

stowa

# TERUG NAAR DE (WATER) BASIS

EEN HERBESCHOUWING VAN DRIE BEPROEFDE ONDERZOEKSMETHODEN  
VOOR HET INTEGREREN VAN RUIMTELIJKE ORDENING EN WATERBEHEER



RAPPORT

2025  
01

TERUG NAAR DE (WATER)BASIS

EEN HERBESCHOUWING VAN DRIE BEPROEFDE ONDERZOEKSMETHODEN  
VOOR HET INTEGREREN VAN RUIMTELIJKE ORDENING EN WATERBEHEER

RAPPORT

2025

01

ISBN 978.94.6479.080.1



# COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer  
Postbus 2180  
3800 CD Amersfoort

AUTEURS Marjolein Mens (Deltares)  
Judith Klostermann (WUR)  
Frans Klijn (Deltares)

BEGELEIDINGSCOMMISSIE  
Ron Nap (Rijkswaterstaat)  
Rob Ruijtenberg (STOWA)  
Bas Worm (Waterschap Vechtstromen)

VORMGEVING Buro Vormvast  
STOWA STOWA 2025-01  
ISBN 978.94.6479.080.1

De inhoud van deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden in de publicatie, of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud ervan.

STOWA spant zich in de rechthebbenden van in de uitgave gebruikte afbeeldingen te respecteren conform het auteursrecht. Indien u desondanks van mening bent dat uw rechten in het geding zijn, dan verzoeken wij u contact met ons op te nemen.

# TEN GELEIDE

**Om het landgebruik en waterbeheer op elkaar af te stemmen, is inzicht nodig in de werking van het water- en bodemsysteem. Dit vergt zowel het integreren van kennis uit verschillende disciplines als een samenwerking tussen ruimtelijke ordenaars, grondeigenaren en waterbeheerders. Dit is niet nieuw. Daarom zijn drie reeds bestaande beproefde methoden tegen het licht gehouden. Het gaat om de lagenbenadering, de Landschaps-ecologische Systemanalyse (LESA) en de Gewenste Grond- en Oppervlaktewaterregime (GGOR) methodiek. Wat blijkt? Deze zijn goed bruikbaar om water en de ruimtelijke ordening op elkaar af te stemmen. Met name de GGOR is een veel omvattend instrument.**

Nederland heeft van nature een gevarieerd landschap en elke plek in dat landschap heeft specifieke bodem- en (grond)watereigenschappen die bepalend zijn voor wat er van nature wil groeien (potentieel natuurlijke vegetatie) of kan worden geteeld (landbouw, bosbouw). In deze landschappen is door de mens ruimte gemaakt voor wonen, werken, landbouw, bosbouw en natuur. Van oudsher speelt het watersysteem en het beheer daarvan een grote rol om de gewenste (en soms tegenstrijdige) hydrologische condities voor deze verschillende landgebruiksvormen te creëren: door de aanleg (dimensionering) van ont- en afwateringsstelsels, pompen en gemalen, door wateraanvoer en -verdeling in de zomer, en door onttrekkingen uit het grondwater. Dit waterbeheer loopt onder andere door klimaatverandering tegen de grenzen aan. Water en bodem moeten meer ‘randvoorwaardelijk’ worden.

Er is vrijwel altijd vanuit het adagium ‘peil volgt functie’ gewerkt (de maakbaarheid). Het adagium ‘peil volgt functie’ heeft geleid tot verregaande verdroging van natuurgebieden, versnelling van de bodemdaling in veengebieden, verzilting van sloten, veranderde afvoerdynamiek in beeksystemen, etc. Het lukt op veel plaatsen niet meer om de benodigde hydrologische condities te scheppen voor het behoud van de natuur of voor de gewenste teelten. Inrichting van ons leefomgeving in afstemming met het waterbeheer en de bodem, ook onder veranderende (klimaat)omstandigheden is een opgave.

Wat zijn de methodes om aan het concept “water en bodem moeten meer randvoorwaardelijk worden” concreet invulling te geven? In deze studie zijn drie reeds bestaande concepten en onderzoeksmethoden tegen het licht gehouden met de vraag of deze toepasbaar zijn voor de vraagstukken van nu. Het gaat om de lagenbenadering, de Landschaps-ecologische Systemanalyse (LESA) en de Gewenste Grond- en Oppervlaktewaterregime (GGOR) methodiek. Conclusie is dat deze heel goed bruikbaar zijn. Maar dat deze opnieuw tegen het licht gehouden moeten worden, vertaalt moeten worden naar de situatie nu. Met dat laatste gaat STOWA aan de slag. Kijken hoe we deze bestaande methodieken toepasbaar krijgen in het heden.

Dit onderzoek maakt deel uit van het STOWA kennisprogramma DROOGTE!.

Mark van der Werf  
Directeur STOWA

# SAMENVATTING

Nederland heeft van nature een gevarieerd landschap: stuwwallen, dekzandruggen, beekdalen, laagveengebieden, oeverwallen, komgronden, droogmakerijen, etc. Elke plek in dat landschap heeft specifieke bodem- en (grond)watereigenschappen die bepalend zijn voor wat er van nature wil groeien (potentieel natuurlijke vegetatie) of kan worden geteeld (landbouw, bosbouw). In deze landschappen is door de mens ruimte gemaakt voor wonen, werken, landbouw, bosbouw en natuur. Van oudsher speelt het watersysteem en het beheer daarvan een grote rol om de gewenste (en soms tegenstrijdige) hydrologische condities voor deze verschillende landgebruiksvormen te creëren: door de aanleg (dimensionering) van ont- en afwateringsstelsels, pompen en gemalen, door wateraanvoer en -verdeling in de zomer, en door onttrekkingen uit het grondwater. Dit waterbeheer is in de afgelopen decennia steeds verder geoptimaliseerd ten behoeve van de steeds intensiever wordende landbouw en stedelijke uitbreidingen, en sterk gericht op het voorkomen van wateroverlast. Hierbij is vrijwel altijd vanuit het adagium ‘peil volgt functie’ gewerkt (de maakbaarheid).

Het adagium ‘peil volgt functie’ heeft geleid tot verregaande verdroging van natuurgebieden, versnelling van de bodemdaling in veengebieden, verzilting van sloten, veranderde afvoerdynamiek in beeksystemen, etc. Het lukt op veel plaatsen niet meer om de benodigde hydrologische condities te scheppen voor het behoud van de natuur of voor de gewenste teelten. Het (grond)water houdt zich nu eenmaal niet aan perceelsgrenzen en gebruiksfuncties met zeer verschillende hydrologische eisen zitten vaak dicht op elkaar. Dat vormt een uitdaging voor de waterbeheerders.

Het is dus lastig – zo niet onmogelijk – om de water- en bodemcondities te creëren die optimaal zijn voor alle land- en watergebruikers. Daar komt inmiddels nog bij dat de condities aan het veranderen zijn door klimaatverandering: de knelpunten die al bestaan nemen in de toekomst verder toe door nattere winters, drogere zomers en vaker intensievere neerslaggebeurtenissen. Er zal hierdoor ook steeds vaker sprake zijn van wateroverlast of droogte en het volgt elkaar steeds sneller op.

Door Nederland meer in te richten volgens het principe ‘water en bodem sturend’ beoogde het vorige kabinet om de conflicten tussen landgebruikers te verkleinen en Nederland zo beter voor te bereiden op de toekomst. In het vigerende water- en ruimtebeleid wordt nu gesteld dat het landgebruik beter moet gaan passen bij de natuurlijke eigenschappen van de plek in het landschap om tegemoet te kunnen komen aan de hydrologische eisen van die landgebruiksfuncties, ook onder veranderende (klimaat)omstandigheden.

Het aanpassen van landgebruik is echter niet makkelijk om in de praktijk te brengen. Ook in het verleden, toen het adagium ‘functie volgt peil’ en het anti-verdrogingsbeleid werden geïntroduceerd, is dit uiteindelijk niet of slechts beperkt gelukt. Dat illustreert de complexiteit ervan (als het makkelijk was hadden we het allang gedaan), maar eerder opgedane ervaringen en kennis uit het verleden kunnen wel inspiratie bieden. Voor dat laatste is dit rapport bedoeld: het delen van eerder opgedane relevante ervaringen/kennis om waterbeheer en ruimtelijke ordening beter op elkaar af te stemmen.

## HOOFDVRAAG

De hoofdvraag luidde:

*Wat is de toepasbaarheid van eerder ontwikkelde relevante concepten en onderzoeksmethoden voor de vraagstukken van nu met betrekking tot klimaatadaptatie en geïntegreerd ruimtelijk-orderingsbeleid en waterbeheer?*

Die vraagstukken van nu zijn vanuit technisch oogpunt beschouwd niet veel anders dan die van vroeger. Recente extreme weersomstandigheden zoals langdurige droogte en intensieve buien laten vooral nog duidelijker de beperkingen zien van de maakbaarheid van het water- en bodemsysteem. De noodzaak om het landgebruik meer aan te passen aan de eigenschappen van een plek is door klimaatverandering groter geworden (want extremen treden vaker op), maar de voornaamste oorzaak van de kwetsbaarheid zit in de inrichting van het systeem. Die constatering is ook niet nieuw, zoals we in dit rapport laten zien. Uiteindelijk gaat het om een inrichting van het landschap waarbij het landgebruik goed is afgestemd op de mogelijkheden die het natuurlijke (water en bodem-) systeem biedt. Daarvoor moeten ruimtelijke ordenaars, grondeigenaren en waterbeheerders nog veel nauwer samenwerken.

## TOEPASBAARHEID VAN WAT EN VOOR WIE?

Drie relevant geachte 'concepten en onderzoeksmethoden' zijn onderzocht. De vraag was in hoeverre deze te gebruiken zijn de voor analyse en evaluatie van de geschiktheid van het water-bodemsysteem voor verschillende type gebruiksfuncties.

Het rapport is primair bedoeld voor ruimtelijke ordenaars en waterbeheerders bij Rijk, provincies, waterschappen en gemeenten. Zij leggen gezamenlijk het beleid vast in omgevingsvisies, bestemmingsplannen en waterbeheerplannen en bepalen daarmee welke gebruiksfuncties waar mogen komen en hoe die locaties worden ingericht en beheerd.

### *Toepasbaarheid van eerder ontwikkelde relevante methoden*

1. De lagenbenadering is een denkmodel (conceptueel, beschrijvend) voor ruimtelijk beleid en wordt nog steeds veel gebruikt door landschapsarchitecten en stedenbouwkundigen. Het is behulpzaam in de communicatie over hoe landschappen in elkaar zitten ten behoeve van ruimtelijke planning, omdat het de omgeving vereenvoudigd weergeeft in 3 lagen: de ondergrondlaag, de laag met de netwerken/infrastructuur en de occupatielaag (landgebruik). Met de lagenbenadering krijgt de ondergrond een expliciete plek in omgevingsvisies van Rijk, provincie en gemeente, en in landschapsontwerpen. Het verbindt de werelden van ruimtelijke ordening, landschapsplanning en waterbeheer en zorgt ervoor dat beleidsmakers uit deze domeinen met elkaar in gesprek gaan. De lagenbenadering is een effectief communicatiemiddel gebleken, maar geeft niet voldoende houvast voor (de onderbouwing van) ruimtelijke inrichting en/of locatiekeuzes.
2. Landschapsecologische Systeemanalyse (LESA) is een methode om kennis van de ondergrond in kaart te brengen, te interpreteren en toe te passen om de potentiële geschiktheid voor natuurlijke vegetatie, landbouw, bosbouw en stedelijk gebied vast te stellen. Met name water- en bodemeigenschappen zijn ruimtelijk onderscheidend en die worden grotendeels bepaald door moedermateriaal/ geologie en morfologie/reliëf.

Een LESA is niet exclusief bedoeld voor natuurgebieden, ook al suggereert de E in LESA dat misschien wel. De LESA kan bijvoorbeeld ook gebruikt worden om oorzaken van inklinking van de bodem voor woningen en infrastructuur te onderzoeken. Omdat in de praktijk blijkt dat alleen maatregelen binnen natuurgebieden niet voldoende zijn om die natuur te

herstellen, is het extra van belang om met LESA's in beeld te brengen hoe horizontale ruimtelijke relaties werken en hoe afwenteling ontstaat en kan worden voorkomen.

3. Gewenste Grond- en Oppervlaktewaterregime (GGOR) is een op het watersysteem gerichte toepassing van landschapsecologische systeemanalyse. Van de milieucompartimenten in de ondergrond is het watersysteem namelijk het meest relevant voor de beoogde toepassing: geïntegreerd ruimtelijkeordeningsbeleid en waterbeheer. De GGOR-methode analyseert en vergelijkt de aanwezige en benodigde watercondities voor het huidige en het gewenste landgebruik: natuur, landbouw, bosbouw en stedelijk gebied. Uit de analyse volgt wat met maatregelen bereikt kan worden en welke (combinatie van) hydrologische eisen niet verenigbaar is. De meerwaarde van de GGOR-methode is dat de informatie uit de systeemanalyse concreet vertaald wordt in geschiktheidskaarten en 'doelgat'-kaarten, die aangeven waar doelen voor natuur, landbouw, bosbouw of stedelijk gebied niet gehaald kunnen worden. Het maakt dus expliciet welke maatschappelijke afweging gemaakt moet worden. Een GGOR-analyse is hierdoor bij uitstek geschikt om beleidsalternatieven te analyseren ten behoeve van geïntegreerd ruimtelijk ordeningsbeleid en waterbeheer.

### **DISCUSSIE**

De onderzoeksmethodes **LESA** en **GGOR** zijn beide gericht op het analyseren van ondergrondprocessen om daarmee te laten zien in hoeverre gebruiksdoelen gehaald kunnen worden in het bestaande systeem (geschiktheidsanalyse). Het belang van dit soort systeemanalyses is dat ze verschillende disciplines zoals geologie, hydrologie en ecologie integreren. De uitdaging is die inzichten te vertalen in één of meerdere kaarten waar ruimtelijke ordenaars mee uit de voeten kunnen. De analyses compact houden, duidelijk visualiseren en durven te vertalen in concrete adviezen zijn dan ook aandachtspunten bij het gebruik van deze methoden.

Een andere uitdaging is de borging van de inzichten uit de LESA en de GGOR-toepassingen in beleid. De ervaring uit het verleden is dat concrete aanbevelingen uit GGOR-analyses vaak niet in de praktijk zijn gebracht. Het onderzoek was goed, maar het beleid werd er niet op aangepast, waardoor het watersysteem niet optimaal kon worden ingericht. Mede hierdoor neemt de verdroging van natuurgebieden nog steeds toe, moeten agrariërs steeds meer energie steken in allerlei maatregelen om in droge en natte tijden de condities op peil te houden, en komen wateroverlast en hitte steeds vaker in de stad voor.

Een GGOR-analyse kan worden uitgevoerd met behulp van bestaande regionale en landelijke hydrologische modellen, Waterlood-software en met de Waterwijzers Landbouw en Natuur (WWL en WWN). Deze instrumenten zijn openbaar beschikbaar en worden tot op heden door onderzoekers, adviesbureaus en waterschappen toegepast. Er zijn voorstellen voor actualisering van dit instrumentarium beschikbaar.

### **CONCLUSIES**

Om het landgebruik en waterbeheer beter op elkaar af te stemmen, is inzicht nodig in de werking van het water- en bodemsysteem. Dit vergt het integreren van kennis uit verschillende disciplines. Het vergt ook een nauwe samenwerking tussen ruimtelijke ordenaars, grondeigenaren en waterbeheerders. We hebben in dit rapport drie beproefde concepten/ onderzoeksmethodes opnieuw onder de loep genomen.

We concluderen het volgende:

1. De **lagenbenadering** is nog steeds als conceptueel model goed bruikbaar voor overheden en grondeigenaren om met elkaar in gesprek te raken over de wisselwerking tussen het water- en bodemsysteem (de ondergrond), het landgebruik (de occupatie) en de netwerken;
2. De **Landschapsecologische Systeemanalyse (LESA)** is zeer bruikbaar als methode om de geschiktheid van het water- en bodemsysteem voor natuurlijke vegetatie, landbouw, bosbouw of andere landgebruiksvormen vast te stellen. Hiervoor wordt kennis van de ondergrond vanuit meerdere disciplines geïntegreerd en geïnterpreteerd. Een LESA is niet exclusief bedoeld voor natuurgebieden, maar wordt in de praktijk meestal alleen daarvoor toegepast. Dat is een gemiste kans;
3. De **GGOR-methode** is bij uitstek geschikt om hydrologische geschiktheid voor landgebruik te toetsen en beleidsalternatieven te analyseren. Deze methode zou opnieuw onder de aandacht moeten worden gebracht bij alle partijen die zich bezighouden met water en ruimtelijke ordening, zoals gemeenten, waterschappen, provincies en het Rijk.
4. Om te komen tot volhoudbare afspraken over landgebruik en waterbeheer tussen overheden onderling en tussen overheid en grondeigenaren is regie nodig op het proces om te komen tot een GGOR en moet de GGOR worden verankerd in beleid.

**Aanbevelingen:**

- De GGOR-methode – als voeding van een bestuurlijk proces met als einddoel het vaststellen van de GGOR – zou actief verspreid moeten worden op relevante opleidingen en bij waterschappen en provincies.
- De GGOR als beleidsinstrument zal goed verankerd moeten worden in het omgevingsbeleid.
- De GGOR-methode moet worden uitgebreid, zodat ook modelresultaten van de gevolgen van klimaatscenario's voor het grond- en oppervlaktewaterregime bij de geschiktheidsbepaling kunnen worden betrokken.
- Bouw een *community-of-practice* op en/of ontwikkel pilots om ervaringen te delen met het in de praktijk integreren van waterbeheer en ruimtelijke ordening.
- Er zijn zorgen over de beschikbaarheid van experts die bodem- en waterkennis kunnen integreren en toepasbaar kunnen maken op een manier die functioneel is bij ruimtelijke afwegingen. We bevelen aan om dit verder te onderzoeken en indien nodig een cursus te ontwikkelen en/of met opleidingsinstituten hierover in gesprek te gaan.



# STOWA IN HET KORT

## HOE WE WERKEN

STOWA is het kennis- en innovatiecentrum voor regionale waterbeheerders in Nederland; de waterschappen en provincies. We helpen ze met het verkrijgen van nieuwe kennis en inzichten die nodig zijn om de opgaven van de regionale waterbeheerders beter te kunnen uitvoeren. Dat doen we door kennisvragen te formuleren en te selecteren in programmacommissies. We zetten ons onderzoek uit bij een keur aan experts, adviesbureaus, instituten en universiteiten, die we begeleiden tijdens hun werk. We zorgen voor de beschikbaarstelling en verspreiding van de kennis, inzichten en antwoorden aan de gezamenlijke waterbeheerders. We stimuleren de uitwisseling van kennis en ervaringen, via bijeenkomsten, werkgroepen, excursies, conferenties en communities of practice. We werken samen met onder andere ministeries, Rijkswaterstaat, gemeenten, drinkwaterbedrijven.

## WAT WE ONDERZOEKEN

Inhoudelijk richt STOWA zich op alle onderdelen van waterbeheer, van waterkering en stedelijk waterbeheer tot waterzuivering en watersystemen. Belangrijke thema's daarbij zijn klimaatadaptatie, waterveiligheid, waterkwaliteit en ecologie, energietransitie en circulaire economie.

De kennisvragen die STOWA beantwoordt liggen meestal op technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied. Onze kennis is altijd gericht op de praktijk van regionale waterbeheerders. Dat is waar we voor staan, als Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer.

## WIE WE ZIJN

STOWA is als kennisorganisatie onafhankelijk, onpartijdig en transparant. De afnemers van onze kennis moeten erop kunnen vertrouwen dat de inhoud van onze rapporten objectief en representatief is. Alleen zo kan onze kennis worden ingezet voor beter waterbeheer en innovaties die antwoord geven op de uitdagingen van vandaag en morgen. Het is aan regionale waterbeheerders zelf te bepalen hoe ze de kennis van STOWA in de praktijk gebruiken. STOWA kan daarbij een rol spelen als adviseur, maar is geen uitvoerder of regisseur.

STOWA is een stichting die de richtlijnen volgt voor organisaties zonder winstoogmerk (RJ-640). In ons jaarverslag is daarom naast de cijfermatige jaarrekening onder meer ook een directieverslag over de stichting, haar activiteiten en kentallen opgenomen.

# TERUG NAAR DE (WATER)BASIS EEN HERBESCHOUWING VAN DRIE BEPROEFDE ONDERZOEKSMETHODEN VOOR HET INTEGREREN VAN RUIMTELIJKE ORDENING EN WATERBEHEER

## INHOUD

	TEN GELEIDE	
	SAMENVATTING	
	STOWA IN HET KORT	
<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
	1.1 Klimaatadaptatie en ruimtelijke ordening: uitdagingen van nu	1
	1.2 Doel: leren van het verleden	2
	1.3 Aanpak	3
	1.3.1 Vraagstelling en afbakening	3
	1.3.2 Literatuurstudie en interviews	4
<b>2</b>	<b>DE STRUCTUUR VAN HET LANDSCHAP: DE LAGENBENADERING</b>	<b>5</b>
	2.1 Ruimtelijke ordening en inrichting van de fysieke leefomgeving	5
	2.2 Wat is de lagenbenadering?	5
	2.3 Hoe werd en wordt het gebruikt?	6
	2.4 Wat vinden de experts?	7
	2.5 Discussie	8
<b>3</b>	<b>DE WERKING VAN HET LANDSCHAP: LANDSCHAPSECOLOGISCHE SYSTEEMANALYSE</b>	<b>9</b>
	3.1 Systeembenadering	9
	3.2 Wat is een landschapsecologische systeemanalyse (LESA)?	9
	3.2.1 Verticale relaties tussen deelsystemen in het landschap: het Rangordemodel	10
	3.2.2 Horizontale landschapsecologische relaties: fysische processen	11
	3.3 Hoe werd en wordt het gebruikt?	12
	3.4 Wat vinden de experts?	13
	3.5 Discussie	14

<b>4</b>	<b>WATER IN HET LANDSCHAP: GGOR/ WATERNOOD</b>	<b>15</b>
4.1	Watersysteemanalyse	15
4.2	GGOR als onderzoeksmethode	16
4.3	GGOR als beleidsinstrument	20
4.4	Hoe werd en wordt het gebruikt?	20
4.5	Wat vinden de experts?	21
4.6	Discussie	22
<b>5</b>	<b>CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>	<b>24</b>
5.1	Conclusies	24
5.2	Aanbevelingen	25
<b>6</b>	<b>LITERATUUR</b>	<b>26</b>
<b>BIJLAGEN</b>	<b>SAMENVATTING INTERVIEWS</b>	<b>30</b>

# 1

## INLEIDING

### 1.1 KLIMAATADAPTATIE EN RUIMTELIJKE ORDENING: UITDAGINGEN VAN NU

De zomers in Nederland zijn vaker droog en zullen door klimaatverandering nog droger worden (KNMI, 2023). Regen die 's zomers valt, komt steeds vaker in de vorm van piekbuien. Noch de hoge zandgronden noch de lage gronden in West- en Noord-Nederland zijn voldoende ingericht op deze gevolgen van klimaatverandering. Scenario-analyses, bijvoorbeeld voor het Deltaprogramma, geven aan dat de gevolgen van overstromingen, wateroverlast en droogte steeds groter worden (zie bijvoorbeeld de recente Deltascenario's (Van der Brugge & De Winter, 2024)).

Door recente droogtes, wateroverlast en bijna-overstromingen is er maatschappelijke discussie over de urgentie van klimaatadaptatie en over welke rol ruimtelijke ordening daarin zou moeten spelen. Dit hangt samen met andere maatschappelijke opgaven zoals het tegengaan van bodemdaling, het halen van de EU-richtlijnen voor waterkwaliteit en natuurkwaliteit, en woningbouw. Het besef groeit dat de maatschappelijke kosten voor waterbeheer, achteruitgang van natuur, schade aan woningen, etc. op termijn gaan toenemen als we blijven vasthouden aan de huidige inrichting van land en watersystemen. De vraag wordt daarom gesteld hoe landschappen zo kunnen worden ingericht dat te veel water en te weinig water zo min mogelijk schade veroorzaken, ook in een veranderend klimaat.

Nederland heeft van nature een gevarieerd landschap: stuwwallen, dekzandruggen, beekdalen, laagveengebieden, oeverwallen, komgronden, droogmakerijen, etc. Elke plek in dat landschap heeft specifieke bodem- en (grond)watereigenschappen die bepalend zijn voor wat er van nature wil groeien (potentieel natuurlijke vegetatie) of kan worden geteeld (landbouw, bosbouw). In deze landschappen is door de mens ruimte gemaakt voor wonen, werken, landbouw, bosbouw en natuur, waarbij ruimtelijke keuzes vaak gedomineerd zijn door wensen over wonen, werken en landbouw.

Van oudsher speelt het watersysteem en het beheer daarvan een grote rol om de gewenste (en soms tegenstrijdige) hydrologische condities voor deze verschillende landgebruiksvormen te creëren: door de aanleg (dimensionering) van ont- en afwateringsstelsels, pompen en gemalen, door wateraanvoer en -verdeling in de zomer, en door onttrekkingen uit het grondwater. Dit waterbeheer is in de afgelopen decennia steeds verder geoptimaliseerd ten behoeve van de steeds intensiever wordende landbouw en stedelijke uitbreiding. Hierbij is vrijwel altijd vanuit het adagium 'peil volgt functie' gewerkt (de maakbaarheid). Het waterbeheer maakte dat intensieve gebruik dus mogelijk.

Inmiddels wordt onderkend dat deze aanpak tegen grenzen aanloopt en niet volhoudbaar is (o.a. Deltares et al., 2021; Deltares en WEnR, 2023; Rli, 2023). Ook doordat water zich niet aan perceelsgrenzen houdt, zitten functies steeds in of aan elkaars (vaar)water. In hoog-Nederland versterkt klimaatverandering de niet opgeloste verdrogingsproblemen uit de jaren '90. In laag-Nederland wordt het steeds lastiger om in droge zomers polderpeilen te handhaven en verzilting tegen te gaan (doorspoelen). Daarbij gaat de natuurkwaliteit in veel gebieden

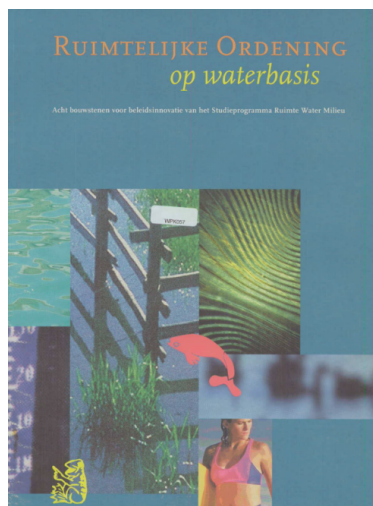
verder achteruit en ondervindt de landbouw steeds vaker schade door te veel, te weinig of te zout water. Kortom, ruimtelijke ordening en waterbeheer zijn niet goed op elkaar afgestemd.

De wens om water en ruimtelijke ordening meer met elkaar in verband te brengen is niet nieuw en is in meerdere 'golfbewegingen' aan de orde geweest sinds de jaren '80. Aanleidingen waren de zeer slechte waterkwaliteit en later de verdroging van natuurgebieden in de jaren '90. Het Rijksbeleid dat hierop volgde werd vastgelegd in de derde en de vierde Nota Waterhuishouding (Tweede Kamer, 1989 en 1998) en de Vierde Nota Ruimtelijke Ordening Extra (Tweede Kamer, 1988).

Citaat uit de vierde Nota Waterhuishouding:

*“De regering is duidelijk over de noodzaak voor meer sturing van het grond- en oppervlaktewater. Problemen tussen landbouw en natuur of tussen functies in het algemeen kunnen goeddeels worden voorkomen wanneer duidelijk is op welke functie het peilbeheer moet zijn afgestemd. Daarom vindt het Rijk dat het een taak van de provincies is (in regie) om uiterlijk in het jaar 2002 de gewenste grondwatersituatie vast te leggen, gekoppeld aan de toegekende gebruiksfuncties. Zodat daadwerkelijk ruimte ontstaat voor **water als ordenend principe**”* (Tweede Kamer, 1998).

**Water als bouwsteen voor ruimtelijke keuzes** (Bouwsteen 3 uit het rapport 'Ruimtelijke ordening op waterbasis') (Ministerie van VROM, 1996)



Oog hebben voor 'water als basis voor ruimtelijke keuzes' betekent open staan voor het gebruik van hydrologische ordeningsprincipes als grondslag voor ruimtelijke keuzes. Niet door het watersysteem steeds maar aan te passen aan nieuwe eisen en daarmee de kans op conflicten te vergroten, maar door de kansen die waterstromen bieden voor structurering van het ruimtegebruik beter te benutten.

## 1.2 DOEL: LEREN VAN HET VERLEDEN

Ter ondersteuning van het integratie van ruimtelijk beleid en waterbeleid is tussen 1980 en 2010 veel kennis ontwikkeld. Landschapsarchitecten ontwikkelden de lagenbenadering om het belang van de ondergrond bij ruimtelijke keuzes te benadrukken. Landschapsecologen gebruikten systeemanalyses om inzicht te krijgen in de werking van het fysieke systeem en effecten van de menselijke activiteiten op de natuurgebieden. Ook is veel onderzoek gedaan naar het 'Gewenste Grond- en Oppervlaktewater Regime' (GGOR) in alle provincies in relatie tot de ruimtelijke ordening (RO), in een poging om het watersysteem in samenhang te optimaliseren voor alle gebruiksfuncties (landbouw, natuur en stedelijk gebied) en waar nodig vanwege conflicterende eisen beleidskeuzes te kunnen maken.

De vraag is in hoeverre de kennis en ervaring ‘van toen’ bruikbaar is om de uitdagingen van nu ten aanzien van klimaatadaptatie in het waterbeheer op te pakken.

Het doel van dit rapport is om de relevante kennis op een rij te zetten en een beschouwing te geven op de toepasbaarheid/bruikbaarheid hiervan voor waterbeheerders en ruimtelijke ordenaars die worden geconfronteerd met steeds sterker conflicterende ruimte- en waterclaims bij toenemende klimaatvariabiliteit (vaker droogte en/of intensieve neerslag).

### 1.3 AANPAK

#### 1.3.1 VRAAGSTELLING EN AFBAKENING

De hoofdvraag luidt:

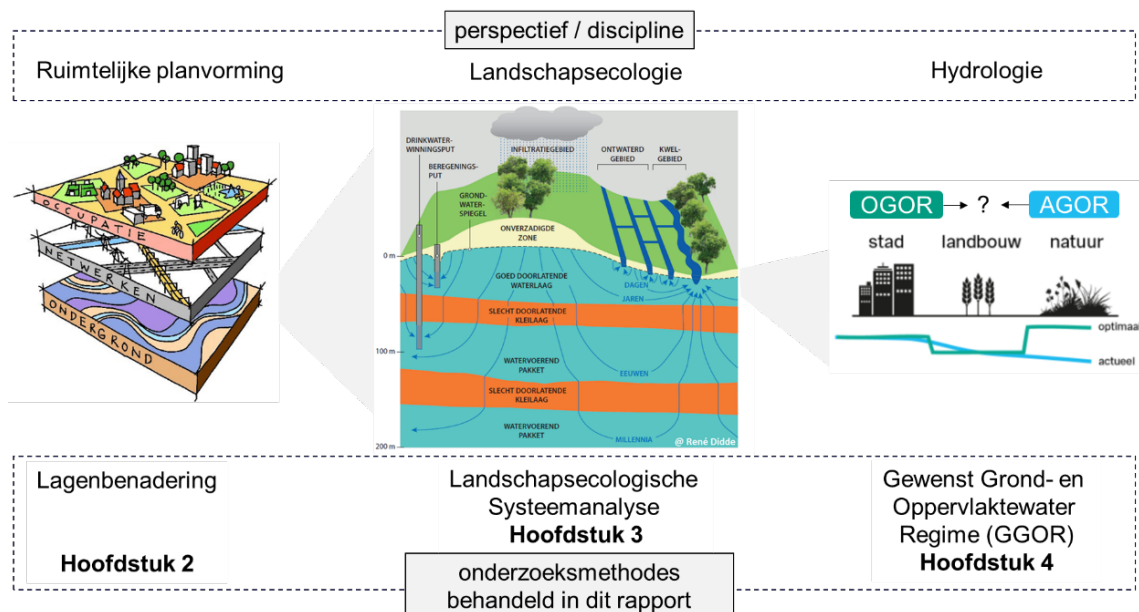
*Welke kennis en inzichten zijn tussen 1980 en 2010 ontwikkeld over het omgaan met droogte, verdroging, zoetwatervoorziening en wateroverlast in relatie tot ruimtelijke ordening, en in hoeverre zijn deze (her)bruikbaar in de huidige maatschappelijke context met het oog op de (toekomstige) problemen door klimaatverandering?*

De aanname is dat kennis ontwikkeld in de afgelopen 15 jaar (2010 – 2024) wel voldoende in beeld is. In een voorgesprek tussen Deltares, WENR en de begeleidingscommissie zijn ‘kennis en inzichten’ concreter uitgewerkt en afgebakend tot de volgende concepten/ methoden/ instrumenten (hierna: concepten) vanuit 3 perspectieven/disciplines:

1. Ruimtelijke planvorming: de Lagenbenadering
2. Landschapsecologie: Landschapsecologische Systemanalyse (LESA)
3. Hydrologie: GGOR/ Watermood

Per concept geven we uitleg hoe het in elkaar zit, welke stappen werden gevolgd, welke gegevens/informatie hierbij werden gebruikt, hoe het destijds gebruikt is. Waar relevant geven we aan hoe het gebruik zich in de tijd heeft ontwikkeld en in hoeverre het nu nog een rol speelt.

FIGUUR 1.1 DE DRIE IN DIT RAPPORT BEHANDELDE CONCEPTEN EN HUN ONDERLINGE SAMENHANG



### 1.3.2 LITERATUURSTUDIE EN INTERVIEWS

De onderzoeksaanpak bestond uit een combinatie van het bestuderen van literatuur uit de periode 1980-2010 en interviews met 7 inhoudelijke experts. Met de experts is gereflecteerd op de essentie van één of meerdere van de drie concepten, is besproken welke uitgangspunten eraan ten grondslag lagen, en van gedachten gewisseld over de (on)bruikbaarheid van deze kennis in de huidige maatschappelijke context. De resultaten van de interviews zijn samengevat in toegesneden paragrafen 'wat vinden de experts' in de hoofdstukken 2 t/m 4. De volledige analyse van de interviews is te vinden in Bijlage A.

Elke hoofdstuk eindigt met een discussie/beschouwing over welke concepten en kennis toegepast kunnen worden bij het adresseren van de huidige en toekomstige problemen van droogte, verdroging en wateroverlast. Hiervoor zijn tevens de inhoudelijke besprekingen met de begeleidingsgroep voor deze opdracht benut. In de begeleidingsgroepen zaten senior beleidsmedewerkers van een waterschap, Rijkswaterstaat en STOWA, die ook in de periode 1980-2010 in het werkveld werkzaam waren en dus uit eigen ervaring konden spreken.

Het laatste hoofdstuk bevat aanbevelingen over mogelijke vervolgstappen om kennis te laten landen in de beleidspraktijk van waterschappen, gemeenten en provincies om zo ruimtelijke ordening en waterbeheer nog beter met elkaar te verbinden.

# 2

## DE STRUCTUUR VAN HET LANDSCHAP: DE LAGENBENADERING

### 2.1 RUIMTELIJKE ORDENING EN INRICHTING VAN DE FYSIEKE LEEFOMGEVING

Ruimtelijk beleid gaat ten eerste om de verdeling van functies over de ruimte ('ordering'); *waar* mag gebouwd worden, wat is landbouwgebied, waar beschermen of ontwikkelen we natuurgebieden, waar houden we (ook) ruimte om water op te vangen of in de toekomst dijken te versterken of te verleggen? Daarbij gaat ruimtelijk beleid dus over de bestemming. Ten tweede gaat het over *hoe* die locaties of gebieden worden ingericht. Denk aan stedenbouwkundige plannen, de inrichting van landbouwpolders of van natuurgebieden. Zowel keuzes over de bestemming als over de inrichting bepalen de kans op en gevolgen van overstromingen, wateroverlast, droogte, etc.

De huidige lange-termijn visie van het Rijk op de toekomstige inrichting en ontwikkeling van de leefomgeving in Nederland staat in de Nationale Omgevingsvisie (NOVI, 2020). Hierin staat onder andere dat gebruiksfuncties meer in evenwicht met natuurlijke systemen ingepast moeten worden (=bestemmen). Ook in de contourennotitie voor de nieuwe Nota Ruimte staat dat het water- en bodemsysteem het vertrekpunt moet vormen bij de ordening en inrichting van ruimtelijke functies (=bestemmen én inrichten). Zo komen we bij de lagenbenadering, want die kan helpen bij een betere koppeling van de occupatielaag en de netwerklaag met de ondergrondlaag. Dat is belangrijk, omdat de ondergrond in grote mate de geschiktheid voor functies bepaalt.

### 2.2 WAT IS DE LAGENBENADERING?

De lagenbenadering is een denkmodel om ruimtelijke ordening te organiseren. Het werd door Nederlandse landschapsarchitecten ontwikkeld in de context van de discussie rondom metropoolvorming van de Randstad. Drie landschapsarchitecten schreven als bijdrage aan die discussie het verhaal 'Herontwerp van het Laagland' (De Hoog et al., 1998), waarin ze het belang van de verschillende tijdschalen in de drie lagen benadrukten. "Het belangrijkste van de lagenbenadering was dat het verstandig zou zijn verschillende tijdshorizonten in planvorming te introduceren." (Interview Lagenbenadering 1)

In essentie is de lagenbenadering een weergave van **de structuur van landschappen**. Ze onderscheidt drie lagen: de occupatielaag, de netwerklaag de ondergrondlaag. Elke laag heeft een andere snelheid van verandering en daarmee moet rekening worden gehouden in de planvorming. De ondergrond heeft een lange ontstaansgeschiedenis, verandert meestal maar langzaam (100-200 jaar) en is daarmee ook kwetsbaar voor verstoring. De ondergrond gaat bijvoorbeeld over de stuwwallen, de dekzandruggen en rivier- en beekdalen, de bodem, het grondwatersysteem, en de vegetatie. De netwerklaag verwijst naar snelwegen, spoorwegen, leidingen, etc. met een veranderingssnelheid van 50-100 jaar. De occupatielaag omvat alles



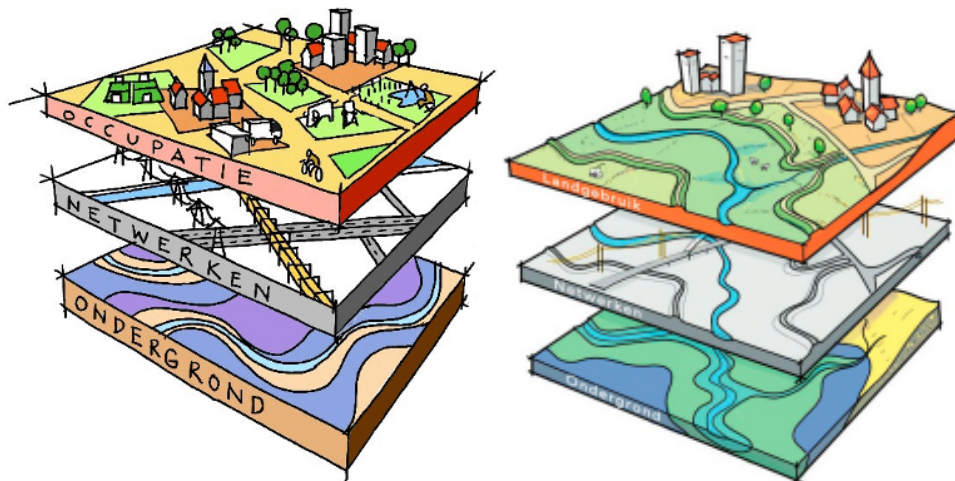
met een hoge dynamiek van zo'n 25-50 jaar, denk aan bebouwing en andere vormen van landgebruik.

Het indelen van het landschap in drie verschillende lagen biedt houvast bij het in kaart brengen van de structuur van het landschap, en bij het ontwikkelen van ruimtelijk beleid. De gedachte is dat "hoe langzamer de veranderingssnelheid, hoe zorgvuldiger je ermee omgaat" (www.RuimtexMilieu.nl). De veranderingssnelheid van de lagen is echter niet eenduidig vast te stellen (CRa, 2023; Van Schaick en Klaassen, 2011). Bovendien geeft een beschrijving hoe het landschap er globaal uitziet nog weinig sturing aan de ruimtelijke keuzes. Daarom is het minder geschikt als sturingsprincipe voor locatiekeuze of inrichtingskeuzes.

**TABEL 2.1 DE DRIE ONDSCHIEDEN LAGEN IN DE LAGENBENADERING MET HUN VERANDERINGSSNELHEID (CRA, 2023)**

Laag	Kenmerk
Occupatielaag	Hoge veranderingssnelheid, veranderingen voltrekken zich veelal binnen één generatie (10-40 jaar).
Netwerklaag	Hoge aanloopkosten en lange aanlooptijden; veranderingssnelheid van 20-80 jaar.
Ondergrondlaag	Lange ontstaansgeschiedenis en kwetsbaar; veranderingssnelheid van meer dan een eeuw.

**FIGUUR 2.1 DE VISUELE WEERGAVE VAN DE LAGENBENADERING, MET LINKS DE OORSPRONKELIJKE VERSIE (GEDOWNLOAD VAN WWW.RUIMTEXMILIEU.NL) EN RECHTS EEN AANGEPASTE VERSIE (DELTA RES ET AL., 2021) OM TE BENADRUKKEN DAT DE LAGEN OP ELKAAR BETROKKEN Zouden MOETEN WORDEN**



### 2.3 HOE WERD EN WORDT HET GEBRUIKT?

De lagenbenadering heeft zich vooral ontwikkeld als conceptueel model en minder als sturend planningsinstrument. Sinds 1999 is het concept terug te vinden in veel beleidsdocumenten over ruimtelijke planning, op alle overheidsniveaus. Ook in de contourennotitie voor de nieuwe Nota Ruimte wordt het gebruikt (Rijksoverheid, 2023), met ook de intentie om meer te sturen vanuit het water- en bodemsysteem: "in het ruimtelijk beleid maken we een goede afweging tussen de drie lagen, waarbij water en bodem sturend zijn in wat qua ruimtelijke ontwikkeling en ruimtegebruik mogelijk is." In de recente omgevingsvisie van de provincie Noord-Brabant wordt de lagenbenadering aangehaald als afwegingskader: er moet rekening worden gehouden met mogelijk langdurige en onomkeerbare effecten van keuzes in de bovenlaag op de laag-dynamische ondergrond (Provincie Noord-Brabant, 2024).

Een meer praktische uitwerking van de lagenbenadering is om de relevante eigenschappen van de ondergrond op kaart te zetten en daar orde in aan te brengen. Zo kunnen geschiktheidskaarten worden afgeleid voor verschillende functies (ofwel: voor de occupatielaag). Het oudste voorbeeld van het onderkennen van de relevante eigenschappen van de ondergrond vinden we bij McHarg (1969), die daartoe onderscheid maakte tussen abiotische, biotische en antropogene eigenschappen van het landschap, die ook weer als lagen kunnen worden beschouwd (de zogenaamde *'layer-cake method'*). Hij gebruikte deze lagen als hulpmiddel bij een geschiktheidsanalyse van de ondergrond.

Ook meer recent zijn voorbeelden te geven van geschiktheidsanalyses. In Deltares et al., (2021) zijn kaarten gemaakt met verschillende eigenschappen van de ondergrond (in dit geval het water- en bodemsysteem) die mede bepalend zijn voor de mate van geschiktheid voor de functies landbouw, natuur en stad. Hiermee werd geïllustreerd hoe geschiktheidskaarten (droog, nat, gevaarlijk, zout) kunnen helpen bij beleid over ruimtelijke ordening (wat kan waar). Door de overheid is dit vervolgens uitgewerkt in een geschiktheidskaart gericht op nieuwbouwplannen, bekend onder de naam 'Ruimtelijk afwegingskader klimaat-adaptieve bebouwde omgeving' (Ministeries IenW en BZK, 2023). Op de kaart is aangegeven waar niet of alleen aangepast gebouwd mag worden, omdat ofwel de ruimte moet worden vrijgehouden voor het watersysteem zelf (bv. waterbergingsgebieden, afvoercapaciteit grote rivieren) of omdat de maatschappelijke kosten anders te hoog worden (overstromingsrisico, bodemdaling, etc.).

Een ander recent voorbeeld is de analyse van de Universiteit Wageningen, gericht op de geschiktheid van gronden in Nederland voor verschillende vormen van landbouw (Bakker et al., 2021). De lagen die daar in zaten waren: bodemgesteldheid, wel of geen veen, drinkwaterbeschermingsgebieden, toekomstige droogteproblematiek, potentiële sponswerking, afstand tot natuurgebieden, ecologische hoofdstructuur, afstand tot steden, en uitspoelingsgevoelige gronden.

De lagenbenadering wordt dus nog steeds veelvuldig gebruikt, vooral in visies op de ruimtelijke ordening.

## 2.4 WAT VINDEN DE EXPERTS?

Toen in de jaren tachtig de geografische informatiesystemen (GIS) werden ontwikkeld om vele soorten gegevens op kaarten te zetten, bood de lagenbenadering uitkomst om daarin orde aan te brengen.

Het is zinvol om bij nieuwe projecten (zoals uitbreidingswijken) te onderzoeken hoe de lagen zich tot elkaar verhouden. De occupatielaag is in de praktijk vaak te dominant. Partijen met grondbezit willen bij voorkeur daar uitbreidingswijken laten landen, terwijl dat vanwege kenmerken van de netwerklaag of de ondergrondlaag niet verstandig is. Als de ondergrondlaag meer sturend is, zou gestart moeten worden met geschiktheidskaarten vanuit het water- en bodemsysteem en vanuit het vervoerssysteem (netwerklaag). "...dan kun je makkelijk zien waar je iets kunt doen en waar je niks moet doen, waar je vooral af moet blijven." (Interview 1) Met dit soort geschiktheidskaarten wordt de lagenbenadering geoperationaliseerd voor ruimtelijk beleid.

Kritische kanttekeningen bij de methode en ideeën voor verbetering:

- De lagenbenadering moet beter worden toegepast in de praktijk. Nog steeds worden op de verkeerde plekken grote woningbouwprojecten gepland, omdat projectontwikkelaars daar grondbezit hebben, terwijl het gezien de netwerklaag en/of de ondergrondlaag niet geschikt is voor grootschalige verstedelijking.
- In Nederland wordt meestal stevig ingegrepen in het natuurlijke systeem. De lagenbenadering is bedoeld om je bewust te worden van de ondergrond, en vervolgens kun je aan de opgaven gaan ontwerpen.

#### CITAAT UIT EEN VAN DE INTERVIEWS

“[...] een hele grote nieuwe uitbreiding bij Oosterwold (bij Almere). Projectontwikkelaars hebben daar grond, er is geen openbaar vervoer, zit ook niet in de plannen, het zijn voor een deel snel inklinkende gebieden (...), dus je weet dat er een bodemkwestie speelt. Daar kun je (...) niet zomaar zwaar verstedelijken.”

#### CITAAT UIT EEN VAN DE INTERVIEWS

“Een lagenbenadering werd gezien als iets technocratisch, van: de computer vertelt je wat waar moet gebeuren. (...) En nu vinden we naar mijn gevoel eindelijk daarin weer een beetje de balans. En wordt dus ook die lagenbenadering weer van stal gehaald, en is het goed en zinvol om je te oriënteren op de biofysische kennis die beschikbaar is in het bepalen wat je waar het beste kunt doen.”

## 2.5 DISCUSSIE

De lagenbenadering biedt als conceptueel model houvast bij het in kaart brengen en analyseren van de *structuur* van het landschap. Het brengt de patronen in beeld en laat zien in hoeverre de lagen op elkaar zijn afgestemd. Het is een vereenvoudiging in drie lagen en daarom communicatief sterk. Ruimtelijk beleid gaat bij uitstek over de occupatie- en de netwerklaag en slechts beperkt over de ondergrond. Met de lagenbenadering krijgt de ondergrond een expliciete plek in omgevingsvisies van Rijk, provincie en gemeente.

De lagenbenadering is in eerste instantie bedoeld om partijen die iets in de bovenste laag willen ontwikkelen zich bewust te laten worden van de ondergrond. Het is nodig om dit bewustzijn te vergroten, omdat er nog steeds projecten worden ontwikkeld *zonder* rekening te houden met de andere lagen, waardoor kosten en effecten worden afgewenteld op anderen (bijvoorbeeld woningeigenaren), op de natuur en op toekomstige generaties. De lagenbenadering is essentieel als communicatiemiddel voor overheden en grondeigenaren om met elkaar in gesprek te raken over de wisselwerking tussen het water- en bodemsysteem (de ondergrond) en landgebruik (de occupatie) en de netwerken.

Met ruimtelijke visies en bewustwording worden echter nog geen kaders geboden voor locatiekeuze en inrichting. Daarvoor moet de ondergrondlaag worden uitgewerkt in geschiktheidskaarten, zodat landgebruikskeuzes (occupatie) kunnen worden getoetst aan de mogelijkheden en beperkingen van het water- en bodemsysteem (ondergrond). Denk aan nieuwe stedelijke uitbreiding in relatie tot bodemdaling, en geschikte locaties voor intensieve landbouw in relatie tot KRW-doelen. Het gaat niet alleen om de huidige geschiktheid, maar ook hoe deze kan veranderen in de toekomst. Om goed onderbouwde geschiktheidskaarten te maken is kennis nodig uit Hoofdstuk 3 en 4, namelijk hoe de ondergrond als systeem functioneert.

# 3

## DE WERKING VAN HET LANDSCHAP: LANDSCHAPSECOLOGISCHE SYSTEEMANALYSE

### 3.1 SYSTEEMBENADERING

Voor inzicht in de *werking* van het natuurlijk landschap moet de nadruk worden verlegd van structuren (Hoofdstuk 2) naar processen in de ondergrond. Dat vraagt een systeembenadering en die wordt al sinds jaar en dag gevolgd door landschapsecologen (of geo-ecologen) en vele ondersteunende disciplines (geologie, klimatologie, hydrologie, bodemkunde, ecologie). Zo komen we op de landschapsecologische systeembenadering.

Een landschapsecoloog beschouwt een landschap als een (geo-)ecosysteem met natuurlijke en antropogene processen die hebben geleid tot de nu zichtbare structuren en patronen (wat groeit waar?) en die de werking en toekomstige ontwikkeling ervan bepalen (hoe komt dat?). Er wordt verder ingezoomd op de ondergrondlaag van de lagenbenadering, die zelf ook weer uit 'lagen' bestaat (gesteente, water, bodem). Om de werking te begrijpen moeten relaties tussen de lagen, en relaties in tijd en ruimte worden onderzocht. Water dat ergens als kwel omhoogkomt is soms honderden jaren geleden ergens anders geïnfiltreerd. Dus niet alleen de uiterlijke manifestatie van het landschap (grondsoort, hoogteligging, klimaat, vegetatie) staat centraal, maar ook de oorsprong en werking ervan. Met aandacht voor zowel de zichtbare als de niet-zichtbare processen, zoals (grond)waterstroming, erosie en sedimentatie, uitspoeling en aanrijking.

### 3.2 WAT IS EEN LANDSCHAPSECOLOGISCHE SYSTEEMANALYSE (LESA)?

Een landschapsecologische systeemanalyse (LESA) is “*een hulpmiddel om meer inzicht te krijgen in het ontstaan en het huidige functioneren van een (natuur)gebied of een beheertype in historisch, fysisch-geografisch en ecologisch opzicht*” ([www.natuurkennis.nl](http://www.natuurkennis.nl)). Kennis en ervaring over hoe een LESA uit te voeren is verzameld op de website van het natuurkennisnetwerk OBN<sup>1</sup>. Daar is onder andere een handreiking voor LESA te vinden (Van der Molen et al., 2010) en een handboek voor ecohydrologische systeemanalyse specifiek voor beekdallandschappen (STOWA, 2017). Toepassingen specifiek gericht op het watersysteem worden ook wel WSA's genoemd (WaterSysteemAnalyse) of hydrologische systeemanalyse (HSA).

Voor een LESA moet kennis uit verschillende vakgebieden worden geïntegreerd, zoals geologie, klimatologie, hydrologie, hydrochemie, bodemkunde en biologie, om de vegetatiepatronen te verklaren. Een landschapsecologische systeemanalyse (LESA) berust op twee belangrijke soorten relaties: verticale relaties tussen deelsystemen (bijv. standplaatscondities) en horizontale relaties binnen de deelsystemen (bijv. grondwaterstroming).

<sup>1</sup> <https://www.natuurkennis.nl/thema-s/Landschapsecologische-systeemanalyse/lesa/lesa/>

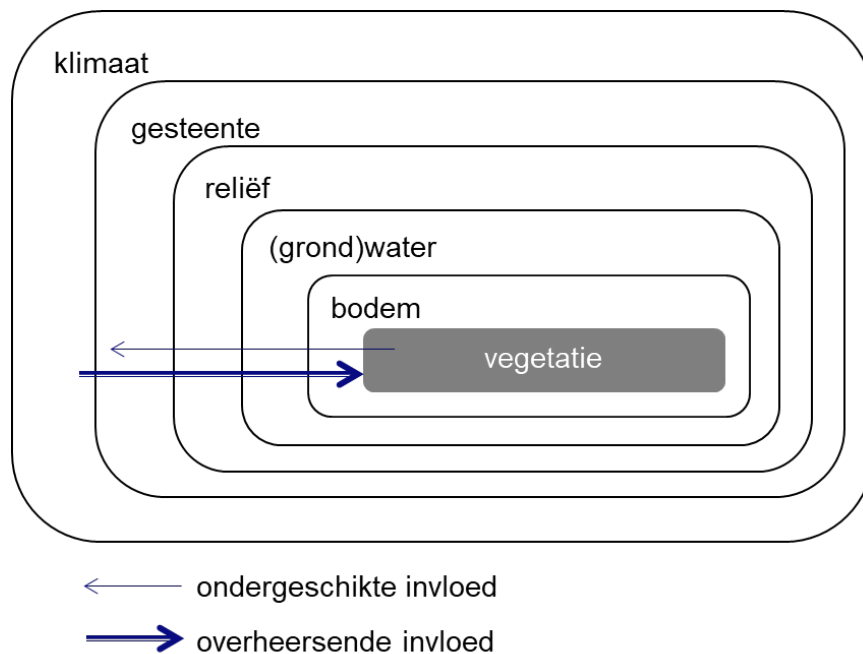
Landschapsecologisch onderzoek is erop gericht om al die relaties in kaart te brengen, zodat we steeds beter in staat zijn om de standplaats eigenschappen en ontwikkelingsmogelijkheden voor bepaalde vegetatie te voorspellen (Klijn & De Waal, 1992; Klijn et al., 1996) én te beïnvloeden (bijv. via waterbeheer) (Witte et al., 1992; Claessen et al., 1991; Van Ek et al., 2000).

### 3.2.1 VERTICALE RELATIES TUSSEN DEELSYSTEMEN IN HET LANDSCHAP: HET RANGORDEMODEL

Niet alle systeemeigenschappen zijn even belangrijk in hoe ze van invloed zijn op, uiteindelijk, de levensgemeenschap van planten en dieren. Hier kan een volgorde in aangebracht worden. Dat is gedaan in het zogenaamde **Rangordemodel** (Figuur 3.1) van Bakker et al. (1981), gebaseerd op uitgebreid onderzoek naar de vorming en werking van de Nederlandse Kustduinlandschappen (Bakker et al., 1979). Conceptueel is dat ook nauw gerelateerd aan het sferenmodel, zoals dat door Van der Maarel & Dauvellier (1978) al was voorgesteld in het Globaal Ecologisch Model voor de ruimtelijke ordening van Nederland.

Het model maakt onderscheid tussen de volgende systeemeigenschappen/-processen (van grootschalig naar kleinschalig): klimaat, gesteente, reliëf, grondwater, bodem, vegetatie. Die volgorde is tevens de dominantie van beïnvloeding. De klimaatzone heeft invloed gehad op het gesteente, klimaatzone + gesteente bepalen samen het reliëf, klimaatzone + gesteente + reliëf bepalen samen de grondwaterstroming, etc. Andersom zijn er ook invloeden, maar die zijn minder sterk. De essentie van het model is dat welke planten ergens groeien direct (klimaat → planten) of indirect (klimaat → grondwater → bodem) wordt bepaald door alle hoger in de rangorde liggende systeemeigenschappen. Dit betekent ook dat we op basis van de 'hogere' systeemeigenschappen kunnen *voorspellen* welke soorten (vegetatie, gewassen) op een bepaalde plek in dit landschap (de zogenaamde 'standplaats') kunnen voorkomen.

FIGUUR 3.1 RANGORDEMODEL (NAAR BAKKER ET AL., 1979)



### 3.2.2 HORIZONTALE LANDSCHAPSECOLOGISCHE RELATIES: FYSISCHE PROCESSEN

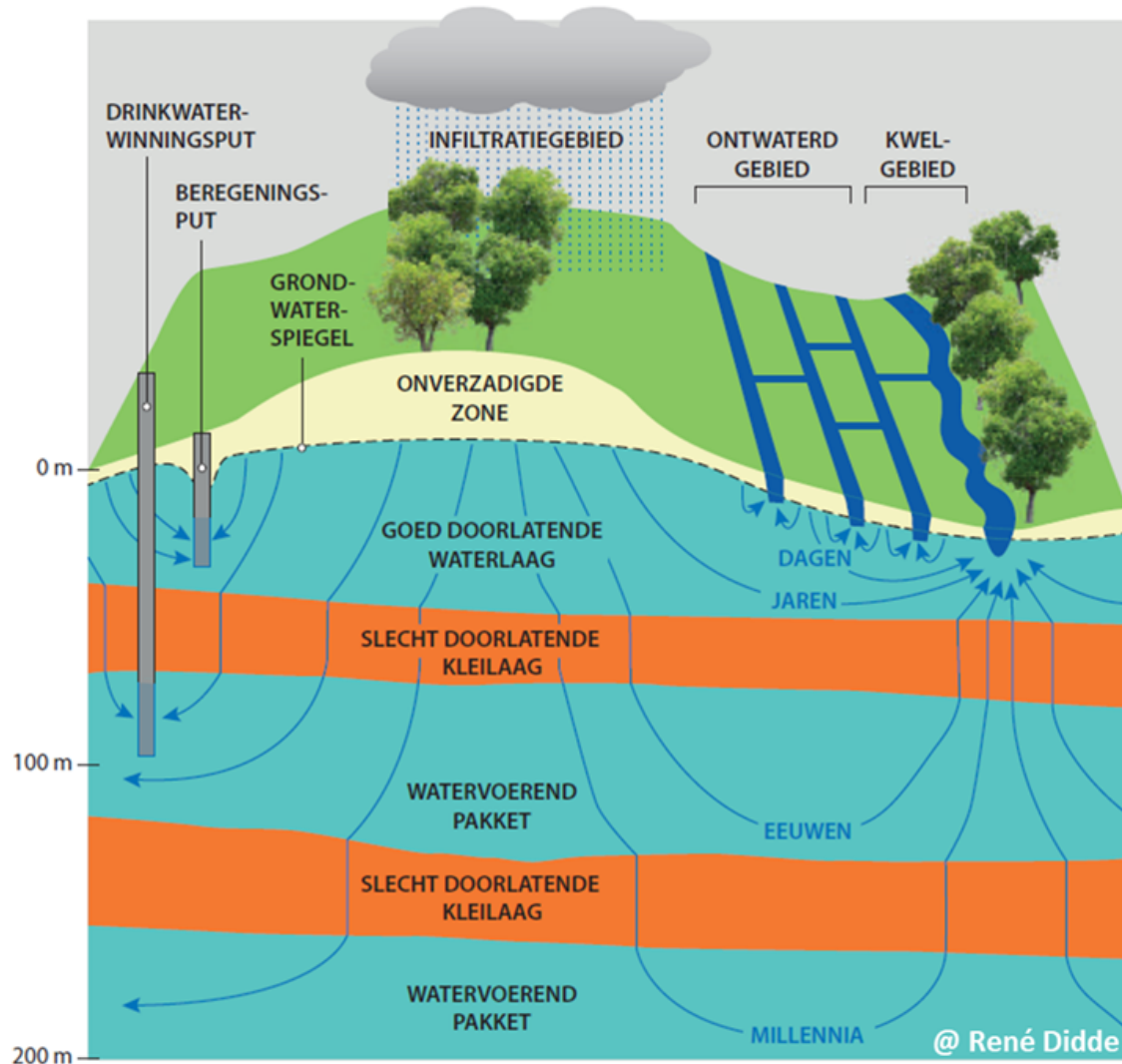
Binnen de subsystemen van het Rangordemodel spelen allerlei fysische processen, zoals luchtverplaatsingen (wind), waterverplaatsingen ((grond)waterstroming). Ook die spelen op verschillende ruimte- en tijdschalen. Deze fysische processen binnen subsystemen worden horizontale relaties genoemd. Ze zijn uitgebreid onderzocht (onder andere door Vos et al., 1982) en in kaart gebracht voor de Landschapsecologische Kartering Nederland, die beoogde de ruimtelijke ordening van een degelijke basis te voorzien (Bolsius en Eulderink, 1994; Harms & Klijn, 1996).

Voor omgevingsbeleid en waterbeleid zijn de horizontale relaties ook belangrijk, met name die via water, omdat die de milieuomstandigheden elders beïnvloeden (Klijn & Witte, 1999). Daarbij is het reliëf sturend. Het reliëf bepaalt namelijk waar oppervlaktewater heen stroomt en waar erosie of juist sedimentatie optreedt. Grondwaterstroming stroomt een stuk langzamer (orde meters per jaar) en bepaalt waar uitspoeling van kalk, ijzer, stikstof, fosfaat, e.d. optreedt en waar juist sprake is van aanreiking met deze stoffen (inzijgingsgebieden en kwelgebieden). Die beide waterstromingen leiden tot de vorming van andere bodems, met andere eigenschappen. Ze leiden dus ook tot andere milieus voor plantengroei: andere standplaatsen.

Die essentiële rol van (grond)waterstroming heeft weer geleid tot het ontstaan van de (sub) discipline ecohydrologie (zie bv. Klijn & Witte, 1999), zoals we ook al de agrohydrologie kenden als (sub)discipline van de hydrologie gericht op toepassingen ten behoeve van de landbouw (cultuurtechniek)<sup>2</sup>. Hier wordt in Hoofdstuk 4 verder op ingegaan. Kortom, voor een goed begrip van de werking van landschappen is een goed inzicht in 'horizontale relaties' net zo belangrijk als het inzicht in de verticale relaties tussen milieucompartimenten zoals weergegeven in het Rangordemodel.

<sup>2</sup> Landbouw en natuurontwikkeling zijn beide vormen van toegepaste ecologie, zij het gericht op andere doeleinden: maximale productie van een soort, versus maximale diversiteit aan soorten

FIGUUR 3.2 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN HORIZONTALE (WATER-)RELATIES IN EEN LANDSCHAP (BRON: DIDDE, 2022)



### 3.3 HOE WERD EN WORDT HET GEBRUIKT?

Hoewel een LESA door velen gezien wordt als essentiële basis voor elk inrichtingsplan, wordt een LESA in de praktijk vooral uitgevoerd in de context van natuurontwikkeling. Een recente LESA voor het Natura2000 gebied Elperstroom (Grootjans et al., 2020) wees bijvoorbeeld uit dat de achteruitgang van habitattypes veroorzaakt is door hydrologische ingrepen buiten het natuurgebied, en de oplossing voor het bereiken van de natuurdoelen dus ook daar gezocht moet worden. Een ander voorbeeld is de LESA voor het Natura2000 gebied Boetelerveld bij Raalte (Besselink et al., 2018), waaruit bleek dat de lokale grondwatersystemen essentieel zijn voor het behoud en herstel van natte heide. Ook in dit voorbeeld bleken maatregelen nodig buiten het natuurgebied.

Omdat steeds weer blijkt dat alleen maatregelen in natuurgebieden niet voldoende zijn om natuur te herstellen, is het extra van belang om met LESA's in beeld te brengen hoe horizontale ruimtelijke relaties werken en hoe afwenteling ontstaat en kan worden voorkomen. In dat opzicht is een LESA helemaal niet exclusief bedoeld voor natuurgebieden, ook al suggereert de E in LESA dat misschien wel.

LESA's worden de laatste tijd wel weer meer gebruikt voor integrale gebiedsontwikkeling, waarbij het natuurlijk systeem als uitgangspunt wordt genomen. Het studiegebied is dan groter dan alleen het deel met een natuurfunctie, zoals bij de PAGW-preverkenning Gelderse Poort (Bouman et al., 2023) en de gebiedsontwikkeling van de Drentsche Aa (<https://drentscheaa.drenthe.nl/>). LESA's worden dus nog steeds toegepast, maar vooral om de oorzaken van problemen in natuurgebieden te analyseren.

### 3.4 WAT VINDEN DE EXPERTS?

In een landschapsecologische systeemanalyse (LESA) wordt kennis uit verschillende disciplines als geologie, hydrologie, bodemkunde en vegetatiekunde gebruikt om te analyseren welke vegetaties op welke plek (kunnen) groeien en waarom. Een LESA brengt de huidige situatie, de potentie voor een natuurdoeltype, en de (hydrologische) problemen (en daarmee mogelijke oplossingen) in kaart. De kennis wordt van boven naar beneden gecombineerd en resulteert bij voorkeur in een beknopt en goed leesbaar rapport waar beleidsmakers iets mee kunnen.

De Ecologische Autoriteit beveelt sterk aan om voor natuurdoelanalyse van Natura2000-gebieden een LESA te maken. Uit die analyse volgt vaak dat gebieden verdroogd zijn. Voor nationale natuurgebieden worden nu nog LESA's gemaakt. Sommige provincies laten wel een snelle natuurdoelanalyse doen, maar zonder onderbouwing vanuit een LESA.

Kritische kanttekeningen bij de methode en ideeën voor verbetering:

- De landschapsecologische kennis dreigt te verdwijnen; er moeten snel nieuwe mensen worden opgeleid.
- Monitoring schiet tekort: vegetatiekarteringen en hydrologische monitoring zijn op veel plaatsen gestopt nadat het natuurbeleid van het Rijk naar de provincies is gedecentraliseerd. Hierdoor kunnen LESA's minder goed worden onderbouwd.
- LESA's zijn vaak vooral kwalitatief, wat op zich waardevol is omdat je uit vegetaties veel af kunt lezen. Het is nuttig als in de LESA ook de resultaten van grondwatermodellering zitten, zodat de landschapskenmerken ondersteund worden met een kwantitatieve hydrologische analyse inclusief een stroombaananalyse om de verschillen in grondwaterkwaliteit te kunnen verklaren.

De Flevopolders beïnvloeden de zandgronden van Overijssel. Als je maatregelen wilt die zowel tegen droogte als tegen wateroverlast werken moet je op een grotere schaal in ruimtelijke samenhang maatregelen nemen.

#### CITAAT UIT EEN VAN DE INTERVIEWS

“Als je met een echte goede landschapsecoloog het veld in loopt, dan zien die vaak dingen die je niet zo gauw achter de computer kan bedenken.”

#### CITAAT UIT EEN VAN DE INTERVIEWS

“Die vegetatie, die staat daar niet voor niks, dat vertelt iets over hoe nat het er is en hoe voedselrijk het is en hoe zuur of basisch het is en dat heeft te maken met de toestroming van water, maar ook met de bodem. Die bodem is ook gevormd onder invloed van water. Nou en dat kunnen goede landschapsecologen, ecohydrologen, die kunnen dat. Alleen daar komen er steeds minder van heb ik begrepen. Een uitstervend beroep. En die zijn nu heel erg nodig.”



### 3.5 DISCUSSIE

Landschapsecologische systeemanalyse (LESA) is een methode om kennis van de ondergrond in kaart te brengen, te interpreteren en toe te passen om de geschiktheid voor natuurlijke vegetatie, landbouw, bosbouw en stedelijk gebied vast te stellen. Inzicht in de werking van landschappen vraagt om integratie van kennis uit verschillende disciplines: klimatologie, geologie, geomorfologie, hydrologie, bodemkunde, biologie. Twee pijlers onder de LESA zijn de zogenaamde verticale en horizontale relaties. Voor de verticale relaties is het rangorde-model behulpzaam om op verschillende ruimteschalen vast te stellen wat de belangrijkste eigenschappen zijn die de ruimtelijke verschillen tussen ecosystemen bepalen en verklaren. De horizontale relaties zijn de processen in een landschap die vegetatiepatronen kunnen verklaren, waaronder oppervlaktewaterstroming en grondwaterstroming.

Een landschapsecologische systeemanalyse (LESA) wordt nog steeds als zeer waardevol gezien voor het begrijpen van het ontstaan van het landschap en de werking ervan. En dat is weer essentieel voor het voortbestaan van daarin voorkomende ecosystemen en landgebruiksvormen. En dus voor een eventuele (her)inrichting en het geven van concrete – en vooral ook begrijpelijke – adviezen voor ruimtelijke inrichting en (water)beheer.

In de praktijk worden LESA's voornamelijk gedaan ten behoeve van natuurbehoud en -ontwikkeling, en dan nog niet eens altijd. Zo heeft de Ecologische Autoriteit recent geconstateerd dat er nog maar weinig provincies LESA's (laten) maken of gebruiken bij planvorming. Ze worden slechts beperkt gedaan voor landinrichting of integrale gebiedsontwikkeling, terwijl ze daar wel zeer geschikt voor zijn. Dit werd in de 80-er en 90-er jaren ook beoogd door de Rijksplanologische Dienst met het Globaal Ecologisch Model en de Landschapsecologische Kartering van Nederland (LKN) als voorbereiding op een ruimtelijke ordening op landschapsecologische grondslag (Harms & Klijn, 1996).

Uit de interviews blijkt dat er veel kennis is (in literatuur, databases, modellen), maar ook dat die te weinig – en in een te smal toepassingsgebied – wordt benut om concreet gebiedsgericht beleidsadvies te geven. De geïnterviewden geven aan dat ze zich zorgen maken over het verdwijnen van dit soort kennis. Daarbij speelt wellicht ook een rol dat de term landschapsecologie de associatie geeft met natuur, terwijl de methode toepasbaar is voor alle vormen van begroeiing, dus naast natuurlijke vegetatie ook landbouwgewassen.

De voorbeelden van de LESA's in dit hoofdstuk laten duidelijk zien dat de (eco-)hydrologie (waterkwantiteit en -kwaliteit) een zeer bepalende factor is voor vegetatie-ontwikkeling en dus een randvoorwaarde voor het halen van natuurdoelen. Niet voor niets heeft de hydrologie in het rangordemodel een (hiërarchisch) hoge plek. In het volgende hoofdstuk duiken we hier verder in.

# 4

## WATER IN HET LANDSCHAP: GGOR/ WATERNOOD

### 4.1 WATERSYSTEEMANALYSE

Water speelt een belangrijke rol in de vorming van verschillende milieus in het landschap en ontwikkelingsmogelijkheden van daarbij passende vegetaties. Het reliëf bepaalt waarvandaan en waarheen het water stroomt. Het stromende oppervlaktewater neemt sediment mee van boven naar beneden. Met het grondwater worden stoffen verplaatst, etc. De verplaatsingen door oppervlaktewater en grondwater en de dynamiek in de tijd bepalen zo de bodemvorming op lange termijn en de standplaatscondities voor de vegetatie op kortere termijn. Ze scheppen de hydrologische (oppervlaktewater én grondwater, kwantiteit én kwaliteit) randvoorwaarden voor alle waterafhankelijke gebruiksfuncties en landschappelijke waarden. In Nederland staat de grondwaterstand voor meer dan 90% van het landoppervlak binnen 2 meter onder maaiveld. En dat maakt dat bijna alle functies daarvan afhankelijk zijn en dat veranderingen van slechts decimeters tot problemen voor de functies en waarden kunnen leiden. Vanwege dit belang is de aandacht van waterbeheerders hierop gevestigd.

De watersysteembenadering staat voor waterbeheerders centraal sinds de opkomst van het integraal waterbeheer<sup>3</sup> in de jaren 80. Traditioneel werd het af- en ontwateringssysteem ontworpen op het maximaliseren van de landbouwproductie. Dit uitte zich in normen voor minimale drooglegging (oppervlaktewaterpeilen) en draindieptes. Er was in die tijd weinig aandacht voor de interactie tussen het oppervlaktewater en het grondwater en dus voor de negatieve gevolgen van grondwaterstandsval voor bijvoorbeeld natte natuurgebieden. In de jaren '80 en '90 werd duidelijk dat die traditionele benadering had geleid tot een achteruitgang van natuurwaarden, gebonden aan nattere omstandigheden (DLG, 1998). Dit werd bekend als de verdrogingsproblematiek, die tot op de dag van vandaag niet is opgelost (Witte et al., 2020).

In 1989 werd de grootschalige verdroging van natuurgebieden voor het eerst erkend als milieuprobleem in de derde Nota Waterhuishouding (Tweede kamer, 1989). Rond 1995 werd het beleid verder verstevigd door het gewenste grond- en oppervlaktewaterregime (GGOR) vast te leggen in provinciale waterhuishoudingsplannen (in lijn met de vierde Nota Waterhuishouding (Tweede Kamer, 1998)). Op gebiedsniveau werd hierbij gestreefd naar een gewenst grond- en oppervlaktewaterregime (GGOR) dat zo goed mogelijk zou zijn afgestemd op de wensen van de verschillende functies én dat rekening zou houden met de draagkracht van het watersysteem (oftewel: niet alles kan overal). In deze aanpak werd de integrale afweging tussen functies (natuur, landbouw en stedelijk gebied) centraal gesteld.

3 Nota Omgaan met Water, 1985

Tegen deze achtergrond gingen de Dienst Landelijk Gebied (DLG), de Unie van Waterschappen (UvW) en provincies vanaf 1995 aan de slag met de uitwerking van een methode onder de noemer WaterNoOD<sup>4</sup> (DLG, 1998). Parallel hieraan werkte een consortium van onder andere RIZA en TNO in opdracht van de provincie Noord-Brabant aan een (vergelijkbare) methode om de gewenste grondwatersituatie in kaart te brengen (STOWA, 1997; Arnold et al., 1998). In de jaren erna volgden vele studies waarin de aanpak verder is ontwikkeld en toegepast (zie onder andere: Alterra, 2000, RIZA en STOWA, 2001; CIW, 2003; DLG, 2004; Van Bakel, 2015). In dit rapport vatten we de zeer vergelijkbare werkwijzen samen onder de noemer ‘GGOR-methode’.

Beide methoden hadden tot doel inzichtelijk te maken welke watercondities (grond- en oppervlaktewaterregime) gewenst waren, om keuzes ten aanzien van landgebruik in bestemmingsplannen te kunnen faciliteren. Dit inzicht werd gebruikt om in ruimtelijk beleid van provincies vast te stellen op welke GGOR gestuurd zou worden en om eventueel inrichtingskeuzes bij te stellen. De uitkomst van de methode én het afwegingsproces is zodoende het gewenste grond- en oppervlaktewaterregime (GGOR).

#### 4.2 GGOR ALS ONDERZOEKSMETHODE

De technisch-inhoudelijke aanpak van de GGOR-methode bestond grofweg uit de volgende stappen (zie Figuur 4.1, Arnold et al., 1998 en DLG, 1998):

1. Wat hebben de verschillende gebruiksfuncties nodig?  
Het bepalen van het optimale grond- en oppervlaktewaterregime (OGOR) voor de functies landbouw, bos, natuur en stedelijk, gegeven de bestaande functietoekenning zonder onderlinge beïnvloeding (ook wel ‘schotten vast’ genoemd);
  2. Wat is de huidige situatie in termen van het actuele grondwater- en oppervlaktewaterregime (AGOR)?  
Het op basis van veldmetingen en eventueel modelanalyses in kaart brengen van het actuele grond- en oppervlaktewaterregime. Met deze berekeningen wil men inzicht krijgen of de sectorale wensen per sector op die plaats haalbaar zijn vanuit het huidige systeem en met het nemen van maatregelen. Bij deze stap past ook de check op het natuurlijke systeem: in hoeverre past het landgebruik op het natuurlijke systeem?
  3. Hoe groot is de opgave?  
Het in kaart brengen van het zogenaamde doelgat per functie: in hoeverre worden de optimale regimes in de praktijk gehaald, dus het verschil tussen actueel (AGOR) en optimaal (OGOR). Denkbeeldige schotten worden weggehaald (schotten los) waardoor onderlinge beïnvloeding plaatsvindt. Dan wordt duidelijk dat wensen niet overal gehaald kunnen worden.
  4. Wat is nodig om het gat te dichten?  
Het analyseren van mogelijke aanpassingen in het systeem om het doelgat te verkleinen rekening houdend met de ruimtelijke interactie (horizontale relaties).
  5. Vaststellen van de GGOR  
De (beleids)keuze ligt voor welke doelen – en dus welk landgebruik – we als maatschappij kiezen. Dit is het eindresultaat van een beleidsafweging en resulteert in kaarten met gewenste grond- en oppervlaktewaterregime. Dit is het regime waarop gestuurd zal worden
- 4 Waterlood staat voor: WATERsysteemgericht NORmeren Ontwerpen en Dimensioneren

in de praktijk en waarbij de doelrealisatie op gebiedsniveau zo hoog mogelijk is voor alle doelen samen.

De stappen worden hierna uitgebreider toegelicht. Als startpunt van de analyse kunnen verschillende kaartbeelden gebruikt worden. Wanneer met de huidige landgebruikskaart (dus huidige functietoekenning) wordt gestart is de uitkomst van de analyse in eerste instantie het doelgat om de huidige functies (i.e. daadwerkelijke landgebruik) te faciliteren. In de iteratiestap kan niet alleen het waterbeheer maar ook de landgebruikskaart worden aangepast, bijvoorbeeld conform de toekomstvisie van de provincie. Voor het ontwikkelen van die toekomstvisie kan dan weer gekeken worden naar de natuurlijke eigenschappen van het water- en bodemsysteem. In Arnold et al. (1998) is aangegeven hoe tot een karakterisering van een natuurlijk water- en bodemsysteem gekomen wordt in termen van hoogste, laagste grondwaterstand en potentiële kwel.

In principe is de GGOR-methode dus toepasbaar voor elke ruimtelijke inrichting.

#### 1. Bepalen van het optimale grond- en oppervlaktewaterregime (OGOR)

Deze stap gaat over wat de verschillende functies idealiter nodig hebben. Het OGOR voor alle standplaatsen en waterlopen betreft een set waarden voor de relevante standplaatsfactoren (grondwaterdiepte, zuurgraad en trofiegraad; waterbreedte, waterdiepte en stroomsnelheid), die gerelateerd is aan zo goed mogelijk vervullen van de functie. Dit kan voor natuur bijvoorbeeld worden afgeleid uit de bodemkaart, die een reflectie geeft van het hydrologisch regime bij de bodemvorming. Of uit doelrealisatiefuncties die voor ieder vegetatietype aangeven onder welke range aan grondwaterstanden deze optimaal kan functioneren (zie Runhaar et al., 1998 en Runhaar et al., 2003). Voor landbouw is de grondwatersituatie optimaal als het risico op droogteschade en natschade zo laag mogelijk is. Dit valt uit te drukken in (gewas- en grondsoortafhankelijke) hoogst en laagst toelaatbare grondwaterstanden (Arnold et al., 1998).

De OGOR-kaarten leveren al veel informatie over de haalbaarheid van het huidige (of voorgenomen) landgebruik. De OGOR-kaarten voor het proefgebied Beerze-Reusel (Figuur 4.2) laten bijvoorbeeld sterke overgangen zijn in gewenst regime tussen natuur en stad en tussen natuur en landbouw (daar waar roze of blauwe kleuren grenzen aan groene kleuren).

#### 2. Het actuele grond- en oppervlaktewaterregime (AGOR)

Het AGOR betreft de set relevante hydrologische parameters zoals men in het veld aantreft. Dit wordt afgeleid uit metingen, eventueel aangevuld met modelberekeningen van de huidige situatie.

#### 3. Bepalen van het doelgat (OGOR $\leftrightarrow$ AGOR)

In deze stap wordt het OGOR geconfronteerd met het AGOR, resulterend in het zogenaamde doelgat. Dit kan worden uitgedrukt in de afwijking van de gemiddeld hoogste of laagste grondwaterstand (GHG/GLG) of gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG). Figuur 4.3 geeft hiervan een voorbeeld voor een deelgebied van Regge en Dinkel (DLG, 2005) in cm voorjaarsgrondwaterstandsafwijking. Hieruit bleek onder andere dat de grondwaterstanden voor natuur in grote delen van het gebied te laag te waren, met name in het oostelijke deel. Het doelgat voor oppervlaktewateren kan per watertype uitgedrukt worden in permanentie, duur droogval, minimale stroomsnelheid en maximale stroomsnelheid.

#### 4. Verkennen van maatregelpakketten om doelgat te verkleinen

In deze stap wordt nagegaan met welk maatregelpakket de doelrealisatie kan worden verbeterd. Dit is een iteratief proces waarbij steeds op gebiedsniveau wordt beoordeeld wat kosten en baten zijn voor alle gebruiksfuncties. In WATerNOoD was hiervoor nog een extra afkorting geïntroduceerd: VGOR, verwijzend naar verwacht grond- en oppervlaktewaterregime. Het resultaat van de analyse geeft inzicht in de (on)mogelijkheden van het bereiken van de OGOR, dus de optimale condities voor alle gewenste functies. Ook wordt duidelijk in welke gebieden de voorgenoemde ruimtelijke functietoekenning leidt tot knelpunten in het waterbeheer en waar (beleidsmatige) keuzes gemaakt moeten worden over welke (ruimtelijke) doelen nagestreefd worden. Meerder afwegingscriteria kunnen hierbij worden gebruikt, zoals natschade en droogteschade in de landbouw. Belangrijk hierbij is om te kijken naar de systeemeffecten. De gebiedsgemiddelde doelrealisatie voor landbouw kan bijvoorbeeld hetzelfde blijven, terwijl de ene boer er lokaal op achteruit gaat (bv door natschade in beekdalen) en de andere boer juist erop vooruit gaat en minder droogteschade ondervindt.

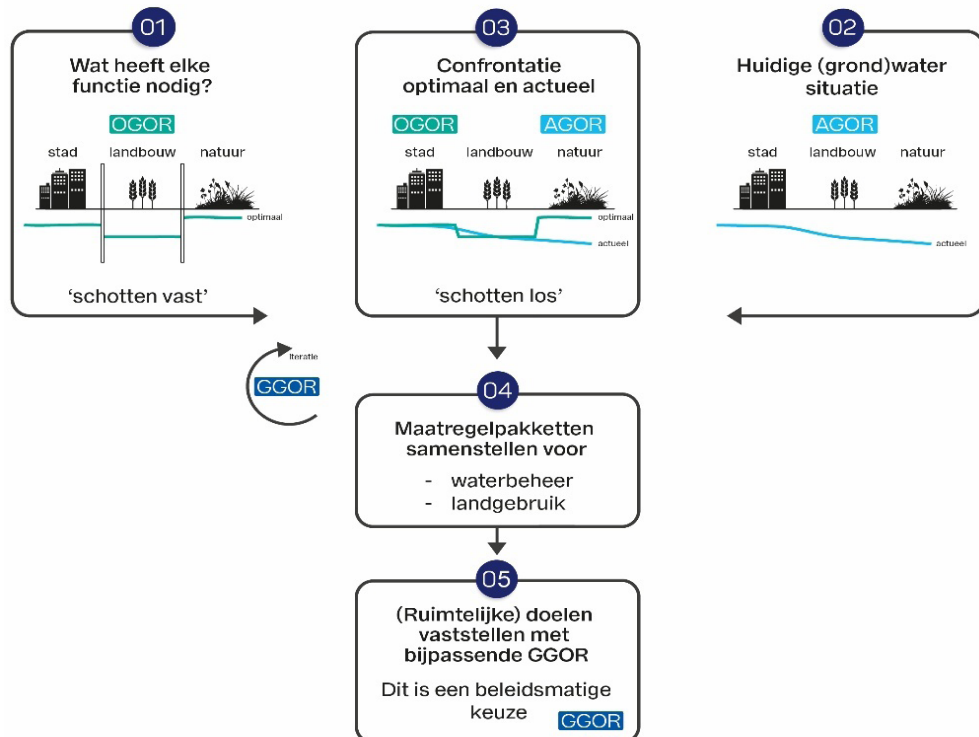
#### 5. Bestuurlijk vaststellen van doelen en bijpassende GGOR

Het iteratieve proces leidt uiteindelijk tot een GGOR, die vervolgens bestuurlijk wordt vastgesteld, zie volgende paragraaf. Dit is een beleidsmatige keuze. Daarna is een proces nodig om de voortgang in het bereiken van de GGOR te monitoren en zo nodig actie te ondernemen

FIGUUR 4.1 WERKWIJZE GGOR-METHODE, SAMENGESTELD OP BASIS VAN DLG (1998) EN ARNOLD ET AL. (1998)

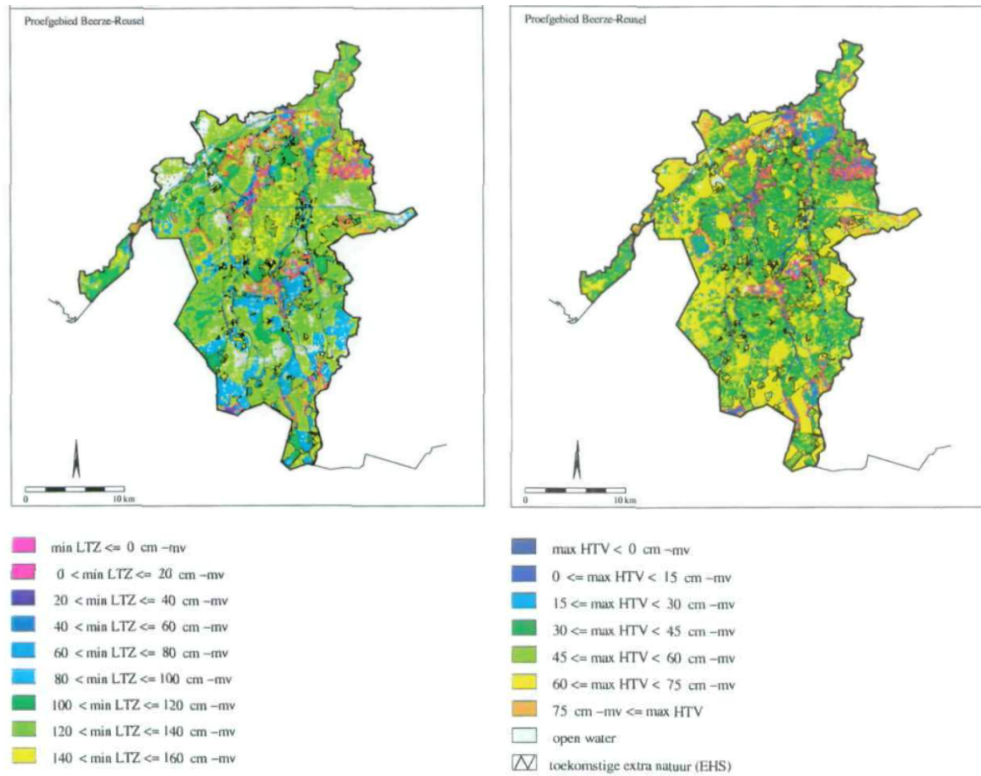
### 0 Startpunten

- Provinciale omgevingsvisie en/of
- Natuurlijke systeeminrichting



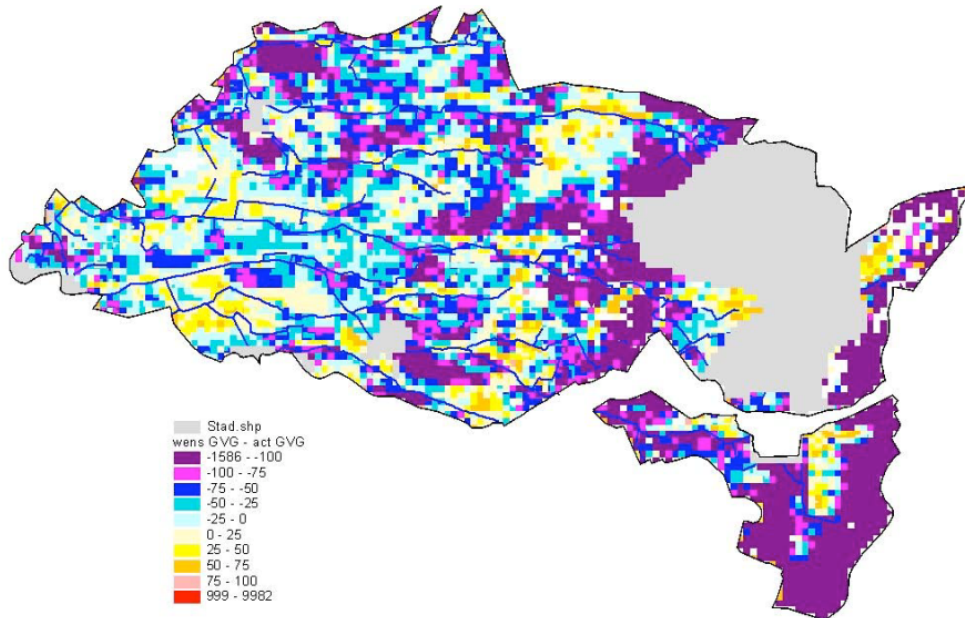
FIGUUR 4.2

OPTIMALE LAAGSTE (LINKS) EN HOOGSTE (RECHTS) GRONDWATERSTAND VOOR LANDBOUW, NATUUR EN STAD IN PROEFGEBIED BEERZE-REUSEL (ARNOLD ET AL., 1998). LTZ = LAAGST TOELAATBARE ZOMERGRONDWATERSTAND, HTV = HOOGST TOELAATBARE VOORJAARSGRONDWATERSTAND IN MAART. VOOR NATUUR IS UITGEGAAN VAN DE GEMIDDELD LAAGSTE GRONDWATERSTAND EN DE GEMIDDELD VOORJAARSGRONDWATERSTAND. VOOR STAD IS DE HOOGST TOELAATBARE GRONDWATERSTAND GEDURENDE HET HELE JAAR ALS SECTORALE WENS GEKOZEN



FIGUUR 4.3

VERSCHIL (=DOELGAT) TUSSEN DE ACTUELE EN DE GEWENSTE VOORJAARSGRONDWATERSTAND (GVG) IN EEN DEELSTROOMGEBIED VAN WATERSCHAP REGGE EN DINKEL (DLG, 2005)



### 4.3 GGOR ALS BELEIDSINSTRUMENT

De GGOR<sup>5</sup> was naast een inhoudelijke methode bedoeld als een beleidsinstrument om verdroging tegen te gaan. In Arnold et al (1998) wordt dit doel als volgt verwoord: *“een zodanig beheerste grondwatersituatie [...] dat een duurzaam gebruik van grondwater door belanghebbende sectoren en een duurzame ontwikkeling van natuur, bos en landschap gewaarborgd zijn.”* Om dit einddoel te bereiken werd GGOR als streefbeeld gebruikt, gedifferentieerd naar deelstroomgebied. In de vierde Nota Waterhuishouding stond dat de provincies uiterlijk in 2002 de gewenste grondwatersituatie moesten vastleggen voor de toegekende gebruiksfuncties (Tweede Kamer, 1998). De provincie was verantwoordelijk voor het proces om tot GGOR te komen en het waterschap stelde de GGOR op. Alles werd vastgelegd in het provinciaal waterhuishoudingsplan.

In een evaluatie door RIZA en STOWA (2001) werd geconstateerd dat GGOR beter juridisch verankerd moest worden. Zij deden hier een voorstel voor. Onduidelijk is wat er met dit voorstel gedaan is.

### 4.4 HOE WERD EN WORDT HET GEBRUIKT?

Zoals gezegd was de GGOR als beleidsinstrument om landgebruik beter af te stemmen op het watersysteem vanaf de jaren '90 heel actueel. Er zijn in de periode 1995 – 2010 veel studies uitgevoerd om de GGOR-methode te ontwikkelen en toe te passen. Hierboven zijn al twee voorbeelden aangehaald uit Noord-Brabant (Beerze-Reusel) en Overijssel (Regge en Dinkel) uit 1998. Andere voorbeelden zijn een proeftoepassing op het herinrichtingsgebied De Leijen (Projectgroep Waterlood, 2001), en een toepassing in Midden-Twente (Huijskes, 2007). Na deze tijd zijn er voor zover bekend geen structurele toepassingen meer gedaan, in elk geval zelden onder de noemer Waterlood of GGOR, en niet met als doel een GGOR vast te stellen in bijvoorbeeld provinciale waterhuishoudingsplannen.

Als beleidsinstrument heeft het minder opgeleverd dan destijds gehoopt. In het artikel met de veelzeggende titel 'Verdroging van de Nederlandse natuur: bijna een halve eeuw goed onderzoek en falende politiek' betogen de auteurs dat er genoeg kennis is over bestrijding van verdroging van de natuur, maar dat feitelijk de politieke keuze is geweest om er geen gevolg aan te geven (Witte et al., 2020). Ondanks de expliciete rol voor de provincie om de GGOR vast te stellen en zo nodig de landgebruikszonering bij te stellen, was er in de praktijk te weinig terugkoppeling tussen de analyse van het waterschap en de ruimtelijke planvorming van de provincie, aldus de experts (zie ook de volgende paragraaf).

Na de vermelding in de vierde nota waterhuishouding is de GGOR vrijwel uit het (Rijks)beleid verdwenen. Het is als beleidsinstrument niet overgenomen in het Nationaal Water Plan voor 2009-2015 (NWP, 2009) en nu ook niet in het Nationaal Water Programma voor 2022-2027 (NWP, 2022). Wel wordt de lijn van 'water- en bodem sturend' gevolgd door te stellen dat gebruiksfuncties bij voorkeur moeten passen bij de eigenschappen en het natuurlijk functioneren van het bodem- en watersysteem. De randvoorwaarden die hiervoor meegegeven dienen te worden aan ruimtelijke keuzes moeten echter nog worden uitgewerkt.

5 Eerst sprak men nog van GGS (gewenste grondwatersituatie) en later is dit verbreed naar GGOR (gewenst grond- en oppervlaktewaterregime) om recht te doen aan de interactie tussen oppervlaktewater en grondwater, en aan het dynamische karakter van het hydrologische systeem ('regime' in plaats van 'situatie').

Er zijn na 2010 natuurlijk wel veel hydrologische (grond)wateranalyses uitgevoerd met regionale en landelijke hydrologische modellen al dan niet in combinatie met de Waterwijzer Natuur en de Waterwijzer Landbouw. Hiermee wordt ook inzicht verkregen in doelrealisatie voor natuur en droogteschade en natschade voor de landbouw voor een bepaald gebied. Ook kunnen actuele en optimale grondwaterregimes hieruit worden afgeleid. Ook worden veel modelstudies uitgevoerd naar de gevolgen van klimaatverandering en inrichtingskeuzes op het grondwatersysteem. Wat echter meestal ontbreekt is de stap naar de gewenste grondwaterstand; er wordt geen integrale afweging gemaakt en er wordt ook geen GGOR vastgesteld in een bestuurlijk proces.

#### 4.5 WAT VINDEN DE EXPERTS?

Met GGOR is een goede systematiek ontwikkeld om in beeld te brengen wat verschillende landgebruiksfuncties nodig hebben. Hiermee wordt een afstemming tussen ruimtelijke ordening/inrichting en waterbeheer gevoed. GGOR is de afgelopen 15 jaar echter buiten beeld geraakt. Mogelijke redenen voor het buiten beeld raken zijn:

- In de derde en vierde Nota Waterhuishouding stond het gewenste grondwaterregime nog en er was een overzicht hoeveel procent verdroogde natuur was hersteld, maar de doelen werden keer op keer niet gehaald en toen is men mogelijk gedemotiveerd geraakt.
- Er kwam in 2010 een regering die er minder aandacht voor had en een staatssecretaris die de ontwikkeling van de ecologische hoofdstructuur heeft gefrustreerd<sup>6</sup>.

Door de droge zomers van de afgelopen jaren komt het nu weer hoger op de agenda. Kritische kanttekeningen bij de methode en ideeën voor verbetering:

- Een probleem met de huidige methode van de GGOR is dat deze werkt met langjarige gemiddelden die zijn gebaseerd op het klimaat uit het verleden. Met de huidige klimaatverandering is de dynamiek erg toegenomen en het is de vraag of die langjarige gemiddelden nog bruikbaar zijn. Door in plaats van de GVG de zuurstofstress zelf als factor in het model op te nemen, is dat probleem deels opgelost.
- De vegetatietypen van Nederland zijn gebaseerd op het verleden. Misschien gaan zich nieuwe associaties ontwikkelen van planten die in het huidig milieu (klimaat) vaak samen voorkomen.
- Er is vooral veel bekend over de kwantitatieve aspecten van grondwater. De waterkwaliteitscomponent kan beter worden meegenomen dan nu het geval is.

##### CITAAT UIT EEN VAN DE INTERVIEWS

“Het [GGOR] is een mooie systematiek om in beeld te brengen wat verschillende functies nodig hebben. Maar de moeilijke stap die erna komt, hoe kom je tot de gewenste grondwatersituatie, die is moeilijk, en daar heb ik nog weinig voorbeelden van gezien.”

##### CITAAT UIT EEN VAN DE INTERVIEWS

“Wij lopen er nu al tegenaan dat (...) de belofte waarmee de buurt om te krijgen was om water te gaan vasthouden, zeker de afgelopen maanden, in wateroverlast omsloeg. En die mensen zeggen, jullie hadden het over eens in de 20 jaar. Het lijkt meer 20 keer per jaar. We worden achterhaald door de snelheid van de klimaatverandering.”

<sup>6</sup> Bleker werd op 14 oktober 2010 staatssecretaris van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie in het kabinet-Rutte IV. Hij schrapte eigenhandig meerdere gebieden uit het Europese Natura 2000-netwerk, waardoor boeren daar konden blijven uitbreiden.



## 4.6 DISCUSSIE

### GGOR VERSUS LESA

De GGOR-methode is een ecohydrologische systeemanalyse die veel overeenkomsten vertoont met de landschapsecologische systeemanalyse (LESA) uit het vorige hoofdstuk. Beide starten immers vanuit het systeemdenken op landschapsschaal en integreren kennis van verschillende disciplines. GGOR legt de nadruk op de hydrologie en de toepassing ervan in het waterbeheer. Dat betekent een *versmalling* tot slechts één van de deelsystemen in het Rangordemodel, waarbij de eigenschappen van de andere deelsystemen als vaststaand gegeven worden verondersteld.

Anderzijds is GGOR qua toepassingsgebied juist een verbreding, omdat ze alle watergebruikers/grondgebruikers meenemen, en niet alleen natuurbehoud en -ontwikkeling, die bij de LESA in de praktijk meestal centraal staan. Er wordt nadrukkelijk ook gekeken naar de landbouw, bosbouw, en zelfs naar stedelijk gebied. Geheel in de geest van integraal waterbeheer.

GGOR is ook kwantitatiever dan LESA. Anders dan LESA maakt GGOR expliciet welke (water)condities nodig zijn om de gewenste landgebruiksfuncties te bedienen en waar deze doelen helemaal niet of nog niet gehaald worden (het doelgat). Dat zou kunnen worden geïnterpreteerd als 'peil volgt functie', iets waar we juist vanaf willen. Maar een andere interpretatie is dat het een essentiële stap is in een probleemanalyse, doordat het kaarten oplevert van waar de huidige combinatie van grondgebruik en watersysteem tot knelpunten leidt en keuzes nodig zijn. Daarmee is het een concrete vertaalslag van water- en bodemkennis die van groot belang is voor keuzes in de ruimtelijke ordening.

### IS DE KENNIS NOG BESCHIKBAAR EN GESCHIKT?

Er is voldoende kennis beschikbaar om de GGOR-methode toe te passen. Er is veel ontwikkeling geweest in het verzamelen en beschikbaar maken van basisinformatie (landgebruikskaart, bodemkaart, TOP10vector, zie [www.nhi.nu](http://www.nhi.nu)). Tevens zijn er hydrologische modellen op verschillende ruimtelijke resoluties, en modules met de hydrologische randvoorwaarden van vegetatie en landbouwgewassen (Waterwijzers Natuur en Landbouw). Door deze met elkaar te koppelen kan de doelrealisatie voor huidig en gewenst landgebruik worden bepaald. Ook de effecten van klimaatverandering kunnen tegenwoordig worden meegenomen.

De volgende inhoudelijke verbeterpunten zijn in de interviews genoemd:

- Hydrologische monitoring en deze combineren met andere bronnen zoals vegetatiekarteringen en modeluitkomsten, zodat het actuele doelgat beter kan worden bepaald;
- Het beter meenemen van extreme gebeurtenissen. Er wordt nu vanuit gegaan dat de doelrealisatie voor natuur afgeleid kan worden uit langjarige gemiddelden, maar het is bekend dat grote schokken (door langdurige wateroverlast of juist langdurige droogte) onherstelbare schade kunnen veroorzaken. Dit gegeven moet meegenomen worden in de afweging voorafgaand aan het vaststellen van de GGOR.

### #HOEDAN

Het genereren van de technisch-inhoudelijke kennis is niet voldoende om de ruimtelijke ordening en het waterbeheer beter op elkaar af te stemmen. Er moeten ook beleidsmatige keuzes worden gemaakt op basis van de GGOR-analyse. De experts geven aan dat juist die keuzes in het verleden te weinig zijn gemaakt, waardoor er in de praktijk niet veel is veranderd.

Om GGOR te laten landen moeten daarom volhoudbare afspraken worden gemaakt tussen provincies, waterschappen, gemeenten en grondgebruikers. En dat moet geborgd worden in de (nieuwe) omgevingswet. Zolang het niet juridisch wordt verankerd, zal het blijven bij GGOR-analyses (al dan niet uitgevoerd onder deze naam) en zal men niet geneigd zijn bestuurlijk keuzes te maken.

In de Omgevingswet staat nu dat de provincies omgevingsvisies moeten opstellen en een regionaal waterprogramma, waarin onder andere het waterbeleid en de daarmee samenhangende uitvoering van EU-richtlijnen is geregeld (onder andere de KRW en GWR). Waterschappen werken dit vervolgens uit in hun waterbeheerprogramma. De omgevingswet-instrumenten 'programma's' en 'omgevingswaardes' lenen zich goed om afspraken te maken over de inzet van *tools* (zoals de GGOR-methode) om de hydrologische haalbaarheid van doelen te bepalen. De overheden zouden bijvoorbeeld een vrijwillig programma kunnen maken voor de inrichting van het fysieke domein met daarin bv. (objectief vast te stellen en meetbare) omgevingswaarden. In het bepalen van omgevingswaarden kan de GGOR-methode dan een rol spelen.

Daarnaast is een duidelijk afwegingskader nodig waarin staat welke opgaves centraal staan en welke prioriteit gegeven wordt aan bepaalde doelen. Is bijvoorbeeld het halen van natuurdoelen het uitgangspunt of juist het faciliteren van de landbouw?

# 5

## CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 5.1 CONCLUSIES

De noodzaak om het landgebruik meer aan te passen aan de eigenschappen van een plek is door klimaatverandering groter geworden (want extremen treden vaker op), maar de voornaamste oorzaak van de kwetsbaarheid zit in de inrichting van het systeem. Uiteindelijk gaat het om een inrichting van het landschap waarbij het landgebruik goed is afgestemd op de mogelijkheden die het natuurlijke (water en bodem-) systeem biedt, zodat de kwetsbaarheid van het hele systeem voor klimaatvariabiliteit zo klein mogelijk is en zoveel mogelijk doelen gehaald worden. In dit rapport zijn drie beproefde en relevant geachte onderzoeksmethoden onderzocht om de afstemming tussen landgebruik en waterbeheer te ondersteunen. De hoofdvraag luidde:

*Wat is de toepasbaarheid van eerder ontwikkelde relevante concepten en onderzoeksmethoden voor de vraagstukken van nu met betrekking tot klimaatadaptatie en geïntegreerd ruimtelijk-ordeningsbeleid en waterbeheer?*

Meer specifiek was de vraag in hoeverre deze drie methodes te gebruiken zijn voor de analyse en evaluatie van de geschiktheid van het water- en bodemsysteem voor verschillende type gebruiksfuncties. Op basis van dit rapport concluderen we het volgende (zie ook Figuur 5.1):

1. De **lagenbenadering** is als conceptueel model nog steeds essentieel en goed bruikbaar voor overheden en grondeigenaren om met elkaar in gesprek te raken over de wisselwerking tussen het water- en bodemsysteem (de ondergrond) en het landgebruik (de occupatie) en de netwerken;
2. De **Landschapsecologische Systemanalyse (LESA)** is zeer bruikbaar als methode om de geschiktheid van een landschap voor natuurlijke vegetatie, landbouw, bosbouw of andere landgebruiksvormen vast te stellen. Ook laat de methode zien wat oorzaken zijn van problemen in de waterhuishouding, en in welke richting oplossingen kunnen worden gezocht. Hiervoor wordt kennis van de ondergrond vanuit meerdere disciplines geïntegreerd en geïnterpreteerd. Een LESA is niet exclusief bedoeld voor natuurgebieden, maar wordt in de praktijk meestal alleen daarvoor toegepast. Dat is een gemiste kans;
3. De **GGOR-methode**, net als LESA, een methode voor systeemanalyse maar is kwantitatiever en bij uitstek geschikt om hydrologische geschiktheid voor landgebruik te toetsen, beleidsalternatieven te analyseren en daarmee afwegingen over ruimtelijke inrichting te onderbouwen over geïntegreerd ruimtelijk ordeningsbeleid en waterbeheer. Om de methode te kunnen uitvoeren zijn goede (hydrologische) modellen, veldmetingen en kennisregels nodig. Het bestaan van deze methode zou opnieuw onder de aandacht moeten worden gebracht bij alle partijen die zich bezighouden met water en ruimtelijke ordening, zoals gemeenten, waterschappen, provincies en het Rijk.

Uit de ervaringen in het verleden met de toepassing van de GGOR-methode blijkt verder wat de grootste uitdaging is bij het integreren van ruimtelijke ordening en waterbeheer: het goed laten landen van de resultaten van systeemanalyses in beleid. De GGOR-methode geeft

inzicht in wat verschillende landgebruiksfuncties nodig hebben en wat wel en niet haalbaar is. Hiermee wordt een afstemming tussen ruimtelijke ordening/inrichting en waterbeheer gevoed, maar die afstemming moet dan nog wel gedaan worden. Dit vraagt van provincies een sterke regie op het proces om te komen tot een GGOR en een borging in de omgevingswet van dit proces en te gebruiken *tools*.

FIGUUR 5.1 INDICATIE VAN DE BRUIKBAARHEID (V) VAN DE DRIE METHODES VOOR VIER DOELEN BIJ HET INTEGREREN VAN RUIMTELIJKE ORDENING EN WATERBEHEER

Doel	Lagenbenadering	basis in landschapsecologie	
		LESA	GGOR-methode
Bewustwording ondergrond	V		
Analyse werking ondergrond		V	V
Vertaling naar beleid			V
Verankering in beleid			

## 5.2 AANBEVELINGEN

De GGOR-methode is de best gefundeerde basis voor het integreren van waterbeheer en ruimtelijke ordening. De basis van deze methode is een landschapsecologische systeem-analyse (LESA), die inzicht biedt in de werking van de ondergrond – de onderste laag uit de lagenbenadering. **De GGOR-methode** – als voeding van een bestuurlijk proces met als einddoel het vaststellen van de GGOR – **zou actief verspreid moeten worden** op relevante opleidingen en bij waterschappen en provincies.

Echter, het weer gaan toepassen van deze beproefde methode is niet voldoende om beter rekening te houden met de ondergrond in ruimtelijk beleid. **De GGOR als beleidsinstrument zal goed verankerd moeten worden in het omgevingsbeleid.** De nieuwe Omgevingswet biedt hiervoor aanknopingspunten in de instrumenten ‘programma’s’ en ‘omgevingswaardes’. Hiermee kan bijvoorbeeld afgesproken worden om GGOR te gebruiken als dé tool om de hydrologische haalbaarheid van doelen te toetsen en te monitoren. Daarbij kan en moet mogelijk wel meer worden geanticipeerd op klimaatverandering, door ook modelresultaten van de gevolgen van klimaatscenario’s voor het grond- en oppervlaktewaterregime bij de geschiktheidsbepaling te betrekken.

Het is bovendien aan te bevelen om een *community-of-practice* op te bouwen om ervaringen te delen met het in de praktijk integreren van waterbeheer en ruimtelijke ordening. Op korte termijn zouden **pilots** bij waterschappen en provincies kunnen helpen om meer ervaring op te doen met zowel inhoud als proces.

Experts geven aan dat de integrale landschapskennis als vakdiscipline aan het verdwijnen is. Er zijn zorgen over de **beschikbaarheid van experts** die bodem- en waterkennis kunnen integreren en toepasbaar kunnen maken op een manier die functioneel is bij ruimtelijke afwegingen. Een goede systeemanalyse maken vergt het kunnen integreren van meerdere disciplines (bodembodemkunde, geologie, hydrologie, ecologie). We bevelen aan om dit verder te onderzoeken en indien nodig een cursus te ontwikkelen en/of met opleidingsinstituten hierover in gesprek te gaan.

# 6

## LITERATUUR

Arnold, G.E., Kroon, T., en Van Ek, R. (1998) Gewenste Grondwatersituatie Noord-Brabant: methode-ontwikkeling voor het bepalen van de gewenste grondwatersituatie voor de provincie Noord-Brabant. Samenvattend hoofd rapport, RIZA rapport nr. 89.050, Lelystad

Bakker, T.W.M., J.A. Klijn & F.J. van Zadelhoff, 1979. Duinen en duinvaleien. Een landschapsecologische studie van het Nederlandse duingebied. Pudoc, Wageningen.

Bakker, T.W.M., J.A. Klijn & F.J. van Zadelhoff, 1981. Nederlandse kustduinen. Landschapsecologie. Pudoc, Wageningen.

Bakker, M. M., de Vries, W., Ros, G. H., Kros, J., Kuhlman, J. W., Mashhoodi, B., de Vries, S. & Witte, J-P., (2021). Zoneren biedt landbouw toekomstperspectief. Milieu dossier. 2021, April, p. 39-44.

Besselink, D.G.B., A.J.M. Jansen, D. Logemann & A.J.G. Reeze (2018) Ecohydrologische systeemanalyse beekdalen: wetenschappelijke grondslagen en toepassing van het handboek. Landschap 2018/1

Bolsius, E.C.A. en Eulderink, J.H.M. (eds.) (1994) Een digitaal bestand voor de landschapsecologie van Nederland. Eindrapport van het LKN-project. LKN-rapport nr.4, Rijksplanologische Dienst, ministerie van VROM, Den Haag.

Bouman, B., Leseman, A. van Winden, B. de Jong, B., & G. Litjens (2023) Preverkenning PAGW Gelderse Poort. Eindrapport, PAGW

CIW (2003) Werken met GGOR: hulpmiddel voor maatwerk bij de afstemming van integraal waterbeheer en ruimtelijk beleid. Commissie Integraal Waterbeheer, september 2003

Claessen, F.A.M., J.Ph.M. Witte, F. Klijn, C.L.G. Groen & R. van der Meijden (1991) Terrestrische Natuur en de Waterhuishouding van Nederland. H2O 24(1991)/ 12: 330-337

Claessen, F.A.M., G.P. Beugelink, J.P.M. Witte & F. Klijn (1996). Predicting species loss and gain caused by alterations in Dutch national water management. European Water Pollution Control 6(1996)/5: 36-42

CRa (College van Rijksadviseurs) (2023) De lagenbenadering. Infrastructuur(planning) en de ondergrond: een wederzijdse relatie. (bijdrage van F. Klijn). Toekomstatelier, College van Rijksadviseurs, Den Haag.

Deltares, Bosch Slabbers & Sweco (2021) Op Waterbasis. Grenzen aan de maakbaarheid van ons water- en bodemsysteem. Deltares, Delft.

Deltares en WEnR (2023) Integrale grondwaterstudie. Module 1: landelijke analyse. Rapportnr. 11208092-001-BGS-0001, Deltares en Wageningen Environmental Research, Utrecht

Didde, R. (2022) Nederland Droogteland: van waterschaarste en bodemdaling tot regentuinen en hoogwaterboerderijen. <https://www.nederlanddroogteland.nl/>

DLG (1998) grondwater als leidraad voor het oppervlaktewater: Een op het grondwater georiënteerde aanpak voor inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen. Projectgroep Waterlood, DLG-publicatie 1998/2, Den Haag

DLG (2005) Toepassing van waterlood in Midden-Twente; van filosofie naar uitvoering. DLG, provincie Overijssel & waterschap Regge en Dinkel

Grootjans, A.P., Van Diggelen, R., Schipper, P. & Schunselaar, S. (2020) Systemanalyse Elperstroom met de deelgebieden Stroetma, Oosterma, Dippersma, Reitma, Grevema en Doorgangen. Rapport Stichting ERA / Stichting WBBS / Universiteit Antwerpen / Staatsbosbeheer/SWECO.

Harms, W.B. & F. Klijn (1996) Nederland in hokjes; de Landschapsecologische Kartering van Nederland. *Landschap* 13(1996)/4: 257-272

Huijskes, H. (ed.) (2007) Toepassing van Waterlood in midden-Twente: Van filosofie naar uitvoering. Waterschap Regge en Dinkel en DLG Overijssel.

Klijn, F. & R.W. de Waal (1992). Ecologische Bodemclassificatie: een pragmatische benadering vanuit de standplaatsidee. *Landschap* 9(1992)/ 3: 175-187

Klijn, F., C.L.G. Groen & J.P.M. Witte (1996) Ecoseries for potential site mapping, an example from the Netherlands. *Landscape and Urban Planning* 35(1996): 53-70

Klijn, F. & J.P.M. Witte (1999) Eco-hydrology: groundwater flow and site factors in plant ecology. *Hydrogeology Journal* 7(1999)/1: 65-77

KNMI (2023) KNMI '23-klimaatscenario's voor Nederland. Publicatie 23-03, KNMI, De Bilt.

McHarg, I. (1969) *Design with nature*. 1995: 25th Anniversary Edition, Wiley. ISBN: 978-0-471-11460-4

Ministeries IenW en BZK (2023) Ruimtelijk afwegingskader klimaatadaptieve gebouwde omgeving, Definitieve rapportage september 2023. HKV lijn in water, TAUW & Defacto Stedenbouw. (<https://open.overheid.nl/documenten/dpc-70aea1415d93774841338e28ce-7d6ab1c6051be9/pdf>)

NWP (2009) Nationaal Water Plan 2009 – 2015. Het ministerie van Verkeer en Waterstaat, het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

NWP (2015) Nationaal Waterplan 2016-2021. Ministerie van Infrastructuur en Milieu Ministerie van Economische Zaken.

Projectgroep Waterlood (2001) Beter werken met 'Waterlood'; Een proeftoepassing in het herinrichtingsgebied De Leijen. Alterra-rapport 267, Alterra, Wageningen.

Provincie Noord-Brabant (2024) De kwaliteit van Brabant: Visie op de Brabantse leefomgeving. Provincie Noord-Brabant, versie NL.IMRO.9930.Omgvisie-va01

RIZA en STOWA (2001) De toekomst van het GGOR: een onderzoek naar de bestuurlijk-juridische verankering van het gewenste grond- en oppervlaktewaterregime. Stowa-rapport 2001-4a en RIZA-rapport 2001.002, RIZA, Lelystad.

Rli (2023). Briefadvies: 'Goed water goed geregeld'. Raad voor de leefomgeving en infrastructuur, Den Haag, 11 mei 2023 ([https://www.rli.nl/sites/default/files/briefadvies\\_krw\\_aan\\_minienw\\_-\\_goed\\_water\\_goed\\_geregeld.pdf](https://www.rli.nl/sites/default/files/briefadvies_krw_aan_minienw_-_goed_water_goed_geregeld.pdf))

Rijksoverheid (2023) Contourennotitie Nota Ruimte. Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.

Runhaar, J., R. van Ek, F. Klijn, R. Ruijtenberg & R. Stuurman (1998) Gewenste Grondwatersituatie Natuur; bepaling van de optimale grondwatersituatie op provinciale schaal. Landschap 15(1998)/4: 181-194

Runhaar, H., Wamelink, W., Hennekens, S. en Gehrels, H. (2003) Realisatie van natuurdoelen als functie van de hydrologie. Landschap 20 (3).

STOWA (1997) De gewenste grondwatersituatie voor terrestrische natuurdoelen. NOV - rapport 3.2, STOWA-rapport 97-16

STOWA (2017) Handboek ecohydrologische systeemanalyse beekdallandschappen. STOWA rapport 2017(5).

Tweede Kamer (1988) Vierde Nota Ruimtelijke Ordening Exta, Tweede Kamer der Staten-Generaal, vergaderjaar 1990-1991, 21 879, nrs. 1-2 (<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-26401-4.pdf>)

Tweede Kamer (1989) Derde Nota Waterhuishouding, Tweede Kamer der Staten-Generaal, vergaderjaar 1989-1990, 21 250, nr. 3 ([https://repository.overheid.nl/frbr/sgd/19891990/0000038200/1/pdf/SGD\\_19891990\\_0003669.pdf](https://repository.overheid.nl/frbr/sgd/19891990/0000038200/1/pdf/SGD_19891990_0003669.pdf))

Tweede Kamer (1998) Vierde Nota Waterhuishouding, Tweede Kamer der Staten-Generaal, vergaderjaar 1998 – 1999, 26 401, nr. 4 (<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-26401-4.pdf>)

Van Bakel, J., Ter Harmsel, A., Schaap, J., Prak, H., Worm, B. (2015) Op weg naar GGOR2.0. H2O-Online, 23 november 2015

Van der Brugge, R., & R.C. de Winter (2024) Deltascenario's 2024 - Zicht op Water in Nederland. Deltares 11209219-000-ZKS-0004, Delft

Van der Maarel, E. & P.L. Dauvellier (1978) Naar een Globaal Ecologisch Model voor de ruimtelijke ontwikkeling van Nederland. deel 1. Studierapporten Rijksplanologische Dienst. Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening. ISBN 90 12 02147 2

Van Ek, R., J.P.M. Witte, J. Runhaar & F. Klijn (2000). Ecological effects of water management in the Netherlands: the model DEMNAT. *Ecological Engineering* 16(2000): 127-14

Van Schaick, J. en Klaasen, I.T. (2011) The Dutch Layers Approach to Spatial Planning and Design: A Fruitful Planning Tool or a Temporary Phenomenon? *European Planning Studies*, 19 (10), 1775-1796

Witte, J.P.M., F. Klijn, F.A.M. Claessen, C.L.G. Groen & R. van der Meijden (1992). A Model to Predict and Assess the Impacts of Hydrological Changes on Terrestrial Ecosystems, and its use on a Climate Scenario. *Wetlands Ecology & Management* 2(1992)/ 1/2: 69-83

Witte, J.P.M., R. van Ek, J. Runhaar en G.A.P.H. van den Eertwegh (2020) Verdroging van de Nederlandse natuur: bijna een halve eeuw goed onderzoek en falende politiek. In: *Stromingen* 2020 (26), nr 2 pp 65-79



## BIJLAGEN

# SAMENVATTING INTERVIEWS

In deze bijlage worden de interviews samengevat. De respondenten waren het op veel terreinen met elkaar eens, waardoor de samenvatting leest als een doorlopend verhaal. Op sommige punten verschillen ze wel van mening; daarop reflecteren we als auteurs in een cursieve tekst.

## A.1 VRAAG 1: HOE KIJK JE TERUG OP 30-40 JAAR VAN ONDERZOEK NAAR DROOGTE EN VERDROGING?

In de jaren 80-90 was verdroging iets dat op specifieke plekken speelde: terugdringen van zoute kwel langs de kust; water vasthouden op de Veluwe; hermeanderen van beken in Oost-Nederland. Ook inzijing van water in stedelijk gebied was een thema: hemelwater afkoppelen van het riool en inrichten van wadi's in de buitenruimte. Daarnaast was verdroging van natuurgebieden een belangrijk thema, dit als gevolg van ontwatering van landbouwgebieden en onttrekkingen van grondwater voor drinkwater. Langdurige droogtes over heel Nederland als gevolg van klimaatverandering waren destijds geen thema. Het onderzoek uit die tijd was goed, maar we zitten nu wel in andere condities, met een heel ander en deels nog onbekend klimaat.

Er is jarenlang onderzoek gedaan naar verdroging en droogte en dat is nog steeds actueel. Er is heel veel bekend. De laaggelegen vruchtbare gebieden, de beekdalen, zijn zo sterk ontwaterd dat de flanken en de koppen in het watersysteem droogvallen. De verstedelijking en daarmee gepaard gaande verharding van de ondergrond dragen bij aan de verkleining van het voedingsgebied voor de watersystemen. In de natuurgebieden zelf is al alles gedaan wat je kunt doen, maar ze zijn nog steeds verdroogd. Natuurgebieden zijn vaak zo klein dat de hydrologie in de omgeving veel invloed heeft. De schaal van natuurgebieden en het feit dat ze in een mozaïek van andere functies liggen is medeoorzaak van het verdrogingsprobleem; er is een bufferzone rond natuur nodig.

De landbouw en de drinkwaterbedrijven in de omgeving van natuurgebieden zijn niet bereid mee te werken aan een betere watersituatie voor de natuurgebieden. Drainage in het natte seizoen en beregning in het droge seizoen nemen zelfs nog toe; er zit geen rem op. De intensieve boomteelt is in Brabant in opkomst en zij kopen juist de laaggelegen grond in beekdalen, waar je sterk zult moeten ontwateren om bomenteelt mogelijk te maken. Daar zou je beter extensieve hooilanden kunnen hebben. Maar de veetelers met graslanden zitten juist hogerop en beregenen om hun grasland in leven te houden. Water en bodem zijn dus bepaald nog niet sturend in de landbouw.

De hydrologische situatie voor bijvoorbeeld natuurgebied de Kampina zit ver onder de ondergrens. De overheid aarzelt om daarin in te grijpen en de uitkomsten van het onderzoek in beleid om te zetten. Nog steeds wordt in Brabant gediscussieerd tussen provincie, waterschappen en maatschappelijke partijen over natte natuurparels en hoe daar de juiste hydrologische omstandigheden voor te creëren. Ook is er een misverstand bij de politiek dat de ondergrens van de ecohydrologische randvoorwaarden onderhandelbaar is. Maar als je onder de ondergrens gaat zitten zijn de natuurdoeltypen die nu zijn vastgelegd niet meer haalbaar.

Terugkijkend is het niet gelukt de verdroging van natuur een halt toe te roepen. Belangen botsen nog steeds en we hebben de balans nog niet gevonden.

Naast het gebrek aan impact op de waterbeheerpraktijk is de kennis over waterkwaliteit een zwak punt. Er is vooral veel bekend over waterkwantiteit door hydrologische modellering, maar er is te weinig aandacht voor de kwalitatieve aspecten. Het onttrekken van schoon grondwater heeft een groot effect op de ondergrondse waterkwaliteit en dat heeft weer een groot effect op de vegetaties.

## A.2 VRAAG 2: KUN JE IETS VERTELLEN OVER DEZE BENADERING?

### *De lagenbenadering*

De landschapsarchitect Ian McHarg wordt gezien als de grondlegger van de lagenbenadering met zijn *'layer-cake method'* of geschiktheidsanalyse, waarbij planning voorafgegaan moest worden door een degelijke analyse van de ondergrond (McHarg, 1969). Zijn benadering was technocratisch: de wetenschap vertelt wat de beste plek voor iets is. Toen in de jaren tachtig de geografische informatiesystemen, of GIS, werden ontwikkeld om vele soorten data op kaarten te zetten, bood de lagenbenadering uitkomst om orde aan te brengen in de vele mogelijkheden die daardoor ontstonden. Een driedeling in ondergrond, netwerken en occupatie was handig om het vele materiaal te ordenen.

De Casco-benadering die voor Plan Ooievaar (De Bruin et al., 1987) is gebruikt was een inspiratiebron voor de lagenbenadering. In de cascobenadering worden bodem, water en natuur als het landschappelijke casco gezien dat verschillende vormen van menselijk gebruik al of niet mogelijk maakt.

Het belang van een lagenbenadering voor de ruimtelijke ordening in Nederland is voor het eerst neergezet in het boekje 'Herontwerp van het Laagland' uit 1998 (De Hoog et al, 1998), als onderdeel van het Metropolitane Debat. Het idee was vooral om verschillende tijdshorizonten in planvorming te introduceren:

- De ondergrond, de laagdynamische processen van de delta, de bodem en de natuur die daarbij hoort, die op een termijn van 100-200 jaar beoordeeld moeten worden;
- De laag van netwerken, bijvoorbeeld snelwegen, spoorlijnen, met een dynamiek van 50 tot 100 jaar;
- De occupatielaag, het grondgebruik/ landgebruik met dingen die 25 tot 50 jaar duren en dan weer aan een revisieronde toekomen.

Deze lagenbenadering werd gebruikt om verschillende ruimtelijke toekomstscenario's te ontwikkelen. Dit verhaal werd in de Vijfde Nota Ruimtelijke ordening opgenomen, die nooit is vastgesteld. Het gedachtengoed verdween daarna naar de achtergrond, maar het plaatje dat voor die nota is gemaakt wordt nog steeds veel gebruikt. Het Deltaprogramma heeft de lagenbenadering de afgelopen tien jaar weer opgepakt. Daarin wordt het gebruikt voor ruimtelijke reserveringen en voor Water en Bodem Sturend-beleid.

De lagenbenadering met gebruik van GIS-data is recent nog gebruikt in een analyse van de Universiteit Wageningen die door LNV is overgenomen als de ABCD kaart, gericht op de geschiktheid van gronden in Nederland voor intensieve landbouw. De lagen die daarin zaten waren: bodemgesteldheid, wel of geen veen, drinkwaterbeschermingsgebieden, toekomstige droogteproblematiek, potentiële sponswerking, afstand tot natuurgebieden, ecolo-

gische hoofdstructuur, afstand tot steden, en uitspoelingsgevoelige gronden. Door allerlei hogedrukprocessen is daar het stikstofkaartje uit afgeleid. Dit is het kaartje van minister Van der Wal, dat zij heeft moeten terugtrekken omdat er veel weerstand ontstond. Met name voor grondbezitters in minder gunstige zones is zo'n op wetenschappelijke gegevens gebaseerde kaart confronterend. Er moet in de ruimtelijke planning een balans gevonden worden tussen een puur technocratische benadering en een 'alles kan overal' benadering.

#### ***De landschapsecologische systeemanalyse***

De landschapsecologische systeemanalyse (LESA) bestaat al 30-40 jaar. In deze benadering wordt kennis uit verschillende disciplines als geologie, hydrologie, bodemkunde en vegetatiekunde gebruikt om te analyseren welke vegetaties op welke plek groeien en waarom.

Veel wetenschappers hebben geprobeerd zo'n analyse onder te brengen in numerieke modellen, maar het bleek lastig om hydrologisch onderzoek direct te koppelen aan de ecologische respons. Nu kunnen LESA's alleen nog gemaakt worden door wetenschappers die de oude literatuur kennen. De kennis dreigt te verdwijnen; er moeten snel nieuwe mensen worden opgeleid want bij het maken van een plan voor natuurdoeltypen is een LESA eigenlijk verplicht. De Ecologische Autoriteit heeft dus een probleem.

Het is belangrijk om vegetatiekarteringen en hydrologische monitoring (bijv. het veranderen van kwelstromen, de verandering van waterkwaliteit in die kwelstromen) weer op te pakken. Voorheen werd dat door het Rijk gewaarborgd maar sinds het natuurbeleid naar de provincies is gedecentraliseerd zijn de meeste provincies met de monitoring gestopt. Ook het droogvallen van beken in de droge jaren 2018 en 2019 wordt onvoldoende onderzocht.

#### ***De GGOR: Gewenst grond- en oppervlaktewaterregime***

De GGOR bekijkt het grondwatersysteem en het oppervlaktewater op landschapsschaal, om te zien hoe functies elkaar beïnvloeden.

De GGOR neemt natuurdoeltypen als uitgangspunt en stelt per vegetatietype vereisten vast voor het grondwater. Daarna wordt gekeken of die vereisten met het bestaande waterbeheer gehaald kunnen worden, en waar de knelpunten zitten.

In het begin werd gesproken over de gewenste grondwatersituatie maar later is het woord regime gekozen om het minder statisch te maken. Het grondwater gaat op en neer in de loop van het kalenderjaar; winters zijn natter en zomers droger. Ook zijn er natte en droge jaren. Dus je kunt niet een vast getal aangeven als doelstelling voor de grondwaterstand.

Zowel drinkwaterbedrijven als industrie gebruiken grondwater: brouwers, frisdranken. In droge jaren onttrekken zij juist meer, dus dat verergert de verdroging. De provinciale overheid wilde met de GGOR op zoek naar de onderhandelingsruimte met de onttrekkers van grondwater en de landbouw.

De hydrologische modellering voor GGOR is ondergebracht in de Waternood-software, die nog steeds wordt onderhouden.

**A.3 VRAAG 3: WELKE PRINCIPES LAGEN TEN GRONDSLAG AAN DEZE BENADERING?*****De lagenbenadering***

Er is ruimtelijke variatie in factoren die de geschiktheid voor bepaalde activiteiten bepalen. Die geschiktheid is belangrijk om mee te nemen in de besluitvorming wat je waar gaat doen. Als je het beleidsuitgangspunt hanteert: niet alles kan overal, dan heb je kaartmateriaal nodig om te bepalen wat waar kan. Dat zijn altijd meerdere kaarten, en zo kom je bij de lagenbenadering.

De principes zijn verder dat de lagen op verschillende tijdschalen spelen en dat je de verhouding tussen de lagen moet onderzoeken.

Het principe dat de ondergrond sturend is, is misschien een te romantische gedachte omdat er in Nederland meestal stevig wordt ingegrepen in het natuurlijke systeem.

*In deze reacties van respondenten is een verschil van mening merkbaar tussen de natuurwetenschappelijk georiënteerde benadering en de ruimtelijk ontwerp-benadering. De natuurwetenschappelijke benadering is technocratisch in de zin dat er met behulp van getalsmatige criteria grenzen getrokken worden wat waar wel of niet kan. De ruimtelijk ontwerper ziet in elke grens een uitdaging om er met behulp van een ontwerp toch te realiseren wat men er wil realiseren. Hierachter schuilt de vraag wie de macht heeft over wat er met de grond gebeurt: grondeigenaar, overheid, ontwerper en/of wetenschapper? Daarbij is het feit dat water in Nederland publiek bezit is en zich niet aan perceelsgrenzen houdt een complicerende factor.*

***De landschapsecologische systeemanalyse***

Een LESA brengt zowel de huidige situatie, de potentie voor een natuurdoeltype, als de (hydrologische) problemen in kaart. De kennis wordt van boven naar beneden gecombineerd en idealiter in een kwalitatief, niet te lang rapport beschreven zodat beleidsmakers er iets mee kunnen.

Hoe het niet moet is hoe de meeste wetenschappers dat doen: alle bouwstenen beschrijven zoals geologie en hydrologie, kwantitatief en kwalitatief, en een rapport maken van 100 pagina's of meer. Dan wordt er meestal niet een integratie gedaan: alle aspecten zijn belangrijk. Zo'n rapport is niet bruikbaar voor bijvoorbeeld de Ecologische autoriteit of mensen van de provincie.

In de terminologie van Geert van Wirdum heb je factoren die direct op de plantengroei inwerken:

- voedselrijkdom
- zuurgraad
- vochttoestand/ zuurstof in de bodem

en factoren die dit conditioneren:

- bodem
- landschap

Hiermee kun je plantengroei op verschillende schaalniveaus begrijpen. De LESA is vooral gericht op de positionele factoren, dus hoe past een systeem van bodem en vegetatie in het landschap? Hoe functioneert dat landschap om dat systeem van bodem en vegetatie in stand te houden?

***De GGOR: Gewenst grond- en oppervlaktewaterregime***

Voor een GGOR worden enkele stappen doorlopen:

1. Kijken wat de optimale grondwaterstand is voor drie functies: landbouw, bebouwing en natuur.
2. Kijken wat de actuele grondwaterstand is en het doelgat bepalen.
3. Het optimale kan vaak niet, dus dan ga je wegen, en dat wordt het gewenste grond- en oppervlaktewater regime.

Het grondwaterregime wordt gekarakteriseerd door drie parameters: GHG, GLG, GVG. Gemiddelde hoogste grondwaterstand, gemiddelde laagste grondwaterstand, gemiddelde voorjaars grondwaterstand. Voor de drie functies worden verschillende combinaties van parameters gebruikt:

- Voor bebouwing is de GHG, de hoogste grondwaterstand, het belangrijkste, die mag bv niet hoger dan 40cm onder maaiveld (meestal in de winter).
- Voor de landbouw wordt vooral gekeken naar de GHG en de GLG. De GHG voor natschade, en GLG voor droogteschade.
- Voor natuur wordt gekeken naar de GVG en de GLG. De GVG bepaalt hoe goed de start van het groeiseizoen is, de GLG bepaalt hoeveel droogtestress er is.

Voor natuur is er nog een derde factor en dat is de kwel. Schoon kwelwater reikt basische stoffen aan dus zorgt voor hogere pH's. Hoe groot die kwelflux moet zijn voor verschillende vegetatietypen is nog een kennishiaat; het is in de orde van 0,5-5 mm per dag. Door lokale kwel van naburige landbouwpercelen kunnen nutriënten meekomen waardoor het natuurgebied juist eutrofeert.

Voor de natuur wordt uitgegaan van de vegetatietypen zoals die voor 'De Vegetatie van Nederland' zijn onderscheiden. Natuurdoeltypen bestaan uit combinaties van vegetatietypen. De provincies leggen gewenste natuurdoeltypen vast op een kaart. Door het niveau van vegetatietypen te kiezen kan het Waterlood-systeem omgaan met natuurdoeltypen die in verschillende provincies net iets anders worden gedefinieerd. Voor sommige vegetatietypen kunnen de parameters bepaald worden op basis van metingen; voor andere zijn indicatiewaarden van de vochttoestand beschikbaar; en van sommige alleen schattingen door experts.

Het is een goede systematiek om in beeld te brengen wat verschillende functies nodig hebben. Maar de derde stap, hoe kom je tot het gewenste grondwaterregime, afweging van de belangen, is moeilijk, en daar zijn nog weinig voorbeelden van. Het grondgebruik is economisch gestuurd, waardoor eerst overal veehouderij en mais kwam. Nu is de bometeelt erg in opkomst, die in deze tijd van schaarse grond ook natte stukken opkoopt en dan het waterschap vraagt daar te ontwateren. Dat is voor de bometeelt dan de uitwerking van het woord 'gewenst'.

**A.4 VRAAG 4: WAT IS DEZE BENADERING VOOR IETS?*****De lagenbenadering***

Dit is vooral een concept, een manier van kijken. Het is wel losjes gebaseerd op wetenschappelijke inzichten uit de ecologie, hoe natuurlijke systemen zich gedragen, en theorie over netwerken zoals corridorontwikkeling en knooppontontwikkeling.

Als je er kaarten mee maakt is het ook een beleidsondersteunend instrument.

***De landschapsecologische systeemanalyse***

Het is vooral toegepaste wetenschap. Het is een interdisciplinaire studie die allerlei vakgebieden met elkaar verbindt en die de samenhang probeert te zien.

***De GGOR: Gewenst grond- en oppervlaktewaterregime***

GGOR is een politiek instrument dat zoveel mogelijk gebaseerd is op feitenkennis, waarmee is geprobeerd het verdrogingsprobleem op te lossen.

GGOR begon als een denkmodel om beleid te beïnvloeden, en collega's van ruimtelijke ordening te overtuigen dat de grondwatersituatie van belang is voor ruimtelijke plannen. Daarna is er een wetenschappelijke onderbouwing bijgekomen, waarin in eerste instantie vooral kwantitatief naar grondwater werd gekeken. Later zijn daar meer waterkwaliteitsaspecten bijgekomen (stikstof, fosfaat, medicijnresten, PFAS, etc.).

De eerste stappen volgen een duidelijke methodiek, en dat maakt het toepasbaar. De derde stap (hoe ga je afwegen?) ontbreekt. Economisch afwegen kan niet, omdat de natuur dan zou verdwijnen. Dus je moet de natuur leidend maken in de afweging en in de inrichting van het landschap. Natuur zet je op plekken waar het te nat is voor landbouw en van daaruit krijg je dan duidelijke zones waar het water omhoog moet. Daar kun je nog extensieve landbouw hebben, met bijvoorbeeld minder snedes gras. Daarmee wordt de stikstofproblematiek meteen ook opgelost.

Ook voor andere vormen van landgebruik zou je kunnen kijken hoe draagvlak te verbeteren is, bijvoorbeeld aan de hand van problemen met funderingen in bebouwd gebied.

*Voor het principe van de natuur leidend maken is een technisch uitgangspunt aan te dragen, namelijk dat dit al juridisch is afgesproken. Maar niet iedereen spreekt dit uitgangspunt zo duidelijk uit. Natuur is in het huidige politieke klimaat geen effectief argument waardoor mensen in actie komen. Daarom zeggen andere respondenten: de funderingen, de infrastructuur, en/of de landbouw hebben zelf ook last van onlogisch waterbeheer.*

**A.5 VRAAG 5: WIJ KIJKEN NU NAAR DRIE STROMINGEN, WAT VIND JE DAARVAN?**

De lagenbenadering is het bijeenbrengen van een heleboel kennis zonder duidelijke structuur. Voor lokale, specifieke problemen kun je er weinig mee. De lagenbenadering kan een beleidsmaker ook op het verkeerde been zetten doordat die het op de verkeerde geografische schaal gaat zien; een optimalisatie ter plekke. Maar een bovenstroomse oplossing kan wel 180 km verderop zijn, en de bruinkoolwinnings in Duitsland beïnvloeden het watersysteem in Nederland. Dus er zijn verbindingen aan de zijkanten die je in dat plaatje niet ziet.

Het rangordemodell is een hiërarchisch systeem om een ecosysteem in verschillende invloedssferen de classificeren: atmosfeer, lithosfeer, hydrosfeer. Voor een bepaalde tijdschaal is het een nuttig schema, om te begrijpen hoe een landschap in elkaar zit. Maar voor klimaatverandering en langetermijneffecten is het minder nuttig.

GGOR is ook soort (toepassing van) een lagenbenadering want je kijkt wat de optimale grond- en oppervlaktewatersituatie is voor netwerken en voor de occupatie. GGOR zou je meer voor de netwerken moeten gaan gebruiken, want alle buisleidingen van Rotterdam naar Duitsland zouden wel eens kunnen gaan verzakken door klimaatverandering. En idem voor funderingen.

## A.6 VRAAG 6: IS HET CONCEPT BRUIKBAAR VOOR DE ANALYSE VAN AFGELOPEN DROOGTEPERIODES?

### *De lagenbenadering*

In de tijd dat de lagenbenadering werd ontwikkeld, speelde droogte in Nederland als gevolg van klimaatverandering niet zo, alleen een teveel aan water. Dus zeespiegelstijging, hoogwater op de rivieren, neerslag en zoute kwel. Zoetwaterbeschikbaarheid speelde langs de kust.

Nu hanteert Rijkswaterstaat de lagenbenadering verkeerdt: met een rode lijn, het oppervlak van IJsselmeer en Markermeer moet hetzelfde blijven vanwege de zoetwatervoorraad. Dingen als de kustontwikkeling van Almere en Lelystad, en uitbreiding van de Markerwadden, worden daarvoor gestopt. Maar de lagenbenadering is bedoeld om je bewust te worden van de ondergrond, en vervolgens kun je aan de opgaven gaan ontwerpen.

De oplossingen voor hitte en droogte in de stad zitten meer in de occupatielaag, het toevoegen van bomen en meer groen.

*Bovenstaand citaat is een voorbeeld van de eerder genoemde ontwerpmentaliteit, waarbij de ontwerper zich niet de wet wil laten voorschrijven door een overheid.*

GIS kan helpen bij het onderzoeken van droogte, door de ruimtelijke variabiliteit te laten zien, en dan heb je dus al een 'lagenbenadering'. De relevante lagen zijn vooral de ondergrond en de occupatielaag. GIS-kaarten kunnen statisch zijn met landgebruik, bodem en grondwatertrappen, maar kunnen ook stroming van grondwater weergeven met aan GIS gekoppelde hydrologische modellen.

### *De landschapsecologische systeemanalyse*

Hoe verdroging werkt is allang bekend, er zijn wel 50 rapporten over en het is allemaal op internet beschikbaar. Om het toepasbaar te maken op het juiste schaalniveau in regio's, moet je LESA's maken. Kwantitatieve effecten moeten daarbij geïntegreerd worden met kwalitatieve effecten op de vegetatie in natte systemen en beekdalsystemen. Je kijkt naar het verleden, wat er is gebeurd, hoe het systeem heeft gereageerd, en wat je moet doen om het bij te sturen.

De Ecologische Autoriteit beveelt sterk aan om voor natuurdoelanalyse van Natura2000-gebieden een LESA te maken. Uit die analyse komt vaak dat gebieden verdroogd zijn. Op sommige plekken, waar voldoende peilbuizen en meetgegevens zijn, kun je met statistische technieken direct aantonen dat de grondwaterstand omlaag is gegaan en de kwel is afgenomen. Waar die gegevens niet zijn, kun je via de LESA aantonen dat de vegetatie verruigd is of dat kwelminnende soorten zijn afgenomen.

### *De GGOR: Gewenst grond- en oppervlaktewaterregime*

De GGOR is de basis om te werken aan klimaatadaptatie. Door klimaatverandering hebben we meer extremen. Om het systeem robuuster te maken tegen droogte moet je een indeling in drie gebieden maken: gebieden die van nature natter zijn nat maken, de overgangszones ook natter maken met extensieve landbouw, en de gebieden hogerop optimaal voor de landbouw, maar ook daar met een hogere grondwaterstand dan er nu is. Dan heb je meteen ook bodem en water sturend. Rondom de Peel zijn ze daar met elkaar uitgekomen. Als je dit niet doet kun je de natuurdoelen nooit halen en blijf je tegen de natuur vechten.

*Dit is een voorbeeld van kiezen voor natuur als hoofd-uitgangspunt. Misschien dat andere respondenten het ook vinden maar ze spreken het nu niet duidelijk uit.*

Je moet de waterkwaliteitscomponent beter meenemen en verbreden naar andere functies, zoals het beschermen van funderingen. Daarmee wordt het draagvlak ook groter.

Een probleem met de huidige methode van de GGOR is dat deze werkt met langjarige gemiddelden die zijn gebaseerd op het klimaat uit het verleden. Met de huidige klimaatverandering is de dynamiek erg toegenomen en het is de vraag of die langjarige gemiddelden nog bruikbaar zijn. Voor de GVG, de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand, is al wel een oplossing gevonden. De GVG gaat er van uit dat de hoogste grondwaterstand in maart-april is, aan het begin van het groeiseizoen, maar in het huidige klimaat hoeft dat niet meer zo te zijn. Hoog grondwater in het groeiseizoen heeft vooral een effect door de zuurstofstress van de wortels; als het water hoog staat komen er planten die daar tegen kunnen zoals riet en Zegges, die luchtweefsels hebben om zuurstof naar de wortels te brengen. Andere planten hebben het daar moeilijk. Door in plaats van de GVG de zuurstofstress zelf als factor in het model op te nemen, is dat probleem opgelost. Deze modellering is al ontwikkeld maar zit nog niet in Waterlood.

Een tweede probleem zijn de vegetatietypen van Nederland die ook gebaseerd zijn op het verleden. Uiteindelijk zijn het allemaal losse plantensoorten die op het nieuwe klimaat gaan reageren. Misschien gaan zich nieuwe associaties ontwikkelen van planten die vaak samen voorkomen.

#### **A.7 VRAAG 7: WELKE SPECIFIEKE KENNIS IS NOG BRUIKBAAR?**

##### ***De lagenbenadering***

Voor de kennis over de ondergrond is nog bruikbaar, zoals over zoetwatervoorraden en de kwelbewegingen. Met GIS kun je in kaart brengen waar water infiltreert en waar het exfiltreert. Als je meer water wilt vasthouden zullen exfiltratiegebieden natter worden. De waterconsumptie is bepaald door het landgebruik en ook dat kun je met GIS in kaart brengen.

De sponswerking van het landschap is nog onvoldoende helder. Het is een verzameling van processen die met elkaar interacteren in de ruimte en dat zou beter in beeld moeten worden gebracht. Als je maatregelen wilt die zowel tegen droogte als tegen wateroverlast werken moet je op een grotere schaal in ruimtelijke samenhang maatregelen nemen. Dan kom je met heel veel stakeholders in aanraking zoals waterschap en boeren die naar andere wetten en ministeries luisteren. Ook het schaalniveau is een probleem, de Noordoostpolder trekt de zandgronden van Overijssel leeg, maar dat is een te groot gebied voor een gebiedsproces. Wat toen minder speelde en nu wel, is zuiniger omgaan met drinkwater en industrie-water. Ook hergebruik van rioolwater en opvangen van regenwater kunnen verder worden ontwikkeld.

##### ***De landschapsecologische systeemanalyse***

LESA's worden nu nog gemaakt als onderdeel van rapporten voor nieuwe nationale parken. Daar zit vaak een korte LESA bij van een pagina of 10, met veel tekeningen en schetsen hoe het vroeger was, hoe het in de recentelijke 10 jaar geworden is en wat daaraan zou moeten verbeteren. Je wilt met de LESA een beeld schetsen welke kant het gebied op moet.



Een goede LESA maakt gebruik van alle beschikbare kennis die er is: de bodemkaart, het Actueel Hoogtebestand Nederland, de kennis van de ligging van waterlopen, de plantengroei die vaak heel veel indiceert over de hydrologie. Daarnaast is het nuttig als in de LESA de resultaten van grondwatermodellering zitten, zodat de landschapskenmerken ondersteund worden met een kwantitatief hydrologische analyse. Dan moet je zo'n grondwatermodel niet alleen gebruiken om te kijken hoe de grondwaterstand is, maar ook waar het water vandaan komt, de stroombaananalyse. De stroombanen vertellen immers of het water door bijvoorbeeld een kalkrijk pakket stroomt, of dat er misschien een hoop mest aan zit te komen, of als je veel sulfaat in je grondwater vindt, dan kun je daar een verklaring voor geven met zo'n stroombaananalyse.

Sommige landschapsecologen hebben de neiging om ongelooflijk uitputtend te rapporteren, door helemaal per peilbuis te beschrijven wat je allemaal ziet aan grondwaterstandverloop. Het is de kunst om de essentie in een, twee pagina 's samen te vatten.

Er is geen gebrek aan kennis maar wel een gebrek aan inspanning en een gebrek aan integratie. De natuur is gedecentraliseerd naar lagere overheden en provincies zijn niet geïnteresseerd in meer kennis maar willen een *quick fix*. Het is niet zo ingewikkeld, doe gewoon dit:

- Praat met mensen van andere vakgebieden en andere schaalniveaus.
- Integreer de kennis op landschapsschaal: wat weet ik er allemaal over?
- Schrijf een beknopte LESA waar ook maatregelen uit voortkomen.
- En voer die maatregelen dan ook een keer uit.

Water en Bodem Sturend zegt: niet alles kan overal. Dus probeer op de natste gronden geen aardappels te telen, want dan moet je ontwateren, en probeer op de armste droogste zandgronden geen Engels raaigras te telen, want dan moet je voortdurend beregenen. Vanwege klimaatverandering is dat niet meer haalbaar dus geef de natste en droogste gronden op en richt je als landbouw op de middenmoot. Dan is er meteen winst te behalen voor biodiversiteit.

*Dit is een voorbeeld waarbij Water en Bodem Sturend en het landbouwbelang worden gebruikt als argumenten om iemand anders te vertellen wat er met diens grond moet gebeuren.*

#### **De GGOR: Gewenst grond- en oppervlaktewaterregime**

De Waterlood modellen worden gewoon nog gebruikt, via de Waterwijzer landbouw en de Waterwijzer Natuur, om het actuele en het optimale grond- en oppervlaktewaterregime in beeld te brengen voor herstel van natte natuur. Op dit moment speelt dat bijvoorbeeld in Brabant bij de Dommelbeemden, in Twente voor Buurserzand, en in Friesland voor de Mieden.

Er wordt nu veel gedaan om bovenstrooms meer water vast te houden: met stuwen, met hermeanderen. Via participatie in gebiedsprocessen worden besluiten genomen. Maar door klimaatverandering blijken nu de berekeningen niet te kloppen. Water vasthouden slaat om in wateroverlast, en de frequentie van de overstromingen komt niet meer overeen met de afspraken die gemaakt zijn in het gebied. Dus de rekenmodellen moeten in de maatgevende neerslag en de maatgevende afvoer beter de klimaatscenario's van KNMI en IPCC meenemen.

De Waternood-software wordt nog steeds bijgehouden en is via internet te downloaden. Iemand bij WENR heeft de software onder beheer. Deze persoon werkt nog wel bij WENR, maar is met pensioen, dus dat is kwetsbaar. In 2015 is de laatste update geweest. Waternood is als installatiepakket beschikbaar via <https://www.synbiosys.alterra.nl/waternood>.

Voor de korte termijn is een goede aanpassing in Waternood om niet meer te werken met gemiddelde grondwaterstanden maar zoveel mogelijk een directe relatie te leggen met factoren die er onder liggen en die bepalend zijn, en dat is niet de grondwaterstand maar de zuurstofbeschikbaarheid en vochtbeschikbaarheid.

Voor de lange termijn zou gekeken moeten worden of de vegetatietypen nog geldig zijn, of dat daar ook iets aan moet veranderen. De veranderde dynamiek als gevolg van klimaatverandering blijft een lastige vraag om te beantwoorden, zeker omdat lange meetreeksen nodig zijn om daar een goed beeld van te krijgen. Of je moet vergelijkbare klimaten zoeken met diezelfde dynamiek. Het idee was eerst dat Nederland het klimaat van Midden-Frankrijk zou krijgen, maar inmiddels is de verwachting dat we in Midden-Spanje terechtkomen qua klimaat.

#### **A.8 VRAAG 8: HEB JE HET IDEE DAT BEPAALDE KENNIS BUITEN BEELD IS GERAAKT?**

##### ***De lagenbenadering***

De lagenbenadering wordt nog steeds gebruikt, soms expliciet met die benaming, soms ook onder andere benamingen zoals de drie ‘bewegingen’ in de contourennotitie voor de Nota Ruimte (NB zie tekstbox met de tekst uit deze contourennotitie). Dit moet wel beter geoperationaliseerd worden. Daar zijn al stappen in gemaakt met “Op Waterbasis” en met de Kamerbrief “Water en Bodem Sturend”. De Provincie Noord-Brabant heeft bij hun Omgevingsvisie een geschiktheidskaart gemaakt. Maar op andere plekken in Nederland worden nog steeds grote woningbouwprojecten gepland omdat projectontwikkelaars daar grondbezit hebben, terwijl het snel inklinkende gronden zijn en er geen openbaar vervoer gepland is. Voorbeelden zijn Rijnenburg bij Utrecht en Oosterwold bij Almere.

Kennis gaat niet zozeer verloren, maar komt vertraagd bij beleid terecht waarbij oude inzichten nog lang standhouden en nuances verloren gaan. Zo kun je water vasthouden beter bevorderen door bovenstrooms stuwen te plaatsen in de haarvaten en te hermeanderen, dan door de beekdalen te vernatten (beekdalen moeten overigens wel extensief beheerd worden vanwege de waterkwaliteit). Het is bij velen nog niet bekend dat organische stof boven 3% geen watervasthoudend vermogen meer toevoegt (nog meer organische stof is wel beter voor de bodembiodiversiteit).

Bij rivieren is de visie van civieltechnische ingenieurs nog dominant en wordt te weinig kennis gebruikt over rivieren als holistisch systeem.

**CITAAT UIT DE CONTOURENNOTITIE NOTA RUIMTE 2023**

“De belangrijkste keuzes in drie bewegingen:

- I Naar een toekomstbestendig evenwicht tussen landbouw en natuur in heel Nederland, op basis van herstel van het water- en bodemsysteem, landschappelijke kwaliteit, en een nieuw perspectief voor de landbouw;
- II Naar een klimaatneutrale en circulaire samenleving, zodat we toekomstbestendige transitie inzetten ten aanzien van energie, grondstoffen en duurzaam vervoer, in combinatie met een hoogwaardige en circulaire economie;
- III Naar sterke regio's, steden en dorpen in heel Nederland, waar een goede balans tussen wonen, werken en voorzieningen samengaat met duurzame mobiliteit en een gezonde, natuurinclusieve en aantrekkelijke leefomgeving.

In de drie bewegingen brengen we de sterkst op elkaar betrokken sectorale onderwerpen met elkaar in verbinding en maken we voor heel Nederland de nationale keuzes in samenhang. We laten telkens zien hoe water en bodem van invloed zijn op de keuzes die we maken en hoe de verschillende lagen van het ruimtelijke systeem op elkaar inwerken. De drie bewegingen gelden naast elkaar maar ook in samenhang met elkaar. We laten dus ook de kansen en knelpunten tussen de drie bewegingen zien, en wat voor keuzes daarvoor nodig zijn. Dan gaat het bijvoorbeeld om de impact van de netwerken voor energie en circulaire economie uit beweging twee op de gezondheid en leefbaarheid in de regio's uit beweging drie. Ook zijn er bijvoorbeeld kansen om het natuurnetwerk uit beweging één te verbinden met de groenblauwe netwerken in en om de stad uit beweging drie.”

***De landschapsecologische systeemanalyse***

LESA's worden nog steeds gemaakt bij natuurdoelanalyses. Er zijn wel steeds minder mensen die het vak beheersen. Er is minder media-aandacht voor verdrogingsonderzoek dan vroeger, minder vraag naar deze kennis en er is minder geld voor. Dan gaan studenten misschien ook minder snel deze richting kiezen.

Doordat de landelijke overheid in 2013 via het Natuurpact het natuurbeleid heeft gedecentraliseerd naar de provincies is samenhangende monitoring verloren gegaan. Elk gebied doet het nu naar eigen inzicht en in sommige gebieden gebeurt geen monitoring meer. Waterschappen houden niet goed bij waar beregeningsputten voor de landbouw zitten. Er zijn zelfs mensen bij waterschappen die klimaatverandering ontkennen, water zo snel mogelijk naar zee willen afvoeren en het landbouwbelang laten prevaleren. Sommige provincies die het niet belangrijk vinden laten hun ambtenaren een snelle natuurdoelanalyse doen zonder LESA.

*Frustratie is bij de respondenten een gemene deler maar de reactie daarop kan verschillen: van toch nog blijven wijzen op kansen via het helemaal opgeven / berusten dat het niks meer wordt tot boosheid en negatieve oordelen.*

***De GGOR: Gewenst grond- en oppervlaktewaterregime***

De GGOR systematiek en Waterlood zijn nog steeds beschikbaar. Het wordt door de WUR bijgehouden en kan daar gedownload worden. In Brabant wordt het nog steeds gebruikt, in Zeeland niet, in Limburg en Overijssel toont men weer interesse. Het is de afgelopen 15 jaar wat buiten beeld geraakt. Door de droogtes komt het nu weer hoger op de agenda.

Mogelijke redenen voor het buiten beeld raken:

- In de derde en vierde Nota Waterhuishouding stond het gewenste grondwaterregime nog met een overzicht hoeveel procent verdroogde natuur was hersteld. De doelen werden keer op keer niet gehaald en toen is men mogelijk gedemotiveerd geraakt.
- Er kwam in 2010 een regering aan de macht die er minder aandacht voor had en een staatssecretaris die de ontwikkeling van de ecologische hoofdstructuur heeft stopgezet.

Wat zou helpen is als provincies en waterschappen de hydrologische randvoorwaarden per gebied gingen aangeven: dit grondwaterregime is wat wij op deze plek nastreven, en dit gebruik van mest en bestrijdingsmiddelen is hier toegestaan. Dan hoeft je boeren niet te vertellen wat ze wel en niet mogen verbouwen, maar weten ze waar ze aan toe zijn.

*Dit is een voorbeeld van een meer technocratische oplossing, waarbij de overheid op basis van feiten over water en bodem vertelt wat op de grond van iemand anders wel of niet mag.*

STOWA en de Unie van Waterschappen zouden het gebruik van GGOR voor ondergrondse infrastructuur, zoals effecten op buisleidingen en funderingen, moeten oppakken.

*Dit is een voorbeeld van een wending van het natuurbelang naar thema's die hopelijk vandaag de dag wel aanslaan.*

#### **A.9 VRAAG 9 LITERATUURTIPS**

Bosscher, Frans, 2023. Flip Witte over droogte: 'Ga eindelijk eens wat doen!' <https://www.natuurmonumenten.nl/nieuws/flip-witte-over-droogte-ga-eindelijk-eens-wat-doen>

Both, J.C., G. van Wirdum, 1981. Waterhuishouding, bodem en vegetatie van enkele Gelderse natuurgebieden. Provincie Gelderland, Arnhem

De Bruin, Dick, Dick Hamhuis, Lodewijk van Nieuwenhuijze, Willem Overmars, Dirk Sijmons, Frans Vera, 1987. Ooievaar, de toekomst van het rivierengebied. ISBN 90-72010-01-9 Stichting Gelderse Milieufederatie, Arnhem.

De Haan, M., J. Runhaar & Cirkel, D.G.C., 2011. Waterlood Kansrijkdommodule. Pilotstudie in Noord-Nederland en toepassing voor vervaardiging waterkansenkaarten voor natuur. Rapport 2011-17. STOWA, Amersfoort

De Hoog M., Sijmons D., Verschuuren S., 1998. Herontwerp van het Laagland. In: Frieling D.H., Metropolitane debat, Bussum, Thoth

De Molenaar, J.G., 1980. Bemesting, waterhuishouding en intensivering in de landbouw en het natuurlijk milieu. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum

Dewachter, M.M.F., 2023. Toekomstperspectief voor en vooral door de landbouw in de Oostflank? Opiniëartikel n.a.v. krantenartikelen, inspraakreacties en gemeenteraadsbehandeling van "Koersdocument Oost-Flank"

Dewachter, M.M.F., J. Feringa en P.W. Veel, 1991. Grondwaterbeleid in beweging: actief, strategisch of gericht op een duurzame ontwikkeling. IPO-publicatie, ISBN 9-0-5476-010-9

Gemeente Tilburg en Gemeente Oisterwijk, mei 2024. Koersdocument Oostflank. Samen maken we de ruimte! Een integraal toekomstperspectief voor de dorpen en landschappen van de Oostflank. Strootman Landschapsarchitecten, Urhahn Stedenbouw & Strategie, Gemeente Tilburg, Gemeente Oisterwijk

Grootjans, A. P., 1985. Changes of groundwater regime in wet meadows. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen, <https://research.rug.nl/en/publications/changes-of-groundwater-regime-in-wet-meadows>

Grootjans, Ab, Rudy van Diggelen, Piet Schipper, Sandra Schunselaar. 2021. Systeemanalyse Elperstroom. met deelgebieden Stroetma, Oosterma, Dippersma, Reitma, Grevema en Doorgangen. Onderzoeksgroep Ecosysteembeheer ECOBE 020-R167 Rapport Stichting ERA / Stichting WBBS / Universiteit Antwerpen / Staatsbosbeheer/SWECO

Grootjans, Ab en Piet Schipper (zonder datum). LESA Reestdal zonder menselijke ingrepen in geohydrologie. Powerpoint presentatie, RUG en SBB

Grootjans, Ab en Piet Schipper, 2023. LESA Wieden-Weerribben. Word document Stichting ERA en SBB

Hennekens, Stephan: de door Stephan Hennekens geprogrammeerde Waterlood-applicatie is te downloaden vanaf <http://www.synbiosys.alterra.nl/waterlood>

Hillen, R., F.G. Aelmans en J.M.J. Gieske, 1991. Geohydrologische atlas IJsselmeergebied. ISBN 903690451 X 538288, Rijkswaterstaat DBW/ RIZA, Lelystad

Jansen, P.C. en J. Runhaar, 2000. Afwegingen bij het vaststellen van het optimale grondwaterregime voor natuurgebieden. Stromingen 6: 22-32

Jansen, P.C. en J. Runhaar, 2001. Droogtestress als functie van grondwaterstand en bodemtype, Rapport 367, Alterra, Wageningen

Jansen, P.C en J. Runhaar, 2002. Droogtestress als ecologische maat voor de vochttoestand. Stromingen 8: 31-39

Jansen, P.C., J. Runhaar, J.P.M. Witte & J.C. van Dam, 2000. Vochtindicatie van grasvegetaties in relatie tot de vochttoestand van de bodem. Alterra-rapport 57. Alterra, Wageningen

McHarg, Ian L., 1969. Design with Nature. Doubleday/Natural History Press, New York, NY.(25th Anniversary Edition, ISBN: 978-0-471-11460-4, February 1995, Wiley publishers)

Runhaar, J., 2010. Invloed grondwaterstanden op standplaatscondities en vegetatie. Rapport BTO 2010.043s. KWR, Nieuwegein

Runhaar, J. en S.M. Hennekens, 2015. 'Hydrologische Randvoorwaarden Natuur' Versie 3. Gebruikershandleiding. Rapport 2015-22. STOWA, Amersfoort

Runhaar, J., Jalink, M.H. & R.P. Bartholomeus, 2011. Invloed van grondwaterstanden op standplaatscondities en vegetatie. De Levende Natuur 112-4: 138-142

Runhaar, J., M.H. Jalink en M. Fellingner, 2009. De ecologische eisen van Natura 2000. Vakblad Natuur, Bos, Landschap 6-4, pp 12-13

Schipper, Piet, Jan Bakker, Henk Everts, Niels Grootjans, Ineke Noordhoff, Ab Grootjans, 2024. Oud water in de nieuwe tijd. Schoon grondwater is van levensbelang. ISBN: 978 94 6471 179 0, [www.noordboek.nl](http://www.noordboek.nl)

Timmermans, W., J.F. Jonkhof, Sybrand Tjallingii, 2002. Strategie van de twee netwerken. Hoofdstuk Pp 185-198 in: R.E. Roggema, I. Absil-van de Kieft, H. Hofstra, C.W. Jansen, M.O. Janssen, W. Timmermans, E.J. Vuyk (eds), 2002/2003. Handboek ruimtelijke ordening en milieu. ISBN 9789014088259, Kluwer, Alphen aan den Rijn

Van den Eertwegh, Gé, Perry de Louw, Jan-Philip Witte, Marjolein van Huijgevoort, Ruud Bartholomeus, Dion van Deijl, Jos van Dam, Joachim Hunink, Ilja America, Janneke Pouwels, Peter Hoefsloot en Janine de Wit. 2021. Eindrapport project 'Droogte Zandgronden Nederland' (Fase 3): Droogte in zandgebieden van Zuid-, Midden- en Oost-Nederland: het verhaal - analyse van droogte 2018 en 2019 en bevindingen. Projectteam Droogte Zandgronden Nederland, project 'Droogte Zandgronden Nederland' (Fase 3), mede uitgevoerd in het kader van het Deltaprogramma Zoetwater. [https://droogteportaal.nl/rapporten/Droogte\\_zandgronden\\_fase\\_3.pdf](https://droogteportaal.nl/rapporten/Droogte_zandgronden_fase_3.pdf)

Van Walsum, P.E.V., P.F.M. Verdonschot, J. Runhaar, 2002. Effects of climate and land-use change on lowland stream ecosystems. Alterra-rapport 523, Alterra, Wageningen

Van Wirdum, G., 1991. Vegetation and hydrology of floating rich-fens. PhD thesis, University of Amsterdam, Amsterdam. [https://www.ecologischeautoriteit.nl/project-documenten/013386\\_5066\\_Van\\_Wirdum\\_-1990-.\\_Thesis\\_-doctoral\\_-Universiteit\\_van\\_Amsterdam-.\\_Vegetation\\_and\\_hydrology\\_of\\_floating\\_rich-fens-\\_.pdf](https://www.ecologischeautoriteit.nl/project-documenten/013386_5066_Van_Wirdum_-1990-._Thesis_-doctoral_-Universiteit_van_Amsterdam-._Vegetation_and_hydrology_of_floating_rich-fens-_.pdf)

Witte, J.P.M. en J. Runhaar, 2000. Planten als indicatoren voor water. Stromingen 6: 5-21

Witte, J.P.M., J. Runhaar en R. van Ek, 2009. Ecohydrologische effecten van klimaatverandering op de vegetatie van Nederland. Rapport 2009.032, KWR, Nieuwegein

Witte, J.P.M., R. van Ek, J. Runhaar en G.A.P.H. van den Eertwegh. 2020. Verdroging van de Nederlandse natuur: bijna een halve eeuw goed onderzoek en falende politiek. In: Stromingen 2020 (26), nr 2 pp 65-79

Witte, Jan-Philip, Perry de Louw, Remco van Ek, Ruud Bartholomeus, Gé van den Eertwegh, Herman Kasper Gilissen, Marleen van Rijswijk, Guus Beugelink, Rob Ruijtenberg, Wolter van der Kooij, 2020. Aanpak droogte vraagt transitie waterbeheer. In: Water Governance, 03/2020, pp 120-131