

# Impact

## Rapport Waterlinzen

2024



Opdracht: Aeres Hogeschool

Datum: Maart 2024

### Aeres Hogeschool

Aeres Hogeschool Dronten biedt onderwijs aan voor studenten die passie hebben voor ondernemen, bedrijfskunde, dier en voedsel. De thema's ondernemerschap en duurzame bedrijfsontwikkelingen staan centraal binnen de onderzoeksgroepen van de faculteit in Dronten.

*Dit onderzoek is medegefinancierd door:  
Regieorgaan SIA en het Ministerie van LVVN*



**AERES**  
HOGESCHOOL  
DRONTEN



## Inleiding

Binnen het SIA PVG project 'Duurzame Eiwitten: Eendje Meer' werken Aeres Hogeschool Dronten en diverse project partners aan het beantwoorden van de vraag: *Hoe kunnen we krooseiwit duurzaam en op een industriële schaal produceren en verwerken, zodat kroos een economisch levensvatbare en aantrekkelijke eiwitbron is voor toepassing in voedingsmiddelen?* Om de "mate van duurzaamheid" te kwantificeren, is Ecoras gevraagd om in werkpakket 1 via een Levenscyclusanalyse (LCA) de milieu-impact van het teeltproces in kaart te brengen. Naast dat deze analyse inzicht geeft in de effecten binnen diverse impact categorieën, is een extra toegevoegde waarde dat met de opgedane kennis vroegtijdig kan worden gewerkt aan minimalisatie van milieu-impact binnen het teeltproces.

Eendenkroos bedoelt voor humane consumpties wordt ook wel waterlinzen genoemd. Hierom zal in deze rapportage het woord waterlinzen gebruikt worden.

## Scope

De scope van de analyse is van *cradle-to-gate*, wat inhoudt dat alle activiteiten, processen en materialen zijn meegenomen vanaf het winnen van de basisgrondstoffen tot en met het eindproduct (natte massa waterlinzen). De vervolgstappen om de waterlinzen te drogen, de eiwitextractie en de toepassing ervan vallen buiten de scope van deze studie. In figuur 1 worden de globale ketenstappen weergegeven.

## Dataverzameling

Voor de dataverzameling is eerst beschikbare kennis en expertise opgehaald bij de projectpartners Aeres Hogeschool, Rinus&Hans B.V., Karel Bolbloemen B.V. en De Baai B.V. Wanneer er data ontbrak, is er in de literatuur gezocht naar informatie over vergelijkbare systemen om een inschatting te kunnen maken. Met behulp van de erkende impact database *Ecoinvent* is de verzamelde data vertaald naar milieu impact datasets. Omdat teeltseizoenen en dus de duur van de teelt door weersomstandigheden kunnen verschillen, zullen de impacts van de teelt over een tijdsperiode van 24 uur weergegeven worden. Hierbij wordt er uitgegaan van een opgestart en continue lopend, horizontaal systeem.

## Impact methode

Voor het berekenen van de milieu impact is gebruik gemaakt van de ReCiPe 2016 Hierarchist 100a methode. In deze methode worden conversiefactoren gebruikt om losse emissies uit de milieu datasets om te rekenen naar de impact op losse milieueffectindicatoren, gekeken over een periode van 100 jaar. Deze methode is geselecteerd omdat het een gangbare methode is wanneer er meerdere indicatoren worden bekeken. De volgende indicatoren zijn geselecteerd uit deze methode: aardopwarmingsvermogen, fossiel grondstoffen schaarste, verzuring (van de bodem), eutrofiëring (marien) en waterverbruik.

## Aanpak en aannames

In samenspraak met de projectpartners zijn een aantal aannames en keuzes gemaakt om de complexiteit van de analyse te verlagen en deze behapbaar te maken voor de fase waarin het project zich bevindt. De focus van dit onderzoek ligt daarom op het vroegtijdig signaleren van grote milieu impacts van het teeltproces, zodat er op voorhand keuzes kunnen worden gemaakt in het definitieve teeltsysteem.

- De impacts worden over een tijdsperiode van 24 uur weergegeven, hierom is de opstartfase van het teeltproces niet meegenomen in deze verkenning. De tijdsduur van het teeltseizoen is afhankelijk van externe omstandigheden (zoals licht en temperatuur), waardoor het niet mogelijk is om de impact van de opstartfase te verdelen over een bepaalde tijdsduur. Hierom is de productie van de hardware, het startkroos en water waarmee de bakken in het begin gevuld moeten worden niet meegenomen. Bij een teeltseizoen van een aantal maanden is de verwachting dat dit niet terug te zien is in de resultaten, alleen bij de impactcategorie watergebruik zal dit tot een verschil leiden.
- Het toevoegen van CO<sub>2</sub> aan het water ter bevordering van de groei van de waterlinzen, is op dit moment buiten beschouwing gelaten, wegens ontbrekende data.
- Het toevoegen van desinfectiemiddelen zoals ozon en chloor wordt op dit moment buiten beschouwing gelaten, wegens ontbrekende data.
- Uit eerdere onderzoeken is bekend dat bij het telen van waterlinzen de grootste milieu impact wordt veroorzaakt door extra belichting (naast daglicht) en warmte toevoer. In dit project wordt er daarom gekeken naar mogelijkheden om enerzijds efficiënter óf zelfs helemaal zonder extra licht en warmte te telen. Om deze opties te verkennen zijn er twee scenario's opgesteld:
  - In **scenario 1** wordt er gekeken naar een situatie waarbij geen extra licht of warmte wordt toegepast tijdens de teelt.
  - In **scenario 2** wordt wel extra licht en warmte toegepast om constant optimale condities voor te teelt te hebben. Vanwege een groot gegevensbereik, zowel vanuit literatuur als opgehaalde data vanuit projectpartners, is er een onderverdeling gemaakt in dit scenario:
    - Scenario **2-A**: de laagste waarden uit de range voor gas en elektriciteit zijn meegenomen.
    - Scenario **2-B**: de hoogste waarden uit de range voor gas en elektriciteit zijn meegenomen.
- In scenario twee wordt er uit gegaan dat er continue extra belichting plaatsvindt, ongeacht het uitgangspunt horizontaal telen. In een vervolg kunnen ook andere opties worden onderzocht.
- De gebruikte gegevens zijn opgehaald uit de literatuur en bij experts van project partners. Deze data kunnen veranderen zodra de praktijkopstelling in werking is. Daarom geeft deze quickscan een eerste inzicht in de te verwachten impact.

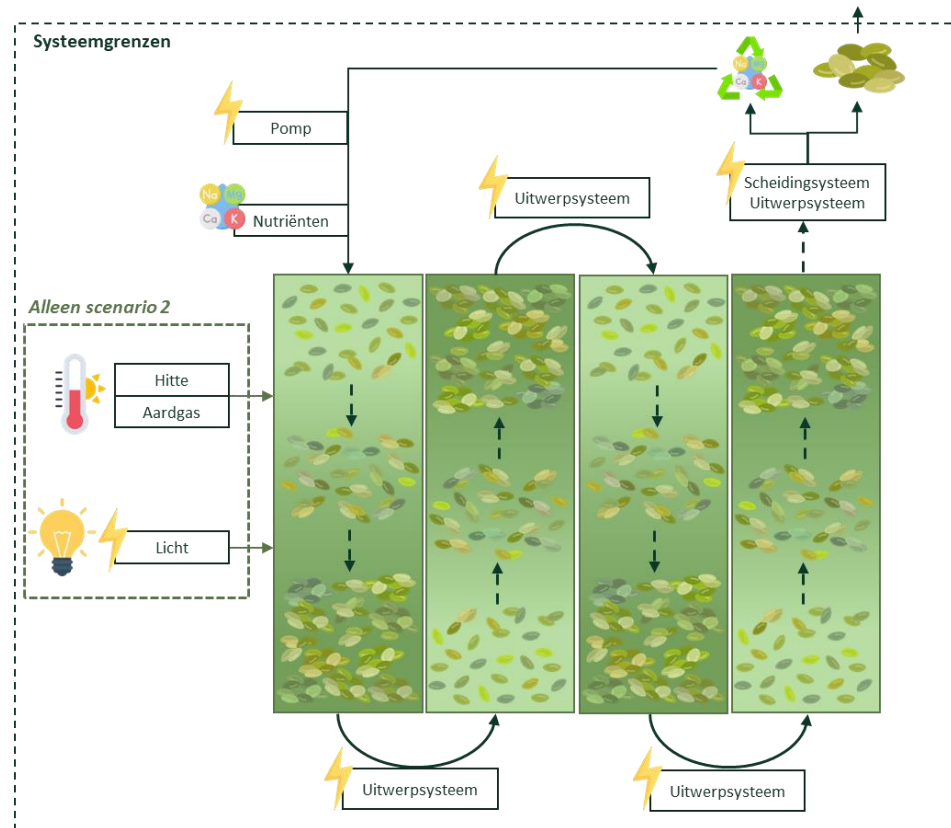
## Bronnen

- Huijbregts, Steinmann, Elshout, Stam, Verones, Vieira, Hollander, Van Zelm, 2016. ReCiPe2016: A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. RIVM Rapport 2016-0104. Bilthoven, The Netherlands.
- Van 't Hoog, Wageningen world, 2022, internetartikel [\[link\]](#)
- Centraal Bureau voor de Statistiek, 2023, internetartikel [\[link\]](#)
- Ravensbergen, P., J. Benninga en C.J.M. Vernooy, Den Haag, LEI, 2002, Rapport 2.02.14; ISBN 90-5242-776-3, ingezien via [\[link\]](#)
- Devlamynck, R., Coudron, C., Meers, E., Leenknecht, J.; Stap voor stap eendenkroos telen. Brochure, project "De blauwe keten" Interreg V Vlaanderen-Nederland

Figuur 1: Schematisch overzicht van de bekeken stappen om van de grondstof naar de productie van waterlinzen te komen. De vervolgstappen (te zien bij het gearceerde vak) vallen buiten de scope.



## Stroomgrenzen – Cradle-to-gate & uitgangspunten



De uitgangspunten voor elk scenario zijn gebaseerd op voorlopige data. Wanneer in een latere fase nieuwe data beschikbaar komt, kunnen deze parameters voor de drie verschillende scenario's worden aangepast.

Onderstaande data is verkregen met hulp van de volgende experts:

- Rico van Assen (Aeres Hogeschool)
- Hans Grootenhuis en Rinus Minkjan (Rinus&Hans B.V.)
- Jan Bregman (Karel Bolbloemen B.V.)
- Paul Brouwer (De Baai B.V.)

Per 24 uur:							
<b>Scenario 1</b>	30 m <sup>2</sup>	4320 g natte stof/ dag*	Nutriëntenmix* 81 g	Waterverlies* 42,3 kg	~12 uur natuurlijk licht	Geen extra verwarming	Uitwerpsysteem 12 h Scheidingsysteem 12 h 2,52 kWh
<b>Scenario 2-A</b>	30 m <sup>2</sup>	4860 g natte stof/ dag*	Nutriëntenmix* 81 g	Waterverlies* 42,3 kg	18 uur extra licht 16,8 kWh	Extra verwarming 72,1 MJ	Uitwerpsysteem 18 h Scheidingsysteem 18 h 3,78 kWh
<b>Scenario 2-B</b>	30 m <sup>2</sup>	6120 g natte stof/ dag*	Nutriëntenmix* 81 g	Waterverlies* 42,3 kg	18 uur extra licht 62 kWh	Extra verwarming 526,8 MJ	Uitwerpsysteem 18 h Scheidingsysteem 18 h 3,78 kWh

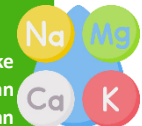
\* Voor deze eerste verkenning wordt er op basis van de beschikbare data voornamelijk gekeken naar de inputs.

# Quickscan Waterlinzen

Input Nutriënten	Formule/afk.	Gemodelleerd als (in grammen)
Nitraatstikstof	NO <sub>3</sub> -N	Kaliumnitraat (KNO <sub>3</sub> ), in de vorm van N
Ammoniumstikstof	NH <sub>4</sub> -N	Anorganisch stikstof meststof, in de vorm van N
Calcium	Ca	Calcium nitraat productie, in de vorm van Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Kalium	K	Anorganisch kalium meststof, in de vorm van K <sub>2</sub> O
Magnesium	Mg	Magnesiumsulfaat
Fosfor	P	Anorganisch fosfaat meststof, in de vorm van P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Zwavel	S	Magnesiumsulfaat
Borium	B	Boorzuur
Koper	Cu	- Negatief getal, eerst buiten beschouwing gelaten
IJzer (opgelost)	Fe	Onderdeel van de fractie IJzer (totaal)   <i>Niet toegevoegd in casus Karel Bolbloemen B.V. om verstopte leidingen te voorkomen (pers. comm. Jan Bregman). In analyse wel meegenomen, geen groot effect op de totale resultaten.</i>
IJzer (totaal)	Fe	IJzerchloride, EDTA   <i>Zie opmerking hierboven</i>
Mangaan	Mn	Kaliumpermanganaat
Molybdeen	Mo	Molybdeentrioxide
Zink	Zn	Zinksulfide
Silicium	Si	Natriumsilicaat
Chloride	Cl	Chloride

Bekend is hoeveel gram nodig is van elk individueel element om waterlinzen te laten groeien. Er is deels bekend in welke samenstelling deze zullen worden toegevoegd, maar voor sommige elementen zijn er geen specifieke datasets beschikbaar.

In de tabel hiernaast wordt weergegeven welke elementen in welke vorm of combinatie zijn gemodelleerd. In het geval van magnesiumsulfaat is er rekening gehouden met de combinatie van beide elementen. Wanneer het aantal gram magnesium in de vorm van magnesiumsulfaat wordt toegevoegd wordt er ook al voldaan aan de zwavelvraag. Hierdoor is ervan uitgegaan dat er niet apart nog extra zwavel moet worden toegevoegd.



In de twee tabellen hieronder wordt weergegeven welke type inputs en outputs plaats vinden bij scenario 1 (geen additionele warmte en licht) en scenario 2 (optimaal scenario voor groei). Deze inputs gelden zowel voor het scenario met de lage waarden als voor het scenario met de hoge waarden. Alleen de hoeveelheden verschillen tussen de sub-scenario's.



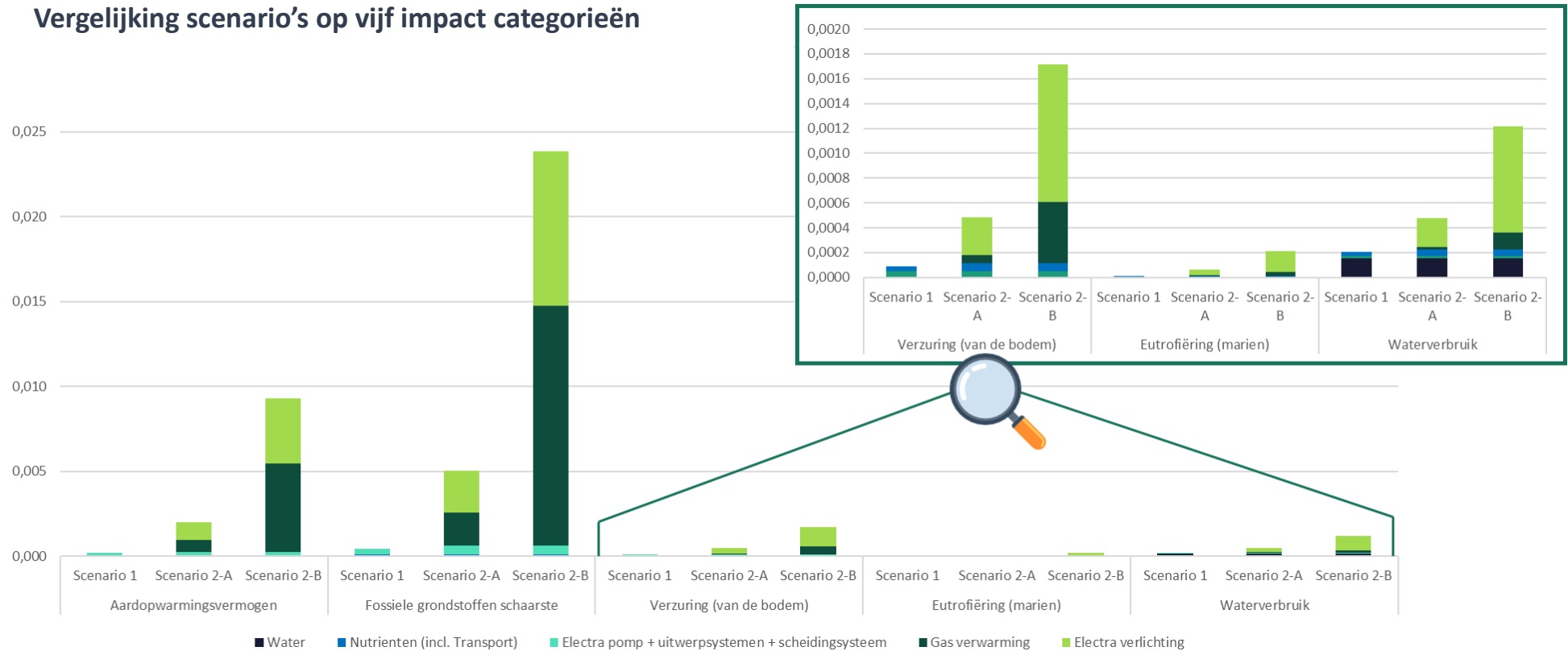
Input Scenario 1	Output
Water (kg)	Geogste waterlinzen (g natte stof/dag)
Nutriëntenmix (g)	Water + nutriënten (kg)
Elektriciteit (kWh) - Pompen en scheidingsysteem	Verloren fractie water (kg) - verdamping



Input Scenario 2- A & B	Output
Water (kg)	Geogst waterlinzen (g natte stof/dag)
Nutriëntenmix (g)	Water + nutriënten (kg)
Elektriciteit (kWh) - Pompen en scheidingsysteem	Verloren fractie water (kg) - verdamping
Elektriciteit (kWh) - Verlichting	
Hitte uit verbranden gas (MJ) - Verwarming	

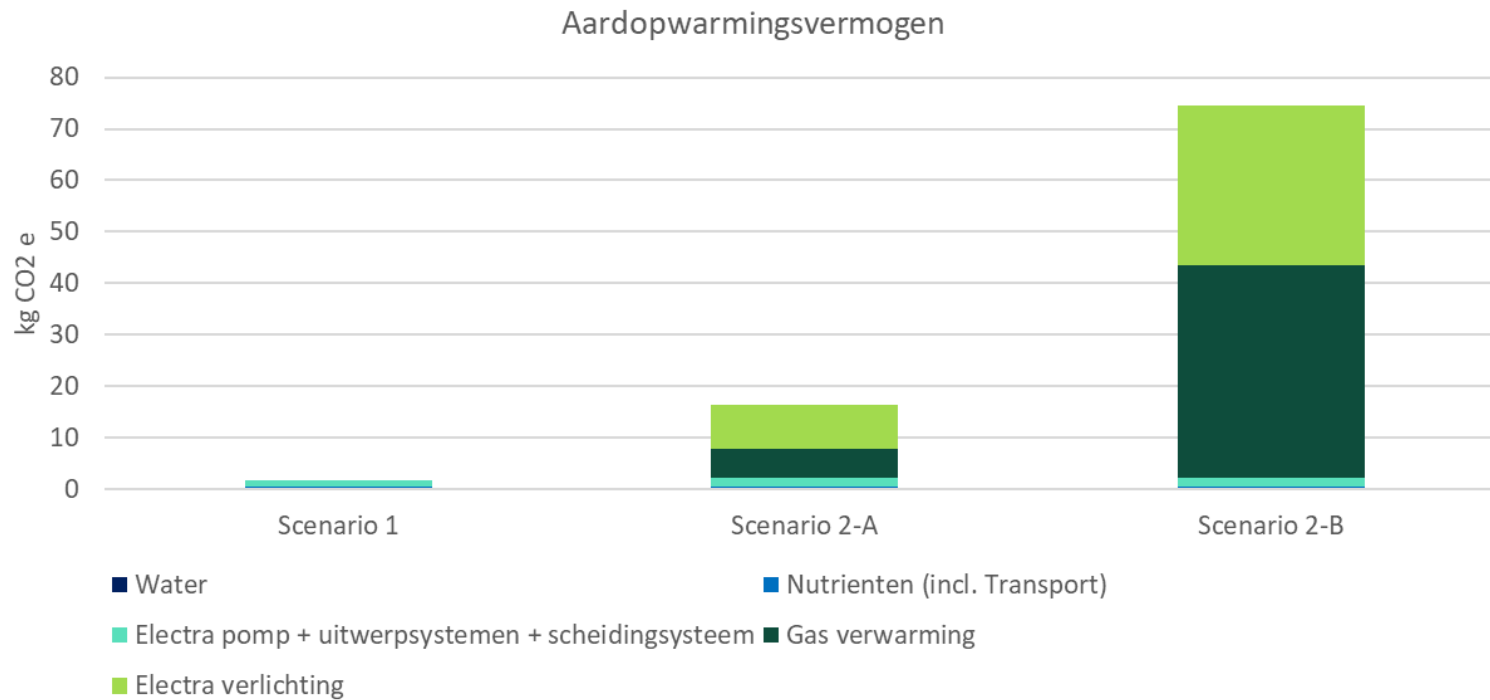


## Vergelijking scenario's op vijf impact categorieën



In dit figuur worden de resultaten voor alle geselecteerde impact categorieën weergegeven. Deze zijn uitgesplitst per onderdeel (water, nutriënten, elektra systemen, gas en elektra licht) en per scenario (geen extra licht en warmte; extra licht en warmte lage en hoge waarden). Omdat de impactwaarden binnen de categorieën verzuring, watergebruik en eutrofiëring (zout water) in verhouding tot de andere categorieën laag zijn, geeft de tweede grafiek een ingezoomd beeld. Op de y-as is geen eenheid te zien, dit is omdat de impact genormaliseerd is ten opzichte van de gemiddelde impact van 1 persoon/jaar. Hierdoor kunnen de impact categorieën met elkaar vergeleken worden.

## Impact op aardopwarmingsvermogen uitvergroot - in kg CO<sub>2</sub> equivalenten



In dit figuur is de bijdrage van de teelt aan het aardopwarmingsvermogen (uitgedrukt in CO<sub>2</sub> equivalenten) weergegeven.

Het verschil tussen de scenario's is aanzienlijk, waarbij scenario 1 de laagste impact heeft.

De resultaten laten de impact zien van de waterlinzenteelt gedurende 24 uur op 30 m<sup>2</sup> oppervlakte. Door een expert (Paul Brouwer) wordt geschat dat de opbrengst per scenario verschilt. In de grafiek is niet teruggerekend naar *kilogram natte stof per dag*. Dit is gekozen om de resultaten schaalbaar te houden voor verschillende teeltgroottes, aangezien er in dit type systeem nog geen specifieke opbrengsten per scenario zijn gemeten.

Dit is een ex-ante analyse, wat betekent dat het een voorspelling is van de impact van een toekomstige situatie. De resultaten maken duidelijk waar de zwaartepunten liggen.

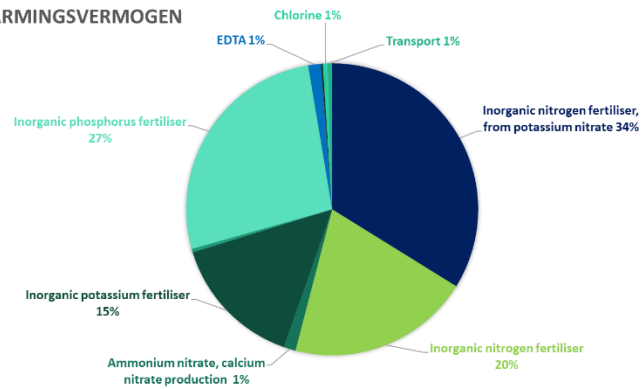
Deze kennis is waardevol bij het maken van ontwerpkeuzes in het te realiseren systeem.

De resultaten leiden tot het volgende advies:

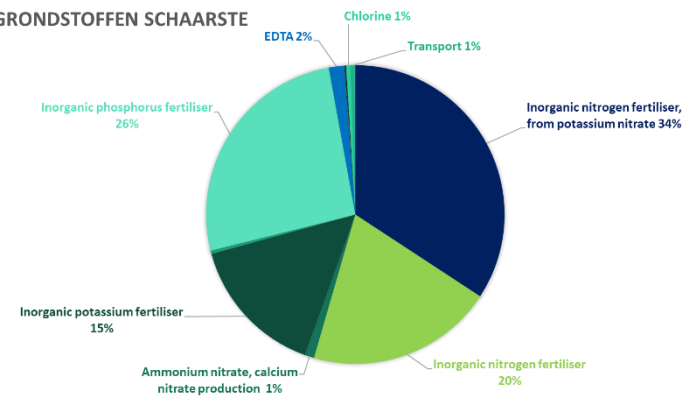
- Indien mogelijk gebruik maken van groene stroom van bijvoorbeeld zonnepanelen.
- Indien mogelijk gasloos verwarmen
- Optimaliseren van het systeem om te voorkomen dat de pomp, scheiding- en uitwerpsystemen en de verlichting langer aanstaan dan nodig.
- Bij horizontale teelt kan er een sensor geplaatst worden waardoor er alleen bijverlicht wordt als de intensiteit van het buitenlicht te laag is.

## Impact verdeling nutriënten

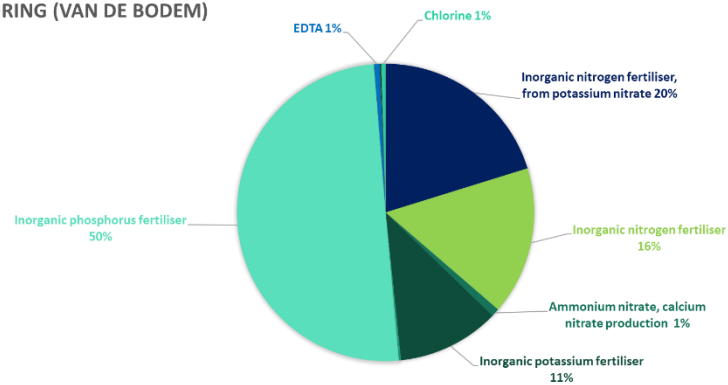
AARDOPWARMINGSVERMOGEN



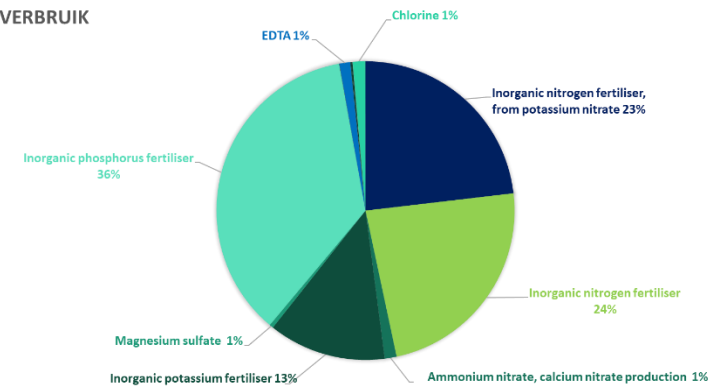
FOSSIEL GRONDSTOFFEN SCHAARSTE



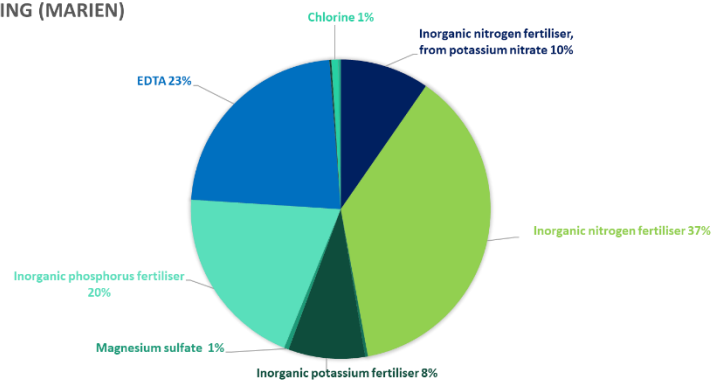
VERZURING (VAN DE BODEM)



WATERVERBRUIK



EUTROFIËRING (MARIEN)



In deze figuren wordt de impact van de diverse nutriënten (inclusief transport) op de vijf verschillende impact categorieën weergegeven. De figuren laten zien dat er vier stoffen zijn die het meest bijdragen op de impact, dit zijn; anorganische fosforhoudende meststoffen, kalium meststoffen, en de twee soorten stikstof meststoffen (nitraatstikstof en ammoniumstikstof). Bij de impact categorie eutrofiëring (marien) speelt ethyleendiaminetetra-azijnzuur (EDTA), wat nodig is voor de binding van ijzer, ook een rol. De nutriënten met een impact onder de 1% zijn niet zichtbaar gemaakt, om de leesbaarheid te vergroten.