



Bedrijfseconomische prestaties van bodemmaatregelen

Opbrengstabiliteit en kosten-baten van bodemmaatregelen

Auteurs | William Bijker, Eva van der Burgt, Wim van den Berg & Isabella Selin Noren



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



WPR-OT 929

Bedrijfseconomische prestaties van bodemmaatregelen

Opbrengstabiliteit en kosten-batenverhouding van bodemmaatregelen

William Bijker, Eva van der Burgt, Wim van den Berg, Isabella Selin-Norén

Wageningen University & Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Open Teelten, in het kader van de PPS Beter Bodembeheer, integraal en naar de praktijk (projectnummer TKI-LWV20.042/BO-56-001-061). Dit onderzoek is matching in het EJP SOIL programma (EU Grant Agreement 862696, BO-56-101-009).

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

Wageningen, December 2022

Rapport WPR-OT-929



Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/567217>

Samenvatting: Het rapport geeft inzicht in de economische aspecten van bodemmaatregelen in combinatie met verschillende grondbewerkingstechnieken. Middels twee methodes zijn de economische prestaties van de maatregelen in kaart gebracht namelijk via 1) opbrengststabiliteit door het berekenen van de variatiecoëfficiënt en 2) een kosten-batenvergelijking. De methodes zijn toegepast op data komend van de systeemprouwen op dalgrond (Bodemkwaliteit Veenkoloniën) in Valthermond en op zandgrond (Bodemkwaliteit op zand) in Vredepeel. Uit de analyse kunnen een aantal conclusies getrokken worden: 1. Tagetes heeft een positief effect in zetmeelaardappels op zowel opbrengststabiliteit als de kosten-batenverhouding. In een veenkoloniaal bouwplan is dit hierdoor een toepasbare maatregel, 2. Voldoende organische stofaanvoer via mest kan zorgen voor een verbeterde opbrengststabiliteit en behoud van opbrengsten op zandgrond, 3. Niet-kerende grondbewerking is een economisch haalbare maatregel in beide proeven, met een licht positief bedrijfsresultaat voor de kosten-batenvergelijking op zandgrond maar niet op dalgrond, 4. Het aanvoeren van extra compost is een economisch haalbare maatregel, met een licht positief of licht negatief bedrijfsresultaat op bouwplanniveau, 5. Steenmeel en de Ca/Mg-methode dragen niet bij aan een hoger bedrijfsresultaat of een verbeterde opbrengststabiliteit. De uitkomsten van dit onderzoek helpen telers, adviseurs en beleidsmakers inzicht geven in de economische haalbaarheid van de onderzochte bodemmaatregelen.

Trefwoorden: bodemkwaliteit, opbrengststabiliteit, kosten-batenanalyse, bodemmaatregelen, gereduceerde grondbewerking, NKG, compost, organische mest, tagetes, steenmeel, Ca/Mg-methode

© 2021 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research (WPR), Business unit Open Teelten, Postbus 430, 8200 AK Lelystad; www.wur.nl/plant-research.

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

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

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

Rapport WPR-OT-929

Foto omslag: WUR, Valthermond

Inhoud

Inhoud	3
Woord vooraf	4
Samenvatting	5
1 Inleiding	6
1.1 Introductie	6
1.2 Doelstelling	6
1.3 Leeswijzer	7
2 Materiaal en methodes	8
2.1 Beschrijving van systeemprouwen	8
2.2 Aanpak kosten-batenanalyse	9
2.3 Aanpak analyse opbrengststabiliteit	10
3 Resultaten	12
3.1 Kosten-batenanalyse	12
3.1.1 Dalgrond (BKV)	12
3.1.2 Zandgrond (BKZ)	13
3.2 Opbrengststabiliteit	15
3.2.1 Dalgrond (BKV)	15
3.2.2 Zandgrond (BKZ)	20
4 Discussie en conclusie	28
4.1 Discussie en conclusies per proef	28
4.1.1 Dalgrond (BKV)	28
4.1.2 Zandgrond (BKZ)	30
4.1.3 Vergelijking van resultaten op zandgrond en dalgrond	31
4.2 Discussie over methodiek	32
4.2.1 Kosten-batenanalyse	32
4.2.2 Analyse naar opbrengststabiliteit	33
4.3 Conclusies	33
5 Referenties	35
Bijlage 1 – Aanvullende tabellen	36
Bijlage 2 – Aanvullende grafieken	37
BKV: Lineaire regressie per gewas	37
BKZ: Lineaire regressie per gewas	39
BKV: Niet-detrended vergeleken met detrended	43
BKZ: Niet-detrended vergeleken met detrended	46

Woord vooraf

In de PPS Beter bodembeheer wordt kennis ontwikkeld over duurzaam bodembeheer in de open teelten in publiek en private samenwerking. In dit rapport wordt een economische analyse gedaan naar de resultaten vanuit twee systeemproeven waar langjarig onderzoek is gedaan naar bodemmaatregelen. Dit rapport is deels een update van het eerdere rapport van De Wolf et al. (2019). Daarnaast wordt er in dit rapport gekeken naar het effect van de bodemmaatregelen op de opbrengststabiliteit. Voor het schrijven van dit rapport waren we sterk afhankelijk van de resultaten van de systeemproeven en de verantwoordelijke collega-onderzoekers die deze proeven uitvoeren. We hebben hen uitvoerig kunnen consulteren, hun data gebruikt en gedurende het gehele traject kunnen bevragen over de effecten van de maatregelen in hun proef. We willen Marie Wesselink, Paulien van Asperen en Wieke Vervuurt daar hartelijk voor bedanken. Zonder hen hadden we deze analyse niet kunnen uitvoeren. Verder willen we Natalie Bakker (LBI) bedanken voor haar rol in het opzetten van het onderzoek in de beginfase.

Samenvatting

Dit onderzoek gaat in op de economische aspecten van bodemmaatregelen. Het onderzoek heeft als doel om de bedrijfseconomische prestaties van deze maatregelen in beeld te brengen. Hiervoor is gekeken naar de opbrengststabiliteit (door het berekenen van de variatiecoëfficiënt) en de kosten-batenverhouding van individuele maatregelen om inzicht te geven in de (meerjarige) economische prestaties. Dit is gedaan voor maatregelen vanuit twee langjarige systeemprouven op dalgrond (Bodemkwaliteit Veenkoloniën) in Valthermond en op zandgrond (Bodemkwaliteit op zand) in Vredepeel.

Uit dit rapport kunnen de volgende conclusies getrokken worden voor de maatregelen:

- Het telen van tagetes in plaats van zomergerst heeft een positief effect in de zetmeelaardappels op zowel de opbrengststabiliteit als de kosten-batenverhouding. Dit kwam naar verwachting door het bestrijden van het wortelstelselaaltje. In een veenkoloniaal bouwplan is tagetes hierdoor een toepasbare maatregel.
- Voldoende organische stofaanvoer via dierlijke mest kan zorgen voor een verbeterde opbrengststabiliteit en behoud van opbrengsten op zandgrond.
- Niet-kerende grondbewerking is een economisch haalbare maatregel, met een licht positief bedrijfsresultaat voor de kosten-batenvergelijking op zandgrond maar niet op dalgrond. NKG lijkt een erg beperkt effect te hebben op de opbrengststabiliteit.
- Het aanvoeren van extra compost is een economisch haalbare maatregel, met een licht positief of negatief bedrijfsresultaat op bouwplanniveau. Opbrengstverbeteringen door het aanvoeren van compost zijn hoger in geval van een lage organische stof aanvoer via de bemesting. Er is verder geen duidelijk effect op de opbrengststabiliteit.
- Steenmeel en de Ca/Mg-methode dragen niet bij aan een verbeterd bedrijfsresultaat of een verbeterde opbrengststabiliteit.

De uitkomsten van dit onderzoek zijn richtinggevend en helpen telers, adviseurs en beleidsmakers inzicht geven in de economische haalbaarheid van de onderzochte bodemmaatregelen.

1 Inleiding

1.1 Introductie

De effecten van bodemmaatregelen worden in de PPS Beter Bodembeheer vanuit verschillende invalshoeken onderzocht. Dit rapport gaat in op de economische aspecten van grondbewerkingsstrategieën en andere bodemmaatregelen. Het onderzoek naar effecten van een set aan maatregelen op de bodem, productie en overige (eco)systeemdiensten vindt plaats door een aantal meerjarige proeven op proefbedrijven van Wageningen University & Research (de Haan, 2018). Op kleigrond loopt de systeemproof BASIS in Lelystad, op dalgrond Bodemkwaliteit Veenkoloniën (BKV) in Valthermond en op zandgrond Bodemkwaliteit op zand (BKZ) en Bodemgezondheidsproef (BGZ). In eerder economisch onderzoek door De Wolf et al. (2019) zijn de kosten en baten van verschillende grondbewerkingsstrategieën en andere maatregelen berekend voor onder andere BKZ en BKV tot en met het teeltjaar 2017. Dit onderzoek gaat deze analyse actualiseren gebruikmakend van de resultaten vanuit de proeven tot en met 2020, een uitbreiding van drie teeltjaren. Naast de kosten-batenanalyse wordt in dit onderzoek ook de opbrengststabiliteit bepaald door de variatiecoëfficiënt te analyseren. Stabiliteit kan worden omschreven als de constantheid van een eigenschap (zoals opbrengst) over een periode in de tijd (Urruty et al., 2016). Voor telers zijn stabiele opbrengsten van belang omdat het bijdraagt aan de economische voorspelbaarheid van opbrengsten en daarnaast risico's reduceren (Reckling et al., 2021).

In dit onderzoek wordt de analyse naar opbrengststabiliteit en de kosten-batenverhouding uitgevoerd voor de systeemproeven BKV en BKZ. De systeemproof BASIS wordt niet meegenomen in de analyse omdat het aantal teeltjaren per gewas beperkt is, waardoor deze niet geschikt is voor een meerjarige analyse. In dit rapport worden alleen de economische prestaties van de maatregelen geanalyseerd en besproken. In het rapport *Analyse van bodemmaatregelen: effecten op bodemfuncties en toepasbaarheid* (Selin-Norén et al., 2022) worden de prestaties van de maatregelen op agronomisch vlak en op bodemkwaliteit en bodemfuncties toegelicht.

1.2 Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is om inzicht te krijgen in de opbrengststabiliteit als gevolg van de implementatie van bodemmaatregelen en om de kosten-batenverhouding van bodemmaatregelen inzichtelijk te maken. De uitkomsten van dit onderzoek helpen telers, adviseurs en beleidsmakers inzicht te krijgen in de economische haalbaarheid van de onderzochte bodemmaatregelen. De proeven worden afzonderlijk geanalyseerd en besproken, gevolgd door een synthese over beide proeven heen. Om de genoemde doelen te bereiken worden de volgende onderzoeksvragen beantwoord:

1. Wat is de kosten-batenverhouding van de bodemmaatregelen?
2. Wat is het effect van de bodemmaatregelen op de opbrengststabiliteit?

De verwachte effecten of prestaties van de maatregelen op de kosten- batenverhouding en de opbrengststabiliteit kan beschreven worden aan de hand van vijf hypothesen. Alle getoetste maatregelen hebben het doel om de bodemkwaliteit en de groeiomstandigheden voor gewassen te verbeteren. De verwachte economische prestaties en effecten op de opbrengststabiliteit worden daardoor verklaard door de verwachte effecten op de bodemkwaliteit. Of deze effecten op de bodemkwaliteit daadwerkelijk optreden wordt in het rapport van Selin-Norén et al., (2022) behandeld. De vijf hypothesen zijn:

1. Niet-kerende grondbewerking (NKG) zorgt voor een verbeterde bodemstructuur en een rijker bodemleven waardoor de nutriëntenhuishouding en de waterhuishouding verbetert. Dit zou een hogere opbrengststabiliteit als gevolg kunnen hebben en eventueel hogere opbrengsten. Echter, door verschillen in de groei van gewassen (bewortelingspatroon, groeiduurtijd en -periode, zaai- en oogstbereiding, nutriëntenbehoefte), zouden de effecten per gewas kunnen verschillen.

-
2. Organische stofaanvoer in de vorm van organische dierlijke mest of compost draagt bij aan een verbeterde nutriëntenhuishouding, waterhuishouding en biologische bodemkwaliteit waardoor de opbrengsten toenemen. Deze toename zou eventuele extra kosten van de maatregelen kunnen compenseren en zorgen voor een verbeterde opbrengststabiliteit door een verbeterd bufferend effect van de bodem.
 3. De maatregelen steenmeel toedienen en de Ca/Mg-methode zijn gericht op het verbeteren van de nutriëntenbeschikbaarheid. Dit wordt verwacht te zorgen voor verhoogde en stabielere opbrengsten.
 4. Het telen van tagetes dringt de wortellesieaaltje-populatie terug waardoor gewasopbrengsten toenemen en stabielere kunnen worden.
 5. Het combineren van maatregelen zou kunnen resulteren in dat het effect van elk opgenomen maatregel anders is dan bij het afzonderlijk toepassen van de maatregel. De verwachting is dat de combinatie van maatregelen het grootste positieve effect heeft op de opbrengsten en de opbrengststabiliteit, maar mogelijk ongunstig zijn voor de kosten-batenverhouding.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de methodiek uiteengezet. Hoofdstuk 3 gaat eerst in op de kosten-batenverhouding (3.2) en opbrengststabiliteit (3.1) van de verschillende bodemmaatregelen waarbij steeds BKV eerst besproken wordt en vervolgens BKZ. Hoofdstuk 4 bevat de conclusie en discussie per proef (4.1 en de algemene discussie (4.2) en conclusie (4.3) van dit onderzoek.

2 Materiaal en methodes

Dit hoofdstuk bevat de materiaal en methodes van dit onderzoek. Hier worden de onderzochte proeven en maatregelen gepresenteerd (2.1) en de aanpak voor de kosten- en batenanalyse (2.2) en de analyse naar opbrengststabiliteit (2.3) uiteengezet.

2.1 Beschrijving van systeemproeven

Dalgrond (BKV)

Op de systeemproof op dalgrond: "Bodemkwaliteit Veenkoloniën" (BKV) in Valthermond worden er sinds 2013 verschillende bodemmaatregelen toegepast met als doel het verbeteren van ecosysteemdiensten van de bodem en het verbeteren van opbrengst. In de proef worden verschillende maatregelen getest binnen een standaard Veenkoloniaal bouwplan met de gewassen zetmeelaardappel (rassen Festien en Seresta), suikerbiet en zomergerst (**Tabel 1**). De details van deze proef staan vermeld in de Haan et al. (2020). De grootste uitdagingen op dalgrond zijn de organische stofbalans en de bodemgezondheid. Het effect van niet-kerende grondbewerking (NKG) is onderzocht, ook in combinatie met elk van de andere bodemmaatregelen: de aanvoer van compost, de toepassing van de Albrecht-methode (Ca/Mg-methode), de aanvoer van steenmeel, de teelt van tagetes in plaats van zomergerst + Japanse haver en een combinatie van al deze maatregelen (**Tabel 1**). In dit rapport worden alleen de meest relevante maatregel-combinaties met NKG besproken. In de Combi wordt tagetes in plaats van elk vier jaar geteeld, eens in de acht jaar geteeld. De maatregelen worden vergeleken met een referentiesituatie met spitten als hoofdgrondbewerking met een standaard bemesting en bouwplan.

De maatregelen in dit rapport komen grotendeels overeen met de maatregelen in het rapport van De Wolf et al. (2019) waarin de opbrengstgegevens reiken van 2014 tot en met 2017. In dit rapport reikt de analyseperiode van de kosten-batenanalyse van 2016-2020 doordat het, vanwege de gewasrotatie, tot 2016 duurde voordat alle gewassen na een tagetesteelt hebben gestaan. De kosten van steenmeel en de kosten van de combinatie van maatregelen worden in dit rapport voor het eerst bepaald net als de combinatie van elk bodemmaatregel met NKG. Steenmeel is tot en met 2017 toegepast. Wegens de effecten op opbrengst die in de vier jaren door steenmeel konden optreden zijn de kosten van twee jaar van toepassing (2016-2017) over de vier jaren verdeeld.

Voor de analyse naar opbrengststabiliteit is langere periode gebruikt, namelijk 2014-2020. Suikerbiet en Aardappel (Seresta) zijn geanalyseerd voor een andere periode, respectievelijk

Tabel 1. Overzicht van de grondsoorten, systeemproeven, productiewijze, gewassen, grondbewerking en maatregelen.

Grondsoort	Proef	Productiewijze	Gewassen	Grondbewerking	Maatregel
Dalgrond	BKV	Gangbaar	Aardappel (rassen Festien en Seresta), suikerbiet en zomergerst (Japanse haver als groenbemester)	Spitten of NKG	Standaard (Referentie) Ca/Mg-methode Combi Compost Steenmeel Tagetes
Zandgrond	BKZ	Gangbaar	Aardappel, prei, zomergerst, erwt, suikerbiet, B-peen, snijmais	Ploegen of NKG	OS-aanvoer standaard (Referentie) OS-aanvoer standaard, met compost OS-aanvoer laag

2015-2020 en 2016-2020, wegens de plaats van Tagetes in de rotatie waardoor mogelijke effecten niet eerder optreden bij deze twee gewassen. De keuze om voor de kosten-batenanalyse een minder lange periode te gebruiken maar wel gelijk voor alle gewassen, is wegens het belang van het effect van Tagetes en van de vergelijkbaarheid tussen de maatregelen. Bij de opbrengststabiliteit ligt het belang juist bij een zo groot mogelijke periode.

Zandgrond (BKZ)

De systeemproof op zandgrond: "Bodemkwaliteit op Zand" (BKZ) in Vredepeel doelt erop inzicht te vergaren op het effect van organische stof en van grondbewerking op opbrengst, nitraatuitspoeling en bodemkwaliteit. De details van deze proef staan vermeld in De Haan et al. (2018).

In BKZ bestaat de gewasrotatie uit aardappel, erwt, prei, zomergerst, suikerbiet (t/m 2015) of B-peen (vanaf 2016) en snijmaïs. Er is gebruik gemaakt van data van twee verschillende objecten die sinds 2001 verschillende aanvoer van organische stof hebben. De objecten met het organisch stofgehalte "Standaard" hebben een gangbare aanvoer van organische stof (~2000 kg EOS/ha). Het andere object omvat het organische stofgehalte "Laag", wat inhoudt dat er geen organische stof aanvoer van mest komt maar enkel van gewasresten (~1000 kg EOS/ha). In 2011 is elk van deze percelen binnen de verschillende behandelingen gesplitst in een deel dat bewerkt wordt middels ploegen en een deel waarvan de grond niet-kerend bewerkt wordt (NKG). Naast de verschillende grondbewerkingen wordt er gekeken naar het effect van extra compost op zowel het niet-kerend bewerkte object als het geploegde object.

In het rapport van de Wolf et al. (2019) zijn de resultaten van 2011 tot en met 2017 meegenomen voor deze beide systemen met daarnaast nog een biologisch systeem met een hogere organische stofaanvoer. Dit onderzoek richt zich enkel op de twee gangbare systemen. In dit rapport wordt gekeken naar de periode 2011 tot en met 2020. Suikerbiet is sinds 2016 vervangen door B-peen. Voor de kosten-baten analyse zijn de opbrengstgegevens van suikerbiet achterwege gelaten en worden enkel de opbrengstgegevens van B-peen weergegeven. Voor de gewassen erwt, snijmaïs en B-peen waren de opbrengstgegevens bij maatregel compost beperkt omdat deze gewassen pas later op een compostperceel terecht kwamen. De opbrengstgegevens voor deze gewassen zijn meegenomen voor snijmaïs 2015 en 2016, voor erwt bij 2017 en voor B-peen enkel 2020. Voor de analyse naar opbrengststabiliteit zijn de objecten met aanvoer van compost achterwege gelaten, omdat de compost niet in alle jaren voor elk gewas toegediend zijn.

2.2 Aanpak kosten-batenanalyse

De kosten van de maatregelen werden eerst voor iedere systeemproof vastgesteld. Veel van de kosten werden grotendeels worden overgenomen uit De Wolf et al. (2019) vanwege de overeenkomende maatregelen en bouwplannen. Daarna werden de gemiddelde opbrengsten per gewas bepaald aan de hand van opbrengstgegevens uit de veldproeven en de prijzen per marktbaar opbrengst (kg) uit de KWIN (van der Voort, 2018). De KWIN uit 2022 was op moment van het uitvoeren van de analyse nog niet beschikbaar. Naast de gemiddelde opbrengst per gewas werd er een gemiddelde bouwplanopbrengst opgesteld die bestaat uit het gemiddelde van de gemiddelde gewasopbrengsten in het bouwplan. Er is dus niet statistisch getoetst op significante effecten van de maatregelen op de gewasopbrengsten. Dit betekent dat er gerekend wordt met verschillen in opbrengsten die mogelijk door toeval zijn en dat de verschillen eigenlijk kleiner zijn. Voor BKZ is hiervoor gekozen omdat de data een statistische analyse niet zinvol maakt. Voor BKV is hiervoor gekozen om de aanpak voor beide proeven gelijk te houden. Zie voor verdere toelichting de discussie in paragraaf 4.1 en 4.2.

Om tot een kosten-batenvergelijking te komen werden de opbrengsten en de kosten beiden afgezet tegen een referentiewaarde. De referentiewaarde wordt op de waarde gezet die bestaat uit de kosten of opbrengsten van de standardsituatie in de praktijk, namelijk ploegen (of spitten op dalgrond) met een standaard bemesting, organische stof aanvoer en bouwplan.

De verschillen in opbrengsten ten opzichte van de referentiewaarde (ΔB) werden per maatregel uiteengezet. Vervolgens werd ook de kosten ten opzichte van de referentiewaarde berekend (ΔC). De verschillen ten opzichte van de referentiesituatie worden uiteindelijk met elkaar vergeleken door de formule in te vullen:

$$R = \Delta B - \Delta C \quad (4)$$

Deze formule geeft antwoord op de vraag of eventuele extra opbrengsten die voortkomen uit toepassing van de maatregelen gecompenseerd worden door de extra kosten die daarbij horen. Een positieve R betekent een positieve kosten-baten balans; een maatregel om vanuit bedrijfseconomisch oogpunt te overwegen.

2.3 Aanpak analyse opbrengststabiliteit

Om de opbrengststabiliteit te bepalen is er een statistische analyse uitgevoerd. Deze is vergelijkbaar met die van Schrama et al. (2018) waarin de variatiecoëfficiënt is berekend voor meerdere jaren per gewas. Met de variatiecoëfficiënt wordt er inzicht gegeven in de stabiliteit van de opbrengsten van de verschillende maatregelen binnen systemen en gewassen over meerdere jaren. De variatiecoëfficiënt is hiermee in indicator van de stabiliteit van de opbrengsten, maar ook van risico's. Door het dimensieloze karakter van de variatiecoëfficiënt kunnen maatregelen en gewassen onderling met elkaar worden vergeleken.

Voor elk systeem en gewas zijn de verschillende maatregelen statistisch geanalyseerd. Deze analyse bestaat uit de volgende componenten: (1) berekenen van rekenkundige gemiddeldes van de opbrengsten; (2) bepalen van de standaardafwijking per maatregel om de spreiding vast te stellen; (3) berekenen van variatiecoëfficiënt.

De eerste component is de berekening van rekenkundige gemiddeldes. Dit wordt gedaan om voor de individuele jaren de gemiddelde opbrengsten van de objecten te bepalen en om gemiddeldes van de jaaropbrengsten vast te stellen voor de variatiecoëfficiënt. Dit is berekend met de volgende formule:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

Hierbij refereert x naar een observatie, i naar de sommatie-index van een observatie; $\bar{x}$ naar het gemiddelde van de observaties.

De tweede component is de berekening van de standaardafwijking. De standaardafwijking is een statische maat om spreiding te berekenen. In dit onderzoek wordt de standaardafwijking berekend om de spreiding van maatregelen met elkaar te kunnen vergelijken. De standaardafwijking is bepaald met de volgende formule:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

Hierbij refereert x naar een observatie, $\bar{x}$ naar het gemiddelde van de observaties, i naar de sommatie-index van een n naar het aantal observaties.

De derde component is de statistische analyse welke ingaat op de berekening van de variatiecoëfficiënt. De variatiecoëfficiënt is een relatieve spreidingsmaat welke inzicht geeft in de variatie ten opzichte van het gemiddelde. In dit onderzoek is de variatiecoëfficiënt berekend om de verschillende maatregelen met elkaar te kunnen vergelijken en om deze uitkomsten vervolgens met gewassen onderling te vergelijken. De variatiecoëfficiënt is vastgesteld aan de hand van de volgende formule:

$$vc(\%) = \frac{s}{\bar{x}} * 100 \quad (3)$$

Waarbij s verwijst naar de standaardafwijking van het gewas; $\bar{x}$ naar het opbrengstgemiddelde van het gewas; $vc(\%)$ naar de variatiecoëfficiënt uitgedrukt in een percentage. Een lage variatiecoëfficiënt draagt bij aan een hogere opbrengststabiliteit. Om rekening te houden met een eventuele trend in de ontwikkeling van de opbrengsten werd eerst een lineaire regressielijn gefit aan de data per object en gewas. Het resultaat van deze lineaire regressie is beschikbaar in bijlage 2. De standaardafwijking werd berekend met behulp van de afwijkingen ten opzichte van deze regressielijn in plaats van de rekenkundige gemiddelde. De statistische analyses zijn uitgevoerd in Genstat. In **Tabel 2** wordt een overzicht getoond van de opbrengstparameters die gebruikt zijn per gewas.

Tabel 2. *Overzicht van opbrengstparameters per grondsoort, proef en gewas.*

Grondsoort	Proef	Gewas	Opbrengsten	Eenheid
Dalgrond	BKV	Zetmeelaardappel (Festien en Seresta)	Zetmeelopbrengst	Kg/ha
		Suikerbiet	Suikeropbrengst	
		Zomergerst	Marktbare opbrengst (vochtgehalte van 15%)	
		Aardappel	Netto-opbrengst sortering > 0 mm	
Zandgrond	BKZ	Prei	Marktbare opbrengst	
		Zomergerst	Marktbare opbrengst (vochtgehalte van 15%)	
		Suikerbiet	Suikeropbrengst	
		Snijmais	Droge stof opbrengst	
		Peen	Marktbare opbrengst	

3 Resultaten

Dit hoofdstuk bevat de resultaten van het onderzoek. In het eerste deel worden de resultaten van de opbrengststabiliteit (3.1) toegelicht en in het tweede deel die van de kosten- en batenanalyse (3.2). De proef op dalgrond (BKV) wordt in beide stukken eerst besproken en gevolgd door proef zandgrond (BKZ).

3.1 Kosten-batenanalyse

3.1.1 Dalgrond (BKV)

De gemiddelde opbrengsten tot en met 2020 afgezet tegen de referentie van 2016 staan uiteengezet in (**Tabel 3**). In bijlage 1 zijn alle opbrengstgegevens te vinden. De meeropbrengsten op bouwplanniveau liggen dicht bij elkaar. De hoogste gemiddelde meeropbrengst van €196 is verkregen bij object Combi (combinatie van alle maatregelen) in combinatie met NKG. De laagste gemiddelde meeropbrengst op bouwplanniveau van -€87 is bij maatregel tagetes vanwege het wegvallen van de opbrengst van zomergerst. Hoewel de tagetes zorgt voor de hoogste opbrengst bij de aardappelgewassen Festien en Seresta weegt dit niet op tegen het wegvallen van zomergerst.

Tabel 3. Opbrengstverschil ten opzichte van de referentie per maatregel en gewas.

Maatregel	Festien (€)	Suikerbiet (€)	Seresta (€)	Zomergerst (€)	Gemiddelde opbrengst bouwplan (€)
Spit Standaard	-	-	-	-	-
Spit Ca/Mg-methode	56	23	49	-32	24
Spit Compost	121	134	66	-9	78
Spit Steenmeel	-20	49	63	-17	19
Spit Tagetes	360	-3	406	-1.110	-87
NKG Standaard	47	-190	53	-60	-37
NKG Compost	60	46	110	-23	48
NKG Combi	243	112	405	24	196

De kosten van de verschillende maatregelen staan weergegeven in (**Tabel 4**). Het verschil tussen Spitten en niet-kerende grondbewerking (NKG) is berekend op €88 waar NKG lagere kosten met zich meebrengt (De Wolf et al., 2018). Spitten zonder aanvullende maatregelen is als referentie gezet waardoor NKG zonder aanvullende maatregelen op een kostprijs van -€88 komt. De bodemaanpakmaatregelen in combinatie met NKG komen neer op dezelfde kostprijs als met spitten minus €88 per hectare per jaar.

Tabel 4. Meerkosten per hectare per maatregel.

Maatregel	Extra kosten per hectare (€)
Spitten Standaard (Referentie)	-
Ca/Mg-methode	287
Compost	121
Steenmeel	193
Tagetes	-208
NKG Standaard	-88
NKG Compost	33
NKG Combi	660

Voor de bemestingsmaatregel Ca/Mg-methode worden er verschillende meststoffen apart toegediend dat gemiddeld extra kosten van €254 per hectare met zich meebrengt (De Wolf et al., 2019). Daarnaast

is er voor de aparte toediening van de meststoffen een kunstmest- of kalkstrooier nodig die €33 per hectare kost. De totale kosten van Ca/Mg-methode komen neer op €287 per hectare.

De kosten van compost komen neer op €165 per hectare (De Wolf et al., 2019). Om tot deze kosten te komen wordt uitgegaan van KWIN (2018) getallen: €6,50 per ton compost en €4,50 per ton uitrijkosten (Van der Voort, 2018). Rekening houdend met een kostenbesparing van €44 door minder kaliumbemesting, komt dat neer op €121.

Het gebruik van steenmeel is berekend op €193 per hectare: de kosten van steenmeel en het aanbrengen van het product op het land (steenmeel.info, 2015), (van der Voort, 2018). De extra kosten van Tagetes ten opzichte van de kosten van zomergerst in het bouwplan komen neer op kosten van -€208 (De Wolf et al., 2019). Hierin zijn de kosten van zaaizaad, gewasbeschermingsmiddelen en bewerkingen (eigen arbeid, werktuigen en diesel) meegenomen van zomergerst en tagetes tegen elkaar afgezet. De zogenaamde "Combi" is een combinatie van alle maatregelen waarvan de kostprijs de som is van kosten van alle maatregelen.

Om tot een kosten-batenvergelijking te komen is gebruik gemaakt van de opbrengstresultaten uit bovenstaande **Tabel 3 en Tabel 4**. De opbrengstverschillen ten opzichte van de referentiewaarde (ΔB) minus de verschillen in kosten ten opzichte van referentiewaarde (ΔC) geven het resultaat (R) van de kosten-batenanalyse, weergegeven in **Tabel 5**. Deze waarde laat zien of de maatregel een positief of negatief effect heeft op de netto-opbrengst. De resultaten zijn in de tabel uiteengezet waarbij de positieve resultaten in groen gemarkeerd zijn. In bijlage 1 staan de resultaten weergegeven in percentages ten opzichte van de referentie.

Tabel 5. Kosten-batenverhouding t.o.v. de referentie spitten met standaard bemesting.

$\Delta B - \Delta C$ (Verschil t.o.v. van de referentie)	Festien (€)	Suikerbiet (€)	Seresta (€)	Zomergerst (€)	Gemiddelde kosten-batenverhouding bouwplan (€)
Spit Standaard (Referentie)	-	-	-	-	-
Spit Ca/Mg-methode	-231	-264	-238	-319	-263
Spit Compost	0	13	-55	-130	-43
Spit Steenmeel	-213	-143	-130	-209	-174
Spit Tagetes	568	205	614	-902	121
NKG Standaard	135	-102	141	28	51
NKG Compost	27	13	77	-56	15
NKG Combi	-417	-548	-255	-636	-464

De meeropbrengsten minus de extra kosten ten opzichte van de referentie leiden tot een positief resultaat bij tagetes (door lagere kosten), en bij NKG met en zonder compost. De Combi van maatregelen met NKG leidde tot de hoogste gemiddelde opbrengst maar vanwege de bijhorende kosten geeft deze maatregel het laagste resultaat. Dit komt door de hoge kosten van de het toepassen van de Ca/Mg-methode en het aanvoeren van steenmeel en compost.

3.1.2 Zandgrond (BKZ)

De gemiddelde opbrengsten afgezet tegen de referentie staan uiteengezet in **Tabel 6**. In bijlage 1 zijn alle opbrengstgegevens te vinden. De meeropbrengsten op bouwplanniveau liggen relatief ver uit elkaar. Met name het object met het lage organische stofaanvoer laat sterk negatieve opbrengsten ten opzichte van de referentie zien. NKG in combinatie met een laag organisch stofaanvoer leidt tot het laagste opbrengstverschil van -€823 per hectare gevolgd door ploegen in combinatie met laag organisch stofaanvoer met een verschil van -€610. NKG bij het standaard organische stofaanvoer valt juist positief uit met een opbrengstverschil van €67 per hectare. NKG in combinatie met compost bij het standaard organisch stofaanvoer geeft het grootste positieve opbrengstverschil van €363 per hectare.

Tabel 6. Opbrengstverschil ten opzichte van de referentie per maatregel en gewas.

Organische stofaanvoer	Grondbewerking met/zonder Compost	Aardappel (€)	Prei (€)	Erwt (€)	Zomergerst (€)	Snijmaïs (€)	B-peen (€)	Gemiddeld opbrengstverschil bouwplan (€)
Standaard	Ploegen	-	-	-	-	-	-	-
Standaard	NKG	344	-527	183	58	-24	370	67
Standaard	Compost	86	1.262	483	198	123	27	363
Standaard	NKG + Compost	65	418	638	174	22	-61	209
Laag	Ploegen	-175	-3.090	-46	22	-34	-339	-610
Laag	NKG	-35	-2.625	-163	65	-149	-2.033	-823
Laag	Compost	-756	159	-46	293	331	451	83
Laag	NKG + Compost	-698	-411	342	148	-192	127	-114

Het opbrengstverschil van compost ten opzichte van de referentie in het systeem met een lage organische stofaanvoer komt positief uit met €83 meeropbrengst per hectare. Als compost wordt vergeleken met ploegen bij een lage organisch stofaanvoer in plaats van bij standaard dan komt er een positief opbrengstverschil uit van €694 per hectare (**Tabel 7**).

Tabel 7. Opbrengstverschil ten opzichte van ploegen bij lage organische stofaanvoer.

Organische stofaanvoer	Grondbewerking met/zonder Compost	Aardappel (€)	Prei (€)	Erwt (€)	Zomergerst (€)	Snijmaïs (€)	B-peen (€)	Gemiddeld opbrengstverschil bouwplan (€)
Laag	Ploegen	-	-	-	-	-	-	-
Laag	NKG	140	465	-117	42	-115	-1.694	-213
Laag	Compost	-581	3.249	67	271	365	791	694
Laag	NKG + Compost	-523	2.678	389	126	-158	467	496

Boeren ontvangen €6 per ton voor runderdrijfmest en voor varkensdrijfmest € 8 per ton, terwijl ze voor mineralenconcentraat €0,65 per kg geleverde N moeten betalen en voor spuiwater €7,50 per ton (bij 50-60 kg N per ton). Verder waren er aanvullende kunstmestgiften (€1,14 /kg N, €0,78 /kg P en €0,5 /kg K). De kosten van toediening zijn per mestsoort berekend door De Wolf et al. (2019), inclusief werktuig- en arbeidskosten. De werktuigkosten zijn €15 per hectare voor volvelds kunstmest strooien, €22 per hectare voor kunstmest rijenbemesting, €3,25 per ton voor toepassing van een bouwland injector (loonwerk) en €4,50 per ton voor compost strooien (loonwerk). Samen zijn de kosten bij de standaard organische stof aanvoer hierdoor lager dan bij een laag organische stof aanvoer. De aanvullende organische stof aanvoer in de vorm van compost kost €4,50 per ton, met uitrijkosten van €4,50 per ton. Er is per jaar ca. 15 ton compost aangevoerd. Daardoor is deze maatregel duurder dan wanneer er geen compost aangevoerd wordt. In **Tabel 8** zijn de kosten van bemesting ten opzichte van de referentie uiteengezet.

Tabel 8. Kosten van bemesting ten opzichte van de referentie.

Kosten per hectare (€)	
OS Standaard	0
OS Standaard + Compost	108
OS Laag	213
OS Laag + Compost	305

De bemestingskosten zijn gecombineerd met de (vermeden) kosten van NKG op zandgrond. De kosten van NKG ten opzichte van ploegen liggen op -€63 per hectare. De grondbewerkingskosten gecombineerd met de bemestingskosten zijn uiteengezet in **Tabel 9**.

Tabel 9. Kosten van organische stofaanvoer en grondbewerking.

Organische stofaanvoer	Grondbewerking met/zonder compost	Kosten per hectare (€)
Standaard	Ploegen	0
Standaard	NKG	-63
Standaard	Compost	108

Standaard	NKG + Compost	45
Laag	Ploegen	213
Laag	NKG	150
Laag	Compost	305
Laag	NKG + Compost	242

De verschillen in opbrengst minus de verschillen in kosten ten opzichte van de referentie staan weergegeven in **Tabel 10**. Compost bij een standaard organisch stofaanvoer behaalt de hoogste positieve effect op de kosten-batenverhouding van €255 per hectare. Ook de maatregel NKG met en zonder Compost laten bij standaard organisch stofaanvoer positieve effecten op de kosten-batenverhouding zien van respectievelijk €130 en €164 per hectare. Bij het laag organisch stofaanvoer zijn er ten opzichte van de referentie geen positieve effecten op de kosten-batenverhouding.

Tabel 10. Kosten-batenverhouding ten opzichte van de referentie standaard ploegen.

Organische stofaanvoer	Grondbewerking met/zonder Compost	Aardappel (€)	Prei (€)	Erwt (€)	Zomergerst (€)	Snijmaïs (€)	B-peen (€)	Gemiddelde kosten-batenverhouding bouwplan (€)
Standaard	Ploegen	-	-	-	-	-	-	-
Standaard	NKG	407	-464	246	121	39	433	130
Standaard	Compost	-22	1.154	375	90	15	-81	255
Standaard	NKG + Compost	20	373	593	129	-23	-106	164
Laag	Ploegen	-388	-3.303	-259	-191	-247	-552	-823
Laag	NKG	-185	-2.775	-313	-85	-299	-2.183	-973
Laag	Compost	-1.061	-146	-284	-12	26	146	-222
Laag	NKG + Compost	-940	-653	100	-94	-434	-115	-356

Als de opbrengsten en kosten van compost bij een laag organisch stofaanvoer worden vergeleken met de opbrengst en kosten zonder compost bij laag organisch stofaanvoer, dan komt daar een opbrengst-kostenverschil van €602 per hectare waarvan het effect met name komt van de verhoogde prei- en peenopbrengst (**Tabel 11**).

Tabel 11. Kosten-batenverhouding ten opzichte van ploegen bij lage organische stofaanvoer.

Organische stofaanvoer	Grondbewerking met/zonder Compost	Aardappel (€)	Prei (€)	Erwt (€)	Zomergerst (€)	Snijmaïs (€)	B-peen (€)	Gemiddeld kosten-batenverhouding bouwplan (€)
Laag	Ploegen	-	-	-	-	-	-	-
Laag	NKG	203	528	-54	105	-52	-1.631	-150
Laag	Compost	-673	3.157	-92	179	273	699	602
Laag	NKG + Compost	-552	2.649	360	97	-187	438	467

3.2 Opbrengststabiliteit

3.2.1 Dalgrond (BKV)

Aardappel (Festien)

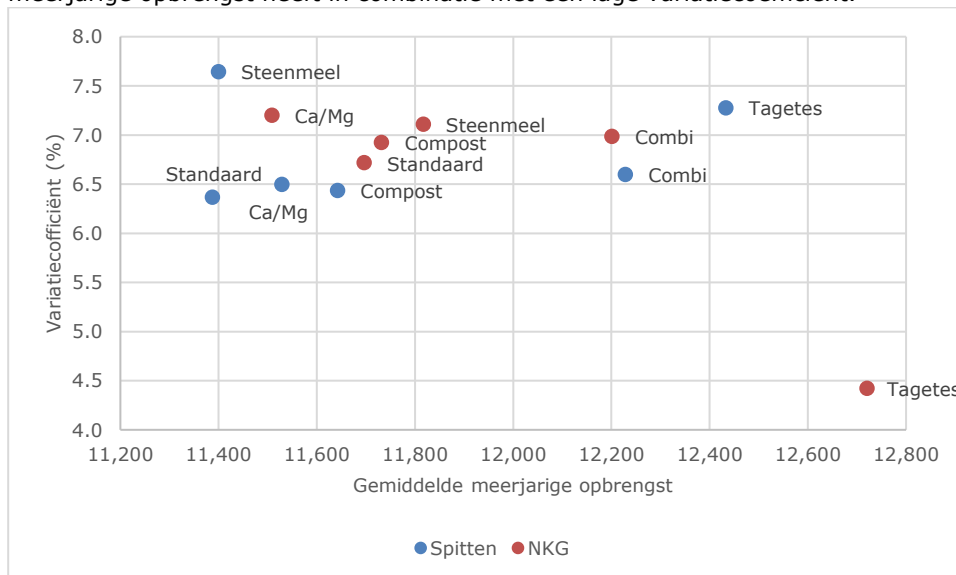
In **Tabel 12** worden de resultaten van de maatregelen voor aardappel (Festien) op dalgrond getoond. Hieruit komt naar voren dat de gemiddelde meerjarige opbrengsten het hoogst zijn voor Tagetes (NKG) (+11,7%) en Tagetes (Spitten) (+9,2%) ten opzichte van Standaard (Spitten). De gemiddelde meerjarige opbrengsten van de maatregelen met NKG liggen hoger (+1,5%) dan het gemiddelde van de maatregelen van grondbewerkingsstrategie Spitten. Verder toont de tabel dat Tagetes (Spitten) en Steenmeel (Spitten) de hoogste standaardwijking hebben en dus een grote variatie hebben. Tagetes (NKG) en Standaard (Spitten) hebben de laagste standaardafwijking. Uit de tabel blijkt dat Steenmeel

(Spitten) (7,6%) en Tagetes (Spitten) (7,3%) de hoogste variatiecoëfficiënt hebben. De verschillen tussen de maatregelen zijn echter erg beperkt. Alleen Tagetes-NKG had een lagere variatiecoëfficiënt dan de referentie. De overige maatregelen hadden een vergelijkbare of iets hogere variatiecoëfficiënt.

Tabel 12. Overzicht van de gemiddelde zetmeelopbrengst (kg/ha), opbrengstverschil ten opzichte van de gemiddelde van alle maatregelen, standaardafwijking en variatiecoëfficiënt per maatregel voor het gewas aardappel (Festien) op dalgrond (BKV).

Maatregel	Opbrengst (kg)	Opbrengstverschil t.o.v. Standaard Spitten (%)	Standaardafwijking (kg)	Variatiecoëfficiënt (%)
Spitten				
Standaard (referentie)	11.387	0,0	725	6,4
Ca/Mg-methode	11.529	1,2	749	6,5
Combi	12.228	7,4	807	6,6
Compost	11.642	2,2	749	6,4
Steenmeel	11.400	0,1	871	7,6
Tagetes	12.433	9,2	905	7,3
Gemiddelde Spitten	11.770		801	6,8
NKG				
Standaard	11.697	2,7	786	6,7
Ca/Mg-methode	11.509	1,1	829	7,2
Combi	12.201	7,1	852	7,0
Compost	11.732	3,0	812	6,9
Steenmeel	11.817	3,8	840	7,1
Tagetes	12.721	11,7	563	4,4
Gemiddelde NKG	11.946		780	6,6
Gemiddelde systemen	11.858		791	6,7

In **Figuur 1** wordt de gemiddelde meerjarige opbrengst vergeleken met de variatiecoëfficiënt. Hierin valt op dat Tagetes (NKG) als meest gunstige maatregel naar voren komt met de hoogste gemiddelde meerjarige opbrengst heeft in combinatie met een lage variatiecoëfficiënt.



Figuur 1. Overzicht van de gemiddelde meerjarige opbrengst (kg/ha) en variatiecoëfficiënt per maatregel voor beide typen grondbewerking voor het gewas aardappel (Festien) op dalgrond (BKV).

Aardappel (Seresta)

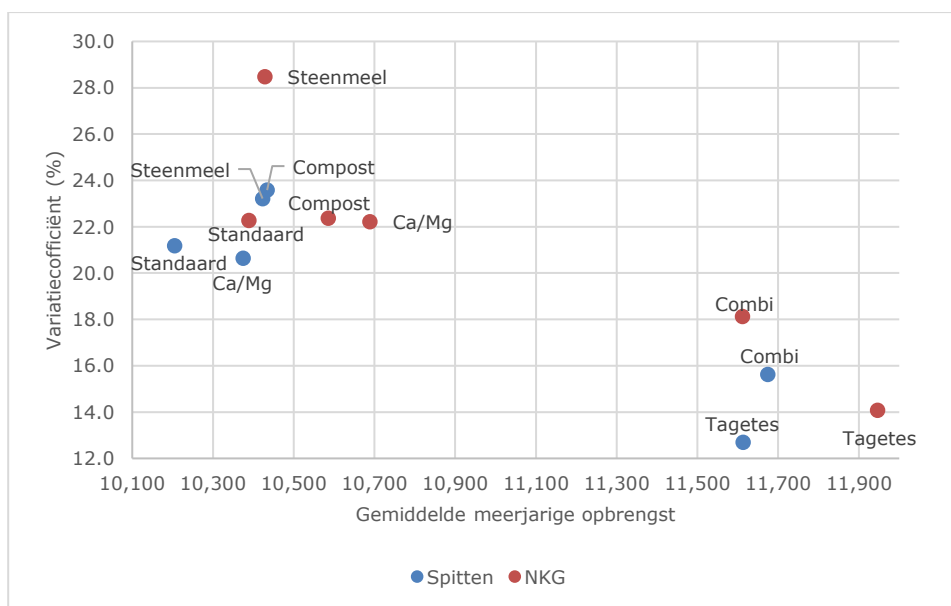
In **Tabel 13** worden de resultaten van de maatregelen voor aardappel (Seresta) op dalgrond getoond. Hieruit komt naar voren dat de gemiddelde meerjarige opbrengsten het hoogst zijn voor Tagetes (NKG) (+17,1%) en Combi (Spitten) (+14,4%) ten opzichte van Standaard (Spitten). De gemiddelde meerjarige opbrengsten van de maatregelen binnen NKG liggen hoger (+1,4%) dan het gemiddelde van de maatregelen van grondbewerkingsstrategie Spitten. Verder toont de tabel dat

Steenmeel (NKG) en Compost (Spitten) de hoogste standaardwijking hebben. Tagetes (Spitten) en Tagetes (NKG) hebben de laagste standaardafwijking. Uit de tabel blijkt dat Steenmeel (NKG) (28,5%) en Compost (Spitten) (23,6%) de hoogste variatiecoëfficiënt hebben. De laagste betreffen de maatregelen Tagetes (Spitten) (12,7%), Tagetes (NKG) (14,1%) en Combi (15,6%).

Tabel 13. Overzicht van de gemiddelde zetmeelopbrengst (kg/ha), opbrengstverschil ten opzichte gemiddelde van alle maatregelen, standaardafwijking en variatiecoëfficiënt per maatregel voor het gewas aardappel (Seresta) op dalgrond (BKV).

Maatregel	Opbrengst (kg)	Opbrengstverschil t.o.v. Standaard spitten (%)	Standaardafwijking (kg)	Variatiecoëfficiënt (%)
Spitten				
Standaard (referentie)	10.205	0,0	2162	21,2
Ca/Mg-methode	10.375	1,7	2142	20,6
Combi	11.675	14,4	1824	15,6
Compost	10.434	2,2	2461	23,6
Steenmeel	10.423	2,1	2420	23,2
Tagetes	11.614	13,8	1475	12,7
Gemiddelde Spitten	10.787		2.081	19,5
NKG				
Standaard	10.389	1,8	2314	22,3
Ca/Mg-methode	10.689	4,7	2376	22,2
Combi	11.612	13,8	2105	18,1
Compost	10.586	3,7	2368	22,4
Steenmeel	10.429	2,2	2970	28,5
Tagetes	11.946	17,1	1681	14,1
Gemiddelde NKG	10.942		2.302	21,3
Gemiddelde systemen	10.865		2.191	20,4

In **Figuur 2** wordt de gemiddelde meerjarige opbrengst vergeleken met de variatiecoëfficiënt. Hierin valt op dat Tagetes (Spitten en NKG) en Combi (Spitten en NKG) als de meest gunstige maatregelen naar voren komen met de hoogste gemiddelde meerjarige opbrengsten in combinatie met een lage variatiecoëfficiënt. De andere maatregelen hebben een lagere gemiddelde meerjarige opbrengst in combinatie met een hogere variatiecoëfficiënt.



Figuur 2. Overzicht van de gemiddelde meerjarige opbrengst (kg/ha) en variatiecoëfficiënt per maatregel voor beide typen grondbewerking in aardappel (Seresta) op dalgrond (BKV).

Suikerbiet

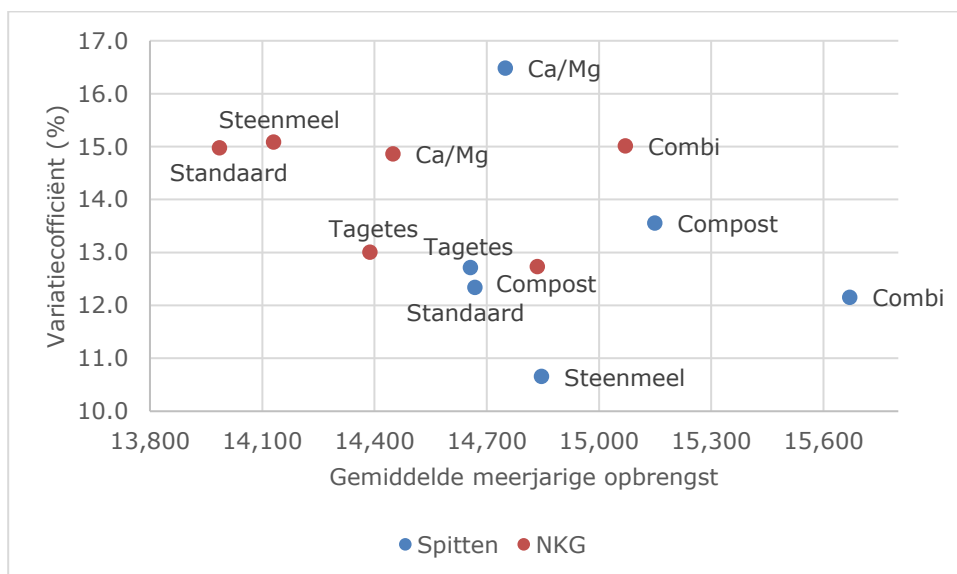
In **Tabel 14** worden de resultaten van de maatregelen voor suikerbiet op dalgrond getoond. Hieruit komt naar voren dat de gemiddelde meerjarige opbrengsten het hoogst zijn voor Combi (Spitten)

(+6,8%) en Compost (Spitten) (+3,3%) ten opzichte van Standaard (Spitten). Het laagst liggen de maatregelen Standaard (NKG) (-4,7%) en Steenmeel (NKG) (-3,7%). De gemiddelde meerjarige opbrengsten van de maatregelen binnen NKG liggen lager (-3,2%) dan het gemiddelde van de maatregelen van grondbewerkingsstrategie Spitten. Verder toont de tabel dat Ca/Mg-methode (Spitten) en Combi (NKG) de hoogste standaardafwijking hebben. Steenmeel (Spitten) en Standaard (Spitten) hebben de laagste standaardafwijking. Uit de tabel blijkt dat de Ca/Mg-methode (Spitten) (16,5%) en Steenmeel (NKG) (15,1%) de hoogste variatiecoëfficiënt hebben. De laagste betreffen de maatregelen Steenmeel (Spitten) (10,7%) en Combi (Spitten) (12,2%).

Tabel 14. Overzicht van de gemiddelde suikeropbrengst (kg/ha), opbrengstverschil ten opzichte gemiddelde van alle maatregelen, standaardafwijking en variatiecoëfficiënt per maatregel voor het gewas suikerbiet op dalgrond (BKV).

Maatregel	Opbrengst (kg)	Opbrengstverschil t.o.v. Standaard spitten (%)	Standaardafwijking (kg)	Variatiecoëfficiënt (%)
Spitten				
Standaard (referentie)	14.668	0,0	1864	12,3
Ca/Mg-methode	14.750	0,6	2504	16,5
Combi	15.670	6,8	1960	12,2
Compost	15.149	3,3	2114	13,6
Steenmeel	14.846	1,2	1625	10,7
Tagetes	14.656	-0,1	1925	12,7
Gemiddelde Spitten	14.957		1.999	13,0
NKG				
Standaard	13.985	-4,7	2180	15,0
Ca/Mg-methode	14.450	-1,5	2219	14,9
Combi	15.071	2,7	2346	15,0
Compost	14.835	1,1	1932	12,7
Steenmeel	14.130	-3,7	2213	15,1
Tagetes	14.388	-1,9	1942	13,0
Gemiddelde NKG	14.477		2.139	14,3
Gemiddelde systemen	14.717		2.069	13,6

In **Figuur 3** wordt de gemiddelde meerjarige opbrengst vergeleken met de variatiecoëfficiënt. Hierin komt geen maatregel duidelijk naar voren die zowel de hoogste opbrengst haalt en de laagste variatiecoëfficiënt heeft.



Figuur 3 Overzicht van de gemiddelde meerjarige opbrengst (kg/ha) en variatiecoëfficiënt per maatregel voor beide typen grondbewerking voor het gewas suikerbiet op dalgrond (BKV).

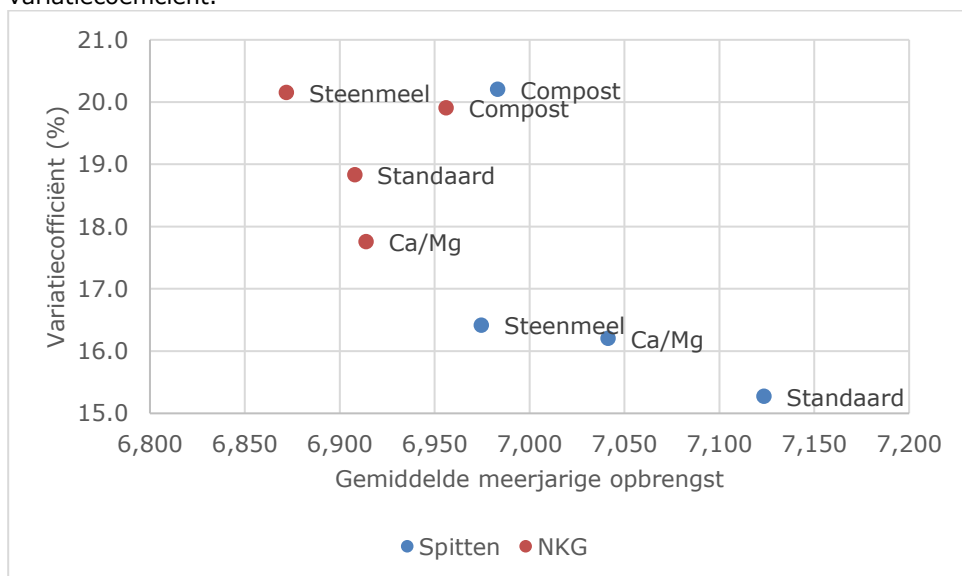
Zomergerst

In **Tabel 15** worden de resultaten van de maatregelen voor zomergerst op dalgrond getoond. Hieruit komt naar voren dat de gemiddelde meerjarige opbrengsten het hoogst zijn voor Standaard (Spitten). Het laagst liggen de maatregelen Steenmeel (NKG) (-3,5%) en Standaard (NKG) (-3,0%) ten opzichte van Standaard (Spitten). De gemiddelde meerjarige opbrengsten van de maatregelen binnen NKG liggen lager (-1,7%) dan het gemiddelde van de maatregelen van grondbewerkingsstrategie Spitten. Verder toont de tabel dat Compost (Spitten) en steenmeel (NKG) de hoogste standaardafwijking hebben. Standaard (Spitten) en Ca/Mg-methode (Spitten) hebben de laagste standaardafwijking. Uit de tabel blijkt dat Compost (Spitten) (20,2%) en Steenmeel (NKG) (20,2%) de hoogste variatiecoëfficiënt hebben. De laagste betreffen de maatregelen Standaard (Spitten) (15,3%) en Ca/Mg-methode (Spitten) (16,2%).

Tabel 15. Overzicht van de gemiddelde opbrengst (kg/ha), opbrengstverschil ten opzichte van de gemiddelde van alle maatregelen, standaardafwijking en variatiecoëfficiënt per maatregel voor het gewas zomergerst op dalgrond (BKV).

Maatregel	Opbrengst (kg)	Opbrengstverschil t.o.v. Standaard spitten (%)	Standaardafwijking (kg)	Variatiecoëfficiënt (%)
Spitten				
Standaard (referentie)	7.124	0,0	1088	15,3
Ca/Mg-methode	7.041	-1,2	1141	16,2
Combi				
Compost	6.983	-2,0	1411	20,2
Steenmeel	6.975	-2,1	1145	16,4
Tagetes				
Gemiddelde Spitten	7.031		1.196	17,0
NKG				
Standaard	6.908	-3,0	1301	18,8
Ca/Mg-methode	6.914	-2,9	1228	17,8
Combi				
Compost	6.956	-2,4	1385	19,9
Steenmeel	6.872	-3,5	1385	20,2
Tagetes				
Gemiddelde NKG	6.912		1.325	19,2
Gemiddelde systemen	6.972		1.260	18,1

In **Figuur 4** wordt de gemiddelde meerjarige opbrengst vergeleken met de variatiecoëfficiënt. Hierin valt op dat Standaard (Spitten) (referentie) en Ca/Mg-methode (Spitten) als de meest gunstige objecten naar voren komen met de hoogste gemiddelde meerjarige opbrengsten in combinatie met de laagste variatiecoëfficiënt.



Figuur 4. Overzicht van de gemiddelde meerjarige opbrengst (kg/ha) en variatiecoëfficiënt per maatregel voor beide typen grondbewerking voor het gewas zomergerst op dalgrond (BKV).

3.2.2 Zandgrond (BKZ)

Aardappel

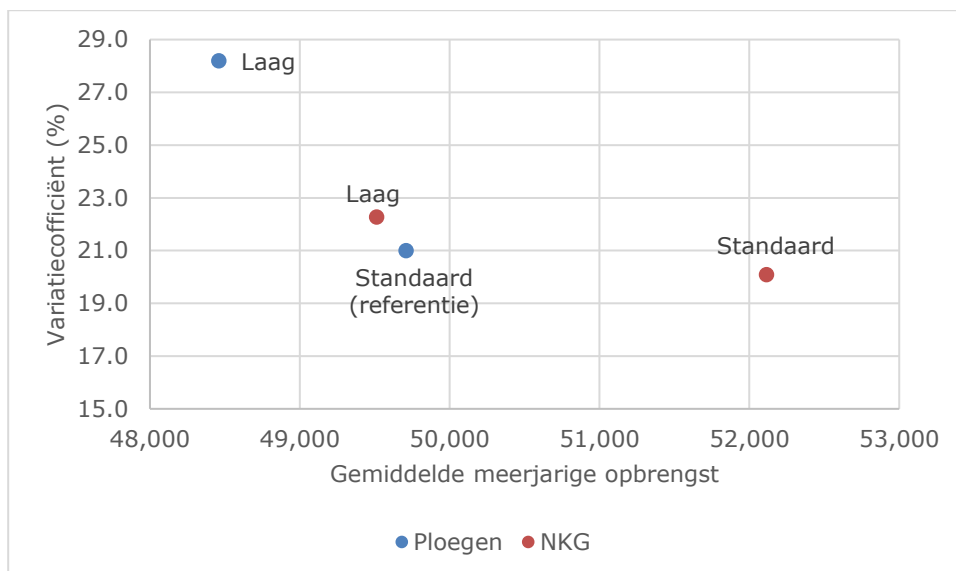
In **Tabel 16** worden de resultaten van de maatregelen voor aardappel op zandgrond getoond. Hieruit komt naar voren dat de gemiddelde meerjarige opbrengsten het hoogst zijn voor Standaard (NKG) (+4,8%) ten opzichte van Standaard (Ploegen). Het laagst liggen de maatregelen Laag (Ploegen) (-2,5%) en Laag (NKG) (-0,4%) ten opzichte van Standaard (Ploegen). De gemiddelde meerjarige opbrengsten van de maatregelen binnen NKG liggen hoger (+3,5%) dan het gemiddelde van de maatregelen van grondbewerkingsstrategie ploegen. Verder toont de tabel dat Laag (Ploegen) en Laag (NKG) de hoogste standaardwijking hebben. Standaard (Ploegen) en Laag (NKG) hebben de laagste standaardafwijking.

Uit de tabel blijkt dat Laag (Ploegen) (28,2%) en Laag (NKG) (22,3%) de hoogste variatiecoëfficiënt hebben. De laagste betreffen de maatregelen Standaard (NKG) (20,1%) en Laag (Ploegen) (21,0%).

Tabel 16. Overzicht van de gemiddelde opbrengst (ton/ha), opbrengstverschil ten opzichte gemiddelde van de van alle maatregelen, standaardafwijking en variatiecoëfficiënt per maatregel voor het gewas aardappel op zandgrond (BKZ).

Maatregel	Opbrengst (kg)	Opbrengstverschil t.o.v. Standaard ploegen (%)	Standaardafwijking (ton)	Variatiecoëfficiënt (%)
Ploegen				
Standaard (referentie)	49.709	0,00	10.440	21,0
Laag	48.459	-2,51	13.667	28,2
Gemiddelde ploegen	49.084		12.053	24,6
NKG				
Standaard	52.115	4,84	10.473	20,1
Laag	49.513	-0,39	11.031	22,3
Gemiddelde NKG	50.814		10.752	21,2
Gemiddelde systemen	49.949		11.403	22,9

In **Figuur 5** wordt de gemiddelde meerjarige opbrengst vergeleken met de variatiecoëfficiënt. Hierin valt op dat Standaard (NKG en ploegen) als de meest gunstige objecten naar voren komen met de hoogste gemiddelde meerjarige opbrengsten in combinatie met een lage variatiecoëfficiënt. Een lage OS aanvoer heeft dus een negatief effect op de opbrengsten. De andere objecten hebben een lagere gemiddelde meerjarige opbrengst in combinatie met een hogere variatiecoëfficiënt.



Figuur 5. Overzicht van de gemiddelde meerjarige opbrengst (ton/ha) en variatiecoëfficiënt per maatregel voor beide typen grondbewerking voor het gewas aardappel op zandgrond (BKZ).

Prei

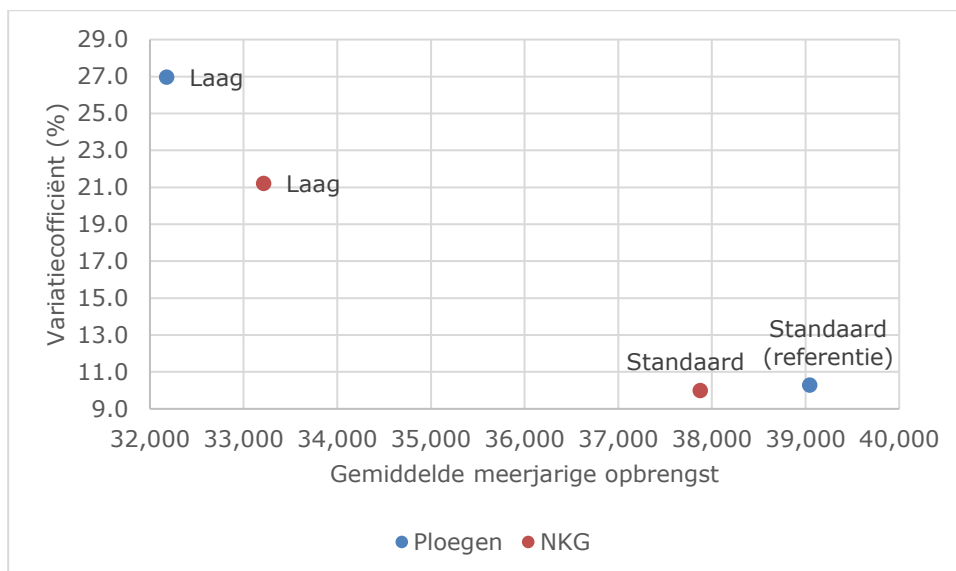
In **Tabel 17** worden de resultaten van de maatregelen voor prei op zandgrond getoond. Hieruit komt naar voren dat de gemiddelde meerjarige opbrengsten het hoogst zijn voor Standaard (Ploegen). Het laagst liggen de maatregelen Laag (Ploegen) (-17,6%) en Laag (NKG) (-14,9%) ten opzichte van Standaard (Ploegen). De gemiddelde meerjarige opbrengsten van de maatregelen binnen NKG liggen lager (-0,2%) dan het gemiddelde van de maatregelen van grondbewerkingsstrategie Ploegen. Verder toont de tabel dat Laag (Ploegen) en Laag (NKG) de hoogste standaardafwijking hebben. Standaard (NKG) en Standaard (Ploegen) hebben de laagste standaardafwijking.

Uit de tabel blijkt dat Laag (Ploegen) (27,0%) en Laag (NKG) (21,2%) de hoogste variatiecoëfficiënt hebben. De laagste betreffen de maatregelen Standaard (NKG) (10,0%) Standaard (Ploegen) (10,3%).

Tabel 17. Overzicht van de gemiddelde opbrengst (ton/ha), opbrengstverschil ten opzichte gemiddelde van alle maatregelen, standaardafwijking en variatiecoëfficiënt per maatregel voor het gewas prei op zandgrond (BKZ).

Maatregel	Opbrengst (kg)	Opbrengstverschil t.o.v. Standaard ploegen (%)	Standaardafwijking (ton)	Variatiecoëfficiënt (%)
Ploegen				
Standaard (referentie)	39.046	0,0	4.021	10,3
Laag	32.180	-17,6	8.680	27,0
Gemiddelde ploegen	35.613		6.350	18,6
NKG				
Standaard	37.874	-3,0	3.784	10,0
Laag	33.213	-14,9	7.046	21,2
Gemiddelde NKG	35.543		5.415	15,6
Gemiddelde systemen	35.578		5.883	17,1

In **Figuur 6** wordt de gemiddelde meerjarige opbrengst vergeleken met de variatiecoëfficiënt. Hierin valt op dat Standaard (Ploegen) en Standaard (NKG) als de meest gunstige objecten naar voren komen met de hoogste gemiddelde meerjarige opbrengsten in combinatie met een lage variatiecoëfficiënt. De andere objecten hebben een lagere gemiddelde meerjarige opbrengst in combinatie met een hogere variatiecoëfficiënt.



Figuur 6. Overzicht van de gemiddelde meerjarige opbrengst (ton/ha) en variatiecoëfficiënt per maatregel voor beide typen grondbewerking voor het gewas prei op zandgrond (BKZ).

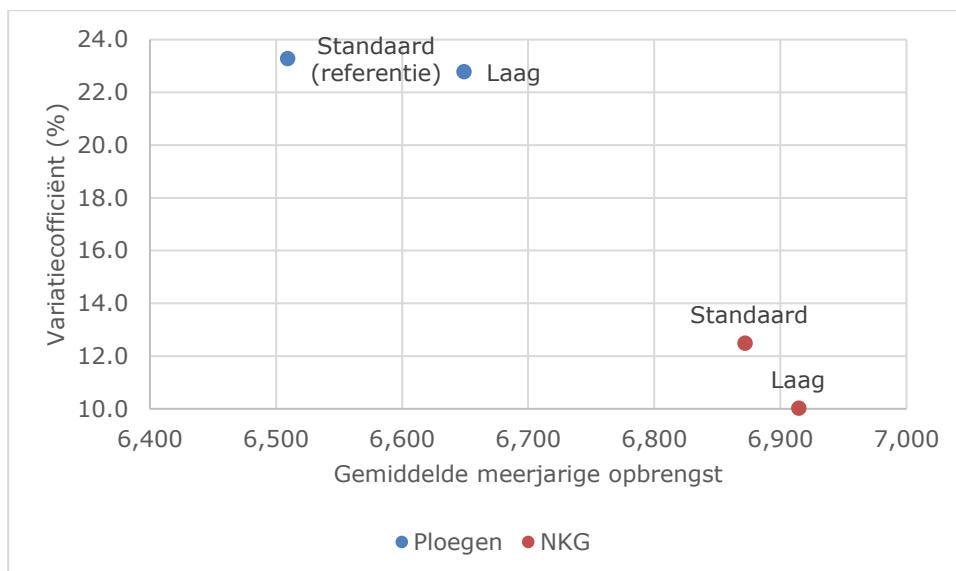
Graan

In **Tabel 18** worden de resultaten van de maatregelen voor graan op zandgrond getoond. Hieruit komt naar voren dat de gemiddelde meerjarige opbrengsten het hoogst zijn voor Laag (NKG) (+6,2%) en Standaard (NKG) (+5,6%) ten opzichte van Standaard (Ploegen). De gemiddelde meerjarige opbrengsten van de maatregelen binnen NKG liggen hoger (+4,8%) dan het gemiddelde van de maatregelen van grondbewerkingsstrategie Ploegen. Verder toont de tabel dat Laag (Ploegen) en Standaard (Ploegen) de hoogste standaardwijking hebben. Laag (NKG) en Standaard (NKG) hebben de laagste standaardafwijking. Uit de tabel blijkt dat Standaard (Ploegen) (23,3%) en Laag (Ploegen) (22,8%) de hoogste variatiecoëfficiënt hebben. De laagste betreffen de maatregelen Laag (NKG) (10,0%) en Standaard (NKG) (12,5%).

Tabel 18. Overzicht van de gemiddelde opbrengst (kg/ha), opbrengstverschil ten opzichte gemiddelde van alle maatregelen, standaardafwijking en variatiecoëfficiënt per maatregel voor het gewas graan op zandgrond (BKZ).

Maatregel	Opbrengst (kg)	Opbrengstverschil t.o.v. Standaard ploegen (%)	Standaardafwijking (kg)	Variatiecoëfficiënt (%)
Ploegen				
Standaard (referentie)	6.509	0,0	1.516	23,3
Laag	6.649	2,1	1.515	22,8
Gemiddelde ploegen	6.579		1.515	23,0
NKG				
Standaard	6.872	5,6	858	12,5
Laag	6.915	6,2	694	10,0
Gemiddelde NKG	6.893		776	11,3
Gemiddelde systemen	6.736		1.146	17,1

In **Figuur 7** wordt de gemiddelde meerjarige opbrengst vergeleken met de variatiecoëfficiënt. Hierin valt op dat Laag (NKG) en Standaard (NKG) als de meest gunstige maatregelen naar voren komen met de hoogste gemiddelde meerjarige opbrengsten in combinatie met een lage variatiecoëfficiënt. De andere maatregelen hebben een lagere gemiddelde meerjarige opbrengst in combinatie met een hogere variatiecoëfficiënt.



Figuur 7. Overzicht van de gemiddelde meerjarige opbrengst (ton/ha) en variatiecoëfficiënt per maatregel voor beide typen grondbewerking voor het gewas graan op zandgrond (BKZ).

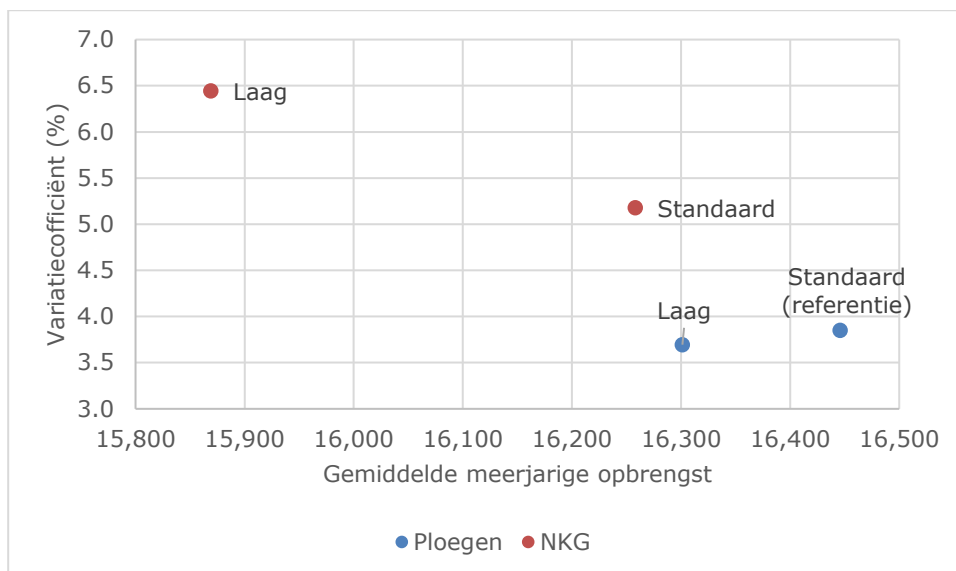
Suikerbiet

In **Tabel 19** worden de resultaten van de maatregelen voor suikerbiet op zandgrond getoond. Hieruit komt naar voren dat de gemiddelde meerjarige opbrengsten het hoogst zijn voor Standaard (Ploegen). Het laagst liggen de maatregelen Laag (NKG) (-3,5%) en Standaard (NKG) (-1,1%). De gemiddelde meerjarige opbrengsten van de maatregelen binnen NKG liggen lager (-1,9%) dan het gemiddelde van de maatregelen van grondbewerkingsstrategie Ploegen. Verder toont de tabel dat Laag (NKG) en Standaard (NKG) de hoogste standaardafwijking hebben. Laag (Ploegen) en Standaard (Ploegen) hebben de laagste standaardafwijking. Uit de tabel blijkt dat Laag (NKG) (6,4%) en Standaard (NKG) (5,2%) de hoogste variatiecoëfficiënt hebben. De laagste betreffen de maatregelen Laag (Ploegen) (3,7%) en Standaard (Ploegen) (3,9%).

Tabel 19. Overzicht van de gemiddelde opbrengst (ton/ha), opbrengstverschil ten opzichte gemiddelde van alle maatregelen, standaardafwijking en variatiecoëfficiënt per maatregel voor het gewas suikerbiet op zandgrond (BKZ).

Maatregel	Opbrengst (kg)	Opbrengstverschil t.o.v. Standaard ploegen (%)	Standaardafwijking (ton)	Variatiecoëfficiënt (%)
Ploegen				
Standaard (referentie)	16.446	0,0	634	3,9
Laag	16.301	-0,9	602	3,7
Gemiddelde ploegen	16.373		618	3,8
NKG				
Standaard	16.258	-1,1	842	5,2
Laag	15.869	-3,5	1.023	6,4
Gemiddelde NKG	16.064		932	5,8
Gemiddelde systemen	16.218		775	4,8

In **Figuur 8** wordt de gemiddelde meerjarige opbrengst vergeleken met de variatiecoëfficiënt. Hierin valt op dat Standaard (Ploegen) en Laag (Ploegen) als de meest gunstige maatregelen naar voren komen met de hoogste gemiddelde meerjarige opbrengsten hebben in combinatie met een lage variatiecoëfficiënt. De andere maatregelen hebben een lagere gemiddelde meerjarige opbrengst in combinatie met een hogere variatiecoëfficiënt.



Figuur 8 Overzicht van de gemiddelde meerjarige opbrengst (ton/ha) en variatiecoëfficiënt per maatregel voor beide typen grondbewerking voor het gewas suikerbiet op zandgrond (BKZ). Let op, de verschillen in de y-waarden zijn beperkter ten opzichte van de andere grafieken voor BKZ in dit hoofdstuk.

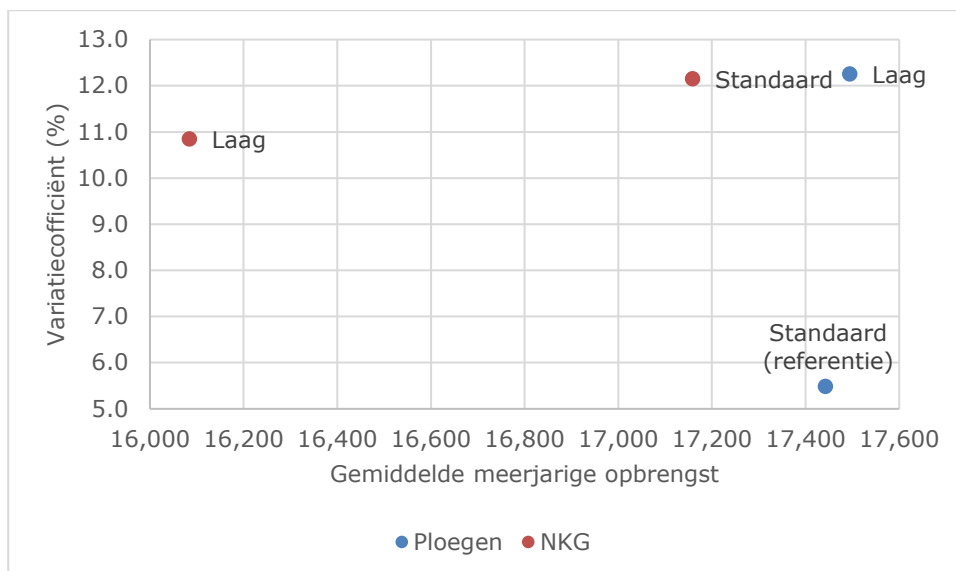
Snijmais

In **Tabel 20** worden de resultaten van de maatregelen voor snijmais op zandgrond getoond. Hieruit komt naar voren dat de gemiddelde meerjarige opbrengsten het hoogst zijn voor Laag (Ploegen) (+0,3%) ten opzichte van Standaard (Ploegen). Het laagst liggen de maatregelen Laag (NKG) (-7,8%) en Standaard (NKG) (-1,6%). De gemiddelde meerjarige opbrengsten van de maatregelen binnen NKG liggen lager (-4,8%) dan het gemiddelde van de maatregelen van grondbewerkingsstrategie Ploegen. Verder toont de tabel dat Laag (Ploegen) en Standaard (NKG) de hoogste standaardafwijking hebben. Standaard (Ploegen) en Laag (NKG) hebben de laagste standaardafwijking. Uit de tabel blijkt dat Laag (Ploegen) (12,3%) en Standaard (NKG) (12,2%) de hoogste variatiecoëfficiënt hebben. De laagste betreffen de maatregelen Standaard (Ploegen) (5,5%) en Laag (NKG) (10,8%).

Tabel 20. Overzicht van de gemiddelde opbrengst (ton/ha), opbrengstverschil ten opzichte gemiddelde van alle maatregelen, standaardafwijking en variatiecoëfficiënt per maatregel voor het gewas snijmais op zandgrond (BKZ).

Maatregel	Opbrengst (kg)	Opbrengstverschil t.o.v. Standaard ploegen (%)	Standaardafwijking (ton)	Variatiecoëfficiënt (%)
Ploegen				
Standaard (referentie)	17.443	0,0	958	5,5
Laag	17.494	0,3	2.144	12,3
Gemiddelde ploegen	17.468		1.551	8,9
NKG				
Standaard	17.159	-1,6	2.086	12,2
Laag	16.084	-7,8	1.745	10,8
Gemiddelde NKG	16.621		1.915	11,5
Gemiddelde systemen	17.045		1.733	10,2

In **Figuur 9** wordt de gemiddelde meerjarige opbrengst vergeleken met de variatiecoëfficiënt. Hierin valt op dat Standaard (Ploegen) (referentie) als meest gunstige maatregel naar voren komt met de hoogste gemiddelde meerjarige opbrengst in combinatie met een lage variatiecoëfficiënt. De andere maatregelen hebben een lagere gemiddelde meerjarige opbrengst in combinatie met een hogere variatiecoëfficiënt.



Figuur 9. Overzicht van de gemiddelde meerjarige (ton/ha) opbrengst en variatiecoëfficiënt per maatregel voor beide typen grondbewerking voor het gewas snijmais op zandgrond (BKZ).

Erwt

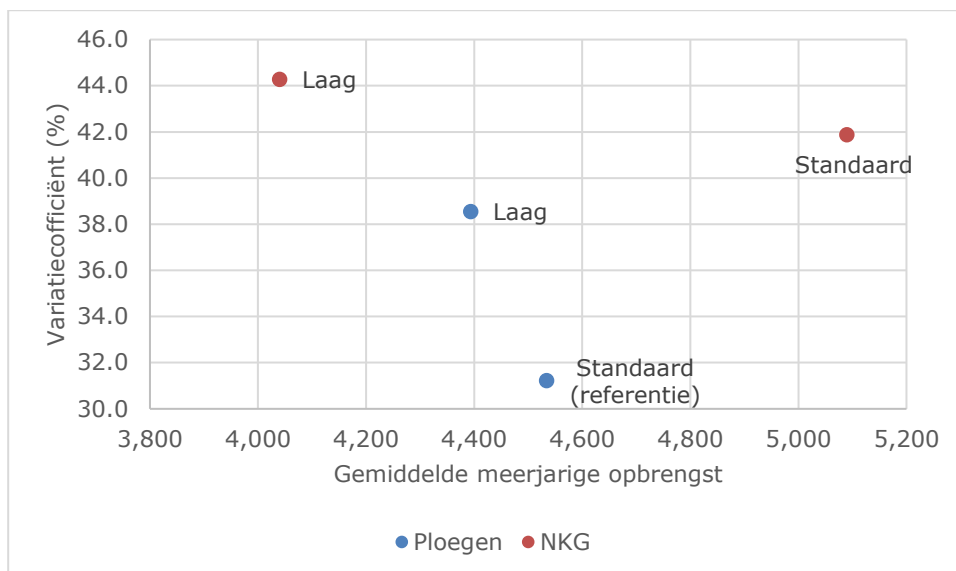
In **Tabel 21** worden de resultaten van de maatregelen voor erwt op zandgrond getoond. Hieruit komt naar voren dat de gemiddelde meerjarige opbrengsten het hoogst zijn voor Standaard (NKG) ten opzichte van Standaard (Ploegen). Het laagst liggen de maatregelen Laag (NKG) (-10,9%) en Laag (Standaard) (-3,1%) ten opzichte van Standaard (Ploegen). De gemiddelde meerjarige opbrengsten van de maatregelen binnen NKG liggen hoger (+2,3%) dan het gemiddelde van de maatregelen van grondbewerkingsstrategie Ploegen.

Verder toont de tabel dat Standaard (NKG) en Laag (NKG) de hoogste standaardwijking hebben. Standaard (Ploegen) en Laag (Ploegen) hebben de laagste standaardafwijking. Uit de tabel blijkt dat Laag (NKG) (44,3%) en Standaard (NKG) (41,9%) de hoogste variatiecoëfficiënt hebben. De laagste betreffen de maatregelen Standaard (Ploegen) (31,2%) en Laag (Ploegen) (38,6%).

Tabel 21. Overzicht van de gemiddelde opbrengst (ton/ha), opbrengstverschil ten opzichte gemiddelde van alle maatregelen, standaardafwijking en variatiecoëfficiënt per maatregel voor het gewas erwt op zandgrond (BKZ).

Maatregel	Opbrengst (kg)	Opbrengstverschil t.o.v. Standaard ploegen (%)	Standaardafwijking (ton)	Variatiecoëfficiënt (%)
Ploegen				
Standaard (referentie)	4.534	0,0	1.416	31,2
Laag	4.394	-3,1	1.694	38,6
Gemiddelde ploegen	4.464		1.555	34,9
NKG				
Standaard	5.090	12,2	2.132	41,9
Laag	4.040	-10,9	1.789	44,3
Gemiddelde NKG	4.565		1.960	43,1
Gemiddelde systemen	4.514		1.758	39,0

In **Figuur 10** wordt de gemiddelde meerjarige opbrengst vergeleken met de variatiecoëfficiënt. Hierin komt geen maatregel duidelijk naar voren die zowel de hoogste opbrengst haalt en de laagste variatiecoëfficiënt heeft. Wel valt op te maken dat de Standaard OS-aanvoer in beide opzichten beter presteert dan de Lage OS-aanvoer.



Figuur 10. Overzicht van de gemiddelde meerjarige (ton/ha) opbrengst en variatiecoëfficiënt per maatregel voor beide typen grondbewerking voor het gewas erwten op zandgrond (BKZ).

Peen

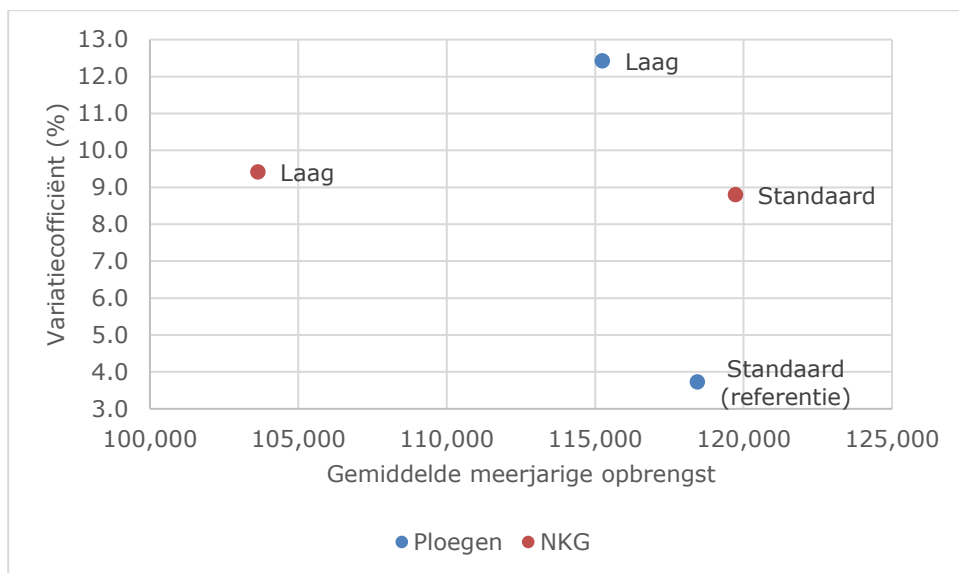
In **Tabel 22** worden de resultaten van de maatregelen voor peen op zandgrond getoond. Hieruit komt naar voren dat de gemiddelde meerjarige opbrengsten het hoogst zijn Standaard (NKG) (+1,1%) ten opzichte van Standaard (Ploegen). Het laagst liggen de maatregelen Laag (NKG) (-12,5%) en Laag (Ploegen) (-2,7%). De gemiddelde meerjarige opbrengsten van de maatregelen binnen NKG liggen lager (-4,4%) dan het gemiddelde van de maatregelen van grondbewerkingsstrategie Ploegen. Verder toont de tabel dat Laag (Ploegen) en Standaard (NKG) de hoogste standaardafwijking hebben. Standaard (Ploegen) en Laag (NKG) hebben de laagste standaardafwijking.

Uit de tabel blijkt dat Laag (Ploegen) (12,4%) en Laag (NKG) (9,4%) de hoogste variatiecoëfficiënt hebben. De laagste betreffen de maatregelen Standaard (Ploegen) (3,7%) en Standaard (NKG).

Tabel 22. Overzicht van de gemiddelde opbrengst (ton/ha), opbrengstverschil ten opzichte gemiddelde van alle maatregelen, standaardafwijking en variatiecoëfficiënt per maatregel voor het gewas peen op zandgrond (BKZ).

Maatregel	Opbrengst (kg)	Opbrengstverschil t.o.v. Standaard ploegen (%)	Standaardafwijking (kg)	Variatiecoëfficiënt (%)
Ploegen				
Standaard (referentie)	118.442	0,0	4.421	3,7
Laag	115.243	-2,7	14.322	12,4
Gemiddelde ploegen	116.842		9.372	8,1
NKG				
Standaard	119.725	1,1	10.538	8,8
Laag	103.632	-12,5	9.766	9,4
Gemiddelde NKG	111.678		10.152	9,1
Gemiddelde systemen	114.260		9.762	8,6

In **Figuur 11** wordt de gemiddelde meerjarige opbrengst vergeleken met de variatiecoëfficiënt. Hierin komt geen maatregel duidelijk naar voren die zowel de hoogste opbrengst haalt en de laagste variatiecoëfficiënt heeft. Wel valt op te maken dat de Standaard OS-aanvoer in beide opzichten beter presteert dan de Lage OS-aanvoer.



Figuur 11. Overzicht van de gemiddelde meerjarige (kg/ha) opbrengst en variatiecoëfficiënt per maatregel voor beide typen grondbewerking voor het gewas peen op zandgrond (BKZ).

4 Discussie en conclusie

Dit rapport geeft inzicht in het economische effect van verschillende bodemmaatregelen op zand- en dalgrond en dient als aanvulling op het rapport van Selin-Norén et al. (2022) en een update en uitbreiding van het rapport van De Wolf et al. (2019). De discussie en conclusie zijn gestructureerd aan de hand van de discussie en conclusies per proef (4.1) en de algemene discussie (4.2) en conclusies (4.3).

In de discussie worden vergelijkingen gemaakt met de resultaten vanuit het rapport van de Wolf et al. (2019). Voor BKV zijn in dat rapport de opbrengsteffecten op statistische significantie getoetst en is alleen gerekend met andere opbrengsten dan de referentie als de opbrengsten van de maatregel significant anders was ten opzichte van de referentie. In dit rapport worden ook opbrengsten die niet significant anders zijn dan de referentie meegenomen waardoor de uitkomsten anders kunnen zijn. Voor BKZ wordt in beide rapporten niet statistisch getoetst op statistisch significante opbrengsteffecten.

4.1 Discussie en conclusies per proef

4.1.1 Dalgrond (BKV)

NKG

In het rapport van de Wolf et al. (2019), is enkel bij Festien een significant verschil gevonden tussen Spitten en NKG. Het verschil was een hogere opbrengst bij NKG van €168. Met de drie jaar aan extra data is in dit rapport ook bij Festien een hogere opbrengst gevonden maar minder hoog, namelijk van €42 net als voor de Seresta €47 meer opbrengst. Door de lagere opbrengsten bij NKG van suikerbiet en zomergerst komt het bouwplangemiddelde bij NKG ten opzichte van de referentie in dit rapport minder positief uit. Desalniettemin levert de maatregel een positief resultaat over het gehele bouwplan en lijkt dus een economisch haalbare maatregel te zijn. Dit kostenbesparing bij NKG draagt hieraan bij.

Wat betreft de opbrengststabiliteit lijkt NKG geen voordeel op te leveren, de variatiecoëfficiënt is voor alle gewassen en maatregelen heen vergelijkbaar met de variatiecoëfficiënt van Spitten, of gemiddeld over alle andere maatregelen 1-2% hoger. Dit mogelijk licht-negatieve effect komt deels overeen met de ervaring vanuit de systeemprouwen, namelijk dat de prestatie van NKG erg varieert tussen de jaren, naar verwachting door de variatie in het weer en bodemcondities en de combinatie daarvan (Selin-Norén et al., 2022). Tegelijkertijd verwacht je in NKG een verbetering van de bodemstructuur met effecten op de waterhuishouding en daarnaast een constante geleidelijke mineralisatie van nutriënten uit de organische stof in de bovenste bodemlagen. Metingen aan deze bodemaspecten tonen geen aanzienlijke effecten van NKG waardoor het niet verrassend is dat er ook geen positief effect gevonden wordt op de opbrengststabiliteit (Selin-Norén et al., 2022).

Compost

Het aanvoeren van compost leidde in alle gewassen behalve zomergerst tot een lichte opbrengstverbetering. De opbrengst van suikerbiet bij aanvoer van compost was hoger, namelijk €134 per hectare hoger. In Vervuurt et al. (2023, *in voorbereiding*) is gevonden dat alleen het positieve effect op de opbrengst van suikerbiet significant was. Als alleen dit effect meegenomen zou worden in deze analyse, zou het effect op de opbrengsten op bouwplanniveau alleen marginaal veranderen. Compost toonde ook significante effecten op opbrengsten in suikerbiet in de Wolf et al. (2019) met een resultaat van €147 per hectare. Gemiddeld liggen de hogere opbrengsten over het hele bouwplan bij compost op €78. Zowel in het eerdere rapport als in dit rapport ligt de gemiddelde bouwplanopbrengst hoger bij maatregel compost ten opzichte van de referentie. Uiteindelijk weegt de hogere opbrengst van compost bij Spitten niet op tegen de kosten van de compost en de vermeden kosten van verminderd kunstmestgebruik waardoor het effect op het bedrijfsresultaat licht negatief is. De combinatie met NKG die enkel in dit rapport is bekeken, levert een neutraal effect op het bedrijfsresultaat vanwege de lagere

kosten van NKG. Hieruit kan dus geconcludeerd worden dat compostaanvoer een toepasbare maatregel is maar het levert geen financieel voordeel.

Het verwachte effect van compost is dat nutriënten langzaam en geleidelijk beschikbaar komen in vergelijking tot een meststof als kunstmest wat zou kunnen resulteren in een gelijkmatigere nutriëntenvoorziening. Uit de analyse komt naar voren dat compost nauwelijks een effect heeft op de variatiecoëfficiënt ten opzichte van de referentie, met gemiddeld een erg lichte verbetering van de opbrengststabiliteit. Een mogelijke verklaring is dat in de referentie dierlijke mest wordt toegepast die ook geleidelijk vrijkomt, waardoor een effect door compost lastig is om aan te tonen. In de literatuur wordt aangetoond dat meer organische bemesting kan leiden tot stabielere opbrengsten, maar er zijn geen studies gevonden waar dat wordt aangetoond met aanvullende compost in een systeem met dierlijke bemesting als standaard bemesting (Macholdt et al., 2019; Mallory & Porter, 2007).

Tagetes

Met het telen van tagetes wordt beoogd om de aaltjespopulatie terug te dringen welke de wortels aanprikket waardoor de plant minder in staat is om vocht en nutriënten op te nemen. In de Wolf et al. (2019) is een negatief gemiddeld opbrengstverschil gevonden van €101 voor de maatregel tagetes. In dit rapport is het opbrengstverschil ook negatief met een verschil van €87 ten opzichte van de referentie. Uiteindelijk resulteert de maatregel tagetes toch in een positief resultaat wanneer de kosten meegenomen zijn. De kosten van het telen van tagetes ten opzichte van de kosten van de teelt van zomergerst liggen ruim €200 lager. Zodoende wordt er bij tagetes met minder kosten slechts een iets lagere gemiddelde bouwplanopbrengst gegenereerd. Het vervangen van zomergerst met een groenbemester voor tagetes kan dus al snel voordelig uitpakken op percelen met een besmetting met *Pratylenchus penetrans* en met volggewassen, in dit geval aardappelen, die daarvan kunnen profiteren (zie ook De Haan et al., 2020).

Een tussenjaar met tagetes heeft een positief effect op het bedrijfsresultaat en gemiddeld een licht verbeterde opbrengststabiliteit in de aardappelen met een uitzondering van Festien met Spitten. Waarom dit laatste is gevonden is onduidelijk. Er is gezocht naar een verklaring, maar geen harde conclusies kunnen hieraan verbonden worden. Festien is wel minder gevoelig voor *P. penetrans* dan Seresta mogelijk waardoor het effect van tagetes vooral groot is in Seresta. De lagere gevoeligheid voor *P. penetrans* heeft mogelijk bijgedragen aan dat er geen effect is op de opbrengststabiliteit van Festien met Spitten. Dit wordt gevonden ondanks dat Festien geteeld wordt het jaar na de tagetes terwijl Seresta drie jaar na de tagetes geteeld wordt. In suikerbieten is het effect op de opbrengststabiliteit klein. Tagetes heeft dus over het algemeen een positief effect op de opbrengststabiliteit in de economisch relevante aardappelen, naar verwachting door het terugdringen van de populatie van *P. penetrans* (zie ook De Haan et al., 2020).

Ca/Mg-methode

Net als in De Wolf et al. (2019) wegen de kosten van de Ca/Mg-methode in deze analyse niet op tegen de kleine opbrengstverhoging. Vervuurt et al. (2023, *in voorbereiding*) toont dat alleen het effect in het aardappelras Seresta significant was. Als alleen dit effect meegenomen was in de analyse zou deze conclusie niet veranderen. De Ca/Mg-methode kan bijdragen aan een verbeterde beschikbaarheid van nutriënten, maar draagt zo blijkt uit de resultaten niet bij aan een hogere opbrengststabiliteit. Voor bijna alle combinaties van gewassen en hoofdgrondbewerking leidt de Ca/Mg-methode tot een iets verhoogde variatiecoëfficiënt. De Ca/Mg-methode heeft dus hoge kosten en geen positief effect op de opbrengststabiliteit waardoor de toepasbaarheid laag is. Dit komt overeen met dat effecten op de bodemkwaliteit ook uitblijven (Selin-Norén et al., 2022; De Haan et al., 2020).

Steenmeel

Met steenmeel worden er veel mineralen aangevoerd (voornamelijk K_2O en MgO) om de nutriëntenbeschikbaarheid te verbeteren. Steenmeel is voor het eerst meegenomen in dit rapport en heeft gemiddeld geen effect op de bouwplanopbrengst en brengt hoge kosten met zich mee. Voor bijna alle combinaties van gewassen en hoofdgrondbewerking leidt het aanvoeren van steenmeel tot een verhoogde variatiecoëfficiënt. Het aanvoeren van steenmeel heeft dus geen positief effect op het bedrijfsresultaat of de opbrengststabiliteit waardoor de toepasbaarheid laag is. Dit komt overeen met dat effecten op de bodemkwaliteit ook uitblijven (Selin-Norén et al., 2022; De Haan et al., 2020).

Combi

De maatregelen in de combinatie-behandeling van alle bovenstaande maatregelen komen vanwege de hoge kosten sterk negatief uit in de kosten-batenvergelijking. Hoewel het effect van de combinatie van maatregelen ook de hoogste positieve opbrengstverschillen ten opzichte van de referentie gaven, mogelijk deels te verklaren door bemestingseffecten, was het verschil niet groot genoeg om de extra kosten te dekken. De effecten waren in Vervuurt et al. (2023, *in voorbereiding*) significant voor beide aardappelrassen en de suikerbiet. Als alleen hier rekening mee gehouden was in deze analyse zou de conclusie niet veranderen. De maatregel draagt daarnaast ook niet bij aan een hogere opbrengststabiliteit, uitgezonderd het aardappelras Seresta. Dit komt naar verwachting door het telen van tagetes. Het effect is echter iets kleiner dan bij het afzonderlijk toepassen van tagetes. Dit komt waarschijnlijk omdat Tagetes in de Combi eens in de 8 jaar wordt geteeld, en bij Tagetes eens in de 4 (zie ook De Haan et al., 2020).

4.1.2 Zandgrond (BKZ)

Lage OS-aanvoer t.o.v. standaard OS-aanvoer

Net als in het eerdere rapport is er opnieuw een groot negatief opbrengstverschil gevonden van gewassen bij een lage organische stofaanvoer. Vooral de prei, gevolgd door peen en aardappel lijden van de lage organische stof aanvoer terwijl de andere gewassen weinig verschillen tonen t.o.v. de referentie. De kosten bij het lage OS-aanvoer liggen ook hoger dan bij standaard OS-aanvoer door het inkopen van kunstmest waardoor het negatieve verschil tussen beide objecten nog groter wordt. De kosten zijn berekend met kunstmestprijzen uit KWIN 2018. De huidige kunstmestprijzen zouden het verschil in kosten bij lage OS-aanvoer t.o.v. standaard OS-aanvoer groter maken.

De variatiecoëfficiënt is voor een meerderheid van de combinaties van gewassen en grondbewerkingsvormen aanzienlijk hoger (eg. 5-10%) bij een lage organische stofaanvoer. In prei is dit voor beide hoofdgrondbewerkingen te zien, terwijl voor veel andere gewassen de grondbewerking ook een effect lijkt te hebben op de grootte van het effect. Hieruit kan dus geconcludeerd worden dat voldoende organische stofaanvoer via mest belangrijk is voor een verbeterde opbrengststabiliteit en behoud van opbrengsten.

Deze resultaten kunnen mogelijk verklaard worden door de belangrijke rol van organische stof voor het in stand houden van de bodemkwaliteit door de vele functies van het organische stof, met name het bufferen van water en nutriënten en het verbeteren van de bodemstructuur. Onze bevindingen komen ook overeen met de wetenschappelijke literatuur waarbij stabielere opbrengsten worden verkregen bij het aanvoeren van meer organische meststoffen (Macholdt et al., 2019; Mallory & Porter, 2007). Nogmaals, er zijn geen studies gevonden in de wetenschappelijke literatuur die vergelijkbaar zijn met de aanpak in dit rapport.

NKG

In het eerdere rapport van de Wolf et al. (2019) is voor de vergelijking tussen NKG en ploegen enkel gekeken naar het biologische systeem en het gangbare systeem met standaard organisch stofgehalte. In dit rapport is het biologische systeem niet meegenomen waardoor vergelijkingen tussen de resultaten alleen mogelijk zijn voor het gangbare systeem met een standaard organisch stofgehalte. Ter uitbreiding op het vorige rapport is er nu gekeken naar NKG in combinatie met compost.

Anders dan door De Wolf et al. (2019) is er in dit rapport een iets hogere opbrengst gevonden bij NKG. Een negatief verschil van €116 per hectare in het eerdere rapport en een positief verschil van €67 euro per hectare in dit rapport. Beide opbrengstverschillen zijn erg klein ten opzichte van de totale financiële opbrengst. Positieve effecten op de opbrengsten zijn duidelijk in de aardappel en peen. De prei reageert echter negatief op NKG. De kosten van NKG zijn vermeden kosten van €63 per hectare. Hierdoor komt de totale opbrengst-kostenverschil ten opzichte van de referentie ploegen in dit rapport uit op €130 per hectare.

De opbrengsten bij NKG in combinatie met compost liggen bij het standaard organisch stofaanvoer het hoogst. Hier is de opbrengst bij enkel NKG hoger dan de referentie. De positieve opbrengsteffecten

komen terug in de combinatie van NKG en compost maar lijken elkaar niet te versterken. Bij de lage organische stofaanvoer laat NKG juist een negatief opbrengstverschil zien ten opzichte van ploegen. Het negatieve opbrengstverschil door NKG lijkt ook terug te komen in de combinatie van NKG met compost met lage organische stofaanvoer.

Hieruit kan geconcludeerd worden dat NKG geen groot effect heeft op het bedrijfsresultaat en dat het effect van NKG negatiever is bij een lage organische stofaanvoer. Waarom een lage organische stofaanvoer dit effect zou kunnen hebben is in voorgaande alinea's beschreven.

Het effect van NKG op de opbrengststabiliteit is niet eenduidig en de variatiecoëfficiënt is bijvoorbeeld voor erwten en peen aanzienlijk hoger met NKG. Alleen voor twee van de gewassen is zowel de opbrengststabiliteit als de opbrengst beter in NKG (aardappelen en graan). Alleen in graan toont NKG een duidelijk positief effect op de variatiecoëfficiënt én de opbrengst. Dit heeft echter weinig betekenis in verband met het lage saldo van een graan. Dat geen algemeen positief effect op de stabiliteit in opbrengsten gevonden wordt is niet onverwachts in verband met de verschillende eigenschappen van gewassen en hun teeltwijzen. Een effect van NKG op de opbrengststabiliteit is vooral te verwachten in diepwortelende gewassen omdat in de diepere bodemlagen de grootste verschillen in de bodem verwacht zijn. Wij zien een positief effect op opbrengststabiliteit in graan, en negatieve effecten (alhoewel kleine effecten) in de andere diepwortelende gewassen, namelijk suikermais, snijmais, erwten en peen. Dit licht negatieve effect op de opbrengststabiliteit komt deels overeen met de ervaring met NKG in de systeemprouwen, dat de prestatie van NKG erg varieert tussen de jaren, waarschijnlijk door de variatie in weer en bodemcondities en de combinatie daarvan (Selin-Norén et al., 2022).

Compost

In de Wolf et al. (2019) is het opbrengst-kostenverschil tussen de referentie en de maatregel compost bij een standaard organische stofaanvoer minimaal, namelijk -€78 per hectare. Met de nieuwe jaren aan opbrengstgegevens is dit verschil positief geworden, namelijk €255 per hectare. Verder vonden De Wolf et al. (2019) geen positief opbrengsteffect van compost. Nu is er een duidelijk opbrengsteffect van compost gevonden van €363 per hectare dat in combinatie met NKG iets verzwakt wordt (NKG + Compost: €209 per hectare). Dit wordt in de meeste gewassen gezien. Hierbij moet genoteerd worden dat de gewassen erwten en B-peen in het bouwplan ontbreken bij De Wolf et al. (2019) omdat er op die percelen nog geen compost was toegediend. Dit zou deze verschillen kunnen verklaren.

Bij het lage organische stofaanvoer hebben De Wolf et al. (2019) de opbrengst-kosten met compost afgezet tegen de opbrengst-kosten zonder compost waar zij een positief verschil vonden van €142 per hectare in het voordeel van compost. In dit rapport is er een groter positief verschil gevonden van €694 per hectare tevens in het voordeel van compost. De extra jaren aan opbrengstgegevens laten een toename in opbrengsten zien bij compost bij zowel het lage als het standaard organisch stofgehalte. Deze resultaten tonen dat het aanvoeren van compost resulteert in een iets beter bedrijfsresultaat, vooral in geval van een lage organische stofaanvoer, door een positief effect op de opbrengsten. Het effect op opbrengststabiliteit is niet onderzocht door gebrek aan data.

4.1.3 Vergelijking van resultaten op zandgrond en dalgrond

De verwachting voor beide proeven is dat de variatiecoëfficiënt vooral afhankelijk is van het soort gewas waardoor vergelijkingen tussen gewassen minder relevant zijn om conclusies te trekken maar wel goed zijn om te benoemen. Mogelijk is de variatie ook afhankelijk van de algehele bodemkwaliteit. Wanneer de verschillende gewassen in BKV met elkaar worden vergeleken dan valt op dat Festien (aardappel) aanzienlijk lagere variatiecoëfficiënten heeft dan de overige gewassen, gevolgd door suikerbiet. Deze gewassen hebben dus stabielere opbrengsten. Daarnaast is de gemiddelde opbrengst gemiddeld 1 ton per ha hoger bij Festien dan bij Seresta, dit zou een raseigenschap kunnen zijn.

In BKZ zien we dat suikerbiet, snijmais en peen lagere variatiecoëfficiënten tonen, terwijl erwten een erg hoge variatiecoëfficiënt heeft, vergeleken met de andere gewassen. De erwten heeft de laatste jaren last gehad van aaltjes, dit zou een reden kunnen zijn van de hogere variatie. In de praktijk zou erwten niet geteeld worden bij dit niveau van besmetting.

De gewassen die in beide proeven opgenomen zijn suikerbieten en granen. Voor suikerbiet is de variatiecoëfficiënt op zand minder dan de helft dan de variatiecoëfficiënt op dalgrond, en voor graan is de variatiecoëfficiënt vergelijkbaar.

Alleen de maatregelen NKG en het aanvoeren van extra compost worden op beide grondsoorten onderzocht waardoor een kwalitatieve vergelijking van de resultaten mogelijk is. Het aanvoeren van compost heeft een positief bedrijfsresultaat op zandgrond maar niet op dalgrond. Dit lijkt te komen door hoogsalderende gewassen op zand die sterk reageerden op de compost. De effecten op de variatiecoëfficiënt toonde in beide proeven veel variatie voor de maatregel compost. Voor NKG tonen beide proeven beperkte effecten op de opbrengststabiliteit van aardappelen en suikerbieten. De resultaten in granen lopen uiteen, op zand neemt de opbrengststabiliteit sterk toe (ca. 10%) terwijl op dalgrond die alleen iets afneemt.

4.2 Discussie over methodiek

4.2.1 Kosten-batenanalyse

Om tot een kosten-batenvergelijking te komen is het verschil van de baten ten opzichte van de referentie vergeleken met het verschil van de kosten ten opzichte van de referentie. Het resultaat geeft weer in hoeverre opbrengsteffecten worden gecompenseerd door extra kosten van de maatregelen. Het resultaat kan houvast bieden in het maken van beslissingen om bepaalde maatregelen wel of niet uit te voeren. Desalniettemin worden er door de manier van berekenen een aantal factoren buiten beschouwing gelaten:

- In deze kosten-batenvergelijking is geen rekening gehouden met waardevermindering van geldstromen in de tijd. De netto contante waarde geeft een weergave van de toekomstige waarden van geldstromen waarbij zodoende rekening wordt gehouden met tijd. De netto contante waarde geeft een realistischer beeld van de keuze die een teler maakt om een bepaalde investering wel of niet te doen omdat de waarde van geld nu minder waard kan zijn in de toekomst door rente, inflatie en risico.
- Door niet te toetsen op statistisch significante effecten van de maatregelen op de gewasopbrengsten wordt gerekend met effecten die niet met hoge zekerheid door de maatregel komen. Verschillen zouden kunnen komen door natuurlijke variatie. Echter, zoals eerder aangegeven, zou het alleen rekenen met significante effecten geen groot invloed hebben op de uitkomsten in BKV (Vervuurt et al. 2023, in voorbereiding). Voor BKZ kan daar geen uitspraak over gemaakt worden. Alsnog is het te adviseren om in toekomstig onderzoek ook een statistische toets uit te voeren wanneer mogelijk, om de resultaten goed in beeld te krijgen.
- De gewassen die opgenomen zijn in het bouwplan van de proeven zijn erg bepalend voor de resultaten op bouwplanniveau en de hoogsalderende gewassen wegen zwaar mee ten opzichte van de overige gewassen. Voor het effect van de maatregelen is het daarom goed om naar de effecten van een maatregel per gewas te kijken en niet alleen naar het gehele bouwplansaldo omdat deze laatste in de praktijk zou verschillen per situatie met een ander bouwplan.
- Er is in deze studie gebruik gemaakt van prijsgegevens uit de KWIN-AGV vanuit 2018 omdat dit de best onderbouwde beschikbare gegevens waren bij de start van het onderzoek. Door gebruik te maken van de KWIN zijn prijsschokken niet direct zichtbaar door bijvoorbeeld veranderende economische omstandigheden en geopolitieke spanningen, omdat de KWIN werkt met meerjarige gemiddeldes. De opbrengstprijzen en de kosten van meststoffen, brandstof, mechanisatie en arbeid zijn sterk gestegen ten opzichte van 2018. De verwachting is echter dat de conclusies voor de economische haalbaarheid van de maatregelen niet veranderd zijn. De variatie in prijzen is wel een lastig punt bij het bepalen van economische effecten van bodemmaatregelen omdat de maatregelen langjarig genomen moeten worden.
- Daarnaast wordt vaak aangenomen dat telers geneigd zijn om maatregelen te implementeren met een positieve kosten-batenverhouding. Echter, zoals ook vermeld in het rapport De Wolf et al. (2019) worden maatregelen met een positieve kosten-batenverhouding niet altijd in de praktijk toegepast. Naast de financiële overweging spelen er voor de teler andere factoren een rol in de keuze van het wel of niet implementeren van bodemmaatregelen (Swart et al., 2016). Ondanks dat een positieve kosten- batenverhouding geen garantie geeft voor toepassing van

de bodemmaatregel in de praktijk, geeft de verhouding inzicht en overzicht en kan het voorzien in het scherp maken van het praktijkperspectief (De Wolf et al., 2019).

4.2.2 Analyse naar opbrengststabiliteit

Uit het onderzoek komt naar voren dat maatregelen effecten laten zien op variatiecoëfficiënten. Dit betekent dat de maatregelen mogelijk een bijdrage kunnen leveren in het reduceren van de variatie in opbrengsten waardoor het risico voor telers afneemt. Vaak zijn echter de verschillen in variatiecoëfficiënten erg klein wat betekent dat de meerwaarde van de maatregel voor opbrengststabiliteit verwaarloosbaar is. De methode die toegepast werd heeft hier ook een invloed op gehad, waar uitschieters in effecten afgevlakt zijn. Het doel van het detrenden was om een toename in opbrengsten (door toepassen van maatregelen) uit de variatiecoëfficiënt te halen, omdat deze dan een vertekend beeld geeft. Hier was geen sprake van een toename in opbrengst (soms een afname, mede door droge jaren), waardoor het detrenden een ander effect heeft gehad dan beoogd. Het detrenden zorgt daardoor voor dat de effecten op de variatiecoëfficiënt in jaren die uitschieten in opbrengstniveau iets minder zichtbaar zijn in de resultaten. Hierdoor kunnen gewassen en maatregelen waarvan de looptijd niet hetzelfde is toch met elkaar worden vergeleken omdat uitschieters door weersextremen zijn afgevlakt.

De prestatie op opbrengststabiliteit in de droge jaren komt dus in deze analyse iets minder goed in beeld. Om het effect van de maatregelen op de opbrengststabiliteit bij droogte te analyseren is het beter om de data niet te detrenden en/of om alleen te focussen op de jaren met droogte. Daar zijn er echter op dit moment maar beperkte data van.

Het werken met de variatiecoëfficiënt heeft ook de uitdaging dat er geen goed antwoord is op de vraag: "wat is een goede variatiecoëfficiënt?". Het oordeel van de prestaties op de variatiecoëfficiënt zijn dus vooral subjectief en niet objectief. Een mogelijkheid om dit op te lossen is om een analyse te doen naar wat een gemiddelde variatiecoëfficiënt is op een reeks individuele percelen in Nederland. Daar is in deze studie geen ruimte voor geweest.

Verder zou het onderzoek aandacht kunnen schenken aan de interacties tussen weersextremen en de opbrengsten. Door klimaatverandering zal er naar verwachting de frequentie van weersextremen toenemen (Bijker & Verstand, 2020). Bij droge weersextremen zou bijvoorbeeld gekeken kunnen worden in hoeverre maatregelen een dempend effect vertonen op de opbrengstderving. Bij natte weersextremen, zoals natte omstandigheden tijdens oogst kan worden nagegaan in hoeverre bodemmaatregelen bijdragen aan ontwatering en of deze het risico op bodemverdichting beperken wat vervolgens door kan werken op de fysieke opbrengsten op de lange termijn.

4.3 Conclusies

In dit rapport beantwoorden we wat de kosten-batenverhouding en effect op de opbrengststabiliteit is van een aantal bodemmaatregelen. Een hoge opbrengststabiliteit (een lage variatiecoëfficiënt) met een positief resultaat uit de kosten-batenvergelijking betekent een goede bedrijfseconomische prestatie van de maatregel.

Uit dit rapport kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Het telen van tagetes in plaats van zomergerst heeft een positief effect in de zetmeelaardappels op zowel de opbrengststabiliteit als de kosten-batenverhouding. Dit kwam naar verwachting door het bestrijden van het wortellesieaaltje. In een veenkoloniaal bouwplan is tagetes hierdoor een toepasbare maatregel.
- Voldoende organische stofaanvoer via dierlijke mest kan zorgen voor een verbeterde opbrengststabiliteit en behoud van opbrengsten op zandgrond.
- Niet-kerende grondbewerking is een economisch haalbare maatregel, met een licht positief bedrijfsresultaat voor de kosten-batenvergelijking op zandgrond maar niet op dalgrond. NKG lijkt een beperkt (negatief) effect te hebben op de opbrengststabiliteit.

-
- Het aanvoeren van extra compost is een economisch haalbare maatregel, met een licht positief of negatief bedrijfsresultaat op bouwplanniveau. Opbrengstverbeteringen door het aanvoeren van compost zijn hoger in geval van een lage organische stof aanvoer via de bemesting. Er is verder geen duidelijk effect op de opbrengststabiliteit.
 - Steenmeel en de Ca/Mg-methode dragen niet bij aan een hoger bedrijfsresultaat of een verbeterde opbrengststabiliteit.

5 Referenties

Bijker, J.W., & Verstand, D. (2020). Toepassing klimaatstresstest open teelten. Opgehaald van <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/535133>

De Haan, J. (2018). Lange termijn proeven. Opgehaald van Beter Bodembeheer: <https://www.beterbodembeheer.nl/nl/beterbodembeheer/themas/Lange-termijn-proeven.htm>

De Haan, J., Wesselink, M., van Dijk, W., Verstegen, H., van Geel, W., & van den Berg, W. (2018). *Effect van organische stofbeheer op opbrengst, bodemkwaliteit en stikstofverliezen op een zuidelijke zandgrond: Resultaten van de gangbare bedrijfssystemen van het project Bodemkwaliteit op zand in de periode 2011-2016* (No. WPR-754). Wageningen University & Research, Praktijkonderzoek AGV.

De Haan, J., van Asperen, P., Visser, J., van der Burgt, G.J., Smit, E., Dawson, A. en Klompe, K. (2020). Bodemmaatregelen op dalgrond in de Veenkoloniën: effecten op bodemkwaliteit, opbrengst en financiële meerwaarde. www.edepot.wur.nl/520429

de Wolf, P., Dawson, A., & Klompe, K. (2019). Kosten en baten van bodemmaatregelen. Wageningen: Stichting Wageningen Research, business unit Open Teelten.

Macholdt, J., Piepho, H. P., & Honermeier, B. (2019). Mineral NPK and manure fertilisation affecting the yield stability of winter wheat: Results from a long-term field experiment. *European Journal of Agronomy*, 102, 14-22.

Mallory, E. B., & Porter, G. A. (2007). Potato yield stability under contrasting soil management strategies. *Agronomy Journal*, 99(2), 501-510.

Reckling, M., Ahrends, H., Chen, T.-W., Eugster, W., Hadasch, S., Knapp, S., . . . Döring, T. (2021). Methods of yield stability analysis in long-term field experiments. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(2), 27. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00681-4>.

Schrama, M., de Haan, J., Kroonen, M., Verstegen, H., & Van der Putten, W. (2018). Crop yield gap and stability in organic and conventional farming systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*(256), 123-130. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.023>.

Selin-Norén, I., Vervuurt, W., Bakker, N., Koopmans, C., Verstand, D., & de Haan, J. (2021). Kwantitatieve effecten van bodemmaatregelen op bodemfuncties. Wageningen: Wageningen Research.

Swart, B., Polman, N., Reinhard, S., Sukkel, W., & de Wolf, P. (2016). Kosten - Baten analyses: Als onderdeel van fase 1 "Van Kennis naar Kunde" in de landbouw. Wageningen: Hogeschool VHL.

Urruty, N., Tailliez-Lefebvre, D., & Huyghe, C. (2016). Stability, robustness, vulnerability and resilience of agricultural systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(1), 15. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0347-5>.

Vervuurt, W. et al., (2022) in voorbereiding.

Van der Voort, M. (2018). KWIN-AGV. Wageningen: WUR.

Bijlage 1 – Aanvullende tabellen

Tabel A.1 Overzicht van verschillen in opbrengst op dalgrond ten opzichte van de referentie (%/ha).

Bodemmaatregel	Festien	Suikerbiet	Seresta	Zomergerst	Gemiddeld bouwplan
Spit Standaard	0	0%	0%	0%	0%
Spit Ca/Mg-methode	2%	1%	2%	-3%	1%
Spit Compost	4%	3%	2%	-1%	3%
Spit Steenmeel	-1%	1%	2%	-2%	1%
Spit Tagetes	11%	0%	14%	-100%	-3%
Spit Combi	8%	7%	14%	-100%	-2%
NKG Standaard	1%	-5%	2%	-5%	-1%
NKG Ca/Mg-methode	0%	-1%	5%	-5%	0%
NKG Compost	2%	1%	4%	-2%	2%
NKG Steenmeel	3%	-4%	2%	-4%	0%
NKG Tagetes	13%	-2%	17%	-100%	-2%
NKG Combi	8%	3%	14%	-100%	-3%

Tabel A.2 Overzicht van de Resultaten van de kosten-batenvergelijking op dalgrond afgezet tegen de referentie (%/ha/jaar).

Maatregel	Festien	Suikerbiet	Seresta	Zomergerst	Gemiddeld bouwplan
Spit Standaard	0%	0%	0%	0%	
Spit Ca/Mg-methode	-7%	-8%	-8%	-29%	-10%
Spit Compost	0%	0%	-2%	-12%	-2%
Spit Steenmeel	-11%	-9%	-9%	-32%	-12%
Spit Tagetes	-3%	-14%	-2%	-141%	-21%
Spit Combi	-15%	-15%	-11%	-167%	-30%
NKG Standaard	4%	-2%	5%	3%	2%
NKG Ca/Mg-methode	-6%	-7%	-2%	-23%	-7%
NKG Compost	1%	0%	2,6%	-5%	0%
NKG Steenmeel	-5%	-11%	-6%	-27%	-10%
NKG Tagetes	2%	-13%	4%	-133%	-16%
NKG Combi	-13%	-17%	-9%	-159%	-28%

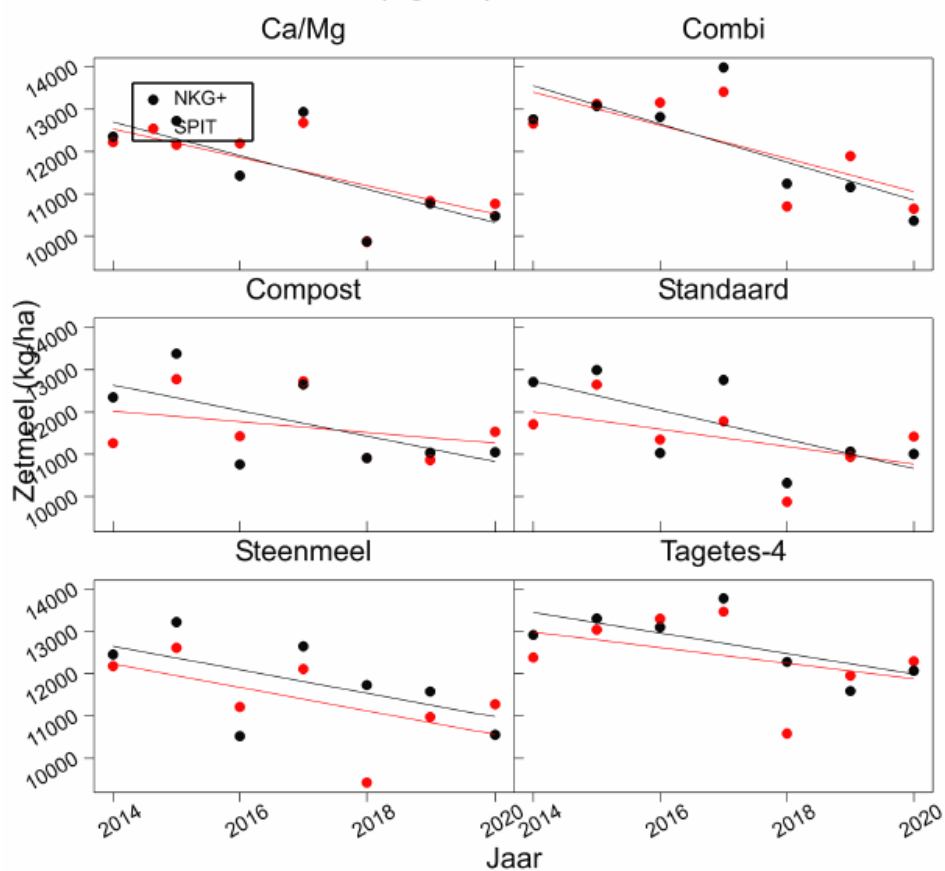
Tabel B.1 Overzicht van de Resultaten van de kosten-batenvergelijking op zandgrond afgezet tegen de referentie (%/ha/jaar).

Organische stofaanvoer	Grondbewerking met/zonder Compost	Aardappel	Prei	Erwt	Zomergers	Suikerbiet	Snijmaïs	Winterpeen	Gemiddelde kosten-baten over hele bouwplan
Standaard	Ploegen	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Standaard	NKG	6%	-3%	16%	12%	0%	2%	3%	5%
Standaard	Compost	0%	7%	25%	9%	4%	1%	-1%	6%
Standaard	NKG + Compost	0%	2%	40%	12%	3%	-1%	-1%	8%
Laag	Ploegen	-6%	-19%	-17%	-18%	-6%	-11%	-4%	-11%
Laag	NKG	-3%	-16%	-21%	-8%	-7%	-13%	-15%	-12%
Laag	Compost	-15%	-1%	-19%	-1%	-3%	1%	1%	-5%
Laag	NKG + Compost	-14%	-4%	7%	-9%	-2%	-19%	-1%	-6%

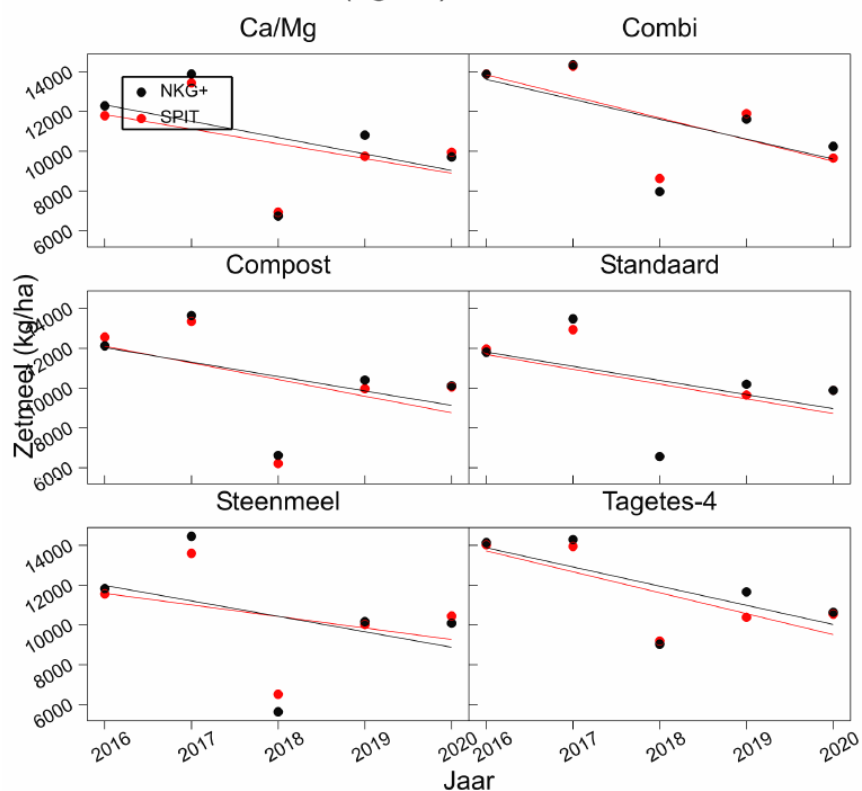
Bijlage 2 - Aanvullende grafieken

BKV: Lineaire regressie per gewas

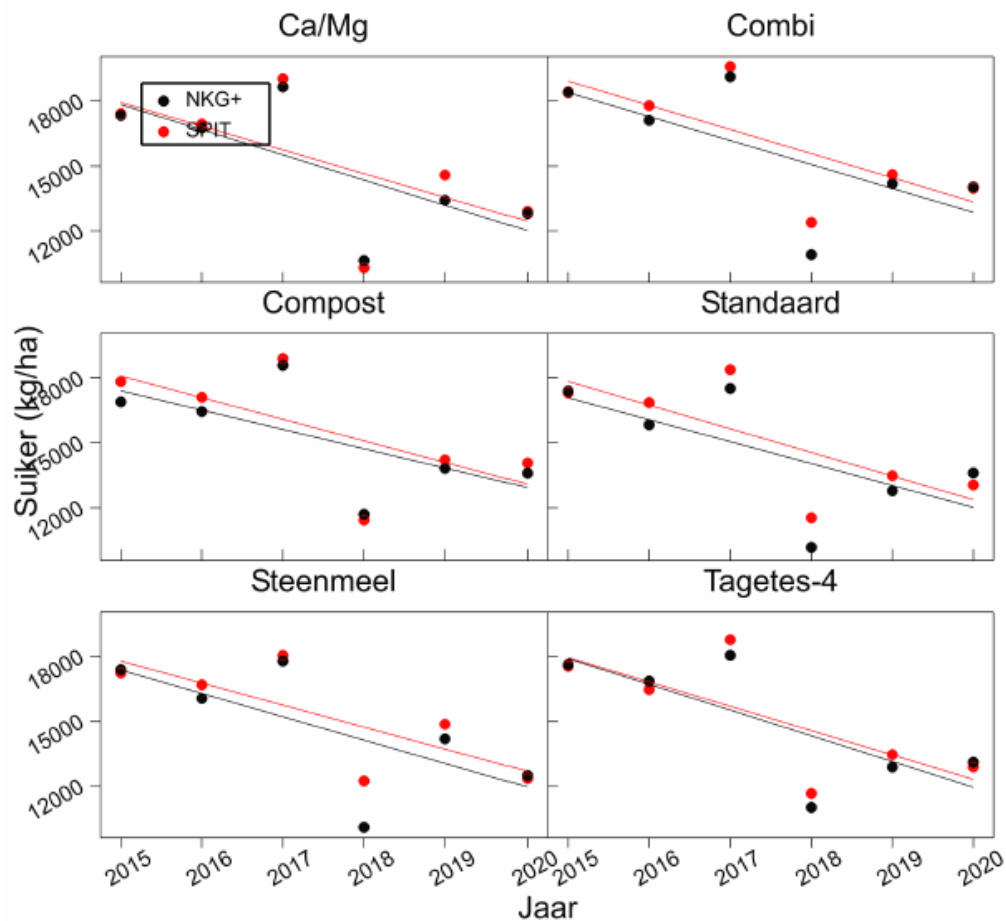
15: Zetmeel (kg/ha) Festien 2014-2020



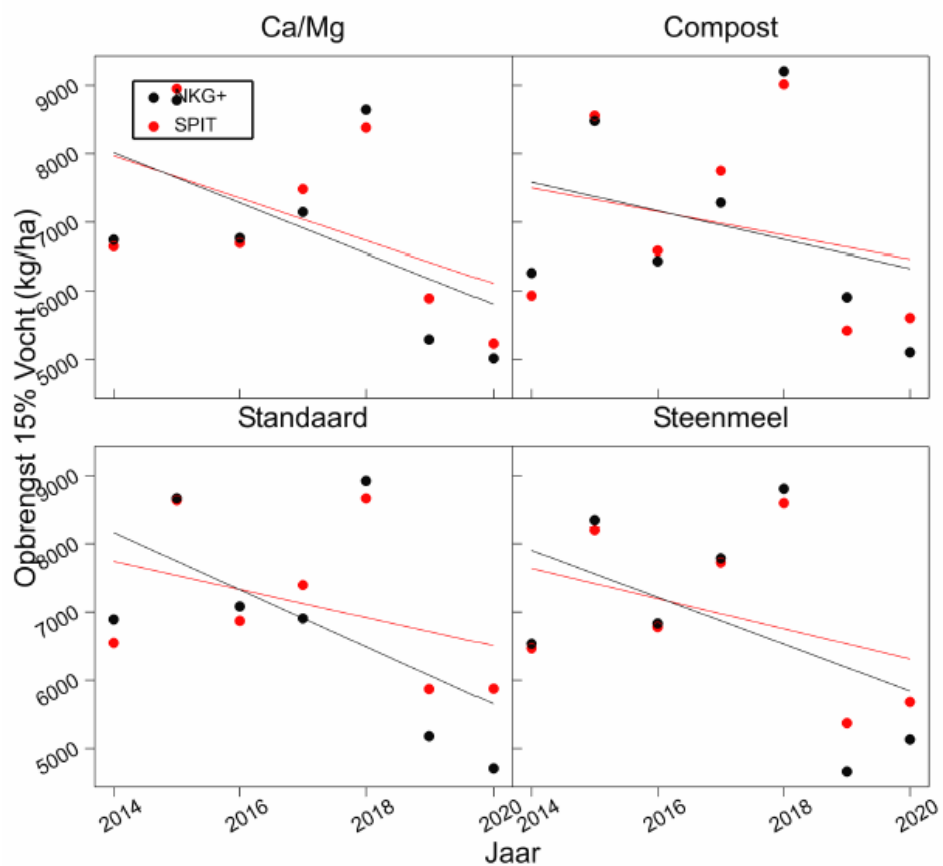
15: Zetmeel (kg/ha) Seresta 2016-2020



15: Suiker (kg/ha) Suikerbiet 2015-2020

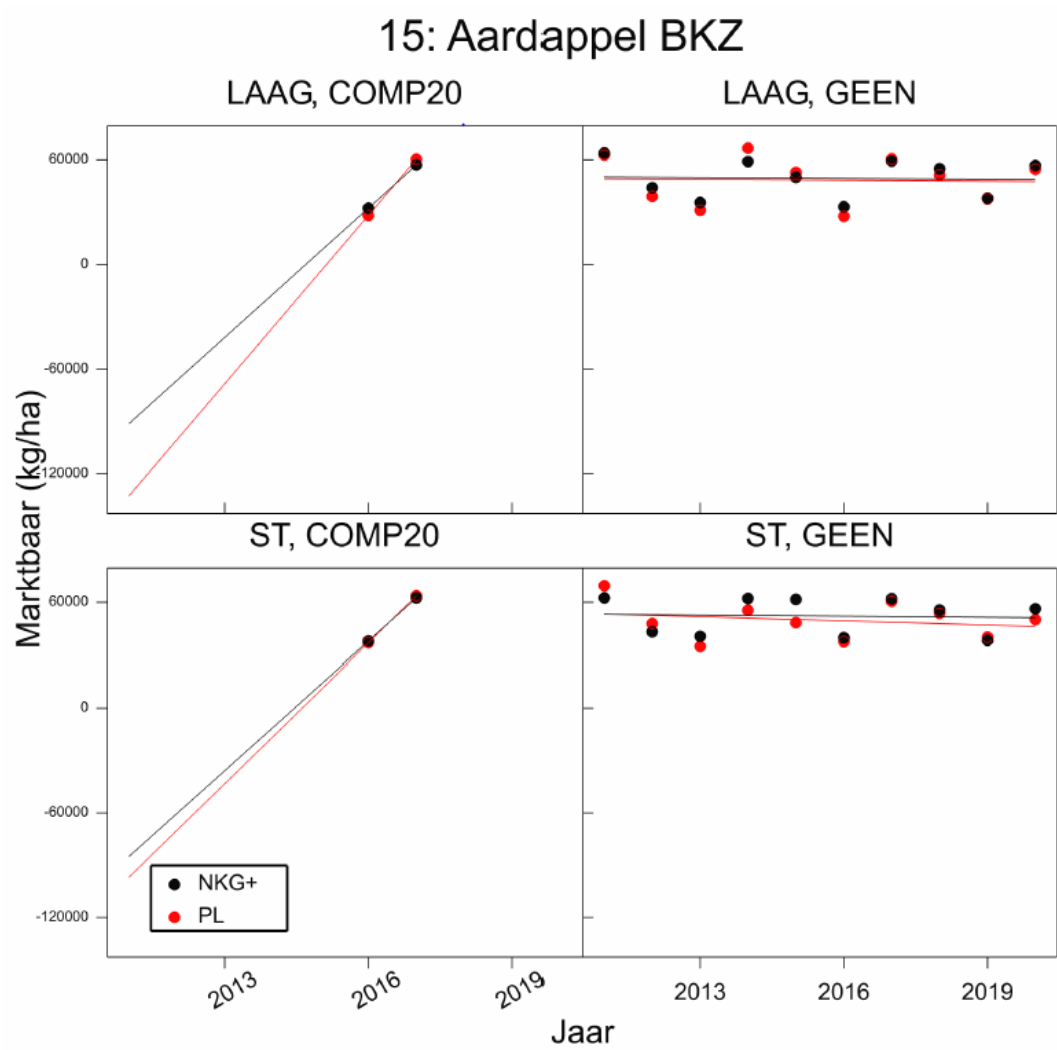


15: Opbrengst 15% Vocht (kg/ha) Zomergerst 2014-2020

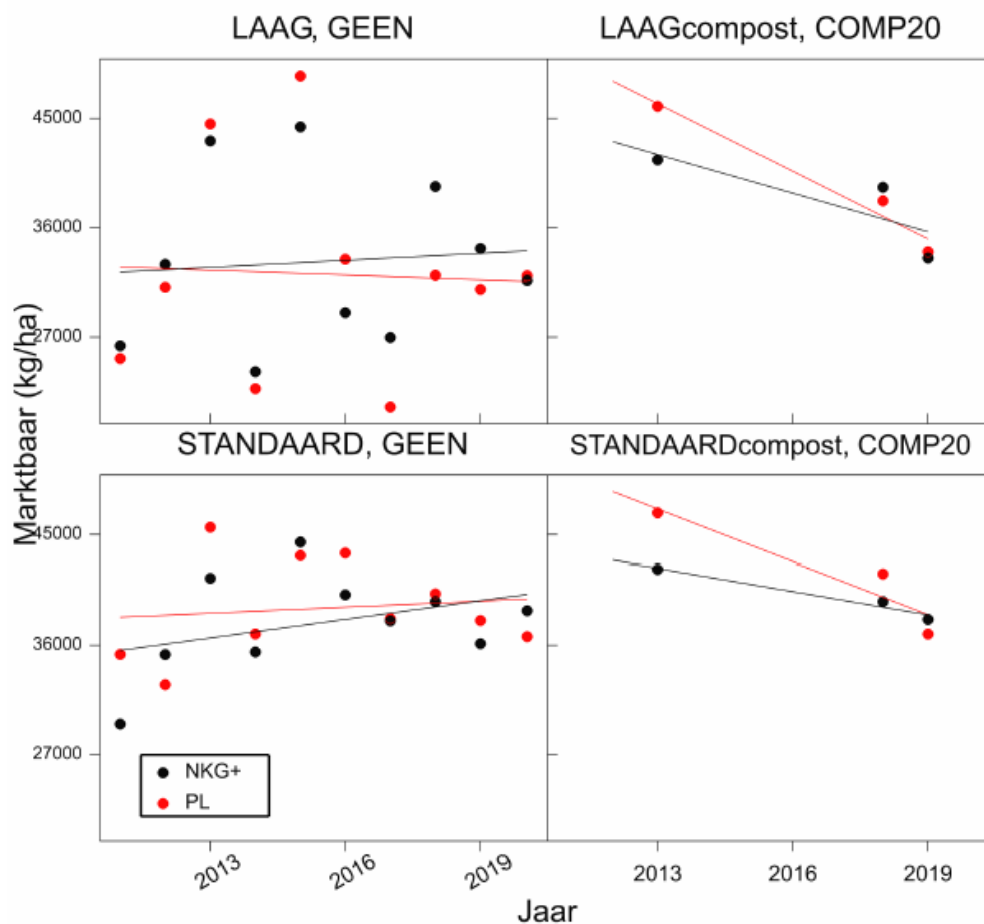


BKZ: Lineaire regressie per gewas

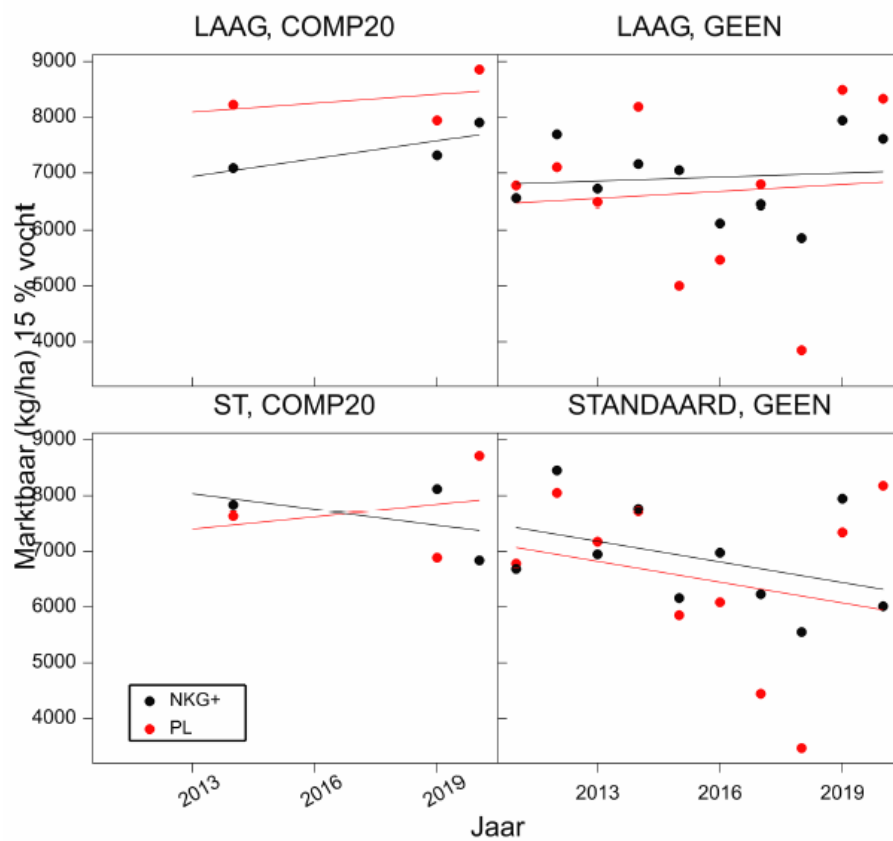
NB: De compostbehandelingen zijn verder niet opgenomen in het rapport omdat er alleen twee meetjaren beschikbaar waren.



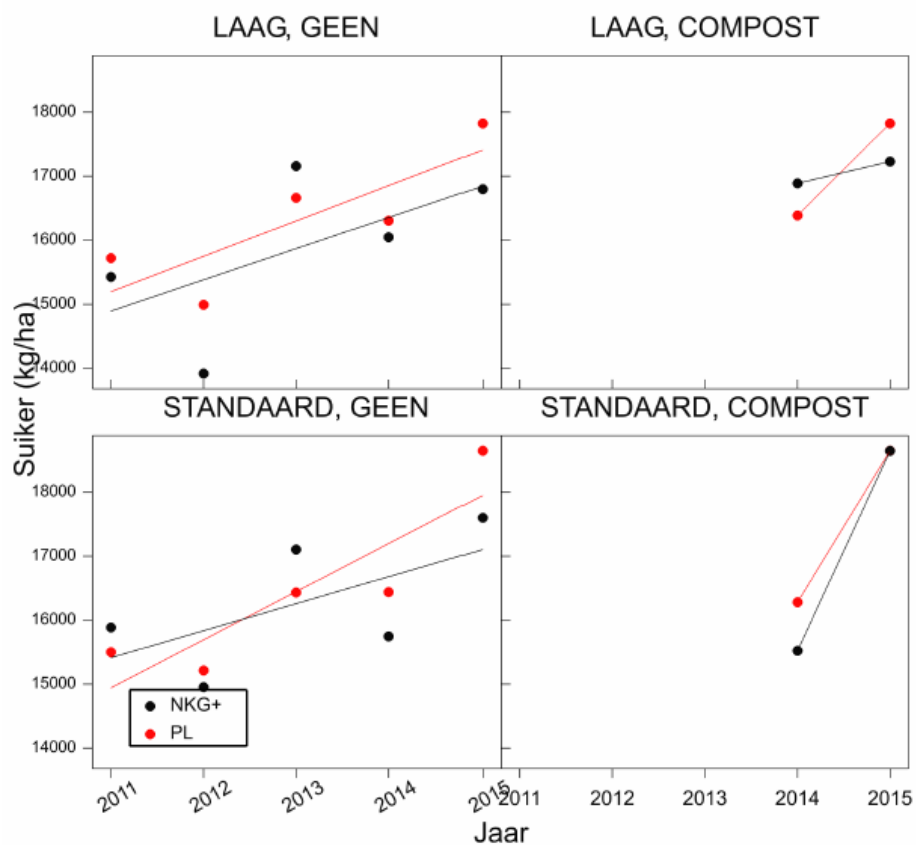
15: Prei BKZ



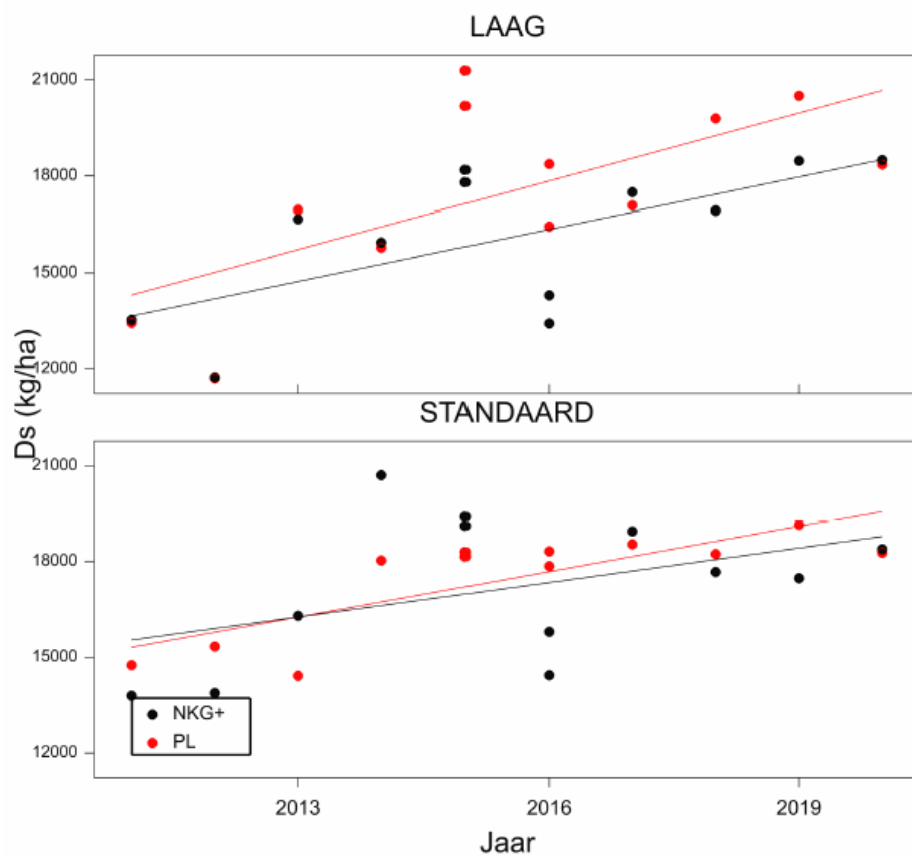
15: Graan BKZ



15: Suikerbiet BKZ

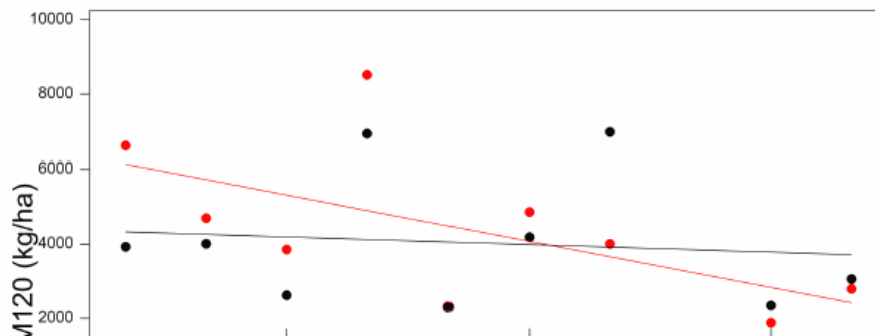


15: Snijmais BKZ

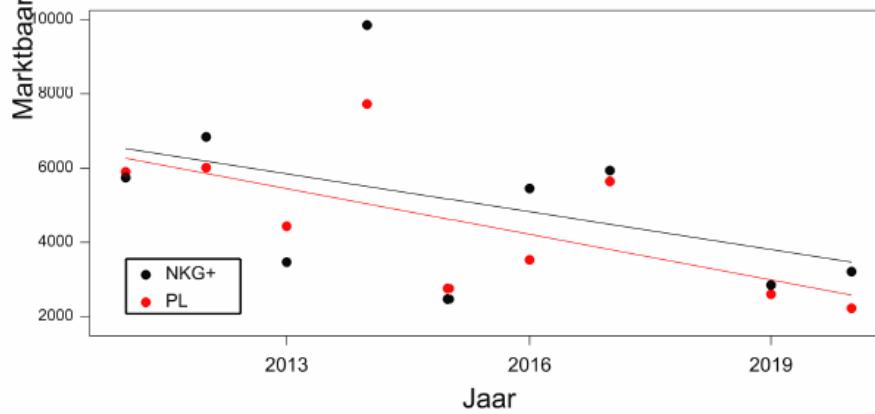


15: Conserven erwten BKZ

LAAG, GEEN

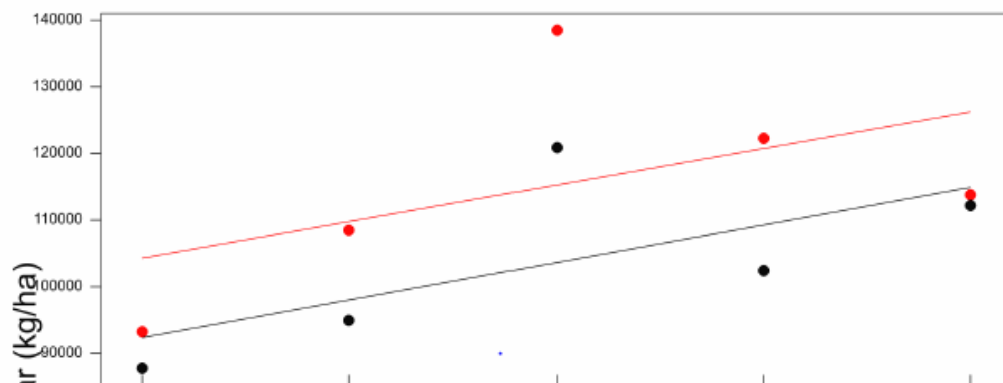


ST, GEEN

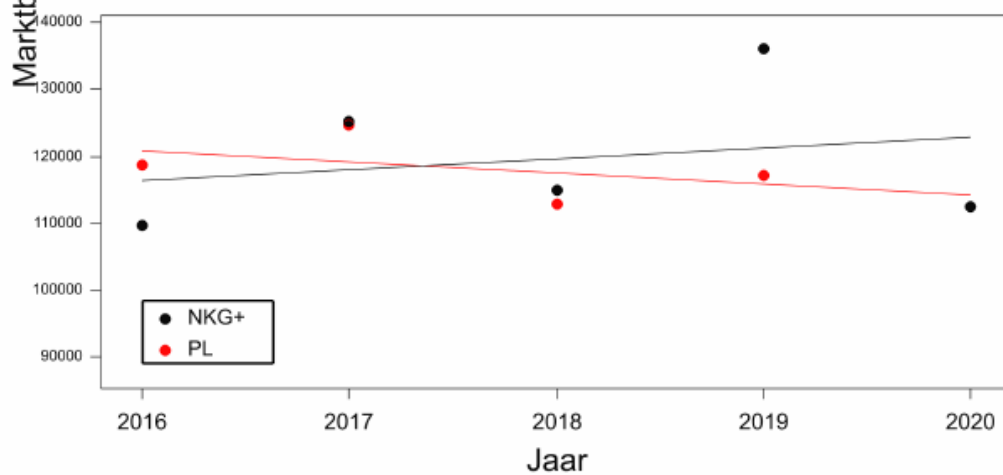


15: Peen BKZ

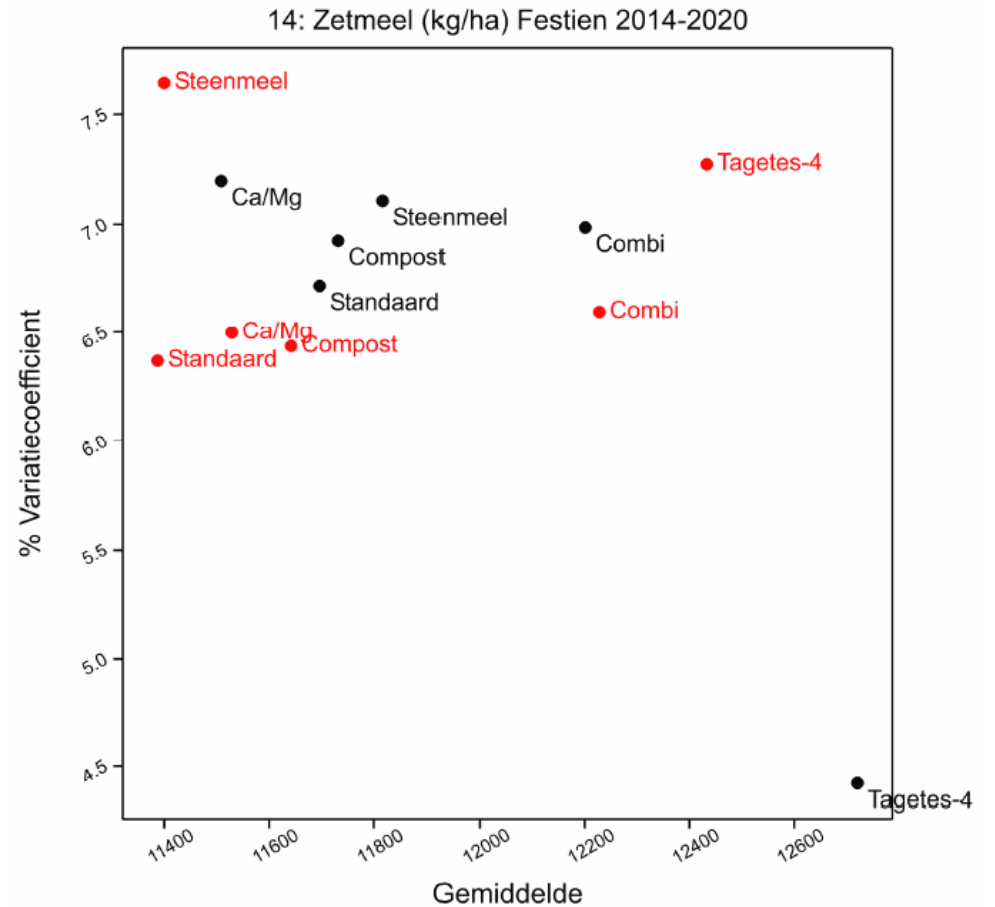
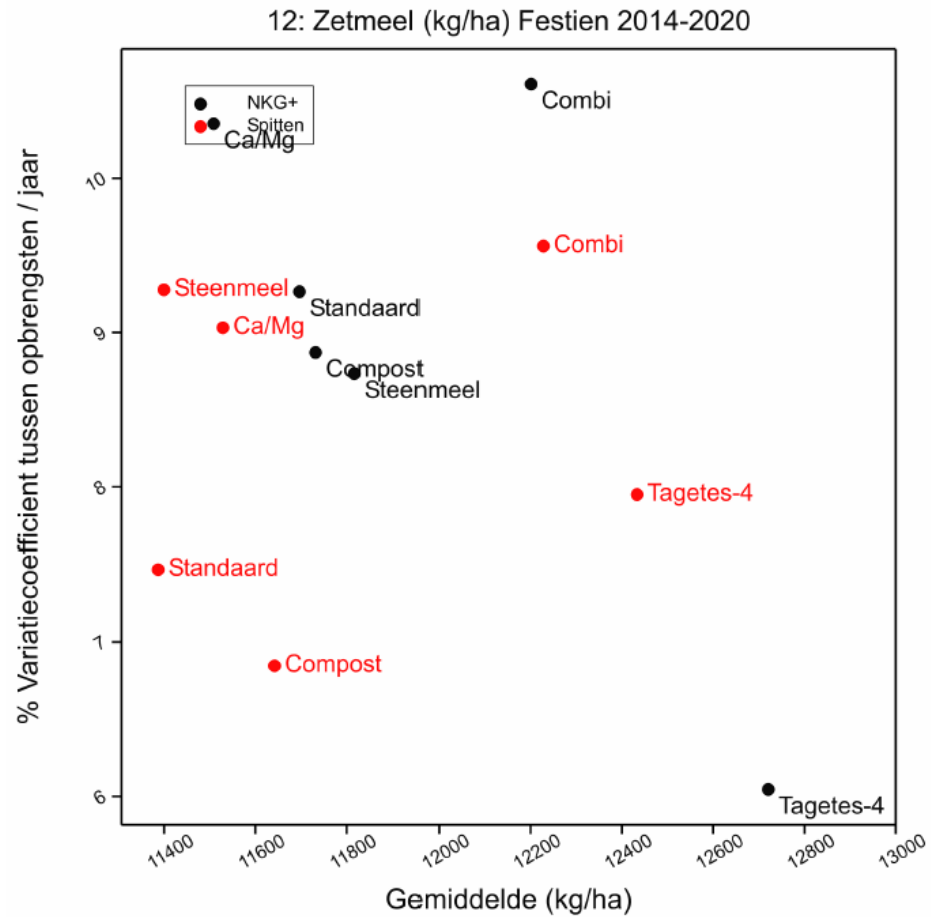
LAAG, GEEN



ST, GEEN

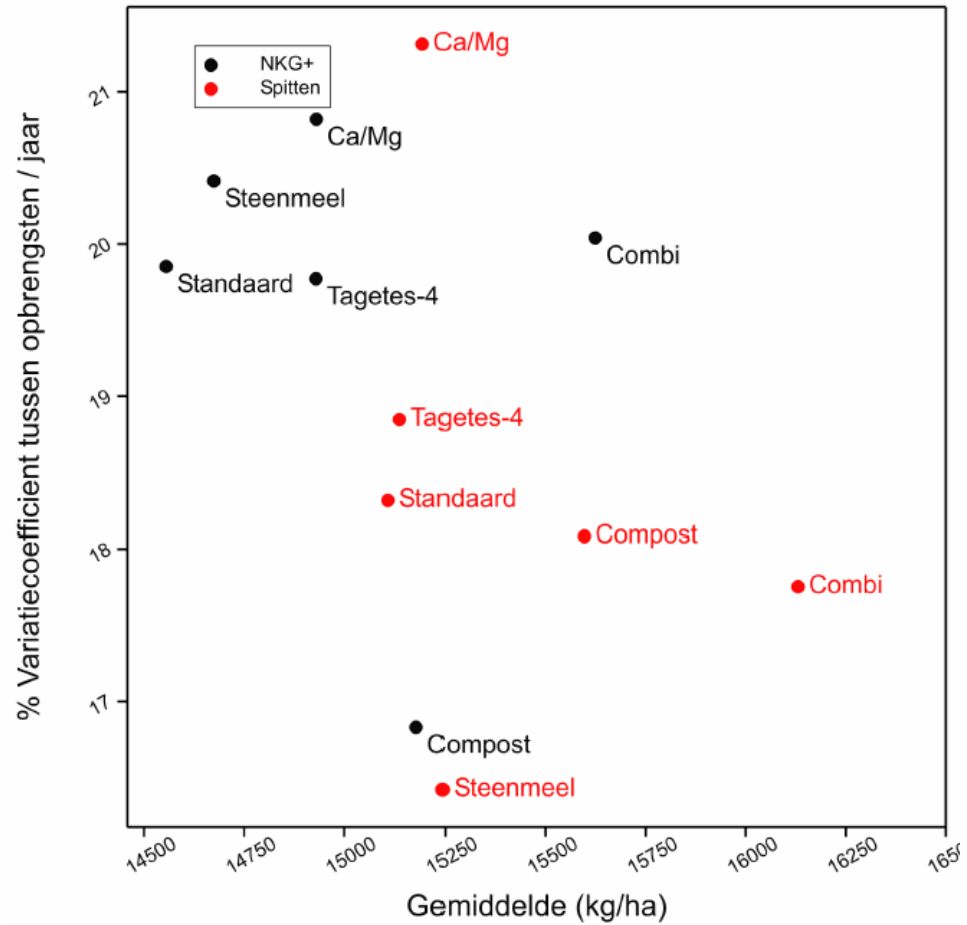


BKV: Niet-detrended vergeleken met detrended



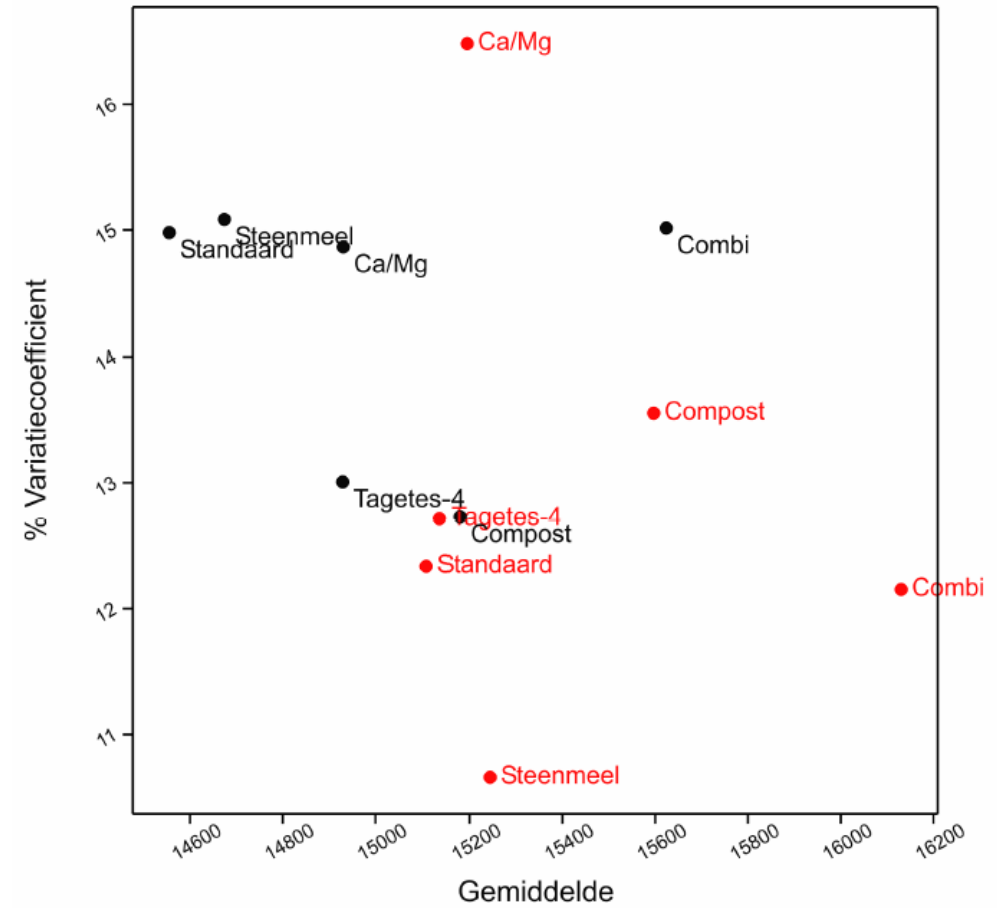
12: Zetmeel (kg/ha) Seresta 2016-2020

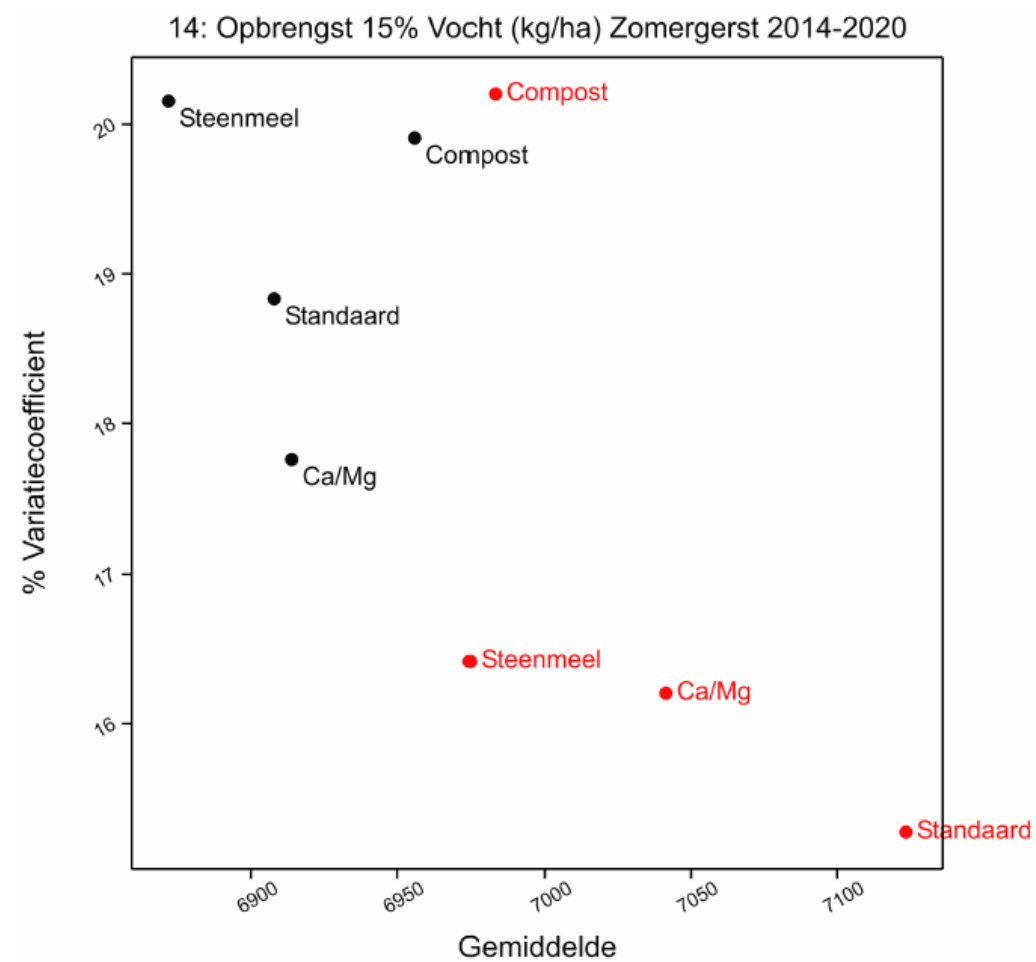
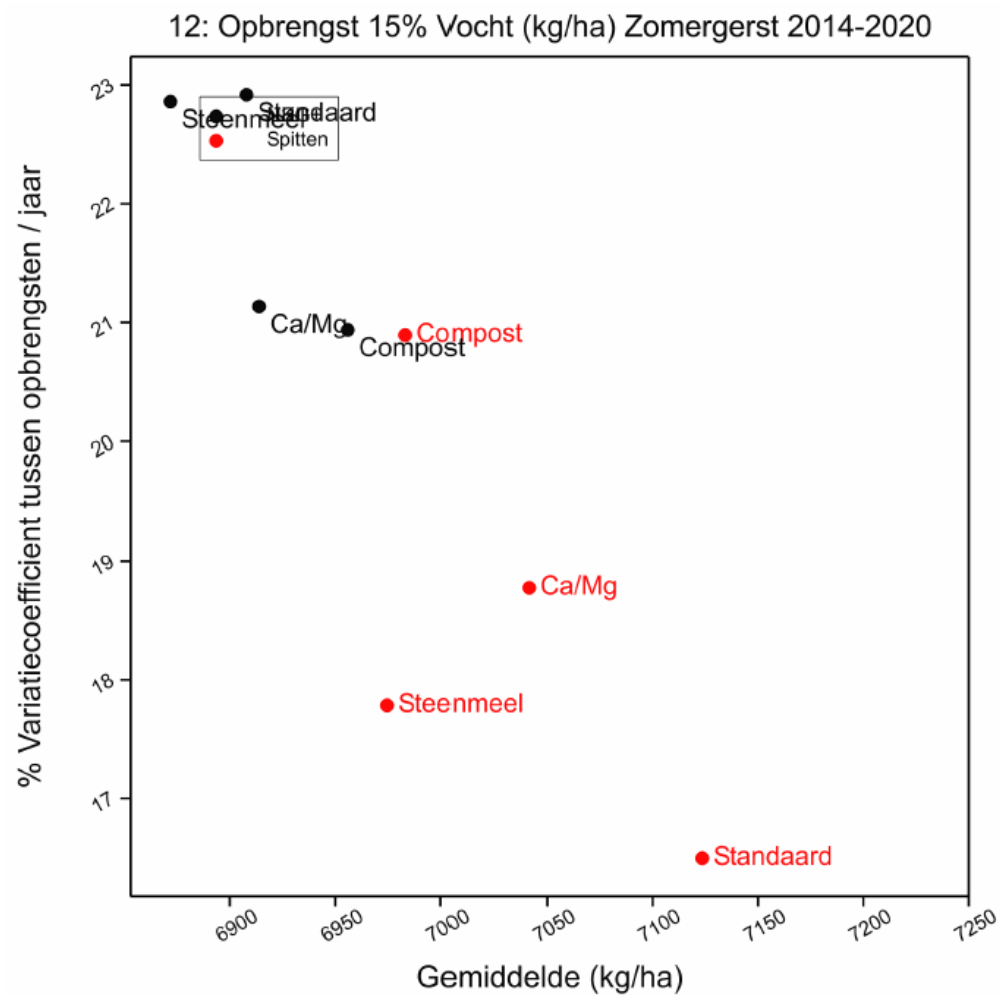
12: Suiker (kg/ha) Suikerbiet 2015-2020



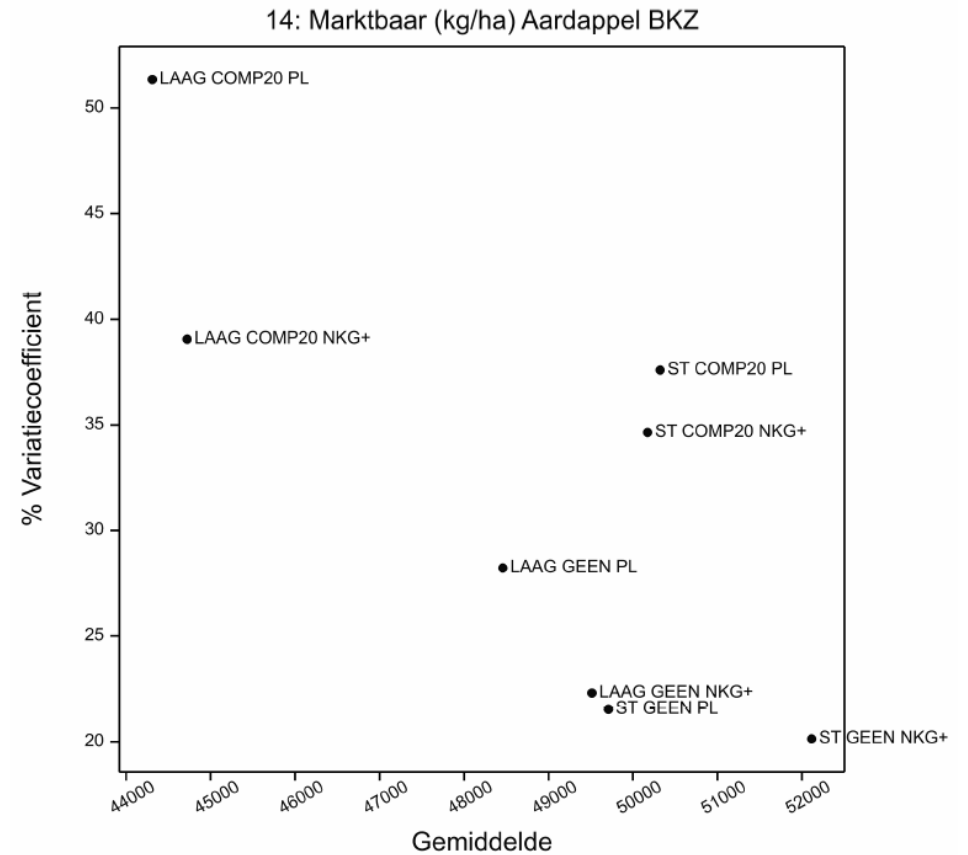
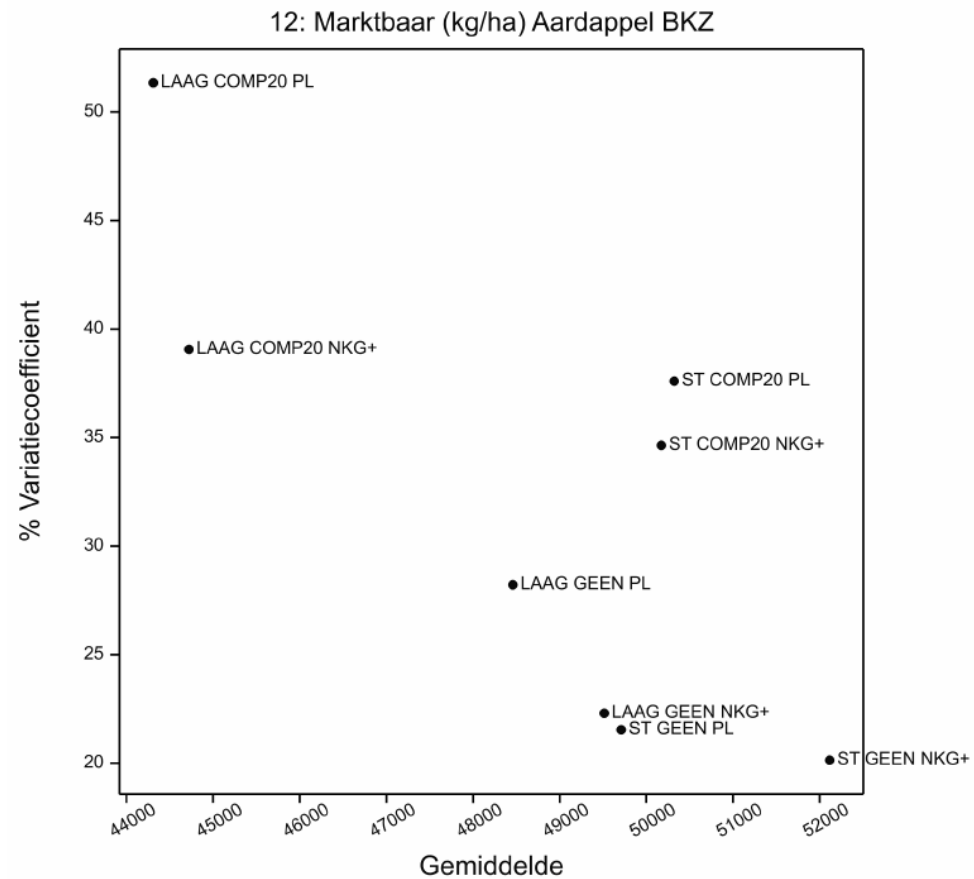
14: Zetmeel (kg/ha) Seresta 2016-2020

14: Suiker (kg/ha) Suikerbiet 2015-2020

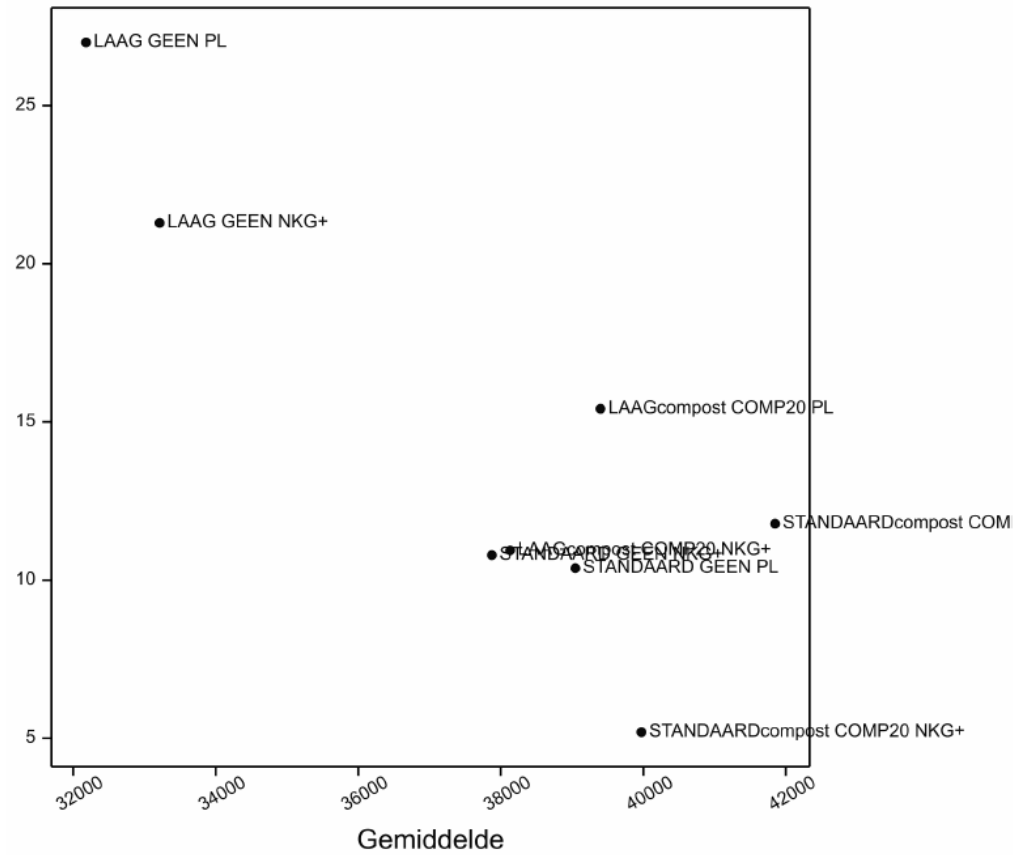




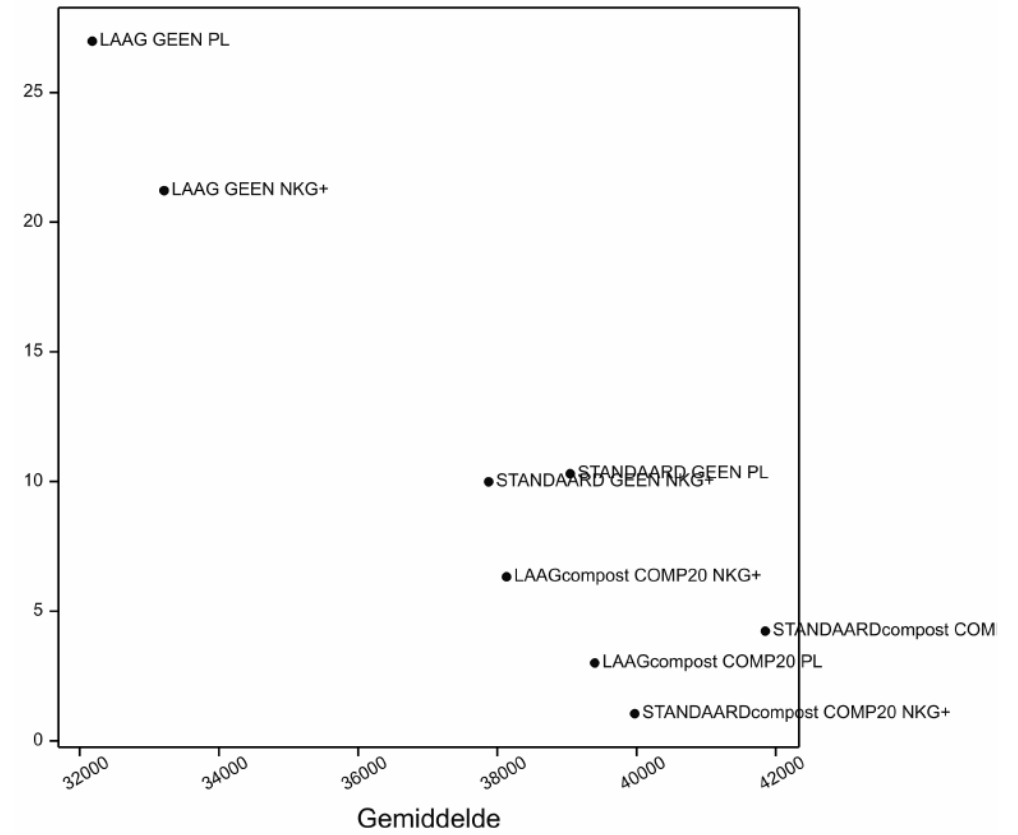
BKZ: Niet-detrended vergeleken met detrended

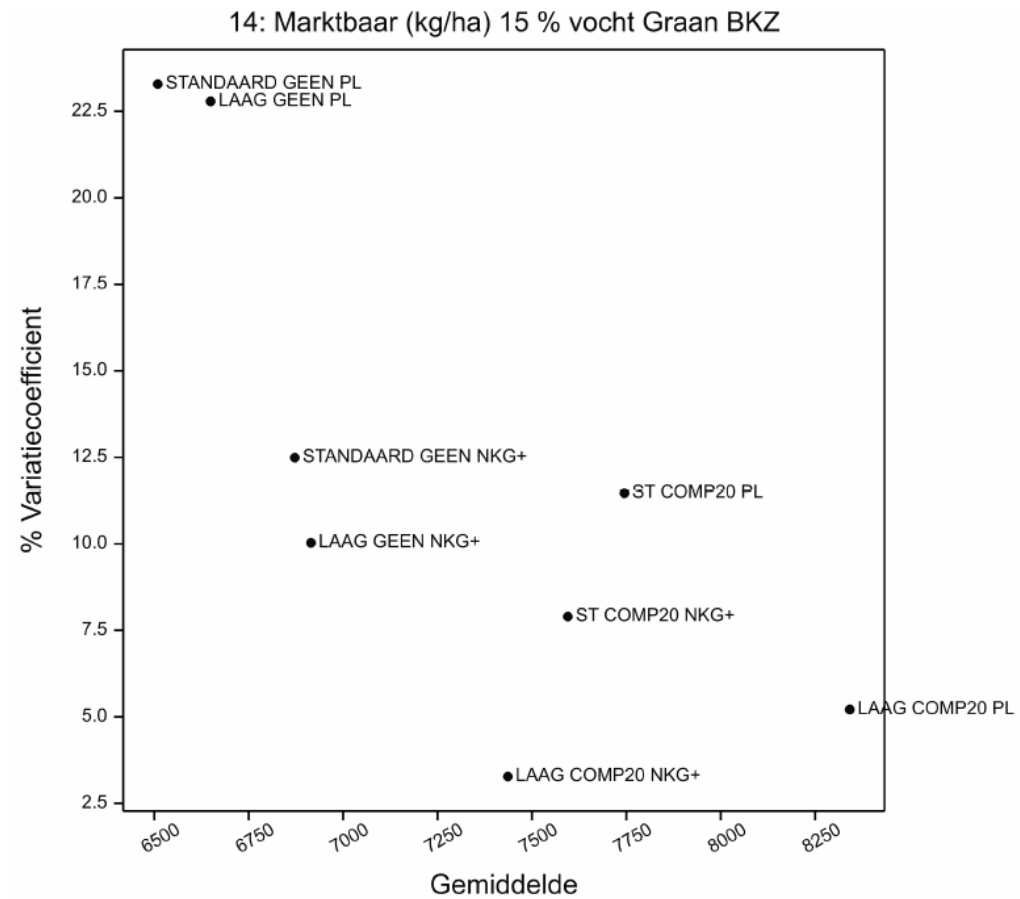
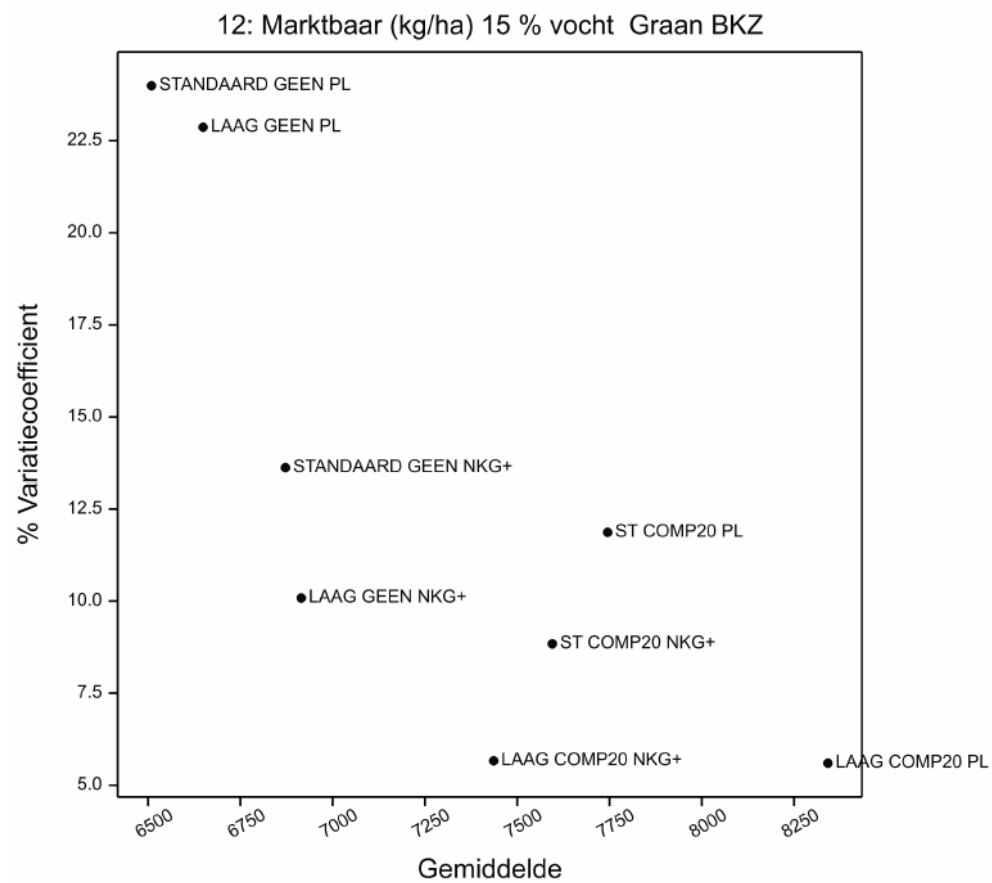


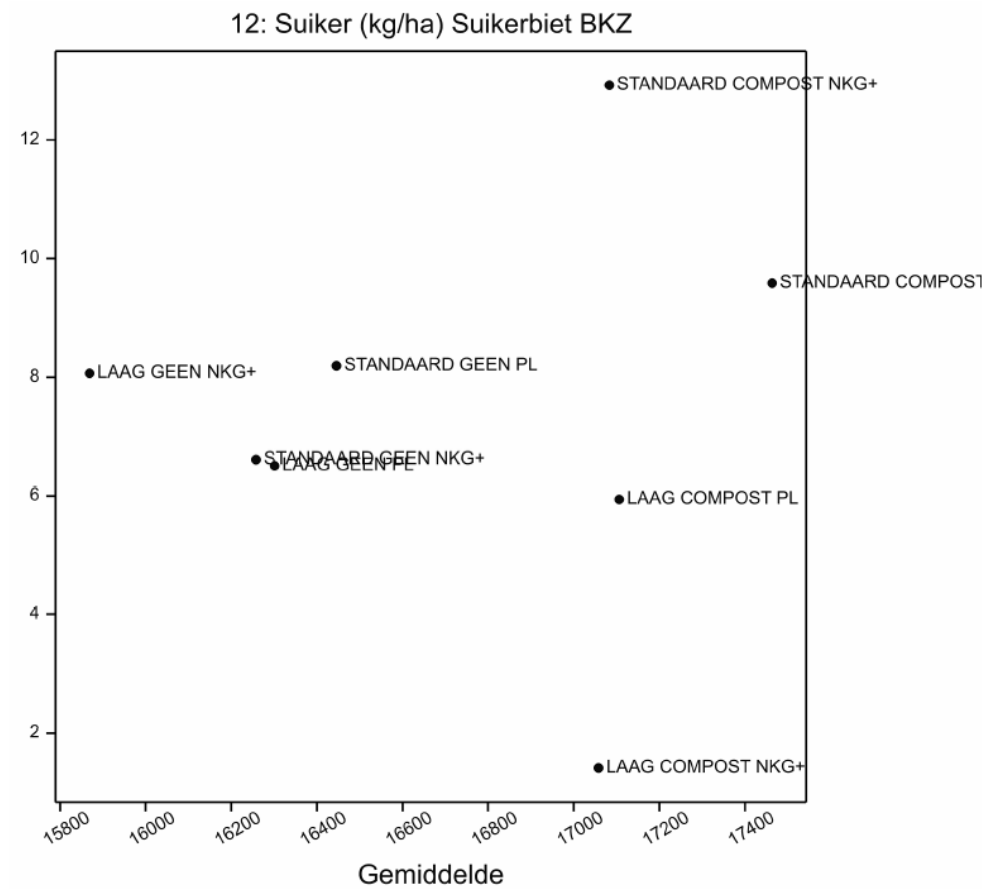
12: Marktbaar (kg/ha) Prei BKZ

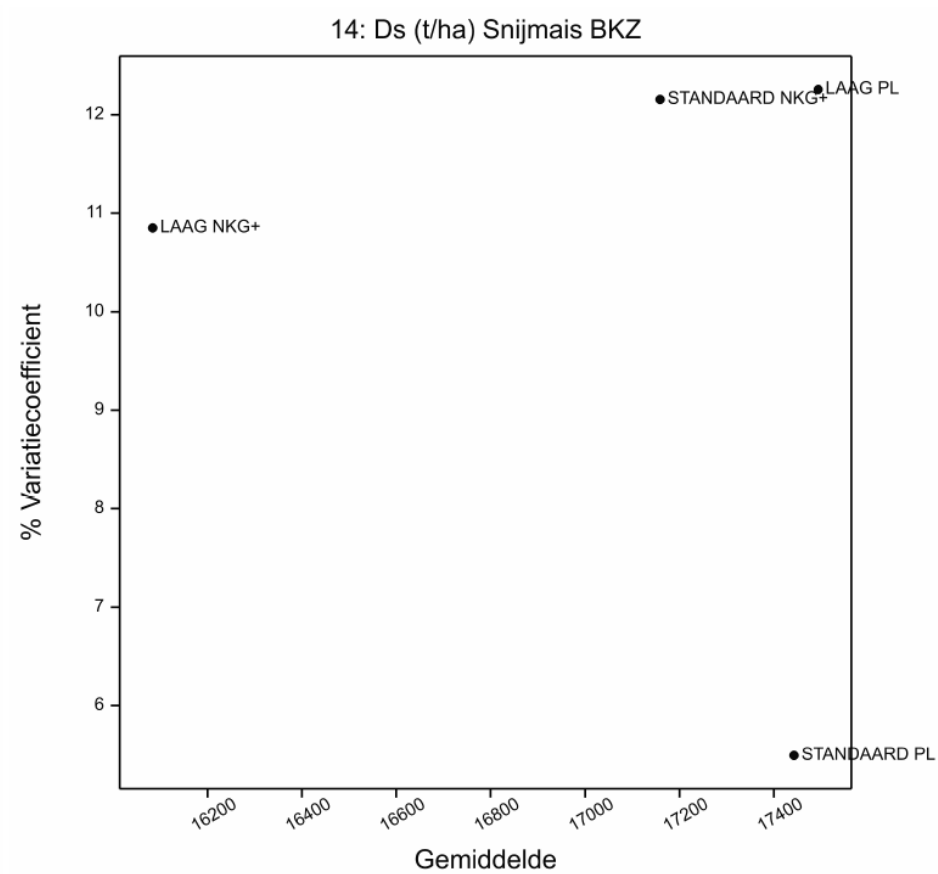
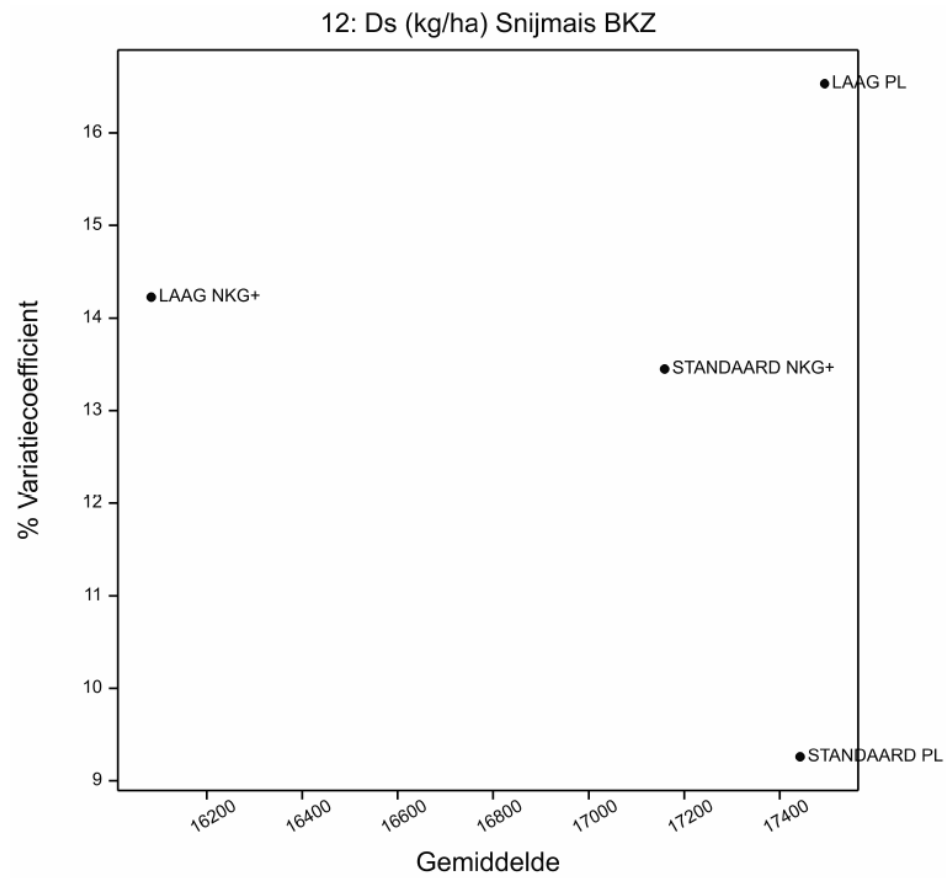


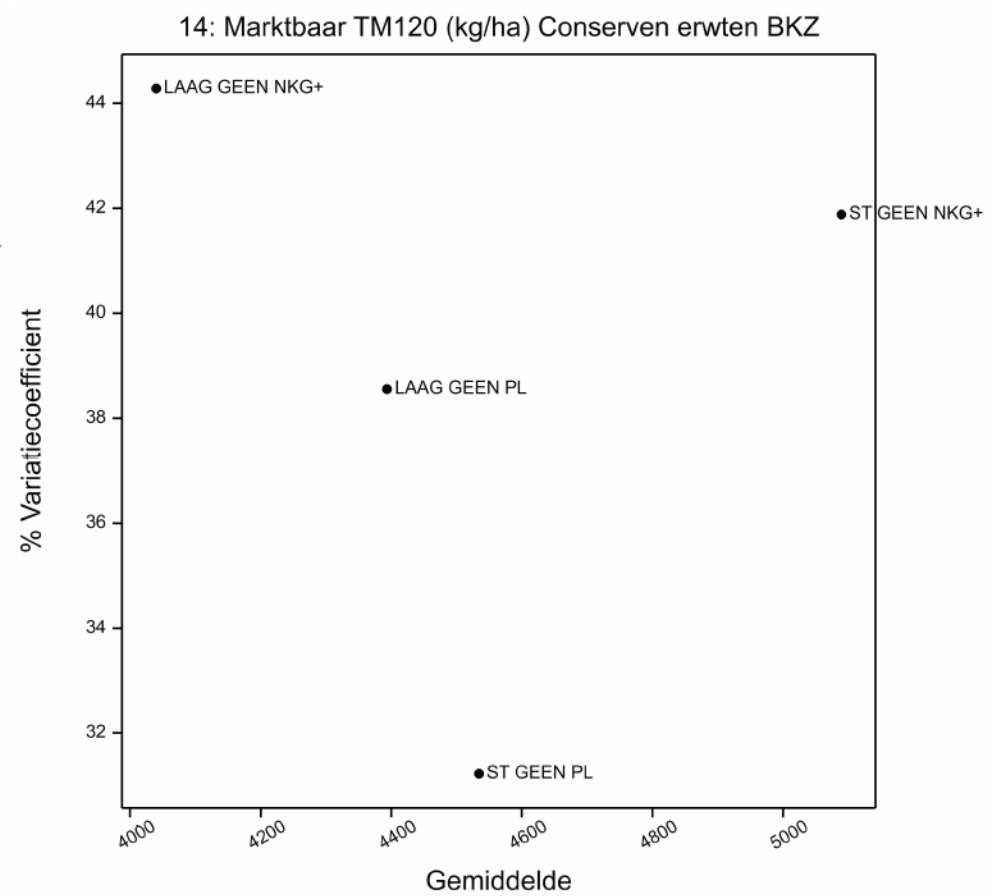
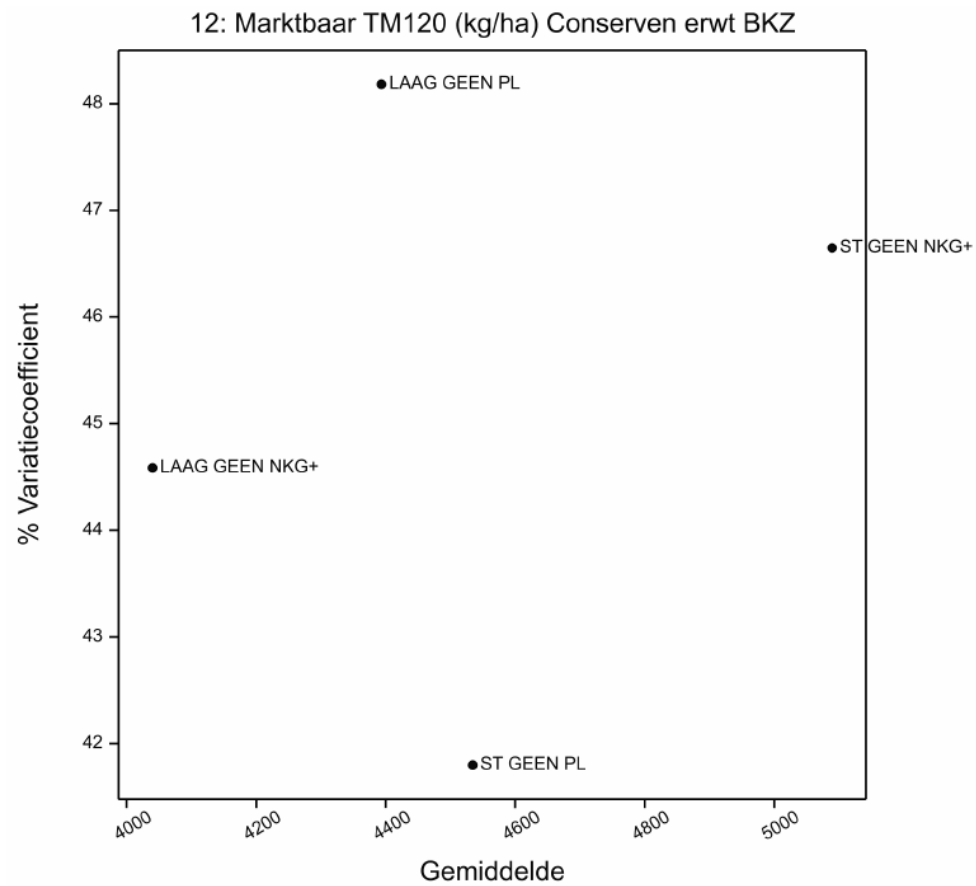
14: Marktbaar (kg/ha) Prei BKZ

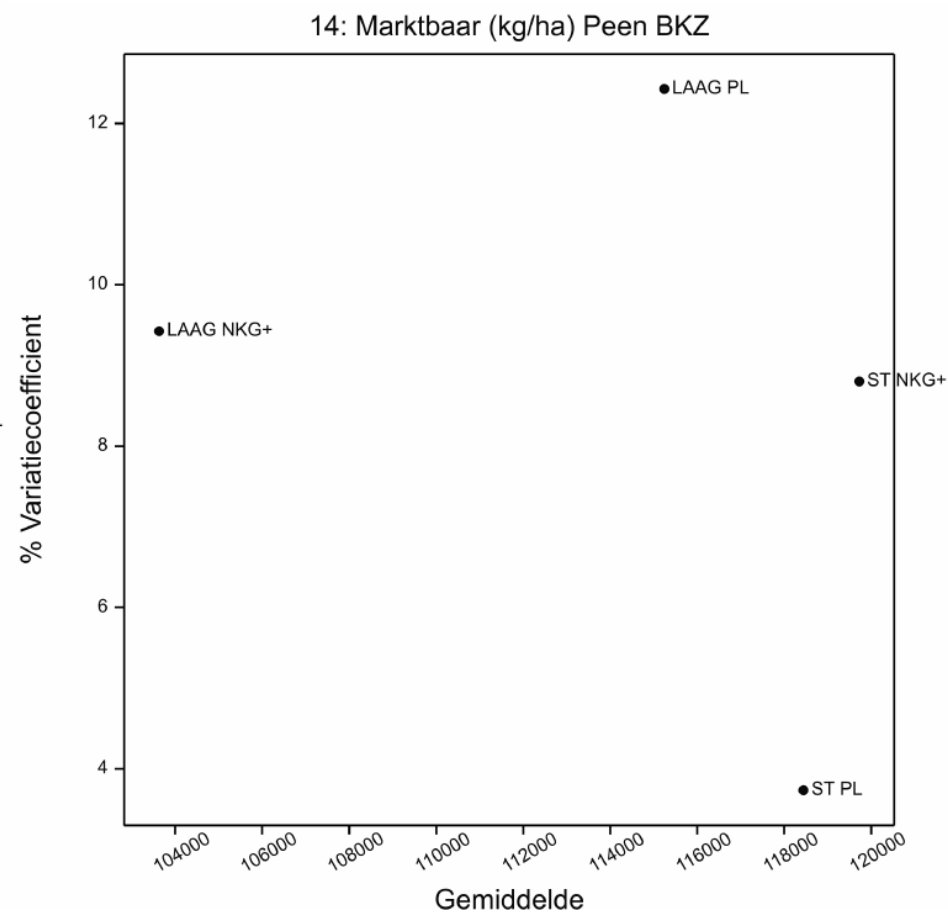
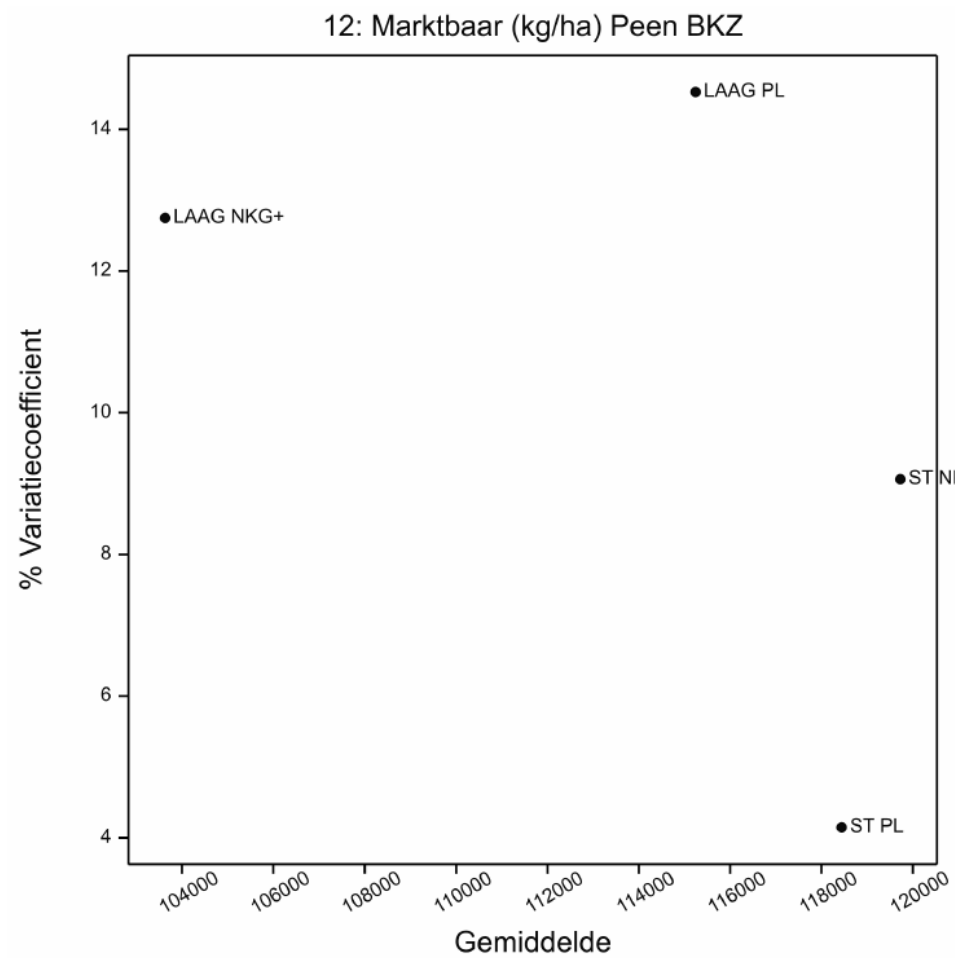












Correspondentieadres voor dit rapport:

Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/plant-research

Rapport WPR-OT-929



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

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



Wageningen University & Research

Open Teelten

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31)320 29 11 11

www.wur.nl/openteelten

Report WPR-OT 929

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