



Teelt de grond uit in perspectief

Prestaties van teeltsystemen op het gebied van integrale duurzaamheid

Annemarie Breukers (LEI – Wageningen UR)

Rob Stokkers (LEI – Wageningen UR)

Joanneke Spruijt (Praktijkonderzoek Plant & Omgeving – Wageningen UR)

Peter Roelofs (Praktijkonderzoek Plant & Omgeving – Wageningen UR)

Janjo de Haan (Praktijkonderzoek Plant & Omgeving – Wageningen UR)

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten
Januari 2014

PPO nr. 578

© 2014 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. 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 DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten
DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO Publicatienr. 578

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten

Adres : Postbus 430, 8200 AK Lelystad
: Edelhertweg 1, 8219 PH Lelystad
Tel. : +31 320-291 111
Fax : +31 320 230 479
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

| | pagina |
|---|--------|
| SAMENVATTING..... | 5 |
| 1 INTRODUCTIE..... | 7 |
| 1.1 Achtergrond..... | 7 |
| 1.2 Doel..... | 7 |
| 1.3 Leeswijzer..... | 8 |
| 2 MATERIAAL EN METHODE..... | 9 |
| 2.1 Teeltsystemen en gewassen..... | 9 |
| 2.1.1 Teeltsystemen..... | 9 |
| 2.1.2 Gewassen..... | 11 |
| 2.2 Systeembeschrijving..... | 11 |
| 2.2.1 Systeemafbakening..... | 11 |
| 2.2.2 Functionele eenheden..... | 12 |
| 2.2.3 Beschrijving van de teeltsystemen..... | 12 |
| 2.3 Duurzaamheidsthema's en indicatoren..... | 13 |
| 2.3.1 Planet..... | 14 |
| 2.3.2 Profit..... | 16 |
| 2.3.3 People..... | 16 |
| 2.4 Dataverzameling..... | 16 |
| 2.5 Standaardisering..... | 16 |
| 3 META-ANALYSE: PERSPECTIEVEN VAN TEELT DE GROND UIT..... | 19 |
| 3.1 Actuele duurzaamheidsprestaties van teeltsystemen uit de grond..... | 19 |
| 3.1.1 Prestaties per thema..... | 19 |
| 3.1.2 Prestaties per gewas..... | 19 |
| 3.2 Robuustheid van duurzaamheidsprestaties..... | 23 |
| 3.2.1 Aannames en uitgangspunten..... | 23 |
| 3.2.2 Onzekerheden..... | 24 |
| 3.2.3 Mogelijkheden tot verbetering..... | 25 |
| 4 AFZONDERLIJKE RESULTATEN: PRESTATIES PER GEWAS..... | 27 |
| 4.1 Planet..... | 27 |
| 4.1.1 Landgebruik..... | 27 |
| 4.1.2 Nutriëntenemissie..... | 28 |
| 4.1.3 Veenverbruik..... | 29 |
| 4.1.4 Milieubelasting door gewasbeschermingsmiddelen..... | 30 |
| 4.1.5 Waterverbruik..... | 33 |
| 4.1.6 Energieverbruik..... | 34 |
| 4.1.7 Klimaat..... | 35 |
| 4.2 Profit..... | 36 |
| 4.2.1 Kostprijs..... | 36 |
| 4.2.2 Opbrengstprijis..... | 39 |
| 4.2.3 Rentabiliteit..... | 39 |
| 4.3 People..... | 40 |
| 4.3.1 Arbeid..... | 40 |
| 5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN..... | 43 |
| 5.1 Duurzaamheidsprestaties..... | 43 |

| | | |
|--|---|----|
| 5.2 | Robuustheid van prestaties..... | 43 |
| 5.3 | Perspectief van teeltsystemen uit de grond..... | 44 |
| 5.4 | Tot slot..... | 44 |
| LITERATUURLIJST..... | | 47 |
| BIJLAGE I: GECONSULTEERDE ONDERZOEKERS..... | | 49 |
| BIJLAGE II: ABSOLUTE PRESTATIES VAN DE TEELTSYSTEMEN IN EN UIT DE GROND PER FUNCTIONELE EENHEID..... | | 51 |

Samenvatting

Het onderzoeksprogramma “Teelt de grond uit” ontwikkelt rendabele teeltsystemen voor de vollegrondstuintbouw die voldoen aan de Europese regelgeving voor de waterkwaliteit. Uitgangspunt is dat de systemen, naast een sterke emissiebeperking ook voordelen voor ondernemers opleveren en gewaardeerd worden door de maatschappij. De teeltsystemen onderscheiden zich van gangbare teeltsystemen doordat gewassen los van de grond geteeld worden.

Dit rapport brengt de duurzaamheid van teeltsystemen uit de grond ten opzichte van teelt in de grond in kaart. Hiertoe is een integrale perspectievenstudie uitgevoerd waarin prestaties van de verschillende systemen gemeten zijn in 11 gewassen: prei, bladgewassen, bloemkool, spinazie, aardbei, appel, lelie, *Tilia*, hosta, *Aconitum*, en *Delphinium*. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen teelt op water en teelt op substraat. De systemen zijn kwantitatief beoordeeld op 9 duurzaamheidsthema's verdeeld over de drie dimensies Planet (7), Profit (1) en People (1).

Ten opzichte van teelt in de grond leveren de teeltsystemen uit de grond betere prestaties op gebied van nutriëntenemissies, milieubelasting door gewasbeschermingsmiddelen, en landgebruik. Daar staat tegenover dat de kostprijs stijgt, vooral door een toename in kosten van kapitaalgoederen. In teeltsystemen op substraat wordt deze kostenstijging in veel gewassen (deels) gecompenseerd door besparing op arbeid en/of een hogere opbrengstprijs. In watersystemen vormt rendabele teelt een grotere uitdaging. Dat komt mede omdat hier ook de energiekosten sterk toenemen als gevolg van het continu rondpompen van het water.

Terugdringen van het energieverbruik en broeikasgasemissies vormt dan ook een belangrijk verbeterpunt voor de teelt op water. Dat kan bijvoorbeeld door een efficiëntere recirculatie en door gebruik van duurzamere productiemiddelen. Beide verbeteringen hebben ook een gunstig effect op de kostprijs. Bij de teelt op substraat liggen er onder meer verbetermogelijkheden op het gebied van watergebruik. Mogelijk biedt recirculatie ook bij deze systemen een uitkomst.

De geanalyseerde teeltsystemen zijn nog volop in ontwikkeling; de resultaten van deze perspectievenstudie zijn dan ook een momentopname. Desondanks zijn ze belangrijk voor het creëren van maatschappelijk draagvlak en verantwoording van het programma Teelt de grond uit. Bovendien geven ze sturing aan verdere optimalisatie en dragen ze bij aan adoptie van de systemen in de praktijk.

1 Introductie

1.1 Achtergrond

Het onderzoek dat in dit rapport gepresenteerd wordt maakt deel uit van het programma Teelt de Grond uit. Dit programma ontwikkelt rendabele teeltsystemen voor de vollegrondstuinbouw (groenten, bloembollen, boomteelt, fruit en zomerbloemen & vaste planten) die voldoen aan de Europese regelgeving voor de waterkwaliteit. Uitgangspunt is dat de systemen, naast een sterke emissiebeperking ook voordelen voor ondernemers opleveren en gewaardeerd worden door de maatschappij. De teeltsystemen onderscheiden zich van gangbare teeltsystemen doordat gewassen los van de grond geteeld worden.

Om te toetsen of de ambities van het programma ook echt gerealiseerd worden is inzicht nodig in de duurzaamheidsprestaties van de ontwikkelde teeltsystemen uit de grond. Daarbij zijn niet alleen de bovengenoemde doelstellingen relevant; ook is het van belang dat eventuele verbeteringen op gebied van bijvoorbeeld waterkwaliteit niet ten koste gaan van andere duurzaamheidsaspecten. Inzicht in de sterke punten en verbetermogelijkheden helpt verdere optimalisatie van de teeltsystemen. Transparantie over deze prestaties faciliteert bovendien de maatschappelijke acceptatie van de systemen en hun toepassing in de praktijk.

1.2 Doel

Dit rapport heeft als doel inzicht te bieden in de generieke actuele duurzaamheidsprestaties van teeltsystemen uit de grond, ten opzichte van de actuele prestaties van de meest gangbare teeltsystemen in de grond. Daarbij onderscheiden we de drie dimensies Profit, Planet, en People. Daartoe zijn alle perspectievenstudies die in de afgelopen drie jaar voor de afzonderlijke gewassen en teeltsystemen zijn uitgevoerd samengebracht in een meta-analyse. We onderscheiden de drie dimensies Planet, Profit, en People, waarbinnen de focus ligt op een aantal thema's die voor de doelgroepen van de studie het belangrijkste zijn. De doelgroep bestaat enerzijds uit beleidsmakers, die er belang bij hebben dat de EU normen voor waterkwaliteit gehaald worden. Anderzijds zijn het de telers, die bij de ontwikkeling van hun eigen bedrijf voor de keuze staan om wel of niet uit de grond te gaan telen.

De meta-analyse richt zich op de volgende vragen en deelvragen:

1. Wat zijn de *actuele* duurzaamheidsprestaties van teeltsystemen uit de grond, *ten opzichte* van gangbare teeltsystemen in de grond?
 - a. Op welke thema's presteren de systemen uit de grond goed, dan wel minder goed ten opzichte van de gangbare systemen in de grond?
 - b. Welke verschillen en overeenkomsten in prestaties zijn er tussen systemen?
 - c. Welke verschillen en overeenkomsten in prestaties zijn er tussen gewassen?
2. Hoe *robuust* zijn conclusies ten aanzien van de duurzaamheidsprestaties van teeltsystemen uit de grond?
 - a. Onder welke randvoorwaarden worden de prestaties ook echt gehaald?
 - b. Wat zijn de belangrijkste onzekerheden die van invloed zijn op de prestaties?
 - c. Welke verbeteringen zijn er mogelijk ten aanzien van tegenvallende prestaties?

De antwoorden op deze vragen geven inzicht in de maatschappelijke en economische wenselijkheid van de teeltsystemen en sturing aan de verdere ontwikkeling en optimalisatie van teeltsystemen uit de grond. Ook bieden ze inzicht in de omstandigheden en randvoorwaarden waaronder implementatie van de nieuwe teeltsystemen perspectiefvol is. De studie heeft nadrukkelijk niet als doel om een eindoordeel te geven over de duurzaamheid van teeltsystemen, aangezien zowel het begrip duurzaamheid als teeltsystemen in en uit de grond voortdurend in ontwikkeling zijn en conclusies dus per definitie een momentopname zijn. Hier wordt in een discussie aan het eind van dit rapport verder op ingegaan.

1.3 Leeswijzer

De rest van dit rapport is als volgt ingedeeld. Hoofdstuk twee geeft een beschrijving van de geanalyseerde teeltsystemen en gewassen en de daarbij gehanteerde aanpak. Hoofdstuk drie geeft een totaalbeeld van de resultaten en beschrijft de belangrijkste bevindingen. In hoofdstuk vier worden de prestaties van de verschillende gewas-systeem combinaties per duurzaamheidsthema in meer detail besproken. Hoofdstuk vijf bevat conclusies, kansen en aanbevelingen voor verdere optimalisatie.

2 Materiaal en methode

2.1 Teeltsystemen en gewassen

In totaal zijn er vier groepen teeltsystemen uit de grond geanalyseerd, welke zijn toegepast in 11 gewassen. Tabel 2.1 geeft een overzicht van combinaties van gewassen en teeltsystemen. Hieronder volgt een toelichting van de gewaskeuze en teeltsystemen.

Tabel 2.1: **Teeltsystemen uit de grond en de gewassen waarin hun prestaties beoordeeld zijn.**

| | waterteelt | | substraatteelt | |
|---|-----------------------|------------------------------|-----------------|-------------------------|
| | Drijvend teeltsysteem | Nutriënt film techniek (NFT) | substraatbedden | Goten, bakken of potten |
| <i>Groenten</i> | | | | |
| prei | X | | | |
| kropsla | X | | | |
| bloemkool | X | | | |
| spinazie | X | | | |
| <i>Fruit</i> | | | | |
| aardbei | | X | | X |
| appel | | | X | |
| <i>Boomteelt</i> | | | | |
| <i>Tilia</i> (laanbomen) | | | | X |
| <i>Bloembollen</i> | | | | |
| lelie | | | X | |
| <i>Zomerbloemen & vaste planten</i> | | | | |
| Hosta | | | X | |
| <i>Aconitum</i> | X | | | |
| <i>Delphinium</i> | | | | X |

2.1.1 Teeltsystemen

We onderscheiden vier groepen teeltsystemen: twee op water en twee op substraat. Elk van deze systemen is in deze paragraaf kort beschreven; figuur 2.1 bevat foto's van voorbeelden van de systemen. Een gedetailleerde beschrijving is te vinden in de gewasrapportages van de afzonderlijke perspectievenstudies. Per gewas is over het algemeen voor één teeltsysteem uit de grond een analyse gemaakt. Aardbei vormt daarbij een uitzondering: hierin is, naast een watersysteem, ook de substraatteelt op stellingen meegenomen om een eerlijke vergelijking te kunnen maken van het relatief nieuwe NFT-systeem met het meer gangbare systeem met substraat.

2.1.1.1 Drijvend teeltsysteem

Drijvende teeltsystemen bestaan uit een waterlaag van 10 tot 30 cm, met drijvers waarin de plantjes staan. Hierbij is het gebruik van substraat minimaal. Na kieming en eerste groei in het substraat groeien de wortels verder in het water, waaruit de plant de rest van de groeiperiode haar voedingsstoffen haalt. Door het mobiele karakter van de drijvers in het bassin is het mogelijk om werkzaamheden op een centrale plaats uit te voeren en te automatiseren.

2.1.1.2 Nutriënt film techniek (NFT)

De teelt van aardbeien vindt al deels uit de grond plaats, in substraat op stellingen. In dit teeltsysteem wordt water niet gerecirculeerd en wordt veel veen gebruikt. Met name om het veengebruik te verminderen is een NFT systeem ontwikkeld. De aardbeienplanten groeien in afgedekte goten op afschot, waar water doorheen stroomt. Middels een langzaam zandfilter in combinatie met chemicaliën wordt het recirculerende water

gedesinfecteerd om verspreiding van ziektes te voorkomen. De stellingenteelt van aardbeien vindt meestal plaats onder plastic koepels.

2.1.1.3 **Substraatbedden**

Van de teeltsystemen uit de grond lijkt de teelt op substraatbedden (inclusief het Bollenmeer) nog het meest op de teelt in de vollegrond. In dit teeltsysteem is het teeltbed afgeschermd van de bodem door een ingegraven folie. Het bed zelf wordt gevuld met substraat of schone (gestoomde) grond. Hierdoor neemt de kans op problemen met bodemgebonden ziekten en plagen sterk af. Ook kan de groei van het gewas beter gestuurd worden. Er vindt in de huidige systemen geen recirculatie van water plaats om complicaties rond ziekteverspreiding en noodzaak van waterzuivering te voorkomen. Dit is ook het uitgangspunt geweest bij de doorrekening van deze systemen. Het is technisch wel mogelijk om de systemen recirculerend te maken.

2.1.1.4 **Goten, bakken of potten**

Voor diverse gewassen zijn bovengrondse substraatteeltsystemen ontwikkeld. Afhankelijk van gewasspecifieke eisen en van de mogelijkheden die de teeltsystemen bieden wordt geteeld in goten (bomen), bakken (meerjarige zomerbloemen), of potten (blauwe bes, niet meegenomen in deze studie). Deze teeltsystemen bieden vergelijkbare voordelen als substraatbedden. Daarbij komt dat het water in deze systemen gerecirculeerd kan worden, hoewel dit vooralsnog niet gebeurt vanwege onder meer behoud van waterkwaliteit en wering van ziekten en plagen. Door sturing van de watergift en het werken met gecontroleerd vrijkomende meststoffen wordt de hoeveelheid drain en uitspoeling echter sterk beperkt. Verder leidt de teelt op hoogte met name in de boomteelt tot arbotechnische verbetering, en is het voor bijvoorbeeld zomerbloemen praktisch dat de bakken verplaatsbaar zijn. Deze mobiliteit faciliteert sturing van groei en ontwikkeling van het gewas.



2.1a.: **Slateelt in drijvend teeltsysteem**



2.1b.: **Aardbeiteelt in NFT systeem**



2.1c.: Appelteelt in sleuven



2.1d.: Spillenteelt in goten

Figuur 2.1.: Foto's van de vier typen teeltsystemen uit de grond: (a) drijvend teeltsysteem voor sla, (b) NFT systeem voor aardbei, (3) appel op substraatbedden (sleuven), en (4) spillenteelt in goten.

2.1.2 Gewassen

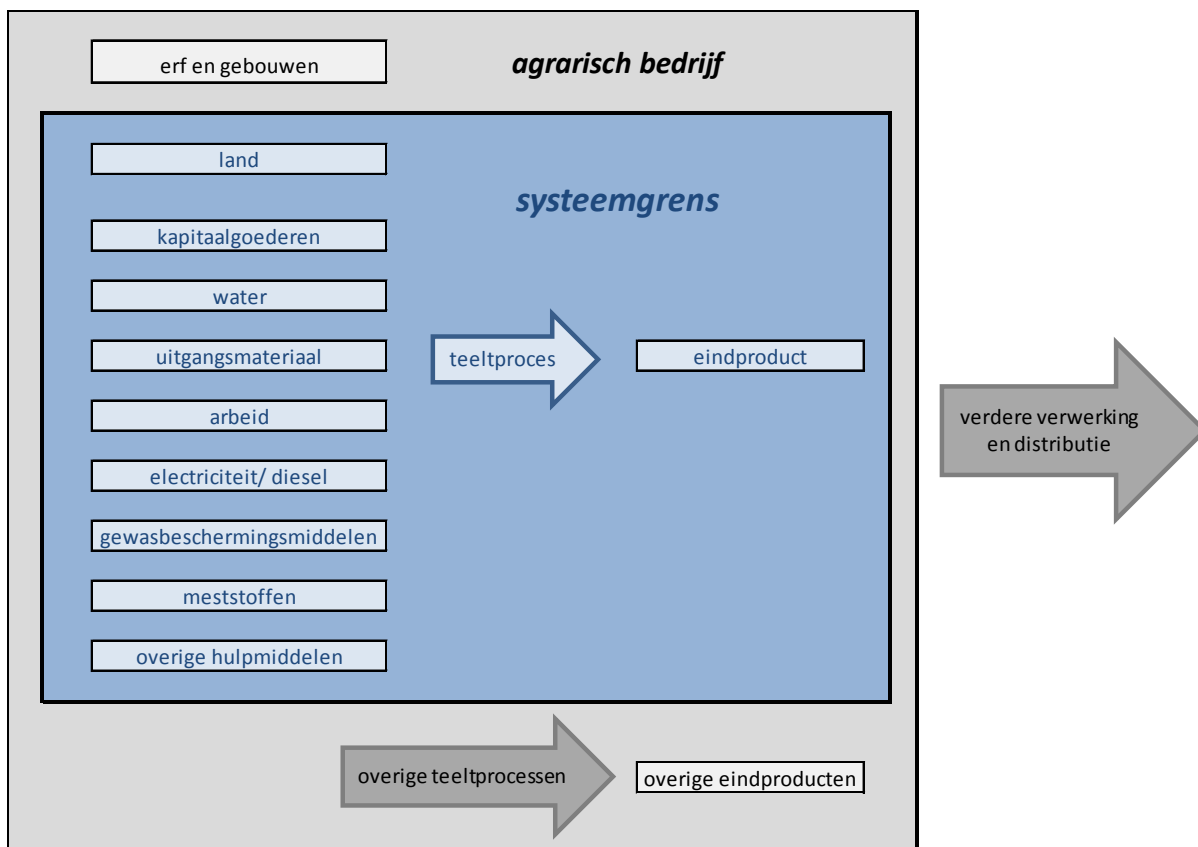
Om de inzet van teeltsystemen uit de grond zo breed mogelijk te verkennen zijn toepassingen verkend in 8 gewasgroepen: bladgewassen, prei, kool, aardbei, appel, boomteelt, bloembollen, en zomerbloemen & vaste planten. In elk van deze groepen is voor tenminste één gewas een perspectievenstudie uitgevoerd. De keuze voor de casusgewassen hing daarbij af van (1) fase van ontwikkeling en praktijkimplementatie, (2) representativiteit voor andere gewassen in dezelfde gewasgroep, en (3) toekomstige wens of noodzaak om uit de grond te gaan telen. Die noodzaak kan bijvoorbeeld voortkomen uit wettelijke beperkingen of plantgezondheidsrisico's. Zo vormt de beperking van het gebruik van Metam-natrium een probleem voor de appelteelt, en wordt de lelieteelt bedreigd door het virus PIAMV, dat in de bodem kan overleven. In de boomteelt en zomerbloemen & vaste planten is de verscheidenheid in gewassen erg groot. Voor de laatste groep zijn daarom ook drie verschillende gewassen meegenomen: eenjarig zomerbloem (*Aconitum*), tweejarig zomerbloem (*Delphinium*) en een vaste plant (Hosta). De boomteelt is afgebakend tot laanbomen, waarvoor *Tilia* (linde) een representatieve casus is. Met name in groenten, fruit en laanbomen worden teeltsystemen uit de grond al op experimentele of commerciële basis in de praktijk toegepast.

2.2 Systeembeschrijving

2.2.1 Systeemafbakening

De perspectievenstudies beperken zich tot het teeltsysteem (figuur 2.2). Daarbij zijn de volgende richtlijnen voor systeemafbakening aangehouden:

- Alle benodigde inputfactoren en processen voor de teelt van één gewas zijn meegenomen. Andere teelten die eventueel op het bedrijf plaatsvinden zijn buiten beschouwing gebleven;
- Erf en gebouwen zijn in principe ook buiten beschouwing gelaten, tenzij deze direct en uitsluitend ten dienste staan van het onderzochte teeltsysteem.
- Kapitaalgoederen die worden ingezet voor meerdere teelten zijn naar rato van het gebruik toegerekend aan de betreffende teelt.
- Na-oogst handelingen zoals verdere verwerking en distributie zijn alleen meegenomen als de te vergelijken systemen hierin ten opzichte van elkaar verschillen.



Figuur 2.2.: **Gehanteerde systeembegrenzing (in blauw) in de perspectievenstudies.**

2.2.2 Functionele eenheden

Om duurzaamheidsprestaties tussen het teeltsysteem in en uit de grond te kunnen vergelijken dienen deze prestaties voor beide systemen in dezelfde eenheden uitgedrukt te worden. Daarom is per gewas een functionele eenheid vastgesteld; dit is de voor dat gewas praktisch hanteerbare hoeveelheid geoogst en leverbaar product. Tabel 2.2 geeft een overzicht van functionele eenheden per gewas.

2.2.3 Beschrijving van de teeltsystemen

Als basis voor deze perspectievenstudie zijn per gewas de verschillende te analyseren systemen gekarakteriseerd voor wat betreft teelthandelingen, inputs en outputs. In de praktijk kunnen teeltsystemen sterk variëren als gevolg van bedrijfsspecifieke omstandigheden, zoals grondsoort, bouwplan en bedrijfsgrootte. Om consistentie tussen de verschillende duurzaamheidsthema's te garanderen zijn aannames en uitgangspunten expliciet gemaakt. Paragraaf 3.2 gaat hier dieper op in. Ook verschillen teeltkarakteristieken vaak tussen teelt in en uit de grond. Denk bijvoorbeeld aan teeltfrequentie of teeltduur, plantdichtheid en opbrengst. Tabel 2.2 geeft een overzicht van deze karakteristieken per gewas en teeltsysteem. De volledige beschrijvingen van teeltsystemen, aannames en uitgangspunten per gewas zijn opvraagbaar bij de auteurs van dit rapport.

Tabel 2.2.: **Systeemkenmerken van de teeltsystemen in en uit de grond voor de diverse gewassen.**

| Gewas | Teeltsysteem | Teeltcyclus | Plantdichtheid per hectare per jaar | Opbrengst per hectare per jaar |
|-------------------|---------------------|--------------------|--|---------------------------------------|
| prei | grond | 1,5 per jaar | 240.000 planten | 65.000 kg |
| | water | 2,1 per jaar | 1.270.000 planten | 285.000 kg |
| kropsla | grond | 2,0 per jaar | 200.000 planten | 170.000 kroppen |
| | water | 5,5 per jaar | 720.000 planten | 684.000 kroppen |
| bloemkool | grond | 1,0 per jaar | 21.000 planten | 24.500 kolen |
| | water | 2,2 per jaar | 52.800 planten | 39.600 kolen |
| spinazie | grond | 2,0 per jaar | 18 miljoen zaden | 52.000 kg |
| | water | 8,0 per jaar | 72 miljoen zaden | 228.800 kg |
| aardbei | grond | 1,0 per jaar | 32.000 planten | 20.000 kg |
| | substraat | 1,5 per jaar | 90.000 planten | 40.000 kg |
| | water | 1,5 per jaar | 90.000 planten | 40.000 kg |
| appel | grond | 12 jaar | 3.000 bomen | 36.000 kg |
| | substraat | 14 jaar | 3.000 bomen | 41.000 kg |
| <i>Tilia</i> | grond | 3 jaar | – | 4.300 spillen |
| | substraat | 3 jaar | – | 13.400 spillen |
| lelie | grond | 3 jaar | 516.000 schubben | 350.000 bollen |
| | substraat | 2 jaar | 653.000 schubben | 443.000 bollen |
| <i>Hosta</i> | grond | 1,0 per jaar | – | 500.000 planten |
| | substraat | 1,0 per jaar | – | 625.000 planten |
| <i>Aconitum</i> | grond | 1,0 per jaar | 360.000 knollen | 216.000 takken |
| | water | 1,0 per jaar | 360.000 knollen | 216.000 takken |
| <i>Delphinium</i> | grond | 2 jaar | 67.500 planten | 200.000 takken |
| | substraat | 2 jaar | 67.500 planten | 210.000 takken |

2.3 Duurzaamheidsthema's en indicatoren

In de perspectievenstudies worden de prestaties van zowel het teeltsysteem in als uit de grond gemeten ten aanzien van een aantal duurzaamheidsthema's. Er zijn thema's geformuleerd in de dimensies planet, profit, en people. Om deze thema's meetbaar te maken zijn per thema één of meer indicatoren geselecteerd. Voor een meta-analyse is kwantificeerbaarheid daarbij een belangrijk criterium; resultaten van afzonderlijke studies moeten immers correct ten opzichte van elkaar gepositioneerd kunnen worden. In totaal zijn 16 kwantitatieve indicatoren geselecteerd om de diverse teeltsystemen te beoordelen op hun duurzaamheid, verdeeld over Planet (12), Profit (3) en People (1). Tabel 2.3 geeft een overzicht. De duurzaamheidsprestaties zijn uitgedrukt per eenheid product. In de volgende subparagrafen worden de indicatoren per thema toegelicht.

Naast onderstaande thema's zijn in (een deel van) de gewasspecifieke perspectievenstudies nog enkele andere thema's meegenomen die kwalitatief beoordeeld zijn. De reden hiervoor is dat kwantitatieve indicatoren ontbraken of niet haalbaar waren. Het betreft met name People thema's, zoals landschappelijke waardering en voedselkwaliteit. Voor het meten van landschappelijke waardering bestaan kwantitatieve methoden, bijvoorbeeld hedonische prijsanalyse, die echter zeer tijdrovend zijn. Voedselkwaliteit omvat veel aspecten die met een uitgebreid laboratoriumonderzoek in kaart kunnen worden gebracht. Beide thema's zijn in parallelle projecten binnen het programma Teelt de grond uit verkend voor enkele specifieke gewassen en teeltsystemen (zie bijvoorbeeld Slobbe et al., 2010). Ook zijn sommige thema's, zoals Arbeid en Landgebruik, veel breder dan in tabel 2.2 gesuggereerd wordt. Zo omvat arbeid ook facetten als fysieke arbeidsomstandigheden en scholingsniveau, en betreft landgebruik ook gevolgen voor bodemkwaliteit en – gezondheid. In de gewasspecifieke perspectievenstudies wordt op deze aspecten beschouwend ingegaan.

Tabel 2.3.: geselecteerde thema's en indicatoren voor meting van duurzaamheidsprestaties, met bijbehorende meeteenheid.

| Thema | Indicator | Eenheid ¹ |
|---|--|----------------------------------|
| <i>Planet</i> | | |
| Landgebruik | Benodigde oppervlakte | m ² |
| Nutriëntenemissie | Aanvoer stikstof | Kg N |
| | Aanvoer fosfaat | Kg P ₂ O ₅ |
| Veenverbruik | Verbruik van veen (aanvoer minus hergebruik) | Kg |
| Milieubelasting door gewasbeschermings-middelen | Verbruik actieve stof | Kg |
| | Emissie naar oppervlaktewater | MBP waterleven |
| | Emissie naar grondwater | MBP grondwater |
| | Emissie naar bodem | MBP bodemleven |
| | Frequentie van grondontsmetting | kwalitatief |
| Waterverbruik | Watergift excl. hemelwater | m ³ |
| Energieverbruik | Direct energieverbruik | MJ equivalenten |
| Klimaat | Directe en indirecte broeikasgasemissies | Kg CO ₂ -equivalenten |
| <i>Profit</i> | | |
| Economie van het bedrijf | Kostprijs | € |
| | Opbrengstprijis | € |
| | Rentabiliteit | % |
| <i>People</i> | | |
| Arbeid | Arbeidsbehoefte | uren |

¹ Alle prestaties worden uitgedrukt per eenheid eindproduct (zie tabel 2.2).

2.3.1 Planet

2.3.1.1 Landgebruik

In de perspectievenstudies is gekeken naar het kwantitatieve aspect van landgebruik. Grond is een belangrijk, maar schaarse productiefactor. Door een efficiënter gebruik ervan komt meer ruimte vrij voor andere functies of teelten. De efficiëntie van landgebruik (teeltintensiteit) is gekwantificeerd door het gemiddelde benodigde oppervlak per eenheid product te bepalen.

2.3.1.2 Nutriëntenemissie

Vermesting en verzuring zijn belangrijke milieu issues, waar de landbouw proportioneel aan bijdraagt door emissie van stikstof en fosfaat. Vermindering van deze emissies is een belangrijke voorwaarde om te kunnen voldoen aan de Kaderrichtlijn Water en Nitraatrichtlijn. Het thema nutriëntenemissie heeft daarmee een directe relatie met de ambities van het programma Teelt de grond uit. Nutriëntenemissies worden in principe gekwantificeerd als de aanvoer min de afvoer met het gewas min de voorraadverandering in de bodem. Er is echter nog veel onzekerheid over bepaalde posten in de mineralenbalans van teeltsystemen uit de grond. Daarom is in de perspectievenstudies alleen de aanvoer gekwantificeerd, als benadering. Deze is gebaseerd op de gebruiksnormen per gewas.

2.3.1.3 Veenverbruik

Naast fosfor en fossiele energie is ook veen een veel gebruikte eindige grondstof in de landbouw. Met name in bepaalde omringende landen zoals het Verenigd Koninkrijk wordt belang gehecht aan verduurzaming ten aanzien van het gebruik van veen. In de perspectievenstudies is het gebruik van veen berekend op basis van aanvoer minus hergebruik. Een voorbeeld van hergebruik is de benutting van veen als meststof in vollegrondsteelt.

2.3.1.4 **Milieubelasting door gewasbeschermingsmiddelen**

Net als nutriëntenemissie vormen emissies van gewasbeschermingsmiddelen een grote bedreiging voor de kwaliteit van het (oppervlakte)water. In het kader van de Europese regelgeving voor de waterkwaliteit is terugdringen van de milieubelasting door gewasbeschermingsmiddelen dan ook noodzakelijk. Om deze milieubelasting in kaart te brengen is per systeem het verbruik in kg actieve stof berekend, plus het aantal milieubelastingspunten voor waterleven, grondwater en bodemleven. De milieubelastingspunten zijn berekend op basis van de milieumeetlat van het CLM (CLM, 2013). Teeltsystemen op water staan veelal op verharde ondergrond en daardoor niet direct in contact met de bodem. Voor grondwater en bodemleven bij de teelt van groentegewassen op water is daarom uitgegaan van tien procent van de berekende MBP's door lekverliezen. Grondontsmetting is daarbij niet meegenomen, omdat de milieubelasting hiervan alle andere effecten overschaduwet. Bovendien is de vraag in hoeverre het uitvoeren van grondontsmetting een intrinsiek systeemkenmerk is; dit verschilt per gewas. Voor gewassen waarbij grondontsmetting een rol speelt wordt hiervan een kwalitatieve beschouwing gegeven.

2.3.1.5 **Waterverbruik**

Wereldwijd is er op veel plaatsen een tekort aan schoon (drink)water. Hoewel wij in Nederland water in overvloed hebben treedt periodiek in bepaalde gebieden verdroging op. Vooral in de natuurgebieden is dat een probleem. Om verdroging tegen te gaan wordt een efficiënte waterhuishouding steeds belangrijker. Het waterverbruik van een teeltsysteem is gekwantificeerd door de aanvoer van water exclusief hemelwater te bepalen. Daarbij is rekening gehouden met de grondsoort(en) waarop het betreffende gewas geteeld wordt; de keuze hiervoor is onderdeel van de systeembeschrijving. Er is geen onderscheid gemaakt tussen grond-, oppervlakte- en leidingwater. Naast hoeveelheid watergebruik is ook waterkwaliteit van belang. Dit aspect is vertegenwoordigd in andere thema's (nutriëntenemissie, milieubelasting door gewasbeschermingsmiddelen).

2.3.1.6 **Energieverbruik**

Vanwege de dreigende klimaatverandering, de uitputting van fossiele brandstoffen en de maatschappelijke, politieke en milieurisico's van fossiele brandstoffen wordt nationaal en internationaal zoveel mogelijk ingezet op minder gebruik van fossiele brandstoffen. Het energieverbruik van een teeltsysteem wordt uitgedrukt in MJ equivalenten. Het totale energieverbruik omvat zowel direct verbruik (brandstof en elektriciteit) als het indirect verbruik dat gepaard gaat met de productie van inputs en productiemiddelen als machines, tractors, kunstmest en gewasbeschermingsmiddelen. Om dit verbruik in kaart te brengen is een LCA nodig (zie beschrijving Klimaat). Omdat deze niet in alle perspectievenstudies is uitgevoerd, beperken we ons hier tot het directe energieverbruik. Deze waarde is relatief eenvoudig te berekenen op basis van gegevens over de teelthandelingen.

2.3.1.7 **Klimaat**

De uitstoot van broeikasgassen is een belangrijke drijfveer achter klimaatverandering. Nederland heeft internationale afspraken gemaakt om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen. Ook de agrarische sector heeft hieraan haar steentje bij te dragen; afspraken hierover zijn onder meer vastgelegd in het convenant 'Schone en zuinige Agrosectoren' (Agroconvenant).

De uitstoot van broeikasgasemissies is berekend door middel van Levens-Cyclus-Analyse (LCA). Daarbij is voor de zogenaamde 'cradle to gate' benadering gekozen. De systeemgrenzen zijn ruimer dan bij de overige onderdelen van de perspectievenstudie, doordat naast directe broeikasgasemissies ook indirecte broeikasgasemissies zijn meegenomen. Directe broeikasgasemissies ontstaan gedurende de teelt, zoals CO₂ uitstoot door de verbranding van diesel en vrijkomend CO₂ en lachgas bij toepassing van stikstofmeststoffen. Indirecte broeikasgasemissies betreffen broeikasgassen die vrijkomen bij de productie en het transport van kapitaalgoederen, uitgangsmateriaal, diesel, elektriciteit, gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen, dus buiten het agrarische bedrijf. De methode is omvangrijk en data-intensief. Hierdoor is slechts voor een beperkt aantal gewassen een LCA uitgevoerd. Wel omvatten de uitgevoerde LCA's verschillende typen teeltsystemen uit de grond, waardoor toch een beeld ontstaat van de consequentie van systeemkeuzes voor de uitstoot van broeikasgassen. Een gedetailleerde beschrijving van de LCA's is opvraagbaar bij de auteurs.

2.3.2 Profit

De economische prestaties van teeltsystemen uit de grond zijn samengevat in het thema 'economie van het bedrijf'. Voor een teler vormt de kostprijs van een product, in combinatie met de opbrengstprijis, één van de belangrijkste criteria in de keuze voor een bepaald teeltsysteem. Beide indicatoren afzonderlijk zeggen onvoldoende; een stijging in kostprijs hoeft geen probleem te zijn als de productprijs meestijgt of er genoeg marge overblijft. Omgekeerd heeft een stijging van de productprijs weinig meerwaarde als de kostprijs nog harder stijgt. De rentabiliteit is een maat voor de winstgevendheid van een teeltsysteem. Rentabiliteit is de productprijs gedeeld door de kostprijs, uitgedrukt in procenten. Een teeltsysteem is *gemiddeld* rendabel als de rentabiliteit 100% of hoger is.

2.3.3 People

Verandering van teeltsysteem kan gevolgen hebben voor zowel de totale arbeidsbehoefte als de aard ervan. De totale arbeidsbehoefte is de som van de benodigde arbeidscapaciteit voor alle handelingen die nodig zijn voor de productie van één eenheid product. In de perspectievenstudies is daarbij uitgegaan van bestaande normen voor tijdsinspanning verbonden aan specifieke activiteiten. Voor een ondernemer is ook de spreiding van arbeid belangrijk, bijvoorbeeld met het oog op inhuur van seizoensarbeid om pieken op te vangen. Dit aspect blijft hier buiten beschouwing, evenals kwalitatieve aspecten als kennisniveau en fysieke belasting.

2.4 Dataverzameling

Per gewas zijn informatie en data over de teeltsystemen in en uit de grond verzameld en aangeleverd door de betrokken onderzoekers in de gewasgroepen. Ook waren zij verantwoordelijk voor de aannames en uitgangspunten gerelateerd aan de teeltsystemen. Bijlage I bevat een overzicht van deze onderzoekers. De conceptresultaten die uit deze data en informatie volgden zijn in een workshop met de onderzoekers besproken. Op basis hiervan is een aantal data aangepast ter verbetering van de consistentie in aannames, uitgangspunten en wijze van kwantificering tussen gewassen.

Bij de dataverzameling is zoveel mogelijk uitgegaan van objectieve, kwantitatieve data uit bijvoorbeeld KWIN (Heijerman en Roelofs, 2009, Schreuder en Van der Wekken, 2005, Van der Wekken en Schreuder, 2006, Anoniem, 2012), de Land- en Tuinbouwcijfers (Wijsman, 2012) en MEBOT, een Milieutechnisch en Economisch Bedrijfsmodel voor de Open Teelten ontwikkeld door PPO. Omdat voor de teeltsystemen uit de grond dergelijke bronnen nog niet bestaan is de benodigde informatie voor deze systemen voor zover mogelijk empirisch bepaald in praktijkproeven of bij telers die het systeem al geïmplementeerd hebben. Waar ook deze data niet voorhanden waren is gebruik gemaakt van expertinschattingen. Voor bepaalde thema's (bijv. waterverbruik) zijn ter aanvulling thematische experts geconsulteerd.

2.5 Standaardisering

Omdat de functionele eenheden per gewas soms sterk verschillen, is rechtstreekse vergelijking van de resultaten van afzonderlijke perspectievenstudies niet mogelijk. Dit zou neerkomen op appels met peren vergelijken. Een arbeidsbehoefte van 100 uur per 1.000 kg spinazie is bijvoorbeeld niet te vergelijken met 100 uur arbeid per 1.000 spinnen. Daar komt bij dat de schaalgrootte van productie sterk verschilt per gewas. Verschillen in prestaties per thema lopen daardoor zo hoog op dat visualisatie bijna onmogelijk is en interpretatie moeilijk wordt.

Een manier om dit op te lossen is door de prestaties van het teeltsysteem uit de grond procentueel uit te drukken ten opzichte van die van het systeem in de grond. De prestatie van dit laatste systeem wordt dan in elk gewas voor elke indicator op 100% (neutraal) gezet. Deze methode heeft echter twee nadelen. In de eerste plaats zijn verschillen tussen in en uit de grond soms zo groot dat er een oneindig grote verbetering of verslechtering optreedt. Voor indicatoren waarvoor het systeem in de grond waarde 0 heeft is de prestatie van het systeem in de grond überhaupt niet relatief uit te drukken. Daarnaast kunnen relatieve

prestaties een vertekend beeld van de werkelijke prestatie geven, waardoor effecten over- of onderschat worden. Een voorbeeld: een daling in N-aanvoer van 5 naar 1 betekent een verbetering van maar liefst 80%, terwijl een daling van 100 naar 60 “slechts” 40% verbetering impliceert. De absolute verbetering is in dat laatste geval tien keer zo groot, maar deze informatie valt niet af te lezen uit de relatieve prestaties.

Om de resultaten toch op waarde te kunnen beoordelen is standaardisering wenselijk. Daarbij worden de prestaties van het teeltsysteem in en uit de grond uit te drukken in een generieke eenheid, die voor alle gewassen betekenis heeft. Voorbeelden van generieke eenheden zijn euro's (eenheid product vertaald naar monetaire waarde) of m² landgebruik (eenheid product vertaald naar areaal). In de meta-analyse is gekozen om prestaties uit te drukken per 1.000 euro product. Daardoor worden de duurzaamheidsprestaties van het teeltsysteem gerelateerd aan de omzet die ermee gerealiseerd wordt. In sommige gewassen leidt verandering van teelt in de grond naar teelt uit de grond tot een stijging van de productprijs. Om dit effect niet te laten doorwegen in de duurzaamheidsprestaties van het systeem wordt voor beide systemen (in en uit de grond) de standaard-eenheid gebaseerd op dezelfde productprijs. In de figuren in hoofdstuk 4 worden alle indicatoren in deze eenheid weergegeven. Daarbij is bij elke figuur een sortering gemaakt van hoog naar laag van de waarde van de indicator voor het teeltsysteem in de grond.

In Bijlage II staan de prestaties van teeltsystemen in en uit de grond uitgedrukt in de originele functionele eenheden.

3 Meta-analyse: perspectieven van teelt de grond uit

In een vergelijkende analyse van de prestaties van teeltsystemen per gewas en per thema geven we in dit hoofdstuk antwoord op de twee onderzoeksvragen:

1. Wat zijn de *actuele* duurzaamheidsprestaties van teeltsystemen uit de grond, *ten opzichte* van gangbare teeltsystemen in de grond?
2. Hoe *robuust* zijn conclusies ten aanzien van de duurzaamheidsprestaties van teeltsystemen uit de grond?

Paragraaf 3.1 gaat in op de eerste vraag, paragraaf 3.2 behandelt de tweede vraag.

3.1 Actuele duurzaamheidsprestaties van teeltsystemen uit de grond

3.1.1 Prestaties per thema

Figuur 3.1 toont de duurzaamheidsprestaties van de teeltsystemen uit de grond, gemiddeld over alle gewassen. De prestaties zijn afgezet tegen de prestaties van teelt in de grond. Voor veruit de meeste indicatoren geldt: “less is more”, ofwel: hoe lager de impact, hoe beter. Rentabiliteit en opbrengstprijs vormen een uitzondering. Om de figuur toch eenduidig te kunnen interpreteren zijn van deze indicatoren de tekens omgeklapt. De thema’s in de figuur staan gerangschikt naar prestatie. Het omslagpunt ligt op de nullijn: een negatieve waarde betekent een betere prestatie dan die van teelt in de grond.

De rechterhelft van de figuur bevat de thema’s waarop de teeltsystemen uit de grond gemiddeld beter presteren dan de teeltsystemen in de grond. Duidelijk betere prestaties worden geleverd op gebied van nutriëntenemissies, milieubelasting door gewasbeschermingsmiddelen, en landgebruik. Dat geldt zowel voor water- als substraatsystemen.

Helemaal links in de figuur staan verbruik van veen, energie en water, en broeikasgasemissie. Op deze thema’s presteren de teeltsystemen uit de grond op dit moment relatief slecht. Maken we onderscheid tussen water- en substraatsystemen, dan zien we dat de lage prestaties op energieverbruik en broeikasgassen volledig voor rekening komen van de watersystemen. De grote toename in waterverbruik is juist toe te rekenen aan substraatsystemen; bij watersystemen is hier sprake van een sterke afname – dus verbetering. Voor interpretatie van het verbruik van veen moeten we naar de absolute cijfers kijken. Daaruit blijkt dat het veenverbruik in teeltsystemen uit de grond meevalt, met uitzondering van aardbei. De slechte relatieve prestatie wordt veroorzaakt doordat bij teelt in de grond nóg minder, of überhaupt geen gebruik gemaakt wordt van veen. Hierdoor wordt zelfs een kleine toename in relatieve termen oneindig groot. Minder slecht, maar nog steeds negatief presteren teeltsystemen uit de grond op kostprijs. Dit geldt vooral voor de watersystemen. In vrijwel alle gewassen stijgen de kosten van kapitaalgoederen aanzienlijk. In substraatsystemen wordt deze stijging grotendeels gecompenseerd door besparing op arbeid, terwijl in watersystemen deze besparing relatief minder is. Bovendien nemen in watersystemen ook de energiekosten behoorlijk toe, wat in substraatsystemen niet het geval is.

In het midden van de figuur staan de Profit en People indicatoren rentabiliteit, opbrengstprijs en arbeidsbehoefte. In teeltsystemen uit de grond valt de rentabiliteit net iets slechter uit, terwijl de prestaties op opbrengstprijs en arbeidsbehoefte gemiddeld verbeteren. Let wel: het op het oog kleine staafje voor de rentabiliteit betreft nog steeds een gemiddelde afname van 13%. Duidelijk te zien is hoe de gemiddelde prestatie op rentabiliteit het midden houdt tussen de gemiddelde prestaties op kostprijs en opbrengstprijs. Voor substraatsystemen leidt teelt uit de grond hierdoor gemiddeld zelfs tot een lichte verbetering van de rentabiliteit.

3.1.2 Prestaties per gewas

Figuur 3.1 laat niet alleen de gemiddelde prestaties, maar ook de standaarddeviaties hierin zien. Deze geven een beeld van de variatie in waarden tussen verschillende gewassen. Zoals te zien is gaan hoge absolute gemiddelden doorgaans gepaard met een hogere standaarddeviatie. Maar ook lagere absolute

gemiddelden hebben soms een hoge standaarddeviatie. Dit duidt op uitschieters. Omgekeerd is bij hoge gemiddelden met een lage standaarddeviatie de prestatie behoorlijk consistent over de betreffende gewassen.

Kijken we naar verschillen in systeemprestaties tussen gewassen, dan zien we dat de positieve prestaties van teeltsystemen uit de grond op gebied van gewasbescherming, nutriënten en landgebruik consequent optreedt in alle gewassen (tabel 3.1). Alleen in *Aconitum* en *Delphinium* treedt niet of nauwelijks verbetering op, maar het wordt ook niet slechter.

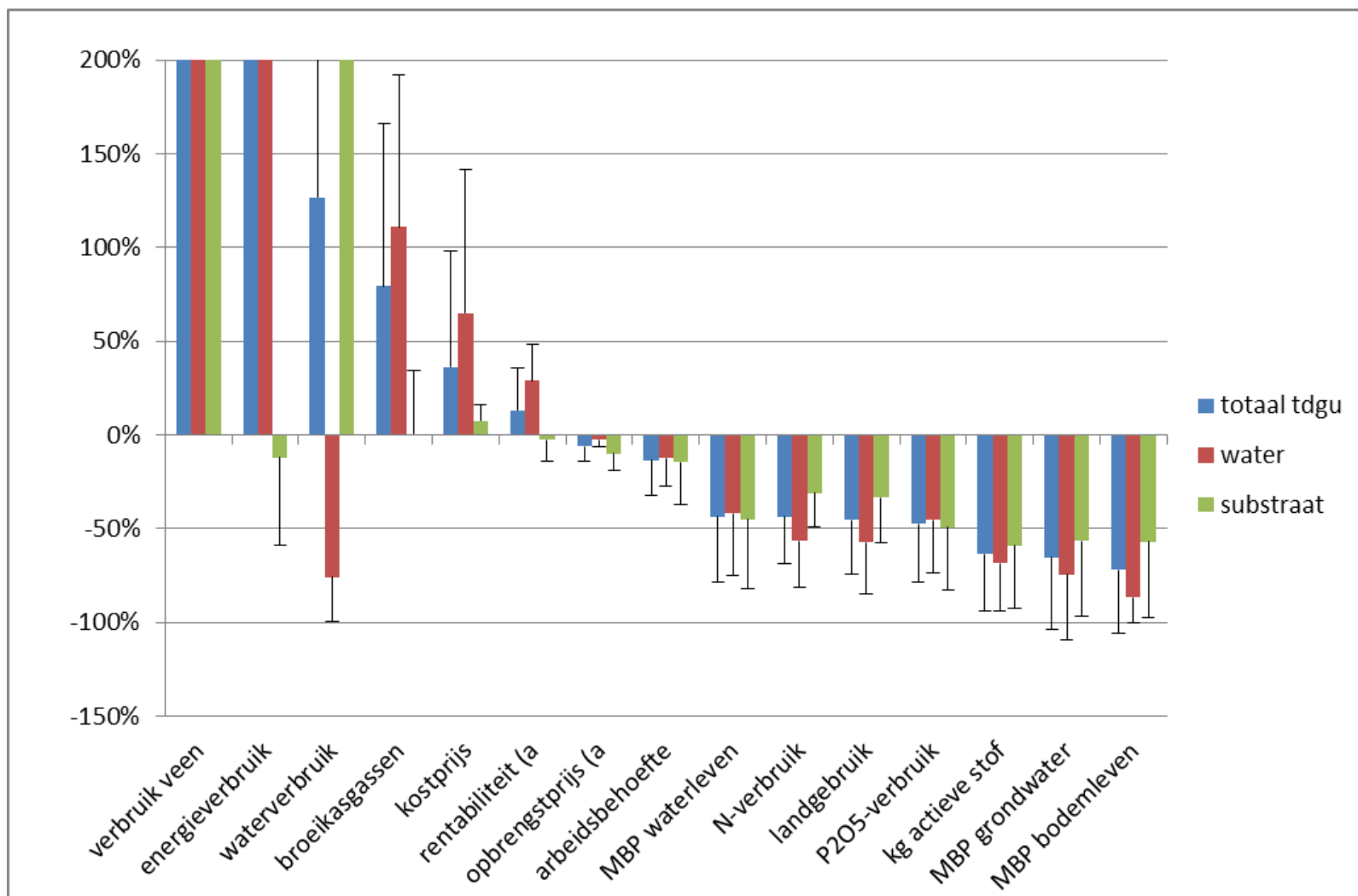
In de thema's waarop teeltsystemen uit de grond gemiddeld slechter presteren dan teelt in de grond treden wel gewasspecifieke verschillen op. Zo is het verschil in broeikasgasemissies tussen teelt in de grond en op substraat op het eerste gezicht verwaarloosbaar (figuur 3.1). Uit tabel 3.1 volgt echter dat dit het netto resultaat is van een verbetering in *Tilia* en verslechtering in aardbei. De prestaties op direct energieverbruik zijn voor beide gewassen positief, maar hier springt *Delphinium* juist weer uit de toon. Overigens is het direct energieverbruik in *Delphinium* voor zowel teelt in als uit de grond laag vergeleken bij andere gewassen (zie ook figuur 4.10).

De vele nullen voor veenverbruik in tabel 3.1 onderstrepen dat de gemiddeld slechte prestatie hierop in figuur 3.1 een vertekend beeld geeft. In kropsla treedt zelfs verbetering op. Slechts in vier gewassen neemt het verbruik van veen toe. Bij drie daarvan (bloemkool, spinazie, en *Tilia*) is deze in absolute zin laag, alleen in aardbei op substraat neemt het verbruik excessief toe (zie ook figuur 3.4). Teelt uit de grond zou in deze gewassen verder verduurzaamd kunnen worden door het gebruik van veenvervangers, zoals dat ook in andere gewassen al gebruikelijk is. Zie in dit kader ook de discussie over veen in paragraaf 3.2.1.

Voor wat betreft waterverbruik valt de positieve prestatie in *Tilia* op; gemiddeld genomen presteren substraatsystemen immers veel slechter op waterverbruik dan teelt in de grond. Dit verschil heeft te maken met de combinatie van gewasspecifiek ontwerp van het teeltsysteem en wijze van watergift. *Tilia* teelt uit de grond vindt plaats in goten, waarin de watergift nauwkeurig gestuurd wordt via druppelirrigatie. Bovendien zijn *Tilia's* iets minder gevoelig voor droogtestress dan een gewas als aardbei, waarin op vergelijkbare wijze irrigatie plaatsvindt.

Qua arbeidsbehoefte vormt aardbei een uitschieter, zowel in de water- als substraatteelt. Net als in de andere gewassen wordt in aardbei bespaard op arbeid tijdens oogst. Andere handelingen zoals planten, verzorging en gewasbescherming etc. kosten echter juist meer tijd in vergelijking tot teelt in de grond. Daarbij moet ook opgemerkt worden dat het aardbeiteeltsysteem op water anders is dan de watersystemen in de andere gewassen (NFT versus drijvend systeem).

Op Profit gebied zijn de prestaties van teeltsystemen redelijk constant: in alle gewassen is de kostprijs gelijk of lager, en de opbrengstprijs gelijk of hoger. In de watersystemen is de rentabiliteit ook consequent lager dan bij teelt in de grond. De gemiddeld positieve prestatie van substraatsystemen op rentabiliteit gaat echter niet voor alle gewassen op: in aardbei en lelie is het rendement juist lager. In deze gewassen is de stijging in kostprijs groot vergeleken met substraatsystemen in andere gewassen.



Figuur 3.1.: Impact van teeltsystemen uit de grond ten opzichte van teelt in de grond uitgedrukt per indicator, gemiddeld over alle gewassen. Ten behoeve van de leesbaarheid is de y-as gemaximeerd op 200%. ^a Van rentabiliteit en opbrengstprijis is het teken omgekeerd zodat de interpretatie hetzelfde is als alle andere indicatoren (afname is wenselijk).

Tabel 3.1: **Overzicht van prestaties van de teeltsystemen uit de grond ten opzichte van prestaties in de grond, per indicator. “+” betekent een betere prestatie (bijv. lager energieverbruik, hogere rentabiliteit) en “-“ betekent een minder goede prestatie. Een verschil van minder dan 5% tussen de twee systemen is aangegeven met een “0”. ^a De uitstoot van broeikasgassen is slechts in een deel van de gewassen berekend.**

| | water | | | | | | substraat | | | | | |
|--------------------|---------|-----------|---------|----------|--------|-----------------|-----------|--------|--------|--------|-------------------|--------------|
| | aardbei | bloemkool | kropsla | spinazie | prei | <i>Aconitum</i> | aardbei | appel | lelie | Hosta | <i>Delphinium</i> | <i>Tilia</i> |
| PLANET | | | | | | | | | | | | |
| Broeikasgassen (a) | - | - | - | - | - | - | - | | | | | + |
| energieverbruik | - | - | - | - | - | - | + | + | + | + | - | + |
| verbruik veen | n.v.t. | - | + | - | n.v.t. | n.v.t. | - | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. |
| waterverbruik | + | + | + | + | + | + | - | - | - | - | - | + |
| N-verbruik | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| P205-verbruik | + | + | + | + | 0 | + | + | + | 0 | + | + | + |
| kg actieve stof | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 0 | + |
| MBP waterleven | + | + | + | + | + | 0 | + | + | + | + | 0 | + |
| MBP grondwater | + | + | + | + | + | 0 | + | + | + | + | 0 | + |
| MBP bodemleven | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 0 | + |
| landgebruik | + | + | + | + | + | 0 | + | + | + | + | 0 | + |
| PEOPLE | | | | | | | | | | | | |
| arbeidsbehoefte | - | 0 | + | + | + | + | - | 0 | + | + | + | + |
| PROFIT | | | | | | | | | | | | |
| kostprijs | - | - | - | - | - | - | - | 0 | - | 0 | 0 | - |
| Opbrengstprij | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | 0 | 0 | + | + |
| Rentabiliteit | - | - | - | - | - | - | - | + | - | 0 | + | + |

3.2 Robuustheid van duurzaamheidsprestaties

3.2.1 Aannames en uitgangspunten

In de geanalyseerde gewassen zijn zoveel mogelijk dezelfde aannames en uitgangspunten gehanteerd, om eerlijke vergelijking mogelijk te maken. Desondanks zijn er gewasspecifieke verschillen in implementatie van systemen, die gevolgen hebben voor de prestaties van dat systeem. Ook verschillen tussen teelt in en uit de grond hangen voor een deel samen met de onderliggende veronderstellingen. Hieronder geven we een overzicht van de belangrijkste aannames en uitgangspunten die van invloed zijn op de resultaten.

Bedrijfsinrichting

De bedrijfsinrichting is van invloed op de toekenning van inputs en outputs aan het teeltsysteem. Zo hangt het aandeel waarmee kapitaalgoederen aan een gewas worden toegekend af van de samenstelling en het areaal van het bouwplan. Ook de levensduur van kapitaalgoederen en het gewas zelf speelt mee: hoe langer een machine of gewas mee gaat, hoe minder zwaar de investeringen hiervoor meewegen in één teeltcyclus. Verder kan bij sommige gewassen gespeeld worden met teelt- en oogstperiode of met het soort eindproduct (zoals de mate van bewerking, sortering of bewaring) dat afgeleverd wordt.

In deze perspectievenstudie is de systeembeschrijving per gewas zoveel mogelijk gebaseerd op een representatief praktijkbedrijf. Voor sommige gewassen is daarnaast een quick scan uitgevoerd. Zo is bij prei vooraf verkend welke benutting van de vijvers het meest efficiënt zou zijn, en zijn bij appel en lelie gevoeligheidsanalyses uitgevoerd ten aanzien van respectievelijk levensduur van het gewas en plantdichtheid. Voor de resultaten hiervan verwijzen we naar de gewasrapportages.

Gewasbescherming

De emissie van gewasbeschermingsmiddelen naar de bodem en het grondwater is bij teeltsystemen uit de grond afhankelijk van het soort ondergrond. Bij een onverharde ondergrond hangt de emissie naar de bodem af van de spuittechniek en het oppervlak dat bedekt wordt door het teeltsysteem zelf. Bij de teelt op water is uitgegaan van verharde ondergrond, bij substraatteelt is het uitgangspunt veelal onverharde ondergrond.

Nutriënten

Bij berekening van het fosfaatverbruik in de grond is rekening gehouden met de nog aanwezige fosfaatvoorraad in de bodem. Op korte termijn profiteert teelt de grond hiervan doordat de bodemvoorraad nuttig gebruikt wordt. Op langere termijn raakt de voorraad uitgeput en moet er in sommige gewassen meer aangevoerd gaan worden. Daarmee wordt het verschil in fosfaatverbruik tussen teelt in en uit de grond groter, in het voordeel van teeltsystemen uit de grond.

Bij teelt in de grond speelt daarnaast het bouwplan een rol in de nutriëntenvoorziening van een gewas. Vaak wordt aan het ene gewas een overmaat aan meststoffen gegeven en teert het volggewas op het overschot. Bij teelt uit de grond – met name op water – is dat een stuk moeilijker omdat de bufferende werking van de grond ontbreekt. Om dit effect zoveel mogelijk uit te sluiten is uitgegaan van gebruiksnormen per gewas.

Hoewel gebruiksnormen een goede eerste indicatie geven, worden in de praktijk nutriëntenemissies beïnvloed door allerlei factoren, zoals opvang van hemelwater en omgang met spuiwater. Een gedetailleerde analyse van nutriëntenemissies in relatie tot neerslag en recirculatie van water wordt gegeven in Van Os et al. (2013).

Water

Het waterverbruik in teelt op water is sterk afhankelijk van de frequentie waarmee het water geloosd moet worden. Aangenomen is dat de spui frequentie eens in de twee jaar bij NFT systemen of drie jaar bij drijvende teeltsystemen betreft.

In de substraatteelt is het waterverbruik vaak hoger omdat niet geprofiteerd kan worden van het watervasthoudend vermogen van de bodem en omdat alleen het water dat op de bedden of sleuven valt benut wordt. Hoe groot dit nadeel is verschilt per grondsoort en regio. De gehanteerde referentieregio en de breedte van de substraatbedden zijn dus mede bepalend voor het verschil in prestatie tussen teelt in en uit de grond.

Energieverbruik en broeikasgasemissies

In de berekening van direct energieverbruik is uitgegaan van gebruik van gangbare diesel en de standaard stroomsamenstelling op het Nederlandse energienet, dat voornamelijk afkomstig is van niet-hernieuwbare energiebronnen en gedeeltelijk van hernieuwbare bronnen. De gebruikte energiebron heeft echter geen gevolgen voor de emissies van het *teeltsysteem* zolang de energie buiten de systeemgrenzen geproduceerd wordt. Immers, het teeltsysteem verbruikt nog steeds dezelfde hoeveelheid energie. Anders wordt het wanneer er binnen de systeemgrenzen energie geproduceerd wordt. Denk bijvoorbeeld aan een machine die in zijn eigen stroombehoefte voorziet door middel van zonnecollectoren.

De keuze voor duurzame of fossiele energie heeft wel invloed op de broeikasgasemissies. Dat geldt zowel voor het directe energieverbruik binnen het systeem als het indirecte energieverbruik voor de productie van productiemiddelen. Inkoop van groene stroom, gebruik van biodiesel en gebruik van met duurzame energie geproduceerde productiemiddelen leidt dus tot verlaging van de broeikasgasemissies van het systeem. De keuze hiervoor is echter niet gebonden aan een specifiek teeltsysteem en daarom buiten beschouwing gelaten.

In het berekenen van broeikasgasemissies is ervan uitgegaan dat veen elders hergebruikt wordt als bodemverbeteraar of –bemester. Hierdoor worden de emissies uit veen niet aan het teeltsysteem toegerekend; alleen de productie en het transport van veensubstraat wordt meegenomen. Het is onduidelijk in hoeverre deze aanname plausibel is. Ook wordt in de berekeningen geen rekening gehouden met de decompositie van veen tijdens de teelt zelf. Aangenomen wordt dat deze decompositie voornamelijk bij het hergebruik plaatsvindt. Zou volledige decompositie wel zijn meegenomen, dan waren de broeikasgasemissies in systemen met veen veel hoger geweest.

Verbruik veen

In zes van de geanalyseerde gewassen is gekozen voor gebruik van veen bij de teelt in of uit de grond, of bij beide teeltsystemen. In sommige andere gewassen wordt uitgegaan van een duurzamer alternatief. Voor de teelt van *Aconitum* op water heeft de betreffende gewasspecialist bijvoorbeeld gekozen voor Jiffypotjes met kokos. Prestaties ten aanzien van veenverbruik zijn dan ook niet altijd inherent aan het teeltsysteem zelf, maar ook deels het gevolg van managementkeuzes.

Profit

Over de opbrengstprijs van producten die uit de grond geteeld zijn bestaan nog veel onzekerheden (zie ook vorige paragraaf). In vrijwel alle gewassen is daarom hierover een aanname gemaakt.

In de berekening van de rentabiliteit zijn de vaste bedrijfskosten, die niet direct of op basis van gebruik aan een bepaalde teelt zijn toe te rekenen, niet meegenomen. Zou dit wel gedaan zijn, dan was de rentabiliteit in alle gewassen lager geweest, zowel voor de teelt in als uit de grond.

3.2.2 Onzekerheden

Hoe robuust zijn de conclusies ten aanzien van de duurzaamheid van teeltsystemen uit de grond? Om deze vraag te beantwoorden onderscheiden we twee niveaus van onzekerheid:

- Onzekerheid in de meting of waarneming. Een in de berekening gebruikte waarde kan in werkelijkheid iets hoger of lager zijn. Zolang de reikwijdte van mogelijke waarden niet al te groot is, is het effect op de te kwantificeren duurzaamheidsprestatie meestal beperkt. De impact kan iets hoger of lager uitvallen, maar we hebben een beeld van de trend. We gaan hier dan ook niet verder op in.
- Onzekerheid als gevolg van gebrek aan kennis van het systeem. Dit komt tot uiting in de onderliggende aannames en uitgangspunten. Onzekerheid hierover kan van invloed zijn op meerdere duurzaamheidsthema's, en kan grote gevolgen hebben voor conclusies. Hieronder benoemen we de belangrijkste kennislacunes die van invloed zijn op de robuustheid van conclusies.

Opbrengstprijs

In veel gewassen gaat teelt uit de grond gepaard met een stijging van de kostprijs. De marges op de meeste producten zijn zodanig dat de teelt uit de grond alleen rendabel blijft als ook de opbrengstprijs stijgt. Op dit moment is er nog onvoldoende ervaring met commerciële teelt uit de grond om zeker te kunnen weten of die stijging er ook echt komt. Voor een aantal gewassen wordt dit wel waarschijnlijk geacht. Zo leidt boomteelt uit de grond tot een uniformer en vooral groter en beter product, en leidt de teelt van appels uit de grond

waarschijnlijk tot meer klasse I product. Van aardbei is bekend dat de teelt op stellingen tot een hogere productprijs leidt door onder meer een langere houdbaarheid. Bij *Delphinium* wordt verwacht dat seizoensverlenging tot een hogere gemiddelde opbrengstprijis leidt. Desondanks blijft het zelfs voor deze gewassen koffiedik kijken.

In een workshop hebben de gewasspecialisten de verwachte reikwijdte aangegeven van de productprijs bij teelt uit de grond. Voor de meeste gewassen bleek deze tussen de 100 en 120% van de productwaarde van teelt in de grond te liggen. De in dit rapport gepresenteerde opbrengstprijzen zijn voor sommige gewassen dus redelijk behoudend. Omgekeerd zou in bloemkool de prijs ook best eens lager kunnen uitpakken bij teelt uit de grond wanneer de problemen met kwaliteit en ziektedruk niet opgelost worden.

Gewasbescherming

De ziektedruk in een systeem wordt vaak pas duidelijk na een langere periode van telen. In de ontwikkelingsfase treden soms nieuwe ziekten en plagen op waarvan men moet leren hoe deze beheerst kunnen worden. Omgekeerd zijn er ook ziekten en plagen die pas na verloop van tijd de kop opsteken, omdat er eerst introductie en populatie-opbouw nodig is alvorens een probleem gesignaleerd wordt. Met name met teeltsystemen die nog niet in de praktijk draaien is er nog onvoldoende ervaring om met zekerheid te weten hoe de gewasbescherming er in een gemiddelde teeltcyclus uitziet. De prestaties omtrent gewasbeschermingsmiddelengebruik en milieubelasting door gewasbeschermingsmiddelen zullen dan ook door voortschrijdend inzicht mogelijk nog veranderen. Ziekten en plagen kunnen ook gevolgen hebben voor het uitvalspercentage of productkwaliteit. Omdat prestaties in eerste instantie worden uitgedrukt per eenheid product raakt deze onzekerheid aan alle thema's.

De berekende milieubelastingspunten hebben betrekking op de milieubelasting door toepassingen van gewasbeschermingsmiddelen. Daarbij is het uitgangspunt dat het recirculatiewater niet in verbinding staat met de natuurlijke omgeving. Wanneer water uit het systeem geloosd moet worden, kan de milieubelasting, vooral als er op het oppervlaktewater geloosd wordt, sterk toenemen. Over recirculatie bestaan echter nog veel vragen (zie hieronder).

Recirculatie

In de watersystemen wordt het water gedurende een aantal teelten gerecirculeerd. Na verloop van tijd gaat de waterkwaliteit achteruit en hopen zouten zich op. Op den duur zal het water volledig ververst moeten worden. De nieuwe teeltsystemen zijn nog te kort in bedrijf om te zeggen hoe vaak dit nodig is. Op basis van ervaringen in de glastuinbouwsector is daarom een inschatting gemaakt van de spui frequentie. Omdat de duurzaamheidswinst in de teelt op water gebaseerd is op het recirculatieprincipe, is deze aanname wel cruciaal voor de thema's water- en nutriëntenverbruik en gewasbescherming. Een cyclus eerder of later spuien leidt tot een aanzienlijke toename of afname van de impact op deze thema's. Hierbij is ook de mogelijkheid om het spuiwater voor lozen nog te behandelen waardoor gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten uit het water worden verwijderd. In dat geval worden de prestaties op de Planet thema's verbeterd maar op de Profit verslechterd.

3.2.3 Mogelijkheden tot verbetering

Het uitgangspunt van het programma Teelt de Grond Uit is om rendabele teeltsystemen te ontwikkelen die voldoen aan de Europese regelgeving voor de waterkwaliteit. De resultaten van de perspectievenstudies laten zien dat teeltsystemen uit de grond een kleinere impact hebben op de waterkwaliteit dan teeltsystemen in de grond. In veel gevallen laat de rentabiliteit echter nog te wensen over. Ook gaan de positieve prestaties op gebied van waterkwaliteit ten koste van prestaties op andere milieuthema's, zoals energieverbruik en klimaat. Hieronder wordt een aantal suggesties gedaan ter verbetering van de teeltsystemen op deze punten.

Energieverbruik en broeikasgasemissies

Met name in de teelt op water zijn het energieverbruik en de broeikasgasemissies erg hoog. De belangrijkste causale factoren zijn de benodigde elektriciteit voor (re-)circulatie en beluchting en de afhankelijkheid van kapitaalgoederen. Het elektriciteitsverbruik kan wellicht gereduceerd worden door het water minder te recirculeren (de pompcapaciteit te verminderen). Het aantal teelten dat netto gerealiseerd kan worden in een jaar moet daarbij wel gelijk blijven. In de stellingteelt op water in aardbei is dit een reële optie. Een andere optie is door in plaats van water, lucht te verpompen. Dit kost minder energie en heeft waarschijnlijk een vergelijkbaar effect op de waternverplaatsing en beluchting.

Het indirecte energieverbruik kan worden verlaagd door intensiever gebruik van kapitaalgoederen, bijvoorbeeld door (nog meer) schaalvergroting of een langere levensduur. Een andere optie is om meer gebruik te maken van biobased materialen. De geanalyseerde teeltsystemen gaan echter al uit van een vrij hoog schaalniveau en lange levensduur. Bovendien is voor lang niet alle materialen op dit moment een duurzamer alternatief voorhanden. De te behalen winst op deze twee aspecten is dan ook beperkt.

Verbruik van veen

Er zijn verschillende duurzame alternatieven voor veen. Zo wordt bijvoorbeeld kokos in toenemende mate als duurzamer alternatief gebruikt, eventueel in combinatie met andere substraten als perliet en compost. Verder wordt in verschillende geanalyseerde substraatteelten gewone grond gebruikt, eventueel gestoomd om schadelijke bodemgebonden organismen te doden. Wellicht is dit voor aardbei ook een optie.

Waterverbruik

Substraatsystemen hebben als nadeel dat hemelwater slecht benut wordt, waardoor er vaak meer water toegevoegd moet worden dan bij teelt in de grond. Een oplossing hiervoor is de aanleg van een bassin, waarin neerslag opgevangen wordt. Het water kan dan vanuit het bassin gedoseerd aan het gewas toegevoegd worden. Daarnaast is recirculatie van het water gewenst, ook om emissies te beperken. Nadelen van recirculatie zijn wel dat in substraatsystemen relatief veel vervuiling van het recirculerende water optreedt en dat het nodig kan zijn om het recirculerende water te zuiveren van ziekten en plagen. Daarnaast neemt het elektriciteitsverbruik toe voor het rondpompen van het water. Recirculatie kost dus ook geld en energie. Het is nog onduidelijk in welke mate de kostprijs hierdoor zal toenemen.

Rentabiliteit

Een lage rentabiliteit vormt wellicht het grootste knelpunt in de adoptie van teeltsystemen uit de grond. Hoewel zowel gewassen met waterteelt als substraatteelt hiermee kampen, is de te overbruggen afstand naar een positief rendement het grootst voor de watersystemen. De belangrijkste oorzaak is de afhankelijkheid van – kostbare – kapitaalgoederen. Efficiëntere benutting door schaalvergroting of verlenging van de levensduur biedt weinig perspectief, zoals hierboven al genoemd. Een andere mogelijkheid om de kosten terug te dringen is het gebruik van goedkopere materialen. Als dit geen optie is, zal er aan de financiële opbrengstenkant gesleuteld moeten worden. Door betere profilering van de duurzaamheid van het product, verschuiving van de afzetperiode, of creëren van toegevoegde waarde (bijvoorbeeld schoner, betere smaak) kan in bepaalde gewassen het product misschien tegen een meerprijs worden afgezet. In de meeste gewassen moet die meerprijs dan wel aanzienlijk zijn om het verschil in kostprijs te overbruggen (zie ook paragraaf 4.3.1).

4 Afzonderlijke resultaten: prestaties per gewas

In dit hoofdstuk zijn voor elk thema de prestaties van zowel de teeltsystemen in als uit de grond per gewas gepresenteerd. De resultaten zijn voor elke indicator weergegeven in een afzonderlijke figuur. In deze figuur zijn de gewassen gerangschikt naar prestatie van het teeltsysteem in de grond, ter vergroting van de leesbaarheid.

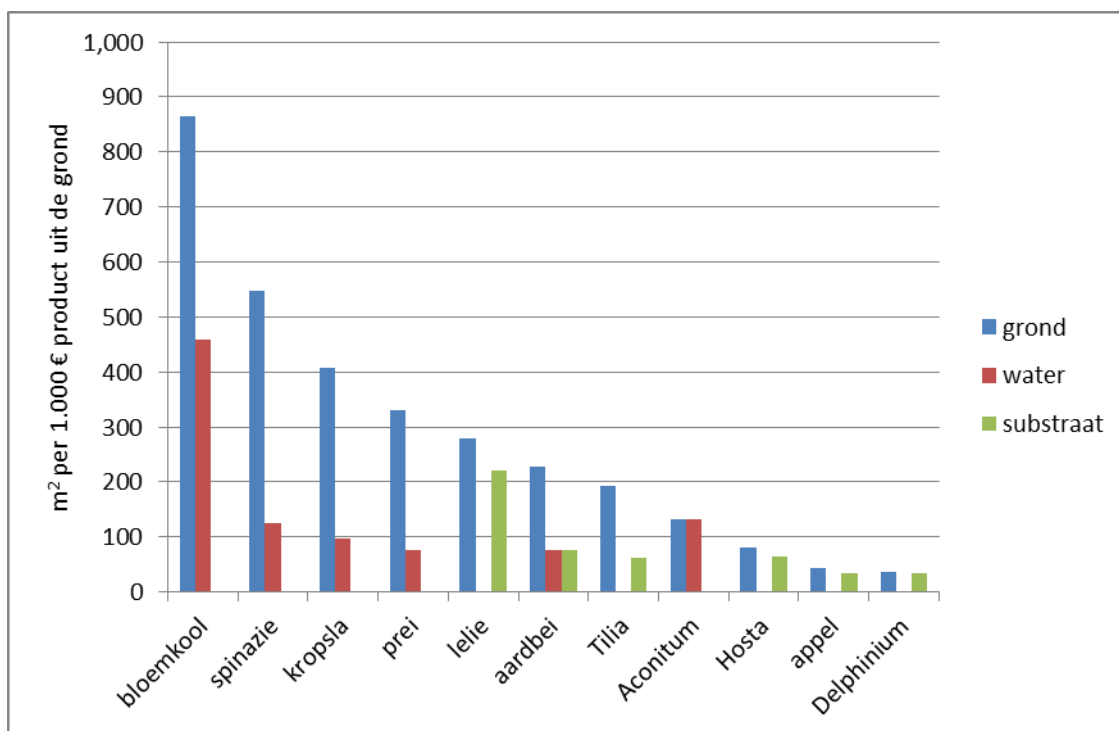
4.1 Planet

4.1.1 Landgebruik

Figuur 4.1 laat de landgebruiksefficiëntie van teeltsystemen in en uit de grond zien naar rato van de omzet die ermee gegenereerd wordt. In alle gewassen ligt het landgebruik lager bij teelt uit de grond dan bij teelt in de grond. Over het algemeen leiden teeltsystemen op water tot de grootste afname in landgebruik.

Watersystemen zijn vooral geïmplementeerd in groentegewassen, die ten opzichte van andere gewassen veel land in gebruik hebben in verhouding tot hun omzet. De sterke reductie in landgebruik bij teelt op water wordt verklaard door een toename van aantal teelten per jaar en een efficiëntere benutting van het teeltoppervlak tijdens de teelt.

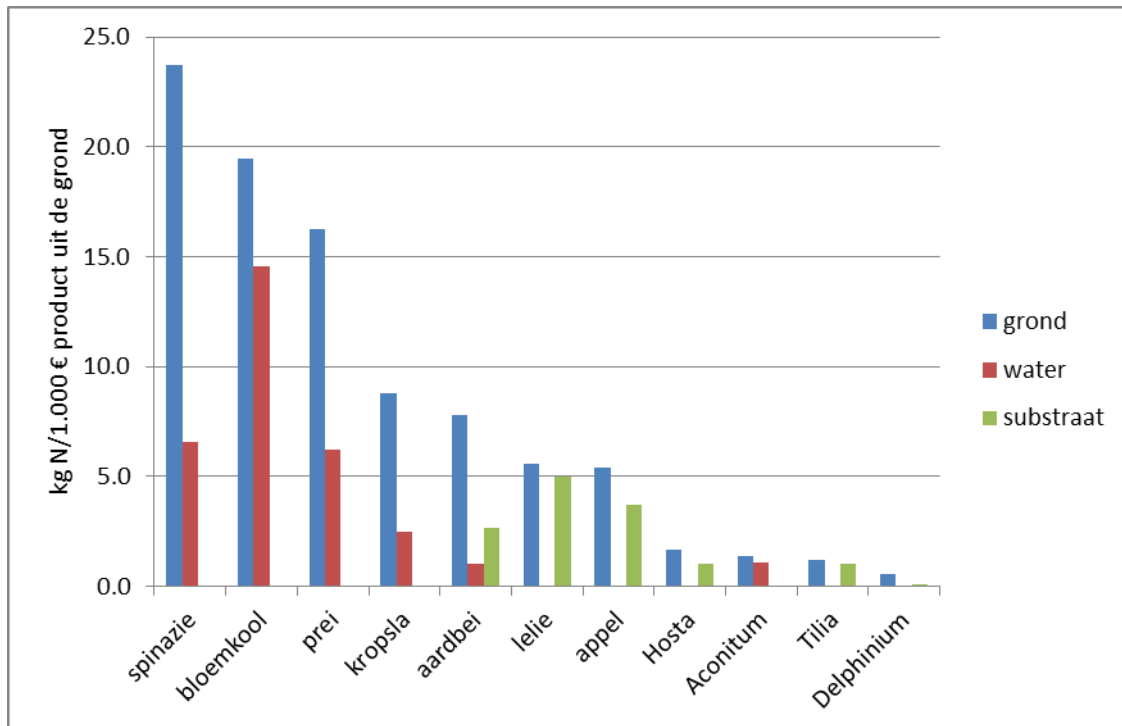
Ook substraatsystemen leiden in sommige gewassen tot vermindering van landgebruik. In aardbei komt dit door verhoging van de teeltfrequentie. In de boomteelt wordt substantiële winst in landgebruik behaald, uitsluitend door verhoging van de plantdichtheid. In de lelieteelt is er lichte winst in landgebruik door een hoger groeipotentieel. In het hier beschreven scenario is deze gerealiseerd door het verkorten van de teeltcyclus; als alternatief is ook een verhoging van de plantdichtheid met 25% mogelijk. Bij appels is het landgebruik teruggedrongen door een langere levensduur van een aanplant (relatief minder stichtingsjaren), een wat hogere productie per ha en meer klasse1.



Figuur 4.1.: Landgebruiksefficiëntie per gewas en teeltsysteem, uitgedrukt in m² per 1.000 euro geoogst leverbaar product uit de grond.

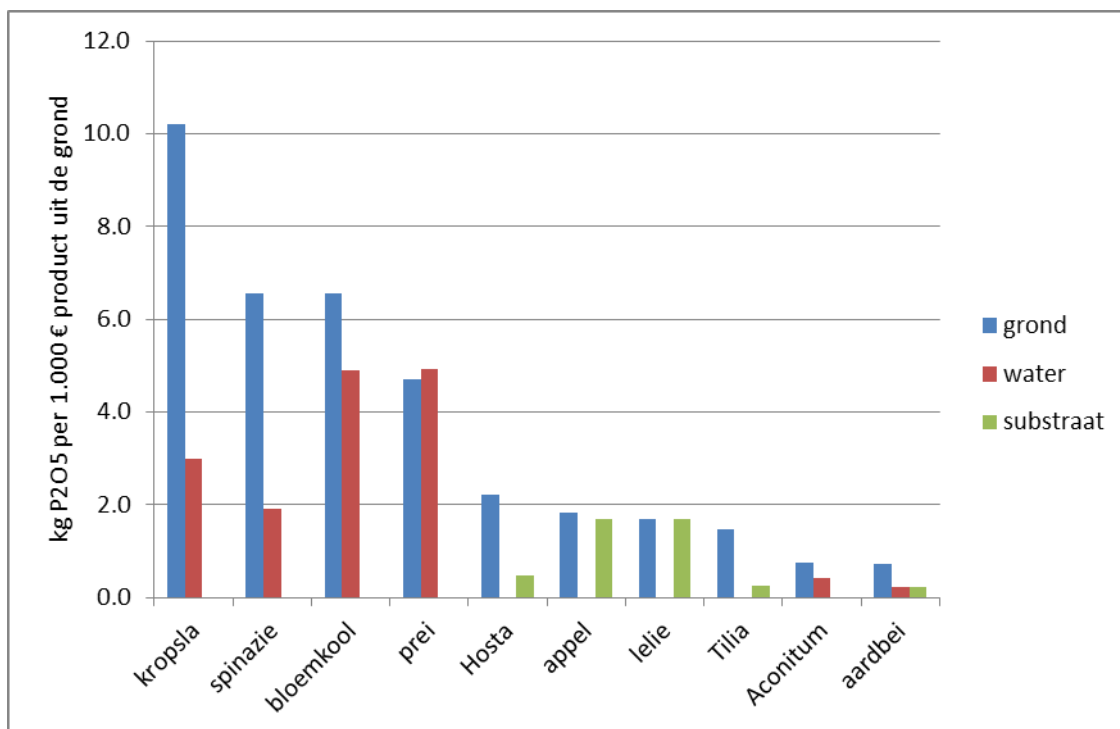
4.1.2 Nutriëntenemissie

Figuur 4.2 toont het stikstofverbruik van de teeltsystemen ten opzichte van de gegenereerde omzet. Ook hier laten de teeltsystemen uit de grond in alle gewassen een prestatieverbetering zien. De afname van het stikstofverbruik is het grootst bij teelt op water, zowel in absolute als in relatieve zin. In substraatsystemen is de absolute afname in stikstofverbruik kleiner, doordat er in deze gewassen ook bij teelt in de grond minder stikstof per 1.000 euro omzet nodig is. Bovendien treden in substraatsystemen meer verliezen op dan in watersystemen, doordat als uitgangspunt is gehanteerd dat er geen recirculatie plaatsvindt en er daarom alsnog stikstof uitspoelt. Deze uitspoeling is wel minder dan bij teelt in de grond. Bij de teelt van prei, sla en spinazie op water is er van uitgegaan dat er eens in de drie jaar gespuid moet worden.



Figuur 4.2.: **Stikstofaanvoer per gewas en teeltsysteem, uitgedrukt in kg N per 1.000 euro geoogst leverbaar product uit de grond.**

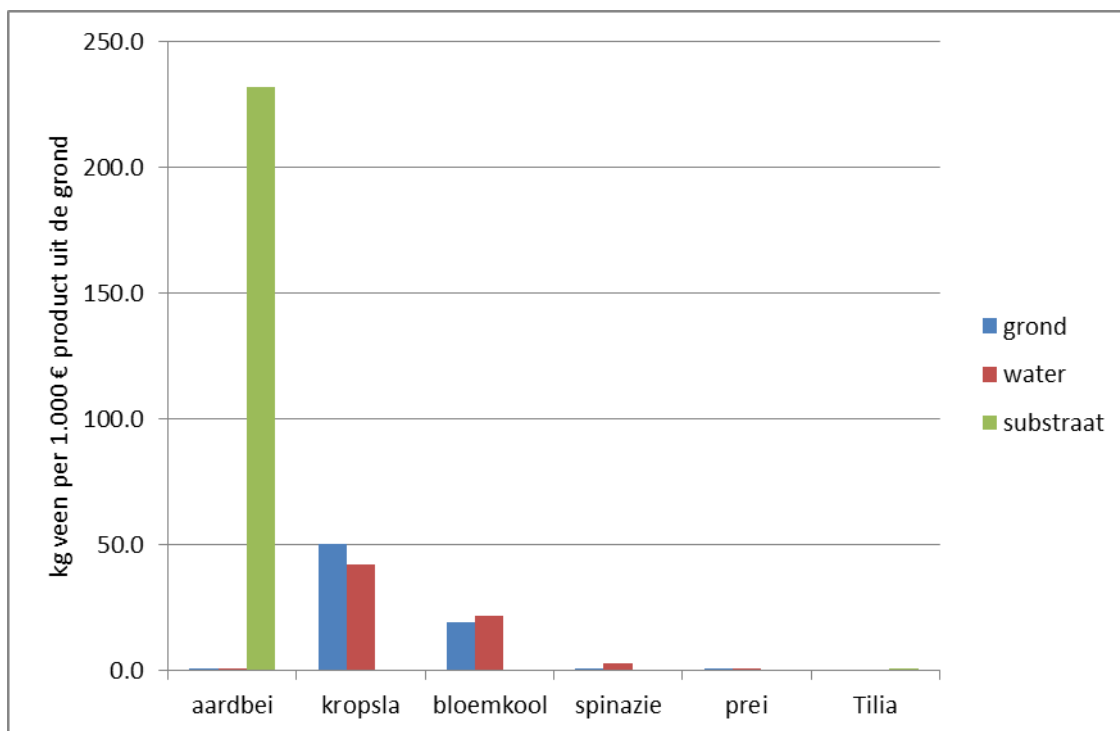
Voor wat betreft fosfaatverbruik laten de teeltsystemen uit de grond een wisselend beeld zien (figuur 4.3). In de meeste gewassen nemen de verliezen af, doordat gerichter bemest kan worden en er geen uitspoeling optreedt. Bepaalde gewassen worden echter met name geteeld in regio's met grote fosfaatvoorraad in de bodem. De teelt van prei in Zuid-Nederland is hier een voorbeeld van. Fosfaataanvoer is op deze percelen beperkt. Voor die gewassen kan een teeltsysteem uit de grond hooguit gelijkwaardig presteren voor wat betreft fosfaatverbruik. Als op termijn de fosfaatvoorraad in de bodem opraakt en een fosfaatgift weer nodig is, zal het verbruik bij teelt in de grond stijgen ten opzichte van teelt uit de grond. alleen prei vormt een negatieve uitzondering.



Figuur 4.3. Fosfaataanvoer per gewas en teeltsysteem, uitgedrukt in kg P₂O₅ per 1.000 euro geogst leverbaar product uit de grond.

4.1.3 Veenverbruik

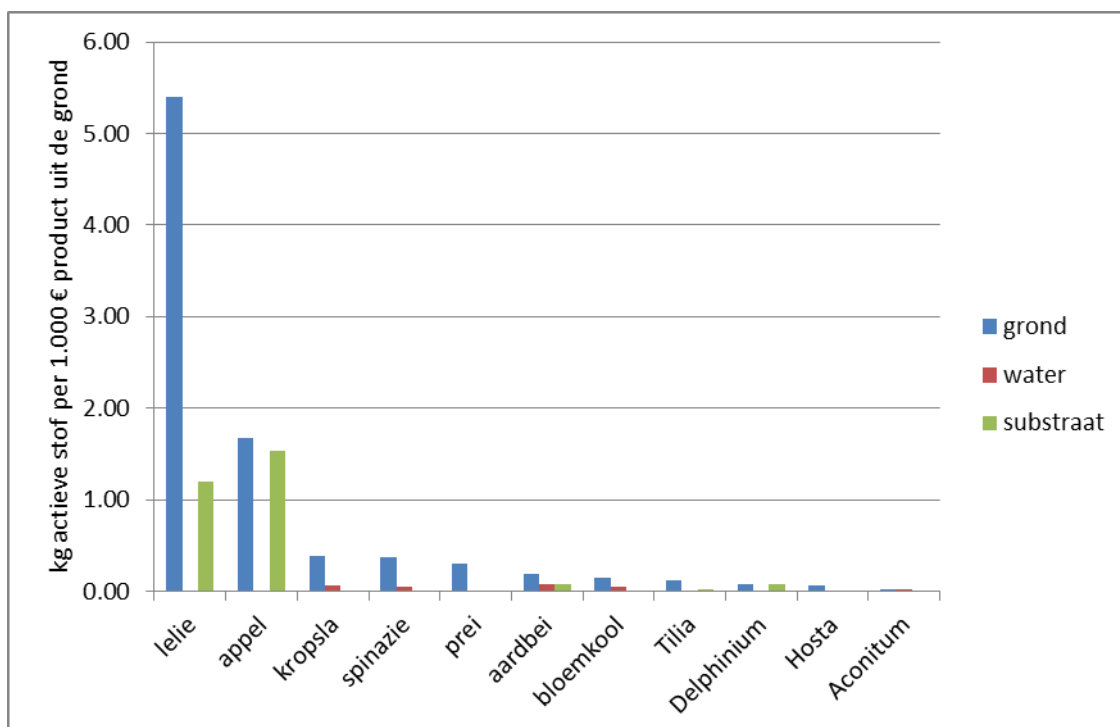
Van alle geanalyseerde gewassen zijn er zes waarin veen gebruikt wordt bij de teelt in de grond, uit de grond, of beide (figuur 4.4). Bij drie daarvan is dit verbruik substantieel. Met name aardbeiteelt op substraat kent een groot veenverbruik per 1.000 euro omzet, terwijl voor aardbeiteelt in de grond of op water geen veen nodig is. In kropsla en bloemkool wordt veen gebruikt voor zowel teelt in als uit de grond (figuur 4.4), in de vorm van perskluitjes om jonge groenteplantjes op te kweken. De verschillen in veenverbruik tussen teelt van in en uit de grond worden verklaard door een verschil in uitvalspercentage. Bij sla op water halen meer plantjes de eindstreep, bij bloemkool juist minder ten opzichte van teelt in de grond. Het veenverbruik in prei, spinazie en boomteelt is nagenoeg verwaarloosbaar.



Figuur 4.4.: **Veenverbruik per gewas en teeltsysteem in kg per 1.000 euro geoogst leverbaar product uit de grond. Alleen gewassen met veenverbruik zijn weergegeven.**

4.1.4 Milieubelasting door gewasbeschermingsmiddelen

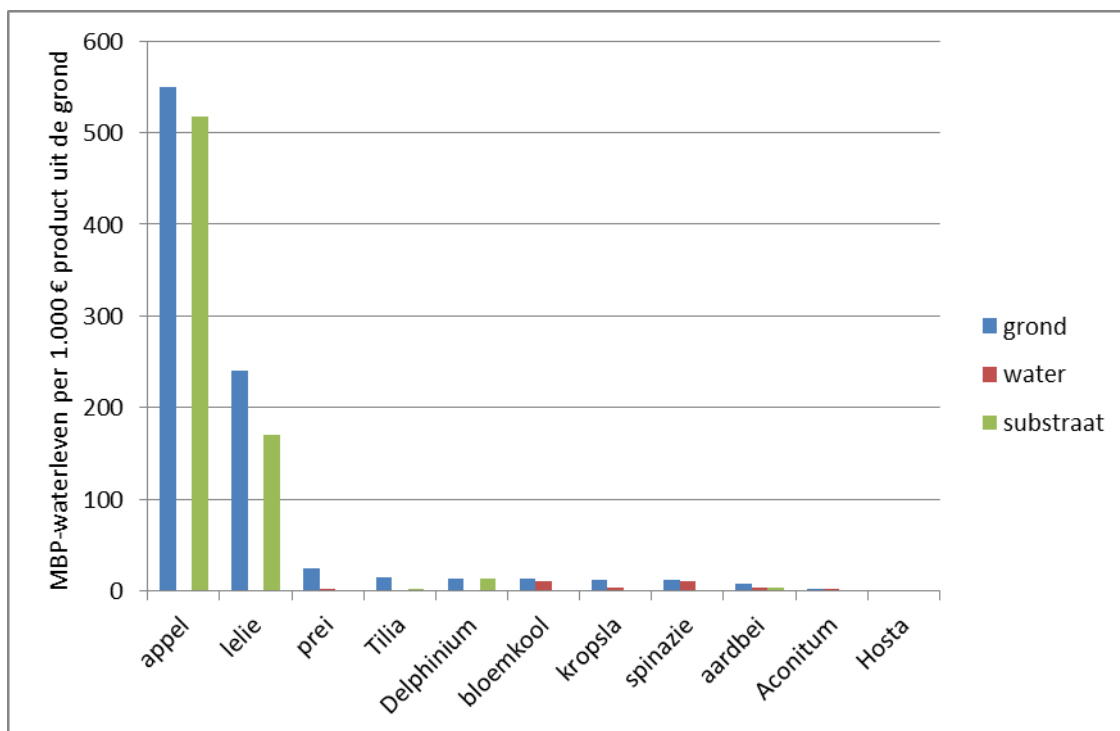
Figuur 4.5 toont het verbruik van hoeveelheden actieve stof per gewas en teeltsysteem, exclusief grondontsmetting. In lelie worden de meeste kilo's actieve stof per 1.000 euro omzet gebruikt. Teelt op substraat leidt hier tot substantiële vermindering van de gebruikte hoeveelheid actieve stof. In vrijwel alle andere gewassen daalt de gebruikte hoeveelheid actieve stof ook, al is het netto effect beperkt in verhouding tot de omzet. De daling in hoeveelheid actieve stof komt onder andere doordat er niet tegen onkruid gespoten hoeft te worden. Ook is in sommige gewassen de ziektedruk lager bij teelt uit de grond, door de meer geconditioneerde omstandigheden.



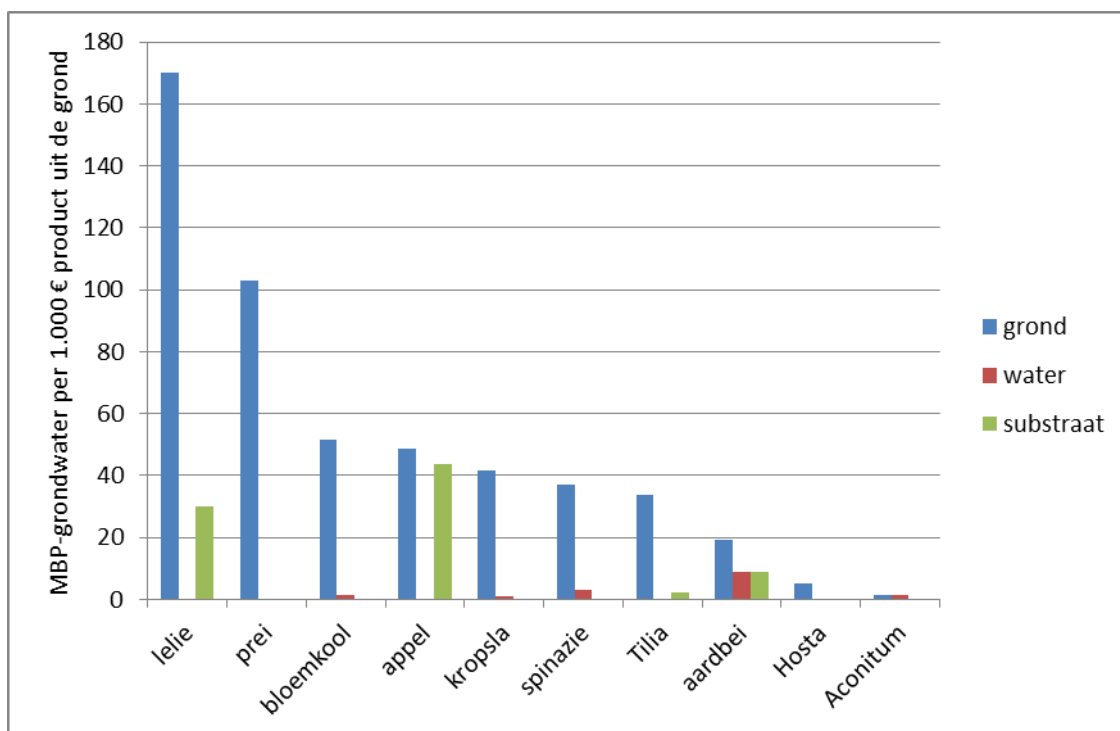
Figuur 4.5: Hoeveelheid actieve stof per gewas en teeltsysteem in kg per 1.000 euro geogst leverbaar product uit de grond.

De milieubelasting door gewasbeschermingsmiddelen wordt niet zozeer bepaald door de hoeveelheid actieve stof, maar vooral door de soort. Minder gebruik van actieve stof betekent dus niet automatisch een lagere milieubelasting. De figuren 4.6 t/m 4.8 tonen achtereenvolgens de milieubelastingspunten voor het waterleven, grondwater, en bodemleven, als gevolg van gewasbescherming. Hierin is te zien dat teeltsystemen uit de grond over het algemeen tot een lagere milieubelasting leiden dan teeltsystemen in de grond. Dit effect is doorgaans groter voor de belasting van grondwater en bodem dan voor de belasting van het waterleven. Dat komt omdat de milieubelasting van het waterleven deels veroorzaakt wordt door drift. Dit verschijnsel treedt ook op in systemen uit de grond, alhoewel teelt uit de grond in sommige gewassen meer mogelijkheden biedt voor driftreductie, zoals tunnelspuiten en het toepassen van de middelen met het water.

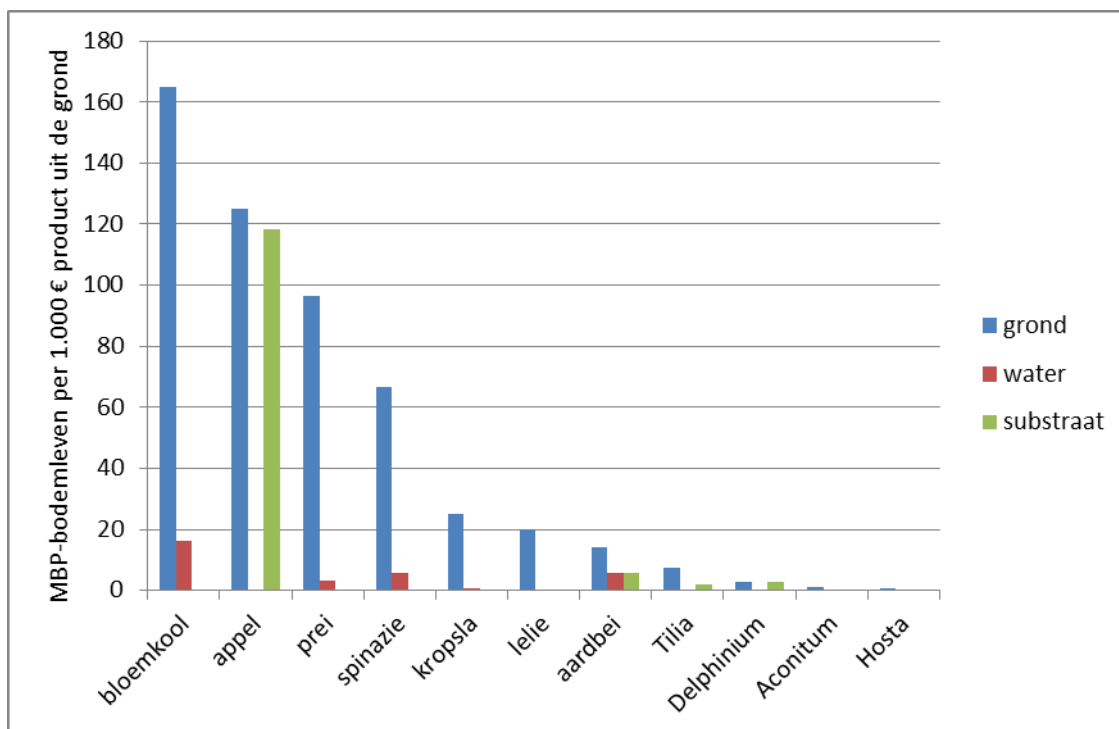
De milieubelasting van bodemleven en grondwater ontstaat doordat een deel van de toegediende middelen naast het gewas valt. Voor zover deze ondergrond niet in contact staat met de bodem is er geen milieubelasting. In drijvende teeltsystemen, die veelal op een verharde ondergrond staan, is de verbetering dan ook relatief aanzienlijk. In teeltsystemen op substraat vermindert de milieubelasting van bodemleven en grondwater naarmate het met substraat bedekte oppervlak groter is. De smalle goten in appel vangen bijvoorbeeld minder actieve stof op dan de brede substraatbedden in lelie.



Figuur 4.6.: Milieubelasting van het waterleven als gevolg van gewasbescherming, per gewas en teeltsysteem, in milieubelastingspunten (MBP) per 1.000 euro geoogst leverbaar product uit de grond.



Figuur 4.7.: Milieubelasting van het grondwater als gevolg van gewasbescherming, per gewas en teeltsysteem, in milieubelastingspunten (MBP) per 1.000 euro geoogst leverbaar product uit de grond.



Figuur 4.8.: Milieubelasting van het bodemleven als gevolg van gewasbescherming, per gewas en teeltsysteem, in milieubelastingspunten (MBP) per 1.000 euro geoogst leverbaar product uit de grond.

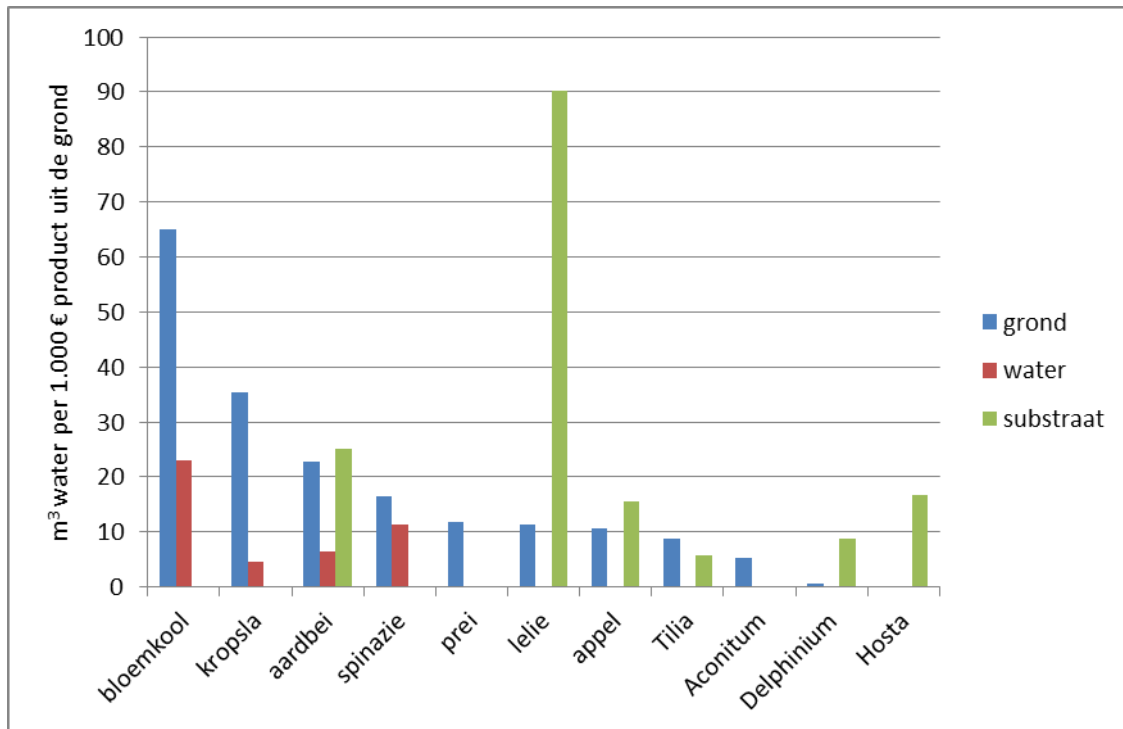
In de bovenstaande figuren 4.5 t/m 4.8 is grondontsmetting bewust niet meegenomen. De middelen en hoeveelheid actieve stof die hierbij gebruikt worden zijn namelijk dermate belastend dat de milieubelasting door overige gewasbescherming erbij in het niet valt. Grondontsmetting behoort tot de gangbare praktijk in onder andere de aardbei- en appelteelt. In een teeltsysteem uit de grond is in principe geen grondontsmetting nodig, tenzij hetzelfde zand als bij teelt in de grond als substraat gebruikt wordt. Om die reden wordt bij de teelt van appel in sleuven geen zand maar klei in de sleuven gedaan. Het weglaten van grondontsmetting levert een enorme emissiereductie op. Toepassing van grondontsmetting is echter niet altijd inherent aan de keuze voor een bepaald teeltsysteem. Ook bij teelt in de grond kan grondontsmetting (deels) teruggedrongen worden door bijvoorbeeld een ruimere vruchtwisseling. Door steeds intensievere bouwplannen gecombineerd met een schaarste aan grond is deze optie echter voor veel telers onaantrekkelijk. Bovendien is grondruil voor meerjarige teelten, zoals fruit, niet eenvoudig.

4.1.5 Waterverbruik

Figuur 4.9 toont het verbruik van grond-, oppervlakte- of leidingwater per gewas en teeltsysteem. Dit verbruik ligt bij teelt op water beduidend lager dan bij teelt in de grond. Dat komt omdat de natuurlijke neerslag in een watersysteem veel efficiënter benut wordt. Op jaarbasis is er sprake van een netto neerslagoverschot, d.w.z. er valt meer neerslag dan de gewassen opnemen. In een teeltsysteem op water wordt deze neerslag opgevangen in een bassin en gedoseerd aan het gewas toegediend. Bovendien wordt het water gerecirculeerd, waardoor er zo min mogelijk verliezen zijn. Bij teelt in de grond wordt een deel van de neerslag niet opgenomen door het gewas. Bovendien valt de neerslag niet altijd op het goede moment. Hierdoor moet in veel gewassen vaak extra water worden toegediend.

In tegenstelling tot teelt op water leidt teelt op substraat vaak juist tot een hoger waterverbruik. Dat komt onder meer doordat het regenwater dat in de vollegrondsteelt benut wordt nu deels naast de goten valt. Ook heeft het gewas op substraat eerder last van uitdroging, doordat het watervasthoudend vermogen van de bodem niet benut wordt. Daarnaast vindt in de meeste substraatsystemen (nog) geen recirculatie plaats, waardoor een deel van het water alsnog verloren gaat. Het waterverlies kan beperkt worden door gerichte irrigatie via bijvoorbeeld druppelaars, zoals in de teeltsystemen uit de grond voor de boomteelt en appelteelt het geval is. Het waterverbruik in de lelieteelt in substraat is veel hoger dan in de grond. Dit komt door de onderliggende aanname dat lelieteelt in de grond profiteert van een capillaire opstijging uit de ondergrond. Dit effect treedt met name op in de duinzandgronden in Noord- en Zuid-Holland. Onduidelijk is nog hoe representatief deze

aanname is voor de lelieteelt in overige delen van het land waar ook veel lelies geteeld worden.

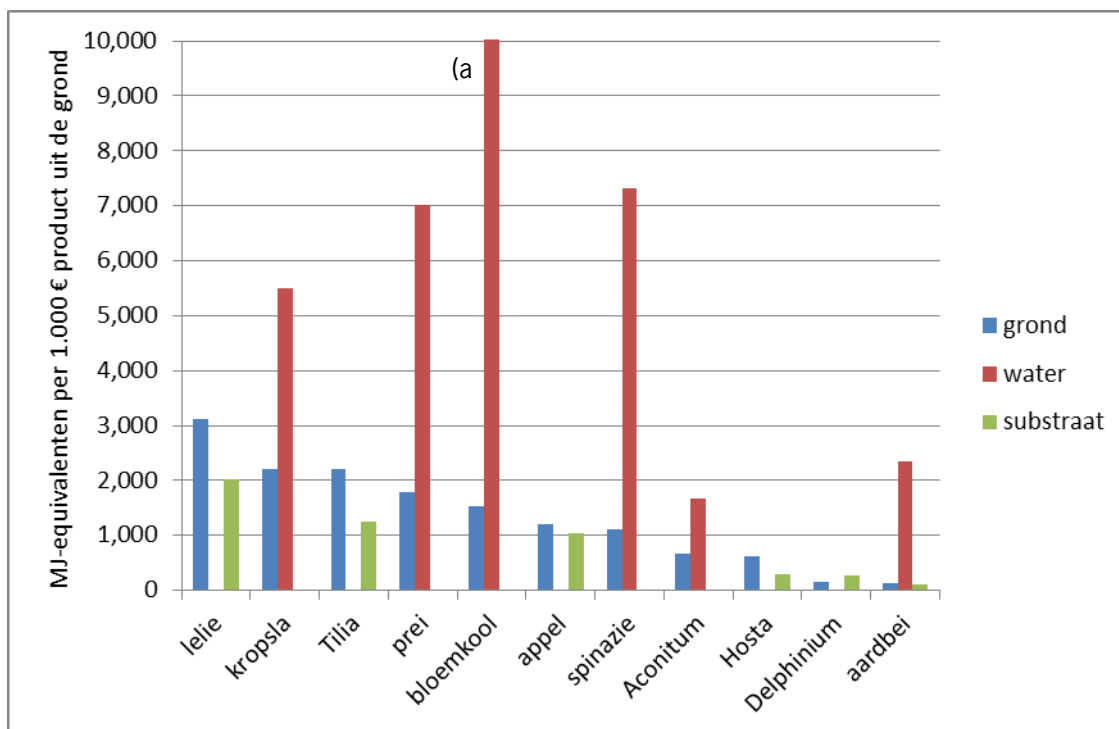


Figuur 4.9.: **Waterverbruik per gewas en teeltsysteem in m³ per 1.000 euro geoogst leverbaar product uit de grond.**

4.1.6 Energieverbruik

Teeltsystemen op water hebben naar verhouding een hoog tot zeer hoog direct energieverbruik (figuur 4.10). Hoewel op brandstof bespaard wordt, leidt het continu (re-)circuleren van het water tot een hoog stroomverbruik. Dit stroomverbruik in de waterteelt veroorzaakt een hoger energieverbruik dan het energieverbruik door diesel in de grondteelt. De benodigde energie voor recirculatie hangt mede af van het oppervlak en de periode waarover recirculatie plaatsvindt. Een minder intensieve benutting van het oppervlak (d.w.z. langere teeltduur, lagere gemiddelde plantdichtheid) leidt dus tot een hoger energieverbruik ten opzichte van de omzet. Hierdoor neemt het energieverbruik per 1.000 euro omzet bij bloemkool meer toe dan bij kropsla en prei.

De teelt op substraat leidt in de meeste gewassen tot een daling van het directe energieverbruik ten opzichte van teelt in de grond. Dat komt omdat er minder zware machines worden ingezet. Ook zijn de af te leggen afstanden van perceel naar erf kleiner.

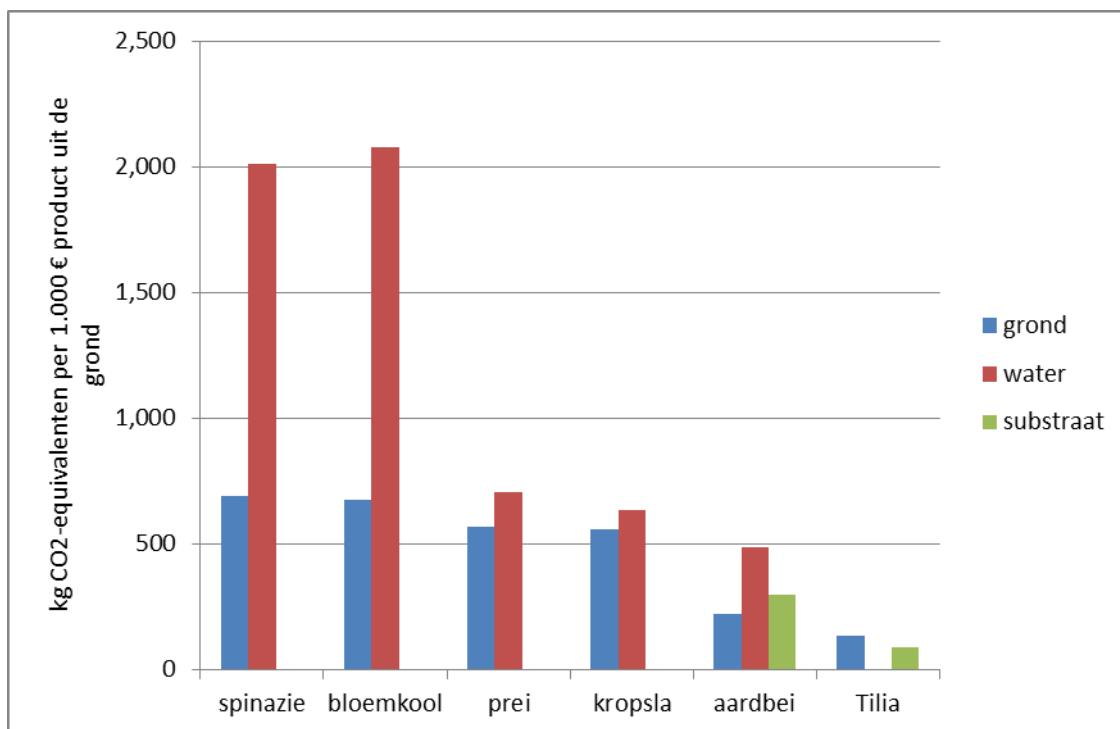


Figuur 4.10: Direct energieverbruik per gewas en teeltsysteem in MJ-equivalenten per 1.000 euro geoogst leverbaar product uit de grond. ^a De prestatie voor bloemkool is afgetopt op 10.000 MJ-equivalenten; de werkelijke waarde bedraagt ca. 21.900 MJ-eq.

4.1.7 Klimaat

De uitstoot van broeikasgassen bij teeltsystemen op water is hoger dan bij teelt in de grond (figuur 4.11). Doordat er naar verwachting geen broeikasgasemissies zijn bij toepassing van stikstofmeststoffen in water heeft het teeltsysteem op water een voordeel ten opzichte van teelt in de grond, waar door ammoniakvervluchtiging, nitraatuitspoeling en denitrificatie in de bodem veel broeikasgassen vrijkomen. Dit effect wordt echter weer teniet gedaan door de hogere broeikasgasemissies vanwege het elektriciteitsverbruik bij teelt op water ten opzichte van het dieselvebruik bij teelt in de grond. Ook broeikasgasemissies door productie en transport van kapitaalgoederen is bij het systeem op water hoger dan bij teelt in de grond. Vooral het gebruik van plastics dragen hieraan bij, met name polystyreen, maar ook polyethyleen en polyvinylchloride.

Het effect van substraatteelt op broeikasgasemissies is niet eenduidig. In de boomteelt wordt een verbetering gerealiseerd, voornamelijk door verkleining van teeltoppervlak. Hierdoor nemen werktijd en brandstofverbruik voor bespuitingen sterk af en wordt het indirect energieverbruik van kapitaalgoederen verdeeld over een grotere hoeveelheid eindproduct. Ook zijn sommige zware machines niet meer nodig. In aardbei leidt substraatteelt juist tot een toename van broeikasgasemissies. Deze is volledig te wijten aan het gebruik van veen.

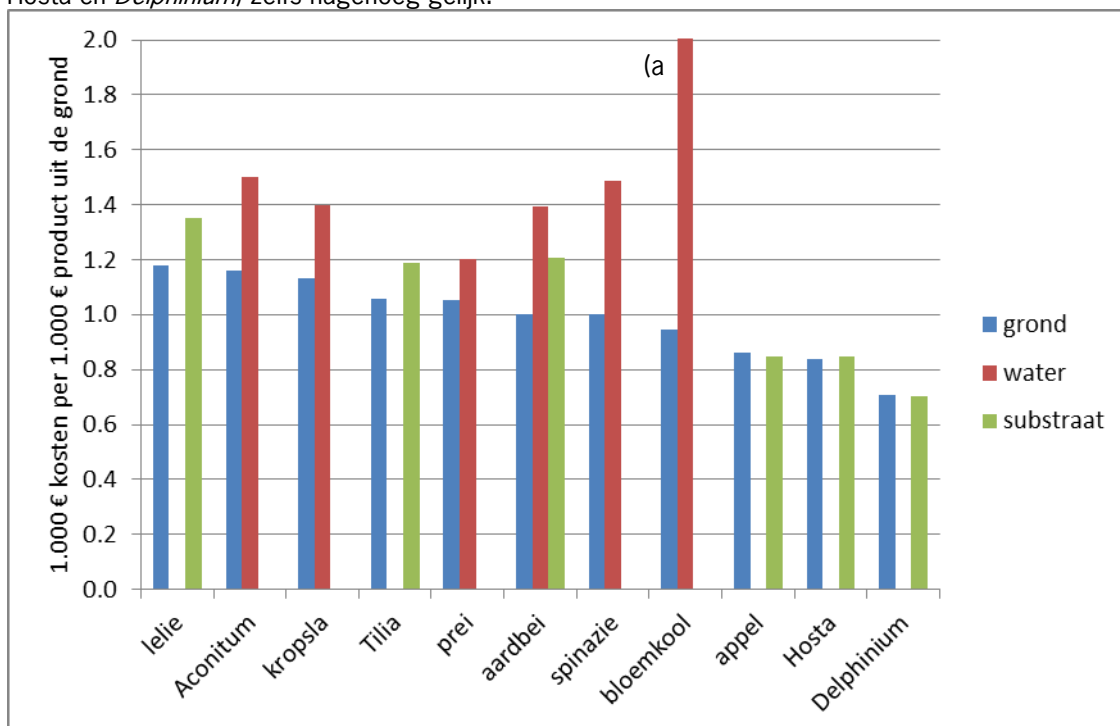


Figuur 4.11.: Broeikasgasemissie per gewas en teeltsysteem in kg CO₂-equivalenten per 1.000 euro geoogst leverbaar product uit de grond. N.B. deze indicator is slechts voor een beperkt aantal gewassen berekend (zie paragraaf 2.3.1.7).

4.2 Profit

4.2.1 Kostprijs

In de meeste gewassen leidt teelt uit de grond tot een verhoging van de kostprijs per 1.000 euro product ten opzichte van teelt in de grond (figuur 4.12). Met name de teeltsystemen op water springen er negatief uit. De kostprijs voor substraatteelt verschilt weinig van die voor teelt in de grond en is voor drie gewassen (appel, Hosta en *Delphinium*) zelfs nagenoeg gelijk.



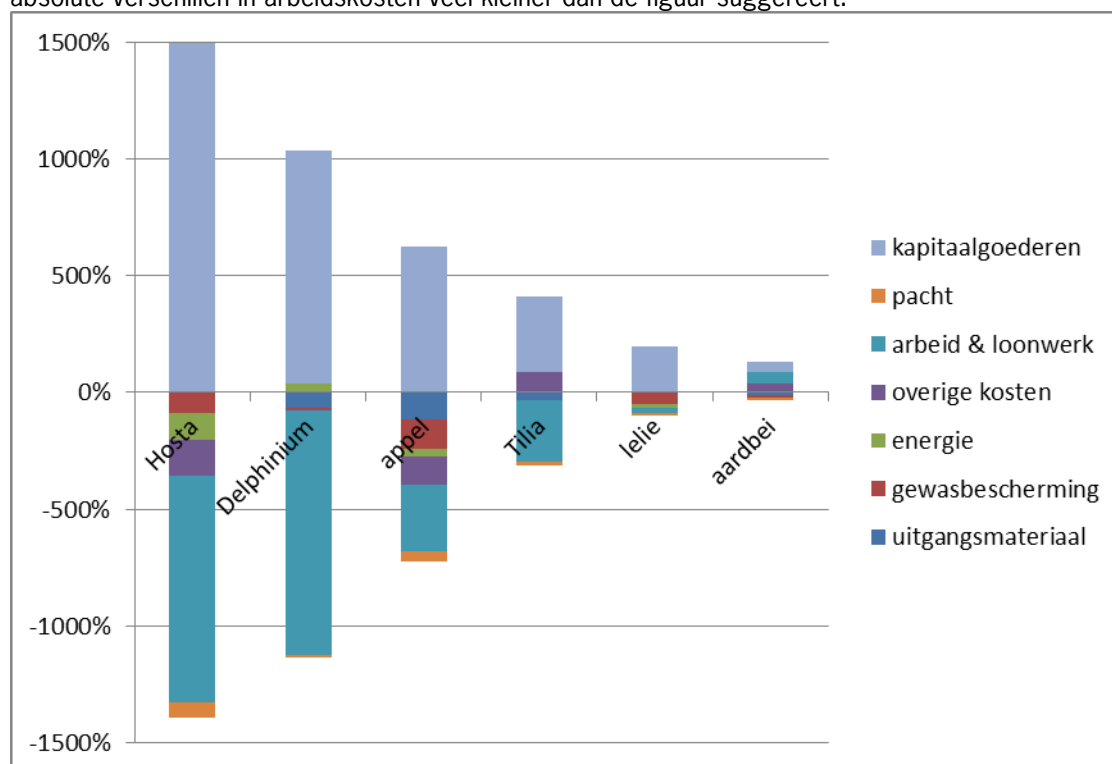
Figuur 4.12: **Kostprijs per gewas en teeltsysteem in 1.000 euro kosten per 1.000 euro geoogst leverbaar product uit de grond.** ^aDe prestatie voor bloemkool is afgetopt op 2.000 euro; de werkelijke waarde bedraagt ruim 3.100 euro per 1.000 euro product.

De Figuren 4.13a en b bieden inzicht in de redenen voor stijging of daling van de kostprijs. De staven vertegenwoordigen de relatieve bijdrage aan de verandering in kostprijs voor het betreffende gewas. Hoewel de bijdragen per gewas-teeltsysteemcombinatie opgeteld plus of min 100% moeten zijn, kan de toename of afname van individuele kostenposten veel groter zijn. De stijging in kosten van kapitaalgoederen bij Hosta is bijvoorbeeld 15 keer zo groot als de totale stijging in kosten, doordat tegelijkertijd de kosten van arbeid en loonwerk sterk afnemen.

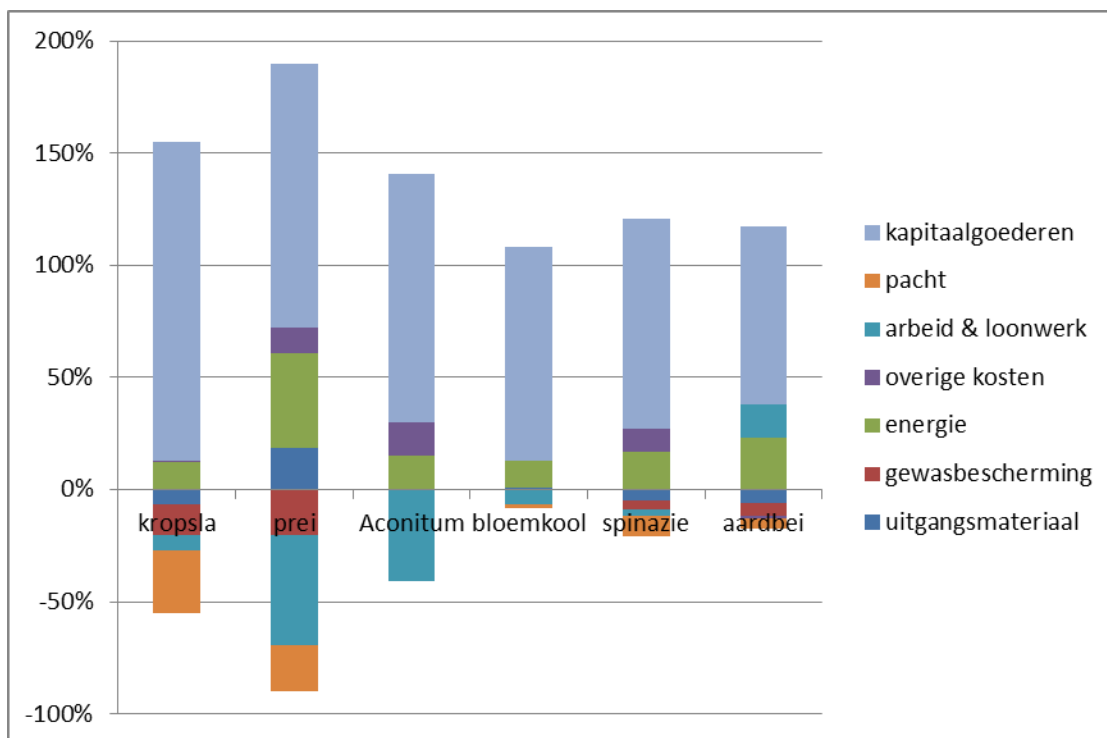
De kostprijsstijging wordt grotendeels veroorzaakt door een toename in de kosten van kapitaalgoederen. Teeltsystemen uit de grond maken in verhouding tot teelt in de grond meer gebruik van installaties, apparatuur en hulpmaterialen. Dat brengt hoge kosten met zich mee.

Daarnaast reflecteert de verandering in kostprijs de prestaties van de teeltsystemen op een aantal eerder besproken thema's. Zo verklaart de sterke toename in energieverbruik een deel van de kostprijsstijging in watersystemen, vooral bij prei. In substraatsystemen zijn de energiekosten juist iets lager, waardoor een deel van de kostenstijging van kapitaalgoederen gecompenseerd wordt. Figuur 4.13a en b laten dit zien: in figuur 4.13a staat energie onder de nullijn, wat betekent dat de energiekosten lager worden. In figuur 4.13b staat energie boven de nullijn, wat een kostenstijging betekent.

Ook de eerder besproken arbeidsbehoefte vertaalt zich door in de kostprijs. Met uitzondering van aardbei liggen de arbeidskosten van teeltsystemen uit de grond lager dan bij teeltsystemen in de grond. Met name in Hosta, *Delphinium*, appel en *Tilia* compenseren de arbeidskosten een aanzienlijk deel van de stijging in kosten van kapitaalgoederen. Let wel: het betreft hier de *relatieve* bijdrage van arbeidskosten aan de kostprijsverandering. Doordat de totale kostprijs in vooral Hosta en *Delphinium* nauwelijks verandert zijn de absolute verschillen in arbeidskosten veel kleiner dan de figuur suggereert.



Figuur 4.13a: **Relatieve bijdrage van verschillende kostenposten in het verschil in kostprijs tussen substraatsystemen en teelt in de grond. Per gewas is het netto verschil van alle factoren samen +100% (kostprijsstijging) of -100% (kostprijsdaling).**

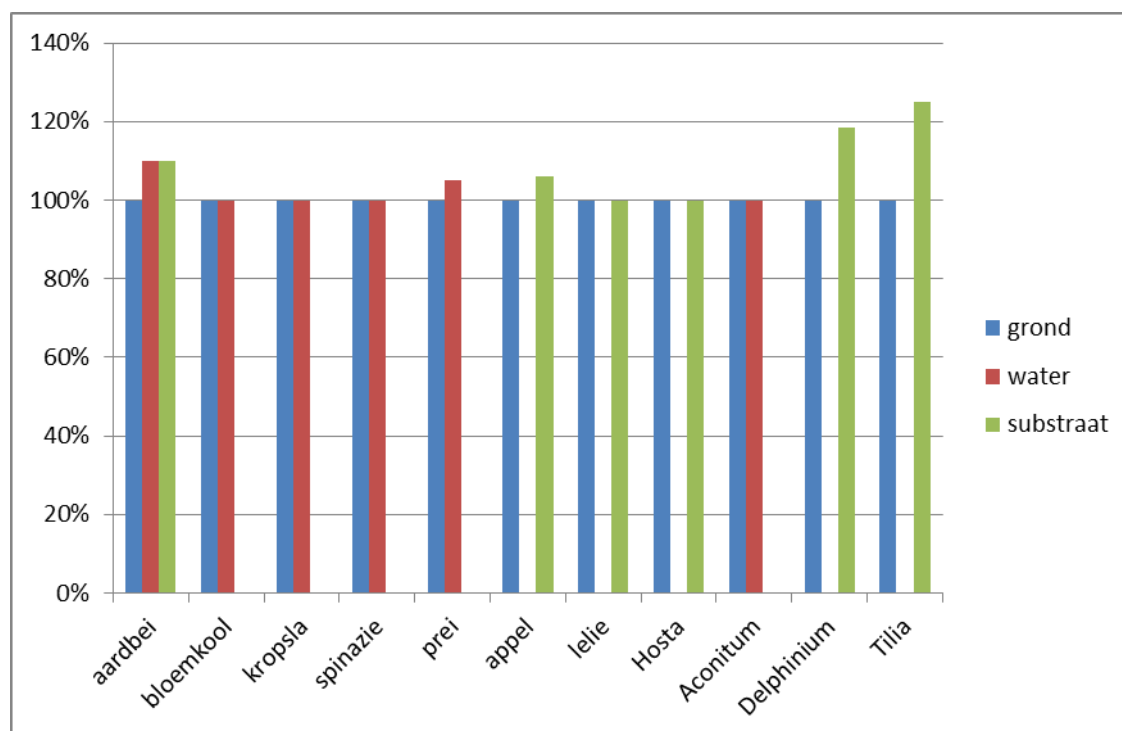


Figuur 4.13b: Relatieve bijdrage van verschillende kostenposten in het verschil in kostprijs tussen watersystemen en teelt in de grond. Per gewas is het netto verschil van alle factoren samen +100% (kostprijsstijging) of -100% (kostprijzdaling).

4.2.2 Opbrengstprij

Figuur 4.14 toont de relatieve opbrengstprij per gewas en systeem. Voor teelt in de grond is deze vanzelfsprekend 1 (of 100%); immers, alle prestaties worden uitgedrukt ten opzichte van de waarde van het product uit de grond. Teelt uit de grond leidt in sommige gewassen tot een verhoging van de opbrengstprij ten opzichte van teelt in de grond. Met name in substraatsystemen is dit het geval. Deze prijsstijging wordt gerealiseerd door een uniformer product (boomteelt) of betere kwaliteit (boomteelt, appel, aardbei). Bij prei en *Delphinium* wordt winst gehaald uit het verschuiven van de afzetperiode, waardoor voor een vergelijkbaar product een betere prijs wordt verkregen.

De cijfers in figuur 4.14 berusten veelal op een eerste voorzichtige schatting, omdat empirische gegevens ontbreken. In een workshop met gewasonderzoekers bleek dat in de meeste gewassen de verwachte meerprijs van uit de grond geteelde producten tussen de 0 en 20% ligt ten opzichte van in de grond geteelde producten.



Figuur 4.14.: Relatieve opbrengstprij per gewas en teeltsysteem, waarbij deze voor teelt in de grond gelijk is aan 100%.

4.2.3 Rentabiliteit

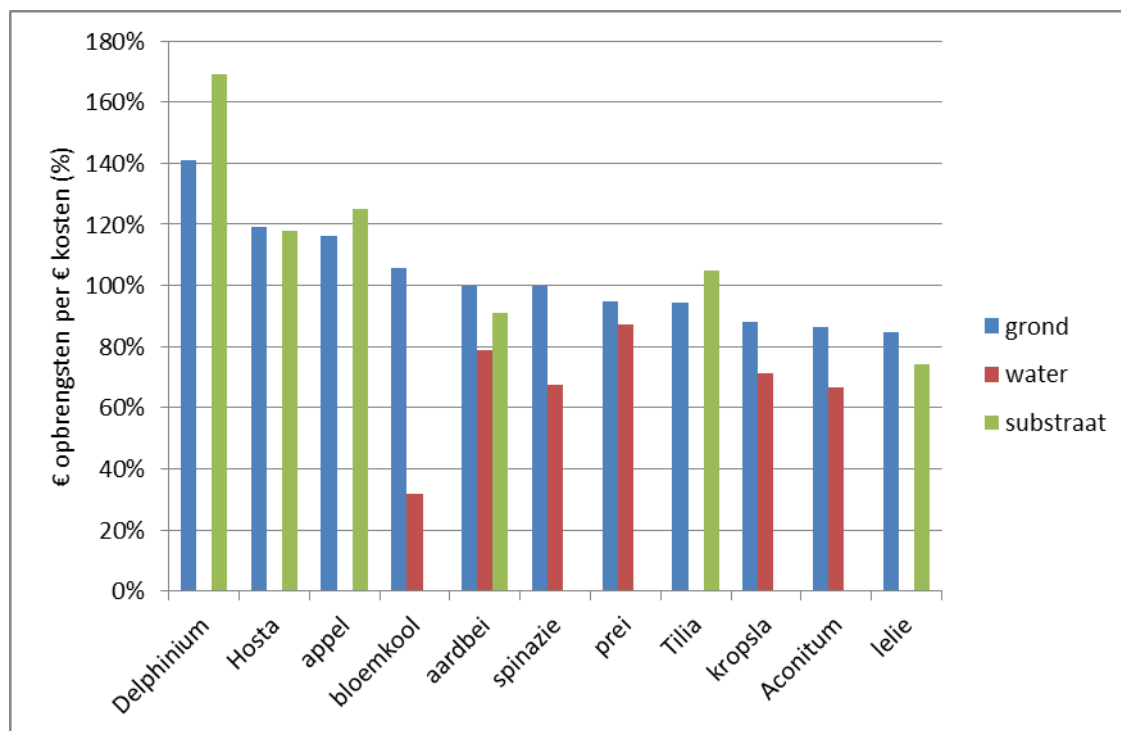
Kostprijs en opbrengstprij bepalen samen de rentabiliteit (figuur 4.15). In veel gewassen is de rentabiliteit lager dan 100%, ongeacht het systeem. Dat bedrijven desondanks overeind blijven komt doordat ondernemers vaak genoegen nemen met een lagere vergoeding voor arbeid en eigen vermogen dan het tarief waarmee de kostprijs berekend wordt en doorwerken met afgeschreven machines.

Waar de rentabiliteit (veel) hoger is dan 100% komt dat veelal doordat niet alle kosten zijn meegenomen. Dit geldt dat voor zowel het telen in de grond als uit de grond. Zo zijn bijvoorbeeld in *Delphinium* de koelkosten van het plantgoed niet meegerekend. Bij appel is gerekend met één van de clubrassen, met relatief hoge opbrengstprijzen.

Een substraatsysteem leidt in drie gewassen (*Delphinium*, appel, *Tilia*) tot een hogere rentabiliteit dan die van teelt in de grond. De rentabiliteitsstijging in deze gewassen varieert van 9 tot 28%. Dit komt doordat de kostprijs niet of slechts beperkt stijgt, terwijl tegelijkertijd een hogere opbrengstprij gerealiseerd wordt. Bij de overige gewassen, waarin substraatsystemen een lagere rentabiliteit hebben, is het verschil vrij klein.

Teeltsystemen op water leiden in alle casusgewassen tot een lagere rentabiliteit. De verhoging van de

kostprijs is hier dusdanig dat zelfs een hogere opbrengstprijis (aardbei, prei) deze onder de huidige omstandigheden niet compenseert. In prei is de daling van de rentabiliteit met een verschil van 8% het kleinst.

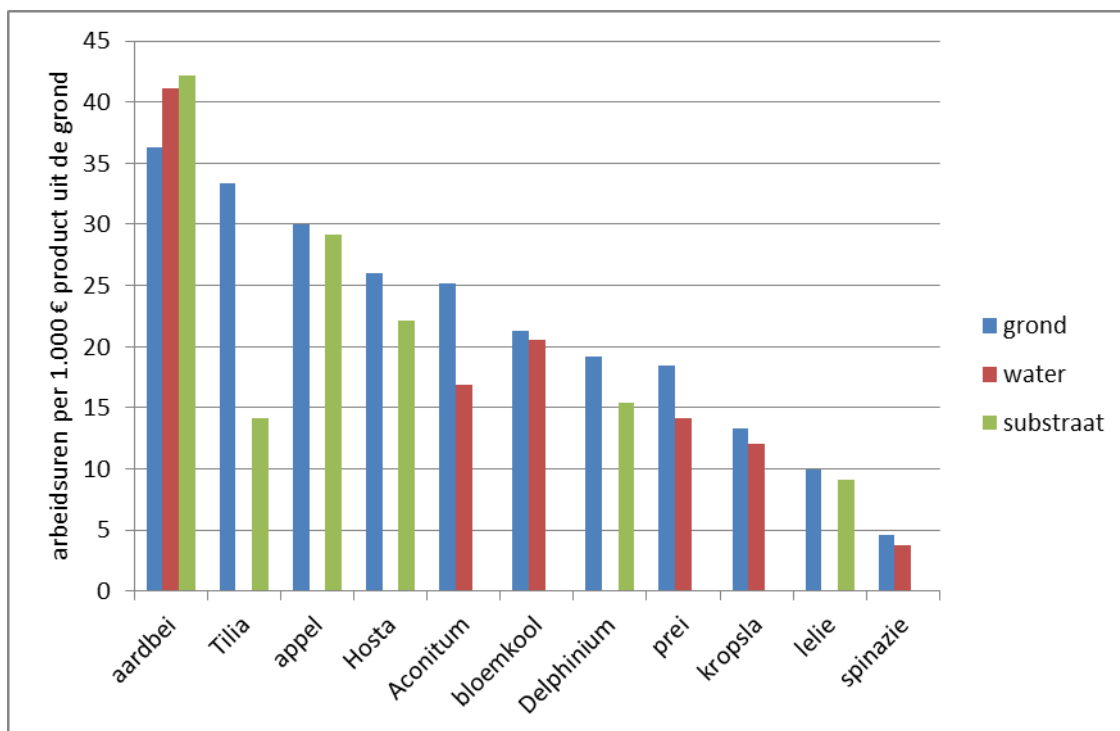


Figuur 4.15.: Rentabiliteit per gewas en teeltsysteem.

4.3 People

4.3.1 Arbeid

De arbeidsbehoefte van een teeltsysteem uit de grond is over het algemeen lager dan die van een teelt in de grond (figuur 4.16). De mate van arbeidsbesparing bij teelt uit de grond varieert sterk. Deze variatie wordt meer bepaald door het gewas dan door het teeltsysteem. In *Tilia* is wordt de arbeidsbehoefte bij teelt uit de grond meer dan gehalveerd; in sommige andere gewassen is het verschil marginaal. De besparing wordt met name gerealiseerd door een efficiëntere logistiek, kleinere af te leggen afstanden tussen perceel en erf, het wegvallen van handelingen als grondbewerking, onkruid wieden en beregening en het efficiënter kunnen oogsten of rooien. Aardbei vormt een uitzondering. Hierin hebben zowel de substraat- als waterteelt een hogere arbeidsbehoefte dan de teelt in de grond. De oogst op stellingen is efficiënter, maar planten, verzorging, gewasbescherming etc. kosten meer tijd waardoor het netto-effect negatief is.



Figuur 4.16.: Arbeidsbehoefte per gewas en teeltsysteem in uren per 1.000 euro geogest leverbaar product uit de grond.

5 Conclusies en aanbevelingen

In dit rapport zijn de duurzaamheidsprestaties van teeltsystemen uit de grond vergeleken met die van teeltsystemen in de grond. Hiervoor zijn zestien duurzaamheidsindicatoren benoemd, verdeeld over negen thema's. Bij de teeltsystemen is onderscheid gemaakt tussen teelt op water en teelt op substraat. De prestaties van deze systemen zijn gemeten in elf verschillende gewassen.

5.1 Duurzaamheidsprestaties

Op basis van deze analyse trekken we de volgende conclusies over de duurzaamheidsprestaties van teeltsystemen uit de grond:

- Ten opzichte van teelt in de grond leveren teeltsystemen uit de grond betere prestaties op gebied van nutriëntenemissies, milieubelasting door gewasbeschermingsmiddelen, en landgebruik.
- Teeltsystemen op water hebben een hoger direct energieverbruik en uitstoot van broeikasgasemissies vergeleken met de grondteelt. Dat komt door een hoog elektriciteitsverbruik als gevolg van het continu rondpompen van water en het gebruik van kapitaalgoederen met hoge indirecte broeikasgasemissies.
- Teeltsystemen op water presteren goed op waterverbruik als gevolg van een optimale benutting van hemelwater. In teeltsystemen op substraat varieert deze prestatie sterk per gewas als gevolg van verschillen in de systeem, de gewasspecifieke implementatie ervan en gehanteerde uitgangspunten.
- Teeltsystemen uit de grond leiden meestal tot een hogere kostprijs ten opzichte van teelt in de grond. De belangrijkste oorzaak hiervan is de stijging in kosten van kapitaalgoederen. Daarentegen wordt met name in substraatsystemen bespaard op arbeidskosten en kunnen in sommige systemen de extra kosten gecompenseerd worden door extra productie, resulterend in een gelijke of zelfs lagere kostprijs.
- In een aantal gewassen wordt een hogere opbrengstprijis mogelijk geacht voor producten uit de grond ten opzichte van in de grond geteelde producten. De in dit rapport gepubliceerde cijfers zijn in dat opzicht tamelijk behoudend.
- De geschiktheid van veenverbruik als duurzaamheidsthema is twijfelachtig. Inzicht in prestaties van systemen op veenverbruik is zinvol voor bewustwording, maar de keuze voor wel of geen veen is in de meeste gewassen niet inherent aan het teeltsysteem.
- Teeltsystemen uit de grond hebben een lagere arbeidsbehoefte dan teeltsystemen in de grond, met uitzondering van de teelt van aardbei.
- Ten opzichte van teelt in de grond daalt de rentabiliteit bij teelt op water. De rentabiliteit van substraatteelt varieert van iets slechter tot veel beter dan teelt in de grond.

5.2 Robuustheid van prestaties

Een aantal duurzaamheidsprestaties is nog omringd door onzekerheid. Deze komt voort uit het feit dat de teeltsystemen uit de grond nog maar kort in de praktijk toegepast worden, en in een beperkt aantal gewassen. De belangrijkste onzekerheden zijn:

- Beperkt inzicht in de invloed van het teeltsysteem op de productie. Omdat teeltsystemen uit de grond nog niet geoptimaliseerd zijn is de te behalen verbetering in kwantiteit (stuks, kilo's) of kwaliteit (uiterlijk, maat) nog onzeker.
- In relatie daarmee zijn de mogelijkheden om meerwaarde te creëren in de markt nog grotendeels onbekend. Die meerwaarde kan gebaseerd zijn op een betere afstemming van aanbod op vraag, een betere en/of uniformere kwaliteit, of beleving door de consument.
- Te korte looptijd om een duidelijk beeld te hebben van de ziektedruk in het systeem. Hierdoor is niet met zekerheid te zeggen hoe de optimale gewasbescherming eruit ziet. In sommige gewassen is er ook nog onzekerheid over uitvalpercentages en productkwaliteit als gevolg van ziekte- en plaagdruk.
- De benodigde spui-frequentie is voor teeltsystemen op water nog onzeker. Meer of minder spuien is van grote invloed op de prestaties van het systeem ten aanzien van waterverbruik, nutriëntenverbruik en gewasbescherming.

De ontwikkeling van teeltsystemen uit de grond staat nog in de kinderschoenen, en door verdere optimalisatie zullen ook hier nog verduurzamingslagen gemaakt worden. Uit deze studie volgen de volgende aanbevelingen voor verbetering:

- Verlaging van het elektriciteitsverbruik door het water op andere wijze te laten circuleren (bijvoorbeeld door het injecteren van lucht) of het met een lagere snelheid te laten circuleren. Dit leidt tot verlaging van het energieverbruik en broeikasgasemissies in teelt op water.
- Vervanging van veen door duurzamere alternatieven. Dit is een optie voor zowel teelten in als uit de grond. Veen is een eindige grondstof en levert een grote bijdrage aan de broeikasgasemissies van het systeem.
- Efficiëntere benutting van hemelwater in substraatteelten, bijvoorbeeld door de aanleg van een bassin of door het recirculeren van water. Waterverbruik is een van de weinige thema's waar substraatsystemen slechter op presteren dan teelt in de grond. Recirculeren heeft wel effect op andere thema's als kostprijs en energiegebruik.
- Verhoging van de rentabiliteit, door verhoging van de productie en/of de opbrengstprijis (zie hierboven) of verlaging van de kostprijs. Met name kapitaalgoederen dragen bij aan de hogere kostprijs; besparing hierop kan door middel schaalvergroting, verlengen van de levensduur, of gebruik van goedkopere materialen.

5.3 Perspectief van teeltsystemen uit de grond

De ambitie van het programma "Teelt de Grond Uit" is om rendabele teeltsystemen te ontwikkelen die voldoen aan de Europese regelgeving voor waterkwaliteit. Met een redelijk tot grote afname in emissies van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen, leiden de geanalyseerde teeltsystemen uit de grond inderdaad tot een beter behoud van waterkwaliteit. In dat opzicht is het programma dus succesvol. Daar staat tegenover dat in de teelt op water op een ander belangrijk milieuthema, energie en broeikasgasemissies, een stap teruggedaan wordt. Ook ten aanzien van dit thema heeft de plantaardige sector ambities te realiseren, welke zijn vastgelegd in het Agroconvenant "Schoon en zuinig". Hoewel op gebied van energieverbruik nog wel verbetering mogelijk lijkt is het duidelijk dat er in de nieuwe systemen een spanningsveld bestaat tussen beide ambities.

De doelstelling van het programma schrijft ook voor dat de ontwikkelde teeltsystemen uit de grond rendabel moeten zijn, wat een randvoorwaarde is voor adoptie van de systemen in de praktijk. Deze economische randvoorwaarde meewegend zien wij vooral perspectief voor de implementatie van substraatsystemen. Met name de toepassingen in *Tilia*, *Delphinium*, Hosta en appel laten goede resultaten zien. In andere gewassen, zoals lelie, kan het noodzakelijk worden als teelt in de grond onmogelijk wordt door ziektedruk. Met inachtneming van de verbeterpunten kunnen ook de minder positieve prestaties in deze gewassen goed gecorrigeerd worden.

Een concurrentiekrachtige implementatie van teeltsystemen op water is lastiger vanwege de lagere rentabiliteit van dit teeltsysteem en de beperkte mogelijkheden om deze te verhogen. Op de relatief dure kapitaalgoederen kan weinig bespaard worden, en het bulkkarakter van de producten waarin het teeltsysteem momenteel wordt toegepast leent zich weinig voor het creëren van meerwaarde. Prei lijkt het meest kansrijk, met een te overbruggen verschil in rentabiliteit van 8%. Ook kunnen watersystemen perspectiefvol zijn voor de teelt van exclusievere gewassen waarvoor een meerprijs gegenereerd kan worden, of voor de teelt van gewassen die om wat voor reden dan ook niet (meer) in de grond geteeld kunnen worden. Voorwaarde is dan wel dat het energieverbruik, en daarmee de broeikasgasemissies, gereduceerd worden. Voor spinazie en bloemkool bieden teeltsystemen op water geen uitkomst.

5.4 Tot slot

De in dit rapport gepresenteerde duurzaamheidsprestaties zijn slechts een momentopname. Zowel de teeltsystemen in als uit de grond zijn voortdurend in ontwikkeling, en ook de omgeving staat niet stil. Hierdoor zal de absolute impact van zowel teeltsystemen in als uit de grond op vrijwel alle thema's veranderen met de tijd. Ook het belang van duurzaamheidsthema's wisselt over de jaren heen en tussen stakeholders. Zo wegen

vanuit overheidsperspectief de thema's gerelateerd aan waterkwaliteit zwaar, terwijl telers meer belang zullen hechten aan rentabiliteit en arbeid. Het is daarom onmogelijk om eenduidig te stellen dat het ene teeltsysteem duurzamer is dan het andere.

De methode die ten grondslag ligt aan deze studie is robuust en kan ook in de toekomst ingezet worden om ontwikkelingen in de duurzaamheid van systemen te monitoren. Ook kan het in dit rapport gepresenteerde kader in de toekomst uitgebreid worden met thema's en indicatoren die nu nog buiten beschouwing zijn gebleven. Voorbeelden zijn de al in hoofdstuk 2 genoemde thema's landschappelijke waardering en productkwaliteit, en aanvullende indicatoren voor kwalificering van arbeid en bodemkwaliteit. Resultaten van projecten in het programma Teelt de grond uit die parallel aan deze perspectievenstudies zijn uitgevoerd kunnen hierbij helpen.

Literatuurlijst

Anoniem, 2012. Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt 2012; PPO publicatie 486, Plantaardig Praktijk Onderzoek Wageningen UR, Lelystad.

CLM, 2013. Milieumeetlat voor pesticiden. Centrum voor Landbouw en Milieu, Culemborg.
<http://www.milieumeetlat.nl/nl/home.html> (augustus 2013).

Heijerman-Peppelman, G. en P.F.M.M. Roelofs, 2009. Kwantitatieve informatie Fruitteelt 2009/2010. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Businessunit Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit. Rapportnummer 2009-41, Randwijk.

Schreuder, R. en J.W. van der Wekken, 2005. Kwantitatieve informatie Bloembollen en Bolbloemen. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, businessunit bloembollen, boomkwekerij en fruit, publicatie PPO 719, Lisse.

Slobbe, R., R. Stokkers en M. Van Galen, 2010. Omgevingsanalyse voor het programma 'Teelt de grond uit'. LEI-rapport 2010-12, Den Haag.

Van der Wekken, J.W. en R. Schreuder, 2006. Kwantitatieve informatie Boomkwekerij. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, businessunit bloembollen, boomkwekerij en fruit, publicatie PPO 422, Lisse.

Van Os, E., T. Vermeulen, C. Slootweg, M. Bruins en B. van Tuijl, 2013. Ontwerp en werkwijze om emissie uit "Teelt-de-grond-Uit"-systemen te voorkomen: Wat te doen met het jaarlijks neerslagoverschot? Rapport GTB-1245, Wageningen UR Glastuinbouw, Bleiswijk.

Wijsman, J.C.G., 2012. Land- en tuinbouwcijfers 2012. Uitgave van het Landbouw Economisch Instituut en het Centraal Bureau voor de Statistiek. LEI rapport rapport 2012-056, LEI Wageningen UR, Den Haag.

Bijlage I: Geconsulteerde onderzoekers

| Gewas | Onderzoekers | Organisatie |
|-------------------|-------------------------------|---------------------|
| Prei | John Verhoeven, Kees van Wijk | PPO-AGV |
| Kropsla | John Verhoeven, Kees van Wijk | PPO-AGV |
| Bloemkool | Matthijs Blind | Proeftuin Zwaagdijk |
| Spinazie | Matthijs Blind | Proeftuin Zwaagdijk |
| Aardbei | Rob van den Broek, Hans Hoek | PPO-AGV |
| Appel | Rien van der Maas | PPO-BBF |
| Blauwe bes | Rien van der Maas | PPO-BBF |
| <i>Tilia</i> | Henk van Reuler | PPO-BBF |
| Lelie | Casper Slootweg | PPO-BBF |
| Hosta | Casper Slootweg | PPO-BBF |
| <i>Aconitum</i> | Matthijs Blind | Proeftuin Zwaagdijk |
| <i>Delphinium</i> | Casper Slootweg | PPO-BBF |

Bijlage II: Absolute prestaties van de teeltsystemen in en uit de grond per functionele eenheid

AARDBEI

| Sector | | | Groente | Groente | Groente |
|--------------------------------|---|-------------------------|-----------------|-------------------------|---------------------|
| Gewas | | | aardbei | aardbei | aardbei |
| Teeltsysteem | | | vollegrond | substraat op stellingen | water op stellingen |
| Functionele eenheid | | | ton product | ton product | ton product |
| Thema | Indicator | Eenheid | | | |
| PLANET | | | | | |
| Landgebruik | benodigde oppervlakte | m ² | 500 | 170 | 170 |
| Nutriëntenemissie | N-verbruik (organisch en kunst) | kg | 17,10 | 5,80 | 2,30 |
| Nutriëntenemissie | P2O ₅ -verbruik (organisch en kunst) | kg | 1,60 | 0,50 | 0,50 |
| Overige eindige grondstoffen | aanvoer - hergebruik veen | kg | 0 | 510 | 0 |
| Milieubelasting door gbm | hoeveelheid actieve stof | kg | 0,417 | 0,162 | 0,162 |
| Milieubelasting door gbm | MBP waterleven | MBP | 17 | 8 | 8 |
| Milieubelasting door gbm | MBP grondwater | MBP | 42 | 19 | 19 |
| Milieubelasting door gbm | MBP bodemleven | MBP | 31 | 13 | 13 |
| Watergebruik | totaal waterverbruik excl. neerslag | m ³ | 50 | 55 | 14 |
| Energieverbruik | direct energieverbruik | MJ-eq. | 284 | 240 | 5.163 |
| Klimaat | directe en indirecte emissies | kg CO ₂ -eq. | 490 | 660 | 1.070 |
| PROFIT | | | | | |
| Economie van het bedrijf | kostprijs | € | 2.200 | 2.660 | 3.070 |
| Economie van het bedrijf | opbrengstprij | € | 2.200 | 2.420 | 2.420 |
| Economie van het bedrijf | opbrengstprij / kostprijs | % | 100% | 91% | 79% |
| PEOPLE | | | | | |
| Arbeid | arbeidsbehoefte | uren | 79,9 | 92,9 | 90,4 |
| Specificatie kostprijs | | | € per kg | | |
| uitgangsmateriaal | | | 0,50 | 0,45 | 0,45 |
| bemesting | | | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| gewasbeschermingsmiddelen | | | 0,08 | 0,03 | 0,03 |
| energie | | | 0,02 | 0,01 | 0,22 |
| overige grond- en hulpstoffen | | | 0,08 | 0,28 | 0,10 |
| afzetkosten | | | 0,18 | 0,19 | 0,19 |
| overige productgebonden kosten | | | 0,06 | 0,02 | 0,02 |
| loonwerk | | | 0,01 | 0,05 | 0,00 |
| arbeid | | | 1,03 | 1,20 | 1,17 |
| pacht | | | 0,08 | 0,04 | 0,04 |
| kapitaalgoederen | | | 0,16 | 0,38 | 0,85 |
| Totaal | | | 2,21 | 2,66 | 3,08 |

BLOEMKOOL EN KROPSLA

| Sector | | | Groente | Groente | Groente | Groente |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|
| Gewas | | | bloemkool | bloemkool | kropsla | kropsla |
| Teeltsysteem | | | vollegrond | water | vollegrond | water |
| Functionele eenheid | | | 1.000 stuks | 1.000 stuks | 1.000 stuks | 1.000 stuks |
| Thema | Indicator | Eenheid | | | | |
| PLANET | | | | | | |
| Landgebruik | benodigde oppervlakte | m ² | 476 | 253 | 61 | 15 |
| Nutriëntenemissie | N-verbruik (organisch en kunst) | kg | 10,70 | 8,03 | 1,32 | 0,37 |
| Nutriëntenemissie | P205-verbruik (organisch en kunst) | kg | 3,60 | 2,70 | 1,53 | 0,45 |
| Overige eindige grondstoffen | aanvoer - hergebruik veen | kg | 10,5 | 12,0 | 7,5 | 6,3 |
| Milieubelasting door gbm | hoeveelheid actieve stof | kg | 0,080 | 0,030 | 0,057 | 0,010 |
| Milieubelasting door gbm | MBP waterleven | MBP | 7 | 6 | 2 | 0,5 |
| Milieubelasting door gbm | MBP grondwater | MBP | 28 | 1 | 6 | 0 |
| Milieubelasting door gbm | MBP bodemleven | MBP | 91 | 9 | 4 | 0 |
| Watergebruik | totaal waterverbruik excl. neerslag | m ³ | 36 | 13 | 5,3 | 0,7 |
| Energieverbruik | direct energieverbruik | MJ-eq. | 841 | 12.043 | 330 | 826 |
| Klimaat | directe en indirecte emissies | kg CO ₂ -eq. | 373 | 1.144 | 84 | 95 |
| PROFIT | | | | | | |
| Economie van het bedrijf | kostprijs | € | 520 | 1.740 | 170 | 210 |
| Economie van het bedrijf | opbrengstprij | € | 550 | 550 | 150 | 150 |
| Economie van het bedrijf | opbrengstprij / kostprijs | % | 106% | 32% | 88% | 71% |
| PEOPLE | | | | | | |
| Arbeid | arbeidsbehoefte | uren | 11,7 | 11,3 | 2,0 | 1,8 |
| Specificatie kostprijs: | | | € per stuk | | € per stuk | |
| uitgangsmateriaal | | | 0,05 | 0,07 | 0,02 | 0,02 |
| bemesting | | | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 0,00 |
| gewasbeschermingsmiddelen | | | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,00 |
| energie | | | 0,02 | 0,16 | 0,01 | 0,01 |
| overige grond- en hulpstoffen | | | | | | |
| afzetkosten | | | 0,14 | 0,14 | 0,07 | 0,07 |
| overige productgebonden kosten | | | | | | |
| loonwerk | | | | | | |
| arbeid | | | 0,15 | 0,08 | 0,03 | 0,02 |
| pacht | | | 0,05 | 0,03 | 0,01 | 0,00 |
| kapitaalgoederen | | | 0,06 | 1,23 | 0,02 | 0,07 |
| Totaal | | | 0,51 | 1,74 | 0,17 | 0,20 |

SPINAZIE EN PREI

| Sector | | | Groente | Groente | Groente | Groente |
|------------------------------------|-------------------------------------|------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|
| Gewas | | | spinazie | spinazie | prei | prei |
| Teeltsysteem | | | vollegrond | water | vollegrond | water |
| Functionele eenheid | | | ton product | ton product | ton product | ton product |
| Thema | Indicator | Eenheid | | | | |
| PLANET | | | | | | |
| Landgebruik | benodigde oppervlakte | m2 | 192 | 44 | 154 | 35 |
| Nutriëntenemissie | N-verbruik (organisch en kunst) | kg | 8,30 | 2,30 | 7,60 | 2,90 |
| Nutriëntenemissie | P2O5-verbruik (organisch en kunst) | kg | 2,30 | 0,67 | 2,20 | 2,30 |
| Overige eindige grondstoffen | aanvoer - hergebruik veen | kg | 0,0 | 0,9 | 0,0 | 0,0 |
| Milieubelasting door gbm | hoeveelheid actieve stof | kg | 0,130 | 0,020 | 0,140 | 0,001 |
| Milieubelasting door gbm | MBP waterleven | MBP | 4 | 4 | 11 | 1 |
| Milieubelasting door gbm | MBP grondwater | MBP | 13 | 1 | 48 | 0 |
| Milieubelasting door gbm | MBP bodemleven | MBP | 23 | 2 | 45 | 1 |
| Watergebruik | totaal waterverbruik excl. neerslag | m3 | 5,8 | 4,0 | 5,5 | 0,0 |
| Energieverbruik | direct energieverbruik | MJ-eq. | 386 | 2.558 | 838 | 3.274 |
| Klimaat | directe en indirecte emissies | kg CO2-eq. | 241 | 704 | 265 | 330 |
| PROFIT | | | | | | |
| Economie van het bedrijf | kostprijs | € | 350 | 520 | 492 | 562 |
| Economie van het bedrijf | opbrengstprij | € | 350 | 350 | 467 | 490 |
| Economie van het bedrijf | opbrengstprij / kostprijs | % | 100% | 67% | 95% | 87% |
| PEOPLE | | | | | | |
| Arbeid | arbeidsbehoefte | uren | 1,6 | 1,3 | 8,6 | 6,6 |
| Specificatie kostprijs: | | | € per kg | | € per kg | |
| uitgangsmateriaal | | | 0,09 | 0,08 | 0,11 | 0,12 |
| bemesting | | | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| gewasbeschermingsmiddel en energie | | | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,00 |
| overige grond- en hulpstoffen | | | | 0,02 | 0,00 | |
| afzetkosten | | | 0,18 | 0,18 | 0,11 | 0,11 |
| overige productgebonden kosten | | | | | 0,00 | 0,01 |
| loonwerk | | | | | 0,01 | |
| arbeid | | | 0,02 | 0,02 | 0,11 | 0,09 |
| pacht | | | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,00 |
| kapitaalgoederen | | | 0,02 | 0,17 | 0,09 | 0,17 |
| Totaal | | | 0,35 | 0,52 | 0,49 | 0,56 |

APPEL EN TILIA

| Sector | | | Fruit | Fruit | Boomteelt | Boomteelt |
|--------------------------------|-------------------------------------|------------|------------------|---------------------|-------------------|----------------------|
| Gewas | | | appel | appel | Tilia spillen | Tilia spillen |
| Teeltsysteem | | | vollegrond | grond in sleuven | vollegrond | potgrond in goten |
| Functionele eenheid | | | ton product | ton product | 1.000 stuks | 1.000 stuks |
| Thema | Indicator | Eenheid | | | | |
| PLANET | | | | | | |
| Landgebruik | benodigde oppervlakte | m2 | 22 | 17 | 770 | 249 |
| Nutriëntenemissie | N-verbruik (organisch en kunst) | kg | 2,69 | 1,87 | 5,11 | 4,46 |
| Nutriëntenemissie | P2O5-verbruik (organisch en kunst) | kg | 0,92 | 0,85 | 5,89 | 0,99 |
| Overige eindige grondstoffen | aanvoer - hergebruik veen | kg | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,5 |
| Milieubelasting door gbm | hoeveelheid actieve stof | kg | 0.84 | 0.77 | 0,460 | 0,085 |
| Milieubelasting door gbm | MBP waterleven | MBP | 275 | 259 | 61 | 11 |
| Milieubelasting door gbm | MBP grondwater | MBP | 24 | 22 | 135 | 8 |
| Milieubelasting door gbm | MBP bodemleven | MBP | 62 | 59 | 30 | 7 |
| Watergebruik | totaal waterverbruik excl. neerslag | m3 | 5,4 | 7,8 | 35 | 23 |
| Energieverbruik | direct energieverbruik | MJ-eq. | 601 | 522 | 8.794 | 5.043 |
| Klimaat | directe en indirecte emissies | kg CO2-eq. | - | - | 548 | 364 |
| PROFIT | | | | | | |
| Economie van het bedrijf | kostprijs | € | 430 | 424 | 4.230 | 4.760 |
| Economie van het bedrijf | opbrengstprij | € | 500 | 530 | 4.000 | 5.000 |
| Economie van het bedrijf | opbrengstprij / kostprijs | % | 116% | 125% | 95% | 105% |
| PEOPLE | | | | | | |
| Arbeid | arbeidsbehoefte | uren | 15,0 | 14,6 | 133,3 | 56,7 |
| Specificatie kostprijs: | | | € per ton | | € per stuk | |
| uitgangsmateriaal | | | 37,10 | 29,71 | 1,29 | 1,12 |
| bemesting | | | 11,96 | 10,38 | 0,00 | 0,03 |
| gewasbeschermingsmiddelen | | | 43,60 | 35,84 | 0,03 | 0,01 |
| energie | | | 14,87 | 12,92 | | |
| overige grond- en hulpstoffen | | | 3,63 | 3,91 | 0,03 | 0,47 |
| afzetkosten | | | | | | |
| overige productgebonden kosten | | | 31,80 | 25,64 | | |
| loonwerk | | | 25,20 | 11,13 | | |
| arbeid | | | 193,93 | 190,16 | 2,41 | 1,02 |
| pacht | | | 21,11 | 18,20 | 0,08 | 0,01 |
| kapitaalgoederen | | | 46,69 | 85,74 | 0,39 | 2,10 |
| Totaal | | | 429,88 | 423,64 | 4,23 | 4,76 |

LELIE EN HOSTA

| Sector | | | Bloembol- len | Bloembol- len | Vaste plant | Vaste plant |
|--------------------------------|-------------------------------------|------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|
| Gewas | | | lelie | lelie | Hosta | Hosta |
| Teeltsysteem | | | vollegrond | grond in bedden | vollegrond | grond in bedden |
| Functionele eenheid | | | 1.000 stuks | 1.000 stuks | 1.000 stuks | 1.000 stuks |
| Thema | Indicator | Eenheid | | | | |
| PLANET | | | | | | |
| Landgebruik | benodigde oppervlakte | m2 | 28 | 22 | 20 | 16 |
| Nutriëntenemissie | N-verbruik (organisch en kunst) | kg | 0,56 | 0,50 | 0,42 | 0,26 |
| Nutriëntenemissie | P2O5-verbruik (organisch en kunst) | kg | 0,17 | 0,17 | 0,55 | 0,12 |
| Overige eindige grondstoffen | aanvoer - hergebruik veen | kg | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Milieubelasting door gbm | hoeveelheid actieve stof | kg | 0,540 | 0,120 | 0,018 | 0,000 |
| Milieubelasting door gbm | MBP waterleven | MBP | 24 | 17 | 0 | 0 |
| Milieubelasting door gbm | MBP grondwater | MBP | 17 | 3 | 1 | 0 |
| Milieubelasting door gbm | MBP bodemleven | MBP | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Watergebruik | totaal waterverbruik excl. neerslag | m3 | 1,1 | 9,0 | 0,0 | 4,2 |
| Energieverbruik | direct energieverbruik | MJ-eq. | 312 | 203 | 157 | 74 |
| Klimaat | directe en indirecte emissies | kg CO2-eq. | - | - | - | - |
| PROFIT | | | | | | |
| Economie van het bedrijf | kostprijs | € | 118 | 135 | 210 | 212 |
| Economie van het bedrijf | opbrengstprij | € | 100 | 100 | 250 | 250 |
| Economie van het bedrijf | opbrengstprij / kostprijs | % | 85% | 74% | 119% | 118% |
| PEOPLE | | | | | | |
| Arbeid | arbeidsbehoefte | uren | 1,0 | 0,9 | 6,5 | 5,5 |
| Specificatie kostprijs: | | | € per 1.000 stuks | | € per 1.000 stuks | |
| uitgangsmateriaal | | | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. |
| bemesting | | | 1,89 | 1,65 | 3,00 | 2,10 |
| gewasbeschermingsmiddel en | | | 15,79 | 6,97 | 1,57 | |
| energie | | | 6,59 | 4,27 | 3,84 | 1,84 |
| overige grond- en hulpstoffen | | | | | 1,26 | |
| afzetkosten | | | | | 60,00 | 59,52 |
| overige productgebonden kosten | | | 24,96 | 24,96 | 2,10 | 2,10 |
| loonwerk | | | 0,78 | | 2,82 | 2,26 |
| arbeid | | | 20,25 | 17,72 | 106,80 | 90,39 |
| pacht | | | 8,57 | 6,77 | 6,00 | 4,80 |
| kapitaalgoederen | | | 39,39 | 72,93 | 22,76 | 48,89 |
| Totaal | | | 118,22 | 135,27 | 210,15 | 211,90 |

ACONITUM EN DELPHINIUM

| Sector | | | Zomer- bloem | Zomer- bloem | Zomer- bloem | Zomer- bloem |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|------------------------|
| Gewas | | | Aconitum | Aconitum | Delphinium | Delphinium |
| Teeltsysteem | | | vollegrond | water | vollegrond | substraat in bakken |
| Functionele eenheid | | | 1.000 stelen | 1.000 stelen | 1.000 takken | 1.000 takken |
| Thema | Indicator | Eenheid | | | | |
| PLANET | | | | | | |
| Landgebruik | benodigde oppervlakte | m ² | 46 | 46 | 25 | 24 |
| Nutriëntenemissie | N-verbruik (organisch en kunst) | kg | 0,48 | 0,38 | 0,40 | 0,29 |
| Nutriëntenemissie | P205-verbruik (organisch en kunst) | kg | 0,26 | 0,15 | 0,46 | 0,20 |
| Overige eindige grondstoffen | aanvoer - hergebruik veen | kg | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Milieubelasting door gbm | hoeveelheid actieve stof | kg | 0,010 | 0,008 | 0,059 | 0,059 |
| Milieubelasting door gbm | MBP waterleven | MBP | 1 | 1 | 9 | 9 |
| Milieubelasting door gbm | MBP grondwater | MBP | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Milieubelasting door gbm | MBP bodemleven | MBP | 0 | 0 | 2 | 2 |
| Watergebruik | totaal waterverbruik excl. neerslag | m ³ | 1,9 | 0,0 | 0,5 | 6,2 |
| Energieverbruik | direct energieverbruik | MJ-eq. | 230 | 581 | 105 | 197 |
| Klimaat | directe en indirecte emissies | kg CO ₂ -eq. | - | - | - | - |
| PROFIT | | | | | | |
| Economie van het bedrijf | kostprijs | € | 406 | 526 | 496 | 491 |
| Economie van het bedrijf | opbrengstprij | € | 350 | 350 | 700 | 830 |
| Economie van het bedrijf | opbrengstprij / kostprijs | % | 86% | 67% | 141% | 169% |
| PEOPLE | | | | | | |
| Arbeid | arbeidsbehoefte | uren | 8,8 | 5,9 | 13,4 | 10,8 |
| Specificatie kostprijs: | | | € per 1.000 stelen | | € per 1.000 takken | |
| uitgangsmateriaal | | | 208,33 | 208,33 | 80,01 | 76,20 |
| bemesting | | | 3,10 | 3,10 | 1,87 | 1,55 |
| gewasbeschermingsmiddelen | | | 2,15 | 2,15 | 4,46 | 4,25 |
| energie | | | 5,69 | 23,59 | 2,60 | 4,89 |
| overige grond- en hulpstoffen | | | 0,25 | 18,45 | | |
| afzetkosten | | | | | | |
| overige productgebonden kosten | | | 6,88 | 6,88 | 6,87 | 6,87 |
| loonwerk | | | | | 1,43 | |
| arbeid | | | 144,22 | 95,19 | 374,58 | 314,95 |
| pacht | | | 13,89 | 13,89 | 7,50 | 7,14 |
| kapitaalgoederen | | | 21,60 | 154,31 | 17,56 | 75,23 |
| Totaal | | | 406,11 | 525,89 | 496,88 | 491,07 |