

MENGTEELTEN ALS EIWITBRON, WELKE VARIABELEN BEPALEN HET AANDEEL VLINDERBLOEMIGEN?

Luk Sobry/Karolien Hertogs, Tania De Marez & Brecht Vandenbroucke

Proefnummer: OO_BIO22MIX_TT03
Periode: Februari 2022 – December 2023
Regio: Oost-/West-Vlaanderen
Proeven uitgevoerd in het kader van het gelijknamige CCBT-project

1. INHOUD

1. INHOUD	1
2. SITUERING EN DOELSTELLINGEN	2
2.1. SITUERING	2
2.2. DOELSTELLINGEN	3
3. MATERIAAL EN METHODEN	4
3.1. OBJECTEN / PERCELEN – PRAKTIJKOPVOLGING	4
3.2. POTPROEF	4
4. PROEFOMSTANDIGHEDEN	6
4.1. PROEFTERREIN	6
4.2. KLIMATOLOGISCH KADER	6
4.3. OVERZICHT VAN TEELT- EN PROEFVERLOOP	7
5. RESULTATEN	7
5.1. OPKOMST OP HET VELD	7
5.2. POTPROEF	7
5.3. OPBRENGST	9
5.4. STATISTISCHE VERGELIJKING	13
5.4.1. <i>Invloed van gewas- en rassenkeuze</i>	20
5.4.2. <i>Invloed van bemesting</i>	22
5.4.3. <i>Invloed van bodemmineralen</i>	23
5.4.4. <i>Invloed van bodembewerking</i>	23
5.4.5. <i>Invloed van zaaidiepte</i>	25
5.4.6. <i>Invloed van teeltrotatie</i>	25
6. BESLUIT	27

2. SITUERING EN DOELSTELLINGEN

2.1. Situering

Mengteelten (granen in combinatie met vlinderbloemigen) winnen steeds meer aan belang binnen de biologische veehouderij nu het telen van eiwitrijke gewassen steeds relevanter wordt. Het gebruik van lokaal geteelde voeders is namelijk een belangrijk streven in deze sector in kader van voederautonomie. In vergelijking met een zuivere teelt vlinderbloemigen bieden mengteelten wel wat voordelen. Zo kan een mengteelt met graan zorgen voor een betere onkruidonderdrukking, een minder snelle verspreiding van ziekten/plagen, een betere gewasstevigheid en een grotere oogstzekerheid. Stuk voor stuk factoren waar biologische landbouwers extra alert voor moeten zijn.

Toch zien we een hoge variabiliteit in de opbrengsten, meer bepaald in het aandeel erwten of vlinderbloemigen. Sommige landbouwers boeken veel succes met deze teelt, waar anderen afhaken omwille van teleurstellende resultaten. Ook zijn het ene jaar de vlinderbloemigen ruim aanwezig, waar ze andere jaren amper te bespeuren zijn. De reden voor deze variërende opbrengst kan schuilgaan in verschillende factoren. De oorzaak hiervoor is dan ook moeilijk éénduidig vast te stellen. Naast weersinvloeden zijn er nog tal van andere factoren die een invloed kunnen hebben op het opbrengstpotentieel van deze teelt.

Rassenkeuze

In de eerste plaats is de keuze van gewassen, om gezamenlijk in een mengteelt te zaaien, van belang. Het graan- en eiwitgewas moeten immers ongeveer gelijktijdig rijp zijn. Daarnaast is ook de rassenkeuze van belang, zowel vanuit voedertechisch- als vanuit teeltperspectief. Afhankelijk van welke diergroep er wordt beoogd, speelt met name het aandeel anti-nutritionele factoren (ANF) in vlinderbloemigen een grote rol. Eénmagigen, zoals varkens en kippen, zijn hier gevoelig aan. Sommige rassen vertonen een groter of kleiner gehalte aan deze ANF. Vanuit teeltperspectief zal rassenkeuze van de vlinderbloemigen een rol spelen op het vlak van ziekteresistentie en winterhardheid. Zowel schimmels in de lucht als een hele reeks bodemgerelateerde ziekten (schimmels, nematoden, virussen) kunnen voor een aantasting zorgen. De rassenkeuze is daarnaast mogelijk ook belangrijk voor de mate van ontwikkeling van de vlinderbloemige in een competitieve omgeving zoals de mengteelt.

Teeltrotatie

Bij de teelt van vlinderbloemigen zijn het vooral voedererwten en veldbonen die het meeste symptomen vertonen van zgn. “vlinderbloemigen moeheid” door de aanwezigheid van bodempathogenen *Didymella*, *Fusarium*, *Aphanomyces* en andere wortelrot pathogenen. De oorzaak zou gezocht kunnen worden in de overaanwezigheid van vlinderbloemigen in de rotatie. In een biologische rotatie denken we dan bijvoorbeeld aan de teelt van klaver, luzerne of wikken. Deze gewassen kunnen ervoor zorgen dat deze pathogenen opstapelen in de bodem. Een zware plaag kan zelfs voor een totaal verlies aan vlinderbloemigen zorgen. Het is daarom belangrijk om de perceelsrotatie ruim genoeg te nemen en deze gewassen voldoende af te wisselen met andere, niet vlinderbloemige teelten.

Bodemparameters

Teeltrotatie kan eveneens een grote invloed hebben op bodemmineralen, hun verhoudingen t.o.v. elkaar en de mate waarin ze aanwezig zijn. Zo hebben fosfaat, calcium en kobalt allen een invloed op de ontwikkeling van de rhizobium-bacteriën, die de volledige mengteelt van stikstof voorzien. Ook molybdeen blijkt een belangrijk mineraal te zijn voor de stikstof-fixatie van vlinderbloemigen. Daarnaast wordt ook verwacht dat de pH van de bodem een effect heeft op de ontwikkeling van vlinderbloemigen, evenals de bodemstructuur en het al dan niet extra bemesten van de percelen in voor- en/of najaar.

Zaaithechniek

Elke teelt vereist zijn eigen optimale zaaithechniek. Algemeen wordt geadviseerd granen op 2-4 cm diepte te zaaien, waar dat voor erwten 4-6 cm en voor veldbonen 8-10 cm is. Niet alle landbouwers/loonwerkers zijn hierop voorzien, waardoor er bij mengteelten vaak een compromis wordt gezocht tussen beide zaaidieptes. Ook wat betreft zaaidosis zijn de meningen verdeeld. Hetzelfde geldt voor bodembewerking. De ene landbouwer haalt de ploeg boven, waar de andere voor een ondiepe, niet-kerende bodembewerking kiest.

2.2. Doelstellingen

In dit huidige project trachten we daarom een aanzienlijk aantal praktijkpercelen op te volgen gedurende twee opeenvolgende teeltseizoenen. Verschillende percelen, beboert door verschillende landbouwers met elk hun eigen aanpak, zorgen voor een waaier aan verschillende parameters en informatie. Vervolgens wordt deze info gekoppeld aan de uiteindelijke opbrengst, wat interessante inzichten kan opleveren m.b.t. het wisselend aandeel vlinderbloemigen in een mengteelt. Een statistische vergelijking tussen de objecten kan hierbij extra ondersteuning bieden. Dit zou veehouders en akkerbouwers in staat kunnen stellen hier in hun uitbating rekening mee te houden, waardoor het aandeel vlinderbloemigen in de mengteelt verzekerd kan worden.

Om de toestand van de grond, en de invloed van potentiële bodempathogenen na te gaan wordt er eveneens een potproef uitgevoerd volgens het protocol dat werd uitgeschreven binnen het Europees project DIVERimpacts¹. Naast bodemstalen (waar structuurmetingen, mineralenanalyse en pH metingen op worden uitgevoerd) wordt er daarom eveneens een hoeveelheid (ca. 10 L) perceelsgrond verzameld voor het opstellen van deze bijkomende meting (van de percelen opgevolgd in 2022-2023). Deze potproef is ontworpen om de bodem te screenen op symptomen van wat men noemt “vlinderbloemigen moeheid” door de aanwezigheid van bovengenoemde pathogenen, en de mate van ernst in te schatten. Deze uitkomsten worden eveneens per perceel in kaart gebracht en als statistische parameter meegenomen om de variatie in opbrengst te verklaren.

¹ https://zenodo.org/record/4421457#.Y_df-CaZNPb

3. MATERIAAL EN METHODEN

3.1. Objecten / percelen – praktijkopvolging

In deze proef werden er **79 praktijkpercelen met wintermengteelten** opgevolgd. Er werd gekozen voor percelen waarbij wintergranen worden gecombineerd met erwten of veldbonen. De combinatie met triticale komt het meeste voor, maar ook gerst en baktarwe zitten in het assortiment.

In het groeiseizoen van 2021-2022 werden er 27 percelen opgevolgd. In het daaropvolgende jaar (2022 – 2023) werden er 51 percelen opgevolgd. In de tabel op volgende pagina is er een overzicht te vinden van deze verschillende percelen, gekoppeld aan de betrokken landbouwer (19 verschillende landbouwers, weergegeven van A – S).

Om zoveel mogelijk perceelsgebonden informatie te verzamelen werd er per landbouwer een **enquête** afgenomen waarbij er per perceel informatie in kaart gebracht wordt. Alle parameters die potentieel een invloed hebben op de opbrengst komen aan bod. Denk hierbij aan rassenkeuze, teeltrotatie, bodemparameters, zaai techniek, bemesting en onkruidbestrijding. Informatief wordt ook de manier van oogsten (dorsen of gps) en de afzet van het product in kaart gebracht.

In het begin van het groeiseizoen wordt via een **opkomsttelling** bekeken welk percentage van de gezaaide zaden tot ontwikkeling is gekomen. Concreet wordt over een diagonaal van het perceel op 3 plekken één vierkante meter aan planten geteld waarmee, in relatie tot de zaaidichtheden, het opkomstpercentage wordt berekend. Ook eventuele ziekten of plagen worden hier, of later in het seizoen, opgespoord.

Daarnaast wordt er van elk perceel een **grondstaal** genomen voor enerzijds mineralenanalyse, pH en structuurwaarde, en anderzijds om een potproef mee op te zetten (zie titel 3.2).

Van alle percelen wordt, net voor de geplande oogst, een **staal vers plantenmateriaal** verzameld. Hierop wordt de **opbrengst bepaald**. Dit werd opnieuw gedaan door op 3 plekken diagonaal over het veld één m² met de hand te oogsten. Deze opbrengst werd getrieerd en beiden componenten (graan en vlinderbloemige) werden gewogen. Na droge stof analyse in het labo konden deze cijfers omgerekend worden naar ton DS/ha en werd zo het aandeel graan en vlinderbloemige in kaart gebracht. Uiteindelijk wordt er een **statistische analyse** toegepast op alle verzamelde gegevens in de hoop verbanden te kunnen leggen.

3.2. Potproef

* Deze potproef werd enkel uitgevoerd in het tweede jaar van opvolging (percelen 28 – 79)

Van de verzamelde perceelsgrond werd de helft gesteriliseerd, het andere gedeelte bleef onaangeroerd. In beide potten (steriel en onbehandeld) werden er 5 erwtenzaden geïnoculeerd. De potten werden voor een periode van 6 weken in een niet-verwarmde serre op een eb- en vloedbakkensysteem geplaatst. Na afloop van deze periode werd het aantal kiemen dat tot ontwikkeling is gekomen geteld en gewogen, zowel in de steriele als in de niet-gesteriliseerde grond. De verhouding tussen beiden verteld ons meer over de mate waarin de bodem last ondervindt van vlinderbloemigenmoeheid. Bijkomstig werd ook het aantal wortelknobbeltjes in kaart gebracht. Ook werd er een score gegeven naar onkruiddruk toe.

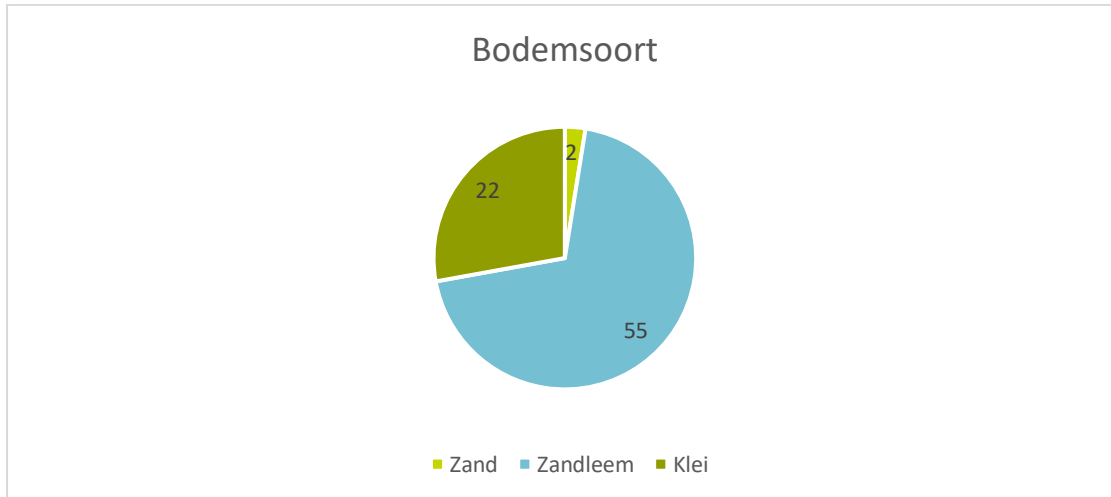
Object(perceels)nummer	Jaar	Landbouwer	Regio	Mengteelt
1 – 2	2021-2022	A	Zuid-West VL	Triticale x veldboon
3 – 5	2021-2022	B	Oost-VL	Triticale x veldboon
6 – 9	2021-2022	C	Zuid-West VL	Triticale x veldboon
10	2021-2022	D	Oost-VL	Triticale x veldboon
11 - 14	2021-2022	E	Oost-VL	Triticale x veldboon
15	2021-2022	F	Zuid-West VL	Triticale x erwt
16	2021-2022	G	Zuid-West VL	Triticale x erwt
17-18	2021-2022	H	Zuid-West VL	Triticale x erwt
19	2021-2022	I	Zuid-West VL	Triticale x erwt
20 – 22	2021-2022	J	Zuid-West VL	Triticale x erwt
23 – 24	2021-2022	K	Zuid-West VL	Triticale x erwt
25	2021-2022	L	Zuid-West VL	Triticale x veldboon
26	2021-2022	M	Zuid-West VL	Triticale x veldboon
27	2021-2022	E	Oost-VL	Triticale x veldboon
28 – 29	2022-2023	L	Zuid-West VL	Triticale x erwt (28) Triticale x veldboon (29)
30	2022-2023	N	Oost-VL	Baktarwe x veldboon
31 – 34	2022-2023	O	Midden-West VL	Triticale x veldboon
35 – 37	2022-2023	A	Zuid-West VL	Triticale x veldboon
38 – 42	2022-2023	J	Zuid-West VL	Triticale x erwt
43 – 44	2022-2023	P	Noord-West VL	Baktarwe x veldboon
45 – 51	2022-2023	Q	Zuid-West VL	Gerst x erwt
52 – 53	2022-2023	R	Noord-West VL	Triticale x veldboon
54 – 56	2022-2023	C	Zuid-West VL	Triticale x veldboon
57 – 59	2022-2023	S	Oost-VL	Baktarwe x veldboon
60 – 62	2022-2023	D	Oost-VL	Triticale x veldboon
63 – 64	2022-2023	F	Zuid-West VL	Triticale x erwt
65	2022-2023	G	Zuid-West VL	Triticale x erwt
66 – 68	2022-2023	H	Zuid-West VL	Triticale x erwt
69	2022-2023	I	Zuid-West VL	Triticale x erwt
70 – 73	2022-2023	M	Zuid-West VL	Gerst x erwt (70-72) Triticale x veldboon (73)
74 – 75	2022-2023	K	Zuid-West VL	Triticale x erwt
76 – 78	2022-2023	L	Zuid-West VL	Triticale x veldboon (76-77) Triticale x erwt (78)
79	2022-2023	M	Zuid-West VL	Triticale x veldboon

Tabel 1: Objecten

4. PROEFOMSTANDIGHEDEN

4.1. Proefterrein

Deze proef vond plaats overheen verschillende praktijkpercelen, verspreid over Oost- en West Vlaanderen. De overgrote meerderheid van de mengteelten ligt aan op een zandleem bodem. Ook zand- en kleigrond zijn in het aanbod opgenomen.



4.2. klimatologisch kader

2021 – 2022

De natte zomer van 2021 zorgde voor relatief veel vocht in de bodem in het najaar. Hierdoor konden teelten goed opstarten. De natte winter die nadien echter volgde strooide roet in het eten. Ook in het vroege voorjaar van 2022 viel er tamelijk wat regen, wat minder gunstig was. Met gemiddelde maandtemperaturen ruim boven het vriespunt tijdens de wintermaanden was het dit seizoen een milde winter. Vanaf maart 2022 viel er weinig neerslag en gingen de teelten een droog voorjaar/zomer tegemoet. Dit weer hield stand tot aan de oogst.

2022 – 2023

Ook in het najaar van 2022 kregen we te kampen met wel wat regen, maar door de voorafgaande droogteperiode was er voldoende wateropslagcapaciteit in de bodem. Bijgevolg ondervonden de mengteeltpercelen hier geen hinder van en stond het merendeel van de percelen er in het voorjaar mooi bij. Het voorjaar zelf startte laat op. Zonnige dagen lieten lang op zich wachten en bijgevolg waren het tot laat in het voorjaar koude temperaturen. Het tij keerde half mei en het weer sloeg om van koud en nat naar warm en droog. De vele winderige voorjaarsdagen zorgden er eveneens voor dat percelen snel opdroogden. Een tijdige regenbui tussendoor zorgde er voor dat de teelten geen hinder ondervonden van de droge omstandigheden.

4.3. Overzicht van teelt- en proefverloop

Overzicht van teelt- en proefverloop

Tijdstip	Activiteit
Mei 2022	Inventarisatie percelen (leverde percelen 1 – 27 op)
Mei 2022	Opkomststelling percelen 1 – 27 niet uitgevoerd wegens te laat op seizoen
Mei 2022	Grondstaalname percelen 1 – 27
Mei – juli 2022	Opzetten en uitvoeren van potproeven
Juni 2022	Oogst percelen 1 – 27
Oktober 2023	Inventarisatie percelen (leverde percelen 28 - 79 op)
Januari - februari 2023	Gegevensverzameling percelen 1 – 79 (afnemen van enquête bij betrokken landbouwers)
Januari – maart 2023	Opkomststellingen percelen 28 – 79
Maart 2023	Grondstaalname percelen 28 – 79
April – Mei 2023	Opzetten en uitvoeren van potproeven
Juni 2023	Oogst percelen 28 – 79

5. RESULTATEN

5.1. Opkomst op het veld

Resultaten van opkomststellingen van de eiwitgewassen (veldbonen of erwten) tonen wel wat verschillen aan. Het **opkomstpercentage varieert van 11%** op percelen waar de vlinderbloemigen het moeilijk hadden, **tot 98%** op percelen waar nagenoeg alle gezaaide zaden tot ontwikkeling kwamen. Alle tellingen werden vroeg in het voorjaar uitgevoerd, alvorens er gewiedegd werd. Sommige percelen ondervonden last van vogelschade. Het verschil in opkomst verklaart reeds een groot deel van de verschillen in opbrengst.

5.2. Potproef



Figuur 1: Erwtplanten in onbehandelde grond (links) t.o.v. steriele grond (rechts)

De oogst van de erwten in de verschillende potten werd 1 cm bovengronds afgeknipt na een groeiperiode van 6 weken, waarna de plantenmassa netjes in kaart werd gebracht. Opvallend was dat bij alle percelen de erwtenzaden die in gesteriliseerde grond werden gezaaid leidden tot grotere, robuustere erwtenplanten (zie foto). Het opkomstpercentage lag er wel iets lager in vergelijking met zaai in onbehandelde grond. Gemiddeld kwam er slechts 80% van de zaden tot ontwikkeling, waar dat in onbehandelde grond 90% was. Gewicht en opkomst in rekening genomen, leidde dit tot een gemiddelde plantenmassa van 102 gram in gesteriliseerde grond t.o.v. 94 gram in onbehandelde grond.

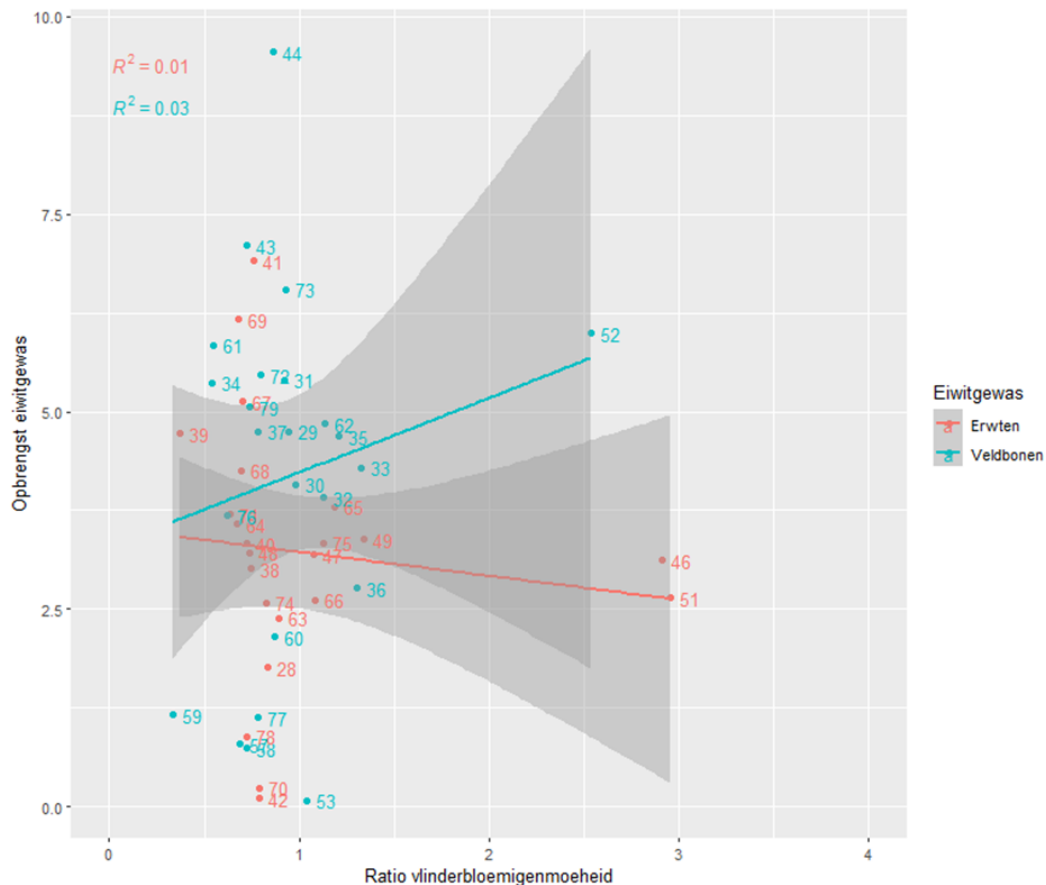
Naar verwachting was er nagenoeg geen onkruid aanwezig in de potten van de steriele groep. Bij onbehandelde grond zijn er per perceel wel wat verschillen te bemerken. De bodem van het ene perceel lijkt onkruidgevoeliger dan het andere, wat eveneens een nefaste invloed kan hebben op de ontwikkeling van de eigenlijke teelt op het veld.

Er wordt verwacht dat de meeropbrengst van zaden die tot ontwikkeling kwamen in steriele grond het gevolg is van het uitschakelen van ziekten en bodempathogenen t.g.v. autoclaving van de bodem. Door de plantenmassa van erwten uit onbehandelde grond te delen door de massa van planten die in steriele grond tot ontwikkeling kwamen, bekomen we de **ratio voor vlinderbloemigen moeheid**. Het geeft ons dus een indicatie van de mate waarin er bodempathogenen aanwezig waren.

Hier zien we **aanzienlijke verschillen tussen percelen, gaande van 0,33 tot 10,75**. Binnen het project “*DiverIMPACTS*” worden volgende streefwaarden gehanteerd:

- *Ligt de waarde tussen 0,2 en 0,8 dan bestaat er kans op vlinderbloemigenmoeheid en kunnen de erwten symptomen vertonen die hierop duiden (o.a. vergeling, bladvlekkenziekte).*
 - *Hoe lager de waarde, des te hoger het risico op opbrengstverliezen bij bijvoorbeeld ongunstige weersomstandigheden.*
- *Bij een waarde boven de 0,8 worden er geen opbrengstverliezen verwacht ten gevolge van vlinderbloemigenmoeheid van de bodem.*

Is de waarde echter kleiner dan 0,2 wordt er in het “*DiverIMPACTS*” project sterk afgeraden om dit perceel te gebruiken voor de teelt van vlinderbloemigen gedurende de eerstkomende 7 à 8 jaar. Teeltrotatie met andere gewassen kan het land herstellen en een uitkomst bieden. Nu, dit is in geen enkel van de onderzochte percelen het geval. **Perceel 39 en 59 zijn wel percelen die de nodige aandacht verdienen naar teeltrotatie toe en het risico op vlinderbloemigenmoeheid**. Op deze percelen werd een aantal jaren grasland/gras-klaver verbouwd. Na het groeiseizoen bleek perceel 59 (met een ratio van 0,33) eveneens de laagste opbrengst op het veld gegeven te hebben van alle percelen over beide teeltjaren heen. Ook deze ratio werd daarom meegenomen in de statistische vergelijking, maar er werd geen duidelijk verband gevonden met de uiteindelijke opbrengst op het veld. Verschillende statistische analyses (bij punt 5.4 beschreven) toonden geen significante invloed van deze ratio op de uiteindelijke opbrengst, en ook wanneer we op zoek gaan naar de correlatie tussen beiden, bekomen we een zeer kleine R^2 -waarde, wat erop duidt dat er geen verband zichtbaar is.



Op basis van de huidige data kunnen we dus niet zeggen dat een lage ratio voor vlinderbloemigen moetheid (die je dus te weten kan komen via een kleinschalige potproef) effectief leidt tot een lagere opbrengst op het veld. Bijgevolg is het niet zo eenduidig om hiermee het opbrengstpotentieel van je perceel te voorspellen.

Wat betreft de aanwezigheid van wortelknobbeltjes lijken de verschillen gering te zijn. Ook bij plantenwortels die in steriele grond groeiden zijn er nog een aanzienlijk aantal wortelknobbeltjes terug te vinden (gemiddeld 178 steriel vs. 223 onbehandeld). Sterilisatie van de grond lijkt daardoor niet geleid te hebben tot het volledig afdoden van de nuttige *Rhizobium* bacteriën, die reeds aanwezig waren in de grond, en die verantwoordelijk zijn voor stikstofvoorziening van de plant.

5.3. Opbrengst

Van alle verschillende percelen werd de opbrengst bepaald. In onderstaande grafieken is de opbrengst van oogstjaar 2021-2022 (perceel 1-27) terug te vinden alsook de opbrengsten van het daaropvolgende teeltjaar 2022-2023 (perceel 28-79). Landbouwers werden geïdentificeerd door dezelfde letter (A-S).

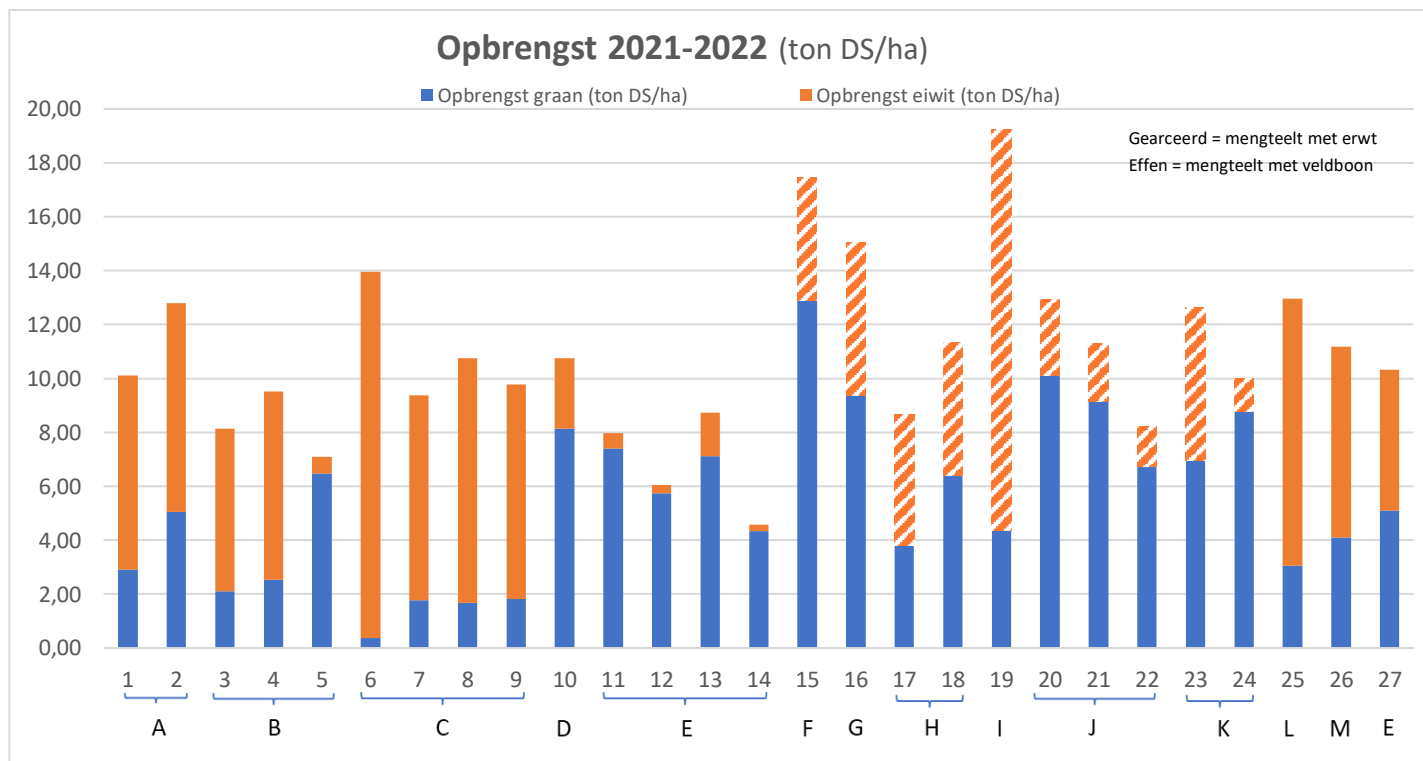
Zoals vooraf beschreven varieert de opbrengst heel fel tussen verschillende percelen. De doelstelling van dit project is dan ook achterhalen wat hier de potentiële oorzaken van kunnen zijn. Zelfs wanneer deze percelen onder beheer staan van dezelfde landbouwer (en dus

identieke teelt- en of zaaiwijzen) en er vaak ook dezelfde rassen worden verbouwd zijn de opbrengstverschillen per perceel aanzienlijk. Niet enkel de totale opbrengst varieert, ook de verhouding graan t.o.v. erwt/veldboon.

Totaalopbrengsten van de mengteelt **varieerden in 2021-2022 tussen 4,59 en 19,25 ton DS/ha**. Perceel nummer 6 was de koploper waarbij er 97% van de mengteelt uit eiwitgewas bestond. Op andere percelen was dit dan weer slechts 5%.

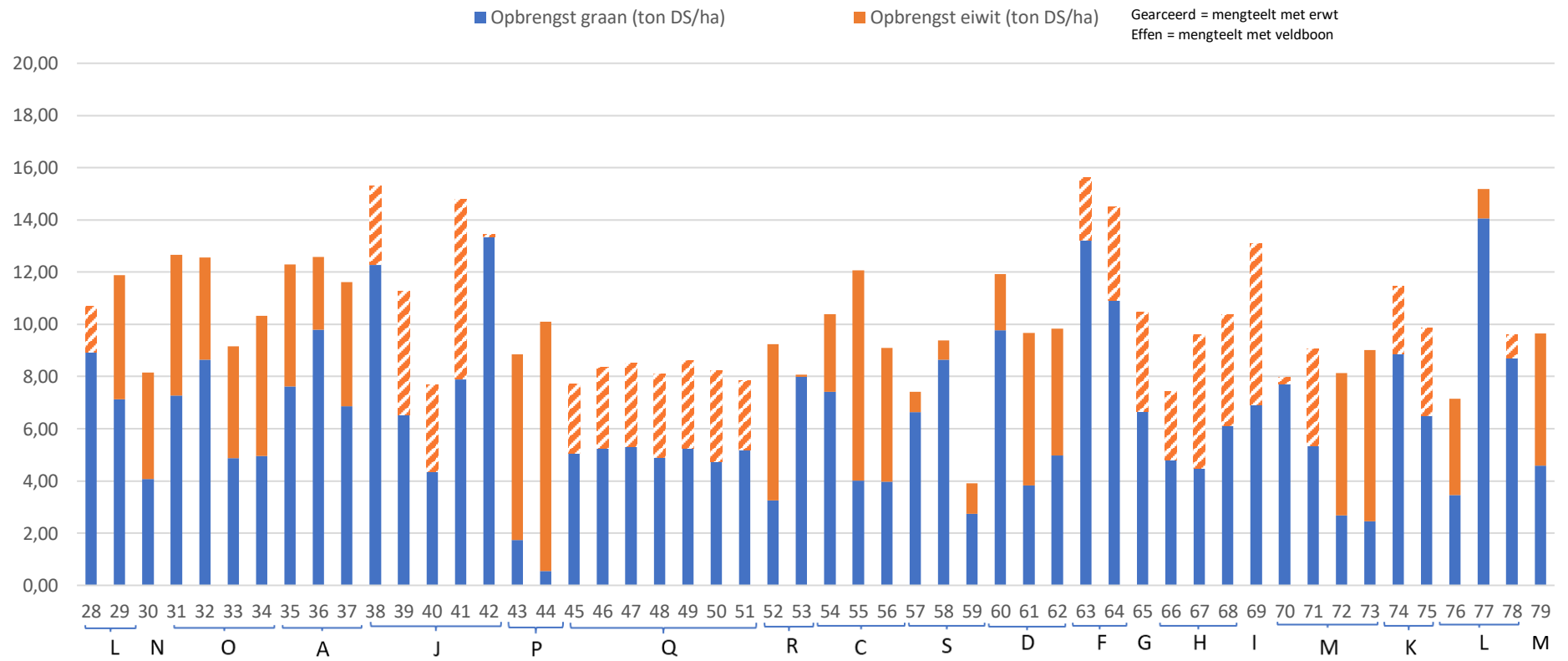
In het daaropvolgende teeltjaar van **2022-2023** was de totaalopbrengst in het algemeen iets lager en varieerde bij de opgevolgde percelen van **3,90 ton DS/ha²** op het perceel waar de opbrengst het poverste was tot een maximum opbrengst van **15,63 ton DS/ha**. Ook dit jaar varieerde het percentage van de mengteelt dat uit eiwitgewas bestond zeer fel. Hier varieerde de percentages van slechts 1%, tot mengteelten die voor 95% uit veldbonen bestonden.

² Dit was een perceel met een ratio van 0,33 voor vlinderbloemigenmoeheid en dus een aandachtsperceel.



Landbouwers werden anoniem geïdentificeerd door het gebruik van letters. Vb. perceel 1 en 2 staan beiden onder het beheer van landbouwer A.

Opbrengst 2022-2023 (ton DS/ha)



Landbouwers werden anoniem geïdentificeerd door het gebruik van letters. Vb. perceel 28 en 29 staan beiden onder het beheer van landbouwer L.

5.4. Statistische vergelijking

Het minimumpercentage aan eiwitgewas in de mengteelt lag op slechts 1%, op een perceel waar de erwten zeer slecht tot ontwikkeling kwamen en er bijna zuiver graan werd geoogst (perceel 42). Het opkomstpercentage was hier in de eerste plek laag. Ook op een ander perceel waar er veldbonen werden verbouwd (perceel 53) werd er slechts een percentage van 1% gemeten. Dit lag vermoedelijk aan een suboptimale zaaidosis/verhouding.

Een ander perceel bestond dan weer voor 95% uit veldbonen (perceel 44). Deze landbouwer had op een naburig perceel (perceel nr. 43) dezelfde rassencombinatie, aan dezelfde zaaidosis ingezaaid. Toch bracht dit perceel 15% minder veldbonen op en bracht ook de mengteelt in totaal 1,25 ton DS/ha minder op. Via een statistische vergelijking gaan we na of bepaalde parameters de verhouding graan/eiwitgewas kunnen beïnvloeden.

Doordat deze dataset een zeer ruim aantal variabelen bevat (zowel numeriek als categorisch), is het niet evident hier een geschikte statistische toets voor te vinden. Concreet werd de data onderworpen aan verschillende statistische toetsen, en werd er nagegaan welke techniek het beste geschikt was. Hieronder een korte toelichting van deze zoektocht. Alle data werd verwerkt in het softwarepakket R.

FAMD - Factor Analysis of Mixed Data

Hoofcomponentenanalyse, of principale-componentenanalyse (afkorting: PCA), is een multivariate analysemethode in de statistiek om een grote hoeveelheid gegevens te beschrijven met een kleiner aantal relevante grootheden, de hoofcomponenten of principale componenten. De PCA is een methode voor data-reductie, nl het handig samenvatten van de gegevens met een paar nieuwe variabelen: de principale componenten.

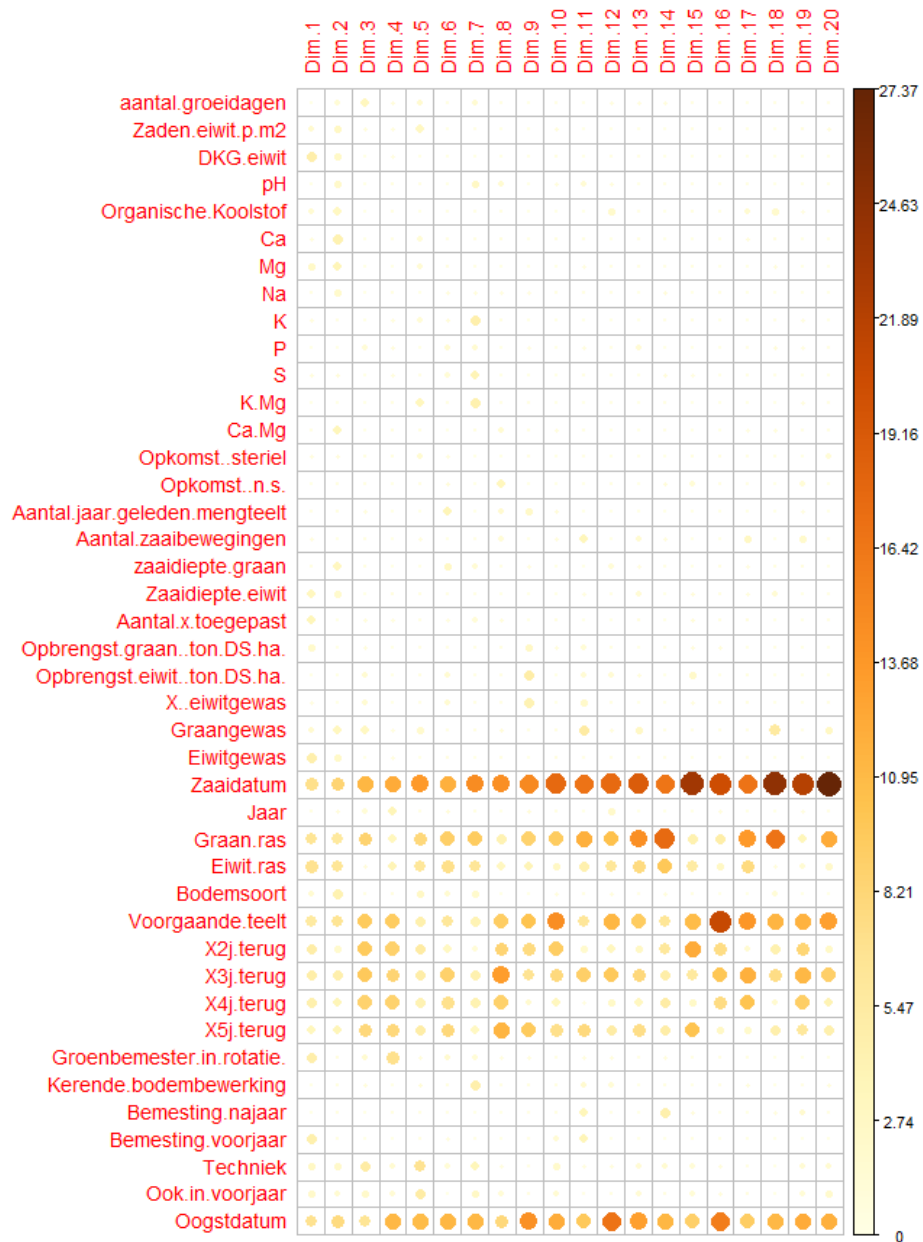
Er zitten veel categorische variabelen in dataset waardoor PCA (Principal Component Analysis) niet mogelijk is op de volledige dataset. Dit kan enkel voor numerieke variabelen. Voor categorische variabelen bestaat er dan weer MCA (Multiple Correspondence Analysis). FAMD (Factor Analysis of Mixed Data) is een methode die een combinatie is van PCA (voor de numerieke variabelen) en MCA (voor de categorische variabelen). Echter, de dataset is relatief klein (79 percelen) waardoor voorzichtig omgegaan moet worden met de resultaten van de statistische analyse.

In eerste instantie werd de FAMD toegepast op data uit seizoen 2021-2022 en 2022-2023. Variabelen die in 2021-2022 niet genoteerd werden (zoals ratio vlinderbloemigen, Co, B, nitraat ...), werden hiervoor verwijderd uit de dataset.

Slechts weinig variatie wordt verklaard door de eerste principale componenten (PC). Pas met 20 PC's wordt 75% van de variatie in de dataset verklaard (de grens ligt normaal op 80%). De eigenvalue van deze 20^e component is nog steeds hoger dan 1. Er zijn dus heel wat PC's nodig om voldoende variatie in de data te verklaren, **wat erop duidt dat er, althans met deze analyse, geen betrouwbaar resultaat bekomen kan worden en we dus geen strakke**

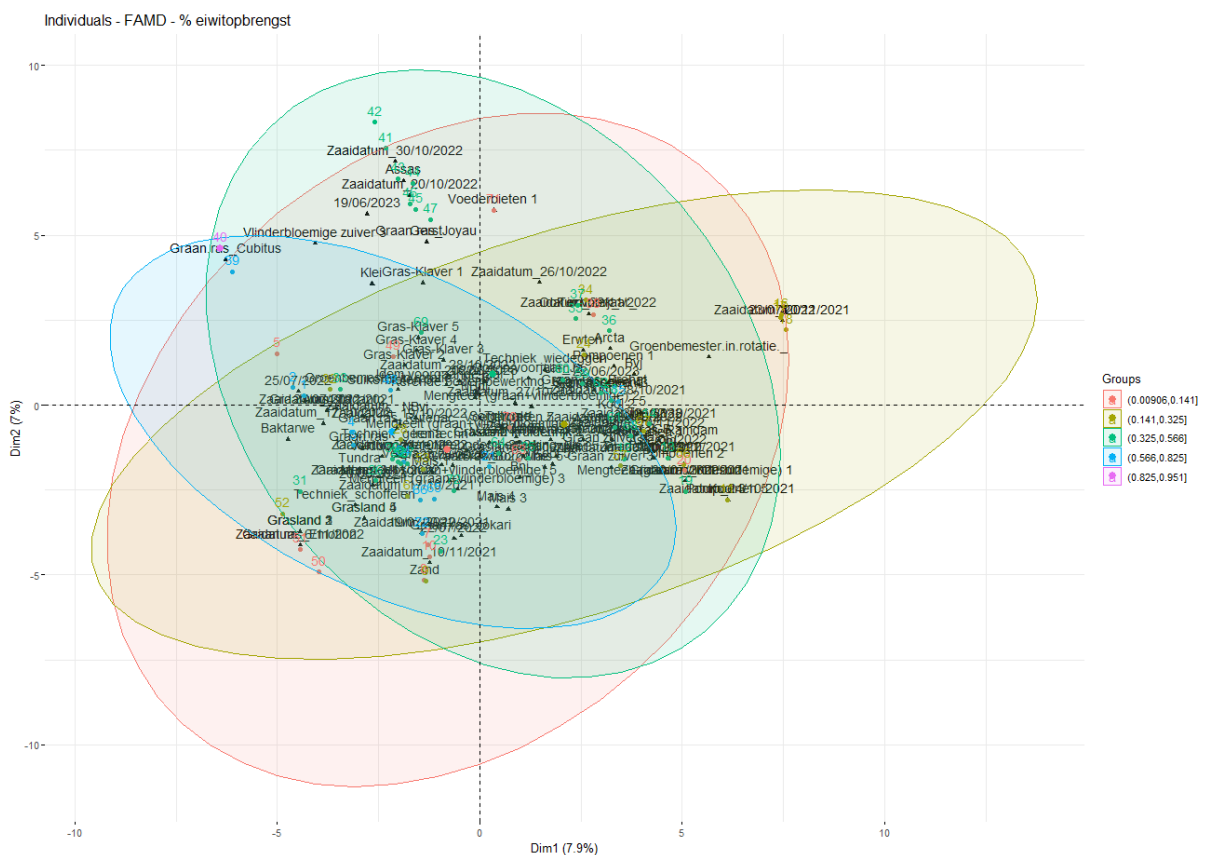
conclusies kunnen vormen. Wel zijn er hier en daar indicaties zichtbaar die verder uitgediept kunnen worden.

Onderstaande figuur geeft weer dat **zaaidatum, oogstdatum, eiwitras, graanras en de voorgaande teelten** de variabelen zijn die het meest bijdragen tot de verschillende principale componenten. Concreet wil dat zeggen dat deze variabelen **het meest bijdragen tot de variatie in de dataset**. Het verband is echter niet zeer sterk aanwezig. We dienen daarom voorzichtig te zijn in het maken van conclusies m.b.t. de opbrengst.

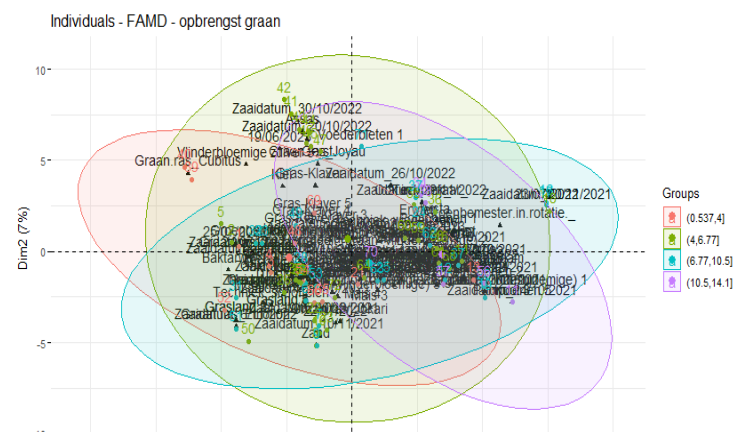


Figuur 2: FAMD - sterkte van de bijdrage van de verschillende variabelen

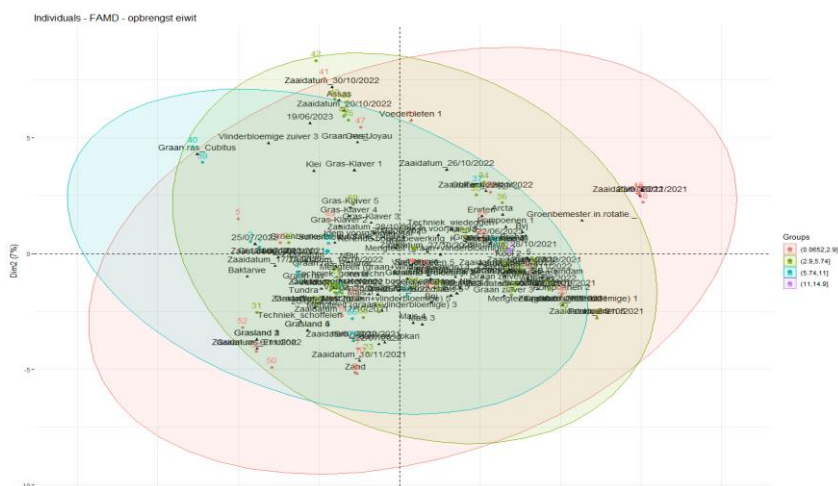
Nu, wanneer we de variabele “percentage eiwitgewas” opdelen in 5 clusters op basis van het aanwezige aandeel eiwit, en dan bekijken waar deze percelen zich bevinden op het biplot van PC1 en PC2, zien we dat de clusters overlappen. Er kan dus op basis van deze PC's **geen duidelijke opdeling gemaakt worden naar relatieve opbrengst van het eiwitgewas**. Dit geldt eveneens wanneer we dit herhalen voor de opbrengst eiwit (uitgedrukt in ton DS/ha) en de opbrengst van het graan (in ton DS/ha). Deze oefening werd herhaald voor biplots van andere PC's (bvb. PC1 t.o.v. PC3, PC2 t.o.v. PC3, ...), maar ook hier kon geen opdeling gemaakt worden naar opbrengst. De principale componenten laten ons niet toe onderscheid te maken in de data op vlak van opbrengst.



Figuur 3: FAMD - % eiwitopbrengst



Figuur 4: FAMD - opbrengst graan (ton DS/ha)



Figuur 5: FAMD - opbrengst eiwit (ton DS/ha)

Wanneer we deze analyse herhalen met een beperkte dataset (enkel data van 2022-2023 waarbij de variabelen die enkel in 2022 genoteerd werden wel mee opgenomen werden in de analyse) geeft dat geen verbeterd resultaat. Er werd ook getracht de dataset op te splitsen in mengteeltpercelen met erwten en percelen met veldboon. Dit biedt een kleine

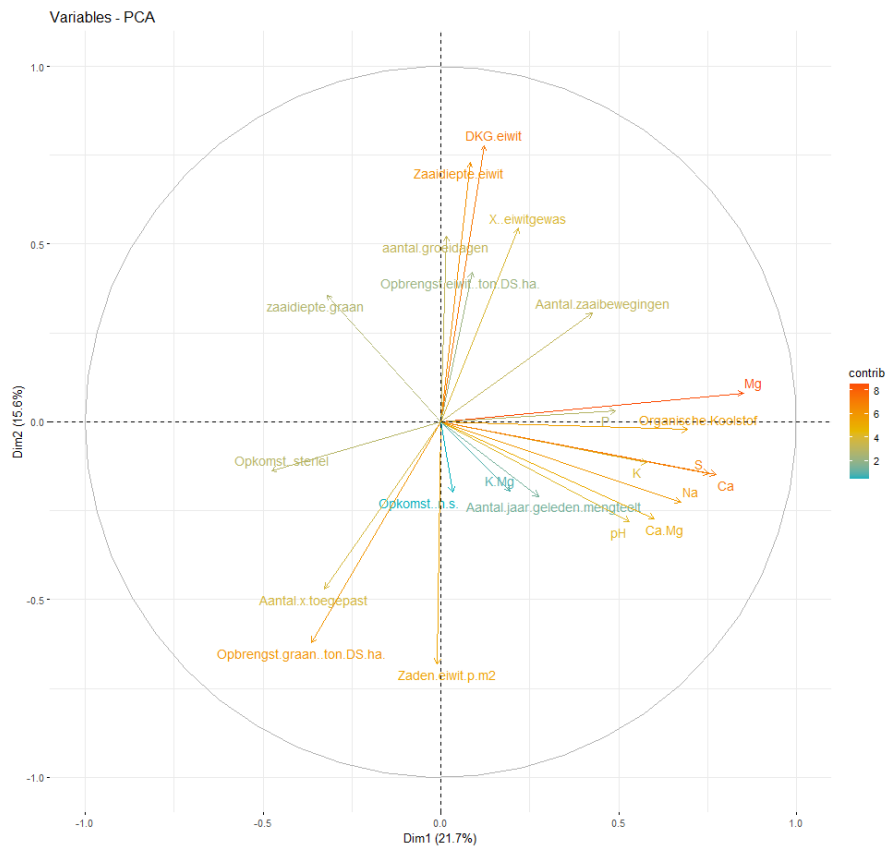
verbetering naar PC's toe, de eigenvalues zijn iets hoger, maar nog steeds onvoldoende. Bovendien wordt de dataset een stuk kleiner waardoor nog voorzichter moet omgegaan worden met interpretatie van de analyse. De clusters voor opbrengst eiwit (zowel in ton DS/ha als %) blijven overlappen zoals in bovenstaande figuur ook te zien is.

PCA - Principale Componenten Analyse

Zoals eerder beschreven kan PCA niet toegepast worden op de volledige dataset doordat deze analyse louter kan voor numerieke variabelen. Deze statistische toets werd daarom louter toegepast op de numerieke variabelen die in beide teeltjaren werden onderzocht.

De eigenvalues van de PC's en het % variantie zijn hoger. Er zijn minder PC's nodig om de data te beschrijven, wat duidt op een meer betrouwbare analyse, echter nog steeds onvoldoende om harde conclusies te trekken. **De belangrijkste variabelen die uit deze toets komen zijn Mg, Ca, S, organische koolstof, DKG van het eiwitgewas, opbrengst graan, zaden eiwit per m² en zaaidiepte van het eiwit.**

Helaas overlappen de clusters voor opbrengst eiwit (zowel in ton DS/ha als %) ook hier, dus er is **geen duidelijke link tussen de PC's en de eiwitopbrengst.**



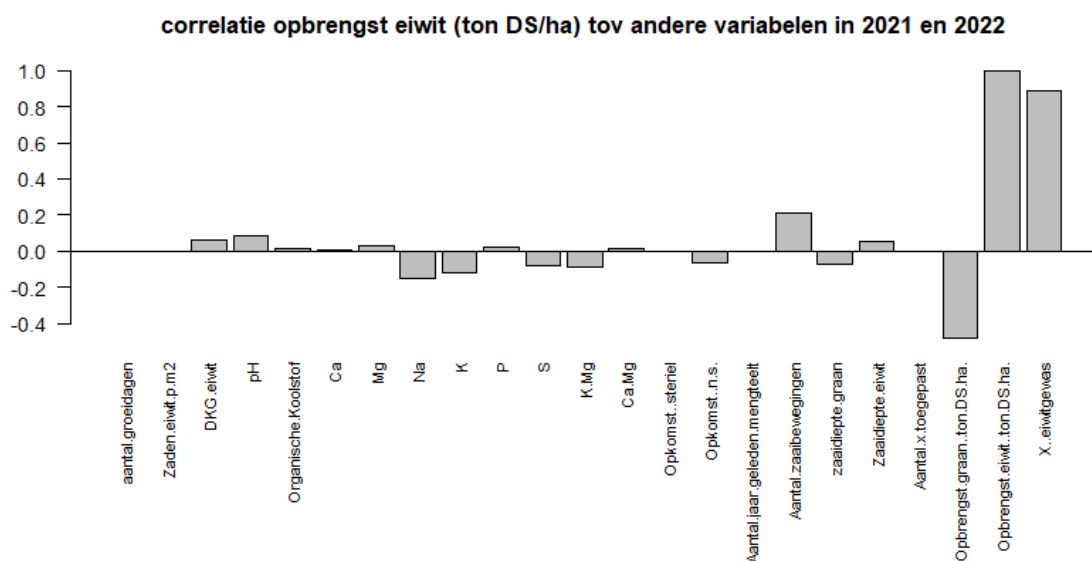
Figuur 6: PCA - bijdrage van variabelen

Correlatie

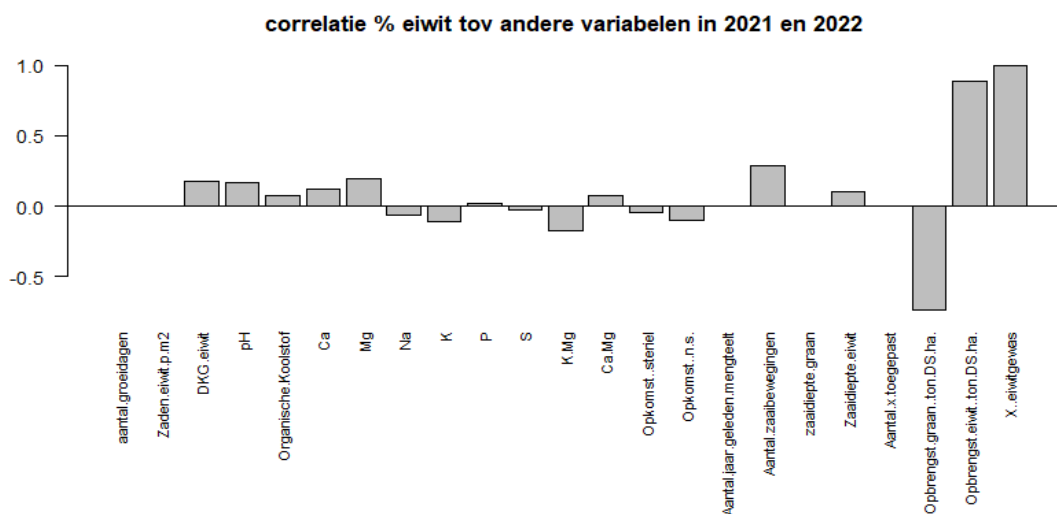
Ook correlatie kan enkel tussen numerieke variabelen, dus, net zoals bij PCA, werden enkel deze meegenomen in de analyse.

Opbrengst eiwit en % eiwit zijn logischerwijs sterk positief gecorreleerd. Tussen opbrengst eiwit en opbrengst graan is er een sterke negatieve correlatie te zien, wat eveneens logisch is. Meer opbrengst van de eiwitteelt betekent een lager aandeel aan graan. Verder zijn er geen heel duidelijke correlaties zichtbaar.

Wanneer we de data van beide teeltjaren samen leggen, lijkt de duidelijkste correlatie zichtbaar bij het aantal zaibewegingen. Dit duidt op het potentiële belang van de zaaidiepte, wat eveneens in vorige analyse voorzichtig naar voren kwam.



Figuur 7: correlatie opbrengst eiwit (ton DS/ha) t.o.v. andere variabelen over beide teeltjaren



Figuur 8: correlatie % eiwit t.o.v. andere variabelen over beide teeltjaren

MRA – Multiple Regression Analysis

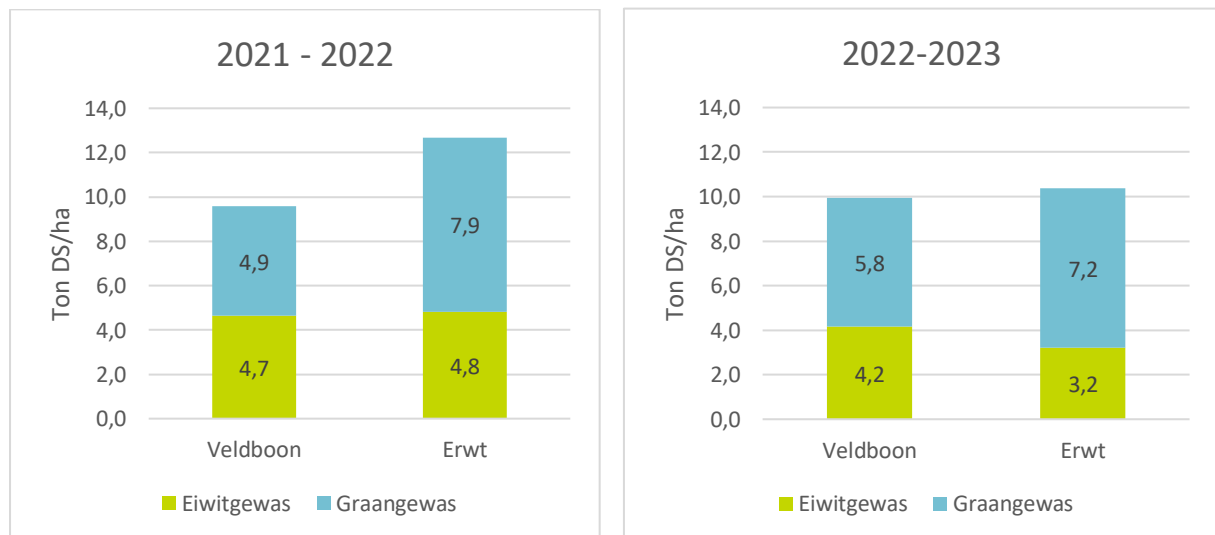
Ten slotte werd een MRA uitgevoerd op de dataset. Bij deze techniek zijn er geen ontbrekende waarden mogelijk. Hierdoor werd één landbouwer geschrapt uit de lijst, wat een verlies van 7 percelen oplevert. In totaal werden er 72 percelen in deze analyse opgenomen. Verder werden enkel variabelen in het model opgenomen waarvan geen ontbrekende waarden waren. Dat zijn:

- Algemene parameters:
graan- en eiwitgewas, eiwit ras, bodemsoort en oogstdatum
- Bodemparameters:
pH, organische koolstof, Ca, Mg, Na, K, P, S, K/Mg, Ca/Mg
- Bodembewerking en zaaitechniek:
bodembewerking, aantal zaaibewegingen, zaaidiepte en het al dan niet toepassen van bemesting

Deze parameters werden getoetst naar hun invloed op zowel de opbrengst van het graan als de opbrengst van het eiwit toe.

5.4.1. Invloed van gewas- en rassenkeuze

De combinatie van graan met veldbonen bleek gemiddeld gezien een lagere totaalopbrengst op te leveren in vergelijking met de combinatie graan x erwten. Dit verschil is echter niet significant en in het tweede jaar van opvolging waren de verschillen tussen beide teelten kleiner. De mengteelt met veldboon leverde in 2023 gemiddeld gezien dan ook een ton eiwitgewas meer op dan menging met erwt.

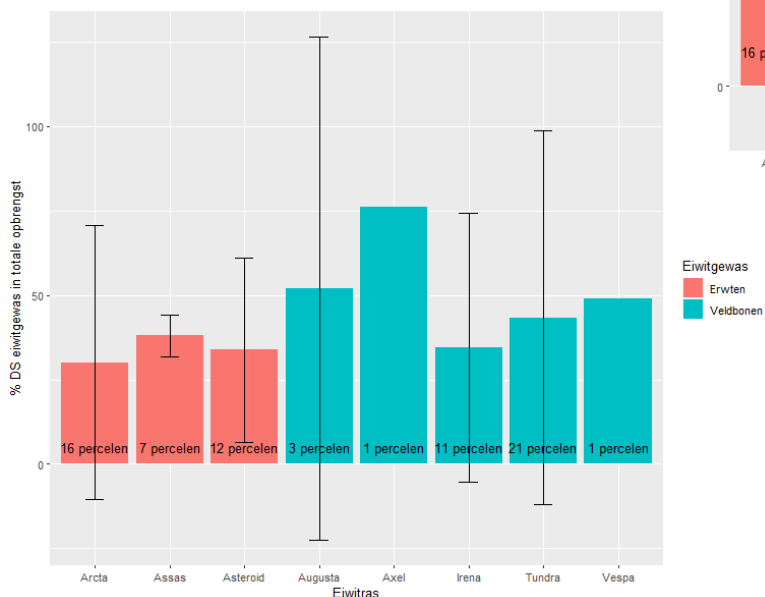
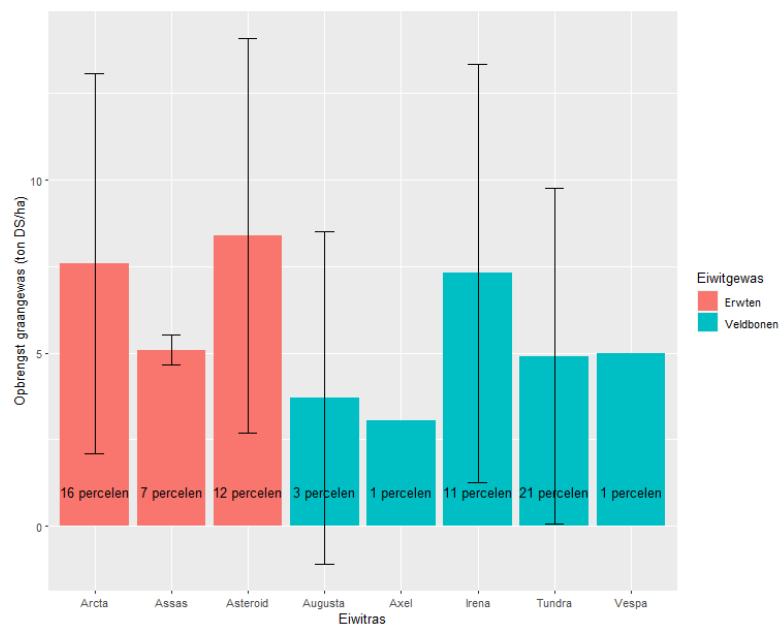
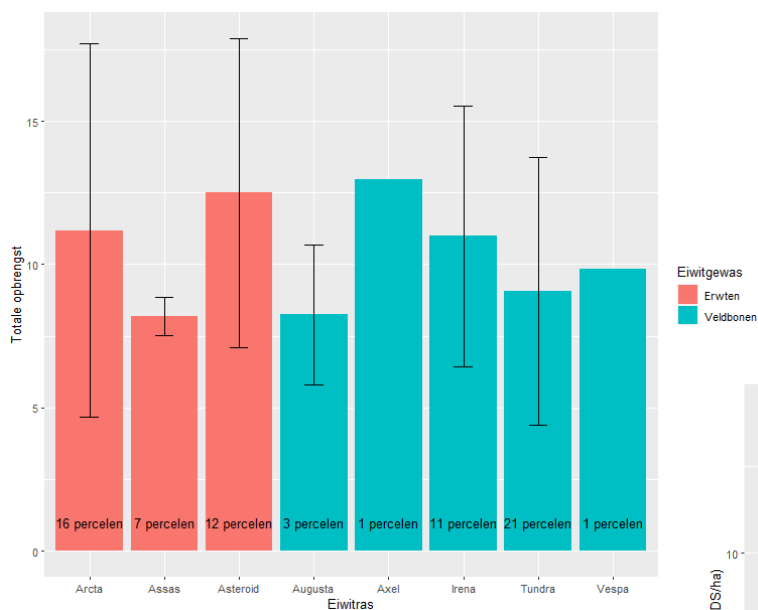


Qua rassen is er geen duidelijk verband aangezien er veel verschillende rassen werden ingezaaid overheen de opgevolgde praktijkpercelen en er te weinig herhalingen met éénzelfde ras waren om duidelijke conclusies te trekken. Vaak werden deze dan ook weer gecombineerd met een verschillende graansoort/ras, waardoor de variatie toeneemt.

We mogen dus niet zeggen dat het ene ras meer oplevert dan het andere.

Wanneer we naar **gemiddelde (!)** opbrengsten van rassen overheen beide teeltjaren kijken, bekomen we onderstaande grafieken. Een mengteelt met triticale en veldboon (*Borodine x Axel*) gaf de hoogste totaalopbrengst van 13 ton DS/ha waarvan 75% uit veldboon bestond in vergelijking met de anderen veldboon- en erwtenrassen. Nu, aangezien dit slechts over één perceel en één teeltjaar ging, en de andere gemiddeldes gebaseerd zijn op meerdere percelen is deze vergelijking weinig veelzeggend. Ook zien we dat de foutenmarge groot is.

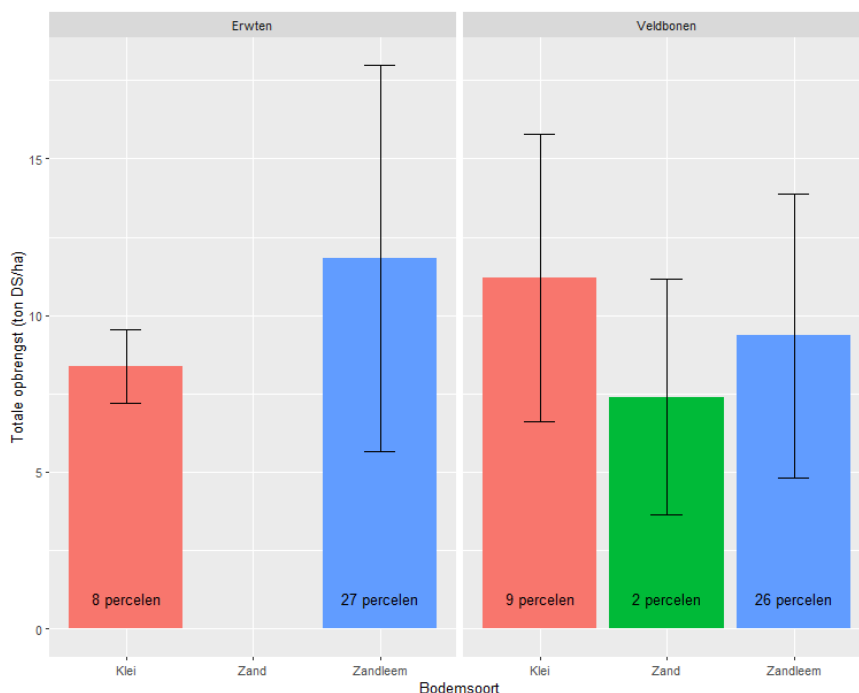
Ook het erwtenras *Asteroid* (waarvan er 12 percelen gespreid over twee teeltjaren werden opgevolgd) lijkt evenwaardige totaalopbrengsten te leveren. Algemeen gezien is er wel een groter deel van deze mengteelt dat uit granen bestaat.



5.4.1.1 Gewaskeuze i.f.v. bodemsoort

Uit de statistische vergelijking (waarbij alle variabelen werden opgenomen) kwam bodemsoort naar voren als zijnde invloedrijk op de uiteindelijke graan- en dus ook totaalopbrengst ($P < 0,05$). Nu, wanneer we deze factor één op één tegenover opbrengst uitzetten, zien we deze significantie niet meer.

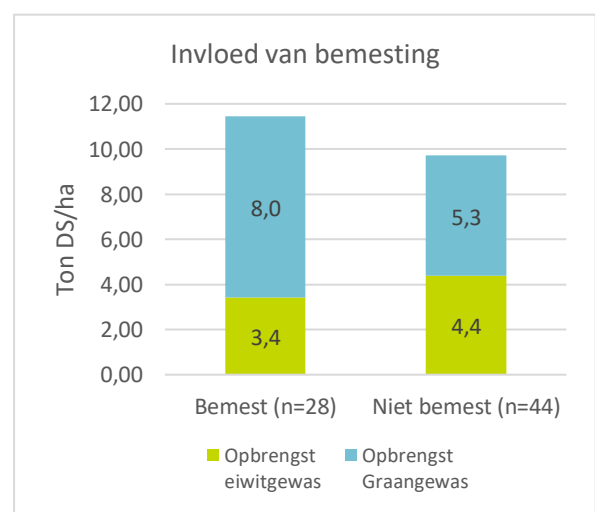
In deze vergelijkende studie is er een trend naar gemiddeld betere opbrengsten van veldbonen in zware grond t.o.v. veldbonen die in een zandleembodem werden gezaaid. Zandleembodems leverden in deze vergelijking dan schijnbaar weer meer totale massa op wanneer er voor erwten als mengpartner gekozen werd.



5.4.2. Invloed van bemesting

Het al dan niet bemesten blijkt voor zowel graan- als eiwitopbrengst dan weer wel een significante invloed te hebben ($P < 0,05$). Doordat bemesting voor de vlinderbloemige component eigenlijk overbodig is, heeft **bemesting een nadelig effect op de opbrengst van zowel erwten als veldbonen**. Het graan daarentegen geniet wel van deze extra voedingsstoffen.

Volgens deze verkennende studie kan niet bemesten ervoor zorgen dat je ongeveer een ton per hectare meer erwten of veldbonen van je veld

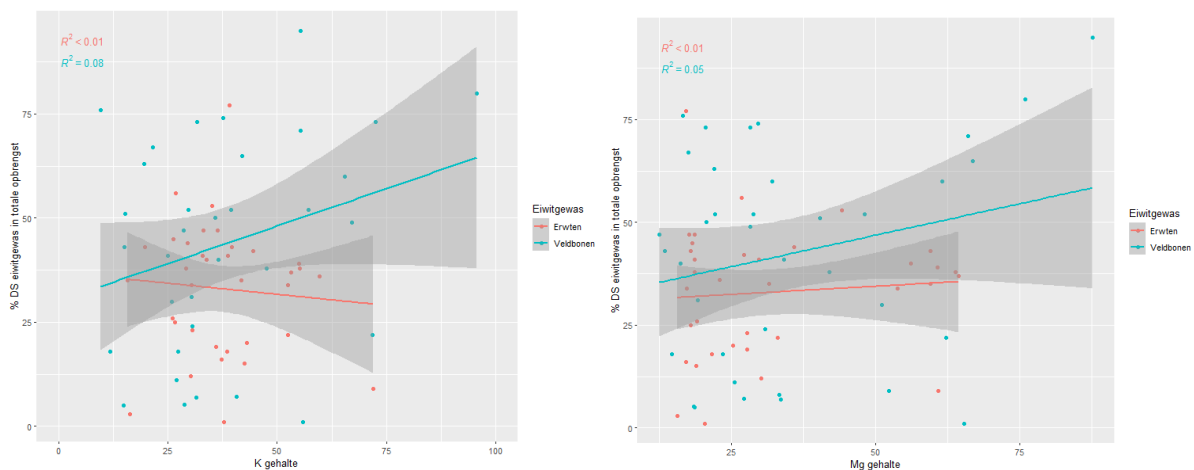


kan halen. De verhouding graan/eiwit zal dan ook shiften bij het al dan niet toepassen van bemesting, wat ook een invloed heeft op de totaalopbrengst. **We kunnen voorzichtig stellen dat als je procentueel meer eiwitgewas wil oogsten t.o.v. graan, het dan aangeraden is geen bemesting uit te voeren.**

5.4.3. Invloed van bodemmineralen

Van alle bodemmineralen die getest werden lijkt het gehalte aan kalium en magnesium in de bodem het meest van belang te zijn. In de regressieanalyse kwam er een significant effect ($P < 0,05$) van K en Mg (evenals de verhouding K/Mg) naar voren op de graanopbrengst, de totaalopbrengst en ook het percentage eiwitgewas dat in de uiteindelijke opbrengst aanwezig is. Het gehalte aan organische koolstof lijkt dan weer een rol te spelen in het maximaliseren van de graanopbrengst.

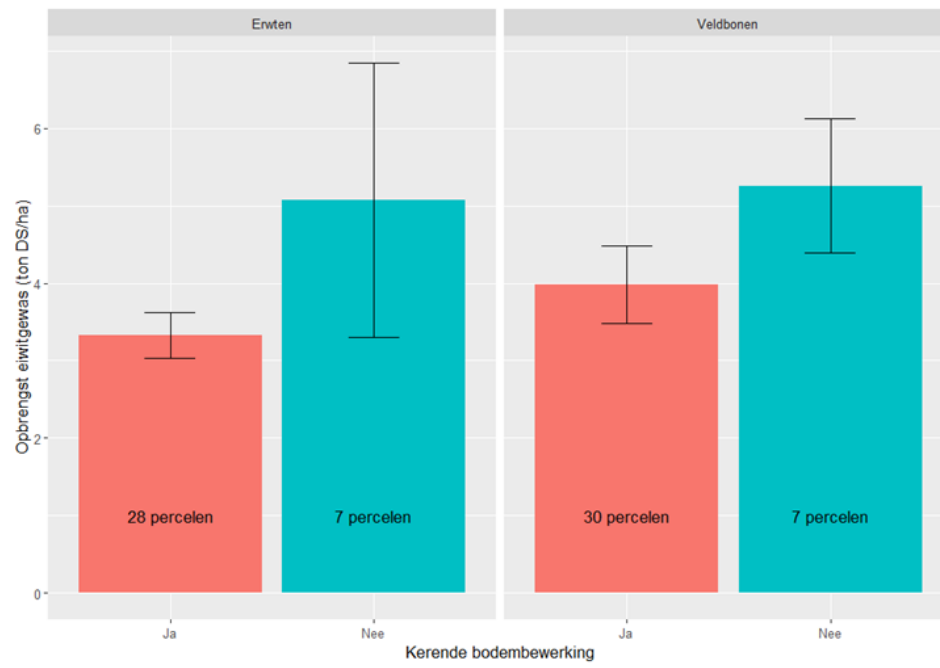
Wanneer we deze één op één uitzetten t.o.v. het eiwitpercentage, verdwijnen ook hier de significante effecten. De R^2 -waarden zijn bijgevolg heel erg laag. De mate van invloed is hierdoor onduidelijk. Er kunnen hier daarom eveneens geen adviezen rond gevormd worden.



5.4.4. Invloed van bodembewerking

Ook de invloed van ploegen op de eiwitopbrengst komt eveneens uit de regressieanalyse naar voren en lijkt een rol te spelen. Zowel bij veldbonen als erwten is het effect van ploegen duidelijk aanwezig, waarbij de gemiddelde veldbonenopbrengst op niet geploegde percelen ruim een ton hoger blijkt te liggen t.o.v. geploegde percelen. Voor erwten is dit een verschil van nagenoeg 1,5 ton DS/ha.

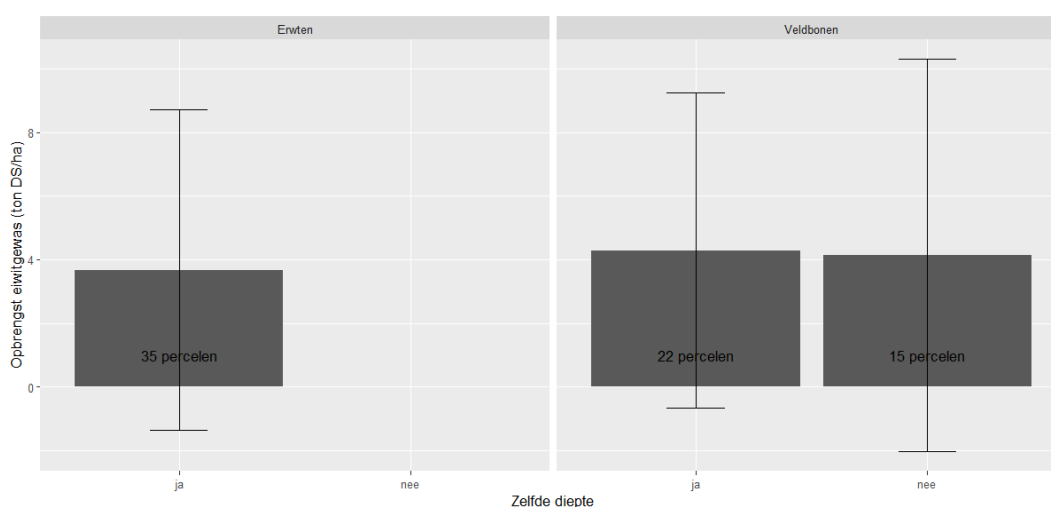
Naast een nadelig effect op de bodemstructuur en het bodemleven kan **ploegen ook leiden tot een verlies aan organisch materiaal en koolstof**. Zoals hierboven beschreven werd er ook een invloed van organische koolstof op de graanopbrengst waargenomen. Beide parameters gaan vermoedelijk hand in hand, al was de invloed van ploegen op de graanopbrengst niet uit deze analyse af te leiden.



5.4.5. Invloed van zaaidiepte

Ook de zaaidiepte van het graan lijkt van invloed te zijn op de uiteindelijke eiwitopbrengst. Dit kan te maken hebben met de opkomst en dus concurrentie van het graan t.o.v. de veldbonen/erwten. Er spelen vele nevenfactoren een rol bij het bepalen van de optimale zaaidiepte, waaronder zeker de bodemsoort. In praktijk wijkt de zaaidiepte eveneens vaak af van de beoogde diepte door een ongelijkmatig bodemoppervlak tijdens zaaien. Hierdoor is het haast onmogelijk een lijn te trekken in de verschillende resultaten. Wanneer we de verschillende zaaidieptes van zowel de graan- als de eiwitcomponent tegenover de uiteindelijke opbrengst uitzetten, geeft ons dat daardoor weinig tot geen inzichten.

Bij het afnemen van de enquête werd er eveneens genoteerd of de graan- en eiwitcomponent op dezelfde diepte werden gezaaid of dat deze verschilden. Diegenen die erwten zaaiden, zaaiden allen op dezelfde diepte. Voor veldbonen waren het aantal landbouwers die de bonen en het graan op dezelfde of verschillende diepten zaaiden ongeveer gelijk verdeeld (22 percelen tegenover 15 percelen). Binnen deze studie zien we vrijwel geen verschil in opbrengst en kan het voordeel van in twee bewegingen zaaien tegenover de eventuele extra kosten in twijfel getrokken worden.



5.4.6. Invloed van teeltrotatie

Om de hoeveelheid data te vereenvoudigen werden voorteelten gegroepeerd. Ondanks de groepering kwam er hier weinig uit naar voren. Omdat het eveneens een interessante vraag is of er een invloed bestaat van een vlinderbloemige voorteelt, en hoeveel jaar je dan best tussenlaat, werd ook dit getest. Deze factor bleek wel naar voren te komen uit de

regressieanalyse, en zou van invloed zijn op het percentage aan eiwitgewas in de mengteelt ($P=0,04$).

Hier opnieuw hetzelfde verhaal. Wanneer we deze vergelijking één op één maken, bekomen we een zeer lage R^2 -waarde ($R^2 < 0,1$) waardoor de samenhang tussen beide parameters niet bewezen kan worden.

6. BESLUIT

De verzamelde data werd stevig onder de loep genomen en werd daarbij onderworpen aan verschillende statistische toetsen. **Echter, sluitende conclusies zijn er niet te maken.** Hoewel er nagenoeg 80 percelen in deze proef werden opgenomen, is dit een gering aantal om sluitende conclusies te vormen. De meeste statistische toetsen vereisen meer data. Wel zien we hier en daar **trends en indicaties o.b.v. regressieanalyse (MRA)** die ons gerichter op weg zetten bij verder onderzoek.

Wat er voornamelijk naar voren lijkt te komen is de **nefaste invloed van bemesting op de opbrengst van het eiwitgewas.** Daarnaast lijken we ook te zien dat **ploegen eveneens negatief gecorreleerd** blijkt te zijn aan de eiwitopbrengst, en men dus beter kiest voor niet-kerende bodembewerking. Binnen deze verkennende studie lijken boeren die opteerden om niet te ploegen het volgende seizoen een eiwitrijkere oogst van hun veld te halen.

Ook de **voorgaande vlinderbloemige teelten in rotatie** kwamen voorzichtig uit de vergelijking naar voren, en lijken een invloed te hebben op de uiteindelijke eiwitopbrengst. Hier is er echter wel nog veel onduidelijkheid rond. De invloed van verschillende bodemmineralen werd eveneens onder de loep genomen. **Kalium, magnesium en hun verhouding** kwamen hier als belangrijkste uit.

Deze verkennende studie roept meer bijkomende vragen op dan dat ze antwoorden biedt. Wel stelt het ons in staat om al enkele zaken uit te sluiten in eventueel vervolgonderzoek. Hierdoor kan er in de toekomst gerichter gekeken worden naar de invloed van een bepaalde parameters op de opbrengst. Door nevenfactoren uit te sluiten gaan bepaalde effecten sneller zichtbaar zijn. **Deze huidige studie biedt bijgevolg geen concrete inzichten en kan/mag niet gebruikt worden voor het vormen van adviezen.**