



BedrijfsWaterWijzer

Versie 2018.01



Maart 2018

Rapportnummer 80

Wageningen Plant Research 791



Colofon

Uitgever

Wageningen Livestock Research
Postbus 338, 6700 AH Wageningen
T (0317) 48 01 77
E info@koeienenkansen.nl
www.koeienenkansen.nl

Redactie

Koeien & Kansen

Aansprakelijkheid

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

Bestellen

ISSN 0169-3689

Dit rapport is gratis te downloaden op de website:
<https://doi.org/10.18174/455615>

Koeien & Kansen werkt aan een duurzame en toekomstgerichte melkveehouderij

Het project Koeien & Kansen is een samenwerkingsverband van 16 melkveehouders, proefbedrijf De Marke, Wageningen University & Research en adviesdiensten. Op verzoek van het ministerie van LNV en ZuivelNL toetst, evalueert en verbetert het project de effectiviteit en uitvoerbaarheid van (voorgenomen) mest- en milieuwetgeving onder praktijkomstandigheden en ondersteunt het de Nederlandse melkveehouderijsector bij de implementatie ervan.

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen de PPS Meerwaarde Mest en mineralen (TKI-AF-12178). Dit onderzoek is gefinancierd door het Ministerie van LNV en de brancheorganisatie ZuivelNL.



BedrijfsWaterWijzer

Versie 2018.01

Koos Verloop¹, Gert-Jan Noij¹, Idse Hoving²,
Michel de Haan²

¹Wageningen Plant Research

²Wageningen Livestock Research

Voorwoord

Dit rapport beschrijft de opzet en inhoud van de BedrijfsWaterWijzer, een instrument dat bedoeld is om het waterbeheer op melkveebedrijven te verbeteren. De ontwikkeling van dit instrument is door intensieve samenwerking met deskundigen werkzaam bij de diverse waterschappen tot stand gekomen. Ook specialisten van LTO, het ministerie van Infrastructuur & Milieu en het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit hebben bijgedragen door mee te denken bij de ontwikkeling. Tenslotte zijn de deelnemers van Koeien & Kansen van groot belang geweest. Ze zijn bereid geweest om de 'half fabriekaten' van de BedrijfsWaterWijzer in verschillende stadia van ontwikkeling te testen en te becommentariëren. Dank aan al deze betrokkenen, met name: René Rijken, Brabantse Delta; Harry de Lang, Vechtstromen; Niels Lenting, HDSR; Bas Spanjers HDSR; Dennis Kos, HH Hollands Noorderkwatier; Annet Beems-Kuin; HH Hollands Noorderkwatier; Berry Bergman, Drents Overijsselse Delta; Wim van der Hulst, Aa en Maas; Rien Klippel, Scheldestromen; Servaas Damen, Verkeer en Leefomgeving; Barend Meerkerk, PPP-Agro Advies; Teus Verhoef, PPP-Agro Advies; Idse Hoving, WUR; Rinke van Veen, Drenthe; Frank Verhoeven, Boerenverstand; Jan Broos, BroosWater, Dirk-Johan Feenstra, BroosWater; Jan van Middelaar, PPP-Agro Advies; Marian van Dongen, Hunze en Aas; Toon van Kessel, Vitens; Claude van Dongen, LTO.

Verder willen we noemen dat Dick Starmans bijdragen heeft door de software te ontwikkelen van de BedrijfsWaterWijzer. Dit is een belangrijke stap waarin ontwerp wordt vertaald naar een werkend online programma. Ben Verwijs is bereid geweest het concept rapport te lezen met een precisie en met een frisse blik wat sterk heeft bijgedragen aan de begrijpelijkheid van de tekst.

Tot slot is het goed om op te merken dat de BedrijfsWaterWijzer nog zeker verder ontwikkeld zal moeten worden alvorens het instrument probleemloos uitgerold kan worden. De ervaringen van de eerste gebruikers, ook buiten het project Koeien & Kansen, zullen hiervoor van belang zijn evenals de blijvende betrokkenheid van de deskundigen uit het Waterschap.

Namens de auteurs,

Koos Verloop

Samenvatting

Dit rapport beschrijft de opzet en actuele (1-1-2018, versie 2018.01) inhoud van de BedrijfsWaterWijzer (BWW). De BWW is bedoeld om het waterbeheer op melkveebedrijven te verbeteren, om zo, samen met waterschappen te werken aan doelen van de overheid op het gebied van water en doelen van de veehouders zelf.

De BWW brengt op praktische en transparante manier bedrijfsspecifiek de situatie ten aanzien van watermanagement op het bedrijf in beeld. De situatie wordt beoordeeld tegen de achtergrond van belangen vanuit maatschappij en belangen van de veehouder. Net als de KringloopWijzer fungeert de BWW als 'spiegel voor het bedrijf' die aanwijst op welke punten het waterbeheer verbeterd zou kunnen worden. Het stelt de direct betrokkenen, zoals veehouders, waterbeheerders en adviseurs, in staat om een bedrijfsspecifiek waterplan te maken om afgesproken doelen te realiseren. Het gaat in de BedrijfsWaterWijzer vooral om problemen waar de veehouder zelf aan kan werken.

De BWW is ontwikkeld in nauwe samenwerking met waterschappen en met de deelnemers in Koeien & Kansen. Eerst zijn de belangrijkste problemen en aandachtspunten bij waterbeheer op het melkveebedrijf geïnventariseerd. Aandachtspunten die hierbij aan het licht kwamen, zijn geordend door indeling in 7 thema's (modules). Voor elke module is in werkgroepen een basisontwerp gemaakt. Dit ontwerp is herhaaldelijk besproken, getoetst tijdens keukentafelgesprekken bij Koeien & Kansen-deelnemers en verbeterd. Voor elke module is een score ontwikkeld op basis van risico's. Risico's kunnen ingeschat worden op basis van globale gegevens, maar er kan ingezoomd worden op percelen en zelfs plekken. De modules in de BWW zijn:

1. Erf: Het risico van vervuiling van oppervlaktewater vanaf het erf.
2. Droogte: Risico van watertekort en droogteschade van gewassen en de invloed hierop van het management.
3. Wateroverlast: Risico van natschade en de invloed hierop van het management.
4. Uitspoeling: Risico van nitraatuitspoeling naar grondwater.
5. Afspoeling: Risico van afspoeling van stikstof en fosfaat naar oppervlaktewater.
6. Drinkwater: De kwaliteit van water dat gebruikt wordt voor het drinken van vee.
7. Slootbeheer: De beoordeling van waterdoorstroming, ecologische kwaliteit van sloten en het omgaan met slootmaaisel en bagger.

Hoofdstuk 4 in dit rapport geeft de onderbouwing weer van elk van de 7 modules van de BWW. Hierbij wordt duidelijk gemaakt welke (wetenschappelijke) informatie bij de totstandkoming gebruikt is en hoe deze is geïntegreerd in de BWW.

De huidige versie van de BWW kan worden gebruikt buiten het project Koeien & Kansen. Het is echter aan te raden om de BWW eerst te gebruiken in projectverband, onder begeleiding. Bij het eerste gebruik is het verder aan te bevelen om een van de makers van het instrument te raadplegen en om met één of enkele modules te beginnen. Zodra hier ervaring mee opgedaan is, kan de gebruiker verder gaan met andere modules. In sommige modules kan tot op het niveau van plekken in percelen informatie over het bedrijf worden ingevoerd. Echter, het is niet noodzakelijk om tot zo'n gedetailleerd niveau af te dalen.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

1	Inleiding	1
1.1	Dit rapport	1
1.2	Probleemstelling en doelstelling	1
1.2.1	Waterwensen	1
1.2.2	Water en de melkveehouder	1
1.2.3	Regelgeving	2
1.2.4	Doel BedrijfsWaterWijzer, onderdeel van verbeterd watermanagement	2
1.2.5	Afbakening	2
1.3	Leeswijzer	3
2	Ontwikkeling van de BedrijfsWaterWijzer	4
2.1	Algemene aanpak	4
2.2	Definitie van randvoorwaarden voor ontwerp	5
2.3	Bedrijfsbezoeken	5
2.4	Werkgroepen	5
2.5	Wetenschappelijke ruggespraak	6
2.6	Softwareontwikkeling	6
3	Overzicht van de BedrijfsWaterWijzer	7
3.1	Risicoscores	7
3.2	Invoer	8
3.2.1	Automatische invoer	9
3.2.2	Handmatige invoer	9
3.3	Gegevensbeheer	9
4	Inhoudelijke invulling	10
4.1	Principe	10
4.2	Erf	10
4.3	Het erfoppervlak	11
4.3.1	Opslaan van kuilvoer	11
4.3.2	Opslaan van bijproducten	11
4.3.3	Opslaan van mest	12
4.3.4	Het koepad	15
4.3.5	Het erfoppervlak	15
4.4	Droogte	16
4.4.1	Toelichting	16
4.4.2	Droogtegevoeligheid	17
4.4.3	Waterhuishouding gebied	18
4.4.4	Vasthouden neerslag	20
4.4.5	Vergroten vochtbeschikbaarheid gewas	23
4.4.6	Efficiënt beregenen	25
4.5	Wateroverlast	27
4.5.1	Toelichting	27
4.5.2	Gevoeligheid vernatting bodem	28
4.5.3	Waterhuishouding gebied	29
4.5.4	Afvoer neerslag	30
4.5.5	Vergroten infiltratie en berging	33

4.6	Uitspoeling naar het grondwater	35
4.6.1	Berekening risico op nitraatuitspoeling	35
4.6.2	Bodemprofiel en -conditie	37
4.6.3	Bemestingshistorie	39
4.6.4	Hydrologie	40
4.6.5	Grondgebruik	40
4.6.6	Vanggewas na maïs	41
4.6.7	Herinzaai en vruchtwisseling	41
4.7	Uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater	42
4.7.1	Bronrisico	44
4.7.2	Transportrisico	47
4.7.3	P-bronrisico	52
4.7.4	P-transportrisico	54
4.7.5	P-vrachtrisico	56
4.7.6	Afstand tot de sloot (connectiviteit)	56
4.8	Drinkwater	61
4.8.1	Leidingwater	61
4.8.2	Oppervlaktewater	62
4.9	Ecologisch slootbeheer	64
4.9.1	KRW zelftest	64
4.9.2	Sloot schonen	64
4.9.3	Maaisel en bagger	64
5	BedrijfsWaterWijzer; gebruiksaanwijzingen en doorkijk	67
5.1	Aanwijzingen	67
5.2	Aanpassingen BedrijfsWaterWijzer	68
5.2.1	Maatregelen en kosteneffectiviteit in beeld	68
5.2.2	Het bedrijf op de kaart en datakoppeling	68
	Literatuur	69
	Bijlagen	71
	Bijlage 1 Samenstelling van werkgroepen per modules	71
	Bijlage 2 Samenstelling van het projectteam BedrijfsWaterWijzer	72
	Bijlage 3 Volledige tabel 4.72	73
	Bijlage 4 Uitspoelingsgevoeligheid naar oppervlaktewater	74

1 Inleiding

1.1 Dit rapport

Dit rapport beschrijft de opzet en actuele (1-1-2018, versie 2018.01) inhoud van de BedrijfsWaterWijzer (BWW). De BWW is een instrument dat bedoeld is om het waterbeheer op melkveebedrijven te verbeteren, zowel voor wat betreft waterkwaliteit als waterkwantiteit (droogte en wateroverlast). Het instrument sluit aan bij doelen van de overheid (Kaderrichtlijn Water, KRW) en die van de veehouders. De BWW is in samenwerking met waterschappen ontwikkeld in het project Koeien & Kansen, in opdracht van LTO, ZuivelNL en de ministeries van I&M en LNV. Van de BedrijfsWaterWijzer zijn diverse prototypes gemaakt en getest op melkveebedrijven die deelnemen aan Koeien & Kansen. Dit rapport heeft betrekking op versie 2018.01. Deze versie is zo uitgewerkt dat uitrol op beperkte schaal en onder begeleiding van de makers in projecten buiten Koeien & Kansen mogelijk is.

De BedrijfsWaterWijzer is een aanvulling op de KringloopWijzer (KLW). Waar de KLW de nutriëntenkringloop in beeld brengt, kan de melkveehouder met de BWW de waterhuishouding van zijn bedrijf analyseren op sterke en zwakke punten, doelen stellen en deze doelen planmatig verwezenlijken. De BWW is, net als de KLW, in de basis een registratie instrument. Met dit product wordt de melkveehouder gestimuleerd om water als belangrijke productiefactor te optimaliseren. Bovendien kan hij de impact van zijn bedrijfsinrichting en -voering op het watersysteem in zijn omgeving aantonen en verantwoorden. De BWW omvat daarom ook de wettelijke voorschriften van de rijksoverheid, zoals het Activiteitenbesluit (met ingang van 2019 te vervangen door het Besluit Activiteiten Leefomgeving; I&M 2016).

1.2 Probleemstelling en doelstelling

1.2.1 Waterwensen

Water is belangrijk voor iedereen, maar niet voor iedereen om dezelfde reden. De melkveehouder heeft voldoende schoon zoet water nodig voor de groei van gewassen en de drenking van vee. Zijn land moet op tijd droog zijn voor een optimale productie. De maatschappij heeft behoefte aan water van voldoende kwaliteit voor natuur en voor drink- en industriewater. In Nederland is een groot deel van het waterbeleid daarnaast gericht op het voorkomen van wateroverlast en veiligheid (I&M, 2017).

1.2.2 Water en de melkveehouder

Ontwikkelingen op het terrein van water hebben invloed op het melkveebedrijf. Wateroverlast kan schade veroorzaken aan gewas en bodem en de werkzaamheden hinderen door het beperken van de toegankelijkheid van het land. Het regionale watersysteem heeft daar, in positieve of negatieve zin, invloed op. Een betere waterhuishouding zal de benutting van meststoffen verbeteren, leiden tot hogere gewasopbrengsten, lagere nutriëntenoverschotten en minder emissies; daardoor hoeft minder voer of kunstmest te worden aangekocht en wordt het kringloopkarakter van het melkveebedrijf versterkt. Door het stijgen van het zeewaterniveau ontstaat extra zoute kwel landinwaarts, dit bedreigt de zoetwatervoorziening op het land dichtbij de kust. Zoute kwel tast de kwaliteit van de bodem aan, veroorzaakt gewasschade en beperkt beregeningsmogelijkheden (Stowa, 2017). Klimaatverandering beïnvloedt het neerslagpatroon waarop de buffering en afvoer van de neerslag berekend moeten zijn om problemen te voorkomen. De landbouw kan wezenlijk bijdragen aan de buffering van neerslag met waterberging in de bodem, tijdelijk een hoger peil in de sloot of soms ook op het land te accepteren.

Omgekeerd heeft de melkveehouder ook invloed op de waterhuishouding. Buiten het bedrijf kunnen waardevolle natuurgebieden worden aangetast door verdroging of door toevoer van water dat teveel nutriënten bevat, beide als gevolg van waterverbruik door de landbouw (extra verdamping, beregening en gebiedsvreemde inlaat; PBL, 2014). Melkveehouderij heeft invloed op de waterkwantiteit via drainage, beregening en peilbeheer. De waterkwaliteit wordt vooral beïnvloed door uitspoeling naar het grondwater en af- en uitspoeling vanaf percelen naar waterlopen (meestal sloten), en in mindere mate door erfafspoeling en slootbeheer.

De relatie van de melkveehouder met water is dus veelzijdig. Enerzijds heeft hij belang bij voldoende water van voldoende kwaliteit, anderzijds staan zijn activiteiten soms op gespannen voet met andere waterbelangen. Soms is de melkveehouder een deel van het probleem in het waterbeheer en soms ook een deel van de oplossing. Hierbij is de belasting van het oppervlaktewater met nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen een prominent probleem, waarvoor dringend een oplossing gevonden moet worden om tijdig (streefdatum 2027) de doelen te halen van de Kaderrichtlijn water (Van Gaalen et al., 2015) en de 2^e Nota Duurzame Gewasbescherming (streefdatum 2023; EZ, 2013).

1.2.3 Regelgeving

Vanwege het brede belang van water is er wetgeving op Europees, nationaal en regionaal niveau. Ook de melkverwerker stelt in toenemende mate eisen, omdat de consument maatschappelijk verantwoorde geproduceerde zuivelproducten wil (zie bijvoorbeeld het Foqus Planet dat door Friesland Campina is ingezet; Frieslandcampina, 2015).

Het Europese beleid met betrekking tot water is onder meer vastgelegd in de Kaderrichtlijn Water (EC, 2000). Het gaat daarbij om oppervlaktewater en grondwater en zowel om hun kwaliteit als kwantiteit. De Kaderrichtlijn Water moet in 2027 zodanig zijn geïmplementeerd dat de in de richtlijn gestelde doelen zijn bereikt. Implementatie geschiedt in 3 fasen van elk 6 jaar, waarvan de eerste fase in 2015 is geëindigd. Het voldoen aan de Nitraatrichtlijn (EC, 1991) en het tijdig realiseren van de doelen van de Kaderrichtlijn Water is één van de voorwaarden om de derogatie uit de Nitraatrichtlijn te behouden (waardoor Nederland de verhoogde stikstofgebruiksnorm voor dierlijke mest mag handhaven). Generieke wetgeving (mestbeleid, toelating bestrijdingsmiddelen) heeft er weliswaar toe geleid dat de waterkwaliteit al sterk is verbeterd, maar bij ongewijzigd beleid zal naar verwachting van het Planbureau voor de Leefomgeving in 2027 85% van de Nederlandse wateren nog niet voldoen aan de gestelde doelen (Van Gaalen et al., 2015). De noodzaak en mogelijkheden voor verdere verbetering zijn sterk gebiedsafhankelijk (DAW, 2013; Deltaplan Hoge Zandgronden, 2009; PBL, 2016).

Ook vanwege de implementatie van de Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn kunnen met name regionale overheden extra eisen stellen aan het waterbeheer. Vooral de bedrijven in de buurt van Natura 2000-gebieden zullen hiermee te maken hebben, onder meer bij vergunningverlening.

Uit dierwelzijnsoverwegingen stellen zowel de nationale overheid als de melkverwerker eisen aan de beschikbaarheid en kwaliteit van het drinkwater voor dieren zoals beschreven in Artikel 5 Lid 8 Besluit Welzijn Productiedieren van de rijksoverheid (Anoniem, 1999), in 'Foqus Planet' van Frieslandcampina (Frieslandcampina, 2015) en in daarmee vergelijkbare duurzaamheidsprogramma's van andere zuivelaars.

1.2.4 Doel BedrijfsWaterWijzer, onderdeel van verbeterd watermanagement

Watermanagement van het melkveebedrijf moet toegesneden zijn op de eisen en wensen van nationale en regionale overheden, de melkverwerker en natuurlijk op die van het bedrijf zelf.

De BWW heeft als doel om op een praktische en transparante manier op deze wensen in te gaan en belangenafweging te ondersteunen door het watermanagement te beoordelen op alle relevante aspecten en zo bij te dragen aan structurele verbetering van waterbeheer. Het stelt de direct betrokkenen, zoals veehouders, waterbeheerders en adviseurs, in staat om een bedrijfsspecifiek waterplan te maken om afgesproken doelen te realiseren. Hiermee kunnen waterdoelen bereikt worden op een wijze die goed aansluit bij de specifieke bedrijfsomstandigheden en voorkeuren van de ondernemer. Dit maatwerk kan voordelen hebben ten opzichte van aanscherping van generieke wetgeving, omdat kosteneffectieve maatregelen soms moeilijk in wetgeving zijn te verankeren. Bovendien kan een bedrijfswaterplan een rol spelen bij de gewenste vergroening van inkomstenstoelagen, bij het regelen van groen-blauwe diensten, het verkrijgen van prijstoelagen vanwege de zuivelindustrie en vergunningen vanwege het waterschap of gemeente. Denkbaar is ook dat een bedrijfswaterplan de basis kan zijn voor inkomensvormen voor de veehouder die nu nog niet ontwikkeld zijn.

1.2.5 Afbakening

Het gaat in de BedrijfsWaterWijzer vooral om problemen waar de veehouder zelfstandig of in samenwerking met het waterschap of andere regionale partijen wat aan kan doen. Problemen die veroorzaakt worden door andere aspecten van regionaal waterbeheer, zoals bijvoorbeeld aanvoer van

gebiedsvreemd water, liggen buiten de directe invloedssfeer van melkveebedrijven en vallen daarmee buiten het domein van de BWW.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de werkwijze bij het ontwikkelen van de BWW. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de inhoud van de BWW. Hoofdstuk 4 geeft de onderbouwing weer van elk van de 7 modules van de BWW. Hierbij wordt duidelijk gemaakt welke (wetenschappelijke) informatie bij de totstandkoming gebruikt is en hoe deze is geïntegreerd in de BWW. Hiermee ligt de huidige, meest recente versie (2018.01) van de BWW in uitgeschreven vorm vast. Hoofdstuk 5 bevat aanwijzingen voor gebruik van de huidige versie van de BedrijfsWaterWijzer en geeft een beknopte doorkijk naar de ontwikkeling van de BedrijfsWaterWijzer.

2 Ontwikkeling van de BedrijfsWaterWijzer

Dit hoofdstuk beschrijft de aanpak bij het ontwikkelen van de BWW. Paragraaf 2.1 geeft een overzicht van de aanpak in chronologische volgorde. Enkele onderdelen daarvan worden meer in detail toegelicht in de paragrafen 2.2 tot en met 2.6.

2.1 Algemene aanpak

De BWW is ontwikkeld in nauwe samenwerking met waterschappen en met de deelnemers in Koeien & Kansen. Op hoofdlijnen zijn de volgende fases in de ontwikkeling te onderscheiden:

1. **Inventarisatiefase**

In 2015 werd tijdens gesprekken met deelnemers van Koeien & Kansen en waterbeheerders inzicht verkregen in de belangrijkste problemen en aandachtspunten bij waterbeheer op het melkveebedrijf. Dit inzicht is verwerkt in het projectplan voor de ontwikkeling van de BWW.

2. **Clustering in 7 modules**

De problemen en aandachtspunten die in de inventarisatie aan het licht kwamen, zijn geordend door indeling in 7 thema's (modules). Deze indeling is het resultaat van de bewerking van een aantal voorontwerpen, die in het projectteam BWW zijn bedacht, besproken en vervolgens weer zijn aangepast.

3. **Definitie van randvoorwaarden voor ontwerp**

Op basis van het primaire doel (bijdragen aan een structurele verbetering van waterbeheer door faciliteren van oplossingsgericht overleg tussen melkveehouder en waterschap), de eerste inventarisatie en de indeling in 7 modules is in 2016 bepaald dat de BWW:

- a. elke module inzicht moet geven in de 'bedrijfswater-risico's' door middel van een risicoprofiel voor de desbetreffende module,
- b. zoveel mogelijk moet aansluiten bij de concrete, voor de gebruiker herkenbare percelen, plekken of waterpartijen,
- c. een goede basis moet bieden voor het nemen van gerichte acties en
- d. toegankelijk en gebruiksvriendelijk moet zijn.

4. **Ontwerp modules**

Voor elke module is in werkgroepen bestaande uit deskundigen uit de waterschappen, bedrijfsadviseurs en onderzoekers (samenstelling zie Bijlage I) een basisontwerp gemaakt. Dit ontwerp is herhaaldelijk plenair in het Projectteam BWW (samenstelling zie Bijlage II) besproken. Het commentaar is vervolgens verwerkt in een aangepast ontwerp (2016 en 2017).

5. **Toets aan de keukentafel**

Keukentafelgesprekken bij Koeien & Kansen-deelnemers gaven inzicht in de geschiktheid van het basisontwerp van de BWW, in gewenste uitwerkingsrichtingen en in aandachtspunten en oplossingen. Tevens werden de eerste bouwstenen verzameld voor een verbeterplan. Deze gesprekken zijn in 2016 eenmaal en in 2017 tweemaal gevoerd op alle Koeien & Kansen-bedrijven.

6. **Uitwerking van risicoprofielen**

Voor elke module werd een semi-kwantitatief afwegingskader gemaakt voor risicoschatting (zie paragraaf 4.1 voor meer toelichting hierover). Hierbij werd een gelaagde aanpak gevolgd waarbij risico's geschat kunnen worden op basis van globale gegevens, maar waarbij ook op een gedetailleerder niveau waarbij percelen en plekken worden onderscheiden.

7. **Software ontwikkeling**

De risicoprofielen werden verwerkt in internet-software. De diverse prototypes van het programma kwamen in 2016 en 2017 stapsgewijs beschikbaar binnen Koeien & Kansen.

8. **Testversies met voorbeeldbedrijven**

In 2017 zijn voorbeelden gemaakt van volledig en in detail ingevulde BWW's voor De Marke. In 2017 is een beperkte test uitgevoerd op vier Koeien & Kansen-bedrijven. Dit was aanleiding om te besluiten eerst een manier te vinden om geografische informatie in te winnen alvorens gebruikers te belasten met het invullen. Voor het overige voldeed het systeem overigens wel.

Bovenstaande werkwijze is cyclisch. Dat wil zeggen dat ontwerp, inbouw in software, toetsing en evaluatie telkens terugkomende activiteiten zijn totdat de BWW zijn finale vorm heeft bereikt. Versie 2018.01 heeft

het karakter van een prototype dat in andere projecten dan Koeien & Kansen onder begeleiding van de ontwikkelaars kan worden toegepast.

2.2 Definitie van randvoorwaarden voor ontwerp

Het primaire doel: structureel verbeteren van het waterbeheer door faciliteren van oplossingsgericht overleg tussen melkveehouders en waterschappen legt op waar de BWW aan moet voldoen. Deze eisen zijn – zoals gebruikelijk- bij aanvang van het project gedefinieerd. De volgende eisen staan centraal:

1. De BWW bestaat uit modules die samen praktisch het volledige domein van waterbeheer op het melkveebedrijf beslaan.
2. Modules kunnen onafhankelijk van elkaar worden gebruikt. Dit werkt drempelverlagend omdat het waterbeheer stapsgewijs in beeld gebracht kan worden. Dit werkt efficiënt omdat gebruikers de aandacht kunnen richten op de meest prioritaire onderdelen.
3. Elke module levert een 'risicoprofiel' waarmee risico's snel en overzichtelijk in beeld komen met een duidelijke concrete toelichting: 'Wat is precies het probleem?', zodat een goed vertrekpunt ontstaat voor oplossingsgericht handelen.
4. De BWW sluit zoveel mogelijk aan bij voor de gebruiker herkenbare percelen, plekken of waterpartijen. De informatiebehoefte die hiervoor nodig is, mag niet ten koste gaan van toegankelijkheid. Daarom worden modules, waar mogelijk, gelaagd opgebouwd. De meest algemene laag heeft betrekking op het bedrijf, vervolgens komen afzonderlijke percelen en sloten in beeld, uiteindelijk kunnen zelfs plekken opgenomen worden. Maar dat hoeft niet! Het blijft mogelijk om bij gebruik de binnenbocht te nemen.
5. Aansluiting bij bestaande informatiesystemen. De KLW geeft veel bedrijfsinformatie die ook gebruikt wordt in de BWW. Daarom worden gegevens waar nodig en relevant ingelezen uit de KLW. Veel bodemgegevens zijn beschikbaar op digitale bodemkaarten.
6. Gegevens uit de BWW kunnen worden opgeslagen en gaan niet verloren bij herhaald gebruik.

2.3 Bedrijfsbezoeken

Bedrijfsbezoeken geven richting aan het ontwikkelen van de BWW. Tijdens keukentafelgesprekken worden de ideeën in de BWW geconfronteerd met de praktische situatie op het bedrijf en in het gebied rond het bedrijf. Aan de keukentafelgesprekken nemen daarom deel: i) Koeien & Kansen deelnemers ii) de bedrijfsadviseurs van de deelnemers, iii) vertegenwoordigers van de waterschappen van het betreffende gebied en iv) de onderzoekers betrokken bij de BWW. Tijdens de bezoeken komen de volgende zaken aan de orde:

1. Kennismaking.
2. Uitleg over het doel van verbeteren waterbeheer en de functie van de BWW.
3. Weergeven door waterschappen en veehouders van ieders belangen, problemen en aandachtspunten.
4. Globale screening van waterbeheer op het bedrijf aan de hand van de BWW (Hierbij wordt ook duidelijk hoe de BWW als tool functioneert, dus tevens toets van de BWW).
5. Samenvatting van de belangrijkste verbeterpunten in het waterbeheer en planning van vervolgcacties bij veehouder en adviseur, waterbeheerder of onderzoeker.

2.4 Werkgroepen

Elke module is uitgewerkt door een werkgroep bestaande uit waterschappers, adviseurs en onderzoekers. Door deze aanpak is de inbreng van wetenschappelijke informatie optimaal gecombineerd met praktisch inzicht. Tevens vergroot deze aanpak het draagvlak door een goede aansluiting met zowel de landbouw als de 'waterwereld'. In de loop van 2016 is een aantal werkgroepen, uit efficiëntie-overwegingen, samengevoegd (Bijlage I). Alle werkgroepen zijn tenminste twee keer bijeen gekomen.

2.5 Wetenschappelijke ruggespraak

Bij het maken van risicoprofielen is het noodzakelijk om kennis te integreren die binnen verschillende onderzoeksdomeinen zijn verzameld. Zulke kennis kan zelden zomaar (1 op 1) 'overgenomen' worden. Een juiste interpretatie is nodig om te beoordelen hoe deze kennis in de structuur van de BWW past. Te denken valt bijvoorbeeld aan het probleem van ruimtelijke schalen. De vraag doet zich bijvoorbeeld voor of uitspoelingsfracties van stikstof die zijn bepaald ten behoeve van nationale of regionale schattingen van uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater (Fraters et al., 2012), toegepast mogen worden op het niveau van individuele bedrijven of zelfs percelen of plekken. Een juiste interpretatie is ook nodig om versimpelingen te kunnen toepassen met het oog op toepasbaarheid. Regelmatig overleg met deskundigen -veelal collega-onderzoekers die relevante kennisonderdelen hebben geproduceerd- draagt bij aan een verantwoorde inpassing van de gebruikte kennis.

2.6 Softwareontwikkeling

In januari 2016 was reeds het software raamwerk gemaakt van de BWW waarin de onderdelen vervolgens toegevoegd zijn.

Module 1, Erf, is gemaakt door Broos Water. De module is een aangepaste, op de melkveehouder als gebruiker toegesneden versie van de Erfscan in de AgriWijzer van Broos Water. Dit is een bestaand internet-programma dat al eerder ontwikkeld was en dat breed beschikbaar is. De AgriWijzer is in overleg met Koeien & Kansen aangepast zodat het programma optimaal aansluit bij de BWW doelen. Hiertoe is in de AgriWijzer een nieuwe aansluiting op de BWW gebouwd. Vervolgens is de 'gebruikers-route' en de informatie-uitwisseling tussen AgriWijzer en BWW geprogrammeerd.

De BWW is ontwikkeld als internet-programma.

3 Overzicht van de BedrijfsWaterWijzer

Dit hoofdstuk biedt een beknopt overzicht van de BedrijfsWaterWijzer. Paragraaf 3.1 gaat in op de risicoscores, paragraaf 3.2 gaat in op de invoer van gegevens en paragraaf 3.3 op het beheer van de gegevens. Dit overzicht is niet bedoeld als volledige gebruikershandleiding; deze is in de BedrijfsWaterWijzer opgenomen.

3.1 Risicoscores

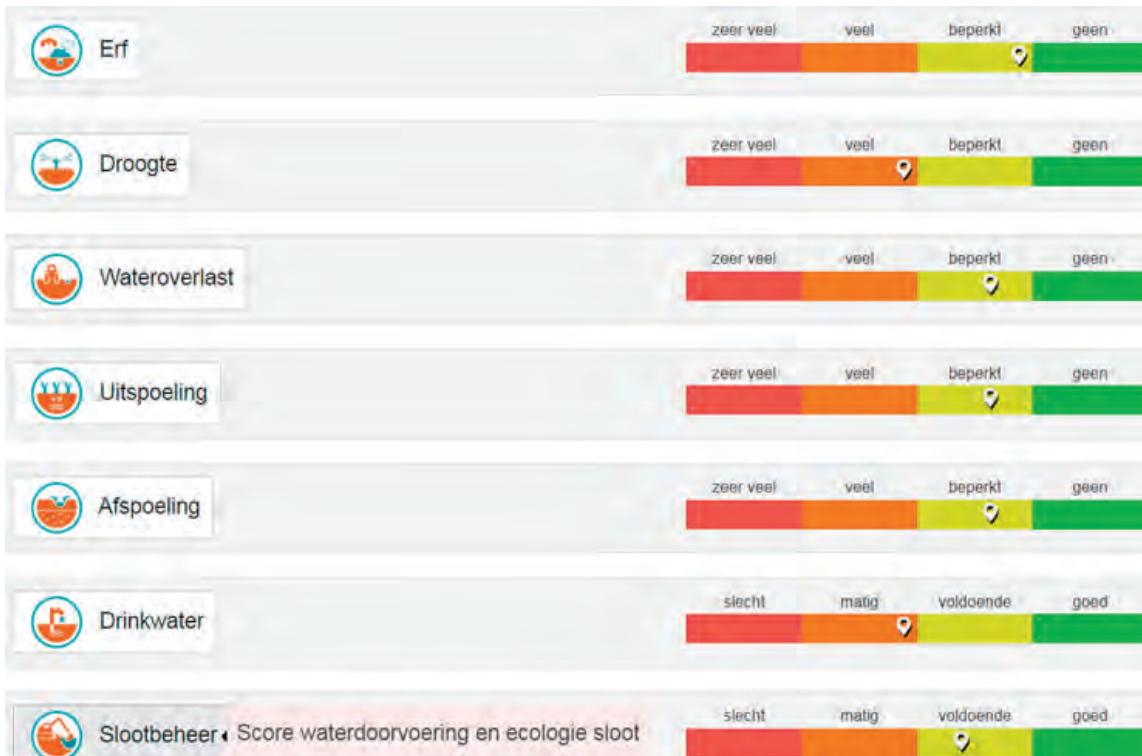
De BedrijfsWaterWijzer brengt de situatie met betrekking tot water op en rond het melkveebedrijf in beeld waarbij onderscheid gemaakt wordt in 7 onderdelen (modules; Figuur 3.1), te weten:

1. **Erf**
Het risico van vervuiling van oppervlaktewater vanaf het erf.
2. **Droogte**
Risico van watertekort en droogteschade van gewassen en de invloed hierop van het management.
3. **Wateroverlast**
Risico van natschade en de invloed van het management hierop.
4. **Uitspoeling**
Risico van nitraatuitspoeling naar grondwater.
5. **Afspoeling**
Risico van afspoeling van stikstof en fosfaat naar oppervlaktewater.
6. **Drinkwater**
De kwaliteit van water dat gebruikt wordt voor het drinken van vee.
7. **Slootbeheer**
De beoordeling van waterdoorstroming, ecologische kwaliteit van sloten en het omgaan met slootmaaisel en bagger.

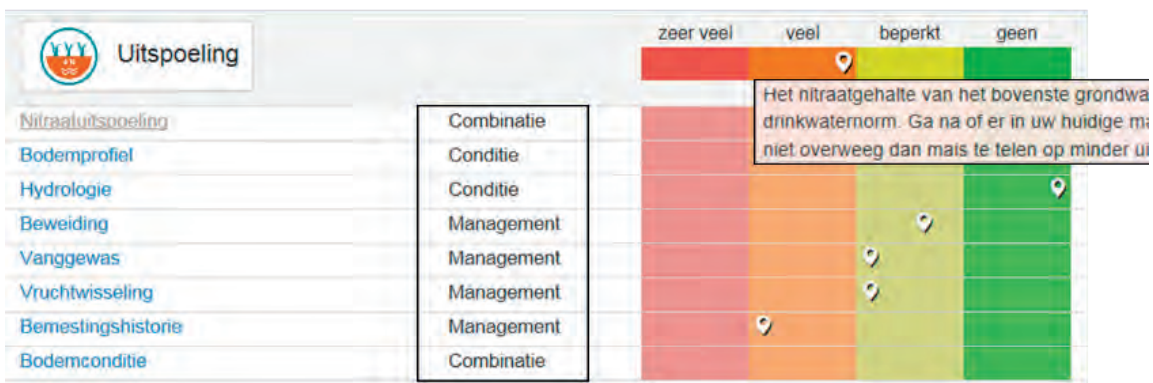


Modules 1 tot en met 5 geven de situatie weer door te scoren op risico. In modules 6 en 7 wordt een score gegeven in de vorm van een oordeel dat kan variëren van slecht tot goed (Figuur 3.1).

De score van elke module integreert de scores van onderliggende thema's. Deze komen afzonderlijk in beeld door te klikken op de module in de resultaatweergave. Links naast de scorebalk staat 'conditie', 'management' of 'combinatie'. Conditie geeft aan dat de score bepaald wordt door de lokale omstandigheden die gepaard gaan met het voorkomende type bodem en de hydrologie. Hier heeft de veehouder nagenoeg geen invloed op. Management geeft aan dat de score bepaald wordt door het management van de veehouder. 'Combinatie' geeft aan dat conditie en management samen bepalend zijn voor de risicoscore (Figuur 3.2). Rechts naast de scorebalk is een toelichting op de score te zien. Deze verschijnt door de muisaanwijzer over de knop 'toelichting' te bewegen. Deze toelichting helpt bij het interpreteren van het risico en is specifiek voor elk aspect van waterbeheer en afhankelijk van de hoogte van de score (Figuur 3.2, kader).



Figuur 3.1 Score van de zeven onderdelen van waterbeheer (modules) in de BedrijfsWaterWijzer.



Figuur 3.2 Toelichtingen op de risicoscore in de BedrijfsWaterWijzer.

Op termijn kan de risicoscore ook ruimtelijk uitgelezen worden, waarbij de score per perceel op de bedrijfsplattegrond is ingetekend. Dit kan nu alleen nog voor module 2, Droogte.

3.2 Invoer

De risicoprofielen worden opgesteld op basis van ingevoerde gegevens. Er zijn twee soorten invoer: gegevens die 'automatisch' door de BedrijfsWaterWijzer kunnen worden ingeladen en gegevens die handmatig moeten worden ingevoerd.

3.2.1 Automatische invoer

Er is gestreefd naar maximaal gebruik van gegevens die aangeroepen kunnen worden vanuit andere databronnen. Hiervoor is koppeling nodig van deze databronnen met de BedrijfsWaterWijzer.

In de huidige versie van de BWW kunnen bedrijfsgegevens afkomstig van de perceelsregistratie bij RVO worden aangeroepen via Akkerweb. Om de gegevens uit andere systemen te laten instromen in de BedrijfsWaterWijzer moet de gebruiker van de BedrijfsWaterWijzer keuzeknoppen aanklikken. Dit kan een gebruiker alleen doen voor zijn bedrijf of voor een bedrijf waarvoor hij gemachtigd is door de ondernemer.

De gegevens van de KringloopWijzer kunnen ingelezen worden via een KLW XML uitvoerbestand. Dit XML-bestand moet nu nog gemaakt worden via de stand-alone versie van de KringloopWijzer (is de versie van de KringloopWijzer die na downloaden op de eigen computer draait; er wordt toegewerkt naar invoer via de centrale database van de KringloopWijzer). Inlezen van de gegevens van de KringloopWijzer in de BWW kan bij het menu-item 'Invoer', onderdeel 'Bedrijfsgegevens'.

In alle gevallen kunnen automatisch ingelezen gegevens handmatig worden verbeterd.

3.2.2 Handmatige invoer

Deze gegevens worden opgevraagd onder het menu 'Invoer', met onderdelen:

1. **Bedrijfsgegevens**

Hier wordt het bedrijf geïdentificeerd op basis van het UBN nummer, de bedrijfsnaam en het adres.

2. **Percelen**

Hier worden percelen geïdentificeerd en krijgen percelen een naam en een oppervlakte. Van elk nieuw perceel worden vervolgens gegevens opgevraagd over bodem, water, landgebruik, bemesting (niveau ten opzichte van het gemiddelde voor het gewas) en opbrengstniveau van het gewas (niveau ten opzichte van het gewasgemiddelde). Veel invoer selecteert de gebruiker uit een uitrolbare lijst, aangegeven door de naar onder gerichte pijltjes.

3. **Sloten**

Van elke ingevoerde sloot worden gegevens opgevraagd, waaronder de vorm (lengte, breedte, 'profiel'), de afwatering en het peilbeheer.

4. **Koppeling Percelen Sloten**

Omdat de BedrijfsWaterWijzer de situatie op het land betreft op de aangrenzende sloot, moeten percelen en sloten ook gekoppeld worden. Dit gebeurt ook onder 'Bedrijfsgegevens'.

Het onderdeel erfafspoeling (module 1) brengt de gebruiker naar de omgeving van de Agriwijzer van Brooswater (<https://www.agriwijzer.nl/>) waar vragen over de situatie op het erf worden beantwoord. Op basis van de antwoorden maakt de BedrijfsWaterWijzer een risicoscore aan.

Voor de overige modules zijn in beperkte mate nog extra invoergegevens nodig, omdat het gros van de gegevens al onder de kop 'Bedrijfsgegevens' is ingevoerd. De extra benodigde gegevensinvoer wordt aangeduid als de betreffende module onder het menu-item 'invoer' wordt aangeklikt.

3.3 Gegevensbeheer

Bedrijfsgegevens worden door de BedrijfsWaterWijzer behandeld als eigendom van de ondernemer. De instroom van gegevens uit andere datasystemen naar de BedrijfsWaterWijzer is zo georganiseerd dat alleen de eigenaar van de gegevens beslist over invoer in de BedrijfsWaterWijzer. Een andere gebruiker kan pas gegevens invoeren als hij toestemming heeft van de ondernemer.

Ingevoerde gegevens en de op grond hiervan gemaakte risicoscore blijven behouden voor later gebruik. Als de gebruiker eerder ingevoerde gegevens overschrijft, vervallen de eerder ingevoerde gegevens. Dit geldt ook voor de risicoscore behorende bij de eerder ingevoerde gegevens.

4 Inhoudelijke invulling

In dit hoofdstuk is de onderbouwing beschreven van de risicoscores in de BedrijfsWaterWijzer. De scores zijn gebaseerd op rekenregels en op weging van de uitkomsten van deze rekenregels. In paragraaf 4.1 wordt de grondslag zoals algemeen geldig voor alle modules toegelicht. In de daaropvolgende paragrafen is de onderbouwing per module beschreven.

4.1 Principe

De modules geven aandachtspunten voor het bedrijfswaterbeheer aan met behulp van scores. Module 1 tot en met 5 zijn gebaseerd op risicoscores, waarbij de risico's zijn uitgedrukt als: geen, beperkt, veel of zeer veel risico. Module 6 en 7 zijn gebaseerd op een beoordeling van de situatie (in orde of niet in orde), waarbij de beoordeling is uitgedrukt als: goed, matig, onvoldoende, slecht.

Om een kwalitatieve uitspraak te kunnen doen over het risico op erfafspoeling, droogte, vernatting, uitspoeling en afspoeling, en over de kwaliteit van het drinkwater en van het slootbeheer, scoort de BWW per module alle relevante factoren op een schaal van 1 tot 4. De invloed van de factoren op het eindresultaat kan verschillen en daarom worden de scores vermenigvuldigd met een wegingsfactor alvorens ze te middelen. De eindscore per module ligt daarom ook tussen 1 en 4.

De benadering die ten grondslag ligt van de risicoscores in de BedrijfsWaterWijzer verschilt van de meest gangbare aanpak bij risicoanalyse. Bij risicoanalyse benadert (en berekent) men risico's in het algemeen als het product van de kans dat een gebeurtenis zich voordoet en de gevolgen van die gebeurtenis (risico = kans × gebeurtenis). De in de BedrijfsWaterWijzer toegepaste benadering gaat echter niet over kansen. De benadering heeft het meest gelijkenis met de zogenoemde 'foutenboom'. Dit is een structurele analyse van een complex systeem die ingaat op de onderdelen waaruit het systeem is opgebouwd. De analyse is gericht op de mogelijkheden van het voorkomen van fouten in onderdelen (falen) en op de gevolgen ervan (Failure mode and effects analysis, FMEA; Raussand en Hoylan, 2004). In FMEA is het mogelijk om ongelijksoortige processen en onderdelen mee te wegen. Deze weging heeft tot gevolg dat de risicoscore niet helemaal als een vaststaand, kwantitatief resultaat te beschouwen is. Een dergelijk resultaat zou pas berekend kunnen worden op basis van een model dat alle relevante processen integreert en dat de bijdrage van alle onderdelen aan een *overall* risico omvat. Dergelijke modellen zijn niet beschikbaar en zouden waarschijnlijk voor het doel van de BedrijfsWaterWijzer niet het meest praktisch zijn. De subjectiviteit die de weging van risico-aspecten in het totaal risico met zich meebrengt, is niet bezwaarlijk tegen de achtergrond van het primaire doel van de BedrijfsWaterWijzer: het op overzichtelijke wijze aanwijzen van de belangrijkste aspecten van het bedrijfswatermanagement die voor verbetering vatbaar zijn.

Per module worden de factoren onderscheiden in condities die door een veehouder moeilijk te beïnvloeden zijn, zoals bijvoorbeeld bodem en hydrologie, en het bedrijfsmanagement dat de veehouder juist wel beïnvloedt. De ondernemer kan de risico's en de scores gebruiken om zijn bedrijfswatermanagement te optimaliseren, zowel voor productie als voor het milieu.

4.2 Erf

Voor dit onderdeel is een koppeling gemaakt met het internetprogramma AgriWijzer van Broos Water BV. Dit systeem biedt een scan voor een groot aantal onderdelen van het erf. Om de erfscan optimaal aan te laten sluiten bij de BedrijfsWaterWijzer werden die onderdelen geselecteerd uit de scan die het belangrijkste werden geacht in het kader van de BedrijfsWaterWijzer. Voor deze onderdelen werd een risicobeoordeling gemaakt.

De volgende erfonderdelen zijn in de BedrijfsWaterWijzer opgenomen:

1. opslag van ruwvoer,
2. opslag van bijproducten,
3. opslag van vaste mest,
4. het koepad en
5. het erfoppervlak.

4.3 Het erfoppervlak

Het risico van vervuiling van oppervlaktewater vanaf het erf is afgestemd op het Activiteitenbesluit (Infomil, ongedateerd) omdat het Activiteitenbesluit ook gericht is op het beperken van risico's van vervuiling van oppervlaktewater en omdat het Activiteitenbesluit een geldig referentiekader is bij de beoordeling en advisering door waterschappen.

In het Activiteitenbesluit zijn tot 2027 bepaalde voorzieningen nog toegestaan als ze voor 1 januari 2013 al waren aangelegd (we duiden deze situaties aan als 'tijdelijk toegestaan'). Daarnaast zijn er situaties die strijdig zijn met het Activiteitenbesluit. Dit resulteert in drie categorieën: voorzieningen die voldoen aan het Activiteitenbesluit, voorzieningen die tijdelijk toegestaan zijn en voorzieningen die strijdig zijn met het Activiteitenbesluit. De indeling van het erf in deze categorieën weegt mee in de risicobeoordeling, maar is niet alles bepalend. Bij de risicoscore van elk onderdeel wegen ook specifieke factoren mee. De score voor elk onderdeel van het erf wordt samengevoegd tot een totaalscore voor het erf. Vooralsnog is uitgegaan van een gelijke weging voor elk erfonderdeel in de totaal risicoscore voor het erf:

$$\text{Kuilen ruwvoer} * 0,2 + \text{Opslag mest} * 0,2 + \text{Koepad} * 0,2 + \text{Erfoppervlak} * 0,2 + \text{Opslag bijproducten} * 0,2$$

Van ruwvoeropslagen kunnen net zoveel kuilen onderscheiden en gescoord worden als men wenst. De gebruiker kan een gemiddelde situatie invoeren die geldt voor alle kuilen, maar als kuilen sterk verschillend zijn dan ligt het voor de hand deze verschillen tot hun recht te laten komen en de kuilen apart in te voeren. Als meer kuilen zijn ingevoerd dan is aggregatie nodig om één gemiddelde score te berekenen die geldt voor 'Kuilen ruwvoer'. Dit gebeurt door elke kuil even zwaar mee te wegen. Overwogen is om weging te variëren naar gelang de kuilgrootte maar hier is, tot nog toe, omwille van eenvoud van afgezien.

4.3.1 Opslaan van kuilvoer

De beoordeling van opslagen van ruwvoer is uitgewerkt voor gras en maïs. De beoordeling hangt onder meer af van:

- de manier van opslaan: in balen verpakt in folie, in kuilen op een vaste plaat (meestal asfalt of beton), of in kuilen op onverharde bodem,
- het droge stofgehalte van de gekuilde producten,
- de opvangvoorziening voor perssap of percolatiewater: perssap is vocht dat uit het ingekuilde product vrij kan komen en neemt in hoeveelheid toe onder minder goede omstandigheden in de kuil, zoals bij intrede van lucht of bij een laag droge stofpercentage bij inkuilen. Percolatiewater is vuil water dat ontstaat wanneer hemelwater in contact komt met voer of voerresten,
- de afstand van de opslag tot een sloot,
- de tijdsduur van opslag en
- het al dan niet schoon zijn van de opslag.

Tabel 4.1 geeft de beoordeling voor graskuilen weer en Tabel 4.2 de beoordeling voor maïskuilen. Het onderscheiden van gras- en maïskuil is nodig omdat de kans veel groter is dat perssappen uittreden uit maïskuilen dan uit graskuilen.

4.3.2 Opslaan van bijproducten

Van bijproducten is bekend dat er relatief veel perssappen uittreden (Broos, ongedateerd). Daarom is volgens het Activiteitenbesluit vereist dat perssappen en percolaat wordt opgevangen in een mestdichte voorziening. Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt naar het soort bijproduct (ook niet tussen de zogenoemde 'droge' en 'natte bijproducten'). Voor het opslaan van bijproducten zijn dan ook twee risico-aanduidingen mogelijk: geen of zeer veel. Deze aanpak staat nog wel ter discussie. Verkend dient nog te worden hoe we omgaan met producten die wel nat zijn maar waar nagenoeg geen perssap van vrijkomt, zoals perspulp. Mogelijk wordt voor deze groep een nuancering aangebracht. De huidige beoordeling is opgezet zoals hieronder weergegeven.

Het oordeel geen risico geldt voor de volgende situatie:

- vrijkomende perssappen en percolaat wordt opgevangen in een mestdichte opvangvoorziening.

Het oordeel zeer veel risico geldt voor de volgende situatie:

- vrijkomende perssappen en percolaat wordt niet opgevangen waardoor het afstroomt naar de bodem en of oppervlaktewater.

4.3.3 Opslaan van mest

De beoordeling van opslagen van vaste mest is relatief eenvoudig. Er zijn twee oordelen mogelijk: geen risico of zeer veel risico. Het oordeel geen risico geldt voor de volgende situaties:

- Mest wordt opgeslagen op een vloeistofkerende verharding en mestvocht wordt opgevangen in een mestdichte opvangvoorziening.
- Mest wordt opgeslagen op de onverharde bodem gedurende maximaal 6 maanden. De opslag is voorzien van een absorberende onderlaag en de opslag is afgedekt.

Het oordeel zeer veel risico geldt voor de volgende situaties:

- Mest wordt opgeslagen op een vloeistofkerende verharding, mestvocht wordt niet opgevangen en stroomt af naar de bodem en/of het oppervlaktewater.
- Mest wordt opgeslagen op de onverharde bodem gedurende maximaal 6 maanden, de opslag is niet voorzien van een absorberende onderlaag en/of is niet afgedekt.
- Mest wordt langer dan 6 maanden opgeslagen op de onverharde bodem.

Tabel 4.1 Risicobeoordeling van snijmaiskulien.

Soort opslag	Opvangvoorziening		Voeropslag schoon?	Afstroming ²⁾	Afstand tot sloot	Tijdsduur opslag	Risicoscore	
	Voor perssap	Voor percolaat					Voor 2013	Na 2013
Folle							geen	geen
Vaste plaat	mestdichte opslag	mestdichte opslag					geen	geen
	mestdichte opslag	geen	altijd ¹⁾				geen	beperkt
	absorberende onderlaag ⁴⁾	geen	altijd				geen	beperkt
	mestdichte opslag	geen	niet altijd ¹⁾				veel	veel
Op bodem ³⁾	absorberende onderlaag	geen	niet altijd				veel	veel
	geen, komt niet vrij	geen, komt niet vrij	altijd	nee			beperkt	veel
	geen	geen	altijd	ja			zeer veel	zeer veel
	absorberende onderlaag	geen, komt niet vrij			< 5 meter		zeer veel	zeer veel
				> 5 meter	< 6 maanden		geen	geen
					> 6 maanden		zeer veel	zeer veel
							zeer veel	zeer veel

¹⁾ Overwogen wordt om de begrippen 'altijd' en 'niet altijd' harder te maken door ze uit te drukken in dagen.

²⁾ Afstroming naar bodem of water.

³⁾ Het gaat hier om onverharde bodem.

⁴⁾ Dit is een onderlaag van koolzaad-, tarwe- of gerstestro die het perssap opvangt. Het product kan in het voerseizoen aan de koeien gevoerd worden.

Tabel 4.2 Risicobeoordeling van graskuilen.

Soort opslag	Ds% product	Opvangvoorziening		Afstroming ²⁾	Afstand tot sloot	Tijdsduur opslag	Risicoscore	
		Perssap	Percolaat				Voor 2013	Na 2013
Folle								
Vaste plaat								
	mestdichte opslag ³⁾	mestdichte opslag					geen	geen
	mestdichte opslag	geen	altijd ¹⁾				geen	beperkt
	absorberende onderlaag ⁴⁾	geen	altijd				geen	beperkt
< 40%	mestdichte opslag	geen	niet altijd ¹⁾				veel	veel
	absorberende onderlaag	geen	niet altijd				veel	veel
	geen	geen	altijd	nee			beperkt	veel
	geen opvang	geen opvang		ja			zeer veel	zeer veel
Op bodem ³⁾								
	mestdichte opslag	mestdichte opslag					geen	geen
> 40%	Geen	geen	altijd				geen	geen
	Geen	geen	niet				veel	veel
					< 5 m		zeer veel	zeer veel
					> 5 m	> 6 maanden	zeer veel	zeer veel
< 40%	absorberende onderlaag				> 5 m	< 6 maanden	geen	geen
	geen opvang				> 5 m		zeer veel	zeer veel
> 40%							geen	geen

¹⁾ Overwogen wordt om de begrippen 'altijd' en 'niet altijd' harder te maken door ze uit te drukken in dagen.

²⁾ Het gaat hier om afstroming naar bodem of water.

³⁾ Het gaat hier om onverharde bodem.

⁴⁾ Dit is een onderlaag van koolzaad-, tarwe- of gerstestro wat het perssap opvangt. Het product kan in het voerseizoen aan de koeien gevoerd worden (Broos/Water, ongedateerd).

4.3.4 Het koepad

De beoordeling van het risico dat verbonden is met het koepad hangt af van de opvang van mestvocht, de frequentie waarmee het pad wordt schoongemaakt en het al dan niet afstromen van mestvocht naar oppervlaktewater. Tabel 4.3 geeft een overzicht.

Tabel 4.3 Grondslag voor de risicobeoordeling van het koepad op het melkveebedrijf.

Opvang mestvocht	Frequentie reiniging	Afstroming	Risicoscore
In gierkelder			geen
Nee	met enige regelmaat ¹⁾	geen	beperkt
	af en toe ¹⁾	geen	beperkt
	niet regelmatig ¹⁾	niet direct	veel
	nooit ¹⁾	ja, direct of indirect	zeer veel risico

¹⁾ Overwogen wordt om de begrippen 'met enige regelmaat' en 'af en toe' en 'regelmatig' harder te maken door ze uit te drukken in een frequentie, zoals eens per maand, eens per week of dagelijks.

4.3.5 Het erfoppervlak

Tal van voorraden die op het erf zijn opgeslagen, worden over het erf getransporteerd. Dit gebeurt bij inkuilen en uitkuilen van ruwvoer. Inkuilen gebeurt na de oogst van grassnedes en na de oogst van ruwvoergewassen, zoals maïs. Uitkuilen gebeurt min of meer dagelijks. Ook voorraden die van buitenaf worden aangekocht komen over het erf. Kalveren zijn op veel bedrijven korter (in afwachting van afvoer van het bedrijf) of langer op het erf gehuisvest. Bij al dit soort activiteiten blijven resten achter op het erf. Regelmatig schoonmaken en het op orde houden van het erf is daarom belangrijk. Een eenduidige objectieve beoordeling van de situatie op het erf met het oog op risico's voor water is lastig.

Gekozen is om de situatie in kaart te brengen door veehouder te laten bepalen welke van drie foto's uit Figuur 4.1 het beste bij zijn erf past. Hier wordt vervolgens een beoordeling aan verbonden:

- Foto linksboven: Het erf is schoon. Er wordt geen vervuiling waargenomen. Hiervoor geldt de score 1, ofwel 'geen' risico.
- Foto rechtsboven: Op het erf wordt zichtbaar vervuiling waargenomen met een kans dat dit samen met hemelwater afstroomt naar het oppervlaktewater. Hiervoor geldt de risicoscore, 2 ofwel een 'beperkt' risico.
- Foto linksonder: Op het erf wordt zichtbaar vervuiling waargenomen die afstroomt in het oppervlaktewater. Hiervoor geldt de risicoscore 4, ofwel 'zeer veel risico'.

Als deze beoordeling gebaseerd wordt op een specifiek moment waarop de situatie wordt opgenomen, dan krijgt de beoordeling sterk het karakter van een momentopname. Verkend wordt hoe dit opgelost kan worden. De meest eenvoudige benadering is om de beoordelaar te vragen de 'gemiddelde situatie' op het bedrijf te vergelijken met de foto's. Maar er zijn meer mogelijkheden. Men kan voor een bedrijf opvragen welk deel van het jaar foto 1, foto 2 of foto 3 de situatie het meest benadert. Dit maakt een verfijnder score mogelijk op basis van weging over tijd. Kwantitatief uitwerken kan als risico scores worden toegekend aan de foto's. Een mogelijke risico score is foto 1 \approx 1, foto 2 \approx 2 en foto 3 \approx 4. Dit resulteert dan in een over de tijd gewogen score die als volgt berekend wordt:

$$\text{Score erfoppervlak} = (\text{dagen foto 1}) \times 1 + (\text{dagen foto 2}) \times 2 + (\text{dagen foto 3}) \times 4$$

Waar dagen = dagen per jaar (aantal dagen/365).

In Tabel 4.4 is een voorstel weergegeven van de uiteindelijke beoordeling van deze score.



Figuur 4.1 Afbeeldingen voor het laten bepalen van de erfsituatie door de veehouder; een schoon erf (linksboven; foto 1), een enigszins verontreinigd erf (rechtsboven; foto 2), een sterk verontreinigd erf (linksonder; foto 3).

Tabel 4.4 Voorgestelde grondslag voor beoordelen van het erfoppervlak waarbij de waardering van een situatie wordt gewogen over de tijd dat deze zich voordoet.

Score erfoppervlak	Oordeel
< 1,6	geen
1,6-2,4	beperkt
>2,4-3,2	veel
> 3,2	zeer veel

Als voorbeeld is de situatie uitgewerkt op Proefbedrijf De Marke waar dagen foto 1, dagen foto 2 en dagen foto 3 naar schatting respectievelijk 0.8, 0.19 en 0.01 bedragen. De bijbehorende score is dan 1,2. Deze score valt in de categorie 'geen risico'.

4.4 Droogte

4.4.1 Toelichting

In deze module staat de vochtbeschikbaarheid voor gewasgroei centraal. Bodem en hydrologie zijn hierbij de meest bepalende factoren. Een droogtegevoelige zandgrond heeft een veel ongunstigere vochtlevering dan een lichte kleigrond. Deze uitgangssituatie is moeilijk te beïnvloeden, maar met maatregelen, zoals het plaatsen van stuwjes, het toepassen van peilgestuurde drainage, beregening en goed bodembeheer (voorkomen verdichting) kan de vochtbeschikbaarheid wel vergroot worden. Met de gewaskeuze (Engels raaigras, snijmaïs, rietzwenkgras), het organische stofpercentage van de bodem, de structuur van de bovengrond en het al of niet toepassen van beregening kan de benutting van bodemvocht en de

vochtbeschikbaarheid geoptimaliseerd worden. De wijze waarop beregening wordt uitgevoerd bepaalt hoe efficiënt beregeningswater benut wordt.

De mate van droogtegevoeligheid van de bodem en waterhuishouding van het gebied zijn bedrijfsuitgangspunten (conditie) en de score die hieraan wordt toegekend geeft zodoende het bedrijfsrisico weer. Door het management kan dit risico lager of juist hoger worden. Op de resultaatpagina van de BedrijfsWaterWijzer wordt het onderscheid tussen enerzijds het risico dat verbonden is met de conditie en anderzijds het risico dat verbonden is met het watermanagement zo herkenbaar mogelijk weergegeven. De score op de effectiviteit van het management moet de ondernemer stimuleren om zo goed mogelijk met water om te gaan.

In de uitwerking van de module zijn alle factoren die invloed hebben op de vochtbeschikbaarheid en het watergebruik gescoord om de risico's op het gebied van waterbehoefte in beeld te brengen. Door middel van submodules is onderscheid gemaakt in:

1. **Droogtegevoeligheid**
De uitgangssituatie voor bodem en hydrologie.
2. **Waterhuishouding gebied**
De uitgangssituatie voor de beschikbaarheid van oppervlaktewater.
3. **Vasthouden neerslag**
Het zo goed mogelijk benutten van beschikbaar water.
4. **Vergroten vochtbeschikbaarheid gewas**
Het vergroten van de waterbeschikbaarheid voor gewasgroei door gewaskeuze en het al of niet toepassen van beregening.
5. **Efficiënt beregenen**
Het zo efficiënt mogelijk benutten van het beregeningswater.

In de onderstaande paragrafen zijn per submodule de factoren en de weging tussen factoren nader beschreven. Tabel 4.5 geeft (algemeen voor de gehele module) de vertaling weer van risicoscores in een risico-oordeel met betrekking tot droogte.

Tabel 4.5 Scores voor mate van risico op droogte en de bijbehorende risicobeoordeling.

Resultaat risicoscore	Oordeel
4	Geen
3	Beperkt
2	Veel
1	zeer veel

4.4.2 Droogtegevoeligheid

Voor het kwantificeren van de droogtegevoeligheid is gebruik gemaakt van de verkorte Helptabel zoals die is weergegeven in de KWIN-Veehouderij (2010-2011). Hierin worden tien bodemtypen onderscheiden. De combinatie van bodemtype en grondwatertrap resulteert in een percentage droogtedepressie, zoals die in Tabel 4.6 staan vermeld. In de huidige KWIN-Veehouderij (2017-2018) worden deze percentages niet meer gegeven. Met de vier kleuren zijn vier scores voor het risico op droogtegevoeligheid onderscheiden.

Tabel 4.6 Droogtedepressie van grasland (%) in relatie tot bodem en grondwatertrap. De kleuren geven de mate van risico op droogte aan; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

Bodem	Grondwatertrap									
	II	IIb	III	IIIb	IV	V	Vb	VI	VII	
Veen	-1	0	4	5	4	13	14	21	29	
Veen met kleidek	-1	1	4	5	4	11	14	20	29	
Veen met zanddek	-1	0	4	4	4	11	14	20	29	
Zavel met zware kleitussenlaag	-1	0	4	4	4	8	11	12	15	
Klei met zware kleitussenlaag	0	1	7	9	9	16	17	22	26	
Zavel met veen- of zandondergrond	-3	-3	-2	-2	-2	1	2	5	10	
Klei met veen- of zandondergrond	-2	-2	0	0	1	4	7	12	17	
Zand met humeus dek <30cm	-1	-2	2	2	4	8	10	16	21	
Zand met humeus dek >30cm	-3	-2	-2	-2	1	2	5	11	17	
Löss	-3	-3	-3	-3	-4	-2	-2	-3	-3	

Naast de droogtedepressie als resultaat van bodemtype en grondwatertrap is ook een score voor maaiveldligging van een perceel meegenomen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in vlak of hellend naar een sloot. In geval van hellend wordt een natuurlijk ontstane helling bedoeld (conditie) en geen aangelegde situatie (management). Situaties waar de maaiveldligging door de grondgebruiker is aangepast of is te beïnvloeden, zoals het bol leggen van percelen, zijn meegenomen in de submodule 'Vasthouden neerslag'.

Op hellende percelen stroomt in principe meer neerslag af voordat het kan infiltreren waardoor in potentie de gevoeligheid voor verdroging groter is. Een hellend perceel scoort zodoende ongunstig (rood) ten opzichte van een vlak perceel waar water gemakkelijker infiltreert (groen).

Tabel 4.7 Score risico op droogte afhankelijk van maaiveldligging (hellend of vlak); groen betekent 'geen' risico en rood 'zeer veel' risico.

Maaiveldligging	Score
Hellend	1
Vlak	4

Voor het berekenen van een score voor droogtegevoeligheid zijn de factoren bodem en grondwatertrap samengevoegd tot één factor droogtedepressie. Deze worden dus niet afzonderlijk gewogen. De combinatie van de factoren droogtedepressie en maaiveldligging (vlak of hellend) wordt wel gewogen in een verhouding 9:1. De totaalscore voor droogtegevoeligheid betreft de areaalgewogen som voor alle percelen samen. In formule:

$$\begin{aligned}
 & \text{Score droogtegevoeligheid alle percelen} \\
 & = \sum_{p=1}^{p=n} \left\{ \frac{\text{Oppervlak (p)}}{\text{Oppervlak totaal}} * (0.9 * \text{score droogtedepressie} + 0.1 * \text{score helling}) \right\} \quad \text{formule 1}
 \end{aligned}$$

Waar p = perceelnummer, n = aantal percelen

4.4.3 Waterhuishouding gebied

Voor de waterhuishouding van het gebied is onderscheid gemaakt tussen vrije afwatering, zoals dat het geval is in het oostelijke en zuidelijk zandgebied en peilbeheersing, zoals dat in polders het geval is. Bij vrije afwatering daalt het slootpeil of vallen sloten helemaal droog bij een neerslagtekort. In peilbeheerste

situaties wordt het oppervlaktewaterpeil volledig gereguleerd en is vrijwel altijd de toevoer van water gegarandeerd. In het kader van het risico op droogte wordt peilbeheerst als gunstig beschouwd en vrij afwaterend als ongunstig. In Tabel 4.8 worden de respectievelijke scores weergegeven.

Tabel 4.8 Score risico op droogte afhankelijk van waterhuishouding gebied; groen betekent 'geen' risico en rood betekent 'zeer veel' risico.

Waterhuishouding	Score
Vrij afwaterend	1
Peilbeheerst (polders)	4

De mate van afwatering in vrij afwaterende gebieden kan lokaal verschillen. Er is onderscheid gemaakt tussen droogvallende sloten en permanent watervoerende sloten. Deze geven respectievelijk een groot en een klein risico op droogte (Tabel 4.9).

Tabel 4.9 Score risico op droogte afhankelijk van watervoering sloten in vrij afwaterende gebieden; groen betekent 'geen' risico en rood betekent 'zeer veel' risico.

Watervoering sloten	Score
Droogvallend	1
Permanent watervoerend	4

Voor peilbeheerste situaties is de mate van drooglegging (= maaiveld minus het oppervlaktewaterpeil) en het risico op droogte met een score gewaardeerd (Tabel 4.10). De drooglegging is van invloed op de vochttoestand in de bovengrond. Er wordt onderscheid gemaakt in een grote, matig grote, beperkte en geringe drooglegging. Een grote drooglegging wordt ingesteld om vernatting te voorkomen en scoort daarom het meest ongunstig. Hoe geringer de drooglegging, des te gunstiger de score in het perspectief van het voorkomen van watertekort.

Tabel 4.10 Score risico op droogte afhankelijk van drooglegging in peilbeheerste gebieden; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

Drooglegging	Score
Groot (> 80 cm -mv)	1
Matig (60-80 cm -mv)	2
Beperkt (40-60 cm -mv)	3
Gering (0-40 cm -mv)	4

Voor het toekennen van een score in de submodule waterhuishouding gebied worden de factoren waterhuishouding en watervoering bij vrij afwaterende situaties danwel waterhuishouding en drooglegging bij peilbeheerste situaties afzonderlijk gewogen. Voor beide situaties is een verhouding 1:1 aangehouden. De totaalscore voor waterhuishouding gebied in relatie tot het risico op droogte betreft de areaalgewogen som voor alle percelen samen. In formule:

Score risico op droogte waterhuishouding gebied vrij afwaterend alle percelen

$$= \sum_{p=1}^{p=n} \left\{ \frac{\text{Oppervlak (p)}}{\text{Oppervlak totaal}} * (0.5 * \text{score vrij afwaterend} + 0.5 * \text{score watervoering}) \right\} \quad \text{formule 2}$$

Score risico op droogte waterhuishouding gebied peilbeheerst alle percelen

$$= \sum_{p=1}^{p=n} \left\{ \frac{\text{Oppervlak (p)}}{\text{Oppervlak totaal}} * (0.5 * \text{score peilbeheerst} + 0.5 * \text{score drooglegging}) \right\} \quad \text{formule 3}$$

Waar p = perceelnummer, n = aantal percelen

4.4.4 Vasthouden neerslag

Voor het vasthouden van neerslag wordt onderscheid gemaakt in vrij afwaterend en peilbeheerst (zie voorgaande paragraaf). Voor een vrij afwaterende situatie kan het peil van het oppervlaktewater in eigen sloten beïnvloed worden door het gebruik van een stuw. In een peilbeheerste situatie is het oppervlaktewaterpeil ingesteld, maar daar wordt soms van afgeweken door onderbemaling toe te passen. Bepalende management factoren voor het vasthouden van neerslag zijn verder het al of niet toepassen van greppels en buisdrainage en de afvoercapaciteit van sloten als resultaat van slootonderhoud.

In vrij afwaterende gebieden kan door middel van het zelf plaatsen en regelen van stuwen water vastgehouden worden, waardoor het grondwaterpeil minder snel zakt en de vochtbeschikbaarheid in de bovengrond groter blijft. De score van het risico op droogte afhankelijk van de eigen peilbeheersing in vrij afwaterende gebieden staat in Tabel 4.11. Daarbij is onderscheid gemaakt in vaste en variabel in te stellen stuwen. Zonder stuw wordt het water niet vastgehouden en deze situatie geeft 'zeer veel' risico op droogte. Een vaste stuw minimaliseert de afvoer van water en scoort daarom 'geen' risico op droogte. Variabel in te stellen stuwen worden gebruikt om vernatting te voorkomen, waardoor het risico bestaat dat water niet optimaal wordt vastgehouden. In de score is dit tot uitdrukking gebracht met 'beperkt' risico in plaats van 'geen' risico.

Tabel 4.11 Score risico op droogte afhankelijk van het vasthouden van neerslag met een stuw in vrij afwaterende gebieden; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico en rood 'zeer veel' risico.

Stuw	Score
Nee	1
Ja, variabel in te stellen stuw in eigen beheer	3
Ja, vaste stuw in eigen beheer	4

In peilbeheerste gebieden met een relatief geringe drooglegging, zoals in het westelijk veenweidegebied, wordt veelvuldig onderbemaling toegepast om de drooglegging te vergroten, waardoor het risico op wateroverlast vermindert. In het perspectief van het vasthouden van neerslag wordt onderbemaling als ongunstig beoordeeld (Tabel 4.12).

Tabel 4.12 Score risico op droogte afhankelijk van onderbemaling in peilheerste gebieden; groen betekent 'geen' risico en rood betekent 'zeer veel' risico.

Onderbemaling	Score
Ja	1
Nee	4

De mate waarin neerslag op een perceel wordt vastgehouden, wordt mede bepaald door de maaiveldligging. Een vlakke ligging scoort goed. Een holle ligging en ingesloten laagtes verminderen de oppervlakkige afvoer van water naar de sloot maar leiden ook tot een ongelijkmatige verdeling van vocht over het perceel en daarom scoren deze voldoende in plaats van goed. Een naar de sloot hellende maaiveldligging en een bolle ligging leidt tot een risicoscores van respectievelijk 'veel' en 'zeer veel'. Bij bolle percelen verloopt de waterafvoer naar de sloot sneller, er vanuit gaande dat de lage kanten aan een sloot grenzen, en is de gelegenheid tot infiltratie geringer.

Tabel 4.13 Score risico op droogte afhankelijk van maaiveldligging; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

Maaiveldligging	Score
Vlak	4
Hol	3
Bol	2
Bol tussen greppels	1
Hellend naar sloot	2
Ingesloten laagtes	3

Met buisdrainage kan de afvoer van overtollig water uit de bovengrond van percelen worden bevorderd. De wijze waarop de drainage wordt aangelegd is van grote invloed op deze afvoer. Diepe drainage ontwater het sterkst en geeft daarom 'zeer veel' risico op droogte. Bij ondiepe drainage wordt water oppervlakkiger uit de bodem afgevoerd en blijft de ondergrond natter. Dit geeft 'veel' risico op droogte. Geen drainage geeft een 'beperkt' risico op droogte. Peilgestuurde drainage geeft het minste risico ('geen') op droogte, omdat deze vorm van drainage onder het slootpeil ligt en zodoende de infiltratie van water in de bodem bevordert. Het draineren van water kan worden gestopt door in een verzamelput de ontwateringsbasis te verhogen.

Tabel 4.14 Score risico op droogte afhankelijk van drainage; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

Drainage	Score
Geen	3
Diep	1
Ondiep	2
Peilgestuurd (water vasthouden of infiltreren)	4

Op percelen met een relatief lage infiltratiecapaciteit en een geringe ontwatering of drooglegging worden vaak greppels in het maaiveld toegepast om water sneller oppervlakkig naar de sloten af te voeren. Door de extra waterafvoer geeft begreppeling 'zeer veel' risico op droogte en geen begreppeling 'geen' risico op droogte (Tabel 4.15).

Tabel 4.15 Score risico op droogte afhankelijk van begreppeling; groen betekent 'geen' risico en rood 'zeer veel' risico.

Begreppeling	Score
Ja	1
Nee	4

Het slootonderhoud is van invloed op de afvoercapaciteit van sloten, gegeven de dimensionering van sloten. Een grote afvoercapaciteit is ongunstig voor het vasthouden van water. Voor de factor slootonderhoud worden vier gradaties van onderhoud onderscheiden. In Tabel 4.16 zijn de daarbij behorende risico's op droogte aangegeven.

Tabel 4.16 Score risico op droogte afhankelijk van slootonderhoud; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood betekent 'zeer veel' risico.

Slootonderhoud	Score
Compleet schoon, minder dan 25% begroeid	1
Minder dan 50% dicht gegroeid	2
Meer dan 50% dicht gegroeid	3
Compleet dicht gegroeid	4

Aan alle factoren die invloed hebben op het vasthouden van neerslag zijn wegingsfactoren toegekend volgens formule 4 en 5 voor respectievelijk vrij afwaterende en peilbeheerste gebieden. Voor alle factoren is een gelijke wegingsfactor verondersteld van 0,2.

Score vasthouden neerslag vrij afwaterende gebieden

$$= \sum_{p=1}^{p=n} \left\{ \frac{\text{Oppervlak (p)}}{\text{Oppervlak totaal}} \right. \\ \left. * \left(0.2 * \frac{\text{score}}{\text{stuw}} + 0.2 * \frac{\text{score}}{\text{maaiveld}} - \frac{\text{score}}{\text{ligging}} + 0.2 * \frac{\text{score}}{\text{drainage}} + 0.2 * \frac{\text{score}}{\text{greppels}} + 0.2 * \frac{\text{score}}{\text{slootonderhoud}} \right) \right\} \quad \text{formule 4}$$

Score vasthouden neerslag peilgestuurde gebieden

$$= \sum_{p=1}^{p=n} \left\{ \frac{\text{Oppervlak (p)}}{\text{Oppervlak totaal}} \right. \\ \left. * \left(0.2 * \frac{\text{score}}{\text{onderbemaling}} + 0.2 * \frac{\text{score}}{\text{maaiveld}} - \frac{\text{score}}{\text{ligging}} + 0.2 * \frac{\text{score}}{\text{drainage}} + 0.2 * \frac{\text{score}}{\text{greppels}} + 0.2 * \frac{\text{score}}{\text{slootonderhoud}} \right) \right\} \quad \text{formule 5}$$

Waar p = perceelnummer, n = aantal percelen

4.4.5 Vergroten vochtbeschikbaarheid gewas

De vochtbeschikbaarheid voor het gewas wordt niet alleen bepaald door de droogtegevoeligheid van de bodem en het vasthouden van neerslag. Ook de bedrijfsvoering en de managementkeuzes die daarin gemaakt worden zijn van invloed. De vochtbeschikbaarheid voor het gewas kan worden beïnvloed door de keuze van het gewas, het organische stofbeheer van de bodem, de structuur van de bodem en beregening. Gewassen verschillen in de efficiëntie waarmee water omgezet wordt in groei. Snijmaïs is een C4 gewas en gaat ongeveer twee keer zo efficiënt met vocht om dan de C3 gewassen gras en klaver. Daarnaast bepaalt de bewortelingsdiepte hoe groot het bodemreservoir is waaruit de plant vocht kan opnemen. Rietzwenkgras en rode klaver wortelen relatief diep ten opzichte van de gangbare grassoorten waardoor de vochtbeschikbaarheid groter is (Tabel 4.17). Gangbare grassoorten (Engels raaigras, Timothee, Beemdlangbloem) scoren het minst gunstig (C3 gewassen met ondiepe beworteling) en snijmaïs scoort het meest gunstig omdat het efficiënt met vocht omgaat (C4) en dieper wortelt dan grassen. Rode klaver en Rietzwenkgras liggen voor wat betreft het vergroten van de vochtbeschikbaarheid tussen snijmaïs en de gangbare grasrassen in (het zijn weliswaar C3 gewassen, maar hebben een diepe beworteling), waarbij de score van rode klaver nog iets gunstiger wordt geschat dan die van Rietzwenkgras omdat de teelt wat robuuster is.

Tabel 4.17 Score risico op droogte afhankelijk van de combinatie van worteldiepte en type gewas (C3 of C4); groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

Gewas	Score
Gangbare grassoorten	1
Snijmaïs	4
Rode klaver	3
Rietzwenkgras	2

Op minerale gronden verhoogt het organische stofgehalte de beschikbaarheid van bodemvocht (Wosten et al., 2016). Onder akkerbouwmatige omstandigheden (bouwland of grasland dat in een akkerbouwrotatie wordt geteeld) kan het organische stofgehalte dalen waardoor de vochtbeschikbaarheid voor gewasgroei kleiner wordt. In Tabel 4.18 staan de scores voor verschillende klassen van organische stofgehaltenes, waarbij relatief lage gehalten worden onderscheiden die vooral op minerale gronden betrekking hebben.

Tabel 4.18 Score risico op droogte afhankelijk van het organisch stofgehalte; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

Organisch stofgehalte	Score
<2%	1
2-3%	2
3-4%	3
>4% (inclusief veen)	4

Een goede bodemstructuur is van belang voor het infiltreren en vasthouden van water en het bevordert de bewortelingsdiepte van gewassen, wat de vochtbeschikbaarheid vergroot. In Tabel 4.19 staan de scores voor bodemstructuur in klassen zoals die door de gebruiker van de Bedrijfswaterwijzer ingeschat kan worden. Wanneer een bodemconditiescore beschikbaar is dan wordt hier gebruik van gemaakt.

Tabel 4.19 Score risico op droogte afhankelijk van bodemstructuur; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

Bodemstructuur	Score
Goed	4
Vrij goed	3
Matig	2
Slecht	1

Met additioneel water in de vorm van beregening kan de vochtbeschikbaarheid van een gewas in droge perioden aanzienlijk vergroot worden (Tabel 4.20). Wel beregenen scoort 'goed' en niet beregenen scoort 'slecht' (lees ongunstig) voor vochtbeschikbaarheid.

Tabel 4.20 Score risico op droogte afhankelijk van het al of niet inzetten van beregening; groen betekent 'geen' risico en rood betekent 'zeer veel' risico.

Beregening	Score
Ja	4
Nee	1

Voor gras is onderscheid gemaakt in blijvend grasland en gras dat in vruchtwisseling wordt geteeld, omdat de worteldiepte van blijvend grasland relatief ondiep is ten opzichte van jong gras dat geteeld wordt in een vruchtwisseling. Hierdoor is het aanbod van vocht voor gras in een vruchtwisseling groter en dus de gevoeligheid voor droogte geringer. Bij een nauwe vruchtwisseling (vruchtwisseling met snelle opvolging van gras en akkerbouwgewassen en met een relatief korte graslandfase) is het verschil in worteldiepte met blijvend grasland in verhouding groter dan bij een ruime vruchtwisseling (vruchtwisseling met een trage opvolging van gras en akkerbouwgewassen en met een lange graslandfase). De verschillen in worteldiepte en daarmee in vochtbeschikbaarheid is in een score tot uitdrukking gebracht, met het minste risico op droogte bij nauwe vruchtwisseling en het meeste risico op droogte voor blijvend grasland (Tabel 4.21).

Tabel 4.21 Score risico op droogte afhankelijk van vruchtwisseling; groen betekent 'geen' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

Vruchtwisseling	Score
Ja, nauwe vruchtwisseling	4
Ja, ruime vruchtwisseling	2
Nee (blijvend grasland)	1

Aan de hierboven beschreven factoren die van invloed zijn op de vochtbeschikbaarheid voor het gewas zijn wegingsfactoren toegekend in formule 6 en 7 voor respectievelijk gras en de overige gewassen snijmaïs, rode klaver en rietzwenkgras. Voor gras heeft gewas een wegingsfactor van 0,3, heeft organische stof een wegingsfactor 0,1 en hebben bodemstructuur, beregening en vruchtwisseling een wegingsfactor van 0,2. Voor de overige gewassen heeft gewas een wegingsfactor van 0,5, heeft organische stof een wegingsfactor 0,1 en hebben bodemstructuur en beregening een wegingsfactor van 0,2.

Score vochtbeschikbaarheid gras

$$= \sum_{p=1}^{p=n} \left\{ \frac{\text{Oppervlak (p)}}{\text{Oppervlak totaal}} \right. \\ \left. * \left(0.3 * \frac{\text{score gewas}}{\text{score vrucht}} + 0.1 * \frac{\text{score organische stof}}{\text{wisseling}} + 0.2 * \frac{\text{score bodemstructuur}}{\text{berekening}} + 0.2 \right) \right\}$$

formule 6

Score vochtbeschikbaarheid overige gewassen

$$= \sum_{p=1}^{p=n} \left\{ \frac{\text{Oppervlak (p)}}{\text{Oppervlak totaal}} \right. \\ \left. * (0.5 * \text{score gewas} + 0.1 * \text{score organische stof} + 0.2 * \text{score bodemstructuur} + 0.2 * \text{score berekening}) \right\}$$

formule 7

Waar p = perceelnummer, n = aantal percelen

4.4.6 Efficiënt beregenen

De wijze waarop beregening wordt toegepast, is van invloed hoe efficiënt beregeningswater wordt benut. Bij beregening wordt aanspraak gemaakt op zoetwatervoorraden, hetzij via een bron uit het diepere grondwater, hetzij uit het oppervlaktewater. Het is van belang om hier zorgvuldig mee om te gaan. Lokale grondwateronttrekkingen kan verdroging in nabijgelegen natuurgebied veroorzaken. Door beregening efficiënt in te zetten wordt op water, energie en onderhoud bespaard.

In de vorige paragraaf is aangegeven dat snijmaïs efficiënter met vocht omgaat dan grassen en klaver. Door beregening in te zetten bij snijmaïs wordt beregeningswater beter benut (Tabel 4.22). Als een droge periode samenvalt met bloei- en korrelzetting en het leidt daadwerkelijk tot een vochttekort dan is het beregenen van snijmaïs niet alleen efficiënt, maar ook essentieel om een hoge gewasproductie en -kwaliteit te waarborgen.

Tabel 4.22 Score risico op droogte in relatie tot de efficiëntie waarmee snijmaïs en grassen en klaver vocht voor groei benutten; groen betekent 'geen' risico en rood betekent 'zeer veel' risico

Gewas	Score
Grassen en klaver	1
Snijmaïs	4

De methode van beregening op grassen, klaver en snijmaïs heeft ook invloed op de efficiëntie van de waterbenutting. In Tabel 4.23 zijn voor grasland verschillende beregeningsstrategieën gescoord. Bij 'Beregenen op maat' wordt het gewas voor de productie optimaal van water voorzien, maar is het watergebruik relatief hoog. Deze strategie scoort daarom het minst gunstig. De efficiëntie van watergebruik wordt vergroot door op maat te beregenen bij temperaturen lager of gelijk aan 25 C (Hoving en van Riel, 2001). Suboptimaal beregenen door een te lage beregeningscapaciteit of alleen beregenen om de graszode te behouden verhoogt ook de beregeningsefficiëntie. Des te lager het watergebruik, des te hoger is de efficiëntie van watergebruik. Dat komt doordat compensatie-effecten in de productie van gras optreden binnen een groeiseizoen; een snede met een relatief lage productie door droogte wordt gevolgd door een snede met een relatief hoge productie bij een voldoende vocht aanbod. De compensatie is echter niet volledig (Hoving en Van Riel, 2001). Ook geldt dat des te langer een droge periode aanhoudt, des te geringer de compensatie van grasproductie en des te groter het productieverlies op jaarbasis.

Tabel 4.23 Score risico op inefficiëntie watergebruik bij berekening van gras en klaver afhankelijk van beregeningsstrategie; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

Beregeningsstrategie grassen en klaver	Score
Beregenen op maat	1
Beregenen op maat < 25 graden	2
Suboptimaal door te lage capaciteit	3
Alleen voor behoud graszode	4

Voor snijmaïs zijn twee beregeningsstrategieën gescoord (Tabel 4.24). In tegenstelling tot gras produceert snijmaïs ook bij hoge zomerse temperaturen en is de veronderstelling dat beregenen bij hoge temperaturen niet leidt tot een inefficiënter watergebruik. Suboptimaal beregenen tijdens bloei, kolfzetting en korrelvulling geeft productieverlies en dit verlies wordt daarna bij een voldoende vocht aanbod niet meer gecompenseerd. Suboptimaal beregenen door een te lage beregeningscapaciteit wordt zodoende minder positief gewaardeerd dan beregenen op maat.

Tabel 4.24 Score risico op inefficiënt watergebruik bij berekening van snijmaïs afhankelijk van beregeningsstrategie; groen betekent 'geen' risico, geel betekent 'beperkt' risico.

Beregeningsstrategie snijmaïs	Score
Suboptimaal door te lage capaciteit	3
Beregenen op maat	4

De afstelling van de uiterste hoek waarmee het spuitkanon water over het land spuit (sectorinstelling) is ook van belang voor de efficiëntie van watergebruik in verband met de mate van overlap die optreedt en daardoor het verlies van water. In Tabel 4.25 staan de scores voor drie verschillende instellingen. De optimale sectorinstelling is 220 graden en scoort daarom gunstig ('geen risico'). De minst gunstige sectorinstelling is 360 graden en scoort ongunstig ('zeer veel risico'). Alle andere mogelijke instellingen scoren 'veel risico'.

Tabel 4.25 Score risico op inefficiënt watergebruik bij berekening afhankelijk van de sectorinstelling; groen betekent 'geen' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

Sectorinstelling	Score
220 graden	4
360 graden	1
Anders	2

Aan de factoren gewas, beregeningsstrategie en sectorinstelling zijn wegingsfactoren toegekend. Daarbij is onderscheid gemaakt in grassen en klaver en snijmaïs, respectievelijk formule 8 en 9. Voor zowel gras en klaver als snijmaïs zijn de wegingsfactoren voor gewas en beregeningsstrategie 0,25 en voor sectorinstelling 0,5.

Score efficiënt beregenen gras en klaver

$$= \sum_{p=1}^{p=n} \left\{ \frac{\text{Oppervlak (p)}}{\text{Oppervlak totaal}} \right. \quad \text{formule 8}$$

$$\left. * (0.25 * \text{score gewas} + 0.5 * \text{score sectorinstelling} + 0.25 \text{ score beregeningsstrategie}) \right\}$$

Score efficiënt beregenen snijmaïs

$$= \sum_{p=1}^{p=n} \left\{ \frac{\text{Oppervlak (p)}}{\text{Oppervlak totaal}} \right. \quad \text{formule 9}$$

$$\left. * (0.25 * \text{score gewas} + 0.5 * \text{score sectorinstelling} + 0.25 \text{ score beregeningsstrategie}) \right\}$$

Waar p = perceelnummer, n = aantal percelen

4.5 Wateroverlast

4.5.1 Toelichting

In de module beperking wateroverlast staat het afvoeren van water centraal. Bodem en hydrologie zijn bepalende factoren voor de mate waarin de bodem vocht kan bergen. De bodemtextuur is een vast gegeven en is praktisch niet te beïnvloeden. De hydrologie is veelal ook een vast gegeven, maar met managementmaatregelen, zoals drainage, het bol leggen van percelen, het aanleggen van greppels en het toepassen van onderbemaling, kan wateroverlast verminderd worden.

De mate waarin de bodem vocht kan bergen en gevoelig is voor wateroverlast, wordt in de BedrijfsWaterWijzer dan ook benaderd als een gegeven. Bedrijfsspecifieke uitgangssituatie (conditie) en de score die hieraan toegekend wordt, geeft zodoende het bedrijfsrisico in de uitgangssituatie weer. Met de bovengenoemde managementmaatregelen kan dit risico in meer of mindere mate worden afgezwakt. Op de resultaatpagina van de BedrijfsWaterWijzer wordt het onderscheid tussen het bedrijfsrisico en het effect van het management op het risico expliciet weergegeven. De score op de effectiviteit van het management moet de ondernemer stimuleren om zo goed mogelijk met water om te gaan.

In de uitwerking van de module zijn alle factoren die invloed hebben op waterafvoer en vochtberging gescoord om de risico's op wateroverlast in beeld te brengen. Door middel van submodules is successievelijk onderscheid gemaakt in:

1. **Gevoeligheid vernatting bodem**
de uitgangssituatie voor bodem en hydrologie,
2. **Waterhuishouding gebied**
de uitgangssituatie voor de afvoer van water op gebiedsniveau,
3. **Afvoer van neerslag**
het afvoeren van neerslag van percelen en
4. **Infiltratie en berging**
het vergroten van infiltratie van neerslag en het bergen van water.

In de onderstaande paragrafen zijn per submodule de factoren en de wegeningen tussen factoren nader beschreven. De scores in Tabel 4.26 geven het risico op vernatting weer.

Tabel 4.26 Scores mate van risico op vernatting.

Resultaat risicoscore	Oordeel
4	Geen
3	Beperkt
2	Veel
1	Zeer veel

4.5.2 Gevoeligheid vernatting bodem

Voor het kwantificeren van de natgevoeligheid van de bodem is gebruik gemaakt van de verkorte Helptabel zoals die is weergegeven in de KWIN-Veehouderij (2010-2011). Hierin worden tien bodemtypen onderscheiden. In de huidige KWIN-Veehouderij (2017-2018) worden deze percentages niet meer gegeven. De combinatie van bodemtype en grondwatertrap resulteert in een percentage natdepressie (dit is opbrengstderving door natheid) zoals die in Tabel 4.27 staan vermeld. Met de vier kleuren, zoals die in Tabel 4.27 zijn toegelicht, zijn vier scores voor het risico op vernatting onderscheiden.

Tabel 4.27 Natdepressie grasland in procenten in relatie tot bodemtype en grondwatertrap. De kleuren geven de gemiddelde mate van risico op vernatting aan; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

Bodemtype	Grondwatertrap									
	II	IIb	III	IIIb	IV	V	Vb	VI	VII	
Veen	24	13	14	5	-1	6	1	-3	-3	
Veen met kleidek	21	9	12	4	-1	5	0	-1	-3	
Veen met zanddek	19	8	10	3	-2	4	-1	-3	-3	
Zavel met zware kleitussenlaag	21	9	14	6	0	6	1	0	0	
Klei met zware kleitussenlaag	22	11	16	7	0	7	4	0	0	
Zavel met veen- of zandondergrond	18	7	10	2	-2	2	-1	-3	-3	
Klei met veen- of zandondergrond	20	9	11	3	-2	4	0	-2	-1	
Zand met humeus dek <30 cm	15	6	7	1	-4	1	-2	-3	-3	
Zand met humeus dek >30 cm	18	6	9	2	-6	2	-4	-9	-9	
Löss	21	10	14	6	0	6	2	0	0	

Naast de natdepressie als resultaat van bodemtype en grondwatertrap is ook een score voor maaiveldligging van een perceel meegenomen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in vlak of hellend naar een sloot. Met hellend wordt een natuurlijke helling bedoeld (conditie) en geen aangelegde situatie (management). Situaties waar de maaiveldligging wel door de grondgebruiker is aangepast of is te beïnvloeden, zoals het bolleggen van percelen, zijn meegenomen in de submodule afvoer neerslag.

Op hellende percelen stroomt in principe meer neerslag af voordat het kan infiltreren waardoor in potentie het risico op vernatting kleiner is. Een hellend perceel scoort zodoende gunstig (groen) ten opzichte van een vlak perceel (rood) waar water gemakkelijker infiltrereert.

Tabel 4.28 Score risico op vernatting afhankelijk van maaiveldligging (hellend of vlak); groen betekent 'geen' risico en rood 'zeer veel' risico.

Maaiveldligging	Score
Hellend	4
Vlak	1

Voor het berekenen van een score voor natgevoeligheid zijn de factoren bodemtype en grondwatertrap samengevoegd tot één factor natdepressie. Deze worden dus niet afzonderlijk gewogen. De combinatie van de factoren natdepressie en maaiveldligging (hellend of vlak) wordt wel gewogen, en wel in een verhouding 9:1. De totaalscore voor natgevoeligheid betreft de areaalgewogen som voor alle percelen samen. In formule:

$$\begin{aligned} & \text{Score natgevoeligheid alle percelen} \\ &= \sum_{p=1}^{p=n} \left\{ \frac{\text{Oppervlak (p)}}{\text{Oppervlak totaal}} \right. \\ & \quad \left. * (0.9 * \text{score natdepressie} + 0.1 * \text{score helling}) \right\} \end{aligned} \quad \text{formule 10}$$

Waar p = perceelnummer, n = aantal percelen

4.5.3 Waterhuishouding gebied

Voor de waterhuishouding op gebiedsniveau is onderscheid gemaakt tussen vrije afwatering en peilbeheersing (polders). Bij vrije afwatering wordt de afvoer van een neerslag grotendeel bepaald door de afvoercapaciteit van sloten en de mate waarin water wordt vastgehouden door middel van stuwen. In peilbeheerste situaties wordt het oppervlaktewaterpeil volledig gereguleerd, maar kan de afvoer van water stagneren door een te beperkte afvoercapaciteit. Meestal is dit het geval wanneer de afstand tot een gemaal relatief groot is. In het kader van het risico op vernatting wordt vrije afwatering als relatief gunstig beschouwd en peilbeheerst als relatief ongunstig. Zie Tabel 1.29 voor de respectievelijke scores.

Tabel 1.29 Score risico op droogte afhankelijk van waterhuishouding gebied; groen betekent 'geen' risico en rood betekent 'zeer veel' risico.

Waterhuishouding	Score
Peilbeheerst (polders)	1
Vrij afwaterend	4

De mate van afwatering in vrij afwaterende gebieden kan lokaal verschillen. Er is onderscheid gemaakt tussen droogvallende sloten en permanent watervoerende sloten. Deze geven respectievelijk een klein en een groot risico op vernatting (Tabel 4.30).

Tabel 4.30 Score risico op vernatting afhankelijk van watervoering sloten in vrij afwaterende gebieden; groen betekent 'geen' risico en rood betekent 'zeer veel' risico.

Watervoering sloten	Score
Permanent watervoerend	1
Droogvallende sloot	4

Voor peilbeheerste situaties is de mate van drooglegging (= maaiveld minus het oppervlaktewaterpeil) en het risico op vernatting met een score gewaardeerd, zie Tabel 4.31. De drooglegging is van invloed op de vochttoestand in de bovengrond. Er wordt onderscheid gemaakt in een grote, matig grote, beperkte en geringe drooglegging. Een grote drooglegging wordt ingesteld om vernatting te voorkomen en scoort daarom het meest gunstig. Hoe geringer de drooglegging, des te ongunstiger de score in het perspectief van het voorkomen van vernatting.

Tabel 4.31 Score risico op vernatting afhankelijk van drooglegging in peilbeheerste gebieden; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

Drooglegging	Score
Groot (> 80 cm -mv)	4
Matig (60-80 cm -mv)	3
Beperkt (40-60 cm -mv)	2
Gering (0-40 cm -mv)	1

Voor het toekennen van een score aan waterhuishouding gebied worden de factoren waterhuishouding en wateraanvoer bij vrij afwaterende situaties of waterhuishouding en drooglegging bij peilbeheerste situaties afzonderlijk gewogen. Voor beide situaties is een verhouding 1:1 aangehouden. De totaalscore voor waterhuishouding gebied betreft de areaalgewogen som voor alle percelen samen. In formule:

Score risico op vernatting waterhuishouding gebied vrij afwaterende alle percelen

$$\sum_{p=1}^{p=n} \left\{ \frac{\text{Oppervlak (p)}}{\text{Oppervlak totaal}} * (0.5 * \text{score vrij afwaterend} + 0.5 * \text{score water aanvoer}) \right\} \quad \text{formule 11}$$

Score risico op vernatting waterhuishouding gebied peilbeheerst alle percelen

$$= \sum_{p=1}^{p=n} \left\{ \frac{\text{Oppervlak (p)}}{\text{Oppervlak totaal}} * (0.5 * \text{score peilbeheerst} + 0.5 * \text{score drooglegging}) \right\} \quad \text{formule 12}$$

Waar p = perceelnummer, n = aantal percelen

4.5.4 Afvoer neerslag

Neerslagpieken zijn de belangrijkste bron van wateroverlast en het is van belang dit water snel af te voeren naar het watersysteem en te bergen in de bodem. Het belang is groter naarmate de natgevoeligheid van de bodem groter is. Voor het afvoeren van neerslag wordt onderscheid gemaakt in vrij afwaterende en peilbeheerste situaties (zie voorgaande paragraaf). Voor een vrij afwaterende situatie kan het peil van het oppervlaktewater in eigen sloten beïnvloed worden door het gebruik van een stuw. In een peilbeheerste situatie is het oppervlaktewaterpeil ingesteld, maar daar wordt soms van afgeweken door onderbemaling toe te passen. Bepalende management factoren voor afvoer van neerslag zijn verder het al dan niet toepassen van greppels en buisdrainage en de afvoercapaciteit van sloten als resultaat van slootonderhoud.

De afvoer van neerslag kan in vrij afwaterende gebieden belemmerd worden door stuwen die geplaatst zijn om water vast te houden, grondwaterstands daling te vertragen en zo de vochtbeschikbaarheid in de bovengrond op peil te houden. Dit heeft gevolgen voor het risico op vernatting (Tabel 4.32). Bij de risico score is onderscheid gemaakt in vaste en variabel in te stellen stuwen. Zonder stuw wordt het water niet vastgehouden en deze situatie geeft 'geen' risico op vernatting. Een vaste stuw minimaliseert de afvoer van water en geeft daarom 'zeer veel' risico op vernatting. Variabel in te stellen stuwen worden gebruikt om vernatting te voorkomen, waardoor het risico op wateroverlast geringer is dan bij een vaste stuw. In de score is dit tot uitdrukking gebracht met 'veel risico' in plaats van 'zeer veel' risico.

Tabel 4.32 Score risico op vernatting afhankelijk van het vasthouden van neerslag met een stuw in vrij afwaterende gebieden; rood betekent 'zeer veel' risico, oranje betekent 'veel' risico en groen betekent 'geen' risico.

Stuw	Score
Nee	4
Ja, variabel in te stellen stuw in eigen beheer	2
Ja, vaste stuw in eigen beheer	1

In peilbeheerste gebieden met een relatief geringe drooglegging, zoals in het westelijk veenweidegebied, wordt veelvuldig onderbemaling toegepast om de drooglegging te vergroten, waardoor het risico op wateroverlast vermindert. In het perspectief van het afvoeren van neerslag wordt onderbemaling als gunstig beoordeeld (Tabel 4.33).

Tabel 4.33 Score risico op vernatting afhankelijk van onderbemaling in peilbeheerste gebieden; groen betekent 'geen' risico en rood betekent 'zeer veel' risico.

Onderbemaling	Score
Nee	1
Ja	4

De mate waarin neerslag van een perceel wordt afgevoerd wordt mede bepaald door de maaiveldligging. Een bolle ligging in combinatie met greppels scoort het meest gunstig, namelijk 'geen risico' op vernatting. Een overmaat aan neerslag wordt gemakkelijk oppervlakkig afgevoerd door de bolle ligging en de relatief korte afstand naar greppels als drainagemiddel. Percelen die hellend naar de sloot of bol liggen scoren wat minder gunstig, omdat de afstand tot een sloot groter is. De risicoscore voor vernatting is 'beperkt'. Een vlakke ligging remt de oppervlakkige afvoer van neerslag en veel water zal via infiltratie afgevoerd moeten worden. De risicoscore voor vernatting is zodoende 'veel'. Een holle ligging en ingesloten laagtes zijn zeer nadelig voor de afvoer van water, doordat oppervlakkig afvoer uitgesloten is en water alleen via infiltratie afgevoerd kan worden. Dit geeft 'zeer veel' risico op vernatting.

Tabel 4.34 Score risico op vernatting afhankelijk van maaiveldligging; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico (M = gerelateerd aan management, C staat voor conditie).

Maaiveldligging	Score
Bol tussen greppels (M)	4
Bol (M)	3
Hellend naar sloot (C)	3
Vlak (M)	2
Hol (M)	1
Ingesloten laagtes (M)	1

Met buisdrainage kan de afvoer van overtollig water uit de bovengrond van percelen worden bevorderd. De wijze waarop de drainage wordt aangelegd, is van grote invloed op deze afvoer. Diepe drainage ontwaterd het beste en geeft het minste ('geen') risico op vernatting. Peilgestuurde drainage geeft een 'beperkt' risico omdat bij deze vorm van drainage de ontwateringsbasis verlaagd kan worden, waardoor de waterafvoer vergroot wordt. Bij ondiepe drainage wordt water oppervlakkiger uit de bodem afgevoerd en blijft de ondergrond natter. De score voor risico op vernatting is zodoende 'veel'. Geen drainage geeft 'zeer veel' risico op vernatting.

Tabel 4.35 Score risico op vernatting afhankelijk van drainage; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

Drainage	Score
Geen	1
Diep	4
Ondiep	2
Peilgestuurd (water vasthouden of infiltreren)	3

Op percelen met een relatief lage infiltratiecapaciteit en een geringe ontwatering of drooglegging worden vaak greppels in het maaiveld toegepast om water sneller oppervlakkig naar de sloten af te voeren. Door de extra waterafvoer geeft begreppeling 'geen' risico op vernatting en geen begreppeling 'zeer veel' risico op vernatting (Tabel 4.36).

Tabel 4.36 Score risico op vernatting afhankelijk van begreppeling; groen betekent 'geen' risico en rood betekent 'zeer veel' risico.

Begreppeling	Score
Ja	4
Nee	1

Het slootonderhoud is van invloed op de afvoercapaciteit van sloten, gegeven de dimensionering van sloten. Een grote afvoercapaciteit is gunstig voor het beperken van vernattingsrisico's. Voor de factor slootonderhoud worden vier gradaties van onderhoud onderscheiden. Daarbij zijn de risico's op vernatting aangegeven (Tabel 4.37).

Tabel 4.37 Score slootonderhoud vasthouden neerslag; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

Slootonderhoud	Score
Compleet schoon, minder dan 25% begroeid	4
Minder dan 50% dicht gegroeid	3
Meer dan 50% dicht gegroeid	2
Compleet dicht gegroeid	1

Aan alle factoren die invloed hebben op het vasthouden van neerslag zijn wegingsfactoren toegekend volgens formule 12 en 13 voor respectievelijk vrij afwaterende en peilbeheerste gebieden. Voor alle factoren is een gelijke wegingsfactor verondersteld van 0,2.

Score vasthouden neerslag vrij afwaterende gebieden

$$= \sum_{p=1}^{p=n} \left\{ \frac{\text{Oppervlak (p)}}{\text{Oppervlak totaal}} \right. \\ \left. * \left(0.2 * \frac{\text{score}}{\text{stuw}} + 0.2 * \frac{\text{score maaiveld}}{\text{ligging}} - + 0.2 * \frac{\text{score}}{\text{drainage}} + 0.2 * \frac{\text{score}}{\text{greppels}} + 0.2 * \frac{\text{score}}{\text{slootonderhoud}} \right) \right\} \quad \text{formule 13}$$

Score vasthouden neerslag peilgestuurde gebieden

$$= \sum_{p=1}^{p=n} \left\{ \frac{\text{Oppervlak (p)}}{\text{Oppervlak totaal}} \right. \\ \left. * \left(0.2 * \frac{\text{score}}{\text{onderbemaling}} + 0.2 * \frac{\text{score maaiveld}}{\text{ligging}} - + 0.2 * \frac{\text{score}}{\text{drainage}} + 0.2 * \frac{\text{score}}{\text{greppels}} + 0.2 * \frac{\text{score}}{\text{slootonderhoud}} \right) \right\} \quad \text{formule 14}$$

Waar p = perceelnummer, n = aantal percelen

4.5.5 Vergroten infiltratie en berging

De afvoer van water wordt niet alleen bepaald door de aanwezigheid van waterlopen en de oppervlakkige afvoer via het maaiveld. Ook de mate van infiltratie en berging in de bodem spelen een rol. Bij een goede infiltratie in de bodem wordt wateroverlast verminderd en wordt het watersysteem minder belast. Waterschappen hechten zodoende veel waarde aan maatregelen die de infiltratie bevorderen. Belangrijke factoren die invloed hebben op de infiltratie zijn gewas, organische stofbeheer, bodemstructuur en vruchtwisseling.

Het gewas heeft invloed op de infiltratie van water in de bodem. Op onbeteelde grond infiltreert water minder goed dan op grasland doordat de toplaag, afhankelijk van de textuur van de bodem, door neerslag in meer of mindere mate dichtslaat. Op beteelde gronden infiltreert water mede via de wortels. Een grotere worteldiepte bevordert de infiltratie. In Tabel 4.38 staan de scores voor gewassen. Snijmaïs geeft het grootste ('zeer veel') risico op een beperkte infiltratie door de relatief grote plantafstand en het grote aandeel onbeteelde grond. Bovendien transporteert het gewas neerslag via de bladeren en de steel naar de bodem, waardoor rond de basis van de plant relatief meer wateroverlast optreedt dan op afstand van de plant. Dit vertraagt de infiltratie door extra verdichting die hier optreedt en door de ongelijke verdeling over het perceel. Ingeschat wordt dat Rietzwenkgras het meest gunstig scoort ('geen' risico) vanwege de relatief diepe beworteling. Rode klaver is een wat opener gewas waardoor de bodem wat sneller dichtslaat, maar heeft wel een penwortel die waterinfiltratie bevordert. Aan dit gewas is de score 'veel' risico toegekend. Aan de gangbare grassoorten (Engels raaigras, Timothee, Beemdlangbloem) is de score 'beperkt' risico toegekend vanwege de dichte bodembedekking.

Tabel 4.38 Score risico op beperkte infiltratie en berging van neerslag afhankelijk van gewas; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

Gewas	Score
Gangbare grassoorten	3
Snijmaïs	1
Rode klaver	2
Rietzwenkgras	4

Op minerale gronden kan onder akkerbouwmatige omstandigheden het organische stofgehalte zodanig laag worden dat het de infiltratie negatief beïnvloedt. Afhankelijk van de bodemtextuur slaat de bodem sneller dicht. In Tabel 4.39 staan de scores voor verschillende klassen van organische stofgehaltes, waarbij relatief lage gehalten worden onderscheiden.

Tabel 4.39 Score risico op beperkte infiltratie en berging van neerslag afhankelijk van het organisch stofgehalte; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

Organisch stofgehalte	Score
<2%	1
2-3%	2
3-4%	3
>4%	4

Een goede bodemstructuur is van groot belang voor het infiltreren van water in de bodem. In een verdichte bodem met een slechte structuur is het poriënvolume gering en is het transport van water belemmerd. In Tabel 4.40 staan de scores voor bodemstructuur in klassen zoals die door de gebruiker van de BedrijfsWaterWijzer ingeschat kan worden.

Tabel 4.40 Score risico op beperkte infiltratie en berging van neerslag afhankelijk van bodemstructuur; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

Bodemstructuur	Score
Goed	4
Vrij goed	3
Matig	2
Slecht	1

Voor gras is onderscheid gemaakt tussen blijvend grasland en gras dat in vruchtwisseling wordt geteeld, omdat dit invloed heeft op de dichtheid van de graszode. Een open zode infiltreert minder goed neerslag dan een dichte graszode. Blijvend grasland heeft een grotere dichtheid dan relatief jong grasland als gevolg van vruchtwisseling. In een vruchtwisseling waarin grasland en bouwland elkaar snel opvolgen (nauwe vruchtwisseling) is het aandeel jong grasland relatief groot ten opzichte van een ruime vruchtwisseling (vruchtwisseling met langere gras- en akkerbouwfasen). Daardoor geeft een nauwe vruchtwisseling een groter risico op verminderde infiltratie dan een ruime vruchtwisseling. De verschillen in infiltratie en daarmee waterafvoer is in een score tot uitdrukking gebracht, met het minste ('geen') risico op vernatting bij blijvend grasland, 'beperkt' risico bij ruime vruchtwisseling en 'zeer veel' risico bij nauwe vruchtwisseling (Tabel 4.41).

Tabel 4.41 Score risico op infiltratie van neerslag afhankelijk van vruchtwisseling; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico en rood 'zeer veel' risico.

Vruchtwisseling	Score
Ja, nauwe vruchtwisseling	1
Ja, ruime vruchtwisseling	3
Nee (blijvend grasland)	4

Aan de bovenstaande behandelde factoren die van invloed zijn op infiltratie en berging van neerslag zijn wegingsfactoren toegekend in formule 14 en 15 voor respectievelijk gras en de overige gewassen snijmaïs, rode klaver en rietzwenkgras. Voor gras hebben gewas en vruchtwisseling een wegingsfactor van 0,3 en hebben organische stof en bodemstructuur een wegingsfactor 0,2. Voor de overige gewassen heeft gewas een wegingsfactor van 0,4 en hebben organische stof en bodemstructuur een wegingsfactor van 0,3.

$$Score \text{ infiltratie en berging van neerslag gras} = \sum_{p=1}^{p=n} \left\{ \frac{\text{Oppervlak (p)}}{\text{Oppervlak totaal}} * \left(0.3 * \frac{score \text{ vrucht wisseling}}{score \text{ vrucht wisseling}} + 0.2 * \frac{score \text{ organische stof}}{score \text{ organische stof}} + 0.2 * \frac{score \text{ bodem structuur}}{score \text{ bodem structuur}} + 0.3 * \right. \right. \quad \text{formule 15}$$

Score infiltratie en berging van neerslag overige gewassen

$$= \sum_{p=1}^{p=n} \left\{ \frac{\text{Oppervlak (p)}}{\text{Oppervlak totaal}} * \left(0.4 * \frac{score \text{ gewas}}{score \text{ gewas}} + 0.3 * \frac{score \text{ organische stof}}{score \text{ organische stof}} + 0.3 * \frac{score \text{ bodemstructuur}}{score \text{ bodemstructuur}} \right) \right\} \quad \text{formule 16}$$

Waar p = perceelnummer, n = aantal percelen

4.6 Uitspoeling naar het grondwater

4.6.1 Berekening risico op nitraatuitspoeling

In deze module wordt het risico op verlies van stikstof vanuit percelen via nitraatuitspoeling naar het grondwater beschreven. Ook is het mogelijk afwijkende plekken binnen een perceel te onderscheiden. Op die manier kan rekening gehouden worden met slechte plekken die een relatief grote invloed hebben op de nitraatuitspoeling, zoals bijvoorbeeld een droge plek in een perceel ('droge kop'). Het risico op nitraatuitspoeling wordt vervolgens geaggregeerd, eerst voor een perceel (als er afwijkende plekken zijn) en vervolgens voor het gehele bedrijf door oppervlakte gewogen te middelen.

De benadering die voor het risico op nitraatuitspoeling is gekozen, is dezelfde als die in vereenvoudigde vorm al voor de KringloopWijzer (KLW) was ontwikkeld (zie tabel 2.3.1 in Schröder et al., 2014). Het betreft een directe vertaling van het stikstofbodemoverschot uit de KLW naar nitraatgehalte in het bovenste grondwater op basis van de uitspoelfracties die zijn afgeleid uit de resultaten van het Landelijk Meetnet Mestbeleid (Fraters et al., 2012). De uitspoelfractie geeft aan welk deel van het stikstofbodemoverschot uitspoelt. Deze uitspoelfracties hangen af van het gebruik (gras- of bouwland), grondsoort (zand, klei, veen) en op zandgrond ook van de grondwaterstand (nat, gemiddeld, droog). In de tabel 2.3.1 in Schröder et al. (2014) wordt afgezien van het onderscheiden van alle voorkomende combinaties (geen natte zandgronden met grondwatertrap (Gt) I-III, V en geen onderscheid naar Gt op klei en veen). In de BedrijfsWaterWijzer wordt de meer gedetailleerde benadering van Groenendijk et al. (2017) toegepast. Voor die benadering is uitgegaan van de originele uitspoelfracties van Fratens et al. (2012) voor de daar onderscheiden combinaties (Tabel 4.42). Groenendijk et al. (2017) hebben de volgende formule gehanteerd:

$$\text{NO}_3\text{-concentratie (mg/L)} = \text{UG} \times \text{N-bodemoverschot (kg N/ha)} \quad \text{formule 17}$$

waar de uitspoelingsgevoeligheid UG is gedefinieerd als $443^1 \times \text{UF/NO}$. UF staat voor uitspoelingsfractie en NO voor neerslagoverschot (mm). In de BedrijfsWaterWijzer maken we echter geen onderscheid tussen weerjaren. De uitspraken hebben dus betrekking op gemiddeld weer met een gemiddeld neerslagoverschot.

Tabel 4.42 Nitraatuitspoelingsgevoeligheid (UG) berekend door Groenendijk et al. (2017) met de uitspoelingsfracties (UF) en neerslagoverschotten (NO) volgens Fratens et al. (2012).

Grond- watertrap	Zand			Klei			Veen		
	Gras	Maïs	Overig bouwland	Gras	Maïs	Overig bouwland	Gras	Maïs	Overig bouwland
VIIIb	0,60	1,13	1,16	0,15	0,43	0,44	0,07	0,19	0,19
VII	0,54	1,00	0,96	0,14	0,38	0,36	0,06	0,17	0,16
VI	0,45	0,78	0,80	0,11	0,29	0,30	0,05	0,13	0,13
Vb	0,34	0,53	0,61	0,08	0,20	0,23	0,04	0,09	0,10
V	0,35	0,53	0,69	0,09	0,20	0,26	0,04	0,09	0,11
IV	0,31	0,48	0,49	0,08	0,18	0,19	0,03	0,08	0,08
IIIb	0,22	0,35	0,38	0,05	0,13	0,14	0,02	0,06	0,06
III	0,05	0,09	0,11	0,01	0,03	0,04	0,01	0,02	0,02
IIb	0,04	0,05	0,05	0,01	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01
II	0,03	0,07	0,07	0,01	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01
I	0,03	0,07	0,07	0,01	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01

Het N-bodemoverschot in formule 17 wordt in principe overgenomen uit de KringloopWijzer, maar de bodemoverschotten uit de KLW gelden voor alle graspercelen samen of alle maïspancelen samen. Omdat in de BedrijfsWaterWijzer overgestapt wordt op een perceelsgerichte benadering, wordt het mogelijk om het N-bodemoverschot per perceel te schatten. Verschillen tussen percelen uiteten zich meestal in een

¹ Omrekening van N naar NO₃ (4,43), van mm naar L en van kg naar mg

afwijkende opbrengst. In ieder geval is dat, wat een veehouder meestal over zijn percelen weet. Wat zijn uw beste en slechtste percelen? Het belangrijkste probleem is dat het lastig is om de verschillen kwantitatief uit te drukken zonder tijdrovende metingen. Daarom wordt gekozen voor een grove indeling met relatieve opbrengstverschillen (Tabel 4.43). Het is belangrijk om hierbij onderscheid te maken in verschillen die ontstaan als gevolg van verschillen in management, dat wil zeggen verschillen in bemesting en de aspecten die hieronder aan de orde komen, zoals vruchtwisseling, vanggewas, graslandgebruik, en verschillen in opbrengst tussen percelen die een gevolg zijn van de condities zoals bodem en Gt. Het gaat om verschillen in opbrengstcapaciteit (potentiële opbrengst) tussen percelen die worden bepaald door de condities, en niet door het management. Een concreet voorbeeld hiervoor: een perceel dat uitsluitend gemaaid wordt mag qua opbrengst niet vergeleken worden met een perceel dat uitsluitend wordt geweid. Doel is om in te schatten wat het effect is op de stikstofonttrekking en dus het bodemoverschot. Er wordt als volgt gecorrigeerd:

$$\text{N-bodemoverschot } p = (\text{N-bodemoverschot}_g - \text{afwijking_opbrengst}_p) \times \text{N-onttrekking K LW} \quad \text{formule 18}$$

Waar p staat voor het betreffende perceel en g voor de K LW-graseenheid. Voor maïs geldt dezelfde formule, maar dan wordt g (K LWgras) vervangen door m (K LWmaïs).

Tabel 4.43 Correctie op het stikstofoverschot door afwijkende opbrengst ten opzichte van de K LW-eenheden gras en maïs (formule 17).

Afwijking opbrengst	Afwijking opbrengst _p
>25% extra	+ 0.30
10-25% extra	+ 0.125
+10% tot -10%	0.00
10-25% reductie	- 0.125
25% reductie	- 0.25

In het programma is een correctie (normalisatie) ingebouwd om te voorkomen dat de gebruiker over het totaal van zijn K LW-eenheid een hogere opbrengst schat dan de waarde uit de K LW.

Idealiter houdt een veehouder rekening met slechtere (of betere) percelen bij de bemesting. In zo'n geval wordt het N-bodemoverschot nogmaals gecorrigeerd, nu voor afwijkende bemesting (Tabel 4.44). Er wordt van uit gegaan dat deze informatie alleen hoeft te worden ingewonnen als de veehouder heeft aangegeven dat er percelen met afwijkende opbrengst zijn.

$$\text{N-bodemoverschot}_p = \text{N-bodemoverschot}_g + \text{afwijking_bemesting}_p \times \text{N-bemesting} \quad \text{formule 19}$$

Waar p staat voor het betreffende perceel en g voor K LWgras. Voor maïs geldt dezelfde formule, maar dan wordt g (K LWgras) vervangen door m (K LWmaïs).

Tabel 4.44 Correctie op het stikstofoverschot door afwijkende bemesting ten opzichte van het perceel (formule 18).

Afwijking bemesting	Afwijking bemesting _p
>25% extra	+ 0.30
10-25% extra	+ 0.15
-10% tot +10%	0.00
10-25% reductie	- 0.15
>25% reductie	- 0.30

Ook hier is een correctie (normalisatie) ingebouwd om te voorkomen dat de gebruiker over het totaal van zijn KLV-eenheid een hogere of lagere bemesting schat dan de waarde uit de KLV. Het is uiteraard ook mogelijk om de correcties in formule 17 en 18 in één formule te combineren. Wij presenteren de berekende nitraatgehaltes niet absoluut, maar in klassen (Tabel 4.45), omdat we een risicobenadering volgen en niet de pretentie hebben om nitraat-concentratie voldoende nauwkeurig te kunnen berekenen met de beschikbare bedrijfsinformatie.

Tabel 4.45 Risico op nitraatuitspoeling; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

Berekende nitraatconcentratie bovenste grondwater (mg/l)	Risico
<25	
25-50	
50-75	
>75	

Daarnaast wordt in het vervolg van deze module een aantal aspecten belicht die wel invloed hebben op de nitraatuitspoeling, maar waarvan het effect niet éénduidig kan worden gekwantificeerd. Het betreft zowel aspecten van de condities waaronder wordt geboerd (de omstandigheden die als vast gegeven moeten worden beschouwd, zoals afwijkingen in het bodemprofiel) als management aspecten (zoals beweiding). Op deze manier wordt zichtbaar welke maatregelen eventueel getroffen kunnen worden om de situatie te verbeteren, maar daarbij wordt niet duidelijk hoeveel. De risicoscore van deze aspecten heeft dus een andere betekenis dan de risicoscore uit Tabel 4.45. Achtereenvolgens komen aan bod:

1. bodemprofielafwijkingen,
2. bodemconditiescore,
3. bemestingshistorie (P-toestand),
4. hydrologie (drainage),
5. beweiding,
6. vanggewas,
7. vruchtwisseling en
8. herinzaai.

4.6.2 Bodemprofiel en -conditie

In het bedrijfsportret in de BedrijfsWaterWijzer is al geïnteriseerd welke bodemklasse en Gt er op ieder perceel voorkomen. Vervolgens wordt rekening gehouden met bodemeigenschappen die niet direct in de bodemklasse tot uiting komen, maar mogelijk wel invloed hebben op de nitraatuitspoeling. Deze aspecten worden apart van het geschatte nitraatgehalte beoordeeld met een kwalitatieve score. In Tabel 4.46 worden de volgende profieleigenschappen onderscheiden met een verondersteld effect op nitraat:

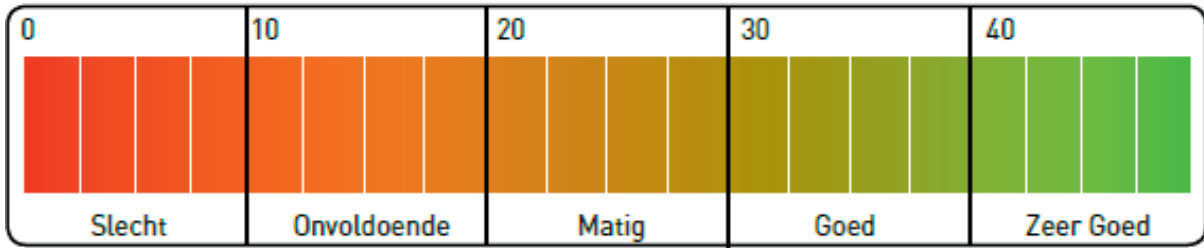
- veen of moerige lagen in de ondergrond van minerale gronden → lager nitraatgehalte,
- zwaardere tussenlaag of ondergrond bij minerale gronden (klei bij zavel, leem bij zand, inclusief löss) → lager nitraatgehalte,
- omgekeerd, lichtere laag in de ondergrond bij zwaardere gronden → hoger nitraatgehalte,
- zandondergrond bij veengronden → hoger nitraatgehalte,
- ongerijpte klei in de ondergrond van veengronden → minder nitraat,
- scheurvorming in klei met kortsluitstroming → hoger nitraatgehalte
- verdichte bodemlaag onder de bouwvoor → minder nitraat.

Tabel 4.46 Effect van afwijkingen in het bodemprofiel op het nitraatrisico.

Bodemklassen BWW	Grondsoort	Mogelijke afwijkingen	Risicoscore	Risico beoordeling
Veen	Veen	Lichte minerale laag in de ondergrond (incl. zandondergrond) < 120cm –mv	3	Veel
		Lichte minerale laag in de ondergrond (incl. zandondergrond) > 120cm –mv	2	Beperkt
		Slecht doorlatende laag in de ondergrond ² (incl. ongerijpte klei)	1	Geen
Veen met kleidek				
Veen met zanddek				
Zavel met zware kleitussenlaag	Klei	Scheurvorming (Lutum > 25%)	3	Veel
		Lichte minerale laag in de ondergrond	3	Veel
		Slecht doorlatende laag in de ondergrond ²	2	Beperkt
		Veen of moerige lagen in de ondergrond	1	Geen
		Verdichting in de ondergrond ²	2	Beperkt
Zavel met veen of zandondergrond	Zand	Moerige of veenlaag	1	Geen
		Lichter (grover) materiaal in de ondergrond	3	Veel
		Zwaarder materiaal in de ondergrond ² (klei of leem) Inclusief Lössprofielen	2	Beperkt
		Slecht doorlatende laag in de ondergrond ²	2	Beperkt
		Verdichting in de ondergrond ²	2	Beperkt
Klei met zware tussenlaag				
Klei met veen of zandondergrond				
Zand met dun humeus dek (<30 cm)	Zand			
Zand met dik humeus dek (>30 cm)				
Löss				

Daarnaast gaan we ervan uit dat een goede bodemconditie van de bovengrond leidt tot minder nitraat (Figuur 4.2, Tabel 4.47).

² verdichting is ongunstig voor belasting van het oppervlaktewater, hier wordt alleen gekeken naar nitraat in grondwater. Met 'Verdichting in de ondergrond' wordt de voortschrijdende bodemverdichting onder de bouwvoor door mechanisatie bedoeld, met 'Slecht doorlatende laag in de ondergrond' van nature voorkomende slecht doorlatende lagen door ongerijpte klei, glide, ijzeroer, keileem e.d.



Figuur 4.2 Bodemconditiescore (http://mijnbodemconditie.nl/images/pdf/BCS_KUILMETING-v2.pdf).

Tabel 4.47 Effect van bodemconditiescore op het risico van nitraatuitspoeling.

Bodemconditiescore (Figuur 4.2)	<10	10-20	20-30	30-40	>40
	Slecht	Onvoldoende	Matig	Goed	Zeer goed
Nitraatrisico BWW	Zeer veel		veel	beperkt	geen

In Tabel 4.46 is geen rekening gehouden met de dikte van het humeuze dek bij zandgronden. In de praktijk wordt er vaak van uit gegaan, dat minder organisch materiaal in de bovengrond leidt tot meer uitspoeling. De uitspoelfactoren voor nitraat volgens LMM (Fraters et al., 2012; Tabel 4.42) houden hier geen rekening mee. Ook uit de uitspoelfactoren voor N-uitspoeling naar het oppervlaktewater, afgeleid uit STONE (zie Tabel 4.78) blijkt geen toename van N-uitspoeling bij een dunner humeus dek. Het is goed denkbaar dat de ervaringen uit de praktijk het gevolg zijn van een betere N-opname door het gewas bij meer of diepere organische stof. Hierdoor wordt het N-bodemoverschot kleiner en daarmee de nitraatuitspoeling. Dit effect weegt impliciet mee via het N-bodemoverschot dat immers een onderdeel is van de risicoscore voor nitraatuitspoeling. Daarnaast is de bodemconditiescore van de bovengrond (Tabel 4.47) een onderdeel van de risicoscore; het is plausibel dat die beter uitpakt voor eerdgronden, waardoor het effect van een dikker humeus dek ook daar impliciet meeweegt.

4.6.3 Bemestingshistorie

Het gebruik van veel mest in het verleden kan leiden tot na-ijling van nitraatuitspoeling door mineralisatie van opgebouwde organische (stik)stof, en is als zodanig een risico voor nitraat. De bemestingshistorie komt tot uitdrukking in de fosfaattoestand (Tabel 4.48). Deze wordt gebruikt als benadering (proxy) van historische mestoverschotten. Naarmate de P-toestand hoger is, is er meer risico op nitraatuitspoeling. Aanbevolen wordt om te onderzoeken of deze aanpak kan worden vervangen door een benadering op basis van het stikstof leverend vermogen NLV (CBGV, ongedateerd). Een bijzonder geval doet zich voor wanneer een perceel is samengeteld uit twee of meer historische percelen. Het kleinste historische perceel kan dan als een afwijkende plek binnen het huidige perceel worden gedefinieerd in het bedrijfsportret. Mits hierover informatie bekend is, kan aan de afwijkende plek een andere fosfaattoestand worden toegekend.

Tabel 4.48 Effect van de P-toestand (bemestingshistorie) van het perceel op het nitraatrisico.

Bemestingsadvies		Gebruiksnorm			Nitraatrisico
P-toestand	Pw bouwland	Categorie volgens mestwetgeving	P-AL gras	Pw bouwland	
Zeer Laag	<11	Fosfaatarme of -fixerende grond	<16	<25	Geen
Laag	11-20	Grond met lage fosfaattoestand	<27	<36	Geen
Voldoende	21-30		27-50		Beperkt
Ruim voldoende	31-45	Fosfaat neutrale grond		36-55	Beperkt
Vrij Hoog	46-60		43,5-50		Veel
Hoog	>60	Grond met hoge fosfaattoestand	>50	>55	Zeer veel

4.6.4 Hydrologie

In het bedrijfsportret is al geïnventariseerd welke bodemtypen en Gt er op ieder perceel voorkomen. Daarnaast komen buisdrainage, maaiveldgreppels, kwel en eventueel helling in aanmerking voor verdere verfijning van de hydrologische situatie. Binnen de BWW wordt ervan uit gegaan dat het effect van deze factoren grotendeels tot uiting komt in de grondwaterstand en daarmee in formule 16 is verwerkt tot het resulterende nitraatgehalte. Er wordt een uitzondering gemaakt voor drainage (Tabel 4.49). Er wordt een effect verwacht op nitraat van peilgestuurde drainage en ondiep en nauw aangelegde drainage ten opzichte van traditionele drainage, omdat deze vormen van buisdrainage leiden tot gemiddeld een wat hogere grondwaterstand en daarmee tot meer denitrificatie. Deze effecten zijn nog niet in de Gt verwerkt en moeten daarom apart in beeld gebracht worden. Het belang van drainage is overigens groter voor uitspoeling naar het oppervlaktewater.

Tabel 4.49 Effect van drainage op het risico van nitraat in het bovenste grondwater.

Soort drainage	Risico
Traditionele buisdrainage	Zeer veel
Ondiep en nauwe aangelegde drainage	Veel
Peilgestuurde drainage	Beperkt
Geen drainage	Geen

Deze aspecten zullen ook nog terugkomen bij module 5, omdat deze factoren effect hebben op de verdeling van het neerslagoverschot over grond- en oppervlaktewater, en daarmee op de N-uitspoeling, zowel naar grond- als naar oppervlaktewater.

4.6.5 Grondgebruik

Nitraat uitspoeling wordt beïnvloed door het grondgebruik. Daarbij gaat het niet alleen om de gewaskeuze (het effect van grondgebruik als gras- en bouwland en maïs werd al aangeduid in Tabel 4.42) maar ook om het gebruik van grasland voor maaien en beweiden (Verloop et al., 2006; Vellinga et al., 2001). De invloed van beweiding op nitraatuitspoeling hangt samen met de manier waarop de beweiding wordt uitgevoerd. Bij de risicoscore gaan we uit van de volgende effecten:

- Het risico op nitraatuitspoeling neemt toe naarmate de beweiding intensiever is,
- Het risico op nitraatuitspoeling neemt bij eenzelfde beweidingsintensiteit af naarmate het vee eerder in het seizoen opgesteld wordt,
- Het beweiden van vee op een 'uitloop' (het beweiden op een relatief klein oppervlak) resulteert in een disbalans tussen mestexcretie (hoog) en grasopname in de wei (laag) en verhoogt het risico op nitraatuitspoeling sterk ten opzichte van andere methoden van weiden (zoals omweiden en roterend standweiden).

Deze effecten zijn gezamenlijk verdisconteerd in de risicoscore die is weergegeven in Tabel 4.50.

Tabel 4.50 Gecombineerd effect van graslandgebruik en opstaldatum op het uitspoeling risico van nitraat; score >3,5 = 'zeer veel risico', 2,5-3,5 = 'veel risico', 1,5-2,5 = 'beperkt risico' en <1,5 = 'geen risico'.

Graslandgebruik (risico score)	Uitloop (4)	Onbeperkt weiden (3)	Beperkt weiden (2)	Geen beweiding (1)
Opstaldatum (risico score)				
na 15 september (4)	4	3,5	3	1
vóór 15 september (3)	3,5	3	2,5	1
vóór 15 augustus (2)	3	2,5	2	1
Geen beweiding (1)	1	1	1	1

4.6.6 Vanggewas na maïs

Als de bodem na de oogst van maïs geen groene bodembedekking meer heeft (zwarte braak), verhoogt dat het risico op nitraatuitspoeling. Een vanggewas dat zich ontwikkelt na de oogst van maïs kan nog vrijkomende nutriënten opnemen en daardoor uitspoeling naar grondwater beperken (Schröder et al., 1992). De effectiviteit van het vanggewas hangt af van de mate waarin het zich nog kan ontwikkelen na de oogst van maïs wat, behalve door weeromstandigheden, bepaald wordt door het management. De BWW weegt bij de risicobeoordeling de volgende aspecten van het vanggewas mee.

1. Productie vanggewas

Een hoge productie van het vanggewas verlaagt het risico op nitraatuitspoeling.

2. Zaaidatum vanggewas

Vroeg zaaien (wat bij nazaai gelijkstaat aan vroeger oogsten van de maïs) verhoogt de haalbare productie van het vanggewas en verlaagt daardoor het risico op nitraatuitspoeling.

3. Grasonderzaai versus nazaai

Grasonderzaai verhoogt de kans op een hoge productie van het vanggewas en verlaagt daardoor het risico op nitraatuitspoeling ten opzichte van nazaai.

4. Moment van onderploegen

Laat onderploegen van het vanggewas in het voorjaar volgend op het maïsjaar verlaagt het risico op nitraatuitspoeling.

Effecten 1, 2, en 3 zijn met elkaar verbonden en zijn daarom verwerkt in één scoretabel (Tabel 4.51). Zaaien van het vanggewas voor 1 juli impliceert dat onderzaai is toegepast. De overige zaaidata zijn van toepassing bij nazaai van het vanggewas. De methode van toepassing van het vanggewas (onderzaai versus nazaai) en de zaaidatum beïnvloeden samen de opname van N uit de bodem en daarmee het risico van uitspoeling. Wanneer men door visuele schatting van de productie van het vanggewas tot het oordeel komt dat de productie afwijkt van wat verwacht zou mogen worden op basis van de teeltmethode en zaaidatum kan de visuele schatting de schatting op basis van methode en zaaidatum overrulen.

Tabel 4.51 Effect van de productie van het vanggewas op het nitraatrisico; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

Methode	Zaaidatum	Geschatte N-productie (kg/ha/jr)	Overeenkomende ds productie (ton/ha)	Risico score
Nazaai	Na 1 oktober	<10	<0,5	4
	September	10-20	0,5-1	3
	Vóór 1 september	20-40	1-2	2
Onderzaai	Vóór 1 juli	>40	>2	1

4.6.7 Herinzaai en vruchtwisseling

Nitraatuitspoeling wordt mede beïnvloed door de herinzaaifrequentie op grasland en door de vruchtwisseling gras en maïs. We houden daar op de volgende manier rekening mee:

- **Frequentie graslandvernieuwing**

Graslandvernieuwing is een handeling die gepaard gaat met een risico op nitraatuitspoeling. Vaker grasland vernieuwen leidt dus tot een hoger risico op nitraatuitspoeling.

- **Aandeel maïs (of andere akkerbouwgewassen) in vruchtwisseling met gras**

Hoe lager het aandeel maïs/gras in een vruchtwisseling hoe lager het uitspoelingsrisico. Bij continu teelt maïs, of minder dan 1x per 5 jaar gras is er zeer veel risico.

- **Een gelijk aandeel akkerbouwgewas en gras in vruchtwisseling met graan als overgangsgewas naar gras**

Een vruchtwisseling met 3 jaar gras en 3 jaar akkerbouw is wat betreft het risico op nitraatuitspoeling al tamelijk gunstig. Graan geteeld als laatste akkerbouwgewas draagt bij aan een goede overgang van de akkerbouwfase naar de graslandfase doordat zich nauwelijks periodes voordoen met zwarte braak. Daarom scoort graan als laatste akkerbouwgewas gunstig. Een vruchtwisseling met 3 jaar gras, 2 jaar maïs en 1 jaar graan wordt beoordeeld als 'geen risico op nitraatuitspoeling'.

Deze effecten zijn verwerkt in de risicobeoordeling op grond van herinzaai van grasland en vruchtwisseling met akkerbouw en gras.

$$\text{Risico herinzaai en vruchtwisseling} = 0.5 * \text{risico herinzaai} + 0.5 * \text{risico vruchtwisseling} \quad \text{formule 20}$$

Tabellen 4.53 en 4.54 geven de risico scores gerelateerd aan herinzaai en vruchtwisseling weer. Maïs staat in deze beoordeling (Tabel 4.54) model voor andere akkerbouwgewassen met uitzondering van graan.

Tabel 4.53 Effect van graslandvernieuwing (herinzaai) op het risico van nitraatuitspoeling; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

Aantal jaren tussen herinzaai	Score
<6	4
6-10	3
>10	2
Geen herinzaai	1

Tabel 4.54 Effect van vruchtwisseling op het risico van nitraatuitspoeling; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

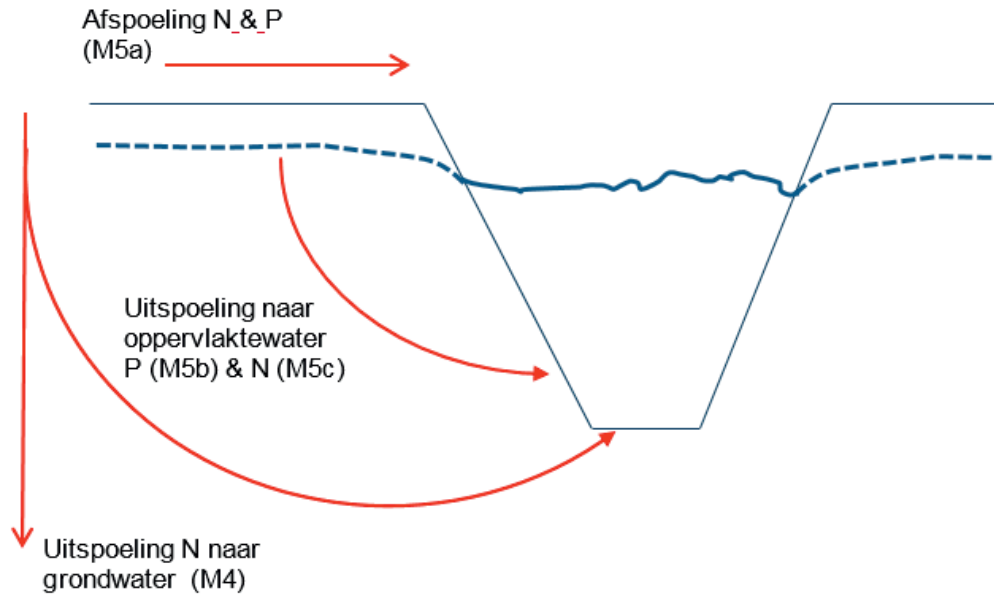
Vruchtwisseling	Score
Aandeel gras op maisperceel:	
< 1/6 (0 = continu maïsteelt)	4
1/6-2/6	3
>2/6	2
Aandeel maïs op grasperceel:	
< 1/6 (0 = blijvend grasland)	4
1/6 - 2/6	3
> 2/6	2
3 jaar gras - 2 jaar maïs - 1 jaar graan	1

4.7 Uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater

In Module 5 gaan we in op het verlies van de nutriënten N en P via af- en uitspoeling van percelen naar de sloot, of meer algemeen naar het oppervlaktewater. De begrippen afspoeling en uitspoeling verwijzen naar de verschillende transportroutes via welke N en P uit een perceel verloren kunnen gaan (Figuur 4.3). Afspoeling verwijst naar de route over het maaiveld, uitspoeling naar de route door de bodem. Risico's op af- en uitspoeling worden per slootsectie berekend. Een slootsectie is het gedeelte van een sloot dat aan een perceel grenst. Hierdoor is het risico dat aan de sloot wordt toegerekend gekoppeld met het aanliggende perceel. Daarnaast kan ook een geaggregeerd risico worden berekend voor een deel of alle sloten van het bedrijf door de slootsecties lengte gewogen te sommeren of te middelen. De slootsecties worden in versie 2018.01 van de BedrijfsWaterWijzer nog zelf ingevoerd onder het menu 'Koppeling sloot-perceel'. In de toekomst wordt dit geautomatiseerd met GIS.

Deze module is opgedeeld in drie submodules (Figuur 4.3):

- Afspoeling stikstof en fosfaat naar oppervlaktewater: submodule 5a (M5a)
- Uitspoeling fosfaat naar oppervlaktewater: submodule 5b (M5b)
- Uitspoeling stikstof naar oppervlaktewater: submodule 5c (M5c)



Figuur 4.3 Het onderscheid tussen af- en uitspoeling van N en P naar oppervlaktewater en uitspoeling van N-NO₃ naar grondwater in de BedrijfsWaterWijzer. M staat voor module.

Het behandelen van afspoeling en uitspoeling in verschillende submodules is nodig omdat de transportroutes, en daarmee de risico's, niet door dezelfde factoren beïnvloed worden. Daardoor kunnen niet dezelfde rekenregels gebruikt worden:

- Verliezen van fosfaat door uitspoeling vormen vooral een risico voor oppervlaktewater en veel minder direct voor grondwater. Daarom is de route van fosfaatuitspoeling naar grondwater niet uitgewerkt (ook niet in Module 4 van de BedrijfsWaterWijzer). Fosfaatuitspoeling naar oppervlaktewater wordt behandeld in module 5b.
- Verliezen van stikstof door uitspoeling vormen zowel een risico voor grondwater als voor oppervlaktewater. De risico's voor grondwater zijn in module 4 uitgewerkt en de risico's voor oppervlaktewater in module 5c. De risico's verbonden met N-uitspoeling naar oppervlaktewater (Module 5c) worden net als de risico's door N-uitspoeling naar grondwater (Module 4) beïnvloed door het N-bodemoverschot. Het verschil tussen de risicobeoordeling bij beide routes zit hem enerzijds in de N-uitspoelfactoren die aangeven welk deel van het N-overschot uitspoelt, en anderzijds in de referentiewaarde waarmee de uitkomst wordt vergeleken (de "norm"). De N-uitspoelfactoren zijn verschillend voor grondwater (Module 4) en oppervlaktewater (Module 5c). Deze uitspoelfactoren worden bepaald door de verdeling van stroombanen over diepe afvoer naar het grondwater en ondiepe afvoer via ontwateringsmiddelen, en door denitrificatie, mineralisatie en immobilisatie. In Module 4 zijn de N-uitspoelfactoren afgeleid uit de resultaten van het LMM (Fraters et al., 2012). In Module 5c zijn de N-uitspoelfactoren afgeleid uit de resultaten van het model STONE voor de evaluatie van het mestbeleid (Groenendijk et al., 2015). Het is niet mogelijk om voor Module 5b P-uitspoelfactoren af te leiden op basis van P-overschot, omdat dit overschot niet voldoende sturend is voor de uitspoeling. Daarom is hiervoor een andere benadering ontwikkeld, waarin de P-bodemtoestand een prominente rol speelt.

Overigens bevat Figuur 4.3 nog niet alle routes naar het oppervlaktewater. Nutriënten kunnen ook nog door erosie van bodemdeeltjes naar oppervlaktewater getransporteerd worden, in feite een bijzondere vorm van oppervlakkige afvoer, met name in hellend gebied. In deze versie van de BedrijfsWaterWijzer is erosie nog niet opgenomen. De belasting van het oppervlaktewater via het erf wordt behandeld in Module 1 omdat het (ook) andere probleemstoffen betreft en omdat de risicobeoordeling een geheel andere benadering vergt dan die van Module 5.

Het risico op belasting van het oppervlaktewater (vrachtrisico) wordt bepaald door de twee hoofdfactoren: bronrisico en transportrisico (formule 21). Dit is een gebruikelijke benadering, die bijvoorbeeld ook gevolgd is voor fosfaatbelasting in de VS (Sharpley et al., 2003). In de benadering van Sharpley et al. (2003) is het aspect connectiviteit opgenomen in het transportrisico, maar er zijn ook benaderingen die connectiviteit als aparte factor meenemen (Heathwaite et al., 2007). De betekenis van dit begrip (en de haakjes in de formule) wordt hieronder toegelicht.

$$\text{vrachtrisico} = \text{bronrisico} \times \text{transportrisico} \times \text{connectiviteit} \quad \text{formule 21}$$

Met het bronrisico wordt bedoeld het risico op uitspoeling als gevolg van de hoeveelheid nutriënten die beschikbaar is voor af- of uitspoeling. Deze hoeveelheid kan worden bepaald door bemesting of nutriëntenoverschot of door de hoeveelheid nutriënten in de bodem. Het transportrisico wordt bepaald door de hydrologische en bodemkundige condities die de af- of uitspoeling van water bepalen. Connectiviteit is de mate waarin de bron verbonden is met het oppervlaktewater. Deze wordt bepaald door de afstand tussen de bron en de waterloop, en de transportroutes (incl. geohydrologische stroombanen) binnen het landschap. In hellende gebieden zijn dat relatief veel oppervlakkige afvoerroutes (vaak met erosie). In vlakke gebieden met een diep doorlatende bodem, zoals in Nederland zijn dat vooral de stroombanen door de bodem. De impliciete of expliciete invulling van connectiviteit verschilt per submodule, en staat daarom tussen haakjes in formule 21.

Submodule 5a: Afspoeling van stikstof en fosfaat

4.7.1 Bronrisico

Het bronrisico voor afspoeling wordt bepaald door het bodemoverschot, de bodemtoestand en directe bemesting. Deze aspecten komen in het onderstaande aan de orde.

De weging van deze aspecten is weergegeven in Tabel 4.55. Met directe bemesting wordt bedoeld het risico dat meststoffen direct meegevoerd worden door afspoeling. Voor het overige valt het risico door bemesting onder bodemoverschot. In het risico van directe bemesting worden ook de toedieningsmethode en –tijdstip van de bemesting betrokken (Tabel 4.58 en 4.59). Bij de weging directe bemesting kunstmest wordt rekening gehouden met het risico van directe belasting van het oppervlaktewater door het in de sloot terecht komen van mestkorrels tijdens het kunstmest strooien.

Tabel 4.55 Bronnen van N en P-afspoeling waarmee in de BWV rekening wordt gehouden. De weging geeft aan voor welk deel de betreffende bron meetelt in het bronrisico.

Bronnen	Weging	
	Stikstof	Fosfaat
Bodemoverschot	0,50	0,17
Bodemtoestand	n.v.t.	0,33
Directe bemesting dierlijke mest	0,33	0,33
Directe bemesting kunstmest	0,17	0,17

Bodemoverschot De tabellen 4.56 en 4.57 geven het bronrisico voor afspoeling als gevolg van het bodemoverschot. De Pbronrisico van het overschot wordt niet beïnvloed door de Ptoestand, terwijl dat wel het geval is bij Puitspoeling in module 5b. De gedachte hierachter is dat fosfaat bij afspoeling niet meer door de bodem kan worden vastgelegd, maar wel bij uitspoeling (en de mate waarin dat gebeurt wordt bepaald door de Ptoestand).

Tabel 4.56 Beoordeling N-bodemoverschot als bron voor afspoeling; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

N bodemoverschot kg N/ha/j	Nbronrisico_overschot
<75	1
75-125	2
125-175	3
>175	4

Tabel 4.57 Beoordeling P-bodemoverschot als bron voor afspoeling; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

P bodemoverschot kg P ₂ O ₅ /ha/j	Pbronrisico_overschot
<-10	1
-10-0	2
0-10	3
>10	4

Bodemtoestand Het risico van bodemtoestand geldt alleen voor fosfaat. Dit risico wordt op dezelfde manier ingeschat als het P-bronrisico voor uitspoeling van fosfaat in module 5b (zie Tabel 4.72) op basis van P-AL, Pw en/of PAE.

Directe bemesting Naarmate er meer mest of kunstmest wordt gebruikt is er meer risico op afspoeling van mest of kunstmest. Naast de hoeveelheid mest of kunstmest die wordt gebruikt (Formule 22) zijn ook de methode (Tabel 4.58) en tijdstip van toediening (Tabel 4.59) van invloed. Resultaat van de formule is een getal tussen 1 en 4.

$$\begin{aligned}
 &\text{Bronrisico directe bemesting X =} \\
 &0,33 * (3 * \text{dierlijke mestgift X} / \text{max gift X} + 1) * \\
 &\text{periodecorrectie dierlijke mest} * \text{methodecorrectie dierlijke mest} \\
 &+ \\
 &0,17 * (3 * \text{kunstmestgift X} / \text{max gift X} + 1) * \\
 &\text{periodecorrectie kunstmest} * \text{methodecorrectie kunstmest}
 \end{aligned}$$

formule 22

Waar X staat voor N respectievelijk P₂O₅ en maxXgift voor de maximale N en P₂O₅ gift.

De hoeveelheid mest of kunstmest is hier dus uitgedrukt als fractie van de maximale N of P₂O₅ gift. Voor de maximale gift (max gift X) wordt het advies aangehouden uit www.bemestingsadviezen.nl. Voor N is dat 382 kg/ha/j, voor P₂O₅ 100 kg/ha/j. In de praktijk zullen deze maximale niveaus op bedrijfsniveau in principe niet gehaald worden door de beperkingen van het mestbeleid. Op perceelniveau is dat wel mogelijk door onevenredige verdeling van meststoffen over het bedrijf. Vanuit landbouwkundige optiek is het niet efficiënt om het bemestingsadvies te overschrijden. Daarom hebben we het bemestingsadvies als maximale grens gesteld voor het bepalen van het risico. In geval van overschrijding van het advies komt het directe bemestingsrisico automatisch in de hoogste categorie "zeer veel" (4).

Formule 22 wordt toegepast op afzonderlijke percelen om het effect van verdeling over het bedrijf te kunnen meenemen. Bovendien wordt het bronrisico beïnvloed door het toedieningstijdstip, waardoor het nodig is om ook rekening te houden met afzonderlijke grassneden. Het risico per perceel wordt bepaald door de risico's van afzonderlijke sneden op te tellen.

Tabel 4.58 Invloed mesttoedieningsmethode op het bronrisico als gevolg van directe bemesting.

Toedieningsmethode	Methodecorrectie [0-1]
<i>Dierlijke mest Gras</i>	
Zodenbemester	0,25
Sleepvoet	0,50
Sleufkouter	0,50
Bovengronds	0,75
<i>Dierlijke mest Maïs</i>	
In 1 werkgang onderwerken	0,25
Sleepvoeten	0,50
Injecteren	0,00
Bovengronds	0,75
<i>Kunstmest Gras</i>	
Kunstmeststrooier	0,75
Kantmeststrooier	0,50
Injectie vloeibare meststoffen	0,25
<i>Kunstmest Maïs</i>	
Kunstmeststrooier	0,75
Kantmeststrooier	0,50
Rijenbemesting bovengronds	0,50
Rijenbemesting in de grond	0,25
Injectie vloeibare meststoffen	0,25

Tabel 4.59 Invloed van mesttoedieningstijdstip op het bronrisico als gevolg van directe bemesting*.

Periode	Tijdstipcorrectie [0-1]	
	Dierlijke mest	Kunstmest
Januari	0,75	0,75
Februari	0,75	0,50
Maart	0,50	0,25
April	0,25	0
Mei	0,25	0
Juni	0	0
Juli	0	0
Augustus	0,25	0
September	0,50	0,25
Oktober	0,75	0,50
November	0,75	0,75
December	0,75	0,75

* NB: In deze tabel zijn voor de volledigheid ook periodes opgenomen waarin mesttoediening niet toegestaan is.

4.7.2 Transportrisico

Het transportrisico wordt bepaald door de mate waarin oppervlakkige afvoer van water plaats vindt en is dus voor stikstof en fosfaat hetzelfde. Dit risico wordt ingeschat met een variant op de benadering van Massop et al. (2014; Tabel 4.60, m.u.v. kolom helling). In de tabel is te zien dat het transportrisico afhankelijk is van de afstand tot de waterloop en/of van de helling van het perceel, de bergingscapaciteit van water in de bodem (vooral bepaald door de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand), en de infiltratiecapaciteit.

Omdat we in BedrijfsWaterWijzer, versie 2018.01 nog niet de beschikking hebben over de variabelen berging en infiltratiecapaciteit, is van Tabel 4.60 een vertaling gemaakt naar de Bodem-Gt klassen die wel in de BedrijfsWaterWijzer beschikbaar zijn (Tabel 4.61). Er is een inschatting gemaakt van de variabelen berging en infiltratiecapaciteit voor iedere combinatie van bodemklassen en Gt en vervolgens is met Tabel 4.60 de vertaling naar risico gemaakt. Daarbij is het risico geschaald van 1 naar 4. Omdat ook afstand nog niet beschikbaar is, moet dit worden geïnterpreteerd als een afspoelingsrisico van het perceel zonder rekening te houden met de afstand tot de sloot. Wel tellen voorlopig alleen de percelen mee die grenzen aan een sloot.

Tabel 4.60 Transportrisico voor oppervlakkige afspoeling (en erosie) op basis van bodemeigenschappen en grondwatertrap, geschaald van 0-10 (0 = laag risico – 10 = hoog risico) (naar Massop et al., 2014, m.u.v. kolom helling).

Conditie			Beschikbare bodemberging											
Afstand tot waterloop (m)	Helling (%)		Zeer gering (< 10 mm)			Gering (10<b<20 mm)			Matig (20<b<40 mm)			Groot (> 40 mm)		
			Infiltratiecapaciteit (K = 1< cm/d; 1 cm/d < M < 10 cm/d; G = > 10 cm/d)											
			K	M	G	K	M	G	K	M	G	K	M	G
< 2	of	> 2	10	9	8	9	8	7	8	7	6	7	6	5
2-10	en	< 2	8	7	6	7	6	5	6	5	4	5	4	3
10 – 50	en	< 2	6	5	4	5	4	3	4	3	2	3	2	1
> 50	en	< 2	5	4	3	4	3	2	3	2	1	2	1	0

Tabel 4.61 Transportrisico voor oppervlakkige afspoeling op basis van bodemklasse en grondwatertrap, zoals afgeleid uit tabel 4.60, en geschaald van 1-4; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

Bodem		Grondwatertrap (Gt)									
		Gt	II	IIb	III	IIIb	IV	V	Vb	VI	VII
ID	Bodemklasse	ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Veen		4	3	4	3	2	3	2	1	1
2	Veen met kleidek		4	4	4	4	4	4	4	3	3
3	Veen met zanddek		3	2	3	2	1	2	1	1	1
4	Zavel met zware klei tussen laag		4	3	4	3	3	4	3	3	3
5	Klei met zware klei tussen laag		4	4	4	4	4	4	4	4	4
6	Zavel met veen- of zandondergrond		4	3	4	3	3	4	3	3	3
7	Klei met veen- of zandondergrond		4	4	4	4	4	4	4	4	4
8	Zand met humeus dek < 30 cm		3	2	3	2	1	2	1	1	1
9	Zand met humeus dek > 30 cm		3	2	3	2	1	2	1	1	1
10	Löss		4	3	4	3	3	4	3	3	3

Naast bodem en Gt zijn er nog andere eigenschappen die invloed hebben op het afspoelingsrisico. Achtereenvolgens komen aan bod:

- Bodemverdichting
- Bodemconditie
- Slempgevoeligheid
- Grondbewerking
- Bodembedekking

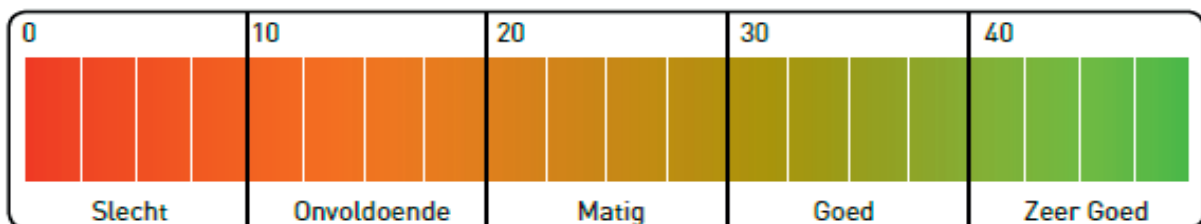
Bodemverdichting is een groot probleem in de Nederlandse landbouw, dat is ontstaan door de toegenomen mechanisatie. Hierdoor kan water moeilijker infiltreren in de bodem, ontstaan er plassen op het land en spoelt water eerder over het maaiveld af (groter transportrisico). In dit verband wordt ook wel gesproken over een schijngrondwaterspiegel. Bodemverdichting kan worden aangevinkt bij het menu 'Invoer percelen' als een storende laag binnen 50 cm-maaiveld. De effecten van bodemverdichting worden in het transportrisico meegenomen door de risico's te bepalen op basis van Tabel 4.62. Deze tabel is aangepast ten opzichte van Tabel 4.61, rekening houdend met ondiepe bodemverdichting.

Tabel 4.62 Score voor het transportrisico voor oppervlakkige afspoeling bij een storende laag binnen 50 cm-maaiveld (aangepast ten opzichte van Tabel 4.61); groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

Bodem		Grondwatertrap (Gt)									
		Gt	II	IIb	III	IIIb	IV	V	Vb	VI	VII
ID	Bodemklasse	ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Veen		4	4	4	4	3	4	3	2	2
2	Veen met kleidek		4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	Veen met zanddek		4	3	4	3	2	3	2	2	2
4	Zavel met zware klei tussen laag		4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	Klei met zware klei tussen laag		4	4	4	4	4	4	4	4	4
6	Zavel met veen- of zandondergrond		4	4	4	4	4	4	4	4	4
7	Klei met veen- of zandondergrond		4	4	4	4	4	4	4	4	4
8	Zand met humeus dek < 30 cm		4	3	4	3	2	3	2	2	2
9	Zand met humeus dek > 30 cm		4	3	4	3	2	3	2	2	2
10	Löss		4	4	4	4	4	4	4	4	4

Bodemconditie is ook van invloed op de verhouding tussen infiltratie (verlaagt het transportrisico) en afspoeling (verhoogt het transportrisico). De bodemconditiescore kan worden bepaald aan de hand van een aantal eenvoudige waarnemingen aan de bovengrond (www.mijnbodemconditie.nl). Het resultaat ziet eruit als in Figuur 4.4 en Tabel 4.63 geeft de vertaling naar het risico in de BWW. Men kan er echter niet van uit gaan dat veehouders deze test op al hun percelen hebben uitgevoerd. Daarom bieden we in de BWW een alternatief aan op basis van een schatting van de kwaliteit van de structuur van de bovengrond en van het organische stofgehalte. Dit betekent niet dat deze de meting van de bodemconditie kan vervangen. Het is beter om de meting te doen!

Hoewel er een zekere overlap kan bestaan tussen bodemverdichting en bodemconditiescore, zijn deze factoren niet hetzelfde. We nemen daarom beide mee.



Figuur 4.4 Bodemconditiescore volgens www.mijnbodemconditie.nl.

Tabel 4.63 Het effect van bodemconditie op het afspoelingsrisico; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico. Als er geen bodemconditiemeting beschikbaar is, zie tabel 4.64.

Bodemconditiescore	Afspoelingsrisico Bodemconditie
< 10	4
10-20	4
20-30	3
30-40	2
> 40	1

Tabel 4.64 Het effect van bodemstructuur en organische stofgehalte uit module 2 op het afspoelingsrisico; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico. Te gebruiken als er geen bodemconditiescore beschikbaar is.

Structuur	Afspoelingsrisico Bodemstructuur	Organische stof	Afspoelingsrisico Organische stof
Goed	1	Goed	1
Vrij goed	2	Vrij goed	2
Matig	3	Matig	3
Slecht	4	Slecht	4

Slempgevoeligheid is ook een belangrijke bodemeigenschap in verband met afspoeling. Door slemp slaat de bodem dicht waardoor de infiltratie verder wordt beperkt. Dit risico schatten we in volgens ten Cate et al. (1995, tabel 4.6.60, 3^e kolom). In het geval van minerale bodems worden aanvullende vragen gesteld (zie 2^e kolom). In de laatste kolom is het risico volgens ten Cate (1995; schaal 1-3) geschaald van 1-4 voor gebruik in de BWW.

Tabel 4.65 Effect van slemp op afspoelingsrisico. Bron: ten Cate et al. (1995: Tabel D-24); groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico. Te gebruiken als er geen bodemconditiescore beschikbaar is.

Bodemklasse	Benodigde extra informatie	Slemp risico volgens ten Cate [1-3]	Afspoelingsrisico Slemp in BWW [1-4]
Veen			
Veen met kleidek	N.v.t.	1	1
Veen met zanddek			
Zavel met zware klei tussen laag	Lichte Zavel	3	4
	< 3% org.stof, < 0,5% kalk		
	Lichte Zavel	2	2,5
Zavel met veen- of zandondergrond	< 3% org.stof, > 0,5% kalk	2	2,5
	Lichte Zavel, > 3% org.stof	2	2,5
	Zware zavel, > 0,5% kalk	1	1
Klei met zware klei tussen laag	Zware zavel, < 0,5% kalk	2	2,5
	N.v.t.	1	1
Klei met veen- of zandondergrond			
Zand humeus dek < 30 cm	Leemarm zand	1	1
	Lemig zand	2-3 (2,5)	3,25
Zand humeus dek > 30 cm	Zandige leem	3	4
Löss	Siltige leem	2	2,5

Grondbewerking beïnvloedt de infiltratiecapaciteit en bergingscapaciteit. Door een grondbewerking wordt de bodem lossier gemaakt waardoor water gemakkelijker indringt en er meer ruimte is in de bovengrond om water te bergen. Daarnaast beïnvloedt grondbewerking de ruwheid en de vorm en structuur van het oppervlak en daarmee de maaiveldberging (ingesloten laagtes, ruggen, sleuven, etc.). Ten slotte is de grondbeweringsrichting van belang. Dwars op de sloot is slechter omdat er dan geulen kunnen ontstaan die richting sloot lopen, waardoor er een hoog afspoelingsrisico ontstaat.

In tabel 4.66 is voor de invloed van de grondbewerking op het afspoelingsrisico ook nog rekening gehouden met een zero tillage systeem. Dit komt in Nederland weinig voor, maar wordt in het buitenland vaak gepropageerd als een erosie beperkende maatregel. Het is een manier om zonder grondbewerking, met veel diepwortelende gewassen, met *mulching* en bodembedekkers de bodembiodiversiteit te stimuleren en daarmee de bodemstructuur te verbeteren of in stand te houden. In die gevallen beoordelen we zero tillage daarom als gunstig. Dit oordeel geldt dus alleen wanneer de infiltratiecapaciteit inderdaad op deze manier is bevorderd. Anders geldt het ongunstige oordeel van “geen grondbewerking”.

Tabel 4.66 Invloed van een grondbewerking parallel of dwars op de sloot op het afspoelingsrisico; groen betekent ‘geen’ risico, geel ‘beperkt’ risico, oranje ‘veel’ risico en rood ‘zeer veel’ risico.

Grondbewerking parallel aan sloot	Afspoelingsrisico	Grondbewerking dwars op sloot	Afspoelingsrisico
Zero tillage	1,0	Zero tillage	1,0
Niet-kerend	1,7	Niet-kerend	2,3
Kerend	2,7	Kerend	3,3
Ruggen	1,0	Ruggen	4,0
Ruggen met drempels	1,0	Ruggen met drempels	3,7
Geen grondbewerking	3,5	Geen grondbewerking	3,5

Bodembedekking beïnvloedt, net als grondbewerking, ook de infiltratie- en bergingscapaciteit, zowel in de bovengrond als in het maaiveld. Aangezien bodembedekking niet onafhankelijk wordt bepaald in de BWW, gaan we bij het beoordelen uit van de wel beschikbare managementfactoren die de bodembedekking bepalen: vruchtwisseling en herinzaai (Tabel 4.67) en het inzaaien van een vanggewas (Tabel 4.68). Een graszode beoordelen we als het meest gunstig (1), braakland als minst gunstig (4) (Tabel 4.67). Grasonderzaai beoordelen we net zo gunstig als tijdige inzaai van een vanggewas (vóór 15 september).

Tabel 4.67 Invloed van vruchtwisseling en herinzaai op het afspoelingsrisico; groen betekent 'geen' risico, geel 'beperkt' risico, oranje 'veel' risico en rood 'zeer veel' risico.

Vruchtwisseling en herinzaai grasperceel	Aandeel vanggewas	Afspoelingsrisico vruchtwisseling
<i>Permanent grasland zonder maïs of ander bouwlandgewas (0/6)</i>		
Herinzaai minder dan 6 jaar	0	1,3
Herinzaai eens in de 6 tot 10 jaar	0	1,2
Herinzaai minder dan eens in de 10 jaar	0	1,1
Nooit herinzaai	0	1,0
<i>Vruchtwisseling grasperceel¹</i>		
Gras met < 1 keer maïs of een ander bouwlandgewas per 6 jaar	0	1,2
Gras met 1 keer maïs of een ander bouwlandgewas per 6 jaar (1/6)	0	1,4
Gras met 2 keer maïs of een ander bouwlandgewas per 6 jaar (2/6)	1/6	1,8
Gras met 3 keer maïs of een ander bouwlandgewas per 6 jaar (3/6)	2/6	2,2
<i>Vruchtwisseling maisperceel¹</i>		
Continu maïs	1	4,0
Maïs met < 1 keer gras per 6 jaar (<1/6)	0,9	3,7
Maïs met 1 keer gras per 6 jaar (1/6)	4/6	3,4
Maïs met 2 keer gras per 6 jaar (2/6)	3/6	2,8
Maïs met 3 keer gras per 6 jaar (3/6)	2/6	2,2

¹ Gras met > 3/6 keer maïs of ander bouwlandgewas is een maisperceel, en omgekeerd maïs met > 3/6 keer gras is een grasperceel.

Tabel 4.68 Het effect van de periode dat een vanggewas op het veld staat (% van het jaar) op het afspoelingsrisico.

Inzaaidatum	Onderwerkdatum					Niet onderwerken
	< 15 feb	15 feb - 1 maart	1 - 31 maart	1 - 15 april	> 15 april	
Geen vanggewas	0	0	0	0	0	0
Na 15 oktober	33	38	46	50	54	63
Tussen 1 en 15 oktober	38	42	50	54	58	67
Tussen 15 september en 1 oktober	42	46	54	58	63	71
Vóór 15 september	46	50	58	63	67	75
Grasonderzaai	46	50	58	63	67	75

Tabel 4.69 Effect van opbrengst van het vanggewas op het afspoelingsrisico.

Geen vanggewas	0
< 10 kg N/ha/jaar (< 1 ton Ds/ha)	0,2
10 - 25 kg N/ha/jaar (1 - 2,5 ton Ds/ha)	0,6
> 25 kg N/ha/jaar (> 2,5 ton Ds/ha)	1

Samen is dan de invloed van bodembedekking:

$$\text{Risico bodembedekking} = \text{risico vruchtwisseling [1-4]} - 3 * \text{effect vanggewas [0-1]} \quad \text{formule 23}$$

$$\text{Effect vanggewas [0-1]} = \text{opbrengstvanggewas [0-1]} * \text{aandeel vanggewas [0-1]} * \text{periode jaar [0-1]} \quad \text{formule 24}$$

Waar opbrengst vanggewas is gegeven in Tabel 4.69, aandeel vanggewas in Tabel 4.67 en periode in tabel 4.68. Het gewicht 3 aan een volgroeid vanggewas in formule 23 is bewust geringer dan 4 omdat het effect op bodembedekking van een volgroeid vanggewas geringer wordt beoordeeld dan van een volledige graszode (zie Tabel 4.67).

Weging De verschillende aspecten van transportrisico worden als volgt gewogen (Tabel 4.70).

Tabel 4.70 De weging van de verschillende factoren in het transportrisico voor afspoeling.

Factor		Weging
Bodem/ Gt met of zonder storende laag		0,33
Slomp	0,0825	}
Bodemconditie (of structuur en organische stof)	0,0825	
Grondbewerking	0,0825	
Bodembedekking	0,0825	
Helling of afstand tot sloot (connectivity)		0,33

Submodule 5b: Uitspoeling van fosfaat naar oppervlaktewater

Deze module betreft de relatief diepe uitspoeling van fosfaat naar oppervlaktewater via het grondwater in bodemlagen onder de bouwvoor (zie Figuur 4.3). Ondiepere uitspoeling (naar maaiveldgreppels) is nauwelijks te onderscheiden van oppervlakkige afspoeling en wordt daarom meegenomen in module 5a. Het risico van fosfaatuitspoeling vanuit percelen wordt vooral bepaald door het fosfaatconcentratieprofiel in de bodem, de diepte waarop water wordt afgevoerd en de afstand tot de sloot (connectiviteit; Schoumans et al., 2008). Het model PLEASE (Schoumans et al., 2013) berekent de fosfaatuitspoeling van een perceel met behulp van de volgende specifieke perceelkenmerken:

- Fosfaattoestand: Pw 0-20 en 20-50 cm-mv (bronrisico)
- Fosfaatbindend vermogen: oxalaat-extraheerbaar Al en Fe 0-20 en 20-50 cm-mv (bronrisico)
- GHG en GLG (transportrisico)
- Diepte van de sloot, greppel³ of drainbuis ten opzichte van maaiveld (transportrisico)
- Afstand tot de sloot (connectiviteit)

Van een willekeurig praktijkperceel is meestal alleen de fosfaattoestand van de bovengrond bekend (grasland 10 en bouwland 25 cm-mv), en niet de fosfaattoestand inclusief fosfaatbindend vermogen tot 50 cm-mv. Hoewel toepassing van het PLEASE concept inhoudelijk de voorkeur verdient, kiezen we daarom vooralsnog voor een kwalitatieve benadering, die ervan uit gaat dat het risico op een diep fosfaatfront (en dus op fosfaatuitspoeling) hoger is op percelen met een hoge fosfaattoestand in de bovengrond. Voor een nauwkeuriger schatting kan alsnog gekozen worden voor extra grondbemonstering en toepassing van PLEASE.

4.7.3 P-bronrisico

Het P-bronrisico voor uitspoeling wordt vooral bepaald door de P-toestand en bij toenemende P-toestand in toenemende mate ook door het P-bodemoverschot (formule 24, Tabel 4.71). Dit wijkt af van het P-bronrisico voor afspoeling omdat daar het P-overschot meetelt ongeacht de P-toestand.

³ de BWW neemt het effect van maaiveldgreppels mee in Module 5a, dus niet hier in Module 5b

$$P\text{-bronrisico} = \text{risico P-toestand} + a * (\text{risico P-overschot} - 1)$$

formule 25

waar factor a bepaalt in hoeverre het P-overschot meetelt (tabel 4.71). NB: Als de formule wordt ingevuld voor risico P-toestand 4 en risico P-overschot 4 wordt het P-bronrisico 5.5. Daarom zijn de resultaten van de formule terug geschaald naar 1 tot 4.

Tabel 4.71 Beoordeling P-bronrisico als gevolg van Risico P-bodemoverschot en Risico P-toestand.

Risico P-toestand	Risico P-overschot				Factor a
	Laag	Matig	Veel	Zeer veel	
Laag	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0
Matig	1,7	1,7	1,8	1,9	0,1
Veel	2,3	2,5	2,7	2,8	0,25
Zeer veel	3,0	3,3	3,7	4,0	0,5

Het P-bodemoverschot van afzonderlijke percelen wordt op dezelfde manier geschat als in Module 4 en 5c. Het is gebaseerd op een afwijkende opbrengst en bemesting ten opzichte van het bedrijfsgemiddelde per gewas uit de KringloopWijzer (Tabel 4.43 & 4.44, formule 17 & 18). In die tabellen en formules moet alleen N door P₂O₅ vervangen worden.

In eutrofe veengebieden draagt P-mineralisatie relatief veel bij aan het P-bronrisico. Uitgaande van een gemiddelde N-mineralisatie op veengronden van 165 kg N/ha/j (Kuikman et al., 2005) en een N/P verhouding van 50-55 (Bijlage G in Hendriks en Van den Akker, 2012), zou de gemiddelde P-mineralisatie rond de 3 kg P/ha/jr (7 kg P₂O₅/ha/jr) komen te liggen. Deze schatting tellen we bij veengrond op bij het P-bodemoverschot (formule 26).

$$P\text{-bodemoverschot}_{\text{veen}} = P\text{-bodemoverschot} + 7 \text{ (kg P}_2\text{O}_5 \text{ /ha/j)}$$

formule 26

Uitwerking risico P-toestand. Sinds 2012 is het fosfaatbemestingsadvies voor grasland verfijnd door gebruik te maken van een combinatie van P-CaCl₂ extractie (PAE) en P-AL (CBGV, 2017). PAE is een intensiteitsparameter die het direct beschikbaar P weergeeft, P-AL is meer een capaciteitsparameter die de P-voorraad weergeeft. De verhouding tussen beide zegt iets over de mate waarin de bodem P kan naleveren. In situaties met recent een hoge P bemesting kan relatief veel PAE aanwezig zijn ten opzichte van P-AL (hoge verhouding PAE/P-AL), doordat het systeem nog niet in evenwicht is. Door uit te mijnen kan PAE dan snel dalen. Meestal is de verhouding PAE/P-AL echter zo laag dat de bodem in staat is om substantieel P na te leveren. Voor het schatten van het milieurisico via watertransport achten we beide parameters daarom van belang, net zoals in het bemestingsadvies. Het bemestingsadvies geeft aan wat een zinvolle bemesting is bij bepaalde combinaties van PAE en P-AL waarden. Waar een hoge bemesting wordt geadviseerd (maximaal 100 kg P₂O₅ /ha op grasland voor de 1e snede op zandgrond met de laagste P-toestand) is weinig P beschikbaar voor gewasopname. Dat betekent ook dat het milieurisico op P-uitspoeling heel klein is. Omgekeerd is het milieurisico hoog waar het advies geen bemesting wordt geadviseerd. Er is in die situatie veel P beschikbaar voor gewasopname, en dus ook voor P-uitspoeling. Deze gedachtegang is uitgewerkt in Tabel 4.72. In deze versie van de BWW (2018.1) wordt nog alleen het risico voor watertransport gebruikt.

Tabel 4.72 Risico P-toestand, afgeleid van het bemestingsadvies voor gras. Complete tabel in bijlage III.

P-AL	P-CaCl ₂ (PAE)	Bemestingsadvies in kg P ₂ O ₅ /ha			P-risico voor watertransport			P-risico vaste deeltjes (erosie)
		Grondsoort			Grondsoort			
		Zand	Klei&Löss	Veen	Zand	Klei&Löss	Veen	
<10	<0,2				1,0	1,0	1,0	1,0
10	<0,2				1,0	1,0	1,0	1,0
<10	0,2				1,0	1,0	1,0	1,0
10	0,2	100	65	75	1,0	1,0	1,0	1,0
10	0,4	95	40	50	1,2	2,2	2,0	1,0
10	0,8	55	0	10	2,4	4,0	3,6	1,0
10	1,0	40	0	0	2,8	4,0	4,0	1,0
10	1,5	15	0	0	3,6	4,0	4,0	1,0
10	>2,0	0	0	0	4,0	4,0	4,0	1,0
15	0,2	95	35	50	1,2	2,4	2,0	1,5
15	0,4	80	25	35	1,6	2,8	2,6	1,5
15	0,8	50	0	5	2,5	4,0	3,8	1,5
15	1,0	35	0	0	3,0	4,0	4,0	1,5
15	1,5	10	0	0	3,7	4,0	4,0	1,5
15	>2,0	0	0	0	4,0	4,0	4,0	1,5
20	0,4	65	10	20	2,1	3,5	3,2	2,0
.....
35	>1,5	0	0	0	4,0	4,0	4,0	3,5
40	0,8	15	0	0	3,6	4,0	4,0	4,0
40	>1,0	0	0	0	4,0	4,0	4,0	4,0
>50	all	0	0	0	4,0	4,0	4,0	4,0

4.7.4 P-transportrisico

Het P-transportrisico wordt bepaald door hydrologische en bodemkundige factoren. De volgende factoren komen daar in principe voor in aanmerking: grondwaterstand, drainage, greppels, kwel en afwijkingen in het bodemprofiel. Connectiviteit wordt in de volgende paragraaf besproken.

Grondwaterstand. Hoge grondwaterstanden verhogen het risico op fosfaatuitspoeling, omdat fosfaat oplost als het milieu anaeroob wordt en daarnaast omdat de afvoer dan plaats vindt door ondiepere bodemlagen met een relatief hoge fosfaattoestand (**Tabel**). Vooral de grondwaterstanden binnen 40 cm onder maaiveld zijn hiervoor van belang (GHG < 40 cm-mv, dat zijn de Gt's I-IIIb, V en Vb). De grondwaterstand is de belangrijkste sturende variabele voor het transportrisico, daarom telt Gt dubbel in formule .

Tabel 4.73 P-transportrisico afhankelijk van Gt en GHG.

1 (zeer veel)	2 (veel)	3 (beperkt)	4 (laag)
Gt I-III, V (GHG<25cm-mv)	Gt IIb, IIIb, Vb (GHG<40cm-mv)	Gt IV (GHG>40cm-mv)	Gt VI, VII, VIII (GHG>40cm-mv)

Buisdrainage. Het P-transportrisico neemt toe naarmate het drainagemiddel ondieper is (Tabel 4.74). Het effect van maaiveldgreppels in het land wordt meegenomen bij afspoeling in Module 5a.

Tabel 4.74 Effect van drainage op P-transportrisico.

Buisdrainage	Risico drainage	
Geen	1	Zeer veel
Nauw en ondiep	2	Veel
Peilgestuurd	3	Beperkt
Traditioneel	4	Laag

Tabel 4.75 Beoordeling afwijking in bodemprofiel voor P-uitspoeling.

Bodemindeling bedrijfsporet	Grondsoort	Mogelijke afwijkingen	risico- bodemprofiel
Veen	Veen	Lichte minerale laag < 120cm	1
		Lichte minerale laag > 120cm	24
Veen met kleidek	Veen	Slecht doorlatende laag in de ondergrond (incl. ongerijpte klei)	4
Veen met zanddek			
Zavel met zware kleitussenlaag	Klei	Scheurvorming (Lutum>25%)	3
Zavel met veen of zandondergrond		Lichte minerale laag in de ondergrond	3
		Slecht doorlatende laag in de ondergrond	4
Klei met zware tussenlaag		Veen of moerige lagen in de ondergrond	2
Klei met veen of zandondergrond	Zand	Verdichting in de ondergrond	4
Zand met dun humeus dek (<30 cm)		Lichter (grover) materiaal in de ondergrond	3
		Zwaarder materiaal in de ondergrond (klei of leem). Inclusief Löss	3
Zand met dik humeus dek (>30 cm)		Slecht doorlatende laag in de ondergrond	3
Löss	Verdichting in de ondergrond	4	

Bodemprofiel. Daarnaast houden we rekening met het bodemprofiel Storende lagen in het profiel (dichter, zwaarder, minder doorlatend) leiden in principe tot meer horizontale afvoer naar het oppervlaktewater boven die laag. Soms is er dan ook sprake van een zogenaamde schijngrondwaterstand net boven zo'n laag. In het geval van lichtere (beter doorlatende) lagen in het profiel vindt er ook extra horizontale afvoer plaats, maar juist dóór deze laag in plaats van erboven. Het effect van een slechte bodemconditie van de bovengrond door verdichting of verslemping nemen we, net als de maaiveldgreppels, alleen mee bij afspoeling (Module 5a).

Kwel. Het effect van kwel is dat diepere stroombanen worden afgebogen naar de sloot, dat er dus relatief meer ondiepe afvoer plaats vindt met een hoger P-transportrisico. Probleem is dat kwel niet algemeen bekend is voor percelen en ook varieert door het seizoen. We nemen daarom aan dat het verdisconteerd is in Gt (percelen met kwel hebben over het algemeen ook een hoge grondwaterstand). De P-vracht wordt in geval van kwel uiteraard ook door de kwel concentratie beïnvloed. In situaties met P-rijke kwel (landsdelen van mariene oorsprong, vooral west en noord) kan kwel een aanzienlijk deel van de P-vracht uitmaken. In deze specifieke situaties zou kwel ook moeten meetellen in het P-bronrisico. Omgekeerd kan P-arme kwel de P-vracht verlagen door verdunning. Omdat gegevens hierover voor percelen ontbreken, houden we er geen rekening mee. Bovendien kan aan kwel moeilijk een handelingsperspectief voor de veehouder worden gekoppeld.

Samenvattend luidt formule 27 voor het P-transportrisico:

$$P\text{-transportrisico} = 0,5 * \text{risico Gt} + 0,25 * \text{risico drainage} + 0,25 * \text{risico bodemprofiel} \quad \text{formule 27}$$

⁴ Persoonlijke communicatie Rob Hendriks (mail 2/9/16)

4.7.5 P-vrachtrisiko

Ten slotte worden bronrisico en transportrisico gecombineerd (formule 21 zonder connectiviteit; tabel 4.76) om het P-vrachtrisiko vast te stellen. Er is gekozen voor logtransformatie om recht te doen aan de positieve interactie tussen transport en bronrisico.

Tabel 4.76 Waardering P-vrachtrisiko.

P-vracht risico	P-bronrisico				Logtransformatie				P-vrachtrisiko		
	1	2	3	4	1	2	3	4			
P-transportrisico	1	1	2	3	4	0,0	1,0	1,6	2,0	Zeer veel	>3,5
	2	2	4	6	8	1,0	2,0	2,6	3,0	Veel	2,5-3,5
	3	3	6	9	12	1,6	2,6	3,2	3,6	Beperkt	1,5-2,5
	4	4	8	12	16	2,0	3,0	3,6	4,0	Laag	<1,5

4.7.6 Afstand tot de sloot (connectiviteit)

Het P-transportrisico neemt ook toe naarmate het betreffende oppervlak dichterbij de sloot ligt (connectiviteit). Gemiddelde slootdichtheid (Σ slootlengte/oppervlak; m^{-1}) of slootafstand (1/slootdichtheid, m) is voor een gebied wel bekend of kan uit geografische bestanden (zoals de TOP10) worden berekend, maar dit geldt niet voor percelen. De gemiddelde slootafstand in een gebied kan worden berekend als de reciproke van de slootdichtheid (oppervlak / Σ slootlengte; m). Deze benadering kan op het lagere schaalniveau van percelen echter niet zomaar worden toegepast. Met connectiviteit houden we daarom alleen impliciet rekening:

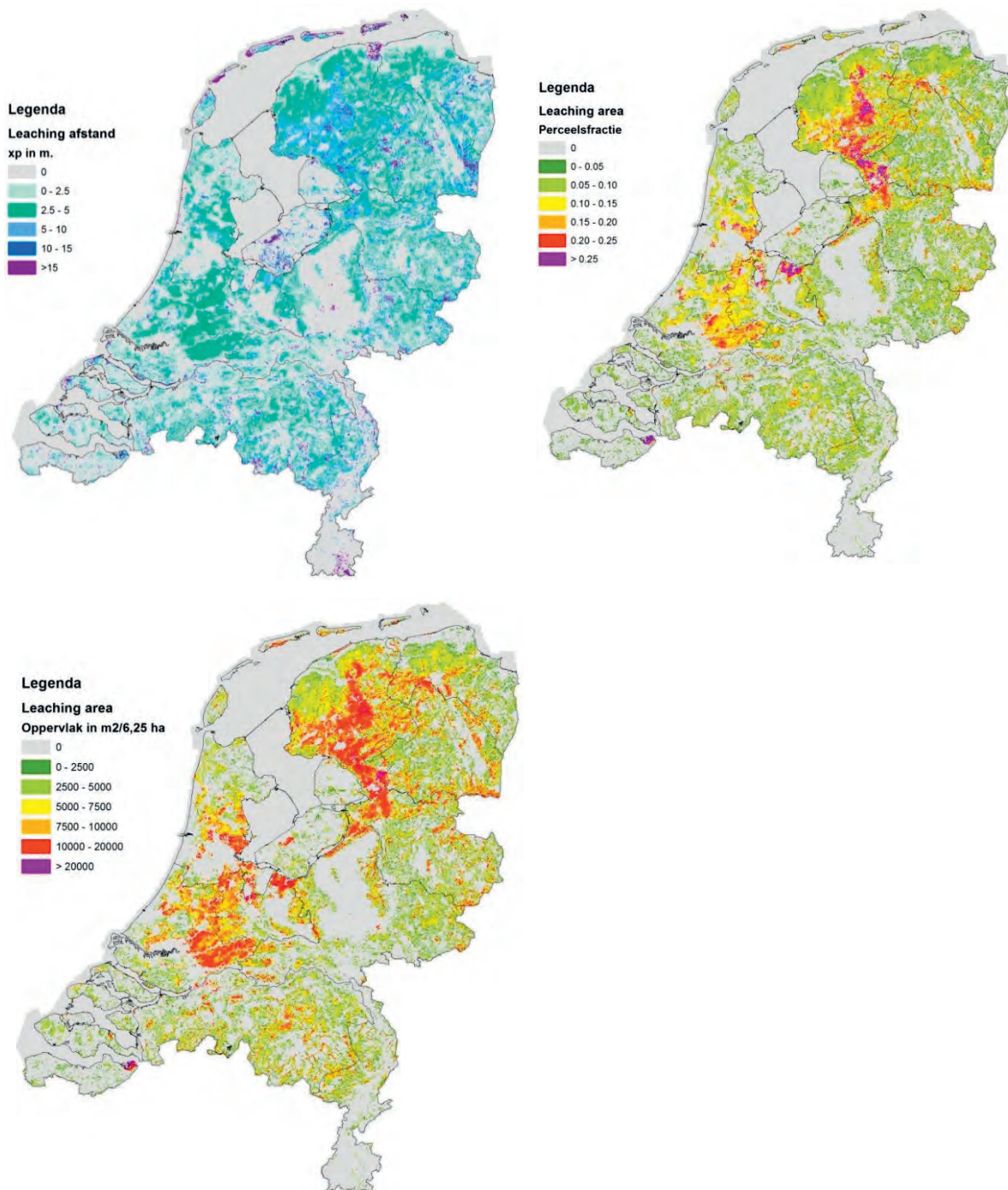
- Het P-uitspoelingsrisico van een perceel wordt in deze versie alleen toegerekend aan de naastgelegen (dichtstbijzijnde) sloot, en gewogen naar slootlengte. Dit betekent dat alleen percelen naast de sloot meetellen.
- In een volgende versie die gebruik maakt van GIS zullen we rekening houden met de uitspoelingsgevoelige zone vlak langs de sloot (toelichting hieronder).

Gebaseerd op het PLEASE concept en regionaal beschikbare invoerdata hebben Van der Salm et al. (2015) de breedte berekend van de zone x (m) naast de sloot, die substantieel bijdraagt aan de P-uitspoeling van het oppervlaktewater (**Figuur 5.3**). Op basis van de perceelcoördinaten kan de waarde voor x worden opgezocht. Aanbevolen wordt om een methode te ontwikkelen die deze schatting mogelijk maakt met lokale gegevens uit de BWW. De waarde van x kan worden opgevat als een proxy voor connectiviteit (Tabel 4.77).

Tabel 4.77 Effect slootafstand (connectiviteit) op het fosfaatuitspoelingsrisico. Naar Van der Salm et al. (2015).

Breedte P-gevoelige zone x (m)	Risico connectiviteit	
< 2,5	4	Zeer veel
2,5-5,0	3	Veel
5,0-10,0	2	Beperkt
>10,0	1	Laag

Zodra de BWW in een GIS-omgeving kan worden gebruikt, dan kan expliciet met connectiviteit rekening worden gehouden door de risico's dichtbij de sloot zwaarder te wegen.



Figuur 4.4 Breedte van de zone naast de sloot, die het meest gevoelig is voor fosfaatuitspoeling (linksboven), en het daarmee corresponderende areaal (rechtsboven in fractie van het perceel en linksonder in m²/6,25 ha). Bron: Figuur 4.19 in Van der Salm et al. (2015).

Submodule 5c Uitspoeling van stikstof naar oppervlaktewater

In figuur 4.3 werd al uitgelegd hoe we omgaan in de BWW met de verschillende emissieroutes naar het oppervlaktewater. In dit hoofdstuk behandelen we de uitspoeling van stikstof door de bodem. Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt tussen verschillende vormen van stikstof, zoals nitraat, ammonium en organische stikstof. De benadering voor het risico op stikstofuitspoeling naar de sloot is analoog aan de benadering voor nitraatuitspoeling naar het grondwater in module 4. De basisformule luidt:

$$\text{N-vracht (kg/ha/j)} = \text{N-bodemoverschot (kg N/ha/j)} \times \text{UG} \quad \text{formule 28}$$

Waarbij: N-vracht = de aanvoer van N naar een sloot (kg/ha/jr)
 N-bodemoverschot = het N-overschot op de bodembalans (kg/ha/jr)
 UG = Uitspoelingsgevoeligheid (uitleg zie tekst)

De waarden van UG zijn afgeleid van STONE berekeningen (Tabel 4.78). Per combinatie van omstandigheden (bodem, GHG, gewas, drainage) zijn STONE-plots gezocht waarvoor de gemiddelde relatie tussen N-bodemoverschot en N-vracht door middel van regressie kon worden vastgesteld. Groenendijk et al. (2017) noemen deze regressiecoëfficiënt N-uitspoelingsgevoeligheid (UG), de mate waarin het systeem reageert op verschillen in N-overschot. Voor sommige combinaties zijn geen, of onvoldoende STONE plots beschikbaar voor het schatten van een uitspoelingsgevoeligheid met regressie. Een belangrijk voorbeeld hiervan is de combinatie van ondiepe grondwaterstand met buisdrainage. Hoewel het combinaties betreft die ook in de praktijk weinig zullen voorkomen, zijn ze niet ondenkbaar of onmogelijk. Het heeft de voorkeur om de combinaties zoveel mogelijk in te vullen. Daarom zijn interpolaties uitgevoerd om ontbrekende combinaties in te vullen op basis van Gt en gewas (Bijlage IV). Waar dat niet mogelijk was zal het programma melden dat er voor de betreffende combinatie van eigenschappen geen schatting beschikbaar is. Naar verwachting zal dit niet veel voorkomen, omdat de beschikbare STONE plots de meest voorkomende situaties in de praktijk wel meenemen. Merk op dat ook buisdrainage een ingang is voor het vinden van de juiste UG. Daarbij wordt geen onderscheid gemaakt tussen verschillende vormen van buisdrainage.

Tabel 4.78 Uitspoelingsgevoeligheid voor stikstof (UG), zoals berekend op basis van STONE-output (Groenendijk et al., 2017). Bijlage IV geeft ook de schattingen voor UG voor minder vaak voorkomende combinaties van eigenschappen.

Bodemklasse	Bodem	Gewas	Buisdrains	GHG-range cm-mv	Gt	UG
Veen (koopveen=eutroof)	1,3	Gras	Nee	1)	1-9	0.014 ⁴⁾
Veen (meerveen=meso- of oligotroof)	1,3	Gras	Nee		1-9	0.035 ⁴⁾
Veen met kleidek	2	Gras	Nee		1-9	0.026
Zavel	4	Gras	Ja	40-100	5,8	0.131
Zavel	4	Gras	Nee		1-9	0.071
Zavel	4	Snijmaïs	Ja	40-100	5,8	2)
Zavel	4	Snijmaïs	Nee		1-9	0.104
Klei	5	Gras	Ja	40-100	5,8	0.063
Klei	5	Gras	Nee		1-9	0.049
Klei	5	Snijmaïs	Ja	40-100	5,8	0.153
Klei	5	Snijmaïs	Nee		1-9	0.063
	8	Gras	Ja	40-100	5,8	0.344
	8	Gras	Nee		8	0.266 ³⁾
	8	Gras	Nee	> 60	9	0.188
	8	Gras	Nee	< 60	1-7	0.123
Zand met dun humeus dek (podzol en stuifzand)	8	Snijmaïs	Ja	40-100	5,8	0.557
	8	Snijmaïs	Nee		8	0.397 ³⁾

Bodemklasse	Bodem	Gewas	Buisdrains	GHG-range cm-mv	Gt	UG
Zand met dik humeus dek	8	Snijmaïs	Nee	> 60	9	0.237
	8	Snijmaïs	Nee	< 60	1-7	0.116
	9,10	Gras	Ja	40-100	5,8	0.390
	9,10	Gras	Nee		8	0.272 ³⁾
	9,10	Gras	Nee	> 60	9	0.153
	9,10	Gras	Nee	< 60	1-7	0.124
	9,10	Snijmaïs	Ja	40-100	5,8	0.543
	9,10	Snijmaïs	Nee		8	0.385 ³⁾
	9,10	Snijmaïs	Nee	> 60	9	0.227
	9,10	Snijmaïs	Nee	< 60	1-7	0.082
Zavel en klei met veen of zandondergrond	6,7	Gras	Ja	40-100	5,8	0.069
	6,7	Gras	Nee		1-9	0.042
	6,7	Snijmaïs	Ja	40-100	5,8	²⁾
	6,7	Snijmaïs	Nee		1-9	0.050

¹⁾waar geen GHG is ingevuld zijn alle beschikbare STONE plots gebruikt ongeacht GHG.

²⁾onvoldoende STONE plots beschikbaar, voor interpolaties zie bijlage IV.

³⁾verkregen door interpolatie van de regel erboven en beneden als benadering voor Gt VI (Gt-ID 8).

⁴⁾voor bodemtype veen (ID = 1 of 3) is het gemiddelde van deze waarden gebruikt, zie ook Bijlage IV.

Voor de beoordeling van N-vrachten (Tabel 4.79) zijn we ervan uitgegaan dat de N-vracht gepaard gaat met een wateraanvoer naar de sloot die overeenkomt met een neerslagoverschot van 300 mm. Vervolgens is de N-concentratienorm van 2,4 mg N/L voor KRW slootwatertypen (Tabel 2.2 in Van Puijenbroek et al., 2010) toegepast.

Tabel 4.79 Beoordeling van de N-vracht of risico op N-uitspoeling naar de sloot.

N-vracht (kg/ha/jr)	< 3,5	3,5-7	7-14	>14
Risico op N-uitspoeling naar de sloot	1	2	3	4

De basisbenadering van de N-vracht kan net als bij nitraatuitspoeling naar het grondwater in module 4 worden verfijnd door de variabelen die de N-vracht bepalen aan te passen voor het perceel of eventueel de afwijkende plek binnen het perceel. Dit kan gaan om aanpassing van het N-bodemoverschot, het bodemtype of de Gt. Voor de aanpassing van het N-bodemoverschot wordt dezelfde correctie van N-opname in het gewas en N-bemesting gebruikt als in Module 4 (formules 17 en 18).

Daarnaast komt hieronder een aantal aspecten aan bod die wel invloed hebben op de N-vracht, maar waarvoor nog geen eenvoudige en geschikte kwantitatieve benadering beschikbaar is. Deze aspecten worden net als in Module 4 apart beoordeeld om aanknopingspunten voor het treffen van maatregelen te geven. Deze aspecten hebben geen invloed op de risicoscore op basis van de berekende N-vracht volgens formule 28.

1. de bemestingshistorie,
2. de bodemconditie,
3. afwijkingen in het bodemprofiel,
4. het voorkomen van buisdrainage,
5. de helling van percelen,
6. vruchtwisseling,
7. herinzaai,
8. vanggewas,
9. beweiding.

De bemestingshistorie, bodemconditie (bovengrond) en de managementaspecten vruchtwisseling, herinzaai, vanggewas en beweiding worden in deze Module 5c op dezelfde manier beoordeeld als in Module 4. Dit zijn in principe factoren die de verdeling van het neerslagoverschot over grondwater en

ontwateringsmiddelen niet beïnvloeden. De toelichting over de wijze waarop deze zijn behandeld in Module 4 is daarom ook van toepassing op Module 5c. Afwijkingen in het bodemprofiel in de ondergrond, buisdrainage en de helling van percelen zijn in Module 5c wel anders uitgewerkt en worden daarom hieronder toegelicht.

Bodemprofiel. Het effect van afwijkingen in het bodemprofiel is gebaseerd op het effect op de verdeling van neerslagoverschot over grond- en oppervlaktewater of op denitrificatie (Tabel 4.80):

- Lichte minerale laag in ondergrond --> meer laterale flux, meer risico.
- Slecht doorlatende laag in de ondergrond of verdichting --> meer laterale flux, meer risico.
- Scheurvorming in klei --> meer en snellere laterale flux, meer risico.
- Moerige lagen in de ondergrond van minerale grond --> meer denitrificatie, minder risico.
- Zwaardere laag in ondergrond van lichtere grond --> meer denitrificatie, minder risico.

Tabel 4.80 Beoordeling van afwijkingen in het bodemprofiel op het effect op N-uitspoeling naar de sloot. De mogelijke afwijkingen hebben betrekking op de grondsoorten, niet op de afzonderlijke bodemklassen.

Bodemklasse	Grondsoort	Mogelijke afwijkingen	Risico
Veen	Veen	Lichte minerale laag < 120cm	4
		Lichte minerale laag > 120cm	3
Veen met kleidek		Slecht doorlatende laag in de ondergrond (incl. ongerijpte klei)	4
Zavel met zware kleitussenlaag	Klei	Scheurvorming (Lutum>25%)	4
Zavel met veen of zandondergrond		Lichte minerale laag in de ondergrond	3
		Slecht doorlatende laag in de ondergrond	4
Klei met zware tussenlaag		Veen of moerige lagen in de ondergrond	2
Klei met veen of zandondergrond		Verdichting in de ondergrond	4
Zand met dun humeus dek (<30 cm)	Zand	Lichter (grover) materiaal in de ondergrond	3
		Zwaarder materiaal in de ondergrond (klei of leem). Inclusief Löss	2
Zand met dik humeus dek (>30 cm)		Slecht doorlatende laag in de ondergrond	4
Löss		Verdichting in de ondergrond	4

Er is in tabel 4.80 geen rekening gehouden met de dikte van het humeuze dek bij zandgronden. In de praktijk wordt er vaak van uit gegaan, dat meer organisch materiaal in de bovengrond leidt tot minder uitspoeling, vooral op zandgronden met continue maïs teelt. De uitspoelfactoren voor nitraat uit module 4 volgens LMM (Fraters et al., 2012) houden hier echter ook geen rekening mee. En ook uit de uitspoelfactoren voor N-vracht, zoals afgeleid uit STONE (Tabel 4.78) blijkt geen afname van de N-vracht met een dikker humeus dek. Het is goed denkbaar dat de ervaringen uit de praktijk het gevolg zijn van een betere N-opname door het gewas bij meer of diepere organische stof. Hierdoor wordt het N-bodemoverschot kleiner en daarmee de N-uitspoeling volgens formule 28. Bovendien houden we ook al rekening met de bodemconditiescore (alleen bovengrond). De kans is reëel dat die beter uitpakt voor eerdgronden, waardoor het effect van een dikker humeus dek toch wordt meegenomen.

Buisdrainage zorgt voor kortsluiting van het bovenste grondwater naar de sloot met in principe een hogere N-vracht tot gevolg (Tabel 4.81). Ondiep grondwater heeft immers een hogere N-concentratie dan diep grondwater. Bovendien kan de lagere grondwaterstand als gevolg van draineren ook leiden tot minder denitrificatie en dus een hoger nitraatgehalte. Van verdiept aangelegde peilgestuurde drainage is bekend dat het de N-vracht kan verlagen ten opzichte van traditionele drainage en licht verhogen ten opzichte van een ongedraineerde situatie (van Bakel et al., 2008). We kennen geen onderzoek naar het effect van nauwer (geringere drainafstand) en/of ondieper draineren, maar op grond van de theorie hoeft geen geringere N-vracht te worden verwacht. Daarom maken we vooralsnog geen onderscheid met traditionele drainage.

Tabel 4.81 Effect van drainage op de N-vracht.

Buisdrainage		Risico drainage
Geen	1	Laag
Peilgestuurd	2	Beperkt
Nauw en ondiep	4	Zeer veel
Traditioneel	4	Zeer veel

Het aspect **helling** van het perceel speelt vooral een rol bij afspoeling en erosie, maar bij een substantiële helling naar de sloot mag ook meer N-uitspoeling naar die sloot worden verwacht. Dit leidt tot de risicobeoordeling die is weergegeven in Tabel 4.82.

Tabel 4.82 Effect van helling op N-vracht.

Helling		Risico helling
<2% helling niet richting sloot	1	Laag
2-5% richting sloot	2	Beperkt
5-8% richting sloot	3	Veel
>8% naar de sloot	4	Zeer veel
Bol perceel	3	Veel
Ingesloten laagtes	1	Laag
Hol	1	Laag

Kwel. Er is geen rekening gehouden met kwel, vooral omdat een boer daar geen invloed op kan uitoefenen. Als gevolg van kwel worden stroombanen afgebogen naar de sloot met mogelijk een hogere N-vracht als gevolg. De eventuele extra afvoer door kwel wordt echter verdund met de kwelflux, tenzij de kwel een hoge stikstofconcentratie bevat (ammonium in lage poldergebieden van mariene oorsprong). Per saldo hangt het effect van kwel dus af van de samenstelling en de hoeveelheid kwel. Deze factoren zijn onvoldoende bekend voor bedrijfsspecifieke situaties. We nemen aan dat kwel en grondwaterstand zodanig zijn verstrengeld dat het effect van kwel voldoende in de Gt is verdisconteerd.

Maaiveldgreppels leiden tot een hogere oppervlakkige afvoer. Het is een kwestie van definitie of greppelafvoer gerekend wordt tot uitspoeling of tot afspoeling. Wij hebben gekozen voor afspoeling, waardoor greppels in deze submodule 5c niet worden meegenomen, maar in 5a.

4.8 Drinkwater

Voldoende schoon drinkwater, ook tijdens beweiding, is noodzakelijk voor een goede gezondheid van het vee. Koeien kunnen met drinkwater van slechte kwaliteit allerlei schadelijke stoffen binnenkrijgen. Daardoor kunnen diverse klachten ontstaan. Een te hoog zoutgehalte kan leiden tot tegenvallende melkproductie, hoge nitraatgehaltes belemmeren de zuurstofopname en hoge sulfaatgehalten kunnen diarree veroorzaken. Ook kunnen hoge sulfaatgehalten de kopervoorziening verminderen en aldus leiden tot een verminderde diergezondheid. Oestrogene stoffen, die via riooloverstorten in het oppervlaktewater terecht komen, veroorzaken een verminderde vruchtbaarheid. Volgens artikel 5 Lid 8 Besluit welzijn productiedieren moet een dier toegang hebben tot een toereikende hoeveelheid schoon water of kan op een andere wijze aan zijn behoefte aan water voldoen.

Deze module is uitgewerkt voor het gebruik van leidingwater als bron voor drinkwater voor veen en voor oppervlaktewater.

4.8.1 Leidingwater

Water uit de drinkbak hoeft niet dezelfde kwaliteit te hebben als water dat de stal binnenkomt. De kwaliteit van het leidingnet, het leidingverloop en het materiaal van de leidingen bepalen o.a. de kwaliteit en hoeveelheid water dat de koeien tot zich nemen.

Periodiek testen van het leidingwater in de stal dat voor drinkwater wordt gebruikt geeft inzicht in de kwaliteit en de hoeveelheid water en voorkomt gezondheidsrisico's voor het vee en bevordert de

dierprestaties. De Gezondheidsdienst voor Dieren (GZ) biedt een servicepakket aan (Drinkbakcheck) waarbij periodiek 2 of 4 keer per jaar het leidingwater onderzocht wordt op de belangrijkste criteria voor gezond en smakelijk drinkwater. Zie voor meer informatie: <http://www.gddiergezondheid.nl/drinkbakcheck> In de BedrijfsWaterWijzer kunnen per uitgevoerde test de resultaten worden ingevoerd. Aan de ingevoerde data worden een score 'goed' of 'slecht' toegekend voor weergave op de resultaatpagina. In Tabel 1 staan de kritieke waarden voor beide scores. Bij de beschikbaarheid over meerdere testen in de tijd worden alleen de resultaten van tests getoond die zijn uitgevoerd binnen de maand waarin de laatste test is uitgevoerd.

Tabel 4.83 Kritieke waarden voor de scores 'goed' en 'slecht' voor de belangrijkste criteria waarop de veiligheid en smakelijkheid van drinkwater wordt getest.

Criteria	Rund		Kalf	
	Goed	Slecht	Goed	Slecht
pH	5 tot 8	<4 & >9	5 tot 8	<4 & >9
ammonium (mg/L)	< 2	> 10	< 0,5	> 2
nitriet (mg/L)	< 0,1	> 1,0	< 0,1	> 1,0
nitraat (mg/L)	< 100	> 200	< 100	> 200
chloride (mg/L)	< 250	> 2000	< 250	> 2000
natrium (mg/L)	< 800	> 1500	< 400	> 800
ijzer (mg/L)	< 0,5	> 10	< 0,2	> 0,5
mangaan (mg/L)	< 1	> 2	< 0,5	> 1,0
sulfaat (mg/L)	< 100	> 250	< 100	> 250
hardheid (° D)	4 tot 15	> 25	4 tot 15	> 25
CZV (mg/L)	< 50	> 200	< 50	> 100
E. coli (kve/mL)	< 10	> 100	< 1	> 10
totaal kiemgetal (kve/mL)	< 10.000	> 100.000	< 1.000	> 10.000

4.8.2 Oppervlaktewater

Het gebruik van oppervlaktewater heeft extra aandacht als het gaat om het verstrekken van smakelijk, schoon (helder en geen schadelijke stoffen) en voldoende drinkwater. Kavelsloten kunnen, vooral wanneer deze in verbinding staan met grotere watergangen, een te hoge concentratie aan ongewenste stoffen bevatten. Vooral de aanwezigheid rioolwateroverstorten zorgen voor extra risico's. Sloten die mogelijk door een rioolwateroverstort beïnvloed worden dienen uitgesloten te worden voor drinkwatervoorziening. Evenals bij leidingwater verdient het aanbeveling om het oppervlaktewater dat voor veedrenking wordt gebruikt regelmatig te testen om gezondheidsrisico's te voorkomen en om te zien of vee voldoende water kan opnemen.

Dit kan door de Doe-het-zelf-test KRW in te vullen (zie Figuur 4.5). De eerste 20 vragen hebben direct betrekking op de drinkwaterkwaliteit. Vraag 21(a-e) is aan de test toegevoegd om ook een uitspraak te kunnen doen over de ecologische kwaliteit van het oppervlaktewater. Per vraag worden 0, 1 of 2 punten toegekend. De eerste 17 vragen betreffen negatieve aspecten voor drinkwaterkwaliteit. Het meest ongunstige antwoord op een vraag krijgt het hoogste aantal punten. De vragen 18 tot en met 20 betreffen positieve aspecten voor drinkwaterkwaliteit. Hier krijgt het meest positieve antwoord de hoogste punten. Van de som van het aantal punten voor de vragen 1 tot en met 17 wordt het puntentotaal voor de vragen 18 tot en met 20 afgetrokken. Bij de berekening van de eindscore worden de antwoorden op alle vragen even zwaar gewogen. De eindscore wordt vertaald in een waardering voor drinkwaterkwaliteit, waarbij een hoge score correspondeert met een lage waardering en een lage score correspondeert met een hoge waardering. De waardering wordt uitgedrukt in 'goed, voldoende, matig of slecht'.

Aanvullend op de eenvoudige test verdient het aanbeveling om het slotwater te testen op schadelijke stoffen. Het slotwater moet voldoende helder zijn om te grote opname van organische stof en zand te voorkomen.

Figuur 4.5. Doe-het-zelf-test drinkwater oppervlaktewater.

Water: van wezenlijk belang
Schoon oppervlaktewater is van wezenlijk belang voor weidevee. Helaas is het al lang niet meer vanzelfsprekend dat het water in de sloot schoon is. Vervuild oppervlaktewater komt steeds vaker voor. Het kan nare problemen tot gevolg hebben voor vee, zoals problemen met vruchtbaarheid of groeiestoornissen.

Vervuiling van oppervlaktewater kan verschillende oorzaken hebben. Het kan het gevolg zijn van lozingen van afvalwater, zoals riool- of overstromen. Maar ook achterstallig sloot-onderhoud, drift of de nabijheid van wegen en industrie kunnen leiden tot vervuild oppervlaktewater.

Doe-het-zelf-test oppervlaktewater
Om de kwaliteit van het oppervlaktewater op uw bedrijf te testen heeft de NITO, in samenwerking met de Waterschappen, het agrarisch onderwijs, de Gezondheidsdienst voor Dieren en de zuivel- en mengvoederindustrie een doe-het-zelf-test voor oppervlaktewater ontwikkeld. Hiermee kunt u de kwaliteit van uw oppervlaktewater testen. Bedenk daarbij wel dat deze doe-het-zelf-test een momentopname is. Het verdient daarom aanbeveling de test meerdere malen per jaar uit te voeren. Let wel: de uitslag van de test biedt u een indicatie van de waterkwaliteit. Een waarborg is het echter niet. Daarvoor dient u een watermonster te laten nemen en te laten analyseren.

Toelichting op de test
Voor het uitvoeren van deze test heeft u een potje nodig, waarmee u een monster kunt nemen en een meetstok waar u de waterdiepte mee bepaalt.

Neem de test af, daar waar het vee het water drinkt.

De doe-het-zelf-test bestaat uit twintig vragen. Op de achterzijde van deze test vindt u een toelichting op deze vragen.

Aan de antwoorden op de vragen zijn punten verbonden. De punten kunt u invullen in het groen of rood omlijnde hokje bij de vraag. Onder het kopje Score leest u wat dit punten-totaal zegt over de kwaliteit van uw oppervlaktewater.


Veel succes.

1 De sloot ruikt in de weekendperiodes wel eens naar rotte eieren en/of er komen gasbellen vrij.
Nee
Ga verder met vraag 2
Ja
Het water is waarschijnlijk van slechte kwaliteit en ongeschikt voor uw weidevee. Ga verder met vraag 3 en achterhaal mogelijke oorzaken.

2 Het water in de sloot heeft in de weekendperiodes wel eens een rode, groene of blauwe gloed.
Nee
Ga verder met vraag 3
Ja
Het water is waarschijnlijk van slechte kwaliteit en ongeschikt voor uw weidevee. Ga verder met vraag 3 en achterhaal mogelijke oorzaken.

Neem voor de vragen 3, 4, 5 en 6 een schone glazen pot, en vergelijk het water met het water op de voorbeeldfoto

3 Wat is de kleur van het water in de pot?
Het water heeft totaal geen kleur
0 punten
Het water vertoont een lichte verkleuring
1 punt
Het water heeft een duidelijke kleur (geel, bruin, enz.)
2 punten



4 Wat is de helderheid van het watermonster? (na schudden en 5 minuten wachten)
Het water is helder
0 punten
Het water is licht troebel
1 punt
Het water is ondoorzichtig
2 punten

5 Bevat het watermonster bezinksel?
Het water bevat geen (modder)deeltjes
0 punten
Het water bevat enkele deeltjes (modder)deeltjes
1 punt
De bodem van de fles is geheel bedekt met (modder)deeltjes
2 punten

6 Wat is de geur van het watermonster?
Het water is geurloos
0 punten
Het water heeft een geur, maar ruikt niet naar rotte eieren
1 punt
Het water ruikt naar rotte eieren
10 punten

7 Is er kroesbedekking in de sloot?
0% tot 25 %
25% tot 75 %
75% tot 100%

Er zijn ook factoren die van positieve invloed op de waterkwaliteit zijn. Indien daar in uw geval sprake van is kunt u deze afrekken van het totaal dat u bij vraag 1 tot en met 17 heeft gescoord.

Vraag 18 alleen beantwoorden als u bij vraag 8 'Ja' heeft ingevuld!
18. Is het ingeland gebiedsvreemd water in de kavelvloot van goede kwaliteit?
Nee
Ja, metingen Waterschap geven dit aan
2 punten
Ja, op basis van de eigen waarneming
1 punt

19. Is de overbegroei?
Nee
Ja
0 punten
1 punt

20. Komen er in de sloot waterplanten voor?
Nee
Ja
0 punten
1 punt

Subtotaal 2 (vraag 18 t/m 20): punten

Berekening Score
Trek Subtotaal 2 (vraag 18 t/m 20) af van Subtotaal 1 (vraag 1 t/m 17)
Score vraag 1 tot en met 17:
Score vraag 18 tot en met 20:
Totaalscore:

0 tot en met 8

Bij dit puntenaantal lijkt de waterkwaliteit gunstig te zijn. Een harde garantie is dat echter niet. De kwaliteit van het water kan bovendien met de tijd veranderen.

9 punten en meer

Bij dit puntenaantal is het onduidelijk of het water geschikt is om te gebruiken als drinkwater voor vee. We raden u aan een watermonster te laten nemen door een laboratorium en dit te laten analyseren (bijvoorbeeld het waterschap of de Gezondheidsdienst voor Dieren).

Indien u bij vraag 1 of 2 "Ja" heeft ingevuld dan is het erg waarschijnlijk dat uw slootwater ongeschikt is als drinkwater voor vee. Wij raden in dat geval aan om een alternatieve watervoorziening te kiezen en te voorkomen dat vee nog langer van dit water drinkt (bijvoorbeeld door afrasteren).
Heeft u 2 punten of meer bij een van de vragen ingevuld dan kan dit een belangrijke factor voor de verontreiniging van het water zijn.

B. Bereikt gebiedsvreemd water uw kavelsloten?
Nee
0 punten
Ja
2 punten

9. Wat is de waterdiepte in het midden van de sloot?
0 - 20 cm
2 punten
20 - 50 cm
1 punt
meer dan 50 cm
0 punten

10. Hoeveel silt is in het midden van de sloot aanwezig?
Er is geen silt aanwezig
2 punten
5 - 10 cm
0 punten
meer dan 20 cm
2 punten

11. Hoe is de stroming van het water in de sloot?
Sloot staat regelmatig droog
2 punten
Stilstaand water
2 punten
Langzaam stromend water
0 punten
Snel stromend water
1 punt

12. Is er een roofoverstort in de buurt binnen 1000 meter?
Nee
0 punten
Ja
3 punten

13. Kan er water dat afkomstig is van huishoudelijke lozingen in het seizoen kavelsloten terechtkomen?
Ja, direct
2 punten
Ja, indirect (bv. via een sloot)
1 punt
Nee (bv. omdat het via riolering wordt afgevoerd of een zuivering passeert)
0 punten

14. Kan er water van uw erf (bv. spoelwater of afspoelend hemelwater) in het seizoen kavelsloten komen?
Nee (bv. omdat het via riolering wordt afgevoerd of een zuivering passeert)
0 punten
Ja, indirect
1 punt
Ja, direct
2 punten

15. Wat bevindt zich aan de overkant van de sloot?
Bloembollenteelt
2 punten
Glastuinbouw
2 punten
Overige agrarische teelten
2 punten
Woonwijk/industrie
2 punten
Grasland
1 punt

16. Staat het gebied onder invloed van zoute kweek?
Nee
0 punten
Weet niet
2 punten

17. Vindt ter plaatse onderbemaling plaats?
Nee
0 punten
Ja
1 punt

Subtotaal 1 (vraag 1 t/m 17): punten (invullen bij 'score')

4.9 Ecologisch slootbeheer

De Module 7 ecologisch slootbeheer is beperkt ingevuld met twee aspecten, nl. de meting van de ecologische toestand van de sloot door middel van de KRW zelftest (Figuur 4.5), en een beoordeling van de manier van sloot schonen. Deze beoordeling gaat ervan uit dat er voor de waterkwaliteit zo min mogelijk stoffen terug mogen spoelen vanuit het maaisel en/of de bagger naar het slootwater, en dat het maaibeheer gericht moet zijn op instandhouding van aquatische biodiversiteit. De risicobeoordeling wordt uitgevoerd per slootsectie (dus niet per perceel).

Op deze module is eind 2017 terugkoppeling ontvangen vanuit de waterschappen. Naar aanleiding daarvan is een nieuwe versie gemaakt die meer aandacht geeft aan de frequentie en methode van onderhoud. In de nieuwe versie is de frequentie een compromis tussen behoud van afvoercapaciteit en schade aan de ecologie. Deze versie is echter nog niet geïmplementeerd in de software. Daarom is de beschrijving van deze module weinig aangepast ten opzichte van de versie van 2017. Veranderingen betreffen voornamelijk de afstandscriteria.

4.9.1 KRW zelftest

Met de Doe-het-zelf-test Kaderrichtlijn Water kunnen melkveehouders zelf de waterkwaliteit van hun sloten testen (Figuur 4.5). De test bestaat uit 21 vragen. De totaalscore zegt iets over de ecologische kwaliteit van het oppervlaktewater. Omdat de test een momentopname is wordt aanbevolen de test meerdere malen per jaar uit te voeren, bij voorkeur in de perioden april-mei en augustus-september.

4.9.2 Sloot schonen

Bij het onderhoud (schoenen) van de sloot streven we naar een voldoende ecologische waterkwaliteit. Dit gaat dus verder dan module 5, waar alleen naar nutriëntenvrachten wordt gekeken. Naast deze nutriëntenvrachten zijn ook andere aspecten van belang voor de waterkwaliteit. Wij hebben ons hier beperkt tot 3 variabelen met betrekking tot het sloot schonen:

1. Plaatsing van maaisel (m) en of bagger (b) ten opzichte van de sloot.
2. Hoelang blijft het maaisel liggen voordat het wordt weggehaald?
(Bagger wordt na schonen in principe niet verplaatst)
3. De periode van onderhoud (welk kwartaal).

Daarnaast zijn er ook nog andere factoren van belang zoals frequentie, waterdiepte, dikte van de sliblaag, verhouding actuele/vereiste natte doorsnede (overbreedte) in verband met de benodigde doorvoercapaciteit, etc. Daar gaan we in een volgende versie van de BWW op in.

4.9.3 Maaisel en bagger

In principe geldt dat het beter is om het maaisel en/of de bagger zo ver mogelijk uit de kant te plaatsen om terugspoelen van ongewenste stoffen (BZV, nutriënten) te voorkomen (Tabel 4.83 voor maaisel en 4.84 voor bagger). Naarmate het maaisel langer blijft liggen is het risico op terugspoelen van stoffen groter (Tabel 4.83) door afbraak van organisch materiaal en uitspoeling door neerslag.

Om van de afzonderlijke scores één score te maken gaan we als volgt te werk. Eerst beoordelen we de combinatie van plaatsing en periode dat het materiaal blijft liggen (Tabel 4.85). Hierbij is de volgende redenering gevolgd. Als je het materiaal niet laat liggen en dus direct verwijdert (score periode is 4), dan maakt de afstand niet meer uit, en andersom, als je het materiaal ver van de sloot verwijdert (score plaatsing is 4), dan maakt de periode niet meer uit. Dit levert een score 4 op in de laatste kolom en regel. De slechtst denkbare combinatie is score plaatsing 1 x score periode 1, dus die wordt 1=slecht. De rest van tabel 4.85 volgt dan uit deze twee extremen.

Tabel 4.84 Score voor de plaatsing van maaisel; Aspect A.

Afstand tot de slootrand (m)	Score	Toelichting
Er wordt niet gemaaid	1	Slecht
<3.5	2	Onvoldoende
>3.5	3	Voldoende
Maaisel wordt van het perceel verwijderd	4	Goed

Voor de waterkwaliteit is het in principe beter om geregeld te maaien. De gewenste frequentie is een compromis tussen nutriënten verwijderen, afvoercapaciteit behouden en de ecologie zo min mogelijk verstoren

Als het maaisel vlak naast de sloot wordt gelegd kan er relatief veel terugspoelen naar het water

Naarmate het maaisel verder van de sloot wordt gelegd kan er minder terugspoelen naar het water

Door het verwijderen van het maaisel kan er weinig terugspoelen naar de sloot

Tabel 4.85 Score voor de plaatsing van bagger; Aspect A.

Afstand tot de slootrand (m)	Score	Toelichting
Er wordt niet gebaggerd	1	Slecht
<3.5	2	Onvoldoende
>3.5	3	Voldoende
Bagger verspuiten over het perceel	4	Goed

Voor de waterkwaliteit is het in principe beter om geregeld te baggeren. De gewenste frequentie is een compromis tussen nutriënten verwijderen, afvoercapaciteit behouden en de ecologie zo min mogelijk verstoren

Als de bagger vlak naast de sloot wordt gelegd kan er veel terugspoelen naar het water

Naarmate bagger verder van de sloot wordt gelegd kan er minder terugspoelen naar het water

Met de baggerspuit wordt de bagger ver genoeg van de sloot af gebracht om uit- en afspoeling te voorkomen en bovendien kan de bagger zo benut worden door het gewas

Tabel 4.86 Effect van de periode dat maaisel of bagger blijven liggen op het risico van terugspoelen van nutriënten; Aspect C

Periode	Score	Toelichting
>1 maand	1	Door afbraak en uitlekken, vindt er belasting van de sloot plaats
1 week -1 maand	2	Door afbraak en uitlekken, vindt er belasting van de sloot plaats
<1 week	3	Door uitlekken vindt nog enige belasting van de sloot plaats
1 dag - 1 week	4	Materiaal wordt na minimaal een dag, maximaal een week, verwijderd of verspreid, waardoor nauwelijks nog belasting van de sloot optreedt
< 1 dag	4	Materiaal moet minimaal een dag blijven liggen om aquatische organismen de gelegenheid te geven weer terug te keren (Tabel 4.88)

Tabel 4.87 Combinatiescore voor plaatsing en periode laten liggen; Aspect AC.

Score_plaatsing	Score periode laten liggen			
	1	2	3	4
1	1	2	3	4
2	2	2	3	4
3	3	3	3	4
4	4	4	4	4

Tabel 4.88 Effect van de periode van sloot schonen op de ecologie; Aspect B.

Periode (kwartaal)	Score	Oordeel
I	2	Onvoldoende
II	1	Slecht
III	4	Goed
IV	3	Voldoende

Tabel 4.89 Effect van de periode dat maaisel of bagger blijven liggen op de ecologie (Is er tijd genoeg voor de waterbeestjes om uit het maaisel naar de sloot te kruipen?); Aspect D.

Periode	Score	Oordeel
< 1 dag	1	Slecht
> 1 dag	4	Goed

Ten slotte is de periode van schonen betrokken (Tabel 4.87) en een aparte score toegevoegd voor organismen die terugkeren naar de sloot (Tabel 4.88). De totale score voor slootonderhoud wordt dan (formule 29).

$$\text{Score}_{\text{slootonderhoud}} = 0,5 * \text{combiscore AC} + 0,25 * \text{score}_{\text{aspect B}} + 0,25 * \text{score}_{\text{aspect D}}$$

formule 29

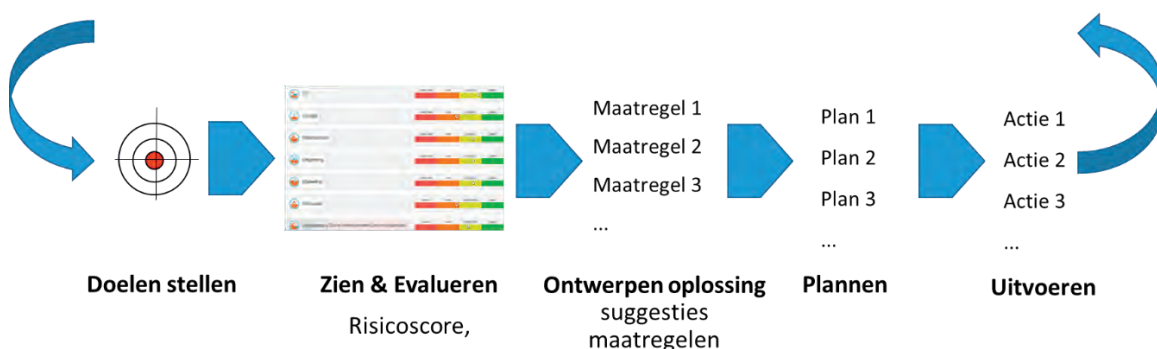
5 BedrijfsWaterWijzer; gebruiksaanwijzingen en doorkijk

Dit hoofdstuk geeft enkele aanwijzingen bij gebruik van de BedrijfsWaterWijzer versie 2018.01 en gaat in op voorgenomen aanpassingen en verdiepingen.

5.1 Aanwijzingen

De BedrijfsWaterWijzer versie 2018.01 is geschikt voor het in beeld brengen van de waterprestatie van melkveebedrijven. Gebruik van de huidige versie zonder begeleiding van de ontwikkelaars is nu nog af te raden. Bij gebruik geldt een aantal aanwijzingen:

1. Doordat een deel van de invoergegevens nog niet automatisch wordt ingeladen in de BedrijfsWaterWijzer, kost het nog veel tijd om een bedrijf volledig in de BedrijfsWaterWijzer te karakteriseren. Daarom is aan te raden om met één of enkele modules te beginnen. Zodra hier ervaring mee opgedaan is, kan de gebruiker verder gaan met andere modules.
2. Niet elke module is op elk bedrijf even relevant. Zo kan men zich voorstellen dat de module 'Droogte' een lagere prioriteit heeft op een bedrijf op veengrond met een hoog slotwaterpeil dan op een droge zandgrond. Dat kan een rol spelen bij de volgorde waarin modules worden gebruikt.
3. De toelichtingen bij de scores geven de betekenis aan van scores en geven ook aan hoe de gebruiker de score bij de evaluatie van de waterprestatie van het bedrijf kan interpreteren. De toelichtingen zijn zoveel mogelijk specifiek, scherp en concreet geformuleerd. Het kan zijn dat de gebruiker het oneens is met de duiding en het advies in de toelichting. De gedachtvorming hierover, inclusief de ontwikkeling van een eigen visie is nuttig! Een dergelijke eigen interpretatie staat gebruik van de BedrijfsWaterWijzer dan ook niet in de weg. Van belang is wel om in voorkomende gevallen duidelijk vast te stellen en vast te leggen dat de situatie afwijkt van wat verondersteld wordt in de BedrijfsWaterWijzer of dat een afwijkende interpretatie van de score voor de hand ligt. Een voorbeeld: vruchtwisseling van gras en maïs kan op droge zandgrond het risico beperken van nitraatuitspoeling. Maar dit effect van vruchtwisseling hangt af van de wijze waarop vruchtwisseling wordt uitgevoerd en van de eigenschappen van percelen die niet allemaal in de BWW meegenomen kunnen worden. Dit soort nuances kunnen in keukentafelgesprekken worden ingebracht wat kan resulteren in een betere schatting van het effect van vruchtwisseling op het bedrijf.
4. De BedrijfsWaterWijzer functioneert als spiegel voor het bedrijf en functioneert daarbij niet alleen als verantwoording van de waterprestatie maar kan ook verbeterpunten aan het licht brengen. Verbeterpunten vragen om het maken van keuzes voor passende maatregelen en het uitvoeren van de maatregelen (zie ook de managementcyclus (Aarts, 2000; Verloop, 2006) en Figuur 5.1). Om dit proces te ondersteunen is een format ontwikkeld voor een BedrijfsWaterWijzer-Plan dat helpt bij het SMART vastleggen van observaties, interpretaties en voorgenomen acties. Dit format is vrij te downloaden van de website van Koeien & Kansen (www.verantwoordeveehouderij.nl/nl/koeien-kansen-1.htm).
5. In sommige modules kan tot op het niveau van plekken in percelen informatie over het bedrijf worden ingevoerd. Echter, dat betekent niet dat het noodzakelijk is om tot zo'n gedetailleerd niveau af te dalen. Er is dus keuzevrijheid in de mate van detail waarmee de gebruiker de BedrijfsWaterWijzer gebruikt.



Figuur 5.1 Opeenvolging van registratie, evaluatie, besluitvorming en actie in de BedrijfsWaterWijzer.

5.2 Aanpassingen BedrijfsWaterWijzer

5.2.1 Maatregelen en kosteneffectiviteit in beeld

De BedrijfsWaterWijzer is er primair op gericht om door risicoprofielen verbeterpunten voor waterbeheer te duiden. Enkele modules zijn zo ontwikkeld dat de risicoprofielen een tamelijk duidelijke suggestie in zich hebben voor maatregelen. Bij andere modules is dat veel minder duidelijk en kan de gebruiker met de vraag blijven zitten 'wat dan gegeven het getoonde risico de gewenste maatregel is om de situatie te verbeteren'. Daarom is het streven om in een volgende versie maatregelen in beeld te brengen die aansluiten op de risicoprofielen.

Een veel geuite wens is om ook de kosteneffectiviteit in het kader van de BWW te berekenen, mede omdat dit bijdraagt aan het draagvlak voor watermaatregelen. Er lopen in het kader van de BedrijfsWaterWijzer verkenningen naar het verdienmodel. Het is nog niet duidelijk in welke vorm de resultaten van die verkenningen in de BedrijfsWaterWijzer als instrument worden verwerkt. Een mogelijkheid is om uit te gaan van de volgende stappen in het denken over bedrijfsontwikkeling voor water:

Risicoprofiel >> Maatregelen suggereren >> Globale kosteneffectiviteit in beeld brengen

5.2.2 Het bedrijf op de kaart en datakoppeling

Herkenbaarheid van de risicoprofielen versterkt de ondersteunende functie van de BedrijfsWaterWijzer. Het in beeld brengen van risico's op bedrijfsplattegronden maakt discussies concreter en legt soms een basis voor maatregelen die ter plekke bedacht worden. Daarom streven we naar een ruimtelijk informatiesysteem (GIS). Koppeling met GIS is in de huidige versie nog beperkt gerealiseerd en zal in het vervolg van de ontwikkeling van de BedrijfsWaterWijzer verder tot stand gebracht worden.

Literatuur

- Aarts, H.F.M., 2000. Resource management in a 'De Marke' dairy farming system. Ph. D. Thesis, Wageningen University, Wageningen, 222 pp.
- Anoniem, 1999. Besluit van 16 december 1999, houdende regelen ter zake van het houden, verzorgen en huisvesten van productiedieren (Besluit welzijn productiedieren), Staatsblad nr 568, 28 december 1999.
- Bakel, PJT van, EMPM van Boekel en IGAM Noij, 2008. Modelonderzoek naar effecten van conventionele en samengestelde, peil gestuurde drainage op de hydrologie en nutriëntenbelasting. Alterra-rapport 1648, Alterra, Wageningen-UR.
- BroosWater, ongedateerd.
https://www.brooswater.nl/uploads/files/HRBrochure_Profiteren%20door%20Absorberen.pdf
- CBGV, ongedateerd: <http://www.bemestingsadvies.nl/bemestingsadvies/1-Bemestingsplan/1221-Berekening%20stikstofleverend%20vermogen.pdf>.
- CBGV, 2017. Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen (versie augustus 2017), p.a. Wageningen Livestock Research.
- Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, 1995. Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften. Deel D: Interpretatie van bodemkundige gegevens voor diverse vormen van bodemgebruik. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 19D.
- DAW, 2013. Deltaplan Agrarisch Waterbeheer. Brochure.
http://agrarischwaterbeheer.nl/system/files/documenten/pagina/brochure_daw_januari_2013.pdf
- Deltaplan Hoge Zandgronden, 2009. http://www.org-id.org/wp-content/uploads/2014/07/strategienota_deltaplan_hoge_zandgronden_juni_2009.pdf
- EZ, 2013. Nota 'Gezonde groei, duurzame oogst', aangeboden aan de Tweede Kamer, Kamerbrief/14-05-2013, kenmerk DGA-PAV/13085826.
- EC, 2000. Richtlijn 2000/60/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 oktober 2000 tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid.
- EC, 1991. Richtlijn **91/676/EEG** van de Raad van 12 december **1991** inzake de bescherming van water tegen verontreiniging door nitraten uit agrarische bronnen. Publicatieblad Nr. L 375 van 31/12/1991 blz. 0001 - 0008.
- FrieslandCampina, 2015. Kwaliteit begint op de boerderij, met 'Foqus planet'
<https://www.frieslandcampina.com/nl/kwaliteit-en-veiligheid/foqus/foqus-planet/>
- Fraters, B., T.C. van Leeuwen, A. Hooijboer, M.W. Hoogeveen, L.J.M. Boumans en J.W. Reijs, 2012. De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven Herberekening van uitspoelfracties. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Bilthoven RIVM Rapport 680716006/2012.
- Gaalen, F. van, et al., 2015. Waterkwaliteit nu en in de toekomst. Eindrapportage ex ante evaluatie van de Nederlandse plannen voor de Kaderrichtlijn Water, PBL-publicatienummer 1727, PBL, Den Haag.
- Groenendijk, P., L.V. Renaud, C. van der Salm, H.H. Luesink, P.W. Blokland, T.J. de Koeijer, 2015. Nitraat en N- en P-uitspoeling bij de gebruiksnormen van het 5de NAP: modelberekeningen met MAMBO en STONE. Alterra-rapport 2647, Wageningen UR, Wageningen.
- Groenendijk, P., Kros, Van Rotterdam, Postma, Bussink, De Waal, Hommel, Noij, Korevaar, Siebinga, 2017. Achtergronddocument handreiking bemesting Ontwikkelopgave EHW/Natura 2000 Overijssel (niet openbaar).
- Heathwaite, L., S. Reaney, and S. Lane. Understanding spatial signals in catchments: linking critical areas, identifying connection and evaluating response. Pages 25-28 in: Heckrath, G. and G.H. Rubæk (eds.), 2007. Diffuse Phosphorus Loss. Risk Assessment, Mitigation Options and Ecological Effects in River Basins. The 5th International Phosphorus Workshop (IPW5), 3-7 September 2007, Silkeborg, Denmark. DJ F PL ANT SCIENCE NO. 130, Department of Agroecology and Environment, Faculty of Agricultural Sciences, University of Aarhus.
- Hendriks, R.F.A. en J.J.H. van den Akker, 2012. Effecten van onderwaterdrains op de waterkwaliteit in veenweiden. Modelberekeningen met SWAP-ANIMO voor veenweide-eenheden naar veranderingen van de fosfor-, stikstof- en sulfaatbelasting van het oppervlaktewater bij toepassing van onderwaterdrains in het westelijke veenweidegebied. Alterra-rapport 2354, Wageningen-UR, Wageningen.
- IENM, 2016. Brief aan de Tweede Kamer met kenmerk IENM/BSK-2016/128903, Kamerstuk/01-07-2016, www.rijksoverheid.nl/documenten/besluiten/2016/07/01/bijlage-6-besluit-activiteiten-leefomgeving-1-juli-2016
- IENM, 2017. Brief aan de Tweede Kamer met kenmerk IENM/BSK-2017/28617, <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/water/documenten/kamerstukken/2017/11/20/kamerbrief-over-stand-van-zaken-ten-aanzien-van-enkele-waterdossiers>
- Infomil, ongedateerd. <https://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw/activiteitenbesluit/sectoren/veehouderij/>
- Kuikman, P.J., J.J.H. van den Akker en F. de Vries, 2005. Emissie van N2O en CO2 uit organische landbouwbodems. Alterra Wageningen UR, Alterra-rapport 1035.

- Massop, H.T.L. ; Clement, J. ; Schuiling, C., 2014. Plassen op het land : een landsdekkende kaart van potentiële risicolocaties voor oppervlakkige afspoeling. Alterra-rapport 2546, Wageningen UR.
- PBL, 2014. Planbureau voor de leefomgeving, www.pbl.nl/vraag-en-antwoord/wat-is-verdroging-en-wat-zijn-de-gevolgen-voor-de-natuur
- PBL, 2016. Evaluatie Meststoffenwet 2016: Syntheserapport, PBL-publicatienummer: 2258, Den Haag, 2017.
- Puijenbroek, P.J.T.M. van, P. Cleij en H. Visser, 2010. Nutriënten in het Nederlandse zoete oppervlaktewater: toestand en trends. PBL-publicatienummer 500208001, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven.
- Raussand M., Hoylan, 2004. A. System Reliability Theory: Models, Statistical Methods, and Applications Wiley Series in probability and statistics, pagina 88.
- Salm van der, C., P. Groenendijk, R. Hendriks, H.T.L. Massop en L. Renaud, 2015. Opties voor benutten van de bodem voor schoon oppervlaktewater. Alterra-rapport 2588, Wageningen UR, Wageningen.
- Sharpley, A.N., J.L. Weld, D.B. Beegle, P.J.A. Kleinman, W.J. Gburek, P.A. Moore, Jr., and G. Mullins, 2003. Development of phosphorus indices for nutrient management planning strategies in the United States. *Journal of Soil and Water Conservation* 58(3):137-152.
- Schoumans, O.F., P. Groenendijk, C. van der Salm en M. Pleijter, 2008. Methodiek voor het karakteriseren van fosfaatlekkende gronden. Alterra-rapport 1724, Wageningen-UR, Wageningen.
- Schoumans, O.F., C. Van der Salm, and P. Groenendijk, 2013. PLEASE: A simple approach to determine P losses by leaching. *Soil Use and Management* 29 (Suppl. 1):138-146.
- Schröder, J.J., L.B. Šebek, J.W. Reijs, J. Oenema, R.M.A. Goselink, J.G. Conijn en J. de Boer, 2016. Rekenregels van de KringloopWijzer. Achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 4 maart 2014 versie. PRI-rapport 640, Wageningen.
- Stowa, 2017. http://deltaproof.stowa.nl/pdf/Brakke_kwel?rld=21.
- Vellinga, Th. V., Hilhorst, G.J., 2001. Tactical and operational grassland management at 'De Marke'. *Neth. J. Agr. Sci.* 49:229-253.
- Verloop, J. 2013. Limits of effective nutrient management in dairy farming: analyses of experimental farm De Marke, proefschrift Wageningen Universiteit, pp 191.

Bijlagen

Bijlage 1 Samenstelling van werkgroepen per modules

Samenstelling van werkgroepen per modules

Module	Leden	Organisatie	Trekker
1 Erf	René Rijken Jan Broos Dirk Johan Feenstra Teus Verhoef Barend Meerkerk Idse Hoving Koos Verloop	Brabantse Delta Broos Water Broos Water PPP Agro Advies PPP Agro Advies WUR WUR	Koos Verloop
2 Droogte	Wim van der Hulst Jan van Middelaar Rinke van Veen Frans Aarts Gert-Jan Noij Idse Hoving	Waterschap Aa en Maas PPP Agro Advies Provincie Drenthe WUR WUR WUR	Frans Aarts, Gert-Jan Noij
3 Wateroverlast	Joost Heijkers Barend Meerkerk Bas Spanjers Niels Lenting Idse Hoving	HDSR PPP Agro Advies HDSR HDSR WUR	Idse Hoving
4 Uitspoeling grondwater		Gecombineerd met 5	
5 Uit- en afspoeling oppervlaktewater	Wim van der Hulst Dennis Kos Annet Beems-Kuin Berry Bergman Bas Spanjers Gerjan Noij Koos Verloop Toon van Kessel	Waterschap Aa en Maas HH Hollands Noorderkwartier HH Hollands Noorderkwartier Waterschap Rest en Wieden HDSR WUR WUR VITENS	Gert-Jan Noij
6 Drinkwaterkwaliteit vee	Idse Hoving Frans Aarts	WUR WUR	Idse Hoving
7 Ecologisch Slootbeheer	Annet Beems-Kuin Niels Lenting Gert-Jan Noij	HH Hollands Noorderkwartier HDSR WUR	Gert-Jan Noij

Bijlage 2 Samenstelling van het projectteam BedrijfsWaterWijzer

De samenstelling van het projectteam BedrijfsWaterWijzer

René Rijken, Brabantse Delta;
Harry de Lang, Vechtstromen;
Niels Lenting, HDSR;
Bas Spanjers (HDSR)¹;
Dennis Kos (HH Hollands Noorderkwatier) ¹;
Annet Beems-Kuin (HH Hollands Noorderkwatier);
Berry Bergman, Reestenwieden;
Wim van der Hulst, Aa en Maas;
Rien Klippel, Scheldestromen;
Servaas Damen, Verkeer en Leefomgeving;
Barend Meerkerk, PPP-Agro Advies;
Teus Verhoef, PPP-Agro Advies;
Idse Hoving, WUR;
Rinke van Veen, Drenthe;
Frank Verhoeven, Boerenverstand;
Jan Broos, BroosWater,
Dirk-Johan Feenstra, BroosWater;
Jan van Middelaar, PPP-Agro Advies;
Marian van Dongen, Hunze en Aas;
Toon van Kessel, Vitens;
Claude van Dongen, LTO;
Michel de Haan, WUR;
Gert-Jan Noij, WUR;
Koos Verloop, WUR;
Frans Aarts, WUR¹
Dick Starmans.

¹ Deze personen zijn wel betrokken geweest maar maken nu geen deel meer uit van het projectteam.

Bijlage 3 Volledige tabel 4.72**Volledige tabel 4.72**

PAL	PAE	P-risico voor watertransport		
		Grondsoort		
		Zand	Klei&Löss	Veen
<10	<0,2	1.0	1.0	1.0
10	<0,2	1.0	1.0	1.0
<10	0,2	1.0	1.0	1.0
10	0,2	1.0	1.0	1.0
10	0,4	1.2	2.2	2.0
10	0,8	2.4	4.0	3.6
10	1,0	2.8	4.0	4.0
10	1,5	3.6	4.0	4.0
10	>2,0	4.0	4.0	4.0
15	0,2	1.2	2.4	2.0
15	0,4	1.6	2.8	2.6
15	0,8	2.5	4.0	3.8
15	1,0	3.0	4.0	4.0
15	1,5	3.7	4.0	4.0
15	>2,0	4.0	4.0	4.0
20	0,4	2.1	3.5	3.2
20	0,8	2.8	4.0	4.0
20	1,0	3.1	4.0	4.0
20	1,5	3.9	4.0	4.0
20	>2,0	4.0	4.0	4.0
25	0,8	3.0	4.0	4.0
25	1,0	3.3	4.0	4.0
25	>1,5	4.0	4.0	4.0
30	0,8	3.3	4.0	4.0
30	1,0	3.4	4.0	4.0
30	>1,5	4.0	4.0	4.0
35	0,8	3.4	4.0	4.0
35	1,0	3.7	4.0	4.0
35	>1,5	4.0	4.0	4.0
40	0,8	3.6	4.0	4.0
40	>1,0	4.0	4.0	4.0
>50	all	4.0	4.0	4.0

Bijlage 4 Uitspoelingsgevoeligheid naar oppervlaktewater**De uitspoelingsgevoeligheid naar oppervlaktewater**

Deze tabel is een uitbreiding van Tabel 4.78.

'gwvdc' = geen waarde voor deze combinatie's.

Voor veen (ID 1,3) wordt het gemiddelde van bodemtypen koopveen en meerveen gebruikt.

Bodem-ID	Bodemtype	Grondsoort	Gewas	Buisdrains	Gt-ID	Uitspoelfactor UG
1,3	Veen (koopveen=eutroof)	Veen	Gras	Nee	1-9	0.014
		Veen	Gras	Nee	1	0.015
		veen	Gras	Nee	2	0.015
		veen	Gras	Nee	3	0.015
		veen	Gras	Nee	4	0.015
		veen	Gras	Nee	5	0.006
		veen	Gras	Nee	6	0.015
		veen	Gras	Nee	7	0.015
		veen	Gras	Nee	8	0.008
		veen	Gras	Nee	9	0.008
		veen	Maïs	Nee	1-9	0.023
		veen	Maïs	Nee	1	0.032
		veen	Maïs	Nee	2	0.044
		veen	Maïs	Nee	3	0.032
		veen	Maïs	Nee	4	0.044
		veen	Maïs	Nee	5	0.014
		veen	Maïs	Nee	6	0.032
		veen	Maïs	Nee	7	0.044
		veen	Maïs	Nee	8	0.014
		veen	Maïs	Nee	9	0.019
1,3	Veen (meerveen=meso- of oligotroof)	veen	Gras	Nee	1-9	0.035
		veen	Gras	Nee	1	0.015
		veen	Gras	Nee	2	0.049
		veen	Gras	Nee	3	0.015
		veen	Gras	Nee	4	0.049
		veen	Gras	Nee	5	0.052
		veen	Gras	Nee	6	0.015
		veen	Gras	Nee	7	0.052
		veen	Gras	Nee	8	0.052
		veen	Gras	Nee	9	0.052
		veen	Maïs	Nee	1-9	0.058
		veen	Maïs	Nee	1	0.081
		veen	Maïs	Nee	2	0.091
		veen	Maïs	Nee	3	0.081

Bodem-ID	Bodemtype	Grondsoort	Gewas	Buisdrains	Gt-ID	Uitspoelfactor UG
		veen	Maïs	Nee	4	0.091
		veen	Maïs	Nee	5	0.084
		veen	Maïs	Nee	6	0.081
		veen	Maïs	Nee	7	0.091
		veen	Maïs	Nee	8	0.084
		veen	Maïs	Nee	9	0.084
		veen	Gras	Ja	1-4,6,7,9	Gwvdc
		veen	Gras	Ja	5,8	0.073
		veen	Maïs	Ja	5,8	0.039
		veen	Gras	Ja	5,8	0.192
		veen	Maïs	Ja	5,8	0.102
2	Veen met kleidek	veen	Gras	Nee	1-9	0.026
		veen	Gras	Nee	1	0.030
		veen	Gras	Nee	2	0.019
		veen	Gras	Nee	3	0.030
		veen	Gras	Nee	4	0.019
		veen	Gras	Nee	5	0.009
		veen	Gras	Nee	6	0.030
		veen	Gras	Nee	7	0.019
		veen	Gras	Nee	8	0.009
		veen	Gras	Nee	9	0.009
		veen	Maïs	Nee	1-9	0.043
		veen	Maïs	Nee	1	0.031
		veen	Maïs	Nee	2	0.032
		veen	Maïs	Nee	3	0.031
		veen	Maïs	Nee	4	0.032
		veen	Maïs	Nee	5	0.019
		veen	Maïs	Nee	6	0.031
		veen	Maïs	Nee	7	0.032
		veen	Maïs	Nee	8	0.019
		veen	Maïs	Nee	9	0.019
		veen	Gras	Ja	1-4,6,7,9	gwvdc
		veen	Mais	Ja	1-4,6,7,9	gwvdc
		veen	Gras	Ja	5,8	0.021
veen	Maïs	Ja	5,8	0.070		
4	Zavel	klei	Gras	Ja	5,8	0.131
		klei	Gras	Ja	1	0.101
		klei	Gras	Ja	2	0.101
		klei	Gras	Ja	3	0.101

Bodem-ID	Bodemtype	Grondsoort	Gewas	Buisdrains	Gt-ID	Uitspoelfactor UG
		klei	Gras	Ja	4	0.101
		klei	Gras	Ja	5	0.101
		klei	Gras	Ja	6	0.101
		klei	Gras	Ja	7	0.101
		klei	Gras	Ja	8	0.131
		klei	Gras	Ja	9	0.131
		klei	Snijmaïs	Ja	5,8	0.218
		klei	Snijmaïs	Ja	1	0.077
		klei	Snijmaïs	Ja	2	0.077
		klei	Snijmaïs	Ja	3	0.077
		klei	Snijmaïs	Ja	4	0.077
		klei	Snijmaïs	Ja	5	0.077
		klei	Snijmaïs	Ja	6	0.077
		klei	Snijmaïs	Ja	7	0.077
		klei	Snijmaïs	Ja	8	0.122
		klei	Snijmaïs	Ja	9	0.122
		klei	Gras	Nee	1-9	0.071
		klei	Gras	Nee	1	0.072
		klei	Gras	Nee	2	0.072
		klei	Gras	Nee	3	0.072
		klei	Gras	Nee	4	0.072
		klei	Gras	Nee	5	0.072
		klei	Gras	Nee	6	0.072
		klei	Gras	Nee	7	0.072
		klei	Gras	Nee	8	0.017
		klei	Gras	Nee	9	0.017
		klei	Snijmaïs	Nee	1-9	0.104
		klei	Snijmaïs	Nee	1	0.068
		klei	Snijmaïs	Nee	2	0.068
		klei	Snijmaïs	Nee	3	0.068
		klei	Snijmaïs	Nee	4	0.068
		klei	Snijmaïs	Nee	5	0.068
		klei	Snijmaïs	Nee	6	0.068
		klei	Snijmaïs	Nee	7	0.068
		klei	Snijmaïs	Nee	8	0.070
		klei	Snijmaïs	Nee	9	0.070
5	Kleigrond	klei	Gras	Ja	5,8	0.063
		klei	Gras	Ja	1	0.074
		klei	Gras	Ja	2	0.074

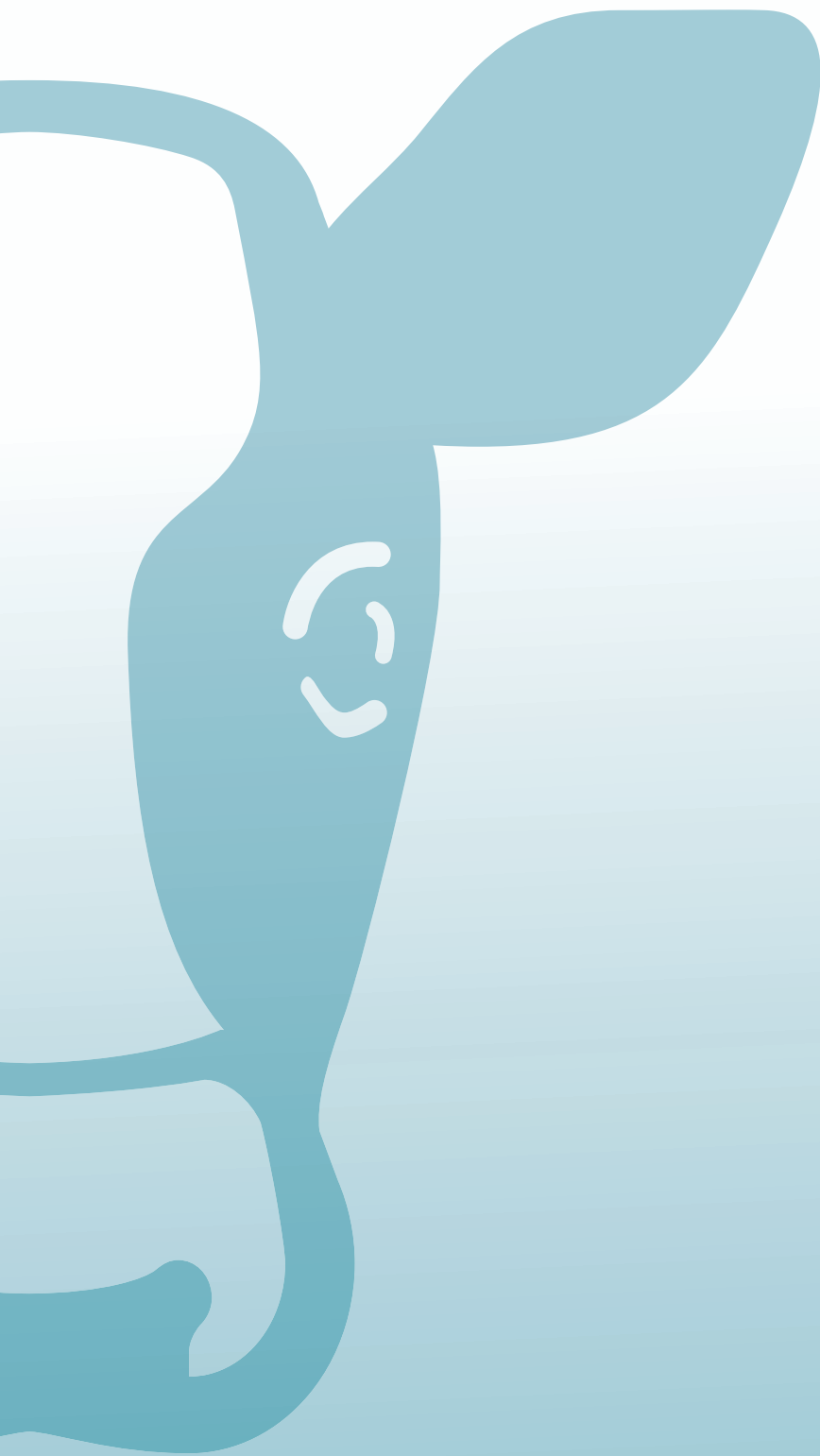
Bodem-ID	Bodemtype	Grondsoort	Gewas	Buisdrains	Gt-ID	Uitspoelfactor UG
		klei	Gras	Ja	3	0.074
		klei	Gras	Ja	4	0.074
		klei	Gras	Ja	5	0.061
		klei	Gras	Ja	6	0.074
		klei	Gras	Ja	7	0.074
		klei	Gras	Ja	8	0.061
		klei	Gras	Ja	9	0.069
		klei	Snijmaïs	Ja	5,8	0.153
		klei	Snijmaïs	Ja	1	0.060
		klei	Snijmaïs	Ja	2	0.060
		klei	Snijmaïs	Ja	3	0.060
		klei	Snijmaïs	Ja	4	0.060
		klei	Snijmaïs	Ja	5	0.061
		klei	Snijmaïs	Ja	6	0.060
		klei	Snijmaïs	Ja	7	0.060
		klei	Snijmaïs	Ja	8	0.061
		klei	Snijmaïs	Ja	9	0.049
		klei	Gras	Nee	1-9	0.049
		klei	Gras	Nee	1	0.050
		klei	Gras	Nee	2	0.050
		klei	Gras	Nee	3	0.050
		klei	Gras	Nee	4	0.050
		klei	Gras	Nee	5	0.046
		klei	Gras	Nee	6	0.050
		klei	Gras	Nee	7	0.050
		klei	Gras	Nee	8	0.046
		klei	Gras	Nee	9	0.029
		klei	Snijmaïs	Nee	1-9	0.063
		klei	Snijmaïs	Nee	1	0.031
		klei	Snijmaïs	Nee	2	0.031
		klei	Snijmaïs	Nee	3	0.031
		klei	Snijmaïs	Nee	4	0.031
		klei	Snijmaïs	Nee	5	0.043
		klei	Snijmaïs	Nee	6	0.031
		klei	Snijmaïs	Nee	7	0.031
		klei	Snijmaïs	Nee	8	0.043
		klei	Snijmaïs	Nee	9	0.031
	Zand met dun humeus dek (podzol en stuifzand)	zand	Gras	Ja	5,8	0.344
		zand	Gras	Ja	1	gwvdc

Bodem-ID	Bodemtype	Grondsoort	Gewas	Buisdrains	Gt-ID	Uitspoelfactor UG
		zand	Gras	Ja	2	gwvdc
		zand	Gras	Ja	3	gwvdc
		zand	Gras	Ja	4	gwvdc
		zand	Gras	Ja	5	0.311
		zand	Gras	Ja	6	gwvdc
		zand	Gras	Ja	7	gwvdc
		zand	Gras	Ja	8	0.311
		zand	Gras	Ja	9	0.311
		zand	Snijmaïs	Ja	5,8	0.557
		zand	Snijmaïs	Ja	1	gwvdc
		zand	Snijmaïs	Ja	2	gwvdc
		zand	Snijmaïs	Ja	3	gwvdc
		zand	Snijmaïs	Ja	4	gwvdc
		zand	Snijmaïs	Ja	5	0.555
		zand	Snijmaïs	Ja	6	gwvdc
		zand	Snijmaïs	Ja	7	gwvdc
		zand	Snijmaïs	Ja	8	0.555
		zand	Snijmaïs	Ja	9	0.555
		zand	Gras	Nee	1-7	0.123
		zand	Gras	Nee	1	0.140
		zand	Gras	Nee	2	0.140
		zand	Gras	Nee	3	0.140
		zand	Gras	Nee	4	0.140
		zand	Gras	Nee	5	0.041
		zand	Gras	Nee	6	0.140
		zand	Gras	Nee	7	0.140
		zand	Gras	Nee	8	0.041
		zand	Gras	Nee	9	0.042
		zand	Snijmaïs	Nee	1-7	0.116
		zand	Snijmaïs	Nee	1	0.277
		zand	Snijmaïs	Nee	2	0.277
		zand	Snijmaïs	Nee	3	0.277
		zand	Snijmaïs	Nee	4	0.277
		zand	Snijmaïs	Nee	5	0.219
		zand	Snijmaïs	Nee	6	0.277
		zand	Snijmaïs	Nee	7	0.277
		zand	Snijmaïs	Nee	8	0.219
		zand	Snijmaïs	Nee	9	0.086
		zand	Gras	Nee	1	0.184

Bodem-ID	Bodemtype	Grondsoort	Gewas	Buisdrains	Gt-ID	Uitspoelfactor UG
		zand	Gras	Nee	2	0.184
		zand	Gras	Nee	3	0.184
		zand	Gras	Nee	4	0.184
		zand	Gras	Nee	5	0.177
		zand	Gras	Nee	6	0.184
		zand	Gras	Nee	7	0.184
		zand	Gras	Nee	8	0.177
		zand	Gras	Nee	9	0.102
9, 10	Zand met dik humeus dek	zand	Gras	Ja	5,8	0.390
		zand	Gras	Ja	1	gwvdc
		zand	Gras	Ja	2	gwvdc
		zand	Gras	Ja	3	gwvdc
		zand	Gras	Ja	4	gwvdc
		zand	Gras	Ja	5	0.281
		zand	Gras	Ja	6	gwvdc
		zand	Gras	Ja	7	gwvdc
		zand	Gras	Ja	8	0.281
		zand	Gras	Ja	9	0.281
		zand	Snijmaïs	Ja	5,8	0.543
		zand	Snijmaïs	Ja	1	gwvdc
		zand	Snijmaïs	Ja	2	gwvdc
		zand	Snijmaïs	Ja	3	gwvdc
		zand	Snijmaïs	Ja	4	gwvdc
		zand	Snijmaïs	Ja	5	0.481
		zand	Snijmaïs	Ja	6	gwvdc
		zand	Snijmaïs	Ja	7	gwvdc
		zand	Snijmaïs	Ja	8	0.481
		zand	Snijmaïs	Ja	9	0.481
		zand	Gras	Nee	1-7	0.124
		zand	Gras	Nee	1	0.120
		zand	Gras	Nee	2	0.120
		zand	Gras	Nee	3	0.120
		zand	Gras	Nee	4	0.120
		zand	Gras	Nee	5	0.189
		zand	Gras	Nee	6	0.120
		zand	Gras	Nee	7	0.120
		zand	Gras	Nee	8	0.189
		zand	Gras	Nee	9	0.093
		zand	Snijmaïs	Nee	1-7	0.082

Bodem-ID	Bodemtype	Grondsoort	Gewas	Buisdrains	Gt-ID	Uitspoelfactor UG
		zand	Snijmaïs	Nee	1	0.222
		zand	Snijmaïs	Nee	2	0.222
		zand	Snijmaïs	Nee	3	0.222
		zand	Snijmaïs	Nee	4	0.222
		zand	Snijmaïs	Nee	5	0.237
		zand	Snijmaïs	Nee	6	0.222
		zand	Snijmaïs	Nee	7	0.222
		zand	Snijmaïs	Nee	8	0.237
		zand	Snijmaïs	Nee	9	0.079
6,7	Zavel en klei met veen of zandondergrond	klei	Gras	Ja	5,8	0.069
		klei	Gras	Ja	1	Gwvdc
		klei	Gras	Ja	2	Gwvdc
		klei	Gras	Ja	3	Gwvdc
		klei	Gras	Ja	4	Gwvdc
		klei	Gras	Ja	5	0.068
		klei	Gras	Ja	6	gwvdc
		klei	Gras	Ja	7	gwvdc
		klei	Gras	Ja	8	0.068
		klei	Gras	Ja	9	0.068
		klei	Snijmaïs	Ja	5,8	0.115
		klei	Snijmaïs	Ja	1.000	0.115
		klei	Snijmaïs	Ja	2.000	0.115
		klei	Snijmaïs	Ja	3.000	0.115
		klei	Snijmaïs	Ja	4.000	0.115
		klei	Snijmaïs	Ja	5.000	0.076
		klei	Snijmaïs	Ja	6.000	0.115
		klei	Snijmaïs	Ja	7.000	0.115
		klei	Snijmaïs	Ja	8	0.076
		klei	Snijmaïs	Ja	9	0.076
		klei	Gras	Nee	1-9	0.042
		klei	Gras	Nee	1	0.043
		klei	Gras	Nee	2	0.043
		klei	Gras	Nee	3	0.043
		klei	Gras	Nee	4	0.043
		klei	Gras	Nee	5	0.046
		klei	Gras	Nee	6	0.043
		klei	Gras	Nee	7	0.043
		klei	Gras	Nee	8	0.046
		klei	Gras	Nee	9	0.025

Bodem-ID	Bodemtype	Grondsoort	Gewas	Buisdrains	Gt-ID	Uitspoelfactor UG
		klei	Snijmaïs	Nee	1-9	0.050
		klei	Snijmaïs	Nee	1	0.033
		klei	Snijmaïs	Nee	2	0.033
		klei	Snijmaïs	Nee	3	0.033
		klei	Snijmaïs	Nee	4	0.033
		klei	Snijmaïs	Nee	5	0.043
		klei	Snijmaïs	Nee	6	0.033
		klei	Snijmaïs	Nee	7	0.033
		klei	Snijmaïs	Nee	8	0.043
		klei	Snijmaïs	Nee	9	0.028



Secretariaat Koeien & Kansen

Postbus 338
6700 AH Wageningen
T (0317) 48 01 77
E info@koeienenkansen.nl
www.koeienenkansen.nl