



# Effectief bodembeheer voor een duurzaam watersysteem stroomgebied de Raam

Pilot onderzoeksprogramma Lumbricus, pijler bewuste bodem

P.N.M. Schipper, H. Massop, H. Kros, N. van Eekeren, M. Zaanen, P. Groenendijk, S. van Goor, G.H. Ros



---

# Effectief bodembeheer een duurzaam watersysteem stroomgebied de Raam

Pilot onderzoeksprogramma Lumbricus, pijler bewuste bodem

P.N.M. Schipper<sup>1</sup>, H. Massop<sup>1</sup>, H. Kros<sup>1</sup>, N. van Eekeren<sup>2</sup>, M. Zaanen<sup>2</sup>, P. Groenendijk<sup>1</sup>, S. van Goor<sup>2</sup>, G.H. Ros<sup>3</sup>

1 Wageningen Environmental Research

2 Louis Bolk Instituut

3 Nutriënten Management Instituut

Dit onderzoek is uitgevoerd voor het onderzoeksprogramma Lumbricus door Wageningen Environmental Research in samenwerking met het Louis Bolk Instituut (LBI) en het Nutriënten Management Instituut (NMI).

Het rapport is gecontroleerd door Waterschap Aa en Maas (Chris van Rens en Frank van der Bolt) en ten behoeve van Lumbricus door het ministerie van I&W (David van de Brand en Douwe Jonkers).

Wageningen Environmental Research

Wageningen, augustus 2018

---

Rapport 2894  
ISSN 1566-7197

---

Schipper, P.N.M., H. Massop, H. Kros, N. van Eekeren, M. Zaanen, P. Groenendijk, S. van Goor, G.H. Ros, 2018. *Effectief bodembeheer voor een duurzaam watersysteem stroomgebied de Raam; Pilot onderzoeksprogramma Lumbricus, pijler bewuste bodem*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2894. 50 blz.; 25 fig.; 6 tab.; 13 ref.


De bodem en het landbouwkundig gebruik ervan worden in toenemende mate gezien als belangrijke factoren bij het toekomstige waterbeheer. Zowel op Europees niveau (het EIP-Water) als op nationaal niveau (Deltaprogramma) wordt gewezen op de bijdrage die de bodem kan leveren aan het robuuster maken van ons watersysteem en het behalen van waterkwaliteitsdoelen voor de Kader Richtlijn Water. Daarom is binnen het in 2016 gestarte onderzoeksprogramma Lumbricus het thema "Bewuste Bodem" ondergebracht als een van de vier deelprogramma's. In het stroomgebied van de Raam is voor dit deelprogramma een pilot uitgevoerd om inzicht te verkrijgen in de problemen die er ten aanzien van de bodemkwaliteit spelen. De pilot is gericht op de actuele mestdruk, de conditie van de landbouwbodems (organische stof, zuurgraad, fosfaat toestand, verdichting) en het optreden van oppervlakkige afstroming. Hiervoor zijn fysische, chemische en biologische gegevens over de bodem verzameld, waaronder meetdata van Eurofins Agro. Deze zijn geanalyseerd en uitgewerkt op perceelniveau. Aanvullend zijn agrarische bedrijven bezocht alwaar op kenmerkende en aandachtplekken profielkuilen zijn gemaakt ter bepaling van de bodemconditie.

Trefwoorden: Bodembeheer, landbouwbodems, bodemkwaliteit, bodemconditie, oppervlakkige afstroming, bodemverdichting, Lumbricus, Kaderrichtlijn Water, Eurofins, fosfaattoestand, organische stof.

Current policy at European level (the EIP Water) and national level (the Dutch Delta Decision Freshwater Strategy) emphasize the role of soils and the importance of sustainable soil management for making our water system more robust and achieving water quality objectives for the Water Framework Directive. Within the Dutch [Lumbricus](#) research program (launched in 2016), one of the four sub-programs focusses on this aspect, in particular to be able to quantify the effects of soil-improving measures on the water system. In the catchment area of the Raam a pilot has been executed for this sub programme to gain insight into the problems relating to soil quality. The pilot focussed on fertilizer pressure, the condition of the agricultural soils (organic matter, compaction, acidity, phosphate status) and the occurrence of surface run-off. To this end, physical, chemical and biological data on the soil were collected, including measurement data from Eurofins Agro. These have been analysed and elaborated on parcel level. In addition, agricultural companies were visited where characteristic pits were made for determining the soil condition.

Keywords: Soil management, agricultural soils, soil quality, soil condition, surface runoff, soil compaction, Lumbricus, Water Framework Directive, Eurofins, phosphate status, organic matter.

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/457438> of op [www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research) (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

 2018 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, [www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research). Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

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

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



---

# Inhoud

	<b>Woord vooraf</b>	<b>5</b>
	<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>9</b>
	1.1 Achtergrond en probleemstelling	9
	1.2 Projectdoelstelling en projectresultaat	9
	1.3 Leeswijzer	9
<b>2</b>	<b>Risico's oppervlakkige afstroming</b>	<b>10</b>
	2.1 Definitie en oorzaken oppervlakkige afstroming	10
	2.2 Methode risicoanalyse en kwantificering oppervlakkige afstroming	11
	2.3 Maaiveldafvoer in de zomer en winter	13
	2.4 Risicokaarten oppervlakkige afstroming	13
	2.5 Flow-accumulation detailkaarten	17
<b>3</b>	<b>Gebiedsanalyse bemesting en P-toestand bodem</b>	<b>20</b>
	3.1 Hotspots mestdruk en P-toestand bodem	20
	3.2 Methodiek	20
	3.3 Basisinformatie	21
	3.4 Fosfaattoestand bodem	24
	3.5 Huidige bemestingniveaus	27
	3.6 Mestverwerking	31
<b>4</b>	<b>Veldverkenning bodemconditie</b>	<b>32</b>
	4.1 Opzet veldbezoeken en selectie bedrijven en percelen	32
	4.2 Visuele bodembeoordeling en penetrologger	33
	4.3 Visuele bodemverkenning en meetdata Eurofins	33
	4.4 Resultaten veldverkenning bodemconditie	36
<b>5</b>	<b>Handvaten maatregelen en experimenten</b>	<b>37</b>
	5.1 Effectief bodembeheer voor wateropgaven in de Raam	37
	5.2 Maatregelen voor effectief bodembeheer	37
	5.3 Ontwerp experimenten in Lumbricus	38
	<b>Literatuur</b>	<b>39</b>
	<b>Bijlage 1 Deelresultaten oppervlakkige afstroming</b>	<b>40</b>

---

---

# Woord vooraf

In 2016 is in de regio's Oost en Zuid het programma Lumbricus gestart, als deelprogramma van het landelijke Kennis- en Innovatieprogramma Bodem en Ondergrond (KIBO). In dit kader wordt kennis over de samenhang tussen bodem, zoetwater en ondergrond ontwikkeld én toegepast in proeftuinen van de Waterschappen Aa en Maas, Vechtstromen, Limburg en Drents Overijsselse Delta. Het kennisprogramma Lumbricus bestaat uit vier deelprogramma's: Boeiende Beekdalen, Bewuste Bodem, Wellend Water en Goede Governance. Het onderhavige rapport beschrijft de resultaten van een pilot in de Raam, die voor het deelprogramma Bewuste Bodem is uitgevoerd. In het onderzoek voor deze pilot is de conditie van landbouwbodems geanalyseerd ten aanzien van verdichting, organische stof, worteling, bodemleven en fosfaattoestand. Met de verkregen inzichten zijn aanbevelingen gedaan voor het ontwerp van veldexperimenten en aansluitend modelonderzoek voor de pijler Bewuste Bodem. Het onderzoek is uitgevoerd door de WUR (Wageningen Environmental Research), het Louis Bolk Instituut (LBI) en het Nutriënten Management Instituut (NMI).





---

# Samenvatting

De bodem en het landbouwkundig gebruik ervan worden in toenemende mate gezien als belangrijke factoren bij het toekomstige waterbeheer. Zowel op Europees niveau (het EIP-Water) als op nationaal niveau (Deltaprogramma) wordt gewezen op de bijdrage die de bodem kan leveren aan het robuuster maken van ons watersysteem en het behalen van waterkwaliteitsdoelen voor de Kader Richtlijn Water. De conditie van landbouwbodems staat echter onder druk. De helft van de huidige percelen in Nederland kampt momenteel met verdichting door het gebruik van zware machines en intensieve bewerkingen. Beworteling en bodemleven laten te wensen over en het organische-stofmanagement is vaak niet optimaal. Dit heeft nadelige gevolgen voor de agrariër (vaker plassen op het land, meer droogte, slechtere benutting meststoffen, meer kans op ziekten en plagen, opbrengstreductie) én is nadelig voor de waterbeheerder (grotere afvoerpieken, afname grondwateraanvulling, waterconservering, afname zuiverende werking van de bodem en daarmee verslechtering van de waterkwaliteit). Klimaatverandering versterkt deze nadelige gevolgen.

Binnen het deelprogramma Bewuste Bodem van het onderzoeksprogramma Lumbricus wordt in de proeftuinen onderzoek uitgevoerd naar de actuele toestand van landbouwbodems en de effecten van bodemverbeterende maatregelen op de waterhuishouding. In het stroomgebied van de Raam van Waterschap Aa en Maas is voor dit deelprogramma een pilot uitgevoerd om inzicht te verkrijgen in de problemen die er ten aanzien van de bodemkwaliteit spelen. In het stroomgebied van de Raam spelen belangrijke problemen voor het waterbeheer; schadeclaims van boeren voor wateroverlast na hevige neerslag, belemmering van KRW-doelen door uit- en afspoeling van nutriënten vanuit landbouwbodems waarbij oppervlakkige afstroming gezien wordt als een belangrijke emissieroute en aquatische ecologie in de Hoge Raam die kwetsbaar is voor (te) lage basisafvoeren. Het onderhavige onderzoek voor de pilot is gericht op de mestdruk, de conditie van de landbouwbodems (organische stof, zuurgraad, fosfaat toestand) en het optreden van oppervlakkige afstroming. Hiervoor zijn fysische, chemische en biologische gegevens over de bodem verzameld, waaronder meetdata van Eurofins Agro. Deze zijn geanalyseerd en uitgewerkt op perceelniveau. Aanvullend zijn agrarische bedrijven bezocht alwaar op kenmerkende en aandachtplekken profielkuilen zijn gemaakt ter bepaling van de bodemconditie.

Uit het onderzoek blijkt op grasland dat a) op veel percelen het organische-stofgehalte laag is, b) op een diepte van 10 tot 25 cm veelal bodemverdichting aanwezig is, c) in die laag ook weinig bodemleven aanwezig is en d) door storende lagen de beworteling van het gewas suboptimaal is. Een belangrijke factor voor deze problemen is dat de boeren door de dreigende regelgeving het gras snel scheuren (vóór 5 jaar) om te vermijden dat het aangewezen wordt als blijvend grasland.

Uit het onderzoek blijkt verder dat op bouwland de bodems vaak verdicht zijn op het dieptetraject van 25 tot 50 cm en dat op die diepte de waterhuishouding verminderd is. Veel van de landbouwpercelen zijn droogtegevoelig en moeten worden beregend voor een goede opbrengst.

De pilot heeft diverse gebiedsdekkende kaarten opgeleverd die benut kunnen worden om nadere oorzakelijke verbanden te leggen. Op basis van de hier verkregen inzichten zijn concrete aanbevelingen gedaan voor bodemverbeterende maatregelen en (veld)experimenten om effecten ervan op het watersysteem te kunnen kwantificeren.



---

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond en probleemstelling

In 2016 is in de regio's Oost en Zuid het programma Lumbricus<sup>1</sup> gestart als deelprogramma van het landelijke Kennis- en Innovatieprogramma Bodem en Ondergrond (KIBO). In dit kader wordt kennis over de samenhang tussen bodem, zoetwater en ondergrond ontwikkeld én toegepast in proeftuinen van de Waterschappen Aa en Maas, Vechtstromen, Limburg en Drents Overijsselse Delta. In de regio Zuid zijn de deelgebieden Agger, Raam en de Grootte Molenbeek proeftuinen en in de regio Oost is de Vecht tussen Junne en Hardenberg een proeftuin. Het betreffende waterschap is de trekker van de proeftuinen. De ontwikkelde kennis ondersteunt de implementatie van de voorkeursstrategie Zoetwater Hoge Zandgronden<sup>2</sup>.

Het kennisprogramma Lumbricus bestaat uit vier deelprogramma's: Boeiende Beekdalen, Bewuste Bodem, Wellend Water en Goede Governance. Het onderhavige rapport beschrijft de resultaten van een pilot in de Raam die voor het deelprogramma Bewuste Bodem in 2016 is uitgevoerd. Deze pilot, genaamd 'Effectief bodembeheer voor een duurzaam watersysteem', richt zich op de conditie van landbouwbodems. Deze conditie staat onder druk (Schipper et al. 2015; Van der Bolt et al. 2016; Groenendijk et al. 2017). De helft van de huidige percelen kampt momenteel met verdichting door het gebruik van zware machines en intensieve bewerkingen (Akker et al. 2014). Beworteling en bodemleven laten te wensen over en het organische-stofmanagement is vaak niet optimaal (Faber et al. 2012; Van Eekeren et al. 2012). Dit heeft nadelige gevolgen voor de agrariër (vaker plassen op het land, meer droogte, slechtere benutting meststoffen, meer kans op ziekten en plagen, opbrengst reductie) én is nadelig voor de waterbeheerder (grotere afvoerpieken, afname grondwateraanvulling, waterconservering, afname zuiverende werking van de bodem en daarmee verslechtering van de waterkwaliteit). Klimaatverandering versterkt deze nadelige gevolgen.

## 1.2 Projectdoelstelling en projectresultaat

Het doel van de pilot 'Effectief bodembeheer voor een duurzaam watersysteem' is om voor de Raam inzicht te verkrijgen in de problemen die er ten aanzien van de bodemkwaliteit spelen. Hiervoor zijn fysische, chemische en biologische gegevens over de bodem verzameld, geanalyseerd en uitgewerkt op perceelniveau. Deze gebiedsanalyse richt zich op de bemesting (mestdruk en fosfaattoestand van de bouwvoor) en het optreden van oppervlakkige afstroming (neerslag die over het maaiveld afstroomt naar een waterloop die langs het perceel loopt). Ook zijn agrarische bedrijven bezocht om daar door het graven van een profielkuil de bodemconditie op kenmerkende plaatsen in percelen te bepalen. Aanvullend zijn meetdata via Eurofins Agro (voorheen BLGG AgroXpertus) opgevraagd en uitgewerkt in gebiedsdekkende kaarten voor organische stof, zuurgraad en fosfaattoestand.

## 1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de modelmatige analyse van oppervlakkige afstroming. Hoofdstuk 3 behandelt de modellering van de mestdruk en P-toestand van de bodem. De verzamelde Eurofins-data worden behandeld in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 ten slotte worden op basis van de verkregen inzichten handvaten gegeven voor bodemverbeterende maatregelen en experimenten.

---

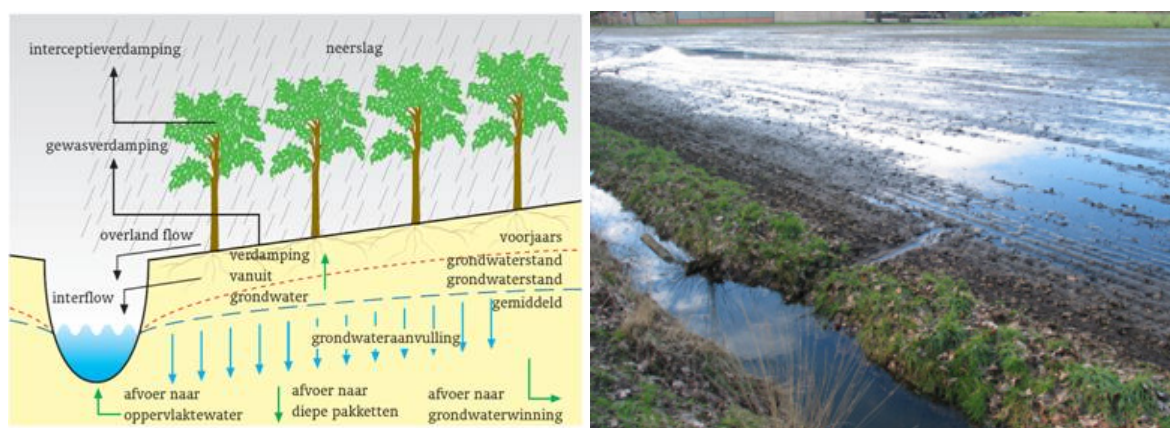
<sup>1</sup> In Lumbricus (<http://www.programmalumbricus.nl>) werken waterschappen, kennisinstellingen en ondernemers samen met agrariërs om onderzoek te doen naar een klimaatrobuuster bodem- en watersysteem.

<sup>2</sup> Voorkeursstrategie Hoge Zandgronden, opgesteld voor de Deltabeslissing Zoetwaterstrategie, gaat over zuinig gebruik en conservering van water, optimalisatie van wateraanvoer en adaptatie op klimaatverandering.

## 2 Risico's oppervlakkige afstroming

### 2.1 Definitie en oorzaken oppervlakkige afstroming

De sponswerking van landbouwbodems zorgt ervoor dat neerslagwater in de bodem infiltreert, planten het bodemvocht met de daarin opgeloste mineralen kunnen opnemen en het grondwater wordt aangevuld. Echter, bij hevige neerslag kan het gebeuren dat de neerslag die op de landbouwpercelen valt deels direct afstroomt naar aanwezige ontwateringsmiddelen (perceelsslotten). Figuur 2.1 geeft een impressie van het optreden van oppervlakkige afstroming.



**Figuur 2.1** Oppervlakkige afstroming (overland flow) en plasvorming.

Het optreden van oppervlakkige afstroming is ongunstig voor de agrariër en de waterbeheerder. Voor de agrariër betekent het namelijk dat er plassen op het land komen te staan waardoor gewasschade kan optreden, het perceel enige tijd niet met machines bewerkt kan worden en bodemdeeltjes met daarin waardevolle mineralen en organisch materiaal wegstroomt naar de sloot. Voor de waterbeheerder geeft het extra piekbelastingen in de waterafvoer en in situaties waar de bodems niet bemest zijn en/of er veel fosfaat in de bodemlaag is gebonden, kan oppervlakkige afstroming eutrofiëring versterken. In onderzoek naar de herkomst van water en nutriënten in het beheergebied van Aa en Maas is naar voren gekomen dat oppervlakkige afstroming de belangrijkste transportroute is voor de nutriënten (Krikken et al. 2014). Ook voor gewasbeschermingsmiddelen die in het gebied van de Raam voor maisteelt worden toegepast, is aangetoond dat oppervlakkige afstroming een belangrijke transportroute is (Kroonen-Backbier, 2011).

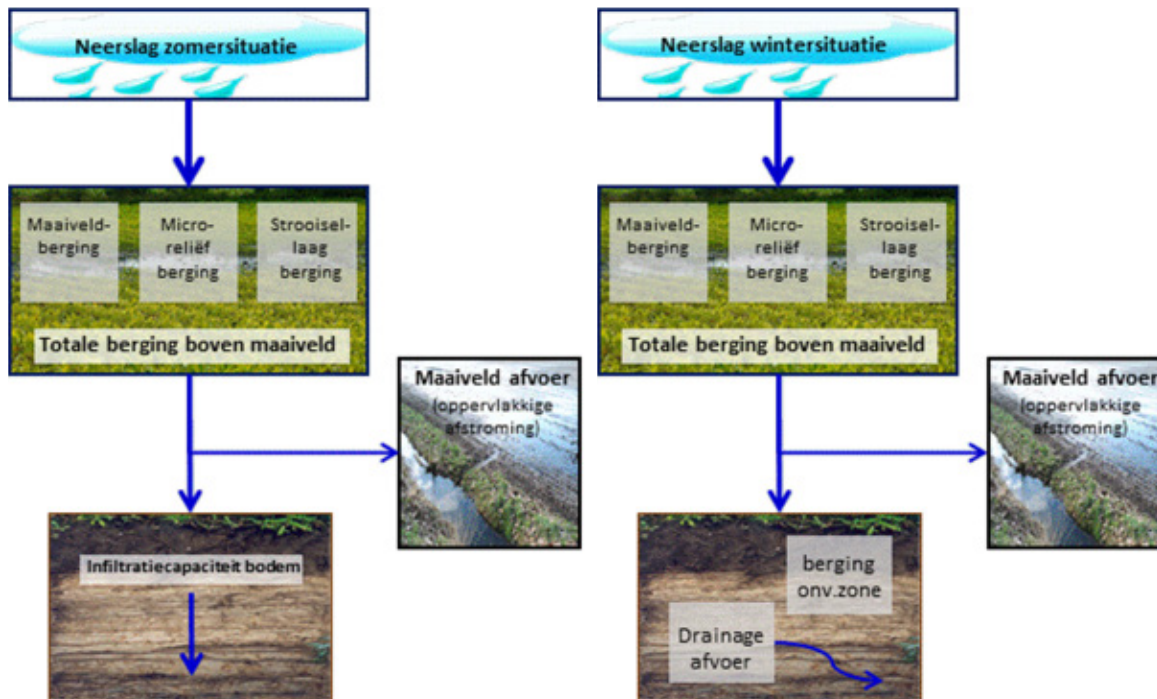
Oppervlakkige afstroming kan op twee manieren optreden:

1. De neerslagintensiteit is groter dan de infiltratiecapaciteit (het verticale waterdoorlaatvermogen) van de bodem.
2. Er valt binnen korte tijd zo veel neerslag dat de grondwaterstand stijgt tot aan maaiveld en de neerslagintensiteit vanaf dat moment groter is dan de drainageafvoer.

In het navolgende zijn de risico's voor oppervlakkige afstroming gekwantificeerd, uitgaande van huidig klimaat en niet-verdichte bodems. Het is aannemelijk dat deze risico's toenemen: enerzijds omdat met klimaatverandering weersextremen toenemen en anderzijds omdat de kwaliteit van landbouwbodems onder druk staat, waardoor slemp en/of ondergrondverdichting toeneemt en neerslag daarmee minder makkelijk in de bodem kan infiltreren. Daarbij speelt ook mee dat waar plassen binnen een perceel zich verzamelen, die delen verder kunnen dichtslibben door de toestroom van kleine bodemdeeltjes.

## 2.2 Methode risicoanalyse en kwantificering oppervlakkige afstroming

De WUR heeft recentelijk een methode ontwikkeld om het risico op oppervlakkige afstroming voor een maatgevende bui ruimtelijk expliciet in kaart te brengen op basis van perceel-specifieke informatie (zie Figuur 2.2). Deze methode wordt niet alleen toegepast in de huidige pilot, maar wordt ook gebruikt in de ontwikkeling van de BedrijfsWaterWijzer, een in ontwikkeling zijnde module van de KringloopWijzer. In de methode wordt onderscheid gemaakt in een zomer- en een wintersituatie.



**Figuur 2.2** Kwantificering maaiveldafvoer en risico's oppervlakkige afstroming zomersituatie (links), uitgaande van maaiveldberging en infiltratiecapaciteit bodem, en wintersituatie (rechts), uitgaande van maaiveldberging, drainage en bergingscapaciteit in de onverzadigde zone. Het risico op oppervlakkige afstroming van maaiveldafvoer hangt af van de nabijheid van greppels en waterlopen (perceelsloten).

In de zomersituatie is de bodemberging meestal niet beperkend, maar wel de infiltratiecapaciteit. Daarom wordt er voor de zomersituatie van uitgegaan dat oppervlakkige afstroming alleen plaatsvindt als in een korte periode (enkele uren) de neerslagintensiteit groter is dan de infiltratiecapaciteit van de bodem. Hierbij wordt overigens rekening gehouden met eventuele waterberging in kleine depressies op het maaiveld. Een deel van het water zal namelijk achterblijven in kleine depressies binnen het perceel, in microreliëf en in strooisel op de grond. De oppervlakkige afstroming in de zomer wordt op *uurbasis* over een periode van 24 uur als volgt gekwantificeerd:

$$\text{Oppervlakkige afstroming zomer (mm)} = \sum_{i=1}^{24 \text{ uur}} (Q_h - IC_h) - MB_{tot} \quad (1)$$

$$MB_{tot} \text{ (mm)} = B_{meso} + B_{micro} + B_{strooisel} \quad (2)$$

waarbij:

$Q_h$  = hoeveelheid neerslag (mm)

$IC_h$  = infiltratie capaciteit (mm/uur) van de bodem (bovenste horizont)

$MB_{tot}$  = berging op maaiveld (mm), opgebouwd uit berging in depressies afgeleid uit het AHN (0,5x0,5m), berging door microreliëf binnen AHN-pixels en in/op het gewas.

Voor de wintersituatie wordt ervan uitgegaan dat oppervlakkige afstroming plaatsvindt doordat over een langere periode (dagen) zo veel neerslag valt dat de berging in de bodem (onverzadigde zone) beperkend is en het neerslagwater niet snel genoeg door de bodem en/of buisdrainage naar de ontwateringsmiddelen wordt afgevoerd. De oppervlakkige afstroming in de winter wordt op *dagbasis* over een periode van acht dagen als volgt berekend:

$$\text{Oppervlakkige afstroming winter (mm)} = \sum_{i=1}^{8 \text{ dagen}} (Q_d - Q_{dr}) - MB_{tot} - B_b \quad (3)$$

waarbij:

$Q_d$  = hoeveelheid neerslag (mm/d)

$Q_{dr}$  = drainage afvoer (mm/d)

$MB_{tot}$  = berging op maaiveld (mm), zie formule (2)

$B_b$  = berging bodemvocht in de onverzadigde zone (mm), tussen de GHG en maaiveld.

Om op deze wijze het optreden van oppervlakkige afstroming te kunnen kwantificeren, is het nodig om gebruik te maken van gedetailleerde ruimtelijke informatie over de percelen, de aanwezigheid van sloten en greppels, de hoogteligging van het maaiveld, de hydrologische eigenschappen van de bodem en de grondwaterstand. Voor de toepassing in de Raam zijn de volgende databestanden gebruikt:

- Uurgegevens neerslag KNMI-station Volkel (vanaf 1974 beschikbaar)
- Ligging percelen: BRP 2016-05
- Waterlopenkaart Top10 NL
- Landgebruik: LGN7
- Maaiveldhoogten AHN2, resolutie 0,5 x 0,5 m
- Bodemkaart 1:50.000, BOFEK2012 profielen (Wösten et al. 2012)
- GHG-kaart Waterschap Aa en Maas (betrokken uit geohydrologisch model). Hierbij wordt door het waterschap opgemerkt dat de kwaliteit van deze kaart anno januari 2017 onbekend is.
- Grondwatertrappenkaart GT2002 van het waterschap (per rastercel 25x25 m een GT in 19 klassen).

Nadat in GIS de shapefiles van de percelen (afgeleid van het BRP) en de ligging van sloten en greppels (afgeleid van top10 vector en LGN7) zijn opgebouwd, zijn vanuit de uurgegevens van meteorostation Volkel neerslagevents geselecteerd die representatief kunnen worden gesteld voor een bui die eens in het jaar en eens in de 10 jaar voorkomt. Voor de zomer is daarbij gekeken naar aaneengesloten periodes van 24 uur, voor de winter naar periodes van 192 uur (8 dagen). Deze herhalingstijden gelden voor het huidige klimaat (1973-2016).

De infiltratiecapaciteit is afgeleid van de bodemkaart en bijbehorende BOFEK20102 eenheden, terwijl de drainageafvoer in een maatgevende wintersituatie is geschat op basis van de bodem- en grondwatertrappenkaart. Voor gronden met GT-I, II en III is voor de drainafvoer gerekend met  $1,33-1,67 \text{ l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ , voor GT-IV en GT-VI met  $1,0 \text{ l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ , voor GT-V\* en GT-VI met  $0,67 \text{ l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$  en voor GT-VII met  $0,33 \text{ l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ .

De maaiveldbergings is afgeleid uit het AHN2. Vanuit AHN2 wordt in de methode gewerkt met gridcellen van  $0,5 \times 0,5 \text{ m}^2$ . Indien een gridcel niet kan afvoeren, wordt deze opgehoogd tot het niveau dat er afvoer plaats kan vinden naar een naastgelegen gridcel. Door vergelijking van de oorspronkelijke maaiveldhoogte en het nieuw berekende (water)niveau is de beschikbare maaiveldbergings berekend. Voor de totale berging op maaiveld is op basis van expertkennis een extra berging verondersteld voor microreliëf en een strooisellaag. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen gras, natuurgrasland, mais, akkerbouw, heide en bos (uitgaande van LGN7). De berging van bodemvocht in de onverzadigde zone is afgeleid op basis van de BOFEK-profielen en de GHG-kaart. Het opgehoogde grid is vervolgens gebruikt om de afvoerrichting te bepalen (gebruikmakend van de flow-accumulation optie in GIS).

Nadat al deze informatie geografisch in een raster van  $25 \times 25 \text{ m}$  is vastgelegd, is de maaiveldafvoer (oppervlakkige afstroming) berekend voor 4 situaties:  $T=1$  en  $T=10$  in de zomer en idem in de winter. Daarnaast is ook met een hoge resolutie een zogenaamde flow-accumulationkaart vervaardigd. Op deze kaart kan afgelezen worden waar in geval van plassen op het land de oppervlakkige afstroming

---

accumuleert en waar dit uitstroomt naar de aanwezige greppels en sloten. De methode en stapsgewijze resultaten worden in meer detail toegelicht in Bijlage 1. In de volgende paragraaf worden de resultaten kort toegelicht.

Tijdens de veldverkenning van de bodemconditie (hoofdstuk 4) zijn voor de bezochte bedrijven detailkaarten gemaakt van de flow-accumulation. Deze zijn ter validatie voorgelegd aan de agrariërs en in het veld besproken. In de meeste gevallen waren de agrariërs verrast dat de aanwezigheid van natte plekken (met deze hoge resolutie) én geschatte richting van het afstromende water goed aansloten bij hun eigen ervaringen. Nadere validatie kan onder andere plaatsvinden door gebruik te maken van satellietbeelden waarmee water op maaiveld gedetecteerd kan worden en door de gekwantificeerde hoeveelheden te vergelijken met afvoerpieken die voor de gesimuleerde neerslag gebeurtenissen (of vergelijkbare) zijn gemeten. Deze extra validatiestap is in het kader van deze studie niet uitgevoerd.

## 2.3 Maaiveldafvoer in de zomer en winter

Voor de zomer is een T=1 neerslaggebeurtenis geselecteerd waar in 24 uur 28,1 mm neerslag is gevallen en een T = 10 van 51,2 mm. Voor de winter is een T = 1 neerslaggebeurtenis geselecteerd waar in 192 uur (8 dagen) 58,2 mm is gevallen en een T = 10 van 86,1 mm. Het verloop van deze buien is weergegeven in Bijlage 1. De hierbij berekende maaiveldafvoer is weergegeven in Figuur 2.3 en 2.4. Bij de interpretatie moet worden bedacht dat de berekende maaiveldafvoer van percelen alleen kan afstromen als er greppels of geultjes aanwezig zijn om het water te transporteren of als er een sloot naast de gridcel aanwezig is.

## 2.4 Risicokaarten oppervlakkige afstroming

De kaarten voor maaiveldafvoer in de zomer zijn bepalend voor overschrijding van de infiltratiecapaciteit van de bodem en de kaarten voor maaiveldafvoer in de winter voor stijging van de grondwaterstand tot in maaiveld. De berekende maaiveldafvoer hoeft niet overal ook tot afstroming te komen, omdat plassen alleen tot afstroming komen als vlakbij een sloot of greppel ligt (of een geultje naartoe wordt gegraven), waardoor het water in de plassen op het land onder vrij verval kan afstromen.

Om de risico's voor oppervlakkige afstroming op kaart weer te kunnen geven, zijn daarom de maaiveldafvoerkaarten gecombineerd met een kaart dat vanaf de locaties van de berekende plassen de afstand tot de sloot of greppel weergeeft. Hierbij is als volgt gewerkt:

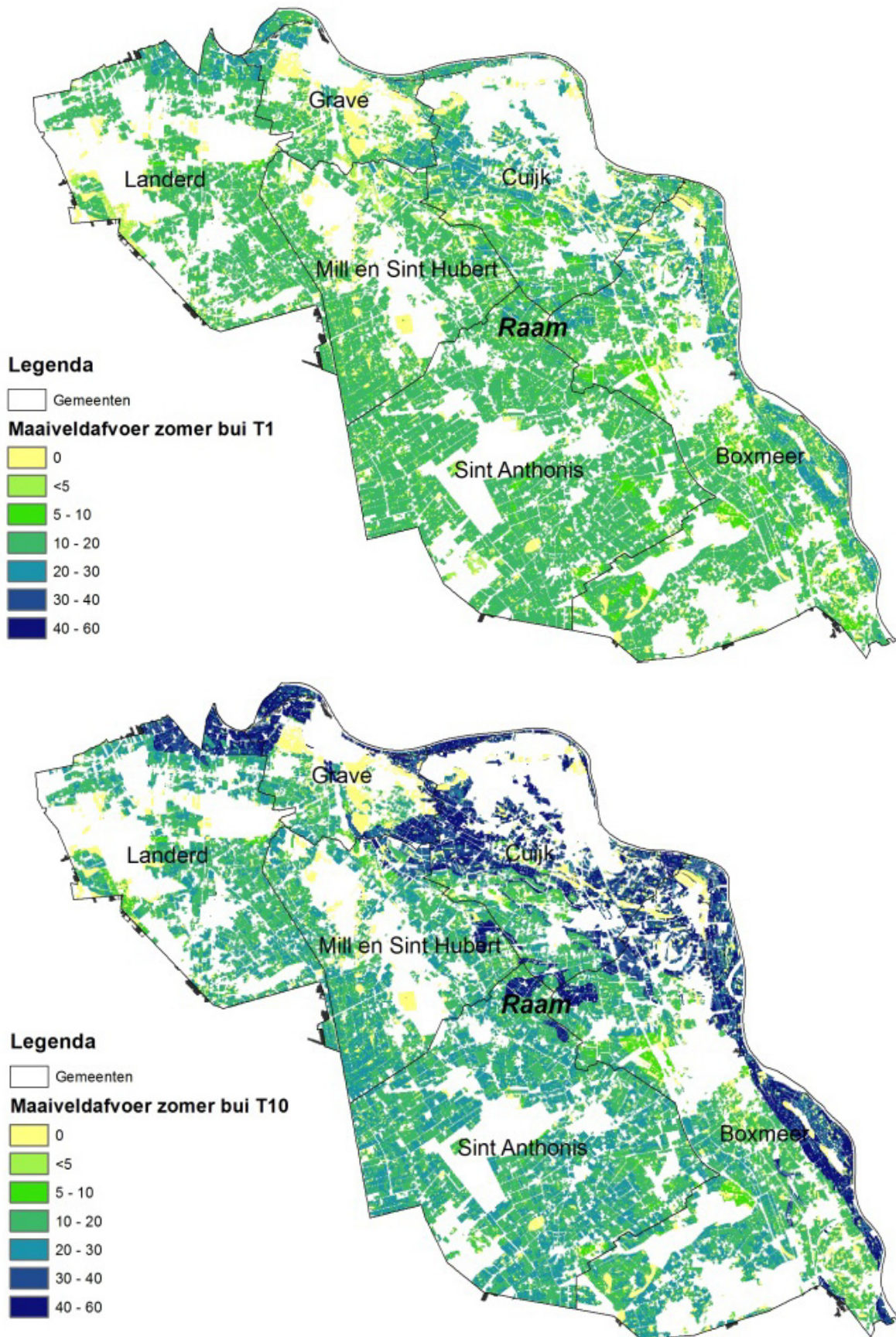
- De kaarten met maaiveldafvoer bij T=1 zijn voor zowel de zomer als winter ingedeeld in vier klassen, namelijk 0 mm, 0-10 mm, 10-20 mm en > 20 mm maaiveldafvoer. Deze klassen zijn gewaardeerd met een numerieke waarde oplopend van 0 tot 3. De kaarten met maaiveldafvoer bij T=10 (zomer en winter) zijn ingedeeld in 2 klassen, namelijk 0 en >0 mm/d welke zijn gewaardeerd met de waarde 0 en 1. Vervolgens zijn de 4 geclassificeerde kaarten gesommeerd. Deze kaart is gecombineerd met een afstandenkaart die de minimale afstanden tot de sloot of greppel weergeeft.
- De afstandenkaart is geclassificeerd in 3 klassen, namelijk <10 m, 10-50 m en > 50 m, welke zijn gewaardeerd met de waarden van respectievelijk 2,1, en 0.
- De risicokaart is vervolgens samengesteld door de scores voor maaiveldafvoer en afstand tot waterloop als volgt bij elkaar op te tellen.



Indicatoren	Risico-klassen	Risico-punten
Maaiveldafvoer T = 1 zomer	0	0
	>0 - 10 mm	1
	>10 - 20 mm	2
	> 20 mm	3
Maaiveldafvoer T = 10 zomer	0	0
	>0 mm	1
Maaiveldafvoer T = 1 winter	0	0
	>0 - 10 mm	1
	>10 - 20 mm	2
	> 20 mm	3
Maaiveldafvoer T = 10 winter	0	0
	>0 mm	1
Afstand plassen (2,5 m grid) tot waterloop	< 10 m	2
	10 - 50 m	1
	>50 m	0

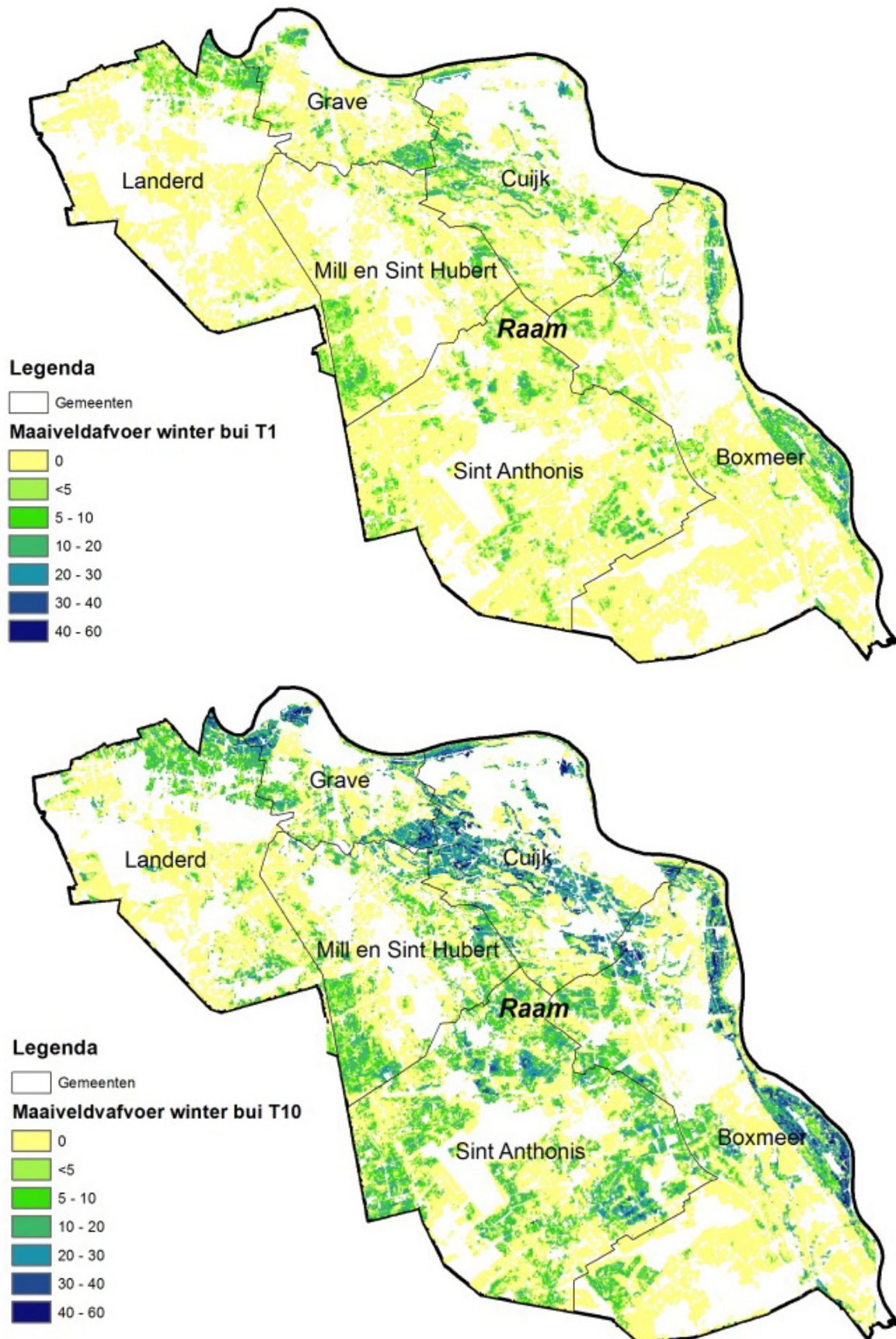
De uiteindelijke risicokaart met een resolutie van 25x25 m is weergegeven in Figuur 2.5. Voor de afstand tot de waterlopen is als basiskaart een 2,5 m grid gemaakt, welke vervolgens is omgezet naar een 25 m grid door per grid van 25 m de minimale afstand van de 2,5 grids die hierbinnen liggen te bepalen.

In principe neemt het risico op oppervlakkige afstroming toe als bodems kampen met verdichting, terwijl het risico afneemt bij aanwezigheid van buisdrainage. Buisdrainage verlaagt het risico, omdat de grondwaterstand in de winter wordt verlaagd en er zo meer waterberging in de bodem mogelijk is. Het voorkomen van verdichting is geschat op basis van de risicokaart die in 2015 is ontwikkeld (zie Figuur 2.6). De aanwezigheid van drainage is weergegeven in Figuur 2.7. Voor deze kaart is de landelijke buisdrainage kaart van de WUR aangevuld met de buisdrainagekaart van het waterschap. Beide aspecten zijn in de context van de huidige studie niet als extra criterium meegenomen.

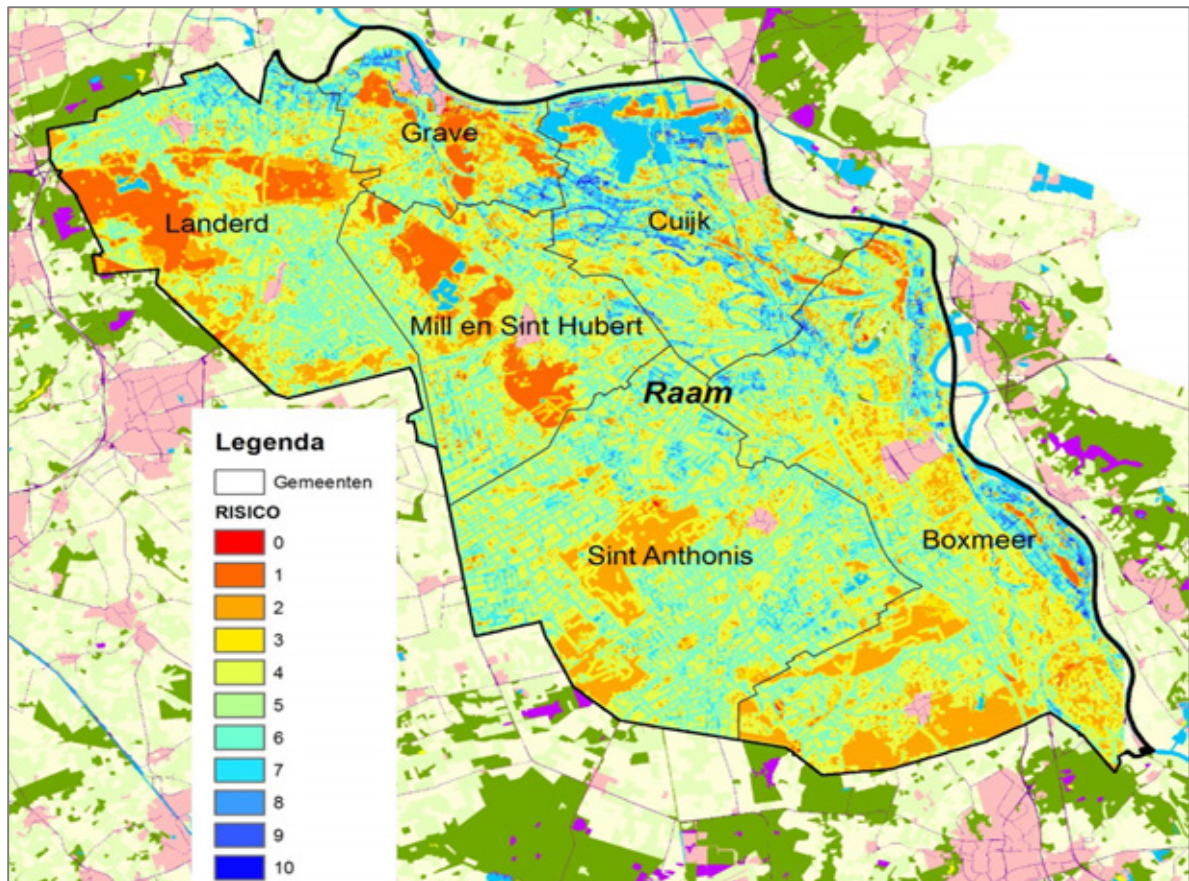


**Figuur 2.3** Potentiële maaiveldafvoer in mm bij een zomerse bui van 28,1 (T=1) en 51,2 mm/d (T=10).





**Figuur 2.4** Potentiële maaiveldafvoer in mm bij winterse neerslag over 8 dagen van 58,2 (T=1) en 86,1 mm (T=10).



**Figuur 2.5** Risicokaart voor oppervlakkige afspoeling. De hoge scores zijn representatief voor een grote kans dat bij hevige neerslag water oppervlakkig afstroomt naar de sloot.

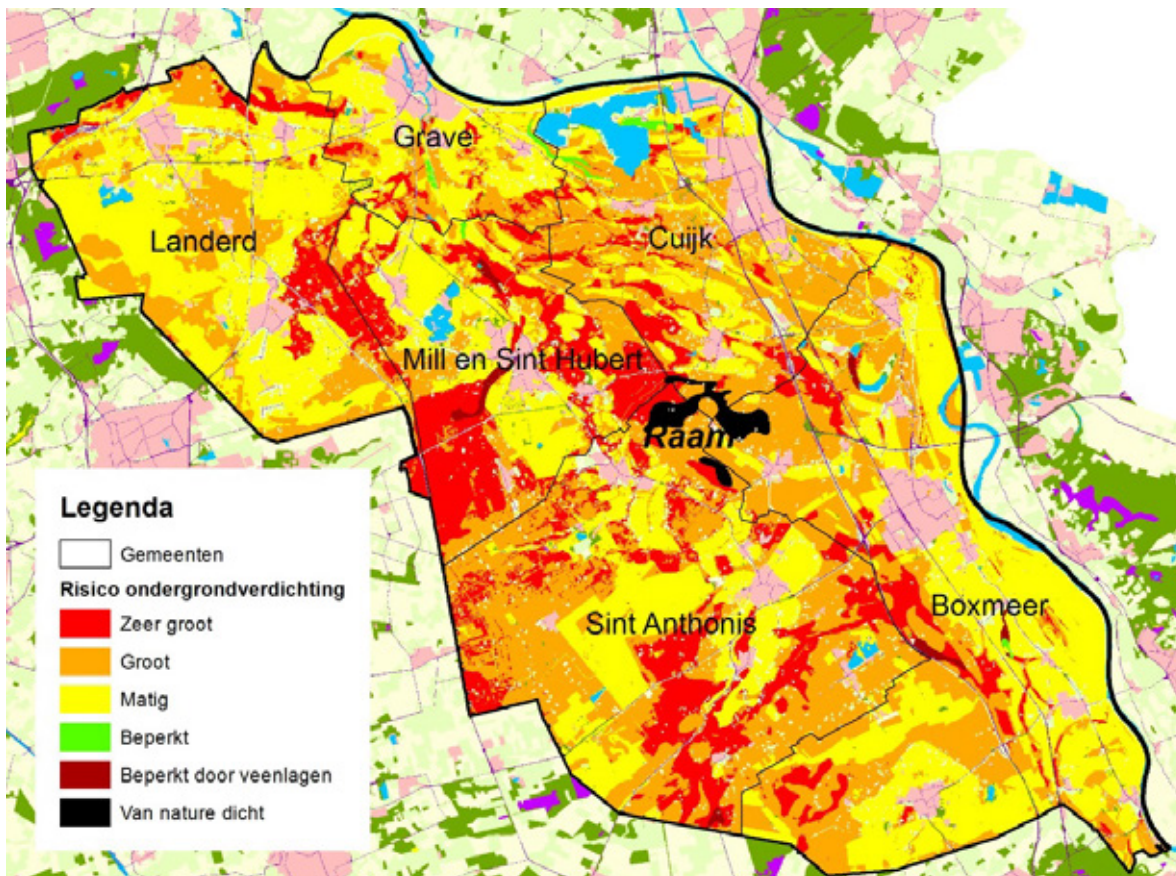
## 2.5 Flow-accumulation detailkaarten

Voor het gehele gebied van de Raam is een zogenaamde flow-accumulationkaart vervaardigd. Hiertoe is als volgt gewerkt:

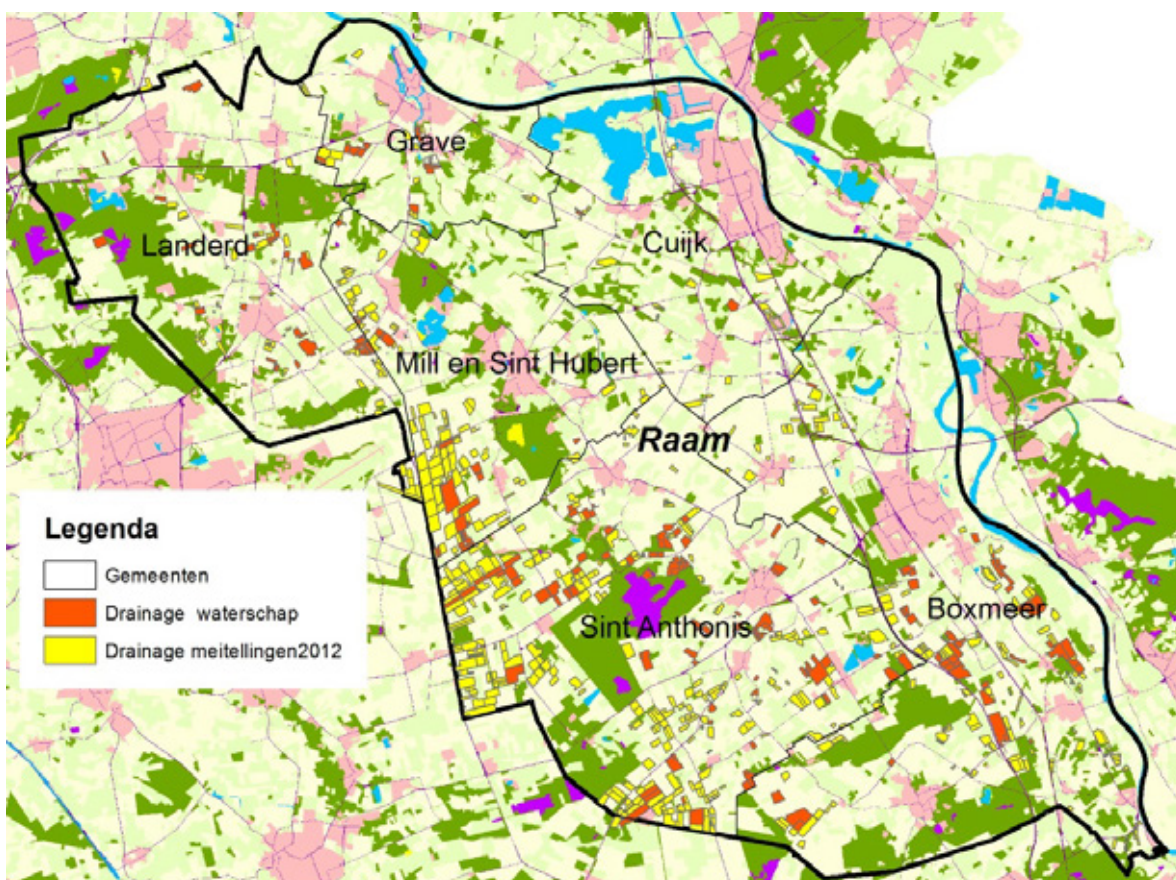
- Uit de hoogtekarte (AHN) is voor elke gridcel de afstromingsrichting bepaald, waarop per gridcel is bepaald hoe het water accumuleert.
- Voor iedere gridcel wordt daarbij opgeteld van hoeveel bovenstroomse gridcellen een gridcel water ontvangt. Classificatie van deze waarden geeft een soort haarvatenpatroon van de maaiveldafvoer van het perceel te zien: de flow-accumulationkaart.

Voor een uitsnede is deze weergegeven in Figuur 2.8. Bij de classificatie is de laagste waarde niet weergegeven, anders loopt de kaart dicht. De op een na laagste klasse is in zwart weergegeven, de volgende is rood en de hoogste klassen (cellen waar het meeste water doorstroomt) zijn in blauw weergegeven. Deze eindigen in waterlopen.



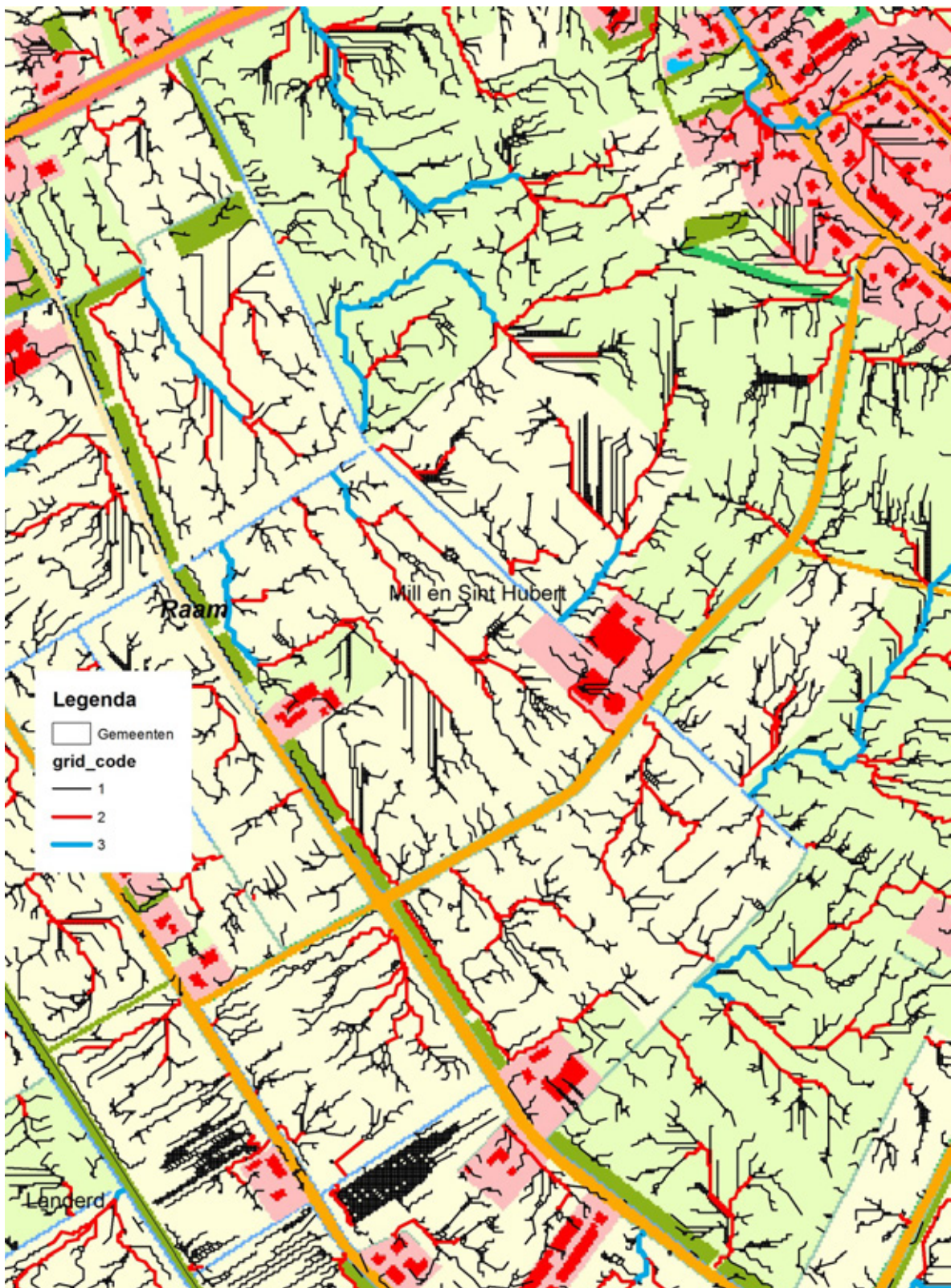


**Figuur 2.6** Risicokaart bodemverdichting (WUR 2015).



**Figuur 2.7** Aanwezigheid buisdrainage landbouwpercelen.





**Figuur 2.8** Uitsnede van de flow-accumulationkaart. De zwarte lijnen zijn gridcellen waar weinig water van bovenstroomse gridcellen in stroomt, de rode lijnen zijn gridcellen waar zich meer water verzamelt en in de blauwe gridcellen (3) verzamelt zich het meeste water. De dunne, rechte elementen zijn sloten of greppels. Verder zijn met de landgebruikkaart als ondergrond de wegen (oranje) en bebouwd gebied (rood) weergegeven.

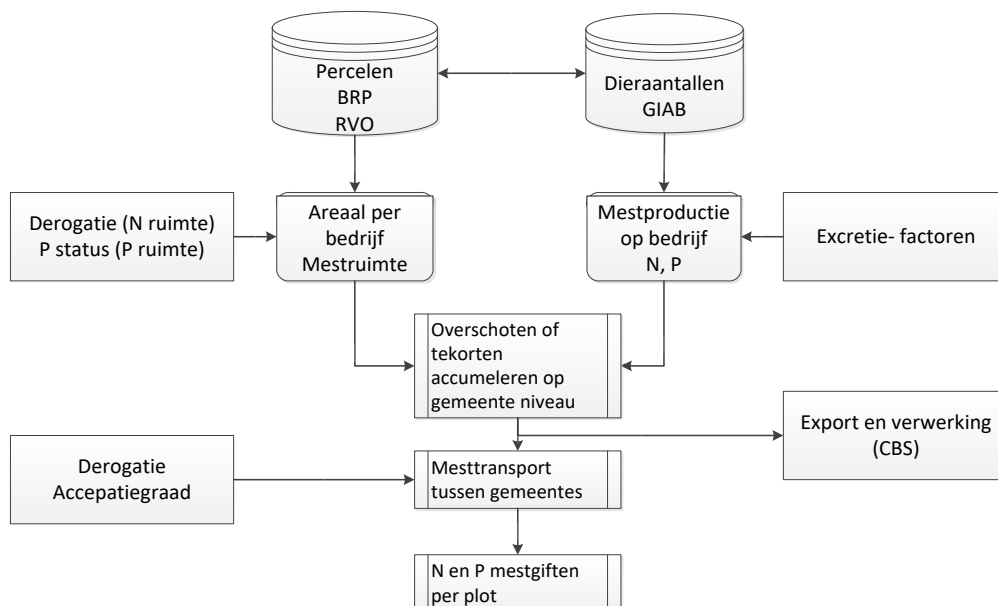
# 3 Gebiedsanalyse bemesting en P-toestand bodem

## 3.1 Hotspots mestdruk en P-toestand bodem

De waterkwaliteit in de Raam voldoet niet aan de doelen van de Kader Richtlijn Water (Van Gaalen, 2015). Een van de oorzaken is de hoge belasting van de waterlichamen met nutriënten (Krikken et al. 2014). Uit- en afspoeling vanuit de landbouwgronden vormt hierin een grote bijdrage. Voor de gebiedsanalyse is daarom nagegaan waar de gebieden liggen met een relatief hoge mestdruk en waar de bovenlaag van de landbouwbodems sterk is opgeladen met fosfaat. Maatregelen om de diffuse nutriëntenbelasting vanuit landbouwgronden terug te dringen, zullen vooral in deze 'hotspots' effectief zijn. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de methode voor deze ruimtelijke analyse, de gebruikte informatie en de resultaten.

## 3.2 Methodiek

Met het modelinstrument Initiator zijn vanaf 2000 de hoeveelheden bemesting en verdeling daarvan over de percelen zo nauwkeurig mogelijk ingeschat. Dit levert ten opzichte van Stone een gedetailleerder beeld over waar hoeveel bemest wordt, over de resulterende bodemoverschotten en over de fosfaattoestand van de bodem. Onderstaand figuur geeft schematisch de modules en de in- en output van Initiator weer. Initiator maakt gebruik van gedetailleerde ruimtelijke gegevens uit landelijke databases, namelijk a) GIAB: stallocaties + aantal dieren, b) de Bodemkaart en c) de Landgebruikskaart (ruimtelijke resolutie: 250x250 m<sup>2</sup>). Deze methodiek zal met Initiator ook worden toegepast in modelstudies naar effecten van het landelijk mestbeleid (Kros et al. 2017).



**Figuur 3.1** Schema methodiekberekening mestdruk bodem met INITIATOR.

### Mestgift en -overschot

De aanpak voor het kwantificeren van de mestdruk met Initiator is als volgt:

1. Berekening mestproductie per bedrijf.
2. Deze hoeveelheid wordt eerst op dit bedrijf afgezet, ook als dat bedrijf buiten het gebied ligt ('transport' vanuit het gebied en omgekeerd).



3. Voor alle weidemest wordt aangenomen dat dit op grasland wordt toegepast.
4. Stalmest wordt verdeeld over grasland- en bouwlandpercelen tot aan het minimum (derogatie) stikstof en fosfaatnorm, rekening houdend (voor graslanden) met de reeds toegediende hoeveelheid weidemest.
5. De hoeveelheid geproduceerde dierlijke mest op bedrijfsniveau wordt vervolgens geaggregeerd op gemeenteniveau. Dit vormt de invoer voor de mestverdelingsmodule van INITIATOR die de mest uit de overschotgemeentes verdeelt over de tekortgemeentes. Hierbij wordt tevens rekening gehouden met mestexport (naar het buitenland) en mestverwerking (op basis van CBS-gegevens)
6. De toegediende weide- en stalmest wordt aangevuld met kunstmest tot aan de gebruiksnorm (afhankelijk van gewas, bodemtype, derogatie en P-status).

Alle gemeentes in De Raam hebben een mestoverschot. In het model wordt er dan ook van uitgegaan dat er alleen sprake is van mestafvoer; er wordt geen mest geïmporteerd.

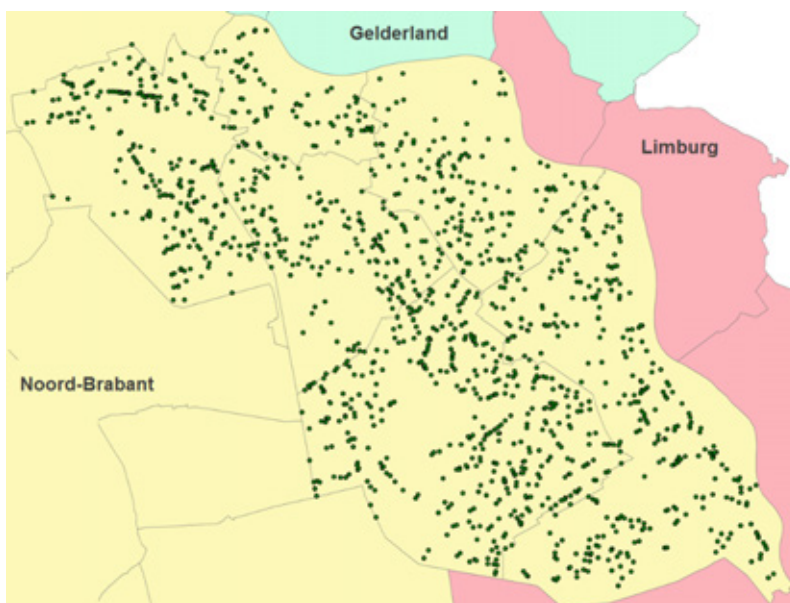
Voor het te beschouwen gebied worden de BRP-gegevens (met relatienummers) opgevraagd en gekoppeld aan de GIAB-data, bodemtype en grondwatertrap. Deze informatie is nodig om vervolgens een inschatting te maken van de verdeling van mest over de percelen. De bodemmodule berekent vervolgens de NH<sub>3</sub>-emissie, de gewasopname, mineralisatie, immobilisatie, fosfaatsorptie, (de)nitrificatie en de resulterende afspoeling naar het oppervlaktewater en de uitspoeling naar het grondwater.

#### *Fosfaattoestand*

Op basis van de bodemkaart, grondwatertrap en landelijke informatie over de eigenschappen van de toplaag om fosfaat te binden (vnl. aan metaaloxiden, gegevens uit het jaar 2000), wordt de fosfaattoestand (gemeten via oxalaat-extractie) van de toplaag berekend. Deze toestand wordt via een statistisch model omgezet naar de fosfaattoestand zoals deze wordt gebruikt in de agrarische praktijk. In de agrarische praktijk wordt namelijk gebruikgemaakt van Pw (extractie met water voor bouwland) en PAL (extractie met ammoniumlactaat voor grasland).

### 3.3 Basisinformatie

Figuur 3.2 geeft een overzicht van de bedrijven (hoofd- en nevenvestigingen) in stroomgebied de Raam. Deze resultaten zijn gebaseerd op GIAB-gegevens en de landbouwtelling voor het jaar 2014.



**Figuur 3.2** Ligging van de bedrijven (hoofd- en/of nevenvestigingen) in stroomgebied de Raam.

Tabel 3.1 geeft een overzicht van de dieren aantallen die gehuisvest zijn in de Raam. Tabel 3.2 geeft de indeling van bedrijfstypen.

**Tabel 3.1** Dieraantallen in stroomgebied De Raam (hoofd- en nevenvestigingen, peiljaar 2014).

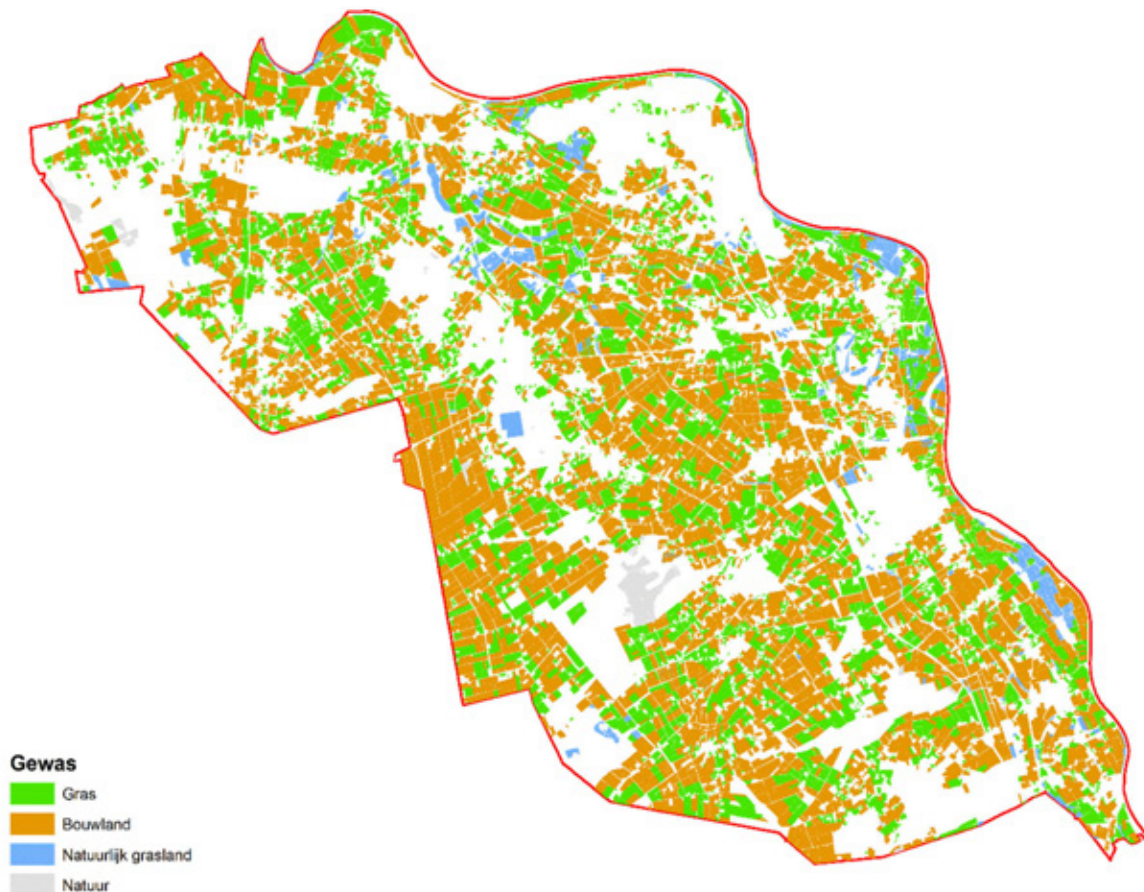
Code LandBouwTelling	Diercategorie	Totaal
A	Rundvee	69.264
B	Schapen	3.007
C	Geiten	20.624
D	Varkens	436.117
E	Kippen	3.403.067
F	Kalkoenen	39.000
G	Eenden	0
H	Pelsdieren	126.125
I	Konijnen	2.259
K	Paarden	1.427
<b>Totaal</b>		<b>4.100.890</b>

**Tabel 3.2** Overzicht bedrijfstypen in stroomgebied de Raam (hoofd- en nevenvestigingen, peiljaar 2014).

Categorie (Giab)	Aantal hoofd- of nevenvestigingen	
	met dieren	totaal
Akkerbouw	21	303
Tuinbouw	23	153
Blijvende teelt	1	6
Graasdier	463	504
Hokdier	247	256
Gewascombinaties	7	18
Veeteeltcombinaties	18	18
Gewas-/veeteeltcombinaties (gemengde bedrijven)	54	57
Niet ingedeeld/onbekend	1	44
<b>Totaal</b>	<b>835</b>	<b>1.359</b>

Op basis van het BRP 2014 zijn de percelen met de bijbehorende gewassen in kaart gebracht (Figuur 3.3). Tezamen met de geclusterde bodemkaart (Figuur 3.4) en Gt-kaart (Figuur 3.5) is deze ruimtelijke informatie gebruikt om de mestgiften op perceelniveau in beeld te brengen.

Het gebied is qua landgebruik vrij versnipperd. Bouwland- en graslandpercelen komen vrijwel overal in gelijke mate voor. Er zijn niet echt deelgebieden aan te wijzen waarbij sprake is van nadrukkelijke dominantie van grasland of bouwland. De enige uitzondering betreft het gebied in het zuidoosten van de gemeente Mill en Sint Hubert, waar sprake is van voornamelijk bouwland. Een groot gedeelte van het gebied de Raam bestaat uit zandgronden. In de nabijheid van Maas (noordoostelijk deel van het gebied) bevinden zich zavel en kleigronden en enige kleine stukjes met veen en löss.



**Figuur 3.3** Ligging percelen met hun landgebruik in 2014 (bron: BRP 2014) in stroomgebied de Raam.



**Figuur 3.4** Geclusterde bodemkaart (bron: Bodemkaart 1:50 000 2016) in stroomgebied de Raam.



**Figuur 3.5** Gt-kaart in stroomgebied de Raam (bron: Bodemkaart 1:50.000, 2006).

### 3.4 Fosfaattoestand bodem

Voor het bepalen van de P-gebruiksruimte is eerst gekeken naar de P-gebruiksklassen op basis van metingen die door RVO zijn verzameld. In Tabel 3.3 staan de fosfaatgebruiksnormen voor de verschillende fosfaattoestanden van de bodem over de periode 2014 tot 2016.

**Tabel 3.3** Fosfaatgebruiksnormen (in kg P/ha, bron: RVO).

Sector	Grenswaarde	Categorie	Jaar		
			2014	2015	2016
Grasland (PAL, mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> per 100 gram)	< 27	Laag	44	44	44
	27-50	Neutraal	41	39	39
	> 50	Hoog	37	35	35
Bouwland (Pw, mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> per liter)	< 36	Laag	35	33	33
	36-55	Neutraal	28	26	26
	> 55	Hoog	24	22	22

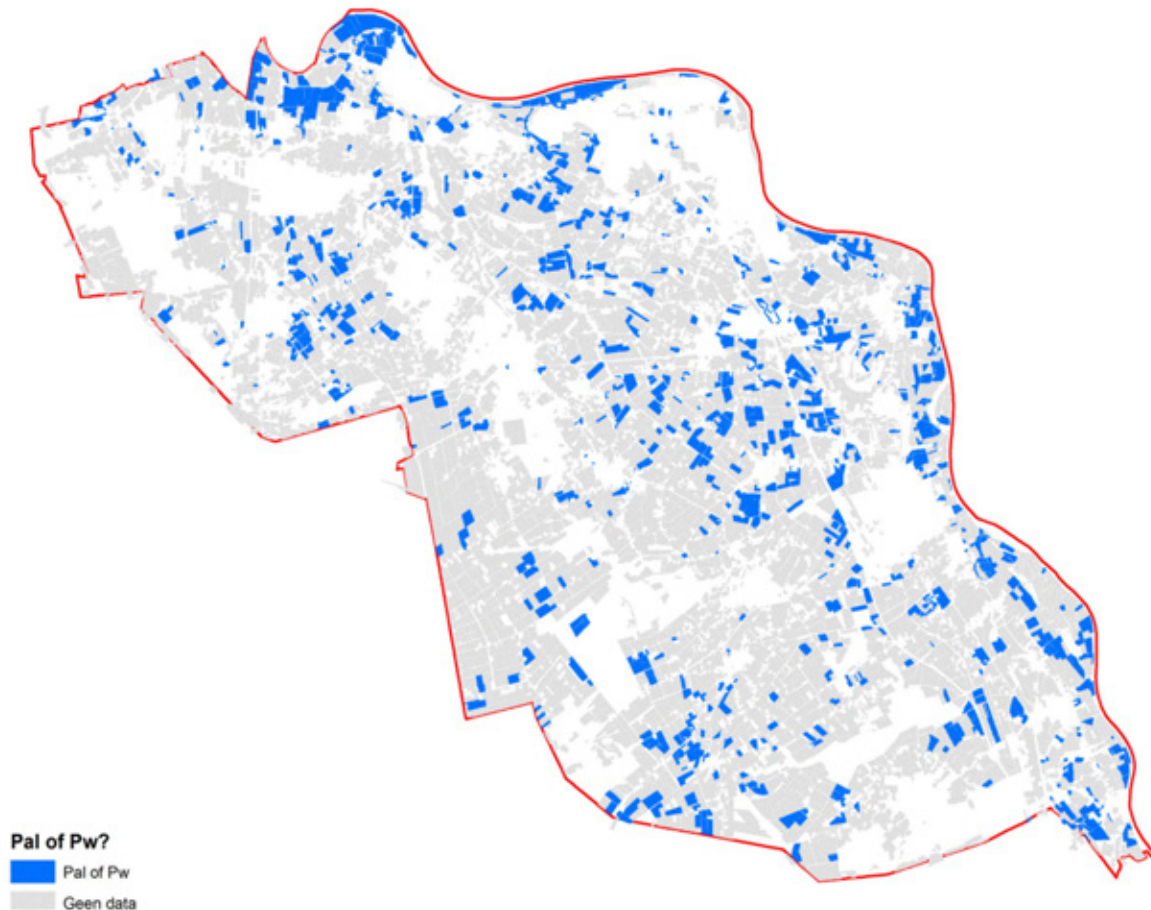
In Figuur 3.5 is aangegeven voor welke percelen er een gemeten PAL of Pw is doorgegeven aan RVO voor het jaar 2015. In Tabel 3.4 wordt dit samengevat per landgebruik en fosfaatklasse.



**Tabel 3.4** Overzicht dekkinggraad percelen waarvan de gemeten PAL en/of Pw is doorgegeven aan RVO en de areaal-gemiddelde percentages van de bijbehorende bemestingsklasse (P-toestand).

Landgebruik	Dekkinggraad (areaal in ha)			Aandeel fosfaattoestand		
	totaal	met PAL en/of PW	%	hoog <sup>1)</sup>	neutraal	laag
Gras (PAL)	8.099	1.952	24%	81%	12%	6%
Bouwland (Pw)	14.321	1.439	10%	91%	5%	4%
Gras en Bouwland	22.420	3.391	15%			

<sup>1)</sup> Percelen waarvoor geen PAL of PW is doorgegeven aan RVO vallen automatisch in de categorie hoog.

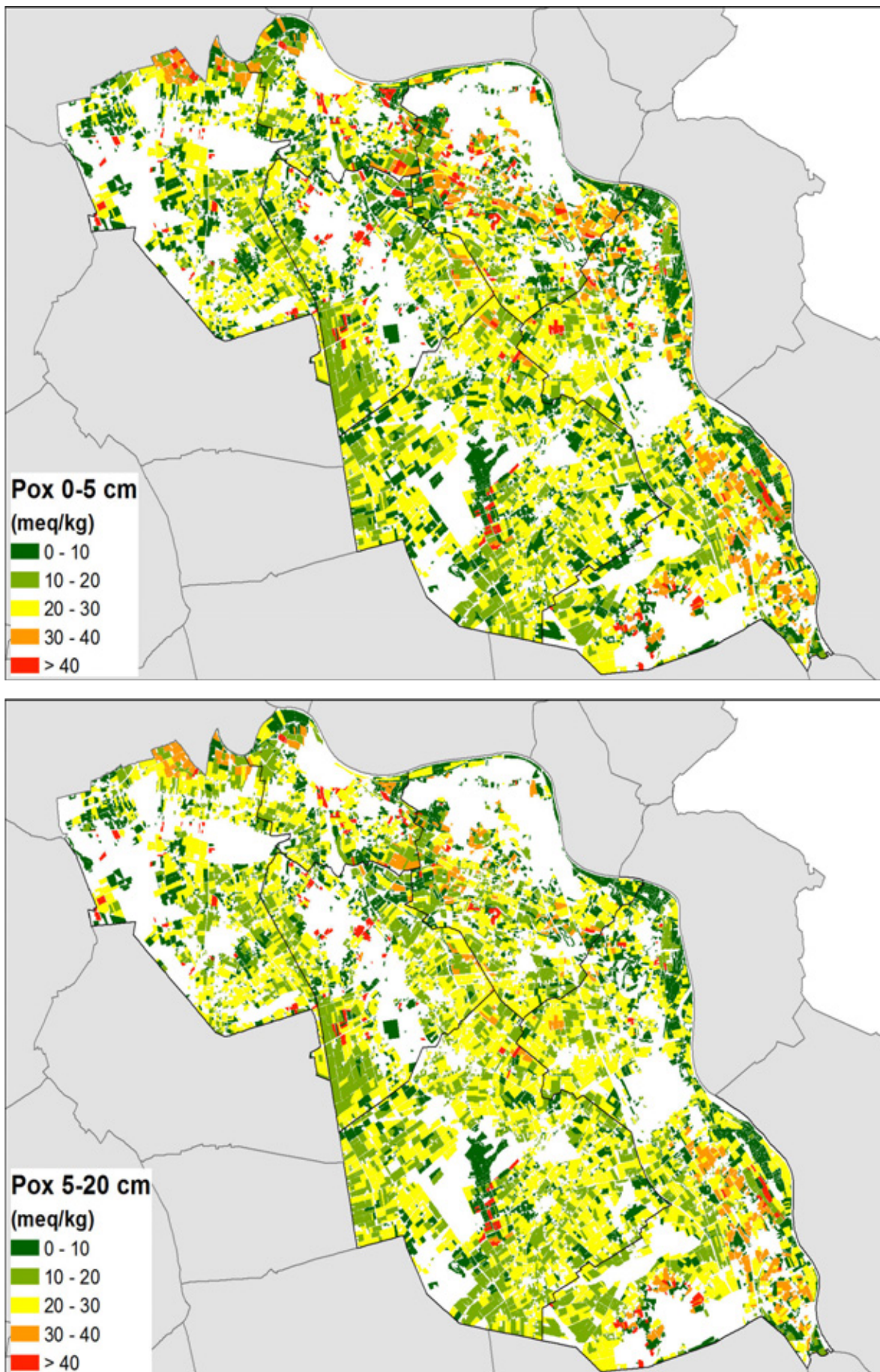


**Figuur 3.6** Overzicht percelen waarvoor een gemeten PAL of Pw door de eigenaar/pachter is doorgegeven aan RVO voor het jaar 2015.

Uit Figuur 3.6 en Tabel 3.4 blijkt dat slechts voor 15% van het landbouwareaal een gemeten PAL of PW is doorgegeven aan RVO. Het grootste deel van dit areaal valt in de fosfaatgebruiksklasse 'neutraal' en wel 12% van het grasland en 5% van het bouwland. Alleen voor de percelen waarvan de gemeten PAL of PW in de klasse laag of gemiddeld valt, geldt dat meer fosfaat dan de generieke gebruiksnorm gegeven mag worden. Voor de overige 85% geldt dat de maximale hoeveelheid fosfaat wordt bepaald door de norm die correspondeert met de klasse hoog (zie Tabel 3.3).

De geringe dekkinggraad van RVO-data voor gemeten fosfaattoestand ligt in de lijn der verwachting, omdat op de zandgronden in de Raam door decennia hoge mestdruk veelal sprake is van een relatief hoge fosfaattoestand. Voor de zavel- en kleigronden is echter vaak sprake van een lagere dekkinggraad (vergelijk Figuren 3.6 en 3.4). Hier is de kans dus groter dat een agrariër op basis van actueel gemeten fosfaattoestand aanspraak kan maken op een hogere toegestane fosfaatgift.

Naast de gemeten PAL en PW is voor alle percelen in het gebied ook de P-status (gemeten via een oxalaatextractie, Pox) berekend voor de laag 0-5 cm en 5-20 cm (zie Figuur 3.7). Hierbij is aangenomen dat het landgebruik de laatste 15 jaar niet is veranderd. De berekende Pox is vervolgens gebruikt om een indicatie te geven van de huidige PAL en PW voor resp. de laag 0-10 cm en 0-15 cm.



**Figuur 3.7** Met het model Initiator berekende Pox in de laag 0-5 cm (boven) en 5-20 cm (onder) in stroomgebied de Raam voor het jaar 2014.

### 3.5 Huidige bemestingsniveaus

Voor de mestverdeling zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De mestproductie is gebaseerd op het aantal dieren dat in het gebied is gehuisvest (in hoofd- of nevenvestiging, zie Figuur 3.2 en Tabel 3.1).
- De gebruiksruijnte is gebaseerd op basis van het aantal percelen in het gebied, ongeacht of de corresponderende hoofd- of nevenvestiging in het gebied ligt. Voor de P-gebruiksnorm hanteren we de met Initiator berekende Pal- en PW-waarde, die we afleiden van het berekende oxalaat extraheerbare fractie fosfaat ( $P_{ox}$ , de reversibel geadsorbeerde P-fractie).
- Voor de N-gebruiksruijnte van dierlijke mest is binnen een gemeente op basis van de landbouwtelling het derogatiepercentage van graslandpercelen berekend en uniform binnen de gemeentes toegepast. Deze berekende derogatiepercentages variëren tussen de 46 en 55%.
- De N- en P-kunstmestgiften zijn berekend door na het toedienen van dierlijke mest (zowel weide als stalrest) de resterende gebruiksruijnte op te vullen met kunstmest.

De berekende dierlijke- en kunstmestgiften worden per gewas weergegeven in Tabellen 3.5 en 3.6. De ruimtelijke verdeling van dierlijke en kunstmestgiften zijn voor stikstof weergegeven in Figuur 3.8. Voor fosfor is de ruimtelijke verdeling van de dierlijke mestgift weergegeven in Figuur 3.9. De P-kunstmestgift is door de huidige regelgeving beperkt. De som van de dierlijke en kunstmestgiften is voor N en P weergegeven in Figuur 3.10.

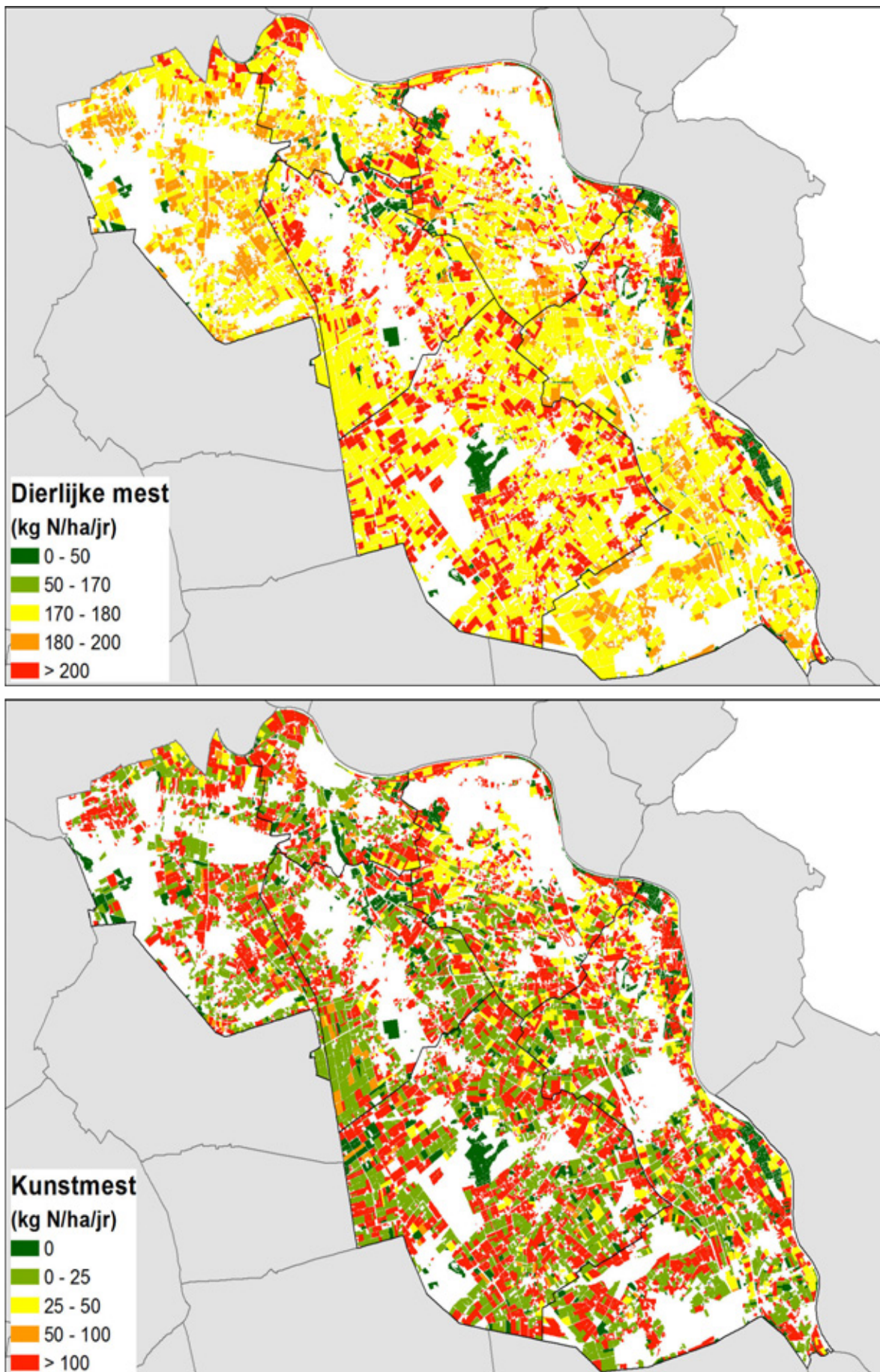
**Tabel 3.5** Berekende gemiddelde dierlijke mestgiften in stroomgebied de Raam per landgebruik.

Gewas	Dierlijke mest N ( $\text{kg N ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$ )		Dierlijke mest P ( $\text{kg P ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$ )	
	totaal	weidemest	totaal	weidemest
Gras	202	50	32	7.5
Mais	175	0	36	0.0
Aardappels	175	0	36	0.0
Tarwe	175	0	36	0.0
Suikerbieten	175	0	36	0.0
Overig	175	0	36	0.0
Natuurlijk grasland	7,3	7,3	1,1	1,1

**Tabel 3.6** Berekende gemiddelde N-kunstmestgiften per grondsoort en landgebruik.

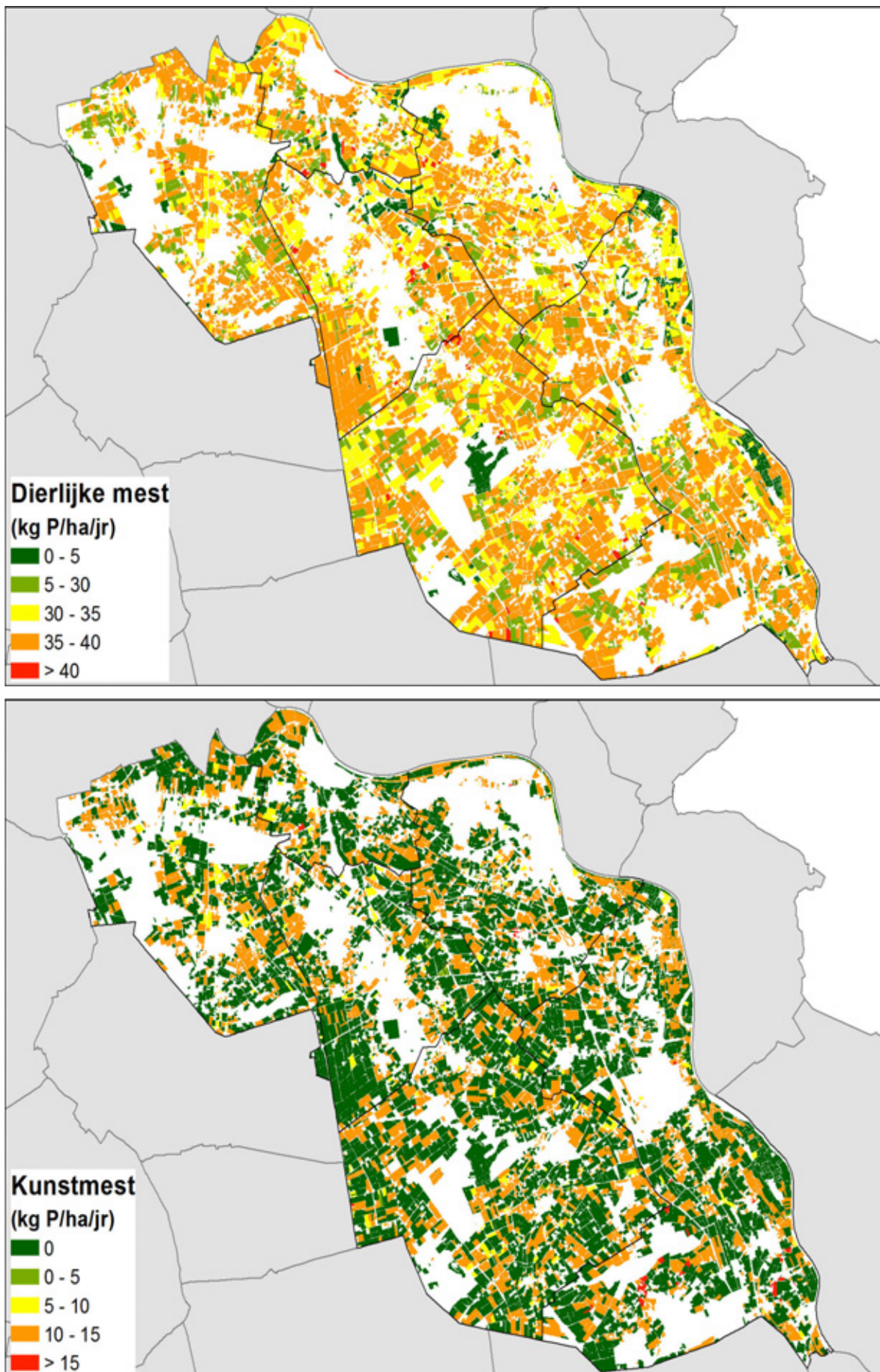
Landgebruik	zand	klei	veen	löss
Gras	160	248	174	165
Mais	9	27	11	3
Aardappels	102	116	-	-
Tarwe	29	113	-	-
Suikerbieten	13	15	8	-
Overig	10	30	-	-





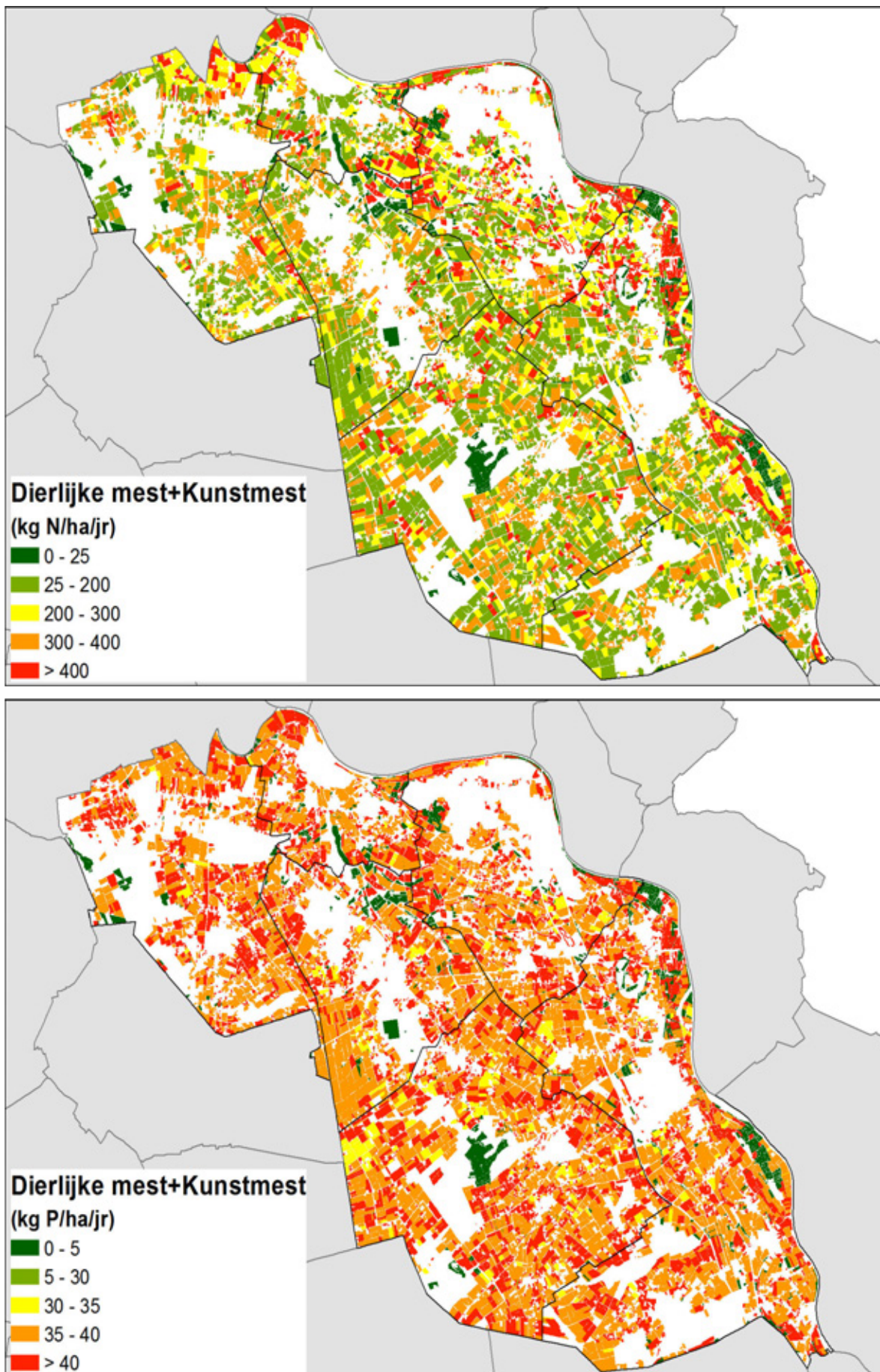
**Figuur 3.8** Berekende ruimtelijke verdeling dierlijke N-mestgiften (boven) en N-kunstmestgiften (onder) in stroomgebied de Raam per gewas voor het jaar 2014.





**Figuur 3.9** Berekende ruimtelijke verdeling dierlijke P-mestgiften (boven) en P-kunstmestgiften (onder) in stroomgebied de Raam per gewas voor het jaar 2014.



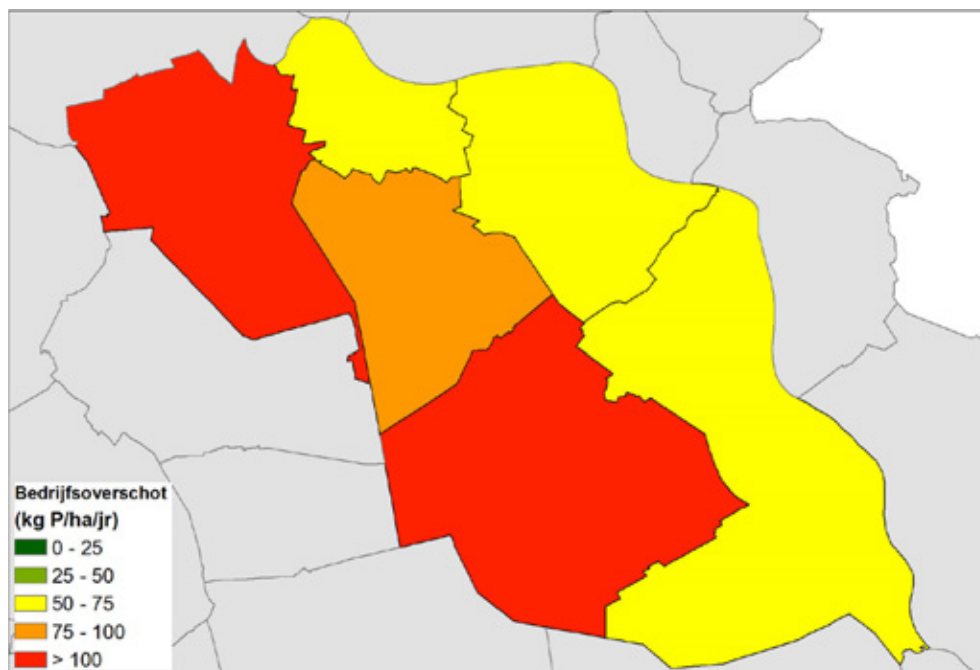


**Figuur 3.10** Berekende ruimtelijke verdeling van de som van dierlijke en kunstmestgiften voor N (boven) en P (onder) in stroomgebied de Raam per gewas voor het jaar 2014.

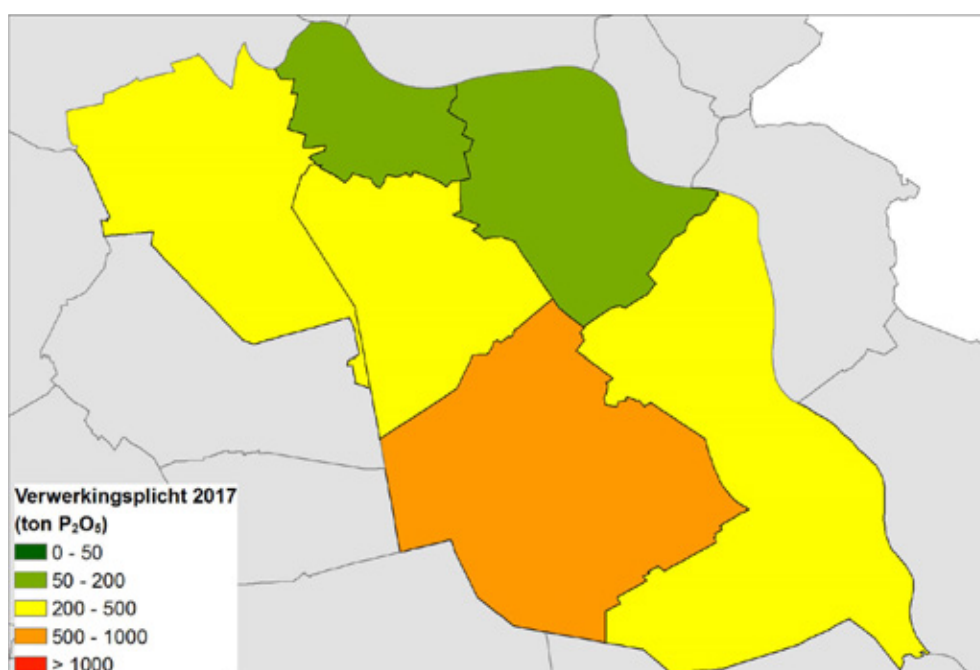
### 3.6 Mestverwerking

In het Nederlandse mestbeleid is wettelijk vastgelegd dat een deel van bedrijfsoverschotten niet binnen Nederland mag worden afgezet, maar moet worden verwerkt en/of afgezet buiten de Nederlandse landbouw. Voor 2017 geldt een verwerkingsplicht van 59% in de regio Zuid.

Per gemeente is een inschatting gemaakt van de mestverwerkingsplicht in 2017 op basis van de met Initiator voor 2014 berekende bedrijfsoverschotten (Figuur 3.11). In alle gemeentes is sprake van een mestoverschot, waarbij het mestoverschot het grootst is in de gemeentes op de zandgronden (Landerd, Mill en Sint Hubert, Sint Anthonis). Een inschatting van de verwerkingsplicht is weergegeven in Figuur 3.12. Hierbij dient te worden bedacht dat is uitgegaan van de voor 2014 berekende bedrijfsoverschotten. De overschotten in 2017 zijn tijdens de uitvoering van deze studie nog niet bekend.



**Figuur 3.11** Het  $P_2O_5$  bedrijfsoverschot in 2014 per gemeente in stroomgebied de Raam.



**Figuur 3.12** De  $P_2O_5$ -verwerkingsplicht in 2017 per gemeente in stroomgebied de Raam.

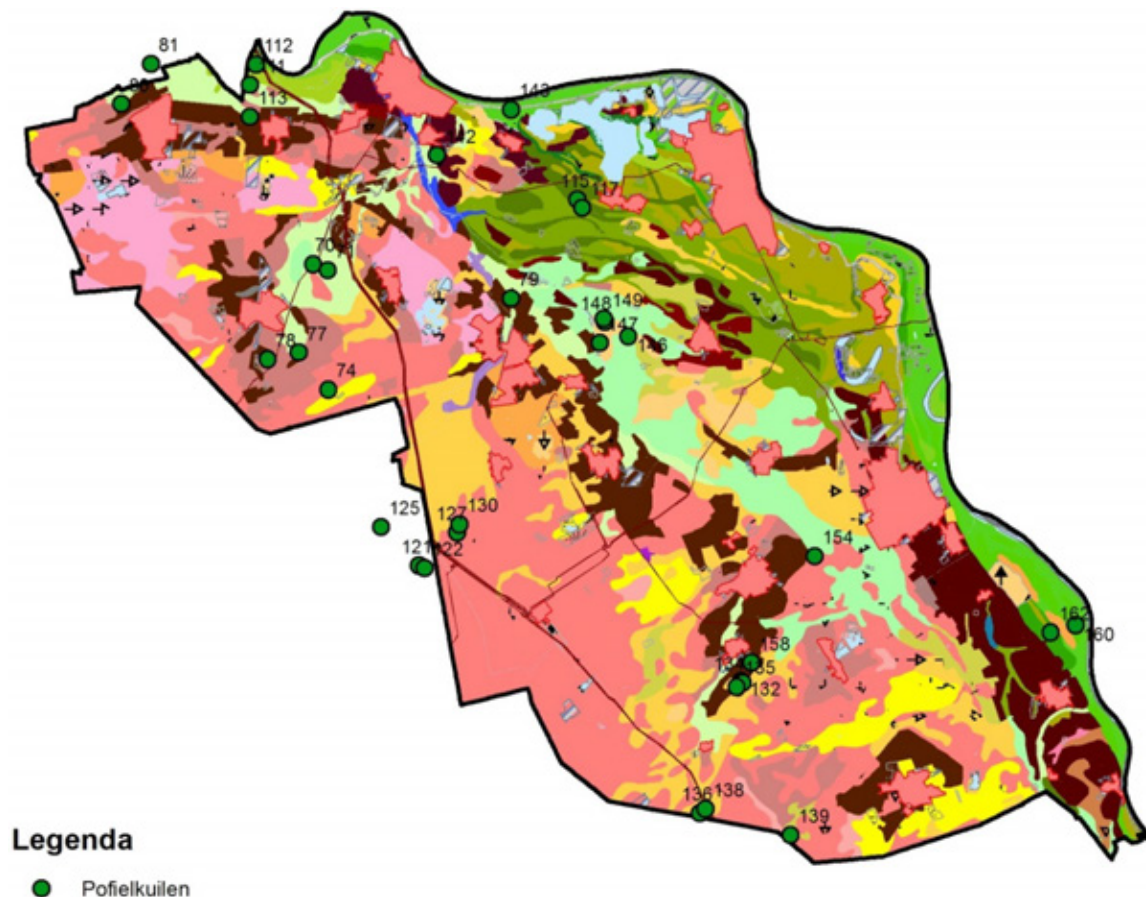


## 4 Veldverkenning bodemconditie

### 4.1 Opzet veldbezoeken en selectie bedrijven en percelen

Tussen 9 maart en 21 april 2017 zijn door LBI twintig agrarische bedrijven bezocht. Tijdens deze bezoeken is de situatie met betrekking tot bodembeheer en water doorgesproken. De agrariërs hadden hiertoe ter voorbereiding recente analyses van de bodemkwaliteit verzameld die zij voor bemestingsadviezen laten uitvoeren. Om een representatief beeld te verkrijgen van de ruimtelijke variatie in bodemkwaliteit, is ingezet op een breed palet van type bedrijven en percelen.

De bedrijven zijn aangeleverd via het waterschap in de Raamvallei en via het CLM. Vanuit het waterschap was de selectie van bedrijven vooral gericht op een representatief beeld van de regio, zowel qua bodem als qua bodemgebruik. De boeren werd gevraagd naar een 'goed' (goede opbrengst, weinig problemen) en een 'slecht' (wateroverlast, droogtegevoelig of achterblijvend gewas) perceel. Vanuit CLM werden samenwerkingspartners (akkerbouwer en veehouder) aangeleverd vanuit het gebiedsproces *Circulaire landbouw St. Tunnis Boxmeer*. Hier zijn percelen uitgekozen op basis van gebruik als grasland en bouwland. In totaal zijn bij 20 bedrijven op 37 percelen (20 gras, 17 bouwland) 40 profielkuilen gegraven. De locaties hiervan zijn weergegeven in Figuur 4.1.



**Figuur 4.1** Overzicht ligging van de profielkuilen in het gebied geprojecteerd op de bodemkaart.

Per bedrijf is een of meerdere percelen beoordeeld. Voorafgaand aan de bezoeken is de gewashistorie via [www.boerenbunder.nl](http://www.boerenbunder.nl) achterhaald. Per perceel werd meestal één profielkuil gegraven en visueel beoordeeld en is de indringingsweerstand bepaald met behulp van een penetrolgger. In een aantal gevallen (bij grote verschillen binnen een perceel) is op meerdere plekken een profielkuil gegraven. In

de meeste gevallen was de agrariër daarbij aanwezig. Wel moesten in verband met de start van het veldseizoen een aantal agrariërs verstek laten gaan. De resultaten per bedrijf zijn beschreven in individuele bedrijfsverslagen die verzonden zijn naar de deelnemers.

## 4.2 Visuele bodembeoordeling en penetrologger

Via een visuele bodembeoordeling (profielkuil) is het bodemprofiel en de interactie tussen bodem en gewas op systematische wijze beoordeeld. Op een representatieve plek in een perceel is een profielkuil gegraven van ca. 50x50x70 cm. Een aantal basisgegevens is geregistreerd: gewas, voorvrucht en hoofdgrondbewerking. Daarnaast is de diepte van de zwarte laag (de bouwvoor) en de bewortelingsdiepte opgemeten. Ook de grondwaterstand, de aanwezigheid van plassen op het land tijdens natte periodes, de droogtegevoeligheid van het perceel en verdichte lagen in het profiel zijn geïnventariseerd. Vervolgens is een kluit van 20x20x20 cm uitgestoken. Deze is met een rapportcijfer (van 1 t/m 10) beoordeeld op structuur, bodemleven en beworteling.

Voor grasland is de laag op 0-10 cm en 10-25 cm diepte beoordeeld, en voor bouwland is de laag op 0-25 en 25-50 cm diepte beoordeeld. Waterhuishouding kreeg een rapportcijfer op basis van het hele bodemprofiel. De locaties van de profielkuilen zijn vastgelegd met gps. De score voor bodemstructuur is gebaseerd op het percentage kruimelige en scherpblokkige elementen. De score voor bodemleven is gebaseerd op zichtbare poriën, structuurvorming door bodemleven en de mate van vertering van organische stof. De score voor beworteling is gebaseerd op bewortelingsdiepte en wortelintensiteit. Door het tijdstip van beoordeling (mrt-apr) was er op bouwlandpercelen soms nog geen sprake van beworteling of een gewas. De score voor waterhuishouding is gebaseerd op een combinatie van het grondwaterpeil, verdichte/storende lagen en roest of blauw-verkleuring in het profiel. Bij een goede waterhuishouding is het vochtgehalte gelijkmatig in boven en ondergrond.



**Figuur 4.2** Profielkuil voor visuele beoordeling (foto LBI).

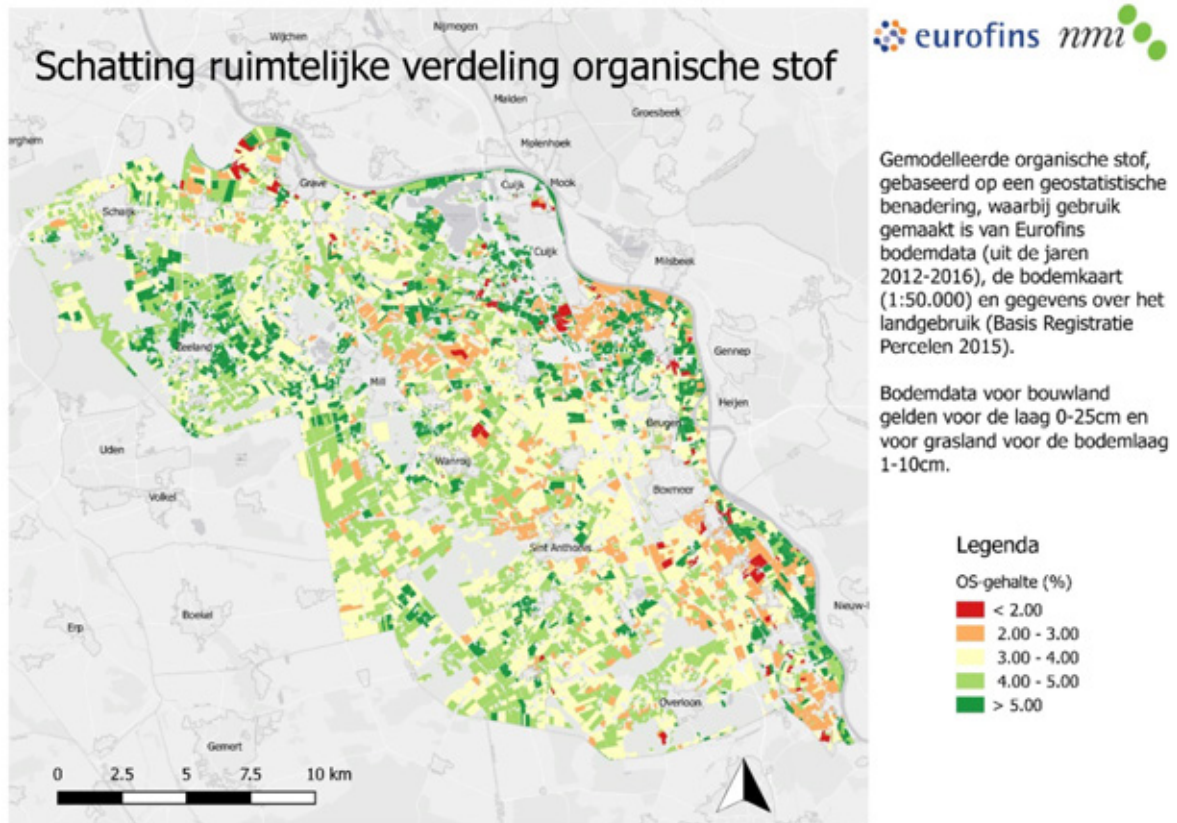
Met een penetrologger is de indringingsweerstand per veldje gemeten op 10 plaatsen (zigzagpatroon). De conus van de penetrologger had een oppervlakte van 1 cm<sup>2</sup>.

## 4.3 Visuele bodemverkenning en meetdata Eurofins

Door de boeren zijn recente bodemanalyses van de percelen aangeleverd. Vooruitlopend op het vervolgtraject in Lumbricus zijn voor de studie via het NMI bodemgegevens van Eurofins Agro opgevraagd voor de jaren 2012 tot 2016 voor de parameters organische stof, zuurgraad, CEC, bodemleven en fosfaattoestand (PAL en Pw). Omdat niet alle percelen in deze periode geanalyseerd

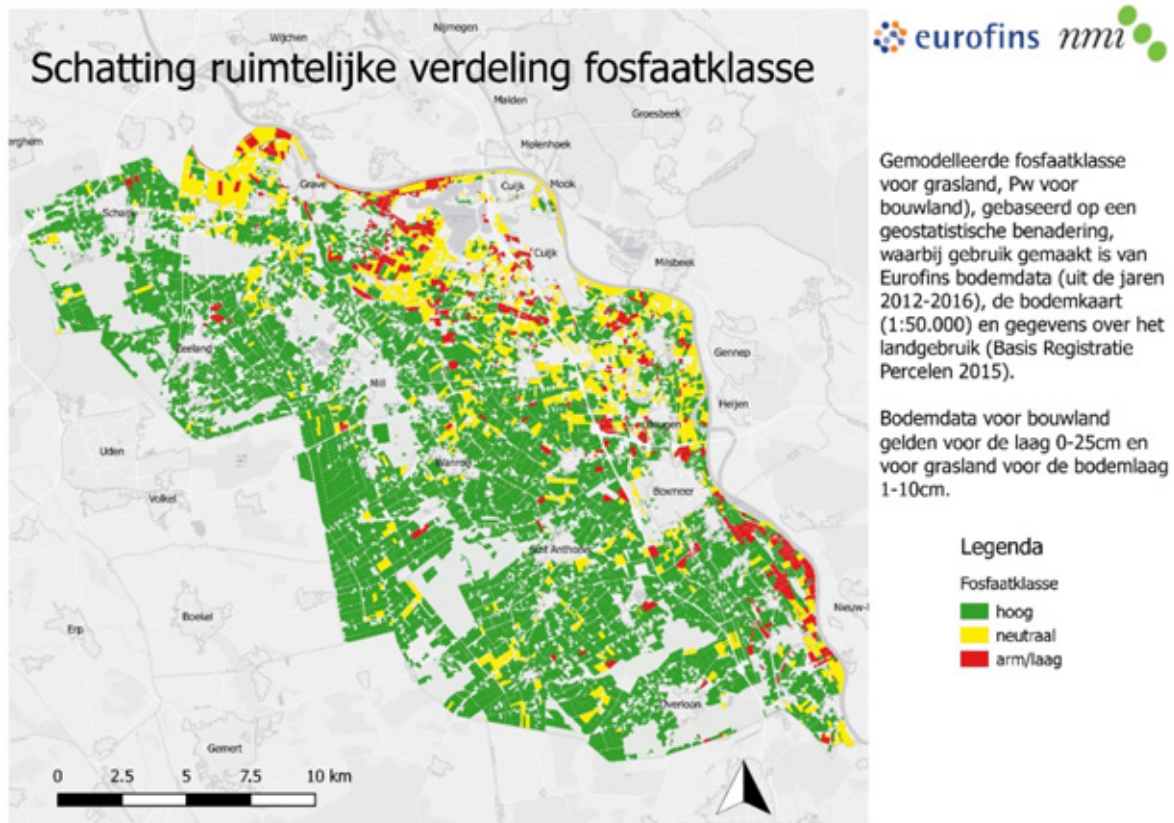
zijn, wordt via een geostatistisch model de ruimtelijke variatie in genoemde parameters in beeld gebracht. Hierbij wordt rekening gehouden met de locatie en het landgebruik, het bodemtype en de grondwatertrap. De informatie die verkregen is tijdens de veldbezoeken over de pH, organische stof, P-toestand en stikstof-leverend vermogen is geprojecteerd op de ruimtelijk uitgewerkte Eurofins-data (Figuur 4.3-4.6).

In grote lijnen bevestigen de figuren de bevindingen van de veldbezoeken en geven ruimtelijk een beeld waar lage organische-stofgehalten, een hoge fosfaat-toestand en lage pH voorkomen.

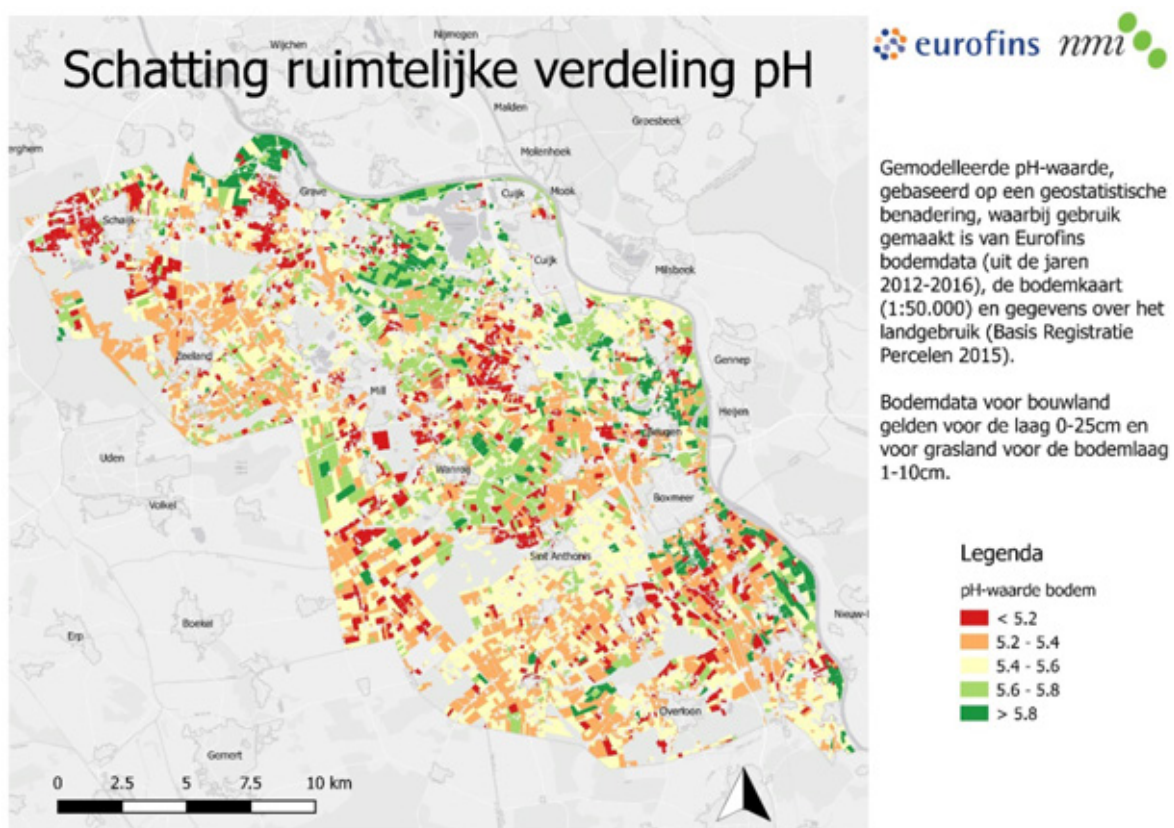


**Figuur 4.3** Organische-stofgehalte op de beoordeelde percelen geprojecteerd op Eurofins-data van 2012-2016.





**Figuur 4.4** Fosfaat toestand (gebaseerd op PAL voor gras en Pw voor bouwland) in de Raam op de beoordeelde percelen geprojecteerd op Eurofins-data van 2012-2016.



**Figuur 4.5** Bodem-pH op de beoordeelde percelen geprojecteerd op Eurofins-data van 2012-2016.

---

## 4.4 Resultaten veldverkenning bodemconditie

De resultaten van de veldverkenning zijn uitgebreid beschreven in een apart document, getiteld 'Verkenning bodemconditie de Raam' (Zanen et al. 2017). Dit rapport beschrijft de resultaten per bedrijf. Deze worden hierna kort samengevat.

Voor grasland komt uit de veldverkenning naar voren dat er:

- op veel percelen sprake is van relatief lage organische-stofgehaltes;
- weinig bodemleven in de laag 10-25 cm diepte aanwezig is;
- veelal verdichting in de laag 10-25 cm diepte aanwezig is;
- suboptimale beworteling ontstaat als gevolg van storende lagen.

Opvallend is dat er weinig percelen met oud grasland zijn. Vanwege de (dreigende) regelgeving wordt er bewust op tijdelijk grasland gestuurd en worden de meeste percelen na maximaal vijf jaar gescheurd. Op de korte termijn levert dit goede graslandopbrengsten, maar op de lange termijn zal het organische-stofgehalte en daarmee het stikstof-leverend vermogen van deze percelen onder druk staan. Verdichting in de laag 10-25 cm diepte kan zijn veroorzaakt door bodembewerking/-bereiding met zware machines op ongunstige momenten, oogst van akkerbouwmatige gewassen onder te natte omstandigheden en weinig bodemleven. Verdichting leidt tot verminderde infiltratiecapaciteit. Daardoor ontstaat meer oppervlakkige afstroming en daarmee een hogere nutriëntenbelasting (vooral fosfaat) van het oppervlaktewater, hoger piekafvoeren en minder grondwateraanvulling. Veel van de graslandpercelen op zand zijn droogtegevoelig en moeten berekend worden voor een goede opbrengst. Voor bouwland komt uit de veldverkenning naar voren dat veelal sprake is van een:

- verdichting in de ondergrond (25-50 cm diepte);
- verminderde waterhuishouding.

Op de meeste bouwlandpercelen is het grondgebruik intensief. Vooral op de zandgronden is er weinig rust (bodemerstel) in het bouwplan via granen of groenbemesters en wordt de grond intensief bewerkt voor een losse structuur. Met het losmaken kan verdichting worden opgeheven, maar wordt het bodemleven verstoord. Vaak heeft het mechanisch opheffen van verdichting ook geen langdurig effect. Belangrijk is dat bij het overwegen van grondbewerkingen altijd eerst goed in de bodem gekeken wordt of het wel echt nodig is, wat de bijdrage zou kunnen zijn en ook of de omstandigheden in de ondergrond al goed (droog!) genoeg zijn voor een bewerking. Veel van de zandpercelen zijn droogtegevoelig en moeten berekend worden voor een goede opbrengst.

---

# 5 Handvaten maatregelen en experimenten

## 5.1 Effectief bodembeheer voor wateropgaven in de Raam

In het stroomgebied van de Raam spelen de volgende problemen voor het waterbeheer:

- veel schadeclaims van boeren voor wateroverlast na hevige neerslag (bijv. voorzomer 2016);
- belemmering KRW-doelen door hoge nutriëntenbelasting, waarbij oppervlakkige afstroming in diverse delen van het gebied een belangrijke route is;
- in de hoge Raam is een kwetsbare ecologie door (te) lage basisafvoeren (KRW-doel).

Door klimaatverandering zullen deze problemen naar verwachting toenemen. Herstel van de natuurlijke spons- en zuiverende werking van landbouwbodems kan bijdragen om deze problemen deels op te lossen. In bodems met een goede structuur, een goed bodemleven en een goede waterhuishouding zullen minder vaak wateroverlast en oppervlakkige afstroming optreden, worden nutriënten beter benut en wordt water beter vastgehouden. Daardoor verbetert de waterkwaliteit, neemt de beregeningsbehoefte af en nemen de grondwateraanvulling en basisafvoeren toe. In het algemeen kan dan ook gesteld worden dat goede landbouwbodems voor het waterbeheer bijdragen aan adaptatie op klimaatverandering.

## 5.2 Maatregelen voor effectief bodembeheer

De volgende maatregelen kunnen gesignaleerde problemen met de bodemconditie oplossen.

*Focus op beter bodemleven:*

- Verhoging van organische stof (bij bodems met minder dan 2 tot 2,5% organische stof);
- Minder intensief bewerken;
- Meer voeding voor het bodemleven – kwaliteit en kwantiteit;
- Introduceren van pendelaars;
- Teelt van rustgewassen en groenbemesters.

*Verbeteren indringingsweerstand en bodemstructuur door:*

- Voorkomen van verdichting en achteruitgang van de bodemstructuur via aanpassing machinegebruik, diepte en intensiteit bewerkingen, bandenspanning, timing etc.;
- Organische-stofmanagement en voeden van o.a. regenwormen via klaver en vaste mest stimuleren regenwormen;
- Opheffen van bodemverdichting via woelen en gebruik ondergronders op bouwland.

*Verdiepen van de beworteling en inzet groenbemesters door:*

- Voorkomen en opheffen van verdichting;
- Gewas/graskeuze: rietzwenkgras heeft meer wortels in de diepte, maar ook rode klaver en luzerne, mede door hun penwortel, bewortelen diepere lagen intensiever dan Engels raaigras;
- Graslandmanagement: ook via graslandmanagement kan de diepte van een gewas worden beïnvloed. Intensieve beregening en bemesting van de zode houden de wortels bovenin;
- Stimuleren van regenwormen in het algemeen en pendelaars in het bijzonder: wormengangen van pendelende regenwormen worden gebruikt door wortels om diepere bodemlagen te ontsluiten en verhogen de infiltratiecapaciteit en waterafvoer;
- Voor bouwland geldt dat er gewerkt kan worden met groenbemesters. Een van de factoren voor het slagen is voldoende zaaizaad (ca. 25 kg/ha). Daarnaast speelt op de lichtere gronden het risico op aantastingen door schadelijke aaltjes, vooral in de tuinbouwgewassen. Ook hierbij kunnen groenbemesters zoals bladrammenas problemen verminderen.

---

*Verbeteren waterbeheersing via drainage door:*

- Peilgestuurde drainage (diverse boeren in het gebied maken hier al gebruik van);
- (Tussen)draineren met een kettinggraver om storende lagen te doorbreken.

## 5.3 Ontwerp experimenten in Lumbricus

Op basis van de gebiedsverkenning komen verdichting, organische stof en bodemleven als belangrijkste aandachtspunten naar voren, zowel op grasland als voor bouwland. Op bouwland is daarnaast de intensiteit van de grondbewerking ('overbewerking') een aandachtspunt omdat daar de grond eigenlijk veel losser dan nodig wordt gemaakt en zo ook waardevolle koolstof door afbraak verloren gaat.

Gelet op de wateropgave is de verdichting en ontbreken van diepe beworteling en wormgaten op gras en maispercelen vooral ongunstig voor de problemen die samenhangen met oppervlakkige afstroming (piek-afvoeren, water op het land, afspoeling van mest en andere verontreinigende stoffen). De bodemproblemen op intensieve akkerbouwbedrijven zijn vooral ongunstig voor het vasthouden van water.

Voor experimenten in het onderzoeksprogramma Lumbricus wordt voor bodemverbetering aanbevolen uit te gaan van de doelen van het onderzoeksproject *Goede Grond voor een Duurzaam Watersysteem (Groenendijk et al. 2017)*. Dit project is namelijk gericht op kennisontwikkeling om effecten van bodemverbeterende maatregelen op het watersysteem te kunnen kwantificeren en deze kennis te verwerken in modellen die voor waterbeheer worden ingezet. Over de hoeveelheden en chemische samenstelling van oppervlakkige afstroming is nog weinig experimentele kennis opgebouwd. Ook is nog weinig kennis ontwikkeld over het effect van (meer) bodemleven en pendelwormen op de infiltratiecapaciteit van landbouwbodems. Vanuit deze invalshoeken kan voor de Raam ingezet worden op de volgende set van experimenten:

1. Het meten aan waterinfiltratie op bodems met weinig of geen wormgangen en bodems waar wormgaten wel aanwezig zijn door introductie van pendelwormen én door kunstmatig verticale 'worm'gangen te maken. Bij voorkeur worden deze experimenten uitgevoerd onder zowel gecontroleerde lab-omstandigheden als onder veldomstandigheden. In het veld kan ingezet worden op bv. dubbelrings-infiltratieproeven, lysimeter-achtige opstellingen en een visuele proef naar de stroming van water met een kleurstof.
2. Aansluitend op experiment 1) is het zinvol om meer metingen uit te voeren naar de hoeveelheid en kwaliteit van afstromend water. Dit kan door middel van een combinatie van waarnemingen: visueel (foto's), opvang in meetgoten en daarop aangesloten opvangbakken (metingen kwantiteit en kwaliteit) en remote sensing (drones, satellieten).
3. Aansluitend op de experimenten van 1) en 2) worden gangbare agro-hydrologische modellen ingezet om de water- en nutriëntenhuishouding simuleren. De resultaten van de hierboven beschreven experimenten kunnen worden gebruikt om deze modellen te verbeteren.
4. Als blijkt dat op kleine schaal de introductie van pendelwormen succesvol is voor de verbetering van infiltratie en waterberging, dan is het zinvol om het experiment uit te breiden met veldonderzoek naar methoden om het voorkomen ervan te stimuleren via:
  - In het veld introduceren van verschillende soorten pendelaars en hun effect te vergelijken (soort *Lumbricus terrestris* versus *Apporectodea longa*).
  - Experimenteren hoe grondgebruik en grondbewerkingen van invloed zijn op de rust en ontwikkeling van pendelwormen.
  - Experimenteren wat de invloed is van diverse landgebruiks- en bemestingsmaatregelen (o.a. aanvoer strooisel, bokashi, stro-rijke mest en vanggewassen) op het voorkomen en de activiteit van bodemleven en op pendelwormen in het bijzonder. Eventuele nadelige effecten op het voorkomen van aaltjes en onkruiden moeten daarbij worden geminimaliseerd.

---

# Literatuur

Adviescommissie water, advies waterkwaliteit 9 mei 2016.

- Akker, J.J.H. van den, A. Visser, D. Brus, W.J.M. de Groot, M. Pleijter, L. Schlebess, F. de Vries, M.J.D. Hack-ten Broeke, december 2014. "PRISMA-onderzoek Bodemverdichting kwetsbare gebieden, Fase 2: Veldwaarnemingen en ervaringen in de praktijk" ([managementsamenvatting Agripress](#)).
- Faber, J., H. Wösten, G. Bakker, J. Bokhorst, E. Hummelink, I. Laros, N. van den Brink, J. Deru, B. Luske en N. van Eekeren, 2012. "Droogteresistentie van grasland in de Gelderse Vallei; Kijk eens wat vaker onder de graszode". Wageningen, Alterra, Rapport 2373.
- Groenendijk, P., P.N.M. Schipper, D. Swart, G.M.C.M. Janssen, M. Zanen en M.G. Talsma, 2015. Waterbeheerder ontdekt belang van de bodem. Bodem 6: 30-32.
- Groenendijk, P., P.N.M. Schipper, R. Hendriks, J. v.d. Akker, M. Heinen, 2017. 'Effecten van verbetering bodemkwaliteit op waterhuishouding en waterkwaliteit, deelstudies Goede Grond voor een duurzaam watersysteem. Wageningen Environmental Research (WEnR) rapport 2811.
- Krieken, A., R. Hulsman, I. Folmer en G. van den Eertwegh, 2014. "Herkomst water en nutriënten beheergebied Waterschap Aa en Maas".
- Kroonen-Backbier, B., 2011. "Werken aan schoner oppervlaktewater in intensieve maisteelt gebieden, pilotstudie Maiscasus in de Hoge en Lage Raam 2008-2009-2010."
- Kros, H. en P. Groenendijk, 2017. "Scoping studie mestverdelingsmodule". Wageningen : Wageningen Environmental Research (Wageningen Environmental Research rapport 2817) – 47.
- Schipper, P., P. Groenendijk, Nick van Eekeren, M. Zanen, J. Rozemeijer, G. Jansen en B. Swart, 2015. "Goede grond voor een duurzaam watersysteem. Verdere verkenningen in de relatie tussen agrarisch bodembeheer, bodemkwaliteit en waterhuishouding." STOWA, Amersfoort. Rapport 2015-19.
- Van der Bolt, F., W. Cornelis, J. de Pue, R. Hendriks, J. van den Akker, H. Massop, I. Joris, J. Dams, en Johan Vos, 2016. *Bodemverdichting in Vlaanderen. Kwantificeren van de gevolgen.*
- Van Eekeren, N., F. Verwer, M. Verkerk, E. Broers, 2012. "Bufferboeren: agrariërs en waterbeheerders".
- Gaalen, F. van et al., 2015, "Waterkwaliteit nu en in de toekomst". Eindrapportage ex ante evaluatie van de Nederlandse plannen voor de Kaderrichtlijn Water, Den Haag: PBL.
- Zanen, M., S. van Goor, N. van Eekeren, H. Massop en P. Schipper, 2017. "Verkenning bodemconditie De Raam", LBI-WUR.

---

# Bijlage 1 Deelresultaten oppervlakkige afstroming

In de methode voor het kwantificeren van de risico's voor oppervlakkige afstroming wordt gerekend voor een zomer- en een wintersituatie zoals weergegeven in Figuur 2.2. In deze bijlage worden de volgende stappen en bijbehorende deelresultaten beschreven:

- A. Selectie neerslaggebeurtenissen
- B. Infiltratie capaciteit bovenste bodem
- C. Afvoer via grondwater en/of buisdrainage wintersituatie
- D. Berging op maaiveld
- E. Bodemberging (onverzadigde zone bij GHG-situatie)
- F. Afstand tot lokale waterlopen

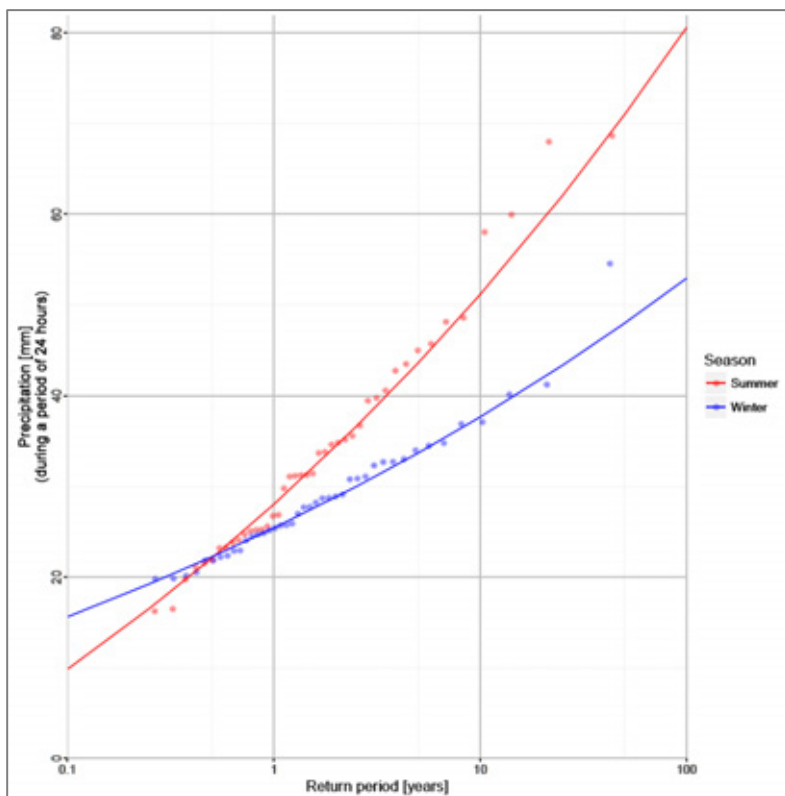


## A. Selectie neerslaggebeurtenissen

Als representatief neerslagstation voor het Raamgebied is neerslagstation Volkel (375) geselecteerd. Voor dit station zijn vanaf juni 1974 uurgcijfers voor de neerslag beschikbaar. De reeks juni 1974 tot november 2016 is gebruikt voor nadere analyse. Door overlappende perioden van 24 uur, totaal ca. 372000 perioden, is de gesommeerde neerslag berekend. De reeks is opgesplitst in winterperioden (1 oktober t/m 31 maart) en zomerperioden (1 april t/m 30 september). Voor beide perioden zijn neerslagevents geselecteerd voor herhalingstijden van  $T=1$  en  $T=10$  jaar. Piekbuien komen vooral voor in de zomer, terwijl langere natte perioden meer in de winter voorkomen. Bij de selectie van neerslagevents in de zomer wordt uitgegaan van een natte periode van 24 uur en in de winter van 8 dagen (192 uur).

### Zomerperiode

Voor de zomerperiode is voor verschillende herhalingstijden ( $T$ ) de neerslag voor een periode van 24 uur bepaald (Figuur B1.1).



**Figuur B1.1** Neerslag gedurende 24 uur gebaseerd op uur-neerslagen voor verschillende herhalingstijden voor de zomer- en winterperiode voor neerslagstation Volkel.

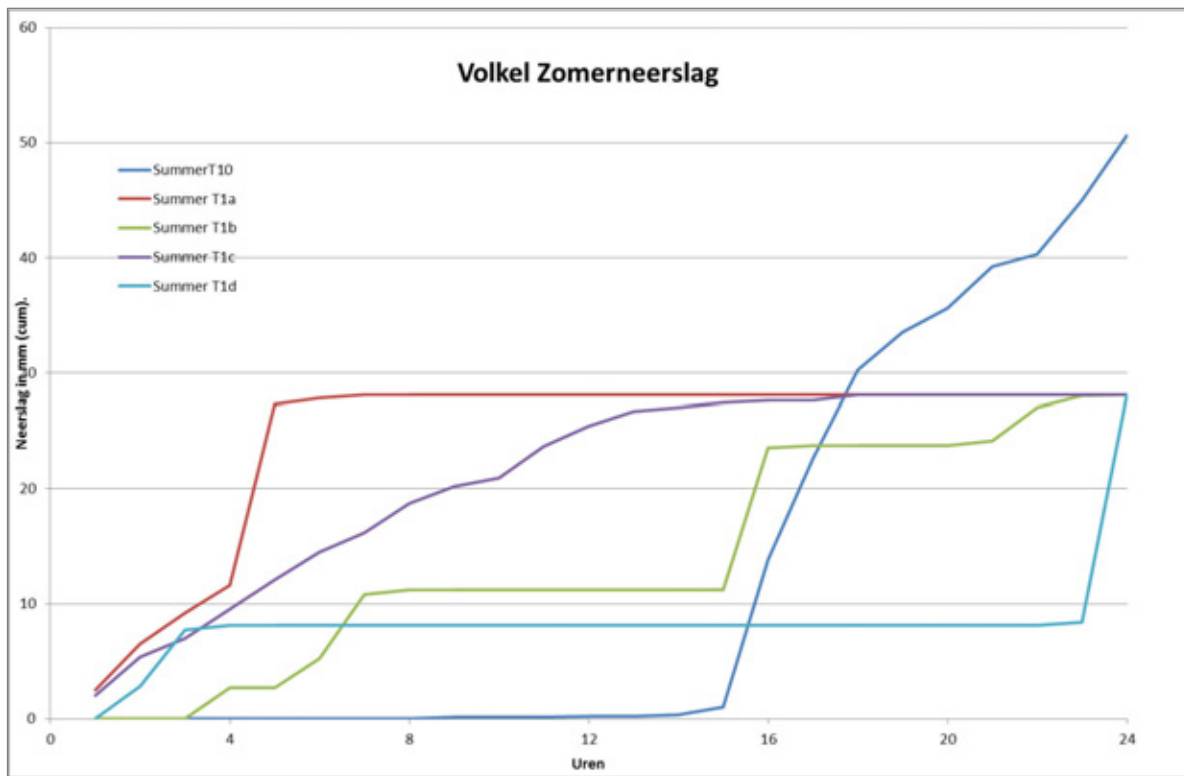
Figuur B1.1 laat zien dat de zomerneerslagen bij herhalingstijden groter dan 1 jaar groter zijn dan de winterneerslagen bij dezelfde herhalingstijd. In Tabel B1.1 zijn voor enkele karakteristieke waarden weergegeven.

**Tabel B1.1** Neerslag over 24 uur in zomer- en winterperiode voor herhalingstijd  $T=1, 2, 5$  en  $10$ .

T	N (mm) Zomer	N (mm) Winter
1	28.1	25.4
2	34.4	28.8
5	43.6	33.7
10	51.2	37.7

Voor de herhalingstijd van 1 en 10 jaar is de neerslag gedurende de zomer resp. 28,1 en 51,2 mm/dag.

Op basis van deze twee waarden is gezocht naar natte perioden die hiermee overeenkomen. Voor T=10 is 1 natte zomerperiode geselecteerd en voor T=1 komen 4 natte perioden in aanmerking (Figuur B1.2).



**Figuur B1.2** Natte perioden gemeten op vliegveld Volkel voor T=10 en T=1

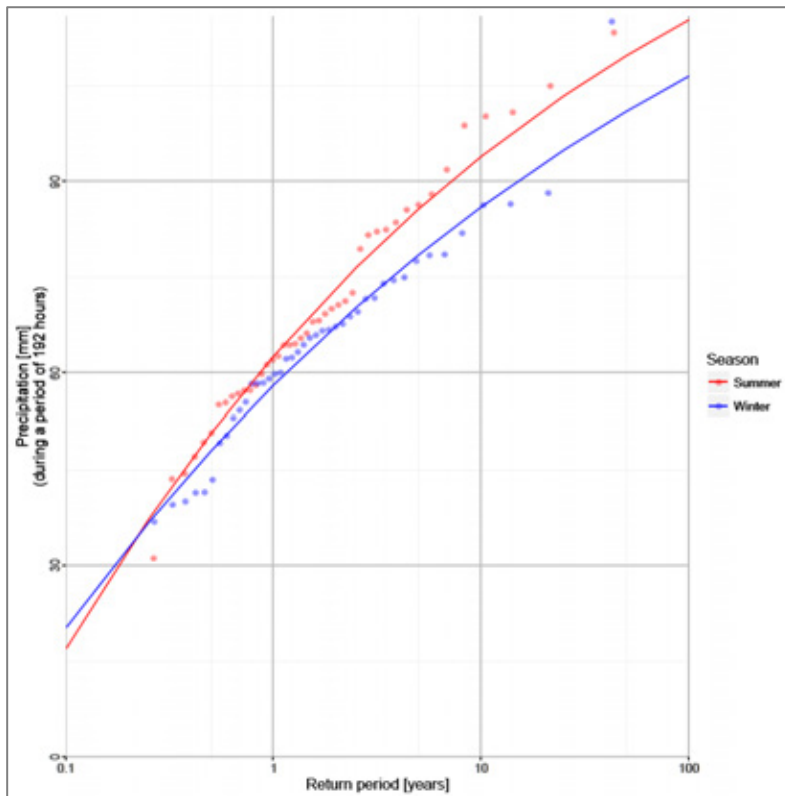
Voor de analyse van de maaiveldafvoer in de zomerperiode wordt de T=10 bui gebruikt en voor de T=1 is gekozen voor bui T1d omdat deze de hoogste uurintensiteit heeft nl. 19.7 mm/uur.

#### Winterperiode

Voor de winterperiode is voor verschillende herhalingstijden (T) de neerslag voor een periode van 192 uur (8 dagen) bepaald (Figuur B1.3). In Tabel B1.2 zijn enkele karakteristieke waarden weergegeven.

**Tabel B1.2** Neerslag over 192 uur in zomer- en winterperiode voor herhalingstijd T=1, 2, 5 en 10.

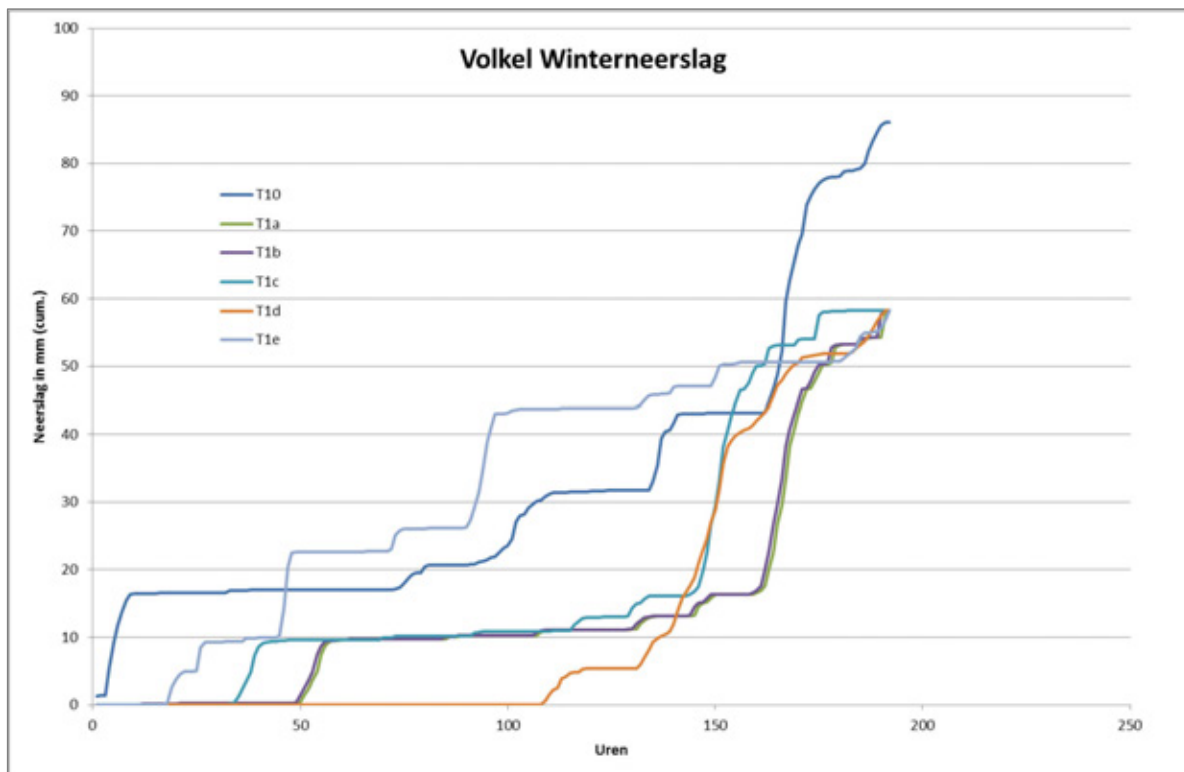
T	N (mm) Zomer	N (mm) Winter
1	62.7	58.2
2	73.4	67.5
5	85.8	78.6
10	94.0	86.1



**Figuur B1.3** Neerslag gedurende 192 uur gebaseerd op uur neerslagen voor verschillende herhalingstijden voor de zomer- en winterperiode voor neerslagstation Volkel.

Voor de herhalingstijd van 1 en 10 jaar is de neerslag gedurende de winter resp. 58,2 en 86,1 mm/dag.

Op basis van deze waarden is gezocht naar natte perioden die hiermee overeenkomen. Voor  $T=10$  is 1 natte winterperiode geselecteerd en voor  $T=1$  zijn 5 natte winterperiodes geselecteerd (Figuur B1.4).



**Figuur B1.4** Natte perioden gemeten op vliegveld Volkel voor  $T=10$  en  $T=1$ .

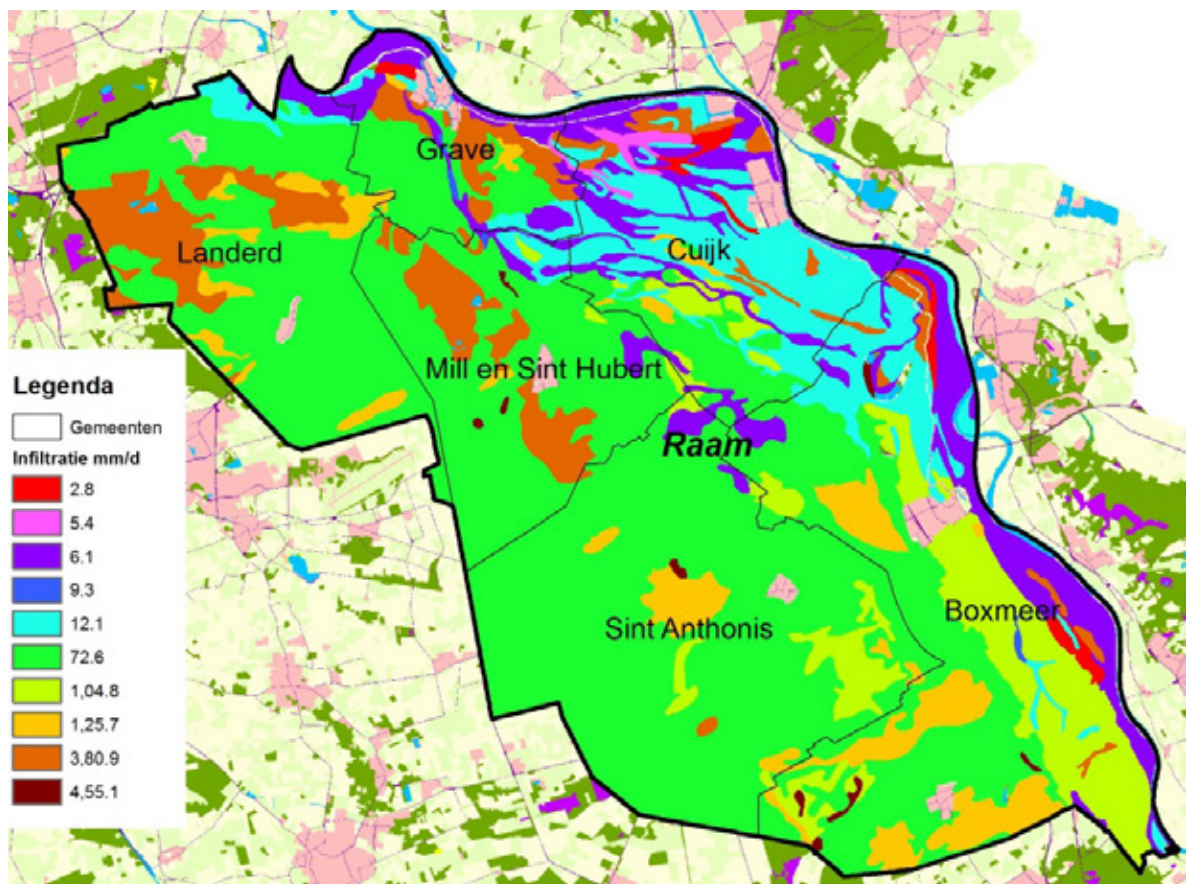
Voor de analyse van de maaiveldafvoer in de winterperiode wordt de T=10 bui gebruikt en voor de T=1 komen 5 natte perioden in aanmerking. In Tabel 4 zijn de 24-uursommen voor deze 6 natte perioden weergegeven, in Bijlage 2 de bijbehorende uursommen. Voor de T=1 is gekozen voor bui T1b met een hoogste dagintensiteit van 27.5 mm/uur. T1a en T1b hebben een overlap van 23 uur.

**Tabel 4** 24-uursommen cumulatief van een T=10 en T=1 neerslagperiode voor de winterperiode.

dag	T10 <sub>cum</sub>	T1a <sub>cum</sub>	T1b <sub>cum</sub>	T1c <sub>cum</sub>	T1d <sub>cum</sub>	T1e <sub>cum</sub>	T10 <sub>dag</sub>	T1b <sub>dag</sub>
1	16.6	0.2	0.2	0	0	5	16.6	0.2
2	17	0.2	0.2	9.6	0	22.5	0.4	0
3	17.1	9.7	9.7	9.9	0	23.1	0.1	9.5
4	21.8	10.3	10.3	10.9	0	41.1	4.7	0.6
5	31.6	11.1	11.1	12.9	5.4	43.9	9.8	0.8
6	43.1	13.2	13.3	16.4	17.6	47.1	11.5	2.2
7	62.6	38.3	40.8	53.1	49.5	50.6	19.5	27.5
8	86.1	58.2	58.2	58.2	58.2	58.2	23.5	17.4
MaxDag	23.5	25.1	27.5	36.7	31.9	18.1		

## B. Infiltratiecapaciteit

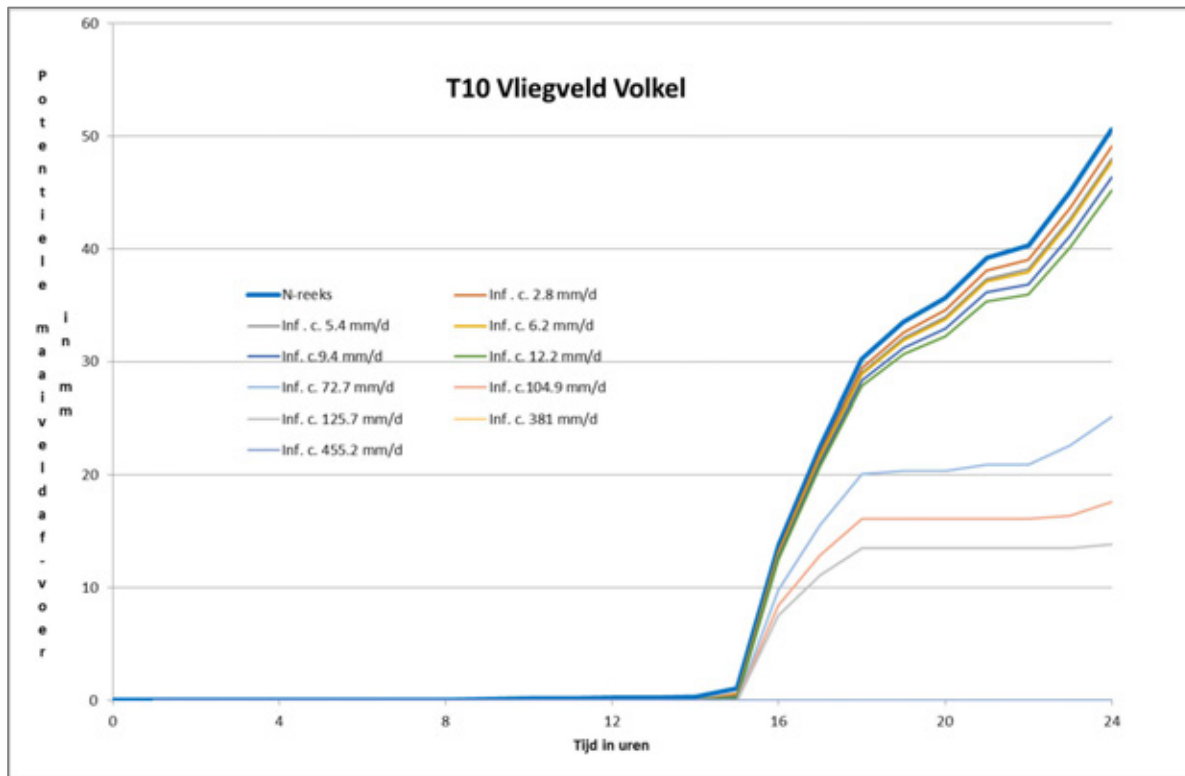
Bij intensieve buien in de zomer is veelal de infiltratiecapaciteit bepalend of zich plassen op het land vormen, de berging in de bodem is meestal geen probleem, omdat de grondwaterstand in de zomer uitzakt waardoor de beschikbare bodemberging toeneemt. Massop et al. 2014 geven waarden voor de grootte van de infiltratiecapaciteit in relatie tot de BOFEK2012-profielen. Voor het onderzoeksgebied is de grootte van de infiltratiecapaciteit weergegeven in Figuur B1.5.



**Figuur B1.5** Infiltratiecapaciteit in mm/d.



Voor de geselecteerde buien is, rekening houdend met de infiltratiecapaciteit van de bodem, de potentiële maaiveldafvoer bepaald voor een bui T1 en T10. In Figuur B1.6 is voor een zomerse bui T10 de potentiële maaiveldafvoer weergegeven voor verschillende grootten van de infiltratiecapaciteit.



**Figuur B1.6** Potentiële maaiveldafvoer als gevolg beperkte infiltratiecapaciteit bij een T10 zomerbui.

De geselecteerde T10 zomerbui heeft als kenmerk dat de neerslag is geconcentreerd in de tweede helft van de periode van 24 uur. Gronden met een infiltratiecapaciteit van 38,1 cm/dag en groter geven geen maaiveldafvoer. Bij de geselecteerde T1 zomerbui bedraagt de bui-intensiteit tussen 23-24 uur 19.7 mm/uur. Dit geeft voor alle gronden potentiële maaiveldafvoer. De verdeling van de bui binnen 24 is dus een belangrijke factor of er wel of geen sprake is van potentiële maaiveldafvoer.

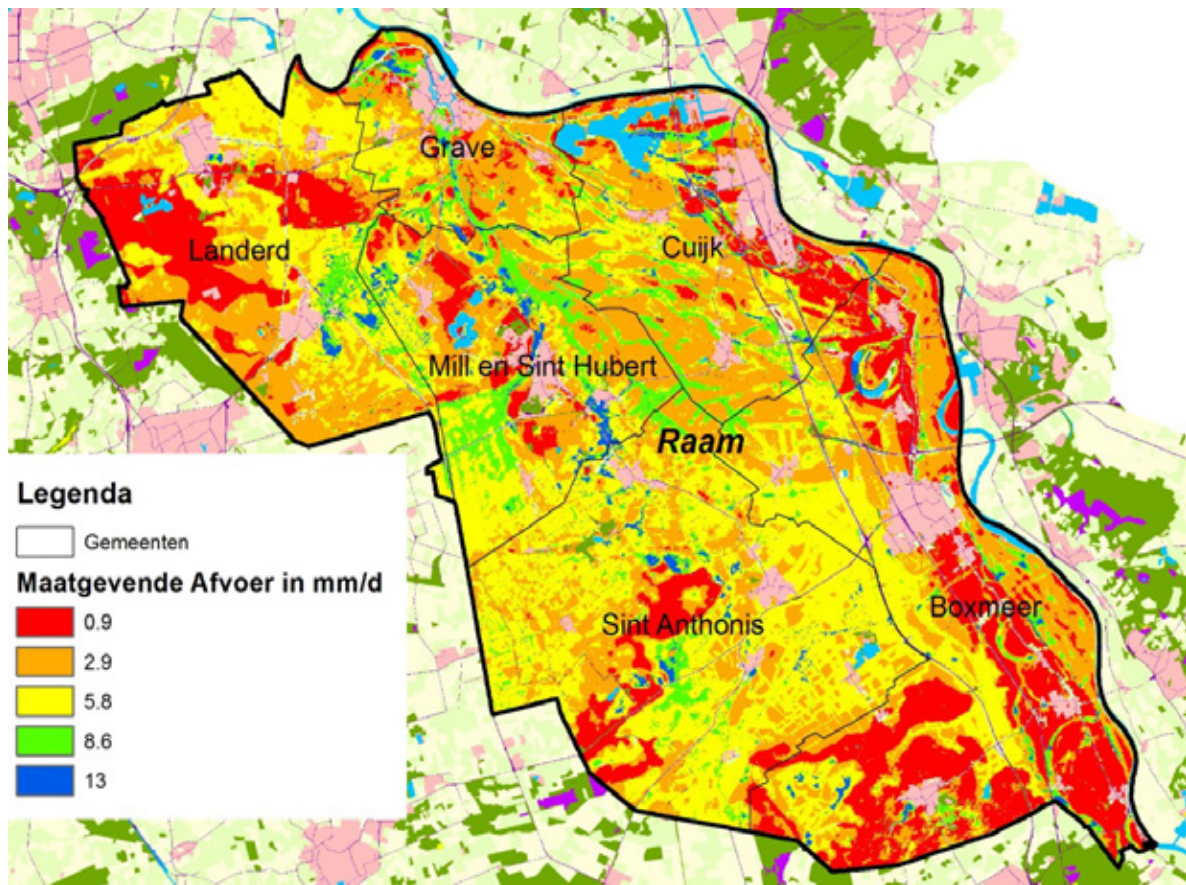
### C. Afvoer via grondwater en/of buisdrainage wintersituatie

Voor de wintersituatie wordt een langere periode van acht dagen beschouwd. Voor deze periode is aangenomen dat de infiltratiecapaciteit niet beperkend is. Over een periode van acht dagen wordt water door de bodem via grondwater en/of drainagebuizen afgevoerd naar aanwezige ontwateringsmiddelen. Hierdoor komt extra bodemberging beschikbaar. Om hiermee rekening te houden, wordt uitgegaan van de situatie bij een maatgevende afvoer, deze is afhankelijk van bodem en Gt zie Tabel B1.3 (bron Ctt-Vademecum). Mogelijk is de uit het Ct-Vademecum ontleende maatgevende afvoer wat overschat, omdat een deel ervan uit maaiveldafvoer zou kunnen bestaan.

**Tabel B1.3** Maatgevende drainageafvoer voor verschillende bodem-Gt combinaties.

Bodemgesteldheid en hoofdindeling grondwatertrap	GT-klasse Waterschap	Drainafvoer in l.s <sup>-1</sup> .ha <sup>-1</sup>
Drainagebehoefelige gronden (polders) en gronden met I, II en III	1 t/m 7	1.33 <sup>3</sup> – 1.67
GT IV en V	8 en 10	1.00
GT V* en VI	12, 14 en 15	0.67
GT VII	16,17 en 19	0.33
Bosgebieden en overige gronden zonder zichtbare afvoer met Gt VII		0.1

De Gt-klasse is ontleend aan de kaart van het waterschap GT2002. Deze bevat per rastercel van 25\*25 m een GT-klasse waarbij 19 Gt-klassen worden onderscheiden. Het resultaat van de vertaling van Gt naar ondergrondse maatgevende afvoer is weergegeven in Figuur B1.7.



**Figuur B1.7** Maatgevende (ondergrondse) drainafvoer.

## D. Berging

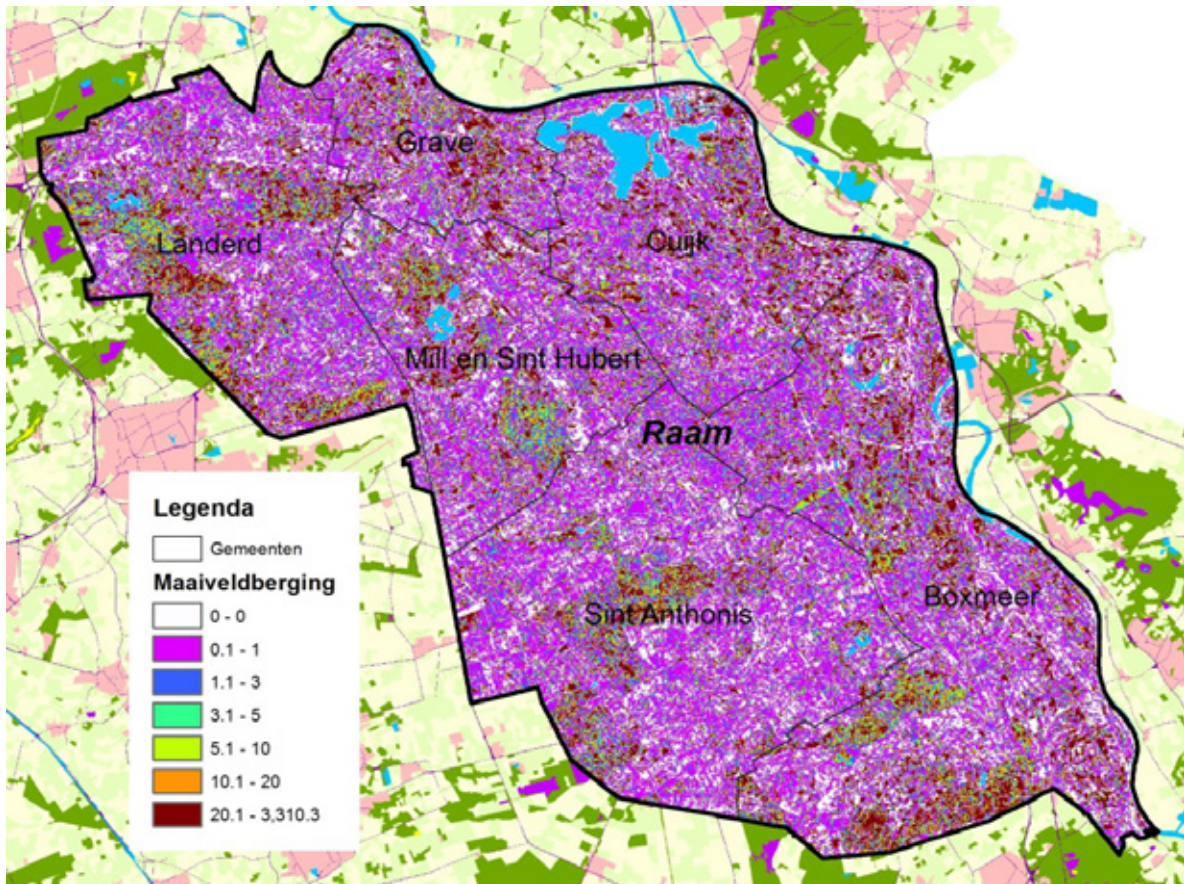
De bodemberging is de som van drie bergingscomponenten, nl.:

1. Maaiveldberging (afvoerloze laagten);
2. Maaiveldberging a.g.v. aanwezigheid van microreliëf;
3. Berging in strooisellaag indien aanwezig.

<sup>3</sup> 1 l/s/ha= 86,4 m<sup>3</sup>/ha/dag = 8,64 mm/dag

### Maaiveldberging in afvoerloze laageten

De maaiveldberging in afvoerloze laageten is afgeleid uit het AHN2. Dit bestand heeft een gridgrootte van 0,5\*0,5 m<sup>2</sup>. Voor elke grid kan de afvoerrichting worden bepaald; indien een grid niet kan afvoeren, wordt deze opgehoogd tot het niveau dat er afvoer plaats kan vinden naar een naastgelegen gridcel. Door vergelijking van het oorspronkelijke hoogtebestand (AHN2) met het nieuwe bestand kan de beschikbare maaiveldberging worden berekend. Vervolgens is dit bestand omgezet naar een 25 m-grid. Het resultaat hiervan is weergegeven in Figuur B1.8.



**Figuur B1.8** Maaiveldberging afgeleid uit AHN2.

### BerGING in microreliëf en strooisellaag

De maaiveldberging a.g.v. aanwezigheid van microreliëf en de strooisellaag is gekoppeld aan het landgebruik volgens LGN7. Hiervoor is een experttabel, Tabel B1.4, opgesteld (Bron: Van Bakel en Massop).

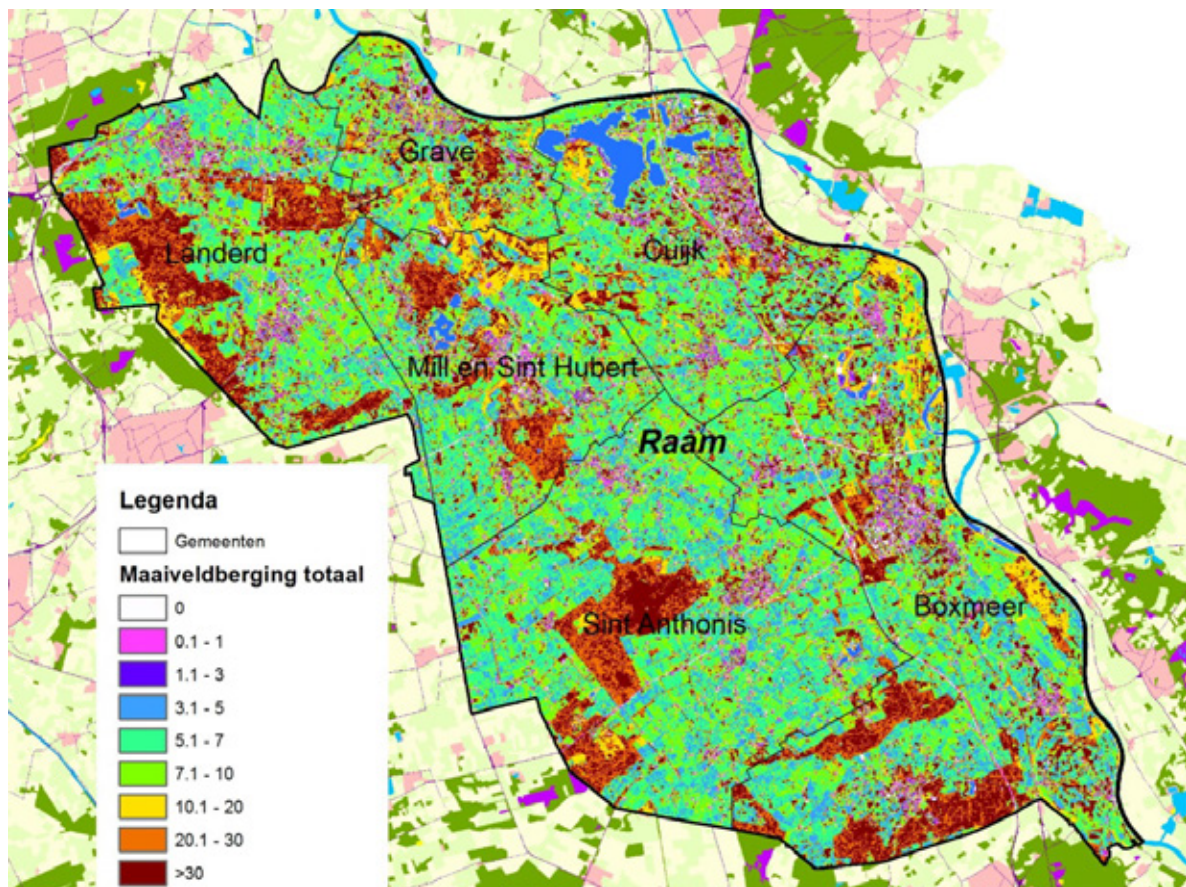
**Tabel B1.4** BerGING microreliëf en strooisellaag in mm.

Landgebruik (LGN7)	microreliëf	Strooisellaag	Totaal
Gras	2	5	7
Natuurgrasland	10	5	15
Mais	5	0	5
Akkerbouw	5	0	5
Heide	20	10	30
Bos	0	25	25
Bebouwing en infrastructuur	0	0	0
Water en moeras			



### Maaiveldberging totaal

De gesommeerde maaiveldberging is weergegeven in Figuur B1.9. Overwegend bedraagt de totale bodemberging 5 à 10 mm.



**Figuur B1.9** Beschikbare berging op maaiveld.

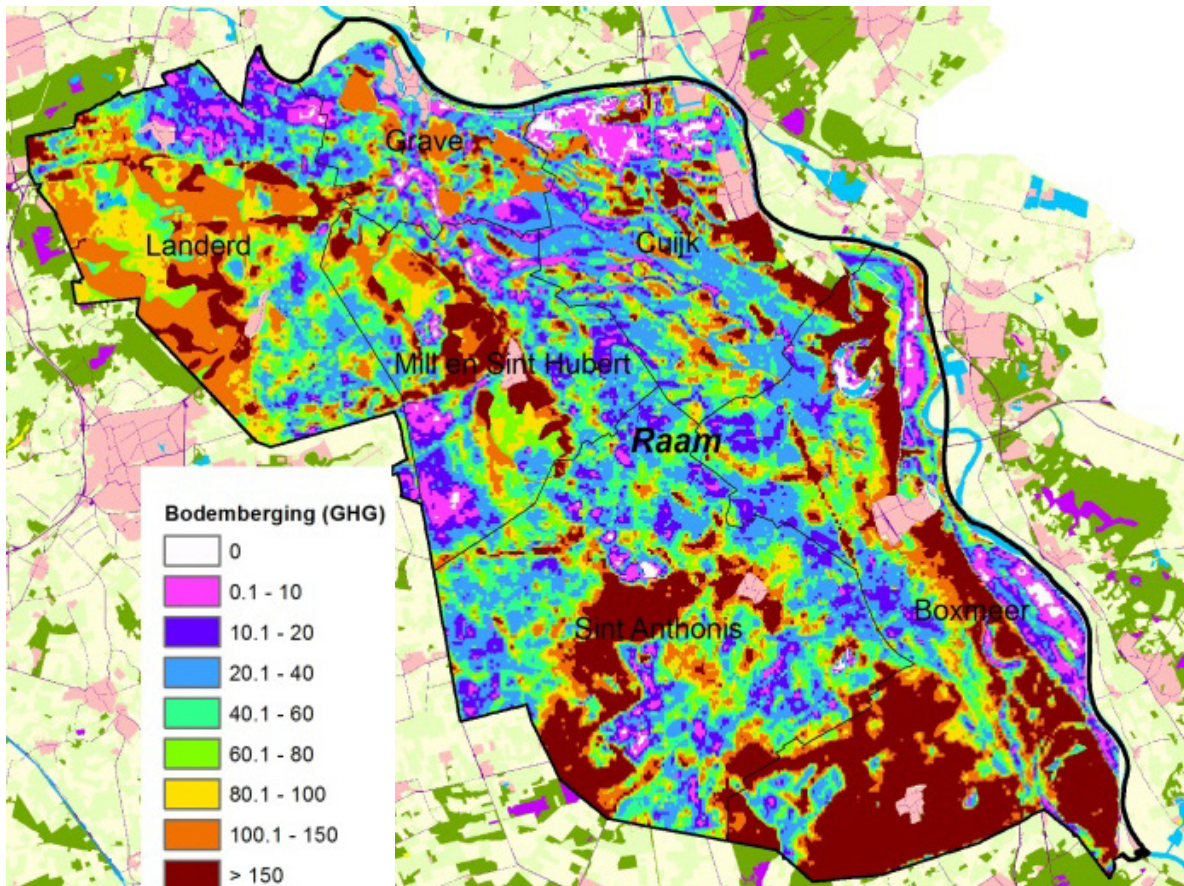
## E. Bodemberging onverzadigde zone bij GHG

Op basis van de BOFEK-profielen (Wösten et al. 2012) is de beschikbare bodemberging in de onverzadigde zone bepaald voor de GHG-situatie. Hierbij is de GHG-kaart van het Waterschap gebruikt. Het resultaat is weergegeven in Figuur B1.10.

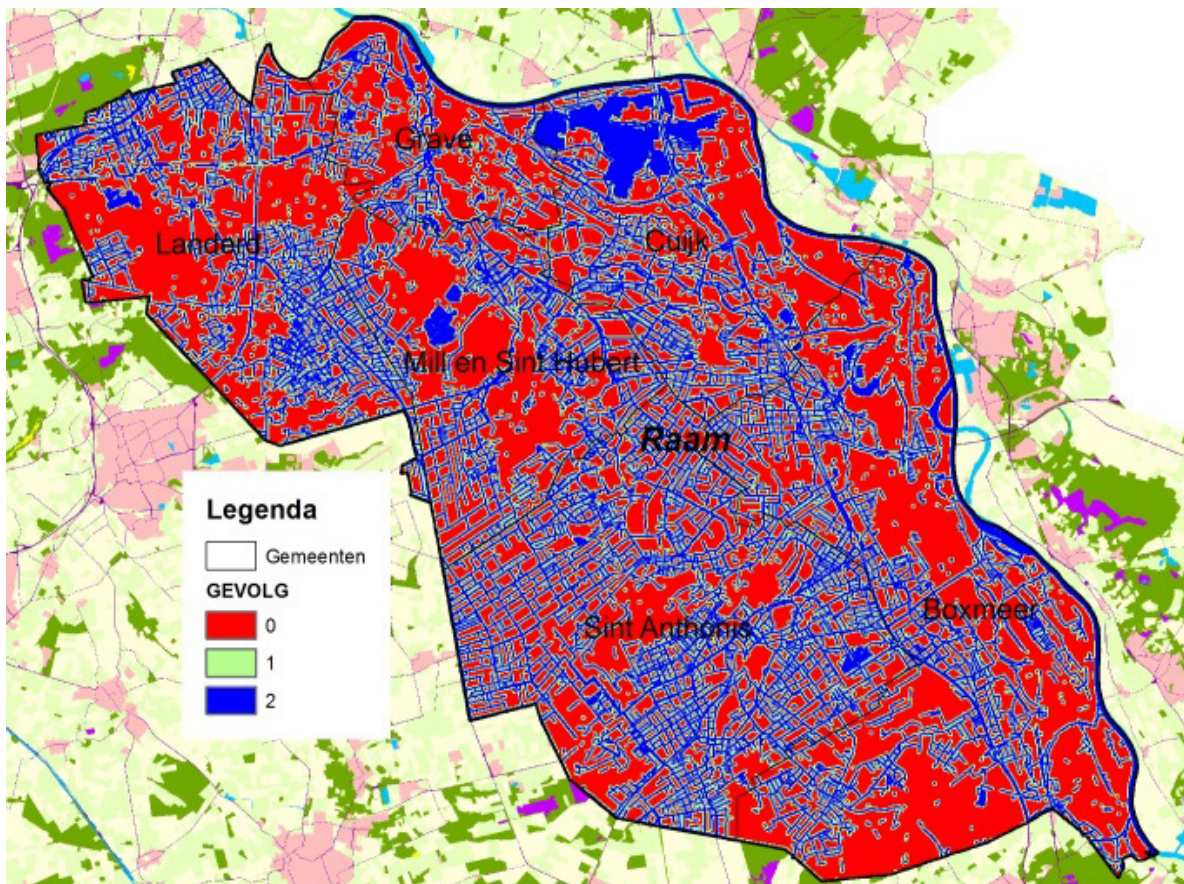
## F. Afstand tot lokale waterlopen

Het risico of water dat bij hevige neerslag niet kan infiltreren en ook niet op het maaiveld binnen het perceel kan worden geborgen ook afstroomt naar de sloot, hangt met name af van de nabijheid van greppels of sloten. Dit wordt in de risicoanalyse meegenomen door voor ieder perceel de afstand tot een sloot of greppel te bepalen. Deze afstandenkaart tot oppervlaktewater is geclassificeerd in drie klassen, nl. <10 m, 10-50 m en > 50 m, met waarden van resp. 2, 1 en 0. Het resultaat is weergegeven in Figuur B1.11.





**Figuur B1.10** Berging van water in de bodem in de onverzadigde zone bij GHG-situatie.



**Figuur B1.11** Afstand vanaf een perceel tot een sloot of greppel, onderverdeeld in drie klassen.

---

Wageningen Environmental Research  
Postbus 47  
6700 AA Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research)

Wageningen Environmental Research  
Rapport 2894  
ISSN 1566-7197

---

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







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



---

Wageningen Environmental Research  
Postbus 47  
6700 AB Wageningen  
T 317 48 07 00  
[www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research)

Rapport 2894  
ISSN 1566-7197

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

