	5.30	7.94	13.24
Open profiel	3.08	3.16	2.19	3.08	5.34	8.43
Peelo profiel	7.80	9.48	18.07	7.80	27.55	35.35
Singraven-beekdalen	6.88	7.42	7.55	6.88	14.97	21.85
Stuwwallen	0.88	0.97	0.89	0.88	1.86	2.74
Tegelen/Kedichem profiel	5.58	5.26	2.09	5.59	7.35	12.93
Westland-C-profiel	0.80	28.32	20.33	29.11	20.33	49.45
Westland-DC-profiel	1.86	26.04	18.99	27.90	18.99	46.90
Westland-DHC-profiel	2.06	30.99	16.33	33.05	16.33	49.38
Westland-DH-profiel	2.60	25.01	11.38	27.61	11.38	38.98
Westland-D-profiel	3.41	26.83	12.00	30.24	12.00	42.24
Westland-HC-profiel	0.24	12.52	23.75	12.76	23.75	36.52
Westland-H-profiel	1.20	14.74	11.92	15.94	11.92	27.86

De grootste bergingsmogelijkheden in het zandgebied, liggen binnen het Peelo-profiel, hier liggen nog veel zogenaamde wijken, die vroeger voor de scheepvaart werden gebruikt. Voor de zandgebieden is de beschikbare berging in de orde van 12-13 mm, voor stuwwallen is de berging uiteraard lager en voor de beekdalen groter. In het rivierengebied is de totale berging ca 25 mm, en in de veengebieden 28-36 mm. Het grootst is de beschikbare berging in de kleigebieden ca 40-50 mm.

5 Discussie

De klasse greppels-droogvallend in de Top10-vektor geeft alleen informatie over greppels in het zandgebied en geen informatie over klei en veengebieden.

In de beleving van mensen zijn greppels relatief ondiepe waterlopen. Volgens Krijger en Maris (1966) hebben greppels een diepte die varieert van 20 - 60 cm en de afstand varieert van 8 tot 25 m. Waterlopen met een bodemdiepte kleiner dan 0,4 m komen in het zandgebied sporadisch voor. Zonder frequent onderhoud zullen deze kleine waterlopen overgroeien met gras en onkruid en binnen een jaar bijna geheel verdwijnen (Ernst, 1978). In gebieden met slecht doorlatende lagen aan maaiveld wordt maaiveldbegreppeling nog steeds toegepast (bijv. zware komgronden in Betuwe en kruinige kleigronden (knipklei) in Friesland en Groningen alsook veengronden). Deze maaiveldgreppels komen niet voor in de Top10-vektor. Wel zijn ze zichtbaar te maken via het AHN. In figuur 19 zijn voor enkele percelen de 10%-laagste maaiveldhoogtegrids weergegeven. Aan de hand van de structuren zijn de greppels herkenbaar. Deze greppels worden ook wel aangeduid als maaiveldgreppels.



Figuur 19: Maaiveldgreppels afgeleid uit Top10-vektor

Deze maaiveldgreppels spelen een belangrijke rol bij de oppervlakkige afvoer van het neerslagoverschot in natte perioden.

Niet alle waterlopen hebben een afvoerfunctie

In bepaalde gebieden worden zogenaamde zaksloten toegepast, deze dienen om tijdelijk water te verzamelen, dat vervolgens vanuit de sloot naar de ondergrond infiltreert. Deze zaksloten staan vaak niet in verbinding met het afwateringsstelsel. Ze

hebben vooral een drainerende functie tijdens neerslagpieken, gecombineerd met een bergingsfunctie.

Er zijn meerdere foutenbronnen aan te wijzen die het resultaat kunnen beïnvloeden

- 1). De opnamepunten voor de GD-actualisatie zijn voorafgaand aan het veldbezoek geloot. Voor het opnamepunt liggen de coördinaten vervolgens exact vast. Bij de inrichting van het meetput kan er vervolgens een verschil ontstaan tussen de vooraf vastgelegde locatie en het uiteindelijk meetpunt, omdat de waarnemer het punt verkeert inschat. Door deze werkwijze kunnen verschillen ontstaan tussen de werkelijke meetlocatie en de toegekende coördinaten.
- 2). Het is mogelijk dat voor de slootopname niet de volgens de Top10-kaart dichtstbij gelegen sloot is opgenomen, maar een andere ofwel die sloot maar op een andere locatie, bijvoorbeeld dicht bij de weg waardoor drooglegging/slootdiepte afwijken.
- 3). De datasets bevatten fouten:
 - De indeling van de Top10-kaart in greppels, enkele sloten, gerenforceerde sloten en oeverlijn/landblauw kunnen missers bevatten. Bovendien is de klasse greppels lastig omdat hieraan geen breedteklasse is verbonden. Er kunnen hier in principe hele brede waterlopen voorkomen die evenwel zomers droogvallen.
 - Verschillen in kaartschaal waardoor grenzen van bodemtypen, grondwatertrappen, hydrotypen en hydro-regio's niet overeen komen met de werkelijke grenzen in het veld.
 - De grondwatertrappen op de bodemkaart zijn verouderd ten opzichte van het huidige grondwaterregime. Dit is minder relevant wellicht voor slootdiepte omdat de meeste waterlopen al een tijdje geleden gegraven zijn.
 - De bodemtypen zelf zijn soms achterhaald. Zo staan de veenkoloniale gronden in Groningen nog als veengrond op de kaart terwijl het momenteel overwegend zandgronden zijn.

Er zijn meerdere indelingen en clusteringen mogelijk

De karakterisering van de kenmerken van het ontwateringsstelsel is op meerdere manieren mogelijk. Door koppeling met karteerbare kenmerken zoals hydrotipe of bodem zijn kennistabellen op te stellen. Hieruit blijkt dat sommige hydrotypen alsook sommige bodems veel op elkaar lijken en wellicht samengevoegd kunnen worden. Hydrotypen hebben het voordeel dat deze voor het Pleistocene gebied regionaal verschillen, terwijl de bodemkaart de ruimtelijke structuren beter weergeeft. Clustering is voor hydrotypen nader uitgewerkt. De tabellen in de bijlagen bieden mogelijkheden tot clustering. Echter de clustering op basis van drooglegging en slootbodembediepte kan verschillen.

De drooglegging is soms door regionale omstandigheden bepaald

De drooglegging voor veengronden in het Utrechts-Hollands veenweidegebied is veelal ondieper dan in Friesland. Voor de Krimpenerwaard en het gebied Staphorst-Rouwveen is de drooglegging geanalyseerd op basis van polderpeilen en maaiveldhoogte uit de AHN. Uit deze analyse bleek een drooglegging van 50 cm.

6 Conclusies en aanbevelingen

Met behulp van de omvangrijke dataset die in het kader van de GD-actualisatie in het zandgebied van Nederland is samengesteld, is het mogelijk een schatting te maken van de bodemdiepte en waterdiepte tov maaiveld

In laag Nederland is de oppervlaktewaterstand meestal in sterke mate beheerst dmv stuwen en gemalen. De bijbehorende peilen zijn veelal goed bekend. De werkelijke polderpeilen, vooral in de veenweidegebieden, kunnen nog wel eens lager liggen dan wat in de legger staat (onderbemaling). Met behulp van AHN en de polderpeilen kan de drooglegging relatief eenvoudig gebiedsdekkend worden ingevuld. Voor hoog Nederland is dit in veel minder mate het geval. Met behulp van de beschikbare dataset is een eerste schatting te maken van de bodemdiepte en drooglegging van kleinere waterlopen.

De onderscheiden slootklassen op de Top10-vektor verschillen qua slootdiepte en drooglegging

Uit analyse van de waterlopen die op de Top10-vektor worden onderscheiden op basis van breedte op de waterspiegel, blijkt dat de gemiddelde bodemdiepte en drooglegging toeneemt bij grotere waterbreedten.

De onderscheiding van slootdiepte en drooglegging op basis van karteerbare kenmerken geeft een beperkt onderscheidend vermogen

De relatie tussen verschillende karteerbare kenmerken en de slootbodemdiepte en de drooglegging is onderzocht. Voor de bodem blijkt vooral het onderscheid tussen klei, zand en veen van belang. Daarnaast zijn er regionale effecten die tot uiting komen via de hydrotypen, zo worden voor het hydrotype Peelo-profiel grotere slootbodemdiepten en droogleggingen gevonden dan voor de overige hydrotypen in de zandgebieden. Er blijkt een beperkt effect van de Gt. De Gt is een resultante van de inrichting. De inrichting van gebieden geschiedt vanuit de randvoorwaarden geohydrologie, bodem en ruimtelijke ligging (kwel/wegzijging) en is gericht op een optimale landbouwkundige ontwateringsdiepte, die resulteert in een bepaalde Gt. De intensiteit van de ontwatering is dus afhankelijk van de genoemde factoren.

Het maaiveld nabij de waterloop ligt in hoog Nederland lager dan het gemiddelde maaiveld in de omgeving van de waterloop

Uit analyse van het maaiveld direct grenzend aan de sloot en het maaiveld in de omgeving blijkt dat dit gemiddeld 10 cm lager ligt. Met dit gegeven dient rekening te worden gehouden bij parametrisering van modellen. Hierbij moet worden opgemerkt dat de mate waarmee rekening gehouden moet worden met dit maaiveldsverschil schaalafhankelijk is. Ingeval met een zeer fijn grid (bijv. 25 m) wordt gewerkt is dit verschil minder relevant.

Aanbeveling

De klasse greppels en droogvallende sloten op de Top10-vektorkaart dient te worden aangepast

Greppels geven de associatie van relatief ondiepe waterlopen, waarbij vaak wordt gedacht aan maaiveldgreppels (bodem ca 20 – 60 cm- mv). De echte maaiveldgreppels, zoals deze voorkomen in komkleigebieden en in bijv. Friesland staan niet op de Top10-vektorkaart. Deze zijn belangrijk omdat ze aangeven dat er stroming over het maaiveld kan plaatsvinden. De klasse greppels en droogvallende waterlopen bevat een breed scala aan waterlopen van kavelsloten tot brede watergangen (provincie Flevoland), die allemaal de eigenschap hebben dat ze droogvallen. Het zou aanbeveling verdienen deze klasse nader op te splitsen op basis van maaiveldbreedte. Ook zou te overwogen zijn of alle waterlopen zouden kunnen worden geïnclassificeerd in een beperkt aantal standaardprofielen.

In deze studie zijn de meetgegevens gebruikt voor een landelijke karakterisering. Indien voldoende gegevens beschikbaar zijn, dan kunnen op basis van selectie meer gebiedsspecifieke uitspraken worden gedaan, dit geldt vooral voor drooglegging in zandgebieden. Voor de overige afmetingen van waterlopen zijn veelal onvoldoende gegevens beschikbaar.

Het verdient aanbeveling om aan de hand van een hydrologisch AHN de waterlopen te karakteriseren en te dimensioneren

Het beschikbaar komen van hoge resolutie hoogtekarten biedt de mogelijkheid om een hydrologisch AHN te maken. Hiermee kan een doorlopende en hiërarchische waterlopen structuur worden afgeleid, deze dient in overeenstemming te worden gebracht met de waterlopen in de Top10-vektor en de leggers van de waterschappen. Indien deze structuur beschikbaar is kan op basis van beschikbare peilen en stuwstanden, aangevuld met AHN en veldmetingen in de toekomst een sterke verbeteringsslag worden doorgevoerd, mede omdat ook het afwaterend oppervlak en daarmee de maatgevende afvoer bekend is. Recent zijn methoden ontwikkeld om voor grotere (RIZA) en eveneens voor kleinere waterlopen (NITG) de drooglegging af te leiden uit het AHN.

Literatuur

Ad hoc Werkgroep Consensus Hydrologie, 2002. De parameterisatie van de interactie tussen grondwater en oppervlaktewater voor landelijke en regionale grondwatermodellering; in *Stromingen*, jaargang 8, nummer 2, pag. 5-9.

Dam, J.C. van, J. Huygen, J.G. Wesseling, R.A. Feddes, P. Kabat, P.E.V. van Walsum, P. Groenendijk, C.A. van Diepen, 1997. *SWAP version 2.0, Theory. Simulation of water flow, solute transport and plant growth in the Soil-Water-Atmosphere-Plant environment*. Technical Document 45, DLO Winand Staring Centre, Wageningen, 1997. Report 71, Department Water Resources, Wageningen Agricultural University, 1997.

Ernst, L.F., 1978. Drainage of undulating sandy soils with high groundwater tables. A drainage formula based on a constant hydraulic head ratio. *Journal of Hydrology* 39 (1978) 1-30. Elsevier, Amsterdam.

Finke, P., M. Bierkens, D. Brus, J. van der Gaast, T. Hoogland, M. Knotters en F. de Vries. 2002. *Klimaatrepresentatieve grondwaterdynamiek in waterschap Mark en Weerij*. Wageningen, Alterra, rapport 387.

Gespreksgroep Hydrologische Terminologie, 1986. *Verklarende hydrologische woordenlijst*. Rapporten en nota's No. 16. Den Haag, Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO.

Gaast, J.W.J. van der en P.J.T van Bakel, 1997. *Differentiatie van waterlopen ten behoeve van het bestrijdingsmiddelenbeleid in Nederland*. SC-DLO rapport 526.

Gaast, J.W.J., H.Th.L. Massop, H.R.J. Vroon en I.G. Staritsky., 2006. *Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken*. Wageningen, Alterra-rapport 1339.

Groenendijk, P., W.J. de Lange en K. Kovar, 2002. Modelconcepten voor de interactie tussen verzadigd grondwater en oppervlaktewater; in *Stromingen*, jaargang 8, nummer 2, pag. 11-28.

Harmsen, J., J. Dolfing, E. Querner & A. v.d. Toorn, 2000. *Waterkwaliteit en diergezondheid: leidraad voor te nemen maatregelen in het waterbeheer en de effecten daarvan op de kwaliteit van oppervlaktewater met het oog op gebruik als drinkwater voor vee*. Wageningen, Alterra-rapport 2.

Hermans, A.G.M., P.E.V. van Walsum, J. Runhaar & P.J.T. van Bakel, 2004. *Duurzame waterbeheer Langbroekervetering: Fase 1: Modelbouw, calibratie en bepaling van het Actueel Grond- en Oppervlaktewaterregime*. Wageningen, Alterra-rapport 914.

Jousma G. en H. Th. L. Massop, 1996. *Intreeweerstand waterlopen. Inventarisatie en analyse*. Delft, TNO-rapport GG-R-96-15(A).

Krijger P.D. en R. Maris, 1966. *Cultuurtechniek*. Wolters, Groningen.

Kroon, T., P. Finke, I. Peereboom en A. Beusen., 2001. *Redesign STONE, De nieuwe schematisatie voor STONE: de ruimtelijke indeling en de toekenning van hydrologische en bodemchemische parameters*. RIZA rapport 2001.017 ISBN 9036953715. Lelystad

Massop, H. Th. L. en P. A. J. W. de Wit, 1994. *Hydrologisch onderzoek naar drainagewestanden van het tertiair ontwateringsstelsel in Oost-Gelderland*. Wageningen, SC-DLO rapport 373

Massop, H. Th. L., L. C. P. M. Stuyt, P. J. T. van Bakel, J. M. M. Bouwmans en H. Prak, 1997. *Invloed van de oppervlaktewaterstand op de grondwaterstand. Leidraad voor kwantificering van de effecten van veranderingen in de oppervlaktewaterstand*. Wageningen, SC-DLO rapport 420.1.

Massop, H.Th.L., T. Kroon, J.P.T van Bakel, W.J. de Lange, M.J.H. Pastoors en J. Huygen, 2000. *Hydrologie voor Stone; Schematisatie en parametrisatie*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling en Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Miliehygiëne. Alterra-rapport 038. Reeks Milieuplanbureau 9.

Massop, H. Th. L. en J.W.J. van der Gaast, 2006. *Intreewestanden, nader beschouwd. Procesmatig onderzoek naar de relatie tussen drainageweestand en de intreeweestand*. Wageningen, SC-DLO rapport 1350.

NHV-werkgroep, 2002. *Hydrologische woordenlijst*. Nederlandse Hydrologische Vereniging, Utrecht.

Oude Voshaar, J., 1993. *Toegepaste statistiek*. LWA-93-14.

Veldhuizen, A.A., A. Poelman en L.C.P.M. Stuyt, 1998. *Software documentation for SIMGRO V3.0: regional water management simulator*. Wageningen, Technical report.

Wit, K. E., H. Th. L. Massop en J. G. te Beest, 1991. *Relatie tussen oppervlaktewater en grondwater in de provincie Drenthe*. Wageningen, SC-DLO rapport 134.

Wösten, J.H.M., F. de Vries, J. Denneboom en A.F. van Holst, 1988. *Generalisatie en bodemfysische vertaling van de bodemkaart van Nederland, 1: 250 000, ten behoeve van de PAWN-studie*. Rapport 2055, Stiboka. Wageningen.

Niet gepubliceerde bronnen

Massop, H. Th. L. en J. G. te Beest, 2001. *Informatie-inwinning oppervlaktewaterstelsel; Kenmerken van het tertiair ontwateringsstelsel in Noord-Brabant*.

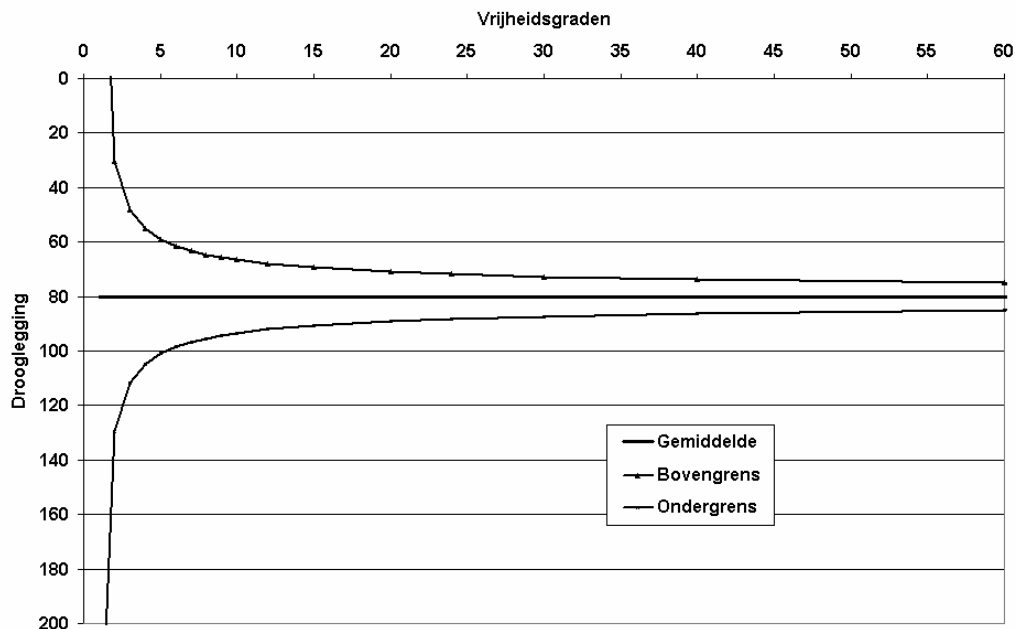
Bijlage 1 Betrouwbaarheid en steekproefomvang

Uit het gemiddelde en de standaarddeviatie is het betrouwbaarheidsinterval te berekenen. Het 95%-betrouwbaarheidsinterval is gedefinieerd als:

$$P\left(\bar{X} - \frac{t_{n-1} * S}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + \frac{t_{n-1} * S}{\sqrt{n}}\right) = 0.95$$

hierin is:

- $\bar{X}$ = steekproefgemiddelde
- S = standaarddeviatie van de steekproef
- n = omvang van de steekproef
- t_{n-1} = student-verdeling voor n-1 vrijheidsgraden (deze waarde neemt af van 2,78 bij 4 vrijheidsgraden naar 1,96 bij toenemende grootte van de steekproef).



Figuur B1 95%-betrouwbaarheidsinterval voor drooglegging van 80 cm en een standaarddeviatie van 20 cm voor verschillende vrijheidsgraden (steekproefgrootte -1)

In figuur B1 is het effect van de grootte van de steekproef (aantal vrijheidsgraden opgehoogd met 1) op de breedte van het betrouwbaarheidsinterval weergegeven. De grootte van standaarddeviatie en de steekproef zijn bepalend voor het onderscheidend vermogen van de berekende gemiddelde waarde. Dus een steekproef met grootte 5 metingen, een gemiddelde van 80 cm en een standaarddeviatie van 20 cm, geeft een betrouwbaarheidsinterval van:

$$P(80 - 25 < \mu < 80 + 25) = 0.95$$

Bijlage 2 Statistische gegevens: indeling op basis van Top10-vektor

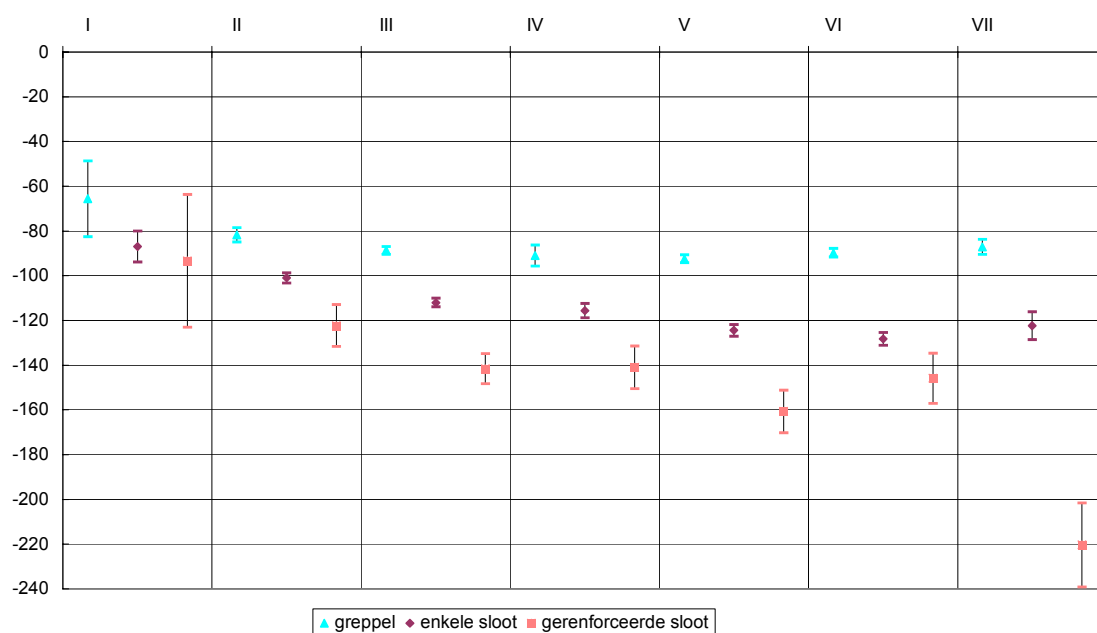
Tabel B2.1 Statistische gegevens slootdiepte op basis indeling Top10-vektor

Slootklasse	Aantal waarnemingen	Gemiddelde (cm)	Standaarddeviatie (cm)	95%-interval +/- gemiddelde (cm)
Greppel	5748	89	36	1
Enkele sloot	4831	116	40	1
Gerenforceerde sloot	463	144	46	4
Oeverlijn/Landblauw	985	130	63	4

Tabel B2.2 Statistische gegevens drooglegging winter op basis indeling Top10-vektor

Slootklasse	Aantal waarnemingen	Gemiddelde (cm)	Standaarddeviatie (cm)	95%-interval +/- gemiddelde (cm)
Greppel	5746	70	35	1
Enkele sloot	4828	88	39	1
Gerenforceerde sloot	463	101	43	4
Oeverlijn/Landblauw	985	88	52	3

Bijlage 3 Statistische gegevens: indeling op basis van GT



Figuur B3.1 Gemiddelde en 95%-betrouwbaarheidsinterval voor de slootdiepte (cm) per Gt

Tabel B3.1 Aantal waarnemingen slootdiepte op basis van GT-indeling

Gt	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
I	8	71	9	14
II	333	756	72	124
III	1477	1358	149	234
IV	308	480	47	75
V	1573	939	94	192
VI	1292	868	62	142
VII	612	240	14	113

Tabel B3.2 Slootdiepte: gemiddeld in cm op basis van GT-indeling

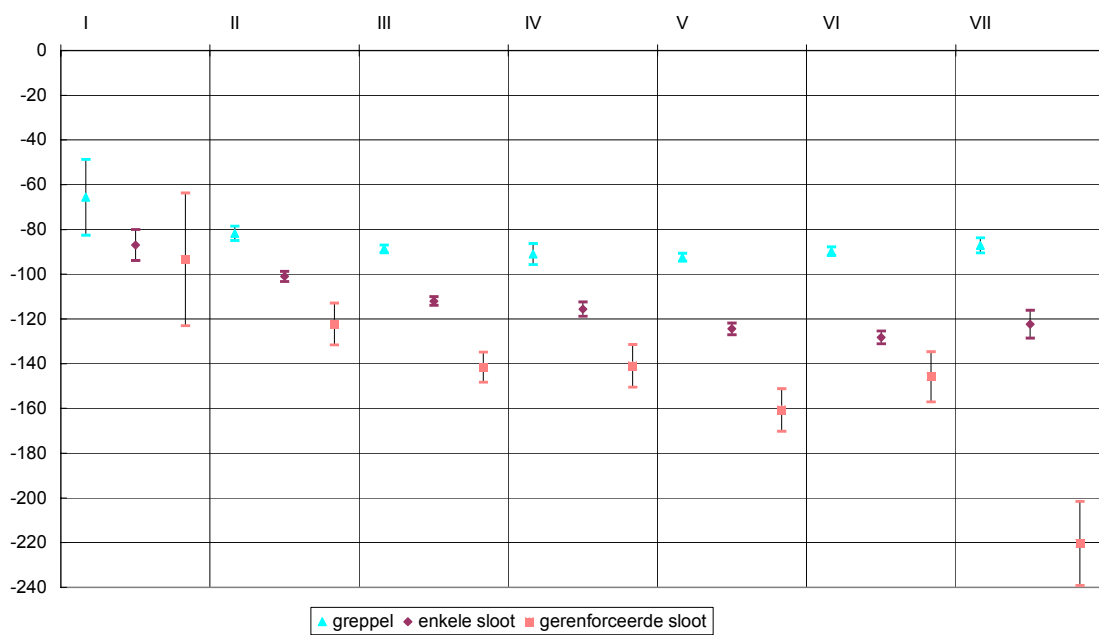
Gt	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
I	66	87	93	94
II	82	101	122	115
III	89	112	142	133
IV	91	116	141	133
V	92	124	161	145
VI	90	128	146	130
VII	87	122	220	119

Tabel B3.3 Slootdiepte: standaard deviatie in cm op basis van GT-indeling

Gt	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
I	20	29	39	65
II	30	32	40	54
III	35	36	42	56
IV	42	35	32	43
V	35	40	46	59
VI	35	44	44	64
VII	42	49	32	72

Tabel B3.4 Slootdiepte: 95%-betrouwbaarheidsinterval +/- gemiddelde in cm op basis van GT-indeling

Gt	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
I	17	7	30	
II	3	2	9	
III	2	2	7	
IV	5	3	10	
V	2	3	9	
VI	2	3	11	
VII	3	6	19	



Figuur B3.2 Gemiddelde en 95%-betrouwbaarheidsinterval voor de drooglegging in een afvoersituatie (cm) per Gt

Tabel B3.5 Aantal waarnemingen drooglegging afvoersituatie op basis van GT-indeling

Gt	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
I	8	71	9	
II	333	756	72	124
III	1477	1357	149	234
IV	308	480	47	75
V	1572	939	94	192
VI	1291	867	62	142
VII	612	239	14	113

Tabel B3.6 Drooglegging afvoersituatie: gemiddeld in cm op basis van GT-indeling

Gt	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
I	31	55	66	
II	55	67	80	72
III	67	83	98	87
IV	74	91	102	92
V	72	97	111	99
VI	74	103	109	90
VII	75	100	175	87

Tabel B3.7 Drooglegging afvoersituatie: standaarddeviatie in cm op basis van GT-indeling

Gt	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
I	13	31	34	
II	30	31	35	47
III	34	36	40	49
IV	40	33	34	38
V	33	39	45	47
VI	34	40	37	52
VII	41	44	22	56

Tabel B3.8 Drooglegging afvoersituatie: 95%-betrouwbaarheidsinterval +/- gemiddelde in cm op basis van GT-indeling

Gt	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
I	11	7	26	
II	3	2	8	
III	2	2	6	
IV	4	3	10	
V	2	3	9	
VI	2	3	10	
VII	3	6	13	

Bijlage 4 Statistische gegevens: indeling op basis van Geohydrologische eigenschappen van de ondergrond

A. Indeling op basis van Hydroregio

Tabel B4.1 Aantal waarnemingen slootdiepte op basis van Hydroregio

Hydroregio	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
beekdalen	407	334	45	131
duinstrook	34	114	15	67
rivierkleigebied	127	157	21	43
veengebied	38	118	8	10
zandgebied	4945	3038	288	618
zeekleigebied	190	1058	84	113

Tabel B4.2 Slootdiepte: gemiddeld in cm op basis van Hydroregio

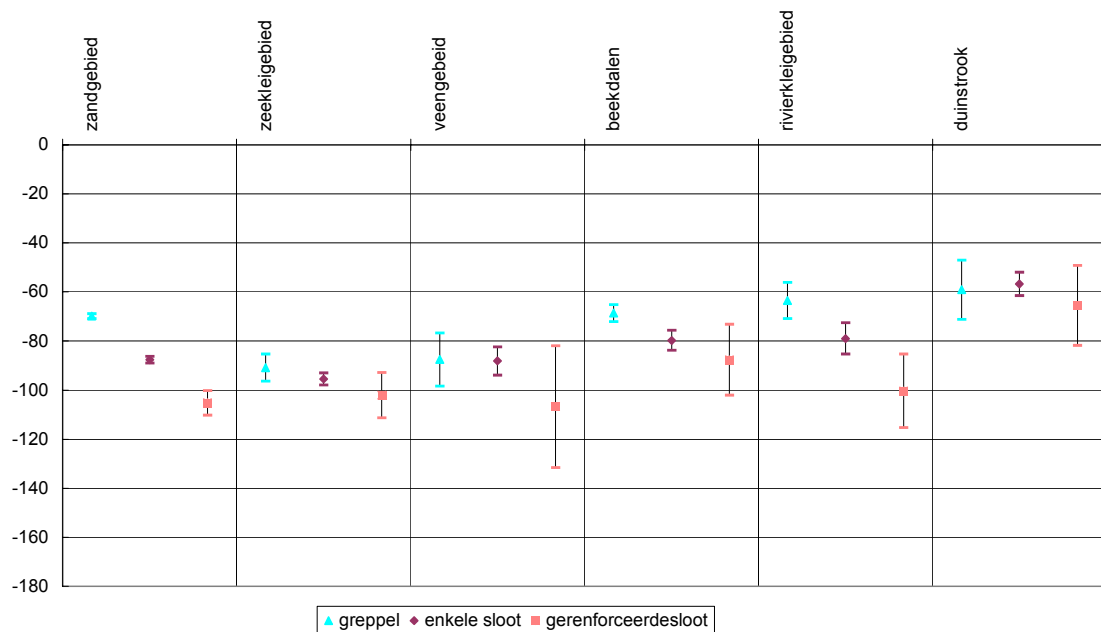
Hydroregio	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
beekdalen	91	108	132	136
duinstrook	82	82	94	96
rivierkleigebied	87	105	156	114
veengebied	108	120	146	120
zandgebied	88	115	149	131
zeekleigebied	109	125	140	142

Tabel B4.3 Slootdiepte: standaard deviatie in cm op basis van Hydroregio

Hydroregio	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
beekdalen	36	37	53	66
duinstrook	32	27	32	45
rivierkleigebied	42	40	37	54
veengebied	32	33	35	44
zandgebied	36	40	46	62
zeekleigebied	38	40	43	65

Tabel B4.4 Slootdiepte: 95%-betrouwbaarheidsinterval +/- gemiddelde in cm op basis van Hydroregio

Hydroregio	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
beekdalen	4	4	16	
duinstrook	11	5	18	
rivierkleigebied	7	6	17	
veengebied	11	6	29	
zandgebied	1	1	5	
zeekleigebied	6	2	9	



Figuur B4.1 Gemiddelde en 95%-betrouwbaarheidsinterval voor de drooglegging in een afvoersituatie (cm) per Hydroregio

Tabel B4.5 Aantal waarnemingen drooglegging afvoersituatie op basis van Hydroregio

Hydroregio	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
beekdalen	407	333	45	131
duinstrook	34	114	15	67
rivierkleigebied	127	157	21	43
veengebied	38	118	8	10
zandgebied	4943	3036	288	618
zeekleigebied	190	1058	84	113

Tabel B4.6 Drooglegging afvoersituatie: gemiddeld in cm op basis van Hydroregio

Hydroregio	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
beekdalen	69	80	88	88
duinstrook	59	57	66	52
rivierkleigebied	63	79	100	78
veengebied	88	88	107	68
zandgebied	70	88	105	91
zeekleigebied	91	95	102	99

Tabel B4.7 Drooglegging afvoersituatie: standaarddeviatie in cm op basis van Hydroregio

Hydroregio	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
beekdalen	35	38	48	54
duinstrook	35	25	29	41
rivierkleigebied	42	40	33	47
veengebied	33	31	30	35
zandgebied	34	38	43	51
zeekleigebied	38	41	42	53

Tabel B4.8 Drooglegging afvoersituatie: 95%-betrouwbaarheidsinterval +/- gemiddelde in cm op basis van Hydroregio

Hydroregio	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
beekdalen	3	4	14	
duinstrook	12	5	16	
rivierkleigebied	7	6	15	
veengebied	11	6	25	
zandgebied	1	1	5	
zeekleigebied	6	2	9	

B. Indeling op basis van Hydrotipe

Tabel B4.9 Aantal waarnemingen slootdiepte op basis van Hydrotipe

Hydrotipe	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
Dekzand profiel	1305	773	56	98
Nuenengroep profiel	913	437	39	93
Keileem-Peelo profiel	623	405	41	86
Tegelen/Kedichem profiel	471	278	7	26
Eem en/of keileemprofiel	416	242	16	36
Open profiel	350	248	12	57
Keileem profiel	289	225	24	39
Oost-Nederland profiel	269	129	7	20
Peelo profiel	250	222	81	135
Stuwwallen	47	46	4	16
Loss profiel	12	33	1	12
Westland-DH-profiel	98	581	42	56
Westland-D-profiel	65	276	20	44
Westland-DHC-profiel	21	143	18	5
Westland-C-profiel	5	40	2	8
Westland-DC-profiel	1	18	2	
Westland-H-profiel	38	106	7	9
Westland-HC-profiel		12	1	1
Singraven-beekdalen	407	334	45	131
Betuwe-komgronden	76	92	13	22
Betuwe-stroomruggronden	51	65	8	21
Duinstrook	34	114	15	67

Tabel B4.10 Slootdiepte: gemiddeld in cm op basis van Hydrottype

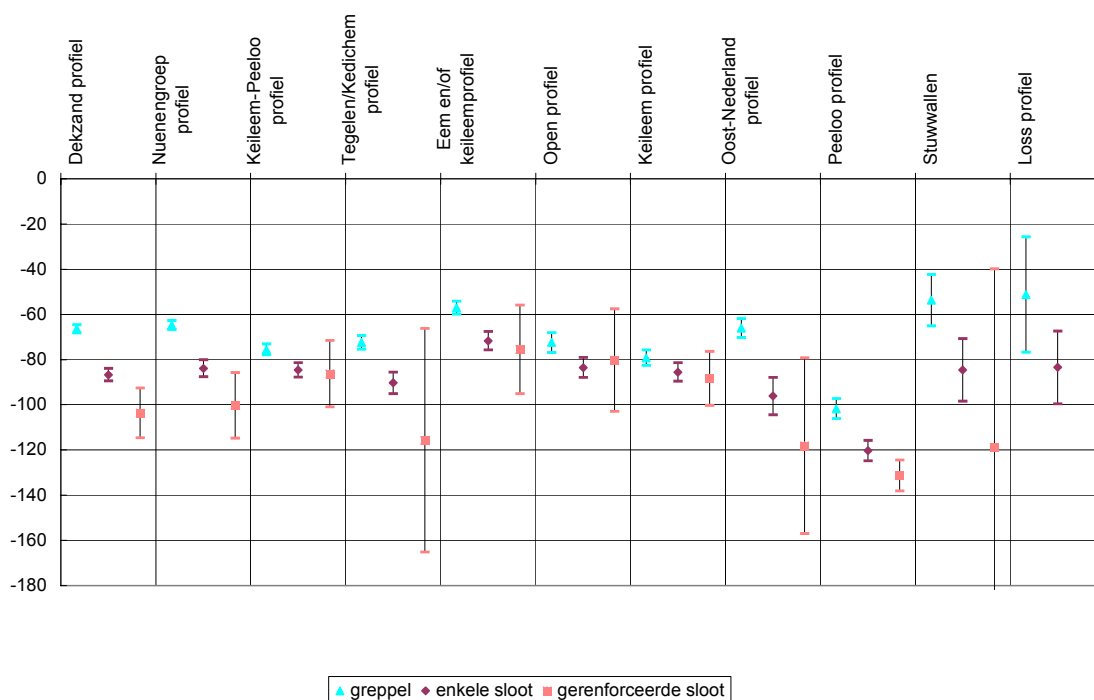
Hydrottype	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
Dekzand profiel	84	115	147	134
Nuenengroep profiel	82	109	150	116
Keileem-Peelo profiel	97	120	140	126
Tegelen/Kedichem profiel	91	117	155	104
Eem en/of keileemprofiel	81	101	119	99
Open profiel	84	106	120	119
Keileem profiel	98	118	136	137
Oost-Nederland profiel	84	118	169	96
Peelo profiel	121	147	168	170
Stuwwallen	66	108	141	103
Loss profiel	95	100	30	118
Westland-DH-profiel	116	129	148	136
Westland-D-profiel	93	115	128	151
Westland-DHC-profiel	127	125	139	123
Westland-C-profiel	103	126	153	154
Westland-DC-profiel	175	129	90	
Westland-H-profiel	108	123	153	127
Westland-HC-profiel		90	100	62
Singraven-beekdalen	91	108	132	136
Betuwe-komgronden	82	102	147	117
Betuwe-stroomruggronden	93	108	170	112
Duinstrook	82	82	94	96

Tabel B4.11 Slootdiepte: standaard deviatie in cm op basis van Hydrottype

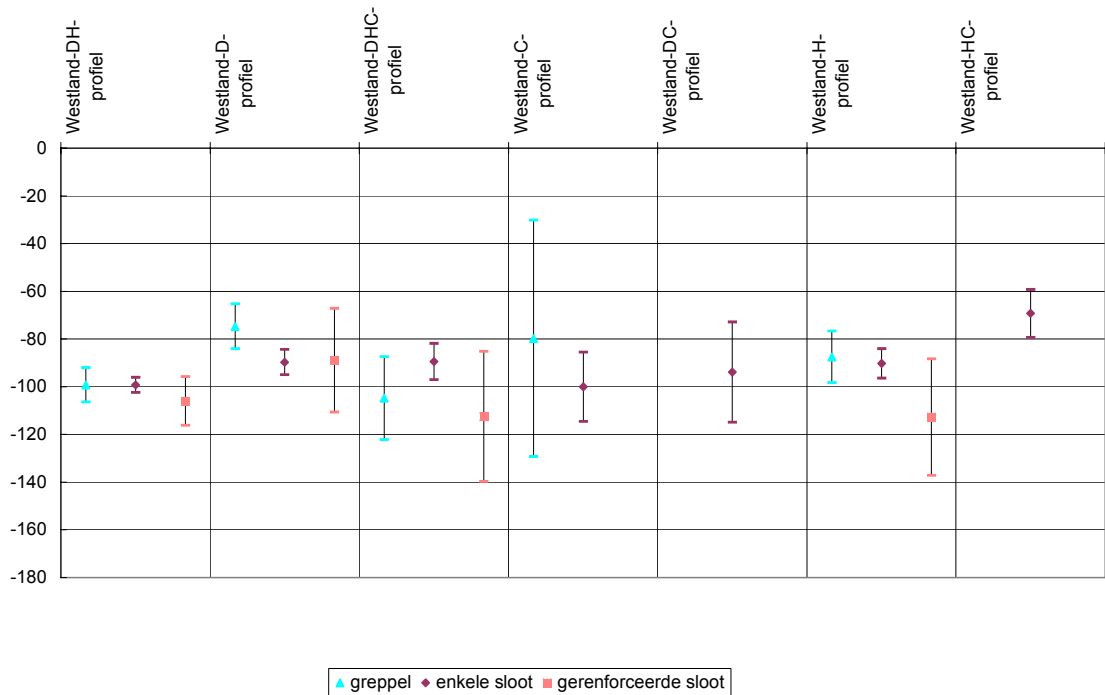
Hydrottype	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
Dekzand profiel	37	42	47	69
Nuenengroep profiel	32	40	49	72
Keileem-Peelo profiel	32	33	46	53
Tegelen/Kedichem profiel	33	41	63	50
Eem en/of keileemprofiel	30	33	45	48
Open profiel	43	38	45	64
Keileem profiel	29	29	24	60
Oost-Nederland profiel	35	49	43	42
Peelo profiel	38	35	37	41
Stuwwallen	36	43	63	41
Loss profiel	79	43		93
Westland-DH-profiel	37	38	38	60
Westland-D-profiel	36	45	52	77
Westland-DHC-profiel	36	36	40	19
Westland-C-profiel	45	33	67	50
Westland-DC-profiel		49	14	
Westland-H-profiel	32	32	31	42
Westland-HC-profiel		22		
Singraven-beekdalen	36	37	53	66
Betuwe-komgronden	33	35	37	59
Betuwe-stroomruggronden	53	47	33	49
Duinstrook	32	27	32	45

Tabel B4.12 Slootdiepte: 95%-betrouwbaarheidsinterval +/- gemiddelde in cm op basis van Hydrottype

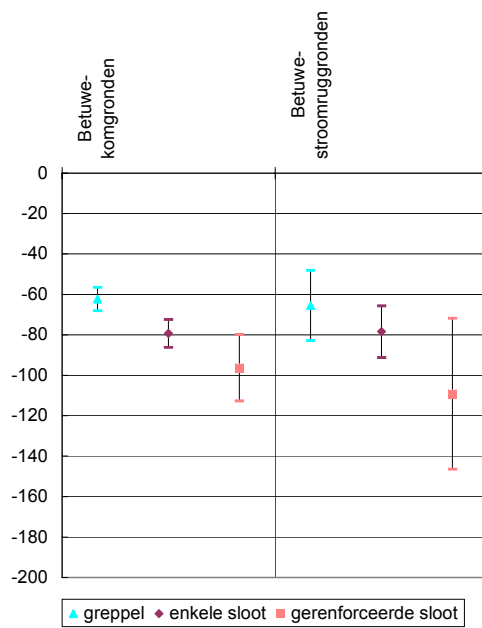
Hydrottype	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
Dekzand profiel	2	3	13	
Nuenengroep profiel	2	4	16	
Keileem-Peelo profiel	3	3	15	
Tegelen/Kedichem profiel	3	5	58	
Eem en/of keileemprofiel	3	4	23	
Open profiel	5	5	28	
Keileem profiel	3	4	10	
Oost-Nederland profiel	4	9	40	
Peelo profiel	5	5	8	
Stuwwallen	11	13	100	
Loss profiel	50	15		
Westland-DH-profiel	7	3	12	
Westland-D-profiel	9	5	24	
Westland-DHC-profiel	16	6	20	
Westland-C-profiel	56	10	604	
Westland-DC-profiel		24	127	
Westland-H-profiel	11	6	29	
Westland-HC-profiel		14		
Singraven-beekdalen	4	4	13	
Betuwe-komgronden	7	7	23	
Betuwe-stroomrugggronden	15	12	27	
Duinstrook	11	5	18	



Figuur B4.2 Gemiddelde en 95%-betrouwbaarheidsinterval voor de drooglegging in een afvoersituatie (cm) per Hydrottype in het zandgebied



Figuur B4.3 Gemiddelde en 95%-betrouwbaarheidsinterval voor de drooglegging in een afvoersituatie (cm) per Hydroregio in het klei- en veengebied



Figuur B4.4 Gemiddelde en 95%-betrouwbaarheidsinterval voor de drooglegging in een afvoersituatie (cm) per Hydroregio in het rivierkleigebied

Tabel B4.13 Aantal waarnemingen drooglegging afvoersituatie op basis Hydrottype

Hydrottype	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
Dekzand profiel	1305	772	56	98
Nuenengroep profiel	913	437	39	93
Keileem-Peelo profiel	623	405	41	86
Tegelen/Kedichem profiel	470	277	7	26
Eem en/of keileemprofiel	416	242	16	36
Open profiel	349	248	12	57
Keileem profiel	289	225	24	39
Oost-Nederland profiel	269	129	7	20
Peelo profiel	250	222	81	135
Stuwwallen	47	46	4	16
Loss profiel	12	33	1	12
Westland-DH-profiel	98	581	42	56
Westland-D-profiel	65	276	20	44
Westland-DHC-profiel	21	143	18	5
Westland-C-profiel	5	40	2	8
Westland-DC-profiel	1	18	2	
Westland-H-profiel	38	106	7	9
Westland-HC-profiel		12	1	1
Singraven-beekdalen	407	333	45	131
Betuwe-komgronden	76	92	13	22
Betuwe-stroomruggronden	51	65	8	21
Duinstrook	34	114	15	67

Tabel B4.14 Drooglegging afvoersituatie: gemiddeld in cm op basis van Hydrottype

Hydrottype	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
Dekzand profiel	66	87	104	89
Nuenengroep profiel	65	84	100	81
Keileem-Peelo profiel	75	85	86	80
Tegelen/Kedichem profiel	72	90	116	72
Eem en/of keileemprofiel	57	72	76	65
Open profiel	72	84	80	87
Keileem profiel	79	86	88	94
Oost-Nederland profiel	66	96	118	70
Peelo profiel	102	120	131	125
Stuwwallen	54	85	119	69
Loss profiel	51	83	5	53
Westland-DH-profiel	99	99	106	93
Westland-D-profiel	75	90	89	107
Westland-DHC-profiel	105	89	113	61
Westland-C-profiel	80	100	128	135
Westland-DC-profiel	105	94	52	
Westland-H-profiel	88	90	113	71
Westland-HC-profiel		69	65	46
Singraven-beekdalen	69	80	88	88
Betuwe-komgronden	62	79	96	83
Betuwe-stroomruggronden	65	78	109	69
Duinstrook	59	57	66	52

Tabel B4.15 Drooglegging afvoersituatie: standaarddeviatie in cm op basis van Hydrotipe

Hydrotipe	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
Dekzand profiel	34	38	41	56
Nuenengroep profiel	31	39	44	51
Keileem-Peelo profiel	31	32	46	45
Tegelen/Kedichem profiel	33	40	53	40
Eem en/of keileemprofiel	30	32	38	43
Open profiel	42	35	36	61
Keileem profiel	29	31	28	47
Oost-Nederland profiel	35	47	42	37
Peelo profiel	35	34	31	35
Stuwwallen	39	47	50	32
Loss profiel	40	45		73
Westland-DH-profiel	36	38	33	49
Westland-D-profiel	38	44	47	59
Westland-DHC-profiel	38	46	55	26
Westland-C-profiel	40	46	74	48
Westland-DC-profiel		42	3	
Westland-H-profiel	33	32	26	36
Westland-HC-profiel		16		
Singraven-beekdalen	35	38	48	54
Betuwe-komgronden	25	33	27	53
Betuwe-stroomruggronden	61	51	45	34
Duinstrook	35	25	29	41

Tabel B4.16 Drooglegging afvoersituatie: 95%-betrouwbaarheidsinterval +/- gemiddelde in cm op basis van Hydrotipe

Hydrotipe	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
Dekzand profiel	2	3	11	
Nuenengroep profiel	2	4	14	
Keileem-Peelo profiel	2	3	15	
Tegelen/Kedichem profiel	3	5	49	
Eem en/of keileemprofiel	3	4	20	
Open profiel	4	4	23	
Keileem profiel	3	4	12	
Oost-Nederland profiel	4	8	39	
Peelo profiel	4	5	7	
Stuwwallen	11	14	79	
Loss profiel	26	16		
Westland-DH-profiel	7	3	10	
Westland-D-profiel	9	5	22	
Westland-DHC-profiel	17	8	27	
Westland-C-profiel	50	15	667	
Westland-DC-profiel		21	25	
Westland-H-profiel	11	6	24	
Westland-HC-profiel		10		
Singraven-beekdalen	3	4	12	
Betuwe-komgronden	6	7	16	
Betuwe-stroomruggronden	17	13	37	
Duinstrook	12	5	16	

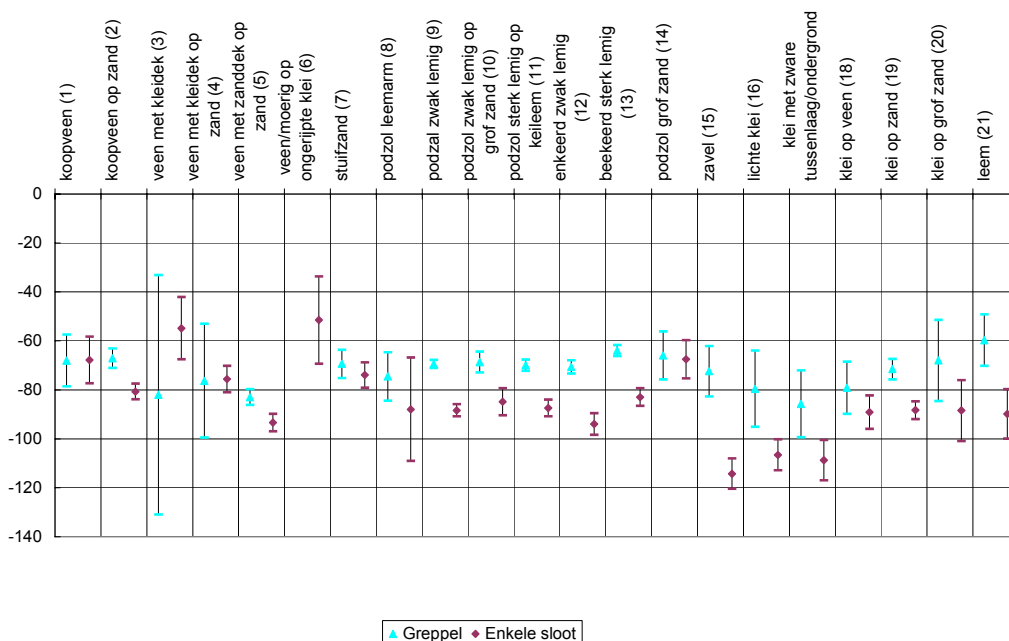
Bijlage 5 Statistische gegevens: indeling op basis van bodemfysische eenheden

Tabel B5.1 Aantal waarnemingen en standaarddeviatie slootdiepte op basis van bodemfysische eenheid

Bodemfysische eenheid	Aantal waarnemingen		Standaard deviatie	
	Greppel	Enkele sloot	Greppel	Enkele sloot
koopveen (1)	62	69	45	31
koopveen op zand (2)	277	477	34	36
veen met kleidek (3)	3	16	16	38
veen met kleidek op zand (4)	19	156	49	30
veen met zanddek op zand (5)	548	480	39	39
veen/moerig op ongerijpte klei (6)	1	16		29
stuifzand (7)	163	265	39	41
podzol leemarm (8)	48	12	35	45
podzol zwak lemig (9)	1751	902	36	40
podzol zwak lemig op grof zand (10)	257	159	38	39
podzol sterk lemig op keileem (11)	639	336	32	34
enkeerd zwak lemig (12)	581	301	33	39
beekeerd sterk lemig (13)	694	425	31	38
podzol grof zand (14)	92	84	46	35
zavel (15)	90	217	46	52
lichte klei (16)	45	149	56	42
klei met zware tussenlaag/ondergrond (17)	32	91	37	42
klei op veen (18)	24	94	28	35
klei op zand (19)	322	452	37	39
klei op grof zand (20)	21	44	39	42
leem (21)	56	59	44	38

Tabel B5.2 Slootdiepte gemiddeld en 95%-betrouwbaarheidsinterval +/- gemiddelde in cm op basis van bodemfysische eenheid

Bodemfysische eenheid	Gemiddelde		+/- gemiddelde	
	Greppel	Enkele sloot	Greppel	Enkele sloot
koopveen (1)	92	109	11	8
koopveen op zand (2)	91	114	4	3
veen met kleidek (3)	118	107	40	20
veen met kleidek op zand (4)	99	108	24	5
veen met zanddek op zand (5)	105	123	3	3
veen/moerig op ongerijpte klei (6)	95	79		16
stuifzand (7)	87	103	6	5
podzol leemarm (8)	86	108	10	28
podzol zwak lemig (9)	87	115	2	3
podzol zwak lemig op grof zand (10)	83	109	5	6
podzol sterk lemig op keileem (11)	91	118	2	4
enkeerd zwak lemig (12)	87	117	3	4
beekeerd sterk lemig (13)	84	110	2	4
podzol grof zand (14)	82	104	10	8
zavel (15)	91	140	10	7
lichte klei (16)	102	128	17	7
klei met zware tussenlaag/ondergrond (17)	109	141	13	9
klei op veen (18)	100	122	12	7
klei op zand (19)	91	114	4	4
klei op grof zand (20)	78	112	18	13
leem (21)	78	107	12	10



Figuur B5.1 Gemiddelde en 95%-betrouwbaarheidsinterval voor de drooglegging in een afvoersituatie (cm) per bodemfysische eenheid

Tabel B5.3 Aantal waarnemingen en standaarddeviatie drooglegging in afvoersituatie op basis van bodemfysische eenheid

Bodemfysische eenheid	Aantal waarnemingen		Standaard deviatie	
	Greppel	Enkele sloot	Greppel	Enkele sloot
koopveen (1)	62	69	42	39
koopveen op zand (2)	277	477	34	36
veen met kleidek (3)	3	16	20	24
veen met kleidek op zand (4)	19	156	48	34
veen met zanddek op zand (5)	548	480	38	39
veen/moerig op ongerijpte klei (6)	1	16		34
stuifzand (7)	163	265	37	43
podzol leemarm (8)	48	12	34	33
podzol zwak lemig (9)	1749	899	34	38
podzol zwak lemig op grof zand (10)	257	159	35	35
podzol sterk lemig op keileem (11)	639	336	29	31
enkeerd zwak lemig (12)	581	301	33	39
beekeerd sterk lemig (13)	694	425	30	37
podzol grof zand (14)	92	84	47	36
zavel (15)	90	217	49	46
lichte klei (16)	45	149	51	39
klei met zware tussenlaag/ondergrond (17)	32	91	38	39
klei op veen (18)	24	94	25	33
klei op zand (19)	322	452	38	39
klei op grof zand (20)	21	44	36	41
leem (21)	56	59	39	38

Tabel B5.4 Drooglegging afvoersituatie gemiddeld en 95%-betrouwbaarheidsinterval +/- gemiddelde in cm op basis van bodemfysische eenheid

Bodemfysische eenheid	Gemiddelde		+/- gemiddelde	
	Greppel	Enkele sloot	Greppel	Enkele sloot
koopveen (1)	68	68	11	9
koopveen op zand (2)	67	81	4	3
veen met kleidek (3)	82	55	49	13
veen met kleidek op zand (4)	76	76	23	5
veen met zanddek op zand (5)	83	93	3	4
veen/moerig op ongerijpte klei (6)	73	52		18
stuifzand (7)	69	74	6	5
podzol leemarm (8)	75	88	10	21
podzol zwak lemig (9)	69	88	2	2
podzol zwak lemig op grof zand (10)	69	85	4	6
podzol sterk lemig op keileem (11)	70	87	2	3
enkeerd zwak lemig (12)	71	94	3	4
beekeerd sterk lemig (13)	64	83	2	4
podzol grof zand (14)	66	67	10	8
zavel (15)	72	114	10	6
lichte klei (16)	80	107	16	6
klei met zware tussenlaag/ondergrond (17)	86	109	14	8
klei op veen (18)	79	89	11	7
klei op zand (19)	72	88	4	4
klei op grof zand (20)	68	88	17	12
leem (21)	60	90	11	10

Bijlage 6 Representativiteit van de gemeten ontwateringsbasis

Tabel B6.1 *Verskil in cm tussen maaiveldshoogte (AHN-bepaling) 10 m uit de sloot en ter hoogte van de sloot.*

Gt	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
I	12	20	29	1
II	11	22	34	-1
III	13	28	44	-1
IV	15	29	54	-14
V	16	33	57	-2
VI	13	37	48	-6
VII	13	31	84	-17

Tabel B6.2 *Verskil in cm tussen maaiveldshoogte (AHN-bepaling) 20 m uit de sloot 10 m uit de sloot.*

Gt	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
I	2	-2	-4	28
II	1	4	1	22
III	2	2	1	29
IV	3	2	-11	41
V	2	3	2	38
VI	2	2	4	31
VII	3	4	-1	30

Tabel B6.3 *Verskil in cm tussen maaiveldshoogte (AHN-bepaling) 30 m uit de sloot 20 m uit de sloot.*

Gt	Greppel	Enkele sloot	Gerenforceerde sloot	Oeverlijn/Landblauw
I	-1	0	5	22
II	2	3	0	16
III	1	4	3	18
IV	3	1	-4	12
V	1	2	-1	8
VI	2	0	4	10
VII	0	8	7	16

Bijlage 7 Afmetingen waterlopen

Tabel B7.1 Breedte op de waterspiegel Top10-waterlopen in cm

	Breedte op waterspiegel			
Hydrotype	Greppel	Sloot 1-3 m	Sloot 3-6 m	Sloot > 6 m
Betuwe-komgronden	176	262	590	784
Betuwe-stroomruggronden	170	234	560	748
Dekzand profiel	85	134	441	791
Duinstrook	100	200	507	857
Eem en/of keileemprofiel	112	113	455	805
Keileem profiel	86	141	403	753
Keileem-Peelo profiel	115	153	412	762
Loss profiel	118	142	463	813
Nuenengroep profiel	70	162	430	780
Oost-Nederland profiel	93	205	390	740
Open profiel	76	162	463	813
Peelo profiel	95	147	380	558
Singraven-beekdalen	134	177	556	748
Stuwwallen	195	204	403	753
Tegelen/Kedichem profiel	71	152	410	748
Westland-C-profiel	208	250	424	714
Westland-D-profiel	148	286	501	701
Westland-DC-profiel	174	284	527	727
Westland-DH-profiel	182	192	367	727
Westland-DHC-profiel	182	302	409	727
Westland-H-profiel	252	241	518	868
Westland-HC-profiel	252	241	518	868

Tabel 7.2 Bodembreedte Top10-waterlopen in cm

	Bodembreedte			
Hydrotype	Greppel	Sloot 1-3 m	Sloot 3-6 m	Sloot > 6 m
Betuwe-komgronden	136	216	470	580
Betuwe-stroomruggronden	114	174	430	532
Dekzand profiel	45	72	331	626
Duinstrook	50	145	441	736
Eem en/of keileemprofiel	49	37	364	649
Keileem profiel	44	70	299	584
Keileem-Peelo profiel	67	76	272	552
Loss profiel	21	105	408	703
Nuenengroep profiel	36	112	364	659
Oost-Nederland profiel	57	152	312	597
Open profiel	52	118	386	681
Peelo profiel	50	82	260	337
Singraven-beekdalen	82	104	439	552
Stuwwallen	167	144	286	571
Tegelen/Kedichem profiel	33	93	338	628
Westland-C-profiel	153	188	307	532
Westland-D-profiel	88	202	410	545
Westland-DC-profiel	88	162	410	545
Westland-DH-profiel	145	126	250	545
Westland-DHC-profiel	121	245	310	545
Westland-H-profiel	102	87	290	580
Westland-HC-profiel	102	87	290	580

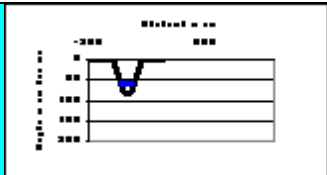
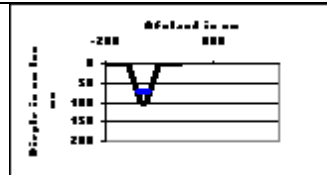
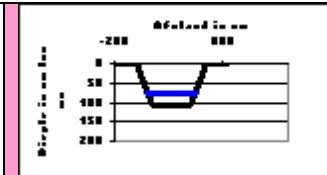
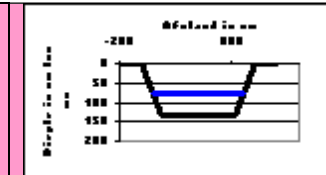
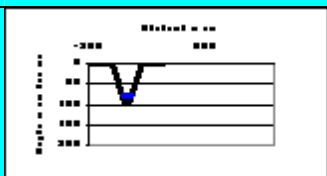
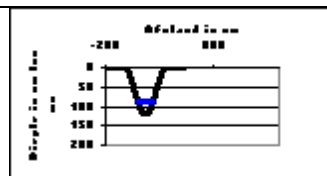
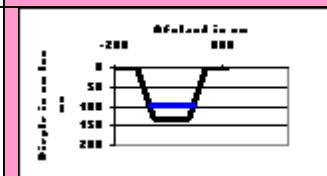
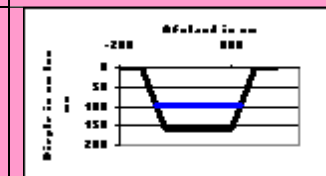
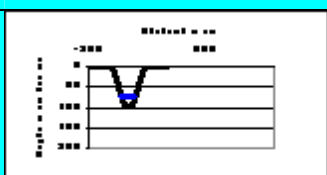
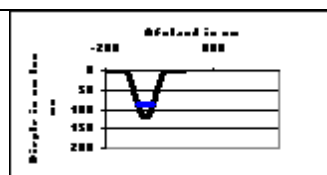
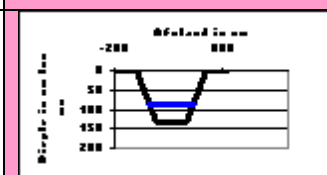
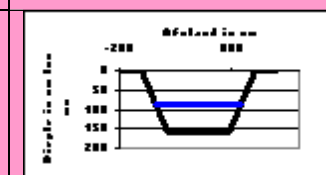
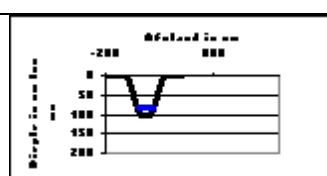
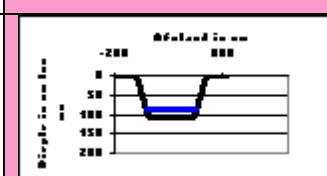
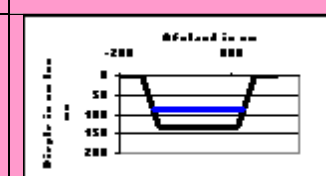
Tabel B7.3 Waterdiepte Top10-waterlopen in cm

Hydrotype	Waterdiepte			
	Greppel	Sloot 1-3 m	Sloot 3-6 m	Sloot > 6 m
Betuwe-komgronden	20	23	60	85
Betuwe-stroomruggronden	28	30	65	90
Dekzand profiel	18	28	50	75
Duinstrook	23	25	30	55
Eem en/of keileemprofiel	24	29	35	60
Keileem profiel	19	32	40	65
Keileem-Peelo profiel	22	35	50	75
Loss profiel	44	17	25	50
Nuenengroep profiel	17	25	30	55
Oost-Nederland profiel	18	22	30	55
Open profiel	12	22	35	60
Peelo profiel	19	27	40	65
Singraven-beekdalen	22	28	45	70
Stuwwallen	12	23	45	70
Tegelen/Kedichem profiel	19	27	30	50
Westland-C-profiel	23	26	45	70
Westland-D-profiel	25	35	35	60
Westland-DC-profiel	36	51	45	70
Westland-DH-profiel	17	30	45	70
Westland-DHC-profiel	28	26	45	70
Westland-H-profiel	68	70	95	120
Westland-HC-profiel	68	70	95	120

Bijlage 8 Afmetingen waterlopen

Tabel B8.1 Standaardprofielen met grootst (blauw) resp. kleinste aandeel (rood) waterlopen.

Hydrotipe	Greppels (tertiair)	Sloot < 3m (secundair)	Sloot 3-6 m (primair)	Sloot > 6 m (primair)
Betuwe- komgronden				
Betuwe- stroomruggronden				
Dekzand profiel				
Duinstrook				

Eem en/of keileemprofiel				
Keileem profiel				
Keileem-Peelo profiel				
Loss profiel				

Nuenengroep profiel				
Oost-Nederland profiel				
Open profiel				
Peelo profiel				

Singraven-beekdalen				
Stuwwallen				
Tegelen/Kedichem profiel				
Westland-C-profiel				

Westland-D-profiel				
Westland-DC-profiel				
Westland-DH-profiel				

Westland-DH-profiel				
Westland-H-profiel				
Westland-HC-profiel				

Bijlage 9 Meetgegevens uitgesplitst naar hydrotype, Gt en slootklasse voor het aantal metingen, het verschil in maaiveldshoogte en de standaarddeviatie van de verschillen

Tabel B9.1 Aantal meetgegevens uitgesplitst naar hydrotype, Gt en slootklasse

Aantal		Grondwatertrap							
Hydrotype	Waterloop	I	II	III	IV	V	VI	VII	Totaal
Betuwe-komgonden	Greppel		11	30	9	7	13	5	75
	Sloot < 3 m		5	43	12	12	13	6	91
	Sloot 3-6 m		3	5	4		1		13
	Sloot > 6 m		2	12		1	4	1	20
Betuwe-stroomruggronden	Greppel		1	5	1	9	14	11	41
	Sloot < 3 m		1	10	1	9	16	5	42
	Sloot 3-6 m			2		2	3		7
	Sloot > 6 m		2	1	1		1	1	6
Dekzand profiel	Greppel	2	80	352	110	264	336	150	1294
	Sloot < 3 m	4	109	267	77	118	141	51	767
	Sloot 3-6 m		5	28	9	9	4	1	56
	Sloot > 6 m		8	26	14	9	14	6	77
Duinstrook	Greppel		5	12	5	1	2	5	30
	Sloot < 3 m		80	17	6		4	2	109
	Sloot 3-6 m	1	9	1			2		13
	Sloot > 6 m		25	3	1	1	2	1	33
Eem en/of keileem profiel	Greppel	1	83	189	14	50	62	9	408
	Sloot < 3 m	1	69	117	8	19	22	1	237
	Sloot 3-6 m		3	9	3		1		16
	Sloot > 6 m		6	13	2	3	4	3	31
Keileem profiel	Greppel		9	51	3	108	82	18	271
	Sloot < 3 m	1	39	64	14	68	33	6	225
	Sloot 3-6 m	1		9		10	4		24
	Sloot > 6 m	1	4	8	2	14	3		32
Keileem-Peelo profiel	Greppel	1	21	117	12	241	129	56	577
	Sloot < 3 m	11	50	127	6	149	43	10	396
	Sloot 3-6 m	2	12	7		14	2		37
	Sloot > 6 m		6	20	3	20	8	3	60
Loss profiel	Greppel						1		1
	Sloot < 3 m			2		1			3
	Sloot 3-6 m			1					1
	Sloot > 6 m					1			1
Nuenengroep	Greppel	2	22	184	53	330	205	111	907
	Sloot < 3 m	4	21	113	39	141	86	29	433
	Sloot 3-6 m		2	14	4	10	7		37
	Sloot > 6 m	1	5	12	3	15	13	17	66
Oost-Nederland	Greppel		7	92	3	122	28	16	268
	Sloot < 3 m		6	52	1	51	14	5	129
	Sloot 3-6 m			3		2	2		7
	Sloot > 6 m			3	2	4	3	1	13
Open profie	Greppel		9		37	63	60	72	329
	Sloot < 3 m		12	76	23	53	50	24	238
	Sloot 3-6 m			5	1	3	2	1	12
	Sloot > 6 m		2	7	2	7	7	6	31
Peelo profiel	Greppel		2	80	8	86	47	27	250

	Sloot < 3 m		5	59	17	80	50	9	220
	Sloot 3-6 m		2	31	6	26	9	6	80
	Sloot > 6 m		1	27	3	45	10	2	88
Singraven-beekdalen	Greppel		51	160	1	85	76	29	402
	Sloot < 3 m	2	76	143	9	45	29	17	321
	Sloot 3-6 m		13	19		6	4	1	43
	Sloot > 6 m		19	48	2	12	11	8	100
Stuwwallen	Greppel		8	5	2	7	11	13	46
	Sloot < 3 m	1	11	3	8	7	12	4	46
	Sloot 3-6 m		1				1	1	3
	Sloot > 6 m		2			2	1		5
Tegelen/ Kedichem	Greppel	2	4	75	9	149	159	67	465
	Sloot < 3 m	3	13	77	5	79	69	31	277
	Sloot 3-6 m		1	1	1	2	1	1	7
	Sloot > 6 m		1	9	1	5	3	3	22
Westland-C- profiel	Greppel			1	2		1	1	5
	Sloot < 3 m		4	6	12		15	3	40
	Sloot 3-6 m		1					1	2
	Sloot > 6 m		1				5	2	8
Westland-D- profiel	Greppel		13	9	14	6	15	7	64
	Sloot < 3 m	23	59	34	71	15	56	17	275
	Sloot 3-6 m	3	5	1	6		3	1	19
	Sloot > 6 m	2	16	2	5	2	7	2	36
Westland-DC profiel	Greppel							1	1
	Sloot < 3 m	1	4	1	3	1	8		18
	Sloot 3-6 m	1	1						2
Westland-DH? profiel	Greppel		5	15	22	24	44	6	116
	Sloot < 3 m	19	147	111	151	77	194	18	717
	Sloot 3-6 m	1	12	8	13	9	16	1	60
	Sloot > 6 m	2	6	6	20	7	9		50
Westland-H- profiel	Greppel		2	12	2	18	4		38
	Sloot < 3 m		35	35	13	14	7	1	105
	Sloot 3-6 m		1	5		1			7
	Sloot > 6 m		2	2		2	2		8
Westland-HC- profiel	Sloot < 3 m		9		2			1	12
	Sloot 3-6 m		1						1
	Sloot > 6 m		1						1
Totaal		93	1269	3182	893	2753	2320	914	11424

Tabel B9.2 Gemiddeld verschil in maaiveldshoogte in de omgeving van de meetlocaties uitgesplitst naar hydrotype, Gt en slootklasse

Gemiddeld Verschil		Grondwatertrap							
Hydrotype	Waterloop	I	II	III	IV	V	VI	VII	Totaal
Betuwe- komgonden	Greppel		-0.12	-0.06	0.02	-0.12	-0.06	-0.24	-0.08
	Sloot < 3 m		-0.02	-0.05	-0.24	-0.04	-0.23	-0.92	-0.16
	Sloot 3-6 m		0.00	-0.09	-0.01		-0.05		-0.04
	Sloot > 6 m		0.04	0.03		-1.87	0.20	-0.40	-0.05
Betuwe- stroomrug- gronden	Greppel		-0.33	-0.52	-0.17	-0.06	-0.20	-0.59	-0.31
	Sloot < 3 m		-0.09	-0.41	-0.03	-0.43	-0.04	-0.83	-0.31
	Sloot 3-6 m			0.29		0.00	-0.03		0.07
	Sloot > 6 m		-0.98	0.07	-0.14		-0.08	0.71	-0.23
Dekzand profiel	Greppel	-0.08	-0.10	-0.09	-0.07	-0.09	-0.09	-0.20	-0.10
	Sloot < 3 m	-0.13	-0.07	-0.11	-0.04	-0.14	-0.10	-0.20	-0.11
	Sloot 3-6 m		-0.12	-0.07	-0.14	-0.15	0.00	-0.80	-0.11
	Sloot > 6 m		-0.09	-0.11	-0.11	-0.16	-0.27	-0.58	-0.18
Duinstrook	Greppel		-0.25	-0.26	-0.35	-3.71	-0.36	-1.00	-0.52
	Sloot < 3 m		-0.11	-0.21	0.01		-0.74	0.05	-0.14
	Sloot 3-6 m	-1.48	-0.09	0.04			-0.94		-0.32
	Sloot > 6 m		-0.27	-1.19	-1.02	-0.38	-1.74	-1.54	-0.51
Eem en/of keileem profiel	Greppel	-0.14	-0.12	-0.12	-0.14	-0.12	-0.17	-0.23	-0.13
	Sloot < 3 m	-0.08	-0.12	-0.15	-0.15	-0.13	-0.22	-0.38	-0.14
	Sloot 3-6 m		-0.36	-0.12	-0.12		1.29		-0.08
	Sloot > 6 m		-0.27	-0.21	0.16	-0.48	-0.04	-0.11	-0.19
Keileem profiel	Greppel		-0.06	-0.13	-0.11	-0.12	-0.11	-0.12	-0.12
	Sloot < 3 m	-0.43	-0.04	-0.09	-0.13	-0.11	-0.12	-0.18	-0.10
	Sloot 3-6 m	-0.32		-0.05		-0.12	-0.10		-0.10
	Sloot > 6 m	-0.26	0.02	-0.07	-0.21	-0.21	-0.06		-0.13
Keileem- Peelo profiel	Greppel	-0.11	-0.08	-0.08	0.01	-0.08	-0.09	-0.11	-0.08
	Sloot < 3 m	-0.11	-0.05	-0.05	0.03	-0.08	-0.11	-0.20	-0.07
	Sloot 3-6 m	0.01	-0.09	-0.13		-0.05	-0.08		-0.08
	Sloot > 6 m		-0.06	-0.05	0.10	-0.15	-0.24	-0.24	-0.11
Loss profiel	Greppel						-0.41		-0.41
	Sloot < 3 m			0.63		-0.23			0.35
	Sloot 3-6 m			-2.48					-2.48
	Sloot > 6 m					-1.49			-1.49
Nuenengroep	Greppel	-0.04	-0.09	-0.10	-0.04	-0.10	-0.12	-0.19	-0.11
	Sloot < 3 m	-0.47	-0.24	-0.14	-0.03	-0.17	-0.10	-0.24	-0.15
	Sloot 3-6 m		-0.12	-0.18	-0.01	-0.19	-0.12		-0.15
	Sloot > 6 m	0.04	-0.57	-0.07	-0.06	0.19	-0.20	-0.37	-0.15
Oost- Nederland	Greppel		-0.28	-0.12	0.05	-0.26	-0.16	-0.36	-0.20
	Sloot < 3 m		-0.54	-0.16	-0.25	-0.30	-0.12	-0.48	-0.24
	Sloot 3-6 m			-0.20		-0.64	-0.21		-0.33
	Sloot > 6 m			-0.04	-0.37	-0.33	-0.06	-0.79	-0.24
Open profie	Greppel		-0.22	-0.14	-0.03	-0.12	-0.14	-0.22	-0.14
	Sloot < 3 m		-0.20	-0.27	-0.12	-0.22	-0.05	-0.51	-0.22
	Sloot 3-6 m			-0.60	-0.02	-0.44	-0.31	-0.15	-0.42
	Sloot > 6 m		-0.02	-0.71	0.04	-0.17	-0.21	-0.20	-0.28
Peelo profiel	Greppel		0.01	-0.04	-0.05	-0.01	0.00	0.00	-0.02
	Sloot < 3 m		-0.19	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.01	-0.03
	Sloot 3-6 m		-0.50	-0.11	-0.05	0.01	-0.14	-0.11	-0.08
	Sloot > 6 m		-0.05	0.07	-0.07	0.02	0.06	-0.38	0.03
Singraven-	Greppel		-0.08	-0.11	0.00	-0.18	-0.16	-0.45	-0.15

beekdalen	Sloot < 3 m	-0.06	-0.10	-0.11	-0.04	-0.10	-0.11	-0.42	-0.12
	Sloot 3-6 m		0.03	-0.13		-0.30	-0.27	-0.14	-0.12
	Sloot > 6 m		-0.25	-0.03	-0.20	-0.17	-0.50	-0.84	-0.21
Stuwwallen	Greppel		-0.24	-0.18	-0.07	-0.33	-0.19	-0.21	-0.22
	Sloot < 3 m	-0.03	-1.10	-0.71	-0.33	-0.16	-0.14	-1.16	-0.53
	Sloot 3-6 m		-1.92				0.15	-0.81	-0.86
	Sloot > 6 m		-0.04			-1.02	0.17		-0.39
Tegelen/ Kedichem	Greppel	0.12	-0.03	-0.22	-0.16	-0.15	-0.16	-0.37	-0.19
	Sloot < 3 m	0.00	-0.40	-0.17	-0.10	-0.18	-0.18	-0.37	-0.20
	Sloot 3-6 m		-0.01	-0.11	0.00	0.19	-0.17	-0.67	-0.08
	Sloot > 6 m		-0.07	0.01	0.12	0.00	-0.34	-0.18	-0.06
Westland-C- profiel	Greppel			0.00	-0.01		0.06	0.06	0.02
	Sloot < 3 m		-0.14	-0.52	0.01		0.00	-0.02	-0.09
	Sloot 3-6 m		-0.42					-0.38	-0.40
	Sloot > 6 m		-0.11				0.19	-0.13	0.07
Westland-D- profiel	Greppel		-0.17	-0.04	-0.21	-0.19	0.03	0.07	-0.09
	Sloot < 3 m	-0.07	-0.07	-0.23	-0.05	-0.35	0.01	-0.21	-0.09
	Sloot 3-6 m	-0.21	-0.66	0.17	-0.17		-0.25	-0.46	-0.31
	Sloot > 6 m	0.23	-0.08	0.09	-0.09	0.48	0.06	-0.39	-0.01
Westland-DC profiel	Greppel							0.00	0.00
	Sloot < 3 m	0.08	-0.10	-0.64	-0.13	0.00	0.01		-0.07
	Sloot 3-6 m	0.18	-0.07						0.06
Westland-DH? profiel	Greppel		-0.07	-0.24	0.10	0.02	-0.08	-0.40	-0.06
	Sloot < 3 m	-0.02	-0.17	-0.08	-0.03	-0.06	-0.04	0.05	-0.07
	Sloot 3-6 m	-0.10	-0.10	-0.12	-0.04	-0.07	-0.31	0.10	-0.13
	Sloot > 6 m	-0.35	0.07	0.00	0.04	-0.15	0.00		-0.01
Westland-H- profiel	Greppel		-0.05	0.01	0.06	-0.16	-0.01		-0.07
	Sloot < 3 m		-0.05	-0.05	-0.03	-0.07	-0.07	-0.35	-0.05
	Sloot 3-6 m		-0.17	-0.04		-0.26			-0.09
	Sloot > 6 m		-0.04	0.17		-0.04	-0.42		-0.08
Westland-HC- profiel	Sloot < 3 m		-0.07		-0.01			0.02	-0.05
	Sloot 3-6 m		0.04						0.04
	Sloot > 6 m		-0.23						-0.23
Totaal		-0.10	-0.13	-0.11	-0.06	-0.12	-0.11	-0.26	-0.12

Tabel B9.3 Standaard deviatie van het verschil in maaiveldshoogte in de omgeving van de meetlocaties uitgesplitst naar hydrotype, Gt en slootklasse

Standaard-deviatie verschil		Grondwatertrap							
Hydrotype	Waterloop	I	II	III	IV	V	VI	VII	Totaal
Betuwe- komgonden	Greppel		0.12	0.08	0.11	0.14	0.17	0.20	0.13
	Sloot < 3 m		0.06	0.13	0.68	0.21	0.53	1.41	0.52
	Sloot 3-6 m		0.08	0.09	0.10				0.09
	Sloot > 6 m		0.23	0.17			0.30		0.48
Betuwe- stroomrug- gronden	Greppel			0.64		0.25	0.30	0.95	0.60
	Sloot < 3 m			0.71		0.90	0.12	0.49	0.61
	Sloot 3-6 m			0.31		0.05	0.05		0.20
	Sloot > 6 m		0.21						0.66
Dekzand profiel	Greppel	0.04	0.20	0.19	0.17	0.17	0.18	0.36	0.21
	Sloot < 3 m	0.28	0.16	0.26	0.13	0.34	0.17	0.37	0.25
	Sloot 3-6 m		0.14	0.18	0.12	0.21	0.07		0.19
	Sloot > 6 m		0.35	0.21	0.17	0.20	0.51	0.72	0.36
Duinstrook	Greppel		0.18	0.41	0.55		0.01	0.57	0.77
	Sloot < 3 m		0.30	0.32	0.20		1.40	0.25	0.39
	Sloot 3-6 m		0.15				0.49		0.51
	Sloot > 6 m		0.77	0.49			0.41		0.83
Eem en/of keileem profiel	Greppel		0.14	0.15	0.14	0.26	0.18	0.34	0.18
	Sloot < 3 m		0.17	0.20	0.17	0.28	0.26		0.21
	Sloot 3-6 m		0.10	0.16	0.04				0.40
	Sloot > 6 m		0.43	0.36	0.39	0.89	0.11	0.15	0.41
Keileem profiel	Greppel		0.15	0.23	0.07	0.25	0.30	0.29	0.26
	Sloot < 3 m		0.12	0.16	0.15	0.21	0.24	0.16	0.19
	Sloot 3-6 m			0.17		0.12	0.09		0.14
	Sloot > 6 m		0.21	0.20	0.06	0.55	0.11		0.38
Keileem- Peelo profiel	Greppel		0.26	0.18	0.16	0.15	0.21	0.32	0.20
	Sloot < 3 m	0.12	0.13	0.16	0.16	0.17	0.15	0.28	0.16
	Sloot 3-6 m	0.02	0.18	0.07		0.10	0.06		0.12
	Sloot > 6 m		0.07	0.34	0.08	0.28	0.70	0.19	0.36
Loss profiel	Greppel								
	Sloot < 3 m			1.49					1.17
	Sloot 3-6 m								
	Sloot > 6 m								
Nuenengroep	Greppel	0.08	0.11	0.20	0.11	0.20	0.20	0.30	0.21
	Sloot < 3 m	0.54	0.41	0.28	0.11	0.22	0.19	0.49	0.27
	Sloot 3-6 m		0.35	0.18	0.06	0.56	0.22		0.32
	Sloot > 6 m		0.92	0.27	0.05	0.57	0.32	0.55	0.53
Oost- Nederland	Greppel		0.35	0.19	0.13	0.52	0.32	0.42	0.41
	Sloot < 3 m		0.77	0.37		0.75	0.23	0.19	0.56
	Sloot 3-6 m			0.28		0.52	0.22		0.35
	Sloot > 6 m			0.43	0.19	0.47	0.26		0.39
Open profie	Greppel		0.51	0.50	0.14	0.26	0.32	0.42	0.38
	Sloot < 3 m		0.28	0.42	0.63	0.38	0.14	0.48	0.41
	Sloot 3-6 m			0.58		0.64	0.92		0.56
	Sloot > 6 m		0.01	1.18	0.06	0.28	0.33	0.51	0.65
Peelo profiel	Greppel		0.12	0.16	0.11	0.14	0.12	0.19	0.15
	Sloot < 3 m		0.37	0.15	0.15	0.13	0.16	0.24	0.16
	Sloot 3-6 m		0.63	0.19	0.12	0.18	0.10	0.31	0.21
	Sloot > 6 m			0.32	0.11	0.23	0.30	0.68	0.28

Singraven-beekdalen	Greppel		0.18	0.23		0.66	0.30	0.48	0.40
	Sloot < 3 m	0.01	0.20	0.24	0.11	0.22	0.21	0.29	0.23
	Sloot 3-6 m		0.38	0.20		0.21	0.27		0.29
	Sloot > 6 m		0.78	0.37	0.19	0.30	0.55	1.00	0.59
Stuwwallen	Greppel		0.29	0.17	0.01	0.60	0.47	0.60	0.46
	Sloot < 3 m	!	1.34	0.69	0.36	0.24	0.39	0.73	0.84
	Sloot 3-6 m								1.04
	Sloot > 6 m		0.25			1.48			0.95
Tegelen/ Kedichem	Greppel	0.04	0.12	0.33	0.19	0.36	0.26	0.73	0.40
	Sloot < 3 m	0.09	1.18	0.27	0.08	0.23	0.29	0.57	0.40
	Sloot 3-6 m					0.21			0.30
	Sloot > 6 m			0.25		0.16	0.72	0.23	0.32
Westland-C- profiel	Greppel				0.01				0.04
	Sloot < 3 m		0.34	0.75	0.11		0.14	0.18	0.36
	Sloot 3-6 m							!	0.03
	Sloot > 6 m						0.16	0.03	0.20
Westland-D- profiel	Greppel		0.23	0.09	0.54	0.63	0.34	0.23	0.38
	Sloot < 3 m	0.10	0.12	0.75	0.27	0.86	0.28	0.44	0.41
	Sloot 3-6 m	0.08	1.42		0.21		0.26		0.72
	Sloot > 6 m	0.41	0.22	0.08	0.23	0.78	0.20	0.00	0.29
Westland-DC profiel	Greppel								
	Sloot < 3 m		0.12		0.32		0.06		0.20
	Sloot 3-6 m		!						0.18
Westland-DH? profiel	Greppel		0.09	0.52	0.41	0.28	0.31	0.74	0.39
	Sloot < 3 m	0.06	0.63	0.26	0.47	0.29	0.37	0.23	0.43
	Sloot 3-6 m		0.13	0.13	0.22	0.07	0.87		0.47
	Sloot > 6 m	0.31	0.21	0.10	0.31	0.54	0.50		0.36
Westland-H- profiel	Greppel		0.09	0.10	0.15	0.29	0.02		0.22
	Sloot < 3 m		0.15	0.10	0.12	0.14	0.25		0.14
	Sloot 3-6 m			0.09					0.11
	Sloot > 6 m		0.17	0.20		0.11	0.18		0.26
Westland-HC- profiel	Sloot < 3 m		0.22		0.14				0.19
	Sloot 3-6 m								
	Sloot > 6 m								
Totaal		0.24	0.40	0.28	0.30	0.33	0.28	0.48	0.33