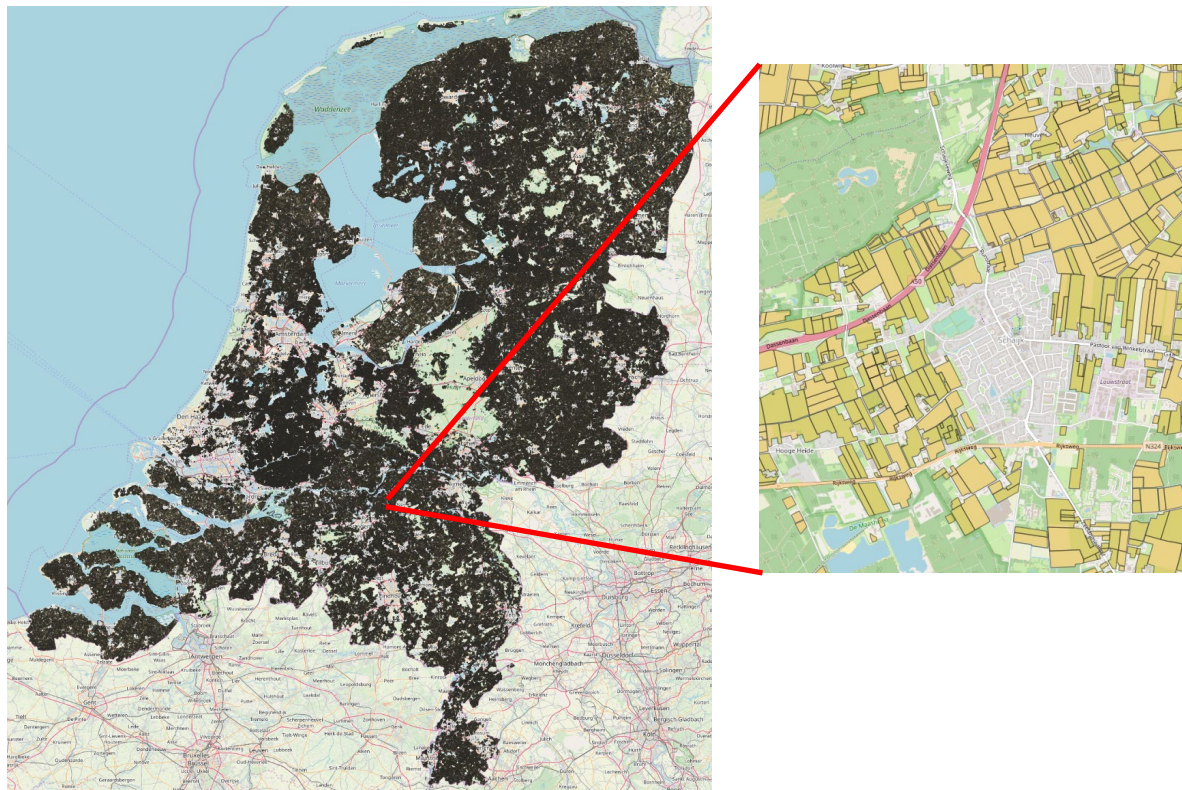


Maatregel op de Kaart (Fase 1)

Identificeren van kansrijke landbouwmaatregelen per perceel voor schoner grond- en oppervlaktewater



Auteurs

Luuk van Gerven¹, Stefan Jansen², Piet Groenendijk¹

Projectteam

Piet Groenendijk¹, Luuk van Gerven¹, Stefan Jansen², Arnaut van Loon³, Saskia Lukacs⁴, Daan Heurkes⁵, Frank Verhoeven⁵, Debby van Rotterdam⁶

Met medewerking van

Joachim Rozemeijer², Gerard Ros⁶

¹ Wageningen Environmental Research (WEnR)

² Deltares

³ KWR – Watercycle Research Institute

⁴ Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM)

⁵ Boerenverstand

⁶ Nutriënten Management Instituut (NMI)

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research, Deltares, RIVM, KWR, NMI en Boerenverstand in opdracht van en gefinancierd door de 'Kennisimpuls Waterkwaliteit' (KIWK).

Inhoud

1	Inleiding	3
2	Methode	4
	2.1 Aanpak op hoofdlijnen	4
	2.2 Beschouwde maatregelen	5
	2.3 Toepassingsgebied maatregelen	6
	2.4 Analyse perceelskenmerken	7
	2.5 Evaluatie effectiviteit maatregelen	8
	2.6 Ontwikkeling Maatregelenkaart Waterkwaliteit	9
3	Resultaten	10
	3.1 Perceelskenmerken	10
	3.2 Toepasbaarheid van maatregelen	10
	3.3 Percelenkaart met kansrijke maatregelen	11
4	Samenvatting en aanbevelingen	13
	4.1 Samenvatting	13
	4.2 Aanbevelingen	14
	Literatuur	16

1 Inleiding

Achtergrond

Schoon en gezond oppervlaktewater is een essentiële randvoorwaarde voor planten en dieren en een belangrijk onderdeel van een gezonde leefomgeving. De waterkwaliteit is de afgelopen decennia weliswaar verbeterd, maar Nederland heeft nog steeds belangrijke opgaven¹. De fysisch-chemische waterkwaliteit lijkt daarbij de laatste jaren te stagneren met als resultante een mogelijke verslechtering van de ecologische waterkwaliteit. Voor het nieuwe beleid, de Delta-Aanpak Waterkwaliteit en Zoetwater (DAWZ)² werken overheden, maatschappelijke organisaties en kennisinstituten daarom samen om de waterkwaliteit te verbeteren en de doelen van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) in 2027 te bereiken. Een van de zorgpunten voor het bereiken van de KRW-doelen is de hoge nutriëntenbelasting vanuit landelijk gebied (Van Gaalen et al. 2015).

In 2013 is het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer (DAW) van start gegaan om een bijdrage te leveren aan de wateropgaven in Nederland. Het DAW heeft een lijst met landbouwmaatregelen vastgesteld in het Bestuurlijk Overleg Open Teelten en veehouderij (BOOT) in juni 2017. Deze BOOT-lijst bevat vrijwillige maatregelen die kunnen worden genomen bovenop de wettelijk verplichte maatregelen vanuit o.a. het Mestbeleid en het Actieprogramma Nitraatrichtlijn. Er is behoefte aan informatie over de effectiviteit en toepasbaarheid van deze DAW-maatregelen, o.a. vanuit de gebiedsprocessen voor het opstellen van de 3^e KRW-stroomgebiedsbeheerplannen, vanuit de Nationale Analyse Waterkwaliteit ter voorspelling van het effect van maatregelen op de waterkwaliteit, maar ook vanuit de agrarische sector zelf.

Projectdoel

In dit project 'Maatregel op de Kaart (Fase 1)' is voor elk landbouwperceel in Nederland aangegeven welke DAW-maatregelen kansrijk zijn om de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit te verbeteren. Dit is gedaan door het koppelen van expertkennis over de toepasbaarheid en effectiviteit van de maatregelen aan perceelskenmerken zoals gewas, bodem, hydrologie en morfologie. Dit resulteert per perceel in een 'inspiratielijst' van kansrijke maatregelen. Voor de gebruiker is zo de groslijst aan DAW-maatregelen uitgedund tot een op zijn situatie gerichte selectie van maatregelen.

Het eindproduct is de BRP-kaart (BasisRegistratiePercelen 2018) aangevuld met perceelskenmerken en kansrijke DAW-maatregelen per perceel. Deze 'Maatregelenkaart Waterkwaliteit' is beschikbaar als shapefile. De kaartinformatie draagt bij aan de ontwikkeling van andere initiatieven op het vlak van agrarische maatregelen. Denk aan initiatieven zoals Hydrometra/Keukentafeltool, de Bedrijfswaterwijzer en de Kanskaart.

Het project 'Maatregel op de Kaart (Fase 1)' is één van deelprojecten van de Kennisimpuls Waterkwaliteit (KIWK), een recent gestart 4-jarig initiatief waarin het Rijk, provincies, waterschappen, drinkwaterbedrijven, kennisinstituten en belanghebbende partijen werken aan het vergroten van het inzicht in de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater. Het project is uitgevoerd in een consortium van onderzoeksinstituten (WEnR, Deltares, KWR, RIVM) en onderzoeks- en adviesbureaus (NMI, Boerenverstand), waarbij de lead in handen was van WEnR. Het consortium heeft de methodiek ontwikkeld, verfijnd en getoetst in drie gezamenlijke workshop-middagen met bijbehorend 'huiswerk'.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 van deze notitie beschrijft de methodiek die is toegepast in 'Maatregelen op de kaart'. Hoofdstuk 3 bespreekt de belangrijkste resultaten. Hoofdstuk 4 sluit af met een samenvatting inclusief de belangrijkste conclusies en geeft een aantal aanbevelingen over doorontwikkeling, ontsluiting en inpassing van de in dit project ontwikkelde maatregelenkaart.

¹ Adviescommissie water, advies waterkwaliteit 9 mei 2016

² Waterkwaliteit zoetwater en waterketen, brief van Minister Schulz aan de 2e kamer voor Wetgevingsoverleg Water 14 november 2016

2 Methode

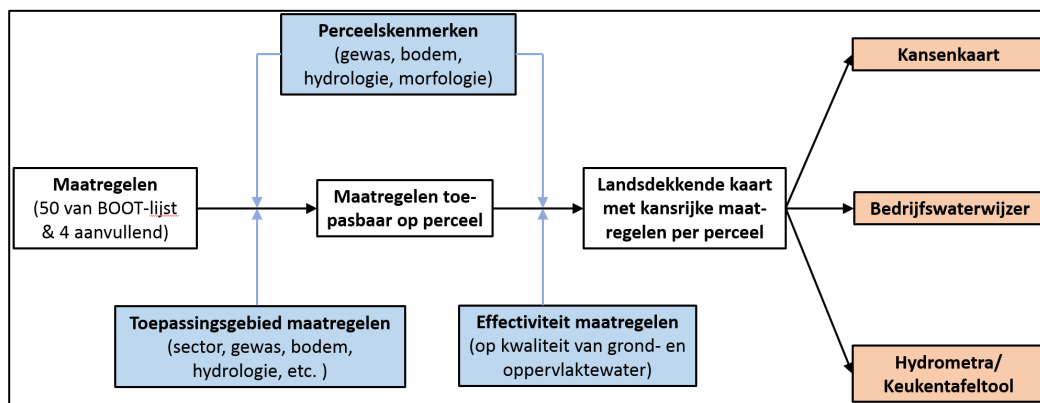
2.1 Aanpak op hoofdlijnen

De overkoepelende methodiek is gevisualiseerd in Figuur 2.1. De volgende stappen zijn doorlopen:

1. Beschouwde maatregelen (paragraaf 2.2): de BOOT-lijst is uitgedund van 99 naar 50 maatregelen, door maatregelen te selecteren die effect hebben op de waterkwaliteit en door overlappende maatregelen waar mogelijk samen te voegen. De overgebleven 50 maatregelen zijn aangevuld met 4 maatregelen die ontbreken op de BOOT-lijst maar wel kansrijk zijn.
2. Toepassingsgebied maatregelen (paragraaf 2.3): per beschouwde maatregel is bepaald onder welke omstandigheden de maatregel toepasbaar is. Voor welk gewas, welke landbouwsector, welk bodemtype, welke grondwatertrap en welke perceelhelling? En moet het perceel grenzen aan een sloot of voorzien zijn van buisdrainage om de maatregel te kunnen toepassen?
3. Analyse perceelskenmerken (paragraaf 2.4): via GIS-analyses zijn voor elk perceel in Nederland de perceelskenmerken bepaald die relevant zijn voor de toepassing van de beschouwde maatregelen. Denk daarbij aan gewastype, landbouwsector, bodemtype, grondwatertrap, aanwezigheid buisdrainage, afstand tot de sloot en perceelhelling. Zo kun je per perceel bepalen welke maatregelen toepasbaar zijn.
4. Evaluatie effectiviteit maatregelen (paragraaf 2.5): de maatregelen zijn via expert-judgement gescoord op effectiviteit om de lijst van toepasbare maatregelen uit te dunnen tot een selectie van de meest kansrijke maatregelen. Hierbij is gekeken naar het effect van de maatregelen op de grondwaterkwaliteit (de uitspoeling van nitraat naar het ondiepe grondwater) en op de oppervlaktewaterkwaliteit (uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater). Daarnaast zijn de maatregelen gescoord op uitvoerbaarheid en kosten.
5. Ontwikkeling Maatregelenkaart Waterkwaliteit (paragraaf 2.6): De informatie van de voorgaande stappen is gecombineerd tot een landsdekkende percelenkaart met kansrijke maatregelen. Dit resulteert in twee maatregel-inspiratielijsten, één voor grondwater en één voor oppervlaktewater. Daarnaast zijn de geadviseerde maatregelen nog opgesplitst in maatregelcategorieën/strategieën: 'waterbeheer', 'nutriëntenbenutting', 'bodemverbetering', 'route & zuivering' en 'landmanagement'.

De methodiek leunt deels op expertkennis, vooral stap 2 en stap 4. Daarom is het project uitgevoerd in een breed consortium aan experts van verschillende partijen (WenR, Deltares, KWR, RIVM, NMI en Boerenverstand), om zo te komen tot een breed gedragen en zo volledig mogelijk expertoordeel. Hierbij is voortgebouwd op opgedane expertise rondom de ontwikkeling van gebiedsspecifieke maatregelpakketten en onderbouwende factsheets (Verloop et al., 2018; Groenendijk et al., 2016; Rozemeijer et al., 2016; Groenendijk et al., 2017; Ros et al., 2018a; Groenendijk et al., in prep.).

De gegenereerde landsdekkende 'Maatregelenkaart Waterkwaliteit' kan worden ingezet binnen lopende initiatieven op het vlak van landbouwmaatregelen, zoals de DAW-viewer, Hydrometra/Keukentafeltool, de BedrijfsWaterWijzer en de Kanskaart.



Figuur 2.1 Schematisch overzicht van de methodiek van 'Maatregel op de Kaart'

2.2 Beschouwde maatregelen

Uitgangspunt van dit project zijn de vrijwillige DAW-maatregelen van de BOOT-lijst³. Uit deze lijst zijn alleen die maatregelen geselecteerd die van invloed zijn op emissies van stikstof en fosfor naar het grond- en oppervlaktewater. Zo zijn maatregelen m.b.t. gewasbeschermingsmiddelen en verminderde erfemissie achterwege gelaten, en zijn maatregelen met vergelijkbaar effect/uitvoering samengevoegd. Tevens zijn breed omschreven maatregelen niet meegenomen maar bestempeld als 'strategie' (BOOT-lijst maatregelen 14, 54, 70, 72 en 73). Zo is de BOOT-lijst uitgedund van 99 naar 50 maatregelen. Op basis van expertise van betrokken experts zijn vier kansrijke maatregelen toegevoegd.

Tabel 2.1 geeft een overzicht van de 54 maatregelen die zijn beschouwd in dit project. De maatregelen zijn ingedeeld naar categorie/strategie, om zo in de landsdekkende percelenkaart een gericht maatregeladvies te kunnen geven. Hierbij zijn vijf categorieën onderscheiden: 'waterbeheer', 'nutriëntenbenutting', 'bodemverbetering', 'route & zuivering' en 'landmanagement'.

Tabel 2.1 Maatregelen beschouwd in 'Maatregel op de Kaart'.

Nr.	Maatregel	Nr. BOOT lijst	Categorie
1	Stripgrazen of korte omweide-systemen	12	Landmanagement
3	Niet scheuren van blijvend grasland	21	Landmanagement
4	Drinkbakken plaatsen midden in perceel	22 & 60	Zuivering / Route
5	Onderbemaling toepassen in veenweidegebied	26	Waterbeheer
6	Water vasthouden in een kavelsloot	28	Waterbeheer
7	Onderwaterdrainage	29	Waterbeheer
8	Opnieuw benutten van drainagewater	30	Waterbeheer
9	Opslag hemelwater in bassin, vijver of plas	31	Waterbeheer
10	Zuiveren drainagewater (bv. ijzerzand)	32	Zuivering / Route
11	Regelbare/ peilgestuurde drainage	33	Waterbeheer
12	Gerichte watergeefsystemen (bv. druppelirrigatie)	34	Waterbeheer
14	Droge bufferstroken	36	Zuivering / Route
15	Natuurvriendelijke oevers en/of waterbergingslover	37	Zuivering / Route
16	Natte bufferstroken	38	Zuivering / Route
17	Helofytenfilters nabij watergang	39	Zuivering / Route
18	Aanleg infiltratiegreppel (tegenaan afspoeling)	40	Zuivering / Route
19	Zuiveren van drainagewater (N/P in sloot(kant)/bodem)	41	Zuivering / Route
20	Vaste rijpaden op perceel, via GIS/materieel	48	Bodemverbetering
21	Terrassen aanleggen / Bewerk grond haaks op de helling	49 & 81	Bodemverbetering
22	Organische mest als bodemtemperatuur tenminste 8 °C is, doch voor 15 maart	50	Nutriëntenbenutting
23	Uitrijperiode dierlijke mest verkorten en later in voorjaar	51 & 52	Nutriëntenbenutting
25	Dierlijke mest niet of nauwelijks in het najaar	53	Nutriëntenbenutting
27	Gebruik organische mest met optimale C/N/P verhouding	55 & 56	Nutriëntenbenutting
29	Water toevoegen tijdens uitrijden van drijfmest	57	Nutriëntenbenutting
30	Mestbewerking (bv. mestscheiding, mengen)	58	Nutriëntenbenutting
31	Beperk dierlijke mestgift en bemest eventueel bij met kunstmest	59	Nutriëntenbenutting
33	Gewassen telen (met negatief P-overschot) voor uitmijnen fosfaat	61	Landmanagement
34	Pas minder uitspoelingsgevoelige N-meststoffen toe	62	Nutriëntenbenutting
35	Bijmesten met vloeibare N-meststoffen	63	Nutriëntenbenutting
36	Kunstmestgift afstemmen op mineralisatie	64,66 & 67	Nutriëntenbenutting
37	Bemesten met kunstmest bij temperatuursom boven de 180 oC	65	Nutriëntenbenutting
40	Betere grasbedekking door maai- en/of graaslengte van 5 naar 7 cm te brengen	68	Landmanagement
41	Verhogen gewasbedekking zomerperiode op weidepercelen	69	Landmanagement
43	Optimaliseer Ph- en Ca/Mg verhouding voor gewasproductie	71	Nutriëntenbenutting
46	Plant mais in ruitverband	74	Landmanagement
47	Breng drempels aan tussen ruggen in aardappelteelt	75	Zuivering / Route
48	Hergebruik fosfor en stikstof uit slootbagger (baggerpomp)	76	Nutriëntenbenutting
49	Pas sleepslangbemesting toe	78	Bodemverbetering
50	Toepassen niet kerende bodembewerking of ondiep ploegen	79	Bodemverbetering
51	Vorkom insporing door gebruik juiste machines met juiste bandenspanning	80	Bodemverbetering
53	Gebruik diepwortelende grassoorten	82	Bodemverbetering
54	Gebruik diepwortelende rustgewassen	83	Bodemverbetering
55	Teel vroegrijpe gewassen voor inzaai van stikstofvanggewas	85	Landmanagement
56	Equaliseer laagtes in percelen (natte delen opheffen)	86	Bodemverbetering
57	Hergebruik gewasresten (stro, blad) op het bedrijf	88	Nutriëntenbenutting
58	Voeg compost of andere OS verhogende bronnen toe	89 & 93	Bodemverbetering
59	Pas groenbemesters/onderzaai toe	91	Landmanagement
60	Hou het perceel lang bedekt en voorkom braakligging	92 & 94	Landmanagement
63	Pas mengteelten toe	95	Landmanagement
64	Maak greppels afsluitbaar	96	Zuivering / Route
65	Geen uitspoelingsgevoelige gewassen op uitspoelingsgev. gronden (grondwater)	extra	Landmanagement
66	Geen mais (maar gras) op natte gronden	extra	Landmanagement
68	Volvelds uitmijnen door negatief P-overschot (geen P-bemesting)	extra	Nutriëntenbenutting
69	Randdam i.c.m. bezinkgreppel om perceel	extra	Zuivering / Route

³ <https://agrarischwaterbeheer.nl/document/boot-lijst-maatregelen-agrarisch-waterbeheer>

2.3 Toepassingsgebied maatregelen

Voor elk van de 54 beschouwde maatregelen is door een breed consortium aan experts (projectteam) bepaald onder welke omstandigheden de maatregel toepasbaar is. Het resulterende toepassingsgebied van de maatregelen is weergegeven in Tabel 2.2. Het toepassingsgebied is bepaald aan de hand van karteerbare perceelskenmerken.

Tabel 2.2 Maatregelen en hun toepassingsgebied.

Nr.	Landbouwsector						Gewas	Bodemtype				Hydrologie			Morfologie	
	melkveehouderij	akkerbouw	vollegroondsgroenteteelt	bloembollen	fruitteelt	boomteelt		zand	loss	Klei	veen	buisdrainage	grondwatertrap	perceel grenst aan oppervlaktewater	helling (%)	risico op verdichting
1	x						gras	x	x	x	x					
3	x						gras	x	x	x	x					
4	x						gras	x	x	x	x					
5	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	<4	ja			
6	x	x	x		x	x		x	x	x			ja			
7	x											<4	ja			
8		x	x	x	x	x		x		x	x	ja	ja			
9		x	x	x	x	x		x		x	x	ja	ja			
10	x	x	x	x	x	x		x				ja	<4	ja		
11	x	x	x	x	x	x		x	x	x		ja	>=4	ja		
12		x	x	x	x	x	rijen- en ruggenteelten	x	x	x						
14	x	x						x	x	x	x	nee		ja		
15	x	x						x	x	x	x			ja		
16	x	x						x	x	x	x			ja		
17	x	x						x	x	x	x			ja		
18	x	x	x	x	x	x	excl. gras	x	x	x	x			ja		
19	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	ja		ja		
20	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x					
21	x	x	x	x	x	x		x	x					>2		
22	x	x				x		x	x	x	x					
23	x	x	x	x			excl. gras	x	x	x	x					
25	x	x	x	x			gras	x	x	x	x					
27	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x					
29	x						excl. gras op veen	x	x	x	x					
30	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x					
31	x		x	x	x	x		x	x	x						
33	x	x					excl. gras	x	x	x						
34	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x					
35		x	x	x	x	x		x	x	x	x					
36	x							x	x	x	x					
37	x	x	x	x				x	x	x						
40	x						gras	x	x	x	x					
41	x						gras	x	x	x	x					
43	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x					
46	x						mais	x	x	x						
47		x					aardappel	x	x	x				ja		
48	x						gras	x		x	x			ja		
49	x	x	x					x		x	x				> matig	
50	x	x	x				excl. gras	x	x	x	x				> matig	
51	x	x	x	x	x	x	excl. gras	x	x	x	x				> matig	
53	x						gras	x	x	x	x					
54	x	x	x				excl. gras	x	x	x	x					
55	x	x	x				vroegrijpe gewassen	x	x	x						
56	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	nee	<4	ja		
57		x	x	x				x	x	x	x					
58	x	x	x	x	x	x	excl. gras	x	x	x						
59	x	x	x	x	x		excl. gras	x	x	x	x					
60	x	x	x				excl. gras	x	x	x	x					
63	x	x	x					x	x	x	x					
64	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	<4	ja			
65	x	x	x	x	x	x	excl. gras	x	x							
66	x	x					mais	x		x	x	<4				
68	x	x						x	x	x	x					
69	x	x	x	x	x	x		x	x	x			ja			

2.4 Analyse perceelskenmerken

Via GIS-analyses zijn voor elk perceel in Nederland de perceelskenmerken bepaald die relevant zijn voor de toepassing van de maatregelen (zie Tabel 2.3). Basis van deze analyse is de BasisRegistratiePercelen-kaart van 2018. Deze landsdekkende BRP-kaart bevat in totaal 774.822 percelen, waarvan 8% niet in landbouwproductie is maar een andere bestemming heeft zoals natuur of akkerrand. Deze niet-landbouw percelen zijn niet meegenomen in deze studie, waarmee het totaal aantal beschouwde percelen uitkomt op 713.006.

Tabel 2.3 Perceelskenmerken die zijn bepaald in dit project, inclusief de gegevensbron.

Type	Perceelskenmerk	Eenheid	Gegevensbron
perceel	omtrek perceel	m ²	BRP2018
	perceeloppervlak	m ²	BRP2018
gewas	gewascategorie		BRP2018
	gewastype (312 types)		BRP2018
	landbouwsector (6 sectoren)		Expert judgement
	type teelt (ruggenteelt, rijenteelt, etc.)		Expert judgement
bodem-type	meest voorkomende bodemsoort in perceel (318 soorten)		1:50.000 bodemkaart
	voorkomen van meest voorkomende bodemsoort binnen perceel	% opp. vlak	1:50.000 bodemkaart
	meest voorkomende bodemtype in perceel (zand, veen, klei of löss) dat via 'nearest neighbour' is aangevuld voor percelen waarvan bodemtype miste		Grondsoortenkaart Mestbeleid
	voorkomen van meest voorkomende bodemtype binnen perceel	% opp. vlak	Grondsoortenkaart Mestbeleid
bodem-kwaliteit (fysisch)	risico van perceel op bodemverdichting (10 klassen)		Ondergrondverdichtingskaart (Van de Akker et al. 2012)
	voorkomen van meest voorkomend bodemverdichtingsrisico binnen perceel	% opp. vlak	Ondergrondverdichtingskaart (Van de Akker et al. 2012)
buis-drainage	aanwezigheid van buisdrainage (ja of nee)		Buisdrainagekaart 2015 (Massop & Schuiling, 2016)
	percentage van perceel dat is voorzien van buisdrains	% opp. vlak	Buisdrainagekaart 2015 (Massop & Schuiling, 2016)
grond-water	dominante grondwatertrap binnen perceel, die via grondwatertrappenkaart is aangevuld voor percelen waarvan GT miste. Resterende ontbrekende waarden (voornamelijk in uiterwaarden) zijn aangevuld o.b.v expert judgement)		1:50.000 bodemkaart & grondwatertrappenkaart o.b.v. karteerbare kenmerken (Van der Gaast et al. 2006)
	voorkomen van dominante grondwatertrap binnen perceel		1:50.000 bodemkaart
	naam en status van (eventuele) grondwaterbeschermingsgebied		Grondwatersbeschermingsgebiedenkaart
afstand tot opp. water	Afstand van perceel tot dichtstbijzijnde oppervlaktewater (gemiddeld, mediaan, 1 ^e percentiel, 5 ^e percentiel, minimum, maximum)	m	TOP10-waterlopen [^]
	Deel van perceelsrand die is omgeven door oppervlaktewater (waar water binnen 3 meter ligt)	%	TOP10-waterlopen [^]
hoogte	hoogteverdeling binnen perceel (gemiddelde, minimum, maximum, mediaan en 5 ^e , 10 ^e , 15 ^e , 20 ^e , 25 ^e , 30 ^e , 35 ^e , 40 ^e , 45 ^e , 55 ^e , 60 ^e , 65 ^e , 70 ^e , 75 ^e , 80 ^e , 85 ^e , 90 ^e & 95 ^e percentiel)	cm NAP	AHN-2 (5 meter grid)
	standaarddeviatie van de hoogteverdeling binnen het perceel	cm	AHN-2 (5 meter grid)
helling	hellingsverdeling binnen perceel (minimum, maximum, gemiddelde, mediaan, 5 ^e & 95 ^e percentiel)	%	AHN-2 (5 meter grid)*
	standaarddeviatie van de hellingsverdeling binnen perceel	%	AHN-2 (5 meter grid)*

[^] in combinatie met GIS-procedure die voor elke gridcel de helling bepaalt a.d.h.v. de hoogte van omringende gridcellen

* in combinatie met GIS-procedure waarin perceel en perceelsrand beiden zijn opgedeeld in 100 punten, om per punt afstand tot dichtstbijzijnde oppervlaktewater te bepalen

2.5 Evaluatie effectiviteit maatregelen

De maatregelen zijn vervolgens gescoord op effectiviteit, kosten en uitvoerbaarheid. Deze informatie is gebruikt om te bepalen hoe kansrijk een maatregel is. De effectiviteit is uitgesplitst naar het effect op grondwater (effect op de uitspoeling van nitraat naar het ondiepe freatische grondwater: E_{NO_3}) en het effect op oppervlaktewater (effect op uit- en afspoeling naar oppervlaktewater van stikstof (E_N) en fosfor (E_P)). Tabel 2.4 geeft de resultaten van de kwalitatieve scoring van de maatregelen, en geeft tevens aan of het effect 'positief', 'negatief' of 'neutraal' is. 'Neutraal' betekent in deze context dat het te verwachten effect klein tot nihil is, maar kan ook betekenen dat er nog onvoldoende kennis is over het daadwerkelijke effect van de maatregel. Verder kan 'neutraal' betrekking hebben op maatregelen met een tegenstrijdig effect voor oppervlaktewater (gunstig voor N en ongunstig voor P, of andersom).

Tabel 2.4 Beoordeling van maatregelen op effectiviteit, kosten en uitvoerbaarheid.

Nr.	Effectiviteit (-1=negatief, 0=neutraal, 0.5=beperkt, 1=positief, 2=zeer positief)			Kosten (1=laag, 2=hoog)	Uitvoerbaarheid (1=eenvoudig, 2=complex)	Effect op opp.water	Effect op grond- water
	E_N (opp. water)	E_P (opp. water)	E_{NO_3} (grondwater)	E_{kosten}	$E_{uitvoerbaarheid}$		
1	0.5	0	0.5	1	1	positief	positief
3	1	0	2	1	1	positief	positief
4	1	1	0	1	1	positief	neutraal
5	-1	1	-1	2	2	neutraal	negatief
6	0	-1/0 ¹	0.5	2	2	negatief	positief
7	1	1	0	2	2	positief	neutraal
8	1	1	0	2	2	positief	neutraal
9	1	1	0	2	2	positief	neutraal
10	1	1/2 ²	0	2	2	positief	n.v.t.
11	1	0.5	0.5	2	2	positief	positief
12	1	0	1	2	2	positief	positief
14	1	1	0	1	1	positief	n.v.t.
15	1	1	0	2	1	positief	n.v.t.
16	1	1	0	2	1	positief	n.v.t.
17	1	1	0	2	1	positief	n.v.t.
18	1	1/2 ³	0	1	1	positief	n.v.t.
19	2	2	0	2	1	positief	n.v.t.
20	1	1	1	2	1	positief	positief
21	2	2	0	1	1	positief	neutraal
22	0	0	1	1	1	neutraal	positief
23	1	0.5	1	1	1	positief	positief
25	1	1	1	1	1	positief	positief
27	1	0	1	1	1	positief	positief
29	1	0	1	1	1	positief	positief
30	1	0.5	1	1.5	1.5	positief	positief
31	1	0.5	1	1	1	positief	positief
33	0	1	0	1	1	positief	neutraal
34	1	0	1	1	1	positief	positief
35	1	0	1	1	1	positief	positief
36	1	0	1	1	1	positief	positief
37	1	0	1	1	1	positief	positief
40	1	0.5	1	1	1	positief	positief
41	1	0.5	1	1	1	positief	positief
43	1	0.5	1	1	1.5	positief	positief
46	0	0	0	1	1	neutraal	neutraal
47	1	2	0	1	1	positief	neutraal
48	0.5	1	0	1	1	positief	neutraal
49	1	1	0	1	1	positief	neutraal
50	1	1	1	1	1	positief	positief
51	1	1	1	1	1	positief	positief
53	1	0	1	1	1	positief	positief
54	1	0	1	1	1	positief	positief
55	0.5	0	1	1	1	positief	positief
56	-0.5	-0.5	0	1	1	negatief	neutraal
57	0.5	0	1	1	1	positief	positief
58	0.5	0.5	0.5	1	1	positief	positief
59	2	1	2	1	1	positief	positief
60	0.5	0.5	1	1	1	positief	positief
63	1	0	1	1	2	positief	positief
64	2	2	0	1	1	positief	neutraal
65	1	0	2	2	1	positief	positief
66	2	2	1	1	1	positief	positief
68	1	2	0.5	2	1	positief	positief
69	1	2	0	1.5	1	positief	neutraal

¹ -1 voor nattere percelen (GT < 6) en 0 voor droge percelen (GT >=6)

² 2 voor bloembollenpercelen en 1 voor overige landbouwpercelen

³ 1 voor vlakke percelen (helling < 2%) en 2 voor steilere percelen (helling >=2%)

2.6 Ontwikkeling Maatregelenkaart Waterkwaliteit

De informatie over de perceelskenmerken en de effectiviteit en toepasbaarheid van de maatregelen is gecombineerd tot een landsdekkende percelenkaart met kansrijke maatregelen. Hiervoor zijn de volgende stappen uitgevoerd:

- Bepaal eerst voor elk perceel welke maatregelen toepasbaar zijn, op basis van de toepasbaarheidscriteria van de maatregelen (Tabel 2.2) in combinatie met de perceelskenmerken (Tabel 2.3).
- Bepaal vervolgens welke van de toepasbare maatregelen daadwerkelijk kansrijk zijn, op basis van de ingeschatte maatregel-effectiviteit (Tabel 2.4).

Dit gecombineerd leidt tot de 'Maatregelenkaart Waterkwaliteit'; een inspiratielijst aan maatregelen, waarbij de kansrijke maatregelen zijn ingedeeld naar categorie/strategie (zie Tabel 2.1 voor de categorieën). Voor elke categorie is een top3 aan maatregelen gegeven. Dit is gedaan voor oppervlaktewater en grondwater apart. Dit resulteert in 10 inspiratielijsten per perceel (5 categorieën voor grondwater en 5 categorieën voor oppervlaktewater). Bovendien is een overall top5 aan maatregelen gegeven voor grondwater en voor oppervlaktewater.

Om te bepalen hoe kansrijk een maatregel is en of deze in de top3 of top5 valt, is gewerkt met een 'effectiviteitsscore' voor grondwater (E_{gw}) en oppervlaktewater (E_{ow}). Hoe hoger de score, hoe kansrijker de maatregel. De score is als volgt bepaald:

$$E_{gw} = 100 \times E_{NO_3} - 2 \times E_{uitvoerbaarheid} - 1 \times E_{kosten}$$

$$E_{ow} = 100 \times \left(\frac{E_N + E_P}{2} \right) - 2 \times E_{uitvoerbaarheid} - 1 \times E_{kosten}$$

waarin (zie Tabel 2.4):

E_{NO_3}	Effect van maatregel op NO ₃ -uitspoeling naar freatische grondwater
E_N	Effect van maatregel op N-uitspoeling naar oppervlaktewater
E_P	Effect van maatregel op P-uitspoeling naar oppervlaktewater
$E_{uitvoerbaarheid}$	Uitvoerbaarheid van de maatregel
E_{kosten}	Kosten van de maatregelen

Zoals te zien in de formule wordt de effectiviteitsscore vooral bepaald door het effect op de uitspoeling en volgt er een penalty naar gelang de uitvoerbaarheid en kosten van de maatregel. Een maatregel belandt alleen in de top3 of top5 als de maatregel een positieve effectiviteitsscore heeft. Dat betekent dat neutrale of negatieve maatregelen (zie Tabel 2.4) worden genegeerd. Bij een identieke score kan het voorkomen dat er meer maatregelen in de geselecteerde top3 of top5 voorkomen dan de naam suggereert.

In grote delen van laag-Nederland is de grondwaterkwaliteit qua nitraat op orde, omdat de natte en gereduceerde omstandigheden in veen- en kleigronden zorgen voor hogere denitrificatiesnelheden en daardoor geringe nitraatverliezen (zie paarse gebieden in Figuur 2.2). In deze delen is het nemen van maatregelen ter verbetering van de grondwaterkwaliteit (qua nitraat) niet relevant. Daarom bevat de maatregelenkaart in deze gebieden geen maatregelen met het oog op betere grondwaterkwaliteit.

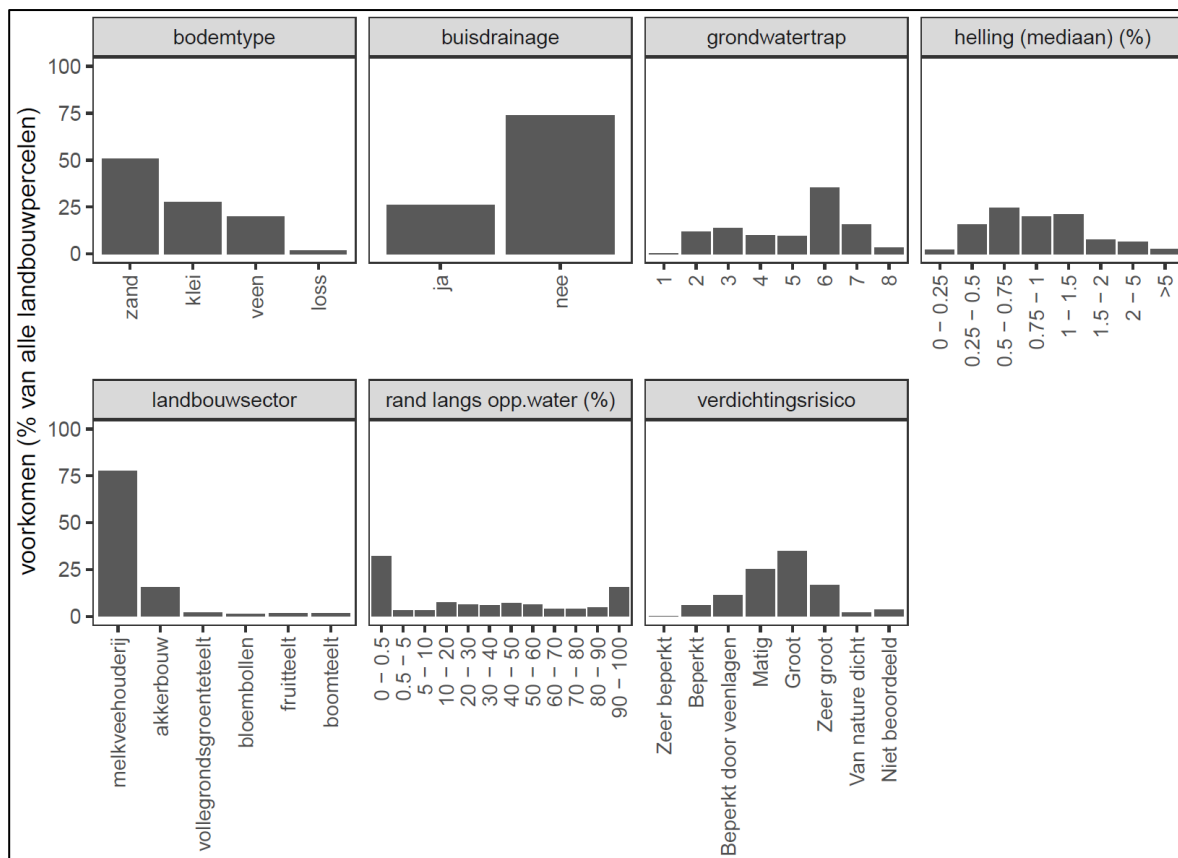


Figuur 2.2 KRW-grondwaterlichamen waarin nitraat op orde is (paars) en regelmatig niet op orde is (groen).

3 Resultaten

3.1 Perceelskenmerken

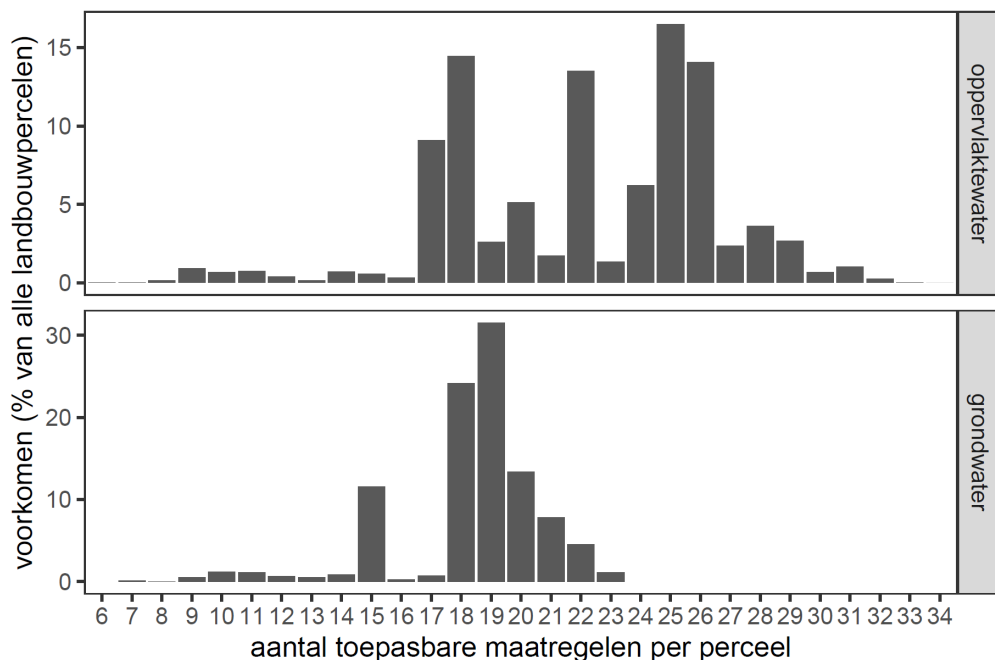
Figuur 3.1 toont de perceelskenmerken die bepalen of een maatregel toepasbaar is op een specifiek perceel, en hoe deze kenmerken variëren binnen Nederland. Zo is o.a. te zien dat de meeste percelen een functie hebben binnen de melkveehouderij, dat het gros van de percelen geen buisdrains heeft en dat de helft van de percelen een zandbodem heeft. Ook is te zien dat bijna 40% van alle percelen niet of nauwelijks (voor minder dan 10%) grenst aan oppervlaktewater.



Figuur 3.1 Perceelskenmerken die gebruikt zijn om te bepalen welke maatregelen toepasbaar zijn (zie Tabel 2.2), en hun voorkomen in Nederland. Aangenomen is dat een perceel grenst aan oppervlaktewater als tenminste 10% van de perceelsrand aan een waterloop ligt (zie 'rand langs opp.water'). Dit is voor ruim 60% van de percelen het geval is.

3.2 Toepasbaarheid van maatregelen

Het aantal toepasbare maatregelen per perceel varieert sterk (Figuur 3.2). Het aantal maatregelen met een positief effect op de oppervlaktewaterkwaliteit varieert tussen de 6 en de 34 per perceel, met een zwaartepunt tussen de 17 en 25. In vergelijking met het oppervlaktewater ligt het aantal toepasbare maatregelen met een positief effect op de grondwaterkwaliteit een stuk lager (variërend van 7 tot 23 met zwaartepunt tussen 15 en 22). Dit komt doordat minder maatregelen een positief effect hebben op de grondwaterkwaliteit dan op de oppervlaktewaterkwaliteit (zie Tabel 2.4), maar ook omdat sommige maatregelen nauwelijks relevant zijn voor grondwater zoals bepaalde zuiveringsmaatregelen (zuivering van buisdrainwater, bufferstroken, natuurvriendelijke oevers, etc.). Een belangrijk kenmerk voor de toepasbaarheid van maatregelen is of het perceel grenst aan oppervlaktewater. Zo nee, dan valt een groot deel van maatregelen af, vooral maatregelen in de categorieën waterbeheer, zuivering of route (zie Tabel 2.2).



Figuur 3.2 Aantal toepasbare maatregelen per perceel voor alle landbouwpercelen, met het oog op betere oppervlaktewaterkwaliteit (boven) en betere grondwaterkwaliteit (beneden).

3.3 Percelenkaart met kansrijke maatregelen

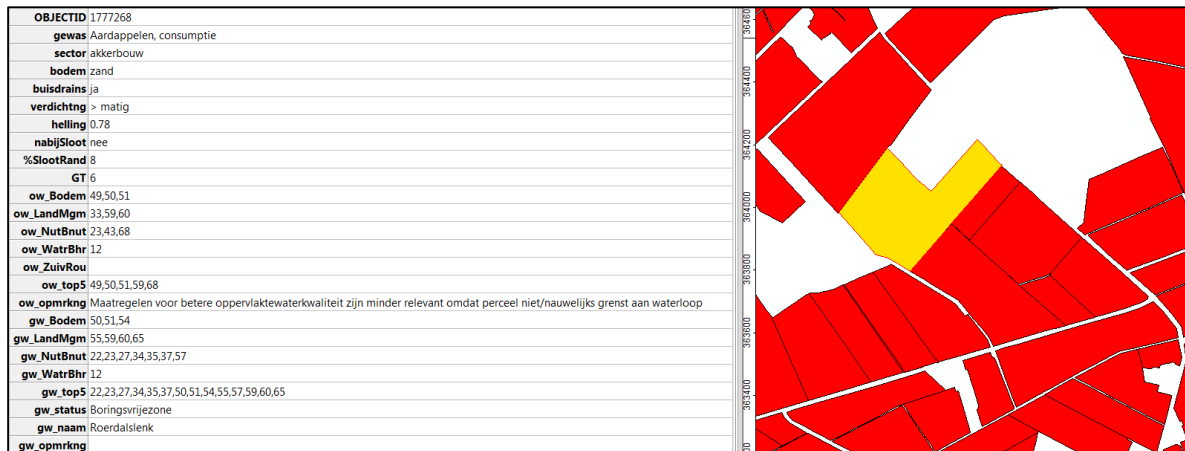
Het hoofdproduct van deze studie is de 'Maatregelenkaart Waterkwaliteit': een landsdekkende percelenkaart met per perceel een inspiratielijst aan kansrijke maatregelen. De kaart is beschikbaar als een ESRI shapefile. Kaartvoorbeelden zijn gegeven voor een veenweideperceel in laag-Nederland (Figuur 3.3) en een akkerbouwperceel op hoge zandgrond (Figuur 3.4). De informatieelden van de shapefile zijn omschreven in Tabel 3.1.

Het voorbeeld-veenweideperceel is volledig omringd door waterlopen (Figuur 3.3). Ter verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit zijn meerdere maatregelen nuttig, onderverdeeld naar een top3 voor de 5 verschillende categorieën. Qua waterbeheer-maatregel is alleen maatregel 7 (onderwaterdrainage) kansrijk. De overall top5 bestaat uit drie zuivering-/routemaatregelen (4, 14 en 64) en twee maatregelen die sturen op een hogere nutriëntenbenutting (25 en 68) (zie Tabel 2.1 voor de omschrijving van de maatregelen). Maatregelen voor een betere grondwaterkwaliteit zijn niet weergegeven, omdat nitraatverliezen naar het grondwater minimaal zijn in veengronden (Figuur 2.2).



Figuur 3.3 Uitkomst van de maatregelenkaart voor een veenweideperceel (geel gemarkeerd) in laag-Nederland. Zie Tabel 3.1 voor de omschrijving van de informatieelden.

Het voorbeeld akkerbouwperceel op zandgrond laat een ander beeld zien (Figuur 3.4). In tegenstelling tot het veenweideperceel zijn hier de maatregelen ter verbetering van de grondwaterkwaliteit wel relevant, ook omdat het perceel gelegen is in een boringsvrije zone (Roerdalslenk). De top5 maatregelen voor een betere grondwaterkwaliteit bestaat uit meer dan vijf maatregelen, omdat meerdere maatregelen even kansrijk zijn en een gedeelde 5^e plek innemen. De maatregelen voor een betere oppervlaktewaterkwaliteit zijn minder relevant omdat het perceel nauwelijks grenst aan waterlopen, zie ook de opmerking in het veld 'ow_opmrkng'. Hierdoor zullen de maatregelen namelijk een verminderd en vertraagd effect hebben op de oppervlaktewaterkwaliteit.



Figuur 3.4 Uitkomst van de maatregelenkaart voor een akkerbouwperceel (geel gemarkeerd) op hoge zandgrond. Zie Tabel 3.1 voor de omschrijving van de informatievelden.

Tabel 3.1 Omschrijving van de informatievelden van de maatregelen-percelenkaart.

veldnaam	omschrijving
OBJECTID	ID van perceel (BRP 2018)
gewas	gewastype (BRP 2018)
sector	landbouwsector
bodem	bodemtype: veen, klei, zand of loss (grondsoortenkaart Mestbeleid)
buisdrains	aanwezigheid van buisdrainage (Massop & Schuiling, 2016)
verdichtng	risico op ondergrondverdichting (Van den Akker et al. 2012)
helling	mediane helling van perceel (%)
nabijSloot	grenst perceel aan oppervlaktewater? Dit is het geval als het perceel voor tenminste 10% is omringd door waterlopen
%SlootRand	deel van perceelsrand die grenst aan waterloop (%)
GT	dominante grondwatertrap binnen perceel (1:50.000 bodemkaart & Van der Gaast et al. 2006)
ow_Bodem	top3 van bodemverbeteringmaatregelen met oog op betere oppervlaktewaterkwaliteit
ow_LandMgm	top3 van landmanagementmaatregelen met oog op betere oppervlaktewaterkwaliteit
ow_NutBnut	top3 van nutriëntenbenuttingmaatregelen met oog op betere oppervlaktewaterkwaliteit
ow_WatrBhr	top3 van waterbeheermaatregelen met oog op betere oppervlaktewaterkwaliteit
ow_ZuivRou	top3 van zuivering-/routemaatregelen met oog op betere oppervlaktewaterkwaliteit
ow_top5	overall top 5 van maatregelen met oog op betere oppervlaktewaterkwaliteit
ow_opmrkng	eventuele opmerking dat maatregelen voor betere oppervlaktewaterkwaliteit minder relevant zijn als perceel niet/nauwelijks grenst aan opp.water
gw_Bodem	top3 van bodemverbeteringmaatregelen met oog op betere grondwaterkwaliteit
gw_LandMgm	top3 van landmanagementmaatregelen met oog op betere grondwaterkwaliteit
gw_NutBnut	top3 van nutriëntenbenuttingmaatregelen met oog op betere grondwaterkwaliteit
gw_WatrBhr	top3 van waterbeheermaatregelen met oog op betere grondwaterkwaliteit
gw_top5	overall top 5 van maatregelen met oog op betere grondwaterkwaliteit
gw_status	status van eventueel grondwaterbeschermingsgebied
gw_naam	naam van eventueel grondwaterbeschermingsgebied
gw_opmrkng	eventuele opmerking dat maatregelen voor betere grondwaterkwaliteit niet relevant/genoemd zijn omdat het grondwater hoogstwaarschijnlijk op orde is qua nitraat

4 Samenvatting en aanbevelingen

4.1 Samenvatting

In dit project 'Maatregel op de Kaart Fase I' is een eerste stap gezet naar een 'Maatregelenkaart Waterkwaliteit'. Deze kaart geeft inzicht in de kansen die er per landbouwperceel zijn om via bovenwettelijke (vrijwillige) maatregelen een bijdrage te leveren aan schoon grond- en oppervlaktewater. Concreet geeft de kaart voor elk perceel in Nederland informatie over:

- De relevante perceelskenmerken die van invloed zijn op de uitspoelingsgevoeligheid van het perceel: gewas, landbouwsector, bodemtype, aanwezigheid van buisdrainage, het risico op bodemverdichting, de perceelshelling, de dominante grondwatertrap, het percentage perceelrand dat grenst aan een waterloop en of het perceel in een grondwaterbeschermingsgebied ligt.
- De top3 aan maatregelen om de N- en P-belasting richting het oppervlaktewater te verkleinen dan wel te voorkomen, waarbij er onderscheid wordt gemaakt in maatregelen rond i) bodemverbetering, ii) landmanagement, iii) bemesting en nutriëntenbenutting, iv) waterbeheer en v) zuiverings- en route-maatregelen.
- De top3 aan maatregelen om de nitraatbelasting richting het grondwater te verkleinen dan wel te voorkomen, waarbij er onderscheid wordt gemaakt in maatregelen rond i) bodemverbetering, ii) landmanagement, iii) bemesting en nutriëntenbenutting en iv) waterbeheer.
- De top5 aan maatregelen met het oog op een betere waterkwaliteit voor zowel grondwater als oppervlaktewater, zonder onderscheid te maken naar het type maatregel.

De resulterende 'inspiratielijst' aan maatregelen is locatie-specifiek: maatregelen worden alleen weergegeven als ze effectief en toepasbaar zijn gegeven de kenmerken van de percelen. Dit leidt tot een uitdunning van de lange lijst aan mogelijke landbouwmaatregelen (BOOT-lijst), waardoor agrariërs een gerichtere en beter onderbouwde keuze voor maatregelen kunnen maken. Niet alleen agrariërs, maar ook andere partijen zoals waterschappen en provincies, kunnen gebruik maken van de kaart. Bijvoorbeeld om kansrijke maatregelen te selecteren met het oog op de 3^e KRW-stroomgebiedsbeheerplannen. Daarnaast kan de 'Maatregelenkaart Waterkwaliteit' bijdragen aan duurzamer landgebruik en het sluiten van de kringlopen om zo de door de overheid beoogde omslag naar kringlooplandbouw in 2030 te faciliteren. 'Het wordt nu de uitdaging om met zo min mogelijk grondstoffen en dus minder belastend voor het milieu, ons voedsel te produceren', aldus minister Schouten van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, d.d. september 2018.

Bij het gebruik van de maatregelenkaart dient men zich het volgende te realiseren:

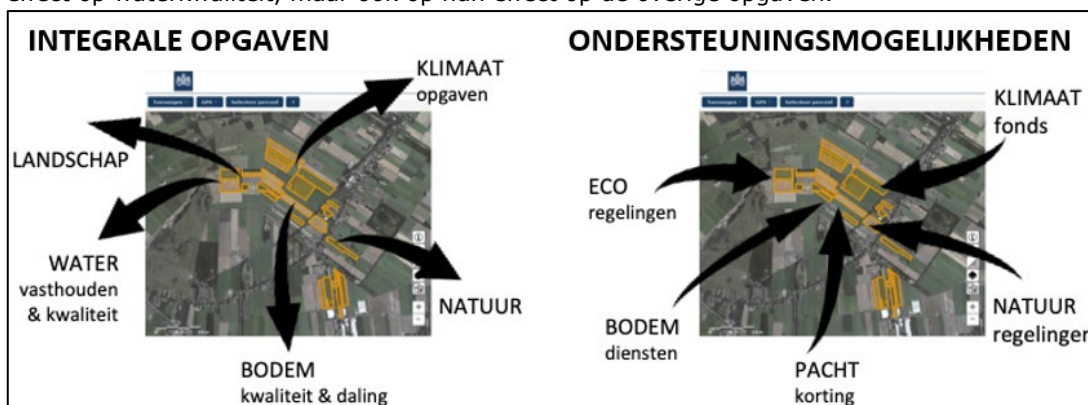
- Bij het inschatten van het effect van maatregelen is aangenomen dat de maatregel op de juiste manier wordt uitgevoerd, volgens 'good agricultural practice'.
- De kaart geeft geen waardeoordeel binnen de top3 of top5 aan maatregelen: het betreft een 'inspiratielijst' waarbij de keuzevrijheid ligt bij de agrarisch ondernemer. Het geven van een waardeoordeel is sowieso moeilijk omdat het daadwerkelijke effect van een maatregel vooraf lastig te bepalen is en mede afhangt van de precieze uitvoering en de exacte perceelskenmerken, inclusief perceelskenmerken die ontbreken in de maatregelenkaart omdat ze onbekend zijn of niet beschikbaar.
- De kaart geeft geen inzicht in het doelbereik, dus geeft niet aan of er een waterkwaliteitsopgave is en in hoeverre de maatregel bijdraagt aan het realiseren van deze opgave.

Concluderend constateren we dat de ontwikkelde Maatregelenkaart Waterkwaliteit een basis biedt voor een gericht, perceelspecifiek advies over kansrijke maatregelen voor schoner grond- en oppervlaktewater. De kaart biedt kansen om met verschillende partijen en op verschillende schaalniveaus te werken aan een betere waterkwaliteit, en kan helpen om de door de overheid beoogde omslag naar kringlooplandbouw in 2030 te faciliteren. Steekzin daarbij is het nemen van de juiste maatregelen op de juiste plek.

4.2 Aanbevelingen

De in dit project ontwikkelde methodiek omvat een eerste stap naar een gericht maatregelenadvies op perceelsniveau, om te komen tot schoner grond- en oppervlaktewater. De methodiek biedt een fundament voor verdere doorontwikkeling. Daarnaast is ontsluiting een punt van aandacht, zodat de resultaten optimaal kunnen worden benut door eindgebruikers en belanghebbenden. Hieronder volgt een aantal aanbevelingen:

- De methodiek leunt deels op expert judgement over de toepasbaarheid en effectiviteit van maatregelen. Om te komen tot een nog gericht en breed gedragen maatregelen-advies is het aan te bevelen de maatregelen breder te beoordelen. Vooral de aspecten rondom kosten en inpasbaarheid binnen de huidige bedrijfsvoering vergen aandacht, waarbij expertise van erfbetreders kan worden ingezet.
- De maatregelenkaart bevat vooral DAW-maatregelen die worden geacht kosteneffectief te zijn. Zo ontbreken minder kosteneffectieve maatregelen met een groot positief effect op de waterkwaliteit. Dergelijke maatregelen kunnen worden toegevoegd, waarbij het kostenaspect en eventuele compensatie (bijvoorbeeld via subsidies) nadere aandacht verdient.
- Het effect van maatregelen is nu kwalitatief ingeschat. Alternatief is om het effect te kwantificeren, bijvoorbeeld via een combinatie van metingen en modellen. Voorwaarde is dat dergelijke meet- en modelgegevens, mits beschikbaar, adequaat genoeg zijn om uitspraken te kunnen doen over maatregeleffecten op perceelsniveau.
- De percelen kunnen worden voorzien van aanvullende kenmerken om te komen tot een nog meer toegesneden maatregelen-advies. Denk hierbij aan aanvullende kenmerken zoals de fosfaatverzadiging van de bodem. Voorwaarde is dat de data over deze aanvullende kenmerken vrij beschikbaar is dan wel beschikbaar te maken is, zoals via geostatistische opwerking van perceelsinformatie vanuit agrarische meetnetten (zie Ros et al., 2018b).
- De maatregelenkaart richt zich nu op schoner grond- en oppervlaktewater. Naast deze waterkwaliteitsopgave zijn er nog andere opgaves die spelen rondom het boerenbedrijf zoals opgaves voor het klimaat, het landschap en de natuur (zie figuur linksonder). Het in kaart brengen van alle spelende beleidsthema's en de bijbehorende opgaves geeft een beter beeld van het nut en de noodzaak van maatregelen. Daarbij helpt het bij het maken van de juiste afwegingen, bijvoorbeeld wanneer een maatregel positief uitpakt voor het ene beleidskader en negatief voor het andere. Een dergelijke integrale aanpak helpt om de verschillende opgaven te vertalen naar kansen op de landbouwpercelen die bijdragen aan een betere leefomgeving, ondersteund door regelingen (zie figuur rechtsonder). Een dergelijke integrale blik op maatregelen vereist overigens wel dat de maatregelen niet alleen worden gescoord op hun effect op waterkwaliteit, maar ook op hun effect op de overige opgaven.



- De geproduceerde maatregelen-percelen kaart is beschikbaar als shapefile maar zou in de toekomst beter ontsloten kunnen worden via een gebruiksvriendelijke website en/of app. Naast het ontwikkelen van een eigen app liggen er mogelijkheden voor inbedding binnen bestaande applicaties zoals de KringloopWijzerBodem (van LTO-Noord en NMI), de BodemWaterWijzer (van WUR), de OpenBodemIndex (van ASR, Rabobank en Vitens), BoerenBunder (van Dacom) als wel de Biodiversiteitsmonitor. Randvoorwaarde hierbij is wel dat iedereen vrij toegang krijgt tot de kaart en gemakkelijk de informatie krijgt die hij/zij nodig heeft.

- Verder kan gedacht worden aan het interactief maken van de kaart. Bijvoorbeeld door de mogelijkheid in te bouwen om zelf data toe te voegen aan de kaart, leidend tot een nog gericht maatregelenadvies. Of door zelf perceelskenmerken te kunnen veranderen, bijvoorbeeld om informatie in te winnen voorafgaand aan een teeltwijziging. Of door per perceel aan te kunnen geven of er al DAW-maatregelen zijn genomen, zodat de kaart een overzicht geeft van de implementatiegraad van DAW-maatregelen.

Literatuur

- Adviescommissie water, advies waterkwaliteit 9 mei 2016
- Akker, J.J.H. van den, F. de Vries, G.D. Vermeulen, M.J.D. Hack-ten Broeke en T. Schouten, 2012. Risico op ondergrondverdichting in het landelijk gebied in kaart. Wageningen, Alterra, Alterra-Rapport 2409.
- Gaalen, F. van et al., 2015. Waterkwaliteit nu en in de toekomst. Eindrapportage ex ante evaluatie van de Nederlandse plannen voor de Kaderrichtlijn Water, Den Haag: PBL.
- Gaast, J.W.J. van der, Massop, H.T.L., Vroon, H.R.J., Staritsky, I.G., 2006. Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1339.
- Groenendijk, Piet; Boekel, Erwin van; Renaud, Leo; Greijden, Auke; Michels, Rolf; Koeijer, Tanja de, 2016. Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten in regionale wateren: het aandeel van landbouw in de KRW-opgave, de kosten van enkele maatregelen en de effecten ervan op de uit- en afspoeling uit landbouwgronden. Wageningen Environmental Research rapport 2749.
- Groenendijk, P. et al., 2017. Effecten van verbetering bodemkwaliteit op waterhuishouding en waterkwaliteit. WEnR-rapport 2811, 132 pp.
- Groenendijk, P., L.P.A. van Gerven, E.M.P.M. van Boekel, in prep. Maatregelen op en rond landbouwpercelen ter vermindering van de uit- en afspoeling van nutriënten. Achtergrondinformatie over maatregelen ten behoeve van de Nationale Analyse Waterkwaliteit.
- Massop, H.Th.L. en C. Schuiling, 2016. Buisdrainagekaart 2015; Update landelijke buisdrainagekaart op basis van de landbouwmetingen van 2012. Wageningen, Alterra Wageningen UR, Alterra-rapport 2700.
- Ros, G.H. et al., 2018a. Advies Nutriëntenvisie Rijn-Oost. Inventarisatie van knelpunten en oplossingen om nutriëntenverliezen uit de landbouw terug te dringen. NMI-rapport 1589.N.18.21, 33 pp.
- Ros G.H., Kros H., van Vliet P. en K. van Duijvendijk, 2018b. Kwantificering nutriëntensituatie van de bodem in het beheergebied van Wetterskip Fryslân. NMI-rapport 1708.N.17, 25 pp.
- Rozemeijer, J. et al., 2016. Expertbeoordeling van landbouwmaatregelen voor oppervlaktewaterkwaliteit. H2O / 28 november 2016, 6 pp.
- Verloop, Koos; Agtmaal, Maaike van; Busink, Wim; Eekeren, Nick van; Groenendijk, Piet; Jansen, Stefan; Noij, Gert-Jan; Zanen, Marleen, 2018. Achtergronden bij informatie in de BOOT-lijst factsheets. Wageningen Plant Research, Business unit Agrosysteemkunde, Rapport WPR 842.
- Waterkwaliteit zoetwater en waterketen, brief van Minister Schulz aan de 2e kamer voor Wetgevingsoverleg Water 14 november 2016.