



# Ontwerpen van teeltsystemen in de open teelten aan de hand van de RIO-methodiek

Auteurs | Martine Trip, Marie Wesselink & Janjo de Haan

Rapport WPR-OT 1048

---

# Ontwerpen van teeltsystemen in de open teelten aan de hand van de RIO-methodiek

Auteurs: Martine Trip, Marie Wesselink & Janjo de Haan

Wageningen University & Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Open Teelten, in het kader van de PPS Beter Bodembeheer, integraal en naar de praktijk (projectnummer TKI-LWV20.042/BO-56-001-061).

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, oktober 2023

---

Rapport WPR-OT-1048

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/640871>

Het ontwerpen van toekomstige landbouwsystemen is van oudsher een expertise van WUR Open Teelten, o.a. door de prototypingsmethodiek. Dit rapport is gericht op het bieden van een leidraad om ontwerpen van systemen in de open teelten te ondersteunen. De methode die hiervoor voorgesteld wordt is Reflexief Interactief Ontwerpen (RIO). Een aantal systeemontwerpen van WUR Open Teelten zijn tegen deze ontwerpmethodiek gehouden om te kijken in hoeverre de methodiek al aansluit en welke belangrijke lessen we mee moeten nemen. In de RIO-methodiek worden drie hoofdstappen gehanteerd: denken – ontwerpen – doen. Met dit rapport willen we de RIO-methodiek voorstellen als uniforme ontwerpmethodiek voor het ontwerpen van systemen in de open teelten. Hiervoor is het van belang om bekendheid te geven aan de methodiek en de toepassingsmogelijkheden door o.a. lunchlezingen, informatiebijeenkomsten en trainingen.

Trefwoorden: Reflexief Interactief Ontwerpen (RIO), open teelten, systemen, systeemprouwen, prototypering.

© 2023 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Edelhertweg 1, 8219PH Lelystad; [www.wur.nl/plant-research](http://www.wur.nl/plant-research)

KvK: 09098104 te Arnhem  
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-OT 1048

Foto omslag: foto gemaakt door Martine Trip met tekst vertaald vanuit Bos et al., 2009

---

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>Woord vooraf</b>	<b>7</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>8</b>
1.1 Aanleiding	8
1.2 Doel en inhoud van het rapport	9
1.3 Selectie casestudies	10
<b>2 Reflexief Interactief Ontwerpen</b>	<b>11</b>
2.1 Introductie	11
2.2 Hoofdstap 1: Systeem en actoranalyse	12
A. Probleemdefinitie en kernuitdagingen	12
B. Systeemanalyse	12
C. Toekomstvisies	12
D. Sleutelactoren en hun behoeften	12
E. Programma's van Eisen per actor	13
2.3 Hoofdstap 2: Methodisch ontwerpen	13
F. Sleutelfuncties	13
G. Morfologisch diagram	14
H. Oplossingen voor functies	14
I. Ontwerpconcepten van nieuwe systemen	15
J. Gedetailleerde ontwerpen	15
2.4 Hoofdstap 3: Anticiperen op nichevorming en structurele verandering	15
K. Netwerk en eigenaarschap	15
L. Identificatie van mogelijk institutionele belemmeringen	16
M. Voorstellen en interventies voor veranderingen	16
N. Pilots op nicheniveau	16
<b>3 Casestudies</b>	<b>17</b>
3.1 Casestudie Bodemkwaliteit op Zand	17
3.2 Casestudie Boerderij van de Toekomst Zuidoost	19
3.3 Casestudie BASIS	21
3.4 Casestudie BO Groen	23
<b>4 Discussie, conclusies en aanbevelingen</b>	<b>25</b>
4.1 Noodzaak van systeemonderzoek	25
4.2 Evaluatie van casestudies met de RIO-methodiek	25
4.2.1 Hoofdstap 1: Systeem- en actoranalyse	25
4.2.2 Hoofdstap 2: Methodisch ontwerpen	26
4.2.3 Hoofdstap 3: Anticiperen op nichevorming en structurele verandering	27
4.2.4 Toepassing van de RIO-methodiek in systeemonderzoek open teelten	28
4.3 Verder werken aan verbeteren systeemontwerpen in de open teelten	28
4.4 Conclusies en aanbevelingen	29
<b>5 Literatuur</b>	<b>31</b>
<b>Bijlage 1 Resultaten uit Bodemkwaliteit op Zand</b>	<b>34</b>
<b>Bijlage 2 Resultaten uit BASIS</b>	<b>36</b>

---

---

# Samenvatting

Het ontwerpen van toekomstige landbouwsystemen is van oudsher een expertise van WUR Open Teelten en toegepast in de bodemsysteemproeven van de PPS Beter Bodembeheer. Vele landbouwsystemen zijn ontworpen in de afgelopen decennia, waarbij mate van integraliteit uiteenliep. Een integrale aanpak bij het ontwerpen van landbouwsystemen is meer dan ooit van belang vanwege de complexiteit van de huidige uitdagingen in de landbouw. Afgelopen jaren kwam steeds meer vraag naar een uniforme methode voor het ontwerpen van landbouwsystemen. Dit rapport is gericht op het bieden van een leidraad om ontwerpen van systemen in de open teelten te ondersteunen. De methode die hiervoor voorgesteld wordt is Reflexief Interactief Ontwerpen (RIO).

In dit rapport zijn een aantal systeemontwerpen van WUR Open Teelten tegen deze ontwerpmethodiek gehouden om te kijken in hoeverre de methodiek al aansluit en welke belangrijke lessen we mee moeten nemen. In de RIO-methodiek worden drie hoofdstappen gehanteerd: denken – ontwerpen – doen. De stappen worden in de casestudies niet sec in die volgorde behandeld, maar er kan ook wisselwerking tussen de stappen zijn waardoor ze opnieuw kunnen worden uitgevoerd op grond van inzichten uit latere stappen.

Uit de evaluatie van de casestudies kwamen een aantal belangrijke zaken aan de orde.

- In de eerste stap gaat naast een analyse van de huidige problemen en uitdagingen speciale aandacht naar stakeholdermanagement. Welke stakeholders er betrokken worden en hoe ze betrokken worden kan veel uitmaken voor het ontwerpproces en de uiteindelijke implementatie en draagvlak van het systeem in de omgeving.
- In de tweede stap, waar een ontwerp gemaakt wordt aan de hand van alle geleverde input uit de eerste stap, is het vooral belangrijk om breed uit te vragen, verder te kijken dan ons eigen werkveld en niet te snel iets aan te willen leggen. Daarnaast is het van belang om de RIO-methodiek te combineren met de prototyperingsmethodiek om het vaststellen van doelen, indicatoren en streefwaarden en het testen en verbeteren als waardevolle stappen mee te nemen in de RIO-methodiek.
- In de derde stap kwam naar boven dat een regio specifieke benadering kan helpen om enerzijds de lokale uitdagingen aan te gaan, maar ook om integraliteit te kunnen bewerkstelligen. Daarnaast is in deze stap communicatie een cruciaal onderdeel om daadwerkelijke systeemveranderingen teweeg te brengen.

Met dit rapport willen we de RIO-methodiek voorstellen als uniforme ontwerpmethodiek voor het ontwerpen van systemen in de open teelten. Hiervoor is het van belang om enerzijds bekendheid te geven aan de methodiek en de toepassingsmogelijkheden door o.a. lunchlezingen, informatiebijeenkomsten en trainingen en anderzijds de methodiek te gaan toepassen en daarbij ook verder door te ontwikkelen zodat deze beter het ontwerpen van teelt- en bedrijfssystemen in de open teelten kan faciliteren.



---

# Woord vooraf

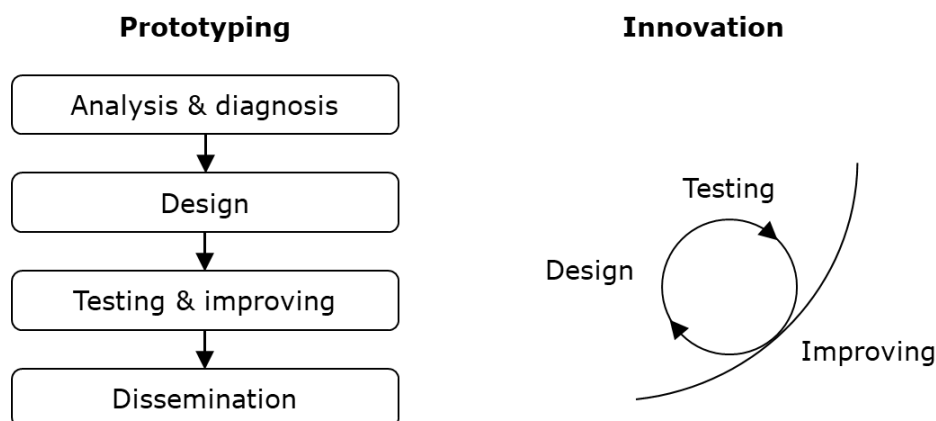
Het bedrijfssystemen onderzoek is binnen WUR-OT een specialiteit, hier wordt al sinds de jaren '70 onderzoek in gedaan. Integraliteit staat hierbij in het middelpunt. Integraliteit komt ook terug in de PPS Beter Bodem Beheer, waar verschillende (bodem) systeem proeven onder voortgezet zijn de afgelopen jaren. Al vaker wordt geroepen dat er een algemene methode ontwikkeld zou moeten worden voor het ontwikkelen van systemen en systeemprouven bij WUR-OT en bij voorkeur breder. Dit leidde tot een sessie waarbij een voorstel is gedaan voor een algemene ontwerpmethodiek, waarbij Wijnand Sukkel, Pieter de Wolf, Janjo de Haan, Marie Wesselink, Arni Jansen en Marleen Riemens nauw betrokken zijn geweest. Op de valreep voor het aflopen van de PPS Beter Bodem Beheer zijn geleerde lessen samengebracht en hebben we een rapport opgeleverd waarin het advies luidt om systeemprouven voortaan volgens de Reflexief Interactief Ontwerpen methode te ontwerpen. De geëvalueerde casestudies in dit rapport zijn te danken aan verschillende gesprekken, waarbij grote dank voor het meedenken uitgaat naar Janjo de Haan en Marie Wesselink (Bodemkwaliteit op Zand), Pieter de Wolf (Boerderij van de Toekomst Zuidoost), Derk van Balen en Maria-Franca Dekkers (BASIS) en Hilfred Huiting en Marleen Riemens (BO Groen).



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Het ontwerp van toekomstige landbouwsystemen is van oudsher een expertise van WUR Open Teelten, ontwikkeld met het bedrijfssystemenonderzoek vanaf eind jaren '70 van de vorige eeuw. De eerste beschrijvingen van de methodologie van het bedrijfssystemenonderzoek met de zogenaamde prototypingsmethodiek gebeurde in de jaren '90 (Vereijken, 1997; Vereijken, 1999). Met het Vegineco-project gericht op groentesystemen in Europa is de methodiek verder uitgewerkt in een zestal rapporten (Sukkel & Garcia Diaz, 2002a; Sukkel & Garcia Diaz, 2002b; de Haan & Garcia Diaz, 2002a; de Haan, 2002; de Haan & Garcia Diaz, 2002a; Hopster & de Visser, 2002). De methodiek van het bedrijfssysteemonderzoek was gericht op de technische kant van innovatie: het analyseren van de situatie, het vaststellen van doelen en indicatoren, het ontwerpen van nieuwe systemen en het testen en verbeteren van de ontworpen systemen in experimenten of in de praktijk en de verspreiding van kennis (Figuur 1). In een cyclus van een aantal jaar werd in experimenten of met praktijkbedrijven toegewerkt naar de gestelde doelen.



**Figuur 1** Beschrijving van prototyping en innovatie zoals genoemd in Wijnands et al. (2002). Prototyping (NL: prototyping) is een methode die het proces van continue innovatie naar meer duurzame landbouwsystemen simuleert vanuit technologisch perspectief.

De systeeminnovatieprogramma's in de plantaardige en dierlijke sectoren van begin deze eeuw hebben een nieuwe impuls gegeven aan verschillende methodieken om tot vernieuwende landbouwsystemen te komen die breder waren dan de methodiek van het bedrijfssystemenonderzoek. In deze programma's lag meer nadruk op de visieontwikkeling en de institutionele en sociaal-maatschappelijke kant van innovatie, o.a. via Backcasting en Reflexief Innovatief Ontwerpen (RIO). Door een wisselwerking tussen kennisontwikkeling en technische vernieuwing enerzijds en sociale, culturele en institutionele veranderingen anderzijds, kunnen veranderingen met maatschappelijke impact ontstaan (Bos et al., 2013).

In het afgelopen decennium heeft de nadruk gelegen op kennisontwikkeling en innovatie in specifieke domeinen zoals bodem (met de PPS Beter Bodembeheer als belangrijkste programma) gewasbescherming (met BO-Groen en Akkerbouw op Zand als belangrijke projecten) en genetische diversiteit (met systeem experimenten met stroteelt en agroforestry). Bij het ontwerp van deze systemen wordt in meer of mindere mate met een integrale set van doelen rekening gehouden maar richt zich thematisch sterk op een systeemonderdeel (bodem) of systeemdoel (zoals minder gebruik van gewasbeschermingsmiddelen, biodiversiteit of stikstofemissies). Hierbij is het zicht op brede innovatie enigszins verdwenen, mede omdat er onderzoeksvragen waren op deze specifieke thema's. In de benoemde projecten en programma's werd bijvoorbeeld beperkt gekeken naar prestaties van de systeemontwikkeling op andere thema's buiten degene die direct in onderzoek waren. Met de Boerderij van de Toekomst ([www.farmofthefuture.nl](http://www.farmofthefuture.nl)) in Lelystad en ook in de ontwerpen voor andere locaties komt de bredere systeeminnovatie weer terug in het werk van WUR Open

---

Teelten. Hierbij staat een goed ontwerp voorop met een transparant doelgericht ontwerpproces waarbij stakeholders voldoende betrokken zijn.

Hier is ook beleidsmatig sinds enkele jaren weer veel vraag naar. De vraagstukken in de landbouw: stikstof, waterkwaliteit, klimaat, biodiversiteit en productie zijn zo groot, omvattend en verweven dat ze niet elk met een eigen focus oplosbaar zijn. Integraliteit is noodzakelijk om te voorkomen dat een oplossing voor het ene thema een extra probleem geeft op een ander thema. In het Nationaal Programma Landelijk Gebied is dan ook de opgave gesteld om tot integrale oplossingen te komen voor deze doelen.

Om nieuwe innovaties te kunnen stimuleren en implementeren moeten we continu bezig zijn met verandering. Niet alleen op technisch gebied gaat het om veranderingen, maar het gaat ook over sociale vernieuwing en gedragsverandering. Door het sociale aspect mee te nemen in het ontwerp van een vernieuwing, kan een gedragsverandering makkelijker teweeg worden gebracht. Een innovatie als bijvoorbeeld strokenteelt vraagt niet alleen om een nieuwe vruchtwisseling in ruimte en tijd en nieuwe machines maar ook een belangrijke verandering van de praktijk van het boeren (Elzen, 2022).

Om toekomstbestendige landbouwsystemen te ontwerpen is het dus van belang om naast de technische vernieuwing ook aandacht te hebben voor de institutionele en sociaal-maatschappelijke kant van innovatie. De Reflexief Interactief Ontwerpen (RIO) methodiek omvat een basis voor een ontwerpproces waarbij de nadruk ligt op actieve betrokkenheid van gebruikers en stakeholders gedurende het hele proces (Bos, 2010). De technische kant van het ontwerp kan hier goed ingepast worden. Daarnaast heeft de methodiek een sterk iteratieve aard waardoor er wisselwerking ontstaat tussen de stappen, en stappen opnieuw uitgevoerd kunnen worden op grond van inzichten uit latere stappen. Hierdoor is RIO geschikt voor complexe systemen (*wicked problems*, Rittel en Webber, 1973); problemen of systemen met meerdere betrokkenen en belangen, onvoorspelbaarheid, en die daardoor lastig op te delen zijn in kleinere behapbare stukken. Landbouwsystemen waarbij een breed scala aan doelen, factoren en actoren meespelen zijn hier een voorbeeld van. De RIO methodiek kent haar oorsprong in de veehouderij, maar wordt tegenwoordig ook als geschikte methode gezien in de akkerbouw (Moreira et al., 2023).

Momenteel wordt binnen WUR Open Teelten ook gewerkt aan bouwstenen voor het objectiveren van ontwerpprocessen in landbouwsystemen. In ontwerpprocessen komt de inhoud veelal tot stand op basis van expertise inbreng door individuen. Het maakt dus sterk uit welke expert aan tafel zit tijdens het proces, en wanneer er gekozen wordt voor andere experts zal de inhoud zeer waarschijnlijk verschillen. Deze bouwstenen zullen aan de hand van overzichtelijke kaarten met inhoudelijke maatregelen en een overzicht van de bijdragen van deze maatregelen aan doelen, beschikbaar gesteld worden. Er bestaat al een dergelijk overzicht van bouwstenen specifiek voor het verbeteren van biodiversiteit in akkerbouwsystemen (Dawson et al., 2019).

## 1.2 Doel en inhoud van het rapport

Het doel van dit rapport is een leidraad te bieden waarmee ontwerpen van landbouwsystemen in de open teelten gemaakt kunnen worden. We werken hiermee aan een uniforme systematische aanpak van het ontwerp van systemen in de open teelten aan de hand van de RIO-methodiek. De RIO-methodiek wordt in hoofdstuk 2 beschreven en vier bestaande systeemontwerpen worden als casestudies geëvalueerd aan de hand van de methode en geleerde lessen worden meegenomen in hoofdstuk 3. De casestudies zijn natuurlijk niet aan de hand van de RIO-methodiek ontworpen maar we evalueren welke stappen impliciet en expliciet wel doorlopen zijn, welke overgeslagen zijn en welke verbeteringen er mogelijk zijn vanuit de RIO-methodiek om de ontwerpen te verbeteren. Hierbij kijken we ook naar de algemene geschiktheid van de RIO-methodiek voor het ontwerpen van systemen in de open teelten. Ook wordt gekeken naar de zwakkere kanten van de RIO-methodiek en of en hoe we de RIO-methodiek met de prototypingsmethodiek kunnen combineren. Dit wordt in hoofdstuk 4 bediscussieerd. Tevens worden in dit hoofdstuk aanbevelingen voor vervolg gedaan.

## 1.3 Selectie casestudies

De systemen die geëvalueerd worden aan de hand van de RIO methodiek zijn Bodemkwaliteit op Zand (BKZ), Boerderij van de Toekomst Zuidoost (BvdT-ZO), Broekemahoeve Applied Soil Innovations Systems (BASIS) en de akkerbouwcasus binnen het Beleidsondersteunende Programma Groene Gewasbescherming (BO Groen). Een samenvatting van deze systemen is beschreven in Tabel 1. Deze systemen zijn geselecteerd vanwege de diversiteit in periode, locatie, focus en mate van integraliteit in de systemen. Met deze selectie is een groot deel van de systeemonderzoeken binnen WUR-OT afgedekt. De evaluatie is gedaan door middel van een gesprek met betrokkenen van de casestudies.

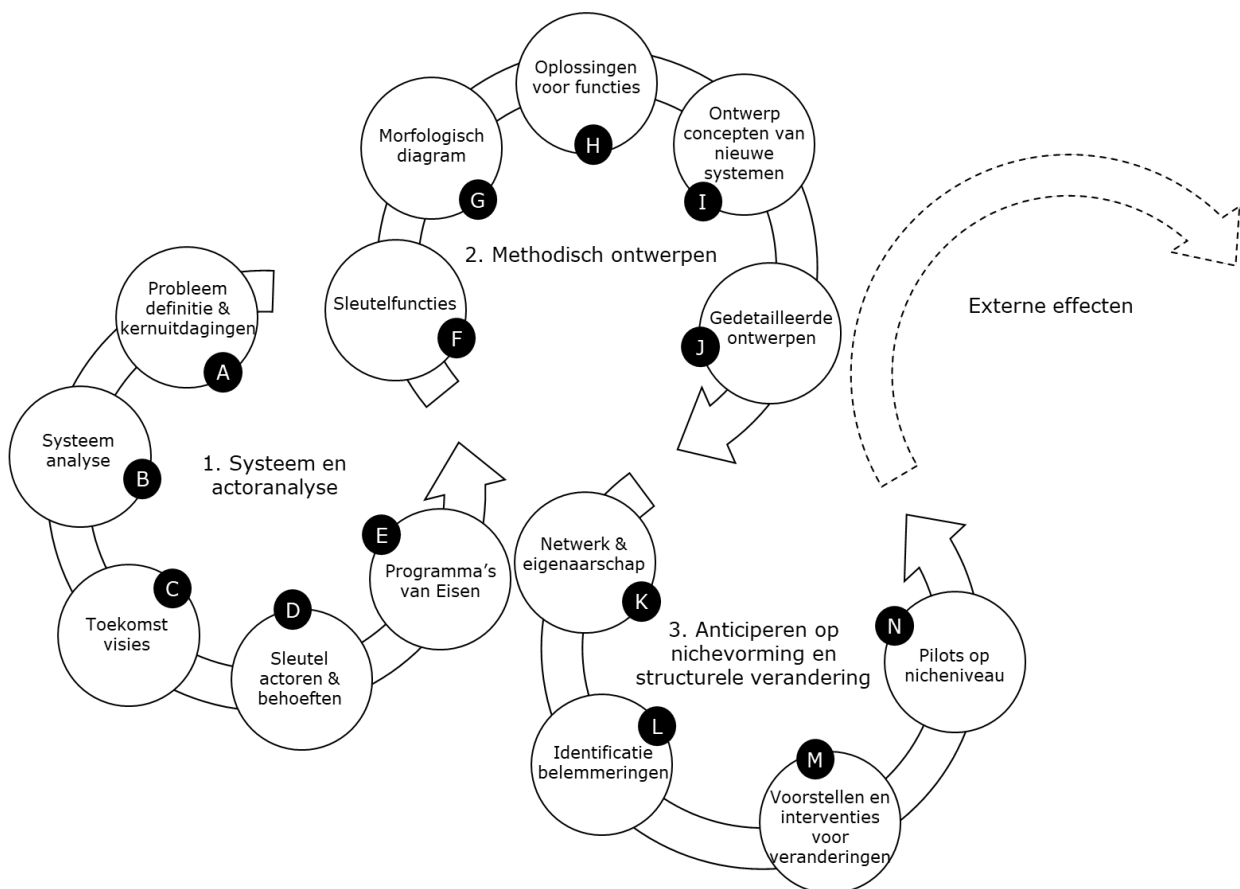
**Tabel 1** Overzicht van globale informatie van de vier verschillende casestudies: BKZ, BASIS, BvdT-ZO en BO Groen.

	Start experiment	Locatie	Periode ontwerp	Kernonderdelen	Financiering	Referenties
BKZ	2011 (voorgangers va. 1989)	Vredepeel	2004 & 2011	Effecten organisch stofbeheer (mest, compost) en grondbewerking op bodemkwaliteit, opbrengst en stikstofuitspoeling	Ministerie LNV + LLTB/ZLTO (2011- 2012), PPS Duurzame Bodem 2013-2016, PPS Beter Bodem Beheer (2017- 2023)	De Haan et al. (2018a); De Haan et al. (2018b); Wesselink (2022); Wesselink et al. (2023)
BASIS	2009	Lelystad	2009	Effecten verschillende grondbewerkings- systemen op gewasopbrengst en bodemkwaliteit	Ministerie LNV (2009-2012), PPS Duurzame Bodem 2013-2016, PPS Beter Bodem Beheer (2017- 2023)	van Balen et al. (2019); Wesselink et al. (2022b); van Balen et al. (2022); van Balen et al. (2023); Dekkers et al. (2023)
BvdT- ZO	Verwachte start 2024	meerdere, in zuidoostelijk zandgebied	2022- 2023	Ervaring opdoen met kringlooplandbouw, met behoud van een eerlijk inkomen en maatschappelijke verbinding met regio	Ministerie LNV + provincie Limburg + provincie Brabant (2023)	Wesselink et al. (2022a)
BO Groen	2018	Lelystad	2017- 2018	Verminderen milieubelasting gewasbescherming	Ministerie LNV (2018-2023)	Peters & Riemens (2021); Huiting & Allema (2022)

## 2 Reflexief Interactief Ontwerpen

### 2.1 Introductie

Als leidraad voor het evalueren van de systeem ontwerpprocessen worden de stappen uit de ontwerpmethode 'Reflexief Interactief Ontwerpen' (RIO) gebruikt. Het principe van RIO is gebaseerd op 3 hoofdstappen: 'denken', 'ontwerpen' en 'doen' (Bos, 2010). Deze stappen omvatten in grote lijnen een basis voor een ontwerpproces waarbij de nadruk ligt op actieve betrokkenheid van gebruikers en stakeholders gedurende het hele proces. RIO legt de basis voor een iteratieve aanpak, waarbij het ontwerpteam voortdurend feedback verzamelt en het ontwerp aanpast op basis van nieuwe inzichten. Het doel van RIO is om een ontwerp te creëren gebaseerd op de huidige problematiek, dat voldoet aan de behoeften en verwachtingen van de gebruikers, terwijl tegelijkertijd rekening wordt gehouden met technische haalbaarheid en zakelijke vereisten. Door middel van RIO worden gebruikers en stakeholders actieve deelnemers in het ontwerpproces, waardoor er een grotere kans is op succesvolle implementatie en acceptatie van het uiteindelijke systeem.



**Figuur 2** Overzicht van de hoofd- en sub stappen in RIO (vertaald vanuit Bos et al., 2009). De stappen worden echter niet volledig chronologisch gezet: er is sprake van overlap tussen de stappen in de tijd én van iteratie op grond van inzichten die zijn verkregen in latere stappen.

De gedetailleerde stappen worden in de volgende paragrafen beschreven. Deze stappen kunnen handvatten bieden bij het ontwerpen van een systeem, waarbij keuzes voor het wel of niet uitvoeren van bepaalde stappen afhangen van beschikbare tijd en budget. Naast het ontwerpen van nieuwe systemen, kan het ook gaan om herontwerp van bestaande systemen of het systeemonderzoek.

## 2.2 Hoofdstap 1: Systeem en actoranalyse

In deze hoofdstap wordt het huidige praktijk systeem geanalyseerd en toekomstig relevante trends en behoeften van actoren in kaart gebracht. Deze hoofdstap bestaat uit de volgende substappen:

- A. Probleemdefinitie en kernuitdagingen: analyseren van de problemen die zich voordoen in het huidige systeem. Het gaat hier vaak over een combinatie van problemen die niet één voor één behandeld kunnen worden, en ook over vraagstukken waar geen algehele consensus over bestaat.
- B. Systeemanalyse: een grondige analyse van het huidige systeem waarbij het doel is om aangrijpingspunten voor mogelijke verandering te ontdekken. Deze stap is (afhankelijk van het al uitgevoerde onderzoek) vrij intensief in de benodigde tijd.
- C. Toekomstvisies: op basis van de twee voorgaande punten kunnen een aantal (lange termijn) toekomstbeelden geschetst worden waarin alle genoemde problemen en uitdagingen opgelost zijn, en wicked links zijn ontkoppeld. Deze toekomstbeelden hoeven nog lang geen realiteit te zijn.
- D. Sleutelactoren en hun behoeften: het definiëren van actoren die een belangrijke rol in het nieuw te ontwerpen systeem hebben, dit zijn mensen en soms dieren; in het geval van milieu spreken we van externe eisen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen korte termijn belangen en fundamentele behoeften.
- E. Programma's van eisen per actor: per actor wordt een plan opgesteld waarin de (kritische) eisen worden geformuleerd. In deze stap worden nog geen concrete oplossingen benoemd.

### A. Probleemdefinitie en kernuitdagingen

De eerste stap in de systeem en actoranalyse is de voorbereiding voor het ontwerpen van een systeem. Allereerst worden problemen en kernuitdagingen gedefinieerd. Bij een systeemproof is er vaak niet één probleem, er is meestal sprake van de wens om het huidige systeem te verbeteren aan de hand van een aantal (soms regio specifieke) problemen of uitdagingen die er spelen. Een inventarisatie van deze problemen/uitdagingen is zinvol om te zorgen dat er geen van deze aspecten over het hoofd gezien worden. Het gaat hier vaak over een combinatie van problemen die niet één voor één behandeld kunnen worden, en ook over vraagstukken waar geen algehele consensus over bestaat.

### B. Systeemanalyse

Nadat de huidige problemen en kernuitdagingen gedefinieerd zijn, kan gekeken worden naar achterliggende redenen van deze problemen in het huidige systeem. Hiervoor dient het huidige systeem geanalyseerd te worden: waardoor vormen de gedefinieerde problemen zich en waar zit ruimte voor verbetering? Afhankelijk van de hoeveelheid bestaande documentatie en kennis over het huidige systeem is deze stap in meerdere of mindere mate intensief. Het doel van deze stap is om aangrijpingspunten voor mogelijke verandering te ontdekken. Deze aangrijpingspunten kunnen gebruikt worden als verbeterpunten voor een nieuw systeem.

### C. Toekomstvisies

Op basis van de voorgaande stappen zijn een aantal knelpunten van het huidige systeem en problemen die spelen rondom het systeem gedefinieerd. In deze stap worden één of een aantal toekomstvisies geschetst waarin de genoemde knelpunten en problemen opgelost zijn. Hierin kunnen de aangrijpingspunten gebruikt worden om een toekomstvisie te creëren waarbij al deze problemen opgelost zijn. De visies zijn lange termijn visies en er kunnen technologieën en regelgevingen aanwezig zijn die (nog) niet realistisch zijn. De visies stimuleren creativiteit en het nadenken over toekomstige oplossingen. Ook laat het de ontwerpers een aantal stappen vooruitdenken, waardoor weer nieuwe aangrijpings- of knelpunten ontdekt kunnen worden. Ook kunnen de visies gebruikt worden om alvast na te denken over welke actoren (in de toekomst) een rol moeten krijgen in het systeem.

### D. Sleutelactoren en hun behoeften

In deze stap worden de actoren in het te ontwerpen systeem gedefinieerd. Deze actoren hebben een primaire rol in het systeem en zijn dus mensen met wie hun behoeften rekening gehouden dient te worden in het ontwerpproces. De behoeften worden vervolgens gepeild, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen korte termijn belangen en fundamentele behoeften. Een voorbeeld van mogelijke actoren in systeemproeven zijn ondernemers, afnemers of kennisinstellingen.

Naast de primaire actoren, worden de behoeften en belangen van andere stakeholders in kaart gebracht. Stakeholders in het systeem zijn personen die een gevoeld belang hebben bij de uitkomst van een door te voering aanpassing, maar niet direct actief betrokken zijn bij de uitvoering. Het meenemen van stakeholders in het ontwerp is nuttig, maar kan ook risico's meebrengen.

### E. Programma's van Eisen per actor

In de volgende stap wordt per (primaire) actor een programma van eisen (PvE) opgesteld. Dit houdt in dat er een overzicht gemaakt wordt van de harde en minder harde eisen per actor. Het is goed om ook te bespreken welke (minder gewenste) alternatieven er zijn voor hun eisen. Ook is het nuttig om hierin een (waar mogelijk) minimum, maximum en doelwaarde op te nemen. Het is niet altijd vanzelfsprekend dat de actor ook meewerkt in het ontwerpproces, maar voor het bepalen van deze eisen is het goed om zoveel mogelijk dit te overleggen met de actor zelf. Vaak worden de eisen van de actoren uitgevraagd in een workshop.

In de eerste stap 'systeem en actoranalyse' worden vooral de doelen voor het ontwerp gesteld, en de kaders waarbinnen het ontwerp gemaakt dient te worden. In deze stap wordt enkel breed uitgevraagd en nog niet gewerkt aan concrete oplossingen, maar ongetwijfeld zullen deze hier en daar al voorkeuren uitgesproken worden. In de volgende stap 'methodisch ontwerpen' zullen de potentiële oplossingen behandeld en concreet gemaakt worden.

## 2.3 Hoofdstap 2: Methodisch ontwerpen

In de tweede hoofdstap worden concepten voor nieuwe systemen bedacht, die realiseerbaar zijn op middellange termijn. De volgende sub-stappen worden doorlopen:

- F. Sleutelfuncties: het definiëren van sleutelfuncties (functies die kritisch zijn voor realisatie van de gestelde doelen in de toekomstbeelden) bepaalt de kaders en focus van de ontwerpactiviteit.
- G. Morfologisch diagram: in dit diagram komen naast de sleutelfuncties, ook de subfuncties van het systeem.
- H. Oplossingen voor functies: voor elke functie in het diagram worden (meerdere) bestaande en nieuwe oplossingen geplaatst, zo breed mogelijk.
- I. Ontwerpconcepten van nieuwe systemen: het selecteren van de meest geschikte oplossingen uit het morfologisch diagram voor functies op basis van functionele compatibiliteit, milieutechnische oplossingen, schaaffecten etc.
- J. Gedetailleerde ontwerpen: de ontwerpconcepten worden verder uitgewerkt op basis van meer precieze (technische en ruimtelijke) gegevens van de gekozen oplossingen en door (herhaalde) toetsing aan de PvE's.

### F. Sleutelfuncties

In het eerste onderdeel van de stap 'methodisch ontwerpen' worden de sleutelfuncties van het systeem gedefinieerd. Sleutelfuncties in een systeem zijn de functies die kritisch zijn voor het realiseren van de gestelde doelen in de toekomstbeelden. In het rapport over indicatoren in het systeemonderzoek definiëren Vervuurt et al. (2021) functies van het (landbouw)systeem als algemene capaciteiten die belangrijk zijn voor landbouw, natuur en maatschappij. Daarin wordt ook een lijst met systeemfuncties genoemd, welke gebruikt kan worden als inspiratie voor het benoemen van functies voor het te ontwerpen systeem (Tabel 2). Hoe meer integraal het te ontwerpen systeem is, hoe meer functies in het ontwerp meegenomen moeten worden.

**Tabel 2** *Systeemfuncties landbouwsysteem (Vervuurt et al., 2021).*

Nr	Functie landbouwsysteem
1	Productie van voedsel en/of andere grondstoffen
2	Productie en benutten van energie
3	Bodemvruchtbaarheid, bodemvorming en erosiebeheersing
4	Plaagbeheersing en bestuiving
5	Regulatie van waterkwaliteit
6	Regulatie van waterkwantiteit
7	Regulatie van luchtkwaliteit
8	Regulatie van nutriëntenkringlopen
9	Regulatie van het klimaat
10	Bieden van habitat voor biodiversiteit
11	Bieden van recreatiewaarde en -mogelijkheden
12	Sociale diensten zoals bieden van werk en educatie

### G. Morfologisch diagram

Vervolgens kunnen de systeemfuncties in een morfologisch overzicht geplaatst worden, daar is ook ruimte voor eventuele subfuncties. Dit is het begin van het morfologisch diagram. Het maken van een morfologisch overzicht kan een overzichtelijke manier bieden om naar het systeem te kijken. Een beknopt voorbeeld is te vinden in Tabel 3.

**Tabel 3** *Voorbeeld van functieoverzicht als begin van het morfologisch diagram met drie functies en één subfunctie zoals deze opgesteld kan worden in de stap G volgens de RIO-methodiek.*

Nr	Functie
1	Productie van voedsel en/of andere grondstoffen
2	Regulatie van waterkwaliteit
3	Bieden van habitat voor biodiversiteit
3a	Bieden van habitat voor akkervogels

### H. Oplossingen voor functies

Daarna worden er per functie potentiële oplossingen geïdentificeerd voor de probleemstelling. De focus ligt hierin op de sleutelfuncties. Hierin is veel mogelijk, hoe breder de mogelijke set oplossingen, hoe beter. Creativiteit speelt een belangrijke rol in deze stap. Daarbij zijn mensen met verschillende expertises gewenst voor een brede insteek. De oplossingen worden per functie in het morfologisch overzicht gerangschikt. De gewenste uitkomst van deze stap is een duidelijk overzicht van oplossingen voor de geïdentificeerde uitdagingen per functie. Met het morfologisch diagram is het mogelijk om combinaties van mogelijke oplossingen te verkennen terwijl aan alle sleutelfuncties wordt voldaan. Een voorbeeld van een morfologisch diagram dat focust op drie sleutelfuncties en een subfunctie waar een bepaald systeem op geoptimaliseerd moet worden is te vinden in Tabel 4. Soms worden morfologische diagrammen gemaakt met plaatjes/tekeningen van de potentiële oplossingen voor de overzichtelijkheid.

**Tabel 4** *Voorbeeld van een beknopt morfologisch diagram met drie functies en één subfunctie zoals deze opgesteld kan worden in de stap G en H volgens de RIO-methodiek.*

Functie	Potentiële oplossingen					
1. Productie van voedsel en/of andere grondstoffen	Intensiveren bouwplan	Efficiëntere mechanisatie	Opschaling	Robotisering		
2. Regulatie van waterkwaliteit	Precisie-bemesting	Precisie-besputting	Bufferzones	Verhogen organische stof	Extensiveren bouwplan	
3. Bieden van habitat voor biodiversiteit	Akkerranden	Niet-kerende grondbewerking	Aanplant houtachtige elementen	Gefaseerd slootkanten beheer	Groenbemesters	
a. Bieden van habitat voor akkervogels						

Hierin wordt meteen zichtbaar dat er een aantal wicked links in de mogelijke oplossingen zitten. Bijvoorbeeld de intensivering van de akkerbouw voor de functie voedselproductie, en de extensivering om de waterkwaliteit te waarborgen. Daarnaast zal een stakeholder die bezig is met precisiebemesting een voorkeur hebben voor de oplossing precisiebemesting ten opzichte van het extensiveren van het bouwplan. Daarom is het belangrijk een breed scala aan oplossingen te bedenken en te kijken naar het algemeen belang, en daarmee niet alleen te luisteren naar het belang van de stakeholders. Het verplaatsen in de rol van een andere stakeholder kan ertoe leiden dat stakeholders meer bewust worden van hun eigen belangen.

### I. Ontwerpconcepten van nieuwe systemen

Vervolgens worden er oplossingen uit het morfologisch diagram geselecteerd. De selectie vindt plaats op basis van gekozen selectiestrategieën, zoals bijvoorbeeld geïntegreerde oplossingen en oplossingen die voor meerdere functies zinvol zijn, maar natuurlijk ook welke oplossingen aan zoveel mogelijk van de eisen van de actoren voldoen. Deze oplossingen worden in verschillende ontwerpopties toegepast en beoordeeld op hun potentieel om aan de eisen van de actoren te voldoen en de kernuitdagingen uit de weg te gaan. Hierbij wordt rekening gehouden met technische, economische en maatschappelijke haalbaarheid. De ontwerpconcepten worden vaak visueel voorgesteld in de vorm van schetsen, modellen of prototypes. Het team evalueert de sterke punten en zwakte punten van elk concept en vergelijkt ze om het meest geschikte ontwerp te selecteren. Het meest geschikte model zal verder worden uitgewerkt in stap J.

### J. Gedetailleerde ontwerpen

In deze stap worden de ontwerpconcepten verder uitgewerkt. Het gaat dan om de precieze invulling van de systemen: bijvoorbeeld bouwplan, vruchtwisseling, bemestingsplan, etc. Ook wordt hierbij (weer) getoetst of aan de eisen van de actoren kunnen worden voldaan.

## 2.4 Hoofdstap 3: Anticiperen op nichevorming en structurele verandering

In deze hoofdstap draait het om het faciliteren van veranderingen in de praktijk en regime d.m.v. de ontwikkeling. Het ontwerp kan een startpunt zijn voor praktijkinitiatieven (niche-experimenten) of een ankerpunt voor institutionele samenwerking en agendavorming. Deze 'stap' loopt vaak parallel aan activiteiten uit hoofdgroep 1 en 2. De volgende sub stappen worden onderscheiden:

- K. Netwerk en eigenaarschap: inzetten op netwerkvorming rond concepten of rond specifieke oplossingen kan zorgen voor weer nieuwe geïnteresseerden. Soms is het netwerk een natuurlijk resultaat van de interactie in de stappen uit de eerste 2 hoofdgroepen, soms is het juist de publicatie en communicatie van het eindproduct.
- L. Identificatie van mogelijk institutionele belemmeringen: het identificeren van de belemmeringen op regime niveau (sociaal, institutioneel, cultureel).
- M. Voorstellen en interventies voor verandering: het doen van voorstellen voor het wegnemen van institutionele belemmeringen, bijvoorbeeld voor regelgeving, financieringsinstrumenten, kennislacunes of onderwijs.
- N. Pilots op nicheniveau: het realiseren van pilotexperimenten op nicheniveau.

### K. Netwerk en eigenaarschap

Voor het implementeren van systemen in de praktijk is een goed netwerk rondom het ontwerp cruciaal. In deze stap wordt aandacht besteed aan dit netwerk. Er ontstaat een netwerk uit mensen die mee praten bij het ontwerpproces, maar ook uit mensen die naar aanleiding van de communicatie van het ontwerp ermee aan de slag willen gaan.

Het kan zijn dat er een mismatch is tussen ontwikkeling en behoefte. Daarom is het juist ook belangrijk ook goed vooronderzoek te doen. Het feit dat er niks uit het onderzoek in de praktijk geïmplementeerd wordt, kan een aanwijzing zijn dat het onderzoek (nog) niet aansluit bij de behoefte in de praktijk. Het identificeren van de oorzaken waarom de aansluiting er niet is, wordt besproken in de volgende stap.



---

#### L. Identificatie van mogelijk institutionele belemmeringen

Het identificeren van mogelijke belemmeringen voor het in praktijk brengen van een systeem wordt in deze stap gedaan. Hiervoor is het belangrijk om de juiste mensen betrokken te hebben, vaak zijn regio specifieke belemmeringen de grootste uitdaging, bijvoorbeeld op gebied van omgeving. Het kan hierbij gaan om wet- en regelgeving, maar ook om culturele of sociale belemmeringen. Weten wat er speelt in een gebied kan belemmeringen voorkomen of oplossen.

#### M. Voorstellen en interventies voor veranderingen

In deze stap wordt gewerkt aan oplossingen voor het uit de weg gaan van belemmeringen. In veel gevallen worden systemen ontworpen waarbij wetgeving niet ter discussie staat. In sommige gevallen gebeurt het dat wetgeving wel belemmerend is voor het in de praktijk brengen van een bepaalde vernieuwing. In die gevallen is deze stap erg belangrijk, waarbij benadrukt moet worden dat heel stap 3 eigenlijk parallel loopt aan stap 1 en 2. Ook kan in deze stap aandacht besteed worden aan de oorzaken waarom de vernieuwing (nog) niet aansluit bij de behoeften aan de praktijk. Kennislacunes of financiering kunnen hierin een rol spelen, daarvoor zullen oplossingen gezocht moeten worden.

#### N. Pilots op nicheniveau

Het testen van een nieuw systeem kan zeer waardevol zijn. Hiervoor kunnen praktijknetwerken, telersgroepen of innovatiegroepen een rol in spelen. Het kan soms lastig zijn om risicovolle nieuwe systemen te gaan testen in de praktijk, ook al zijn die praktijktoetsen een waardevolle toevoeging. In deze stap is het belangrijk om na te denken wat ervoor nodig is om de praktijktoets te laten slagen, en welke begeleiding daarbij nodig is.

---

## 3 Casestudies

### 3.1 Casestudie Bodemkwaliteit op Zand

#### Beschrijving casestudie

Bodemkwaliteit op zand (BKZ) bouwt voort op het bedrijfssysteemonderzoek voor de zuidelijke zandgronden dat sinds 1989 op de locatie Vredepeel in Limburg is uitgevoerd in diverse projecten. In de jaren '90 zijn vier bedrijfssystemen doorontwikkeld, vooral gericht op minder milieubelasting met gewasbeschermingsmiddelen. Vanaf ca. 2000 lag de nadruk op het verminderen van de nitraatuitspoeling in de open teelten in de projecten Telen met Toekomst (Smit et al., 2005) en Nutriënten Waterproof (de Haan et al., 2010). Onderzoek is altijd zowel uitgevoerd in gangbare als in biologische bedrijfsvoering. In al die jaren is het onderzoek op dezelfde percelen uitgevoerd en zijn de systemen herontworpen naar de vraag vanuit die periode.

BKZ richt zich sinds 2011 op het toetsen van maatregelen voor duurzaam bodembeheer in een systeemcontext. De focus ligt op toevoer van organische stof met dierlijke mest en compost en op toepassing van niet-kerende grondbewerking (NKG) in vergelijking met ploegen. Het systeemontwerp bouwt voort op het ontwerp van Nutriënten Waterproof (2005-2009) waar toetsing van de toepassing van NKG en compost aan toegevoegd zijn en de vruchtwisseling geëxtensieerd is (minder uitspoeling gevoelige rooigewassen). Het gangbare deel bestaat uit twee hoofdsystemen: één systeem met een organische stofaanvoer zoals in de praktijk met runder- en varkensdrijfmest en één systeem waarin geen externe organische stof wordt aangevoerd. In alle systemen worden de effecten van extra compostaanvoer en de effecten van ploegen met niet-kerende grondbewerking (NKG) vergeleken. Uitgebreide beschrijvingen van de systemen staan in de Haan et al. (2018a, 2018b). Het project heeft al die jaren een begeleidingscommissie gehad van biologische en gangbare telers. In de laatste jaren zijn daaraan ook ketenpartijen toegevoegd. Er is altijd breed gecommuniceerd over het onderzoek in open dagen en excursies op het proefbedrijf, in lezingen en artikelen en diverse andere vormen van communicatie en deels ook via aanpalende projecten in de regio. Een samenvatting van de resultaten van BKZ staat in bijlage 1, in Wesselink (2022) en in de meest recente uitgebreide rapportage (Wesselink et al., 2023).

#### Stap 1: Systeem- en actoranalyse

Eén van de grootste uitdagingen in de landbouw in de zuidoostelijke zand regio's is het minimaliseren van nitraatuitspoeling met behoud van opbrengsten en verdienvermogen. Dit wordt door alle actoren onderkend en is lastig op te lossen. Al vanaf 2000 is dit onderwerp van onderzoek in de voorgangers van BKZ. Het ontwerp van BKZ bouwt voort op het ontwerp van voorgangerproject Nutriënten Waterproof (de Haan et al., 2010) welke voortbouwde op de toekomstscenario's uit de systeeminnovatieprojecten van het begin van deze eeuw. In deze toekomstscenario's werd het algemene beeld van een duurzame landbouw geschetst waarin knelpunten rond bodemkwaliteit, water, emissies van mineralen en gewasbescherming, energie en biodiversiteit opgelost moeten worden op systeemniveau. Nutriënten Waterproof heeft hieraan gewerkt voor de nutriëntenemissies in de open teelten op zandgrond. Met de start van BKZ is focus verlegt van specifiek verminderen nitraatuitspoeling naar duurzaam bodembeheer in bredere zin met ook aandacht voor andere functies en maatregelen. Deze vernieuwing was mede gebaseerd op de analyse in het rapport rond duurzaam bodembeheer in Nederland van ten Berge en Postma (2010) en zijn ook in de toekomstscenario's al naar voren gekomen. In 2011 zijn daarom de maatregelen grondbewerking en compost in de systeemploef opgenomen en is de vruchtwisseling geëxtensieerd om zowel specifiek bij te dragen aan vermindering van nitraatuitspoeling als aan andere functies van het systeem. Vernieuwing van de toekomstscenario's is gedurende de looptijd van BKZ niet gedaan al is aan het begin van elke programmaperiode (2013, 2017, 2021) wel gekeken of wijzigingen van het ontwerp noodzakelijk zijn.

Sleutelactoren zijn al vanaf het ontwerpproces in Nutriënten Waterproof geïdentificeerd als zijnde beleid, praktijk en de keten rondom de praktijk. Op diverse momenten zijn stakeholderanalyses gemaakt en in de loop van de jaren zijn regelmatig activiteiten georganiseerd om de sleutelactoren te informeren over de resultaten van het onderzoek en te discussiëren over het vervolg, zowel van het onderzoek als naar activiteiten

---

om verandering in de praktijk te realiseren. Daarnaast is de voortgang in het project 2-4 keer per jaar besproken met de begeleidingscommissie die vooral uit gangbare en biologische telers bestond.

### **Stap 2: Methodisch ontwerpen**

Het ontwerpproces van Nutriënten Waterproof is uitgebreid beschreven in een interne rapportage (de Haan, 2005). Het herontwerp voor BKZ in 2011 is beschreven met de rapportage over de resultaten in de Haan et al (2018a) en de Haan et al (2018b). De systeemontwerpen zijn gericht op de middellange termijn (5-10 jaar) en bouwen voort op de huidige situatie in het gebied. Vanuit de uitgebreide kennis van de landbouwpraktijk en de betrokkenheid van kritische telers in de begeleidingscommissies is niet de verwachting dat er kansrijke maatregelen gemist zijn. Out-of-the-box oplossingen hebben vooral voorafgaand aan BKZ aandacht gehad met bijvoorbeeld Teelt de grond uit en zuiveringssystemen van drainwater.

### **Stap 3: Anticiperen op nichevorming en structurele verandering**

BKZ en zijn voorgangers hebben in de afgelopen 20 jaar een belangrijke functie vervuld in vernieuwing en innovatie rond nutriëntenemissies en bodembeheer in de open teelten op zandgronden. Er zijn veel spin-offprojecten en communicatie geweest die hebben gewerkt aan implementatie van resultaten in de praktijk. Dit was moeizaam omdat de oplossingen grote consequenties hebben voor de bedrijfsvoering van de huidige bedrijven op zandgrond. Maatregelen kosten geld, vereisen bepaalde kennis of zorgen voor een grote wijziging in bedrijfsvoering en worden vanuit de wetgeving (nog) niet of beperkt afgedwongen. In BKZ zijn belemmeringen op sociaal, institutioneel of cultureel niveau wel besproken, bijvoorbeeld in de bijeenkomsten van de begeleidingscommissie en in bijeenkomsten met diverse stakeholders. Echter hier is niet expliciet aan gewerkt.

BKZ is geen blauwdruk maar laat zien welke effecten toepassing van bepaalde principes kan hebben. Boeren moeten op hun eigen bedrijf hiervoor een eigen invulling maken wat lastig kan zijn. Hierbij gaat het om bijvoorbeeld een eigen invulling van de vruchtwisseling, keuze van gebruik van type organische meststoffen en keuze van groenbemester. Boeren moeten de noodzaak zien van de verandering, de kennis en competenties hebben en ook de ondersteuning krijgen van hun omgeving om hun bedrijfsvoering te veranderen. BKZ heeft vooral aan de eerste twee aspecten gewerkt.

## 3.2 Casestudie Boerderij van de Toekomst Zuidoost

### Beschrijving casestudie

Om de transitie naar kringlooplandbouw te accommoderen is een inspirerend voorbeeld nodig op bedrijfs- of regioniveau waarbinnen ook ruimte bestaat om te experimenteren, te leren en te demonstreren en zo perspectief voor verandering te laten zien. Dit voorbeeld, met name gericht op de boeren van de toekomst, moet een duidelijke trendbreuk met de huidige productiemethoden laten zien zonder dat de transitie onoverbrugbaar lijkt. In 2020 is hiervoor de Boerderij van de Toekomst (BvdT) in Lelystad ontworpen (de Visser et al., 2020) en aangelegd. Direct vanaf de start hiervan was de wens van stakeholders uit het zuidoostelijk zandgebied om een eigen BvdT te ontwikkelen, gericht op de uitdagingen die in het gebied spelen.

Boerderij van de Toekomst kent een achttal doelen: multifunctionele bodem, hoogwaardige voedselproductie, schone leefomgeving, rijke biodiversiteit, behoud eindige voorraden, klimaatadaptief en klimaatmitigerend, eerlijk inkomen en maatschappelijke verbinding. In het ontwerp voor het zuidoostelijk zandgebied zijn deze doelen zoveel mogelijk geconcretiseerd en zijn er aan de hand van een aantal deelsessies 4 (deel)systemen ontworpen: een akkerbouwgroente systeem, een grondgebonden melkveebedrijf, een natuurinclusief melkveebedrijf en een grondgebonden varkensbedrijf. De ontwerpfase van het project is afgerond, maar de ontworpen deelsystemen zijn nog niet daadwerkelijk gerealiseerd.

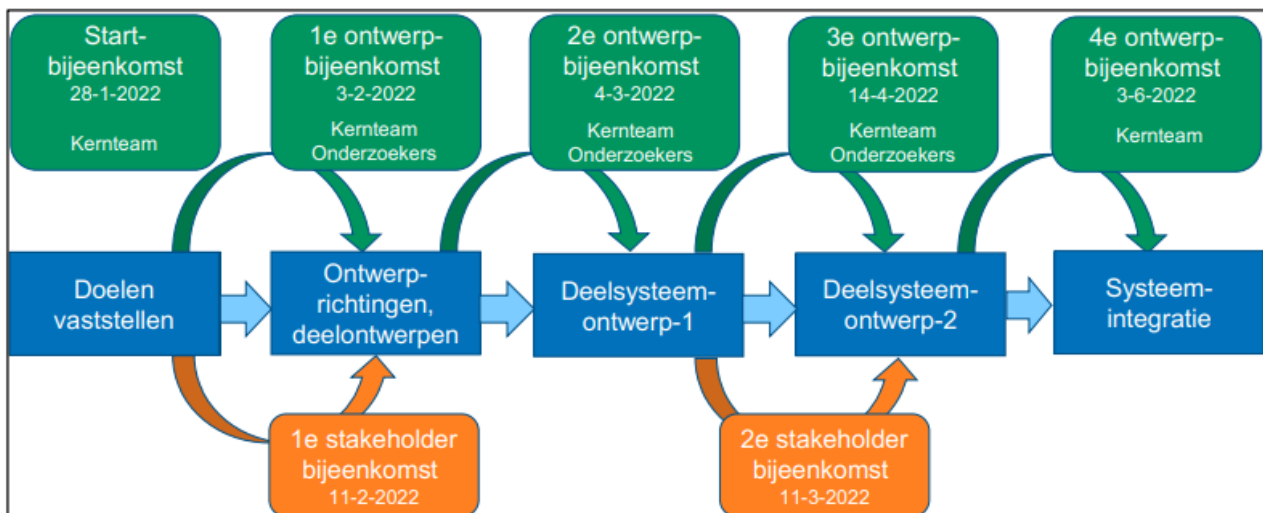
### Stap 1: Systeem- en actoranalyse

In het ontwerp van BvdT-ZO is uitgebreid aandacht besteed aan het definiëren van kernproblemen, uitdagingen, maar vooral ook doelen. De gesprekken zijn gevoerd aan de hand van verschillende thema's. Voor dit onderdeel is er ook een praatplaat gemaakt waarbij de fosfaatkringloop geschetst is. Dit gaf een goed beeld van de regionale uitdagingen en benadrukte het belang van de integrale aanpak. In de systeemanalyse is er op gebiedsniveau ook al nagedacht over het betrekken van partijen. Daarvoor is er kennis gegenereerd over politieke verhoudingen, relaties tussen partijen, verleden, gevoelige onderwerpen etc. Toekomstvisies zijn hierbij vooral op korte termijn besproken (+/- 5 tot 10 jaar vooruit) en niet op lange termijn.

Sleutelactoren en stakeholders zijn vooraf gedefinieerd. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> rang stakeholders. 2<sup>e</sup> rang stakeholders zijn vooraf gedefinieerde stakeholders die wel geïnformeerd zijn, maar niet actief betrokken in het ontwerpproces zelf, pas daarna, vanaf hoofdstap 3, zijn deze weer betrokken. De 1<sup>e</sup> rang stakeholders zijn wel betrokken geweest bij het ontwerpproces. Het proces waarin deze groep het eens moest worden over de uitdagingen (en indirect de doelen), verliep goed. Het zoeken naar oplossingen bleek een grotere uitdaging te zijn, wat als blijk van innovatief ontwerp benoemd werd.

### Stap 2: Methodisch ontwerpen

Het benoemen van sleutelfuncties van het systeem is niet uitgebreid bij stilgestaan, er is vooral (in de voorgaande stap) gefocust op de doelen waaraan het systeem (op termijn) aan moet gaan voldoen. Er zijn uiteindelijk acht concrete doelen beschreven die als uitgangspunt genomen worden. Na de eerste stappen in het ontwerpproces zijn vier deelontwerpen benoemd die verder zijn ontwikkeld. Deze deelontwerpen zijn



**Figuur 3** Overzicht van het ontwerpproces van BvdT-ZO in schematische weergave, waarbij goed zichtbaar is wanneer onderzoekers en wanneer stakeholders betrokken zijn in het proces.

---

antwoorden op de doelen, er is globaal beschreven hoe de doelen in elk deelontwerp terugkomen. Het is de bedoeling dat deze deelontwerpen uiteindelijk worden geïntegreerd in één systeem. Momenteel zijn de randvoorwaarden duidelijk en wordt er gewerkt aan de invulling van de details, bijvoorbeeld het precieze bouwplan. Na de uitwerking van deze stap zullen de deelontwerpen aangelegd worden.

### **Stap 3: Anticiperen op nichevorming en structurele verandering**

Door het ontwerpproces zelf en het betrekken van verschillende stakeholders gaat het project BvdT-ZO leven in de omgeving. Regelmatig worden vragen uit de omgeving gesteld en willen nieuwe stakeholders betrokken raken bij het ontwerp. In het ontwerp is indirect aandacht besteed aan sociale en culturele aspecten in het gebied. Lokaal betrokken stakeholders zijn bij het proces aangesloten, waardoor er rekening gehouden wordt met deze aspecten. In het ontwerp van BvdT-ZO is beleid niet ter discussie gesteld, wel is er hier en daar wat experimenteerruimte nodig, wat wel enig maatwerk vanuit het beleid vraagt. Tevens liggen er plannen om een satelliet netwerk van praktijkbedrijven te organiseren.

---

## 3.3 Casestudie BASIS

### Casestudie beschrijving

In Lelystad ligt sinds 2009 de bodemsysteemploef BASIS (Broekemahoeve Applied Soil innovation Systems). Binnen deze ploef draait het om de toepasbaarheid van maatregelen voor duurzaam bodembeheer op de centrale zeeklei. De ploef beslaat zowel biologische als gangbare percelen. BASIS vergelijkt de effecten van ploegen en niet-kerende grondbewerking (NKG) met en zonder woelen in een systeem met vaste rijpaden, op opbrengst en bodemkwaliteit. Binnen BASIS wordt daarnaast gevarieerd met hoeveelheden compost en maaimeststoffen en wordt gekeken naar de effecten van groenbemesters in de systemen. De ploef heeft in het gangbare systeem een vierjarig bouwplan en in het biologische systeem een zesjarig bouwplan. Gewassen zijn in lijn met wat de standaard is voor de regio. In de hele ploef ligt een vaste rijpaden systeem om het effect van niet-kerende grondbewerking te versterken (Wesselink et al., 2022). Een samenvatting van de resultaten van BASIS staat in bijlage 2 en in de meest recente uitgebreide rapportage (Dekkers et al., 2023).

### Stap 1: Systeem- en actoranalyse

Door een toenemende stroom vragen en aannames rondom het gebruik van gereduceerde grondbewerking voor beter bodembeheer, is in 2008 een literatuuronderzoek 'En de boer, hij ploegde niet meer?' geschreven (van der Weide et al., 2008). Dit literatuuronderzoek is de basis geweest voor de systeemanalyse van BASIS. Het doel van het onderzoek was om te onderzoeken of en hoe de bodemkwaliteit verbeterd kan worden door de bodem minder intensief te bewerken. Wereldwijd is er veel kennis over gereduceerde grondbewerking als erosiebeperkende maatregel, maar niet als maatregel ten behoeve van bodemkwaliteit. Deze kennis was deels van toepassing, erosiebeperkende maatregelen zijn namelijk vaak gebaseerd op het verbeteren van aggregaat stabiliteit en water infiltratie, factoren die gunstig zijn voor het verbeteren van bodemkwaliteit. Echter dekt deze kennis niet de volledige lading van gereduceerde grondbewerking op kleigrond, voornamelijk bodem chemische en bodem biologische aspecten missen nog. Van der Weide et al. (2008) en andere onderzoeken naar verschillende vormen van grondbewerking en de kennislacunes daarbinnen zijn daarom als vooronderzoek gebruikt voor het te vernieuwen systeem. Een grote uitdaging bleek de gewasrotaties die men op de Nederlandse kleigronden aanhoudt, waarin rooivruchten voorkomen. Hierover was erg weinig bekend. Het doel was om een aantal mogelijke maatregelen (grondbewerking, groenbemesters, bemesting, vruchtwisseling) te koppelen aan een werkend systeem, in dit geval een bepaalde gewasrotatie met vaste rijpaden, waarvan bekend was dat het werkte. Er is vooraf ook stil gestaan bij het statistisch verantwoord aanleggen van de ploef (gewarde blokkenploef).

Voordat de ploef van start ging in 2009, waren er verschillende innovatiegroepen landbouw in Nederland. Eén van deze groepen was een groep gebruikers van een systeem van vaste rijpaden/onbereden beddenteelt. Deze groep was geïnteresseerd in gereduceerde grondbewerking omdat de hypothese luidt dat de bodemkwaliteit verbeterd door de bedden niet/minder te berijden, waardoor diepe, kerende grondbewerking niet meer nodig is. Daarnaast waren er vragen rondom de uitvoerbaarheid van gereduceerde grondbewerking zonder het vaste rijpaden systeem. Met deze innovatiegroep is ook afgestemd over de aanleg van de ploef en zijn daarmee als stakeholders betrokken geweest bij het ontwerp.

### Stap 2: Methodisch ontwerpen

Het methodisch ontwerpen is een stap die minder expliciet gemaakt is in BASIS. Gezien er niet veel bekend was over gereduceerde grondbewerking in een gewasrotatie met vruchtwisseling op kleigrond, is er geen morfologisch diagram gemaakt met oplossingen voor functies. Wel is er een doel opgesteld om het systeem naartoe te optimaliseren, namelijk naar een systeem een vergelijkbare opbrengst (0 tot -10% opbrengst) met verbeterde ecosysteemdiensten (kwaliteitsproductie, biodiversiteit, waterhuishouding, organische stof opslag, vermindering uitspoeling & broeikasgassen) ten opzichte van het gangbare praktijk systeem. Bij de ecosysteemdiensten zijn bewust geen referentiewaarden benoemd, omdat er weinig over gereduceerde grondbewerking bekend was op kleigronden. De potentiële oplossing was al bekend (grondbewerking) en daarom is er niet uitgebreid gebrainstormd over andere oplossingen. Wel is er in deze stap aandacht besteed aan de systeemverandering die plaats moest gaan vinden, waardoor ook rijpaden, groenbemesters, organische bemesting in het vernieuwde systeem zijn ingebracht.

In de loop van de tijd zijn er in de ploef enkele aanpassingen gedaan om te zorgen dat het systeem voldeed aan de doelstellingen. Criterium voor aanpassingen was dat de ploef herkenbaar moest blijven voor de praktijk.

---

Grote aanpassingen zijn achterwege gelaten omwille van de wetenschappelijke publiceerbaarheid van de data uit de proef. Hierdoor is het testen en verbeteren, een belangrijke eigenschap van de prototyperingsmethodiek waarmee de proef is ontworpen, minder sterk naar voren gekomen. De proef is op vrij grote schaal opgezet (12,5 ha) waardoor de opbrengst van de gewassen de proef bekostigt. Door marktomstandigheden of wisselende afnemers hebben er daardoor wisselingen in teelten plaatsgevonden. Vooraf is dit lastig in te schatten, maar het systeem was wel zo ingericht dat dit mogelijk was.

### **Stap 3: Anticiperen op nichevorming en structurele verandering**

Omdat er in de tijd dat BASIS ontworpen werd verdeeldheid heerste rondom het onderwerp 'gereduceerde grondbewerking', was een belangrijke pijler het weghalen van kennislacunes bij telers. Er werden veel excursies (zelfs internationaal) georganiseerd. Ook ligt het plan om een handboek grondbewerking te ontwikkelen, op gewasniveau is hier al een aanzet voor aardappel (van Balen et al., 2019) en suikerbiet (van Balen et al., 2022). Tevens worden met enige regelmaat resultaten gedeeld in vakbladen (o.a. Boerderij en Ekoland) en is er een jaarlijkse bijdrage op de Biovelddag (presentaties en demonstraties). Mede door de proef, de resultaten en de bezoekers is gereduceerde grondbewerking tegenwoordig een veel bekendere methode en zijn vooroordelen en onjuiste aannames deels uit de wereld gehaald.

---

## 3.4 Casestudie BO Groen

### Casestudie beschrijving

De akkerbouwcasus binnen het Beleidsondersteunende Programma Groene Gewasbescherming (kortweg BO Groen) bestaat uit een proef die is opgezet ter ondersteuning van beleid en dus ook volledig gefinancierd is door LNV. Aanleiding voor het inrichten van de proef in 2018 was het beleid om 1) minder afhankelijk te worden van inzet van chemie, en 2) het uitfasen van de risicovollere middelen. Het doel is om met minder input een gelijke verdien capaciteit te realiseren. De opzet van de proef bestaat uit twee strategieën: een referentiestrategie (gelijk aan praktijk) en een strategie die de principes van ICM (Integrated Crop Management) volgt. Bij de ICM-strategie wordt gewerkt met o.a. bouwplanverruiming, middelenpakket zonder zogenaamde Candidates for Substitution (CFS), waar mogelijk plaats- en tijdsspecifieke toediening van gewasbeschermingsmiddelen. BO Groen is een systeemproef gericht op gewasgezondheid.

De proef is in 2018 aangelegd in Lelystad, in eerste instantie voor 4 jaar onderzoek. Deze periode is met 4 jaar verlengd in 2022. Vanwege de actualiteit van het thema en de grondsoort specifieke uitwerking hiervan is er in 2020 een vergelijkbare systeemproef aangelegd op de zuidoostelijke zandgronden in Vredepeel.

### Stap 1: Systeem- en actoranalyse

Dit project is een 100% publiek gefinancierd project, waarbij een kernvraag is gesteld maar de precieze probleemdefinitie en oplossingsrichting bepaald moest worden. Door de betrokken beleidsmakers is over toekomstbeelden gesproken: hieruit is de visie 2030 ontstaan, welke aanleiding heeft gegeven tot het initiëren van dit project. Aangrijpingspunten hierin zijn bijvoorbeeld de EU-lijst van 'Candidates for Substitution (CFS)' geweest, een lijst waarop middelen staan die genomineerd zijn om de toelating ervan te laten vervallen. Onder andere deze lijst gaf aanleiding voor de kernvraag 'kunnen we een systeem bedenken waarbij we minder gebruik hoeven te maken van gewasbeschermingsmiddelen en bij voorkeur geen gebruik hoeven te maken van deze CFS-middelen?'.

Met betrekking tot actoren en stakeholders zijn er twee klankbordgroepen binnen het project ingesteld. Er is een klankbordgroep voor de akkerbouwcasus, en er is een klankbordgroep op programmaniveau (die naast de akkerbouwcasus ook andere casussen overziet). Beide klankbordgroepen bestaan uit (vertegenwoordiging van) diverse actoren: praktijk, overheid, onderzoekspartijen en ketenpartijen. De stakeholders zijn daarmee betrokken in het project, en kunnen ze meepraten over de gang van zaken binnen het project.

### Stap 2: Methodisch ontwerpen

Er is tijdens het ontwerpen gewerkt aan groslijsten van mogelijke oplossingen per gewas vanuit vier gewasbeschermingsdisciplines. Vervolgens is aan de hand van deze groslijsten in enkele bijeenkomsten een ICM-strategie per gewas geformuleerd met onderzoekers uit de verschillende disciplines, van zowel binnen als buiten WUR-OT). Hieruit is er een lijst samengesteld van wensen ten aanzien van de te vergelijken systemen, waaronder verschillende gewasrotaties (1 op 4 of 1 op 8), kerende en niet-kerende grondbewerking en een ecologisch high tech systeem met en zonder strokenteelt. De systemen die hieruit geselecteerd zijn, zijn de 1 op 4 en 1 op 8 systemen en het ecologisch high tech systeem zonder strokenteelt. Met deze keuze, zo werd beargumenteerd, kunnen gevalideerde uitspraken gedaan worden over de effecten van verruimen van de gewasdiversiteit in de tijd, performance van een gewasbeschermingssysteem met maximale benutting van ecologie, alternatieve middelen en maatregelen en minimale chemie met de nieuwste technologie in relatie tot huidige gangbare praktijk.

Ook wordt jaarlijks geëvalueerd of de specifiek gekozen ICM-strategie tot de gewenste resultaten leidt en nog de juiste strategie is. Mochten gewasopbrengsten en/of kwaliteit niet naar behoren zijn wordt er gekeken of alternatieve strategieën mogelijk zijn. Indien nodig en mogelijk worden aanpassingen gedaan voor de strategie in het komende teeltseizoen, denk hierbij bijvoorbeeld aan andere raskeuze of een aangepaste schimmelbestrijdingsstrategie.

### Stap 3: Anticiperen op nichevorming en structurele verandering

Aan de derde stap wordt binnen het project aandacht gegeven door middel van bezoeken door groepen aan het proefveld. Daarnaast worden delen van de in de BO Groen ontwikkelde en geteste ICM-strategie gebruikt in het Fieldlab van Boerderij van de Toekomst, wat op die manier een demoplatformfunctie heeft voor de ICM-



---

aanpak. Hierdoor worden de resultaten van BO Groen indirect gecommuniceerd naar buiten. Ook heeft het project gezorgd voor agendavorming, waardoor bijvoorbeeld het PPS project 'Integrale aanpak gewasbescherming voor de akkerbouw op zand' is ontstaan, een gelijksoortig project maar dan op zand i.p.v. zavel/klei. In dit project wordt gebruik gemaakt van tot nu toe geleerde lessen uit BO Groen.

Met betrekking tot het identificeren van mogelijke belemmeringen wordt in het project op regelgeving vooruitgelopen door het niet gebruik van gewasbeschermingsmiddelen van de CFS-lijst. Ook is er vanwege maatschappelijke discussie in eerste instantie gekozen om geen glyfosaat, geen pyrethroïden en geen neonicotinoïden te gebruiken.

---

## 4 Discussie, conclusies en aanbevelingen

### 4.1 Noodzaak van systeemonderzoek

In de inleiding is aangegeven dat het belang van integrale systeeminnovatie in landbouw en specifiek in de open teelten momenteel erg groot is gezien alle uitdagingen op gebied van klimaat, water, circulariteit en biodiversiteit in combinatie met productie van gewassen (voedsel, voer, non-food crops). Dit blijkt ook met de projecten rond Boerderij van de Toekomst in diverse regio's en verwacht wordt dat integrale systeemontwerpen in de toekomst belangrijker worden, mede gestimuleerd door de overheid met instrumenten als het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG).

Dit rapport heeft tot doel het ontwerpen van systemen zoals dat in de periode 1980-2010 ontwikkeld is nieuw leven in te blazen met name door een algemene structuur te bieden voor systeemontwerpen in de toekomst met de RIO-methodiek eventueel aangevuld met aspecten van de prototyperingsmethodiek. Afhankelijk van wat de opdracht is, wordt in het ene project meer aandacht besteed aan de eerste stap van de RIO-methodiek terwijl het andere project groter is en alle stappen worden doorlopen. Dit hoofdstuk bespreekt een aantal kanttekeningen die naar voren zijn gekomen uit evaluatie van een viertal lopende systeemprojecten met de RIO-methodiek en geeft aanbevelingen voor nieuwe systeemontwerpen.

### 4.2 Evaluatie van casestudies met de RIO-methodiek

Zoals ook eerder genoemd, zijn de systemen in de geëvalueerde casussen niet ontworpen volgens de RIO-methodiek. Ook is het soms het geval dat stappen (deels) uitgevoerd zijn in voorgaande of opvolgende projecten, of valt de stap simpelweg niet binnen de scope van het project. Toch hebben we elk ontwerpproces langs de RIO-methodiek gelegd, om te kijken of de stappen enigszins overeenkomen. Per hoofdstap wordt besproken wat de belangrijkste verschillen, overeenkomsten en geleerde lessen zijn.

#### 4.2.1 Hoofdstap 1: Systeem- en actoranalyse

De systeem- en actoranalyse is een stap die altijd uitgevoerd is, maar in de ene casestudie uitgebreider dan de andere. Dit ligt sterk aan het doel, de beschikbare tijd en de mensen die in een project meewerken. Ook lag er vanuit diverse projecten al veel informatie over de toestand van het systeem en betrokken actoren waardoor een uitgebreide analyse vaak niet nodig werd geacht.

De systeemanalyse (stap B) in deze hoofdstap komt overeen met de analyse en diagnose fase uit de prototyperingsmethodiek. In de diverse casestudies is deze stap vaak niet volledig uitgevoerd maar is er wel een duidelijk beeld van de uitdagingen in elk van de casestudies.

In deze stap worden ook toekomstbeelden geschetst, om op die manier een andere en meer gezamenlijke kijk te krijgen op bepaalde uitdagingen. Hoewel in de meeste casestudies geen uitgebreid toekomstbeeld gemaakt is wordt dit door de betrokkenen wel als aantrekkelijk en inspirerend gezien, vooral voor beleidsmakers en anderen met lange termijn strategische agenda's. Voor ondernemers en praktijkmensen voegen dit soort visies niet altijd veel toe, omdat ze te ver weg liggen om op te kunnen sturen en niet altijd even concreet zijn. Een alternatief zou kunnen zijn om een toekomstbeeld op kortere termijn te schetsen (+/- 5 - 10 jaar bijvoorbeeld). Een afgewogen besluit over de tijdshorizon van het toekomstbeeld is van belang omdat het zeer bepalend is voor de uitkomst van het ontwerpproces.

Naast de actoranalyse wordt in deze stap ook nagedacht over welke stakeholders daadwerkelijk worden betrokken in het ontwerpproces. Uit de evaluaties blijkt dat hier wel rekening mee gehouden is, en achteraf geconstateerd wordt dat dit misschien breder had moeten zijn. Het is een afweging tussen enerzijds een zo

---

breed mogelijk gedragen ontwerpproces en anderzijds voorkomen dat het ontwerpproces te veel gefrustreerd wordt door de 'remmers' bij betrokken stakeholders. Een juiste keuze van de te betrekken organisaties en ook de juiste mensen binnen de organisaties kan helpen om tot een breed gedragen en succesvol ontwerpproces te komen.

Stakeholders moeten ook voldoende lang betrokken worden om zo in het ontwerp te groeien en nieuwe oplossingen aan te kunnen dragen. Bijvoorbeeld in de casestudie van BASIS is na een aantal jaar het idee van de voorloze ploeg ontstaan als oplossing voor ondiep kerende grondbewerking in een rijpadenteelt. Het heeft enkele jaren geduurd voor dit idee bedacht was. Toch kan ook instroom van nieuwe stakeholders in het proces nodig zijn om nieuwe energie in het ontwikkelproces te krijgen.

Om tot een juiste keuze van stakeholders te komen en het gedrag van de stakeholders gedurende het proces te evalueren is gebruik van stakeholdermanagement essentieel. Met stakeholdermanagement wordt een stakeholderanalyse gemaakt waarbij gekeken wordt naar de positie van de stakeholder binnen het vraagstuk en wordt vervolgens gericht actie ondernomen om de juiste stakeholders te betrekken om zo het ontwerpproces beter te laten verlopen. De houding van stakeholders heeft alles te maken met de mogelijke (positieve of negatieve) gevolgen van de beoogde aanpassing en de omvang ervan. Stakeholdermanagement houdt rekening met de houding van de stakeholders en past daarop de strategie voor het ontwerpproces aan. Een nuttig naslagwerk hiervoor is "Invloed zonder macht – stakeholdermanagement in de praktijk" (Bulten et al., 2021).

#### 4.2.2 Hoofdstap 2: Methodisch ontwerpen

Op basis van de systeem en actoranalyse wordt in de tweede stap het daadwerkelijk ontwerp gemaakt. Hierbij gaat het om definitie van sleutelfuncties, opstellen van een morfologisch diagram en oplossingen voor functies. In geen van de casestudies zijn deze stappen exact op de wijze van de RIO-methodiek toegepast. In de casestudies is elk op eigen wijze wel gekeken naar doelen, functies en kansrijke oplossingsrichtingen. Achteraf kan de vraag gesteld worden of in alle casestudies voldoende breed naar mogelijke oplossingen gekeken is en ook naar de brede impact van oplossingen op het functioneren van het totale systeem. Er is een wens voor goed beschreven ontwerpmethodieken om te zorgen voor een voldoende brede insteek en voldoende beoordeling op alle relevante aspecten. De methodiek moet ook in staat zijn om strategieën en maatregelen van alle teeltaspecten (gewasbescherming, bemesting, grondbewerking etc.) te combineren tot een werkend systeem.

In de RIO-methodiek ontbreekt de stap uit de prototyperingsmethodiek waarin concrete doelstellingen, indicatoren en streefwaarden worden benoemd waarop het te ontwikkelen systeem getoetst wordt. Wel wordt in de RIO-methodiek in stap E een PvE per actor opgesteld en in stap F een overzicht aan sleutelfuncties, maar dit leidt nog niet tot een expliciete lijst aan indicatoren met streefwaarden waarop het ontwerp getoetst wordt. Het is wenselijk om dit aan de RIO-methodiek toe te voegen.

In het ontwerpproces, zeker bij het brainstormen over potentiële oplossingen, is het van belang voldoende creativiteit en expertise te hebben over de volle breedte van het systeem. Het is dan ook bepalend welke mensen aanwezig zijn bij dit proces. Het ontwerp van de Boerderij van de Toekomst is breed door de brede insteek en het betrekken van een brede groep experts en stakeholders. Het ontwerp van BO Groen is specifiek gericht doordat vooral experts en stakeholders uit de gewasbescherming betrokken waren en de focus op de gewasbeschermingsproblematiek lag. De integrale systeemaanpak benadrukt het samenwerken tussen werkvelden voor het creëren van toegevoegde waarde. Het kan vervolgens een bewuste keuze zijn om bepaalde problemen af te bakenen en niet te behandelen, maar het is belangrijk ze wel te definiëren om zo het bewustzijn van de aanwezigheid van deze problemen te vergroten en eventueel in een later stadium wel mee te nemen wanneer blijkt dat geselecteerde oplossingen niet werken. Daarnaast zijn diverse werkwijzen mogelijk om creativiteit bij experts en stakeholders te stimuleren, bijvoorbeeld door verschillende belanghebbenden zich eens te laten verplaatsen in een andere rol bij het bedenken van oplossingen. Hiermee stimuleer je de brede benadering en krijgen verschillende stakeholders en actoren meer begrip voor elkaar. Ook in de prototyperingsmethodiek ligt op dit punt een valkuil dat onvoldoende breed naar de mogelijke oplossingsrichtingen gekeken wordt.

---

Wanneer een (theoretisch) ontwerp is gemaakt kan het ontwerp getest en verbeterd worden in een systeemexperiment. Dit is geen expliciet onderdeel van de RIO-methodiek maar kan een onderdeel zijn van stap J. Dit is vooral de plaats voor het testen van nieuwe maatregelen in systeemverband zoals in de afgelopen jaren is gebeurd in de proeven van BASIS, BKZ en BO Groen. Het is gewenst om deze expliciete stap in de prototypingsmethodiek op te nemen in de RIO-methodiek voor ontwerpen in de open teelten. Het testen en verbeteren kan ook gezien worden als onderdeel van stap N, pilots op niche-niveau, met name voor het testen en verbeteren van integrale systeemontwerpen zoals in de Boerderij van de Toekomst is gebeurd. Dit is iets om nog verder uit te werken.

Het testen en verbeteren in een experiment of de praktijk is een belangrijke stap die goed gepositioneerd moet zijn in de methodiek. Door het ontworpen systeem op semi-praktijkschaal een aantal jaar te testen kan bepaald worden of het systeem ook functioneert en zijn er mogelijkheden om het systeem te verbeteren voordat implementatie in de praktijk plaatsvindt. In een bedrijfssysteem in de open teelten is de vraagstelling vaak zo dat ook experimenten op semi-praktijkschaal mogelijk zijn, waarbij met een relatief klein budget al een aantal stappen gemaakt kunnen worden. Dit zorgt ervoor dat een ontwerp in de akkerbouwsector in de belangrijkste aspecten van het systeem getoetst kunnen worden. Dit kan zowel voor- als nadelen hebben. Een nadeel kan zijn dat er te snel van start gegaan wordt met experimenteren, zonder dat er van tevoren een goed ontwerp gemaakt is en/of goed afgestemd is met stakeholders. Een voordeel is dat er al redelijk snel eerste resultaten te zien zijn zonder al te grote investeringen.

Wanneer het systeem als proef aangelegd wordt, worden proefplannen opgesteld aan de hand van het voorgestelde systeem. Ook moet hierin worden gedacht aan de locatie van de proef, deze moet representatief zijn voor de doellocatie van de uiteindelijke implementatie van het systeem. Systemen met regio specifieke problemen dienen dus in het 'probleemgebied' aangelegd te worden. Jaarlijks kunnen de resultaten van de proef geëvalueerd worden en kan het ontwerp bijgesteld worden om tot een beter resultaat te komen. Omdat dit bijsturen/aanpassen van het ontworpen systeem in de open teelten relatief makkelijk kan, gebeurt het regelmatig dat een ontwerp snel wordt aangelegd om hypothesen te toetsen, en vindt de iteratie van de ontwerpstappen deels in de praktijk plaats in plaats van op papier. Zo kunnen werkelijke uitkomsten gebruikt worden in het verdere ontwerp en implementatie van het systeem.

#### 4.2.3 Hoofdstap 3: Anticiperen op nichevorming en structurele verandering

De derde stap uit de RIO-aanpak wordt wisselend behandeld in de beschreven casestudies in de open teelten. Vanuit de casestudies is veel aandacht voor communicatie via diverse kanalen (rapporten met resultaten, vakbladartikelen, presentaties voor diverse groepen, open dagen, excursies et cetera). Deze communicatie naar buiten en zorgen voor aandacht voor het onderwerp met onderkenning dat er een probleem is, werkt aan draagvlak voor de gekozen oplossingen. Echter de strategie om tot gerichte systeemverandering in de praktijk te komen is in de casestudies vaak beperkt aanwezig, daarop zijn de communicatie-activiteiten onvoldoende gericht op de concrete benodigde veranderingen voor het individu.

Een belangrijk onderdeel uit deze stap is de identificatie van belemmeringen, zowel in wet- en regelgeving als culturele en maatschappelijke belemmeringen. Zeker in de open teelten zijn regio specifieke factoren vaak bepalend. Ook uitdagingen zijn vaak regio specifiek, gezien de grote verschillen tussen teeltgebieden. Daarnaast kunnen vergunning technische belemmeringen spelen, bijvoorbeeld bij het aanleggen van een agroforestry of compostering van eigen organisch afval. Ook vergen bepaalde aanpassingen culturele veranderingen. Zo hebben telers vaak jarenlange ervaring met bepaalde managementtechnieken, welke ze niet zomaar zullen aanpassen.

Ook is deze stap belangrijk om te peilen of er daadwerkelijk vraag en draagvlak is voor de geboden vernieuwing. Wanneer netwerken om hiermee aan de slag te gaan vanzelf ontstaan, kan dit een goed teken zijn. Wanneer dit niet het geval is, zal gekeken moeten worden waardoor deze mismatch ontstaat. In sommige gevallen is de praktijk er (nog) niet klaar voor, in andere gevallen zou het kunnen zijn dat de oplossing niet integraal genoeg is, waardoor bij implementatie ergens anders weer problemen ontstaan. Doordat deze stap parallel loopt aan stap 1 en 2, kunnen bij dit soort conclusies nog aanpassingen gedaan worden in het systeem.

---

#### 4.2.4 Toepassing van de RIO-methodiek in systeemonderzoek open teelten

RIO is ontwikkeld binnen de veehouderijsector, waardoor er een aantal wezenlijke verschillen zijn met het ontwerpen van een systeemproef in de open teelten. Tot voor kort werd RIO beperkt ingezet in de open teelten. Recent is er een artikel verschenen waarin de RIO-methodiek ingezet wordt voor het ontwerpen van innovatieve gewasbeschermingsstrategieën (Moreira et al., 2023). In dit artikel wordt benadrukt dat door de systematische aanpak van RIO veel breder gekeken wordt dan alleen de huidige oplossingen op gebied van gewasbescherming en het daardoor tevens een geschikte methode is voor plantaardige productiesystemen zoals in de open teelten.

Ondanks dat de ontwerpprocessen in de casestudies niet opgezet zijn aan de hand van de RIO-methodiek, zijn veel van de onderdelen wel behandeld. Dit heeft er mee te maken dat de prototypingsmethode, welke veel gebruikt werd in de eerdere akkerbouwmatige systeemontwerpen (zoals BASIS en BKZ) vanuit de technische aspecten deels overeenkomt met RIO. BO Groen kent juist een focus op het testen en ontwikkelen van technologische aspecten, waarbij ook rekening gehouden wordt met sociale aspecten. Van de vier casestudies is BvdT-ZO de meest recente. Bij dit ontwerpproces wordt de meeste nadruk gelegd op de betrokkenheid van stakeholders en het sociale domein, waarbij veel overeenkomsten te vinden zijn met de RIO-methodiek. In de casestudies BASIS, BKZ en BO Groen zijn in de ontwerpfasen stappen deels door elkaar gelopen, waardoor er soms al een systeemproef aangelegd is zonder dat de details al uitgewerkt waren. Of er is niet eerst gekeken naar brede potentiële oplossingen en alternatieven omdat er al een oplossing in gedachten was. Dit hoeft het proces niet te belemmeren, maar bewust de verschillende stappen nalopen vergroot de kans om een succesvolle systeemverandering te bewerkstelligen.

De projecten met systeemonderzoek binnen WUR Open Teelten zijn verschillend van oorsprong in vraag, budget, beschikbare tijd voor het ontwerp. Het is dus specifiek per project welke stappen van de RIO-methodiek doorlopen kunnen worden en op welke wijze. Daarnaast is het totale ontwerpproces soms uitgesmeerd over een langere tijdsperiode in verschillende projecten met verschillende opdrachtgevers en/of betrokken stakeholders. Ook zijn oplossingsrichtingen soms al aan de voorkant gekozen waardoor mogelijk niet de meest effectieve ontwerpen tot stand komen.

In het systeemonderzoek loopt daarnaast ook vaak het ontwerpen en het wetenschappelijk en statistisch verantwoord toetsen van onderdelen van het systeem (vaak maatregelen) naast elkaar. We vergelijken dan vaak onderdelen van het systeem met een referentie waarbij soms vanuit deze wens tot een wetenschappelijk vergelijk niet gekozen wordt voor een uitvoering van het systeem dat ook het best past bij de doelen van het ontwerp. Wel kunnen op deze wijze beoogde oplossingsrichtingen goed getoetst worden waarbij duidelijk wordt of deze effectief zijn in het licht van de gestelde doelen.

Tot slot is van belang om voldoende aandacht te hebben voor de stappen in hoofdstap 3 die bijdragen aan het realiseren van de vernieuwingen in de praktijk en het opheffen van belemmeringen. Hoewel een deel van de belemmeringen niet met onderzoek opgelost kan worden is het wel van belang voldoende aandacht te vragen voor deze belemmeringen bij stakeholders om de ontwerpen ook daadwerkelijk te kunnen realiseren.

### 4.3 Verder werken aan verbeteren systeemontwerpen in de open teelten

De wens van de auteurs is om de RIO-methodiek, aangepast aan de situaties als leidraad in ontwerptrajecten in de open teelten te gebruiken binnen WUR Open Teelten (en daarbuiten). Hierbij is het van belang om meer bekendheid te geven aan de methodiek en de toepassings(on)mogelijkheden. Dit kan in eerste instantie door het organiseren van een brede lunchlezing om het onderwerp onder de aandacht te brengen. Vervolgens kan in een uitgebreidere informatiebijeenkomst een groep geïnteresseerden de methodiek in meer detail uitgelegd krijgen. Wanneer onderzoekers daadwerkelijk met de methodiek aan de slag gaan kan het goed zijn om een training te organiseren. Met name voor dit laatste kan ook gebruik gemaakt worden van de kennis en ervaring bij de leerstoelgroep Agricultural Biosystems Engineering. Daarnaast is het van belang de (aangepaste) RIO-methodiek bewust mee te nemen in het ontwikkelen van nieuwe projectvoorstellen waarin nieuwe landbouwsystemen worden ontworpen.

---

De RIO-methodiek heeft een sterke focus op welke processtappen doorlopen zouden moeten worden, maar er is relatief weinig aandacht voor hoe de technisch inhoudelijke kant van het systeem ontworpen wordt, bijvoorbeeld ook wat betreft doelstellingen, indicatoren en streefwaarden en het testen en verbeteren. Hierdoor blijft de inhoudelijke invulling van zo'n ontwerpproces sterk afhankelijk van betrokken expertises. In het Boerderij van de Toekomst ontwerpproces zijn bijvoorbeeld wel doelen gesteld op het gebied van (fossiele) energie, maar omdat er in de verdere uitwerking niet direct iemand betrokken was met expertise op dit gebied blijft dit nog onderbelicht in de verdere uitwerking en uitvoering. Om dit soort dingen af te dekken zijn er verschillende instrumenten beschikbaar. Het is gewenst om te werken aan een aangepaste en verbeterde RIO-methodiek die de belangrijke en sterke aspecten vanuit de meer technische methodes als de prototyperingsmethodiek en de ICM-methodiek meenemen en uitbreiden. Voor andere terreinen binnen open teelten dan gewasbescherming moeten vergelijkbare methodieken ontwikkeld worden (bijvoorbeeld op gebied van vruchtwisseling, bemesting en organische stofbeheer en grondbewerking). Daarnaast is ook de vraag hoe dan de verschillende onderdelen systematisch geïntegreerd worden tot een nieuw werkend systeem dat voldoet aan de doelstellingen.

## 4.4 Conclusies en aanbevelingen

- Integrale systeemontwikkeling in de open teelten is van groot belang gezien de grote maatschappelijke uitdagingen. WUR Open Teelten heeft op dit terrein veel ervaring maar het is gewenst de methodieken van systeemontwerp te vernieuwen en te uniformeren.
- De RIO-methodiek is gericht op het creëren van een ontwerp gebaseerd op de huidige problematiek, dat voldoet aan de behoeften en verwachtingen van de gebruikers, terwijl tegelijkertijd rekening wordt gehouden met technische haalbaarheid en zakelijke vereisten.
- De RIO-methodiek biedt geschikte handvatten voor het ontwerpen van systemen in de open teelten. Veelal zijn dit projecten waar boeren bij betrokken zijn als uitvoerder maar niet per se als mede ontwikkelaar van het voorgestelde systeem. De RIO-methodiek biedt door structurele stakeholderbetrokkenheid meer mogelijkheden om stakeholders in de gewenste onderdelen van het ontwerp mee te laten denken.
- De RIO-methodiek biedt mogelijkheden om een systeem te ontwerpen dat verder gaat dan alleen een systeemproof. Het sociale en maatschappelijke aspect zorgt naast de technologische aspecten voor een systeemverandering, een systeemproof is 'slechts' een middel voor het bewerkstelligen van een systeemverandering.
- Vier bestaande systeemonderzoeken of -ontwerpen in de open teelten zijn geëvalueerd in hoeverre de elementen uit de RIO-methodiek zijn gebruikt. Op basis hiervan zijn een aantal belangrijke lessen benoemd. De belangrijkste zijn:
  1. Betrek mensen van een zo breed mogelijk speelveld in het ontwerpproces, zowel onderzoekers als stakeholders om voldoende creativiteit en breedheid in mogelijke ontwerprichtingen te krijgen.
  2. Bied een veilige vertrouwelijke omgeving aan tijdens het ontwerpproces, zodat actoren ruimte hebben voor uitwisseling van standpunten, begrip voor elkaars standpunt kunnen krijgen en gezamenlijk naar oplossingen kunnen toewerken.
  3. Werk in de communicatie van resultaten gericht aan draagvlak en oplossen van knelpunten in de implementatie van de gekozen oplossingsrichtingen in de ontwerpen.
  4. Betrek verschillende werkvelden om een zo integraal mogelijke oplossing te bewerkstelligen, onderwerpen (van buiten het werkveld) die binnen het onderzoek niet behandeld (kunnen) worden dienen op zijn minst gerapporteerd te worden.
- Het is van belang om de RIO-methodiek verder te ontwikkelen zodat deze beter de specifieke systeemontwikkelingsaspecten van de open teelten meeneemt en de technische ontwerpbouwstenen ook in de methodiek verwerkt worden zoals het vaststellen van doelen, indicatoren en streefwaarden en het testen en verbeteren uit de prototyperingsmethodiek en de ICM-aanpak in de systeemprouwen rond gewasbescherming.
- Om de RIO-methodiek als kapstok in ontwerptrajecten te gebruiken binnen WUR Open Teelten en daarbuiten is het van belang om:
  - Meer bekendheid te geven aan de methodiek en de toepassingsmogelijkheden door o.a. lunchlezingen, informatiebijeenkomsten en trainingen, hierbij kan ook gebruik gemaakt worden van de kennis en ervaring bij de leerstoelgroep Agricultural Biosystems Engineering.

- 
- De methodiek bewust mee te nemen in nieuwe projectvoorstellen waar nieuwe landbouwsystemen worden ontworpen.
  - Bij bespreking en gebruik de RIO-methodiek kritisch te evalueren en aan te passen of nader uit te werken op aspecten waar dit nodig is.

---

## 5 Literatuur

- Balen, D. J. M. van, van Asperen, P., van Leeuwen-Haagsma, W. K., Wesselink, M., & Cuperus, F. (2019). *Aardappel: telen zonder ploegen*. <https://edepot.wur.nl/548352>
- Balen, D. J. M. van, van Asperen, P., Haagsma, W., Wesselink, M., & Huizinga, K. (2022). *Suikerbiet: telen zonder ploegen*. <https://edepot.wur.nl/564458>
- Balen, D. J. M. van, Dekkers, M. S., Huizinga, K. (2023). Updates uit BASIS 2021-2022. Wageningen University & Research. <https://edepot.wur.nl/629949>
- Berge, H. F. M. ten, & Postma, J. (2010). *Duurzaam bodembeheer in de Nederlandse landbouw: visie en bouwstenen voor een kennisagenda*. Plant Research International. <https://edepot.wur.nl/167923>
- Bos, A. P., Koerkamp, P. G., Gosselink, J. M. J., & Bokma, S. (2009). *Reflexive interactive design and its application in a project on sustainable dairy husbandry systems*. Outlook on AGRICULTURE, 38(2), 137-145. <https://doi.org/10.5367/000000009788632386>
- Bos, A. P. (2010). *Reflexive interactive design (RIO)= Reflexive interactive design (RIO)* (No. 344). Wageningen UR Livestock Research. <https://edepot.wur.nl/134709>
- Bulten, W., Jansma, J. E., & Potters, J. I. (2021). *Invloed zonder macht: Stakeholdermanagement in de praktijk*. Wageningen University & Research. <https://edepot.wur.nl/545712>
- Elzen, B. (2022). *Verduurzaming van Landbouw en Samenleving: Handvatten voor een Praktische Aanpak*. Wageningen University & Research. <https://edepot.wur.nl/583911>
- Dawson, A., Norén, I. S., Sukkel, W., Cuperus, F., Schoutsen, M., Vijn, M., & Visser, A. (2019). *Inspiratie voor een biodiverse akkerbouw: Bouwstenen voor integratie van biodiversiteit in de bedrijfsvoering*. Wageningen University & Research, Open Teelten. <https://edepot.wur.nl/504070>
- Dekkers, M. S., Trip, M., van Balen, D., Huizinga, K., Haagsma, W., Sprangers, T., & Wesselink, M. (2023). Effects of reduced tillage on (cash) crop yields, soil quality and other ecosystem services : results from 2009 till 2022 of the long term experiment BASIS, the Netherlands. (Report / Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Field Crops; No. WPR-OT-1033). Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Field Crops. <https://doi.org/10.18174/635821>
- Haan, J. de, Wesselink, M., van Dijk, W., Verstegen, H., van Geel, W., & van den Berg, W. (2018a). *Biologische teelt op een zuidelijke zandgrond: opbrengst, bemesting, bodemkwaliteit en stikstofverliezen: Resultaten van het biologische bedrijfssysteem van het project Bodemkwaliteit op zand in de periode 2000-2016*. (Wageningen Plant Research Rapport; No. WPR-755). Wageningen University & Research, Praktijkonderzoek AGV. <https://doi.org/10.18174/440225>
- Haan, J. de, Wesselink, M., van Dijk, W., Verstegen, H., van Geel, W., & van den Berg, W. (2018b). *Effect van organische stofbeheer op opbrengst, bodemkwaliteit en stikstofverliezen op een zuidelijke zandgrond: Resultaten van de gangbare bedrijfssystemen van het project Bodemkwaliteit op zand in de periode 2011-2016*. (Wageningen Plant Research Rapport; No. WPR-754). Wageningen University & Research, Praktijkonderzoek AGV. <https://doi.org/10.18174/440226>
- Haan, J. J. de, van Geel, W. C. A., Verstegen, H. A. G., Hendriks-Goossens, V. J. C., & Zwart, K. B. (2010). *Nutriënten Waterproof: Nitraatnorm op zand verdraagt geen intensieve landbouw*. (PPO / rapport). Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. <https://edepot.wur.nl/134162>



---

Haan, J. J. de (2005). Nutriënten waterproof: interne rapportage van de planvormingsfase. (Rapport / PPO-AGV). Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Haan, J. J. de (2002). *Integrated and ecological nutrient management*. (VEGINECO project report; No. no. 3). Applied Plant Research. <https://edepot.wur.nl/11787>

Haan, J. J. de, & Garcia Diaz, A. (2002a). *Manual on prototyping methodology and multifunctional crop rotation*. (VEGINECO project report; No. no. 2). Applied Plant Research. <https://edepot.wur.nl/11786>

Haan, J.J. de; Garcia Diaz, A. eds. (2002b). *Proceedings VEGINECO-workshop, 20-21 June 2001, Amsterdam* VEGINECO project report no. 6. Applied Plant Research, Lelystad, NL. <https://edepot.wur.nl/11749>

Hopster, G.K. and Visser, A.J. (2002) *Ecological infrastructure management*. VEGINECO project report no. 5. Applied Plant Research, Lelystad, NL. <https://edepot.wur.nl/115362>

Huizing, H., & Allema, B. (2022). *Monitoring trips, uienvlieg en bonenvlieg in systeempoeven met uien: Rapportage proefjaar 2021* (No. 2022-05). Uireka. <https://edepot.wur.nl/579887>

Moreira, T., Koerkamp, P. G., Janssen, A., Stomph, T. J., & van der Werf, W. (2023). *Breaking the mould: Developing innovative crop protection strategies with Reflexive Interactive Design*. Agricultural Systems, 210, 103727. <https://edepot.wur.nl/637361>

Peters, R., & Riemens, M. (2021). *Handelingsperspectieven voor Zwarte Roest: Literatuuronderzoek en kennisinventarisatie praktijk* (No. WPR-OT-1006). Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten. <https://edepot.wur.nl/590796>

Rittel, H.W.J., Webber, M.M, 1973. *Dilemmas in a General Theory of Planning*. Policy Sciences, 4, 155-169. <https://doi.org/10.1007/BF01405730>

Smit, A. L., de Haan, J. J., & Zwart, K. B. (2005). *Kan de akkerbouw en groenteteelt op zandgrond voldoen aan de nitraatnorm?: resultaten experimenteel onderzoek op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik*. (Telen met toekomst; No. OV0502). Plant Research International. <https://edepot.wur.nl/28465>

Sukkel, W., & Garcia Diaz, A. (2002a). *Final report on the VEGINECO project*. (VEGINECO project report; No. no. 1). Applied Plant Research. <https://edepot.wur.nl/11300>

Sukkel, W., & Garcia Diaz, A. (2002b). *Integrated and Ecological Crop Protection (I/ECP)*. In W. Sukkel, & A. Garcia Díaz (Eds.), *Integrated and ecological crop protection* (pp. 8-20). (VEGINECO project report; No. 4). <https://edepot.wur.nl/11545>

Vereijken, P. (1997) *A Methodical Way of Prototyping Integrated and Ecological Arable Farming Systems (I/EAFS) in Interaction with Pilot Farms*. Developments in Crop Science, 25, 293-308. [https://doi.org/10.1016/S0378-519X\(97\)80029-3](https://doi.org/10.1016/S0378-519X(97)80029-3)

Vereijken, P. (1999) *Manual for prototyping integrated and ecological arable farming systems (I/EAFS) in interaction with pilot farms*. AB-DLO. Wageningen. <http://edepot.wur.nl/17748>

Vervuurt, W., Selin-Norén, I., Wesselink, M., Verstegen, H., van Balen, D., Haagsma, W., ... & de Haan, J. (2021). *Indicatoren voor systeemonderzoek in de open teelten en de toepassing daarvan in de systeempoeven van de PPS Beter Bodembeheer* (No. WPR-899). Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten. <https://edepot.wur.nl/554803>

Visser, C. de, Sukkel, W., Kempenaar, C. Wal, T. van der, Wolf, P. de, Visser, A., Smit, B., Schoorlemmer, H., Schoutsen, M. Klompe, K., Veldhuisen, B., Selin-Noren, I., Dijk, C. van, Hol, S., Voort, M. van der, Janssens,

---

B., 2020. Ontwerp Boerderij van de Toekomst; ontwerp. Wageningen Research, Rapport WPR-823. <https://edepot.wur.nl/520716>

Weide, R. Y. van der, van Alebeek, F. A. N., & van den Broek, R. C. F. M. (2008). *En de boer, hij ploegde niet meer?: literatuurstudie naar effecten van niet kerende grondbewerking versus ploegen*. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Sector Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenteteelt. <https://edepot.wur.nl/3507>

Wesselink, M. (2022). 11 jaar kennis uit BKZ: Bodemkwaliteit op zand. <https://edepot.wur.nl/570408>

Wesselink, M., Fuchs, L., Sprangers, T., de Jonge, I., van Haperen, A., van Dee, M., & de Wolf, P. (2022a). *Projectplan Boerderij van de Toekomst zuidoostelijk zand* (No. WPR-OT 953). Wageningen Plant Research. <https://edepot.wur.nl/579738>

Wesselink, M., van Balen, D. J. M., & Dekkers, M. S. (2022b). 12 jaar kennis uit BASIS: BASIS. <https://edepot.wur.nl/570418>

Wesselink, M., van Gestel, S., Uyttendaele, S. A. L., Saarloos, A., Brinkman, E. P., Kurm, V., ... & Haan, J. J. (2023). Effects of non-inversion tillage on ecosystem services on a sandy soil: results of the period 2011-2021 of the long-term experiment Soil quality on sandy soil in Vredepeel, the Netherlands (No. WPR-OT-1040). Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business Unit Field Crops. <https://edepot.wur.nl/638690>

Wijnands, F. G., & Sukkel, W. (2002). Methodology for prototyping integrated and organic farming systems. In *Manual on prototyping methodology and multifunctional crop rotation* (No. 2, pp. 8-16). Applied Plant Research BV. <https://edepot.wur.nl/11786>

Wijnands, F. G., & Kroonen-Backbier, B. (2002a). *Biologische akkerbouw: Zuidoost Nederland*. (PPO-Bedrijfssystemen; No. 2002-nr. 2). Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. <https://edepot.wur.nl/27226>

Wijnands, F. G., & Kroonen-Backbier, B. (2002b). *Geïntegreerde akkerbouw: Zuidoost Nederland*. (PPO-Bedrijfssystemen; No. 2002-nr. 10). Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. <https://edepot.wur.nl/11328>

---

# Bijlage 1 Resultaten uit Bodemkwaliteit op Zand

Voor de zuidelijke zandgronden ontwikkelt Bodemkwaliteit op Zand maatregelen voor duurzaam bodembeheer. Dit gebeurt op WUR-proefbedrijf Vredepeel in zowel gangbare als biologische teeltsystemen. In het gangbare deel vergelijken de onderzoekers een systeem met lage organische stofaanvoer zonder organische stof uit mest met een systeem op basis van een standaardaanvoer van organische stof. In alle systemen onderzoekt het team de effecten van extra compostaanvoer en vergelijkt het de effecten van ploegen met niet-kerende grondbewerking (NKG). Wat doen deze werkwijzen met opbrengsten, bodemkwaliteit en stikstofuitspoeling?

## *Voordelen & uitdagingen*

Vijf belangrijke punten komen naar voren uit de jaren van onderzoek:

- *NKG* – Dit kan op zandgrond. Het kost geen opbrengst, bespaart licht op de kosten, kost in biologisch meer handwerk en levert geen meerwaarde voor de koolstofvastlegging en de algemene bodemkwaliteit.
- *Nitraatuitspoeling op het zuidoostelijk zand* – Het is mogelijk om onder de norm te blijven met de uitspoeling in de biologische en gangbare systemen. Daarbij draagt een vruchtwisseling met relatief veel rustgewassen (granen, groenbemesters en grassen). Een bemesting die rekening houdt met de mineralisatie uit gewasresten, groenbemesters en mest draagt bij aan de lage uitspoeling, samen met gedeelde mestgiften en bijmestsystemen. Toepassing hiervan vraagt extra tijd, kennis en moeite van de telers.
- *Compost* – Die is positief voor de opbrengst bij lage bodemvruchtbaarheid. Het heeft een verhogend effect op de uitspoeling, waarschijnlijk vanwege de nawerking van stikstof. Compost is positief voor de koolstofvastlegging.
- *Kunstmest* – Alleen hiermee bemesten leidt tot beperkt lagere opbrengsten, afhankelijk van het type gewas. Enkel kunstmest toepassen heeft een negatief effect op het organische stofgehalte. Visueel blijft het gewas vaak achter.
- *Biologisch* – Dit systeem blijft gemiddeld 20 procent achter op gangbaar, maar in jaren met een lage ziekte- en plagendruk benadert biologisch in opbrengst gangbaar, ondanks de veel krappere bemesting.

De conclusies uit Bodemkwaliteit op Zand zijn 1) dat binnen de huidige bemestingsnormen goed organisch stofbeheer mogelijk is met lage uitspoeling, 2) dat NKG kan op de zuidoostelijke zandgrond zonder dat het extra's oplevert of kost en 3) dat goed bodembeheer kennis en ervaring bij de telers vraagt.

## *Doorgaan*

Het onderzoek van Bodemkwaliteit op Zand brengt nieuwe ervaringen en daarmee vervolgvragen. Die gaan over:

Vragen waar het team dit jaar aan werkt:

- *NKG* – In de proeven lijkt dit de stikstofuitspoeling te beperken. Beperkt NKG de stikstofuitspoeling werkelijk?
- *Bodembiologie* – Wat gebeurt hiermee in de verschillende systemen van teelt en bodembeheer? Zijn verschillen in de proeven te verklaren met meer kennis van de bodembiologie?

Vragen voor de verdere toekomst

- *Minder intensieve grondbewerking* – NKG levert nog weinig op qua bodemkwaliteit. Wat leveren extremere varianten van verminderde grondbewerking op zoals directzaai? Is dit ook mogelijk zonder verlies aan opbrengst?
- *Evenwicht*....De systemen met verschillen in organische stofaanvoer hebben nog geen evenwicht bereikt. Voortzetting is daarom interessant. Wat zou dat nieuwe evenwicht betekenen voor de bodemkwaliteit, de emissies en de opbrengsten? Specifieke vragen zijn:
  - *Compost* – Wat doet dat met de nitraatuitspoeling op lange termijn?
  - *Kunstmest als enige meststof* – Wat doet dit met de bodemkwaliteit en de opbrengst op lange termijn?

- *Biologisch* – Is dat teeltsysteem verder te optimaliseren? Zijn er geschikter rassen voor dit systeem met meer resistenties of zijn er meer andere mogelijkheden om ziekten en plagen te beheersen? En kunnen we de bemesting rondzetten met alleen biologische mest en reststromen?

De tabel geeft een overzicht van resultaten uit Bodemkwaliteit op Zand:

Gereduceerde grondbewerking		
Productiviteit	●	Bouwplanopbrengst gelijk; meeropbrengst in aardappel en zomergerst
Vochthuishouding en waterinfiltratie	○	Indicatie voor verbeterde watervasthoudend vermogen
Waterkwaliteit	●	Statistische trend voor lagere N-min najaar, mogelijk een verminderde nitraatuitspoeling
NPK aanvoer/ efficiëntie/ overschotten	●	Geen effect i.v.m. gelijke opbrengsten
Koolstofvastlegging	●	Geen koolstofvastlegging
Hoeveelheden biodiversiteit	○	Geen effect
Organische stof aanvoer – LAAG		
Productiviteit	●	Verlaagde opbrengsten
Vochthuishouding en waterinfiltratie	○	Geen effect
Waterkwaliteit	●	Gemiddeld lagere nitraatuitspoeling, niet significant
NPK aanvoer/ efficiëntie/ overschotten	●	Overschotten en efficiënties vergelijkbaar met STANDAARD
Koolstofvastlegging	●	Geen effect
Hoeveelheden biodiversiteit		Geen waarnemingen
Organische stof aanvoer – Compost		
Productiviteit	●	Hogere opbrengsten in LAAG, geen effect in STANDAARD
Vochthuishouding en waterinfiltratie	○	Geen visuele of gemeten effecten
Waterkwaliteit	●	Gemiddeld lagere N-min, niet significant
NPK aanvoer/ efficiëntie/ overschotten	●	Hogere overschotten, efficiënties nemen af
Koolstofvastlegging	●	Significante toename
Hoeveelheden biodiversiteit		Geen waarnemingen

■ Negatief	■ Neutraal positief	● Sterk onderbouwd
■ Negatief neutraal	■ Positief	○ Zwak onderbouwd
□ Neutraal	■ Onbekend	

De meerjarige bodemsysteemproef Bodemkwaliteit op Zand maakte tussen 2017 en 2022 deel uit van de Publiek-Private Samenwerking Beter Bodembeheer. Het unieke aan het onderzoek is dat het de langjarige effecten van bodemmaatregelen en combinaties daarvan volgt. Zo leren we de effecten van bodemmaatregelen in de praktijk kennen. De proeven sluiten aan op de boerenpraktijk, omdat ze gebeuren op semipraktijkschaal en met machines die op praktijkbedrijven gebruikt worden. Het onderzoek kiest voor gewassen die in de regio veelvuldig voorkomen. De proeven zijn bij uitstek geschikt als platform voor open dagen en studiegroepen en vaak daarbij gebruikt. Ander onderzoek bouwt voort op de opgedane kennis en ervaring.

---

## Bijlage 2 Resultaten uit BASIS

BASIS 12 jaar kennis uit BASIS Op het bedrijf van WUR Open Teelten in Lelystad ligt sinds 2009 de bodemsysteemproof BASIS. Binnen deze proef draait het om de toepasbaarheid van maatregelen voor duurzaam bodembeheer op de centrale zeeklei. De proef beslaat zowel biologische als gangbare percelen. BASIS vergelijkt de effecten van ploegen en niet-kerende grondbewerking (NKG) met en zonder woelen op opbrengst en bodemkwaliteit.

Binnen BASIS variëren de onderzoekers daarnaast met hoeveelheden compost en maaimeststoffen en kijken ze naar de effecten van groenbemesters. De proef heeft in het gangbare systeem een vierjarig bouwplan en in het biologische systeem een zesjarig bouwplan. Gewassen zijn in lijn met wat de standaard is voor de regio. In de hele proef werkt het team met onbereden beddenteelt (vaste rijpaden).

### *Wat leren we uit 12 jaar BASIS?*

Deze belangrijke punten komen naar voren uit het onderzoek:

- *NKG en gewasopbrengst* – Deze methode gaat prima samen met de teelten suikerbiet, aardappel en graan. Opbrengsten zijn vergelijkbaar met wel ploegen. Teelten van fijnzadige gewassen zijn met NKG een grotere uitdaging. Dit vergt o.a. aangepaste zaaitechniek. Zaaieuwen brengen gemiddeld dezelfde opbrengst als met ploegen, peen heeft met NKG een lagere opbrengst.
- *NKG en organische stof* – De onderzoekers vinden een hoger organisch stofgehalte in de bovenlaag van de grond en een tendens naar toename in de hele bouwvoor. In het biologische systeem vonden zij een verhoogde koolstofvastlegging, in het gangbare systeem (nog) niet.
- *NKG en stikstof* – De totale hoeveelheid stikstof neemt toe in de bodem bij NKG. Dit zorgt nog niet voor meer stikstof voor het gewas. Bij NKG komt stikstof uit mineralisatie wat later in het seizoen vrij. Dat komt omdat de groenbemesters later verteren.
- *Slemp en biodiversiteit* – Niet-kerend werken houdt de bodem langer bedekt met groenbemesters en gewasresten, waardoor minder verslemping optreedt. NKG verstoort de bodem minder, wat positief is voor de biodiversiteit, microbieel leven en de diversiteit aan wormen en geleedpotigen.
- *Onkruid* – De onkruiddruk neemt toe bij NKG. In de 1 eerste jaren gaat dat om straatgras en muur en later om andere onkruiden. Vooral nakiemers zijn aanwezig. In het biologische systeem is extra werk nodig: eggen, schoffelen en handwieden.
- *Ziektewerendheid* – Bij NKG kan de ziekteverendheid toenemen. De toename van antagonisten vertaalt zich niet altijd in een hogere ziekteverendheid. Dit verschilt per jaar en per gewas.
- *Mechanisatie* – Het is mogelijk steeds meer werktuigen aan te passen aan het werk vanaf de vaste rijpaden, maar dit is door de hoge investeringen wel een uitdaging voor praktijkbedrijven. De combinatie van NKG en vaste rijpaden versterkt elkaar: door de hogere draagkracht stralen de paden qua verdichting minder uit naar de zijkanten dan met ploegen. Soms heeft dit effect op de opbrengsten.

De conclusie uit BASIS is dat er veel waardevolle informatie voor telers op de centrale klei uit de proef komt. Akkerbouwers die met NKG aan de slag willen, kunnen leren uit de inzichten van BASIS. De proef laat zien dat niet-kerende grondbewerking op kleigronden mogelijk is. De opzet als systeemproof draagt bij aan de praktische meerwaarde van BASIS.

### *Doorgaan*

Het onderzoek van BASIS brengt nieuwe ervaringen en daarmee vervolgvragen. Zeker combinaties van maatregelen leveren pas over meerdere jaren effecten op. Vervolgvragen zijn:

- Minimale grondbewerkingsstrategie per gewas – Is het een oplossing om voor elk gewas de optimale vorm van minimale grondbewerking te vinden? Is ondiep ploegen daarin voor sommige gewassen een goede maatregel?
- Bouwplan en groenbemesters – NKG vergt een ander bouwplan en keuze van groenbemesters ook om grond zoveel mogelijk bedekt te houden in de winter. Welke gewassen passen in het bouwplan en is er dan meer plek voor groenbemesters?
- Effecten van NKG op biodiversiteit, arbeid en energiegebruik en de waterhuishouding – Deze effecten zijn nog onvoldoende duidelijk. Draagt een verhoogde biodiversiteit door NKG ook bij aan het voorkomen van ziekten en plagen? Is het energiegebruik lager door minder insporing met NKG? Wat

zijn de effecten van de onderzochte systemen op bodemvochtgehaltes, watervasthoudend vermogen en infiltratiecapaciteit?

- Toch weer ploegen – Een laatste vraag van de praktijk is wat er gebeurt met de opgebouwde bodemkwaliteit bij keuze om toch een keer te ploegen in een NKG systeem. Wat gebeurt er dan met de chemische, fysische en biologische bodemkwaliteit?

De tabel geeft een overzicht van resultaten uit BASIS:

Gereduceerde grondbewerking		
Productiviteit - gangbaar	●	Bouwplanopbrengst onveranderd; alleen minder uienopbrengst
Productiviteit - biologisch	●	Bouwplanopbrengst onveranderd; alleen minder peenopbrengst
Vochthuishouding en water infiltratie	○	Tendens tot betere waterhuishouding
Waterkwaliteit	●	Geen effect N min najaar, modelindicatie van minder nitraatuitspoeling
NPK aanvoer/ efficiëntie/ overschotten	●	Geen effect i.v.m. gelijke opbrengsten
Koolstofvastlegging	●	Tendens tot hogere koolstofvastlegging
Biodiversiteit	●	Meer microbieel bodemleven en hogere diversiteit aan regenwormen en geleedpotigen
Organische stof aanvoer – Compost		
Productiviteit	●	Significant hogere opbrengst bij granen en conservenerwten
Vochthuishouding en water infiltratie	○	Geen effect
Waterkwaliteit	○	Significant hogere N-min
NPK aanvoer/ efficiëntie/ overschotten	●	Niet geanalyseerd
Koolstofvastlegging	●	Significante toename
Biodiversiteit	○	Toename microbieel bodemleven
Groenbemesters		
Productiviteit	○	Geen opbrengstverhoging
Vochthuishouding en water infiltratie	○	Niet geanalyseerd
Waterkwaliteit	○	Beperkt positief effect
NPK aanvoer/ efficiëntie/ overschotten	○	Geen eenduidig effect
Koolstofvastlegging	○	Geen meetbaar effect
Biodiversiteit	○	Geen eenduidig effect

■ Negatief	■ Neutraal positief	● Sterk onderbouwd
■ Negatief neutraal	■ Positief	○ Zwak onderbouwd
□ Neutraal	■ Onbekend	

De meerjarige bodemsysteemproof BASIS maakte tussen 2017 en 2022 deel uit van de Publiek-Private Samenwerking Beter Bodembeheer. Het unieke aan het onderzoek is dat het de langjarige effecten van bodemmaatregelen en combinaties daarvan volgt. Zo leren we de effecten van bodemmaatregelen in de praktijk kennen. De proeven sluiten aan op de boerenpraktijk, omdat ze uitgevoerd worden op semipraktijkschaal en met machines die op praktijkbedrijven gebruikt worden. Het onderzoek kiest voor gewassen die in de regio veelvuldig voorkomen en gebruikt actuele kennis. De proeven zijn bij uitstek geschikt als platform voor open dagen en studiegroepen en worden vaak daarbij gebruikt. Ander onderzoek bouwt voort op de opgedane kennis en ervaring.

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



---

Wageningen University & Research

**Open Teelten**

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31)320 29 11 11

**[www.wur.nl/openteelten](http://www.wur.nl/openteelten)**

**[info.openteelten@wur.nl](mailto:info.openteelten@wur.nl)**

Rapport WPR-OT 1048

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

---