



Studie in opdracht van de Vlaamse Landmaatschappij

Onderzoek naar het beheer van oogstresten bij
vollegrondsgroenten en mogelijkheden van
vanggewassen en teeltrotaties met het oog op de
waterkwaliteitsdoelstellingen van het Actieprogramma
2011-2014 (MAP4).



Agneessens, L., Vandecasteele, B., Van De Sande, T., Goovaerts, E., Crappé, S., Elsen, A., De Neve, S. (2014). 'Onderzoek naar het beheer van oogstresten bij vollegrondsgroenten en mogelijkheden van vanggewassen en teeltrotaties met het oog op de waterkwaliteitsdoelstellingen van het Actieprogramma 2011-2014 (MAP4): Appendices', studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Landmaatschappij (VLM), 286pp.

ISBN: XXX

Leden van het consortium

Universiteit Gent

Laura Agneessens, Stefaan De Neve

ILVO-EV Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek

Bart Vandecasteele, Jarinda Viaene, Louise Carpentier, Jef Van Meensel, Koen Willekens, Donald Dekeyser

Inagro

Tomas Van De Sande

Proefstation voor de Groenteteelt vzw (PSKW)

Ellen Goovaerts, Joris De Nies

Provinciaal Proefcentrum voor de Groenteteelt Oost-Vlaanderen (PCG)

Sara Crappé, Micheline Verhaeghe

Bodemkundige Dienst van België (BDB)

Annemie Elsen

Leden van de stuurgroep

Luc Gallopyn (VLM), Sofie Ducheyne (VLM), Koen Desimpelaere (VLM), Koen Cochez (VLM), Christine Vandierendounck (VLM), Guy Germanes (VLM), Frank Stubbe (VLM), Ria Gielis (VLM), Paul Van Der Sluys (VLM), Bart Debussche (ADLO), Marleen Mertens (ADLO), Pascal Braekman (ADLO), Joost Salomez (LNE-ALBON), Karoline D'Haene (Onderzoeksplatform), Georges Hofman (Onderzoeksplatform), Hanne Buelens (VMM), Kor Van Hoof (VMM), Annelise Bakelants (VMM), Dirk Coomans (CVBB), Raf De Vis (PSKW), Micheline Verhaeghe (PCG), Danny Callens (Inagro), Mia Demeulemeester (Inagro), Erik Van Bockstaele (ILVO), Ann Jamart (Bioforum), Lieven Delanote (PCBT), Guy Depraetere (ABS), Luc Peeters (BelOrta), Ludo Vankelst (BelOrta), Luc Vanoirbeek (Boerenbond), Sibylle Verplaetse (Ministerie Leefmilieu, Natuur en Cultuur), Frans Coussement (Kabinet Landbouw/Visserij/Platteland), Rik Decadt (Veilingen).

Inhoudsopgave

Appendix 1. Afvoeren, intact laten of inwerken van oogstresten	7
A1.1 Aangelegde proefvelden	7
A1.2 Bloemkool voor versmarkt	7
A1.3 Bloemkool voor industrie	15
A1.4 Witte kool voor versmarkt.....	25
A1.5 Witte kool voor industrie.....	28
A1.6 Prei (zandleem, Inagro)	33
A1.7 Bleekselder (leem, BDB)	35
Appendix 2: Onderzaai van een vanggewas.....	39
A2.1 Zandleem (Beitem).....	39
A2.2 Zand (Sint-Katelijne-Waver).....	43
A2.3 EU_Rotate_N simulaties.....	46
A2.4 N-balans onderzaai vanggewas.....	47
A2.5 Algemene bespreking.....	48
A3: N-immobiliserende materialen	50
A3.1 Beitem (zandleem, Inagro)	50
A3.2 Deinze (leem, PCG).....	54
A3.3 N-balans N-immobiliserende materialen	57
A3.4 Algemene bespreking N-immobiliserende materialen	57
Appendix 4: In situ stabilisatie.....	60
Appendix 5: Alternatieve gewasrotaties.....	65
A5.1 Zandleem (Handzame, Inagro).....	66
A5.2 Leem (Zwevegem, PCG).....	77
A5.3: Zand (Eikevliet, PSKW).....	88
A5.4 Scenario-analyse	99
Appendix 6: Praktijkuitvoering alternatieve beheeropties	107
A6.1 Afvoeren oogstresten.....	107
A6.2. Intact laten/ inwerken: bloemkool (industrie).....	109
A6.3 Intact laten / inwerken: bloemkool (versmarkt).....	110
A6.4 Intact laten / immobiliserende materialen: bloemkool	111
A6.5 Immobiliserende materialen: venkel	113
A6.6 Immobiliserende materialen / gewenten: bloemkool	115

A6.7 Immobiliserende materialen / gewenten: gele mosterd	117
A6.8 Immobiliserende materialen / gewenten: radicchio.....	120
A6.9 Machinale afvoeren van oogstresten van groenten	122
A6.10 Enquête alternatieve beheeropties	140
A6.11 Enquête valorisatie oogstresten van groenten.....	142
Appendix 7. Statistische analyse van de veldproefresultaten.....	148
A7.1 Werkwijze	148
A7.2 Afvoeren/ intact laten/ inwerken oogstresten	150
A7.3 N-immobiliserende materialen.....	163
A7.4. Onderzaai.....	163
A7.5 In situ stabilisatie	165
A7.6 Alternatieve gewasrotaties.....	165
A7.7 Bodemkwaliteit.....	187
Appendix 8: Composteren van oogstresten van groenten	190
A8.1 Proefopzet eerste proefjaar	191
A8.2 Proefopzet tweede proefjaar.....	203
A8.3 Proefopzet extra proef in tweede proefjaar.....	215
A8.6 Referenties.....	224
Appendix 9: Inkuilen van oogstresten van groenten	226
A9.1 Proefopzet inkuilen van het eerste proefjaar	226
A9.2 Analyse van de uitgangsmaterialen eerste proefjaar	228
A9.3 Staalname van de kuilen eerste proefjaar.....	231
A9.4 Analyse van de kuilen eerste proefjaar	232
A9.5 Massabalans en sapverliezen eerste proefjaar.....	236
A9.6 Beoordeling van de gebruikswaarde van het ingekuilde product	237
A9.7 Proefopzet kuilen van het tweede proefjaar	243
A9.8 Analyse van de uitgangsmaterialen tweede proefjaar.....	245
9.9 Staalname van de kuilen van het tweede proefjaar.....	247
9.10 Analyse van de kuilen van het tweede proefjaar	248
9.11 Beoordeling van de gebruikswaarde van het ingekuilde product van het tweede proefjaar	250
9.12 Massabalans en sapverliezen eerste proefjaar.....	253
9.13 Beoordeling van de gebruikswaarde van het ingekuilde product.....	254
9.14 Conclusies	256

Appendix 10: Economische evaluatie alternatieve beheeropties	259
A10.1 Definities.....	259
A10.2 Introductie	260
A10.3 Opzet	260
A10.4 Partiële budgettering	263
A10.6 Vaste kosten	277
A10.7 Conclusie.....	279
A10.8 Bronnenlijst.....	281
Appendix 11: Aanvraag afwijking op vergunningsvoorwaarden compostering op het ILVO in het kader van proefopzet compostering van oogstresten op de kopakker.....	283
A11.1 Context en socio-economische relevantie van de composteringsproeven met oogstresten	283
A11.3 Emissiemetingen en emissiebeperkende maatregelen tijdens de proefopzet	284
A11.4 Voorwerp van de aanvraag tot afwijking van de vergunningsvoorwaarden.....	284
A11.5 Verloop van de vergunningsprocedure	284
A11.6 Referenties.....	286



Appendix 1:

Afvoeren, intact laten of inwerken van oogstresten

Medewerkers

Universiteit Gent

Laura Agneessens, Stefaan De Neve

ILVO-EV Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek

Bart Vandecasteele, Donald Dekeyser

Inagro

Tomas Van De Sande

Proefstation voor de Groenteteelt vzw (PSKW)

Ellen Goovaerts, Joris De Nies

Provinciaal Proefcentrum voor de Groenteteelt Oost-Vlaanderen (PCG)

Sara Crappé, Micheline Verhaeghe

Bodemkundige Dienst van België (BDB)

Annemie Elsen

Appendix 1. Afvoeren, intact laten of inwerken van oogstresten

Voor een samenvatting van de proefopzet en –resultaten wordt verwezen naar Deel 1. De haalbaarheid van machinale afvoer en valorisatiemogelijkheden van oogstresten worden besproken in Deel 2. De economische evaluatie wordt beschreven in Appendix 10.

A1.1 Aangelegde proefvelden

Het potentieel van het afvoeren of intact laten van oogstresten met betrekking tot het verminderen van N-verliezen gedurende de winter werd geëvalueerd voor volgende teelten:

- Bloemkool voor versmarkt: Oppuurs (zand), Puurs (zand) en Liezele (zand)
- Bloemkool voor industrie: Beitem (zandleem), Ardooie 2012 en 2013 (zandleem)
- Witte kool voor versmarkt: Waarloos (zand)
- Witte kool voor industrie: te Beitem (zandleem), Meulebeke (zandleem)
- Prei: te Handzame (zandleem)
- Bleekselder: te Staden (zandleem)

Na oogst werden de oogstresten (manueel) verwijderd, intact gelaten of ingewerkt.

A1.2 Bloemkool voor versmarkt

A1.2.1 Oppuurs (zand, BDB)

De invloed van inwerken, intact laten en volledige afvoer van oogstresten op het bodem mineraal N-gehalte werd geëvalueerd met oogstresten van bloemkool te Oppuurs (Tabel 2).



Figuur 1: Detail van de oogstresten na bloemkooloogst op het proefveld te Oppuurs

A1.2.1.1 Meteorologische gegevens

Tabel 1: Meteorologische gegevens per maand voor het proefveld te Oppuurs (weergegevens van het meetstation te Melsele).

Maand	Gemiddelde Temp. °C	Max. temp. °C	Min. Temp. °C	Cumulatieve neerslag mm
08/12	19,6	24,2	15,4	40
09/12	15,1	19,5	11,6	51
10/12	11,7	15,0	8,3	80
11/12	7,6	10,2	4,7	34
12/12	5,1	7,3	3,0	135
01/13	2,6	5,9	-0,5	20
02/13	2,2	4,3	0,1	57
03/13	3,6	6,4	0,4	34
04/13	9,2	13,3	5,4	21

A1.2.1.2 Proefopzet en -gegevens

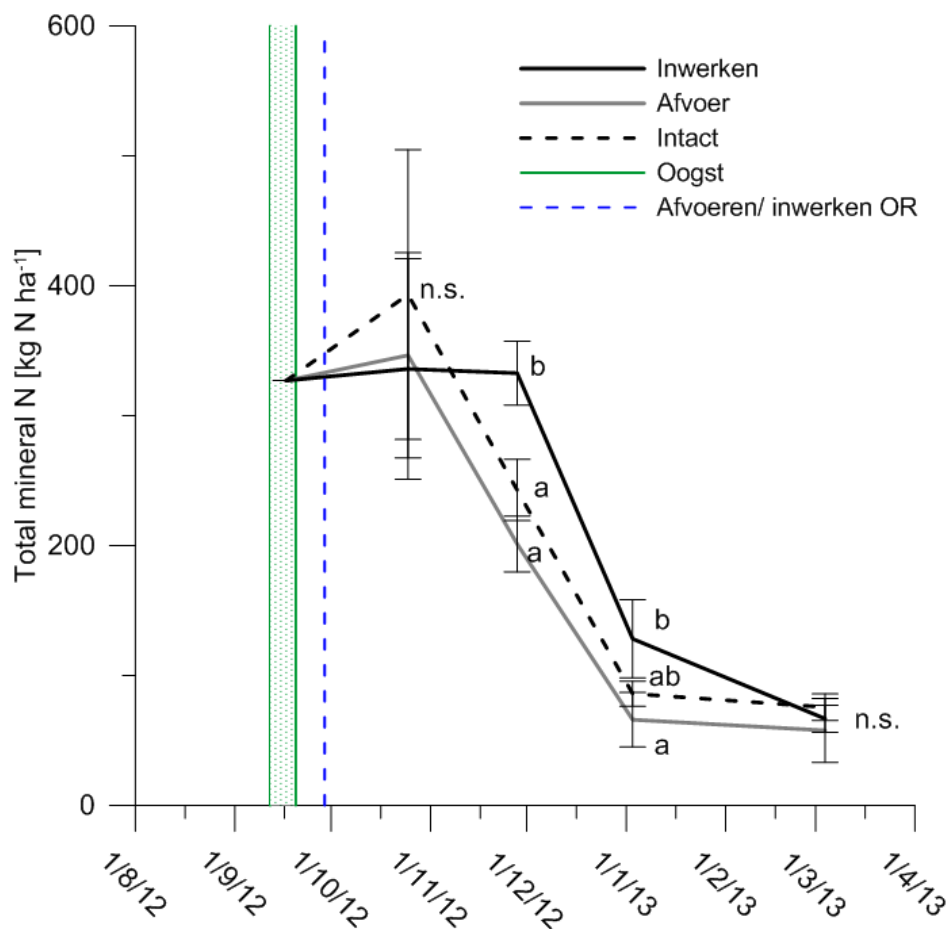
Tabel 2: Informatie betreffende het 'afvoeren/ intact laten/ inwerken'-proefveld bloemkool te Oppuurs.

<i>Teelt</i>	bloemkool
<i>Bodemtextuur</i>	zand
<i>Plantdatum</i>	06/08/2012
<i>Oogstdatum</i>	12-20/09/2012
<i>Afvoer en inwerken oogstresten</i>	20/9/2012
<i>Behandelingen</i>	(i) inwerken oogstresten (ii) afvoeren oogstresten (iii) intact laten oogstresten
<i>Partner</i>	BDB

De hoeveelheid oogstresten bedroeg op het moment van inwerken 15 ton ha⁻¹ met een N-gehalte van 83 kg N ha⁻¹ (Tabel 3). De bloemkool werd geteeld voor de versmarkt waardoor de oogst verspreid gebeurde. Hierdoor waren sommige oogstresten op het moment van inwerken al in vergevorderde staat van ontbinding terwijl andere nog vers waren. Dit verklaart ook de relatief lage hoeveelheid oogstresten en N-inhouden bij de start van de proef. Na de wintermaanden waren de oogstresten welke achtergelaten waren op het veld zeer verregaand afgebroken en bleef een verwaarloosbare biomassa over.

Tabel 3: Gemiddelde hoeveelheid en N-, en P-gehalte van oogstresten van bloemkool te Oppuurs verzameld op 17/09/2012 (4 herhalingen). De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes.

Oogstrest	Biomassa [ton ha ⁻¹]	N-gehalte [kg N ha ⁻¹]	P-gehalte [kg P ha ⁻¹]	N:P
Blad	13 (1)	77 (14)	16 (2)	4,7 (1,7)
Stronk	2 (0,1)	6 (1)	2 (0,2)	2,9 (0,6)
Totaal	15 (1)	83 (14)	18 (2)	4,5 (0,9)



Figuur 2: Gemiddeld bodem mineraal N gehalte met standaardafwijking (4 herhalingen) in de 0-90cm bodemlaag van een proefveld bloemkool te Oppuurs.

A1.2.1.3 Bespreking resultaten

Het bodem mineraal N-gehalte was duidelijk hoger waar de oogstresten werden ingewerkt vergeleken met afvoeren of intact laten van de oogstresten, maar slechts vanaf 2 maanden na

inwerkingsdatum (Figuur 2). Op het moment van inwerken van de oogstresten, waren de oogstresten die intact op het veld bleven reeds in een vergevorderd stadium van afbraak en namen dus niet verder N op. Dit in tegenstelling tot het proefveld te Beitem (A1.3.1) waar wel nog een verdere N-opname door de intact gelaten oogstresten van bloemkool plaatsvond, maar waar het echter om industriebloemkool ging.

A1.2.2 Puurs (zand, PSKW)

Te Puurs werden verschillende beheersopties geëvalueerd met oogstresten van bloemkool (Tabel 5).



Figuur 3: Korte termijn proef betreffende afvoer oogstresten te Puurs op 22/10/2012

A1.2.2.1 Meteorologische gegevens

Tabel 4: Meteorologische gegevens per maand voor het proefveld te puurs

Maand	Gemiddelde Temp.	Max. temp.	Min. Temp.	Cumulatieve neerslag
	°C	°C	°C	mm
08/12 ^a	19,2	24,3	14,3	36
09/12	14,4	19,3	9,5	35
10/12	11,0	15,1	7,1	87
11/12	7,2	10,1	3,9	35
12/12	5,5	7,7	3,4	177
01/13	2,2	4,4	-0,3	54

02/13	1,7	3,9	-0,4	35
03/13	3,0	6,1	-,03	33
04/13	9,3	13,2	4,4	22

A1.2.2.2 Proefopzet

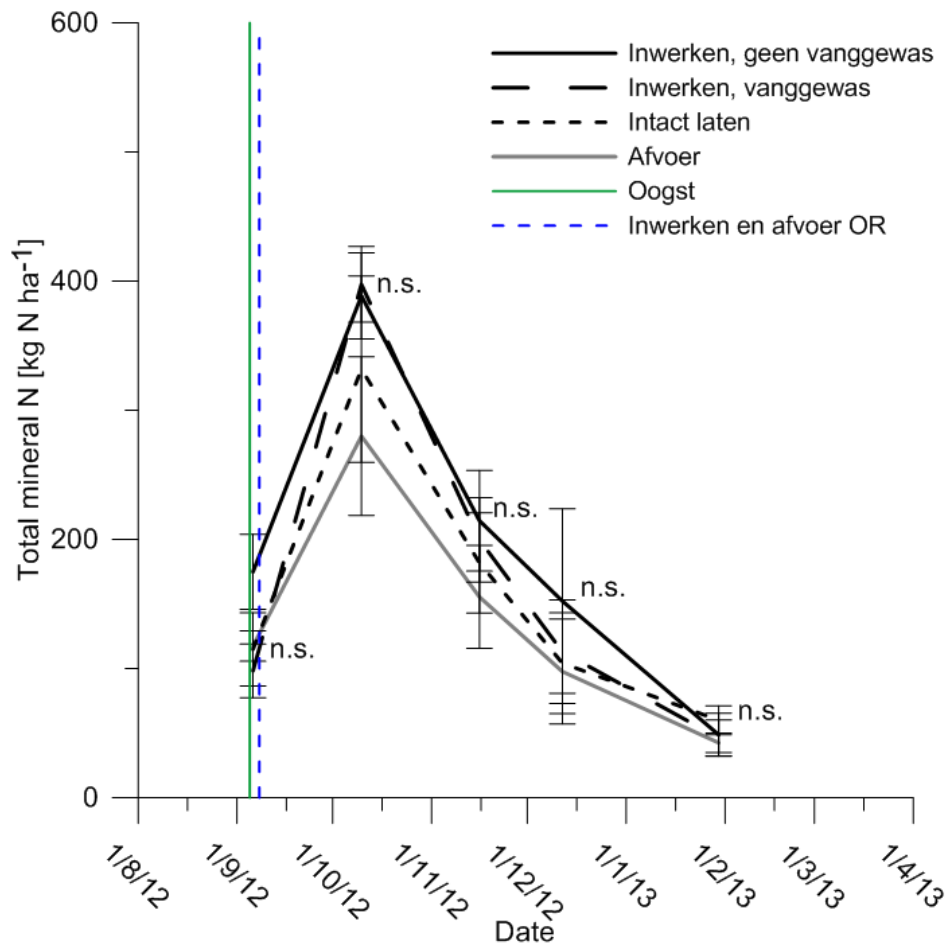
Invloed van afvoeren/ niet-afvoeren, niet-inwerken/inwerken al of niet gevolgd door inzaai van een groenbedekker werd geëvalueerd in een proefveld bloemkool te Puurs (Tabel 5).

Tabel 5: Informatie betreffende het proefveld bloemkool te Puurs

<i>Teelt</i>	bloemkool
<i>Bodemtextuur</i>	zand
<i>Plant bloemkool</i>	26/06/2012
<i>Oogst bloemkool</i>	20/08/2012
<i>Afvoer oogstresten</i>	05/09/2012
<i>Inwerken oogstresten</i>	08/09/2012
<i>Behandelingen</i>	(i) afvoer oogstresten (ii) inwerken oogstresten, geen inzaai rogge (iii) inwerken oogstresten, gevolgd door inzaai rogge (iv) intact laten oogstresten
<i>Partner</i>	PSWK

Tabel 6: Gemiddelde biomassa, N-, en P-gehalte per plantdeel (4 herhalingen) voor het proefveld bloemkool te puurs. De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes.

Oogstrest	Biomassa [ton ha ⁻¹]	C – gehalte [kg C ha ⁻¹]	N – gehalte [kg N ha ⁻¹]	P – gehalte [kg P ha ⁻¹]	C:N	N:P
blad	15 (2)	753 (65)	34 (6)	3,6 (0,3)	22,4 (4,7)	9,3 (1,9)
wortel	8 (1)	783 (77)	31 (8)	3,5 (0,4)	25,5 (7,2)	8,8 (2,5)
Totaal	22 (2)	1536 (100)	65 (11)	7,2 (0,4)	23,8 (8,6)	9,0 (3,1)



Figuur 4: Gemiddeld bodem mineraal N gehalte met standaardafwijking (4 herhalingen) in de 0-90cm bodemlaag van een proefveld bloemkool te Puurs.

A1.2.2.3 Bespreking resultaten

Bij aanvang van de proef was het bodem mineraal N-gehalte bij inwerken, zonder vanggewas hoger dan bij de andere behandelingen. Omwille van het gebruik van herbiciden was de opkomst van het vanggewas zeer beperkt. Gedurende de duur van de proef waren de bodem minerale N-gehalten waar de oogstresten werden ingewerkt, al of niet gevolgd door een vanggewas, steeds gelijkaardig. Dit laat toe om toch de invloed van inwerken van oogstresten op bodem mineraal N-gehalte te vergelijken met het intact laten of afvoeren van oogstresten.

Hoewel geen significante verschillen bekomen werden, konden toch enkele trends in bodem mineraal N-gehalte voor de verschillende behandelingen worden afgeleid. De laagste waarden werden geobserveerd na volledige afvoer van oogstresten, gevolgd door intact laten van de oogstresten (Figuur 4). Gelijkaardige resultaten werden bekomen voor het proefveld bloemkool te Oppuurs (A1.2.1).

A1.2.3 Liezele (zand, PSKW)

Invloed van het al of niet afvoeren en al of niet inwerken van oogstresten werd geëvalueerd voor oogstresten bloemkool te Liezele (Tabel 8).



Figuur 5: Het proefveld bloemkool te Liezele op 22/10/2012.

A1.2.3.1 Meteorologische gegevens

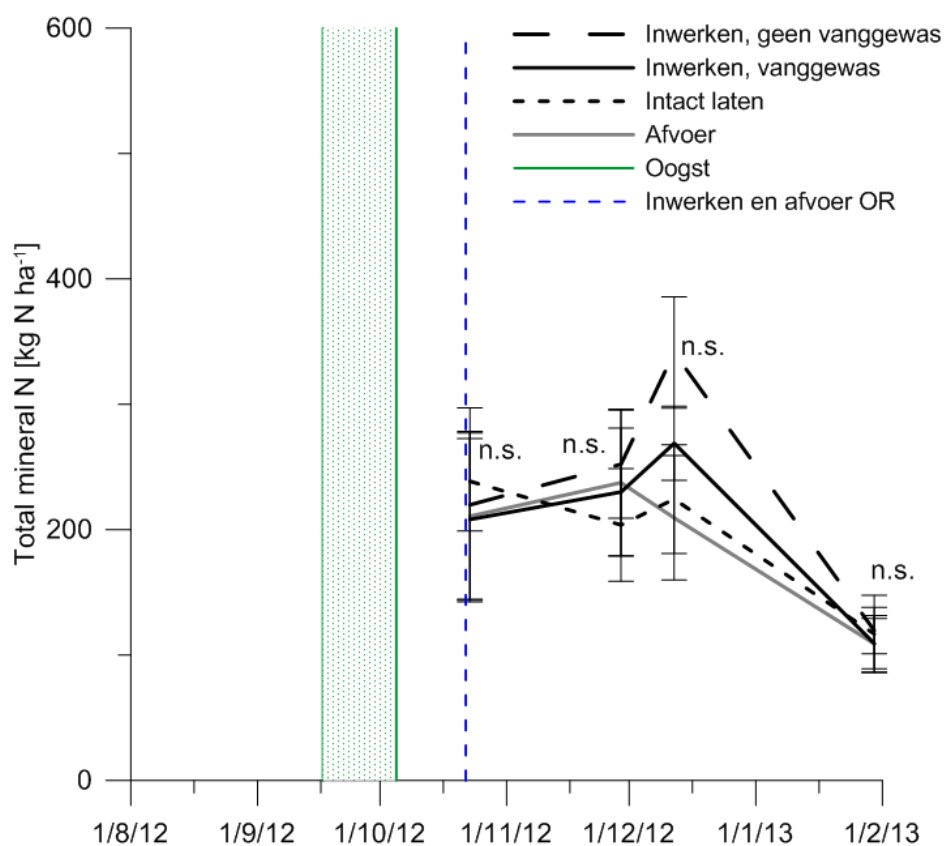
Tabel 7: Meteorologische gegevens per maand voor het proefveld te liezele (weergegevens van het meetstation te Puurs).

Maand	Gemiddelde Temp.	Max. temp.	Min. Temp.	Cumulatieve neerslag
	°C	°C	°C	mm
08/12	19,2	24,3	14,3	36
09/12	14,4	19,3	9,5	35
10/12	11,0	15,1	7,1	87
11/12	7,2	10,1	3,9	35
12/12	5,5	7,7	3,4	177
01/13	2,2	4,4	-0,3	54
02/13	1,7	3,9	-0,4	35
03/13	3,0	6,1	-0,3 ^a	33
04/13	9,3	13,2	4,4 ^a	22

A1.2.3.2 Proefopzet en -gegevens

Tabel 8: Informatie betreffende het proefveld bloemkool te Lizele

<i>Teelt</i>	bloemkool
<i>Bodemtextuur</i>	zand
<i>Plantdatum bloemkool</i>	12/06/2012
<i>Oogstdatum bloemkool</i>	17/09/2012 en 05/10/2012
<i>Afvoer en inwerken oogstresten</i>	22/10/2012
<i>Verschillende behandelingen</i>	(i) afvoer oogstresten (ii) inwerken oogstresten, geen inzaai rogge (iii) inwerken oogstresten, gevolgd door inzaai rogge (iv) intact laten oogstresten
<i>Partner</i>	PSWK



Figuur 6: Gemiddeld bodem mineraal N gehalte met standaardafwijking (4 herhalingen) in de 0-90cm bodemlaag van een proefveld bloemkool te Lizele.

Tabel 9: Gemiddelde hoeveelheid biomassa en C-, N-, en P-gehalte van de oogstresten van bloemkool (4 herhalingen) te Liezele. De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes.

Oogstrest	Biomassa [ton ha ⁻¹]	C – gehalte [kg C ha ⁻¹]	N – gehalte [kg N ha ⁻¹]	P – gehalte [kg P ha ⁻¹]	C:N	N:P
blad	34 +/- 6	3752 (328)	194 (63)	40 (8)	19 (7)	5 (2)
wortel	5 +/- 1	540 (54)	16 (5)	3 (1)	34 (12)	6 (3)
Totaal	39 +/- 6	4292 (333)	210 (63)	43 (8)	27 (13)	5 (3)

A1.2.3.3 Bespreking resultaten

Voor het malen werden de gedroogde bloemkoolbladeren gezeefd om aarde te verwijderen uit het staal, maar toch was het ruwe asgehalte > 50% . Het hoge N-gehalte van de bladeren kan aldus een overschatting zijn (Tabel 9).

Een stijging in bodem mineraal N-gehalte na mineralisatie van de ingewerkte oogstresten werd pas tussen begin en eind december geobserveerd. De hoogste bodem minerale N gehalten werden gemeten bij de behandeling 'inwerken, geen inzaai rogge'. Wanneer de groenbedekker wel werd ingezaaid, lagen de bodem minerale N waarden lager (Figuur 6). Ondanks het late inzaaitijdstip (22/10/2012) lijkt het vanggewas hier wel in staat N op te nemen. Dit in tegenstelling tot rogge ingezaaid op 14/09 te Meulebeke en rogge ingezaaid op 19/10 te Waarloos, waar er een zeer beperkt opkomst was van het vanggewas. De oogstresten achtergelaten op het veld lijken tijdelijk nog verder N op te nemen. Eind januari werden lagere bodem minerale N-gehalten geobserveerd voor alle behandelingen en verplaatste het nitraat zich naar diepere bodemlagen wat wijst op uitspoeling.

A1.3 Bloemkool voor industrie

A1.3.1 Beitem (zandleem, Inagro)

Op het proefveld aangelegd te Beitem in een teelt bloemkool werden verschillende beheersopties geëvalueerd, nl. het al of niet afvoeren en al of niet inwerken van oogstresten, toediening van immobiliserende materialen en onderzaai vanggewassen (Figuur 7). Er werd geoogst zoals voor de industrie, bol, blad en steel apart. Hier worden de resultaten van het al of niet afvoeren en al of niet inwerken van oogstresten gegeven (Tabel 11). De resultaten van toediening van immobiliserende materialen wordt besproken in sectie 3.2.



Figuur 7: Korte termijnproefveld te Beitem op 17/10/2012.

A1.3.1.1 Meteorologische gegevens

Tabel 10: Meteorologische gegevens per maand voor het proefveld te Beitem.

Maand	Gemiddelde Temp. °C	Max. temp. °C	Min. Temp. °C	Cumulatieve neerslag mm
08/12	18,0	23,5	12,8	42
09/12	13,9	19,1	8,9	28
10/12	10,5	14,1	6,8	149
11/12	6,8	9,4	4,0	73
12/12	5,1	7,3	2,8	206
01/13	2,4	5,1	-0,6	63
02/13	2,4	4,9	0,0	30
03/13	3,4	6,9	0,6	63
04/13	8,6	13,3	4,0	25

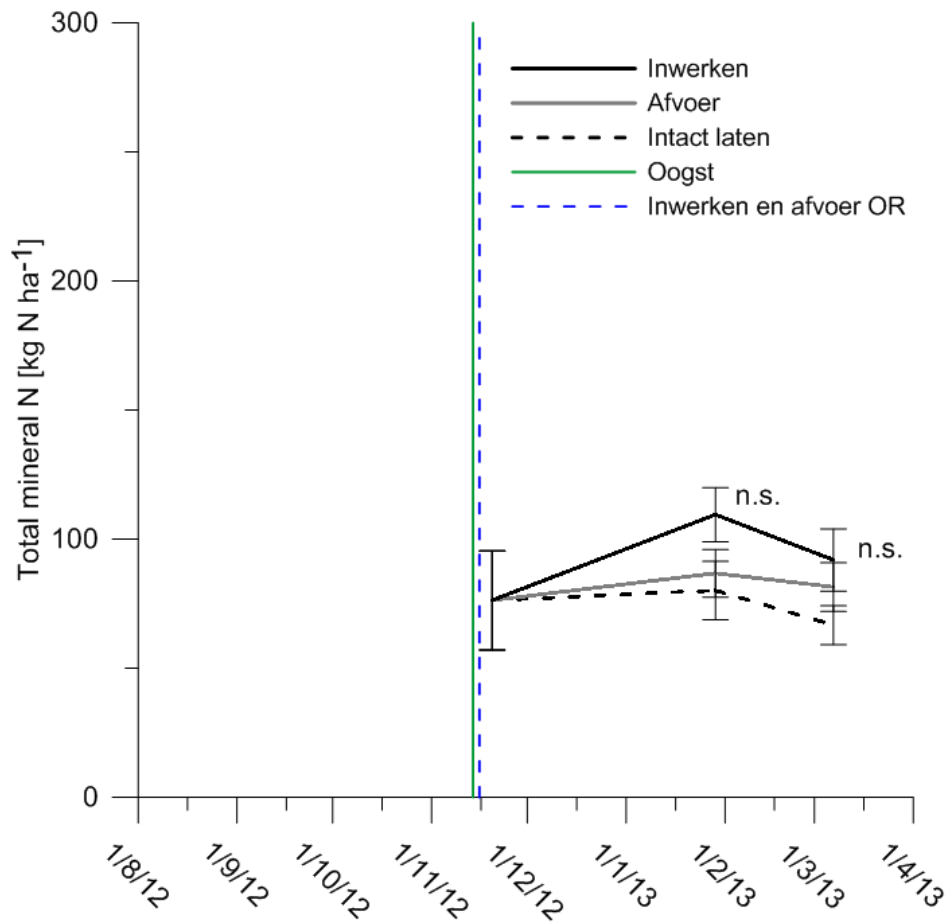
A1.3.1.2 Proefopzet- en -gegevens

Tabel 11: Informatie betreffende het proefveld bloemkool te Beitem

<i>Teelt</i>	bloemkool
<i>bodemtextuur</i>	zandleem
<i>Plantdatum</i>	08/08/2012
<i>Oogstdatum</i>	14/11/2012
<i>Afvoer en inwerken oogstresten</i>	16/11/2012
<i>Verschillende behandelingen</i>	(i) inwerken oogstresten (ii) afvoeren oogstresten (iii) intact laten oogstresten
<i>Partner</i>	Inagro

Tabel 12: Gemiddelde biomassa, C-, N-, en P-gehalte per plantdeel (4 herhalingen) voor het proefveld bloemkool te Beitem. De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes.

Type oogst	Biomassa ton ha ⁻¹	C kg ha ⁻¹	N kg ha ⁻¹	P kg ha ⁻¹	C:N -	N:P -
marktbaar	40 (11)	1532 (455)	124 (37)	21 (6)	12,4 (5,3)	6,0 (2,6)
blad	29 (8)	1354 (435)	115 (43)	20 (7)	11,7 (5,8)	5,7 (2,9)
stronk	6 (2)	230 (82)	15 (3)	3 (1)	15,8 (6,7)	5,2 (2,3)
Oogstresten (OR)	35 (8)	1584 (442)	130 (44)	23 (7)	13,8 (6,0)	5,5 (3,7)
Marktbaar + OR	74 (14)	3116 (635)	254 (57)	44 (9)	13,3 (4,1)	5,6 (4,3)



Figuur 8: Gemiddeld bodem mineraal N gehalte met standaardafwijking (4 herhalingen) in de 0-90cm bodemlaag van een proefveld bloemkool te Beitem.

A1.3.1.3 Bespreking resultaten

Na inwerken van de oogstresten (130 kg N ha^{-1}) midden november volgt eind januari een stijging in bodem mineraal N-gehalte met 32 kg N ha^{-1} waar de oogstresten zijn ingewerkt (Figuur 8). December kende nog zachte temperaturen, maar strenge temperaturen vanaf januari remmen mineralisatie van de oogstresten af waardoor slechts een fractie vrijkwam. De grote hoeveel neerslag gedurende december kan bovendien reeds voor een gedeeltelijke uitspoeling gezorgd hebben (Tabel 10). Het bodemprofiel was verzadigd gedurende december waardoor contaminatie tussen de lagen bij staalname kon plaatsgevonden hebben. Laagste bodem minerale N-gehalten werden geobserveerd waar de oogstresten intact werden gelaten, maar verschillen niet significant van waar de oogstresten werden afgevoerd.

A1.3.2 Ardoorie 2012 (zandleem, BDB)

Invloed van het al of niet afvoeren en al of niet inwerken van oogstresten werd geëvalueerd voor oogstresten bloemkool te Ardoorie (Tabel 14).



Figuur 9: Het proefveld bloemkool te Ardoorie op 30/10/2012.

A1.3.2.1 Meteorologische gegevens

Tabel 13: Meteorologische gegevens per maand voor het proefveld te ardoorie (verzameld via het weerstation te Zarren).

Maand	Gemiddelde Temp. °C	Max. temp. °C	Min. Temp. °C	Cumulatieve neerslag mm
08/12	18,7	24,7	13,3	41
09/12	14,8	20,1	9,8	45
10/12	11,3	15,3	7,6	143
11/12	7,7	10,7	4,7	79
12/12	6,1	8,6	3,8	125
01/13	2,4	5,1	-0,6	63
02/13	2,4	4,9	0,0	30
03/13	3,4	6,9	0,6	63
04/13	8,6	13,3	4,0	25

A1.3.2.2 Proefopzet en -gegevens

Tabel 14: Informatie betreffende het proefveld bloemkool te Ardoorie.

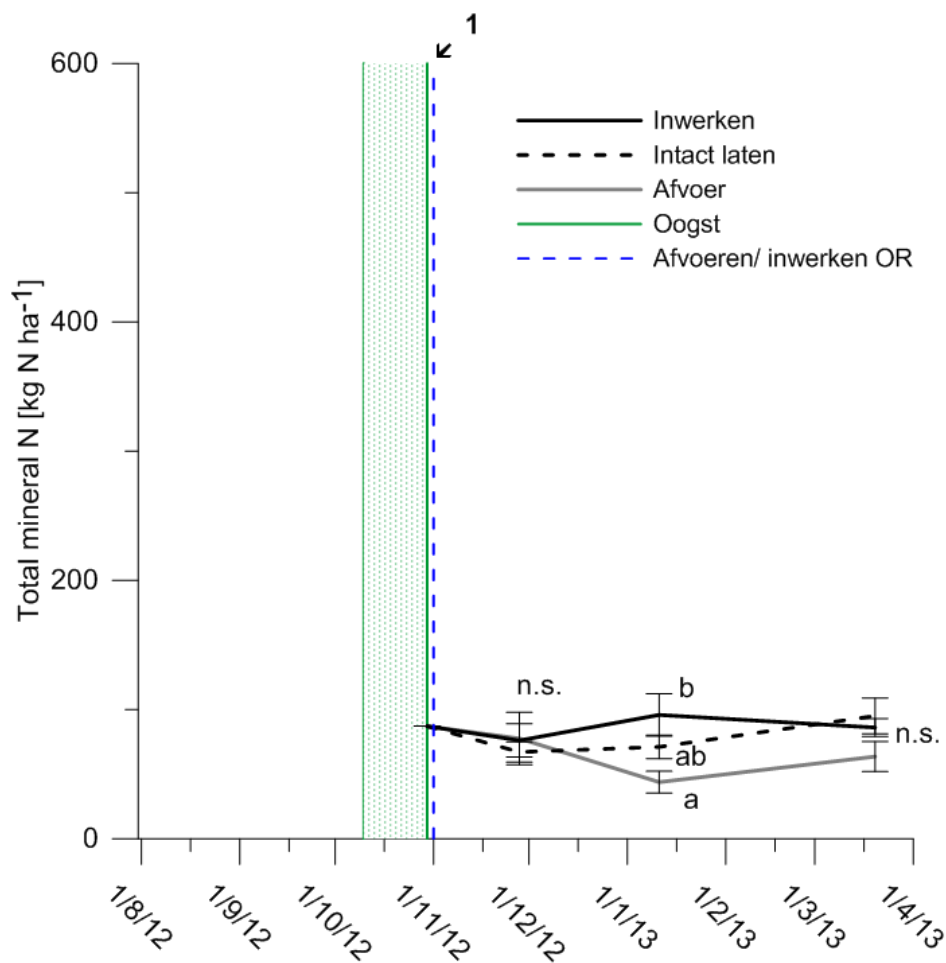
<i>Teelt</i>	bloemkool
<i>Bodemtextuur</i>	zandleem
<i>Plantdatum</i>	10/07/2012

<i>Oogstdatum</i>	10-30/10/2012
<i>Afvoer en inwerken oogstresten</i>	30/10/2012
<i>Verschillende behandelingen</i>	(i) inwerken oogstresten (ii) afvoeren oogstresten (iii) intact laten oogstresten
<i>Partner</i>	BDB

Er was een zeer sterke opname van N door bloemkool tijdens de teelt (bodem mineraal N-gehalte van 450kg ha⁻¹ op 14/08/2012 naar 52 kg ha⁻¹ op 30/10/2012). Op het moment van inwerken was er een zeer grote hoeveelheid biomassa aanwezig, met een grote N-inhoud (Tabel 15).

Tabel 15: Gemiddelde hoeveelheid en N-, en P-gehalte van oogstresten van bloemkool voor en na de winterperiode (4 herhalingen). De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes.

Datum	Biomassa [ton ha ⁻¹]	N-gehalte [kg N ha ⁻¹]	P-gehalte [kg P ha ⁻¹]	N:P
30/10/2012	85 (6)	297 (52)	59 (59)	5,0 (1,1)
06/03/2013	4 (1)	30 (7)	8 (3)	3,9 (1,6)



Figuur 10: Gemiddeld bodem mineraal N gehalte met standaardafwijking (4 herhalingen) in de 0-90cm bodemlaag van het proefveld bloemkool te Ardoonie.

A1.3.2.3 Bespreking resultaten

Er werd een uitzonderlijk grote hoeveelheid N ingewerkt via de oogstresten (297 kg N ha^{-1}) eind oktober. Ondanks zachte temperaturen gedurende november en december werd er geen stijging van bodem mineraal N-gehalte, ten gevolge van mineralisatie van de oogstresten, waargenomen. Het verschil in bodem mineraal N-gehalte waar de oogstresten werden ingewerkt met waar de oogstresten werden afgevoerd was onverklaarbaar klein (Figuur 10). Er viel veel tevens veel neerslag tijdens november en december (Tabel 13), maar dit volstaat niet om het lage bodem mineraal N-gehalte te verklaren. Het gravimetrisch vochtgehalte van de bodem bedroeg respectievelijk 16%, 15% en 14% tijdens de bemonsteringen in november, januari en maart. De bodem was dus verre van waterverzadigd. Op die tijdstippen was er tevens geen accumulatie van NH_4^+ voor geen van de behandelingen, het nitrificatieproces was dus niet geremd.

De bodem minerale N-gehalten waren vanaf januari hoger waar de oogstresten intact werden gelaten ten opzichte van volledige afvoer van oogstresten. Vanaf midden januari traden lage temperaturen op, de biomassa van de achtergelaten oogstresten op het veld neemt dan ook sterk af na de winter. Het kapotvriezen van de oogstresten en vrijstelling van een gedeelte van de N uit de oogstresten in de bodem kan mee een verklaring vormen voor de toename van bodem mineraal N-gehalte na de winterperiode in de objecten waar de oogstresten intact op het veld werden achtergelaten.

A1.3.3 Ardooie 2013 (zandleem, BDB)

A1.3.3.1 Meteorologische gegevens

Tabel 16: Maandelijks meteorologische gegevens van het proefveld te Ardooie verzameld via het weerstation te Beitem (a) en Waregem (b).

Maand	Gemiddelde min. dagtemperatuur [°C]	Gemiddelde dagtemperatuur [°C]	Gemiddelde max. dagtemperatuur [°C]	Maandelijks cumulatieve neerslag [mm]
10/2013 ^a	9,6	12,5	15,3	161
11/2013 ^a	4,3	6,7	9,0	97
12/2013 ^a	4,1	6,3	8,6	70
01/2014 ^b	4,1	6,3	8,7	86
02/2014 ^b	4,6	6,9	9,8	82
03/2014 ^b	4,2	8,7	13,8	27

A1.3.3.2 Proefbeschrijving



Figuur 11: Overzicht van ‘afvoeren/ intact laten/ inwerken’-proefveld te Ardooie (13 nov 2013).

De invloed van inwerken, intact laten en volledige afvoer van oogstresten op het bodem mineraal N-gehalte werd geëvalueerd met oogstresten van bloemkool geoogst voor verwerkende industrie (Ardo). Bij proefveldaanleg (13/11/2013) stond het loof nog frisgroen op het perceel (Figuur 11). Door de aanwezigheid van ruggen, bevond de stonk van de bloemkoolplant zich grotendeels ondergronds. Door de bijzonder drassige omstandigheden op proefperceel (en algemeen in de regio Ardooie in het najaar 2013), konden de oogstresten niet worden ingefreesd door de landbouwer (Figuur 12). Ook bij proefveldaanleg werden grote moeilijkheden ondervonden om met behulp van een bandfrees de oogstresten in te frezen. Bij aanleg van het proefveld in november 2013 kon daarom de behandeling “niet afvoeren en inwerken” niet worden aangelegd. Ook in januari 2014 was het proefperceel nog te vochtig om de oogstresten eventueel verlaat in te werken zonder schade aan te brengen aan het perceel.



Figuur 12: Veldomstandigheden bij aanleg van het ‘afvoeren/ intact laten/ inwerken’-proefveld te Ardoonie (13 nov 2013).

Tabel 17: Proefinformatie van de ‘afvoeren/ intact laten/ inwerken’- veldproef te Ardoonie

<i>Teelt</i>	Bloemkool
<i>Bodemtextuur</i>	zandleem
<i>Plantdatum</i>	juli 2013
<i>Oogstdatum</i>	28/10-5/11/2013
<i>Afvoer oogstresten</i>	13/11/2013
<i>Inwerken oogstresten</i>	niet mogelijk wegens te natte conditie veld
<i>Behandelingen</i>	(i) inwerken oogstresten (ii) afvoeren oogstresten (iii) intact laten oogstresten
<i>Partner</i>	BDB

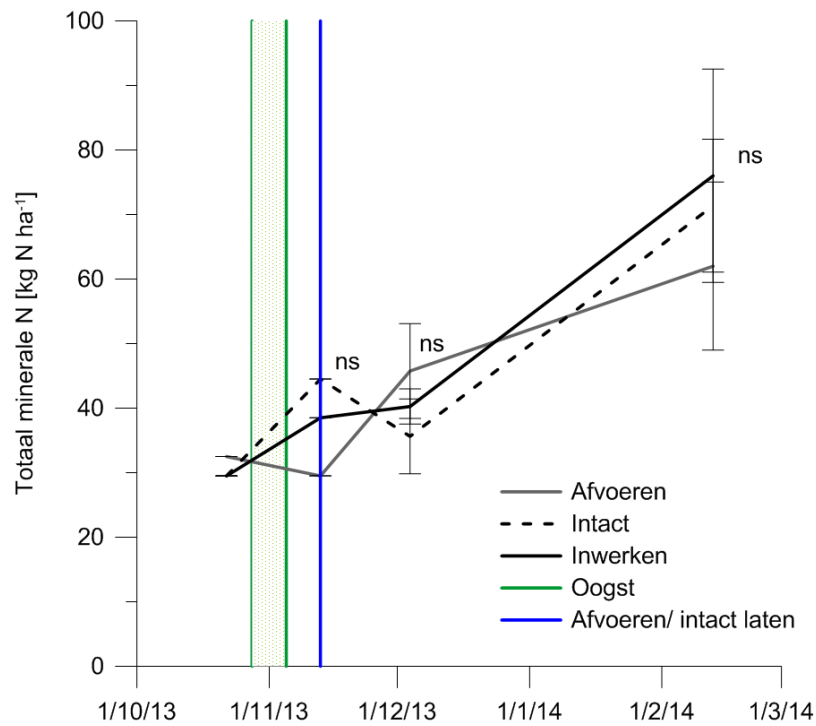
A1.3.3.3 Proefresultaten

Tabel 18: Gemiddelde biomassa, C-, N-, en P-gehalte van de oogstresten bloemkool van de ‘afvoeren/ intact/ inwerken’-proef te Ardoonie. De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes (n= 4).

Type oogst	Biomassa ton ha ⁻¹	C kg ha ⁻¹	N kg ha ⁻¹	P kg ha ⁻¹	C:N -	N:P -
blad	60 (5)	3354 (318)	198 (34)	38 (3.9)	17.0 (3.4)	5.2 (1.0)

Omwillen van de natte veldomstandigheden was het niet mogelijk de oogstresten bloemkool in te werken in het najaar 2013 en komt de behandeling ‘inwerken’ overeen met de behandeling ‘intact laten’ van de oogstresten. Het bodem mineraal N-gehalte voor beide behandelingen loopt dan ook gelijk (Figuur 13). Het bodem mineraal N-gehalte was niet significant verschillend tussen de verschillende behandelingen op geen van de bemonsteringstijdstippen. Ook waar de oogstresten

werden afgevoerd nam het bodem mineraal N-gehalte toe, wat verklaard kan worden door de N-mineralisatie van het bodem organisch materiaal omwille van de zachte najaarstemperaturen.



Figuur 13: Gemiddeld bodem mineraal N-gehalte met standaardafwijking (4 herhalingen) in de 0-90cm bodemlaag van het proefveld 'afvoeren/ intact/ inwerken' met oogstresten bloemkool te Ardoeie. Het groen gearceerde gebied duidt de oogstperiode aan, de blauwe lijn het tijdstip van afvoeren of intact laten van de oogstresten (ns= geen significante verschillen)

A1.4 Witte kool voor versmarkt

A1.4.1 Waarloos (zand, PSKW)

Te Waarloos werden verschillende beheersopties geëvalueerd met oogstresten van witte kool bestemd voor de versmarkt (Tabel 20).



Figuur 14: Korte termijn proef te Waarloos op 22/10/2012

A1.4.1.1 Meteo

Tabel 19: Meteorologische gegevens per maand voor het proefveld te waarloos (weergegevens van het meetstation te Puurs, neerslaggegevens verzameld te wilrijk).

Maand	Gemiddelde Temp. °C	Max. temp. °C	Min. Temp. °C	Cumulatieve neerslag mm
08/12 ^a	19,2	24,3	14,3	36
09/12	14,4	19,3	9,5	35
10/12	11,0	15,1	7,1	87
11/12	7,2	10,1	3,9	35
12/12	5,5	7,7	3,4	177
01/13	2,2	4,4	-0,3	54
02/13	1,7	3,9	-0,4	35
03/13	3,0	6,1	-0,3 ^a	33
04/13	9,3	13,2	4,4 ^a	22

A1.4.1.2 Proefopzet en -gegevens

Tabel 20: Informatie betreffende het proefveld sluitkool te Waarloos

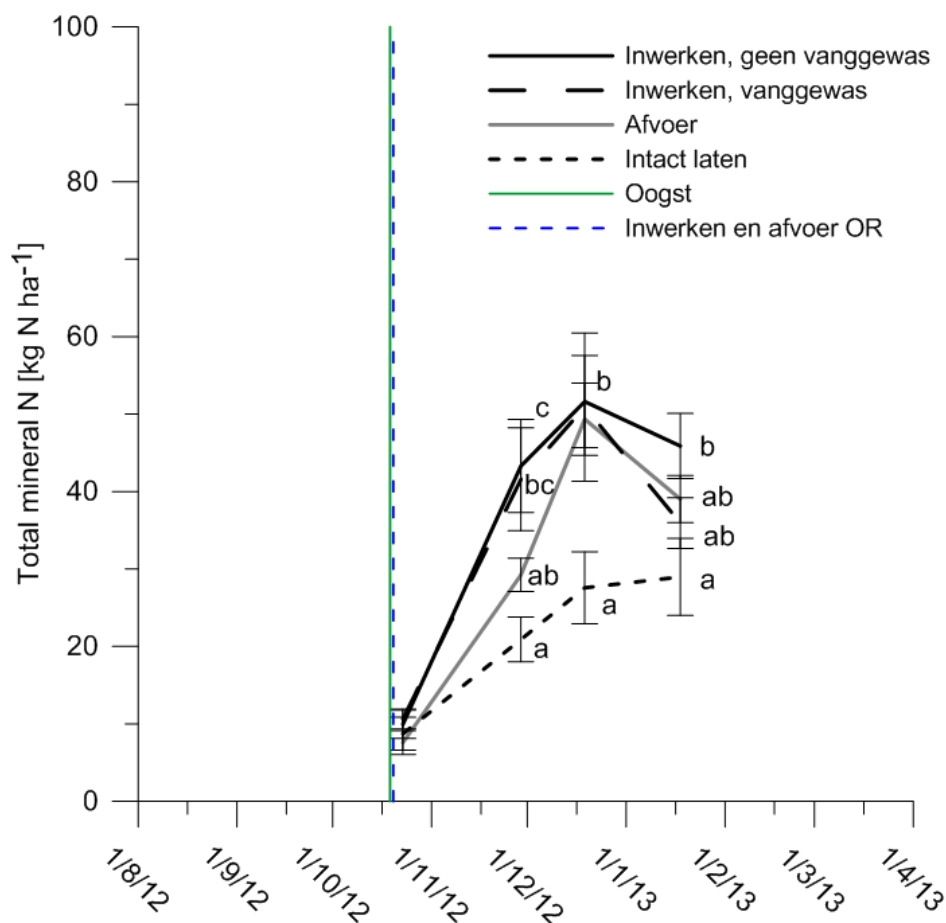
<i>Teelt</i>	sluitkool
<i>Bodemtextuur</i>	zand
<i>Plantdatum sluitkool</i>	23/05/2012
<i>Oogstdatum sluitkool</i>	18/10/2012
<i>Afvoer en inwerken oogstresten</i>	19/10/2012
<i>Verschillende behandelingen</i>	(i) afvoer oogstresten (ii) inwerken oogstresten, geen inzaai rogge (iii) inwerken oogstresten, gevolgd door inzaai rogge (iv) intact laten oogstresten
<i>Partner</i>	PSKW

Tabel 21: Gemiddelde biomassa, N-, en P-gehalte van de oogstresten sluitkool (4 herhalingen) op het tijdstip van oogst te Waarloos. De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes.

Type oogst	Biomassa ton ha ⁻¹	C kg ha ⁻¹	N kg ha ⁻¹	P kg ha ⁻¹	C:N -	N:P -
blad	55 (6)	2344 (368)	95 (45)	17 (7)	24,8 (12,3)	5,7 (3,6)
stronk	13 (1)	745 (131)	33 (18)	5 (5)	22,4 (12,5)	6,6 (4,6)
Oogstresten (OR)	68 (6)	3089 (390)	128 (48)	22 (6)	23,6 (17,5)	6,1 (5,9)

Tabel 22: Gemiddelde biomassa, N-, en P-gehalte van de oogstresten sluitkool (4 herhalingen) na de winterperiode te Waarloos. De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes.

Type oogst	Biomassa ton ha ⁻¹	C kg ha ⁻¹	N kg ha ⁻¹	P kg ha ⁻¹	C:N -	N:P -
blad	4 (2)	1499 (278)	36 (12)	6 (2)	41,7 (15,7)	5,8 (2,9)
stronk	10 (2)	1926 (120)	31 (5)	5 (2)	62,8 (15,7)	6,0 (2,1)
Oogstresten (OR)	14 (3)	3426 (303)	67 (13)	11 (3)	52,3 (19,6)	5,9 (3,6)



Figuur 15: Gemiddeld bodem mineraal N gehalte met standaardafwijking (4 herhalingen) in de 0-90cm bodemlaag van het proefveld sluitkool te Waarloos.

A1.4.1.3 Bespreking resultaten

Sluitkool kan het bodem minerale N-profiel zeer efficiënt uitputten wat zich weerspiegelde in de lage bodem minerale N-waarden gemeten na oogst (Figuur 15). De totale hoeveelheid oogstresten bedroeg 68 ton ha^{-1} bij oogst op 19/10/2012. Ondanks inwerking van $128 \pm 48 \text{ kg N ha}^{-1}$ was er vrijwel geen verschil tussen de plots waar de oogstresten werden ingewerkt of afgevoerd. Oktober en november kenden nog zachte temperaturen waardoor nog een aanzienlijke mineralisatie en stijging in bodem mineraal N-gehalte verwacht zou worden. Het vochtgehalte van de bodem stijgt van 14% (w/w) in oktober naar 18% (w/w) in november, december en januari. Gasvormige verliezen kunnen opgetreden zijn, maar zijn niet voldoende om het volledige verlies aan N aanwezig in de oogstresten te verklaren. Er was geen abnormale accumulatie NH_4^+ in het bodemprofiel. Het nitrificatieproces was dus niet gehinderd wat aangeeft dat de bodem niet waterverzadigd was.

Laagste bodem minerale N-gehalten werden steeds geobserveerd waar de oogstresten intact werden gelaten. De zachte temperaturen gedurende oktober en november lieten een verdere opname van N door de oogstresten toe. Het N-gehalte van de oogstresten bedroeg na de winterperiode nog $67 \pm 13 \text{ kg N ha}^{-1}$ (Tabel 22).

A1.5 Witte kool voor industrie

A1.5.1 Beitem (zandleem, Inagro)

A1.5.1 meteo

Tabel 23: Meteorologische gegevens per maand voor het proefveld te Beitem.

Maand	Gemiddelde Temp. °C	Max. temp. °C	Min. Temp. °C	Cumulatieve neerslag mm
08/12	18,0	23,5	12,8	42
09/12	13,9	19,1	8,9	28
10/12	10,5	14,1	6,8	149
11/12	6,8	9,4	4,0	73
12/12	5,1	7,3	2,8	206
01/13 ^a	2,4	5,1	-0,6	63
02/13 ^a	2,4	4,9	0,0	30
03/13 ^a	3,4	6,9	0,6	63
04/13 ^a	8,6	13,3	4,0	25

^a gemiddelden waarden via het weerstation te Zarren

A1.5.2 Proefopzet en -gegevens

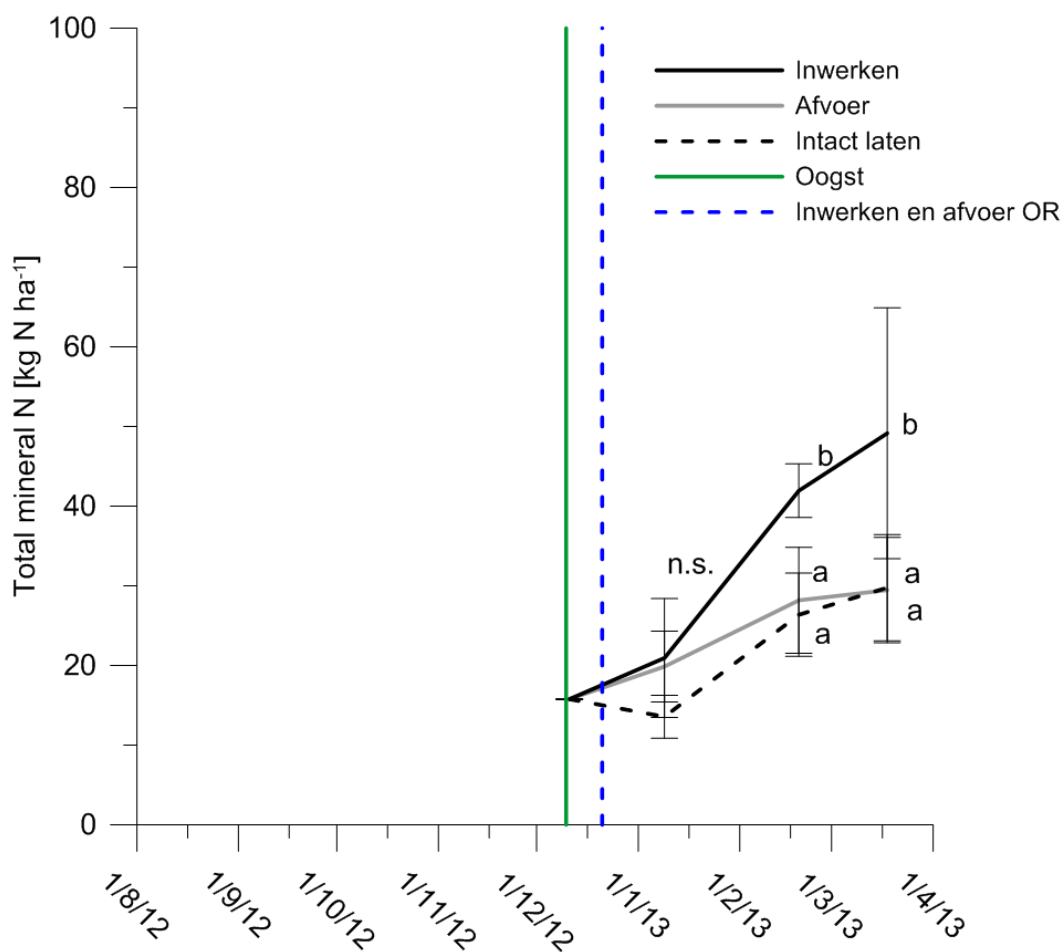
Tabel 24: Informatie betreffende het proefveld witte kool te Beitem

<i>Teelt</i>	witte kool
<i>bodemtextuur</i>	zandleem
<i>Plantdatum</i>	13/06/12
<i>Oogstdatum</i>	10/12/2012
<i>Inwerken en afvoer oogstresten</i>	10/12/2012
<i>Verschillende behandelingen</i>	(i) inwerken oogstresten (ii) intact laten oogstresten (iii) afvoer oogstresten
<i>Partner</i>	Inagro

Bij aanvang van de proef was er zeer weinig minerale N aanwezig in de bodem wat verklaard kan worden door de efficiënte N opname door sluitkool. De biomassa van de oogstresten bedroeg 74 ton verse massa (VM) ha⁻¹ en deze bevatten 211 kg N ha⁻¹ (Tabel 25).

Tabel 25: Gemiddelde hoeveelheid en C-, N-, en P-gehalte van oogstresten van witte kool (4 herhalingen) te beitem. De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes.

Biomassa [ton ha ⁻¹]	C-gehalte [kg C ha ⁻¹]	N-gehalte [kg N ha ⁻¹]	P-gehalte [kg P ha ⁻¹]	C:N -	N:P -
74 (7)	4420 (242)	211 (50)	32 (8)	21,0 (5,1)	6,6 (2,2)



Figuur 16: Gemiddeld bodem mineraal N gehalte met standaardafwijking (4 herhalingen) in de 0-90cm bodemlaag van het proefveld witte kool te Beitem.

A1.5.3 Bespreking resultaten

Inwerken van de oogstresten vond pas eind december plaats, waarna koude temperaturen gedurende januari en februari de beperkte mineralisatie en stijging in bodem mineraal N-gehalte kunnen verklaren. Er zijn geen verschillen tussen het afvoeren en intact laten van de oogstresten (Figuur 16). Verdere groei en opname van N door de oogstresten werd afgeremd door de lage temperaturen.

A1.5.2 Meulebeke (zandleem, Inagro)

De invloed van inwerken, intact laten en volledige afvoer van oogstresten op het bodem mineraal N-gehalte werd geëvalueerd met oogstresten van witte kool te Meulebeke (Figuur 17, Tabel 27).



Figuur 17: Het proefveld sluitkool te Meulebeke waar de oogstresten werden (i) ingewerkt, (ii) achtergelaten of (iii) afgevoerd al of niet gevolgd door inzaai van een groenbedekker op 17/10/2012.

A1.5.1 Meteorologische gegevens

Tabel 26: Meteorologische gegevens per maand voor het proefveld te Meulebeke

Maand	Gemiddelde Temp.	Max. temp.	Min. Temp.	Cumulatieve neerslag
	°C	°C	°C	mm
08/12	19,3	25,0	14,3	38
09/12	15,2	20,2	10,5	35
10/12	11,6	14,9	8,2	128
11/12	7,8	10,3	5,4	64
12/12	6,0	8,1	3,9	160
01/13	2,4	01/13	-0,6	63
02/13	2,4	02/13	0,0	30
03/13	3,4	03/13	0,6	63
04/13	8,6	04/13	4,0	25

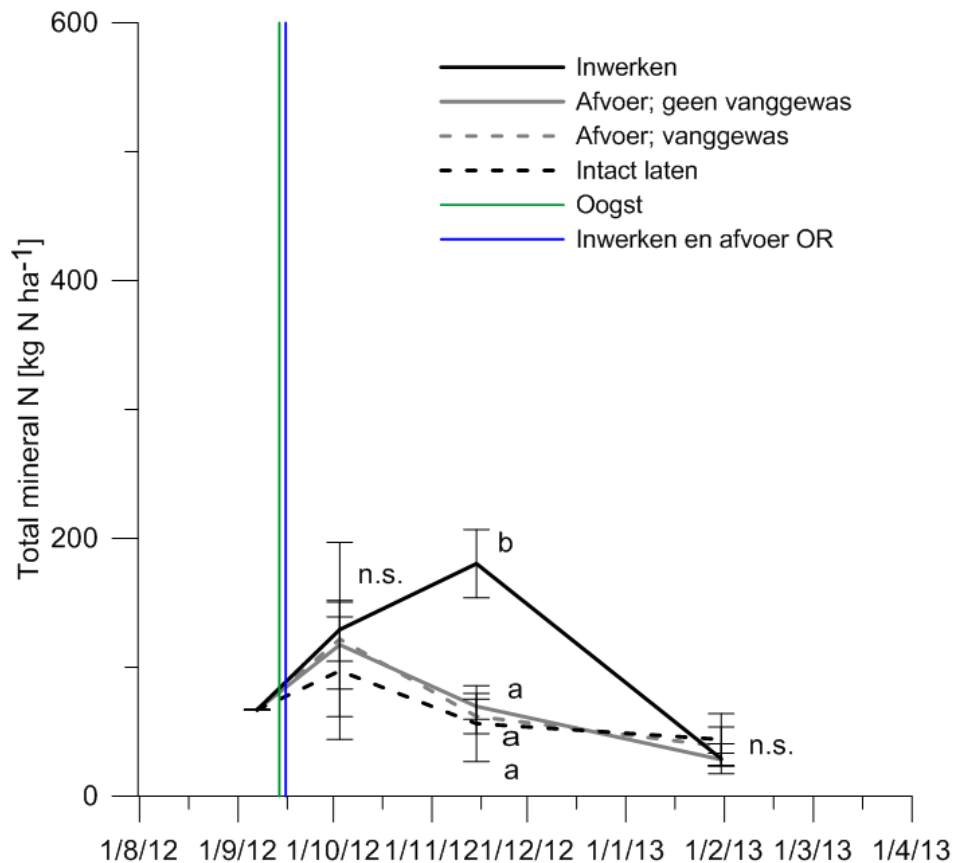
A1.5.2 Proefopzet en -gegevens

Tabel 27: Informatie betreffende het proefveld sluitkool te Meulebeke

<i>Teelt</i>	sluitkool
<i>bodemtextuur</i>	zandleem
<i>Plantdatum</i>	-
<i>Oogstdatum</i>	augustus 2012
<i>Afvoer en inwerken oogstresten</i>	14/09/2012
<i>Behandelingen</i>	(i) afvoer oogstresten (ii) inwerken oogstresten, geen inzaai rogge (iii) inwerken oogstresten, gevolgd door inzaai rogge (iv) intact laten oogstresten
<i>Partner</i>	Inagro

Tabel 28: Gemiddelde hoeveelheid en C-, N-, en P-gehalte van oogstresten van witte kool (4 herhalingen) te Meulebeke

Biomassa [ton ha ⁻¹]	C-gehalte [kg OS ha ⁻¹]	N-gehalte [kg N ha ⁻¹]	P-gehalte [kg P ha ⁻¹]	C:N -	N:P -
53	2915	175	28	16,7	6



Figuur 18: Gemiddeld bodem mineraal N gehalte met standaardafwijking (4 herhalingen) in de 0-90cm bodemlaag van het proefveld witte kool te Meulebeke.

A1.5.3 Bespreking resultaten

Na oogst was er een toename van bodem mineraal N-gehalte voor alle objecten. Het najaar 2012 werd gekenmerkt door zachte temperaturen waardoor mineralisatie van bodem organische stof en oogstresten nog sterk kon doorgaan. Waar de oogstresten werden ingewerkt is een duidelijke stijging in bodem mineraal N-gehalte waar te nemen (Figuur 18). Omwille van het late inzaaitijdstip van de groenbedekker was er slechts een beperkte opkomst en N-opname van deze laatste. Er was voor geen enkel bemonsteringstijdstip een significant lager bodem mineraal N-gehalte waar een vanggewas werd ingezaaid vergeleken met het braak laten van het veld na afvoer van oogstresten. De oogstresten die intact achterbleven op het veld lijken nog verder N op te nemen, hier werden de laagste bodem N gehalten gemeten voor alle bemonsteringstijdstippen, echter enkel significant na de winter.

A1.6 Prei (zandleem, Inagro)

A1.6.1 Meteorologische gegevens

Tabel 29: Meteorologische gegevens per maand verzameld voor het proefveld te Handzame (verzameld via het weerstation te Meulebeke).

Maand	Gemiddelde Temp. °C	Max. temp. °C	Min. Temp. °C	Cumulatieve neerslag mm
08/12	19,3	25,0	14,3	38
09/12	15,2	20,2	10,5	35
10/12	11,6	14,9	8,2	128
11/12	7,8	10,3	5,4	64
12/12	6,0	8,1	3,9	160
01/13	2,4	01/13	-0,6	63
02/13	2,4	02/13	0,0	30
03/13	3,4	03/13	0,6	63
04/13	8,6	04/13	4,0	25

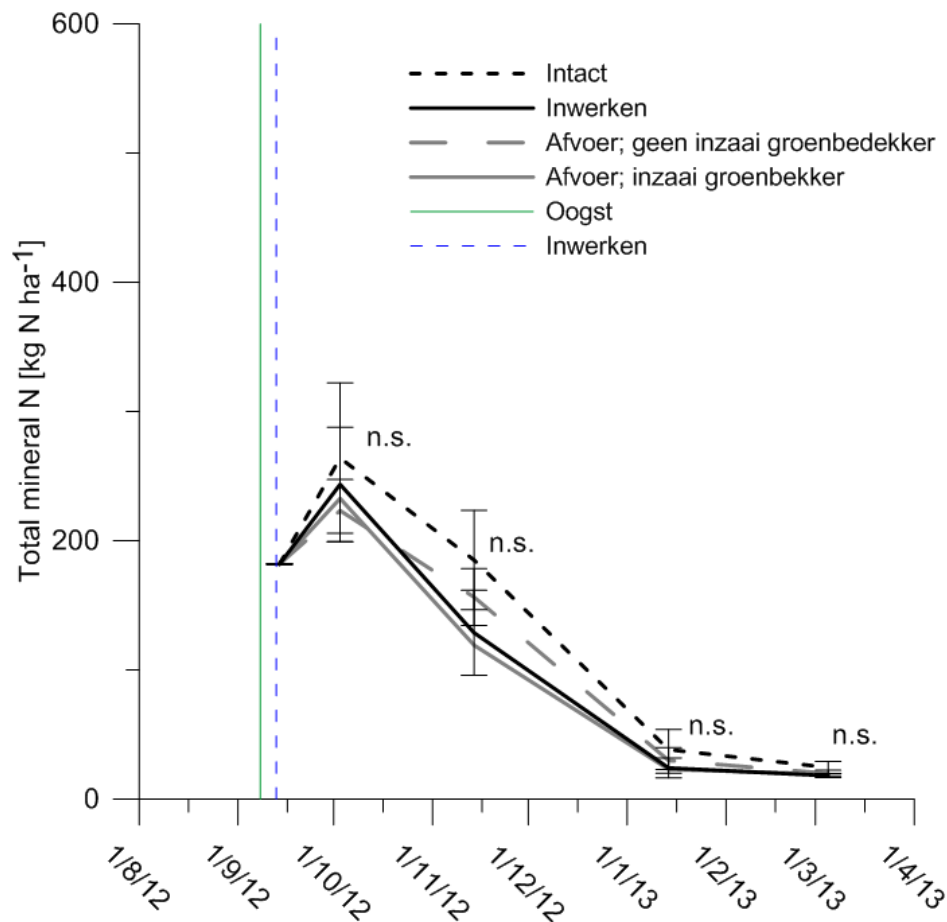
A1.6.2 Proefopzet en -gegevens

Tabel 30: Informatie betreffende het proefveld prei te Handzame

<i>Teelt</i>	prei
<i>bodemtextuur</i>	zandleem
<i>Plantdatum</i>	-
<i>Rooien prei</i>	02/09/2012 en 08/09/2012
<i>Afvoer en inwerken oogstresten</i>	13/09/2012
<i>Inzaai groenbedekker</i>	13/09/2012
<i>Partner</i>	Inagro

Tabel 31: Overzicht van de hoeveelheid biomassa, N- en P-gehalte van de prei en oogstresten te Handzame (standaardafwijking tussen haakjes).

Oogstrest	Biomassa ton ha ⁻¹	N – gehalte kg N ha ⁻¹	P – gehalte kg P ha ⁻¹	N:P
Marktbaar	96 (5)	210 (5)	19 (0.5)	11,1 (0,4)
Oogstresten veld	15 (1)	53 (3)	5 (0.3)	10,8 (1,0)



Figuur 19: Gemiddeld bodem mineraal N gehalte met standaardafwijking (4 herhalingen) in de 0-90cm bodemlaag van een proefveld prei te Handzame.

A1.6.3 Bespreking resultaten

Enkel de oogstresten die tijdens het rooien niet van het veld afgevoerd werden, werden al dan niet afgevoerd of ingewerkt tijdens deze proef. Oogstresten geproduceerd door het kuisen van de prei werden niet terug op het veld gevoerd aangezien het niet mogelijk was om deze per object gescheiden te houden. De achtergebleven biomassa (afgesneden topbladeren van de preiplant), 15 ton verse massa ha⁻¹ met een N-inhoud van 53 kg N ha⁻¹ werd afgevoerd, ingewerkt of achtergelaten.

Dit is een beperktere hoeveelheid vergeleken met de N-gehalten aanwezig in oogstresten van bloemkool of sluitkool. September en oktober kenden zachte najaarstemperaturen en werd een snelle mineralisatie van de oogstresten verwacht. Tevens was er veel neerslag gedurende oktober waardoor de kans op uitspoeling reëel was (Tabel 29). Gedurende bemonstering in november werd er een aanrijking van NO_3^- in de diepere bodemlagen gevonden. Als vanggewas werd gekozen voor Japanse haver, maar dit had te lijden onder vraat door houtduiven en de kiemplantjes ondervonden veel beschadiging door hazen/konijnen. Hierdoor was er slechts een beperkte opkomst en N-opname door het vanggewas.

Waar de oogstresten intact op het veld werden gelaten, waren de bodem minerale N-gehalten hoger dan waar deze werden ingewerkt. Voor deze laatste behandelingen werden gelijkaardige bodem minerale N-gehalten geobserveerd als waar de oogstresten werden afgevoerd (Figuur 19).

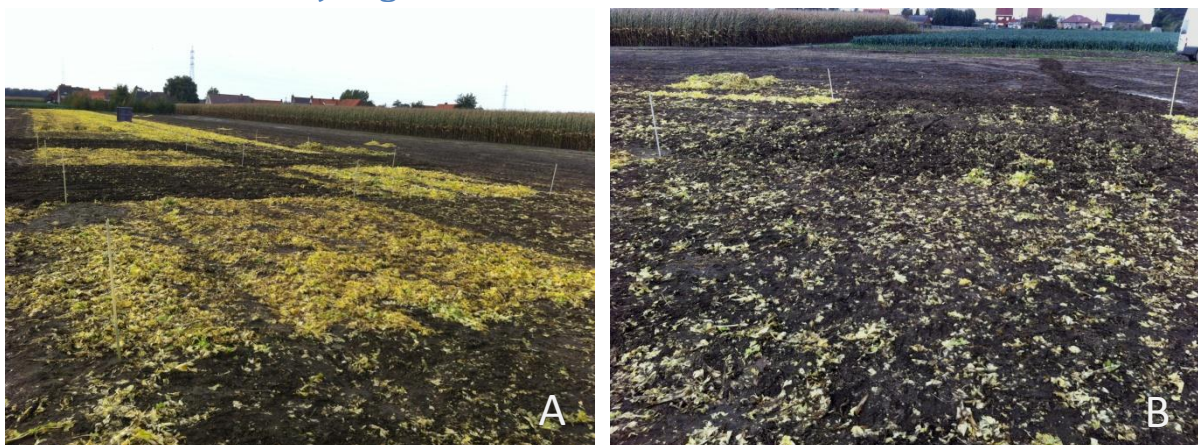
A1.7 Bleekselder (leem, BDB)

A1.7.1 Meteorologische gegevens

Tabel 32: Maandelijkse meteorologische gegevens van het proefveld te Staden verzameld via het weerstation te Beitem (a) en Waregem (b).

Maand	Gemiddelde min. dagtemperatuur [°C]	Gemiddelde dagtemperatuur [°C]	Gemiddelde max. dagtemperatuur [°C]	Maandelijkse cumulatieve neerslag [mm]
10/2013 ^a	9,6	12,5	15,3	161
11/2013 ^a	4,3	6,7	9,0	97
12/2013 ^a	4,1	6,3	8,6	70
01/2014 ^b	4,1	6,3	8,7	86
02/2014 ^b	4,6	6,9	9,8	82
03/2014 ^b	4,2	8,7	13,8	27

A1.7.2 Proefbeschrijving



Figuur 20: Overzicht van proefveld te Staden: (A) zicht op proefveldvlak waar oogstresten werden verwijderd (rechtsonder), (B) proefvlak waar oogstresten werden ingefreesd (rechtsboven)

De invloed van inwerken, intact laten en volledige afvoer van oogstresten op het bodem mineraal N-gehalte werd geëvalueerd met oogstresten van selder geogst voor verwerkende industrie (Ardo)

(Figuur 20, Tabel 33). Bij proefveldaanleg was het perceel bijzonder drassig. Dit resulteerde in moeizame oogst, met vermoedelijk structuurschade op het perceel. De oogstresten werden niet ingefreesd door de landbouwer omwille van drassige omstandigheden en om verder structuurschade te vermijden. Voor de aanleg van het proefveld werd in overleg met de landbouwer het droogste gedeelte van het perceel benut. Met behulp van een handfrees was het wel mogelijk om de oogstresten in te frezen. Door de bijzonder natte omstandigheden waren de oogstresten reeds aanzienlijk verteerd op het moment van infrezen.

Tabel 33: Proefinformatie van de 'afvoeren/ intact laten/ inwerken'- veldproef te Staden

<i>Teelt</i>	Bleekselder
<i>Bodemtextuur</i>	zandleem
<i>Plantdatum</i>	juli 2013
<i>Oogstdatum</i>	19-22/10/2013
<i>Afvoer en inwerken oogstresten</i>	22/10/2013
<i>Behandelingen</i>	(i) inwerken oogstresten (ii) afvoeren oogstresten (iii) intact laten oogstresten
<i>Partner</i>	BDB

A1.7.3 Proefresultaten

Tabel 34: Gemiddelde biomassa, C-, N-, en P-gehalte van de oogstresten selder van de 'afvoeren/ intact/ inwerken'- proef te Staden. De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes (n= 4).

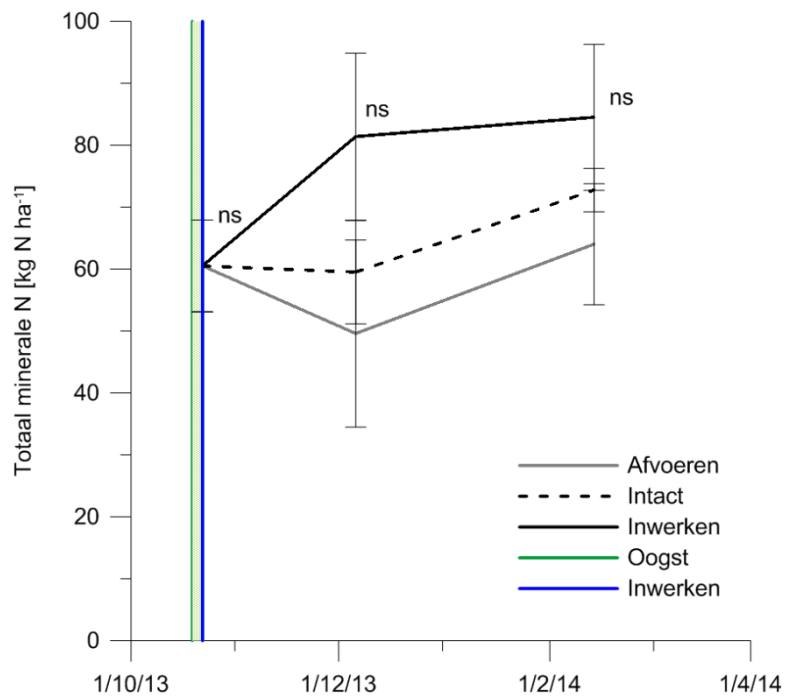
Plantdeel	Biomassa ton ha ⁻¹	C kg ha ⁻¹	N kg ha ⁻¹	P kg ha ⁻¹	C:N	N:P
blad	21 (1)	2101 (515)	60 (17)	10 (2,9)	34,9 (12,9)	5,8 (2,2)

Het bodem mineraal N-gehalte was het hoogst waar oogstresten selder werden ingewerkt, gevolgd door respectievelijk het intact laten en afvoeren van de oogstresten (Figuur 21). De toename in bodem mineraal N-gehalte één maand na inwerken beperkt ($20,9 \pm 24,2$ kg N ha⁻¹). De oogstresten bevonden zich in een afgebroken toestand op het moment van inwerken waardoor NH₃ verluchting van de afgebroken oogstresten op het bodemoppervlak kon bijdragen tot het verlies van N. Tevens vond er uitspoeling plaats van nitraat uit het 0-90cm bodemprofiel.

Gezien de afgebroken toestand van de oogstresten waren deze niet meer in staat verder N op te nemen wat leidde tot hogere bodem minerale N-gehaltenes in het object 'intact laten' ten opzichte van

het afvoeren van de oogstresten. De verschillen in bodem mineraal N-gehalte tussen de verschillende behandeling was echter op geen van de bemonsteringstijdstippen significant.

Aan de hand van het NO_3 -gehalte van de 0-30cm, 30-60cm en 60-90cm bodemlaag blijkt bij alle behandeling nitraatuitspoeling op te treden.



Figuur 21: Gemiddeld bodem mineraal N-gehalte met standaardafwijking (4 herhalingen) in de 0-90cm bodemlaag van het proefveld 'afvoeren/ intact/ inwerken' met oogstresten selder te Staden. Het groen gearceerde gebied duidt de oogstperiode aan, de blauwe lijn het tijdstip van afvoeren, intact laten of inwerken van de oogstresten (ns= geen significante verschillen).

Appendix 2:

Onderzaai van een vanggewas

Medewerkers

Universiteit Gent

Laura Agneessens, Stefaan De Neve

ILVO-EV Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek

Bart Vandecasteele

Inagro

Tomas Van De Sande

Proefstation voor de Groenteteelt vzw (PSKW)

Ellen Goovaerts, Joris De Nies

Provinciaal Proefcentrum voor de Groenteteelt Oost-Vlaanderen (PCG)

Sara Crappé, Micheline Verhaeghe

Bodemkundige Dienst van België (BDB)

Annemie Elsen

Appendix 2: Onderzaai van een vanggewas

Het onderzaaien van een vanggewas in een groenteteelt werd in het eerste en tweede proefjaar geëvalueerd op twee proeflocaties:

- Zandleem (Beitem)
- Zand (Sint-Katelijne-Waver)

Voor een samenvatting van de proefopzet en –resultaten wordt verwezen naar Deel 1: samenvatting veldproeven. De economische evaluatie wordt beschreven in Appendix 10.

A2.1 Zandleem (Beitem)

A2.1.1 Meteorologische gegevens

Tabel 35: Maandelijks meteorologische gegevens van het proefveld te Beitem verzameld via het weerstation te Beitem (a) en Waregem (b).

Maand	Gemiddelde min. dagtemperatuur [°C]	Gemiddelde dagtemperatuur [°C]	Gemiddelde max. dagtemperatuur [°C]	Maandelijks cumulatieve neerslag [mm]
10/2013 ^a	9,6	12,5	15,3	161
11/2013 ^a	4,3	6,7	9,0	97
12/2013 ^a	4,1	6,3	8,6	70
01/2014 ^b	4,1	6,3	8,7	86
02/2014 ^b	4,6	6,9	9,8	82
03/2014 ^b	4,2	8,7	13,8	27

A2.1.2 Proefopzet

Phacelia, snijrogge en Italiaans raigras werden ondergezaaid in een teelt bloemkool (Tabel 2) om te trachten de groenbedekkers een voorsprong te geven ten opzichte van het inzaaien na oogst van bloemkool en zo N-verliezen gedurende de winter te beperken.

Wegens plaatsgebrek werd besloten de controle behandeling uit de naastliggende proef (de langetermijnproef teeltrotaties bloemkool) te gebruiken. Qua voorgeschiedenis en teeltrotatie zijn beide proeven quasi gelijk, enkel wat bemesting betreft werd in 2012 en in de eerste vrucht bloemkolen 2013 iets meer bemest waar vanggewassen werden ingezaaid.

Tabel 36: Proefinformatie van de 'onderzaai'- veldproef te Handzame

<i>Teelt</i>	bloemkool
<i>bodemtextuur</i>	zandleem
<i>Plantdatum bloemkool</i>	30/07/2013
<i>Inzaaidatum vanggewas</i>	21/08/2013
<i>Oogstdatum bloemkool</i>	05-12/11/2013
<i>Behandelingen</i>	(i) geen onderzaai (ii) onderzaai winterrogge (iii) onderzaai Italiaans raaigras (iv) onderzaai phacelia
<i>Partner</i>	Inagro

A2.1.3 Proefresultaten

A2.1.3.1 Plant N-opname

In het algemeen viel op dat de kolen weinig groeikrachtig waren. Na 4 teelten bloemkool begon het perceel koolmoeheid te vertonen. De opbrengst was het laagst voor de controle behandeling en waar phacelia was ondergezaaid (Tabel 37). De verschillen waren echter niet significant ($P < 0,05$). De lagere opbrengst voor de controle behandeling was voornamelijk te wijten aan een hogere uitval (veroorzaakt door vraatschade door duiven of hazen), het stukgewicht per kool was vergelijkbaar met deze van de plots waar Italiaans raaigras of rogge werd ondergezaaid. Waar phacelia werd ondergezaaid, hinderde de onderzaai wel een goede ontwikkeling en was er een lager stukgewicht per kool (Tabel 38).

Bij vraatschade door duiven of hazen trad groeiachterstand van de kolen op. In combinatie met vanggewassen kan dit problematisch zijn. Normaal gezien herpakken de kolen zich en geven toch nog vrucht. Nu kregen de vanggewassen meer ruimte en concurreerden de kool volledig weg. Voornamelijk phacelia, en ook rogge profiteren hiervan, Italiaans raaigras woekerde minder. Vraat komt vooral voor aan de randen van een perceel, maar de proef met onderzaai lag ook aan de rand, stukken waar veel vraat optrad werden niet beschouwd bij de opbrengstbepaling.

Tabel 37: Gemiddelde biomassa van de teelt bloemkool na onderzaai van Italiaans raaigras, winterrogge, phacelia of geen onderzaai. De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes (n= 4).

Plantdeel	Onderzaai				eenheid
	Geen	Italiaans raaigras	Winterrogge	Phacelia	
Kool	23,1 (1,4)	25,1 (4,9)	27,2 (0,1)	22,1 (3,3)	ton ha ⁻¹
Blad en stronk	42,4 (2,5)	43,1 (7,1)	49,6 (5,7)	37,5 (7,6)	ton ha ⁻¹

Tabel 38: Gemiddeld stukgewicht per kool[kg kool⁻¹]. De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes (n= 4).

Behandeling	Stukgewicht kg kool ⁻¹
Controle	0,96 (0,05)
Italiaans raaigras	0,97 (0,10)
Winterrogge	1,01 (0,10)
Phacelia	0,85 (0,06)

Tabel 39: Gemiddelde biomassa, C-, N-, en P-gehalte van de vanggewassen van de 'onderzaai'-proef te Handzame. De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes (n= 4). Opbrengstbepaling vond plaats op 30/10/2013.

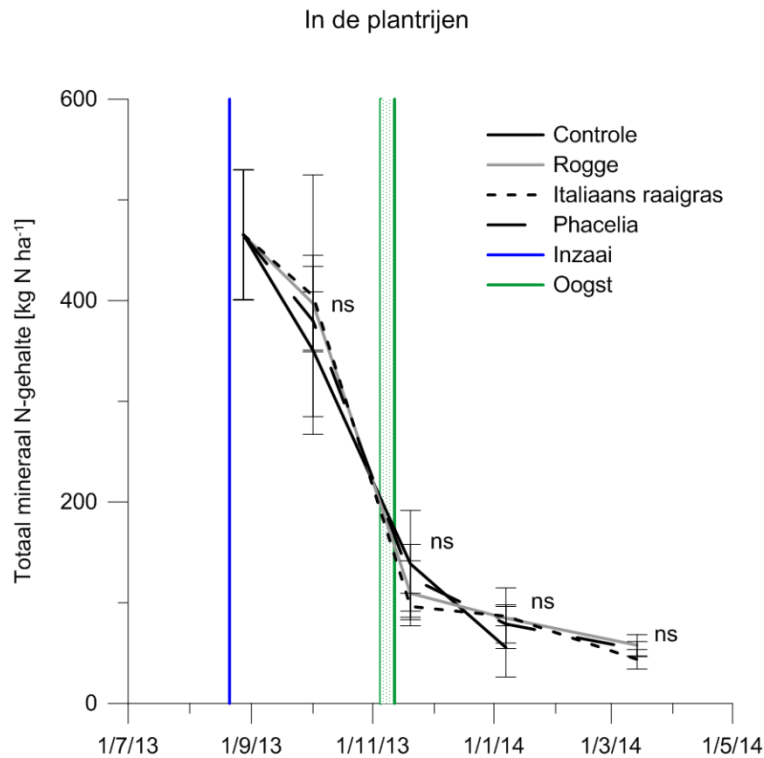
Type oogst	Biomassa ton ha ⁻¹	C kg ha ⁻¹	N kg ha ⁻¹	P kg ha ⁻¹	C:N -	N:P -
Winterrogge	15,5 (5,2)	973 (336)	80 (28)	17 (4)	12,2 (6,0)	4,8 (2,1)
Italiaans raaigras	21,5 (4,7)	1078 (272)	91 (24)	16 (6)	11,8 (4,3)	5,8 (2,3)
phacelia	17,8 (4,5)	607 (167)	52 (16)	13 (4)	11,7 (4,8)	3,9 (1,7)

De vanggewassen kwamen vlot op en vertoonden de eerste weken na inzaai een goede ontwikkeling. Wanneer de kolen de vanggewassen begonnen te overschaduwen, viel de groei terug. Dit was voornamelijk zichtbaar bij phacelia en rogge. Rogge, maar vooral phacelia had de neiging om via gaten in het bladerdak boven de kolen uit te komen en te concurreren met de bloemkool. Waar Phacelia gaten vond in het bladerdek begon het sterk te groeien, elders stierf de plant af. Italiaans raaigras bleef onder de kolen en verdroeg de beschaduwing goed. Italiaans raaigras en rogge vormden de meeste biomassa tijdens de teelt en namen de meeste stikstof op. De N-opname kort voor de oogst van de kolen was het grootst voor Italiaans raaigras en het kleinst voor phacelia (Tabel 39).

Italiaans raaigras doorstond de intensieve betreding bij de oogst in natte omstandigheden het best. Deze betreding was hoger dan in de praktijk omwille van de extra betreding voor de opbrengstbepaling. De rogge werd vertrappeld in de modder en had dan moeite om zich terug op te richten. Raaigras werd ook minder ingetrappeld omdat het meer biomassa vormde. Phacelia verdroeg geen betreding. Begin januari was phacelia bijna volledig afgestorven, rogge vertoonde grote stukken waar de plant afgestorven was door vertrappeling en Italiaans raaigras bleef in relatief goede conditie.

A2.1.3.2 Bodem mineraal N-gehalte

In de plantrijen was er weinig verschil in bodem mineraal N-gehalte tussen de verschillende behandelingen (Figuur 22).

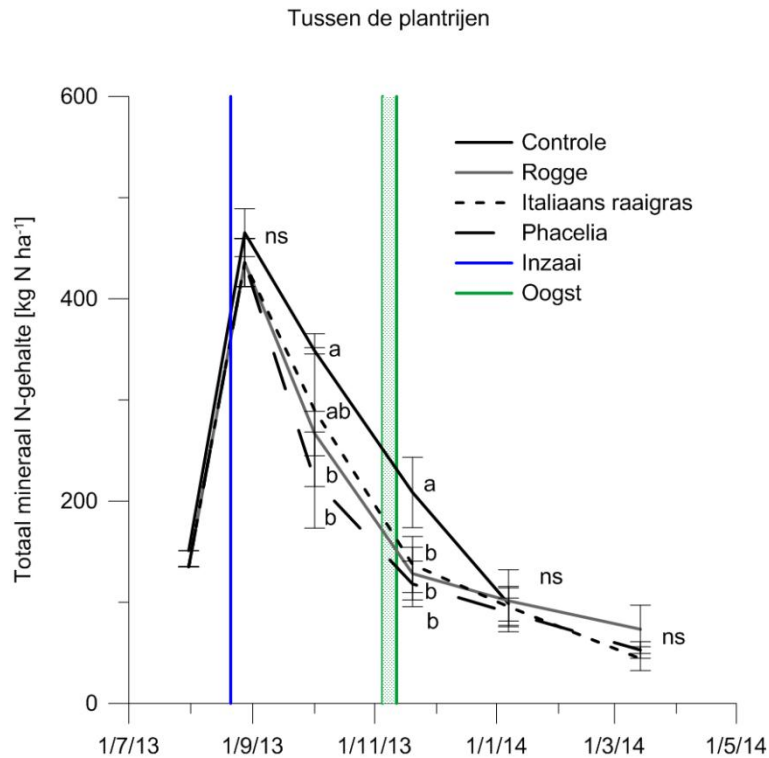


Figuur 22: Gemiddeld bodem mineraal N-gehalte met standaardafwijking (4 herhalingen) in de plantrijen van de 0-90cm bodemlaag van het 'onderzaai'-proefveld te Handzame (ns= geen significante verschillen).

Het bodem mineraal N-gehalte tussen de plantrijen was op 02/10/2013 significant hoger voor de controle behandelingen ten opzichte van waar Phacelia of snijrogge werden ingezaaid als onderzaai. De variantie van de bodemstalen waar Italiaans raaigras werd ingezaaid was zeer hoog op 02/10/2013 (75,5 kg N ha⁻¹) waardoor het verschil met de controle behandeling niet significant was (Figuur 23).

De controle behandeling van de langetermijnproef werd op 09/09/2013 nog bijbemest, maar ook in het volgende meetpunt (20/11/2013) was het bodem mineraal N-gehalte tussen de plantrijen significant lager waar een vanggewas werd ingezaaid. Tussen de verschillende vanggewassen was er geen significant verschil.

De tweede helft van oktober was zeer nat en de veldproef lag aan op een lichte grond. Minerale N in de bodem spoelde makkelijk uit. Bij een hoger bodem mineraal N-gehalte spoelde er meer uit en werden verschillen in bodem minerale N terug uitgevlakt.



Figuur 23: Gemiddeld bodem mineraal N-gehalte met standaardafwijking (4 herhalingen) tussen de plantrijen van de 0-90cm bodemlaag van het 'onderzaai'-proefveld te Handzame (verschillende letters geven significante verschillen aan, ns= geen significante verschillen).

A2.2 Zand (Sint-Katelijne-Waver)

A2.2.1 Meteorologische gegevens

Tabel 40: Maandelijks meteorologische gegevens van het proefveld te Sint-Katelijne-Waver verzameld via het weerstation te Zarren.

Maand	Gemiddelde min. dagtemperatuur [°C]	Gemiddelde dagtemperatuur [°C]	Gemiddelde max. dagtemperatuur [°C]	Maandelijks cumulatieve neerslag [mm]
08/2013	13,6	18,9	22,0	105
09/2013	10,0	15,4	19,0	875
10/2013	9,4	13,1	14,9	100
11/2013	4,5	7,0	9,3	28
12/2013	1,6	6,1	6,4	81

A3.2.2 Proefopzet



Figuur 24: Onderzaai van Italiaans raaigras (A) en rogge (B) in een teelt bloemkool te 08/10/2013.



Figuur 25: Ondergezaaid Italiaans raaigras (links) en rogge (rechts) in het voorjaar 2014.

Italiaans raaigras en winterrogge werden 4 weken na het planten van een teelt bloemkool ingezaaid tussen en in de plantrijen (Tabel 41). Het inzaaien van de vanggewassen gebeurde manueel. De ontwikkeling van de vanggewassen tijdens de teelt bloemkool was goed (Figuur 24). Italiaans raaigras kwam zowel tussen als in de rijen bloemkool goed op, rogge ondervond wel een negatieve invloed van beschaduwing door de bloemkool en kwam alleen goed op aan de randen. Na oogst van de bloemkool bedekten de bladeren de vanggewassen waardoor deze gingen legeren. Hierop werd beslist de oogstresten bloemkool te kleppelen. Ook in het voorjaar was er een goede ontwikkeling van de vanggewassen (Figuur 25).

Tabel 41: Proefinformatie van de 'onderzaai'- veldproef te Sint-Katelijne-Waver

<i>Teelt</i>	bloemkool
<i>bodemtextuur</i>	zand
<i>Plantdatum bloemkool</i>	13/08/2013
<i>Inzaaidatum vanggewas</i>	16/09/2013
<i>Oogstdatum bloemkool</i>	30/11/2013
<i>Kleppelen oogstresten</i>	13/12/2013
<i>Behandelingen</i>	(i) geen onderzaai (ii) onderzaai winterrogge (iii) onderzaai Italiaans raaigras
<i>Partner</i>	PSKW

A2.2.3 Proefresultaten

Er was geen significant verschil ($P < 0.05$) in zowel de totale als marktbaar biomassa van de bloemkool waar Italiaans raaigras, rogge of geen vanggewas werd ondergezaaid (Tabel 42). Analoog als voor de langetermijnproeven is de biomassa van het Italiaans raaigras hoger dan deze van de winterrogge (Tabel 43).

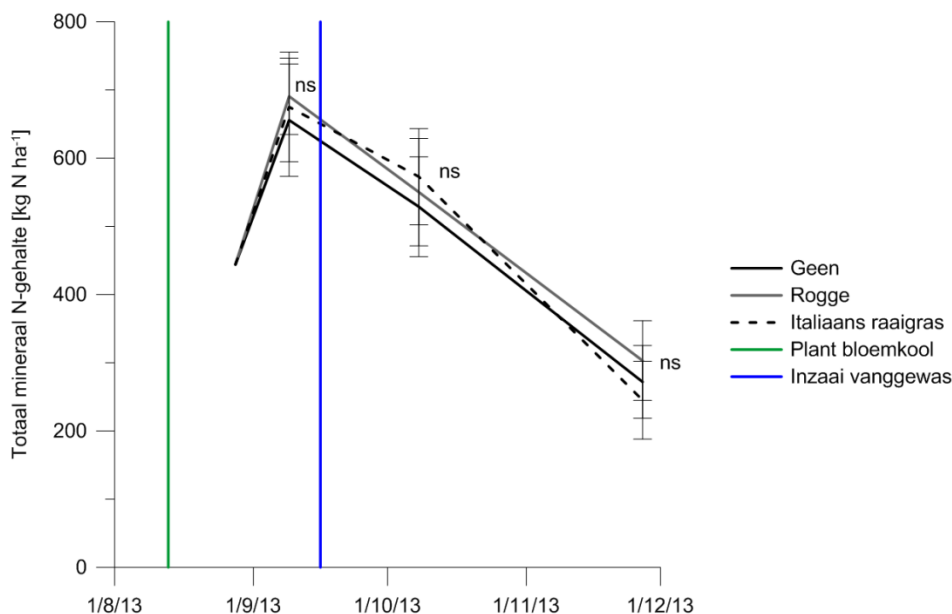
Tabel 42: Gemiddelde biomassa van de teelt bloemkool na onderzaai van Italiaans raaigras of winterrogge of geen onderzaai. De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes (n= 4).

Plantdeel	Onderzaai			eenheid
	Geen	Italiaans raaigras	Winterrogge	
Kool	26 (13)	19 (4)	23 (7)	ton ha ⁻¹
Blad	27 (7)	26 (6)	28 (5)	ton ha ⁻¹

Tabel 43: Gemiddelde biomassa, C-, N-, en P-gehalte van de vanggewassen van de 'onderzaai'-proef te Sint-Kathelijne-Waver. De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes (n= 4).

Type oogst	Biomassa	C	N	P	C:N	N:P
	ton ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	-	-
Winterrogge	7,6 (2,0)	307 (47)	32 (9)	3 (1)	9,5 (3,0)	10,5 (4,2)
Italiaans raaigras	13,5 (0,6)	527 (14)	63 (3)	5 (1)	8,4 (0,5)	11,9 (1,9)

Er was geen significant verschil in bodem mineraal N-gehalte tussen de verschillende behandelingen op alle bemonsteringstijdstippen (Figuur 26). Analoge resultaten werden bekomen voor de proef onderzaai te Inagro voor de bodemstalen genomen in de plantenrijen, maar werd daarentegen wel een lager bodem mineraal N-gehalte geobserveerd tussen de plantrijen waar onderzaai was toegepast. Gezien de goede ontwikkeling van de vanggewassen in het proefveld te Sint-Kathelijne-Waver (Tabel 43) is het aannemelijk dat ook hier het bodem mineraal N-gehalte lager was tussen de plantrijen, maar dat dit effect gemaskeerd werd omwille van het samennemen van de stalen.



Figuur 26: Gemiddeld bodem mineraal N-gehalte met standaardafwijking (4 herhalingen) in de 0-90cm bodemlaag van het 'onderzaai'-proefveld te Sint-Katelijne-Waver (ns= geen significante verschillen).

A3.2.4 Invloed gewasbescherming

Naast klimatologische invloeden kan ook het gebruik van herbiciden een invloed hebben op de kieming van een onderzaai. Door PSKW is in 2012 een proef met onderzaai in een herfstbloemkoolteelt uitgevoerd op een praktijkperceel. Uit deze proef bleek dat zowel het ondergezaaide Italiaans raaigras als rogge sterk geremd werden.

In het voorjaar van 2013 werd een screening uitgevoerd om na te gaan welke erkende middelen een invloed kunnen hebben op een onderzaai raaigras en rogge in een vroege bloemkoolteelt. In de proefopzet zijn de middelen Stomp aqua, Butisan S en Centium 36 CS toegepast aan erkende dosis. Vier weken na planten is raaigras en rogge breedwerpig ingezaaid aan 40 kg ha^{-1} resp. 150 kg ha^{-1} .

Uit de proef blijkt dat de drie ingezette herbiciden geen remming vertonen op de ondergezaaide rogge. Bij een onderzaai van raaigras was er wel een mindere opkomst waar te nemen bij toepassing van herbiciden (Tabel 44). De onderzaai van raaigras ondervond de sterkste hinder door de inzet van Stomp aqua (Figuur 27).

Tabel 44: Invloed gewasbescherming op opkomst ondergezaaid Italiaans raaigras en rogge in zomerteelt bloemkool

Onderzaai	Onbehandeld	Butisan S	Stomp aqua	Centium 36 SC
raaigras	+++	+/-	-	++
rogge	++	+++	+++	++++

A2.3 EU_Rotate_N simulaties

Hoewel EU_Rotate_N in theorie de mogelijkheid geeft om een ondergezaaid vanggewas op te nemen in een teeltrotatie, wordt deze optie niet uitgevoerd door het model wanneer opgegeven. Het zou mogelijk zijn om via een aanpassing de uitspoelings- en gasvormige N-verliezen in te schatten, waarbij na het oogsten van de bloemkool een vanggewas wordt 'geplant' met een N-inhoud van de helft van de totale N-opname. Observaties tijdens de veldproef en metingen van het bodem minerale N-gehalte geven echter aan dat de ontwikkeling en N-opname van een ondergezaaid vanggewas ook

voor het oogsten van de hoofdteelt van belang zijn. Resultaten bekomen via simulatie van een aangepaste uitgangssituatie zou wellicht een vertekend beeld geven en worden daarom niet meegenomen in de evaluatie.

A2.4 N-balans onderzaai vanggewas

De N-balans werd bepaald vanaf het planten van de vroege teelt bloemkool in de zomer tot net voor het planten van een nieuwe groenteteelt in het volgende voorjaar. Het start- en eindmoment werden gekozen om de herfst- en winterperiode te omvatten.

De N-input werd berekend als het mineraal N-gehalte van de 0-90cm bodemlaag bij de start van de bloemkoolteelt ($N_{min,start}$), N toegediend via bemesting ($N_{bemesting}$), N vrijgekomen uit N-mineralisatie van bodem organische stof (BOS) (N_{BOS}) en N afkomstig van natte en droge depositie ($N_{depositie}$). N_{bos} werd bepaald via een N-incubatieproef in het labo en was gelijk voor alle objecten. De N-output werd berekend als het mineraal N-gehalte van de 0-90cm bodemlaag op het einde van de beschouwde periode ($N_{min,eind}$), N-opname door het ondergezaaide vanggewas ($N_{onderzaai}$) en het N-gehalte van het marktbaar deel van de bloemkool (N_{kool}). In de veldproef te Beitem werden bodemstalen tussen en in de planrijen bloemkool genomen en het gemiddelde hiervan werd gebruikt als $N_{min,start}$ en $N_{min,eind}$. De N-balans werd berekend als het verschil tussen de N-input en N-output.

$$N_{input} = N_{min,start} + N_{bemesting} + N_{BOS} + N_{depositie}$$

$$N_{output} = N_{min,eind} + N_{onderzaai} + N_{kool}$$

$$N_{balans} = N_{input} - N_{output}$$

Op het proefveld te Sint-Katelijne-Waver werden de bodemstalen genomen tussen en in de rijen samengenomen. Een mogelijk significante invloed van onderzaai op het bodem mineraal N-gehalte tussen de planrijen (zoals waargenomen op het proefveld te Beitem (zie A2.1.3)) wordt hierdoor mogelijks gemaskeerd. Ook in de veldproef aangelegd te Beitem bleken het bodem mineraal N-gehalte in de planrijen bloemkool niet significant verschillend te zijn. Tussen de planrijen was het bodem mineraal N-gehalte echter lager waar een vanggewas werd ondergezaaid dan waar niet en het overschot op de N-balans was hier aanzienlijk. Het overschot op de N-balans was het laagst bij onderzaai van Italiaans raaigras, gevolgd door respectievelijk rogge, phacelia en geen onderzaai (Tabel 45).

Tabel 45: Gemiddelde N-balans van de onderzaaiveldproeven te Sint-Katelijne-Waver en Beitem (standaardafwijking tussen haakjes, n= 4).

Onderzaai	N –balans [kg N ha ⁻¹]	
	Sint-Katelijne-Waver (PSKW)	Beitem (Inagro)
Geen	+ 202 (63)	+ 182 (47)
Italiaans raaigras	+ 113 (60)	+ 86 (30)
Winterrogge	+ 194 (59)	+ 92 (45)
Phacelia	-	+ 131 (21)

A2.5 Algemene bespreking

Voornamelijk Italiaans raaigras lijkt geschikt om onder een tweede vrucht bloemkolen te zaaien. De concurrentie met de kolen was beperkt (gegeven de relatief vochtige omstandigheden) en het gras is ook winterhard zodat de opgenomen N opgeslagen blijft tijdens winter. Ondergezaaid Italiaans raaigras nam tot $91 \pm 24 \text{ kg N ha}^{-1}$ op en verminderde totale N-verliezen gedurende de winterperiode met bijna 100 kg N ha^{-1} .

Het is wel belangrijk dat het gras vroeg genoeg gezaaid wordt. Er moet een zeker volume gras zijn vooraleer volledige overschaduwung plaatsvindt, anders is er geen verdere ontwikkeling van het gras meer. Na de oogst kan weer lichte groei optreden, maar de belangrijkste ontwikkeling vindt plaats in augustus-september.

Een combinatie van rijenbemesting en onderzaai van Italiaans raaigras kan toelaten om de bloemkolen optimaal van N te voorzien, en tegelijkertijd de minerale stikstof in de tussenrij, voornamelijk afkomstig van de oogstresten van de voorgaande bloemkoolteelt, te stockeren in het Italiaans raaigras. Deze stikstof wordt door de zwak wortelende bloemkolen anders onvoldoende benut. Onderzaaien van groenbedekkers dient vroeg genoeg te gebeuren (3 weken na planten lijkt ideaal). De groenbedekker moet zeker nog een 4 – tal weken kunnen groeien zonder overschaduwung, anders wordt ze weggeconcurrereerd door de kolen. Er bestaan nog geen machines om in de praktijk gras in te zaaien tussen industriebloemkool. Eveneens is nog weinig geweten over concurrentie tussen de kolen en de groenbedekkers in minder rijke (N,water) omstandigheden. Bovendien bestaan er groenbedekkers (Engels raaigras, Westerwolds raaigras...) die nog trager groeien dan Italiaans Raaigras en de overschaduwung van de kolen waarschijnlijk ook beter weerstaan.



Figuur 27: Opkomst raaigras (onbehandeld (links) – Stomp aqua (rechts))

Appendix 3:

N-immobiliserende materialen

Medewerkers

Universiteit Gent

Laura Agneessens, Stefaan De Neve

ILVO-EV Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek

Bart Vandecasteele

Inagro

Tomas Van De Sande

Proefstation voor de Groenteteelt vzw (PSKW)

Ellen Goovaerts, Joris De Nies

Provinciaal Proefcentrum voor de Groenteteelt Oost-Vlaanderen (PCG)

Sara Crappé, Micheline Verhaeghe

Bodemkundige Dienst van België (BDB)

Annemie Elsen

A3: N-immobiliserende materialen

Voor een samenvatting van de proefopzet en –resultaten wordt verwezen naar Deel 1. De economische evaluatie wordt beschreven in Appendix 10.

A3.1 Beitem (zandleem, Inagro)

Op het proefveld te Beitem werd naast evaluatie van afvoeren, intact laten en inwerken van oogstresten (sectie 3.1.4), het potentieel van inwerken van oogstresten met immobiliserende materialen beoordeeld.

A3.1.1 Meteorologische gegevens

Tabel 46: Meteorologische gegevens per maand voor het proefveld te Beitem

Maand	Gemiddelde Temp.	Max. temp.	Min. Temp.	Cumulatieve neerslag
	°C	°C	°C	mm
08/12	18,0	23,5	12,8	42
09/12	13,9	19,1	8,9	28
10/12	10,5	14,1	6,8	149
11/12	6,8	9,4	4,0	73
12/12	5,1	7,3	2,8	206
01/13	2,4	5,1	-0,6	63
02/13	2,4	4,9	0,0	30
03/13	3,4	6,9	0,6	63
04/13	8,6	13,3	4,0	25

A3.1.2 Proefopzet en -resultaten

Tabel 47: Informatie betreffende het proefveld inwerken immobiliserende materialen met oogstresten bloemkool te Beitem.

<i>Teelt</i>	bloemkool
<i>Bodemtextuur</i>	zandleem
<i>Plantdatum</i>	8/08/2012
<i>Oogstdatum</i>	14/11/2012
<i>Inwerken oogstresten en immobiliserende materialen</i>	16/11/2012
<i>Behandelingen</i>	(i) inwerken (ii) inwerken met graanstro (12 ton ha ⁻¹) (iii) inwerken met korrelmaïs (12 ton ha ⁻¹) (iv) inwerken met groencompost (50 ton ha ⁻¹)
<i>Partner</i>	Inagro

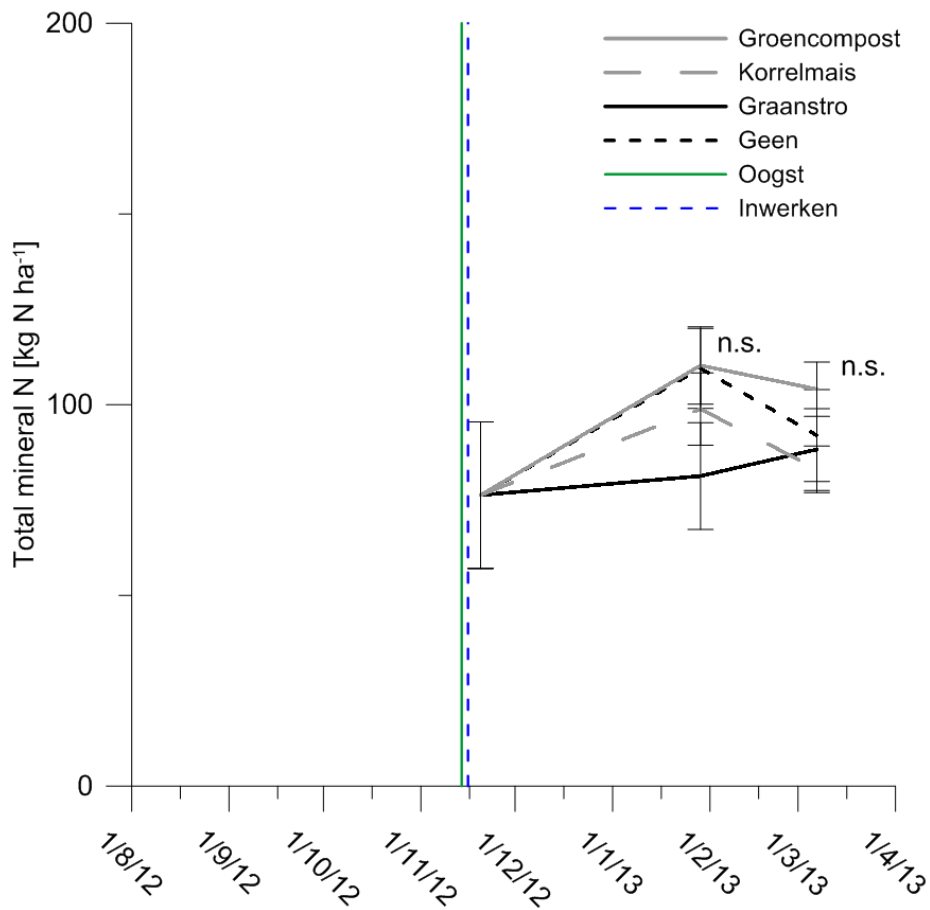
Voor toediening van de immobiliserende materialen (Tabel 48) werden de oogstresten (Tabel 49) ingefreesd. Hierna werden de immobiliserende materialen op het veld toegediend en werd een tweede maal ingefreesd. Dit was verschillend ten opzichte van het proefveld met immobiliserende materialen aangelegd te Deinze (door PCG). Hier werden de N-immobiliserende materialen rechtstreeks op de oogstresten aangebracht en samen in één maal ingefreesd. De oogstresten waren te Deinze dus niet op voorhand verkleind en de bodem niet verstoord.

Tabel 48: Eigenschappen toegediende immobiliserende materialen op het proefveld te Beitem (Inagro).

	C	N	P	C/N	C/P
Materiaal	g kg ⁻¹ DS	g kg ⁻¹ DS	g kg ⁻¹ DS	-	-
groencompost	240	23	-	11	-
rest korrelmaïs	496	11	2	43	290
graanstro	517	6	1	80	511

Tabel 49: Gemiddelde biomassa, N-, en P-gehalte per plantdeel (4 herhalingen) van de oogst en oogstresten bloemkool te Beitem. De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes.

Type oogst	Biomassa ton ha ⁻¹	C kg ha ⁻¹	N kg ha ⁻¹	P kg ha ⁻¹	C:N -	N:P -
marktbaar	40 (11)	1532 (455)	124 (37)	21 (6)	12,4 (5,3)	6,0 (2,6)
blad	29 (8)	1354 (435)	115 (43)	20 (7)	11,7 (5,8)	5,7 (2,9)
stronk	6 (2)	230 (82)	15 (3)	3 (1)	15,8 (6,7)	5,2 (2,3)
Oogstresten (OR)	35 (8)	1584 (442)	130 (44)	23 (7)	13,8 (6,0)	5,5 (3,7)
Marktbaar + OR	74 (14)	3116 (635)	254 (57)	44 (9)	13,3 (4,1)	5,6 (4,3)



Figuur 28: Gemiddeld bodem mineraal N gehalte met standaardafwijking (4 herhalingen) in de 0-90cm bodemlaag voor de proef met immobiliserende materialen aangelegd te Beitem.

A3.1.3 Bespreking resultaten Beitem

Er waren geen significante verschillen in bodem mineraal N-gehalte tussen de verschillende behandelingen voor beide bemonsteringsdata, wat niet wegneemt dat bepaalde trends toch waargenomen kunnen worden. Na inwerken van de oogstresten is er een stijging van bodem minerale N waar te nemen voor alle objecten. Deze stijging is echter beperkt voor de behandeling waar de oogstresten gemengd met graanstro werden ingewerkt wat aangeeft dat het graanstro immobiliserend werkt. Het immobiliserend effect van korrelmaïs is beperkter. Aangezien de korrelmaïs op het moment van oogsten van de bloemkool nog niet rijp was, diende er met verse planten gewerkt worden. Betere resultaten worden mogelijks bekomen met volledig rijpe korrelmaïs, maar dit kan enkel toegepast worden indien dit voor het oogsten van de groententeelt plaatsvindt.

Er is geen verschil in bodem mineraal N gehalte tussen de objecten met onrijpe groencompost en de controle (enkel oogstresten) (Figuur 28).

De toename in bodem mineraal N-gehalte waar oogstresten zonder immobiliserende materialen werden ingewerkt bedraagt bij de eerste staalname 26 kg N ha^{-1} . Dit is slechts een fractie van hetgeen ingewerkt werd (130 kg N ha^{-1}). De oogstresten werden half november ingewerkt gedurende een vrij koude en droge periode. December werd gekenmerkt door zachte wintertemperaturen waardoor mineralisatie van de oogstresten zeker verwacht kon worden. Tevens viel er veel neerslag in december waardoor rekening gehouden moet worden met uitspoeling. Januari 2013 daarentegen kende strenge vorsttemperaturen en weinig neerslag waardoor mineralisatie en uitspoeling wellicht verwaarloosbaar waren.

Op het proefveld van Inagro leek graanstro slechts zo'n 30 kg N ha^{-1} vast te leggen. Uit eerder onderzoek blijkt immobilisatie door de microbiële gemeenschap gevoeliger te zijn voor lage temperaturen dan mineralisatie, wat de lage immobilisatie voor een deel kan verklaren. In het voorjaar was een groot deel van het ingewerkte stro nog zichtbaar aan de oppervlakte, 12 ton ha^{-1} graanstro inwerken is een zeer grote hoeveelheid waardoor het praktisch moeilijk was om alles in te werken.

A3.2 Deinze (leem, PCG)

Het potentieel van immobiliserende materialen werd tevens geëvalueerd te Deinze (Tabel 51).

A3.2.1 Meteorologische gegevens

Tabel 50: Meteorologische gegevens per maand voor het proefveld te Deinze verzameld via het weerstation te Waregem.

Maand	Gemiddelde Temp.	Max. temp.	Min. Temp.	Cumulatieve neerslag
	°C	°C	°C	mm
08/12	18,8	24,8	14,0	34
09/12	14,7	20,1	10,1	28
10/12	11,2	15,1	7,7	109
11/12	7,3	10,3	4,9	46
12/12	5,7	7,7	3,1	158
01/13	2,1	4,6	-0,7	73
02/13	2,0	4,7	-0,7	38
03/13	3,3	6,1	0,1	54
04/13	9,0	12,9	4,6	21

A3.2.2 Proefopzet en resultaten

Tabel 51: Informatie betreffende proefveld inwerken immobiliserende materialen met oogstresten bloemkool te Deinze

<i>Teelt</i>	bloemkool
<i>Bodemtextuur</i>	leem
<i>Plantdatum</i>	01/08/2012
<i>Oogstdatum</i>	16/11/2012
<i>Inwerken oogstresten en immobiliserende materialen</i>	16/11/2012
<i>Behandelingen</i>	(i) inwerken (ii) inwerken met graanstro (12 ton ha ⁻¹) (iii) inwerken met korrelmaïs (12 ton ha ⁻¹) (iv) inwerken met groencompost (50 ton ha ⁻¹)
<i>Partner</i>	PCG

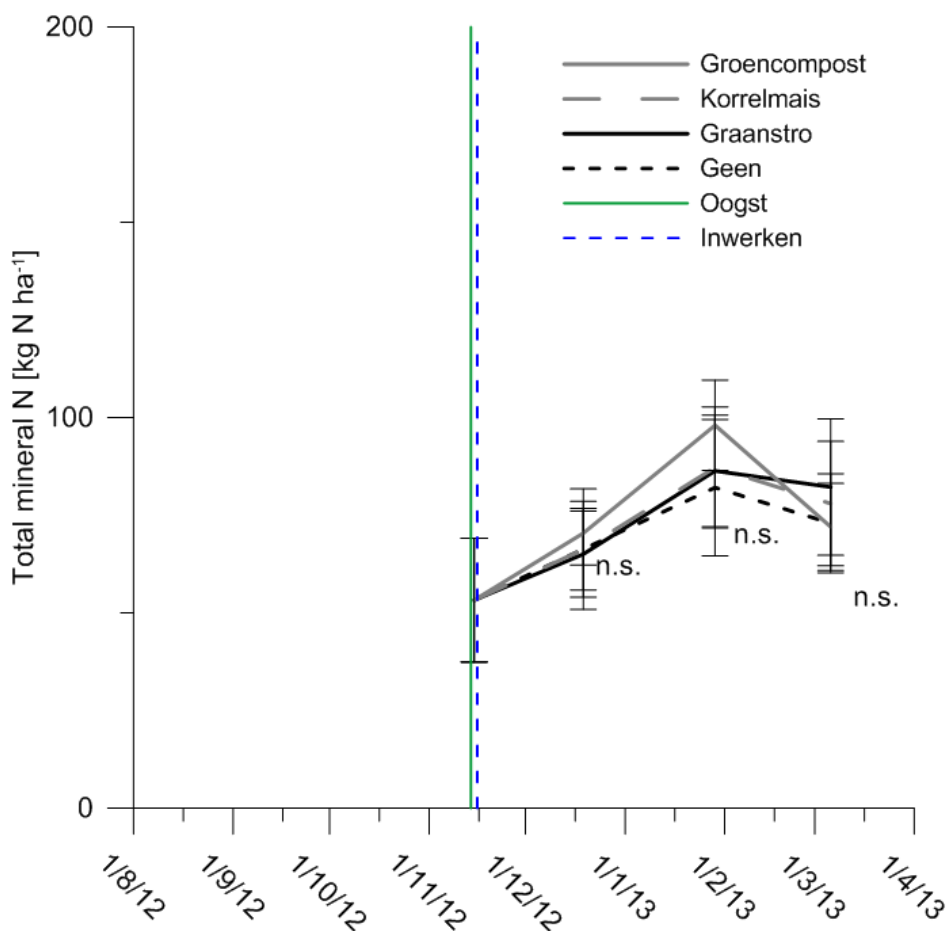
Zoals eerder beschreven werden de oogstresten van bloemkool (Tabel 52) hier niet ingefreesd voor aanbrengen van de N-immobiliserende materialen (Tabel 53) in tegenstelling tot de proef aangelegd door Inagro (zie A3.1). De immobiliserende materialen werden daarentegen rechtstreeks op de oogstresten aangebracht en samen één maal ingefreesd.

Tabel 52: Gemiddelde biomassa, N-, en P-gehalte per plantdeel (4 herhalingen) voor het proefveld bloemkool te Deinze. De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes.

Type oogst	Biomassa ton ha ⁻¹	C kg ha ⁻¹	N kg ha ⁻¹	P kg ha ⁻¹	C:N -	N:P -
Marktbaar	16 (2)	769 (115)	59 (9)	8 (1)	13,0 (2,8)	7,4 (1,6)
Bladeren	21 (5)	962 (212)	79 (18)	13 (3)	12,1 (3,8)	6,1 (1,9)
Stengel	9 (1)	486 (71)	37 (6)	6 (1)	13,1 (2,7)	6,3 (1,4)
Oogstresten (OR)	30 (5)	1448 (224)	116 (18)	19 (3)	12,4 (2,8)	6,2 (1,4)
Marktbaar + OR	46 (5)	2216 (252)	175 (20)	27 (3)	12,6 (2,1)	6,6 (1,1)

Tabel 53: Eigenschappen toegediende immobiliserende materialen op het proefveld te Deinze (PCG).

	C	N	P	C/N	C/P
Materiaal	g kg ⁻¹ DS	g kg ⁻¹ DS	g kg ⁻¹ DS	-	-
groencompost	458	13	2	36	192
rest korrelmais	867	6	1	148	1148
graanstro	931	5	0.4	196	2417



Figuur 29: Gemiddeld bodem mineraal N gehalte met standaardafwijking (4 herhalingen) in de 0-90cm bodemlaag voor de proef met immobiliserende materialen aangelegd de deinze.

A3.2.3 Bespreking resultaten Deinze

Na inwerken van de oogstresten is er een toename van bodem minerale N van ongeveer dezelfde grootteorde waar te nemen voor alle behandelingen (Figuur 29). Deze toename is beperkt gezien de ingewerkte hoeveelheid oogstresten (30±5 ton ha⁻¹, 116 kg N ha⁻¹). Inwerken van de oogstresten vond midden november plaats waarna een koude winterperiode volgde (Tabel 50).

Mogelijke verklaringen voor de afwezigheid van een immobilisatie-effect zijn de late toedieningsdatum en het minder homogene contact tussen de immobiliserende materialen en

oogstresten vergeleken met de proef te Beitem (zie A2.1). Wanneer onrijpe groencompost werd toegediend is er een iets hogere toename van bodem minerale N waar te nemen, maar de resultaten zijn niet verschillend van het bodem mineraal N-gehalte van de andere behandelingen.

A3.3 N-balans N-immobiliserende materialen

De N-balans werd bepaald vanaf de oogst van de vroege teelt bloemkool in het najaar tot net voor het planten van een nieuwe groenteteelt in het volgende voorjaar. Het start- en eindmoment werden gekozen om de herfst- en winterperiode te omvatten. Aangezien het bodem mineraal N-gehalte niet gekend was op het moment van planten van de vroege teelt bloemkool werd de oogst gekozen als startpunt.

De N-input werd berekend als het N-gehalte van de oogstresten bloemkool op het moment van oogst ($N_{oogstresten}$), het mineraal N-gehalte van de 0-90cm bodemlaag ($N_{min,start}$), N toegediend via de immobiliserende materialen (N_{immob}) en N toegediend via bemesting ($N_{bemesting}$). De N-output werd berekend als het mineraal N-gehalte van de 0-90cm bodemlaag op het einde van de beschouwde periode ($N_{min,eind}$). De N-balans werd berekend als het verschil tussen de N-input en N-output.

$$N_{input} = N_{oogstresten} + N_{min,start} + N_{immob} + N_{bemesting}$$

$$N_{output} = N_{min,eind}$$

$$N_{balans} = N_{input} - N_{output}$$

Omwillen van het beperkte N-immobiliserende effect van de toegediende immobiliserende materialen nam het overschot op de N-balans toe, voornamelijk waar onrijpe groencompost (aan een dosis van 50 ton ha⁻¹) werd aangebracht (Tabel 54).

Tabel 54: Gemiddelde N-balans van de proeven met immobiliserende materialen te Deinze en Beitem (standaardafwijking tussen haakjes).

Immobiliserend materiaal	N –balans [kg N ha ⁻¹]	
	Deinze (PCG)	Beitem (Inagro)
geen	308 (64)	441 (56)
graanstro	346 (60)	511 (60)
korrelmaïs	342 (72)	467 (65)
onrijpe groencompost	689 (95)	1087 (64)

A3.4 Algemene bespreking N-immobiliserende materialen

Bij beide partners werd groencompost in een hoeveelheid van 50 ton/ha toegediend en tarwestro en korrelmaïstro in een hoeveelheid van 12 ton/ha. De hoeveelheden voor korrelmaïs en tarwestro waren berekend op basis van een immobilisatiecapaciteit van ruwweg 10 kg N per ton stro (vastlegging van ongeveer 100-120kg N voorzien). Toediening van 12 ton stro resulteerde in een vrij dikke laag van stro over het ganse perceel wat de praktische bewerkbaarheid sterk hinderde. Bovendien wordt in deze hoeveelheid meer stro toegediend per hectare dan de gemiddelde oogstopbrengst van tarwe (7-8 ton ha⁻¹).

Een homogene menging tussen de immobiliserende materialen en de oogstresten bleek een belangrijke factor te zijn om N-immobilisatie te verkrijgen. Ondanks toediening van een grote hoeveelheid immobiliserende materialen en goede menging tussen de immobiliserende materialen en de oogstresten was er slechts een beperkt immobiliserend effect op het proefveld te Beitem (Inagro). De late toedieningsdatum kan hier een verklaring bieden.

Verschillende factoren lijken aldus noodzakelijk om N-immobilisatie te verkrijgen, nl. (i) voldoende immobiliserende materialen, (ii) een goed contact tussen de immobiliserende materialen en (iii) geen te lage bodemtemperaturen.

Appendix 4:

In situ stabilisatie

Medewerkers

Universiteit Gent

Laura Agneessens, Stefaan De Neve

ILVO-EV Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek

Bart Vandecasteele

Inagro

Tomas Van De Sande

Proefstation voor de Groenteteelt vzw (PSKW)

Ellen Goovaerts, Joris De Nies

Provinciaal Proefcentrum voor de Groenteteelt Oost-Vlaanderen (PCG)

Sara Crappé, Micheline Verhaeghe

Bodemkundige Dienst van België (BDB)

Annemie Elsen

Appendix 4: In situ stabilisatie

In situ stabilisatie van de N aanwezig in de oogstresten van groenten werd geëvalueerd in één veldproef te Deinze. Voor een samenvatting van de proefopzet en –resultaten wordt verwezen naar Deel 1. De economische evaluatie wordt beschreven in Appendix 10.

A4.1 Meteorologische gegevens

Tabel 55: Maandelijks meteorologische gegevens van het proefveld te Deinze verzameld via het weerstation te Waregem.

Maand	Gemiddelde min. dagtemperatuur [°C]	Gemiddelde dagtemperatuur [°C]	Gemiddelde max. dagtemperatuur [°C]	Maandelijks cumulatieve neerslag [mm]
10/2013 ^a	9,6	12,5	15,3	161,1
11/2013 ^a	4,3	6,7	9,0	97,2
12/2013 ^a	4,1	6,3	8,6	70,3
01/2014 ^b	4,1	6,3	8,7	85,6
02/2014 ^b	4,6	6,9	9,8	81,5
03/2014 ^b	4,2	8,7	13,8	26,5

A4.2 Proefopzet en -gegevens



Figuur 30: Oogstresten bloemkool gemengd met restplant van korrelmaïs (A) of graanstro (B)

De mogelijkheid tot in situ stabilisatie van oogstresten van groenten werd onderzocht via een veldproef met oogstresten van bloemkool (Tabel 56). De oogstresten werden gemengd met graanstro of korrelmaïs en manueel op rillen getrokken (Figuur 30, Tabel 57). Hierna werden de materialen nog een extra maal gemengd om een homogene verspreiding in de ril te bekomen. De verhouding structureel materiaal/oogstresten groenten bedroeg 50/50 vol%. In tegenstelling tot gewenten (zie 4. Praktijkproeven) zijn de rillen niet bedekt door aarde. Gedurende de winterperiode bleven de rillen intact en behielden ze hun vorm. Het bladmateriaal was tegen het eind van de winter reeds gedeeltelijk verteerd, de stonken waren nog volledig intact. De bodemstalen werden genomen onder de rillen.

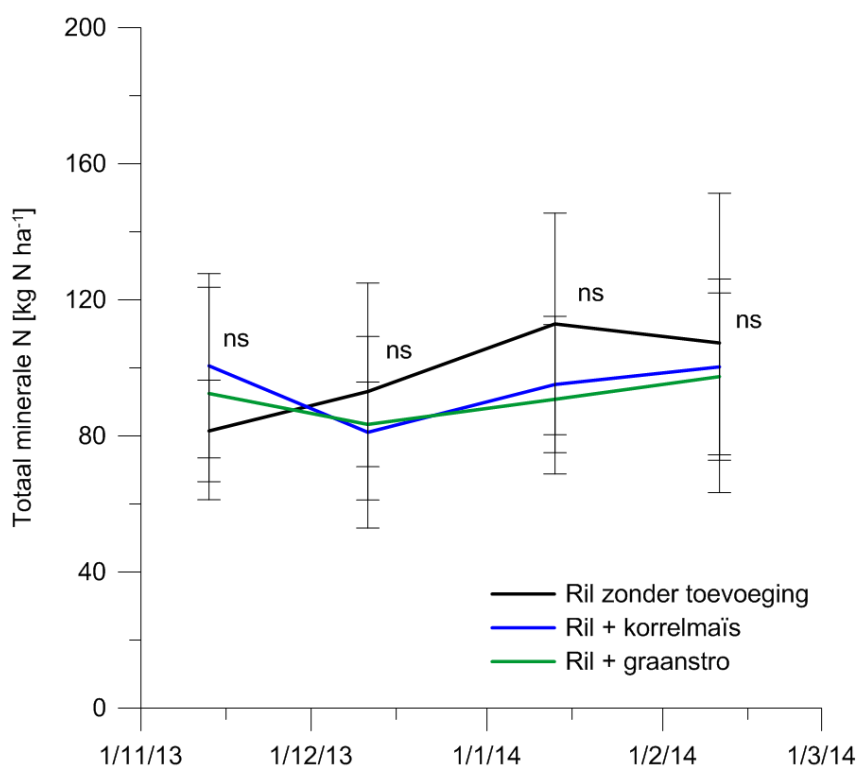
Tabel 56: Proefinformatie van de 'in situ stabilisatie' veldproef te Deinze

<i>Teelt</i>	bloemkool
<i>Bodemtextuur</i>	zandleem
<i>Plantdatum</i>	10/07/2013
<i>Oogstdatum</i>	Oktober 2013
<i>Opzetten rillen</i>	13/12/2013
<i>Behandelingen</i>	(i) ril zonder extra toevoeging (ii) ril met korrelmaïs (6 ton ha ⁻¹) (iii) ril met graanstro (6 ton ha ⁻¹)
<i>Partner</i>	PCG

A4.3 Proefresultaten

Tabel 57: Gemiddelde biomassa, N-, en P-gehalte (4 herhalingen) van de rillen van oogstresten bloemkool in de 'in situ stabilisatie'-proef te Kruishoutem. De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes.

Ril	Biomassa ton ha ⁻¹	C kg ha ⁻¹	N kg ha ⁻¹	P kg ha ⁻¹
bloemkool	6	830 (175)	20 (6)	3 (1)
bloemkool + korrelmaïs	12	2323 (240)	39 (15)	6 (2)
bloemkool + graanstro	12	2356 (256)	39 (7)	5 (1)



Figuur 31: Gemiddeld bodem mineraal N-gehalte met standaardafwijking (4 herhalingen) in de 0-90cm bodemlaag van de 'in situ stabilisatie'-proef te Kruishoutem (ns = geen significante verschillen).

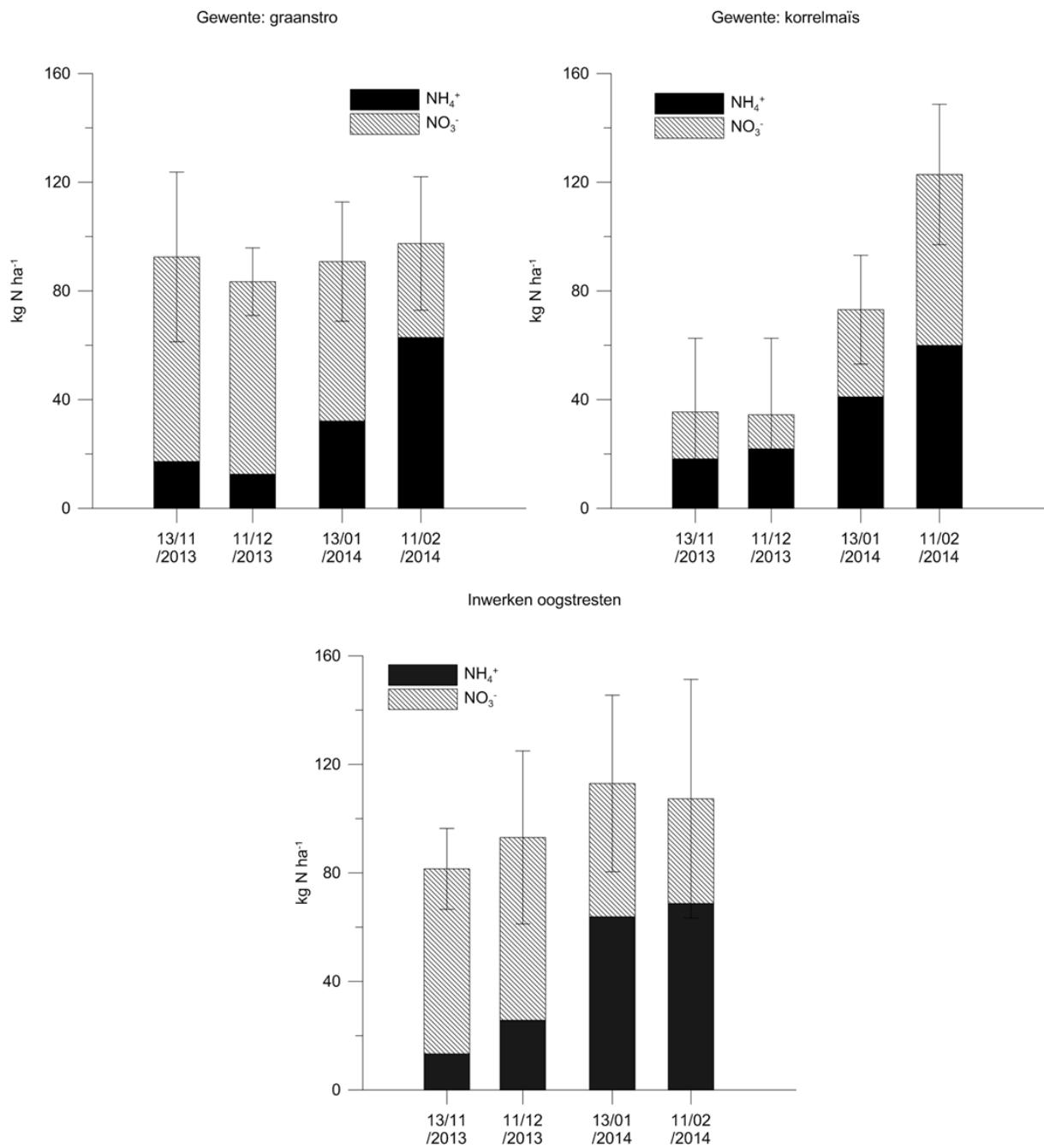
In januari en februari 2014 was het NH_4^+ -gehalte van eenzelfde grootteorde als het NO_3^- -gehalte bij alle behandelingen (Figuur 32, Tabel 58). Dit kan veroorzaakt zijn door een hernieuwde afbraak van de oogstresten en het ontstaan van anaerobe microsites onder de rillen.

Het N-gehalte samengebracht in de rillen ($20\text{-}39 \text{ kg N ha}^{-1}$) wordt weerspiegeld in de toename van het minerale N-gehalte van de 0-30cm bodemlaag 3 maanden na het opzetten van de ril. Omwille van de lage hoeveelheid samengebrachte N kan het effect van de rillen moeilijk onderscheiden worden van de variabiliteit van de bodemstalen. De resultaten kunnen erop wijzen dat het samenbrengen van de oogstresten in rillen, zonder bedekking door aarde, mogelijks niet voldoende is om bovengrondse N-opslag te bekomen. Dit is echter in tegenstelling tot de proeven waar de oogstresten op gewenten werden getrokken en bedekt met aarde (zie appendix 6. Praktijkproeven).

Er was slechts een klein verschil in bodem mineraal N-gehalte tussen de behandelingen waar de oogstresten al of niet gemengd werden met graanstro of korrelmaïs wat aangeeft dat de werking van deze immobiliserende materialen beperkt was (Figuur 31). Indien de gemineraliseerde N van de oogstresten in de rillen bleef in plaats van uit te spoelen, zou dit eerder het effect van het op rillen trekken van de oogstresten zijn.

Tabel 58: Gemiddeld NH_4^+ - en NO_3^- -gehalte van de 'in situ stabilisatie'-veldproef te Deinze (standaardafwijking tussen haakjes).

		$\text{NH}_4^+\text{-N}$				NO_3^-N			
		0-30	30-60	60-90	0-90	0-30	30-60	60-90	0-90
geen	13/11/13	5 (3)	4 (1)	4 (1)	13	23 (14)	20 (1)	25 (2)	68
	11/12/13	6 (5)	8 (4)	11 (13)	26	27 (17)	20 (16)	21 (16)	67
	13/01/14	42 (23)	12 (6)	10 (4)	64	12 (10)	13 (10)	24 (17)	49
	11/02/14	46 (24)	15 (7)	8 (3)	69	8 (7)	12 (11)	19 (11)	39
korrelmaïs	13/11/13	10 (6)	4 (1)	4 (0)	18	20 (14)	29 (15)	33 (16)	82
	11/12/13	9 (5)	7 (2)	7 (2)	22	16 (12)	22 (16)	22 (19)	59
	13/01/14	24 (10)	11 (3)	7 (3)	41	12 (4)	18 (9)	24 (14)	54
	11/02/14	40 (21)	12 (8)	8 (8)	60	8 (6)	13 (8)	19 (8)	40
graanstro	13/11/13	7 (4)	6 (3)	4 (1)	17	20 (16)	27 (21)	28 (16)	75
	11/12/13	5 (2)	4 (1)	4 (1)	13	14 (9)	26 (5)	30 (6)	71
	13/01/14	18 (9)	9 (8)	5 (4)	32	20 (13)	15 (8)	24 (9)	59
	11/02/14	36 (22)	16 (6)	11 (4)	63	5 (1)	10 (4)	20 (8)	35



Figuur 32: NH₄⁺ en NO₃⁻ gehalte van de 0-90 cm bodemlaag van de behandelingen van de 'in situ stabilisatie'-proef te Kruishoutem (PCG).

Appendix 5:

In situ stabilisatie

Medewerkers

Universiteit Gent

Laura Agneessens, Stefaan De Neve

ILVO-EV Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek

Bart Vandecasteele

Inagro

Tomas Van De Sande

Proefstation voor de Groenteteelt vzw (PSKW)

Ellen Goovaerts, Joris De Nies

Provinciaal Proefcentrum voor de Groenteteelt Oost-Vlaanderen (PCG)

Sara Crappé, Micheline Verhaeghe

Bodemkundige Dienst van België (BDB)

Annemie Elsen

Appendix 5: Alternatieve gewasrotaties

Proefopzet

Het potentieel van het inzaaien van een vanggewas of tussenteelt na een teelt groente in het najaar werd geëvalueerd op 3 locaties:

- Zandleem (Handzame, Inagro)
- Leem (Zwevegem, PCG)
- Zand (Eikevliet, PSKW)

De vanggewassen en tussenteelt betroffen Italiaans raaigras en winterrogge ingezaaid na een teelt bloemkool. De vanggewassen worden in het voorjaar volledig ingewerkt. Van de tussenteelt wordt er echter een snede geoogst voor het inwerken van de overblijvende biomassa. De proefvelden werden aangelegd voor een duur van 22 maanden om twee maal een herfst- en winterperiode te kunnen omvatten. In de langetermijnveldproeven werden de oogstresten op conventionele manier beheerd (achtergelaten op het veld en eventueel ingewerkt). Alternatieve beheersscenario's voor oogstresten van groenten werden bestudeerd in de kortetermijnproeven (Deel 1 en Appendix 1 t.e.m. 4)

Berekening N-balans

De N-balans werd bepaald vanaf de oogst van de vroege teelt bloemkool in het najaar tot net voor het planten van een nieuwe groenteteelt in het volgende voorjaar. Het start- en eindmoment werden gekozen om de herfst- en winterperiode te omvatten. Aangezien het bodem mineraal N-gehalte niet gekend was op het moment van planten van de vroege teelt bloemkool werd de oogst gekozen als startpunt.

De N-input werd berekend als het N-gehalte van de oogstresten bloemkool op het moment van oogst ($N_{\text{oogstresten}}$), het mineraal N-gehalte van de 0-90cm bodemlaag ($N_{\text{min,start}}$), N toegediend via bemesting ($N_{\text{bemesting}}$), N vrijgekomen via bodem N-mineralisatie ($N_{\text{bodemmineralisatie}}$) en N-depositie ($N_{\text{depositie}}$). De N-depositie werd in 2010 bepaald door VMM per gemeente en bedroeg respectievelijk $55 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$, $22,5 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ en $37,5 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ voor Handzame, Eikevliet en Zwevegem.

De N-output werd berekend als het N-gehalte van de bovengrondse biomassa van het laatste vanggewas op het moment van oogst en het mineraal N-gehalte van de 0-90cm bodemlaag op het einde van de beschouwde periode. De N-balans werd berekend als het verschil tussen de N-input en N-output. Het effect van een gewasrotatie op de N-balans werd bepaald als het verschil in N-balans tussen de beschouwde gewasrotatie en de 'bloemkool-braak'-rotatie.

Indien er een snede werd genomen van het Italiaans raaigras voor het einde van de beschouwde periode wordt de N in de afgevoerde snede mee in rekening gebracht in de N-output. Analoog werd het N-gehalte van het marktbaar deel van een late teelt bloemkool verrekend in de N-output.

$$N_{\text{input}} = N_{\text{oogstresten}} + N_{\text{min,start}} + N_{\text{bemesting}} + N_{\text{bodemmineralisatie}} + N_{\text{depositie}}$$

$$N_{\text{output}} = N_{\text{bloemkool}} + N_{\text{vanggewas}} + N_{\text{min,eind}}$$

$$N_{balans} = N_{input} - N_{output}$$

A5.1 Zandleem (Handzame, Inagro)

A5.1.1 Meteorologische gegevens

Tabel 59: Meteorologische gegevens per maand voor het proefveld te Handzame (verzameld via het weerstation te Zarren)

Maand	Gemiddelde Temp. °C	Max. temp. °C	Min. Temp. °C	Cumulatieve neerslag mm
08/12 ^a	18,0	23,5	12,8	42
09/12 ^a	13,9	19,1	8,9	28
10/12 ^a	10,5	14,1	6,8	149
11/12 ^a	6,8	9,4	4,0	73
12/12 ^a	5,1	7,3	2,8	206
01/13	2,4	5,1	-0,6	63
02/13	2,4	4,9	0,0	30
03/13	3,4	6,9	0,6	63
04/13	8,6	13,3	4,0	25
05/13	10,6	13,8	7,3	100
06/13	15,1	18,9	11,4	82
07/13	19,3	24,1	14,7	57
08/13	17,5	13,0	22,0	35
09/13	14,5	10,2	18,9	94
10/13	9,6	12,5	15,3	161
11/13	4,3	6,7	9,0	97
12/13	4,1	6,3	8,6	70
01/14	4,1	6,3	8,7	86
02/14	4,6	6,9	9,8	82
03/14	4,2	8,7	13,8	27

^a gemiddelden waarden via het weerstation te Beitem

A5.1.2 Proefopzet en –gegevens

Het potentieel van het inzaaien van een vanggewas of tussenteelt na een teelt groente in het najaar werd geëvalueerd op 3 locaties (zand, zandleem en leem). De vanggewassen en tussenteelt betroffen Italiaans raaigras en winterrogge ingezaaid na een teelt bloemkool (Tabel 60, Tabel 61).

Tabel 60: Proefschema van het eerste proefjaar van de langetermijnproef te Handzame (Inagro).

Object	teelt 1 - 2012		teelt 2 - 2012		Nateelt -2012		Voorjaar 2013
	gewas	planten	gewas	oogst	gewas	zaaien	
1	bloemkool		Bloemkool	31/jul begin november	braak		
3	bloemkool		geen tweede teelt		It raaigras	1/sep	maaien
4	bloemkool		geen tweede teelt		rogge	1/sep	onderwerken 4 weken voor planten
5	bloemkool		Bloemkool	31/jul begin november	rogge	5/dec	onderwerken 4 weken voor planten
6	bloemkool		geen tweede teelt		it raaigras	5/dec	onderwerken 4 weken voor planten
8	bloemkool		geen tweede teelt		braak		

Tabel 61: Proefschema van het tweede proefjaar van de langetermijnproef te Handzame (Inagro).

	teelt 1 - 2013			teelt 2 - 2013			Nateelt -2013	
	gewas	planten	oogst	gewas	planten	oogst	gewas	zaaien
1	Bloemkool	20/apr	22/jul	Bloemkool	eind juli	begin november	braak	
3	Bloemkool	20/apr	22/jul	geen tweede teelt			It raaigras	31/jul
4	Bloemkool	20/apr	22/jul	geen tweede teelt			rogge	31/jul
5	Bloemkool	20/apr	22/jul	Bloemkool	eind juli	begin november	braak	
6	Bloemkool	20/apr	22/jul	geen tweede teelt			it raaigras	31/jul
8	Bloemkool	20/apr	22/jul	geen tweede teelt			braak	

Tabel 62: Proefinformatie van de langetermijnproef te Handzame (Inagro)

Teelt		bloemkool
Bodemtextuur		zandleem
Proefjaar 1	<i>Plantdatum 1^{ste} teelt bloemkool</i>	18/05/2012
	<i>Oogstdatum 1^{ste} teelt bloemkool</i>	25- 27/07/2012
	<i>Plantdatum 2^{de} teelt bloemkool</i>	31/07/2012
	<i>Oogstdatum 2^{de} teelt bloemkool</i>	29/10 -19/11/2012
	<i>Vroege inzaai vanggewas (lt. raaigras en rogge)</i>	01/09/2012
	<i>Late inzaai vanggewas (rogge)</i>	05/12/2012
Proefjaar 2	<i>Plantdatum 1^{ste} teelt bloemkool</i>	20/04/2013
	<i>Oogstdatum 1^{ste} teelt bloemkool</i>	22-29/07/2013
	<i>Plantdatum 2^{de} teelt bloemkool</i>	29/07/2013
	<i>Oogstdatum 2^{de} teelt bloemkool</i>	5 – 12/11/2013
	<i>Vroege inzaai vanggewas (lt. raaigras en rogge)</i>	31/07/2013

A5.1.3 Teelt N-opname

Opname door de tweede teelt bloemkool in het eerste proefjaar voorkwam veel uitspoeling tijdens de sperperiode. Het N-gehalte in het blad en stronk bedroeg 202 ± 14 kg N ha⁻¹ (Tabel 63). Tijdens de winter kan hiervan echter een deel terug uitspoelen. De vroeg ingezaaide rogge kende een snellere groei dan het vroeg ingezaaid Italiaans raaigras, maar nam finaal minder N op. In het najaar 2012 namen beide gewassen ongeveer 70 kg N ha⁻¹ op in bovengrondse biomassa. De winterperiode in het eerste proefjaar (2012-2013) was zeer koud en laat waardoor extra groei en N-opname door het Italiaans raaigras of winterrogge klein was.

De vroege inzaai van het Italiaans raaigras of winterrogge vond in het tweede proefjaar een maand vroeger plaats dan in het eerste proefjaar (31/07 t.o.v. 01/09). De opkomst was beter voor Italiaans raaigras, maar niet voor rogge. Daar werd beslist om de rogge opnieuw in te zaaien op 20/08/2013. In de rogge, maar ook in het Italiaans gras was er een sterke woekering van kleine brandnetel. In veel gevallen groeide die sterker dan de rogge of het gras (op de meeste intensieve groentepercelen is er een sterke druk van brandnetel). Er was echter een aanzienlijke opkomst van brandnetel. N-opname

bedroeg in het najaar van 2013 respectievelijk reeds 134 ± 25 kg N ha⁻¹ en 108 ± 10 kg N ha⁻¹ voor Italiaans raaigras en winterrogge (Tabel 66). De gewassen werden geoogst en/of ingewerkt in het voorjaar 2014. Omwille van de zachte winter tijdens het tweede proefjaar (2013-2014) vond er waarschijnlijk een verdere N-opname plaats.

Zowel in het eerste als tweede proefjaar was de ontwikkeling van het laat ingezaaide Italiaans raaigras en winterrogge gering. De weinige zaden die toch kiemden geraakten niet door de verdichte bovenste bodemlaag veroorzaakt door verslemping omwille van het infrezen van oogstresten in te natte omstandigheden.

De N:P-verhouding van de eerste teelt bloemkool van het tweede proefjaar was zeer laag (Tabel 64). Voor analyse werden de gewasstalen gewassen om verontreiniging van aarde te vermijden.

Tabel 63: Biomassa en C-, N-, en P-gehalte van oogstresten van bloemkool van de 1^{ste} teelt (oogst 25-27/07/2012) en 2^{de} teelt (oogst 29/10-19/11/2012) voor en na de winterperiode van het eerste proefjaar (4 herhalingen). De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes.

Datum	Biomassa [ton ha ⁻¹]	N-gehalte [kg N ha ⁻¹]	P-gehalte [kg P ha ⁻¹]	N:P
1 ^{ste} teelt	40 (24)	140 (14)	27 (3)	5,1 (0,6)
2 ^{de} teelt voor winterperiode	67 (3)	202 (14)	31 (2)	5,3 (0,9)
2 ^{de} teelt na winterperiode	3 (1)	44 (13)	14 (5)	3,1 (1,3)

Tabel 64: Gemiddelde biomassa en C-, N-, en P-gehalte van oogstresten van bloemkool van de 1^{ste} teelt (oogst 22-29/07/2013) en 2^{de} teelt (oogst 5-12/11/2013) voor en na de winterperiode van het tweede proefjaar (4 herhalingen). De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes.

Datum	Biomassa [ton ha ⁻¹]	C-gehalte [kg C ha ⁻¹]	N-gehalte [kg N ha ⁻¹]	P-gehalte [kg P ha ⁻¹]	C:N	N:P
1 ^{ste} teelt	68 (3)	3046 (141)	202 (8)	53 (6)	15,1 (3,1)	3,6 (0,8)
2 ^{de} teelt	23 (4)	1561 (192)	181 (17)	33 (4)	12,3 (2,3)	5,4 (1,1)

Tabel 65: Gemiddelde biomassa en N-, en P-gehalte van het vroeg ingezaaid Italiaans raaigras en winterrogge (inzaai 01/09/2012) van het eerste proefjaar (geogst in het voorjaar 2013) te Handzame. De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes.

Gewas	Biomassa [ton ha ⁻¹]	N-gehalte [kg N ha ⁻¹]	P-gehalte [kg P ha ⁻¹]	N:P
Winterrogge	21 (2)	70 (16)	14 (2)	4.9 (0.3)
Italiaans raaigras	24 (4)	127 (23)	23 (4)	5.6 (1.4)

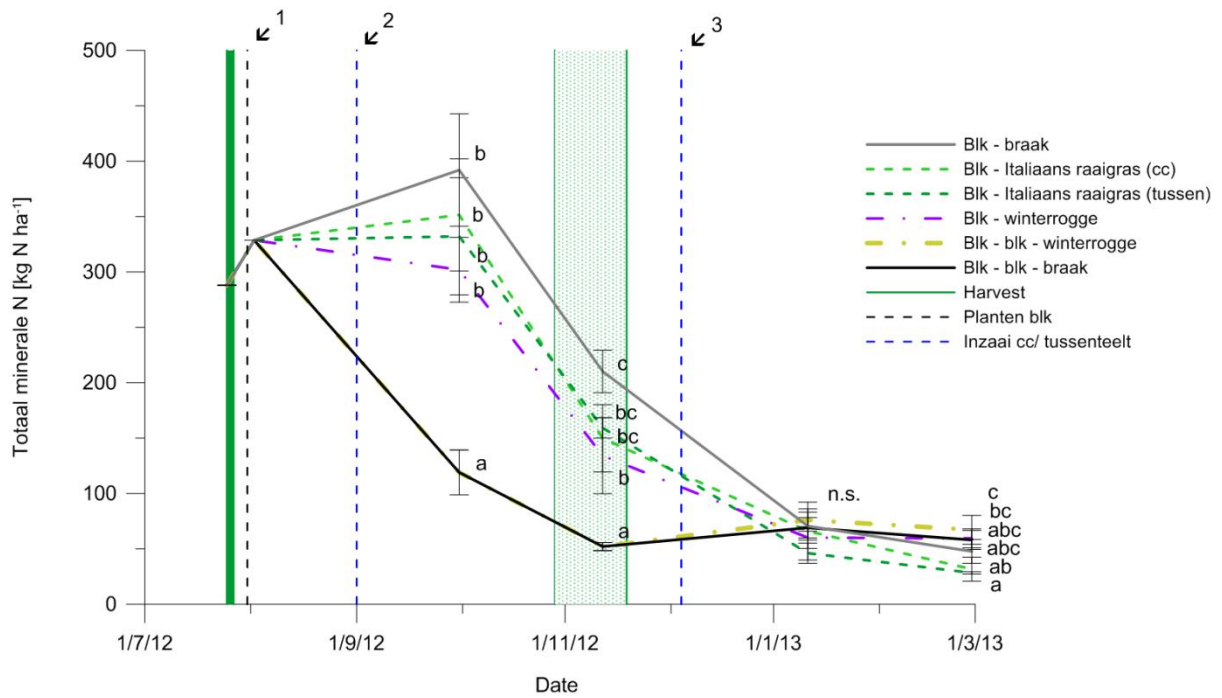
Tabel 66: Gemiddelde biomassa en C-, N-, en P-gehalte van het vroeg ingezaaid Italiaans raaigras en winterrogge (inzaai augustus 2013) van het tweede proefjaar (geogst in het najaar 2013) te handzame. De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes.

Gewas	Biomassa [ton ha ⁻¹]	C-gehalte [kg C ha ⁻¹]	N-gehalte [kg N ha ⁻¹]	P-gehalte [kg P ha ⁻¹]	C:N	N:P
Winterrogge	31.1 (2.0)	1938 (609)	108 (10)	32.1 (8.7)	17.8 (8.2)	3.4 (2.3)
Italiaans raaigras	31.4 (6.4)	2448 (290)	134 (25)	32.1 (7.4)	14.4 (4.2)	4.7 (1.4)

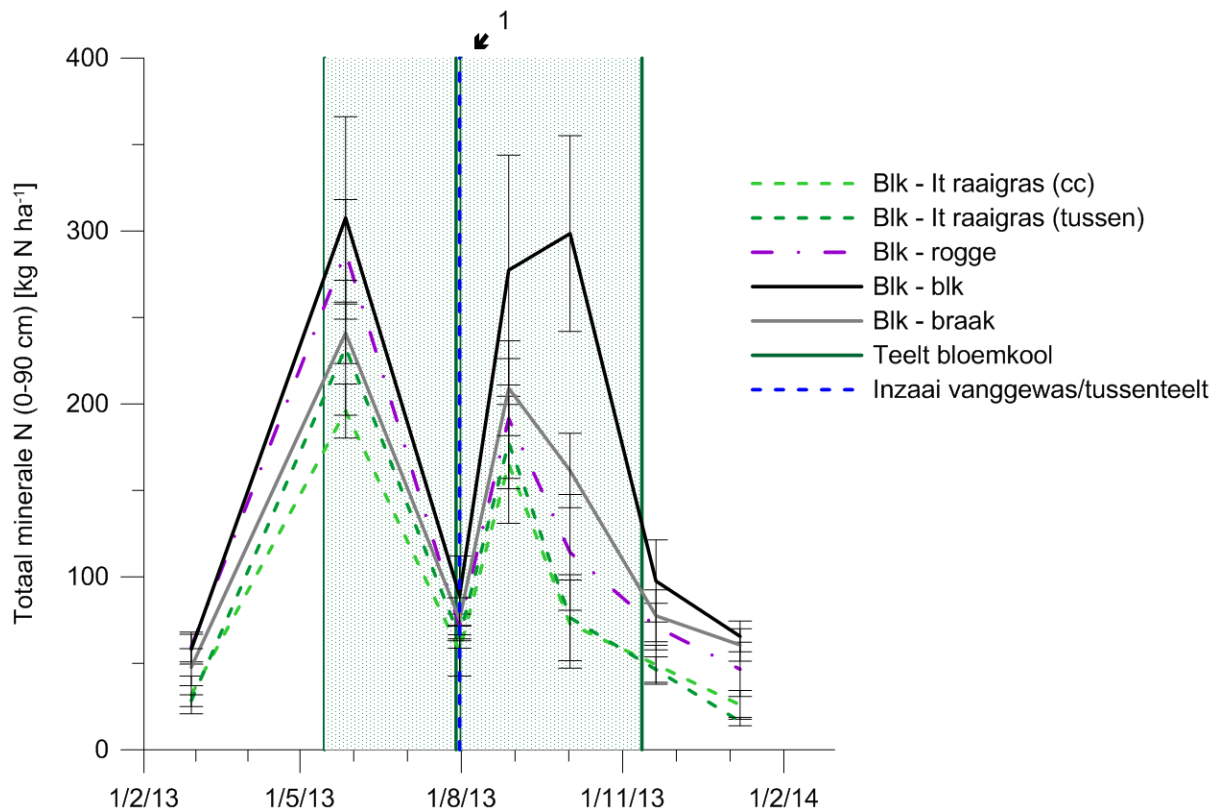
A5.1.4 Bodem mineraal N-gehalte

Bij het einde van de eerste teelt bloemkool in 2012 was nog minerale stikstof aanwezig in het bodemprofiel (Figuur 33). Bij staalname op 1/09 in de objecten beplant met kolen en de objecten die braak bleven zien we voor beide staalnames een sterke toename van de minerale stikstof, voornamelijk in de bovenste bodemlaag. Dit is te wijten aan de mineralisatie van de oogstresten ingewerkt na de eerste teelt (en een bemesting van 50 kg N ha⁻¹ op de plots met kolen). Bij het begin van de sperperiode blijft de voorraad op alle plots hoog. Waar kolen stonden zien we al een sterke afname van de voorraad door opname (tot 1/10 heeft het nauwelijks geregend), maar de voorraad blijft hoger dan de streefwaarde (ook omdat tijdens de eerste teelt al een gedeelte van de gegeven stikstof uitspoelde naar de diepste bodemlaag). Het object dat volledig braak lag vertoonde de hoogste voorraad. Op de andere objecten namen de ingezaaide groenbedekkers weinig N op.

Na de winterperiode worden de hoogste bodem minerale N-gehalten geobserveerd na inwerken van de oogstresten van de late teelt bloemkool. Er was slechts een beperkte opkomst van de rogge ingezaaid na de late teelt bloemkool en er worden geen significante verschillen in bodem mineraal N-gehalte geobserveerd tussen waar de rogge werd ingezaaid of niet. Het bodem mineraal N-gehalte waar het Italiaans raaigras werd ingewerkt, was lager dan waar het veld braak werd gelaten tijdens het najaar 2012. Waar een snede van het raaigras werd geogst en afgevoerd, en dus een kleinere hoeveelheid biomassa werd ingewerkt dan waar het raaigras volledig werd ingewerkt, worden hogere bodem minerale N-gehalten gemeten.



Figuur 33: Gemiddeld bodem mineraal N gehalte met standaardafwijking (4 herhalingen) in de 0-90cm bodemlaag tijdens het eerste proefjaar van de langetermijnproef te Handzame. 1 = plant 2^{de} teelt bloemkool; 2 = vroege inzaai vanggewassen; 3 = late inzaai vanggewassen; groen gearceerd gebied= oogst bloemkool



Figuur 34: Gemiddeld bodem mineraal N gehalte met standaardafwijking (4 herhalingen) in de 0-90cm bodemlaag tijdens het tweede proefjaar van de langetermijnproef te Handzame. 1 = plant 2^{de} teelt bloemkool en vroege inzaai vanggewassen; groen gearceerd gebied= oogst bloemkool

In het tweede proefjaar vond de vroege inzaai van Italiaans raaigras en winterrogge plaats op 31/07/2013 en was er een sterke daling van het bodem mineraal N-gehalte. Deze daling was sterker voor Italiaans raaigras ten opzichte van rogge (Figuur 34). Rogge vertoonde een slechte opkomst, met veel brandnetel aanwezig op het perceel, en werd twee weken later opnieuw ingezaaid. Ook waar een late teelt bloemkool (vierde teelt bloemkool) geplant werd, is er een sterke afname van het bodem mineraal N-gehalte tijdens de teelt. Het hogere bodem minerale N-gehalte voor de late teelt bloemkool en de nodige bemesting voor een goede opbrengst resulteren echter in het hoogste bodem mineraal N-gehalte van alle teelten.

De vierde teelt bloemkool werd vrij laat geplant in iets te natte omstandigheden. Ondanks het feit dat een knolvoetresistent ras gebruikt werd was de groeikracht van de 4-de teelt ondermaats. Het feit dat 4 keer achtereenvolgend bloemkolen geplant werden leidde tot een vermindering van de draagkracht van de bodem voor de teelt. De N-opname door het gewas lag dus lager dan verwacht waardoor de bijbemesting iets te hoog was.

Ondanks de lagere N bemesting in 2013 ($90 \text{ kg werkzame N ha}^{-1}$) was bij dubbele teelten bloemkool de beschikbare N in de bodem tijdens (en na) de teelt vergelijkbaar.

In 2012 werd door de teler bemest (voor aanvang van het project) met oog op een dubbele teelt bloemkool, waardoor er een hogere bemesting was ten opzichte van het tweede proefjaar (2013). Omwille van de lagere bemesting bij aanvang van de eerste teelt was het bodem mineraal N-gehalte lager dan in het eerste proefjaar voor alle behandelingen.

Tabel 67: Overzicht N-bemesting (werkzame N, kg N ha⁻¹) van de langetermijnproef te Handzame (Inagro). VDM= varkensdrijfmest, AN = ammoniumnitraat, bijm. = bijbembemesting, it r= Italiaans raaigras.

	Datum	Blk-blk	Blk- it r (tussenteelt)	Blk-rogge	Blk-it r (vanggewas)	Blk-braak
2012						
20 ton VDM	10/05/2012	97	97	97	97	97
ammoniumnitraat	14/05/2012	81	81	81	81	81
kalknitraat	19/05/2012	31	31	31	31	31
cyanamide	28/08/2012	39	39	39	39	39
ammoniumnitraat	06/08/2012	50	0	0	0	0
Totaal 2012		298	248	248	248	248
2013						
18 ton VDM	02/05/2013	92	92	92	92	92
Ammoniumnitraat	08/05/2013	30	30	30	30	30
Bijbembesting AN	04/06/2013	0	0	11	77	30
Basis tweede cyanamide	07/08/2013	40	0	0	0	0
Bijbem. tweede ammoniumnitraat	09/09/2013	48	0	0	0	0
Totaal 2013		210	122	132	199	152
TOTAAL		508	370	381	447	400

A5.1.5 N-balans langetermijnproef Inagro

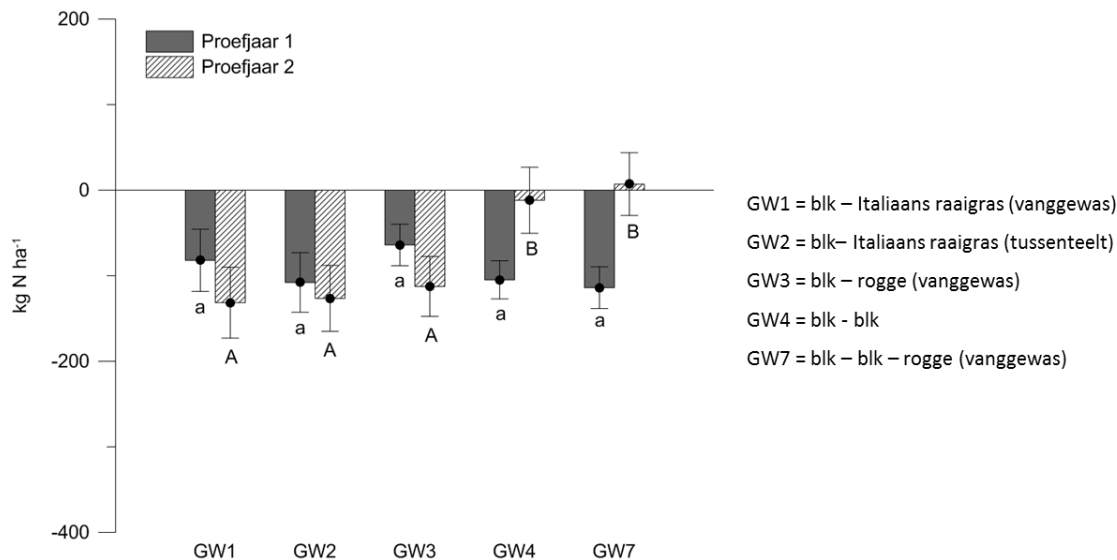
Voor beide proefjaren was er een overschot op de N-balans voor alle gewasrotaties. In het tweede proefjaar was deze echter aanzienlijk lager dan in het eerste proefjaar (Tabel 68). Alle gewasrotaties verlaagden de overschot op de N-balans tijdens het eerste proefjaar, zowel de gewasrotaties waar na de zomerteelt bloemkool een vanggewas of tussenteelt werd ingezaaid als de rotaties waar nog een teelt bloemkool werd geplant (Figuur 35). Deze trend bleef gelijk in het tweede proefjaar, behalve voor de gewasrotaties met een late teelt bloemkool. Een teelt bloemkool brengt een additionele N-bemesting met zich mee en resulteert opnieuw in een grote hoeveelheid makkelijk afbreekbare biomassa op het veld tijdens de winter. In het eerste proefjaar werd de late teelt bloemkool geoogst op 26/12/2012 waarna een periode van lage temperaturen volgde (gemiddelde dagtemperatuur van 2°C te januari en februari 2013). De mineralisatie van de oogstresten was geremd tijdens de winter en versnelde pas tijdens het voorjaar. In het tweede proefjaar daarentegen werd de late teelt

bloemkool geoogst op 19/11/2013 waarna een zeer zacht najaar en winter volgde (gemiddelde dagtemperaturen $>5^{\circ}\text{C}$ gedurende september 2013 – februari 2014). Hierdoor kon al een aanzienlijk deel van de oogstresten bloemkool mineraliseren voor het voorjaar wat het risico op N-verliezen verhoogt. De oogstresten van de bloemkolen stierven wel niet volledig af en konden een deel van de N terug opnemen (vnl. de grote, oudere bladeren stierven af en verteerden tijdens de warme winter; op de stengel vormden zich wel terug nieuwe bladeren). Het relatieve effect van vroeg ingezaaid Italiaans raaigras of winterrogge als vanggewas op de N-balans was onderling niet verschillend. De ontwikkeling van beide vanggewassen was zeer beperkt in het eerste proefjaar, er was een grote opkomst van brandnetels.

Het aandeel van de oogstresten bloemkool in de N_{input} bedroeg gemiddeld 31% in het eerste proefjaar en 63% in het tweede proefjaar. Het bodem mineraal N-gehalte was bij aanvang van de langetermijnveldproef zeer hoog (328 kg N ha^{-1}) waardoor deze zwaarder doorwoog in het eerste proefjaar.

Tabel 68: N-balans per gewasrotatie van de langetermijnveldproef te Handzame (Inagro) (standaardafwijking tussen haakjes).

Gewasrotatie	Proefjaar 1 kg N ha ⁻¹	Proefjaar 2 kg N ha ⁻¹
blk - braak	+ 623 (13)	+ 421 (23)
blk - Italiaans raaigras (vanggewas)	+ 541 (34)	+ 289 (34)
blk - Italiaans raaigras (tussen)	+515 (32)	+ 294 (31)
blk - rogge (vanggewas)	+ 559 (20)	+ 308 (26)
blk - blk	+ 518 (18)	+ 409 (31)
Blk - blk –rogge (vanggewas)	+ 509 (20)	+ 428 (28)



Figuur 35: Het relatieve effect per gewasrotatie op de N-balans ten opzichte van de 'bloemkool-braak'-rotatie voor de langetermijnproef te Handzame (Inagro). Significante verschillen worden weergegeven met een verschillende hoofdletter (proefjaar 1) of kleine letter (proefjaar 2).

A5.1.6 Nitraatuitspoeling en gasvormige N-verliezen

Omwille van het zachte najaar in het 1^{ste} proefjaar werd de late teelt bloemkool laat geoogst en kon N-opname door deze teelt doorgaan tot midden november. De gesimuleerde uitspoelingsverliezen waren het laagst voor deze gewasrotatie tijdens het eerste proefjaar. De ontwikkeling van de 'vroeg' ingezaaide vanggewassen of tussenteelt (inzaai op 01/09) was sub-optimaal in het eerste proefjaar waardoor een grotere uitspoeling plaatsvond in deze gewasrotaties (Tabel 69). Dit was te wijten aan het later tijdstip van inzaaien van de vanggewassen. Een omgekeerde situatie vond plaats in het 2^{de} proefjaar en was nitraatuitspoeling hoger waar een late teelt bloemkool werd geplant ten opzichte van een vroege inzaai van Italiaans raaigras of winterrogge en tevens waar het veld braak werd gelaten (Tabel 70). De benodigde bijbemesting gecombineerd met een minder dan verwachte gewasontwikkeling van de late teelt bloemkool kan hier een verklaring bieden.

In 2013 werd in de kolen in het algemeen ook minder N toegepast (in 2012 eerste vrucht bemest door de teler). De vroegere inzaai van de groenbedekker leidde tot een hogere N efficiëntie (ondanks vergelijkbare opname door het vanggewas).

Tabel 69: Gesimuleerde cumulatieve uitspoeling en gasvormige verliezen (kg N ha⁻¹) gedurende de periode oktober 2012 tot en met maart 2013 voor het proefveld te Handzame (cc= vanggewas, tussen = tussenteelt).

Periode oktober 2012-februari 2013	Uitspoeling	Gasvormig	Totale N-verliezen
Rotatie	kg N ha ⁻¹	kg N ha ⁻¹	kg N ha ⁻¹
blk - braak	324	23	347
blk - Italiaans raaigras (cc)	223	22	245
blk - Italiaans raaigras (tussen)	212	22	234
blk - rogge (cc)	194	24	217
blk - blk	71	68	140
Blk - blk - rogge	73	68	141

Tabel 70: Gesimuleerde cumulatieve uitspoeling en gasvormige verliezen (kg N ha⁻¹) gedurende de periode oktober 2013 tot en met maart 2014 voor het proefveld te Handzame (cc= vanggewas, tussen = tussenteelt).

Periode oktober 2013-februari 2014	Uitspoeling	Gasvormig	Totale N-verliezen
Rotatie	kg N ha ⁻¹	kg N ha ⁻¹	kg N ha ⁻¹
blk - braak	157	27	183
blk - Italiaans raaigras (cc)	63	28	90
blk - Italiaans raaigras (tussen)	64	27	91
blk – rogge (cc)	104	28	132
blk - blk	179	77	256

Zowel in het 1^{ste} en 2^{de} proefjaar variëren gasvormige verliezen rond eenzelfde range voor alle gewasrotaties tot en met midden oktober. Een toename van neerslag vanaf oktober voor beide jaren gecombineerd met een tragere N-opname door een al of niet aanwezig gewas kan hier een verklaring vormen. De stijging van gasvormige verliezen vanaf oktober is het meest uitgesproken waar een late teelt bloemkool aanwezig was en is bijna dubbel zo hoog ten opzichte van Italiaans raaigras of winterrogge ingezaaid werd. De grotere biomassa (en toediening van organisch materiaal aan de bodem via wortels, reeds afgevallen bladeren) van de bloemkool ten opzichte van Italiaans raaigras of winter rogge kan hier een verklaring vormen. In het tweede proefjaar hadden de kolen echter een groot gedeelte van de winter, uitzonderlijk, overleefd. Een aanzienlijk gedeelte van de N was waarschijnlijk na de winter nog in de kolen terug te vinden, waardoor de inschatting van de uitspoelings- en gasvormige N-verliezen na een late teelt bloemkool waarschijnlijk een overschatting vormen. Ammoniak vervluchtiging omwille van bijbemesting tijdens een teelt bloemkool kan tevens bijdragen aan de gasvormige N verliezen, zeker indien het kunstmestkorrels worden toegediend.

In het tweede proefjaar waren de bodem minerale N-gehalten lager dan in het eerste proefjaar, waardoor de absolute nitraatuitspoeling lager was in het 2^{de} proefjaar ten opzichte van het 1^{ste} proefjaar. De bemesting in het tweede proefjaar werd uitgevoerd door Inagro en was minder intensief dan de standaardbemesting door de teler (Tabel 9).

A5.2 Leem (Zwevegem, PCG)

A5.2.1 Meteorologische gegevens

Tabel 71: Meteorologische gegevens per maand voor het proefveld te Zwevegem verzameld via het meetstation te Waregem

Maand	Gemiddelde Temp. °C	Max. temp. °C	Min. Temp. °C	Cumulatieve neerslag mm
08/12	19,3	24,1	14,2	40
09/12	15,1	19,3	9,5	53
10/12	11,4	15,1	7,1	84
11/12	7,2	9,9	3,8	49
12/12	5,8	7,6	3,2	134
01/13	2,1	4,2	-0,5	84
02/13	2,1	4,6	-0,3	37
03/13	3,3	6,6	0,3	73
04/13	9,6	14,1	5,2	34
05/13	11,2	14,7	7,7	85
06/13	15,8	20,2	11,8	51
07/13	20,2	25,6	15,3	122
08/13	18,2	23,2	13,0	139
09/13	14,9	19,7	10,4	50
10/13	13,0	15,8	9,7	148
11/13	6,4	9,0	3,7	65
12/13	6,3	8,8	4,2	69
01/14	6,3	8,6	4,1	93
02/14	6,8	10,0	4,2	80
03/14	8,7	14,0	4,3	26

A5.2.2 Proefopzet en -gegevens



Figuur 36: Groot veld van de langetermijnproef te Zwevegem op 16/10/2012

De langetermijnproef beheerd door PCG werd aangelegd te Zwevegem voor een bloemkoolrotatie met als vanggewassen Italiaans raaigras en winterrogge en als niet-groente Italiaans raaigras (Tabel 72, Tabel 73, Tabel 74). Omwille van praktische redenen diende het proefperceel tijdens het eerste proefjaar aangelegd te worden op twee percelen (wel naast elkaar gesitueerd). Op het kleine proefperceel werd een dubbele teelt bloemkool aangelegd. De overige gewasrotaties werden aangelegd op het naastliggende grote proefperceel. Hier kon enkel een late teelt bloemkool (eind juni – midden oktober) aangelegd worden. Het perceel was hiervoor braak. In het tweede proefjaar werden alle objecten aangelegd op het grote proefperceel, waar toen wel een dubbele teelt bloemkool aanlag.

Tabel 72: Informatie betreffende het lange termijn proefveld te Zwevegem

	<i>Teelt</i>	bloemkool
	<i>Bodemtextuur</i>	zandleem
<i>Proefjaar 1</i>	<i>Plantdatum vroege teelt bloemkool</i>	01/04/2012
	<i>Oogstdatum vroege teelt bloemkool</i>	half juni 2012
	<i>Plantdatum late teelt bloemkool</i>	29/06/2012
	<i>Oogstdatum late teelt bloemkool</i>	Groot perceel: 10-14/09/2012 Klein perceel: 16/10/2012
	<i>Vroege inzaai vanggewas/ niet-groente</i>	20/09/2012
	<i>Late inzaai vanggewas/ niet-groente</i>	16/10/2012

<i>Proefjaar 2</i>	<i>Plantdatum vroege teelt bloemkool</i>	06/04/2013
	<i>Oogstdatum vroege teelt bloemkool</i>	25/06/2013
	<i>Plantdatum late teelt bloemkool</i>	14/06/2013
	<i>Oogstdatum late teelt bloemkool</i>	20/10/2013
	<i>Vroege inzaai vanggewas/ niet-groente</i>	02/08/2013
	<i>Late inzaai vanggewas/ niet-groente</i>	30/10/2013

Tabel 73: Proefschema van het eerste proefjaar van de langetermijnproef te Zwevegem

Object	teelt 1 - 2012			teelt 2 - 2012			Nateelt - 2012		Voorjaar - 2013		tt
	gewas	planten	oogsten	gewas	planten	oogst	gewas	zaaien	voorjaar	opmerkingen	
1	bloemkool	1/04/2012	half juni	bloemkool	29/06/2012	10/sep	Braak			object verhuist naar groot veld (zie object 10)	
2	/	/	/	bloemkool	27/06/2012	12/okt	Italiaans raaigras	20/sep		maaien snede	voor teelt bloemkool
3	/	/	/	bloemkool	27/06/2012	12/okt	Italiaans raaigras	16/okt		maaien snede	voor teelt bloemkool
4	/	/	/	bloemkool	27/06/2012	12/okt	Italiaans raaigras	20/sep		onderwerken	voor teelt bloemkool
5	/	/	/	bloemkool	27/06/2012	12/okt	Italiaans raaigras	16/okt		onderwerken	voor teelt bloemkool
6	/	/	/	bloemkool	27/06/2012	12/okt	Rogge	20/sep		onderwerken	voor teelt bloemkool
7	/	/	/	bloemkool	27/06/2012	12/okt	Rogge	16/okt		onderwerken	voor teelt bloemkool
10	/	/	/	bloemkool	27/06/2012	12/okt	Braak			/	/

Tabel 74: Proefschema van het tweede proefjaar van de langetermijnproef te Zwevegem

Object	teelt 1 - 2013			teelt 2 - 2013			Nateelt - 2013		Voorjaar - 2014
	gewas	planten	oogst	gewas	planten	oogst	gewas	zaaien	voorjaar
1	/	/	/	/	/	/	/	/	/
2	bloemkool			bloemkool			Italiaans raaigras	1/sep	maaien snede
3	bloemkool			bloemkool			Italiaans raaigras	15/okt	maaien snede
4	bloemkool			bloemkool			Italiaans raaigras	1/sep	onderwerken
5	bloemkool			bloemkool			Italiaans raaigras	15/okt	onderwerken
6	bloemkool			bloemkool			Rogge	1/sep	onderwerken
7	bloemkool			bloemkool			Rogge	15/okt	onderwerken
10	bloemkool			bloemkool			braak	/	/

Tabel 75: Overzicht N-bemesting (werkzame N, kg N ha⁻¹) van de langetermijnproef te Zwevegem(PCG) (it r= Italiaans raaigras)

	Datum	Blk- it r / rogge	Blk- blk	Blk- blk – it r /rogge	Blk- blk – it r /rogge
2012					
ammoniumnitraat	02/04/2012	125	125	125	-
ammoniumnitraat	12/05/2012	60	60	60	-
ureum	01- 03/06/2012	20	20	20	-
ammoniumnitraat	29/06/2012	120	120	120	-
Totaal 2012		325	325	325	
2013					
Ammoniumnitraat	06/04/2013	170	170	-	170
Ammoniumnitraat	25/05/2013	70	70	-	70
kalkcyanamide	14/06/2013	0	15	-	15
Totaal 2013		240	255	-	255
TOTAAL		565	580	325	255

A5.2.3 Teelt N-opname

De N-opname door late teelt bloemkool in 2012 op het kleine en grote proefperceel bedroeg respectievelijk 424±13kg N ha⁻¹ (Tabel 76) en 345±33 kg N ha⁻¹ (Tabel 77). In het tweede proefjaar was er geen significant verschil in gewasopbrengst van de vroege teelt bloemkool tussen de verschillende gewasrotaties en werd een gemiddelde opbrengst en N-opname berekend (Tabel 78).

Een late teelt bloemkool kan nog een aanzienlijke hoeveelheid N opnemen (>200 kg N ha⁻¹), maar hiervan blijft een groot deel achter op het veld als oogstresten. Indien na oogst van een late teelt bloemkool een koude en droge winter volgt, is het risico op N-verliezen beperkt. Indien daarentegen een zachte en natte winter volgt, wordt het risico op nitraatuitspoeling of gasvormige verliezen reëel (zie 6.5).

In het eerste proefjaar was de groei van het vroeg ingezaaide Italiaans raaigras of rogge beperkt en vrijwel afwezig bij een late inzaai (Tabel 80). In het tweede proefjaar was de ontwikkeling van zowel het vroeg als laat ingezaaide rogge gering. Ook de ontwikkeling van het laat ingezaaide Italiaans raaigras was beperkt, maar kende wel nog een groei in het volgende voorjaar. Het inzaaien van een vanggewas vindt best plaats vóór september wat werd bevestigd door deze veldproeven.

Tabel 76: Gemiddelde biomassa, C-, N- en P-gehalte per plantdeel voor bloemkool van de teelt bloemkool 2012 op het kleine proefperceel (oogst 10-14/09/'12) te Zwevegem (standaardafwijking tussen haakjes).

Type oogst	Biomassa [ton ha ⁻¹]	C-gehalte [kg C ha ⁻¹]	N-gehalte [kg N ha ⁻¹]	P-gehalte [kg P ha ⁻¹]	C:N -	N:P -
marktbaar	55 (6)	3497 (25)	164 (6)	19 (6)	21,3 (0,8)	8,9 (2,9)
blad	18 (4)	2070 (27)	182 (7)	16 (6)	11,4(0,5)	11,3 (4,2)
stronk	15 (3)	1649 (123)	78 (8)	11 (6)	21,3 (2,7)	6,9 (3,8)
Oogstresten (OR)	33 (7)	3720 (126)	260 (11)	27 (9)	14,3 (2,9)	9,1 (5,7)
Marktbaar + OR	89 (13)	7217 (128)	424 (13)	46 (10)	17,0 (2,8)	9,0 (6,4)

Tabel 77: Gemiddelde biomassa, C-, N- en P-gehalte per plantdeel voor bloemkool van de teelt bloemkool 2012 op het grote proefperceel (oogst 12/10/2012) te Zwevegem (standaardafwijking tussen haakjes).

Type oogst	Biomassa [ton ha ⁻¹]	C-gehalte [kg C ha ⁻¹]	N-gehalte [kg N ha ⁻¹]	P-gehalte [kg P ha ⁻¹]	C:N -	N:P -
marktbaar	50 (5)	2939 (300)	90 (9)	17 (2)	32,8 (4.7)	5 (0.8)
blad	12 (1)	1255 (127)	134 (14)	21 (2)	9,4 (1.3)	6 (0.9)
stronk	21 (5)	2379 (563)	122 (29)	18 (4)	19,6 (6.5)	7 (2.2)
Oogstresten (OR)	32 (6)	3634 (577)	256 (32)	39 (5)	14,2 (6.7)	7 (2.4)
Marktbaar + OR	82 (11)	6573 (650)	345 (33)	56 (5)	19,0 (8.2)	6 (2.5)

Tabel 78: Gemiddelde biomassa, C-, N- en P-gehalte per plantdeel voor bloemkool van de vroege teelt 2013 (oogst 25/06/2013) te Zwevegem (standaardafwijking tussen haakjes).

Type oogst	Biomassa [ton ha ⁻¹]	C-gehalte [kg C ha ⁻¹]	N-gehalte [kg N ha ⁻¹]	P-gehalte [kg P ha ⁻¹]	C:N -	N:P -
marktbaar	38 (4)	1584 (166)	62 (7)	9 (1)	25,3 (4,0)	7,1 (1,3)
blad	25 (5)	2319 (306)	116 (20)	12 (2)	20,0 (4,4)	9,5 (2,2)
stronk	5 (3)	266 (56)	6 (1)	1 (1)	47,8 (11,8) ^a	5,2 (1,3)
Oogstresten (OR)	30 (6)	2585 (311)	122 (20)	13 (2)	33,9 (12,6)	7,4 (2,6)
Marktbaar + OR	68 (7)	4169 (353)	184 (22)	22 (2)	31,0 (13,2)	7,3 (2,8)

(a) Afwijkend hoge C:N-verhouding van de stronken, mogelijks te wijten aan verontreinig van het staal met aarde ondanks het voorafgaand wassen van het staal

Tabel 79: Gemiddelde biomassa, C-, N- en P-gehalte per plantdeel voor bloemkool van de late teelt 2013 (oogst 20/10/2013) te Zwevegem (standaardafwijking tussen haakjes).

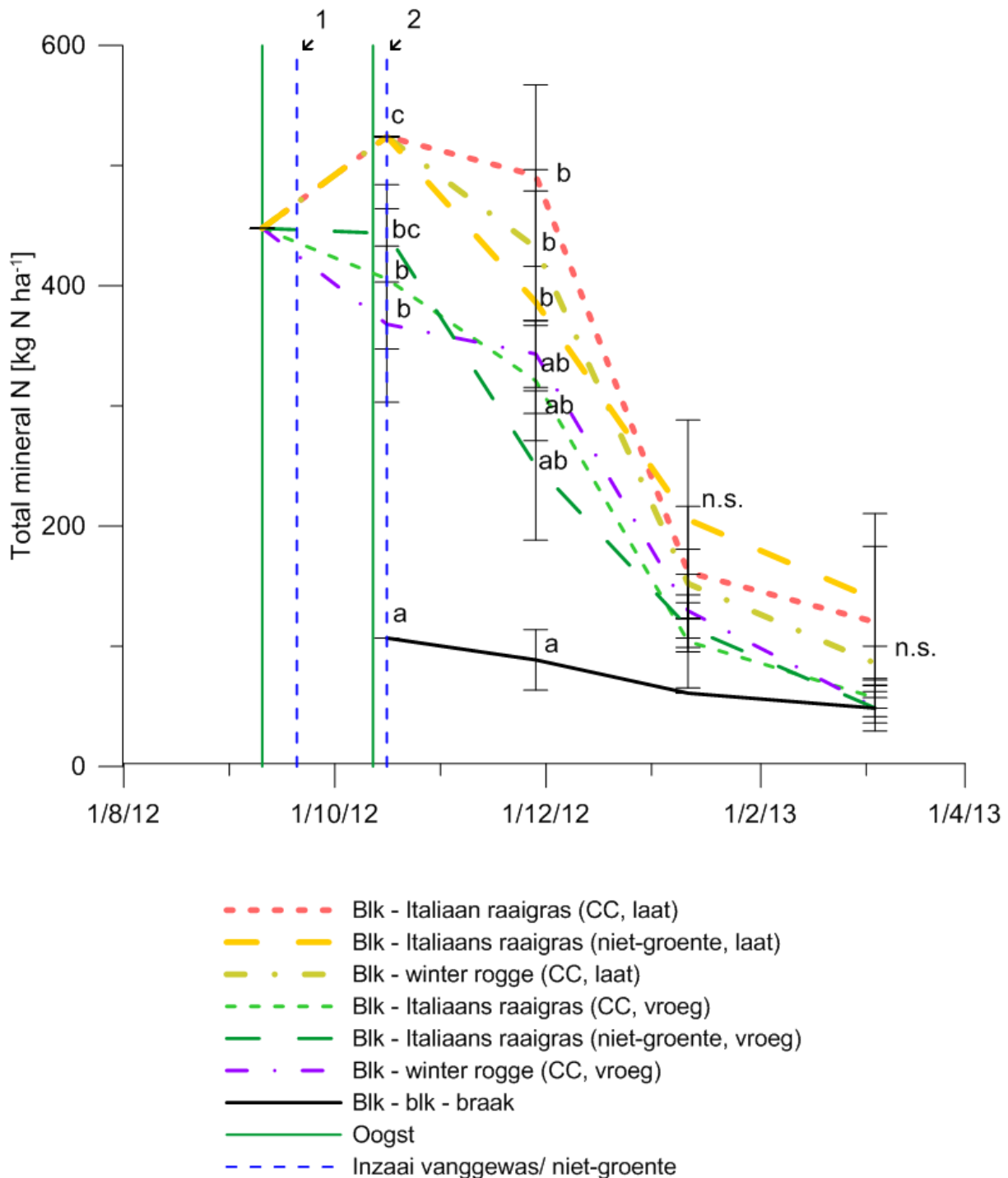
Type oogst	Biomassa [ton ha ⁻¹]	C-gehalte [kg C ha ⁻¹]	N-gehalte [kg N ha ⁻¹]	P-gehalte [kg P ha ⁻¹]	C:N -	N:P -
marktbaar	46 (4)	2048 (243)	111 (14)	15 (2)	18,4 (3,2)	7,6 (1,4)
blad	44 (5)	2180 (317)	122 (21)	17 (3)	17,8 (4,0)	7,4 (1,7)
stronk	11 (1)	725 (170)	22 (5)	4 (1)	33,3 (11,0)	5,4 (1,8)
Oogstresten (OR)	55 (5)	2905 (360)	144 (22)	21 (3)	25,5 (11,7)	6,4 (2,5)
Marktbaar + OR	101 (7)	4953 (434)	255 (26)	35 (3)	23,2 (12,1)	6,8 (2,9)

Tabel 80: Gemiddelde biomassa en C-, N- P-gehalte van het Italiaans raaigras van vroege inzaai (01/09/2013) en late inzaai (30/10/2013). De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes.

Italiaans raaigras	Biomassa [ton ha ⁻¹]	C-gehalte [kg C ha ⁻¹]	N-gehalte [kg N ha ⁻¹]	P-gehalte [kg P ha ⁻¹]	C:N	N:P
Vroege inzaai	20 (2)	1950 (266)	91 (19)	13 (2)	21,5 (5,4)	7,0 (1,9)
Late inzaai ^a	4 (2)	846 (153)	19 (4)	3 (1)	46,6 (11,4)	7,0 (1,8)

(a) Abnormaal lage N- en P-gehaltes, mogelijk te verklaren door de beperkte gewasontwikkeling

A5.2.4 Bodem mineraal N-gehalte



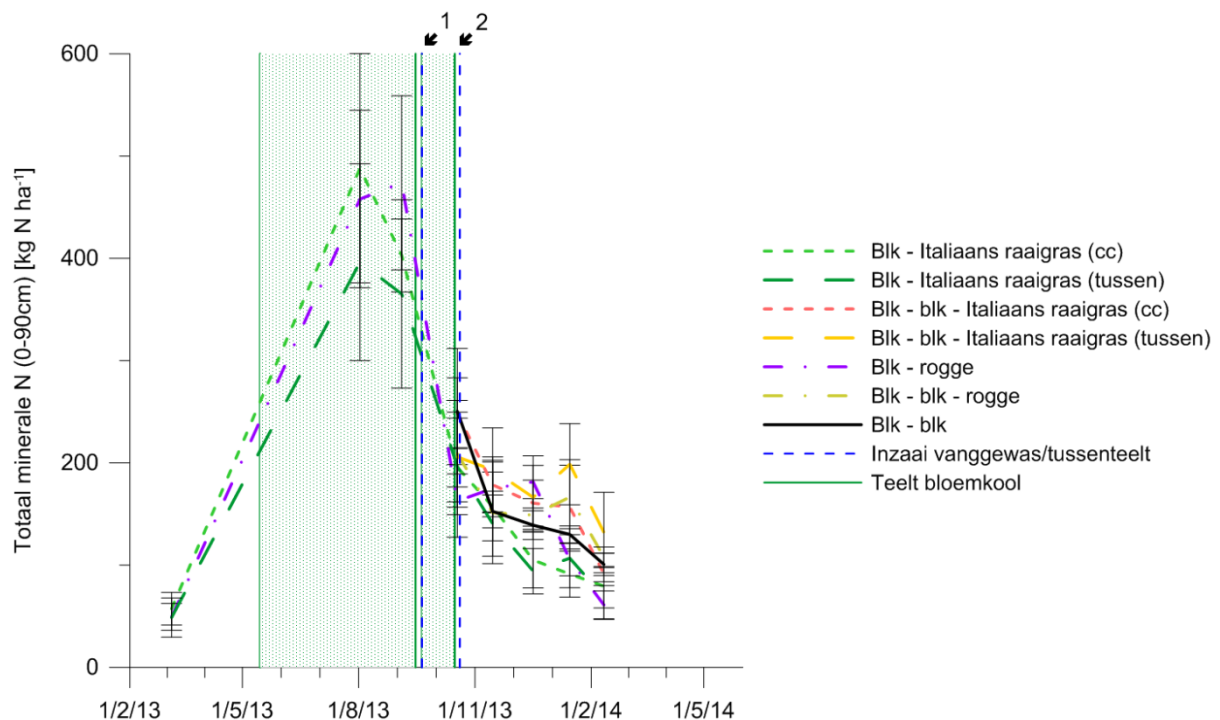
Figuur 37: Gemiddeld bodem mineraal N gehalte met standaardafwijking (4 herhalingen) in de 0-90cm bodemlaag voor de langetermijnproef te Zwevegem tijdens het eerste proefjaar. 1= vroege inzaai, 2= late inzaai.

Op 10/09/2012 (eerste meetpunt) werd een mengstaal genomen voor de objecten op het grote proefperceel. De voorgeschiedenis van de objecten op het grote proefperceel was anders dan het object op het kleine proefperceel. Op het kleine proefperceel had er een dubbele teelt bloemkool gestaan (teelt 1: april – juni, teelt 2: juli – begin tot midden oktober), terwijl op het grote proefperceel 1 teelt (juli – september) aanwezig was. Staalname op 16/10/2012 gaf aan dat het bodem N-gehalte waar een late teelt bloemkool stond (kleine perceel) veel lager lag dan waar slechts

één teelt had gestaan en op dat moment een vanggewas of braak stond (groot perceel). Een verklaring hiervoor is de verdere sterke N opname door de tweede bloemkoolteelt, analoog als geobserveerd tijdens de lange termijn proef te Handzame (Inagro). Op het grote proefperceel was er slechts één (late) teelt bloemkool, waardoor minder N uit het bodemprofiel opgenomen werd dan bij twee teelten bloemkool (Figuur 37), maar werd er in totaal ook minder N toegediend.

Er was een snellere N-opname van rogge vergeleken met Italiaans raaigras, maar Italiaans raaigras nam uiteindelijk wel meer op (echter zonder significante verschillen). Analoge resultaten werden geobserveerd voor het proefveld te Handzame (Inagro) en Eikevliet (PSKW).

Tussen de late inzaai van de vanggewassen of niet-groente en oogst van de teelt bloemkool lag het veld nog ruim een maand braak, resulterend in een stijging van het bodem mineraal N-gehalte voor deze plots (Figuur 37). Zoals in de andere lange termijnproefvelden was de opkomst van de laat ingezaaide vanggewassen of niet-groente zeer beperkt. De tijdstip van late inzaai van de vanggewassen werd specifiek enkele weken na oogst van de late teelt bloemkool gekozen om het effect op N-opname door het vanggewas te evalueren.

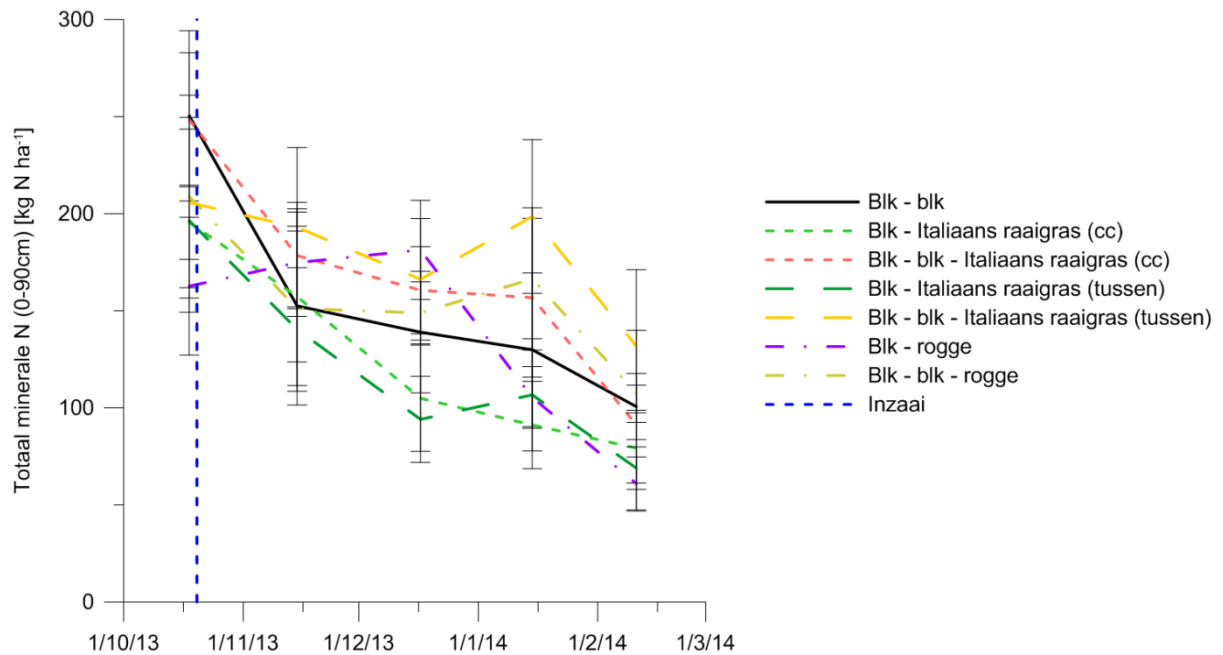


Figuur 38: Gemiddeld bodem mineraal N gehalte met standaardafwijking (4 herhalingen) in de 0-90cm bodemlaag voor de langetermijnproef te Zwevegem tijdens het 2^{de} proefjaar. Groen gearceerd gebied= teelt bloemkool, 1= vroeg inzaai, 2= late inzaai.

In het tweede proefjaar werd tijdens de periode maart 2013 – augustus 2013 bodemstalen genomen voor de gewasrotaties waar een teelt bloemkool werd gevolgd door ‘vroeg’ inzaai van Italiaans raaigras of winterrogge. Er was echter een grote variantie tussen de bodemstalen van eenzelfde gewasrotatie waardoor de invloed van het ingewerkte Italiaans raaigras of winterrogge op het bodem mineraal N-gehalte in het voorjaar moeilijk ingeschat kan worden (Figuur 38). De biomassa van de ingewerkte vanggewassen was echter beperkt (Tabel 80). Er was geen opkomst van de laat ingezaaide vanggewassen waardoor er geen verschil was in het voorjaar van het tweede proefjaar tussen de gewasrotaties waar geen of een late inzaai van de vanggewassen had plaatsgevonden. Er

werden voor deze gewasrotaties geen bodemstalen genomen in de periode maart 2013 – oktober 2013.

De opkomst van zowel het vroeg als laat ingezaaide Italiaans raaigras of winterrogge was beperkt. Dit weerspiegelt zich in de bodem minerale N-waarden (Figuur 39), waar uitspoeling voor alle gewasrotaties waargenomen werd. Deze was slechts in beperkte mate kleiner waar een vroege inzaai van Italiaans raaigras of winterrogge plaatsvond.



Figuur 39: Gemiddeld bodem mineraal N gehalte met standaardafwijking (4 herhalingen) in de 0-90cm bodemlaag voor de langetermijnproef te Zwevegem na de late teelt bloemkool in het 2^{de} proefjaar.

A5.2.5 N-balans

In het eerste proefjaar was de opkomst van zowel de vroeg als laat ingezaaide vanggewassen beperkt en was de N-balans voor deze gewasrotaties gelijkaardig aan de ‘bloemkool-braak’-rotatie. De ‘bloemkool-bloemkool’-rotatie in het eerste proefjaar leidde echter wel tot een lager N-overschot op de N-balans. In het tweede proefjaar leidde alle gewasrotaties tot een lagere N-overschot op de N-balans (Tabel 22).

Tabel 81: N-balans per gewasrotatie van de langetermijnveldproef te Zwevegem (PCG) (standaardafwijking tussen haakjes).

Gewasrotatie	Proefjaar1	Proefjaar2
	kg N ha ⁻¹	kg N ha ⁻¹
Blk - braak	+ 610,9 (66,5)	-
blk - Italiaans raaigras (vanggewas)	+ 646,2 (37,7)	+ 507,8 (79,0)
blk - Italiaans raaigras (tussen)	+ 654,8 (23,2)	+ 456,0 (60,0)
blk –rogge (vanggewas)	+ 584,2 (23,2)	+ 455,6 (42,9)
blk - blk	+ 321,7 (34,3)	+ 438,6 (42,2)
Blk - blk - Italiaans raaigras (vanggewas)	+ 453,7 (40,4)	+ 408,0 (40,6)
Blk - blk - Italiaans raaigras (tussen)	+ 453,7 (44,3)	+ 408,0 (64,3)
Blk - blk - rogge (vanggewas)	+ 487,9 (40,7)	+ 391,7 (45,9)

A5.2.6 Nitraatuitspoeling en gasvormige N-verliezen

Tabel 82: Gesimuleerde cumulatieve uitspoeling en gasvormige verliezen (kg N ha⁻¹) gedurende de periode oktober 2012 – maart 2013 voor het proefveld te Zwevegem (cc= vanggewas, tussen = tussenteelt).

oktober 2012 - februari 2013	Uitspoeling	Gasvormig	Totaal N-verlies
Rotatie	kg N ha ⁻¹	kg N ha ⁻¹	kg N ha ⁻¹
Blk - it r (cc) vroeg	109	17	125
Blk - it r (cc) laat	176	32	185
Blk - it r (tussen) vroeg	93	18	112
Blk - it r (tussen) laat	119	21	162
Blk - rogge (cc) vroeg	114	18	121
Blk - rogge (cc) laat	168	33	181
Blk - blk - braak	49	9	54

Tabel 83: Gesimuleerde cumulatieve uitspoeling en gasvormige verliezen (kg N ha^{-1}) gedurende de periode oktober 2013 – februari 2014 voor het proefveld te Zwevegem (cc= vanggewas, tussen = tussenteelt).

oktober 2013 - februari 2014	Uitspoeling	Gasvormig	Totaal N-verlies
Rotatie	kg N ha^{-1}	kg N ha^{-1}	kg N ha^{-1}
Blk - it r (cc) vroeg	175	14	189
Blk – blk - it r (cc) laat	194	47	240
Blk - it r (tussen) vroeg	165	31	197
Blk – blk - it r (tussen) laat	225	49	274
Blk - rogge (cc) vroeg	164	15	179
Blk - blk - rogge (cc) laat	190	46	236
Blk - blk - braak	163	59	222

In het eerste proefjaar was oogst van de late teelt bloemkool op het kleine proefperceel (12/10/2012) later dan oogst van de late teelt van het grote proefperceel (10/09/2012). Hierdoor kon de teelt bloemkool op het kleine proefperceel nog verder N opnemen op het moment dat op het grote proefperceel reeds de ‘vroeg’ inzaai van Italiaans raaigras of winterrogge plaatsvond. De uitgangssituatie tussen deze gewasrotaties was daarom niet volledig gelijk waardoor het aangewezen is eerder de trend in plaats van de absolute waarden van bodem mineraal N-gehalte te vergelijken.

De late teelt bloemkool op het kleine proefperceel (oogst 16/10/2012) nam nog $345 \pm 33 \text{ kg N ha}^{-1}$ op en het bodem mineraal N-gehalte na de late teelt bloemkool was significant lager ten opzichte van de andere gewasrotaties. Ondanks de grote hoeveelheid N aanwezig in de oogstresten van de late teelt bloemkool was er na oogst geen stijging van het bodem mineraal N-gehalte. Dit wijst erop dat de N aanwezig in de oogstresten slechts beperkt werd vrijgegeven gedurende de periode oktober 2012 – februari 2013. De gesimuleerde N-verliezen waren het laagst voor deze gewasrotatie in het eerste proefjaar (Tabel 82). Een omgekeerd beeld werd geobserveerd voor het tweede proefjaar, met hogere bodem minerale N-gehalten na een dubbele teelt bloemkool en hieruit volgend hogere gesimuleerde N-verliezen (Tabel 83).

Voor beide proefjaren nemen N-verliezen toe indien het zaaitijdstip van Italiaans raaigras of winterrogge wordt verlaat van september naar oktober (Tabel 82, Tabel 83). In het eerste proefjaar zijn gasvormige verliezen dubbel zo hoog tijdens de periode oktober-februari voor een late inzaai vanggewassen of tussenteelt ten opzichte van vroeger inzaai (Tabel 82). In het tweede proefjaar is dit gemiddeld driemaal zo hoog (Tabel 83).

De neerslag tijdens de periode oktober 2013 – februari 2014 is hoger dan deze van dezelfde periode een jaar eerder, wat de absoluut hogere N-verliezen in het tweede proefjaar kunnen verklaren.

A5.3: Zand (Eikevliet, PSKW)

A5.3.1 Meteorologische gegevens

Tabel 84: Meteorologische gegevens per maand voor het proefveld te Eikevliet (weergegevens van het meetstation te Puurs).

Maand	Gemiddelde Temp. °C	Max. temp. °C	Min. Temp. °C	Cumulatieve neerslag mm
08/12 ^a	19,2	24,3	14,3	36 ^a
09/12	14,4	19,3	9,5	35 ^a
10/12	11,0	15,1	7,1	87 ^a
11/12	7,2	10,1	3,9	35 ^a
12/12	5,5	7,7	3,4	177 ^a
01/13	2,2	4,4	-0,3	54 ^a
02/13	1,7	3,9	-0,4	35 ^a
03/13	3,0	6,1	-,03 ^a	33 ^a
04/13	9,3	13,2	4,4 ^a	22 ^a
05/13	11,8	15,0	7,4	70
06/13	16,5	20,2	11,6	56
07/13	20,9	24,9	15,4	74
08/13	18,9	22,0	13,6	105,0
09/13	15,4	19,0	10,0	875
10/13	13,1	14,9	9,4	100
11/13	7,0	9,3	4,5	28
12/13	6,1	6,4	1,6	81
01/14	6,3	8,7	4,1	86
02/14	6,8	9,8	4,4	91
03/14	8,9	14,0	4,4	27

^a gemiddelden waarden te Wilrijk

A5.3.2 Proefopzet en -resultaten



Figuur 40: Het lang termijn proefveld bloemkool te Eikevliet op 22/10/2012.

De langetermijnproef beheerd door PSKW werd aangelegd te Eikevliet (Tabel 85, Tabel 86).

Tabel 85: Informatie betreffende het lange termijn proefveld te Eikevliet (PSKW)

<i>Teelt</i>		bloemkool
<i>Bodemtextuur</i>		zand
<i>Proefjaar 1</i>	<i>Plantdatum 1^{ste} teelt bloemkool</i>	10/03/2012
	<i>Oogstdatum 1^{ste} teelt bloemkool</i>	29/06/2012
	<i>Plantdatum 2^{de} teelt bloemkool</i>	20/07/2012
	<i>Oogstdatum 2^{de} teelt bloemkool</i>	25/11/2012
	<i>Vroege inzaai vanggewas/ niet-groente</i>	01/09/2012
	<i>Late inzaai vanggewas/ niet/groente</i>	26/12/2012
<i>Proefjaar 2</i>	<i>Plantdatum 1^{ste} teelt bloemkool</i>	Object 1, 2, 3, 4: 11/06/2013 Object 5, 6, 7, 8: 17/05/2013
	<i>Oogstdatum 1^{ste} teelt bloemkool</i>	Object 1, 2, 3, 4: 15/08/2013 Object 5, 6, 7, 8: 18/07/2013
	<i>Plantdatum 2^{de} teelt bloemkool</i>	Object 5, 6, 7, 8: 02/08/2013
	<i>Oogstdatum 2^{de} teelt bloemkool</i>	Object 5, 6, 7, 8: 27/10/2013

	<i>Vroege inzaai vanggewas/ niet-groente</i>	Object 2, 3, 4: 22/08/2013
	<i>Late inzaai vanggewas/ niet-groente</i>	Object 5, 6, 6: 30/10/2013

Tabel 86: Proefschemalangertermijnproef te Eikevliet (PSKW) van het eerste proefjaar.

Object	teelt 1 - 2012	teelt 2 - 2012			Nateelt - 2012		Voorjaar - 2013		opmerkingen
	gewas	gewas	planten	oogst	gewas	zaaien	voorjaar		
1	bloemkool oogst 29/6	niet meer mogelijk indien zaaien GB op 1/9			Braak	1/sep			
2	bloemkool oogst 29/6	niet meer mogelijk			Italiaans raaigras	1/sep	maaien + afvoer	8/05/2013	
3	bloemkool oogst 29/6	niet meer mogelijk			Italiaans raaigras	1/sep	doodspuiten + onderwerken	2/04/2013 + 9/04/2013	
4	bloemkool oogst 29/6	niet meer mogelijk			Rogge	1/sep	doodspuiten + onderwerken	2/04/2013 + 9/04/2013	
5	bloemkool oogst 29/6	bloemkool	+20 juli	25/nov	Braak				
6	bloemkool oogst 29/6	bloemkool	+20 juli	25/nov	Italiaans raaigras	26/dec	maaien + afvoer	30/05/2013	
7	bloemkool oogst 29/6	bloemkool	+20 juli	25/nov	Italiaans raaigras	26/dec	doodspuiten + onderwerken	29/04/2013	
8	bloemkool oogst 29/6	bloemkool	+20 juli	25/nov	Rogge	26/dec	doodspuiten + onderwerken	29/04/2013	

Tabel 87: Proefschemalangertermijnproef te Eikevliet (PSKW- voor het tweede proefjaar.

Object	teelt 1 - 2013			teelt 2 - 2013			Nateelt - 2013		Voorjaar - 2014
	gewas	planten	oogst	gewas	planten	oogst	gewas	zaaien	voorjaar
1	korte teelt - sla of spinazie	15/apr	10/jun	bloemkool	11/jun	15/aug	Braak	22/aug	
2	italiaans raaigras	15/apr		bloemkool	11/jun	15/aug	Italiaans raaigras	22/aug	maaien+afvoer 15/5
3	korte teelt - sla of spinazie	15/apr	10/jun	bloemkool	11/jun	15/aug	Italiaans raaigras	22/aug	onderwerken 15/5
4	korte teelt - sla of spinazie	15/apr	10/jun	bloemkool	11/jun	15/aug	Rogge	22/aug	onderwerken 15/5
5	bloemkool	17/mei	18/jul	bloemkool	2/aug	27/okt	Braak	30/okt	
6	italiaans raaigras			bloemkool	2/aug	27/okt	Italiaans raaigras	30/okt	maaien+afvoer 15/5
7	bloemkool	17/mei	18/jul	bloemkool	2/aug	27/okt	Italiaans raaigras	30/okt	onderwerken 15/5
8	bloemkool	17/mei	18/jul	bloemkool	2/aug	27/okt	Rogge	30/okt	onderwerken 15/5

Tabel 88: Overzicht N-bemesting (werkzame N, kg N ha⁻¹) van de langetermijnproef te Eikevliet (PSKW) (it raaigras = Italiaans raaigras)

	Datum	blk – it raaigras (vanggewas)	Blk- rogge	Blk- it raaigras (tussenteelt)	Blk- blk- braak	Blk- blk – vanggewas
2012						
ammoniumnitraat	10/03/2012	150	150	150	150	150
ammoniumnitraat	20/07/2012	50	50	50	50	50
Totaal 2012		200	200	200	200	200
2013						
				Object 2	Object 6	
ammoniumnitraat	17/05/2013	0	0	0	0	150
ammoniumnitraat	14/06/2013	99	93	87	0	0
ammoniumnitraat	09/08/2013	0	0	0	137	0
ammoniumnitraat	02/09/2013	0	0	0	67	0
Totaal 2013		99	93	87	204	150
TOTAAL		299	293	287	404	350

A5.3.3 Teelt N-opname

De biomassa van de oogstresten van bloemkool was zowel voor de vroege als late teelt in 2012 van dezelfde grootteorde (Tabel 89, Tabel 90). In het tweede proefjaar moest de late teelt bloemkool geogst worden voor de kolen marktbaar waren omdat anders vroege inzaai van Italiaans raaigras of winterrogge niet mogelijk was (Tabel 91). Waar het Italiaans raaigras of winterrogge laat werd ingezaaid, kon de late teelt bloemkool wel volledig tot ontwikkeling komen. Het C:N-gehalte van de stronken van deze teelt was hoog wat wijst op de aanwezigheid van bodemdeeltje in het staal (Tabel 92).

De groei van Italiaans raaigras was trager, maar uiteindelijk groter dan deze van winterrogge zowel in het eerste (Tabel 35, Tabel 36, Tabel 37) als tweede proefjaar. Er werd een snede van het vroeg ingezaaid Italiaans raaigras genomen op 08/05/2013 en 30/05/2013 waarbij de biomassa respectievelijk 22,6±9,7 en 14,0±5,9 ton ha⁻¹ bedroeg, wat overeenstemde met een N-opname van 71±34 en 52±5 kg N ha⁻¹. Voor laat ingezaaid Italiaans raaigras werd een snede genomen op 30/05/2013 en 17/07/2013 en bedroeg de biomassa respectievelijk 24,5±7,0 en 14,1±2,3 ton ha⁻¹ met een overeenkomend N-gehalte van 68±20 en 49±7 kg N ha⁻¹. De ontwikkeling van het laat ingezaaide Italiaans raaigras was gering tijdens de late herfst en winter en vond voornamelijk plaats in het volgende voorjaar, waardoor de totale N-opname hoger was dan deze van de vroeg ingezaaide

vanggewassen. De N-opname van vroeg ingezaaid rogge bepaald op 02/04/2012 bedroeg 49 ± 15 kg N ha^{-1} .

Tabel 89: Gemiddelde biomassa, C-, N- en P-gehalte per plantdeel voor bloemkool van de vroege teelt 2012 (oogst 29/06/'12) te Eikevliet (standaardafwijking tussen haakjes).

Type oogst	Biomassa [ton ha^{-1}]	C-gehalte [kg C ha^{-1}]	N-gehalte [kg N ha^{-1}]	P-gehalte [kg P ha^{-1}]	C:N -	N:P -
marktbaar	34 (2)	1070 (41)	90 (4)	13 (1)	11,9 (0,7)	7,0 (0,5)
blad	34 (6)	1776 (169)	167 (9)	20 (1)	19,1 (2,6)	8,3 (1,3)
stronk	8 (2)	702 (92)	39 (8)	6 (1)	11,8 (2,2)	6,3 (1,2)
Oogstresten (OR)	41 (6)	1387 (193)	206 (12)	26 (2)	15,5 (3,4)	7,3 (1,7)
Marktbaar + OR	75 (6)	1986 (197)	296 (13)	39 (2)	14,3 (3,5)	7,2 (1,8)

Tabel 90: Gemiddelde hoeveelheid biomassa, OS-, N, en P-gehalte voor de oogstresten van de 2^{de} teelt bloemkool (oogst 25/11/2012) te Eikevliet (standaardafwijking tussen haakjes).

Type oogst	Biomassa [ton ha^{-1}]	C-gehalte [kg C ha^{-1}]	N-gehalte [kg N ha^{-1}]	P-gehalte [kg P ha^{-1}]	C:N -	N:P -
blad	38 (11)	2292 (405)	208 (37)	30 (5)	11,0 (2,8)	6,9 (1,7)
stronk	11(1)	780 (46)	38 (8)	8 (2)	5,3 (0,4)	4,8 (0,4)
Oogstresten (OR)	49 (12)	1720 (408)	246 (38)	38 (6)	4,8 (1,3)	5,8 (1,8)

Tabel 91: Gemiddelde biomassa, C-, N- en P-gehalte per plantdeel voor bloemkool van de vroege teelt 2013 (oogst 15/08/2013) te Eikevliet (standaardafwijking tussen haakjes).

Type oogst	Biomassa [ton ha^{-1}]	C-gehalte [kg C ha^{-1}]	N-gehalte [kg N ha^{-1}]	P-gehalte [kg P ha^{-1}]	C:N -	N:P -
blad	29 (2)	966 (75)	94 (16)	11 (2)	10,2 (2)	8,3 (2)
stronk	11 (13)	366 (43)	21 (5)	3 (1)	17,3 (4)	6,5 (2)
Oogstresten (OR)	41 (13)	1333 (87)	116 (17)	15 (2)	13,8 (5)	7,4 (2)

Tabel 92: Gemiddelde biomassa, C-, N- en P-gehalte per plantdeel voor bloemkool van de late teelt 2013 (oogst 27/10/2013) te Eikevliet (standaardafwijking tussen haakjes). De C:N- en N:P-verhoudingen van de stalen waren afwijkend t.o.v. resultaten bekomen voor oogstresten van groenten van andere teelten en veldproeven, te wijten aan een lager N-gehalte op drogestofbasis van de stalen dan normaal.

Type oogst	Biomassa [ton ha^{-1}]	C-gehalte [kg C ha^{-1}]	N-gehalte [kg N ha^{-1}]	P-gehalte [kg P ha^{-1}]	C:N -	N:P -
Marktbaar	22 (3)	579 (48)	63 (6)	5 (0)	9,2 (1,1)	14,1 (1,7)
blad	30 (4)	1080 (86)	121 (11)	7 (1)	8,9 (1,1)	16,8 (2,0)
stronk	8 (1)	331 (22)	23 (2)	2 (0)	14,7 (1,5)	12,5 (1,3)
Oogstresten (OR)	38 (4)	1411 (89)	144 (11)	9 (1)	11,8 (1,9)	14,7 (2,4)

Tabel 93: Gemiddelde hoeveelheid biomassa en C-, N-, en P-gehalte van het vroeg ingezaaid Italiaans raaigras (1^{ste} en 2^{de} snede) te Eikevliet geoogst respectievelijk eind mei en begin mei 2013 (standaardafwijking tussen haakjes).

Gewas	Biomassa [ton ha ⁻¹]	C-gehalte [kg C ha ⁻¹]	N-gehalte [kg N ha ⁻¹]	P-gehalte [kg P ha ⁻¹]	C:N	N:P
1 ^{ste} snede	23 (1)	1392 (331)	71 (34)	19 (3)	19,6 (10,5)	3,8 (2,5)
2 ^{de} snede	14 (2)	851 (207)	52 (5)	8 (9)	16,3 (4,3)	6,8 (3,1)

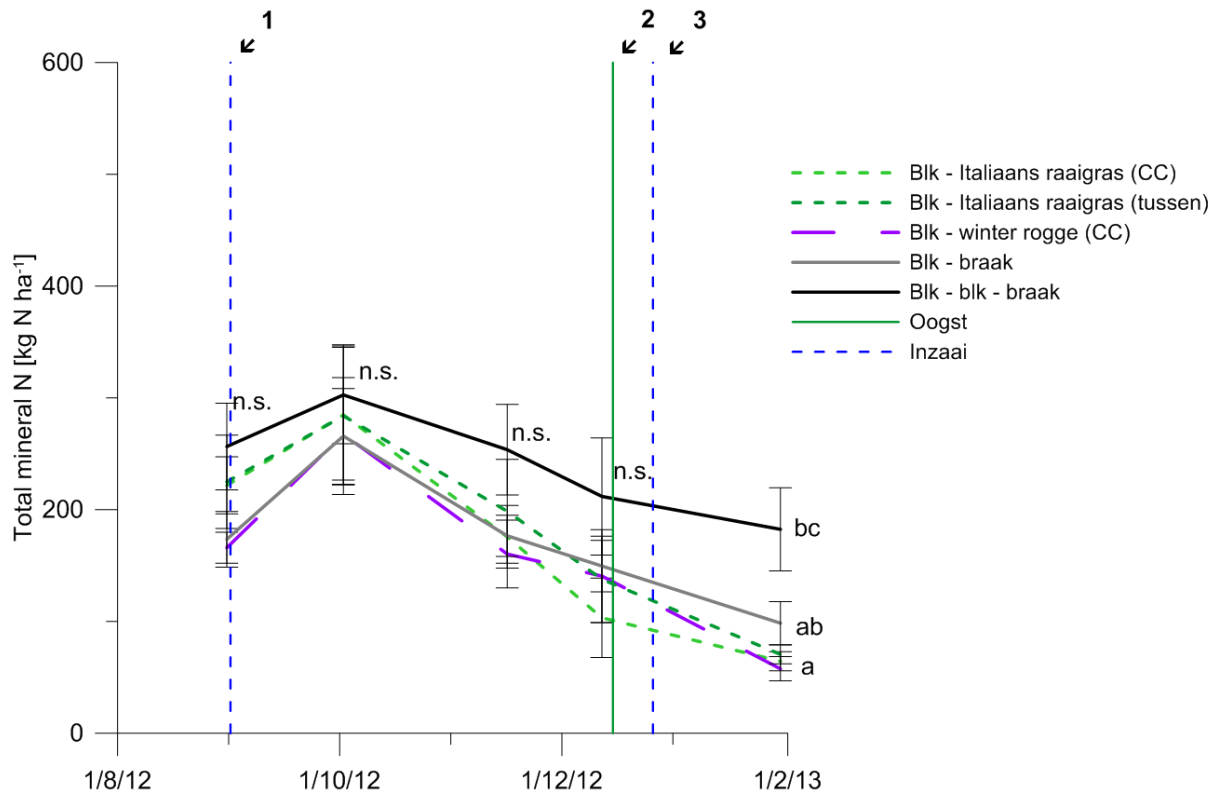
Tabel 94: Gemiddelde hoeveelheid biomassa en C-, N-, en P-gehalte van het laat ingezaaid Italiaans raaigras (1^{ste} en 2^{de} snede) en winterrogge te Eikevliet geoogst respectievelijk eind mei en eind juni 2013 (standaardafwijking tussen haakjes).

Gewas	Biomassa [ton ha ⁻¹]	C-gehalte [kg C ha ⁻¹]	N-gehalte [kg N ha ⁻¹]	P-gehalte [kg P ha ⁻¹]	C:N	N:P
1 ^{ste} snede	25 (6)	1157 (252)	68 (20)	17 (5)	22,8 (7,7)	4,0 (1,7)
2 ^{de} snede	14 (6)	1379 (131)	49 (7)	9 (2)	28,1 (4,8)	5,7 (1,4)

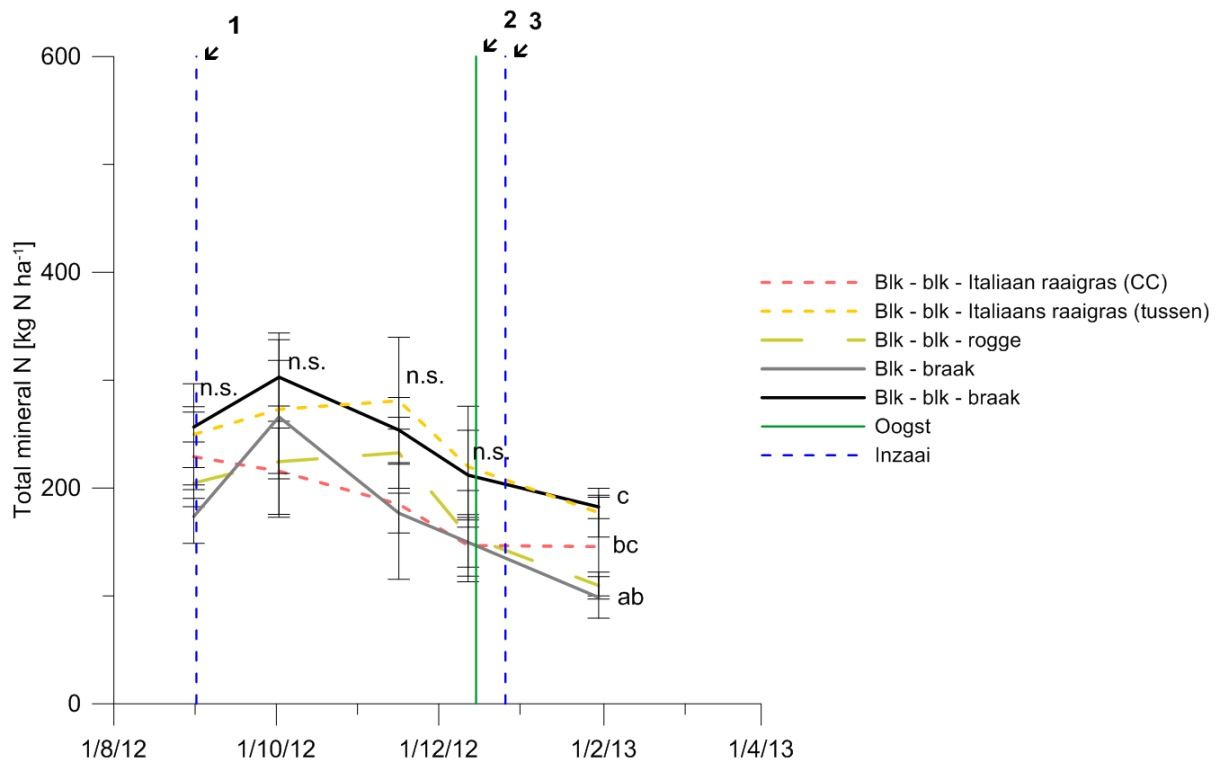
Tabel 95: Gemiddelde hoeveelheid biomassa en C-, N-, en P-gehalte van het vroeg en laat winterrogge te Eikevliet geoogst respectievelijk begin en eind mei (standaardafwijking tussen haakjes).

Gewas	Biomassa [ton ha ⁻¹]	C-gehalte [kg C ha ⁻¹]	N-gehalte [kg N ha ⁻¹]	P-gehalte [kg P ha ⁻¹]	C:N	N:P
vroege inzaai	9 (1)	1148 (382)	90 (27)	13 (3)	12,8 (5,7)	6,7 (2,6)
late inzaai	12 (6)	697 (327)	94 (44)	10 (5)	7,4 (4,9)	9,4 (6,3)

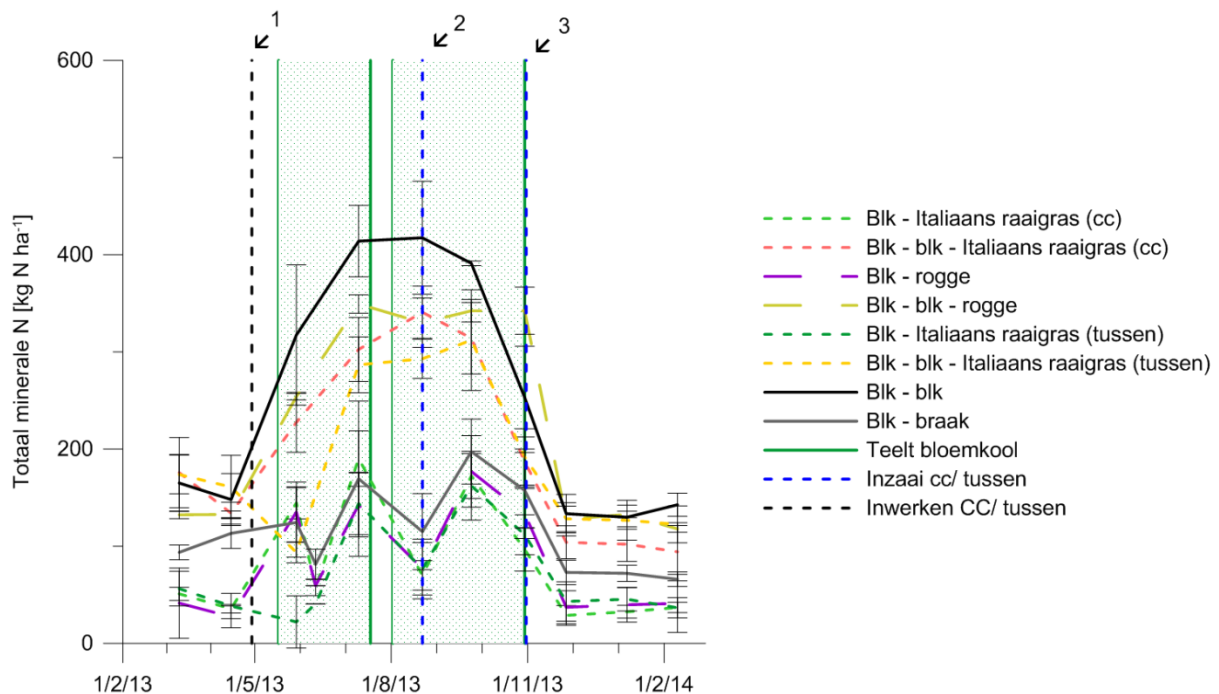
A5.3.4 Bodem mineraal N-gehalte



Figuur 41: Gemiddeld bodem mineraal N gehalte met standaardafwijking (4 herhalingen) in de 0-90cm bodemlaag voor het eerste proefjaar van langetermijnproef te Eikevliet voor de objecten (i) bloemkool- vroege inzaai Italiaans raaigras (als vanggewas of niet-groente) (ii) bloemkool – vroege inzaai winterrogge, (iii) bloemkool – bloemkool en (iv) bloemkool – braak. 1= vroege inzaai vanggewassen; 2 = oogst 2^{de} teelt bloemkool; 3 = late inzaai vanggewassen (cc = vanggewas, tussen = tussenteelt).



Figuur 42: Gemiddeld bodem mineraal N gehalte met standaardafwijking (4 herhalingen) in de 0-90cm bodemlaag van het eerste proefjaar van de langetermijnproef te Eikevliet voor de objecten (i) bloemkool – bloemkool- late inzaai Italiaans raaigras (als vanggewas of niet-groente) (ii) bloemkool – bloemkool- late inzaai winterrogge, (iii) bloemkool – bloemkool - braak en (iv) bloemkool – braak. 1= vroege inzaai vanggewassen; 2 = oogst 2^{de} teelt bloemkool; 3 = late inzaai vanggewassen. (cc = vanggewas, tussen = tussenteelt).



Figuur 43: Gemiddeld bodem mineraal N gehalte met standaardafwijking (4 herhalingen) in de 0-90cm bodemlaag van het tweede proefjaar van de langetermijnproef te Eikevliet voor alle gewasrotaties. 1= inwerken vanggewassen of tussenteelt; 2= vroege inzaai vanggewassen of tussenteelt; 3 = late inzaai vanggewassen of tussenteelt (cc = vanggewas, tussen = tussenteelt).

Na de 1^{ste} teelt bloemkool in het 1^{ste} proefjaar en vóór de vroege inzaai van vanggewassen of niet-groente varieerde het bodem mineraal N-gehalte tussen 166 en 225 kg N ha⁻¹, ondanks een tot dan gelijklopende gewasrotatie. Op plots waar een tweede teelt bloemkool aanwezig is, zijn er ook niet-onbelangrijke verschillen aanwezig bij de start. Het bodem mineraal N-gehalte varieert tussen 205 kg N ha⁻¹ en 257 kg N ha⁻¹ op 31/08/2012. Het reeds late tijdstip van vroege inzaai van de vanggewassen of niet-groente (01/09/2012) laat zich merken in de beperkte verschillen tussen de plots waar deze werden ingezaaid en waar het veld braak werd gelaten (Figuur 41).

In het tweede proefjaar vond de vroege inzaai van het Italiaans raaigras en winterrogge 2 weken vroeger plaats dan in het eerste proefjaar waardoor er een betere groei en ontwikkeling was. Kort na het vroege zaaitijdstip is er nog een stijging van het bodem mineraal N-gehalte. Dit kan verklaard worden door een N-mineralisatie uit de oogstresten van de voorgaande teelt bloemkool dewelke nog niet opgenomen kon worden door het Italiaans raaigras of rogge. Na eind september 2013 daalt het bodem mineraal N-gehalte voor deze gewasrotaties wat verklaard kan worden door zowel opname door het Italiaans raaigras of rogge als door uitspoeling.

De late inzaai van vanggewassen of tussenteelt in het eerste proefjaar vond pas 26 december plaats, omwille van de late oogst van de late teelt bloemkool en natte weersomstandigheden. Het verschil tussen het vroeg en laat ingezaaide Italiaans raaigras op 30/01/2013 bedroeg 112± 45 kg N ha⁻¹. Voor winterrogge bedraagt dit verschil 52± 16 kg N ha⁻¹.

In het tweede proefjaar vond late inzaai van het Italiaans raaigras en winterrogge plaats op 30/10/2013. Aan de hand van de bodem minerale N-metingen van de 0-30cm, 30-60cm en 60-90cm bodemlaag blijkt nitraatuitspoeling plaats te vinden. De ontwikkeling van de laat ingezaaide vanggewassen of tussenteelt was echter beperkt.

In het eerste en tweede proefjaar wordt een hoger bodem mineraal N-gehalte gemeten na een late teelt bloemkool vergeleken met een vroege inzaai van Italiaans raaigras of winterrogge (in plaats van een late teelt bloemkool). Een tweede teelt bloemkool neemt voor één object nog sterk N op uit de bodem, maar voor de andere objecten worden hogere bodem minerale N gehalten gemeten vergeleken met één teelt bloemkool gevolgd door een vanggewas of niet-groente (Figuur 42).

Door de beperkte neerslag tijdens de maanden oktober, november en december blijft een belangrijk van de gemineraliseerde N aanwezig blijven in het bodemprofiel. Simulaties met het EU_Rotate_N model geven aan dat nitraatuitspoeling vanaf december 2012 van start gaat (zie 7.5 Nitraatuitspoeling en gasvormige N-verliezen).

A5.3.5 N-balans

De vroege inzaai van Italiaans raaigras of winterrogge vond in het tweede proefjaar bijna twee weken vroeger plaats dan in het eerste proefjaar (respectievelijk op 22/08 en 01/09) en de opkomst van de vanggewassen of tussenteelt was beter in het tweede proefjaar ten opzichte van het eerste proefjaar. Dit weerspiegelde zich in een grotere effect op de N-balans voor de vroeg ingezaaide vanggewassen of tussenteelt ten opzichte waar het perceel braak werd gelaten na een teelt bloemkool in de zomer (Figuur 44). Vroege inzaai verlaagde het N-overschot in het tweede proefjaar met respectievelijk 133±70 kg N ha⁻¹ en 182±65 kg N ha⁻¹ voor Italiaans raaigras en winterrogge als vanggewas en met 250±77 kg N ha⁻¹ voor Italiaans raaigras als tussenteelt. Waar Italiaans raaigras als tussenteelt werd

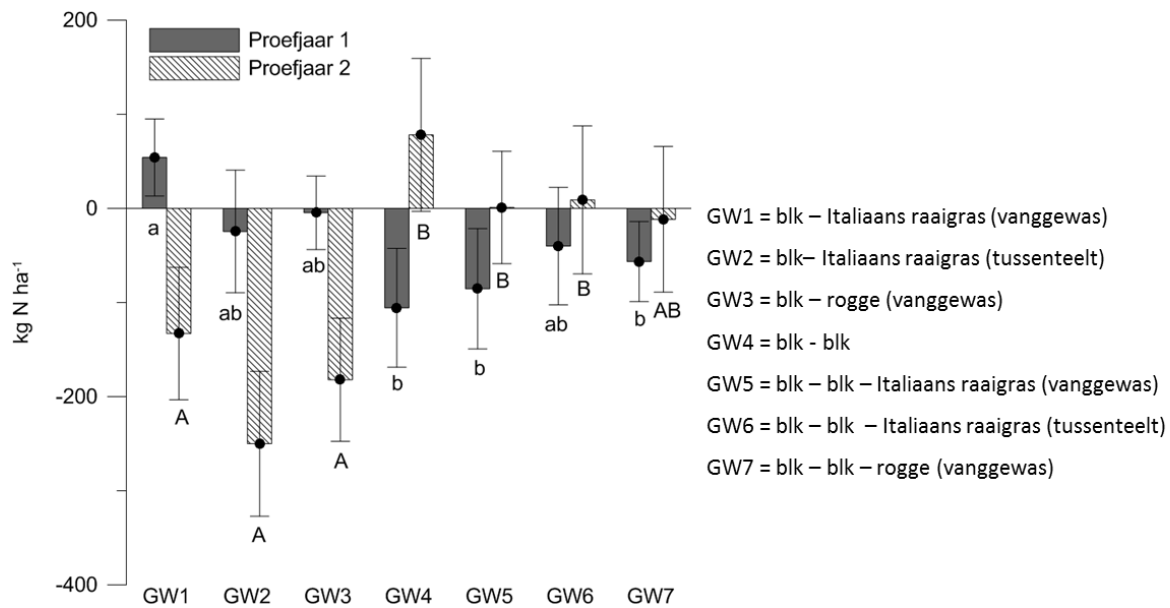
beschouwd werd een snede genomen en verwijderd van het veld ten opzichte waar Italiaans raaigras als vanggewas werd beschouwd en alles werd ingewerkt.

Het najaar in het eerste proefjaar was zacht en werd gevolgd door een koude winter. De late teelt bloemkool kon nog lang op het veld blijven en verder N opnemen uit het bodemprofiel. Omwille van de koude omstandigheden die na het inwerken van de oogstresten volgden (25/11/2012), vond N-vrijstelling uit de oogstresten pas vanaf maart 2013 plaats. Het overschot op de N-balans was in het eerste proefjaar daarom lager waar een late teelt bloemkool werd gezet in plaats van het braak laten van het perceel. De ontwikkeling van het Italiaans raaigras of winter rogge ingezaaid na de late teelt bloemkool was beperkt en resulteerde niet in significante verschillen.

In het tweede proefjaar droeg N-mineralisatie uit de ingewerkte oogstresten bloemkool bij tot een significant hoger bodem mineraal N-gehalte voor deze gewasrotaties en was het bodem mineraal N-gehalte significant hoger ten opzichte van de gewasrotaties zonder late teelt bloemkool. De ontwikkeling van Italiaans raaigras of winterrogge was ook in het tweede proefjaar beperkt tijdens de winterperiode en vond voornamelijk plaats in het volgende voorjaar. Er was geen significant verschil in het tweede proefjaar tussen de gewasrotaties waar na een late teelt bloemkool nog een vanggewas of tussenteelt werd ingezaaid. Er was echter wel een trend tot verlaging van het overschot op de N-balans door het inzaaien van een vanggewas of tussenteelt na een late teelt bloemkool.

Tabel 96: N-balans per gewasrotatie van de langetermijnveldproef te Eikevliet (PSKW) (standaardafwijking tussen haakjes).

Gewasrotatie	Proefjaar 1 kg N ha ⁻¹	Proefjaar 2 kg N ha ⁻¹
Blk - braak	+ 462 (29)	+ 530 (62)
blk - Italiaans raaigras (vanggewas)	+ 458 (29)	+ 257 (34)
blk - Italiaans raaigras (tussen)	+ 438 (58)	+ 212 (46)
blk – rogge (vanggewas)	+ 496 (26)	+ 282 (22)
blk - blk	+ 357 (56)	+ 608 (53)
Blk - blk - Italiaans raaigras (vanggewas)	+ 377 (57)	+ 531 (50)
Blk - blk - Italiaans raaigras (tussen)	+ 422 (55)	+ 539 (49)
Blk - blk - rogge (vanggewas)	+ 406 (31)	+ 518 (47)



Figuur 44: Het relatieve effect per gewasrotatie op de N-balans ten opzichte van de 'bloemkool-braak'-rotatie voor de langetermijnproef te Eikevliet (PSKW).

A5.3.6 Nitraatuitspoeling en gasvormige verliezen

Zowel in het eerste als tweede proefjaar was nitraatuitspoeling het hoogst waar een late teelt bloemkool werd opgenomen in de gewasrotatie (Tabel 37, Tabel 38).

In het eerste proefjaar was de opkomst en N-opname van het vanggewas of tussenteelt gezaaid na de late teelt bloemkool (inzaai op 26/12/2012) gering. De verschillen in gesimuleerde N-verliezen tussen deze gewasrotaties kunnen toegeschreven worden aan verschillen in bodem minerale N-gehalten aan de start van de proef (Tabel 37).

Na een groenteteelt in de zomer zijn de totale N-verliezen gedurende de winterperiode het laagste bij vroege inzaai van Italiaans raaigras of rogge, gevolgd door het braak laten van het perceel en tot slot een late teelt bloemkool met al of niet een late inzaai van Italiaans raaigras of rogge.

Tijdens de eerste winterperiode (oktober – maart 2012) zijn de gasvormige verliezen waar een late teelt bloemkool aanwezig is een vijfvoud hoger dan waar een vanggewas of tussenteelt in september werd ingezaaid. Voornamelijk in de maand december waren deze verschillen uitgesproken (Tabel 99). Midden december 2012 werd de late teelt bloemkool geogst en was er veel neerslag wat een verklaring kan vormen voor de hoge gasvormige verliezen. Ook tijdens de winterperiode van het tweede proefjaar werd deze trend waargenomen en waren gasvormige verliezen aanzienlijk lager bij Italiaans raaigras of winterrogge (inzaai op 01/09/2013) ten opzichte van een late teelt bloemkool (plant op 02/08/2013) (Tabel 98).

Tabel 97: Gesimuleerde cumulatieve uitspoeling en gasvormige verliezen (kg N ha⁻¹) gedurende de periode oktober 2012 tot en met maart 2013 voor het proefveld te Eikevliet (cc = vanggewas, tussen = tussenteelt).

oktober 2012-maart 2013	Uitspoeling	Gasvormig	Totaal N-verlies
Rotatie	kg N ha ⁻¹	kg N ha ⁻¹	kg N ha ⁻¹
Blk - braak	90	52	143
Blk - it r (cc) vroeg	63	8	71
Blk - blk - it r (cc) laat	141	55	196
Blk - it r (tussen) vroeg	71	8	79
Blk - blk - it r (tussen) laat	141	55	196
Blk - rogge (cc) vroeg	83	10	93
Blk - blk - rogge (cc) laat	92	53	144
Blk - blk - braak	101	16	117

Tabel 98: Gesimuleerde cumulatieve uitspoeling en gasvormige verliezen (kg N ha⁻¹) gedurende de periode oktober 2013 tot en met maart 2014 voor het proefveld te Eikevliet (cc = vanggewas, tussen = tussenteelt).

oktober 2013 - maart 2013	Uitspoeling	Gasvormig	Totaal N-verlies
Rotatie	kg N ha ⁻¹	kg N ha ⁻¹	kg N ha ⁻¹
Blk - braak	95	23	118
Blk - it r (cc) vroeg	35	12	47
Blk - blk - it r (cc) laat	119	36	155
Blk - it r (tussen) vroeg	24	12	36
Blk - blk - it r (tussen) laat	104	42	146
Blk - rogge (cc) vroeg	44	15	58
Blk - blk - rogge (cc) laat	128	52	180
Blk - blk - braak	141	51	192

Tabel 99: Gesimuleerde uitspoeling en gasvormige verliezen (kg N ha⁻¹) tijdens december 2012 voor de proefveld te Eikevliet. De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes.

	Uitspoeling	Gasvormig
Rotatie	kg N ha ⁻¹	kg N ha ⁻¹
Bloemkool	30.33 (0.7)	28.04 (6.4)
Rogge	30.38 (-)	2.55 (-)
Italiaans raigras	26.64 (8.5)	2.31 (0.2)

A5.4 Scenario-analyse

A5.4.1 Uitgevoerde simulaties

Uitspoeling- en gasvormige N-verliezen voor de gewasrotaties geëvalueerd in de langetermijnproeven werden gesimuleerd met EU_Rotate_N voor uiteenlopende scenario's. Per bodemtextuur (leem, klei en zand) werd het effect van enerzijds een koud en droog najaar en winter

en anderzijds een warm en nat najaar en winter gesimuleerd. Hierbij werd tevens per locatie enkel een abnormale hoeveelheid neerslag of enkel abnormale temperaturen gesimuleerd om zicht te krijgen op de invloed van elke factor op de totale N-verliezen die kunnen optreden tijdens het najaar en de winter.

De gesimuleerde periode betrof begin oktober tot en met maart. Volgende scenario's werden toegepast:

- 'Droog': abnormaal lage hoeveelheid neerslag van oktober t.e.m. maart
- 'Nat': abnormaal hoge hoeveelheid neerslag van oktober t.e.m. maart
- 'Koud': abnormaal lage omgevingstemperatuur in oktober t.e.m. maart
- 'Warm': abnormaal hoge omgevingstemperatuur in oktober t.e.m. maart
- 'Normaal': normale hoeveelheid neerslag en omgevingstemperatuur van oktober t.e.m. maart

Met abnormaal gedefinieerd door het KMI als een fenomeen dat gemiddeld één keer per 6 jaar voorkomt.

De simulaties voor een leem- en zandbodem werden uitgevoerd met een parameterset gekalibreerd via de langetermijnproeven. In het project werden geen veldproeven uitgevoerd op een kleibodem waardoor voor deze bodemtextuur geen kalibratie uitgevoerd kon worden.

A5.4.2 Simulatieresultaten

A5.4.2.1 Invloed bodemtextuur en gewasrotatie

In lijn van resultaten van eerdere veldproeven en simulaties zijn uitspoelingverliezen het hoogst bij gewasrotaties op een zandige bodem, gevolgd door een leembodem en tot slot klei. De gesimuleerde verschillen tussen de bodemtexturen waren echter klein ($< 10 \text{ kg N ha}^{-1}$) zowel voor een gemiddeld najaar (Tabel 59) als voor een droog en koud of warm en nat najaar (Tabel 101). Gasvormige N-verliezen waren het hoogst voor een leembodem, gevolgd door een zand- en kleibodem. Hoogste absolute N-verliezen bij een jaar met gemiddelde neerslag wordt bekomen bij het braak laten van het veld na een teelt groente met oogst eind augustus, gevolgd door een late teelt bloemkool zonder inzaaien van een laat vanggewas > late teelt bloemkool met inzaai met late inzaai van een vanggewas > vroege inzaai van een vanggewas. Het verschil in totale N-verliezen tussen de verschillende bodemtexturen was verwaarloosbaar voor alle gewasrotaties waar het veld niet braak werd gelaten tijdens het najaar (Tabel 100).

Tabel 100: Totale N-verliezen vanaf oktober t.e.m. maart voor groenterotaties op een zand-, leem- en kleibodem (blk= bloemkool, it = Italiaans raaigras)

Gewas- rotatie	Totale N-verliezen [kg N ha^{-1}]		
	Zand	Leem	Klei
blk-braak	258	216	254
blk-it r	63	60	57
blk-rogge	66	64	60
blk-blk	147	144	141
blk-blk-it r	105	104	102
blk-blk-rogge	113	112	107

Tabel 101: Totale N-verliezen vanaf oktober t.e.m. maart voor groenterotaties op een leembodem in een koud en droog; gemiddeld en warm en nat najaar en winter (blk= bloemkool, it r= Italiaans raaigras).

Gewasrotaties	Uitspoeling [kg N ha ⁻¹]			Gasvormige [kg N ha ⁻¹]			Totale N-verliezen [kg N ha ⁻¹]		
	Koud en droog	Gemiddeld	Warm en nat	Koud en droog	Gemiddeld	Warm en nat	Koud en droog	Gemiddeld	Warm en nat
blk-braak	213	206	381	9	10	20	222	216	400
blk-it r	28	40	53	4	20	27	32	60	80
blk-rogge	31	42	51	5	23	30	35	64	81
blk-blk	52	64	125	30	83	74	82	147	199
blk-blk-it r	38	55	72	18	51	47	56	105	118
blk-blk-rogge	38	60	59	19	52	48	57	112	107

A5.4.2.2 Warm en nat najaar en winter

In een warm najaar en winter kan er een snelle mineralisatie van de oogstresten van de late teelt bloemkool optreden. Gecombineerd met een abnormaal hoge neerslag geeft dit aanleiding tot een verhoging van de totale N-verliezen tijdens het najaar en winter. Voor een leem- en kleibodem gaf dit aanleiding tot een toename van totale N-verliezen met 30% (Tabel 103, Tabel 104), voor een zandbodem met 40% (Tabel 102).

Uit de langetermijnproeven bleek het inzaaien van een vanggewas na oogst een late teelt bloemkool (midden oktober) reeds te laat voor een goede ontwikkeling van het vanggewas. In een abnormaal warm najaar en winter zijn de omstandigheden echter gunstiger voor de groei van het vanggewas en is deze in staat N op te nemen dewelke vrijkomt uit de mineralisatie van de oogstresten van de late teelt bloemkool. Hierdoor kunnen uitspoelings- en gasvormige N-verliezen beperkt worden en was de toename in totale N-verliezen voor alle bodemtexturen beperkt (Tabel 102, Tabel 103, Tabel 104).

In een warm najaar is tevens de groei van een 'vroeg' ingezaaid vanggewas (begin september) beter dan in een gemiddeld najaar, met een N-opname van 58 kg N ha⁻¹ en 90 kg N ha⁻¹ in een respectievelijk gemiddeld en warm en nat najaar. De bodem N-mineralisatie neemt echter ook toe tijdens een warm najaar en overtrof de N-opname van het vroeg ingezaaide vanggewas waardoor minerale N-verliezen toenamen in een warm en nat najaar (Tabel 102, Tabel 103, Tabel 104).

A5.4.2.2 Koud en droog najaar en winter

In een koud en droge najaarsperiode was er een sterke afname van gasvormige verliezen voor alle bodemtexturen. Voor de gewasrotaties met een 'vroeg' inzaai van een vanggewas (begin september) bedroeg deze afname 80%, voor de gewasrotaties met een dubbele teelt bloemkool, al of niet gevolgd door een vanggewas, bedroeg de afname in gasvormige N-verliezen 60%. Plantmateriaal van bloemkool heeft algemeen een lagere C:N-verhouding dan Italiaans raaigras of rogge waardoor de afname in gasvormige verliezen voor de gewasrotaties met een dubbele teelt bloemkool kleiner is.

Uitspoelingsverliezen namen in een koud en droog najaar en winter het sterkste af voor de gewasrotaties op een zandbodem, gevolgd door een leem- en tot slot een kleibodem. De afname in uitspoelingsverliezen schommelden rond 30-40% voor alle gewasrotaties (Tabel 102, Tabel 103, Tabel 104).

Tabel 102: Uitspoeling en gasvormige N-verliezen op een zandbodem in een koud en droog en een warm en nat najaar en winter relatief ten opzichte van een jaar met gemiddelde neerslag en temperaturen (blk= bloemkool, it= Italiaans raaigras)

Gewasrotaties op een zandbodem	Uitspoeling [kg N ha ⁻¹]		Gasvormige [kg N ha ⁻¹]		Totale N-verliezen [kg N ha ⁻¹]	
	Koud en droog	Warm en nat	Koud en droog	Warm en nat	Koud en droog	Warm en nat
blk-braak	0.9	1.5	0.9	2.0	0.9	1.5
blk-it r	0.6	1.4	0.3	1.5	0.5	1.4
blk-rogge	0.7	1.3	0.2	1.4	0.5	1.4
blk-blk	0.7	1.7	0.3	1.0	0.5	1.4
blk-blk-it r	0.6	1.3	0.4	0.9	0.5	1.1
blk-blk-rogge	0.6	1.3	0.4	0.9	0.5	1.2

Tabel 103: Uitspoeling en gasvormige N-verliezen op een leembodem in een koud en droog en een warm en nat najaar en winter relatief ten opzichte van een jaar met gemiddelde neerslag en temperaturen (blk= bloemkool, it= Italiaans raai gras).

Gewasrotaties op een leembodem	Uitspoeling [kg N ha ⁻¹]		Gasvormige [kg N ha ⁻¹]		Totale N-verliezen [kg N ha ⁻¹]	
	Koud en droog	Warm en nat	Koud en droog	Warm en nat	Koud en droog	Warm en nat
blk-braak	1.0	1.9	0.9	2.0	1.0	1.9
blk-it r	0.7	1.3	0.2	1.4	0.5	1.3
blk- rogge	0.7	1.2	0.2	1.3	0.6	1.3
blk-blk	0.8	2.0	0.4	0.9	0.6	1.4
blk-blk-it r	0.7	1.3	0.4	0.9	0.5	1.1
blk-blk-rogge	0.6	1.0	0.4	0.9	0.5	1.0

Tabel 104: Uitspoeling en gasvormige N-verliezen op een kleibodem in een koud en droog en een warm en nat najaar en winter relatief ten opzichte van een jaar met gemiddelde neerslag en temperaturen (blk= bloemkool, it= Italiaans raai gras).

Gewasrotaties op een kleibodem	Uitspoeling [kg N ha ⁻¹]		Gasvormige [kg N ha ⁻¹]		Totale N-verliezen [kg N ha ⁻¹]	
	Koud en droog	Warm en nat	Koud en droog	Warm en nat	Koud en droog	Warm en nat
blk-braak	0.9	1.5	0.9	2.0	0.9	1.5
blk-it r	0.7	1.4	0.2	1.5	0.5	1.4
blk- rogge	0.7	1.3	0.2	1.4	0.6	1.3
blk-blk	0.7	1.7	0.3	1.0	0.5	1.3
blk-blk-it r	0.6	1.3	0.4	0.9	0.5	1.1
blk-blk-rogge	0.6	1.3	0.4	0.9	0.5	1.1

A5.4.2.3 Invloed neerslag

Het effect van een lager of hogere neerslaghoeveelheid was gelijklopend voor alle gewasrotaties en bodemtexturen. Bij een hogere neerslag dan gemiddeld bleven voor alle gewasrotaties de gasvormige verliezen van eenzelfde grootteorde, maar namen de uitspoelingsverliezen toe met 40-50%. Bij beschouwing van de totale N-verliezen gaf een nat najaar en winter aanleiding tot een verhoging van de totale N-verliezen met één derde.

A5.4.2.3 Invloed temperatuur

De volgorde in absolute totale N-verliezen tussen de verschillende gewasrotaties bleef gelijk bij temperaturen hoger of lager dan het gemiddelde.

Het effect van een abnormaal lage omgevingstemperatuur op uitspoelingsverliezen was het kleinst bij een zand- en kleibodem, de afname van uitspoelingsverliezen t.o.v. een gemiddelde situatie was voor alle gewasrotaties lager dan 20 kg N ha⁻¹. De poriegrootte lijkt voor deze texturen een belangrijkere rol te spelen in de grootte van nitraatuitspoeling dan de omgevingstemperatuur. Voor de leembodem waren de effecten groter en bedroeg de afname in uitspoelingsverliezen rond de 30 kg N ha⁻¹ voor de gewasrotaties met een 'vroeg' vanggewas en 50 kg N ha⁻¹ voor de gewasrotaties met een late teelt bloemkool, al dan niet gevolgd door een vanggewas. In een warm najaar en winter waren

de totale N-verliezen voor alle gewasrotaties van eenzelfde grootteorde als in een gemiddeld najaar en winter, maar nam het belang van gasvormige N-verliezen toe.

Bij hogere omgevingstemperaturen namen gasvormige N-verliezen in gelijke mate toe voor elk gewasrotatie op de verschillende bodemtexturen. De gasvormige N-verliezen schommelden respectievelijk rond 120% en 160% voor de gewasrotaties met een 'vroeg' inzaai van een vanggewas of een late teelt bloemkool en voor de gewasrotaties met een late teelt bloemkool gevolgd door een late inzaai van een vanggewas. Bij een lagere omgevingstemperatuur dan gemiddeld namen gasvormige verliezen voor alle gewasrotaties beperkt af op een klei- en zandbodem (<20%), maar namen ze sterk af in een leembodem (met 60-70%).

A5.4.3 Conclusie

De verschillen tussen de verschillende bodemtexturen in gesimuleerde totale N-verliezen voor de periode oktober t.e.m. maart voor een bepaalde gewasrotatie waren klein (<10 kg N ha⁻¹). De totale N-verliezen per gewasrotatie kennen voor alle bodemtexturen volgend oplopend verloop:

Bloemkool – vroeg inzaai vanggewas < bloemkool – bloemkool – late inzaai vanggewas
< bloemkool – bloemkool < bloemkool – braak

Deze volgorde bleef behouden bij het voorkomen van een abnormale hoeveelheid neerslag of temperaturen. In een warm en nat najaar namen totale N-verliezen voor alle gewasrotaties toe met 30-40%, in een droog en koud najaar was er een daling van totale N-verliezen van 40-50%.

Appendix 6:

Praktijkuitvoering alternatieve beheeropties

Medewerkers

Universiteit Gent

Laura Agneessens, Stefaan De Neve

ILVO-EV Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek

Bart Vandecasteele, Donald Dekeyser

Inagro

Tomas Van De Sande

Proefstation voor de Groenteteelt vzw (PSKW)

Ellen Goovaerts, Joris De Nies

Provinciaal Proefcentrum voor de Groenteteelt Oost-Vlaanderen (PCG)

Sara Crappé, Micheline Verhaeghe

Bodemkundige Dienst van België (BDB)

Annemie Elsen

Appendix 6: Praktijkuitvoering alternatieve beheeropties

Na evaluatie van de proefresultaten van het eerste proefjaar en in overleg met de betrokken telers werden enkele beheeropties aangelegd bij telers om deze technieken te testen in de praktijk. Deze technieken waren het afvoeren van oogstresten, intact laten van oogstresten, het gebruik van immobiliserende materialen en het trekken van de oogstresten in gewenten. Het doel van deze proeven was te peilen naar de mening van de betrokken teler omtrent de alternatieve beheeropties.

Tevens werden twee enquêtes uitgevoerd, waarbij gepeild werd naar enerzijds de opinie van de telers omtrent de alternatieve beheeropties en anderzijds de opinie van uitbaters van GFT-composterings- en vergistingsinstallaties omtrent het gebruik van afvoer van oogstresten van groenten.

A6.1 Afvoeren oogstresten

A6.1.1 Proefopzet en -resultaten

Een teler te Wulvergem (zandleemstreek) voert na een teelt spruitkool de stronken af met behulp van een omgebouwde oogstmachine (Tabel 105). De afgevoerde spruitstokken worden automatisch verkleind tot 8cm en gebruikt als veevoeder.



Figuur 45: Afvoeren van spruitstokken met behulp van een omgebouwde oogstmachine (Wulvergem, 28/11/2013).

Volgende behandelingen werden aangelegd na een teelt spruitstool:

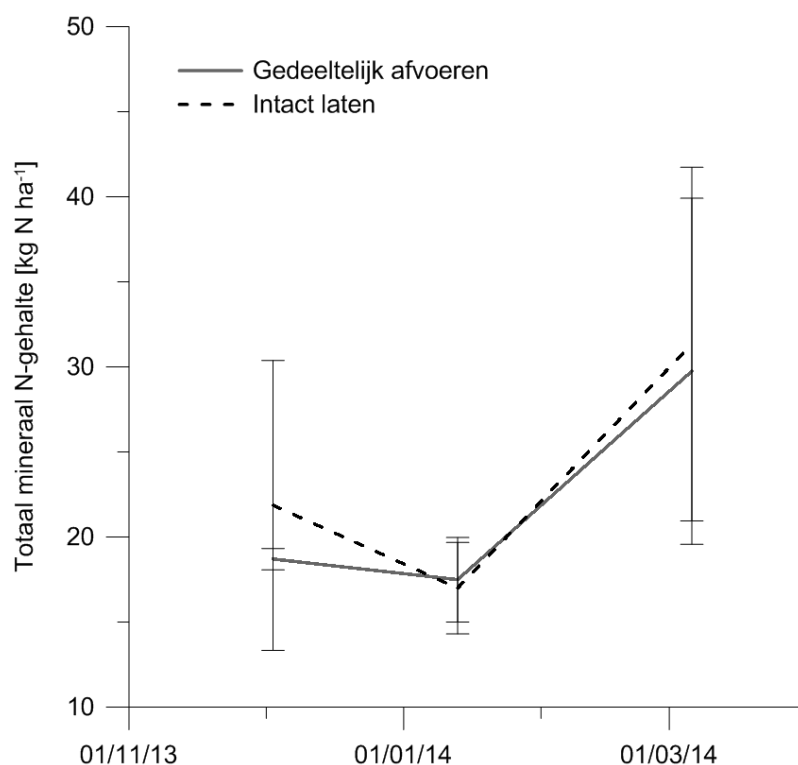
1 = intact laten oogstresten

2= gedeeltelijk afvoeren oogstresten (de spruitstokken)

Het afvoeren van de oogstresten vond plaats op 28/11/2013. Een teelt spruitkool is efficiënt in het uitputten van het bodemprofiel zoals tevens werd waargenomen voor dit perceel. Het verschil in bodem mineraal N-gehalte na het gedeeltelijk afvoeren of intact laten van de oogstresten was beperkt en niet significant (Figuur 46), ondanks de grote hoeveelheid biomassa die op het veld achterbleef (Tabel 105) en de uitzonderlijk warme winter.

Tabel 105: Gemiddelde biomassa, C-, N-, en P-gehalte van de afgevoerde spruitstokken te Wulvergem. De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes (n= 4).

Type oogst	Biomassa	C	N	P	C:N	N:P
	ton ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	-	-
spruitstokken	25 (3)	1476 (207)	60 (9)	8 (1)	24,4 (4,8)	7,4 (1,5)



Figuur 46: Bodem mineraal N-gehalte [kg N ha⁻¹] na het intact laten of gedeeltelijk afvoeren van oogstresten spruitkool te Wulvergem.

A6.1.1.2 Mening teler

De teler past reeds het afvoeren van oogstresten toe en kan hierdoor ruwvoederkosten drukken. Ondanks dat enkel spruitstokken worden verwijderd, een materiaal moeilijker afbreekbaar dan de bladeren, betreft het hier toch om 60±9 kg N ha⁻¹.

A6.2. Intact laten/ inwerken: bloemkool (industrie)

A6.2.1 Proefopzet en -resultaten

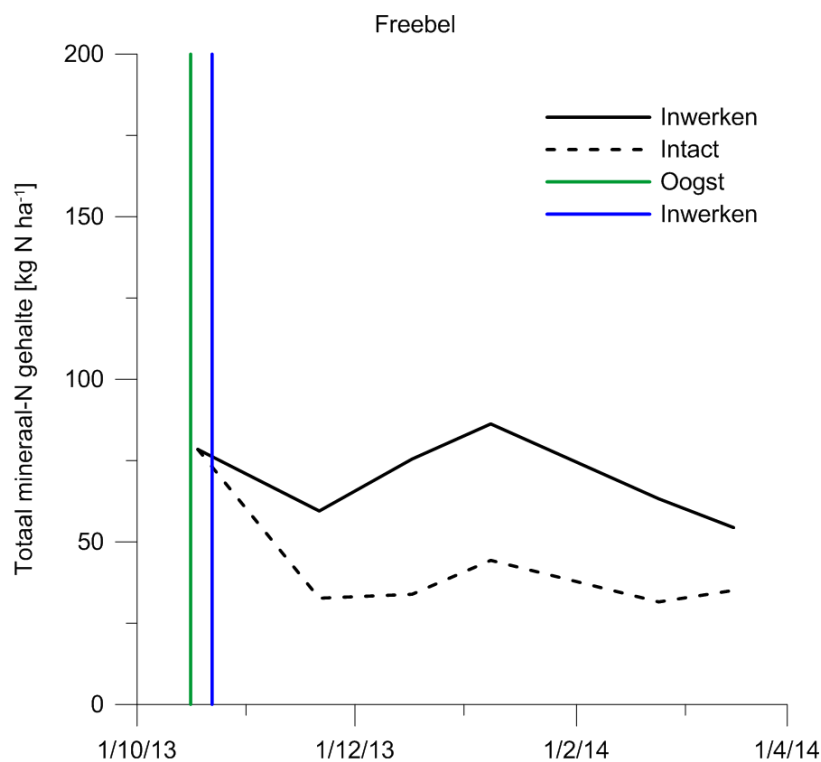
Het intact laten van de oogstresten bloemkool bestemd voor de industrie werd aangelegd op twee percelen na een cultivar Freebel en cultivar Giewont (leem bodem). Volgende behandelingen werden opgenomen:

1= intact laten oogstresten

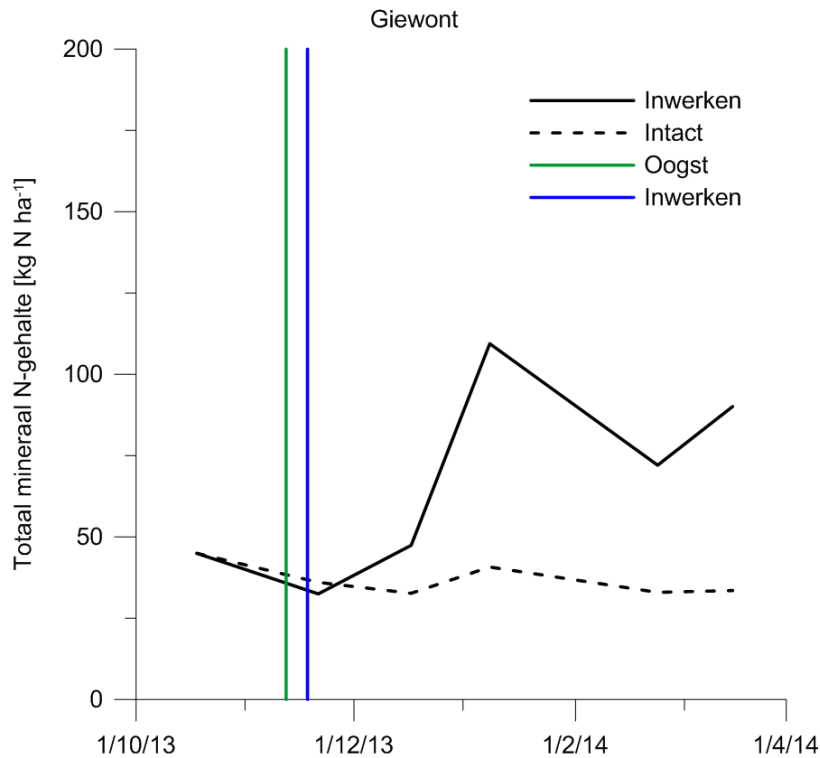
2=inwerken oogstresten

Per behandeling en tijdstip werd één bodemstaal genomen (geen herhalingen).

De oogstresten van de bloemkool bleven nog lang in goede staat op het veld. Voor beide percelen was het bodem mineraal N-gehalte lager waar de oogstresten intact werden gelaten ten opzichte van het inwerken van de oogstresten (Figuur 47, Figuur 48). De toename van bodem mineraal N-gehalte na het inwerken van de oogstresten was beperkt voor de cultivar Freebel (Figuur 47) en kan wijzen op het voorkomen van gasvormige N-verliezen.



Figuur 47: Bodem mineraal N-gehalte [kg N ha⁻¹] na het intact laten of inwerken van oogstresten bloemkool bestemd voor industrie (cultivar Freebel) te Ingoogem.



Figuur 48: Bodem mineraal N-gehalte [kg N ha⁻¹] na het intact laten of inwerken van oogstresten bloemkool bestemd voor industrie (cultivar Giewont) te Ingoogem.

A6.2.2 Mening teler

Hoewel de teler eerst sceptisch stond ten opzichte van het intact laten van de oogstresten rapporteerde hij geen hinder te hebben ondervonden van de intact gelaten oogstresten. Na aanleg van de proef was hij enthousiast over het concept.

A6.3 Intact laten / inwerken: bloemkool (versmarkt)

A6.3.1 Proefopzet en -resultaten

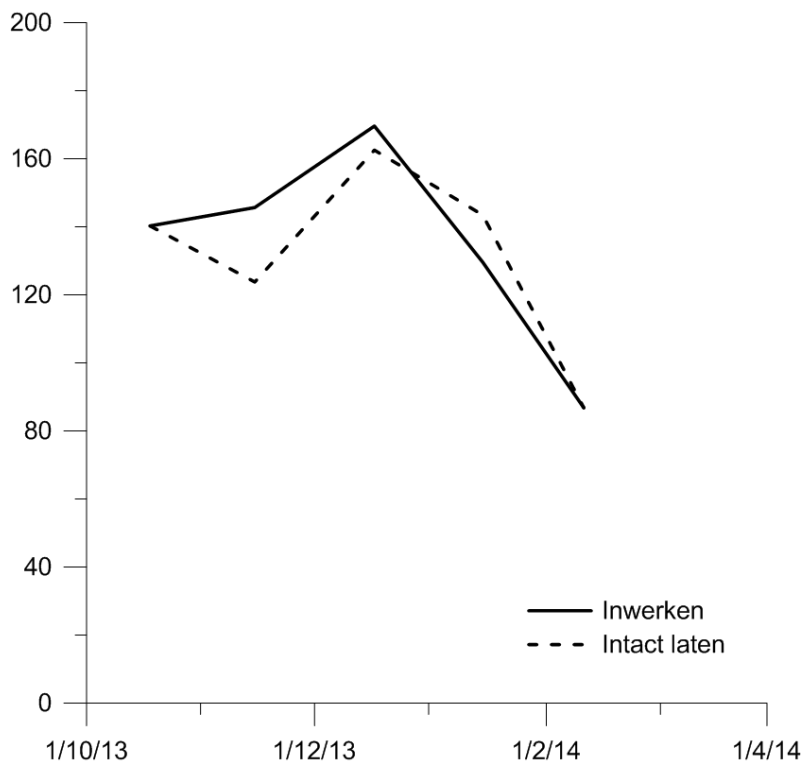
Na een teelt bloemkool bestemd voor versmarkt werden volgende behandeling aangelegd bij een teler te Zwevegem (leembodem):

1= intact laten oogstresten

2= inwerken oogstresten

Het inwerken van de oogstresten vond plaats op 18/10/2013. Per behandeling en tijdstip werd één bodemstaal genomen.

Er was slechts een beperkte toename in bodem mineraal N-gehalte na het inwerken van de oogstresten bloemkool (Figuur 49). De bloemkolen werden gespreid geogst waardoor de oogstresten waar de kolen eerder gesneden waren zich reeds in een afgebroken staat bevonden op het moment van inwerken van oogstresten. De oogstresten die intact werden gelaten, braken eveneens verder af en waren niet in staat verder N op te nemen.



Figuur 49: Bodem mineraal N-gehalte [kg N ha⁻¹] na het intact laten of inwerken van oogstresten bloemkool te Zwevegem.

A6.3.2 Mening teler

Gezien de oogstresten van de bloemkool voor de versmarkt minder intact waren dan de oogstresten bloemkool voor de industrie had de teler minder vertrouwen in het concept van het intact laten van oogstresten van groenten. Omwille van de beperkte verschillen in bodem mineraal N-gehalte tussen het inwerken of intact laten van de oogstresten uitte de teler zich niet overtuigd over het concept.

A6.4 Intact laten / immobiliserende materialen: bloemkool

A6.4.1 Proefopzet en -resultaten

Na een teelt bloemkool (versmarkt) werden volgende beheeropties aangelegd bij een teler te Puurs (zand):

1= laten staan

2= onderwerken

3= onderwerken met stro (2 ton ha⁻¹ o.b.v. van een gelijke volumeverhouding)

4 = onderwerken met stro (5 ton ha⁻¹)

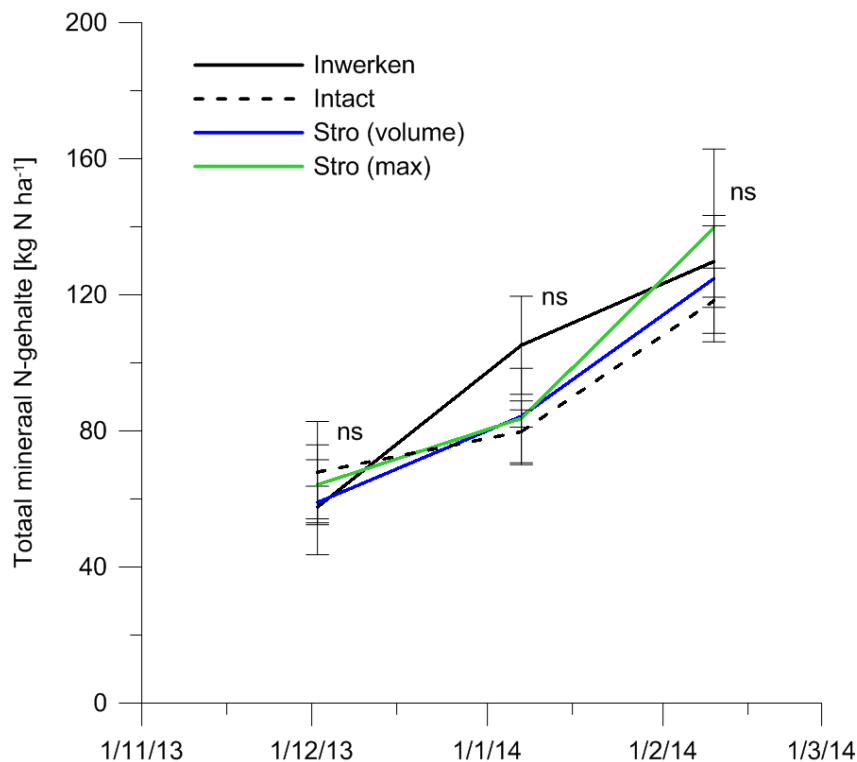
De oogstresten van bloemkool (Tabel 106) werden gemengd met graanstro (C:N= 71,9±15,9) op basis van een gelijke volumeverhouding (50/50 vol%) of met graanstro aan een vaste hoeveelheid van 5 ton ha⁻¹. Deze hoeveelheid graanstro werd gekozen rekening houdend met een gemiddelde gewasopbrengst van 5 ton ha⁻¹ voor granen en niet meer graanstro aan te brengen per hectare dan

kan geproduceerd worden. De oogst vond plaats tussen 20/10-15/11/2013 en inwerken op 06/12/2013.

Tabel 106: Biomassa, C- en N-gehalte van de oogstresten bloemkool te Puurs. De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes.

Type oogst	Biomassa ton ha ⁻¹	C kg ha ⁻¹	N kg ha ⁻¹	C:N -
bladeren	39 (-)	1330 (43)	128 (8)	10,4 (0,8)
stronken	8 (-)	472 (10)	22 (4)	21,8 (3,6)
Totaal	47 (-)	1801 (44)	150 (9)	16,1 (3,7)

Er was geen significant verschil in bodem mineraal N-gehalte tussen de behandelingen tijdens alle bemonsteringstijdstippen (Figuur 50). Het N-immobiliserend effect veroorzaakt door het inwerken van de oogstresten bloemkool met graanstro was afwezig en bevestigt resultaten bekomen uit de veldproeven met N-immobiliserende materialen uit het eerste proefjaar (zie Appendix 2). Waar de oogstresten intact werden gelaten volgde een gelijkaardige toename in bodem mineraal N-gehalte als waar de oogstresten werden ingewerkt. Analoge resultaten werden bekomen in de 'afvoeren/intact/inwerken'-veldproeven uitgevoerd met bloemkool bestemd voor de versmarkt (Zie Appendix 1).



Figuur 50: Gemiddeld bodem mineraal N-gehalte [kg N ha⁻¹] na (i) het intact laten van oogstresten bloemkool, (ii) het inwerken van oogstresten bloemkool, (iii) het inwerken van oogstresten bloemkool gemengd met graanstro op een gelijke volumebasis (stro volume) en (iv) het inwerken van oogstresten bloemkool gemengd met 5 ton ha⁻¹ graanstro (stro max)

A6.4.2 Mening teler

Oorspronkelijk was voorzien om naast graanstro ook het N-immobiliserend potentieel van restplant van korrelmaïs te evalueren. Aangezien korrelmaïs echter vaak na het oogsten van bloemkool wordt geoogst, is het gebruik als immobiliserend materiaal praktisch vrijwel niet haalbaar. De teler gaf aan het gebruik van immobiliserende materialen als weinig haalbaar in te schatten omwille van de extra werkgangen die nodig zijn tijdens een periode wanneer percelen vaak weinig bereikbaar zijn.

A6.5 Immobiliserende materialen: venkel

A6.5.1 Proefopzet en -resultaten

Na een teelt venkel werden volgende behandelingen aangelegd bij een teler te Sint-Katelijne-Waver (zand):

1= inwerken zonder graanstro

2=inwerken met graanstro(5 ton ha⁻¹)

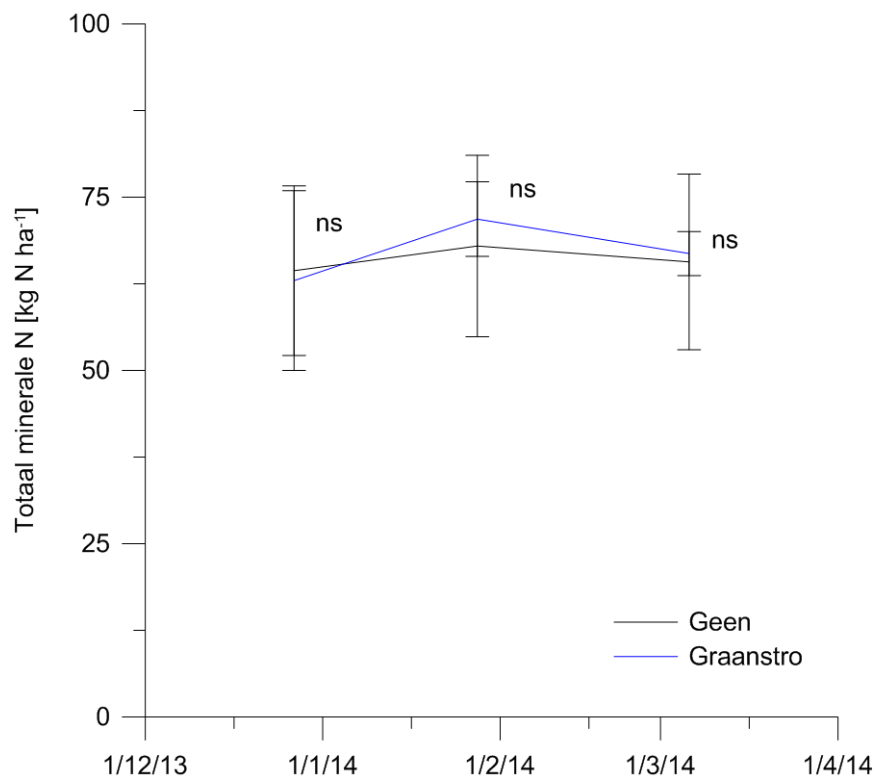
De oogstresten venkel (Tabel 3Tabel 107) werden gemengd met graanstro op een gelijke volumebasis (50/50 vol%). De oogst vond plaats op 01/11/2013 en inwerken op 10/12/2013.

Tabel 107: Biomassa, C- en N-gehalte van de oogstresten venkel te Sint-Katelijne-Waver. De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes.

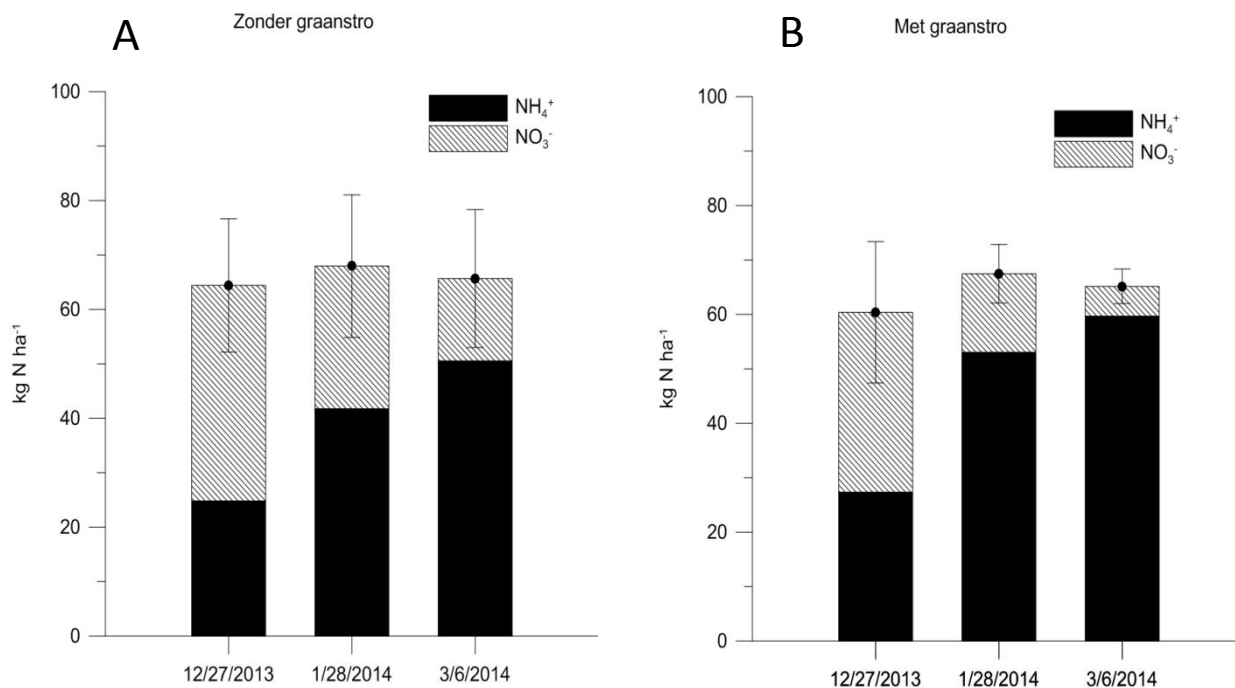
Type oogst	Biomassa	C	N	C:N
	ton ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	-
bladeren	54 (10)	1216 (355)	120 (37)	10,2 (4,3)

Het bodem mineraal N-gehalte was niet significant verschillend wanneer de oogstresten venkel al of niet werden ingewerkt met graanstro (Figuur 51). Het bodem mineraal N-gehalte bleef op een constant niveau gedurende de periode december 2013 – maart 2014 en steeg niet na inwerking van de oogstresten (120±37 kg N ha⁻¹). Het bodem minerale N was voornamelijk aanwezig in de vorm van NH₄⁺ (Figuur 52) wat wijst op de remming van nitrificatie. Het perceel was zeer nat en het gravimetrisch vochtgehalte bedroeg respectievelijk tijdens de eerste, tweede en derde staalname 21,3±1,0%, 19,3±1,3% en 17,9±3,5%. Tegelijkertijd was er wel een afname van het NO₃⁻-gehalte. Dit kan ten gevolge zijn van nitraatuitspoeling, maar tevens denitrificatie.

Rekening houdend met de resultaten van de veldproeven met immobiliserende materialen (zie Appendix 2) en in situ stabilisatie (zie KT.3) wijst ook deze veldproef op een beperkte N-immobilisatie na het inwerken van oogstresten van groenten met een potentieel N-immobiliserend materiaal.



Figuur 51: Gemiddeld bodem mineraal N-gehalte [kg N ha⁻¹] na het inwerken van oogstresten venkel (geen) en oogstresten venkel gemengd met graanstro op een gelijke volumebasis (graanstro) (ns= geen significante verschillen)



Figuur 52: Bodem NH₄⁺ en NO₃⁻ -gehalte van de 0-90 cm bodemlaag na het inwerken van oogstresten venkel zonder (A) of met (B) toevoeging van graanstro.

A6.5.2 Menging teler

Deze teler geloofde niet in het N-immobiliserende effect van het graanstro. De extra werkgangen en de praktische uitvoerbaarheid maken deze techniek moeilijk haalbaar. Daarnaast werd ook aangegeven dat het ondergewerkte stro ook voor het volgende teeltseizoen problemen kan geven. Het stro was nog vrij intact in het volgende voorjaar en kan zo moeilijkheden geven bij het planten.

A6.6 Immobiliserende materialen / gewenten: bloemkool

A6.6.1 Proefopzet en -resultaten

Na een teelt bloemkool werden volgende behandelingen aangelegd bij een teler te Sint-Katelijne-Waver (zand):

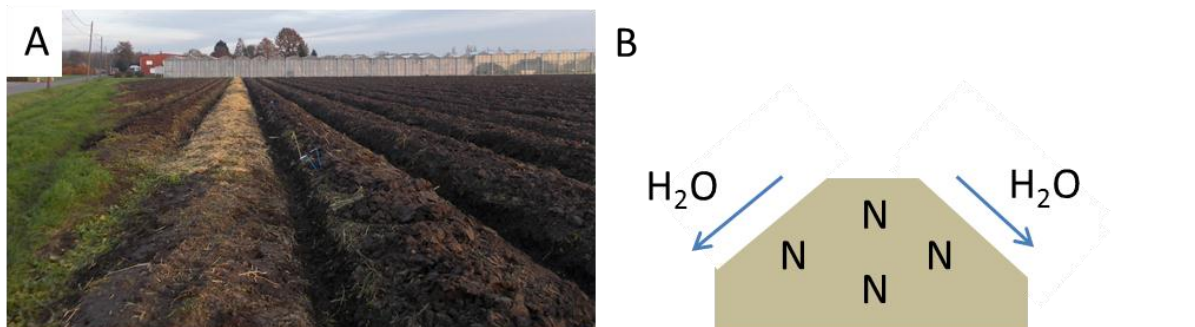
Object 1 = inwerken zonder toevoeging

Object 2 = inwerken met toevoeging stro (3 ton ha⁻¹)

Object 3 = gewente zonder toevoeging

Object 4 = gewente met toevoeging stro (3 ton ha⁻¹)

Bij het trekken van de oogstresten op een gewente worden de oogstresten samengebracht in bedden van 1,20 m breedte en 0,40 - 0,5 m hoogte en bedekt met aarde (Figuur 53). In het voorjaar worden de bedden opnieuw opengewerkt. De gewenten worden in twee werkgangen aangelegd. Afhankelijk per teler worden de gewenten in één of twee werkgangen aangelegd. De sporen tussen de gewenten worden extra aangereden om een vastere ploegsnede te bekommen.



Figuur 53: (A) Gewenten aangelegd op een perceel en (B) een schematische voorstelling van een gewente.

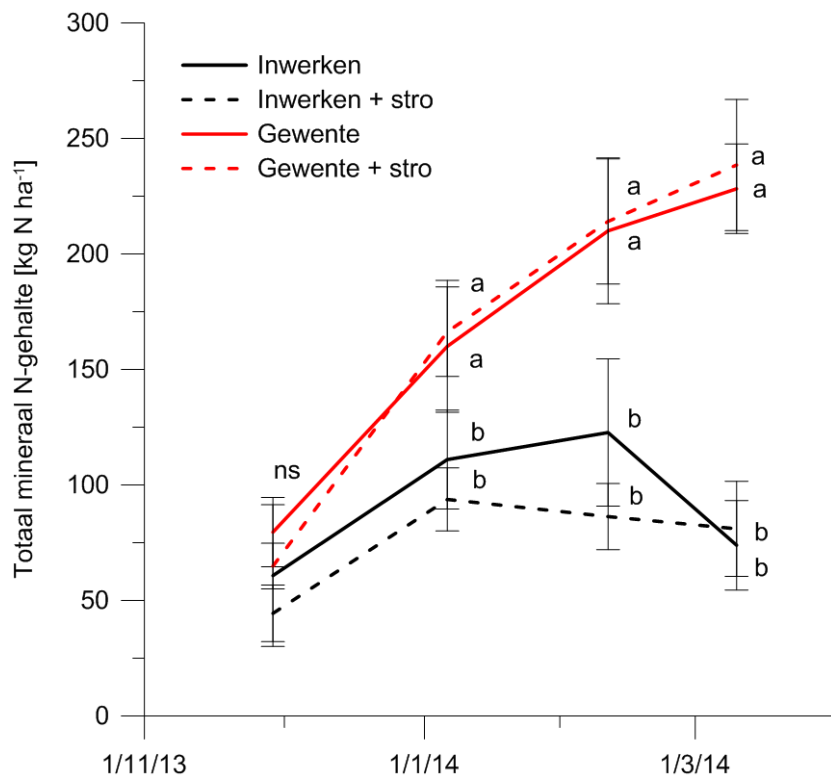


Figuur 54: Gebruikte ploeg (links) voor het aanleggen van gewenten (rechts).

De oogstresten van bloemkool (Tabel 108) werden gemengd met graanstro op basis van een gelijke volumeverhouding (50/50 vol%). Waar de oogstresten in gewenten werden getrokken, werd het mineraal-N gehalte bepaald door in een hoek van 90° stalen te nemen uit de gewenten op een diepte van 0-30cm, 30-60cm en 60-90cm. Het verloop van het N-gehalte in de gewente geeft aan of de aanwezige N uitloopt naar de bodem of in de gewente blijft.

Tabel 108: Biomassa, C- en N-gehalte van de oogstresten bloemkool te Sint-Katelijne-Waver. De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes.

Type oogst	Biomassa	C	N	C:N
	ton ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	-
bladeren	35 (2)	1289 (87)	107 (25)	12,0 (2,9)
stronken	9 (1)	555 (3)	31 (1)	17,7 (0,6)
Totaal	44 (2)	1844 (88)	138 (25)	13,3 (2,9)



Figuur 55: Gemiddeld bodem mineraal N-gehalte [kg N ha⁻¹] van verschillende beheeropties van oogstresten bloemkool (significante verschillen worden aangegeven via verschillende letters, ns= geen significante verschillen)

Aan de hand van de bodem mineraal N-gehalten in de verschillende dieptelagen bleek N reeds uit te spoelen naar diepere bodemlagen vanaf de start van de metingen (data niet weergegeven). Het bodem mineraal N-gehalte nam meer toe waar de oogstresten zonder graanstro werden ingewerkt ten opzichte van met graanstro, maar de verschillen waren niet significant (Figuur 55). De toename in mineraal N-gehalte in de gewente komt overeen met de hoeveelheid N aanwezig in de oogstresten bloemkool. Dit geeft aan dat de N gemineraliseerd uit de oogstresten in de gewenten bleef in plaats van uit te spoelen naar de bodem. Tussen 10/02/2013 en 10/03/2013 vond er uitspoeling plaats waar de oogstresten bloemkool werden ingewerkt ten opzichte van een verdere toename van het mineraal N-gehalte in de gewenten. Er was geen significant verschil indien de oogstresten bloemkool met of zonder graanstro in een gewente werden getrokken.

A6.6.2 Mening teler

De teler trekt elk jaar al zijn percelen gedurende de winter op gewenten met voornaamste doel ervoor te zorgen dat het perceel in het voorjaar voldoende droog is om tijdig een nieuwe teelt te kunnen planten. Er was wel het vermoeden dat op deze manier ook N-uitspoeling kon vermeden worden. Indien proefresultaten aantonen dat het toedienen van graanstro een duidelijk N-immobiliserend effect kan hebben, is deze teler bereid deze techniek toe te passen.

A6.7 Immobiliserende materialen / gewenten: gele mosterd

A6.7.1 Proefopzet en -resultaten

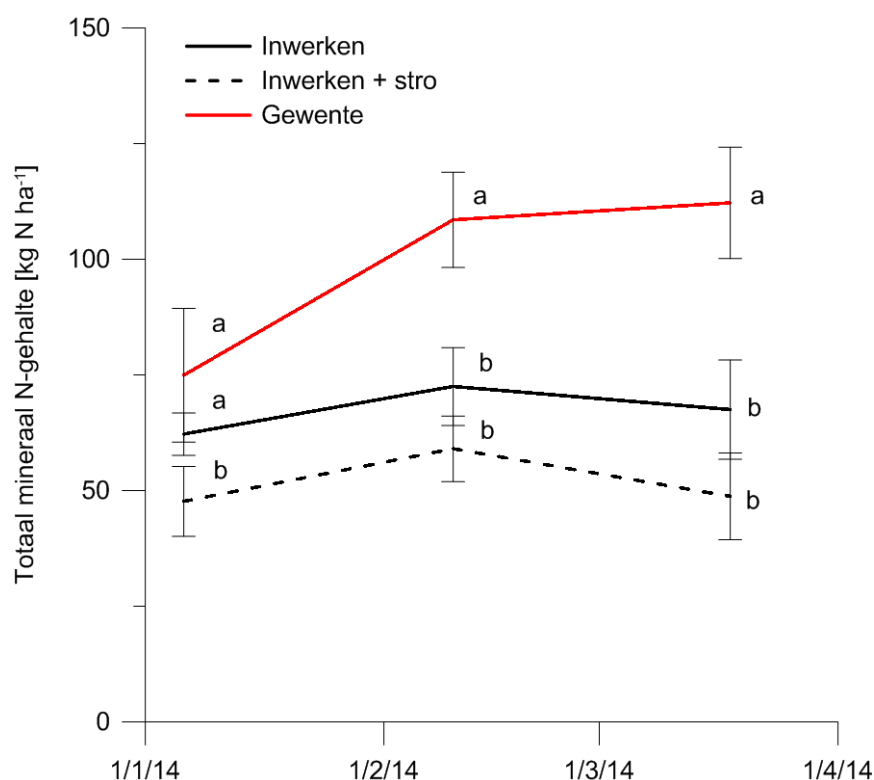
Na een teelt gele mosterd werden volgende behandelingen aangelegd bij een teler te Sint-Katelijne-Waver (zand):

- Object 1 = inwerken zonder toevoeging
- Object 2 = inwerken met toevoeging stro (5 ton ha⁻¹)
- Object 3 = gewente zonder toevoeging

De oogstresten van gele mosterd (Tabel 109) werden gemengd met graanstro op basis van een gelijke volumeverhouding (50/50 vol%).

Tabel 109: Biomassa, C- en N-gehalte van de oogstresten Gele Mosterd te Sint-Katelijne-Waver. De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes.

Type oogst	Biomassa	C	N	C:N
	ton ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	-
Totaal	31 (-)	1478 (48)	117 (26)	12,7 (2,8)



Figuur 56: Gemiddeld bodem mineraal N-gehalte [kg N ha⁻¹] van verschillende beheeropties van oogstresten gele mosterd (significante verschillen worden aangegeven via verschillende letters)

Na een initiële toename bleef het mineraal N-gehalte in de gewente gedurende de observatieperiode op een constant niveau (Figuur 56). Dit is een indicatie dat de N samengebracht in de gewente niet uitspoelt naar de bodem, maar in de gewente blijft. Ondanks het inwerken van de gele mosterd (117±26 kg N ha⁻¹) was de toename in bodem mineraal N-gehalte beperkt (

Tabel 110). Het gravimetrische vochtgehalte van de 0-30cm bodemlaag bedroeg respectievelijk $14,9 \pm 1,8$; $15,0 \pm 0,9$ en $13,5 \pm 1,5\%$ op het tijdstip van inwerken en één en twee maand na het inwerken, en dus niet van een grootteorde waarbij aanzienlijke denitrificatie verwacht wordt. Het verschil in bodem mineraal N-gehalte tussen het inwerken van de oogstresten met of zonder graanstro was niet significant één en twee maanden na het inwerken van de oogstresten en bevestigt de resultaten bekomen via de veldproeven uitgevoerd in het eerste proefjaar (zie Appendix 2) en de veldproeven aangelegd bij de telers (zie 4.3).

Tabel 110: NH_4^+ - en NO_3^- -gehalte van de 0-30, 30-60 en 60-90 cm bodemlaag van het proefveld te Sint-Katelijne-Waver na het inwerken van gele mosterd met of zonder bijvoeging van graanstro.

	Datum	NH_4^+ [kg N ha ⁻¹]			NO_3^- [kg N ha ⁻¹]			Totaal N [kg N ha ⁻¹]
		0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90	0-90
inwerken	6/01/2014	3 (1)	2 (1)	2 (1)	24 (3)	19 (3)	11 (1)	62 (5)
	10/02/2014	4 (1)	2 (1)	2 (1)	11 (1)	25 (6)	29 (5)	72 (8)
	18/03/2014	5 (1)	3 (1)	2 (1)	11 (5)	15 (6)	3 (7)	67 (11)
inwerken + stro	6/01/2014	3 (1)	2 (1)	2 (1)	16 (3)	16 (7)	9 (2)	48 (8)
	10/02/2014	5 (1)	2 (1)	1 (1)	11 (3)	17 (2)	24 (6)	59 (7)
	18/03/2014	5 (1)	3 (1)	3 (1)	8 (2)	9 (2)	20 (9)	49 (9)

A6.7.2 Mening teler

De teler zaait na de oogst van sla op al zijn percelen gele mosterd in tot begin september. Half november wordt de gele mosterd geklepeld en ingewerkt in gewenten. Gele mosterd wordt ingezaaid met als hoofddoel N-uitspoeling te voorkomen, de gewenten worden aangelegd om de waterafvoer van het perceel tijdens de winter te bevorderen. De teler is van mening reeds voldoende maatregelen te nemen om N-uitspoeling te voorkomen en schat het nut om extra graanstro in te verwerken als klein in.

A6.8 Immobiliserende materialen / gewenten: radicchio

A6.8.1 Proefopzet en -resultaten

Na een teelt radicchio werden volgende behandelingen aangelegd bij een teler te Sint-Katelijne-Waver (zand):

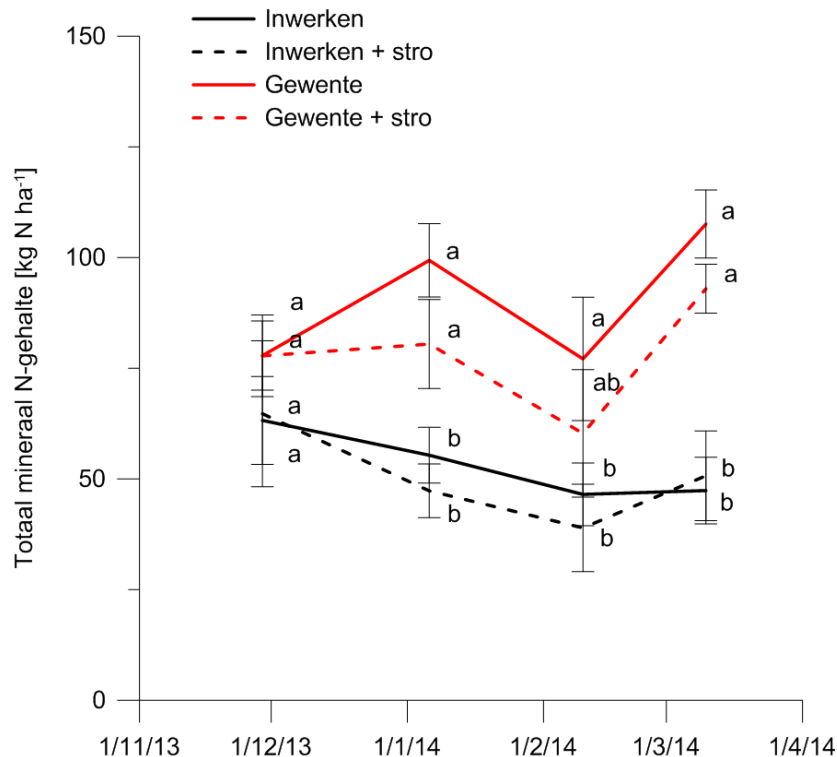
Object 1 = inwerken zonder toevoeging
 Object 2 = inwerken met toevoeging stro (4,8 ton ha⁻¹)
 Object 3 = gewente zonder toevoeging

Object 4 = gewente met toevoeging stro (4,8 ton ha⁻¹)

De oogstresten van radicchio werden gemengd met graanstro op basis van een gelijke volumeverhouding (50/50 vol%).

Tabel 111: Biomassa, C- en N-gehalte van de oogstresten radicchio te Sint-Katelijne-Waver. De standaardafwijking wordt vermeld tussen haakjes.

Type oogst	Biomassa	C	N	C:N
	ton ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	-
Totaal	21 (4)	487 (83)	30 (6)	16,5 (4,2)



Figuur 57: Gemiddeld bodem mineraal N-gehalte [kg N ha⁻¹] van verschillende beheeropties van oogstresten radicchio (significante verschillen worden aangegeven via verschillende letters)

De toename van mineraal N-gehalte in de gewente waar graanstro werd toegevoegd is lager dan in de gewente zonder graanstro, wat mogelijks wijst op een N-immobiliserend effect van het graanstro. De verschillen waren echter niet significant (Figuur 57). Het mineraal N-gehalte in de gewenten met en zonder graanstro vertoonde een daling tussen 06/01/2013 en 10/02/2013 wat aangeeft dat uitspoeling naar het bodemprofiel kan opgetreden zijn. Hierna nam het mineraal N-gehalte weer toe wat verklaard kan worden door een verdere mineralisatie van de oogstresten radicchio. Het inwerken van oogstresten radicchio met of zonder graanstro had geen significante invloed op het bodem mineraal N-gehalte.

A6.8.2 Mening teler

De teler past zelf reeds de gewententechniek toe op zijn velden en staat positief ten opzichte van deze techniek. Het gebruik van N-immobiliserende materialen werd echter als moeilijk haalbaar ingeschat. Het graanstro was nog goed zichtbaar in het volgende voorjaar waardoor de teler vreesde voor moeilijkheden bij het planten van een volgende teelt.

A6.9 Machinale afvoeren van oogstresten van groenten

A6.9.1 Evaluatie machinale afvoer witte kool (29/08/2012)

A6.9.1.1 Locatie

De proef werd uitgevoerd op een perceel witte kool in Meulebeke. De kolen waren reeds enige tijd geoogst. Op de stam was massale spruitvorming door hergroei aanwezig.

Het perceel was goed berijdbaar door de relatief droge omstandigheden.



Figuur 58: De proef werd uitgevoerd in een perceel witte kool

A6.9.1.2 Machine

De restplanten van het koolgewas werden machinaal afgevoerd met een gedragen klepelmaaier van het merk Peruzzo (type Koala 1600). Deze machine heeft een werkbreedte van 1,6 m en is uitgerust met een opvangbak van 900 liter. De bak kan hydraulisch omhoog gebracht worden om de inhoud in een aanhangwagen te ledigen. Het benodigde vermogen is 30 pk volgens de fabrikant.

Het concept van deze machine is vrij eenvoudig. Een roterende as voorzien van 50 klepels versnipperd het gewas. Het verbrijzelde materiaal wordt in de opvangbak geworpen. De werkdiepte wordt geregeld via 2 loopwielen vooraan de machine. Achteraan draagt de machine op een rol.



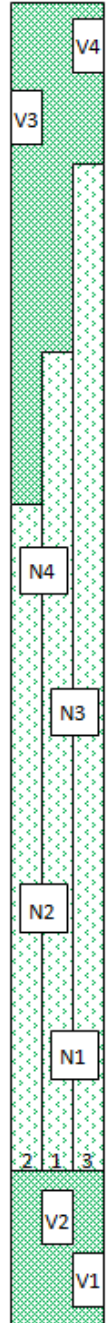
Figuur 59: Gedragen klepelmaaier Peruzzo Koala 1600



Figuur 60: Lossen van het afgevoerde materiaal in een aanhangwagen



Figuur 61: Resultaat van het machinaal afvoeren met de klepelmaaier



A6.9.1.3 Bepaling van het ophaalrendement

Oogstresten vóór afvoer

Voor de machinale afvoer werd een inschatting gemaakt van de hoeveelheid uitgangsmateriaal op het veld. Op 4 plaatsen in het veld (V1-V4) werden 10 kolen (2 rijen x 5 planten) afgehakt. Het vers gewicht werd bepaald en een deelstaal werd genomen voor analyse.

Machinaal afgevoerde materiaal

Met de klepelmaaier werden in 3 werkgangen telkens 2 rijen kolen afgevoerd. De afgelegde afstand (tot de bak vol was) werd opgemeten. Het verzamelde materiaal werd op een aanhangwagen gelost en achteraf werd hiervan het totale gewicht bepaald. Na iedere werkgang werd ook een deelstaal (M1-M3) genomen voor analyse.

Resterende oogstresten na afvoer

Na het passeren van de machine werden op 4 plaatsen (N1-N4) het resterende plantmateriaal samengeharkt en gewogen. Het volledige staal werd meegenomen voor analyse.

A6.9.1.4 Analyse van de oogstresten

De verschillende stalen (voor ophalen, afgevoerde materiaal en na ophalen) werden geanalyseerd op:

- droge stof (%/vers)
- organische stof (%/ADS)
- totale stikstof (%/ADS)
- totale fosfaat (mg/kg ADS)

(ADS = absolute droge stof)

A6.9.1.5 Resultaten

Zowel de bladeren als de stronken werden vlot versnipperd door de machine. De oogstresten werden vrij grof en weinig uniform verkleind. De rijnsnelheid bedroeg ongeveer 2 km/u.

De opvangcapaciteit van de gedragen machine was beperkt, waardoor de bak al na enkele tientallen meters vol was. Indien de opvangbak vol was, viel het verbrijzelde materiaal op de grond. Dit was moeilijk zichtbaar voor de chauffeur, waardoor op het einde van elke werkgang enkele meters met meer resten voorkwamen.

De bodem was niet volledig vlak. Voornamelijk tussen de (opgehoogde) rijen werd een gedeelte van het materiaal niet opgevangen, maar kwam op de grond terecht (zie figuur 4).

In onderstaande tabel worden de hoeveelheid oogstresten vóór afvoeren, de afgevoerde massa en de resterende hoeveelheid weergegeven, samen met de analyses van de deelstalen.

staal	Verse massa	DS	OS	Ntotaal	Ptotaal
	<i>ton/ha</i>	<i>%/vers</i>	<i>%/ADS</i>	<i>%/ADS</i>	<i>mg/kg ADS</i>
voor afvoeren					
V1	43,3	14,1	82,8	2,1	4537,1
V2	58,3	12,1	85,6	2,9	4509,0
V3	55,6	11,6	80,0	2,7	4581,3
V4	53,0	11,3	79,6	2,9	3855,4
<i>gemiddeld</i>	<i>52,6</i>	<i>12,3</i>	<i>82,0</i>	<i>2,7</i>	<i>4370,7</i>
afgevoerde materiaal					
M1	-	17,3	66,7	1,9	3560,1
M2	-	18,7	59,4	1,6	3193,6
M3	-	21,4	62,8	1,5	3271,3
<i>gemiddeld</i>	<i>29,6</i>	<i>19,1</i>	<i>63,0</i>	<i>1,7</i>	<i>3341,7</i>
na afvoeren					
N1	8,2	35,1	51,6	1,0	3626,0
N2	10,0	27,6	43,9	1,1	3192,6
N3	14,2	44,6	34,1	0,8	2683,4
N4	13,2	41,8	48,1	1,2	3042,0
<i>gemiddeld</i>	<i>11,4</i>	<i>37,3</i>	<i>44,4</i>	<i>1,0</i>	<i>3136,0</i>

Rendement op basis van verse massa

Uitgaande van de monsternames vóór machinale afvoer kan de totale hoeveelheid oogstresten ingeschat worden. De machinaal afgevoerde massa bedroeg 29.6 ton/ha of 56.2% van de hoeveelheid oogstresten vóór afvoer. Dit percentage werd wel gedrukt door de grote verliezen op het einde van elke werkgang bij de volle opvangbak.

Na de afvoer bleef nog 11.4 ton/ha oogstresten achter. Als we op basis hiervan het ophaalrendement berekenen komen we aan 78.4% machinale afvoer.

De som van afgevoerd materiaal en de resten na afvoer is kleiner dan de ingeschatte hoeveelheid vóór afvoer. Het verschil bedraagt ongeveer 11 ton/ha. Dit waarschijnlijk doordat de resten na afvoer niet overal uniform waren en vooral op het einde van elke werkgang veel hoger (als de bak vol was). In deze zones met hoge resten werd geen collectie van resten uitgevoerd.

Rendement op basis van organische stof

De totale biomassa bedroeg 52.6 ton/ha met een drogestofgehalte van 12.3% en een organische stofgehalte van 82.0%. De totale organische massa bedroeg dus 5.3 ton/ha op dit perceel. Hiervan werd 3.6 ton OS machinaal verzameld per hectare ofwel een rendement van 67.9% van de organische stof. Per hectare bleef 1.9 ton OS achter op het veld na afvoer.

Afvoer N en P

De totale hoeveelheid stikstof die vóór afvoer in de (bovengrondse delen van de) restplant aanwezig was, bedroeg 174.7 kg N/ha ($52.6 \text{ ton/ha} \times 12.3\% \text{ DS} \times 2.7\% \text{ N}$). Hiervan werd 96.1 kg N/ha ($29.6 \text{ ton/ha} \times 19.1\% \text{ DS} \times 1.7\% \text{ N}$) machinaal afgevoerd.

Het gewas bevatte 28.3 kg P/ha ($52.6 \text{ ton/ha} \times 12.3\% \text{ DS} \times 4.37 \text{ kg P/ton}$). Hiervan werd 18.9 kg P/ha ($29.6 \text{ ton/ha} \times 19.1\% \text{ DS} \times 3.34 \text{ kg P/ton}$) afgevoerd.

A6.9.1.6 Besluit

Het ophaalrendement van de klepelmaaier was vrij hoog en varieert in functie van de basis waarmee gerekend wordt:

- Verse massa / afgevoerde massa: 56.2% rendement
- Verse massa / resterende massa: 78.4%
- Organische stof / afgevoerde massa: 67.9%
- Organische stof / resterende massa: 63.5%

De omstandigheden tijdens deze proef waren ideaal. Het verdient aanbeveling om deze machine ook te testen onder minder gunstige bodemomstandigheden.

De massale spruitvorming door hergroei op dit perceel kan een belangrijke invloed hebben op de opgehaalde biomassa (en de opname van P en N).

Voor toepassing in de praktijk zal een (getrokken) machine met een grotere opvangbak noodzakelijk zijn om de capaciteit te verhogen.

A6.9.2 Evaluatie machinale afvoer witte kool (23/11/2012)

In sluitkool werd reeds een proef machinale afvoer uitgevoerd eind augustus 2012. Bij deze test was het perceel goed berijdbaar door de gunstige bodemomstandigheden. Om de werking van de machine ook onder minder optimale omstandigheden te kunnen beoordelen werd een tweede proef uitgevoerd.

A6.9.2.1 Locatie en machine

De proef werd uitgevoerd op een perceel witte kool in Meulebeke (Figuur 62).



Figuur 62: De proef werd uitgevoerd in een perceel witte kool

De restplanten van het koolgewas werden machinaal afgevoerd met een gedragen klepelmaaier van het merk Peruzzo (type Koala 1600) (Figuur 63, Figuur 64). Dit was dezelfde machine als bij de voorgaande proef. Voor een beschrijving wordt dan ook verwezen naar het verslag van de eerste proef. De ophaling eind november verliep beter dan de machinale ophaling in augustus. Er werd aan hogere snelheden gereden met de klepelmaaier, waardoor de oogstresten meer verkleind en meer opgehaald werden. Het perceel lag er relatief droog bij aangezien de oogstresten bleven verdampen, waardoor de beteelde stukken er droger bijlagen dan de spuitsporen en de perceelsranden.



Figuur 63: Gedragen klepelmaaier Peruzzo Koala 1600



Figuur 64: Resultaat van het machinaal afvoeren met de klepelmaaier

A6.9.2.2 Bepaling van het ophaalrendement

Oogstresten vóór afvoer

Voor de machinale afvoer werd een inschatting gemaakt van de hoeveelheid uitgangsmateriaal op het veld. Op 4 plaatsen in het veld werden 10 kolen (2 rijen x 5 planten) afgehakt. Het vers gewicht werd bepaald en een deelstaal werd genomen voor analyse.

Machinaal afgevoerde materiaal

Met de klepelmaaier werden de oogstresten op een oppervlakte van 0,19 ha afgevoerd. Het verzamelde materiaal werd met een verreiker op een aanhangwagen gelost. In totaal werd ongeveer 7 ton materiaal afgevoerd voor een inkuil- en composteringsproef door ILVO-Plant. Tijdens het afvoeren werden ook 3 deelstalen genomen voor analyse.

Resterende oogstresten na afvoer

Na het passeren van de machine werden op 4 plaatsen het resterende plantmateriaal samengeharkt en gewogen. Het volledige staal werd meegenomen voor analyse.

A6.9.2.3 Analyse van de oogstresten

De verschillende stalen (voor ophalen, afgevoerde materiaal en na ophalen) werden geanalyseerd op: droge stof (%/vers), organische stof (%/ADS), totale stikstof (%/ADS) en totale fosfaat (mg/kg ADS) (ADS = absolute droge stof).

In

Tabel 112 worden de hoeveelheid oogstresten vóór afvoeren, de afgevoerde massa en de resterende hoeveelheid weergegeven, samen met de analyses van de deelstalen.

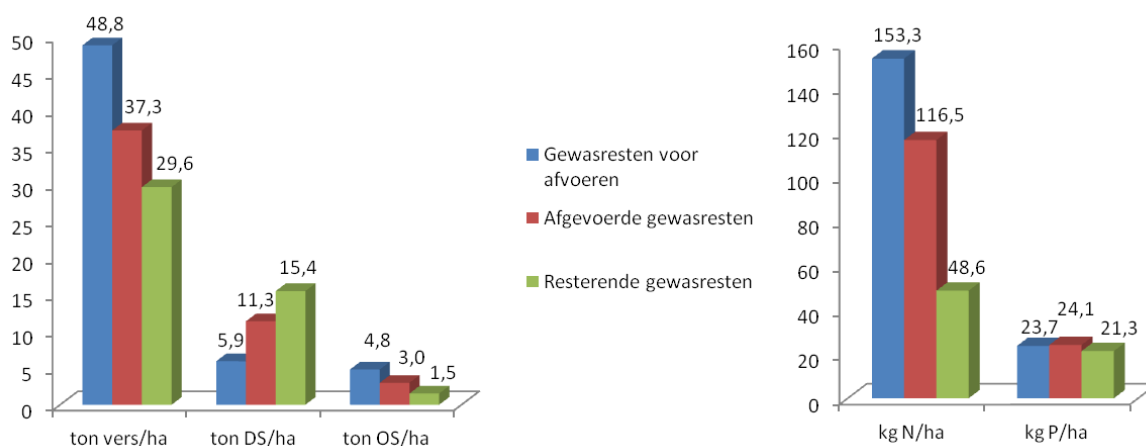
Het ophaalrendement van de klepelmaaier was vrij hoog. Op verse massa basis werd 76% van de oogstresten afgevoerd. Dit is hoger dan bij de eerste proef onder droge omstandigheden (56%). Dit is een gevolg van de grote hoeveelheid grond die onder de natte omstandigheden meegenomen werd. De asrest van de opgehaalde oogstresten bedroeg gemiddeld 74%, wat wijst op een hoog aandeel aarde (op DS-basis). Door het hoge gehalte aan aarde in het opgehaalde materiaal geeft het uitdrukken van het ophaalrendement op DS-basis een vertekend beeld.

De efficiëntie van het machinaal ophalen van oogstresten kan op verschillende basissen (organische stof, droge stof,...) uitgedrukt worden. Hierbij is het vooral belangrijk dat de berekeningen steeds op consequente manier uitgevoerd worden zodat vergelijking tussen de verschillende proefvelden mogelijk is. We suggereren om de ophalingsefficiëntie op OS-basis te berekenen, op deze manier kan de invloed van mee opgehaalde bodem in grote mate uitgefilterd worden. Deze opdeling kan nog verder verfijnd kan worden door rekening te houden met het asgehalte van de gewasresten en het organische stofgehalte van de bodem. Op basis van organische stof was het ophaalrendement 62% (tov 67% bij de eerste proef).

De ingemengde aarde bevat ook N en P. Het totale P-gehalte in de aarde wordt op basis van de gegevens in Tabel 1 geschat op 0.11% P. Gewasresten en aarde hebben een verschillende N/P-verhouding.

Tabel 112: Overzicht van de oogstresten vóór afvoeren, de afgevoerde massa en de resterende hoeveelheid (gemiddelde waarde voor 4 (*) of 3 (**) stalen) bij sluitkool

	Gewasresten voor afvoeren*	Afgevoerde gewasresten**	Resterende gewasresten*
%DS	12,1	30,4	52,2
%OS/DS	81,1	26,2	9,9
%N/DS	2,6	1,0	0,3
%P/DS	0,40	0,21	0,14
ton vers/ha	48,8	37,3	29,6
ton DS/ha	5,9	11,3	15,4
ton OS/ha	4,8	3,0	1,5
kg N/ha	153,3	116,5	48,6
kg P/ha	23,7	24,1	21,3
indicatie hoeveelheid aarde (ton DS/ha)	1,12	8,37	13,92
rendement op verse basis (%)	76		39
rendement op DS basis (%)	192		-161
rendement op OS basis (%)	62		68
rendement op N basis (%)	76		68
rendement op P basis (%)	102		10



Figuur 65: Overzicht van de hoeveelheden gewasresten

A6.9.3 Evaluatie machinale afvoer bladselder (10/10/2012)

A6.9.3.1 Locatie en oogstmachine

De proef werd uitgevoerd op een perceel bladselder in Esen. De landbouwer gaf aan dat het gewas op dit perceel vrij weelderig (veel bladmassa) was in vergelijking met andere percelen (Figuur 66).



Figuur 66: Beeld van het perceel bladselder te Esen.

De selder werd geoogst met een éénrijige klembandrooier van het merk Lauwers (Figuur 67). De rijsnelheid tijdens de oogst bedroeg ongeveer 2.2 km/h.

De selder wordt aan de voet afgesneden door een mes. Het bovenste gedeelte van het gewas wordt door de klemband opgelicht. Twee roterende messen snijden de bladeren van de stengels. Het eerste mes (halfweg de klemband) is uitschakelbaar vanuit de trekkercabine. Tijdens de proef werd dit mes niet gebruikt. Het tweede mes op het einde van de klemband snijdt de selder op de juiste lengte af. Het vermarktbaar gedeelte valt vervolgens op een transportband en gaat richting kist, de afgesneden bladeren vallen achteraan de machine op de grond.

Op de klemband is ook een set peltrommels voorzien om de kleinere bladeren aan de voet van de stengels te verwijderen.



Figuur 67: Enkele foto's van de oogstmachine voor bladseider

De machine beschikt momenteel niet over de mogelijkheid om de oogstresten op te vangen tijdens de oogst. Het bovenste gedeelte (voornamelijk blad) dat afgesneden wordt, zou op eenvoudige manier achteraan de machine kunnen opgevangen worden in een extra kist. Eventueel moet hiervoor ook een tweede transportband geplaatst worden. Het eerste mes dient in dit geval uitgeschakeld te worden.

Mits deze aanpassingen zou enkel de voet en het ondergrondse gedeelte van de plant op het veld achterblijven, samen met wat kleinere bladeren die door de peltrommels worden verwijderd. Het opvangen van de oogstresten brengt echter met zich mee dat zwaardere machines op het veld gebruikt moeten worden. Het opvangen van oogstresten voor ze op het veld vallen is echter niet mogelijk bij alle gewassen. Bij de teelt van kolen wordt de kool manueel geoogst, de restplant (met zeer hoge N-gehalte) blijft gewoon staan.

A6.9.3.2 Bepaling van de hoeveelheid oogstresten

Aangezien de oogstmachine niet uitgerust was om oogstresten op te vangen, kon geen machinale afvoer beoordeeld worden. Er werd daarom enkel een inschatting gemaakt van de potentiële hoeveelheid die maximaal zou kunnen afgevoerd worden.

Op 4 plaatsen in het veld werden daarvoor telkens 20 planten manueel geoogst. Zowel de voet, de stengels (vermarktbaar gedeelte) als de bladeren werden afzonderlijk gewogen en geanalyseerd (Figuur 68).



Figuur 68: Manuele oogst van bleekselder om de hoeveelheid oogstresten in te schatten

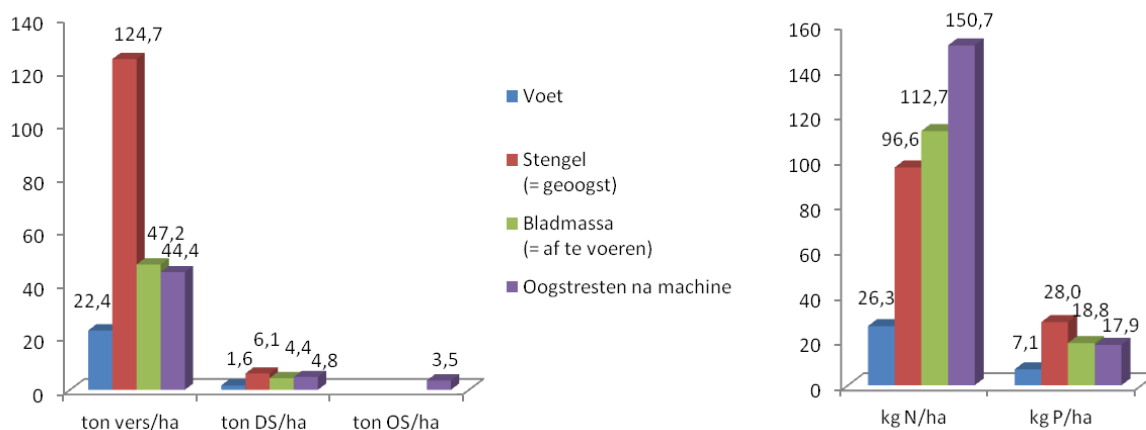
Tevens werden de oogstresten (voornamelijk bladmassa) na de machinale oogst bepaald door bij 4 rijen telkens over een lengte van 5 m het materiaal te verzamelen. Deze oogstresten werden meegenomen voor inkuilproeven bij ILVO-Plant.

A6.9.3.3 Analyse van de oogstresten

In Tabel 113 worden de hoeveelheid en de analyses van het plantenmateriaal na de manuele oogst en de oogstresten na de machinale oogst weergegeven. Organische stofgehalte werd niet bepaald bij de manuele oogst. Bij de opbrengstbepaling werd geen rekening gehouden met spuitgangen of kopakkers.

Tabel 113: Overzicht van de hoeveelheden voor de verschillende delen van de plant (gemiddelde waarden van 4 stalen)

	Voet	Stengel (= geoogst)	Bladmassa (= af te voeren)	Oogstresten na machine
%DS	7,29	4,9	9,3	10,8
%OS/DS	-	-	-	72,6
%N/DS	1,6	1,6	2,6	3,1
%P/DS	0,44	0,46	0,43	0,37
ton vers/ha	22,4	124,7	47,2	44,4
ton DS/ha	1,6	6,1	4,4	4,8
ton OS/ha	-	-	-	3,5
kg N/ha	26,3	96,6	112,7	150,7
kg P/ha	7,1	28,0	18,8	17,9
indicatie hoeveelheid aarde (ton DS/ha)	-	-	-	1,32



Figuur 69: Grafiek van de hoeveelheden per plantdeel voor bladselder

A6.9.4 Evaluatie machinale afvoer oogstresten bloemkool (04/12/2012)

Voor een inkuilproef van ILVO-Plant werden oogstresten van bloemkool verzameld. Tegelijkertijd werd de potentiële hoeveelheid oogstresten (bij een ophaalrendement van 100%) op het perceel ingeschat.

A6.9.4.1. Locatie

De proef werd uitgevoerd op een perceel bloemkool in Handzame (Figuur 70).



Figuur 70: Evaluatie van de hoeveelheid oogstresten bloemkool te Handzame

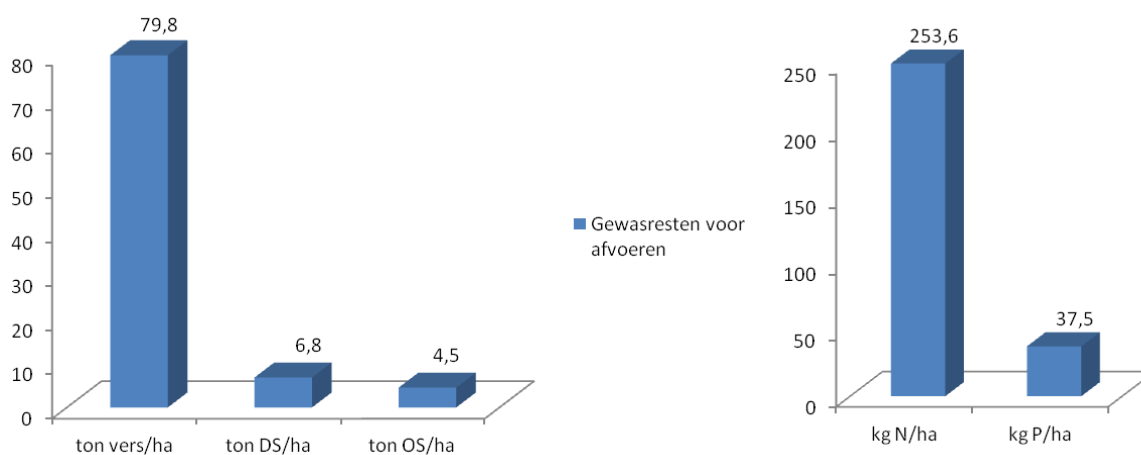
A6.9.4.2 Bepaling van het hoeveelheid oogstresten

Op 4 plaatsen in het veld werden 10 kolen (2 rijen x 5 planten) afgehakt. Het vers gewicht werd bepaald en een deelstaal werd genomen voor analyse.

In Tabel 114 worden de hoeveelheid oogstresten en de resultaten van de analyses weergegeven.

Tabel 114: Overzicht van de hoeveelheid oogstresten en de resultaten van de analyses voor bloemkool (gemiddelde waarde van 4 stalen)

	Gewasresten voor afvoeren
%DS	8,5
%OS/DS	66,2
%N/DS	3,8
%P/DS	0,55
ton vers/ha	79,8
ton DS/ha	6,8
ton OS/ha	4,5
kg N/ha	253,6
kg P/ha	37,5
indicatie hoeveelheid aarde (ton DS)/ha	2,29



Figuur 71: Overzicht van de hoeveelheden gewasresten bij bloemkool

A6.9.4.3 Invloed afsnijhoogte op oogstkwaliteit

Na oogst van een teelt bloemkool voor industrie werden de oogstresten afgevoerd met een klepelmaaier van een bietenrooier. Er werd geklepeld op een hoogte van 2cm, 8cm en 12cm boven het bodemoppervlak en telkens een staal genomen ter analyse van de algemene eigenschappen en een inschatting van de veevoederkwaliteit (Tabel 115). Op deze stalen werd droge stof, ruw eiwit, ruwe as (100- organische stof) en ruwe celstof bepaald, en hieruit werden de waarden voor VEM (voedereenheid melk), VEV (voedereenheid vleesvee intensief), DVE (darmverteerbaar eiwit), OEB

(= onbestendig eiwit balans), VOS (=verteerbaar organische stof), FOS (fermenteerbare organische stof), OEB 2u en FOS 2u (hoeveelheid OEB en FOS na een verblijf van 2uur in de pens), en structuurwaarde en verzadigingswaarde geschat. Bij afklepelen op de grootste afstand tov. de bodem (12 cm) werd het laagste asgehalte (20%/DS) vastgesteld. Naarmate dichter bij de bodem geklepeld wordt, neemt het asgehalte toe, dit wijst op een hoger aandeel aarde in het materiaal. Dit leidt tot een verdunningseffect op de parameters voor de voederwaarde: als de waarden omgerekend worden naar 100% organische stof zijn de waarden voor de 3 fracties gelijkaardig. Voor de interpretatie van de voederwaardering wordt verwezen naar deel A9.6.3 (Mogelijkheid voor valorisatie van groenten in de rundveevoeding).

Tabel 115: Veevoederkwaliteit van oogstresten bloemkool verzameld met een klepelmaaier van een bietenrooien afgesteld op een hoogte van 2cm, 8cm en 12cm (deel 1/2). DS= drogestof, VEM= voedereenheid melk, VEVI= voedereenheid vleesvee intensief, DVE = darmverteerbaar eiwit, OEB= onbestendig eiwit balans, VOS= verteerbaar organische stof, FOS= fermenteerbare organische stof (pens), OEB 2u en FOS 2u = hoeveelheid OEB en FOS na een verblijf van 2uur in de pens.

	DS	VEM	VEVI	DVE	OEB	VOS	FOS	OEB 2u	FOS 2u
Hoogte afsnijden (vanaf bodem-oppervlak)	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg
2cm	89	765	802	56	105	560	394	50	92
8cm	94	743	780	53	105	542	379	50	89
12cm	83	909	964	71	126	668	473	60	113

Tabel 116: Veevoederkwaliteit van oogstresten bloemkool verzameld met een klepelmaaier van een bietenrooier afgesteld op een hoogte van 2cm, 8cm en 12cm (deel 2/2).

	structuurwaarde	verzadigingswaarde	ruw as	ruw eiwit	ruwe celstof
Hoogte afsnijden (vanaf bodem-oppervlak)	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg
2cm	1	0.9	315	237	115
8cm	0.8	0.9	339	234	103
12cm	1.2	0.9	215	269	131

A6.9.5 Evaluatie machinale afvoer Oogstresten prei (06/09/2012)

De potentiële hoeveelheid oogstresten bij prei werden bepaald. De proef werd uitgevoerd op een perceel prei in Handzame met zeer sterk uit de kluiten gewassen prei.

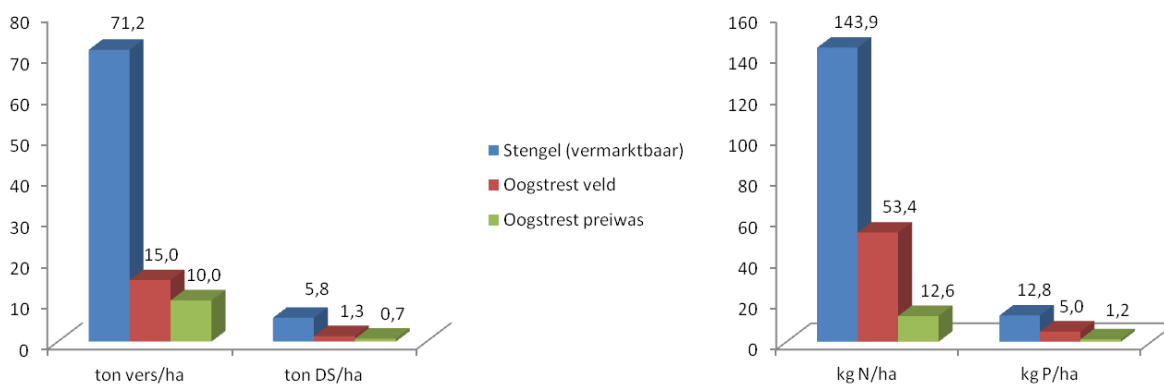
Bepaling van het hoeveelheid oogstresten

Op 4 plaatsen in het veld werden 20 preiplanten genomen. Het vermarktbaar gedeelte (stengel), de afgesneden bladeren die normaal op het veld achterblijven en het afval dat bij het kuisen van de prei ontstaat, werden afzonderlijk gewogen en geanalyseerd.

In Tabel 117 worden de hoeveelheid oogstresten en de resultaten van de analyses weergegeven.

Tabel 117: Overzicht van de hoeveelheid oogstresten en de resultaten van de analyses voor prei

	Stengel (vermarktbaar)	Oogstrest veld	Oogstrest preiwas
%DS	8,2	8,8	6,8
%OS/DS	-	-	-
%N/DS	2,5	4,0	1,8
%P/DS	0,22	0,38	0,18
ton vers/ha	71,2	15,0	10,0
ton DS/ha	5,8	1,3	0,7
ton OS/ha	-	-	-
kg N/ha	143,9	53,4	12,6
kg P/ha	12,8	5,0	1,2



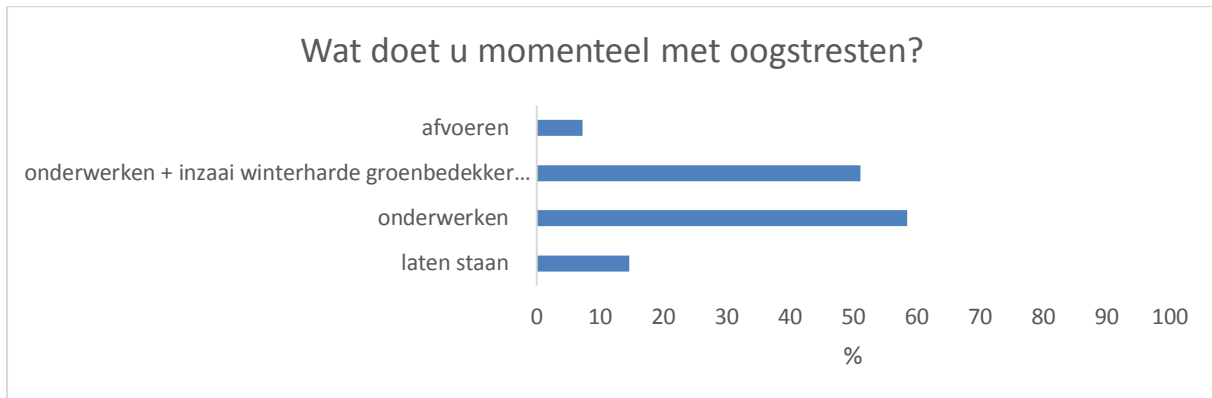
Figuur 72: Overzicht van de hoeveelheden gewasresten bij prei

A6.10 Enquête alternatieve beheeropties

De deelnemers van de enquête zijn groentetelers gesitueerd in Oost-Vlaanderen en Antwerpen.

A6.10.1 Huidige situatie

De voornaamste huidige beheeroptie na oogst van een teelt groente is het inwerken van de oogstresten (59% van de ondervraagden). Een kleine meerderheid van de ondervraagden geeft ook aan na inwerken van de oogstresten nog een groenbedekker in te zaaien na 15/09 (Figuur 73).



Figuur 73: Huidige beheeropties na oogst groententeelt.

A6.10.2 Intact laten oogstresten

56% van de ondervraagden geeft aan bereid te zijn oogstresten intact te laten indien dit het bodemnitraatresidue verlaagt. 15% van de ondervraagde telers doet dit nu reeds (Figuur 73). Als voornaamste bezwaren tegen het intact laten van oogstresten wordt een verhoogde ziektedruk (29%), geurhinder (16%) en structuurschade (13%) aangegeven.

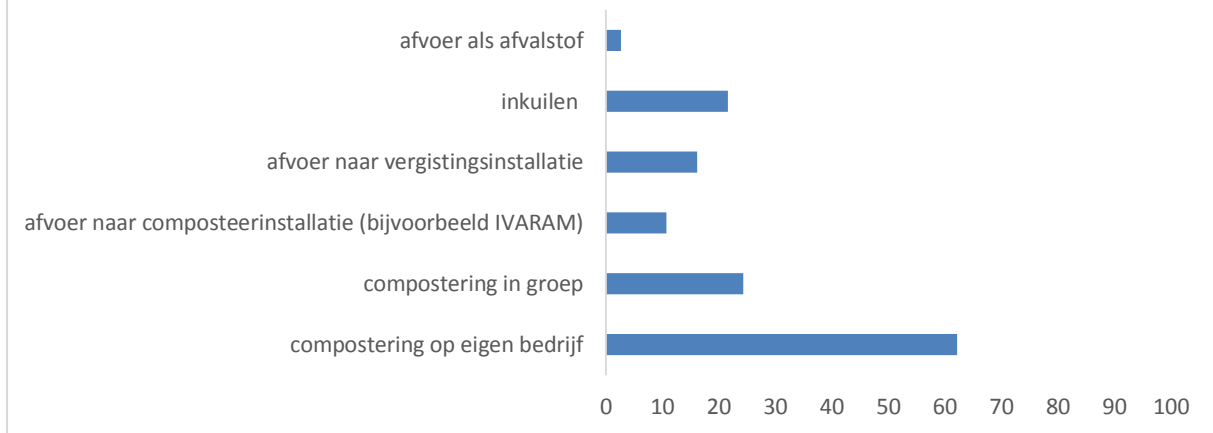
A6.10.3 Afvoeren oogstresten

De bereidheid om oogstresten van groenten af te voeren is laag en 85% van de ondervraagden geeft aan hier tegen te zijn. De telers die positief antwoorden op deze vraag zijn allen preitellers. Een hogere arbeid- en verwerkingskost, een vrees om structuurschade aan te richten en een noodzaak aan aangepaste oogstmachines zijn de voornaamste drijfveren tegen het afvoeren van oogstresten. Iets meer dan de helft van de ondervraagden geeft zelfs aan geen enkel voordeel ten gevolge van het afvoeren van oogstresten te kunnen inschatten. Indien het afvoeren van oogstresten omwille van een strengere bodemnitraatwetgeving toch noodzakelijk zou blijken, is het duidelijk dat informatie- en voorlichtingssessies onder te groentetelers noodzakelijk is.

A6.7.4 Valorisatieopties oogstresten van groenten

Indien alle valorisatiescenario's technisch en economisch haalbaar zouden zijn, schat bijna 63% van de ondervraagden het composteren op eigen bedrijf in als meest haalbare valorisatieoptie. Inkuilen (22%), composteren in groep (24%) en afvoeren naar een vergistingsinstallatie (16%) volgen op een afstand (Figuur 74). De verscheidenheid aan antwoorden reflecteert waarschijnlijk de verscheidenheid tussen verschillende groenteteelten.

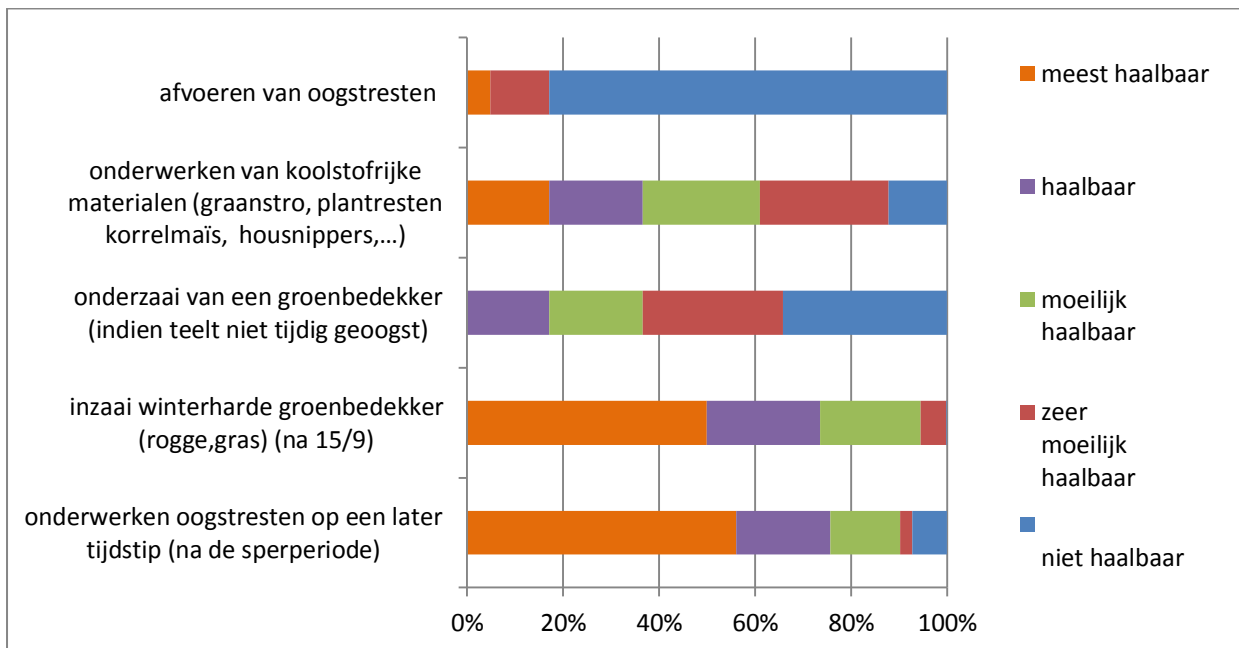
Indien alle scenario's technisch en economisch mogelijk zijn,
welke van volgende maatregels zou praktisch de meest
haalbare zijn voor de verwerking van oogstresten



Figuur 74: Inschatting van haalbaarheid van verschillende valorisatieopties van afgevoerde oogstresten van groenten.

A6.10.5 Haalbaarheid alternatieve beheeropties

Het verlaat inwerken van oogstresten van groenten heeft het grootste draagvlak onder de telers als potentiële beheeroptie om nitraatuitspoeling te verminderen. Inzaai van een winterharde groenbedekker na 15/09 volgt op een tweede plaats. Daarentegen schat meer dan de helft van de ondervraagden onderzaai van een groenbedekker in als zeer moeilijk of niet haalbaar. Onzekerheid over de opkomst van het vanggewas, een bemoeilijkte onkruidbestrijding en eventuele competitie tussen de hoofdteelt en de onderzaai worden aangehaald als voornaamste belemmeringen. Iets meer dan 80% van de ondervraagden meent dat het afvoeren van oogstresten een onhaalbare piste vormt (Figuur 75). De resterende telers betreffen preitellers waar het afvoeren van oogstresten van het veld de standaardpraktijk vormt.



Figuur 75: Praktische haalbaarheid van een reeks voorgestelde alternatieve beheeropties.

A6.11 Enquête valorisatie oogstresten van groenten

3 GFT-composteerders en 14 vergistingsinstallaties namen deel aan de enquête. De meeste verwerkingsinstallaties bezitten reeds een vergunning om oogstresten te verwerken.

Van de ondervraagden had ongeveer de helft reeds in het verleden met oogstresten gewerkt, hiervan verwerkt 35% op dit moment nog steeds oogstresten. Participanten die in het verleden nog niet met oogstresten hadden gewerkt, doen dit momenteel ook niet. Op dit moment is 65% van de deelnemers bereid om oogstresten te verwerken en overweegt 71% om dit in de toekomst te doen (Tabel 118).

Tabel 118: Overzicht antwoorden van de deelnemers aan de enquête

	JA		NEE		BLANC
	GFT	Vergister	GFT	Vergister	O
Bent u vergund vr verwerking oogstresten?	3	16	0	0	1
Verwerkte u in het verleden al oogstresten?	1	8	2	6	0
Verwerkt u nu oogstresten?	1	5	2	9	0
Oogstresten van rechtstreekse veldafvoer	0	4	1	5	0
Bent u op dit moment bereid oogstresten te verwerken?	3	8	0	6	0
Overweegt u om in de toekomst oogstresten te (blijven) verwerken?	3	9	0	5	1

A6.11.1 Ervaring verwerking oogstresten

1 GFT composteerder en 8 vergisters hebben in het verleden al oogstresten verwerkt (Tabel 119). Hierbij gaat het voornamelijk om aardappelloof (>1500 ton jaar⁻¹), bietenloof (>700 ton jaar⁻¹) en uienpellen (>700 ton jaar⁻¹). Totale hoeveelheden variëren van 10 ton jaar⁻¹ tot 4000 ton jaar⁻¹. Een derde van de deelnemers verwerkt op dit moment nog steeds oogstresten (Tabel 120).

Geen van de deelnemers heeft ervaring met de verwerking van of verwerkt momenteel oogstresten van bloemkool, sluitkool, bleekselder of prei.

De verwerkte oogstresten waren bij 3 van de 10 verwerkers (heden of verleden) afkomstig van naverwerking op het landbouwbedrijf. Bij 4 deelnemers, allen vergisters, kwamen de oogstresten rechtstreeks van veldafvoer. Tevens leverden 2 groentenverwerkingsbedrijven resten aan 2 deelnemers. Behalve voor de verzameling van grasresten, werd er geen gebruik gemaakt van aangepaste oogstmachines of was dit niet bekend door de deelnemers.

De aanwezigheid van zand en aarde werd door verschillende deelnemers aangegeven als een belangrijk probleem bij de verwerking van oogstresten. Eventuele voorbehandeling die als noodzakelijk worden beschouwd voor een goede verwerking van de oogstresten zijn verkleinen, zeven of kuisen van de oogstresten.

Het aandeel van oogstresten bij vergistingsinstallaties varieert van 1% tot 30%. Slechts één composteerder verwerkt oogstresten, maar slechts in minieme mate.

Tabel 119: Overzicht van oogstresten verwerkt in het verleden en hoeveelheid (indien gekend)

Deelnemer	Gewas	Hoeveelheid [ton jaar ⁻¹]	Oorsprong oogstresten	Type
1	graanresten uienpellen	1500 500	groente verwerkingsbedrijf	Vergister
2	bietenpulp cichoreipulp	- -	niet gekend	Vergister
3	witlof	45	naverwerking (Proef Herent)	GFT
4	uien aardappelen bieten tomaten	4000	rechtstreekse veldafvoer	Vergister
5	schorseneren	450	naverwerking landbouwbedrijf	op Vergister
6	erwtenloof aardappelloof wortelloof bietenloof	1000 1800 350 700	naverwerking landbouwbedrijf	op Vergister
7	uien	200	rechtstreekse veldafvoer en naverwerking landbouwbedrijf	op Vergister
8	gras	10	rechtstreekse veldafvoer	Vergister
9	knolselder wortelen uien	1000	groente verwerkingsbedrijf	Vergister
10	erwtenloof	100	rechtstreekse veldafvoer	Vergister

Tabel 120: Overzicht van oogstresten verwerkt op dit moment en hoeveelheid (indien gekend).

Deelnemer	Gewas	Hoeveelheid [ton jaar ⁻¹]	Oorsprong oogstresten	Type
1	Noliko groentenresten (schorseren, rode kool, bieten, prei, bleekselder, wortelen, ...) gras, uienpellen, graanresten	1500 500	groente verwerkingsbedrijf	Vergister
2	-	-	-	Vergister
3	witlof	45	naverwerking (Proef Herent)	GFT
4	uienpellen	sporadisch	-	Vergister
5	uienpellen, schorseneren	450	naverwerking op het landbouwbedrijf	Vergister
6	wanneer de mogelijkheid zich voordoet	-	-	Vergister
7	-	-	-	Vergister
8	-	-	-	Vergister
9	Knolselder, wortelen, uien,...	1000	groente verwerkingsbedrijf	Vergister
10	-	-	-	Vergister

A6.11.2 Toekomstige verwerking oogstresten

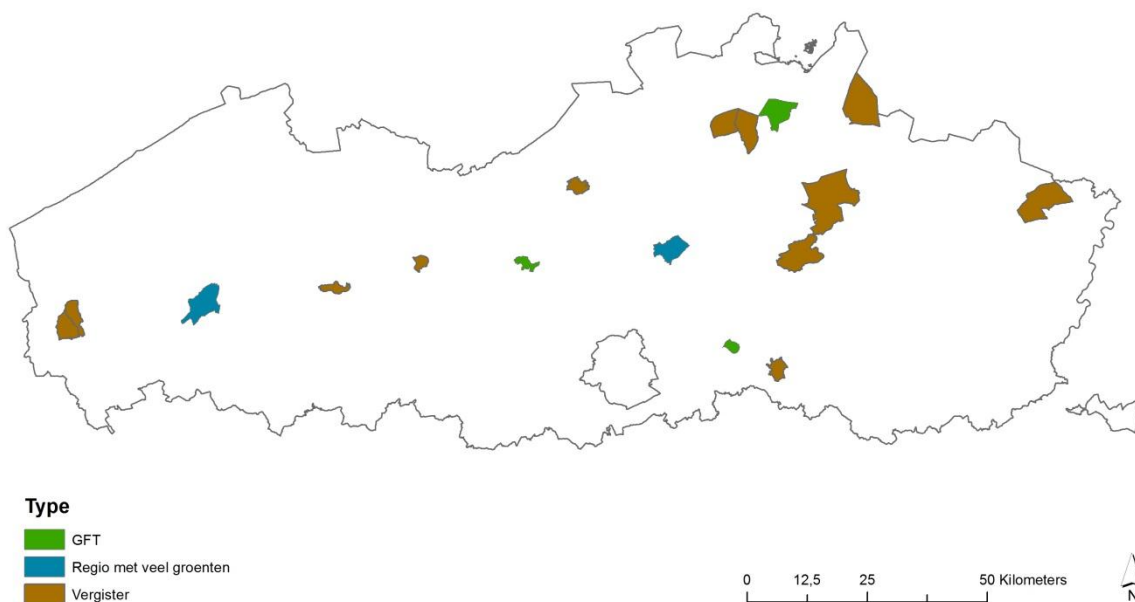
Naargelang de grootte van de verwerkingsinstallatie varieert de hoeveelheid oogstresten die de deelnemers bereid nu of in de toekomst te verwerken tussen 1000 en 30.000 ton jaar⁻¹. Belangrijke voorwaarde voor de eventuele verwerking zijn de hoeveelheid aarde en zand aanwezig in de oogstresten en de economische balans.

Als verdere bepalende factoren worden de gespreide aanlevering, de mogelijke aanwezigheid van toxische bestrijdingsmiddelen op de oogstresten en invloed op gasopbrengst of kwaliteit compost vermeld.

A6.11.3 Valoriseren van de oogstresten

De prijzen die verwerkende bedrijven willen ontvangen of betalen per ton oogstresten is sterk afhankelijk bedrijf tot bedrijf. De meeste verwerkende bedrijven zouden echter voor oogstresten een gate fee hanteren. Op composteerbedrijven ligt deze waarde opvallend hoger dan bij vergisters, nl. >65€ per ton oogstresten. Van de bedrijven met vergisting zouden sommige bedrijven bereid zijn te betalen voor oogstresten, maar het gros van de bedrijven die aantoonde dat ze oogstresten willen verwerken of reeds verwerken, hanteren een gate fee tussen 0-20€. De meeste bedrijven geven aan dat bij veel vervuiling van grond de verwachte prijs zou stijgen door het opleggen van boetes.

Het afvoeren van oogstresten voor verwerking gebeurt best lokaal, omdat naast de kost voor het verwerken de meerwaarde gecreëerd door verwerking afneemt bij grote transportafstanden. Voor de biomassa-sector wordt vaak een maximale afstand van 30 km gehanteerd (De Vriendt, N., oral communication, http://www.iir.nl/fileadmin/user_upload/67790_Biobased_Business_Cases_2013/67790_Biobased_Business_Cases_2013_web.pdf). Op figuur 1 worden de gemeentes waar de verwerkende bedrijven zich bevinden getoond, samen met de regio's waar veel tuinbouw plaatsvindt in Vlaanderen (Roeselare en Sint-Katelijne-Waver). Hierop is te zien dat deze regio's vrij ver liggen van gemeentes waar verwerkende bedrijven actief zijn. Toch zijn voor beide regio's twee of drie vergisters of GFT-composteerders aan te duiden waarnaar de oogstresten kunnen worden afgevoerd.



Figuur 76: gemeentes met veel tuinbouw samen met gemeentes waar GFT-verwerkende bedrijven en vergistingsinstallaties zijn die bereid waren oogstresten te verwerken.

Appendix 7:

Statistische analyse

Medewerkers

Universiteit Gent

Laura Agneessens, Stefaan De Neve

ILVO-EV Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek

Bart Vandecasteele, Koen Willekens

Inagro

Tomas Van De Sande

Proefstation voor de Groenteteelt vzw (PSKW)

Ellen Goovaerts, Joris De Nies

Provinciaal Proefcentrum voor de Groenteteelt Oost-Vlaanderen (PCG)

Sara Crappé, Micheline Verhaeghe

Bodemkundige Dienst van België (BDB)

Annemie Elsen

Appendix 7. Statistische analyse van de veldproefresultaten

A7.1 Werkwijze

De dataset werd voor analyse gesplitst volgens het bemonsteringstijdstip en locatie. Als afhankelijke variabele werd gekozen voor het bodem mineraal N-gehalte in de 0-90 cm bodemlaag gezien het verband tussen deze variabele en nitraatuitspoeling. De uitgevoerde behandeling werd gekozen als onafhankelijke variabele.

De invloed van de variabele 'behandeling' op de variabele 'bodem mineraal N-gehalte' werd nagegaan via variantieanalyse (ANOVA).

Twee voorwaarden voor correcte interpretatie van ANOVA zijn gelijkheid van varianties en een normale verdeling van de dataset. Gelijkheid van varianties van de dataset werd gecontroleerd via de Levene-test. Indien niet voldaan werd aan deze voorwaarde werd de dataset logaritmisches getransformeerd om gelijkheid van varianties te bekomen. Om na te gaan of voldaan wordt aan de voorwaarde van normale verdeling werd gekozen voor de 'Shapiro-Wilk'-test i.p.v. de 'Kolmogorov-Smirnov'-test gezien deze eerste meer geschikt is voor kleine datasets ($n < 50$). Alle datasets waren normaal verdeeld en geen verdere transformaties waren vereist.

Indien one-way ANOVA een significante invloed van 'behandeling' op 'bodem mineraal N-gehalte' weergaf ($p < 0.05$) werd via post-hoc Tukey test statistische groepen aangeduid. Lineaire contrastenanalyse werd gebruikt om verschillen tussen de referentie- en alternatieve behandelingen weer te geven.

Afvoer, intact laten, inwerken

Voor de proeven waar de oogstresten werden afgevoerd, ingewerkt of intact gelaten waren de bijhorende behandelingen:

1. oogstresten inwerken (referentie)
2. oogstresten intact laten
3. oogstresten afvoeren

N-Immobiliserende materialen

Voor de veldproeven waar N-immobiliserende materialen werden toegediend, waren de behandelingen:

1. Inwerken oogstresten zonder immobiliserende materialen (referentie)
2. inwerken oogstresten met graanstro (12 ton ha^{-1})
3. inwerken oogstresten met korrelmaïs (12 ton ha^{-1})
4. inwerken oogstresten met groencompost (50 ton ha^{-1})

Onderzaai

Voor de 'onderzaai'-veldproeven waren de behandelingen:

1. geen onderzaai (referentie)
2. onderzaai van Italiaans raaigras
3. onderzaai van winterrogge
4. onderzaai van phacelia

In situ stabilisatie

Volgende behandelingen werden opgenomen in de 'in situ stabilisatie'-veldproeven:

1. In situ stabilisatie zonder bijmenging van graanstro of korrelmaïs
2. In situ stabilisatie met bijmenging van graanstro in een 1:1: volumeverhouding
3. In situ stabilisatie met bijmenging van restplant van korrelmaïs in een 1:1: volumeverhouding

Alternatieve gewasrotaties

Voor de lange termijnproeven werd de term 'behandeling' opgesplitst volgens de verschillende rotaties, nl:

- GR1: bloemkool – bloemkool – braak
- GR2: bloemkool – Italiaans raaigras (tussenteelt) vroeg
- GR3: bloemkool – bloemkool - Italiaans raaigras (tussenteelt) laat
- GR4: bloemkool – rogge (vanggewas (cc)) vroeg
- GR5: bloemkool – bloemkool - rogge (cc) laat
- GR6: bloemkool – Italiaans raaigras (cc) vroeg
- GR7: bloemkool – bloemkool - Italiaans raaigras (cc) laat
- GR8: bloemkool – braak – braak

Dit resulteerde in volgende contrastentabel voor deze alternatieve rotaties:

Tabel 121: Contrastencoëfficiënten voor vergelijking van alternatieve gewasrotaties met standaardrotaties.

	GR1	GR2	GR3	GR4	GR5	GR6	GR7	GR8
1	-1	1	0	0	0	0	0	0
2	-1	0	1	0	0	0	0	0
3	-1	0	0	1	0	0	0	0
4	-1	0	0	0	1	0	0	0
5	-1	0	0	0	0	1	0	0
6	-1	0	0	0	0	0	1	0
7	-1	0	0	0	0	0	0	1

Bodemkwaliteit

De 'bodemkwaliteit'-veldproef werd uitgevoerd in een split-plot design met de uitgevoerde bodembewerking in de voorgaande proefjaren als hoofdfactor en de toedieningsdosis van compost in de voorgaande proefjaren als subfactor, nl.

- (i) kerende bodembewerking
 - 0 ton compost ha⁻¹
 - 15 ton compost ha⁻¹
 - 45 ton compost ha⁻¹
- (ii) niet-kerende bodembewerking
 - 0 ton compost ha⁻¹
 - 15 ton compost ha⁻¹
 - 45 ton compost ha⁻¹

A7.2 Afvoeren/ intact laten/ inwerken oogstresten

A7.2.1 Bloemkool (versmarkt)

A7.2.1.1 Oppuurs (zand)

A7.2.1.1.1. Bemonsteringsdatum 1 = 25/10/2012

Er was een grote variatie in bodem mineraal N-gehalte tussen de 4 bodemstalen genomen per behandelingen. Omwille van de hieruit volgende grote standaardafwijking was er geen significant verschil in bodem mineraal N-gehalte tussen de verschillende behandelingen één maand na aanleg van de proef, $p = 0.761$.

A7.2.1.1.2 Bemonsteringsdatum 2 = 28/11/2012

Er was een significant verschil in bodem mineraal N-gehalte tussen de verschillende behandelingen, $p = 0.000$. Zowel post hoc Tukey test en contrastenanalyse geven aan dat significant hogere bodem minerale N-gehalten gemeten worden na inwerken van de oogstresten (Tabel 122, Tabel 123). Lagere bodem minerale N-gehalten werden opgemeten na afvoer van oogstresten vergeleken met intact laten van oogstresten, maar het verschil was niet significant.

Tabel 122: Homogene subgroepen Post-hoc Tukey HSD op 28/11/2012 te Oppuurs (totaal mineraal N gehalte [kg N ha⁻¹])

Behandeling	Subset voor $\alpha = 0.05$	
	1	2
Afvoer	201,3	
Intact	242,8	
Inwerken		332,8
p-waarde	0.091	1.000

Tabel 123: Contrastanalyse op 28/11/2012 Te Oppuurs

Contrast	T -waarde	p-waarde
Intact vs inwerken	$t(9) = -5.211$	0.001
Afvoer vs inwerken	$t(9) = -7.615$	0.000

A7.2.1.1.3 Bemonsteringsdatum 3 = 03/01/2013

One-way anova gaf significante verschillen in bodem mineraal N-gehalte tussen de verschillende bodembehandelingen, $p = 0.022$. De resultaten op bemonsteringstijdstip 3 zijn analoog als deze bekomen op bemonsteringstijdstip 2 (Tabel 124, Tabel 125).

Tabel 124: Homogene subsets Post hoc Tukey HSD op 03/01/2013 te Oppuurs (totaal mineraal N gehalte [kg N ha⁻¹])

Subset voor $\alpha = 0.05$		
Behandeling	1	2
Afvoer	66,0	
Intact	86,0	86,0
Inwerken		128,3
p-waarde	0.543	0.107

Tabel 125: Contrastanalyse op 03/01/2013 te Oppuurs

Contrast	t-waarde	p-waarde
Intact vs inwerken	$t(9) = -2.349$	0.047
Afvoer vs inwerken	$t(9) = -2.831$	0.008

A7.2.1.1.4 Bemonsteringsdatum 4 = 04/03/2013

Tijdens een laatste bemonstering na de winterperiode was er geen significant verschil meer in bodem mineraal N-gehalte tussen de verschillende behandelingen.

A7.2.1.2 Puurs (zand)

A7.2.1.2.1 Bemonsteringstijdstip 1 = 06/09/2012

Bij aanvang van de proef blijkt er een significant verschil in bodem mineraal N-gehalte te zijn voor de verschillende behandelingen, $p = 0.761$. De plots waar de oogstresten worden ingewerkt, niet gevolgd door een vanggewas, kennen een hoger mineraal N-gehalte dan de andere plots (Tabel 126, Tabel 127). Het bodem mineraal N-gehalte van de plots waar de oogstresten worden ingewerkt, gevolgd door een vanggewas, is echter niet significant verschillend van de andere behandelingen bij aanvang.

Tabel 126: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 06/09/2012 te Puurs (totaal mineraal N gehalte [kg N ha⁻¹])

Behandeling	Subset voor $\alpha = 0.05$	
Inwerken, cc	98	
intact achterlaten	115	
afvoer	117	
inwerken, geen cc	175	
p –waarde	0.680	1.000

Tabel 127: Contrastenanalyse te 06/09/2012

Contrast	t-waarde	p-waarde
Inwerken, geen cc vs intact	$t(12) = -3.528$	0.004
Inwerken, geen cc vs afvoeren	$t(12) = -3.383$	0.005
Inwerken, geen cc vs inwerken, cc	$t(12) = -4.510$	0.001

A7.2.1.2.2 Bemonsteringstijdstip 2 = 10/10/2012

Eén maand na aanvang van de proef was er geen significant verschil in bodem mineraal N-gehalte, $p = 0.083$. Contrastenanalyse gaf echter een significant lager bodem mineraal N-gehalte waar de oogstresten werden afgevoerd ten opzichte van inwerken van oogstresten, niet gevolgd door een vanggewas (Tabel 129) Inzaai van het vanggewas gebeurde laat op het seizoen (begin september) en opname door het vanggewas was beperkt (Tabel 128).

Tabel 128: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 10/10/2012 te Puurs (totaal mineraal N gehalte [kg N ha⁻¹])

Behandeling	Subset voor $\alpha = 0.05$
Afvoer cc	280
intact achterlaten	332
inwerken, geen cc	389
inwerken, cc	398
p –waarde	0.101

Tabel 129: Contrastenanalyse te 10/10/2012 te puurs

Contrast	t-waarde	p-waarde
Inwerken, geen cc vs intact	$t(12) = -1.233$	0.241
Inwerken, geen cc vs afvoeren	$t(12) = -2.361$	0.036
Inwerken, geen cc vs inwerken, cc	$t(12) = -0.194$	0.849

A7.2.1.2.3 Bemonsteringstijdstip 3, 4 en 5

Er was geen significant verschil in bodem mineraal N-gehalte tussen de verschillende behandelingen gedurende bemonstering te 16/11/2012 en 12/12/2012 en 30/01/2012, $p = 0.316$, $p = 0.622$ en $p = 0.380$ respectievelijk.

A7.2.1.3 Liezele (zand)

A7.2.1.3.1 Bemonsteringstijdstip 1= 23/10/2012

Op het moment van aanleg van de proef was het bodem mineraal N-gehalte op de verschillende plots op hetzelfde niveau, $p = 0.969$.

A7.2.1.3.2 Bemonsteringstijdstip 2= 29/11/2012

Eén maand na aanleg van de proef waren er geen significante verschillen in bodem mineraal N-gehalte tussen de verschillende behandelingen, $p = 0.774$. Er waren geen hogere bodem minerale N-gehalten na inwerken van de oogstresten ten opzichte van afvoeren of intact laten van de oogstresten.

Tabel 130: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 29/11/2012 te liezele(totaal mineraal N gehalte [kg N ha⁻¹]) (cc= vanggewas)

Behandeling	Subset voor $\alpha = 0.05$
Intact	204
Inwerken, cc	230
Afvoer	238
Inwerken, geen cc	252
p-waarde	0.735

Tabel 131: Contrastenanalyse te 29/11/2012 te liezele(cc= vanggewas)

Contrast	t-waarde	p-waarde
Inwerken, geen cc vs intact	$t(12) = -1.031$	0.323
Inwerken, geen cc vs afvoeren	$t(12) = -0.313$	0.760
Inwerken, geen cc vs inwerken, cc	$t(12) = -0.471$	0.646

A7.2.1.3.3 Bemonsteringstijdstip 3= 12/12/2012

Er is een marginaal significant verschil in bodem mineraal N-gehalte tussen de verschillende behandelingen tijdens het 3^{de} bemonsteringstijdstip, $p = 0.056$. Uit de sterkere contrastenanalyse blijkt het bodem mineraal N-gehalte significant lager te zijn waar de oogstresten werden afgevoerd of intact gelaten vergeleken met inwerken van de oogstresten (niet gevolgd door een vanggewas) (Tabel 133). Er werden lagere bodem minerale N-gehalten gemeten waar inwerken van oogstresten werd gevolgd door een vanggewas vergeleken met inwerken van oogstresten en het veld hierna braak laten, maar de verschillen waren niet significant.

Tabel 132: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 29/11/2012 te liezele(totaal mineraal N gehalte [kg N ha⁻¹])

Behandeling	Subset voor $\alpha = 0.05$
Afvoer	209
Intact	224
Inwerken, cc	269
Inwerken, geen cc	341
p-waarde	0.056

Tabel 133: Contrastenanalyse te 29/11/2012 te liezele

Contrast	t-waarde	p-waarde
Inwerken, geen cc vs intact	$t(12) = -2.575$	0.024
Inwerken, geen cc vs afvoeren	$t(12) = -2.904$	0.013
Inwerken, geen cc vs inwerken, cc	$t(12) = -1.595$	0.137

A7.2.1.3.4 Bemonsteringstijdstip 4= 30/01/2013

Tijdens januari was er een sterke daling in bodem mineraal N-gehalte voor alle behandelingen en eind januari werd er geen significant verschil tussen de behandelingen geobserveerd, $p = 0.934$.

A7.2.2 Bloemkool (industrie)

A7.2.2.1 Beitem (zandleem)

A7.2.2.1.1 Bemonsteringstijdstip 1= 29/01/2013

Er was een marginaal significant verschil in bodem mineraal N-gehalte tussen de verschillende behandelingen, $p = 0.063$ (ANOVA). Contrastenanalyse gaf aan dat het bodem mineraal N-gehalte na het intact laten van de oogstresten significant lager was dan waar de oogstresten werden ingewerkt. Voor afvoeren van de oogstresten was dit marginaal significant (Tabel 135). Post hoc Tukey testen geven geen significante verschillen aan in bodem mineraal N-gehalte tussen de verschillende behandelingen (Tabel 134).

Tabel 134: Post hoc Tukey LSD op 29/01/2013 te Beitem (bloemkool) (totaal mineraal N gehalte [kg N ha⁻¹])

Behandeling	Subset voor $\alpha = 0.05$
Intact	80
Afvoer	87
Inwerken	109
p-waarde	0.063

Tabel 135: Contrastenanalyse te 29/01/2012 te Beitem (bloemkool)

Contrast	t-waarde	p-waarde
Inwerken vs intact	$t(9) = -2.649$	0.027
Inwerken vs afvoeren	$t(9) = -2.046$	0.071

A7.2.2.1.2 Bemonsteringstijdstip 2= 07/03/2013

Drie maanden na opzet van de proef waren er geen significante verschillen in bodem mineraal N-gehalte tussen de verschillende behandelingen, $p = 0.118$. Analoog als voor bemonstering te 29/01/2013 wordt een significant verschil gevonden in bodem mineraal N-gehalte tussen intact laten en inwerken van oogstresten via contrastenanalyse (Tabel 137), maar niet via post hoc Tukey test (Tabel 16).

Tabel 136: Post hoc Tukey LSD op 07/03/2013 te Beitem (bloemkool) (totaal mineraal N gehalte [kg N ha⁻¹])

Behandeling	Subset voor $\alpha = 0.05$
Intact	67
Afvoer	81
Inwerken	92
p-waarde	0.102

Tabel 137: Contrastenanalyse te 07/03/2012 te Beitem (bloemkool)

Contrast	t-waarde	p-waarde
Inwerken vs intact	$t(9) = -2.329$	0.045
Inwerken vs afvoeren	$t(9) = -0.968$	0.358

A7.2.2.2 Ardooie 2012 (zandleem)

A7.2.2.2.1 Bemonsteringsdatum 1 = 28/11/2012

Voor de eerste bemonsteringsdatum vertoont de dataset ongelijkheid van varianties (Levene's test, $p = 0.001$). Transformatie van de dataset bracht geen verbetering, waarna overgegaan werd op de niet-parametrische Kruskal-Wallis test. Hieruit bleek geen significant verschil in bodem mineraal N-gehalte tussen de verschillende behandelingen één maand na opzet van de proef, $p = 0.837$.

A7.2.2.2.2 Bemonsteringsdatum 2 = 11/01/2013

Het bodem mineraal N-gehalte van de verschillende behandelingen was significant verschillend van elkaar op 11/01/2013, $p = 0.005$. Bodem minerale N-gehaltenes waren significant lager waar oogstresten werden afgevoerd vergeleken met inwerken van oogstresten (Tabel 138, Tabel 139). Bodem mineraal N-gehalte waar de oogstresten intact werden gelaten was marginaal significant lager dan waar de oogstresten werden ingewerkt (Tabel 139).

Tabel 138: Homogene subgroepen post-hoc Tukey HSD op 11/01/2013 te Ardooie (totaal mineraal N-gehalte kg N ha⁻¹)

Behandeling	Subset voor $\alpha = 0.05$	
	1	2
Afvoeren	43,8	
Intact achterlaten	71,0	71,0
Inwerken		95,8
p-waarde	0.096	0.133

Tabel 139: Contrastanalyse op 11/01/2013 te Ardoorie

Vergelijking	t-waarde	p-waarde
Inwerken vs afvoeren	$t(9) = -4.526$	0.001
Inwerken vs intact	$t(9) = -2.154$	0.060

A7.2.2.2.3 Bemonsteringsdatum 3 = 20/03/2013

Einde maart was er een marginaal significant verschil in bodem mineraal N-gehalte tussen de verschillende behandelingen, $p = 0.060$.

Tabel 140: Homogene subgroepen post-hoc Tukey HSD op 20/03/2013 te Ardoorie (totaal mineraal N-gehalte kg N ha^{-1})

Subset voor $\alpha = 0.05$	
Behandeling	A
Afvoeren	64
Inwerken	86
Intact achterlaten	95
p-waarde	0.056

Tabel 141: Contrastanalyse op 20/03/2013 te Ardoorie

Vergelijking	t-waarde	p-waarde
Inwerken vs afvoeren	$t(9) = -1.940$	0.084
Inwerken vs intact	$t(9) = 0.776$	0.458

A7.2.2.3 Ardoorie 2013 (zandleem)

Voor geen van de bemonsteringstijdstippen was er een significant verschil in bodem mineraal N-gehalte tussen de verschillende behandelingen ($P < 0,05$).

A7.2.3 Witte kool (industrie)

A7.2.3.1 Meulebeke (zandleem)

A7.2.3.1.1 Bemonsteringstijdstip 1 = 03/10/2012

Twee weken na het opstarten van de proef waren er nog geen significante verschillen in bodem mineraal N-gehalte tussen de verschillende behandelingen, $p = 0.705$.

A7.2.3.1.2 Bemonsteringstijdstip 2 = 15/11/2012

One-way anova gaf aan dat er het bodem mineraal N-gehalte tussen de verschillende behandelingen significant verschilt, $p = 0.008$. Contrastenanalyse geeft aan dat hogere bodem minerale N-gehalten werden bekomen waar oogstresten werden ingewerkt vergeleken met afvoeren of intact laten van oogstresten (Tabel 143). Er konden geen significante verschillen tussen het intact laten van oogstresten of afvoeren van oogstresten geobserveerd worden via post hoc Tukey test (Tabel 142).

Tabel 142: Post hoc Tukey LSD op 25/11/2012 te Meulebeke (totaal mineraal N-gehalte kg N ha^{-1})

Behandeling	Subset voor $\alpha = 0.05$	
	subset 1	subset 2
Intact	56,4	
Afvoer CC	61,9	
Afvoer zonder CC	69,7	
Inwerken		144,0
p-waarde	0.935	1.000

Tabel 143: Contrastanalyse op 25/11/2012 te Meulebeke

Contrast	t-waarde	p – waarde
inwerken vs intact	$t(12) = -3.837$	0.002
inwerken vs afvoer, geen cc	$t(12) = -3.255$	0.007
inwerken vs afvoer, cc	$t(12) = -3.593$	0.004

A7.2.3.1.3 Bemonsteringstijdstip 3 = 31/01/2013

Er was net geen significant verschil in bodem mineraal N-gehalte tussen de verschillende behandelingen, $p = 0.056$. Via post hoc Tukey test kan onderling geen significant verschil tussen de verschillende behandelingen onderscheiden worden (Tabel 24). Via de krachtigere contrastenanalyse is het bodem mineraal N-gehalte waar de oogstresten intact werden gelaten significant lager dan waar de oogstresten werden ingewerkt.

Tabel 144: Post hoc Tukey LSD op 31/01/2013 te Meulebeke (totaal mineraal N-gehalte kg N ha⁻¹)

Behandeling	Subset voor $\alpha= 0.05$
Inwerken	28
Afvoer zonder CC	29
Afvoer CC	39
Intact laten	44
p-waarde	0.075

Tabel 145: Contrastanalyse op 31/01/2013 te Meulebeke

Contrast	t-waarde	p – waarde
inwerken vs intact	$t(12) = 2.555$	0.027
inwerken vs afvoer, geen cc	$t(12) = -0.117$	0.909
inwerken vs afvoer, cc	$t(12) = 1.754$	0.107

A7.2.3.2 Beitem (zandleem)

A7.2.3.2.1 Bemonsteringsdatum 1= 09/01/2013

Er was geen significant verschil in bodem mineraal N-gehalte voor de verschillende behandelingen, $p = 0.277$.

A7.2.3.2.2 Bemonsteringsdatum 2 en 3

Zowel na twee als drie maanden na inwerken van de oogstresten was er een significant verschil in bodem mineraal N-gehalte tussen de verschillende behandelingen, $p = 0.003$ en $p = 0.004$ respectievelijk. Uit post hoc Tukey test (Tabel 146) en contrastenanalyse (Tabel 147) bleek het bodem mineraal N-gehalte significant hoger te zijn na inwerken van de oogstresten ten op zichte van het intact achterlaten of afvoeren van oogstresten. Tussen deze twee waren geen statistisch significante verschillen.

TABEL 146: POST-HOC TUKEY HSD OP BEMONSTERINGSTIJDSTIP 19/02/2013 TE BEITEM (ZITTE KOOL) (TOTAAL MINERAAL N GEHALTE [KG N HA-1])

Behandeling	Subgroep voor $\alpha = 0.05$	
Intact	26	
Afvoeren	28	
Inwerken		44
p-waarde	0.898	1.000

TABEL 147: CONTRASTENANALYSE TE 19/02/2013 TE BEITEM (SLUITKOOL)

Contrast	t-waarde	p-waarde
Inwerken vs intact laten	$t(9) = -4.414$	0.002
Inwerken vs afvoeren	$t(9) = -3.969$	0.003

A7.2.3.2 Waarloos (zand)

Analyses werden uitgevoerd op een loggetransformeerde dataset om gelijkheid van varianties te bekomen voor alle bemonsteringstijdstippen. Vergelijking van bodem minerale N-gehalten gebeurde met behulp van de niet-getransformeerde dataset voor duidelijkheid van weergave.

A7.2.3.2.1 Bemonsteringstijdstip 1 = 23/10/2012

Op het moment van aanleg van de proef was het bodem mineraal N-gehalte op de verschillende plots op hetzelfde niveau, $p = 0.315$.

A7.2.3.2.2 Bemonsteringstijdstip 2 = 29/11/2012

Het bodem mineraal N-gehalte van de verschillende behandelingen was significant verschillend van elkaar, $p = 0.000$. Inzaai van winterrogge (19/10/2012) na inwerken van de oogstresten had geen significante invloed op het bodem mineraal N-gehalte (Tabel 28, Tabel 29). Intact achterlaten van de oogstresten gaf een marginaal significant lager bodem mineraal N-gehalte dan volledige afvoer van oogstresten (Tabel 28)

Tabel 148: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 29/11/2012 te Waarloos (totaal mineraal N gehalte [kg N ha⁻¹])

Behandeling	Subset voor $\alpha = 0.05$		
Intact	21		
Afvoeren	29	29	
Inwerken, geen cc		42	42
Inwerken, cc			43
p-waarde	0.086	0.101	0.968

Tabel 149: Contrastenanalyse te 19/12/11/2012 te Waarloos

Contrast	t-waarde	p-waarde
Inwerken, geen cc vs intact	$t(12) = -5.657$	0.000
Inwerken, geen cc vs afvoeren	$t(12) = -3.010$	0.011
Inwerken, geen cc vs inwerken, cc	$t(12) = -0.453$	0.658

A7.2.3.2.3 Bemonsteringstijdstip 3 = 19/12/2012

Er was een significant verschil in bodem mineraal N-gehalte tussen de verschillende behandelingen, $p = 0.005$. Intact achterlaten resulteerde in significant lagere bodem minerale N-gehaltes ten op zichte van afvoeren of inwerken van de oogstresten. Na inwerken van de oogstresten werden echter geen hoger bodem minerale N-gehaltes gemeten vergeleken met afvoer van oogstresten (Tabel 30, Tabel 31).

Tabel 150: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 19/12/2012 te Waarloos (totaal mineraal N gehalte [kg N ha⁻¹])

Behandeling	Subset voor $\alpha = 0.05$	
Intact	28	
Afvoeren		49
Inwerken, geen cc		51
Inwerken, cc		52
p-waarde	1.000	0.996

Tabel 151: Contrastenanalyse te 19/12/2012 te Waarloos

Contrast	t-waarde	p-waarde
Inwerken, geen cc vs intact	$t(12) = -3.393$	0.013
Inwerken, geen cc vs afvoeren	$t(12) = -0.334$	0.752
Inwerken, geen cc vs inwerken, cc	$t(12) = -0.183$	0.862

A7.2.3.2.4 Bemonsteringstijdstip 4 = 18/01/2013

Bodem mineraal N-gehalte verschilde significant tussen de verschillende behandelingen, $p = 0.009$. Hoogste bodem mineraal N-gehaltes werden geobserveerd voor afvoeren en inwerken van oogstresten, niet gevolgd door inzaai van een vanggewas (Tabel 152, Tabel 153).

Tabel 152: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 18/01/2013 te Waarloos (totaal mineraal N gehalte [kg N ha⁻¹])

Behandeling	Subset voor $\alpha = 0.05$	
Intact	29	
Inwerken, cc	33	
Afvoeren	38	38
Inwerken, geen cc		46
p-waarde	0.165	0.270

Tabel 153: Contrastenanalyse te 18/01/2013 te Waarloos

Contrast	t-waarde	p-waarde
Inwerken, geen cc vs intact	$t(12) = -4.179$	0.020
Inwerken, geen cc vs afvoeren	$t(12) = -1.456$	0.173
Inwerken, geen cc vs inwerken, cc	$t(12) = -2.913$	0.014

A7.2.4 Bleekselder

Voor geen van de bemonsteringstijdstippen werd tussen de behandelingen van het proefveld te Staden een significant verschil in bodem mineraal N-gehalte geobserveerd, $P = 0.145$ en $P = 0.275$ respectievelijk 2 en 3 maanden na het inwerken of afvoeren van de oogstresten.

A7.2.5 Prei

Voor geen van de bemonsteringstijdstippen werd tussen de behandelingen van het proefveld te Handzame een significant verschil in bodem mineraal N-gehalte geobserveerd, $P = 0.771$, $P = 0.275$, $P = 0.205$ en $P = 0.177$ voor respectievelijk bemonstering 1, 2, 3 en 4.

A7.3 N-immobiliserende materialen

A7.3.1 Zandleem (Beitem)

A7.3.1.1 Datum bemonstering = 29 januari 2013

Er was een marginaal significant effect van inwerken van oogstresten met immobiliserende materialen op bodem mineraal N-gehalte ($P = 0.074$).

A7.3.1.2 Datum bemonstering = 07 maart 2013

Er was geen significant effect van inwerken van oogstresten met immobiliserende materialen op bodem mineraal N-gehalte ($P = 0.244$).

A7.3.2 Leem (Deinze)

Er was geen significant effect van inwerken van oogstresten met immobiliserende materialen op bodem mineraal N-gehalte voor geen enkele bemonsteringsdatum (19/12/2012; $P = 0.659$, 29/01/2013; $P = 0.925$; 06/06/2013, $P = 0.910$).

A7.4. Onderzaai

A7.4.1 Zandleem (Beitem)

A7.4.1.1 Bodem mineraal N-gehalte in de plantrijen

Er was geen significant verschil in bodem mineraal N-gehalte van de 0-90cm bodemlaag in de bloemkoolplantrijen tussen de verschillende behandeling van de 'onderzaai'-proef te Beitem op de verschillende bemonsteringsdata ($P < 0.05$).

A7.4.1.2 Bodem mineraal N-gehalte tussen de plantrijen

Er was een significant verschil in bodem mineraal N-gehalte van de 0-90cm bodemlaag tussen de bloemkoolplantrijen tussen de verschillende behandeling van de 'onderzaai'-proef te Beitem twee en drie maanden na het inzaaien van de onderzaai. Op de andere bemonsteringsdata was er geen significant verschil in bodem mineraal N-gehalte tussen de behandelingen ($P < 0.05$).

Bemonsteringstijdstip 02/10/2014 (twee maanden na inzaai)

Er was een significant effect van de onderzaai op het bodem mineraal N-gehalte tussen de plantrijen ($P = 0.01$). Post hoc Tukey gaf aan dat lagere bodem mineraal N-gehaltes werd gemeten waar een onderzaai van Phacelia of rogge aanwezig was. Er was geen significant verschil in bodem mineraal N-gehalte tussen de behandelingen waar Italiaans raaigras of geen onderzaai werd ingezaaid (Tabel 154).

Tabel 154: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 02/10/2013 van de onderzaaioproef te Beitem (totaal mineraal N gehalte tussen de plantrijen[kg N ha⁻¹])

Subset voor $\alpha = 0.05$		
Behandeling	A	B
Phacelia	221	
Rogge	267	
Italiaans raaigras	290	290
Geen onderzaai		349
<i>P</i> -waarde	0,357	0,172

Bemonsteringstijdstip 20/11/2014 (drie maanden na inzaai)

Er was een significant effect van de onderzaai op het bodem mineraal N-gehalte tussen de plantrijen ($P = 0.00$). Post hoc Tukey gaf aan dat lagere bodem mineraal N-gehalten werd gemeten waar een onderzaai van Phacelia of rogge aanwezig was. Er was geen significant verschil in bodem mineraal N-gehalte tussen de behandelingen waar Italiaans raaigras of geen onderzaai werd ingezaaid (Tabel 154).

Tabel 155: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 20/11/2013 van de onderzaaioproef te Beitem (totaal mineraal N gehalte tussen de plantrijen[kg N ha⁻¹])

Subset voor $\alpha = 0.05$		
Behandeling	A	B
Phacelia	118	
Rogge	128	
Italiaans raaigras	137	
Geen onderzaai		154
<i>P</i> -waarde	0,519	1,000

A7.4.2 Zand (Sint-Katelijne-Waver)

Er was geen significant verschil in bodem mineraal N-gehalte van de 0-90cm bodemlaag in de bloemkoolplantrijen tussen de verschillende behandeling van de 'onderzaai'-proef te Sint-Katelijne-Waver op de verschillende bemonsteringsdata ($P < 0.05$).

A7.5 In situ stabilisatie

Er was geen significant verschil in bodem mineraal N-gehalte tussen de verschillende behandeling van de 'in situ stabilisatie'-proef te Kruishoutem op de verschillende bemonsteringsdata ($P < 0.05$).

A7.6 Alternatieve gewasrotaties

Het potentieel van alternatieve gewasrotaties werd geëvalueerd op drie proeflocaties:

- Zandleembodem (Handzame, uitvoering door Inagro)
- Leembodem (Zwevegem, uitvoering door PCG)
- Zandbodem (Eikevliet, uitvoering door PSKW)

Voor een complete en gedetailleerde beschrijving van de resultaten van de langetermijnveldproeven wordt verwezen naar Appendix 5, een samenvatting van de resultaten wordt gegeven in Deel 1.

A7.6.1 Zandleem (Handzame, Inagro)

A7.6.1.1 Bemonsteringstijdstip 1 = 1/10/2012

Er was een significant effect van het type gewasrotatie op het bodem mineraal N-gehalte, $p = 0.00$. Post hoc Tukey gaf aan dat lagere bodem mineraal N-gehaltes werd gemeten waar een tweede teelt bloemkool aanwezig was (Tabel 156). Dit werd bevestigd door de contrastanalyse ($p = 0.00$ voor alle contrasten behalve voor de vergelijking tussen blk – blk - braak en blk – blk – winter rogge (Tabel 37) .

Tabel 156: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 01/10/2012 te Handzame (totaal mineraal N gehalte [kg N ha^{-1}]). cc= vanggewas, tss = tussen.

Behandeling	Subset voor $\alpha = 0.05$	
	1	2
blk – blk	130	
blk – blk – rogge	130	
blk – rogge (cc)		302
blk – it r (cc)		352
blk – it r (tss)		359
blk – braak		392
p-waarde	1,000	0,172

Tabel 157: Contrastenanalyse lange termijn proef Inagro te 01/10/2012 te handzame.

Contrast	t-waarde	p-waarde
GR 1 vs. GR2	$t(18) = 6,378$	0,000
GR 1 vs. GR4	$t(18) = 4,788$	0,000
GR 1 vs. GR5	$t(18) = 0,000$	1,000
GR 1 vs. GR6	$t(18) = 6,171$	0,000
GR 1 vs. GR8	$t(18) = 7,301$	0,000

A7.6.1.2 Bemonsteringstijdstip 2 = 12/11/2012

Er was een significant effect van het type gewasrotatie op het bodem mineraal N-gehalte, $p = 0.00$. Via post hoc Tukey konden 3 statistische subgroepen onderscheiden worden (Tabel 158). Contrastenanalyse gaf opnieuw significante verschillen tussen de standaard en alternatieve groentenrotaties.

Tabel 158: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 12/11/2012 te Handzame (totaal mineraal N gehalte [kg N ha^{-1}]). cc= vanggewas, tss = tussen.

Subset voor $\alpha = 0.05$			
Behandeling	1	2	3
blk – blk	59		
blk – blk – rogge (cc)	59		
blk – rogge (cc)		134	
blk – it r (cc)		150	150
blk – it r (tss)		163	163
blk – braak			210
p-waarde	1,000	0,734	0,085

Tabel 159: Contrastenanalyse lange termijn proef te 12/11/2012 te handzame.

Contrast	t-waarde	p-waarde
GR 1 vs. GR2	$t(18) = 4,978$	0,000
GR 1 vs. GR4	$t(18) = 3,592$	0,000
GR 1 vs. GR5	$t(18) = 0,000$	1,000
GR 1 vs. GR6	$t(18) = 4,346$	0,000
GR 1 vs. GR8	$t(18) = 7,249$	0,000

A7.6.1.3 Bemonsteringstijdstip 3 = 11/01/2013

Via one-way ANOVA kon geen significante verschillen tussen de verschillende gewasrotaties onderscheiden worden, $p = 0.139$.

A7.6.1.4 Bemonsteringstijdstip 4 = 28/02/2013

Er was een significant effect van het type gewasrotatie op het bodem mineraal N-gehalte, $p = 0.03$. Via post hoc Tukey konden 3 statistische subgroepen onderscheiden worden (Tabel 160). Uit de contrastenanalyse volgt dat significant lagere bodem mineraal N-gehalten worden geobserveerd voor de gewasrotaties waar Italiaans raaigras vroeg werd ingezaaid (als vanggewas of als tussenteelt, GR2 en GR6) ten opzichte van een dubbele teelt bloemkool (Tabel 41). Deze zijn ingedeeld in eenzelfde subgroep door de post hoc Tukey test, maar met een lage p-waarde ($p = 0.055$).

Tabel 160: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 28/02/2013 te handzame (totaal mineraal N gehalte [kg N ha^{-1}]). cc= vanggewas, tss = tussen.

Subset voor $\alpha = 0.05$			
Behandeling	1	2	3
blk – it r (tss)	28		
blk – it r (cc)	32	32	
blk – braak	48	48	48
blk – blk	58	58	58
blk – rogge (cc)		59	59
blk – blk- rogge (cc)			67
p-waarde	0,055	0,083	0,352

Tabel 161: Contrastenanalyse lange termijn proef te 28/02/2013 te handzame.

Contrast	t-waarde	p-waarde
GR 1 vs. GR2	$t(18) = -3,130$	0,006
GR 1 vs. GR4	$t(18) = 0,141$	0,889
GR 1 vs. GR5	$t(18) = 0,965$	0,347
GR 1 vs. GR6	$t(18) = -2,777$	0,024
GR 1 vs. GR8	$t(18) = -1,089$	0,290

A7.6.1.5 Bemonsteringstijdstip 5 = 27/05/2013

Er was een significant verband tussen van het type gewasrotatie en het bodem mineraal N-gehalte, $F(5,18) = 5.547$, $p = 0.003$. Via post hoc Tukey konden 3 statistische subgroepen onderscheiden worden (Tabel 162). Het bodem mineraal N-gehalte waar vroeg ingezaaid Italiaans raaigras werd ingewerkt (volledig of na het nemen van een snede) is significant lager de standaardrotatie (Tabel 43).

Tabel 162: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 27/05/2013 te handzame (totaal mineraal N gehalte [kg N ha^{-1}]). cc= vanggewas, tss = tussen.

Behandeling	Subset voor $\alpha = 0.05$		
	1	2	3
blk – it r (tss)	28		
blk – it r (cc)	32	32	
blk – braak	48	48	48
blk – blk	58	58	58
blk – rogge (cc)		59	59
blk – blk- rogge (cc)			67
p-waarde	0,055	0,083	0,352

Tabel 163: Contrastenanalyse lange termijnproef te 27/05/2013 te handzame

Contrast	t-waarde	p-waarde
GR 1 vs. GR2	$t(18) = -1,638$	0,119
GR 1 vs. GR4	$t(18) = -1,220$	0,238
GR 1 vs. GR5	$t(18) = 0,105$	0,917
GR 1 vs. GR6	$t(18) = -2,172$	0,043
GR 1 vs. GR8	$t(18) = -0,936$	0,362

A7.6.1.6 Bemonsteringstijdstip 6 = 31/07/2013

Er was een geen significant effect van het type gewasrotatie op het bodem mineraal N-gehalte, $p = 0.205$. Het sterkere contrastenanalyse geeft aan dat het bodem mineraal N-gehalte waar een vroege inzaai van Italiaans raaigras volledig werd ingewerkt (als vanggewas) lager is dan waar een dubbele teelt bloemkool aanwezig was (Tabel 165).

Tabel 164: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 31/07/2013 te handzame (totaal mineraal N gehalte [kg N ha^{-1}]). cc= vanggewas, tss = tussen.

Behandeling	1
blk – it r (cc)	57
blk – it r (tss)	65
blk – rogge (cc)	71
blk - braak	75
blk – blk	89
blk – blk- rogge (cc)	90
p-waarde	0,253

Tabel 165: Contrastenanalyse lange termijnproef te 31/07/2013 te handzame.

Contrast	t-waarde	p-waarde
GR 1 vs. GR2	$t(18) = -1.638$	0.119
GR 1 vs. GR4	$t(18) = -1.220$	0.238
GR 1 vs. GR5	$t(18) = 0.105$	0.917
GR 1 vs. GR6	$t(18) = -2.172$	0.043
GR 1 vs. GR8	$t(18) = -0.936$	0.362

A7.6.1.7 Bemonsteringstijdstip 7 = 28/08/2013

Er was een significant effect van het type gewasrotatie op het bodem mineraal N-gehalte, $F(5,18) = 4.119$, $p = 0.011$. Via post hoc Tukey konden 2 statistische subgroepen onderscheiden worden (Tabel 166). Contrastenanalyse gaf opnieuw significante verschillen tussen de standaard en alternatieve groentenrotaties (Tabel 47). Uit de contrastenanalyse blijkt geen significant verschil tussen waar na de tweede teelt bloemkool al of niet rogge werd ingezaaid.

Tabel 166: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 28/08/2013 te handzame (totaal mineraal N gehalte [kg N ha^{-1}]). cc= vanggewas, tss = tussen.

Subset voor $\alpha = 0.05$		
Behandeling	1	2
blk – it r (cc)	165	
blk – it r (tss)	177	177
blk – rogge (cc)	192	192
blk – braak	209	209
blk – blk- rogge (cc)	265	265
blk – blk		277
p-waarde	0,061	0,062

Tabel 167: Contrastenanalyse lange termijn proef Inagro te 28/08/2013 te handzame

Contrast	t-waarde	p-waarde
GR 1 vs. GR2	$t(18) = -4,874$	0,000
GR 1 vs. GR4	$t(18) = -4,045$	0,001
GR 1 vs. GR5	$t(18) = -0,591$	0,562
GR 1 vs. GR6	$t(18) = -4,955$	0,000
GR 1 vs. GR8	$t(18) = -3,007$	0,008

A7.6.1.8 Bemonsteringstijdstip 8 = 01/10/2013

Er was een significant effect van het type gewasrotatie op het bodem mineraal N-gehalte, $P = 0.011$. Via post-hoc Tukey werden twee significante subgroepen onderscheiden (Tabel 168).

Tabel 168: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 01/10/2013 te handzame (totaal mineraal N gehalte [kg N ha^{-1}]). cc= vanggewas, tss = tussen.

Subset voor $\alpha = 0.05$		
Behandeling	1	2
blk – it r (cc)	165	
blk – it r (tussen)	178	178
blk – rogge (cc)	192	192
blk – braak	209	209
blk – blk- rogge (cc)	265	265
blk – blk		277
p-waarde	0,407	0,070

Tabel 169: Contrastenanalyse lange termijn proef Inagro te 01/10/2013 te handzame

Contrast	t-waarde	p-waarde
GR 1 vs. GR2	$t(18) = -3.070$	0.007
GR 1 vs. GR4	$t(18) = 2.644$	0.017
GR 1 vs. GR5	$t(18) = -0.373$	0.713
GR 1 vs. GR6	$t(18) = -3.451$	0.003
GR 1 vs. GR8	$t(18) = -2.103$	0.050

A7.6.1.9 Bemonsteringstijdstip 9 = 20/11/2013

Er was een significant effect van het type gewasrotatie op het bodem mineraal N-gehalte, $P = 0.000$. Via post-hoc Tukey werden twee significante subgroepen onderscheiden (Tabel 170). Contrastenanalyse gaf aan dat er een significant verschil in bodem mineraal N-gehalte was tussen de 'bloemkool-bloemkool'-gewasrotatie en de 'bloemkool-Italiaans raaigras (vanggewas/tussenteelt) (Tabel 51).

Tabel 170: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 20/11/2013 te handzame (totaal mineraal N gehalte [kg N ha^{-1}]). cc= vanggewas, tss = tussen.

Subset voor $\alpha = 0.05$		
Behandeling	1	2
blk – it r (tss)	723	
blk – it r (cc)	76	
blk – rogge (cc)	114	
blk – braak	161	161
blk – blk- rogge (cc)		272
blk – blk –braak		299
p-waarde	0,407	0,070

Tabel 171: Contrastenanalyse langetermijnproef Inagro te 20/11/2013 te handzame

Contrast	t-waarde	p-waarde
GR 1 vs. GR2	$t(18) = -4,321$	0,000
GR 1 vs. GR4	$t(18) = -2,229$	0,039
GR 1 vs. GR5	$t(18) = -0,178$	0,861
GR 1 vs. GR6	$t(18) = -4,084$	0,001
GR 1 vs. GR8	$t(18) = -1,698$	0,107

A7.6.1.10 Bemonsteringstijdstip 10 = 07/01/2013

Er was een significant effect van het type gewasrotatie op het bodem mineraal N-gehalte, $P = 0.001$. Via post-hoc Tukey werden twee significante subgroepen onderscheiden (Tabel 52 Tabel 172). Contrastenanalyse gaf aan dat er een significant verschil in bodem mineraal N-gehalte was tussen de 'bloemkool-bloemkool'-gewasrotatie en de 'bloemkool-Italiaans raaigras (vanggewas/tussenteelt) (Tabel 53).

Tabel 172: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 07/01/2013 te handzame (totaal mineraal N gehalte [kg N ha^{-1}]). cc= vanggewas, tss = tussen.

Subset voor $\alpha = 0.05$		
Behandeling	1	2
blk – it r (tss)	46	
blk – it r (cc)	49	
blk – rogge (cc)	71	71
blk – braak	77	77
blk – blk- rogge (cc)		95
blk – blk –braak		98
p-waarde	0,142	0,273

Tabel 173: Contrastenanalyse langetermijnproef Inagro te 04/01/2013 te handzame

Contrast	t-waarde	p-waarde
GR 1 vs. GR2	$t(18) = -4,549$	0,000
GR 1 vs. GR4	$t(18) = -1,757$	0,096
GR 1 vs. GR5	$t(18) = -0,495$	0,627
GR 1 vs. GR6	$t(18) = -3,661$	0,002
GR 1 vs. GR8	$t(18) = -0,460$	0,651

A7.6.1.11 Bemonsteringstijdstip 11 = 14/03/2013

Er was een significant effect van het type gewasrotatie op het bodem mineraal N-gehalte, $P = 0.001$. Via post-hoc Tukey werden drie significante subgroepen onderscheiden (Tabel 174). Contrastenanalyse gaf aan dat er een significant verschil in bodem mineraal N-gehalte was tussen de 'bloemkool-bloemkool'-gewasrotatie en de 'bloemkool-Italiaans raaigras (vanggewas/tussenteelt)' (Tabel 55).

Tabel 174: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 14/03/2014 te handzame (totaal mineraal N gehalte [kg N ha^{-1}]). cc= vanggewas, tss = tussen.

Subset voor $\alpha = 0.05$			
Behandeling	1	2	3
blk – it r (tss)	16		
blk – it r (cc)	26	26	
blk – rogge (cc)	47	47	47
blk – blk – rogge (cc)		60	60
blk – braak			61
blk – blk			66
p-waarde	0,105	0,051	0,515

Tabel 175: Contrastenanalyse langetermijnproef Inagro te 14/03/2013 te handzame

Contrast	t-waarde	p-waarde
GR 1 vs. GR2	$t(18) = -3,018$	0,007
GR 1 vs. GR4	$t(18) = -0,703$	0,491
GR 1 vs. GR5	$t(18) = -0,940$	0,359
GR 1 vs. GR6	$t(18) = -2,892$	0,010
GR 1 vs. GR8	$t(18) = -1,482$	0,156

A7.6.2 Leem (Zwevegum, PCG)

A7.6.2.1 Bemonsteringsdatum 1 = 16/10/2012

Er was een significant effect van het type gewasrotatie op het bodem mineraal N-gehalte, $p = 0.000$. Voor de gewasrotaties met een tweede teelt bloemkool werd een mengstaal genomen waardoor deze niet onderling vergeleken konden worden via een post hoc test of contrastenanalyse. Contrastenanalyse voor de overblijvende rotaties geeft aan dat er significante verschillen in bodem mineraal N-gehalte zijn tussen een dubbele teelt bloemkool en vroege inzaai van Italiaans raaigras en rogge respectievelijk (Tabel 176).

Tabel 176: Contrastenanalyse lange termijnproef te 16/10/2012 te zwevegum.

Contrast	t-waarde	p-waarde
GR 1 vs. GR2	$t(12) = 6,547$	0,006
GR 1 vs. GR4	$t(12) = 6,381$	0,000
GR 1 vs. GR6	$t(12) = 5,557$	0,000

A7.6.2.2 Bemonsteringsdatum 2 = 28/11/2012

One-way ANOVA gaf aan dat significante verschillen tussen de verschillende gewasrotaties onderscheiden kunnen worden, $p = 0.001$. Uit contrastenanalyse volgt dat alle alternatieve gewasrotaties significant verschillen van de standaardrotatie (Tabel 178). Via een post hoc Tukey test werden twee significante subgroepen onderscheiden (Tabel 57), echter met een kleine p-waarde voor de 1^{ste} subgroep bestaande uit de standaardrotatie en vroege inzaai van Italiaans raaigras ($p = 0.057$).

Tabel 177: Post hoc tukey op 28/11/2012 te zwevegem (totaal minerale N [kg N ha⁻¹])

Subset voor $\alpha = 0.05$		
Behandeling	1	2
blk – blk – braak	89	
br – blk – it r (tussen) vroeg	297	297
br – blk – it r (cc) vroeg	321	321
br – blk – rogge (cc) vroeg		343
br – blk – it r (tussen) laat		386
br – blk – rogge laat		432
br – blk – rogge vroeg		466
p-waarde	0,057	0,280

Tabel 178: Contrastenanalyse lange termijnproef te 28/11/2012 te zwevegem.

Contrast	t-waarde	p-waarde
GR 1 vs. GR2	$t(21) = 2,854$	0,009
GR 1 vs. GR3	$t(21) = 4,088$	0,001
GR 1 vs. GR4	$t(21) = 3,190$	0,004
GR 1 vs. GR5	$t(21) = 5,175$	0,000
GR 1 vs. GR6	$t(21) = 3,497$	0,002
GR 1 vs. GR7	$t(21) = 4,713$	0,000

A7.6.2.3 Bemonsteringsdatum 3 = 11/01/2013

One-way anova gaf marginaal significante verschillen in bodem mineraal N-gehalte voor de verschillende gewasrotaties aan, $p = 0.068$. Contrastenanalyse gaf nog een significant verschil tussen een dubbele teelt bloemkool en late inzaai van Italiaans raaigras en rogge (Tabel 59).

Tabel 179: Contrastenanalyse lange termijnproef te 11/01/2012 te zwevegem.

Contrast	t-waarde	p-waarde
GR 1 vs. GR2	$t(21) = 1,260$	0,222
GR 1 vs. GR3	$t(21) = 3,389$	0,003
GR 1 vs. GR4	$t(21) = 0,981$	0,338
GR 1 vs. GR5	$t(21) = 2,358$	0,028
GR 1 vs. GR6	$t(21) = 1,585$	0,128
GR 1 vs. GR7	$t(21) = 2,110$	0,047

A7.6.2.4 Bemonsteringsdatum 9 =17/12/2013

Er was een significant effect van het type gewasrotatie op het bodem mineraal N-gehalte, $p = 0.001$. Post-hoc Tukey geeft het bestaan van drie significante subgroepen aan (Tabel 180 Tabel 182). Het bodem mineraal N-gehalte was significant lager voor de 'bloemkool-Italiaans raigras (vanggewas)'- en 'bloemkool- Italiaans raigras (tussenteelt)' dan voor 'bloemkool-bloemkool'-rotatie op 17/12/2013 (Tabel 182).

Tabel 180: Post hoc tukey op 17/12/2013 te zwevegem (totaal minerale N [kg N ha^{-1}])

Gewasrotatie	Subset voor $\alpha=0,05$		
	1	2	3
blk – it r (tss)	94		
blk – it r (cc)	1045	105	
blk - blk	139	139	139
blk – blk –rogge	149	149	149
blk – blk – it r (cc)		161	161
blk – blk – it r (tss)			166
blk – rogge			181
p-waarde	0,076	0,070	0,267

Tabel 181: Contrastenanalyse lange termijnproef te 17/12/2013 te zwevegem.

Contrast	t-waarde	p-waarde
GR 1 vs. GR2	$t(21) = -2,301$	0,032
GR 1 vs. GR3	$t(21) = 1,593$	0,126
GR 1 vs. GR4	$t(21) = -1,815$	0,084
GR 1 vs. GR5	$t(21) = 1,244$	0,227
GR 1 vs. GR6	$t(21) = 2,352$	0,028
GR 1 vs. GR7	$t(21) = 0,576$	0,571

A7.6.2.5 Bemonsteringsdatum 10 =15/01/2014

Er was een significant effect van het type gewasrotatie op het bodem mineraal N-gehalte, $p = 0.013$. Post-hoc Tukey geeft het bestaan van twee significante subgroepen aan (Tabel 182). Het bodem mineraal N-gehalte was significant lager voor de 'bloemkool-rogge'-rotatie ten opzichte van de 'bloemkool-bloemkool'-rotatie (Tabel 183).

Tabel 182: Post hoc tukey op 15/01/2014 te zwevegem (totaal minerale N [kg N ha^{-1}])

Gewasrotatie	Subset voor $\alpha=0,05$	
	1	2
blk – rogge	91	
blk – it r (tss)	105	105
blk – it r (cc)	107	107
blk – blk – it r (cc)	130	130
blk – blk	157	157
blk – blk – rogge	166	166
blk – blk – it r (tss)		199
p-waarde	0,182	0,056

Tabel 183: Contrastenanalyse lange termijnproef te 15/01/2013 te zwevegem.

Contrast	t-waarde	p-waarde
GR 1 vs. GR2	$t(21) = -0,797$	0,435
GR 1 vs. GR3	$t(21) = 2,353$	0,409
GR 1 vs. GR4	$t(21) = -1,328$	0,028
GR 1 vs. GR5	$t(21) = 0,919$	0,225
GR 1 vs. GR6	$t(21) = -0,843$	0,198
GR 1 vs. GR7	$t(21) = 1,251$	0,368

A7.6.2.6 Bemonsteringsdatum 4 , 5, 6, 7, 8 en 11

Er waren geen significante verschillen in bodem mineraal N-gehalten tussen de verschillende gewasrotaties op 06/03/2013, 02/08/2013, 04/09/2013, 18/10/2013, 15/11/2013 en 11/02/2014 ($P=0,151$; $P=0,675$; $P=0,378$; $P=0,439$; $P=0,678$; $P=0,065$ respectievelijk).

A7.6.3 Zand (Eikevliet, PSKW)

A7.6.3.1 Bemonsteringsdata 1, 2, 4, 10 en 12

Er was geen significant effect van gewasrotatie op het bodem mineraal N-gehalte tijdens de eerste (31/08/12), tweede (02/10/12), vierde (12/12/12), tiende (10/07/2013) en twaalfde (24/09/2013) bemonstering ($P=0,11$, $P=0,680$, $P=0,119$, $p=0,736$ en $P=0,176$ respectievelijk).

A7.6.3.2 Bemonsteringsdatum 3=16/11/2012

Er was een significant verschil tussen verschillen gewasrotaties in bodem mineraal N-gehalte, $P=0,045$. Uit de contrastanalyse bleek dit verschil zich te situeren tussen een dubbele groentenrotatie en vroege inzaai van Italiaans raaigras (als vanggewas) (Tabel 65).

Een post hoc Tukey test gaf geen verschillende statische groepen aan (Tabel 184). De gewasrotaties met een dubbele teelt bloemkool vertoonden hogere bodem mineraal N-gehalten dan waar vanggewassen of een gras vroeg werden ingezaaid. Er is echter slechts een beperkt verschil tussen waar vanggewassen of een gras vroeg werden ingezaaid of waar het perceel braak werd gelaten.

Tabel 184: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 16/11/2012 te Eikevliet (totaal mineraal N gehalte [kg N ha⁻¹])

Subset voor $\alpha = 0.05$	
Gewasrotatie	1
blk – rogge (vroeg)	160
blk – it raaigras (cc) vroeg	176
blk – braak	177
blk – blk	185
blk – it raaigras (tussen) vroeg	199
blk – blk -rogge (laat)	233
blk – blk -it raaigras (tussen) laat	251
blk – blk - it raaigras (laat)	254
p – waarde	0,127

Tabel 185: Contrastenanalyse langetermijnproef PSKW te 16/11/2012 te Eikevliet.

Contrast	t-waarde	p-waarde
GR 1 vs. GR2	$t(24) = 0,416$	0,681
GR 1 vs. GR3	$t(24) = 2,101$	0,046
GR 1 vs. GR4	$t(24) = -0,755$	0,458
GR 1 vs. GR5	$t(24) = 1,456$	0,158
GR 1 vs. GR6	$t(24) = -0,284$	0,779
GR 1 vs. GR7	$t(24) = 2,012$	0,056
GR 1 vs GR8	$t(24) = -0,255$	0,801

A7.6.3.3 Bemonsteringsdatum 5=30/01/2013

Het bodem mineraal N-gehalte verschilde tussen de verschillende gewasrotaties, $P = 0.000$. Post hoc Tukey geeft het bestaan van 3 verschillende subgroepen aan (Tabel 186). De laagste waarden werden bekomen voor de gewasrotaties met inclusie van een vroege inzaai vanggewas of gras, als tevens late inzaai rogge. Uit contrastenanalyse blijkt een significant verschil tussen de standaardrotatie en vroege inzaai Italiaans raaigras, rogge en braak (Tabel 187). Een dubbele teelt bloemkool, al of niet gevolgd door een vanggewas of gras, resulteerde hier in de hoogste bodem minerale N-gehaltes.

Tabel 186: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 30/01/2013 te Eikevliet (totaal mineraal N gehalte [kg N ha^{-1}])

Gewasrotatie	Subset voor $\alpha = 0.05$		
	1	2	3
blk – rogge (vroeg)	58		
blk – it raaigras (cc) vroeg	64		
blk – it raaigras (tussen) vroeg	71		
blk – braak	99	99	
blk – blk - rogge (laat)	110	110	
blk – blk		146	146
blk – blk -it raaigras (tussen) laat			177
blk – blk -it raaigras (cc) (laat)			182
p-waarde	0,186	0,279	0,575

Tabel 187: Contrastenanalyse langetermijnproef te 30/01/2013 te Eikevliet

Contrast	t-waarde	p-waarde
GR 1 vs. GR2	$t(24) = -3,884$	0,001
GR 1 vs. GR3	$t(24) = 1,882$	0,072
GR 1 vs. GR4	$t(24) = -4,504$	0,000
GR 1 vs. GR5	$t(24) = -1,851$	0,077
GR 1 vs. GR6	$t(24) = -4,158$	0,000
GR 1 vs. GR7	$t(24) = 1,609$	0,121
GR 1 vs GR8	$t(24) = -2,414$	0,024

A7.6.3.4 Bemonsteringsdatum 6 = 11/03/2013

Het bodem mineraal N-gehalte verschilde tussen de verschillende gewasrotaties, $P = 0.000$. Post hoc Tukey geeft het bestaan van 3 verschillende subgroepen aan (Tabel 188 Tabel 186).

Tabel 188: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 11/03/2013 te Eikevliet (totaal mineraal N gehalte [kg N ha^{-1}])

Gewasrotatie	Subset voor $\alpha = 0.05$		
	1	2	3
blk – rogge (cc)	41		
blk – it r (cc)	51		
blk – itr r (tss)	56		
blk – braak	91	91	
blk – blk – rogge		132	132
blk – blk			165
blk – blk – it r (tss)			174
blk – blk – it r (cc)			176
p –waarde	0,252	0,478	0,410

A7.6.3.5 Bemonsteringsdatum 7 = 15/04/2013

Het bodem mineraal N-gehalte verschilde tussen de verschillende gewasrotaties, $P=0.000$. Post hoc Tukey geeft het bestaan van 3 verschillende subgroepen aan (Tabel 189Tabel 186).

Tabel 189: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 15/04/2013 te Eikevliet (totaal mineraal N gehalte [kg N ha^{-1}])

Gewasrotatie	Subset voor $\alpha = 0.05$		
	1	2	3
blk – rogge (cc)	27		
blk – it r (cc)	36		
blk – itr r (tss)	38		
blk – braak		100	
blk – blk – rogge		133	133
blk – blk – it r (cc)		134	134
blk – blk		148	148
blk – blk – it r (tss)			161
p –waarde	0,997	0,130	0,697

A7.6.3.6 Bemonsteringsdatum 8 = 29/05/2013

Het bodem mineraal N-gehalte verschilde tussen de verschillende gewasrotaties, $P=0.000$. Post hoc Tukey geeft het bestaan van 4 verschillende subgroepen aan (Tabel 190Tabel 186).

Tabel 190: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 29/05/2013 te Eikevliet (totaal mineraal N gehalte [kg N ha^{-1}])

Gewasrotatie	Subset voor $\alpha = 0.05$			
	1	2	3	4
blk – braak	22			
blk – blk – it r (tss)	94	94		
blk – rogge (cc)		135	135	
blk – it r (cc)		145	145	
blk – braak		148	148	
blk – blk – it r (cc)			227	227
blk – blk – rogge				254
blk – blk				317
p –waarde	0,246	0,565	0,061	0,073

A7.6.3.7 Bemonsteringsdatum 9= 11/06/2013

Het bodem mineraal N-gehalte verschilde tussen de verschillende gewasrotaties, $P=0.000$. Post hoc Tukey geeft het bestaan van 2 verschillende subgroepen aan (Tabel 191Tabel 186).

Tabel 191: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 11/06/2013 te Eikevliet (totaal mineraal N gehalte [kg N ha^{-1}])

Gewasrotatie	Subset voor $\alpha = 0.05$	
	1	2
blk – it r (tss)	41	
blk – it r (cc)	58	58
blk – rogge (cc)	59	59
blk - braak		71
p –waarde	0,290	0,575

A7.6.3.8 Bemonsteringsdatum 11= 22/08/2013

Het bodem mineraal N-gehalte verschilde tussen de verschillende gewasrotaties, $P = 0.000$. Post hoc Tukey geeft het bestaan van 3 verschillende subgroepen aan (Tabel 192). Uit contrastenanalyse blijkt enkel geen significant verschil in bodem mineraal N-gehalte tussen de 'bloemkool-bloemkool'-rotatie en de 'bloemkool-bloemkool-Italiaans raaigras'-rotatie (Tabel 193).

Tabel 192: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 22/08/2013 te Eikevliet (totaal mineraal N gehalte [kg N ha^{-1}])

Subset voor $\alpha = 0.05$			
Gewasrotatie	1	2	3
blk – blk – it r (tss)	43		
blk – blk – it r (cc)		302	
blk – blk – rogge (cc)		349	349
blk – blk			414
p-waarde	1,000	0,314	0,109

Tabel 193: Contrastenanalyse langetermijnproef te 22/08/2014 te Eikevliet

Contrast	t-waarde	p-waarde
GR 1 vs. GR2	$t(24) = -5,967$	0,035
GR 1 vs. GR3	$t(24) = -6,903$	0,000
GR 1 vs. GR4	$t(24) = -6,598$	0,000
GR 1 vs. GR5	$t(24) = -6,459$	0,000
GR 1 vs. GR6	$t(24) = -2,382$	0,026
GR 1 vs. GR7	$t(24) = -2,324$	0,029
GR 1 vs GR8	$t(24) = -1,472$	0,154

A7.6.3.9 Bemonsteringsdatum 13= 30/10/2013

Het bodem mineraal N-gehalte verschilde tussen de verschillende gewasrotaties, $P = 0.008$. Post hoc Tukey geeft het bestaan van 2 verschillende subgroepen aan (Tabel 74). Uit contrastenanalyse blijkt enkel geen significant verschil in bodem mineraal N-gehalte tussen de 'bloemkool-bloemkool'-rotatie en de 'bloemkool-bloemkool-Italiaans raaigras'-rotatie (Tabel 195).

Tabel 194: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 30/10/2013 te Eikevliet (totaal mineraal N gehalte [kg N ha⁻¹])

Gewasrotatie	Subset voor $\alpha = 0.05$	
	1	2
blk – blk – it r (tss)	263	
blk – blk – rogge (cc)	330	330
blk – blk – it r (cc)	341	341
blk – blk		417
p-waarde	0,181	0,118

Tabel 195: Contrastenanalyse langetermijnproef te 30/10/2014 te Eikevliet

Contrast	t-waarde	p-waarde
GR 1 vs. GR2	$t(24) = -2,240$	0,035
GR 1 vs. GR3	$t(24) = -5,083$	0,000
GR 1 vs. GR4	$t(24) = -5,625$	0,000
GR 1 vs. GR5	$t(24) = -4,298$	0,000
GR 1 vs. GR6	$t(24) = -2,2198$	0,038
GR 1 vs. GR7	$t(24) = -2,380$	0,026
GR 1 vs GR8	$t(24) = -1,568$	0,130

A7.6.3.10 Bemonsteringsdatum 14 = 27/11/2013

Het bodem mineraal N-gehalte verschilde tussen de verschillende gewasrotaties ($P=0.000$). Post hoc Tukey geeft het bestaan van 2 verschillende subgroepen aan (Tabel 196). Contrastenanalyse geeft aan dat het bodem mineraal N-gehalte significant hoger was in de 'bloemkool-bloemkool'-rotatie ten opzichte van de andere gewasrotaties op 07/01/2014 met uitzondering van de gewasrotaties 'bloemkool-bloemkool-Italiaans raaigras (vanggewas)' en 'bloemkool-bloemkool-Italiaans raaigras (tussenteelt)' (Tabel 197).

Tabel 196: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 27/11/2013 te Eikevliet (totaal mineraal N gehalte [kg N ha⁻¹])

Gewasrotatie	Subset voor $\alpha = 0.05$	
	1	2
blk – itr r (tss)	162	
blk – it r (cc)	172	
blk – rogge (cc)	177	
blk – braak	193	
blk – blk – it r (tss)		312
blk – blk – it r (cc)		314
blk – blk – rogge (cc)		343
blk – blk		391
p-waarde	0,979	0,294

Tabel 197: Contrastenanalyse langetermijnproef te 27/11/2014 te Eikevliet

Contrast	t-waarde	p-waarde
GR 1 vs. GR2	$t(24) = -4,690$	0,000
GR 1 vs. GR3	$t(24) = -7,046$	0,000
GR 1 vs. GR4	$t(24) = -8,173$	0,000
GR 1 vs. GR5	$t(24) = -7,518$	0,000
GR 1 vs. GR6	$t(24) = -0,005$	0,996
GR 1 vs. GR7	$t(24) = -2,252$	0,037
GR 1 vs GR8	$t(24) = -0,384$	0,704

A7.6.3.11 Bemonsteringsdatum 15 = 07/01/2014

Het bodem mineraal N-gehalte verschilde tussen de verschillende gewasrotaties ($P=0.000$). Post hoc Tukey geeft het bestaan van 4 verschillende subgroepen aan (Tabel 198). Contrastenanalyse geeft aan dat het bodem mineraal N-gehalte significant hoger was in de 'bloemkool-bloemkool'-rotatie ten opzichte van de andere gewasrotaties op 07/01/2014 met uitzondering van de gewasrotaties 'bloemkool-bloemkool-Italiaans raaigras (vanggewas)' en 'bloemkool-bloemkool-Italiaans raaigras (tussenteelt)' (Tabel 79).

Tabel 198: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 07/01/2014 te Eikevliet (totaal mineraal N gehalte [kg N ha^{-1}])

Gewasrotatie	Subset voor $\alpha = 0.05$			
	1	2	3	4
blk – it r (cc)	96			
blk – it r (tss)	112	112		
blk – rogge (cc)	134	134	134	
blk – blk – it r (cc)	187	187	187	187
blk – braak		191	191	191
blk – blk – it r (tss)		192	192	192
blk – blk – rogge (cc)			209	209
blk – blk				253
p –waarde	0,058	0,120	0,161	0,295

Tabel 199: Contrastenanalyse langetermijnproef te 01/07/2014 te Eikevliet

Contrast	t-waarde	p-waarde
GR 1 vs. GR2	$t(24) = -4,737$	0,000
GR 1 vs. GR3	$t(24) = -6,924$	0,000
GR 1 vs. GR4	$t(24) = -7,981$	0,000
GR 1 vs. GR5	$t(24) = -7,392$	0,000
GR 1 vs. GR6	$t(24) = -0,258$	0,782
GR 1 vs. GR7	$t(24) = -2,279$	0,032
GR 1 vs GR8	$t(24) = -0,232$	0,819

A7.6.3.12 Bemonsteringsdatum 16= 10/02/2014

Er was een significant verschil in bodem mineraal N-gehalte op 10/02/2014 ($P = 0,00$). Post hoc Tukey geeft het bestaan van 4 verschillende subgroepen aan (Tabel 200). Contrastenanalyse geeft aan dat het bodem mineraal N-gehalte significant hoger was in de 'bloemkool-bloemkool'-rotatie ten opzichte van de andere gewasrotaties op 10/02/2014 met uitzondering van de gewasrotaties 'bloemkool-bloemkool-Italiaans raaigras (vanggewas)' en 'bloemkool-bloemkool-Italiaans raaigras (tussenteelt)' (Tabel 81).

Tabel 200: Post-hoc Tukey HSD op bemonsteringstijdstip 10/02/2014 te Eikevliet (totaal mineraal N gehalte [kg N ha^{-1}])

Gewasrotatie	Subset voor $\alpha = 0.05$			
	1	2	3	4
2	36			
3	36			
4	41			
1	66	66		
7		94	94	
8			118	118
6			122	122
blk – blk				143
p – waarde	0,464	0,510	0,513	0,657

Tabel 201: Contrastenanalyse langetermijnproef te 10/02/2014 te Eikevliet

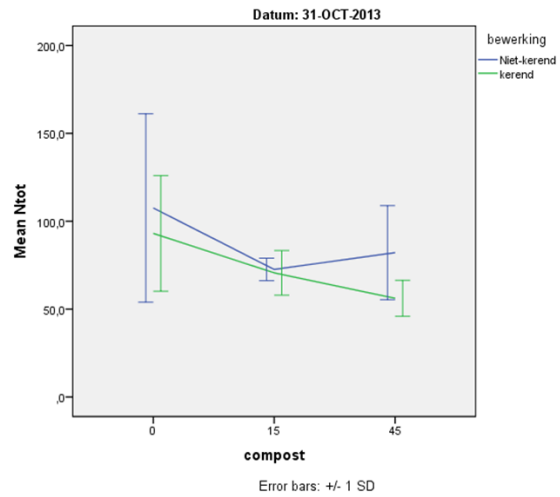
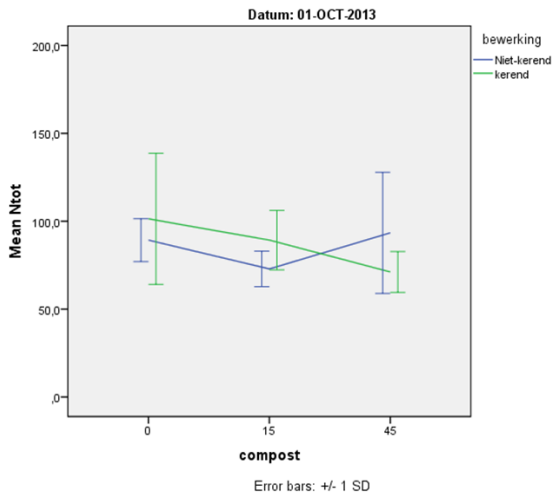
Contrast	t-waarde	p-waarde
GR 1 vs. GR2	$t(24) = -5,389$	0,000
GR 1 vs. GR3	$t(24) = -7,453$	0,000
GR 1 vs. GR4	$t(24) = -7,431$	0,000
GR 1 vs. GR5	$t(24) = -7,134$	0,000
GR 1 vs. GR6	$t(24) = -1,420$	0,168
GR 1 vs. GR7	$t(24) = -3,402$	0,002
GR 1 vs GR8	$t(24) = -1,750$	0,093

A7.7 Bodemkwaliteit

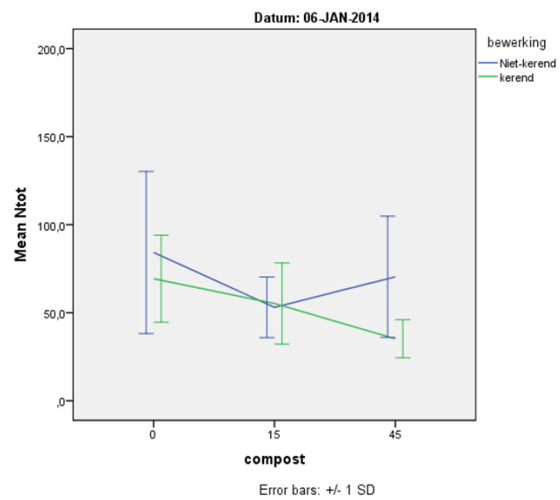
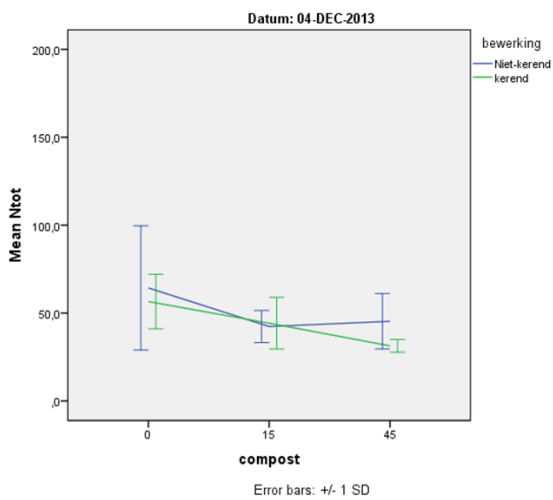
Het gemiddeld bodem mineraal N-gehalte werd uitgezet volgens composttoediening in het verleden met onderscheid voor het type bodembewerking in het verleden (Figuur 77, Figuur 78, Figuur 79). Rekening houdend met de standaardafwijking was de trend in bodem mineraal N-gehalte volgens het type composttoediening gelijklopend voor de plots met een verschillend verleden in bodembewerking. Dit wijst erop dat geen interactie tussen het type bodembewerking en hoeveel toegediende compost optrad. Na inwerken van de preiresten (02/10/2013) was er een lichte trend van daling van het bodem mineraal N-gehalte bij een toename van de toegediende hoeveelheid compost. Er werd een variantieanalyse (ANOVA) uitgevoerd volgens een split-plot design.

Voor er werd overgaan tot ANOVA werden de vereiste voorwaarden nagegaan. Voor alle tijdstippen werd voldaan aan de voorwaarden gesteld voor het uitvoeren van een analyse van varianties (homoscedasticiteit en een normale verdeling van de dataset) behalve voor tijdstip 31/10/2013. Na logtransformatie van de dataset voldeed ook dit bemonsteringstijdstip aan de vereiste voorwaarden.

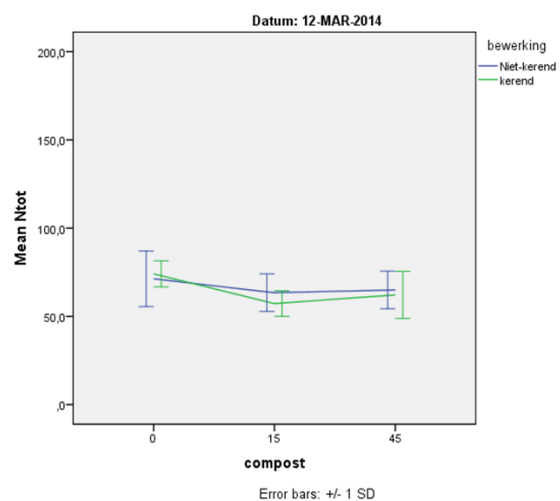
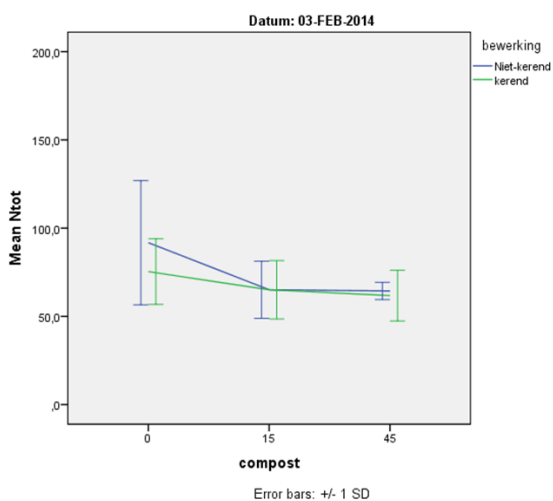
Voor geen van de bemonsteringstijdstippen was het effect van bodembewerking of het effect van een bepaalde toegediende dosis compost binnen een type bodembewerking op het bodem mineraal N gehalte significant ($P > 0,05$).



Figuur 77: Gemiddeld bodem mineraal N-gehalte met standaardafwijking (n=4) volgens toegediende hoeveelheid compost en bodembewerking in de voorbije 4 jaar op 01/10/2013 (links) en 31/10/2013 (rechts).



Figuur 78: Gemiddeld bodem mineraal N-gehalte met standaardafwijking (n=4) volgens toegediende hoeveelheid compost en bodembewerking in de voorbije 4 jaar op 04/12/2013 (links) en 06/01/2014 (rechts).



Figuur 79: Gemiddeld bodem mineraal N-gehalte met standaardafwijking (n=4) volgens toegediende hoeveelheid compost en bodembewerking in de voorbije 4 jaar op 03/02/2014 (links) en 12/03/2014 (rechts).

Appendix 8:

Composteren van oogstresten van groenten

Medewerkers

ILVO-EV Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek

Jarinda Viaene, Koen Willekens, Bart Vandecasteele

Appendix 8: Composteren van oogstresten van groenten

De evaluatie van het composteren van oogstresten van groenten werd uitgevoerd met oogstresten van prei en witte kool, en dit in 3 verschillende composteerproeven. De resultaten worden gerapporteerd per proef. De gebruikte analysemethoden worden opgelijst in Tabel 202. De proeven werden uitgevoerd op de composteersite van ILVO in Merelbeke.

Tabel 202: Analysemethoden gebruikt bij de composteerproeven

Parameter	Analysemethode
pH-H2O	EN 13037, 1:5 extractie
EC	EN 13038, 1:5 extractie, EC: elektrische geleidbaarheid
NO3-N	EN 13652, 1:5 extractie in water, meting met ionenchromatografie
NH4-N	EN 13652, 1:5 extractie in water, meting met stoomdestillatie
P_amac	1:5 extractie in ammoniumacetaat, CMA 2/IV/14 tot 17 - ICP-OES
K_amac	1:5 extractie in ammoniumacetaat, CMA 2/IV/14 tot 17 - ICP-OES
Ca_amac	1:5 extractie in ammoniumacetaat, CMA 2/IV/14 tot 17 - ICP-OES
Mg_amac	1:5 extractie in ammoniumacetaat, CMA 2/IV/14 tot 17 - ICP-OES
Fe_amac	1:5 extractie in ammoniumacetaat, CMA 2/IV/14 tot 17 - ICP-OES
Mn_amac	1:5 extractie in ammoniumacetaat, CMA 2/IV/14 tot 17 - ICP-OES
SO4	EN 13652, 1:5 extractie in water, meting met ionenchromatografie
Na	EN 13652, 1:5 extractie in water, meting met ICP-OES
Cl	EN 13652, 1:5 extractie in water
Cl	EN 13652, 1:5 extractie in water
OS	EN 13039, OS: organische stof, uitgedrukt op droge stof, via verassing
Ntotaal	Volgens Dumas via EN 13654-2
C/N	CMA 2/IV/3+4+5 (C = OS/1.8)
DS	EN 13040, DS: droge stof
volumegewicht	CMA 2/IV/24
OUR	OUR: Oxygen uptake rate, CMA 2/IV/25
P_totaal	CMA 2/IV/19 - ICP-OES
Cd_totaal	CMA 2/IV/19 - ICP-OES
Cr_totaal	CMA 2/IV/19 - ICP-OES
Cu_totaal	CMA 2/IV/19 - ICP-OES
Pb_totaal	CMA 2/IV/19 - ICP-OES
Ni_totaal	CMA 2/IV/19 - ICP-OES
Zn_totaal	CMA 2/IV/19 - ICP-OES
Mn_totaal	CMA 2/IV/19 - ICP-OES
P_totaal	CMA 2/IV/19 - ICP-OES
K_totaal	CMA 2/IV/19 - ICP-OES
Mg_totaal	CMA 2/IV/19 - ICP-OES
Ca_totaal	CMA 2/IV/19 - ICP-OES
Na_totaal	CMA 2/IV/19 - ICP-OES

A8.1 Proefopzet eerste proefjaar

A8.1.1 Proefopzet

De gewasresten van sluitkool en prei werden samen met structuurrijke uitgangsmaterialen gecomposteerd op twee verschillende rillen (ril 1 is met sluitkool, ril 2 is met prei). De gewasresten werden gemengd met stro, houtsnippers, houtschors en maïsstro in een bepaalde verhouding om een gunstige C/N-ratio (streefwaarde van 30) te bekomen bij aanvang van de compostering. Oorspronkelijk hadden we het gebruik van roggestro voorzien, maar het roggestro was te variabel (nat/droog), daarom werd droog en in balen geperst tarwestro genomen.

De houtsnippers zijn afkomstig van de korte-omloophout-aanplanting bij ILVO en werden op 6/11/2012 geoogst in een blok met terugkruisingen van populier (*Populus trichocarpa x deltoides x deltoides*, Figuur 80). De restplant van korrelmaïs (Figuur 81) werd op 7/11/2012 opgehaald op een perceel bij ILVO. Eerst werd het materiaal samengeharkt (hark van Ziegler) en vervolgens opgeraapt met een hooiwagen (Pöttinger, type Euroboss 330H Supermatic). Er werd geprobeerd om de restplant eerst te klepelen alvorens op te rapen, maar dit bleek minder efficiënt te werken. De houtschors (populier) werd aangekocht. De preiresten (Figuur 82) zijn afkomstig van het kuisen van prei op een bedrijf in Handzame en werden op 6/06/2012 op het landbouwbedrijf opgehaald. De sluitkool (Figuur 83) is afkomstig van Meulebeke en werd machinaal van het perceel opgehaald en afgevoerd op 23/11/2012.

Op 16/11/2012 werden de verschillende uitgangsmaterialen eerst afzonderlijk gemengd om heterogeniteit (bv. vocht, aandeel aarde, ...) te vermijden. Van elk van de uitgangsmaterialen werden vier mengstalen genomen voor chemische karakterisering en een grotere staal voor bepaling van de bulkdensiteit. Elk materiaal werd vervolgens afzonderlijk afgewogen met een weegbrug en afwisselend werd het materiaal op de eerste en tweede ril gebracht met behulp van een verreiker (Manitou) zodat de twee rillen simultaan werden opgebouwd. De rillen waren ongeveer 12 m lang en 3 m breed. Stro werd onderaan de ril gelegd, daarboven de restplant korrelmaïs, houtschors en houtsnippers (zie Figuur 84). De materialen werden op het einde gekeerd. Als laatste werden de gewasresten toegevoegd. Voor sluitkool was dit op 26/11/2012 en voor prei op 5/12/2012. Na het toevoegen van de gewasresten werden de rillen onmiddellijk gekeerd en werden eveneens vier mengstalen genomen van het uitgangsmengsel zelf (Figuur 85).



Figuur 80: Houtsnippers van KOH-plantage ILVO



Figuur 81: Restplant van korrelmaïs



Figuur 82: Preiresten



Figuur 83: Resten van sluitkool



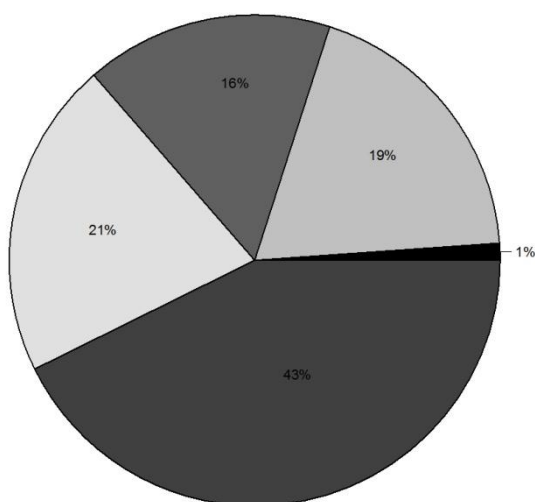
Figuur 84: Volgorde van de uitgangsmaterialen in de rillen



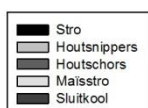
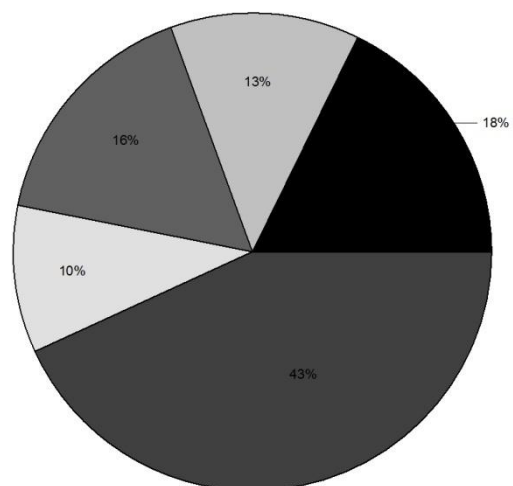
Figuur 85: Mengstaal van ril met sluitkool (links) en prei (rechts)

In Figuur 86 wordt de procentuele samenstelling op basis van versgewicht en volumegewicht van de ril met kool weergegeven. De samenstelling van de opgezette ril met prei is te zien in Figuur 87. Stro is beperkt aanwezig qua gewicht omdat het droog stro was, maar neemt toch een groot volume in. De waarden zijn samengevat in Tabel 203. Beide rillen hebben op basis van het verse gewicht een gelijke samenstelling. Hierdoor kunnen beide composten goed vergeleken worden.

Procentuele samenstelling op basis van versgewicht voor de ril met kool

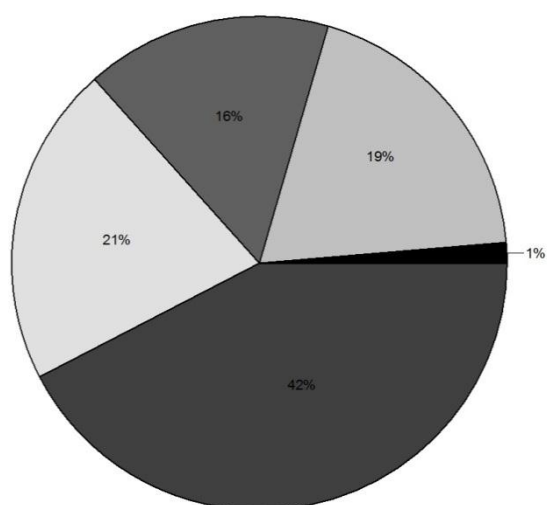


Procentuele samenstelling op basis van volume voor de ril met kool

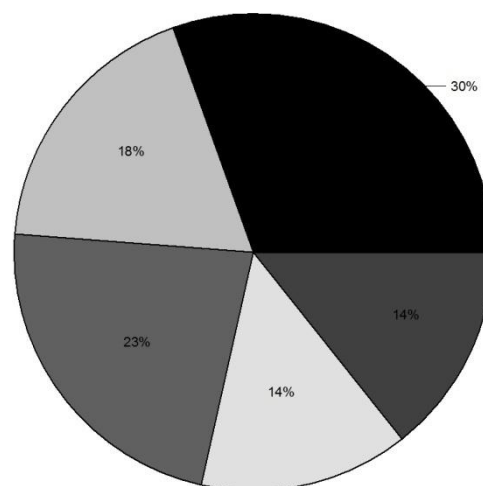


Figuur 86: Procentuele samenstelling van de opgezette ril met kool. Op basis van versgewicht (links) en volume (rechts).

Procentuele samenstelling op basis van versgewicht voor de ril met prei



Procentuele samenstelling op basis van volume voor de ril met prei



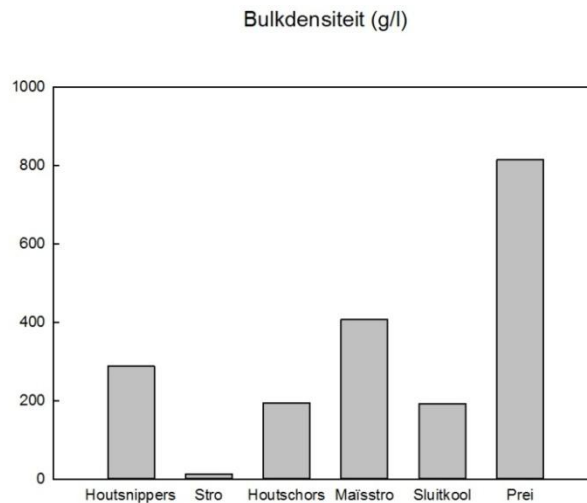
Figuur 87: Procentuele samenstelling van de opgezette ril met prei. Op basis van versgewicht (links) en volume (rechts).

Tabel 203: Procentuele samenstelling van de rillen

	Ril met kool		Ril met prei	
	% VG	% volume	% VG	% volume
Stro	1	18	1	30
Houtsnippers	19	13	19	18
Houtschors	16	16	16	23
Maisstro	21	10	21	14
Sluitkool/prei	43	43	42	14

A8.1.2 Analyse uitgangsmaterialen

A8.1.2.1 Bulkdensiteit

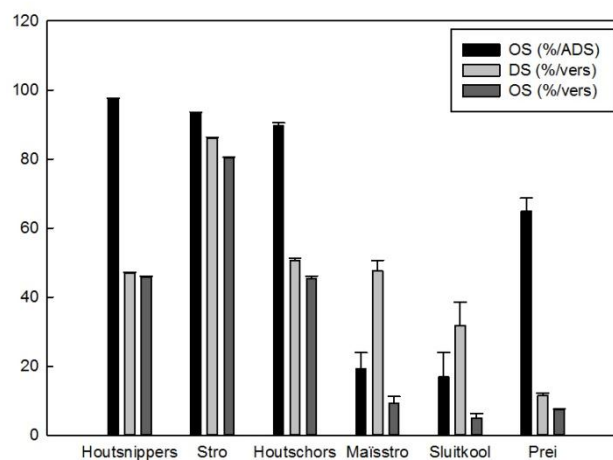


Figuur 88: Bulkdensiteit van de verschillende uitgangsmaterialen

A8.1.2.2 Organische stofgehalte en droge stofgehalte

In Figuur 89 wordt per uitgangsmateriaal het gemiddeld procentueel OS-gehalte op drooggewicht, het procentueel DS-gehalte op versgewicht en het procentueel OS-gehalte op versgewicht weergegeven. De houtsnippers, houtschors en stro hebben een hoog OS-gehalte op drooggewicht (rond 100%). Indien wordt omgerekend naar versgewicht heeft stro het hoogste OS-gehalte omdat we droog stro gebruikten en omdat de houtsnippers en houtschors iets natter waren. Prei (64,9% OS/DS) heeft een groter OS-gehalte op drooggewicht dan sluitkool (19,9%). Aangezien de sluitkool veel natter was dan de prei verschilt het OS-gehalte op versgewicht minder (respectievelijk 5,1 en 7,5). De sluitkool werd op 23/11/2012 machinaal verzameld op een veld in Meulebeke en bevatte relatief veel aarde (= lager OS-gehalte). Er is een negatief verband tussen OS- en DS-gehalte: hoe hoger het OS-gehalte van een materiaal, hoe meer water (= lager DS-gehalte) het materiaal kan bevatten.

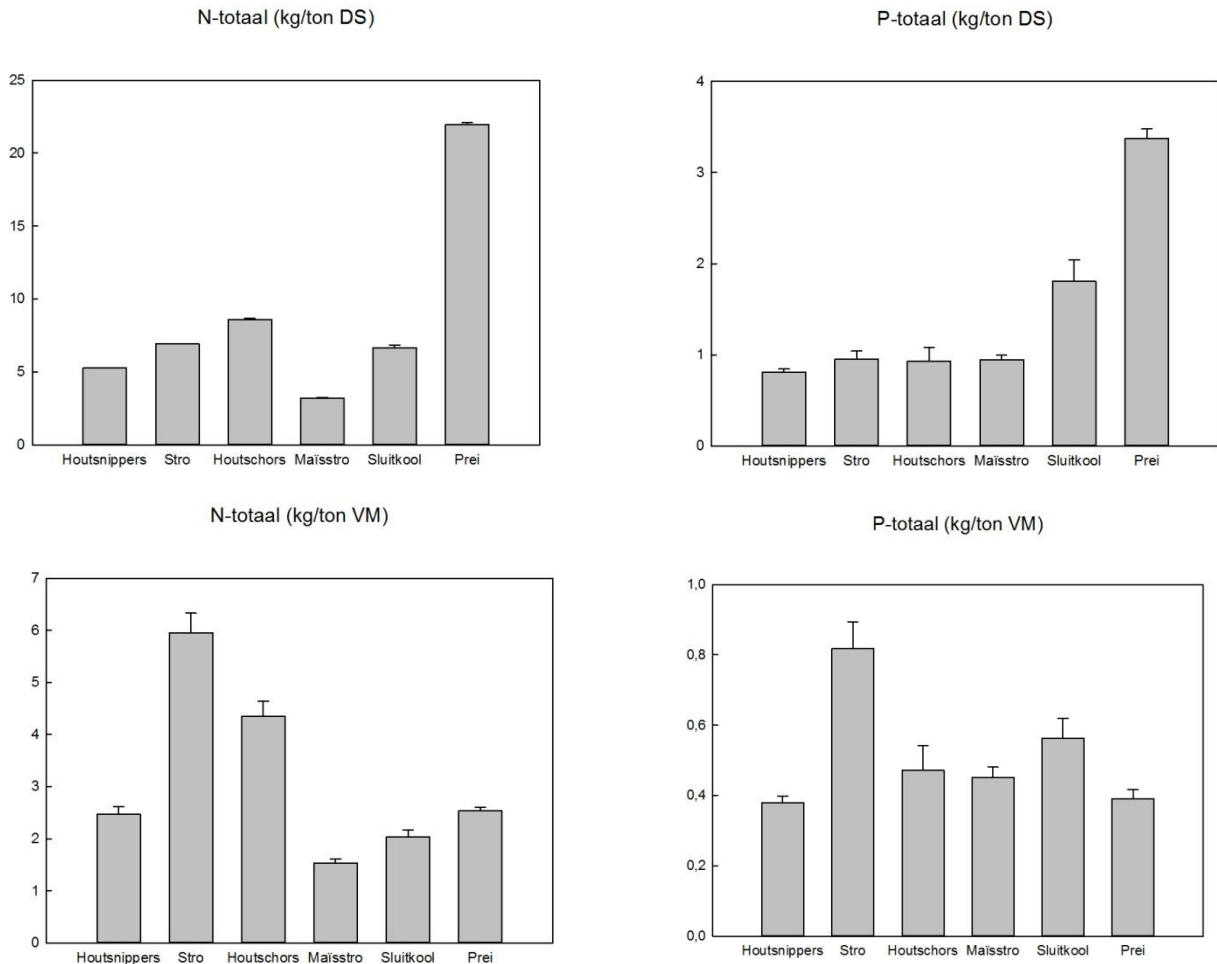
Organische stof (%/ADS en %/vers) en droge stof (%/vers)



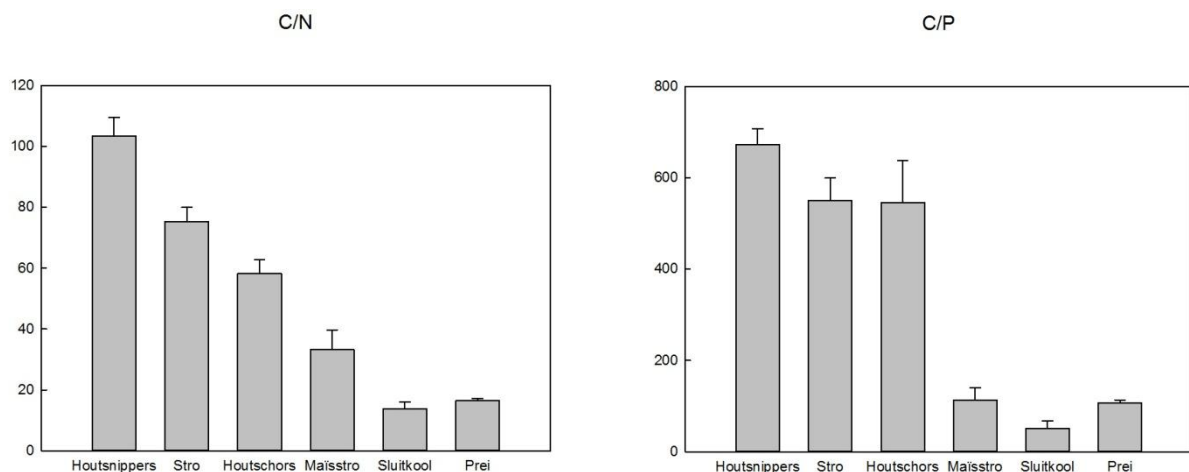
Figuur 89: Gemiddelde en standaardafwijking van %OS/ADS, %OS/vers en %DS/vers voor de verschillende uitgangsmaterialen (gemiddelde van 4 stalen per materiaal, ADS: absoluut droge stof)

A8.1.2.3 N, P, C/N en C/P

Prei heeft een veel hoger N en P-gehalte op DS, maar door het lagere DS-gehalte van prei is dit verschil minder op versgewicht (zie Figuur 90). Bij de berekening van C/P en C/N werd uitgegaan van een OS/C-verhouding van 1.8. De C/N verhouding (zie Figuur 91) is zeer hoog voor de structuurmaterialen (houtsnipper, stro en houtschors). Prei (16,4) heeft een iets hoger C/N dan sluitkool (13,8). Ook de C/P verhouding van prei (107,0) is hoger dan voor sluitkool (51,2).



Figuur 90: Gemiddelde en standaardafwijking van N en P-gehalte op droge stof (DS) (boven) en op verse massa (VM) (onder) van de verschillende uitgangsmaterialen (gemiddelde van 4 stalen per materiaal)



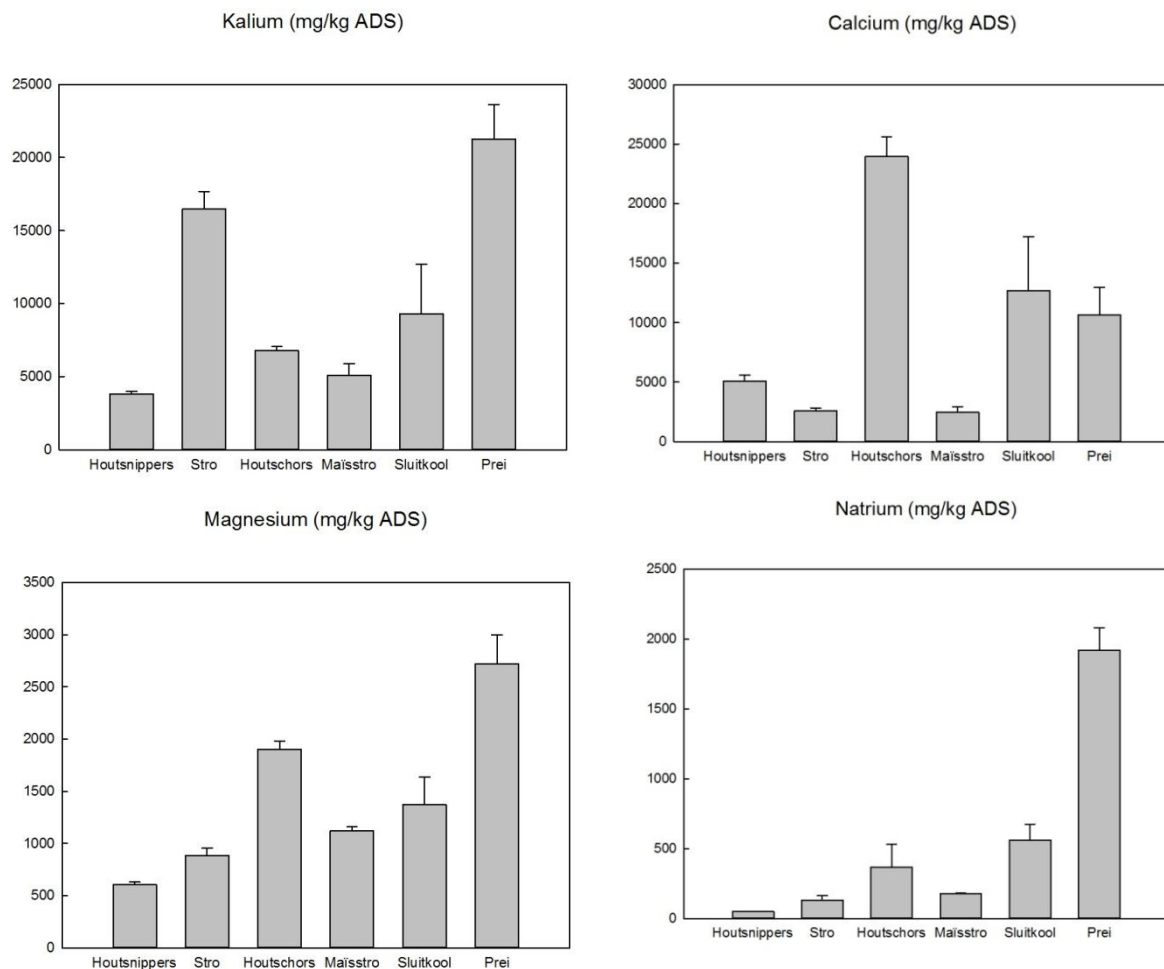
Figuur 91: Gemiddelde en standaardafwijking van C/N (links) en C/P verhouding (rechts) van de verschillende uitgangsmaterialen (gemiddelde van 4 stalen per materiaal)

A8.1.2.4 Macronutriënten (K, Ca, Mg en Na)

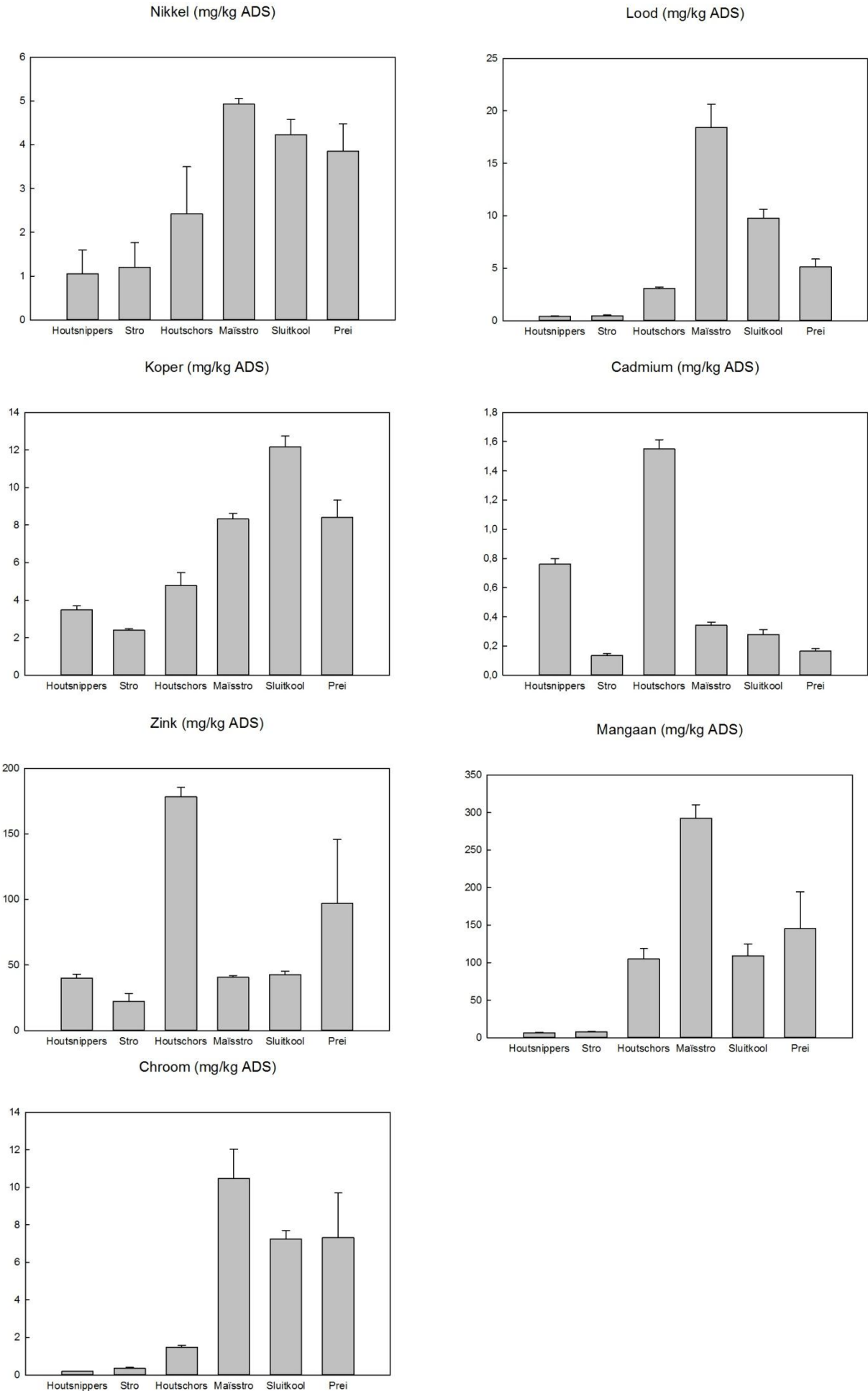
In Figuur 92 worden de gemiddelde gehalten aan K, Ca, Mg en Na per uitgangsmateriaal weergegeven.

A8.1.2.5 Zware metalen

Op de uitgangsmaterialen werden ook de concentraties aan zware metalen gemeten (zie Figuur 93). De gehalten aan Cd, Cr, Cu, Ni, Mn, Pb en Zn liggen nergens boven de grens voor zware metalen in compost. Enkel de houtschors van populier vertoont verhoogde gehalten aan Cd en Zn.



Figuur 92: Gemiddelde en standaardafwijking van de gehalten aan macronutriënten (mg/kg ADS) in de verschillende uitgangsmaterialen (gemiddelde van 4 stalen per materiaal, ADS: absoluut droge stof)



Figuur 93: Gemiddelde en standaardafwijking van de gehalten aan zware metalen (mg/kg ADS) van de uitgangsmaterialen (gemiddelde van 4 stalen per materiaal, ADS: absoluut droge stof)

A8.1.3 Verloop compostering

Op 26/11/2012 en 5/12/2012 werden de hoop met kool en prei opgezet (zie sectie 1 voor de details). Het keren gebeurde met een compostkeerder type TG 301 (Gujer Innotec AG) (zie Figuur 94). Tezelfdertijd vond de staalname van de uitgangsmaterialen plaats. Vanaf 29/11/2012 werd de hoop met kool afgedekt met een compostdoek om te voorkomen dat ze te nat werd bij intense regenval of sneeuw. De hoop met prei werd direct afgedekt bij opzet (Figuur 95). Het gebruik van compostdoeken is belangrijk, aangezien de gewasresten in de natste en koudste periode van het jaar gecomposteerd dienen te worden. Bij het einde van de compostering zal beoordeeld moeten worden of de compost (ondanks de compostdoeken) niet te nat is.

Noodzaak om te keren werd bepaald op basis van het temperatuursverloop (zie Figuur 96) en CO₂-metingen (zie Figuur 97). De vereiste om te keren was het grootst kort na opzet, waarbij de temperatuur boven de 65°C opliep. Het CO₂-gehalte kende enkel een piek in het begin van de proef en zakte nadien naar 0. De composthopen met kool en prei werden beiden acht maal gekeerd.

De weersomstandigheden van november 2012 tot februari 2013 werden gekenmerkt door veel vorst en sneeuwval. In november bedroeg de gemiddelde maandtemperatuur van de buitenlucht 7,1 °C. In december en januari zakte deze tot 5,1 en 2,1 °C. In december en januari was de totale neerslaghoeveelheid 226,3 mm en waren er 18 sneeuwdagen (bron: KMI). De gemiddelde temperatuur in maart was 3°C, er viel 64,2 mm neerslag (17 neerslagdagen) waarvan 11 sneeuwdagen. Half april stegen de temperaturen (gemiddeld 7,12°C) en viel er 20,3 mm neerslag. De hoop met kool werd twee keer bewaterd (28 en 29 november 2012), terwijl de hoop met prei steeds voldoende vochtig was.

A8.1.4 Opmerkingen bij de compostering van groenteresten

In principe zouden er in deze proef vanaf 20/12/2012 meer koolresten kunnen toegevoegd worden: dit wordt dan een continu systeem waarbij je regelmatig nog materiaal toevoegt. Om de proefopzet niet te verstoren, werd dit niet gedaan, maar het is wel een optie die in de praktijk kan gebruikt worden.

In de proef hebben we met verhakselde houtsnippers gewerkt. De snippers kunnen ook vervezeld worden, dit zou een betere reactie en dus een hogere efficiëntie van de houtsnippers kunnen opleveren.

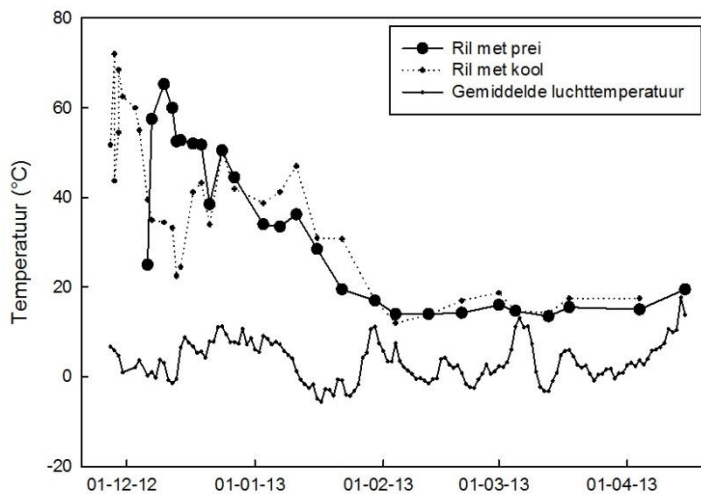
In deze proef wordt de bruikbaarheid van gewasresten van groenten getest bij boerderijcompostering. De gewasresten kunnen ook in andere composteersystemen gebruikt worden. In Vlaanderen dienen groenteresten enkel in gft-compostering toegepast worden. Analyseresultaten van gewasresten kunnen worden voorgelegd aan composteer- en vergistingsinstallaties om hun mening te horen over de afzetmogelijkheden van dit materiaal.



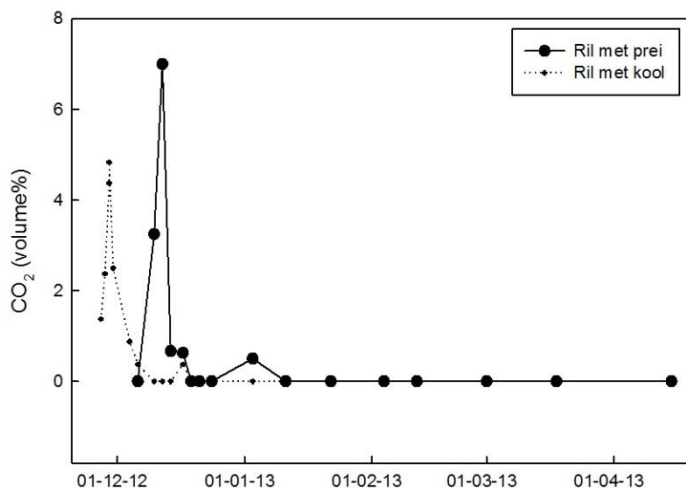
Figuur 94: Compostkeerder



Figuur 95: Composthopen bedekt met compostdoeken



Figuur 96: Temperatuurverloop van de composteringsproef



Figuur 97: CO2-verloop van de composteringsproef

A8.1.5 Staalname van de composthopen

De compostproef werd na ongeveer 19 weken stopgezet. Op 4 april 2013 werd de hoop met sluitkool gewogen en bemonsterd (Figuur 98). Het netto-gewicht bedroeg 12820 kg. Een deel van de compost werd afgezeefd op 1 cm (Figuur 99). De hoop met prei werd op 15 april gewogen (13080 kg) en bemonsterd (Figuur 100). Ook hier werd een deel afgezeefd op 1 cm (Figuur 101). Beide fracties worden geanalyseerd in het labo. Op basis van de analyses van de ongezeefde stalen en de gewichtsbepalingen wordt een massabalans opgesteld voor droge massa, organische massa, N en macronutriënten.

Het zeven van compost wordt hier ook uitgetest omdat dit een groot effect heeft op de composteigenschappen. De reden voor het zeven is dubbel: enerzijds wordt er een fijner product bekomen dat makkelijker toegepast kan worden in het veld, anderzijds wordt de grove fractie (vnl. houtschors) gerecupereerd zodat dit opnieuw als structuurmateriaal in de volgende compostering kan gebruikt worden.



Figuur 98: Bemonstering compost met sluitkool



Figuur 99: Afgezeefde compost met sluitkool. Fractie < 1 cm (links) en > 1 cm (rechts)



Figuur 100: Bemonstering compost met prei



Figuur 101: Afgezeefde compost met prei. Fractie > 1 cm (links) en < 1 cm (rechts)

A 8.1.6 Analyse van de eindproducten

Tabel 204: Eigenschappen van de gezeefde (fractie < 1 cm) en niet-gezeefde compost op basis van sluitkoolresten of preiresten. Waarden zijn gemiddelden ± standaarddeviaties voor 4 herhalingen per hoop. Waarden in vet gemarkeerd zijn waarden voor de gezeefde compost die significant verschillend zijn van de niet-gezeefde compost voor dezelfde oogstrest, getest via de t-test (p < 0.05). "x" in de laatste kolom geeft aan voor welke eigenschappen de waarden significant verschillend zijn tussen de gezeefde composten, getest via de t-test (p < 0.05).

		hoop met kool		hoop met prei		kool versus prei gezeefd
		ongezeefd	gezeefd over 1 cm	ongezeefd	gezeefd over 1 cm	
pH-H₂O	-	8,7 ± 0,2	8,7 ± 0,1	8,6 ± 0,2	8,6 ± 0,1	
EC	µS/cm	633 ± 34	715 ± 34	473 ± 25	548 ± 19	x
OS	%/DS	31,7 ± 3,9	27,4 ± 1,6	41,8 ± 3,3	35,7 ± 2	x
N	%/DS	0,6 ± 0,1	0,7 ± 0,1	0,7 ± 0,1	0,8 ± 0,1	x
DS	%	43 ± 1	46 ± 1	39 ± 1	40 ± 1	x
volumegewicht	g/l vers substr.	646 ± 20	617 ± 5	566 ± 6	563 ± 8	x
P	mg/kg DS	1,4 ± 0,1	1,7 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,5 ± 0,2	
K	mg/kg DS	7 ± 0,5	7,1 ± 0,3	6,5 ± 0,7	6,2 ± 1,1	
Mg	mg/kg DS	1,6 ± 0,1	1,7 ± 0,1	1,7 ± 0,1	1,7 ± 0,2	
Ca	mg/kg DS	12 ± 0,3	13,4 ± 0,7	12,3 ± 0,8	12,8 ± 1,9	
Na	mg/kg DS	0,21 ± 0,02	0,18 ± 0,02	0,22 ± 0,02	0,2 ± 0,02	
Fe	mg/kg DS	5,3 ± 0,6	5,6 ± 0,2	5,6 ± 0,1	5,7 ± 0,5	
Al	mg/kg DS	3,2 ± 0,4	3,7 ± 0,2	3,4 ± 0,2	3,4 ± 0,3	
Cd	mg/kg DS	0,8 ± 0,1	0,8 ± 0,1	0,9 ± 0,1	0,9 ± 0,1	
Cr	mg/kg DS	11 ± 1	14 ± 3	12 ± 1	15 ± 3	
Cu	mg/kg DS	11 ± 1	17 ± 13	10 ± 1	19 ± 10	
Pb	mg/kg DS	16 ± 8	14 ± 2	13 ± 3	15 ± 4	
Ni	mg/kg DS	4 ± 1	4 ± 1	4 ± 1	5 ± 1	
Zn	mg/kg DS	91 ± 6	90 ± 4	101 ± 2	99 ± 8	
Mn	mg/kg DS	221 ± 27	304 ± 67	269 ± 34	366 ± 64	
C/N	-	28 ± 3	22 ± 1	33 ± 4	25 ± 2	x
N/P	-	4,4 ± 0,6	4,2 ± 0,1	4,7 ± 0,1	5,3 ± 1	
C/P	-	127 ± 21	91 ± 5	157 ± 16	132 ± 21	x
OS	%/vers	14	13	16	14	
NO₃-N (water)	mg/l substr.	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	
NH₄-N (water)	mg/l substraat	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	
SO₄ (water)	mg/l substr.	81,1 ± 8,5	95,8 ± 5,2	16,2 ± 3,2	19,7 ± 1,8	x
Cl (water)	mg/l substr.	354,1 ± 21,4	401,6 ± 15,6	226,8 ± 17,4	265,5 ± 16,4	x

De resultaten voor beide composten voor en na zeven worden gegeven in Tabel 204 en Tabel 205. Bij een oxitop-meting wordt de (schijnbare) stabiliteit (rijpheid) bepaald door het zuurstofverbruik onder gestandaardiseerde omstandigheden te meten in een gesloten respirometer. Zuurstof wordt verbruikt door de micro-organismen die op hun beurt CO₂ produceren. De CO₂ wordt gecapteerd met natronkalk. De verandering in O₂ wordt gemeten als drukverschil. De Oxygen Uptake Rate (OUR) geeft aan hoe snel het organisch materiaal kan worden omgezet: hoe sneller, hoe minder rijp en stabiel het materiaal is. Echter, dit vertelt enkel iets over de huidige microbiële activiteit volgens de

actuele condities. Stel bv. dat minerale N de beperkende factor is, dan betekent een lage meetwaarde niet noodzakelijk dat alle uitgangsmateriaal werd omgezet. Algemeen kunnen we stellen dat beide composten van mindere kwaliteit zijn door een lager %OS/DS en het minder stabiele karakter (OUR-waarden > 10 mmol/kg OS/uur) en de niet-detecteerbare concentraties aan minerale N: de compost stelt dus nog geen N vrij en mogelijks is de compost nog niet volledig uitgecomposteerd.

Het %DS en het %OS/vers liggen lager dan de federale norm van >50% DS/vers en >16% OS/vers. De pH ligt binnen de range van de federale norm voor compost (pH van 6.5-9.5) en de waarde voor OUR ligt onder de federale norm van (OUR-waarden < 15 mmol/kg OS/uur).

Er zijn ook duidelijke verschillen in de eigenschappen van beide types compost. Door het hoger aandeel aarde in het uitgangsmateriaal van de hoop met sluitkoolresten, wordt de gezeefde compost van sluitkool gekenmerkt door significant hogere waarden voor volumegewicht, %DS en significant lagere waarden voor C/N, C/P, %N/DS en %OS/DS, en plantbeschikbare P, K, Ca, Mg en Fe. De gezeefde compost van sluitkool heeft ook een hogere waarde voor EC en hogere gehalten aan waterextraheerbaar sulfaat en chloriden.

Het zeven leidde bij beide composten tot een hogere EC en een hoger %DS en een lagere C/N in de afgezeefde compost. Het zeven van de preicompost leidde tot een lager %OS/DS, een hoger %N/DS en een hogere totale Mn-concentratie. Het zeven van de sluitkoolcompost leidde tot een lager volumegewicht, een hogere totale concentratie aan P, Ca en Al, en een lagere totale Na-concentratie.

Tabel 205: Oxygen uptake rate (OUR) en plantbeschikbare elementen (geëxtraheerd in ammoniumacetaat) voor de gezeefde (fractie < 1 cm) compost op basis van sluitkoolresten of preiresten. Waarden zijn gemiddelden ± standaarddeviaties voor 4 herhalingen per hoop. Waarde "x" in de laatste kolom geeft aan voor welke eigenschappen de waarden significant verschillend zijn tussen de gezeefde composten, getest via de t-test (p < 0.05).

		Kool	Prei	Kool versus prei
OUR	mmol/kg OS/uur	12 ± 2	10 ± 2	
P	mg/l substraat	196.3 ± 7.4	168 ± 18.8	x
K	mg/l substraat	2135.6 ± 83.4	1570.1 ± 102	x
Ca	mg/l substraat	2549.5 ± 85.1	1876.7 ± 161.6	x
Mg	mg/l substraat	264.9 ± 7.1	232.1 ± 23.3	x
Fe	mg/l substraat	4.5 ± 0.3	3.6 ± 0.4	x
Mn	mg/l substraat	25 ± 0.8	24.6 ± 2.8	
Na	mg/l substraat	93.4 ± 0.9	97.3 ± 8	

A8.2 Proefopzet tweede proefjaar

In de tweede composteerproef werd gekozen om te composteren met gewasresten van prei aangezien uit de vorige proef bleek dat bij het machinaal ophalen van sluitkool te veel aarde werd afgevoerd, wat nadelig was voor de compostkwaliteit.

De initiële onderzoeksvraag voor het tweede proefjaar was het bepalen van het effect van composteren van gewasresten op de kopakker ten opzichte van een vloeistofdichte vloer op de compostkwaliteit en de nutriëntenverliezen. Door vergunningstechnische redenen kon deze proef niet opgestart worden in de winter 2013-2014. Voor meer info wordt verwezen naar Appendix 11.

De nieuwe onderzoeksvraag was welke alternatieve en goedkopere structuurmaterialen bij de compostering van preiresten gebruikt konden worden (Tabel 206). Hierbij werd ook getest of het mogelijk is om de prei in meerdere stappen toe te voegen, i.p.v. alle materialen aan het begin van de compostering toe te voegen. De oogstresten van prei komen vrij bij het kuisen van de prei op het landbouwbedrijf, ze werden op 14/01 aangevoerd van een bedrijf in Bornem. De gewasresten werden gemengd met vier verschillende structuurrijke materialen. Landbouwers en composteersers hebben vaak te maken met een tekort aan structuurrijk, C-rijk materiaal aangezien het economisch voordeliger is om deze af te voeren naar de bio-energiesector. In deze proefopzet werden naast houtsnippers (Figuur 102) drie alternatieve C-rijke nevenstromen onderzocht, namelijk heidechopper (afkomstig van ANB Limburg, Figuur 103), teeltsubstraat van aardbeien (afkomstig van PC Hoogstraten, **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** 104) en teeltsubstraat van tomaten (afkomstig van Tomato Masters, **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** 105). Heidechopper komt vrij bij beheerwerken bij de heide, en bestaat uit de verkleinde bovengrondse resten van de heidevegetatie en 2-3 cm humuslaag (Gybels et al., 2013). In elke hoop werd ook roggestro toegevoegd. Een overzicht van de behandelingen is weergegeven in Tabel 5. De hopen werden opgezet op basis van een gelijk volume aan alternatieve structuurrijke materialen en stro.

Tabel 206: Overzicht behandelingen tweede proefjaar

Composthoop	Omschrijving
A	Oogstrest prei + roggestro + houtsnippers
B	Oogstrest prei + roggestro + heidechopper
C	Oogstrest prei + roggestro + tomato growbags
D	Oogstrest prei + roggestro + aardbeisubstraat

Op 08/01/2014 werd een gelijk volume van de alternatieve structuurrijke materialen genomen en afgewogen op een weegbrug. Daarna werden de materialen met de verreiker op de composteersite gelegd en gemengd met behulp van de compostkeerder om homogeniteit te verhogen. Van elk van de materialen werden vier mengstalen genomen voor chemische karakterisering. Daarna werden deze materialen bovenop een gelijke hoeveelheid (200 kg) stro geduwd en werden de vier hopen opnieuw gekeerd en afgedekt met een compostdoek. Op 16/01 werden overall evenveel (4225 kg per hoop) preiresten toegevoegd. De rillen waren ongeveer 12 m lang en 3 m breed. Na het toevoegen van de preiresten werden de rillen onmiddellijk gekeerd en werden eveneens vier mengstalen genomen van het uitgangsmengsel zelf. Figuur 106 geeft een overzicht van de vier verschillende hopen op de composteersite.



Figuur 102: Houtsnippers



Figuur 103: Heidechopper



Figuur 104: Aardbeisubstraat



Figuur 105: Tomatensubstraat



Figuur 106: Overzicht composteersite

Op 20/01 werd bij elke hoop 200 kg stro bijgestoken, op 4/02 werd bij elke hoop nog eens 2250 kg prei bijgestoken en op 12/02 werd aan elke hoop 2500 kg houtschors toegevoegd (zie verder). In Tabel 207 wordt de uiteindelijke samenstelling op volume en gewicht weergegeven voor de vier hopen.

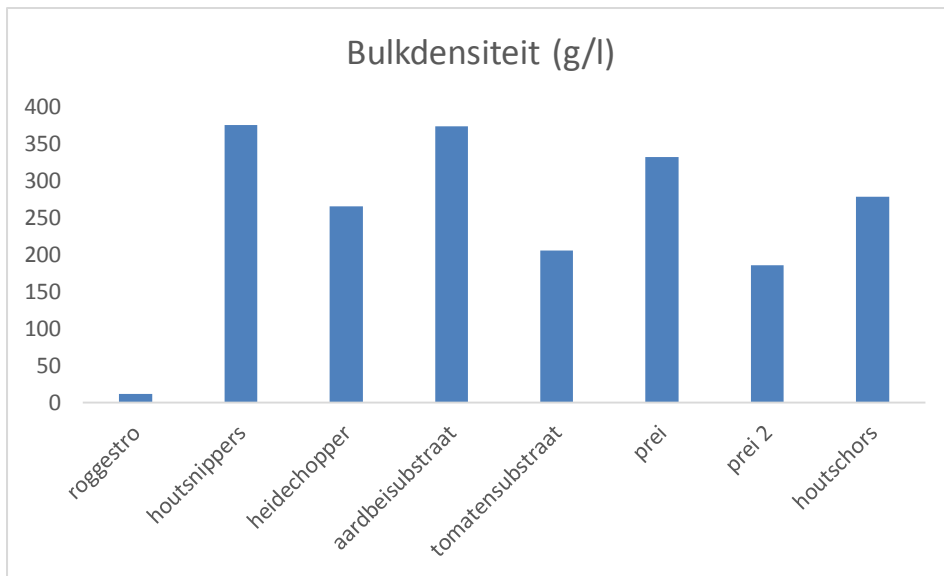
Tabel 207: Samenstelling composthopen bij aanvang

vers gewicht per hoop (kg)								
	prei	roggestro	houtsnippers	chopper	tomato growbags	aardbeisubstraat	houtschors	totaal
A	6475	399	8774				2500	15648
B	6475	399		11334			2500	18208
C	6475	399			10294		2500	17168
D	6475	399				14644	2500	21518
vers gewicht per hoop (%)								
	prei	roggestro	houtsnippers	chopper	tomato growbags	aardbeisubstraat	houtschors	totaal
A	36	2	48				14	100
B	31	2		55			12	100
C	33	2			52		13	100
D	27	2				61	10	100
vers volume per hoop (%)								
	prei	roggestro	houtsnippers	chopper	tomato growbags	aardbeisubstraat	houtschors	totaal
A	17	28	44				11	100
B	17	28		44			11	100
C	17	28			44		11	100
D	17	28				44	11	100

A8.2.1 Analyse van de uitgangsmaterialen

A8.2.1.1 Bulkdensiteit

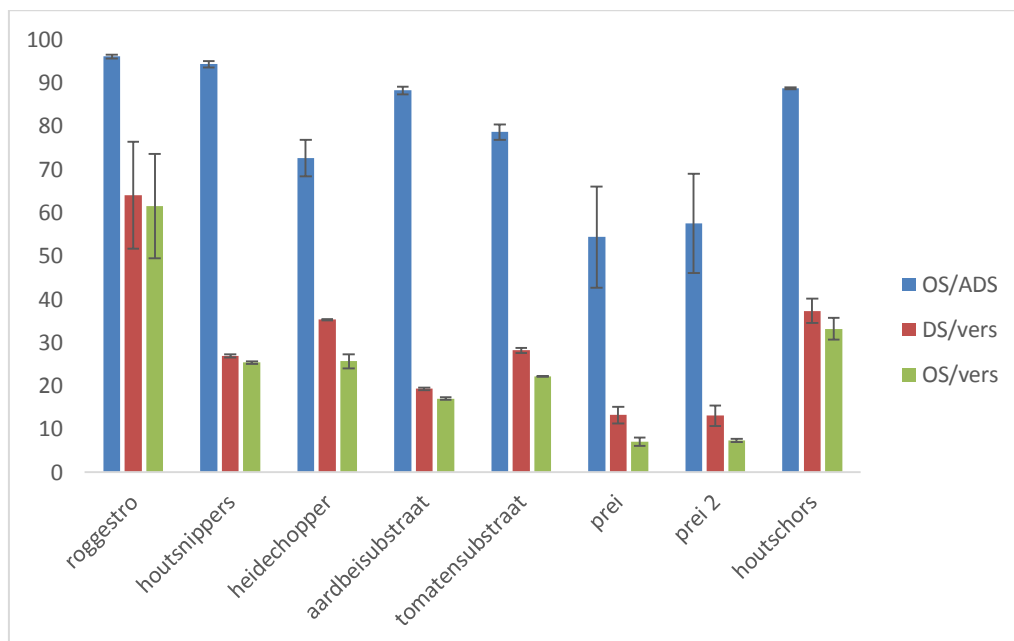
In Figuur 107 wordt de verse bulkdensiteit van de verschillende uitgangsmaterialen weergegeven.



Figuur 107: Verse bulkdensiteit van de uitgangsmaterialen

A8.2.1.2 Organische stofgehalte en droge stofgehalte

In Figuur 108 wordt per uitgangsmateriaal het gemiddeld procentueel OS-gehalte op drooggewicht, het procentueel DS-gehalte op versgewicht en het procentueel OS-gehalte op versgewicht weergegeven. De bruine materialen hebben een hoog OS-gehalte op drooggewicht. Indien wordt omgerekend naar versgewicht verschilt de volgorde aangezien sommige materialen natter waren. De twee teeltsubstraten hebben een hoger OS-gehalte op DS dan de heidechopper, maar op versgewicht heeft de heidechopper het hoogste OS-gehalte. De twee batchen prei waren gelijkaardig qua OS en DS-gehalte en deze waarden zijn ook vergelijkbaar met de prei die werd gebruikt tijdens de eerste composteerproef.



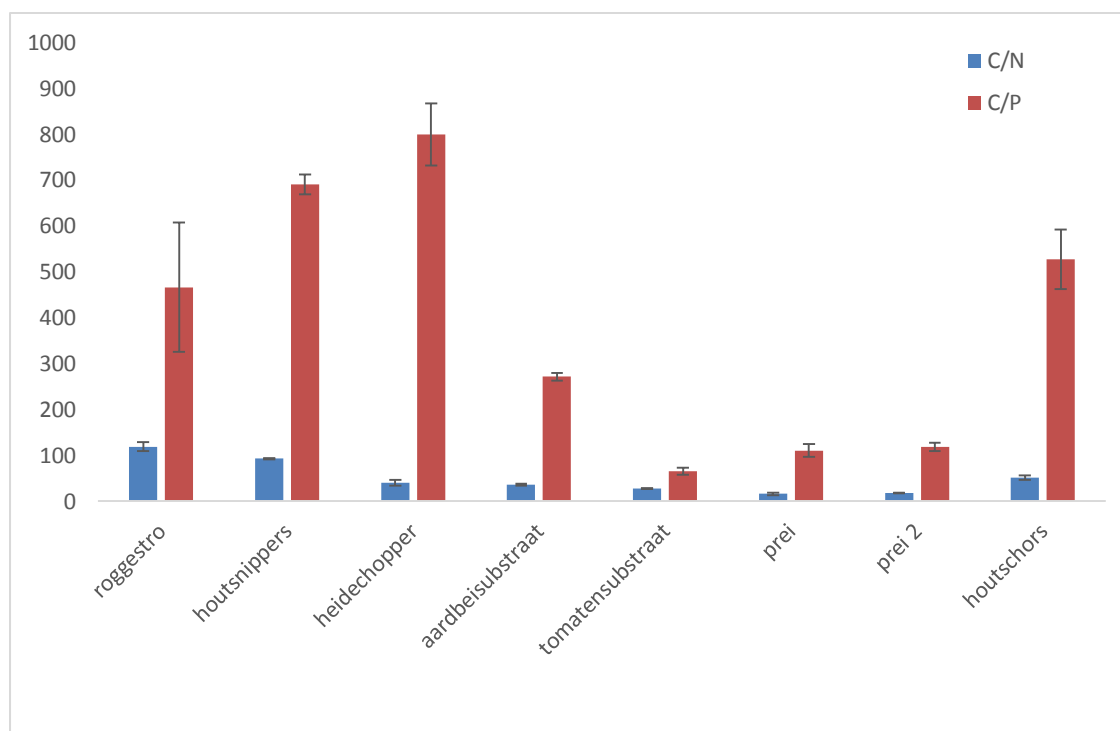
Figuur 108: Gemiddelde en standaardafwijking van %OS/ADS, %OS/vers en %DS/vers voor de verschillende uitgangsmaterialen (gemiddelde van 4 stalen per materiaal, ADS: absoluut droge stof)

A8.2.1.3 Totaal N en P gehalte, C/N en C/P verhouding

De alternatieve bruine stromen hebben een hoger totaal N-gehalte dan de houtsnippers, het roggestro en de houtschors. Het totale P-gehalte was zeer hoog bij het tomatensubstraat (6790 mg/kg ADS). De twee batches prei vertonen een gelijkaardig totaal N- en P-gehalte (Tabel 208). Bij de berekening van C/N en C/P werd uitgegaan van een OS/C-verhouding van 1,8. De C/N verhouding (Figuur 109) is hoog (> 27) voor de structuurmaterialen (roggestro, houtsnippers, heidechopper, teeltsubstraat aardbei en tomaat en houtschors). De C/P verhouding is ook hoog, behalve voor het teeltsubstraat van tomaat. Prei, als groene stroom, heeft een lagere C/N, gelijkaardig aan de gebruikte prei in de eerste composteerproef (16,4).

Tabel 208: Gemiddelde (n = 4) totaal N en P gehalte van de uitgangsmaterialen

	N_totaal %/DS	P_totaal g/kg DS
roggestro	0,45 ± 0,04	1,22 ± 0,33
houtsnippers	0,57 ± 0,01	0,76 ± 0,02
heidechopper	1,04 ± 0,11	0,51 ± 0,03
aardbeisubstraat	1,38 ± 0,06	1,81 ± 0,04
tomatensubstraat	1,60 ± 0,06	6,79 ± 0,75
prei	1,94 ± 0,33	2,76 ± 0,59
prei 2	1,85 ± 0,43	2,72 ± 0,58
houtschors	0,97 ± 0,10	0,95 ± 0,13



Figuur 109: Gemiddelde (n = 4) C/N en C/P verhouding voor de uitgangsmaterialen

De C/N-verhouding werd ook afzonderlijk bepaald na het mengen van de uitgangsmaterialen (Tabel 209). Er wordt gestreefd naar een C/N van 25 à 35 van het uitgangsmengsel bij aanvang van het composteerproces. Voor de mengsels op basis van heidechopper en teeltsubstraten is dit in orde.

Het mengsel op basis van houtsnippers heeft een iets hogere C/N, maar de C aanwezig in de houtsnippers is minder goed afbreekbaar door de micro-organismen.

Tabel 209: Gemiddelde (n = 4) C/N-verhouding van de uitgangsmengsels

	C/N
Uitgangsmengsel houtsnippers	41 ± 12
Uitgangsmengsel heidechopper	33 ± 5
Uitgangsmengsel aardbeisubstraat	28 ± 5
Uitgangsmengsel tomatensubstraat	26 ± 2

A8.2.1.4 Macronutriënten (K, Ca, Mg en Na)

In Tabel 210 worden de gemiddelde (n = 4) gehalten aan K, Ca, Mg en Na per uitgangsmateriaal weergegeven. De preiresten zijn een belangrijke bron aan K, de substraten bevatten zeer veel Mg en Ca t.o.v. de andere materialen, en Na is ook hoog in de substraten, vooral voor het tomatensubstraat.

Tabel 210: Gemiddelde (n = 4) totale gehalten aan K, Mg, Ca en Na van de uitgangsmaterialen

	K_totaal g/kg DS	Mg_totaal g/kg DS	Ca_totaal g/kg DS	Na_totaal g/kg DS
roggestro	5,27 ± 0,28	0,35 ± 0,04	2,13 ± 0,24	0,05 ± 0,01
houtsnippers	3,28 ± 0,06	0,58 ± 0,01	6,87 ± 0,24	0,10 ± 0,00
heidechopper	1,41 ± 0,08	0,54 ± 0,31	3,08 ± 0,33	0,11 ± 0,01
aardbeisubstraat	7,13 ± 4,09	3,62 ± 0,18	20,92 ± 1,06	0,50 ± 0,02
tomatensubstraat	9,51 ± 0,22	5,80 ± 0,31	34,97 ± 2,16	1,60 ± 0,09
prei	23,60 ± 3,98	1,63 ± 0,22	9,36 ± 1,87	0,33 ± 0,05
prei 2	22,31 ± 3,60	1,56 ± 0,07	9,91 ± 1,75	0,37 ± 0,05
houtschors	5,64 ± 1,27	2,00 ± 0,11	27,11 ± 1,17	0,17 ± 0,01

A8.2.1.5 Zware metalen

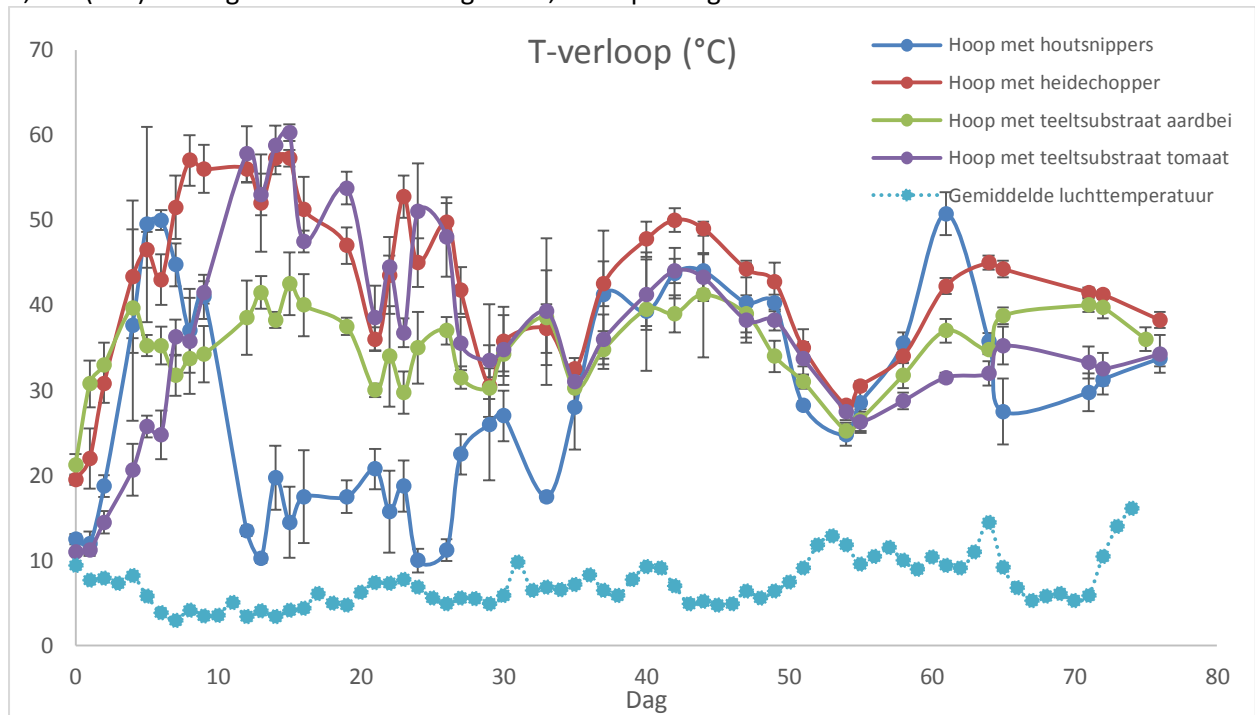
Op de uitgangsmaterialen werden ook de concentraties aan zware metalen gemeten (resultaten niet weergegeven). De gehalten aan Cd, Cr, Cu, Ni, Mn, Pb en Zn liggen nergens boven de grens voor zware metalen in compost.

A8.2.2 Verloop compostering

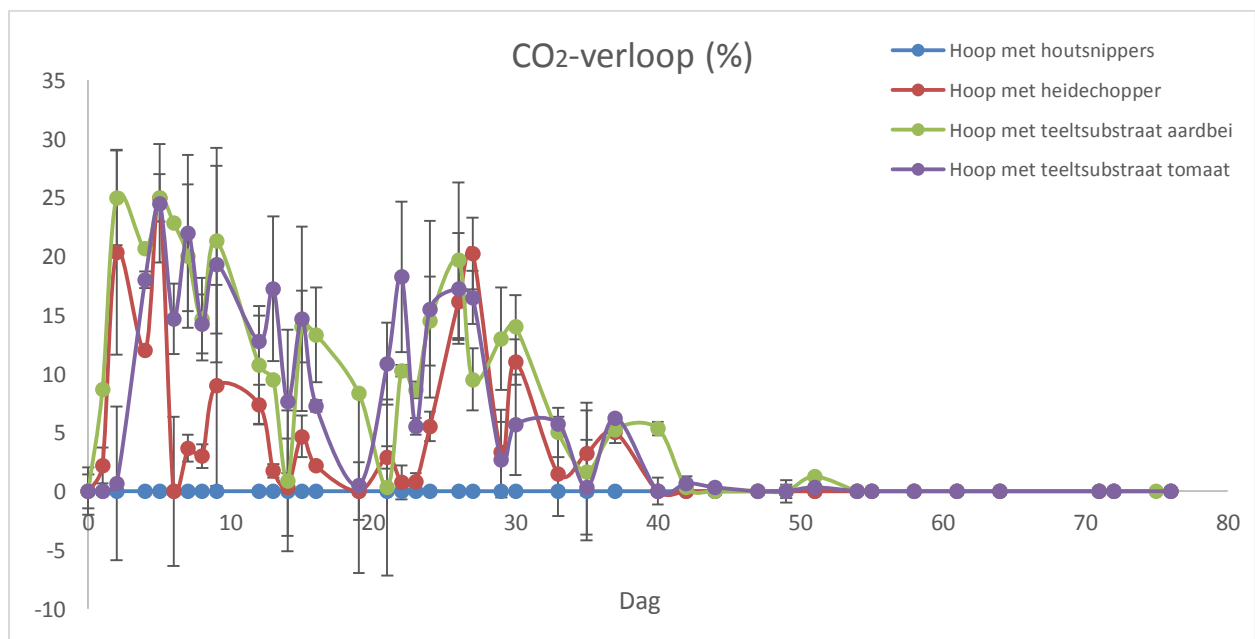
Op 16/01/2014 werden de hopen opgezet en afgedekt met een compostdoek (zie sectie 1 voor de details). Het keren gebeurde met een compostkeerder type TG 301 (Gujer Innotec AG). De noodzaak om te keren werd bepaald op basis van het temperatuurverloop (Figuur 110) en CO₂-metingen (Figuur 111). De vereiste om te keren was het grootst kort na opzet, waarbij de CO₂-gehalten boven de 20% opliepen, behalve voor de hoop met houtsnippers. Op dag 5 van de compostering werd aan elke hoop 200 kg extra stro toegevoegd (hetzelfde materiaal) omdat de CO₂-gehalten niet daalden door te keren. Omdat de temperatuur en dus de activiteit in de hopen daalde en de preiresten reeds verteerd waren werd op dag 19 extra prei toegevoegd (ongeveer de helft van de eerste keer). Dit zorgde onmiddellijk voor een temperatuur- en CO₂-stijging bij de drie hopen met alternatieve bruine materialen. Aangezien de hoop met houtsnippers niet op gang kwam, waarschijnlijk omdat de snippers niet vers waren en er dus minder actieve koolstof beschikbaar was, en de andere hopen nog steeds te veel CO₂ bevatten, werd op dag 28 aan elke hoop 2500 kg houtschors toegevoegd. Dit had het gewenste effect aangezien de temperaturen opnieuw piekten en de CO₂-gehalten in de hopen

met de alternatieve bruine materialen eindelijk daalden. De hoop met houtsnippers werd in totaal 7 keer gekeerd, deze met heidechopper 10 keer, de hopen met teelsubstraten van aardbei en tomaat respectievelijk 12 en 13 keer.

De weersomstandigheden van januari 2014 tot maart 2014 werden gekenmerkt door zachte temperaturen en weinig neerslag. De gemiddelde temperatuur gedurende de compostering bedroeg 7,1 °C (kmi) en de gemiddelde neerslag was 1,7 mm per dag.



Figuur 110: Temperatuurverloop tijdens het composteerproces



Figuur 111: CO₂-verloop tijdens het composteerproces

A8.2.3 Staalname van de composthopen

De compostproef werd na ongeveer 11 weken stopgezet. Op 1 april 2014 werden de hopen bemonsterd (Figuur 112). Een deel van de compost werd afgezeefd op 1 cm. Beide fracties werden geanalyseerd in het labo. In Figuur 113 worden de vier eindproducten afgebeeld.



Figuur 112: Bemonstering van de composthopen



Figuur 113: Compost op basis van houtsnippen (links boven), heidechopper (rechts boven), teeltsubstraat van aardbei (links onder) en teeltsubstraat van tomaat (rechts onder). De foto's werden genomen voorafgaand aan het zeven.

A8.2.4 Analyse van de eindproducten

A8.2.4.1 Bulkdensiteit

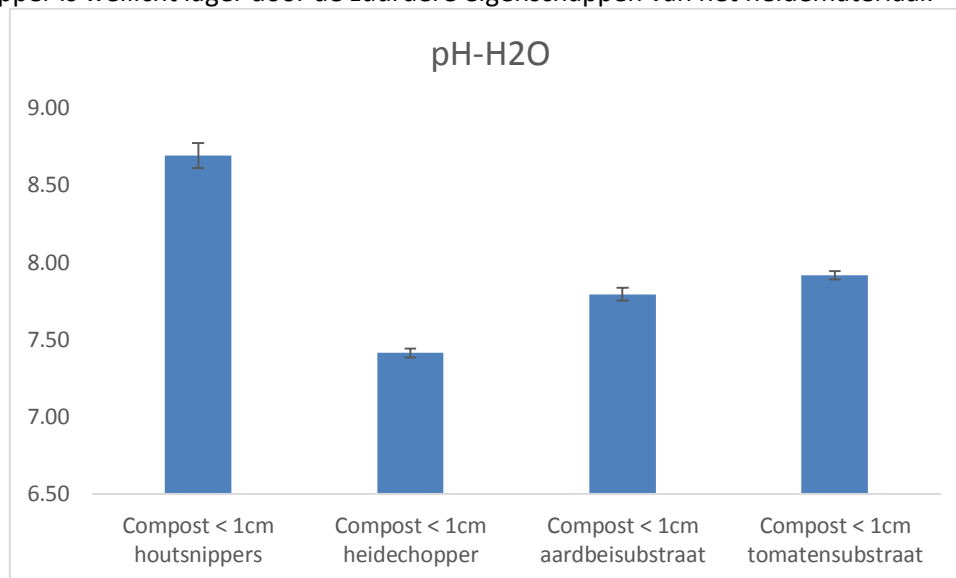
De gemiddelde bulkdensiteit (Tabel 211) is gelijkaardig voor de ongezeefde en afgezeefde fracties en ligt tussen de 471 (compost op basis van houtsnippers) en 509 g/l (compost op basis van heidechopper). Dit zijn typische waarden voor compost. De gezeefde compost op basis van prei uit de vorige proef had een bulkdensiteit van 563 g/l.

Tabel 211: Gemiddelde (n = 4) bulkdensiteit van de ongezeefde en afgezeefde composten (fractie < 1 cm)

Compost op basis van:	Bulkdensiteit (g/l)	
	Ongezeefd	Fractie < 1 cm
Houtsnippers	471 ± 7	470 ± 4
Heidechopper	509 ± 14	514 ± 3
Teeltsubstraat aardbei	491 ± 10	492 ± 9
Teeltsubstraat tomaat	489 ± 5	476 ± 5

A8.2.4.2 Zuurtegraad (pH-H₂O)

De gemiddelde pH-H₂O werd bepaald op de afgezeefde fracties van de composten (Figuur 114). Deze ligt tussen de 7,41 (compost op basis van heidechopper) en 8,69 (compost op basis van houtsnippers). De pH ligt binnen de federale norm voor compost. De compost op basis van prei uit de vorige proef had een gelijkaardige pH-H₂O van 8,58. De pH van de compost op basis van heidechopper is wellicht lager door de zuurdere eigenschappen van het heidemateriaal.



Figuur 114: Gemiddelde (n = 4) pH-H₂O van de composten (fractie < 1 cm)

A8.2.4.3 Elektrische geleidbaarheid (EC)

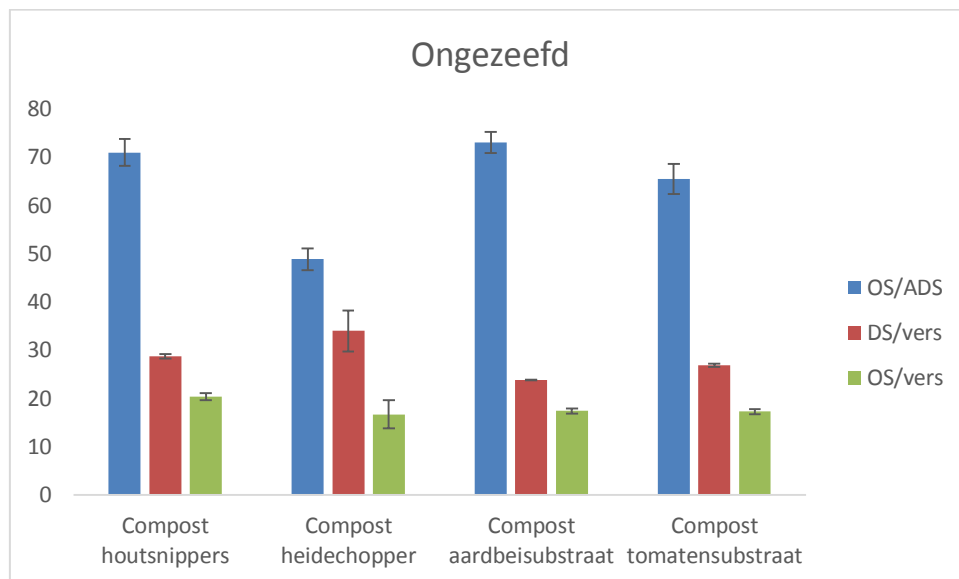
De elektrische geleidbaarheid van de afgezeefde composten zijn weergegeven in Tabel 10. De waarden zijn iets lager dan deze van de vorige composteerproef (548 µS/cm voor de compost met prei). De compost op basis van heidechopper heeft de laagste EC en deze op basis van tomatensubstraat de hoogste. De waarden liggen onder de norm voor gebruik als grondstof in potgrond.

Tabel 212: Gemiddelde (n = 4) elektrische geleidbaarheid (EC) van de composten (fractie < 1 cm)

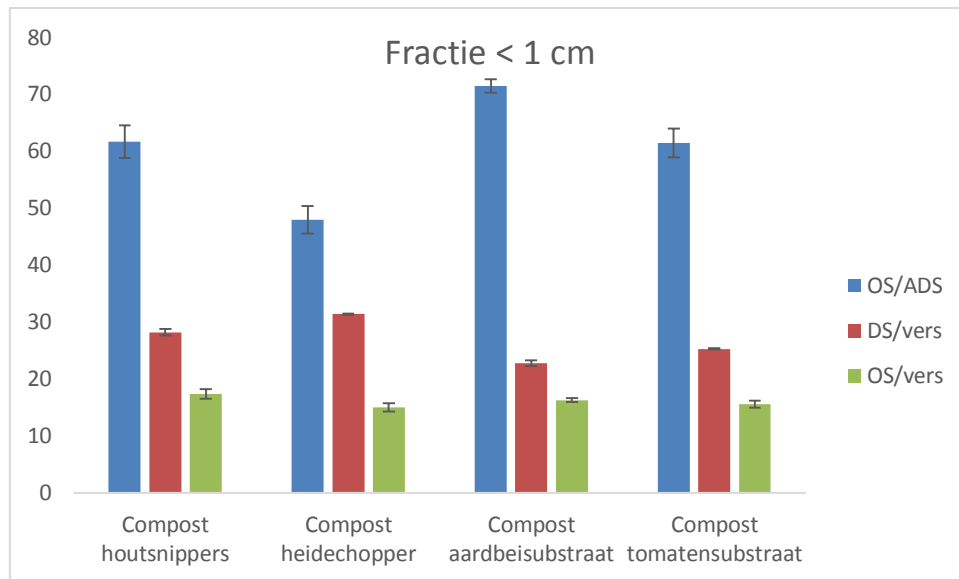
Composten < 1 cm op basis van:	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Houtsnippers	397 \pm 3
Heidechopper	247 \pm 11
Teeltsubstraat aardbei	340 \pm 20
Teeltsubstraat tomaat	436 \pm 8

A8.2.4.4 Organische stofgehalte en droge stof gehalte

Het gehalte OS/ADS, DS/vers en OS/vers werd berekend voor de ongezeefde composten (Figuur 115) en de fracties < 1 cm (Figuur 116). Het OS- en DS-gehalte van de afgezeefde fracties zijn gelijkaardig aan deze van de ongezeefde compost. Enkel voor de compost op basis van houtsnippers heeft de afgezeefde fractie een lager OS-gehalte. De compost op basis van heidechopper heeft het laagste OS-gehalte, zowel op DS als op vers, en heeft het hoogste DS-gehalte. De compost op basis van aardbeisubstraat heeft het hoogste OS-gehalte op DS, terwijl de compost op basis van houtsnippers het hoogste OS-gehalte heeft op vers. De composten voldoen aan de federale verplichting van meer dan 16% OS/vers, in tegenstelling tot de composten van de vorige composteerproef. Het DS-gehalte ligt onder de norm van 50%, wat wil zeggen dat de composten nog te nat zijn. Dit is mogelijk gerelateerd aan het hoge OS-gehaltes van de composten: hoe hoger het OS-gehalte, hoe meer water de compost kan vasthouden.



Figuur 115: Gemiddelde (n = 4) organische stof (OS) en droge stof (DS) gehalte van de ongezeefde composten



Figuur 116: Gemiddelde (n = 4) organische stof (OS) en droge stof (DS) gehalte van de fractie < 1 cm

A8.2.4.5 Stabiliteit: oxitop, minerale N en C/N-verhouding

De stabiliteit van de composten wordt beoordeeld op basis van de OUR-waarde via oxitop, de C/N-verhouding en de minerale N-concentraties (Tabel 213). De wettelijke norm voor compost is 15, voor VLACO-compost 10 mmol O₂ per kg organische stof per uur. De composten op basis van heidechopper, aardbei- en tomatensubstraat hebben een OUR-waarde kleiner dan 5 wat betekent dat ze zeer stabiel zijn. De compost op basis van houtsnippers heeft een OUR tussen 5 – 10 wat betekent dat deze stabiel is.

Een verhouding van NO₃-N/NH₄-N > 1 wijst op een zekere rijping, wat hier het geval is voor de compost op basis van tomaten- en aardbeisubstraat. De C/N verhouding van een afgewerkte compost ligt idealiter tussen de 12 à 15. De composten hebben een iets hogere C/N. Enkel bij de compost op basis van tomaten- en aardbeisubstraat werd minerale N gemeten, maar de gemeten NO₃-N-concentratie was relatief laag.

De composten zijn veel stabiel in vergelijking met de vorige composteerproef. Toen was de OUR voor de compost met prei 10, was er geen minerale N aanwezig. De C/N verhouding was gelijkaardig (25).

Tabel 213: Gemiddelde OUR, minerale N (NO₃-N en NH₄-N, gemeten in een waterextract), totale N en C/N voor de afgezeefde fracties (< 1 cm) van de composten

	OUR mmol/kg OS/uur	NO ₃ ⁻ -N mg/l substr	NH ₄ ⁺ -N mg/l substr	N_totaal %/ADS	C/N -
Compost < 1cm houtsnippers	7,3 ± 0,6	< 5	< 5	1,37 ± 0,07	25 ± 2
Compost < 1cm heidechopper	3,3 ± 0,1	< 5	< 5	1,24 ± 0,14	22 ± 2
Compost < 1cm aardbeisubstraat	2,7 ± 1,9	16,6 ± 0,68	< 5	1,41 ± 0,02	28 ± 0
Compost < 1cm tomatensubstraat	2,9 ± 0,1	12,2 ± 1,60	< 5	1,21 ± 0,05	28 ± 1

A8.2.4.6 Zware metalen

De totale concentratie aan zware metalen (Cd, Cr, Cu, Pb, Ni en Zn) werden bepaald in de ongezeefde compoststalen en lagen allemaal onder de Vlaco-normen voor compost (resultaten niet weergegeven).

A8.2.4.7 Totaal gehalte aan nutriënten

De totale gehalten aan Mn, P, K, Mg, Ca, Na, Fe en Al werden zowel in de ongezeefde composten als in de fracties < 1 cm bepaald (Tabel 214). De concentraties in de fijne fractie zijn over het algemeen

iets hoger dan deze in de ongezeefde compost, dit door een iets lager OS-gehalte van de fijne fractie. De compost op basis van heidechopper heeft de laagste concentratie aan totale P, K, Mg, Ca, Na en Al in vergelijking met de andere composten. Heidevegetatie wordt dan ook gekenmerkt door een lage nutriënteninhoud. De compost op basis van teeltsubstraat van tomaat heeft de hoogste concentraties aan totale nutriënten (behalve voor Mg) omdat het gebruikte substraat ook zeer rijk was aan nutriënten, wat waarschijnlijk te wijten is aan de toevoeging van minerale meststoffen tijdens de tomatenteelt.

Tabel 214: Gemiddelde (n = 4) totale concentratie aan nutriënten in de composten (ongezeefd en fractie < 1 cm)

Totale conc. (g/kg DS)		Houtsnippers	Heidechopper	Teeltsubstraat aardbei	Teeltsubstraat tomaat
Mn	Ongezeefd	0,09 ± 0,01	0,17 ± 0,02	0,15 ± 0,03	0,97 ± 0,29
	< 1 cm	0,13 ± 0,02	0,19 ± 0,01	0,16 ± 0,02	1,18 ± 0,17
P	Ongezeefd	1,80 ± 0,09	1,04 ± 0,08	2,02 ± 0,08	4,76 ± 0,31
	< 1 cm	2,19 ± 0,11	1,15 ± 0,04	2,29 ± 0,08	5,69 ± 0,15
K	Ongezeefd	9,61 ± 0,17	5,28 ± 0,30	9,38 ± 0,08	9,04 ± 0,17
	< 1 cm	10,25 ± 0,32	5,88 ± 0,36	10,66 ± 0,19	10,46 ± 0,36
Mg	Ongezeefd	1,66 ± 0,05	1,26 ± 0,07	3,19 ± 0,11	4,25 ± 0,38
	< 1 cm	1,90 ± 0,08	1,43 ± 0,03	3,52 ± 0,09	4,67 ± 0,07
Ca	Ongezeefd	15,35 ± 0,38	8,85 ± 0,93	23,25 ± 0,90	31,69 ± 2,77
	< 1 cm	16,35 ± 1,01	8,76 ± 0,53	22,80 ± 0,79	33,13 ± 2,13
Na	Ongezeefd	0,21 ± 0,01	0,14 ± 0,01	0,30 ± 0,01	0,79 ± 0,01
	< 1 cm	0,23 ± 0,01	0,16 ± 0,01	0,38 ± 0,03	0,95 ± 0,04
Fe	Ongezeefd	1,54 ± 0,10	1,80 ± 0,14	1,76 ± 0,07	6,73 ± 2,74
	< 1 cm	2,05 ± 0,30	2,10 ± 0,12	2,06 ± 0,08	5,24 ± 1,12
Al	Ongezeefd	1,05 ± 0,09	1,11 ± 0,10	1,29 ± 0,05	1,63 ± 0,56
	< 1 cm	1,43 ± 0,09	1,36 ± 0,05	1,64 ± 0,03	1,80 ± 0,14

A8.2.4.8 Plantbeschikbare nutriënten

Het gehalte aan plantbeschikbare nutriënten in de fracties < 1 cm werden bepaald in een ammoniumacetaatoplossing voor P, K, Mg, Ca, Fe, Cu en Zn, en in een waterextract voor Cl, SO₄²⁻ en Na⁺ (Tabel 215). De compost op basis van heidechopper heeft de laagste concentratie aan plantbeschikbare nutriënten (behalve voor Zn) in vergelijking met de andere composten. De compost op basis van teeltsubstraat van tomaat heeft de hoogste concentraties aan plantbeschikbare nutriënten (behalve voor Zn), omdat het gebruikte substraat ook zeer rijk was aan nutriënten, wat waarschijnlijk te wijten is aan de toevoeging van minerale meststoffen tijdens de tomatenteelt. Er worden geen problemen met zoutconcentraties verwacht.

Tabel 215: Gemiddelde (n = 4) concentratie aan plantbeschikbare nutriënten in de composten (fractie < 1 cm), gemeten in een ammoniumacetaatoplossing (AmAc) of een waterextract

Fractie compost < 1 cm	P-AmAc mg/l substr	K-AmAc mg/l substr	Ca-AmAc mg/l substr	Mg-AmAc mg/l substr	Fe-AmAc mg/l substr	Mn-AmAc mg/l substr	SO ₄ ²⁻ mg/l substr	Na ⁺ mg/l substr	Cl ⁻ mg/l substr	Cu-AmAc mg/l substr	Zn-AmAc mg/l substraat
Houtsnippers	143 ± 5	1206 ± 25	1356 ± 48	182 ± 7	< 3,0	7 ± 0	45 ± 15	44 ± 1	147 ± 51	< 2,0	5 ± 0
Heidechopper	89 ± 2	867 ± 32	1134 ± 29	181 ± 3	< 3,0	5 ± 0	14 ± 1	41 ± 1	114 ± 12	< 2,0	5 ± 0
Teeltsubstraat aardbei	170 ± 3	1122 ± 33	1952 ± 32	324 ± 10	< 3,0	9 ± 1	104 ± 9	57 ± 2	138 ± 5	< 2,0	4 ± 0
Teeltsubstraat tomaat	551 ± 26	1228 ± 21	2691 ± 73	412 ± 9	< 3,0	29 ± 2	255 ± 12	170 ± 5	208 ± 10	< 2,0	4 ± 0

A8.2.5 Massabalans

De massa van het uitgangsmateriaal, het uitgangsmengsel en de compost aan het einde van het proces werden bepaald, waardoor we een indicatieve massabalans kunnen opstellen om o.a. de N-verliezen te begroten. Uit een eerste verkennende berekening konden we besluiten dat de N-verliezen bij de hoop met houtsnippers en heidechopper duidelijk lager zijn dan bij de hopen met de resten van substraten.

A8.3 Proefopzet extra proef in tweede proefjaar

Bij de extra composteerproef in het tweede jaar werd het composteren van prei op de kopakker vergeleken met het composteren op een verharde ondergrond, en dit voor een gelijke samenstelling van het uitgangsmengsel (% verdeling op droge stofbasis: 35% prei, 45% houtsnippers, 10% stro en 10% vers gras). De onderzoeksvraag voor deze proef was het bepalen van het effect van composteren van gewasresten op de kopakker ten opzichte van een vloeistofdichte vloer op de compostkwaliteit en de nutriëntenverliezen. Door vergunningstechnische redenen kon deze proef pas opgestart worden in april 2014.

De oogstresten van prei komen vrij bij het kuisen van de prei op het landbouwbedrijf, ze werden op 15/04 aangevoerd van een bedrijf in Bornem. De gewasresten werden gemengd met 2 structuurrijke materialen, nl. roggestro en houtsnippers. Aan elke hoop werd tijdens het composteerproces (op 6/5) ook vers gras toegevoegd. Een overzicht van de behandelingen is weergegeven in Tabel 216.

Tabel 216: Overzicht behandelingen extra proef in het tweede proefjaar

Composthoop	Omschrijving
E	Oogstrest prei + roggestro + houtsnippers + gras, op beton
F	Oogstrest prei + roggestro + houtsnippers + gras, op kopakker

Op 18/04/2014 werd een gelijk volume van de alternatieve structuurrijke materialen genomen en afgewogen op een weegbrug. Daarna werden de materialen met de verreicher op de composteersite of de kopakker gelegd en gemengd met behulp van de compostkeerder om homogeniteit te verhogen. Van elk van de materialen werden vier mengstalen genomen voor chemische karakterisering. Op 18/04 werden overall evenveel (6280 en 6220 kg per hoop voor hoop E en F) preiresten toegevoegd. De rillen waren ongeveer 12 m lang en 3 m breed. Na het toevoegen van de preiresten werden de rillen onmiddellijk gekeerd en werden eveneens vier mengstalen genomen van het uitgangsmengsel zelf. Daarna werden de hopen afgedekt met een compostdoek. Op 6/05 werd

bij elke hoop 1530 kg gras bijgestoken. In Tabel 217 wordt de uiteindelijke samenstelling op gewichtsbasis weergegeven voor de vier hopen.

Tabel 217: Samenstelling composthopen E en F bij aanvang (gras werd maar toegevoegd in de loop van het composteerproces)

Vers gewicht per hoop (kg)					
	prei	roggestro	houtsnippers	gras	totaal
E	6280	346	2500	1530	10656
F	6220	346	2240	1530	10336
Procentuele samenstelling op droge stof-basis (%)					
	prei	roggestro	houtsnippers	gras	totaal
E	35	10	45	10	100
F	36	11	43	10	100

A8.3.1 Analyse van de uitgangsmaterialen en het uitgangsmengsel

A8.3.1.1 OS, DS, N en P in uitgangsmaterialen en uitgangsmengsel

In Tabel 218 wordt per uitgangsmateriaal het gemiddeld procentueel OS-gehalte op drooggewicht, het procentueel DS-gehalte op versgewicht en de P- en N-concentraties en de bijhorende C:P- en C:N-verhoudingen gegeven. De bruine materialen (stro en houtsnippers) hebben een hoog OS-gehalte op drooggewicht. De prei heeft een lager OS-gehalte op DS, en de 2 groene materialen (prei en gras) zijn ook merkbaar natter (lager %DS). Deze batch prei was qua OS en DS-gehalte vergelijkbaar met de prei die werd gebruikt tijdens de eerste en tweede composteerproef.

De bruine stromen hebben een hoger totaal N-gehalte dan de houtsnippers en het roggestro. De prei vertoont een gelijkaardig totaal N- en P-gehalte (Tabel 219) als bij de vorige 2 composteerproeven. Bij de berekening van C/N en C/P werd uitgegaan van een OS/C-verhouding van 1,8. De C/N verhouding is hoog (> 100) voor de structuurmaterialen (roggestro, houtsnippers). De C/P verhouding is ook hoog voor deze bruine materialen. Prei, als groene stroom, heeft een lagere C/N, gelijkaardig aan de gebruikte prei in de eerste en tweede composteerproef.

Tabel 218: Gemiddelde en standaarddeviatie (n = 4) van de organische stof- (OS), droge stof- (DS), totale N en P-gehalten en de C:N- en C:P-verhouding van de uitgangsmaterialen (ADS: absoluut droge stof)

	OS	N _{totaal}	DS	P _{totaal}	C:N	C:P
	%/ADS	%/ADS	%/vers	mg/kg ADS	-	-
Stro	95.1 ± 0.2	0.49 ± 0.05	85.5 ± 1.3	1.2 ± 0.1	108.6 ± 11.7	429.2 ± 34.1
houtsnippers	97.9 ± 0.3	0.43 ± 0.04	52.2 ± 0.7	0.6 ± 0.1	127.1 ± 10.5	858.7 ± 84.7
Prei	63.8 ± 5.0	2.0 ± 0.09	16.0 ± 1.9	2.9 ± 0.1	17.8 ± 1.3	121.9 ± 6.5
Gras	91.4 ± 0.3	2.3 ± 0.07	17.9 ± 2.1	3.3 ± 0.2	22.1 ± 0.6	153.8 ± 8.9

Tabel 219: Gemiddelde en standaarddeviatie (n = 4) van de totale K, Mg, Ca en Na-gehalten van de uitgangsmaterialen (ADS: absoluut droge stof)

	K _{totaal}	Mg _{totaal}	Ca _{totaal}	Na _{totaal}
	mg/kg ADS	mg/kg ADS	mg/kg ADS	mg/kg ADS
Stro	8 ± 0.8	0.5 ± 0	1.9 ± 0.1	0.05 ± 0.01
houtsnippers	2.9 ± 0.1	0.5 ± 0	4 ± 0.4	0.04 ± 0
Prei	23.5 ± 1.7	2.2 ± 0.1	15 ± 1.6	0.28 ± 0.01

Gras	33.9 ± 4.3	1.9 ± 0.1	3.8 ± 0.6	2.6 ± 0.18
-------------	------------	-----------	-----------	------------

De C/N-verhouding werd ook afzonderlijk bepaald na het mengen van de uitgangsmaterialen (Tabel 220). Er wordt gestreefd naar een C/N van 25 à 35 van het uitgangsmengsel bij aanvang van het composteerproces. De mengsels hebben een lagere C/N-verhouding dan bij composteerproef 2.

Tabel 220: Gemiddelde (n = 4) C/N-verhouding van de uitgangsmengsels van beide composthopen (voor het toevoegen van het gras)

Uitgangsmengsel compost op beton	22.0 ± 6.5
Uitgangsmengsel compost op kopakker	14.7 ± 5.6

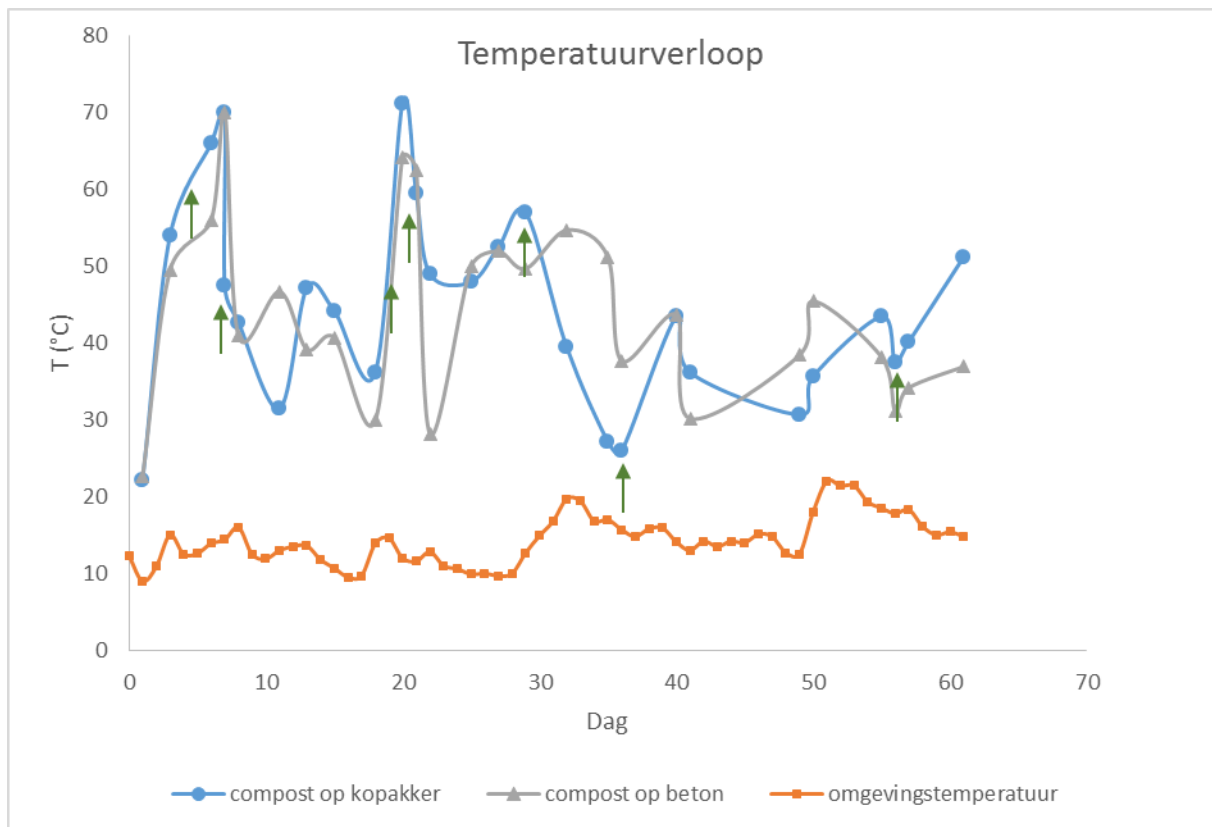
A8.3.1.2 Macronutriënten (K, Ca, Mg en Na)

In Tabel 17 worden de gemiddelde (n = 4) gehalten aan K, Ca, Mg en Na per uitgangsmateriaal weergegeven. De preiresten en het gras zijn een belangrijke bron aan K en Mg, en de preiresten bevatten zeer veel Ca t.o.v. de andere materialen.

A8.3.2 Verloop compostering

Op 18/04/2014 werden de hopen opgezet en afgedekt met een compostdoek. Het keren gebeurde met een compostkeerder type TG 301 (Gujer Innotec AG). De noodzaak om te keren werd bepaald op basis van het temperatuurverloop (Figuur 117) en CO₂-metingen. De vereiste om te keren was het grootst kort na opzet, maar in tegenstelling tot de vorige proeven liepen de CO₂-gehalten niet op (geen waarden gemeten > 1% CO₂).

Omdat de temperatuur en dus de activiteit in de hopen daalde en de preiresten reeds verteerd waren, werd op dag 19 extra gras toegevoegd. Dit zorgde onmiddellijk voor een temperatuurstijging bij de twee hopen. Beide hopen werden in totaal 7 keer gekeerd. Bij beide hopen werd op 3 momenten extra water toegevoegd, nl; op 16/5 (200l bij de hoop op beton en 350 bij de hoop op de kopakker), op 23/5 (500l bij elk van de hopen) en 12/6 (1000l bij elk van de hopen).



Figuur 117: Temperatuurverloop tijdens het composteerproces. De pijlen geven aan wanneer de hoop gekeerd werd.

A8.3.3 Staalname van de composthopen

De compostproef werd na ongeveer 9 weken stopgezet. Op 17 juni 2014 werden de hopen bemonsterd. De composten werden niet afgezeefd.

A8.3.4 Analyse van de eindproducten

Tabel 221: Gemiddelde (n = 4) bulkdensiteit van de ongezeefde en afgezeefde composten (fractie < 1 cm). Waarde “x” in de laatste kolom geeft aan voor welke eigenschappen de waarden significant verschillend zijn tussen beide composten, getest via de t-test (p < 0.05).

Matrix		Beton	Kopakker	t-test
pH-H2O	-	8.7 ± 0.1	9.1 ± 0.1	x
EC	µS/cm	1010 ± 34	872 ± 61	x
OS	%/ADS	64.3 ± 5.5	49 ± 4.8	x
OS	%/vers	31.9 ± 2.4	29 ± 2.6	
Ntotaal	%/ADS	1.67 ± 0.12	1.33 ± 0.09	x
DS	%/vers	49.6 ± 1.2	59.3 ± 0.7	x
volumegewicht	g/l vers substr	230.6 ± 7.5	252.3 ± 19.6	
OUR	mmol/kg OS/uur	4.2 ± 5.8	2.9 ± 4	
NO₃-N	mg/kg DS	47 ± 28	6 ± 3	x
NH₄-N	mg/kg DS	46 ± 2	57 ± 38	
P_totaal	mg/kg ADS	3.2 ± 0.3	2.6 ± 0.1	x
K_totaal	mg/kg ADS	23.1 ± 0.6	15.2 ± 0.5	x
Mg_totaal	mg/kg ADS	2.0 ± 0.1	1.7 ± 0.1	x
Ca_totaal	mg/kg ADS	11.5 ± 1.1	9.6 ± 0.5	x
Na_totaal	mg/kg ADS	0.4 ± 0.1	0.3 ± 0.1	x
C/N	-	19.2 ± 1.9	21.9 ± 1.3	
C/P	-	112.9 ± 20.6	103.7 ± 14.6	

De gemiddelde bulkdensiteit is gelijkaardig voor beide composten (Tabel 221) maar ligt duidelijk lager dan bij de vorige proef. De niet-gezeefde composten op basis van prei uit de vorige proef hadden een bulkdensiteit van 471-509 g/l. Mogelijks is het feit dat de composten van de derde proef droger zijn dan bij de tweede proef, hiervan de oorzaak. De pH ligt tussen de 8,7 en 9,1. De pH ligt binnen de federale norm voor compost. De elektrische geleidbaarheid van de composten zijn hoger dan deze van de vorige composteerproef (247-436 µS/cm voor de compost met prei). De Lagere EC voor hoop op de kopakker stemt overeen met diens lager elementengehalten. De hoop op de beton heeft een lager % DS en was telkens voelbaar vochtiger dan de hoop op de kopakker, wat er op kan wijzen dat de compost van de site afstromend water opneemt.

De compost van de kopakker heeft het laagste OS-gehalte, zowel op DS-basis als op vers, en heeft het hoogste DS-gehalte. Het lagere OS-gehalte kan verklaard worden door aarde die bij de hoop op de kopakker in de compost terecht kwam. De composten voldoen aan de federale verplichting van meer dan 16% OS/vers. Het DS-gehalte ligt boven de norm van 50% voor de hoop op de kopakker, en op de norm voor de hoop op de beton. De compost op de beton en de kopakker zijn duidelijk droger dan de composten uit de tweede composteerproef (26-32%DS/vers).

De stabiliteit van de composten wordt beoordeeld op basis van de OUR-waarde via oxitop, de C/N-verhouding en de minerale N-concentraties. De wettelijke norm voor compost is 15, voor VLACO-compost is de norm 10 mmol O₂ per kg organische stof per uur. De composten hebben een OUR-waarde kleiner dan 5 wat betekent dat ze zeer stabiel zijn.

Bij beide composten werd minerale N gemeten, maar de gemeten NO₃-N-concentratie was relatief laag (hier uitgedrukt als mg/kg DS). Een verhouding van NO₃-N/NH₄-N > 1 wijst op een zekere rijping,

wat hier het geval is voor de compost op de beton. De composten zijn veel stabiel in vergelijking met de eerste composteerproef en vergelijkbaar met de composten van de tweede composteerproef.

De compost op de kopakker heeft de laagste concentratie aan totale P, K, Mg, Ca, Na en Al in vergelijking met de andere compost. Mogelijks heeft de inmenging van aarde tijdens de compostering op de kopakker gezorgd voor een concentratieverdunding voor deze elementen, aangezien de concentraties in de bodem voor deze elementen lager zijn dan in het gecomposteerde materiaal.

Bij de extra composteerproef in het tweede jaar werd een gelijkaardige kwaliteit geproduceerd op basis van de gewasresten van prei als bij de proef met de verschillende structuurmaterialen (Tabel 19). Composteren op een betonnen ondergrond resulteerde echter in een compost met een hoger organische stofgehalte (op droge stofbasis). Dit heeft mogelijk te maken met een grotere inmenging van aarde tijdens de compostering op de kopakker, zoals aangegeven door de resultaten van de massabalans.

A8.3.5 Massabalans

De massa, en het %DS, %OS en %N van het uitgangsmateriaal, het uitgangsmengsel en de compost aan het einde van het proces werden bepaald, waardoor we een indicatieve massabalans kunnen opstellen om o.a. de N-verliezen te begroten. Uit de berekening kunnen we besluiten dat de N-verliezen bij de hoop op de beton iets lager zijn dan bij de hoop op de kopakker (Tabel 222), nl. 23 versus 27% van de N ging verloren. Het verlies van OS tijdens de compostering was voor beide hopen gelijk, terwijl het verlies op DS-basis lager is voor de hoop op de kopakker. De tegenspraak tussen het verlies op OS-basis en het verlies op DS-basis kan er op wijzen dat bij de hoop op de kopakker aarde (met een laag OS-gehalte) in de compost terecht kwam.

Tabel 222: Massabalans voor droge stof (DS), organische stof (OS) en N

	Droge stof		Organische stof		N	
	beton	kopakker	beton	kopakker	beton	kopakker
Totaal initieel (kg)	2880	2734	2450	2311	33.5	32.7
Gewichtsverlies (kg)	1344	931	1463	1428	7.8	8.7
% gewichtsverlies	47	34	60	62	23	27

A8.3.6 Effecten op minerale N in de bodem

Het effect van de composthoop op de kopakker op de minerale N in de bodem werd opgevolgd als volgt:

- Voor de start van de proef gebeurde een profielanalyse (0-30, 30-60, 60-90 cm) van de bodem op de kopakker (voor elke diepte een mengstaal bestaande uit 16 boringen, genomen van de plaats waar de hoop zou komen tot 5 m van de hoop);
- Op 19 mei 2014 (32 dagen na aanvang van de proef) gebeurde een tussentijdse staalname (profielanalyse 0-30-60-90 cm) van de bodem (kopakker) (Figuur 118):
 - Onder de hoop: zowel in het midden als aan de rand onder de hoop werden stalen genomen (voor elke diepte een mengstaal van 12 boringen per hoop)
 - Aan de rand van de hoop (zone onder de compostdoek; voor elke diepte een mengstaal van 12 boringen per hoop)
 - Op 5 m van de hoop (voor elke diepte een mengstaal van 8 boringen per hoop)



Figuur 118: Bemonstering van de bodem (kopakker).

- Bij het aflopen van de proef, op 17 juni 2014 (61 dagen na aanvang van de proef), werden bodemstalen op de kopakker genomen voor een profielanalyse (0-30, 30-60, 60-90 cm) (Figuur 38):
 - In het midden onder de hoop (voor elke diepte een mengstaal van 9 boringen per hoop)
 - Aan de rand van de hoop (zone onder compostdoek; voor elke diepte een mengstaal van 6 boringen per hoop)
 - Aan de rand van de hoop (zone buiten compostdoek; voor elke diepte een mengstaal van 6 boringen per hoop)
 - Op 5 m van de hoop (voor elke diepte een mengstaal van 6 boringen per hoop)

Bij de opvolging van de minerale N in de bodem onder en naast de composthoop voor, tijdens en na de compostering bleek dat de compostering een duidelijke invloed heeft op de verdeling van de minerale N over het profiel en op het aandeel $\text{NO}_3\text{-N}$ versus $\text{NH}_4\text{-N}$ (Figuur 119) en op de verdeling van het vocht in de bodem (Figuur 40). De vastgestelde concentraties aan minerale N onder en naast de hoop zijn het resultaat van verschillende processen:

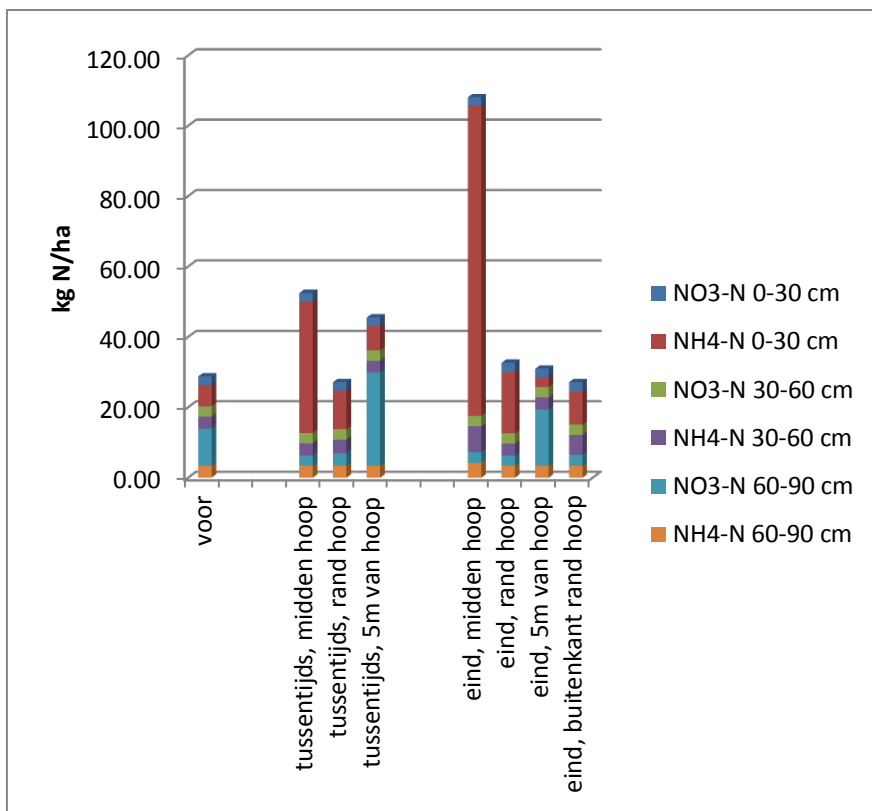
Onder de hoop zorgt het composteerproces voor hogere temperaturen, voornamelijk in de bovenste laag (. Hierdoor wordt de mineralisatie uit de organische stof versneld. De minerale N blijft echter als $\text{NH}_4\text{-N}$ aanwezig omdat er door de afbraakactiviteit in de composthoop mogelijks zuurstofgebrek is in de bovenste bodemlaag. Het vochtgehalte in de 0-30cm laag is hoger onder de hoop (midden en rand, lager %DS) dan de strook op 5m afstand van de hoop, en dit zowel tijdens als na het composteerproces (Figuur 120). Dit kan het gevolg zijn van 2 effecten: of de bodem droogt meer uit naast de hoop, of er lekt toch wat water weg uit de hoop naar de bodem onder de hoop.

Doordat de composthoop afgedekt is met een toptexdoek, komt er geen regen doorheen de hoop op de bodem terecht, waardoor de uitspoeling via regen beperkter is dan in de stroken naast de hoop. Aan de rand van de hoop speelt het temperatuureffect mogelijks een minder belangrijke rol, maar de strook net buiten de doek vangt het water op dat van de doek stroomt: deze strook is dus natter, wat ook geïllustreerd wordt door het lager % DS in deze zone (Figuur 120).

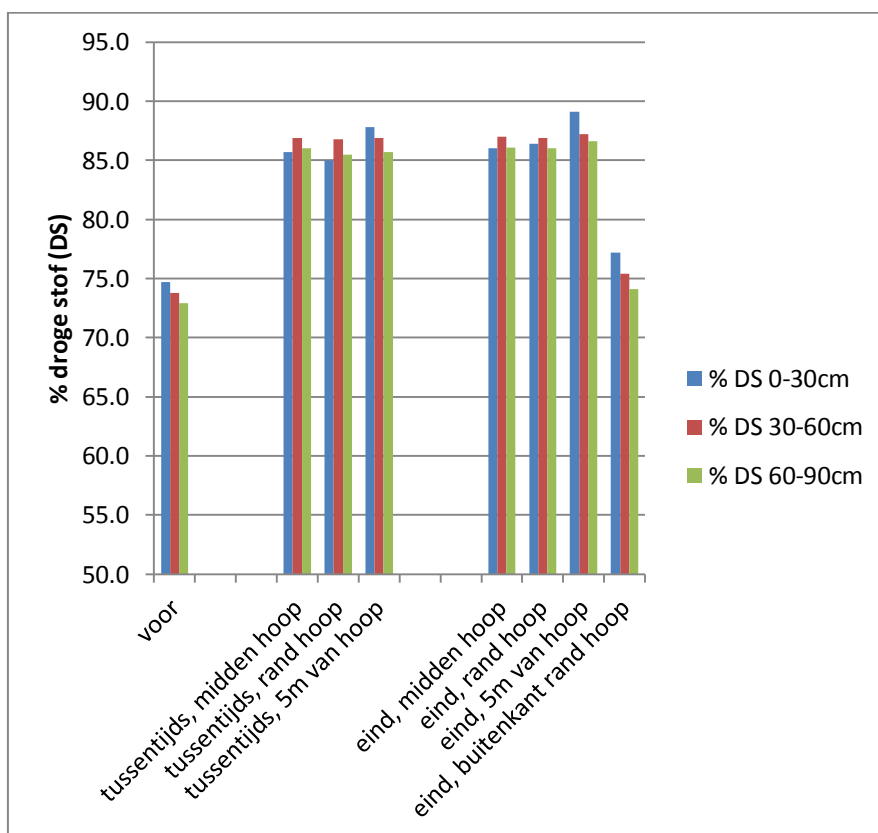
In de strook naast de hoop daalt het minerale N-gehalte tussen de tussentijdse en de eindstaalname. Dit kan te wijten zijn aan N-opname door het gras en/of uitspoeling naar dieptes >90 cm. Bij de strook op 5m van de hoop wordt een duidelijk hoger NO₃-N-gehalte vastgesteld in de 60-90 cm laag, zowel bij de tussentijdse als de eindstaalname.

Bij de tussentijdse staalname is het totaal aantal kg minerale N in de 0-90 cm-laag in het midden onder de hoop vergelijkbaar met de strook op 5m van de hoop, terwijl de waarde aan de rand van de hoop 18kg/ha lager ligt dan bij de strook naast de hoop. Bij de eindstaalname ligt het totaal aantal kg minerale N in de 0-90 cm-laag in het midden onder de hoop 77 kg/ha hoger dan bij de strook op 5m van de hoop, terwijl de waarde aan de rand (zowel binnen- als buitenkant) vergelijkbaar is met de waarde gemeten in de strook op 5m van de hoop.

Het netto-resultaat voor de uitgevoerde compostering is dat de bodem in het midden onder de composthoop aan het einde van de compostering meer dan dubbel zoveel minerale N bevat in de bovenste 90 cm dan de bodem op 5m afstand, bij de rand van de composthoop is dit verschil beperkt tot 5-10 kg N/ha. De oppervlakte waarover dit fenomeen zich voordoet, is beperkt slechts een deel van de oppervlakte bedekt door de composthoop. De minerale N onder de composthoop is voornamelijk in de 0-30 cm laag terug te vinden. Indien de composthoop weggehaald wordt bij het begin of tijdens het groeiseizoen, kan deze minerale N mogelijks nog benut worden door het gewas (in dit geval het gras).



Figuur 119: Verdeling van minerale N in de bodem over het 0-90 cm-profiel voor, tijdens en na het composteerproces, en dit zowel in het midden, aan de rand of op 5m van de composthoop.



Figuur 120: Droge stof (%/vers) in de bodem over het 0-90 cm-profiel voor, tijdens en na het composteerproces, en dit zowel in het midden, aan de rand of op 5m van de composthoop.

A8.6 Referenties

Gybels, R., Viaene, J., Vandervelden, J., Reubens, B. & Vandecasteele, B. (2013) Biomassa als bodemverbeteraar - Onderzoek naar de toepassing van beheerresten als bodemverbeteraar. Agentschap voor Natuur en Bos, Inverde & ILVO. 73 blz.

Appendix 9:

Inkuilen van oogstresten van groenten

Medewerkers

ILVO-EV Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek

Jarinda Viaene, Koen Willekens, Bart Vandecasteele

Appendix 9: Inkuilen van oogstresten van groenten

De evaluatie van het inkuilen van oogstresten van groenten werd uitgevoerd met oogstresten van prei, selder, bloemkool en witte kool, en dit in 2 verschillende kuilproeven. De resultaten worden gerapporteerd per proef. De gebruikte analysemethodes worden opgelijst in Appendix 8. De proeven werden uitgevoerd in de serre van ILVO in Merelbeke.

A9.1 Proefopzet inkuilen van het eerste proefjaar

Het inkuilen van gewasresten wordt als bewaringstechniek getest. Hierbij wordt niet (alleen) aan gebruik als veevoeder gedacht, maar tevens aan de mogelijkheid om nutriënten via ingekuilde oogstresten te bewaren en na de winter terug op het veld in te werken als bodemverbeterend middel of als plantenvoedende meststof. Het ingekuilde materiaal kan ook als input bij vergisting gebruikt worden.

De gewasresten van sluitkool, prei, bloemkool en bleekselder werden verfijnd (selder en prei versneden tot stukken van 5 cm, bloemkool en sluitkool versneden tot stukken van 5x5 cm, Figuur 121) en samen met restplant van korrelmaïs (in een 50/50 volume%-verhouding) ingekuild in speciale inkuilemmers van Agriton met een volume van 15l (Figuur 122). Deze emmers zijn voorzien van een rooster. Hieronder kunnen sapverliezen opgevangen worden en dus afzonderlijk bepaald worden.

Van elk van de uitgangsmaterialen werden bij aanvang van elke proef vier mengstalen genomen voor chemische karakterisering en een groter staal voor bepaling van de bulkdensiteit. Via de bulkdensiteit werd het gewicht bepaald van 21l van de groenteresten en de restplant van maïs, en op basis hiervan werd het mengsel gemaakt. Onmiddellijk na menging werden eveneens vier mengstalen genomen van het inkuilmengsel. De kuilqualiteit en de algemene eigenschappen van het materiaal wordt bepaald na 3 tot 4 maand inkuilen.



Figuur 8121: Verfijnde bloemkoolresten



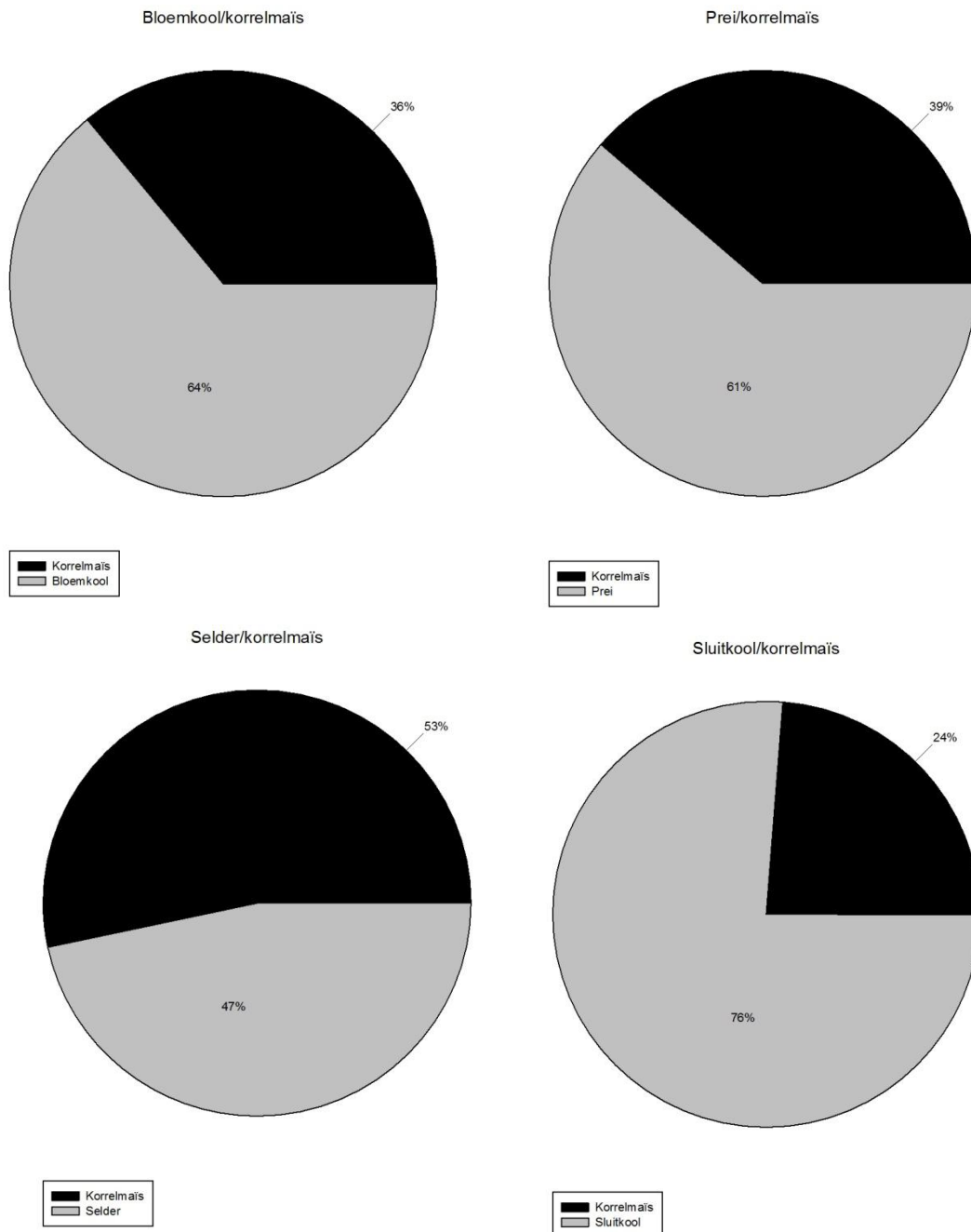
Figuur 122: Kuilemmers

De gewasresten van bleekselder en bloemkool werden manueel verzameld op het veld en bevatten weinig aarde. De preiresten zijn afkomstig van het kuisen van prei op een bedrijf in Handzame en werden op 6/06/2012 op het landbouwbedrijf opgehaald. De sluitkool (Figuur 4) is afkomstig van Meulebeke en werd machinaal van het perceel opgehaald en afgevoerd op 23/11/2012. Het inkuilen van bleekselder startte op 11/11/2012, voor sluitkool op 26/11/2012, voor bloemkool op 4/12/2012, en voor prei op 5/12/2012. Op 6/12/2012 werden de eerste inkuilemmers met bleekselder/maïsstro visueel geëvalueerd. De kuilqualiteit bleek op zicht zeer goed te zijn. De eerste twee weken kan er

veel activiteit verwacht worden door het optredende verzuringsproces, na 2 weken treedt normaal een stabilisatie op. Door de pH-daling die tijdens het inkuilen optreedt, wordt een stabiel materiaal verkregen waardoor de emmers met ingekuild materiaal lang bewaard kunnen worden.

Voor de gewasresten van prei en bleekselder werd telkens 42l vers materiaal (21l maïsstro en 21l gewasrest) gemengd, in de emmer gebracht en samengedrukt. Voor sluitkool en bloemkool was het materiaal minder samendrukbaar, er kon respectievelijk maar 33,1l en 34,6l van het mengsel in de emmer worden gebracht. De emmers werden gewogen in lege en gevulde toestand, en via de bulkdensiteit kon het exacte volume van het materiaal in de emmer bepaald worden.

In Figuur 123 wordt de procentuele samenstelling op basis van versgewicht van de vier soorten kuilsamenstellingen weergegeven. Op volumebasis werd telkens de helft gewasrest en de helft restplant van korrelmaïs in een kuilemmer (15 liter) gedaan.

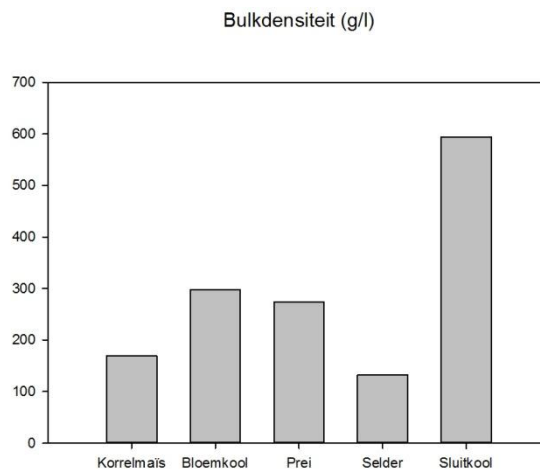


Figuur 123: Procentuele samenstelling op basis van versgewicht voor de verschillende kuilemmers (korrelmaïs: restplant van korrelmaïs)

A9.2 Analyse van de uitgangsmaterialen eerste proefjaar

A9.2.1 Gemiddelde bulkdensiteit

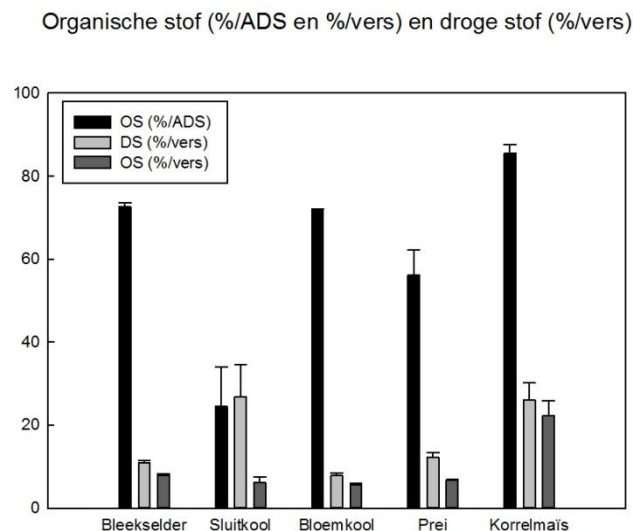
De gemiddelde bulkdensiteit voor de uitgangsmaterialen werd gemeten (Figuur 124). De restplant van de korrelmaïs was afkomstig van een veldproef op ILVO met energiemaïs. De planten werden manueel ontkolfd, en de rest van de plant werd op 5 cm van de bodem afgekapt en versnipperd. Dit materiaal werd in plastic zakken bewaard (ongeveer 15l materiaal per zak) in de frigo om telkens opnieuw te mengen met de verschillende gewasresten. Vóór gebruik werd dit maïsmateriaal elke keer bemonsterd om het effect van bewaren te kunnen opvolgen. Gezien geen grote veranderingen in de samenstelling en de bulkdensiteit van de restplant van korrelmaïs werden vastgesteld, werd met gemiddelde waarden over de vier bemonsteringen gewerkt.



Figuur 124: Gemiddelde verse bulkdensiteit (g/l vers materiaal) van de verschillende uitgangsmaterialen (gemiddelde van 2 metingen voor groenteresten, gemiddelde van 6 metingen voor maïs)

A9.2.2 Organisch stofgehalte en droge stofgehalte

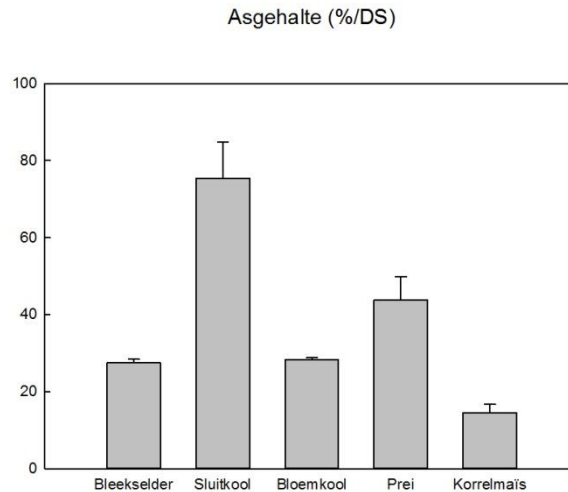
In Figuur 125 wordt per uitgangsmateriaal het procentueel OS-gehalte op drooggewicht, het procentueel DS-gehalte op versgewicht en het procentueel OS-gehalte op versgewicht weergegeven. Sluitkool en prei hebben een laag OS-gehalte op drooggewicht. Indien wordt omgerekend naar versgewicht worden de verschillen tussen de gewasresten kleiner (OS tussen 5-8%) door het hoger DS-gehalte van sluitkool en prei. Het OS-gehalte van de restplant van korrelmaïs is hoger dan deze van de andere gewasresten.



Figuur 125: Gemiddelde en standaardafwijking van %OS/ADS, %OS/vers en %DS/vers voor de verschillende uitgangsmaterialen (3 herhalingen voor groenteresten, 12 voor maïs, ADS: absoluut droge stof)

A9.2.3 Asgehalte

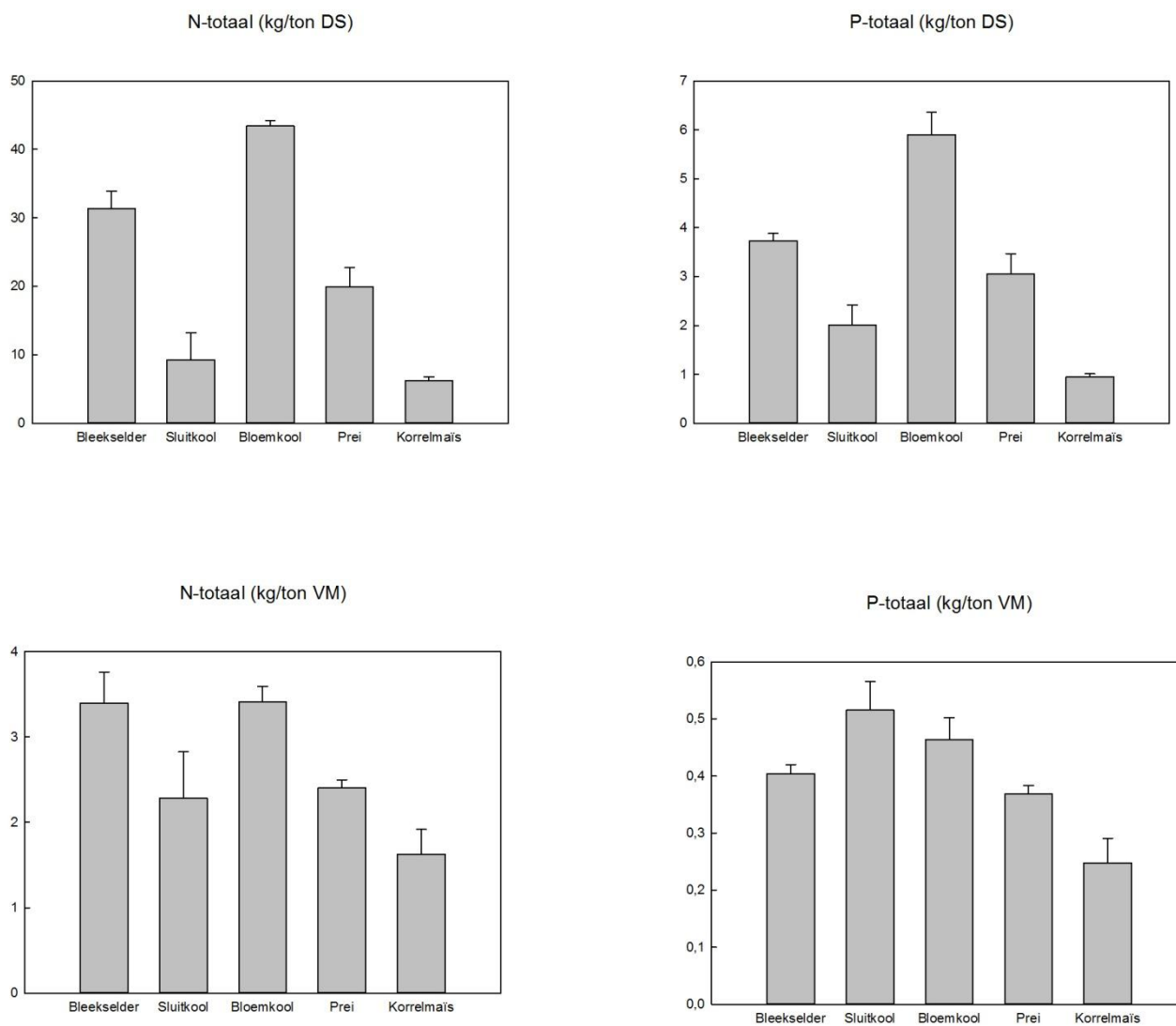
Het asgehalte meet de minerale fractie en zegt iets over de hoeveelheid bodemdeeltjes in de gewasresten (Figuur 126). Deze wordt berekend als $100 - \%OS/ADS$. Hieruit blijkt dat sluitkool (75%) en prei (44%) een hogere minerale fractie hebben dan bleekselder (27%) en bloemkool (28%). De resten van bleekselder werd bij de oogst direct verzameld (geen contact met de bodem). De resten van bloemkool werden manueel geoogst. De sluitkool werd pas eind november machinaal van het veld gehaald en bevat daardoor mogelijk meer aarde dan de selder en de bloemkool.



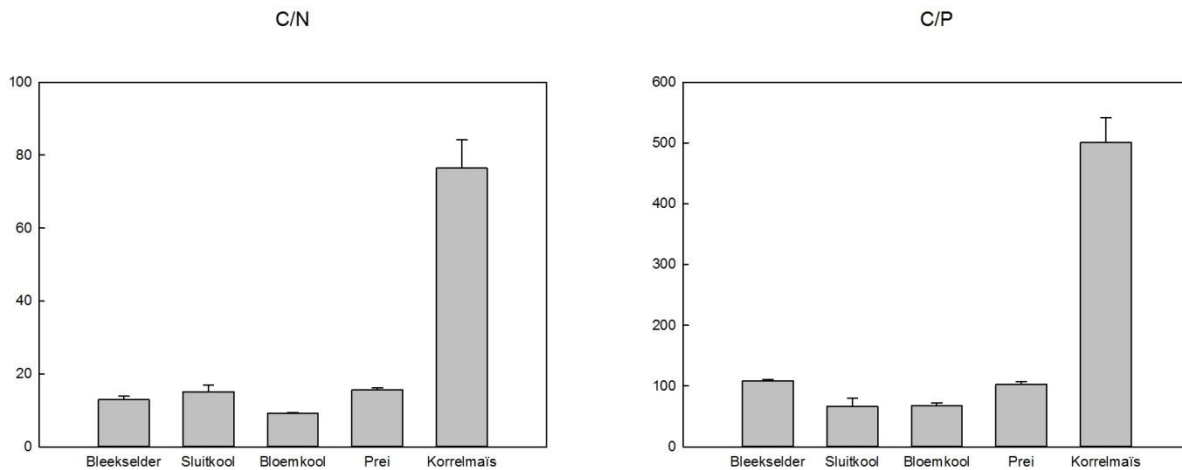
Figuur 126: Gemiddelde en standaardafwijking van het asgehalte (% op droge stof (DS)) van de verschillende uitgangsmaterialen (3 herhalingen voor groenteresten, 12 voor maïs)

A9.2.4 N, P, C/N en C/P

Bleekselder en bloemkool bevatten veel N op DS-gehalte (Figuur 127), de verschillen met de andere oogstresten worden kleiner wanneer rekening wordt gehouden met het DS-gehalte en de N-inhoud wordt uitgedrukt op versgewicht. Dezelfde redenering kan gemaakt worden voor P.



Figuur 127: Gemiddelde en standaardafwijking van het N en P-gehalte op droge stof (DS) (boven) en verse massa (VM) (onder) van de verschillende uitgangsmaterialen (3 herhalingen voor groenteresten, 12 voor de restplant van korrelmaïs)



Figuur 128: Gemiddelde en standaardafwijking van de C/N (links) en C/P verhouding (rechts) van de verschillende uitgangsmaterialen (3 herhalingen voor groenteresten, 12 voor maïs)

De C/N (tussen 9 en 15) en C/P (tussen 66 en 108) verhoudingen zijn gelijkaardig voor de gewasresten (Figuur 128). De restplant van korrelmaïs heeft een hogere C/N (76) en C/P (501) en bevat dus meer C, vandaar werd dit product ook als structuurmateriaal in de inkuilproeven gebruikt. Bij de berekening van C/P en C/N werd uitgegaan van een OS/C-verhouding van 1,8.

A9.2.5 Zware metalen

Er worden geen problemen met zware metalen verwacht, vandaar werden deze enkel bij de eerste inkuiling (bleekselder/korrelmaïsstro) gemeten.

A9.3 Staalname van de kuilen eerste proefjaar

Op 18/02/2013 werden de kuilen bemonsterd (1 staal per emmer, 4 emmers per inkuilmengsel). Hierbij werd de volgende procedure gevolgd:

- Gesloten emmer werd gewogen.
- De hoeveelheid sapverlies werd gecontroleerd, opgevangen en gewogen.
- De emmer werd geopend, met de hand werd materiaal genomen (in het midden van de emmer), het materiaal werd gemengd en gebruikt voor de chemische analyses. Per emmer werden 2 stalen vacuüm getrokken voor verdere analyses (bv. bepaling biogaspotentieel bij Inagro)
- Voor elk materiaal werd de verse bulkdensiteit bepaald. Op basis hiervan kunnen de gewichten berekend worden voor de extracties voor pH, het waterextract en het ammoniumacetaatextract (extracties op gewichtsequivalent van een bepaald volume).
- Voor elk materiaal is (1) de verse bulkdensiteit van de groenteresten en het maïsstro, (2) de verse bulkdensiteit in de kuilemmer en (3) de verse bulkdensiteit van de ingekuilde groenteresten gekend.

In Figuur 129 worden de kuilproducten afgebeeld.

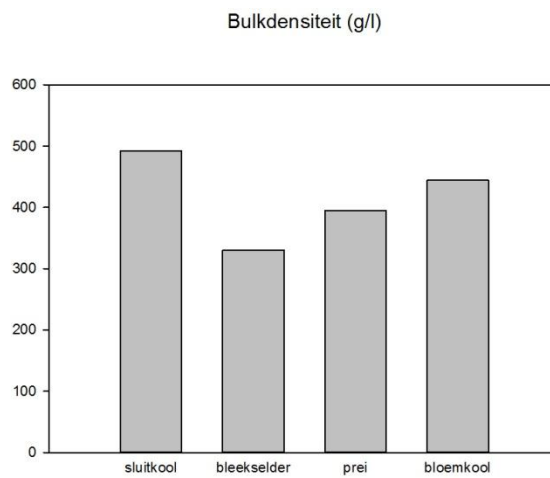


Figuur 129: Kuilproducten na inkuielen: Bloemkool (links boven), prei (rechts boven), selder (links onder) en sluitkool (rechts onder)

A9.4 Analyse van de kuilen eerste proefjaar

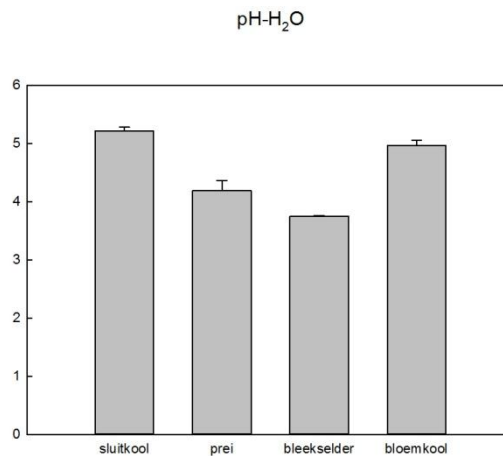
A9.4.1 Gemiddelde bulkdensiteit

In Figuur 130 wordt per kuilmateriaal de gemiddelde bulkdensiteit weergegeven.



Figuur 130: Bulkdensiteit (g/l) voor de vier kuilproducten

A9.4.2 Zuurtegraad (pH-H₂O)

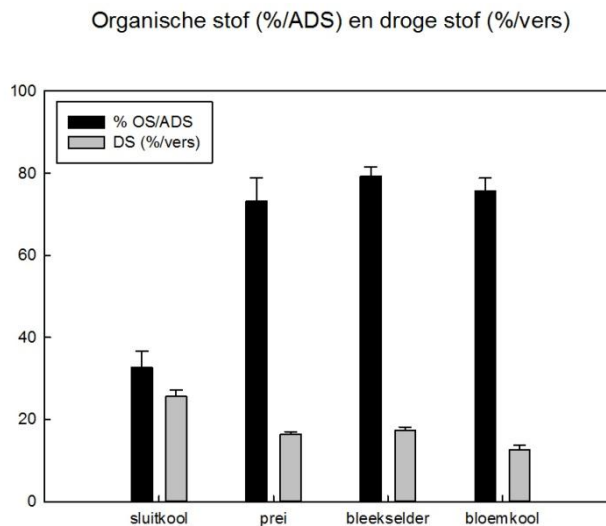


Figuur 131: Gemiddelde en standaardafwijking (4 herhalingen) voor de pH van de vier kuilproducten

De pH-H₂O ligt tussen de 3,75 en 5,21 (Figuur 131). Dit is aan de zure kant door de fermentatieprocessen die doorgingen tijdens het inkuilen. Een duidelijk hogere pH werd gemeten bij het mengsel van sluitkool of bloemkool, wat wijst op een minder goede inkuiling.

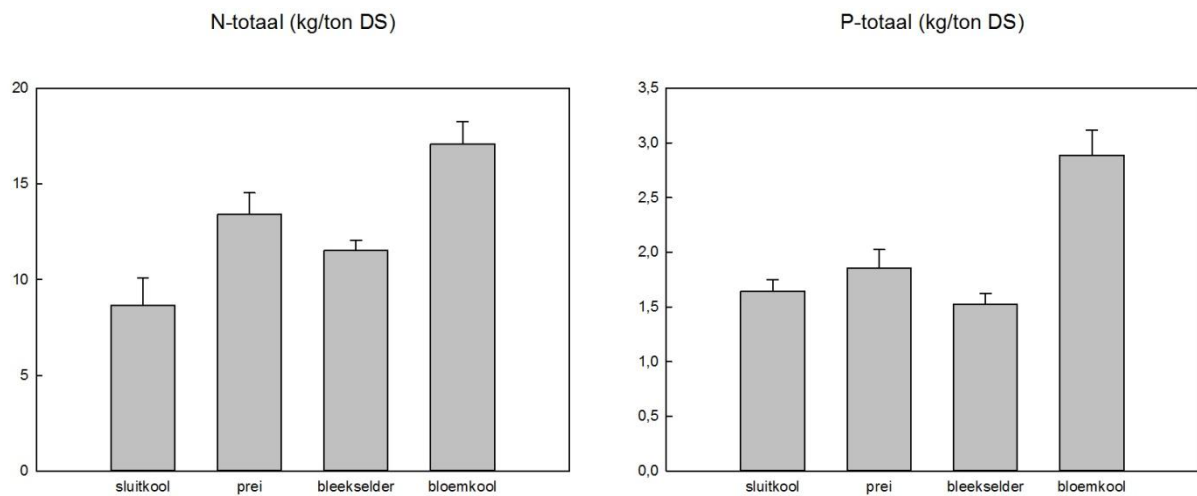
A9.4.3 Organische stofgehalte en droge stofgehalte

In Figuur 132 wordt het organische stofgehalte en droge stofgehalte voor de verschillende kuilen getoond. Hieruit wordt geconcludeerd dat de kuil op basis van sluitkool een lager OS-gehalte op DS heeft in vergelijking met de andere kuilproducten. Dit is te wijten aan het lager OS-gehalte van de sluitkool in vergelijking met prei, bleekselder en bloemkool (zie Figuur 5).

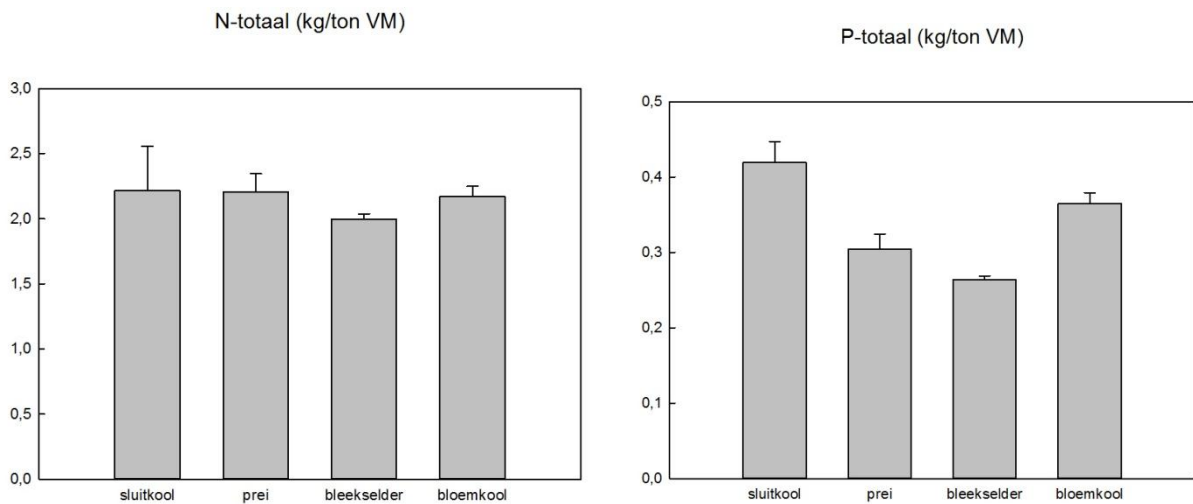


Figuur 132: Gemiddelde en standaardafwijking (4 herhalingen) van het procentueel gehalte organische stof (OS) op droge stof (DS) en procentueel DS-gehalte op verse massa voor de vier kuilproducten

A9.4.4 N, P, C/N en C/P



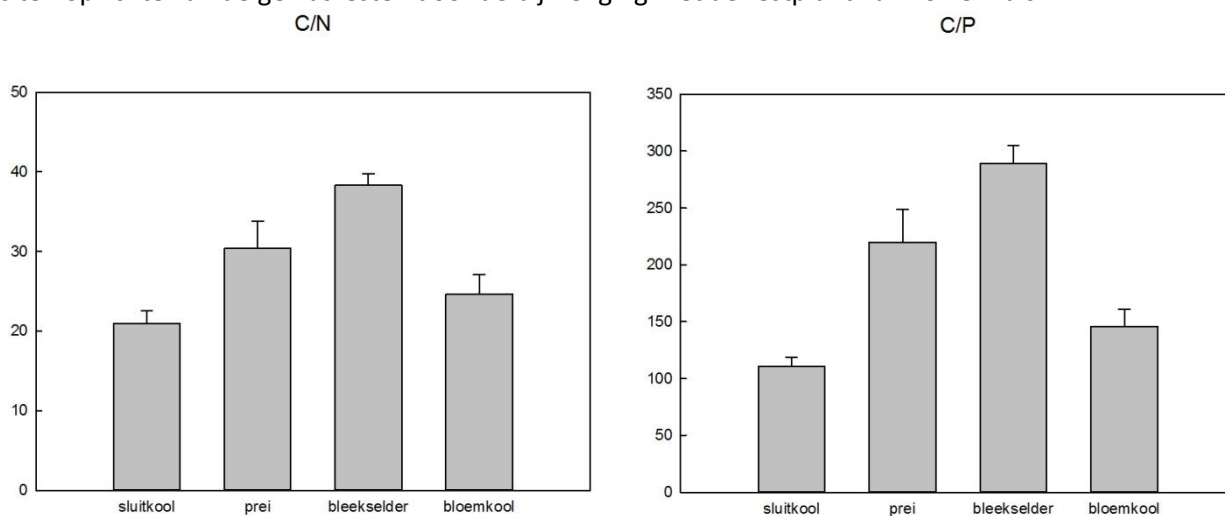
Figuur 133: Gemiddelde en standaardafwijking (4 herhalingen) van het totaal N-gehalte (links) en P-gehalte (rechts) in kg/ton droge stof (DS)



Figuur 134: Gemiddelde en standaardafwijking (4 herhalingen) van het totaal N-gehalte (links) en P-gehalte (rechts) in kg/ton verse massa (VM)

De kuilen op basis van bloemkool en prei bevatten meer N-totaal en P-totaal op DS dan deze op basis van sluitkool en selder (Figuur 133). Wanneer het N-totaal op verse massa wordt uitgedrukt (Figuur 134), verkleinen de verschillen tussen de inkuilproducten (door het hoger DS-gehalte van de kuilen op basis van sluitkool en selder, zie Figuur 132).

Figuur 135 toont de gemiddelde C/N en C/P verhoudingen voor de vier inkuilproducten. De C/N verhouding voor de kuilen ligt tussen de 21 en 40. Deze is sterk verhoogd na inkuilen door menging met de restplant van korrelmaïs (met hoge C/N). Bij aanvang was de C/N verhouding van de gewasresten gelijkaardig. De C/P verhouding ligt tussen de 110 en 296, wat ook een sterke toename is ten opzichte van de gewasresten door de bijmenging met de restplant van korrelmaïs.



Figuur 135: Gemiddelde en standaardafwijking (4 herhalingen) van de C/N en C/P-verhouding voor de kuilproducten op basis van 4 gewasresten

In Tabel 1 worden de ammonium-N ($\text{NH}_4\text{-N}$) en nitraat-N ($\text{NO}_3\text{-N}$) gehalten weergegeven. Hieruit blijkt dat sluitkool, bleekselder en bloemkool vooral $\text{NH}_4\text{-N}$ bevat, terwijl prei meer $\text{NO}_3\text{-N}$ bevat.

Tabel 223: Gemiddelde (4 herhalingen) $\text{NO}_3\text{-N}$ en $\text{NH}_4\text{-N}$ gehalten van de kuilproducten

	$\text{NO}_3\text{-N}$ mg/l substraat	$\text{NH}_4\text{-N}$ mg/l substraat
sluitkool	< 5,0	148,3
bleekselder	58,3	32,3
prei	< 5,0	52,2
bloemkool	< 5,0	229,9

A9.4.5 Zware metalen

Er is geen overschrijding van zware metalen in de ingekuilde materialen (Tabel 224).

Tabel 224: Gemiddeld totaalgehalte (4 herhalingen) aan zware metalen (Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn en Mn) voor de vier kuilproducten (mg/kg ADS)

	Cd_totaal mg/kg ADS	Cr_totaal mg/kg ADS	Cu_totaal mg/kg ADS	Pb_totaal mg/kg ADS	Ni_totaal mg/kg ADS	Zn_totaal mg/kg ADS	Mn_totaal mg/kg ADS
sluitkool	0,25	6,13	9,71	8,75	3,33	39,00	108,9
prei	0,14	3,30	6,24	4,30	6,08	47,65	101,4
bleekselder	0,12	1,95	4,32	3,73	1,78	35,38	57,6
bloemkool	0,13	2,18	4,24	3,55	1,53	35,88	61,3

A9.4.6 Totaal Ca, K, Mg, Na

In Tabel 225 wordt het totaal gehalte (gemiddelde van 4 herhalingen) aan K, Mg, Ca en Na weergegeven voor elk inkuilproduct.

Tabel 225: Gemiddelde van het totaal gehalte (4 herhalingen) aan Ca, K, Mg en Na voor de vier kuilproducten (g/kg ADS)

	K_totaal	Mg_totaal	Ca_totaal	Na_totaal
	g/kg ADS	g/kg ADS	g/kg ADS	g/kg ADS
sluitkool	11,8	1,65	12,6	0,47
prei	16,4	2,13	4,89	0,51
bleekselder	20,0	2,29	5,74	1,98
bloemkool	25,0	2,64	12,7	0,73

A9.4.7 Plantbeschikbaar Ca, K, Mg, Na en P

In Tabel 226 wordt het plantbeschikbaar gehalte (gemiddelde van 4 herhalingen) aan K, Mg, Ca, Na en P weergegeven voor elk inkuilproduct.

Tabel 226: Gemiddelde van het plantbeschikbaar gehalte (4 herhalingen) aan Ca, K, Mg, Na en P geëxtraheerd in ammoniumacetaat voor de vier kuilproducten (g/kg ADS)

	K	Mg	Ca	Na	P
	g/kg ADS	g/kg ADS	g/kg ADS	g/kg ADS	g/kg ADS
sluitkool	10,14	1,06	9,62	0,51	0,47
prei	14,70	1,86	4,93	0,92	1,28
bleekselder	9,76	1,10	3,35	1,64	0,70
bloemkool	19,07	1,96	9,37	0,99	2,13

A9.5 Massabalans en sapverliezen eerste proefjaar

De sapverliezen werden bij de bemonstering opgevangen (Tabel 5). Drie van de vier kuilemmers van zowel sluitkool als prei verloren sap. Het procentueel sapverlies op het verse gewicht van de kuilen is echter verwaarloosbaar (< 1%). De sapverliezen werden geanalyseerd op gehalte aan (totale) P en N (Tabel 227). De analyseresultaten geven aan dat de N- en P-verliezen beperkt zijn: slechts maximum 1,5% van de hoeveelheid N in de kuil gaat verloren via sapverliezen, voor P is dit <0,1% (Tabel 5).

Tabel 227: Sapverliezen per kuilemmer (ml) en N- en P-inhoud

	sapverlies	g N	g P	%N in sap	%P in sap
	ml	in sapverlies	in sapverlies	t.o.v. kuil	t.o.v. kuil
sluitkool 1	93,5	0,14	0,03	0,60	<0,01
sluitkool 3	32,1	0,05	0,01	0,23	<0,01
sluitkool 4	298,4	0,36	0,08	1,49	<0,01
prei 1	32,2	0,04	0,01	0,19	<0,01
prei 3	31,3	0,04	0,01	0,22	<0,01
prei 4	49,1	0,07	0,02	0,35	<0,01

De emmers werden gewogen bij aanvang en op het einde van de inkuilproef. De gewichtsverliezen na het inkuilen waren verwaarloosbaar (gemiddeld 0,11 kg voor emmers met sluitkool, 0,09 kg voor emmers met bloemkool, 0,06 kg voor de emmers met selder en 0,07 kg voor emmers met prei). De massabalans voor droge stof, organische stof en totale N gaf aan dat er geen verliezen uit de emmer aangetoond konden worden, rekening houdend met de meetfout van de gewichtsbepalingen en de analyses.

A9.6 Beoordeling van de gebruikswaarde van het ingekuilde product

A9.6.1 Bodemverbeterend middel/meststof

Bij een oxitop-meting wordt de (schijnbare) stabiliteit (rijpheid) bepaald door het zuurstofverbruik onder gestandaardiseerde omstandigheden te meten in een gesloten respirometer. Zuurstof wordt verbruikt door de micro-organismen die op hun beurt CO₂ produceren. De geproduceerde CO₂ wordt vastgelegd. Door O₂-consumptie daalt de druk in de fles. De verandering in O₂ wordt gemeten als drukverschil. De Oxygen Uptake Rate (OUR) geeft aan hoe snel het organisch materiaal kan worden omgezet: hoe sneller (dus hoe hoger de waarde), hoe minder rijp en stabiel het materiaal is. Echter, dit vertelt enkel iets over de huidige microbiële activiteit volgens de actuele condities. Stel bv. dat minerale N de beperkende factor is, dan betekent een lage meetwaarde niet noodzakelijk dat alle uitgangsmateriaal werd omgezet. In Tabel 228 wordt per kuilproduct de gemiddelde OUR weergegeven over vijf dagen. Bleekselder had de laagste OUR en is dus het meest stabiel. In Tabel 229 wordt ter vergelijking voor de verschillende OUR de overeenkomstige mate van stabiliteit weergegeven voor compost. Het wettelijke minimum voor compost is 15, voor VLACO-compost 10 mmol O₂ per kg organische stof per uur. De inkuilproducten zijn dus in vergelijking met compost zeer onstabiel. Bij toepassing in de bodem zal nog veel OM worden omgezet. In Figuur 136 wordt het tijdsverloop van de druk in de respirometer (dus het zuurstofverbruik) weergegeven voor vijf dagen. Hieruit blijkt dat het inkuilproduct op basis van bleekselder een ander verloop vertoont dan de inkuilproducten met prei, sluitkool en bloemkool. Bij bleekselder wordt de eerste dag een sterke toename in de druk (meer negatief) waargenomen, wat erop wijst dat zuurstof snel wordt verbruikt. Deze toename stagneert van dag 2 tot dag 5. De andere inkuilproducten vertonen pas zuurstofverbruik vanaf dag 3. Op dag 3 is het zuurstofverbruik zeer groot, op dag 4 en 5 stagneert dit. Mogelijks is dit voor selder gelinkt aan het voorkomen van zowel NO₃-N als NH₄-N, terwijl bij de andere producten minerale N voornamelijk als NH₄-N voorkomt.

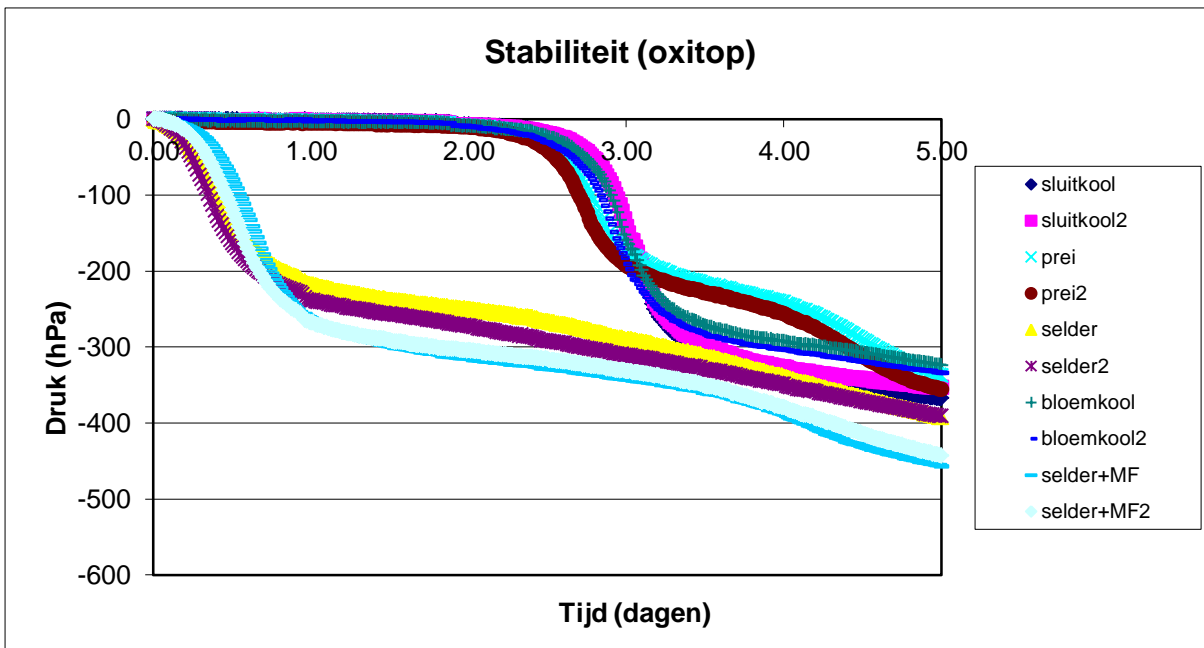
Algemeen kunnen we stellen dat de inkuilproducten potentie hebben om gebruikt te worden als bodemverbeterend middel of meststof, omdat het materiaal rijk is aan organische stof en toelaat om de nutriënten uit de gewasresten te benutten. De vraag is wel in hoeverre het materiaal door zijn beperkte stabiliteit bij het inwerken in de bodem initieel nutriënten uit de bodem zal vastleggen in plaats van de nutriënten uit het materiaal vrij te geven.

Tabel 228: Oxygen Uptake Rate (OUR) voor de verschillende inkuilproducten (gemiddelde van duplo-metingen)

Kuilproduct	OUR (mmol O₂/kg OS/uur)
Sluitkool	136,8
Prei	78,6
Bloemkool	81,1
Bleekselder	40,4

Tabel 229: Oxygen Uptake Rate (OUR) en mate van stabiliteit voor compost

OUR (mmol O₂/kg OS/uur)	Stabiliteit
< 5	Zeer stabiel
5 - 10	Stabiel
10-15	Matig stabiel
15-30	Onstabiel
> 30	Zeer onstabiel



Figuur 136: Tijdsverloop van de druk in de gesloten respirometers, waaruit de stabiliteit (oxitop-waarde) voor de verschillende inkuilproducten berekend wordt

A9.6.2 Veevoeder- en kuilkwaliteit

Om de kwaliteit van de inkuilmaterialen als veevoeder te testen, werden volgende parameters onderzocht: vetzuursamenstelling, eiwitgehalte, asgehalte en pH. De vetzuursamenstelling werd in het laboratorium van ILVO-DIER bepaald.

In Tabel 230 wordt per type kuilmateriaal het procentueel aandeel melkzuur, azijnzuur, propaanzuur en boterzuur weergegeven. Bleekselder bevat de meeste vetzuren. De voederwaarde werd bovendien beoordeeld volgens het systeem van Flieg (1938). Hieruit blijkt dat de kuil op basis van bleekselder zeer goed scoort, op basis van prei voldoende en op basis van sluitkool en bloemkool middelmatig (Tabel 231). Het ruw eiwitgehalte moet zo hoog mogelijk zijn voor toepassing in veevoeder, minstens 10-12%. Dit wordt benaderd door het totale N-gehalte (bepaald via N-dumas, Tabel 232) te vermenigvuldigen met 6,25. Bloemkool scoort hier het best. Ook het asgehalte is van belang bij de kwaliteitsbepaling als toepassing in veevoeder. Dit is gemiddeld 31,9%/ADS, wat toch relatief hoog is (Tabel 232). Het hoge asgehalte is niet toxisch voor de dieren, maar een zandgehalte boven de 15% is toch te vermijden. Vooral de kuil op basis van sluitkool heeft een zeer hoog asgehalte. De pH-H₂O (Tabel 232) was gemiddeld 4,53 en was zeer laag voor prei (3,75). De pH was hoog voor bloemkool en sluitkool, wat op een minder goede inkuiling wijst. Dit is waarschijnlijk te wijten aan de beperkte samendrukbaarheid van het mengsel met sluitkool of bloemkool, in vergelijking met het mengsel met selder of prei.

Op 4 kuilproducten werd de organische stof-verteerbaarheid bepaald (Tabel 233) nl. de kuilmengsels met 50 volume% selder en prei uit het eerste proefjaar, en de mengsels met 60 en 100 volume% prei uit het tweede proefjaar. De verteerbare organische stof werd op 2 manieren bepaald, nl. via de cellulase verteerbaarheidscoëfficiënt van de organische stof (CVCos) en de pensvocht organische stof verteerbaarheid (PVCos). Naast de kuilproducten werden ook 3 referentiestalen voor gras meegenomen met respectievelijk een zeer hoge, middelmatig-hoge en lage verteerbaarheid.

De hoogste OS-verteerbaarheid werd gemeten bij het kuilmengsel met 100% prei. De verteerbaarheid voor dit kuilmengsel was hoog in vergelijking met het referentiestaal voor gras met

een zeer hoge verteerbaarheid, en ook in vergelijking met bijv. suikerbieten die een OS-verteerbaarheid van 90-93% hebben (ILVO, 2011). We zien een duidelijk effect van het toegevoegde maïsstro: bij een hoger aandeel maïsstro daalt de OS-verteerbaarheid. Maïskuilvoeder is goed verteerbaar: zelden is de verteerbaarheid van de organische stof lager dan 70% (ILVO, 2011). In de inkuilproeven werd echter enkel maïsstro gebruikt, met een lagere OS-verteerbaarheid. De verteerbaarheid van graskuilvoeder ligt gemiddeld op het niveau van maïskuilvoeder, maar varieert meer (70-80%) (ILVO, 2011).

Algemeen kan besloten worden dat de kuilproducten potentie hebben om gebruikt te worden in veevoeder, vooral de kuil op basis van bleekselder scoorde zeer goed. Enkel het asgehalte zou nog moeten verlaagd worden. Wanneer de piste van gebruik voor veevoeder verder onderzocht wordt, dient in verdere analyses de OS-verteerbaarheid, de bestendigheid van het eiwit en de smaak te worden getest.

Tabel 230: Procentueel aandeel melkzuur, azijnzuur, propaanzuur, boterzuur en alcoholen op droge stof voor de verschillende inkuilproducten (ADS: absoluut droge stof)

	Melkzuur	Azijnzuur	Propaanzuur	Boterzuur	Alcoholen	Totaal zuren
	%ADS					
Sluitkool	0,00	3,22	0,27	0,85	1,07	4,34
Prei	2,44	4,82	0,46	0,00	2,22	7,73
Bloemkool	5,45	2,29	0,10	0,00	2,32	7,84
Bleekselder	0,00	6,32	0,29	1,50	1,31	8,11

Tabel 231: Beoordeling van de voederwaarde van de inkuilproducten volgens Flieg (1938)

	Melkzuur	Azijnzuur	Boterzuur	Totaal	Oordeel
	Punten volgens Flieg (1938)				
Sluitkool	0	0	24	24	Middelmatig
Prei	3	0	50	53	Voldoende
Bloemkool	0	0	26	26	Middelmatig
Bleekselder	21	15	50	86	Zeer goed

Tabel 232: N-totaal (%ADS) volgens Dumas, ruw eiwitgehalte (%ADS) asgehalte (%ADS) voor de verschillende inkuilproducten (ADS: absoluut droge stof)

	N-totaal (volgens Dumas) %ADS	Schatting ruw eiwitgehalte %ADS	As %ADS	pH-H ₂ O
Sluitkool	0,87	5,41	67,4	5,21
Prei	1,34	8,37	26,8	3,75
Bloemkool	1,71	10,67	24,3	4,97
Bleekselder	1,15	7,19	20,7	4,19

Tabel 233: Verteerbare organische stof voor 4 kuilmengsels, op 2 manieren bepaald, nl. via de cellulase verteerbaarheidscoëfficiënt van de organische stof (CVCos, De Boever et al., 1988) en de pensvocht organische stof verteerbaarheid (PVCos, Tilley & Terry, 1963). Naast de kuilproducten werden ook 3 referentiestalen voor gras meegenomen met respectievelijk een zeer hoge, middelmatig-hoge en lage verteerbaarheid. Er werden 2 kuilproducten uit het eerste proefjaar getest, en 2 producten uit het tweede proefjaar.

Staal	CVCos (%)	PVCos (%)	Volume% korrelmaïsstro
Referentie gras - zeer hoog	89	85	
Referentie gras - hoog/middelmatig	81	75	
Referentie gras - laag	65	67	
2013, prei	62	62	50
2013, selder	50	61	50
2014, 100 volume% prei	91	81	0
2014, 60 volume% prei	57	58	40

A9.6.3 Mogelijkheid voor valorisatie van groenten in de rundveevoeding (informatie van dr. ir. Johan De Boever, ILVO eenheid Dier)

In Tabel 234 wordt de chemische samenstelling en voederwaarde voor melk- en vleesvee van verschillende groenten gegeven en vergeleken met de voederwaarde van voederbieten als referentie

(CVB Veevoedertabel, 2011). Groenten (en bij uitbreiding gewasresten van groenten) kunnen mits enige aandachtspunten ingeschakeld worden in het rundveerantsoen. Om praktische redenen is dit minder evident voor de varkens- en pluimveevoeding. De hoeveelheid moet beperkt worden omwille van het vrij hoog suikergehalte, het laag droge stof gehalte en bijv. voor tomaten ook het hoog kaliumgehalte (kan aanleiding geven tot te slappe mest). Pure groenten (of groenteresten) kunnen dus beter niet als voeder gebruikt worden. Groenten hebben een lager suikergehalte en een lagere energiewaarde dan voederbieten.

Groenten worden gekenmerkt door een hoog asgehalte op droge-stofbasis. Omdat groenten een laag DS-gehalte hebben, nemen de mineralen een hoog aandeel in op DS-basis, wat leidt tot een hoog asgehalte. Bij groentenresten komt hier nog het probleem van de inmenging van minerale bodemdeeltjes bij, wat leidt tot een verdere toename van het asgehalte.

Het laag DS-gehalte houdt een beperking in wanneer deze in een voedermengwagen zouden gemengd worden (te nat voeder, neemt grote volumes in). De voederwaarden zijn goed tot zeer goed. Men kan groenten ook inkuilen samen met bijv. kuilmâis in een verhouding 60/40 of samen met gehakseld stro in een verhouding van 30/70. De mengverhouding hangt vooral af van het DS-gehalte van het andere voedermiddel, waarbij men globaal minimum 25% DS moet nastreven om aldus sapverliezen te beperken. Om een goede aandrukking te bekomen, wordt best nog een dikke laag kuilmâis (± 50 cm) erboven aangebracht en vervolgens met folie luchtdicht afgesloten.

Het gebruik van groenten moet uiteraard verenigbaar zijn met de praktische mogelijkheden op het bedrijf. Zelden zal men in de praktijk grote hoeveelheden kunnen verstrekken om het DS gehalte van het rantsoen niet te drastisch te verlagen. Echter omwille van het risico op bederf, zal er vermoedelijk vrij snel moeten van vervoederd worden. De waarden die we geven zijn indicatief en ILVO heeft geen ervaring met het gebruik en de smakelijkheid van deze groenten. Een bijkomend aandachtspunt op IKM-melkveebedrijven is dat de leveranciers van voeders het GMP-label moeten hebben.

Groenten en oogstresten van groenten kunnen dus ingemengd worden in een kuilmengsel ifv. veevoeding. Met uitzondering van de kuil met sluitkool in het eerste proefjaar en de kuil met selder in het tweede proefjaar lagen de DS-waarden in de kuilen onder het minimum van 25% DS (na te streven om aldus sapverliezen te beperken). Beide kuilen hadden echter een zeer hoog asgehalte door het hoge aandeel aarde.

In deel A6 (onder A6.9.4.3 Invloed afsnijhoogte op oogstkwaliteit) wordt de voederkwaliteit ingeschat van bloemkoolresten die op verschillende hoogte geklepeld werden. Op deze stalen werd droge stof, ruw eiwit, ruwe as (100- organische stof) en ruwe celstof bepaald, en hieruit werden de waarden voor VEM (voedereenheid melk), VEVI (voedereenheid vleesvee intensief), DVE (darmverteerbaar eiwit), OEB (= onbestendig eiwit balans), VOS (=verteerbaar organische stof), FOS (fermenteerbare organische stof), OEB 2u en FOS 2u (hoeveelheid OEB en FOS na een verblijf van 2uur in de pens), en structuurwaarde en verzadigingswaarde geschat. Bij afklepelen op de grootste afstand tov. de bodem (12 cm) werd het laagste asgehalte (20%/DS) vastgesteld. Naarmate dichter bij de bodem geklepeld wordt, neemt het asgehalte toe, dit wijst op een hoger aandeel aarde in het materiaal. Dit leidt tot een verdunningseffect op de parameters voor de voederwaarde: als de waarden omgerekend worden naar 100% organische stof zijn de waarden voor de 3 fracties gelijkaardig.

Het ruw eiwit-gehalte ligt hoog in groenten en in de verzamelde/opgehaalde groentenresten, maar de hoge waarde voor OEB geeft aan dat er grote fractie N niet gebonden is, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van hoge concentraties aan minerale N in de oogstresten. De OEB-streefwaarde voor melkvee is +100 en voor vleesvee +0, hogere waarden wijzen op het risico op ammoniakvorming in

de pens (bijv. voor bloemkool, andijve en spinazie (Tabel 12) of bloemkoolresten (Tabel 11 in A6.9.4.3).

Gewasresten van groenten kunnen (al dan niet na inkuilen) dus deels in het voederrantsoen opgenomen worden mits het aandeel aarde in het materiaal beperkt kan worden.

Tabel 234: Chemische samenstelling en voederwaarde voor melk- en vleesvee (Bron: CVB Veevoedertabel (2011)). VEM (voedereenheid melk), VEVI (voedereenheid vleesvee intensief), DVE (darmverteerbaar eiwit), OEB (= onbestendig eiwit balans), SW (structuurwaarde).

	Komkommer	Tommaat	Paprika	Spruitkool	Bloemkool	Rode/witte/savooikool	Andijvie	Spinazie	Sla	Prei	Ter vergelijking: voederbieten
Droge stof (g/kg)	58	63	125	162	72	85	52	94	61	100	143
Chemische samenstelling (g/kg DS)											
Ruw eiwit	156	164	163	227	295	164	290	256	237	165	80
Ruw vet	20	47	37	27	22	35	22	37	45	24	10
Ruwe celstof	136	96	176	139	111	195	122	99	116	121	61
Suikers	391	518	375	200	150	nb	156	nb	100	400	552
As	102	90	62	84	138	55	164	186	175	97	92
Ca	39	5	1	-	-	-	-	10	12	4	2
P	6	12	3	7	6	4	6	6	5	4	2
K	39	114	-	28	43	33	75	62	56	32	27
Voederwaarde (op DS)											
VEM	907	973	864	1072	1030	1063	954	953	966	970	1062
VEVI	953	1032	880	1156	1109	1136	1015	1019	1032	1034	1175
DVE (g)	126	134	125	94	95	72	95	80	87	102	101
OEB (g)	-51	-53	-50	64	127	32	123	110	86	-3	-97
SW	1,00	0,60	0,60	1,29	0,92	2,02	1,00	1,00	0,60	0,60	1,05

A9.7 Proefopzet kuilen van het tweede proefjaar

Bij de eerste inkuilproef scoorden de oogstresten van selder, prei en bloemkool het best op vlak van de mogelijke toepassing als bodemverbeterend middel en als voedertoepassing. Vandaar werden deze oogstresten opnieuw gebruikt in een tweede inkuilproef. Doel was enerzijds om de resultaten van het eerste proefjaar te bevestigen met materiaal van een ander proefveld, en anderzijds om te testen of het aandeel aan gewasresten van groenten in het mengsel verhoogd kon worden.

Oogstresten van selder werden ingekuuld op 24/10/2014. De gewasresten werden enkele dagen ervoor manueel verzameld op het proefveld in Staden. Aangezien de oogstresten voor het grote deel rot bleken bij aankomst op ILVO, kon slechts één emmer worden gevuld. De niet-rotte gewasresten werden verfijnd tot stukken van 5 cm en samen met restplant van korrelmaïs (50/50 volume%) ingekuuld in speciale inkuilemmers (15 liter) van Agriton (Figuur 137). Op 15/01/2014 werden oogstresten van prei in verschillende verhoudingen met restplant van korrelmaïs ingekuuld om na te gaan wat de maximale hoeveelheid prei is die kan verwerkt worden. De prei was zeer vers materiaal (dezelfde prei als in de composteerproef), het betrof volledige stengels die werden versneden in stukken van < 3 cm (fijner dan vorig jaar). Volgende volumeverhoudingen prei/korrelmaïs werden getest: 100/0, 75/25 en 60/40. Ook voor gewasresten van bloemkool werd een grotere hoeveelheid ten opzichte van de restplant korrelmaïs getest (75/25). De gewasresten waren afkomstig van het proefveld in Ardoorie en werden verzameld op 13/02/2014 en diezelfde dag ingekuuld. Het materiaal bestond vooral uit nerven, de bladeren zelf waren al sterk afgebroken. De gewasresten werden versneden in stukken van < 3 cm (fijner dan vorig jaar). In Tabel 235 wordt een overzicht weergegeven van de verschillende behandelingen. Het weergegeven van het aandeel in volume% laat toe om snel een beeld te vormen van de samenstelling (50/50 vol% is een halve emmer van het ene materiaal gemengd met een halve emmer van het andere materiaal). Omdat de materialen soms een verschillende bulkdensiteit hebben, kan de verdeling op gewichtsbasis soms een vertekend beeld geven.

Van elk van de uitgangsmaterialen werden bij aanvang vier mengstalen genomen voor chemische karakterisering en een groter staal voor bepaling van de bulkdensiteit. De kuilkwiteit en de algemene eigenschappen van het materiaal werden bepaald bij het bemonsteren van de kuilen op 10/03/2014 voor selder en prei en op 7/04/2014 voor bloemkool.



Figuur 137: Inkuilen van oogstresten selder (links) en bloemkool (rechts) met restplant korrelmaïs

Tabel 235: Overzicht behandelingen kuilproeven van het tweede proefjaar

Behandeling	Opstart	Einde	# maand ingekuuld
Prei/maïsstro (verhoudingen: 100/0; 75/25 en 60/40 vol%)	15/01/2014	10/03/2014	1,8
Selder/maïsstro (verhouding: 50/50 vol%)	24/10/2014	10/03/2014	4,6
Bloemkool/maïsstro (verhouding: 75/25 vol%)	13/02/2014	7/04/2014	1,8

In Tabel 236 wordt de procentuele samenstelling op basis van versgewicht van de kuilsamenstellingen weergegeven, zowel op gewichts- als volumebasis.

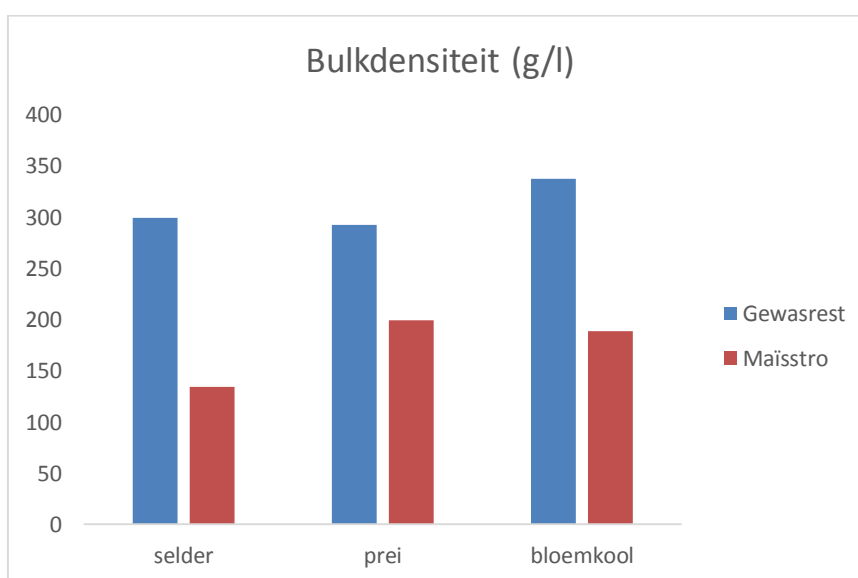
Tabel 236: Procentuele samenstelling inkuilemmers

Behandeling	Gewicht		Volume	
	% gewasrest	% maïsstro	% gewasrest	% maïsstro
selder 50/50	69%	31%	50%	50%
prei 100/0	100%	0%	100%	0%
prei 75/25	82%	18%	75%	25%
prei 60/40	69%	31%	60%	40%
bloemkool 75/25	85%	15%	76%	24%

A9.8 Analyse van de uitgangsmaterialen tweede proefjaar

9.8.1 Bulkdensiteit

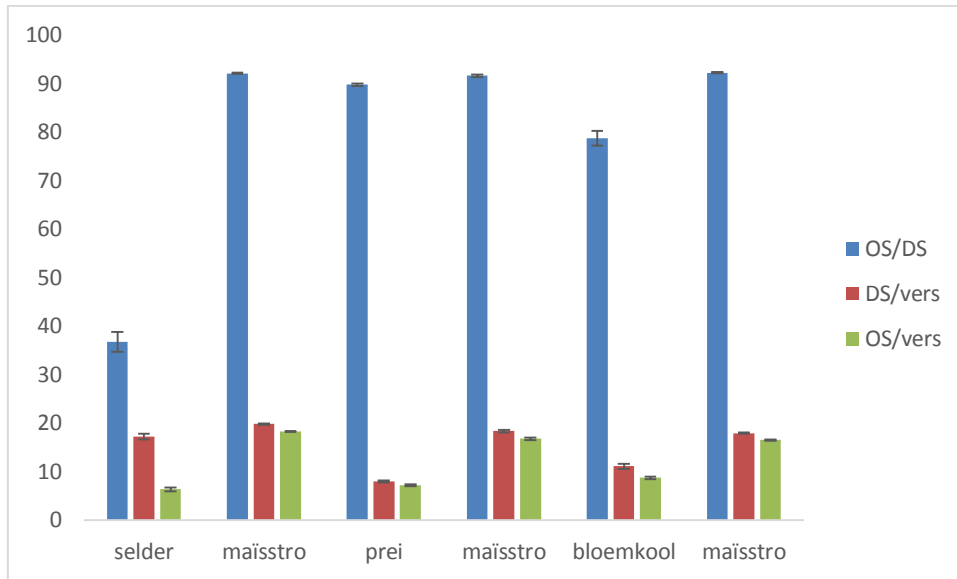
De gemiddelde bulkdensiteit voor de uitgangsmaterialen is weergegeven in Figuur 138. De resultaten zijn gelijkaardig aan de eerste inkuilproef, enkel selder en bloemkool hadden een iets hogere bulkdensiteit in het 2^e jaar t.o.v. het materiaal gebruikt in het eerste jaar, wat het gevolg kan zijn van een hoger aandeel nerf in het materiaal gebruikt in het tweede jaar. De hoge bulkdensiteit die vorig jaar vastgesteld werd bij de machinaal verzamelde gewasresten van sluitkool (600 g/l), werd in het tweede jaar bij geen enkel materiaal vastgesteld. De restplant van de korrelmaïs was afkomstig van een veldproef op ILVO met energiemais. De planten werden manueel ontkolfd, en de rest van de plant werd op 5 cm van de bodem afgekapt en versnipperd. Dit materiaal werd in de frigo bewaard om telkens opnieuw te mengen met de verschillende gewasresten. Deze werd elke keer bemonsterd voor gebruik om het effect van bewaren te kunnen opvolgen.



Figuur 138: Gemiddelde (n = 2) bulkdensiteit van de verschillende uitgangsmaterialen

9.8.2 Organische stofgehalte en droge stofgehalte

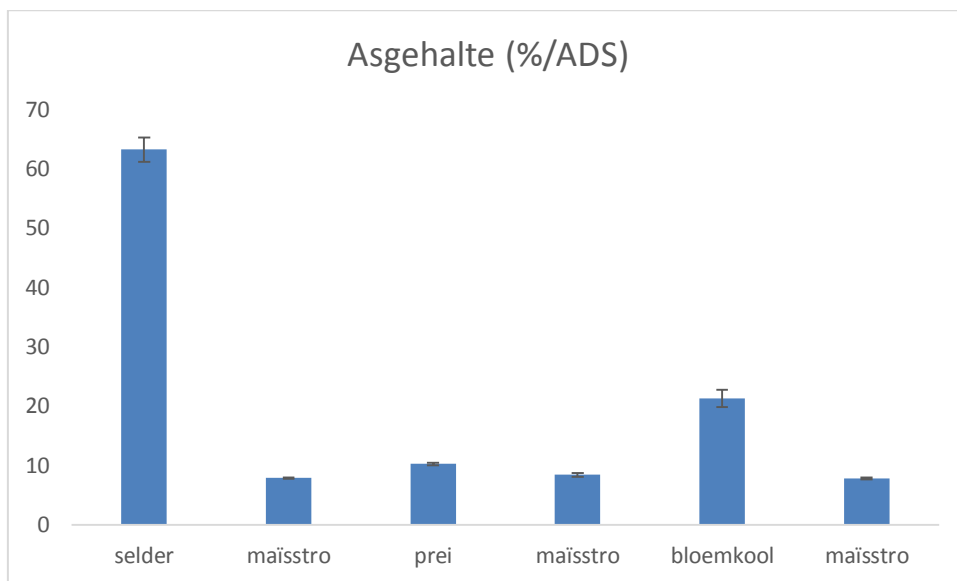
In Figuur 139 wordt per uitgangsmateriaal het procentueel OS-gehalte op drooggewicht, het procentueel DS-gehalte op versgewicht en het procentueel OS-gehalte op versgewicht weergegeven. Het gebruikte maïsstro was gelijkaardig in de drie behandelingen. De oogstresten van prei en bloemkool hebben een hoger OS-gehalte op DS, maar een lager DS-gehalte dan de oogstresten van selder. Op versgewicht is het verschil tussen de oogstresten kleiner.



Figuur 139: Gemiddelde (n = 4) OS- en DS-gehalte van de uitgangsmaterialen

9.8.3 Asgehalte

Het asgehalte zegt iets over de minerale fractie van de gewasresten (Figuur 140). Deze wordt berekend door $100 - \%OS/DS$. Uit de grafiek blijkt dat selder de grootste minerale fractie bevat.



Figuur 140: Gemiddeld (n = 4) asgehalte van de uitgangsmaterialen

9.8.4 Totale N- en P-inhoud, C/N en C/P-verhouding

De gewasresten van bloemkool bevatten meer N en P op de droge stof dan deze van prei en selder (Tabel 237), terwijl de concentraties aan N en P voor prei duidelijk hoger liggen dan voor selder. De C/N-verhouding is gelijkaardig voor de drie gewasresten (tussen 10 en 14), en gelijkaardig aan de C/N-verhoudingen tijdens de vorige inkuilproef. De restplant van korrelmaïs heeft een hogere C/N (50-55) en C/P en bevat dus meer C, vandaar werd dit product ook als structuurmateriaal in de inkuilproeven gebruikt. Bij de berekening van C/P en C/N werd uitgegaan van een OS/C-verhouding van 1,8.

Tabel 237: Gemiddelde (n = 4) totale N en P concentratie, C/N en C/P verhouding van de gewasresten en restplant korrelmaïs

	N_totaal	P_totaal	C/N	C/P
	%/ADS	g/kg ADS	-	-
selder	1,9 ± 0,1	2,53 ± 0,03	11 ± 0	81 ± 4
maïsstro	0,9 ± 0,0	0,75 ± 0,06	55 ± 3	686 ± 54
prei	3,7 ± 0,2	4,89 ± 0,11	14 ± 1	102 ± 3
maïsstro	1,0 ± 0,0	0,84 ± 0,05	50 ± 0	608 ± 36
bloemkool	4,1 ± 0,4	6,96 ± 0,13	11 ± 1	63 ± 2
maïsstro	1,0 ± 0,0	0,77 ± 0,05	53 ± 2	664 ± 47

De gewasresten van prei zijn net als vorig jaar afkomstig van een teler die de prei kuist op het bedrijf, maar de preiresten die in 2014 gebruikt werden, waren merkkelijk verser. De gewasresten van bloemkool werden manueel verzameld op het proefveld in Ardoeie. Het materiaal was duidelijk minder vers dan het materiaal dat in het najaar van 2012 verzameld werd. Hetzelfde geldt voor de gewasresten van selder, die in het najaar van 2013 in zeer natte omstandigheden manueel op het proefveld in Staden verzameld werden.

9.9 Staalname van de kuilen van het tweede proefjaar

De staalname aan het einde van de inkuilproef was analoog aan de eerste inkuilproef. De eindproducten worden afgebeeld in Figuur 141.

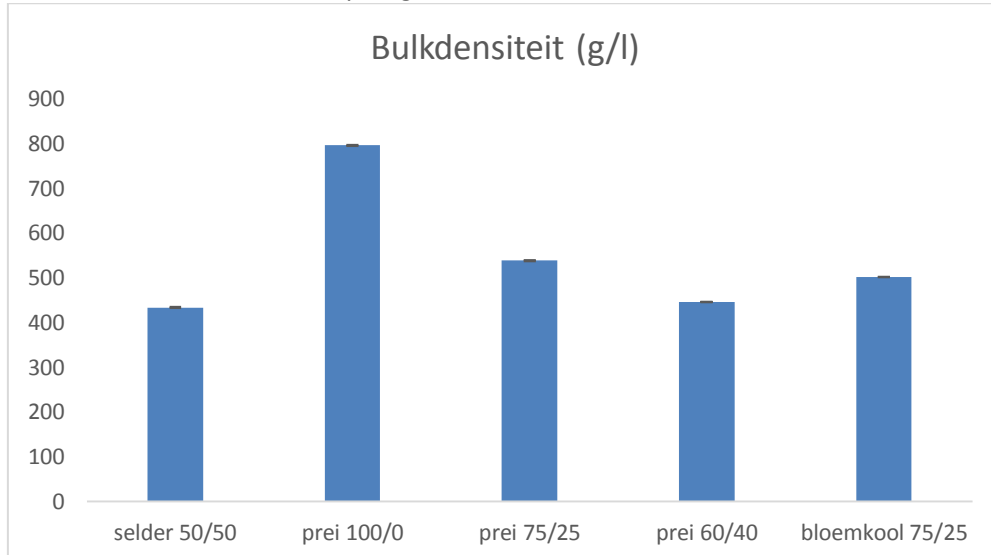


Figuur 141: Bemonstering van de kuilproducten. Links boven: prei 100/0, rechts boven: prei 75/25, links onder: prei 60/40 en rechts onder: selder 50/50

9.10 Analyse van de kuilen van het tweede proefjaar

9.10.1 Bulkdensiteit

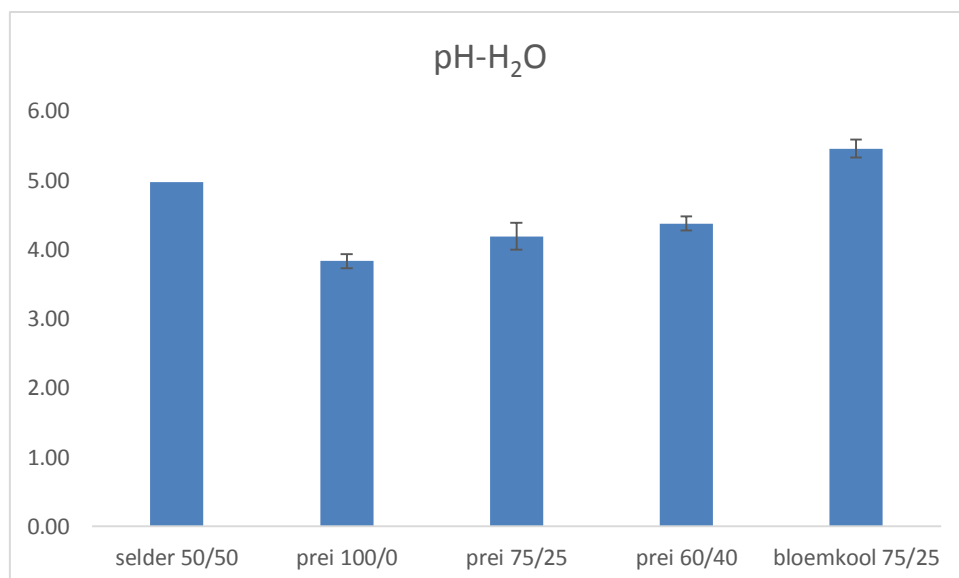
In Figuur 142 wordt per kuilmateriaal de gemiddelde bulkdensiteit weergegeven. Hieruit kan afgeleid worden dat naarmate het volumeaandeel prei toeneemt, de bulkdensiteit van de kuilen toeneemt. Dit komt omdat de bulkdensiteit van prei groter is dan die van het maïsstro.



Figuur 142: Gemiddelde (n = 4) bulkdensiteit van de kuilen

9.10.2 Zuurtegraad (pH-H₂O)

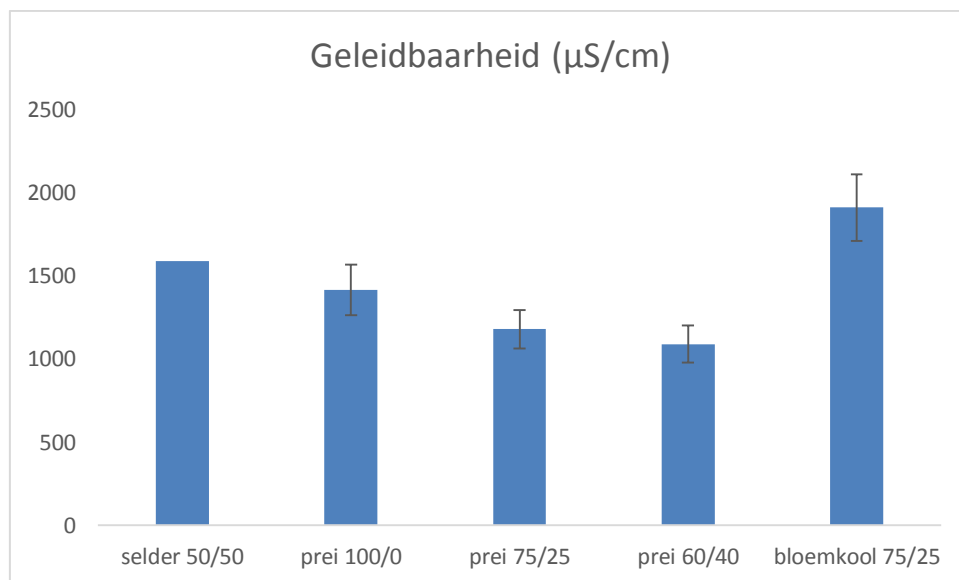
De pH-H₂O ligt tussen de 3,83 en 5,45 (Figuur 143). Dit is aan de zure kant door de fermentatieprocessen die doorgingen tijdens het inkuilen. Naarmate het aandeel prei in de kuil toeneemt, neemt de pH af. De kuilen met selder en bloemkool hebben een iets hogere pH dan deze met prei.



Figuur 143: Gemiddelde (n = 4) zuurtegraad (pH-H₂O) van de kuilen

9.10.3 Elektrische geleidbaarheid

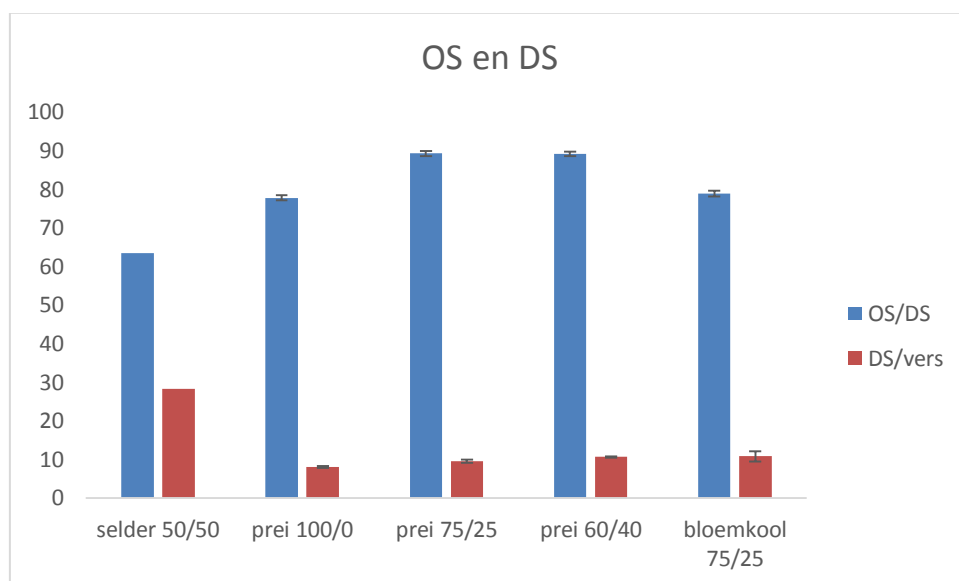
De elektrische geleidbaarheid ligt tussen de 1090 en 1912 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figuur 144). Deze neemt af naarmate er minder prei in de kuil aanwezig is en is het hoogst voor de kuil met bloemkoolresten. Voor potgrond worden EC-waarden lager dan 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ vooropgesteld. Deze kuilen kunnen dus niet puur gebruikt worden als grondstof in potgrond omdat door de hoge EC-waarden problemen met zoutconcentraties kunnen optreden.



Figuur 144: Gemiddelde ($n = 4$) elektrische geleidbaarheid (EC) van de kuilen

9.10.4 Organische stofgehalte en droge stofgehalte

In Figuur 24 wordt het OS en DS-gehalte voor de verschillende kuilen getoond. Het OS-gehalte ligt tussen de 63 en 89%/DS en is het laagst voor de kuil op basis van selder. De kuil op basis van selderresten heeft een dubbel zo hoog DS-gehalte in vergelijking met de andere kuilen. De gebruikte oogstresten van selder hadden het laagste OS-gehalte en het hoogste DS-gehalte in vergelijking met de andere oogstresten.



Figuur 145: Gemiddelde ($n = 4$) organische (OS) en droge stof (DS) gehalte van de kuilproducten

9.10.5 Totale N- en P-gehalten, minerale N gehalten, C/N en C/P-verhouding

Het mengsel met selder bevat minst N en P. De N- en P-gehalten dalen naarmate een lager aandeel prei in de kuilen. De C/N- en C/P-verhouding zijn het hoogst voor het mengsel met selder en laagst voor het mengsel met bloemkool (Tabel 238). De resultaten tonen een duidelijk verband met de N- en P-concentraties van de gebruikte oogstresten bij het begin van de kuilproef.

Tabel 238: Gemiddelde (n = 4) totale N- en P-concentratie, C/N en C/P-verhouding van de kuilproducten

	N_totaal %/ADS	P_totaal mg/kg ADS	C/N -	C/P -
selder 50/50	1,7	2230	21	158
prei 100/0	4,3 ± 0,2	5033 ± 236	10 ± 1	86 ± 4
prei 75/25	3,0 ± 0,1	3771 ± 109	17 ± 1	132 ± 5
prei 60/40	2,4 ± 0,1	3166 ± 53	20 ± 1	156 ± 2
bloemkool 75/25	3,2 ± 0,2	6796 ± 277	14 ± 1	65 ± 2

In Tabel 239 worden de gemiddelde gehalten aan ammonium-N ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) en nitraat-N ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) weergegeven. Hieruit blijkt dat het mengsel met selder in tegenstelling tot het eerste proefjaar nu wel hoge $\text{NH}_4\text{-N}$ -concentraties had, en ook $\text{NO}_3\text{-N}$ -concentraties had lager dan de detectielimiet. Het mengsel met bloemkool heeft de hoogste $\text{NH}_4\text{-N}$ -concentraties, en deze waarden liggen ongeveer een factor 2 hoger dan in het eerste proefjaar. Ook de mengsels met prei hebben $\text{NH}_4\text{-N}$ -concentraties die 3 tot 4 keer hoger liggen dan in het eerste proefjaar. De hoge $\text{NH}_4\text{-N}$ -concentraties in de kuilen wijzen op de anaerobe omstandigheden.

Tabel 239: Gemiddelde (n = 4) ammonium- en nitraatconcentraties van de kuilen

	$\text{NO}_3^-\text{-N}$ mg/l substraat	$\text{NH}_4^+\text{-N}$ mg/l substraat
selder 50/50	< 5,0	231,1
prei 100/0	45,3 ± 11,3	254,4 ± 43,4
prei 75/25	13,7 ± 5,9	194,2 ± 23,2
prei 60/40	< 5,0	159,9 ± 23,6
bloemkool 75/25	< 5,0	443,8 ± 72,1

9.11 Beoordeling van de gebruikswaarde van het ingekuilde product van het tweede proefjaar

9.11.1 Stabiliteit: oxitop-meting

Bij een oxitop-meting wordt de (schijnbare) stabiliteit (rijpheid) bepaald door het zuurstofverbruik onder gestandaardiseerde omstandigheden te meten in een gesloten respirometer. Zuurstof wordt verbruikt door de micro-organismen die op hun beurt CO_2 produceren. De CO_2 wordt vastgelegd via natronkorrels. De verandering in O_2 wordt dus gemeten als drukverschil. De Oxygen Uptake Rate (OUR) geeft aan hoe snel het organisch materiaal kan worden omgezet: hoe sneller, hoe minder rijp en stabiel het materiaal is. Echter, dit vertelt enkel iets over de huidige microbiële activiteit volgens de actuele condities (gebruikte voedingsoplossing). Stel bv. dat minerale N de beperkende factor is,

dan betekent een lage meetwaarde niet noodzakelijk dat alle uitgangsmateriaal werd omgezet. In Tabel 240 wordt per kuilproduct de OUR weergegeven over vijf dagen. De kuil op basis van selder had de laagste OUR en is dus het meest stabiel, dit was analoog als in de eerste kuilproef. In Tabel 241 wordt ter vergelijking voor de verschillende OUR de overeenkomstige mate van stabiliteit weergegeven voor compost. De wettelijke norm voor compost is 15, voor VLACO-compost 10 mmol O₂ per kg organische stof per uur. De inkuilproducten zijn dus in vergelijking met compost zeer onstabiel. Bij toepassing in de bodem zal nog veel OM worden omgezet tijdens de verdere afbraak van het kuilmengsel.

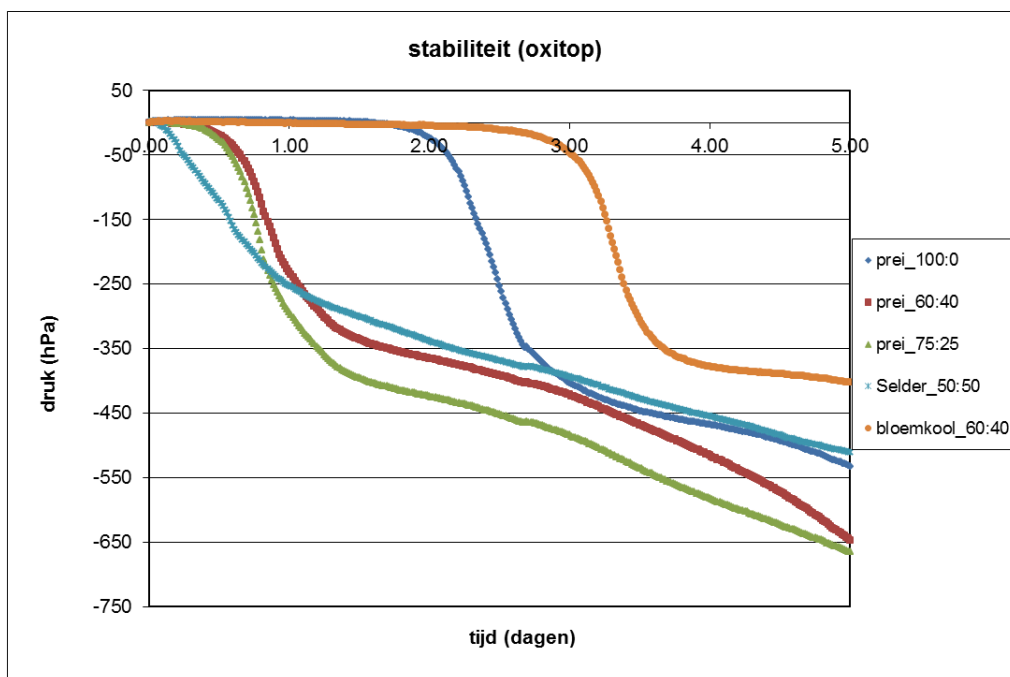
Tabel 240: Oxygen Uptake Rate (OUR) via oxitop voor de kuilen

	OUR mmol O ₂ /kg OS/uur
selder 50/50	52,9
prei 100/0	203,6
prei 75/25	143,0
prei 60/40	113,1
Bloemkool 75/25	115,4

Tabel 241: Oxygen Uptake Rate (OUR) en mate van stabiliteit voor compost

OUR (mmol O ₂ /kg OS/uur)	Stabiliteit
< 5	Zeer stabiel
5 - 10	Stabiel
10-15	Matig stabiel
15-30	Onstabiel
> 30	Zeer onstabiel

Het verloop van de drukdaling tijdens de oxitop-meting geeft ook een indicatie over het effect van de eigenschappen van het ingekuilde materiaal op het zuurstofverbruik en de afbraak. Bij de eerste inkuilproef werd vastgesteld dat bij alle kuilproducten met uitzondering van selder er een duidelijke vertraging in de drukdaling werd vastgesteld. Ook bij de kuilproducten van het 2^e projectjaar werden verschillen tussen de kuilproducten voor de snelheid van de initiële drukdaling vastgesteld (Figuur 146): de drukdaling startte het snelst voor de mengsels met selder, en met 60 en 75 vol% prei, en het proces startte duidelijk later voor het mengsel met bloemkool en met pure prei. Dit zijn ook de 2 mengsels met de hoogste NH₄-N-concentraties.



Figuur 146: Tijdsverloop van de druk in de gesloten respirometers, waaruit de stabiliteit (oxitop-waarde) voor de verschillende inkuilproducten berekend wordt (elke grafiek is het gemiddelde van 2 herhalingen van hetzelfde kuilproduct)

9.11.2 Totaal gehalte aan nutriënten

In Tabel 242 worden de totale nutriëntengehaltes van de kuilen weergegeven. Hieruit wordt afgeleid dat het kuilproduct met selder de hoogste totale concentratie aan Mn, Na en Fe heeft, dit is waarschijnlijk te verklaren door het hogere aandeel aarde in dit mengsel. Naarmate het aandeel prei toeneemt, stijgt ook de concentratie aan Mn, Mg, Ca en Fe en daalt de concentratie aan K. Het K-, Mg- en Ca-gehalte is het hoogst in de kuil met bloemkool. De 5 kuilproducten zijn rijk aan K.

Tabel 242: Gemiddelde (n =4) totale nutriëntenconcentraties van de kuilen

	Mn_totaal g/kg ADS	K_totaal g/kg ADS	Mg_totaal g/kg ADS	Ca_totaal g/kg ADS	Na_totaal g/kg ADS	Fe_totaal g/kg ADS
selder 50/50	0,05	22,28	3,31	7,77	3,06	1,44
prei 100/0	0,02 ± 0,00	40,13 ± 1,30	1,02 ± 0,08	4,03 ± 0,24	0,26 ± 0,03	0,19 ± 0,07
prei 75/25	0,03 ± 0,00	32,83 ± 4,55	2,37 ± 0,06	4,60 ± 0,27	0,27 ± 0,01	0,26 ± 0,08
prei 60/40	0,04 ± 0,00	32,74 ± 1,12	2,75 ± 0,11	4,72 ± 0,18	0,20 ± 0,01	0,29 ± 0,10
Bloemkool 75/25	0,03 ± 0,01	42,52 ± 5,93	3,57 ± 0,28	23,26 ± 1,57	1,42 ± 0,21	0,59 ± 0,09

9.11.3 Plantbeschikbare nutriënten

De plantbeschikbare nutriënten werden bepaald in een ammoniumacetaatoplossing voor P, K, Mg, Ca, Fe, Cu en Zn, en in een waterextract voor Cl, SO_4^{2-} en Na^+ (Tabel 243). De hoeveelheid beschikbare P, K, Fe, SO_4^{2-} en Na^+ dalen naarmate het aandeel prei afneemt, terwijl de Mg en Cl concentraties toenemen. Het aandeel prei heeft minder invloed op de concentraties van Ca, Mn, Cu en Zn. De kuil op basis van selder heeft de laagste concentratie aan P en Ca beschikbaar voor de planten. Een lagere P-concentratie kan interessant zijn naar toepassing als bodemverbeterend middel. Deze kuil met selder bevat de hoogste gehalten aan Mg, Fe, Na^+ en Cl⁻. De kuil op basis van bloemkool heeft de hoogste beschikbare P-, K-, Ca- en SO_4^{2-} -concentraties.

Tabel 243: Gemiddelde (n = 4) plantbeschikbare nutriënten in de kuilen (uitgedrukt in mg/l substraat (=kuilproduct))

	P mg/l substr	K mg/l substr	Ca mg/l substr	Mg mg/l substr	Fe mg/l substr	Mn mg/l substr	Cu mg/l substr	Zn mg/l substr
selder 50/50	97,6	1103,9	505,1	167,9	13,3	2,8	< 2,0	2,4
prei 100/0	208,4 ± 26,4	1530,9 ± 172,2	164,0 ± 17,9	< 76,0	4,9 ± 0,4	< 1,5	< 2,0	1,9 ± 0,4
prei 75/25	137,6 ± 7,7	1061,1 ± 58,3	161,0 ± 17,6	85,5 ± 7,3	< 3,0	< 1,5	< 2,0	1,3 ± 0,1
prei 60/40	109,3 ± 11,7	960,3 ± 107,9	164,2 ± 20,4	100,3 ± 11,0	< 3,0	< 1,5	< 2,0	1,3 ± 0,2
bloemkool 75/25	401,3 ± 75,0	1662,7 ± 486,6	1101,8 ± 166,2	148,7 ± 28,3	4,2 ± 0,4	1,9 ± 0,3	< 2,0	2,8 ± 0,7

	SO ₄ ²⁻ mg/l substr	Na ⁺ mg/l substr	Cl ⁻ mg/l substr
selder 50/50	366,5	233,8	463,1
prei 100/0	66,2 ± 13,3	26,7 ± 0,2	285,9 ± 19,9
prei 75/25	38,6 ± 3,9	< 25,0	296,6 ± 40,6
prei 60/40	35,1 ± 4,1	< 25,0	333,0 ± 22,5
bloemkool 75/25	593,3 ± 54,3	92,6 ± 28,2	372,4 ± 41,0

9.12 Massabalans en sapverliezen eerste proefjaar

Het vers gewicht werd per emmer bepaald voor en na het inkuilen. De massaverliezen uitgedrukt in verse stof waren beperkt tot max. 160 g voor de mengsels met bloemkool, en max. 100 g voor de andere mengsels (op een totaal gewicht van 7,4 tot 10,1 kg kuilmengsel per emmer).

De sapverliezen werden bij de bemonstering opgevangen (Tabel 244). De sapverliezen bij de meeste kuilemmers waren aanzienlijk. De sapverliezen waren het hoogst voor prei, iets lager voor selder en het laagst voor bloemkool. Het procentueel sapverlies op het verse gewicht van de kuilen is duidelijk hoger dan in het eerste proefjaar, nl. 3% van het vers gewicht voor het mengsel met bloemkool, 8% voor het mengsel met selder, 11-14% voor het mengsel met 60 vol% prei, 18-19 voor het mengsel met 75 vol% prei, en 22-27% voor het mengsel met 100 vol% prei.

De gebruikte prei was zeer zuiver en vers waardoor er meer sapverliezen optraden ten opzichte van de kuilproeven met prei in het eerste proefjaar. Het gebruik van structureel materiaal (maïsstro) is in zo'n situatie nodig om sapverliezen te verminderen. De inhoud aan N en P in het kuilsap is merkbaar hoger dan de concentraties in het eerste proefjaar (Tabel 20). Op basis van deze analyseresultaten kan de massabalans voor N en P opgesteld worden. Voor het mengsel met selder en bloemkool gaat ongeveer 3% van de N in de kuil verloren via het sapverlies, voor de mengsels met prei is dit 6 tot 12%. Voor het mengsel met selder en bloemkool gaat ongeveer 1-3% van de P in de kuil verloren via het sapverlies, voor de mengsels met prei is dit 8 tot 16% (Tabel 244).

Het gebruikte maïsstro in het tweede proefjaar was ook duidelijk natter dan in het eerste jaar (lager DS-gehalte, nl. 18%/vers), wat kan verklaren waarom er hogere sapverliezen opgetreden zijn bij bepaalde mengsels.

Tabel 244: Sapverliezen per kuilemmer (ml) en N- en P-inhoud van het sap, en het aandeel N en P in het sapverlies tov. van de totale inhoud aan N en P in de kuil (gemiddelde waarde per kuiltype)

Kuilemmer	Sapverlies ml	g N in sapverlies	g P in sapverlies	%N in sap t.o.v. kuil	%P in sap t.o.v. kuil
Selder 50/50	836,8	1,5	0,23	3,1	3,4
Prei 100/0	1712,2	3,1	0,47	11,6	15,7
Prei 100/0	1888,1	3,4	0,62		
Prei 100/0	2005	3,8	0,64		
Prei 100/0	2067	3,6	0,59		
Prei 75/25	1398,2	2,1	0,38	9,1	12,2
Prei 75/25	1373,5	2,1	0,38		
Prei 75/25	1367,4	2,0	0,37		
Prei 75/25	1551,1	2,5	0,41		
Prei 60/40	892,5	1,2	0,21	6,5	8,3
Prei 60/40	1148,6	1,6	0,29		
Prei 60/40	1114,5	1,5	0,25		
Prei 60/40	833,2	1,2	0,20		
Bloemkool 75/25	247,1	0,8	0,06	2,9	1,0
Bloemkool 75/25	282,3	1,0	0,07		
Bloemkool 75/25	289,3	0,9	0,06		
Bloemkool 75/25	228,7	0,8	0,06		

9.13 Beoordeling van de gebruikswaarde van het ingekuilde product

9.13.1 Bodemverbeterend middel/meststof

De ingekuilde mengsels zijn een bron van OS, maar deze OS is geenszins gestabiliseerd. Daarnaast bevatten de kuilmengsels nutriënten, en vormen ze dus een bron van N, P, en andere macro-elementen. De oxitop-metingen hebben aangetoond dat alle mengsels als zeer onstabiel beschouwd kunnen worden, en dat ze reeds vrij hoge concentraties aan minerale N onder de vorm van $\text{NH}_4\text{-N}$ kunnen bevatten. Bij het inwerken in de bodem is het mogelijk dat eerst minerale N uit de bodem zelf wordt vastgelegd tijdens het afbraakproces van het kuilproduct, waarna er pas later terug minerale N naar de bodem zal afgegeven worden. Het netto-effect zal dus bepaald worden door het evenwicht tussen de afbraak en het effect op beschikbare nutriënten in de bodem.

Niettegenstaande de lage pH-waarden van de kuilproducten werd bij een incubatieproef vorig jaar vastgesteld dat het inwerken van de kuilproducten leidde tot een pH-stijging in de bodem.

Als we de hoge sapverliezen bij de mengsels met prei buiten beschouwing laten, dan hebben deze mengsels met 60 en 75 vol% prei het hoogste OS-gehalte, en heeft het pure preimengsel en het bloemkoolmengsel eveneens een hoog OS-gehalte. Naast de aanvoer van OS en N, en het effect van het kuilproduct op de beschikbaarheid van minerale N in de bodem, zorgen de kuilproducten ook voor grote verschillen in aanvoer van P en K.

9.13.2 Veevoederkwaliteit

Om de kwaliteit van de inkuilmaterialen als veevoeder te testen, werden volgende parameters onderzocht: eiwitgehalte, asgehalte en pH. De vetzuursamenstelling werd niet bepaald.

Het ruw eiwitgehalte moet zo hoog mogelijk zijn voor toepassing in veevoeder, minstens 10-12%. Dit wordt benaderd door het totale N-gehalte (bepaald via N-dumas, Tabel 245) te vermenigvuldigen met 6,25. De kuilproducten tijdens het eerste proefjaar hadden een gemiddeld ruw eiwitgehalte van 8%, terwijl deze van dit jaar duidelijk hoger scoren. Het kuilproduct met pure prei heeft het hoogste ruw eiwitgehalte. Ook het asgehalte is van belang bij de kwaliteitsbepaling als toepassing in veevoeder. Dit is gemiddeld 17%/ADS, wat veel lager is dan tijdens het eerste proefjaar (32%). Het hoge asgehalte is niet toxisch voor de dieren, maar een gehalte boven de 15% is te vermijden. Opvallend is dat het mengsel met 100% prei reeds een hoog asgehalte heeft, ook al was het gebruikte materiaal zeer proper (laag aandeel aarde). Het asgehalte kan verlaagd worden door het mengen van de preiresten met maïsstro. De pH-H₂O was gemiddeld 4,49 en was lager voor de mengsels met prei. De pH was hoog voor bloemkool en selder, wat op een minder goede inkuiling wijst. Dit is waarschijnlijk te wijten aan de beperkte samendrukbaarheid of het minder verse karakter van het mengsel met selder of bloemkool, in vergelijking met de mengsels met prei. Op 2 kuilproducten uit het tweede proefjaar werd de organische stof-verteerbaarheid bepaald (Tabel 233) nl. de kuilmengsels met 60 en 100 volume% prei. Het mengsel met 100% prei had de hoogste verteerbaarheid.

Algemeen kan besloten worden dat de kuilproducten met prei potentie hebben om gebruikt te worden in veevoeder. Enkel de sapverliezen zouden nog moeten verlaagd worden. Wanneer de piste van gebruik voor veevoeder verder onderzocht en geoptimaliseerd wordt, dient in verdere analyses de OS-verteerbaarheid, de bestendigheid van het eiwit en de smaak te worden getest als tevens verschillende inkuiltechnieken, waaronder de lasagnekuiltechniek’.

Tabel 245: N-totaal (%/ADS) volgens Dumas, ruw eiwitgehalte (%/ADS) asgehalte (%/ADS) voor de verschillende inkuilproducten (ADS: absoluut droge stof)

	N-totaal (volgens Dumas) %/ADS	Schatting ruw eiwitgehalte %/ADS	As %/ADS	pH-H ₂ O -
selder 50/50	1,68	10 ± 1	37 ± 1	4,97
prei 100/0	4,30 ± 0,22	27 ± 1	22 ± 1	3,83 ± 0,10
prei 75/25	2,98 ± 0,13	19 ± 1	11 ± 1	4,19 ± 0,19
prei 60/40	2,43 ± 0,09	15 ± 1	11 ± 1	4,37 ± 0,10
bloemkool 75/25	3,17 ± 0,22	20 ± 1	21 ± 1	5,45 ± 0,13

9.13.3 Grondstof voor vergisting

Het biogaspotentieel werd door Inagro getest voor twee kuilproducten, nl. de ‘60/40 vol% prei/maïsstro’- en ‘100% prei’-kuilen, met het vergisten van puur gras ter referentie. De hoogste biogasopbrengst werd bekomen voor het kuilproduct op basis van pure oogstresten prei, gevolgd door het vergisten van het kuilproduct op basis van prei en maïsstro en ten slotte gras (Tabel 246). Op deze 2 kuilproducten werd ook de organische stof-verteerbaarheid bepaald (Tabel 233). Het mengsel met 100% prei had de hoogste verteerbaarheid (Tabel 233), en ook de hoogste biogasopbrengst (Tabel 246). Het biogaspotentieel van kuilmaïs bedraagt 500-900 m³ biogas ton⁻¹ organische drogestof (DGS en Ecofys, 2005), het biogaspotentieel van machinaal opgehaald korrelmaïsstro bedraagt 170-275 m³ CH₄ ton⁻¹ organische drogestof (Vandecasteele et al., 2012). Dit wijst erop dat het inkuilen van oogstresten van groenten ingezet kan worden als bewaarstechniek voor uiteindelijke vergisting van de oogstresten. De proefopzet en –resultaten worden beschreven in Appendix 11.

Tabel 246: De biogasopbrengst en halfwaardetijd van gras en kuilproduct op basis van oogstresten van prei.

Grondstof	Biogasopbrengst [m ³ CH ₄ ton ⁻¹ organische drogestof]	Halfwaardetijd [dagen]
Gras	292 ± 37	13
60/40 vol% prei/maïsstro	427 ± 213	10
100% prei	709 ± 196	9

9.14 Conclusies

Uit de inkuilproeven in het eerste en tweede projectjaar bleek dat er sterk verschillende kuilqualiteiten gehaald werden bij de verschillende oogstresten en mengsels. Een eerste belangrijk aspect is de hoeveelheid aarde die in de gewasresten aanwezig is. Bij machinaal verzamelde oogstresten is dit een belangrijk aandachtspunt. Om materiaal met een voldoende laag aandeel aarde te verzamelen, zijn specifiek aangepaste machines vereist. Deze machines zijn momenteel niet beschikbaar.

Met de manueel verzamelde gewasresten bleek dat in bepaalde gevallen het inkuilen wel een potentiële toepassing zou kunnen zijn. Twee belangrijke factoren hier zijn de versheid van het materiaal, en de fijnheid/hardheid/samendrukbaarheid van het materiaal. Bloemkool en sluitkool bleken in het eerste proefjaar te leiden tot een lagere kuilqualiteit. De gebruikte selder en de bloemkool in het tweede jaar waren minder vers dan in het eerste proefjaar. Dit leidde voor selder tot een lagere kuilqualiteit dan in het eerste proefjaar. Het is dus belangrijk om met voldoende vers materiaal te kunnen werken, dat ook voldoende fijn is zodat de kuil voldoende kan aangedrukt worden.

Het vochtgehalte van het bijgemengd (strorijk) materiaal speelt ook een belangrijke rol: hoe droger dit materiaal, hoe hoger het aandeel gewasresten van groenten er kunnen ingemengd worden. Daarnaast blijkt uit te proeven van het tweede jaar dat het aandeel prei in het mengsel beperkt is als hoge sapverliezen vermeden dienen te worden.

De ingekuilde oogstresten van prei toonden potentieel voor het gebruik als veevoeder of als grondstof voor vergisting.

Referenties

CVB, 2011. CVB Veevoedertabel 2011. Chemische samenstelling en nutritionele waarden van voedermiddelen. Productschap Diervoeder, Den Haag, the Netherlands.

De Boever, B.G., Cottyn, J.L., Andries, J.I., Buysse, F.X. & Vanacker, J.M., 1988. The use of a cellulase technique to predict digestibility, metabolisable and net energy of forages. *Anim. Feed Sci. Technol.* 19, 247-252.

DGS (German Solar Energy Society) en Ecofys, 2005. Planning and installing bioenergy systems: a guide for installers, architects and engineers. Londen: James & James (Science Publishers) Ltd. 259p.

Flieg, O. 1938. A key for the evaluation of silage samples. *Futterbau und Giirfutterbereitung.* 1938; 1: 112-128

ILVO, 2011. Melkveevoeding. Vlaamse Overheid - Beleidsdomein Landbouw en Visserij. ILVO mededeling nr. 101.

Tilley J M A & Terry R A. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Brit. Grassland Soc.* 18:104-111.

Vandecasteele, B., De Vliegher, A., Van Waes, C., Peene, A., Smis, J., Van Waes, J. 2012. Maize stover as substrate for anaerobic digestion: collection efficiency, silage quality, and removal of P and C. *Conference Proceedings of the International Conference ORBIT2012, Topic 7*, 77-80. A. Trémier, P. Dabert, C. Druilhe, M.N. Maudet, J. Barth, S. Siebert, W. Bidlingmaier. ISBN 3-935974-36-1

Appendix 10:

Economische evaluatie van alternatieve beheeropties van oogstresten van groenten en alternatieve gewasrotaties

Medewerkers

Universiteit Gent

Laura Agneessens, Stefaan De Neve

ILVO-EV Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek

Jef Van Meensel, Louise Carpentier, Bart Vandecasteele

Inagro

Tomas Van De Sande

Proefstation voor de Groenteteelt vzw (PSKW)

Ellen Goovaerts, Joris De Nies

Provinciaal Proefcentrum voor de Groenteteelt Oost-Vlaanderen (PCG)

Sara Crappé, Micheline Verhaeghe

Bodemkundige Dienst van België (BDB)

Annemie Elsen

Appendix 10: Economische evaluatie alternatieve beheeropties

A10.1 Definities

Een **partiële budgettering** beschouwt de aspecten van de bedrijfsvoering die wijzigen ten gevolge van veranderingen in het management. Voor elk aspect wordt nagegaan of de wijziging resulteert in een toename of afname van de opbrengsten en een stijging en/of daling van de kosten. De gesommeerde netto impact van deze veranderingen geeft aan of de managementaanpassing een positief dan wel negatief effect heeft op het bedrijfsinkomen.

Variabele kosten variëren op korte termijn naargelang er meer of minder geproduceerd wordt. In het algemeen kunnen deze kosten gemakkelijk toegerekend worden aan de verschillende bedrijfstakken en betreft het betaalde kosten. Variabele kosten in de partiële budgettering voor dit project zijn kosten voor brandstof en toeslagmaterialen in verschillende scenario's.

Vaste kosten blijven onveranderd op de korte termijn en zijn gedurende die periode dus niet afhankelijk van het productieniveau. Wanneer er echter op lange termijn structurele veranderingen gebeuren op het bedrijf zullen er investeringen moeten gebeuren in gebouwen, materieel, etc. Door het uitvoeren van deze investeringen zullen de vaste kosten stijgen. Vaste kosten worden meestal opgesplitst in **toegerekende rente, afschrijvingen en de onderhouds- en verzekeringskost**. De onderhouds- en verzekeringskost vormt hierbij een rechtstreekse uitgave, terwijl het bij toegerekende rente en afschrijvingen gaat om fictieve kosten die geen rechtstreekse uitgave vormen. De afschrijvingen en toegerekende interesten worden berekend op basis van de actuele vervangingswaarde van de productiemiddelen.

De **vervangingswaarde** is een waarde die productiemiddelen krijgen toegewezen en stemt overeen met het bedrag dat momenteel zou moeten uitgegeven worden om een gelijkaardig investeringsgoed aan te schaffen. Van deze vervangingswaarde wordt een deel afgeschreven en werden waarschijnlijk ook tijdens vorige boekjaren reeds delen afgeschreven. Door van de vervangingswaarde de afschrijvingen gedurende het huidige en de vorige boekjaren af te trekken wordt het geïnvesteerde kapitaal berekend. Voor dit geïnvesteerde kapitaal wordt een interestvergoeding bepaald (toegerekende rente) die overeenkomt met de vergoeding die zou verkregen worden indien het kapitaal niet zou geïnvesteerd geweest zijn. Op die manier worden de afschrijvingen, die gebeuren tijdens dit boekjaar, en de interestvergoedingen geboekt als kosten, terwijl ze in feite geen reële uitgaven vormen.

De taaktijden komen overeen met de tijd nodig voor het uitvoeren van een bepaalde handeling per hectare. Omdat de taaktijden voor de verschillende scenario's sterk kunnen variëren, zijn dit variabele kosten. Echter, ze worden afzonderlijk gegeven omdat de **arbeidskost** op het eigen bedrijf kan worden ingevuld door loonwerk of door de bedrijfsleider zelf, de kosten variëren dan sterk.

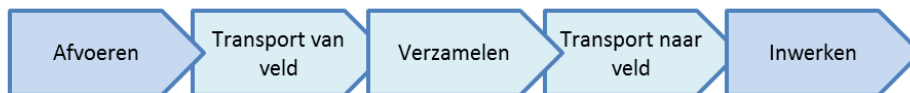
A10.2 Introductie

In de groententeelt worden oogstresten van koolgewassen en selder standaard ingewerkt. Preiresten worden bij de oogst (quasi) volledig afgevoerd. De gewasresten worden op een hoop verzameld en later naar het veld teruggebracht en ingewerkt. Beide methoden leiden tot een grote aanwezigheid van nutriënten op het veld in het najaar, met het risico op uitspoeling.

Referentiescenario koolgewassen, selder, ...



Referentiescenario prei



Figuur 147: Referentiescenario voor oogstresten van koolgewassen en selder en het referentiescenario voor oogstresten van prei.

De economische evaluatie hieronder tracht de impact van een aantal scenario's op een individueel landbouwbedrijf in te schatten. In het geval van koolgewassen en selder kunnen nutriënten op het veld worden vastgelegd via het aanvoeren van stabiliserende materialen of het inzaaien van vanggewassen. Andere mogelijkheden zijn het intact laten van oogstresten, de oogstresten kunnen ook worden afgevoerd en verwerkt. Preiresten kunnen na afvoer worden verwerkt alvorens ze terug op het veld worden gebracht of als kuilvoerder worden gebruikt.

De economische evaluatie van de verschillende alternatieve scenario's tracht een indicatie te geven van de impact van een bepaald scenario op de economische prestaties van het bedrijf. Op deze manier willen we nagaan welke van de scenario's die uitspoeling van nutriënten kunnen voorkomen ook economisch haalbaar zijn op bedrijfsniveau.

In het hoofdstuk opzet worden het doel en de randvoorwaarden van het onderzoek besproken. Onder de partiële budgettering wordt de gebruikte methode uitgelegd. Vervolgens worden de resultaten van de partiële budgettering gegeven.

A10.3 Opzet

In dit onderzoek werden mogelijke scenario's getest, deze economische evaluatie is een beknopt overzicht van de economische impact van deze scenario's op het bedrijf. Tabel 247 geeft een overzicht van de scenario's waarvoor de partiële budgettering wordt toegepast.

Tabel 247: Overzicht van de scenario's

Kortetermijnproeven

- intact laten oogstresten
- immobiliserende materialen
- in-situ stabilisatie
- onderzaai en inzaai vanggewas
- afvoeren oogstresten
- verwerken van afgevoerde oogstresten*
- Boerderijcomposteren

Inkuilen

Afvoeren naar externe composteerder of vergister

Langetermijnproeven

inzaaien vanggewas begin september

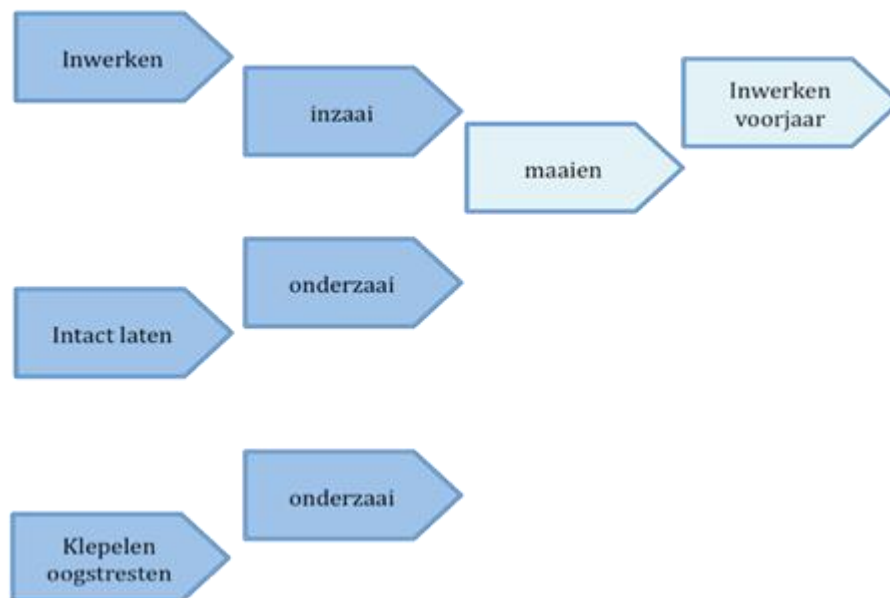
inzaaien vanggewas oktober en later

Door de korte termijn van het onderzoek werd er voor gekozen om scenario's modulair op te bouwen. Figuur 148 geeft een overzicht van de modules die bij elk scenario horen. De belangrijkste modules worden in detail besproken in de resultaten.

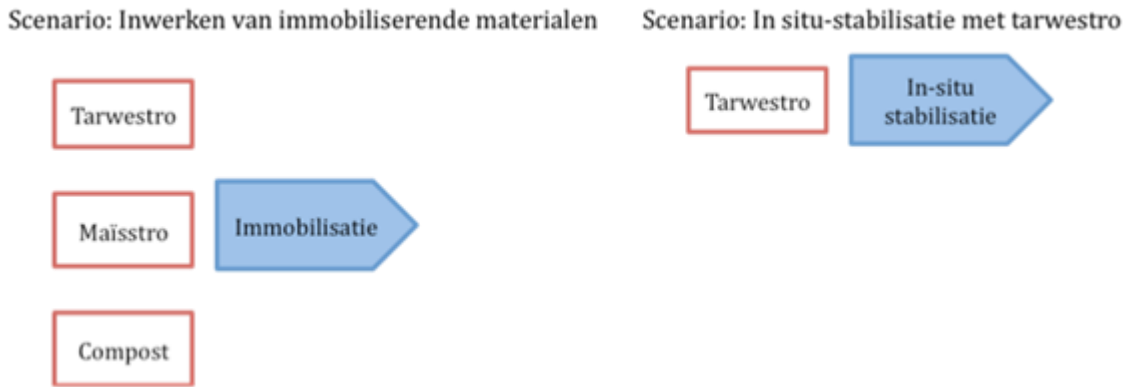
Om de impact van een scenario op het bedrijf te kennen, kunnen de kosten van verschillende modules bij elkaar worden opgeteld. Bij het afvoeren van oogstresten bijvoorbeeld kunnen deze daarna getransporteerd worden naar het bedrijf voor boerderijcompostering waarna de compost opnieuw naar het veld kan worden gebracht (zie lijn in Figuur 150).

De donker gearceerde modules worden verder in detail uitgewerkt in de tabellen. Licht gearceerde modules worden enkel vermeld in de tekst. Externe aanvoer van toeslagmaterialen is in rechthoeken aangegeven bij de modules. Over modules die niet gearceerd zijn, heeft het landbouwbedrijf geen zeggenschap.

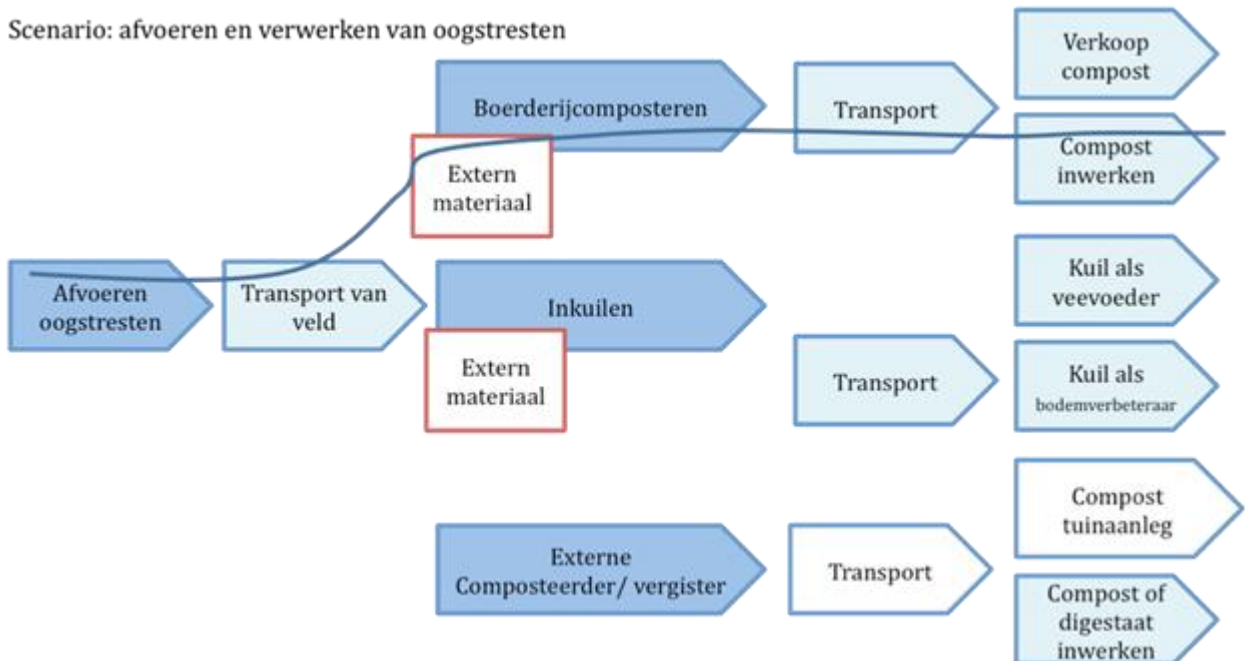
Scenario: vanggewas door onderzaai of inzaai na inwerken, intact laten of klepelen van oogstresten



Figuur 148: Scenario onderzaai of inzaai van een vanggewas na inwerken, intact laten of klepelen van oogstresten



Figuur 149: Links: Scenario immobiliseren van oogstresten met tarwestro, maïsstro of compost. Rechts: Scenario met oogstresten en tarwestro op gewenten in het veld.



Figuur 150: Scenario afvoeren van oogstresten met de mogelijke opties voor verwerking. De lijn geeft het scenario aan waarbij oogstresten na afvoer op het bedrijf worden gecomposteerd en compost opnieuw naar het veld wordt gebracht en ingewerkt.

Scenario: Lange termijn dubbel groente met een niet groente



Figuur 151: Scenario dubbele teelt bloemkool met inzaai van een niet groente, met snede of met inwerken.

Tot slot kunnen de uitgeteste scenario's bepaalde positieve of negatieve effecten hebben op organische stof in de bodem, ziektedruk. Door de korte termijn van het project worden deze niet becijferd, het is wel belangrijk dat deze effecten door de landbouwer in acht worden genomen bij het nemen van een beslissing.

A10.4 Partiële budgettering

Partiële budgettering laat toe om het economisch effect te bepalen van gewijzigde processen op de bedrijfsvoering. Hiertoe worden enkel de kosten- en opbrengstenposten beschouwd die wijzigen ten opzicht van het referentiescenario. De netto impact van een verandering is de som van de bijkomende en de verminderde kosten, verminderd met de weggevallen opbrengsten en de bijkomende kosten (Maker, 2006).

In dit project werden scenario's getest die trachten het stikstofverlies in de groenteteelt te reduceren (Tabel 1). De netto impact toont welke scenario's economisch haalbaar blijken. Om dit te kunnen evalueren werden veranderingen van variabele kosten en taaktijden opgevolgd door de verschillende projectpartners. Voor de belangrijkste modules uit de verschillende scenario's wordt dit weergegeven in een tabel (paragrafen E.5.1). Indien verschillende proefcentra andere waarden opgaven, worden de minima en maxima getoond in de tabellen. Bij een enkele waarde, wordt deze in de kolom maxima opgenomen.

Variabele kosten en taaktijden zijn afhankelijk van de grootte van de machines en de ligging van de percelen. Er werd enkel gerekend met de taaktijden op het veld, de tijd of brandstof nodig voor transport van en naar het veld werd niet in de partiële budgettering opgenomen. Inagro rekende met een brandstoffenkost van 15 euro per uur, omdat tractorgebruik sterk afhankelijk is van de machines, bedrijfsorganisatie en de ligging van de percelen. Het PSKW rekende een gemiddeld verbruik van 15 liter per uur van de trekker. In de partiële budgettering wordt gerekend met een brandstofkost van 15 euro per uur. Ten gevolge van de korte termijn van de proeven waren variabele kosten zoals bemesting, gewasbescherming of hoeveelheid plantgoed per proef (binnen één gewas, praktijkcentrum en locatie) onafhankelijk van het scenario.

Omdat arbeid uitgevoerd door loonwerk of door de bedrijfsleider anders wordt vergoed, worden taaktijden voor de bijkomende of uitgespaarde handelingen steeds afzonderlijk vermeld in de tabellen. Voor de bevestiging van machines aan de tractor geldt ook een nodige arbeidsbehoefte. Omdat de efficiëntie kan worden verhoogd door grotere of meerdere percelen tegelijkertijd te bewerken, wordt de tijd nodig voor het bevestigen van de machines hier niet meegerekend. De bedrijfsleider dient hier echter wel rekening mee te houden bij het inschatten van de kosten die gepaard gaan bij een bepaald scenario.

De **vaste kosten** die voor de verschillende scenario's of modules nodig zijn, zijn afhankelijk van het beschikbaar machinepark op het bedrijf. Gezien dit sterk verschilt tussen individuele bedrijven, wordt in de tabellen de focus gelegd op de variabele kosten en taaktijden. Vaste kosten worden apart besproken in de tekst en opgelijst per scenario in Tabel 261. Omdat ervanuit gegaan wordt dat alle bedrijven over een trekker beschikken, en omdat prijzen van trekkers erg variabel zijn, worden enkel de brandstofkosten van de trekker met de verschillende machines besproken. Er wordt geen afschrijvingskost van de trekker per uur inzet gerekend.

Alle cijfers zijn exclusief BTW en zijn een momentopname van de huidige prijzen voor brandstof, toeslagmaterialen, machines enz.

A10.5 Resultaten en discussie

Hieronder wordt het effect van verschillende behandelingen op de variabele kosten en arbeidsbehoefte van het bedrijf besproken. In het geval dat de proefcentra verschillende data voor

eenzelfde kostenpost of arbeidsbehoefte gaven, worden minimale en maximale waarden genoteerd in de tabellen. Bijkomende vaste kosten worden in de tekst besproken of zijn terug te vinden in de overzichtstabel

A10.5.1 Referentiescenario: inwerken oogstresten

Oogstresten van koolgewassen en prei worden standaard ingewerkt. De snelheid en het brandstofverbruik bij het infrezen van oogstresten zijn afhankelijk van verschillende factoren zoals de hoeveelheid oogstresten, de grondsoort en de vochtigheid van de bodem. Er werden taaktijden aangegeven van 1,5 tot 2 manuren per hectare. Bij natte veldcondities was het moeilijk het veld te betreden (vb. bloemkoolproef door Inagro in Beitem).

Gezien de uitspoeling van nutriënten het hoogst is in de natte periode rond oktober en november, kunnen oogstresten ook later worden ingewerkt, dit vermindert ook de ziektedruk ten opzichte van het intact laten van oogstresten. In dit geval is de netto impact van het scenario nul. Let wel, dit kan enkel als december of januari voldoende droog zijn, anders is de grond immers te nat om te bewerken.

Volgens het handboek KWIN-AGV (DLO, 2012) is de vervangingswaarde van een grondfrees 950 euro tot 6.500 euro, afhankelijk van de werkbreedte (2,5 of 3 m). De jaarlijkse kapitaalskost (toegerekende rente, afschrijving, onderhoud en verzekering) bedraagt 15%.

A10.5.2 Intact laten oogstresten

De netto impact van het intact laten van oogstresten ten opzichte van het referentie scenario is positief en is afhankelijk van de capaciteit van de frees. Ten opzichte van het referentiescenario kan ongeveer tussen 22,5 en 30 euro per hectare bespaard worden en is er een vermindering van de arbeidsbehoefte van 1,5 tot 2 manuren per hectare (Tabel 248).

Tabel 248: partiële budgettering voor intact laten oogstresten ten opzichte van de referentie, inwerken van oogstresten

Verminderde variabele kosten	min	max	Verhoogde variabele kosten	min	max
<i>Brandstof en smeermiddelen (euro/ha)</i>			<i>Brandstof en smeermiddelen (euro/ha)</i>		
niet inwerken oogstresten	22.5	30			
<i>Verminderde arbeidsbehoefte (manuren/ha)</i>			<i>Verhoogde arbeidsbehoefte (manuren/ha)</i>		
niet inwerken oogstresten	1.5	2			
	min	max			
netto impact (euro/ha) =	22.5	30			
netto impact (manuren/ha) =	1.5	2			

In dit scenario zijn er geen bijkomende vaste kosten indien de frees al beschikbaar is.

A10.5.3 Inzaai of onderzaai van een vanggewas

Het inzaaien of onderzaaien van vanggewassen is een bijkomende werkgang ten opzichte van het referentiescenario.

Vanggewassen zoals bladrijke en kruisbloemige groenbedekkers (phacelia) zijn vorstgevoelig (VLM, 2005). Indien het vanggewas niet vorstgevoelig is en een goede opkomst kent (rogge, Italiaans raaigras), dient het in het voorjaar te worden doodgespoten en ingewerkt. Doodspuiten met een veldspuit kost ongeveer 7,5 l brandstof en 0,5 manuren per hectare met vb Glyphosaat aan 4-5 l/ha (+/-50 € / 5l). Omdat in het referentiescenario ook de bodem wordt gefreesd voor het planten, wordt het extra inwerken niet in de partiële budgettering opgenomen. Tijdens het eerste proefjaar kenden de vanggewassen een slechte opkomst, waardoor in het voorjaar geen vanggewas ondergewerkt moest worden. Tijdens het tweede proefjaar was de groei van de ondergezaaide vanggewassen (Italiaans raaigras en rogge) echter wel goed. Vanggewassen werden in dit onderzoek doodgespoten voor het planten van de volgende teelt groenten.

De partiële budgettering is sterk afhankelijk van de kostprijs van het zaaigoed en de zaaidichtheid. In het eerste proefjaar werd een mengeling van Japanse haver, Italiaans raaigras, rogge en Phacelia gebruikt. In het tweede proefjaar enkel rogge of Italiaans raaigras, er werden ook verschillende zaaidichtheden gehanteerd. De partiële budgettering houdt rekening met de zaaidichtheid van 40 kg per hectare raaigras en 100 kg per hectare voor rogge (Tabel 249).

A10.5.3.1 Inwerken met inzaai

Inzaai van een vanggewas kan machinaal na het oogsten van de groente en inwerken van de oogsttresten, hierbij is een extra werkgang nodig om het veld klaar te leggen. Het klaarleggen van het veld kostte 22,5 l brandstof en duurde 1 manuur per hectare.

Tabel 249: partiële budgettering voor inwerken van oogstresten met inzaai van een vanggewas (excl. klaarleggen veld) ten opzichte van de referentie, inwerken van oogstresten.

Verminderde variabele kosten	min	max	Verhoogde variabele kost	min	max
Brandstof en smeermiddelen (euro/ha)			Brandstof en smeermiddelen (euro/ha)		
			zaaien		-15
			Uitgangsmateriaal(euro/ha)		
			zaad rogge (0.75 euro/kg, 100 kg) *		-75
Verminderde arbeidsbehoefte (manuren/ha)			Verhoogde arbeidsbehoefte (manuren/ha)		
			zaaien		-1
				min	max
			netto impact (euro/ha) =		-90
			netto impact (manuren/ha) =		-1

*Richtinggevende gemiddelde kostprijs zomer 2011 (INTERREG Vlaanderen)

Machinaal inzaaien van een vanggewas werd op de kleine proefvelden niet getest, maar met deze waarde werd wel gerekend voor de extra tijdsbehoefte. Inagro gaf aan dat deze werkgang 1 manuur per hectare in beslag zou nemen en 15 euro aan brandstof zou kosten. De vervangingswaarde van een zaaimachine (type opbouw op de cultivator) ligt tussen de 4.500 en 10.000 euro met een kapitaalskost van 11% (DLO, 2012).

Het vanggewas kan worden gemaaid en gedroogd waardoor het hooi of kuilgras een waarde krijgt, maar deze module wordt hier niet in detail besproken. PCG maaide een snede in het voorjaar met 22,5 l brandstof en 1.5 manuren per hectare.

A10.5.3.2 Onderzaai

Onderzaai gebeurt handmatig bij staand gewas, oogstresten worden intact gelaten of enkel geklepeld. Door onderzaai kan niet geschoffeld worden tussen de rijen, en is veel handmatig wieden noodzakelijk. In de proeven werd tot 40 manuren per hectare handmatig gewied, op het proefveld te Sint-Katelijne-Waver was het echter niet noodzakelijk bijkomend te wieden na inzaai van de onderzaai. De onkruidgevoeligheid van een perceel kan aldus in sterke mate de bijkomende arbeidsduur beïnvloeden (Tabel 250).

In het onderzoek werd onderzaai handmatig uitgevoerd, maar in praktijk kan worden gezaaid tijdens het machinaal schoffelen, waardoor geen bijkomende werkgang noodzakelijk is (schoffelen duurt ongeveer 2 manuren per hectare, en kost 30 l brandstof per hectare). Een aanpassing van de schoffelmachine om terzelfderzijd te kunnen zaaien is in dit geval wel noodzakelijk. Dergelijke aangepaste schoffelmachines zijn nog niet ontwikkeld.

Tabel 250: partiële budgettering voor onderzaai van een vanggewas na klepelen of intact laten van oogstresten ten opzichte van de referentie, inwerken van oogstresten.

Verminderde variabele kosten	min	max	Verhoogde variabele kost	min	max
<i>Brandstof en smeermiddelen (€/ha)</i>			<i>Brandstof en smeermiddelen (€/ha)</i>		
niet inwerken oogstresten	22.5	30	klepelen		-30
			zaaien		-15
			<i>Uitgangsmateriaal(€/ha) rogge of raaigras</i>		
			zaad rogge (0.75 euro/kg, 100 kg)*		-100
			zaad it. raaigras (1.8 euro/kg, 40 kg)*		-72
<i>Verminderde arbeidsbehoefte (manuren/ha)</i>			<i>Verhoogde arbeidsbehoefte (manuren/ha)</i>		
niet inwerken oogstresten	1.5	2	klepelen		-2
			handmatig wieden		-40
INTACT LATEN, ROGGE					
netto impact (€/ha) =	-92.5	-85			
netto impact (manuren/ha) =	-38.5	-38			
INTACT LATEN, IT. RAAIGRAS					
netto impact (€/ha) =	-64.5	-57			
netto impact (manuren/ha) =	-38.5	-38			
KLEPELEN, ROGGE					
netto impact (€/ha) =	-122.5	-115			
netto impact (manuren/ha) =	-40.5	-40			
KLEPELEN, IT. RAAIGRAS					
netto impact (€/ha) =	-94.5	-87			
netto impact (manuren/ha) =	-40.5	-40			

*Richtgevende gemiddelde kostprijs zomer 2011 (INTERREG Vlaanderen)

Indien de oogstresten worden geklepeld is een loofklapper nodig. De loofklapper gebruikt door PSKW (werkbreedte 2,1 m) had een vervangingswaarde van 7000 euro en een kapitaalskost van 20% (rente 3.03%, afschrijving 11,3 % en onderhoud en verzekering = 5,7%).

A10.5.4 Immobiliserende materialen

Bij het inwerken van immobiliserende materialen moeten de immobiliserende materialen worden aangekocht of geoogst waarna ze naar het veld worden getransporteerd. Na het uitspreiden van de immobiliserende materialen kunnen ze met de oogstresten worden ingewerkt. Enkel het uitspreiden en inwerken worden in deze module in detail besproken.

Bij het oogsten van de proef in Beitem (Inagro) was het veld te nat en werd een kleine handfrees gebruikt, het infrezen van de bloemkoolresten duurde hierdoor 5 manuren per hectare, de partiële budgettering houdt echter rekening met de referentie van 1,5 tot 2 manuren per hectare voor het infrezen van de oogstresten. Het bijkomend infrezen van immobiliserende materialen kostte 2 manuren. Infrezen van immobiliserende materialen bij Inagro duurde langer omdat kolen eerst werden vernietigd en er na toediening van de immobiliserende materialen pas kon gefreesd worden.

Dit is verschillend ten opzichte van het proefveld met immobiliserende materialen aangelegd door PCG. Hier zijn de immobiliserende materialen rechtstreeks op de oogstresten aangebracht en in één bewerking ingefreesd. Bij de behandeling met stro waren 1,5 manuren en voor 22,5 euro aan brandstoffen nodig voor het uitspreiden over het land, voor compost en maïs waren 0,75 manuren en voor 11,25 euro brandstof nodig. In Tabel 251 worden de minimale en maximale kosten voor de verschillende proeven gegeven.

In dit scenario moeten externe materialen worden geoogst of aangekocht. Er wordt verondersteld dat de immobiliserende materialen op het bedrijf aanwezig zijn. Aangezien deze materialen vervolgens niet meer voor een andere toepassing kunnen worden gebruikt, brengen we de volledige kost in rekening (gerekend met kosten van de materialen indien deze materialen aan marktprijs worden aangekocht) (DLO, 2012, Reubens et al., 2012). De transportkost is niet opgenomen in de module.

Tot op heden wordt maïsstro niet verhandeld waardoor het moeilijk is hier een prijs aan te koppelen. Bij het gebruik van maïsstro zijn er twee beperkingen. Enerzijds is het maïsstro vaak pas beschikbaar nadat de oogstresten vrijkomen. Anderzijds is maïsstro niet beschikbaar na de oogst en moet dit nog van het veld worden verzameld en afgevoerd, in tegenstelling tot tarwestro dat wel mee wordt afgevoerd. In het MIP-project EOSAN (EOSAN, 2011) werd gerekend met 15,9 euro per ton vers maïsstro, daarbij werd gerekend met 4,3 euro oogstkosten, 9,6 euro voor transport en de 2 euro voor opslag per ton verse maïsstro, per hectare kan 12 tot 15 ton vers maïsstro worden geoogst.

De netto impact van deze module op de arbeidsbehoefte is negatief. Ten opzichte van het referentiescenario zijn 1,5 tot 2 extra manuren per hectare nodig indien tarwestro wordt gebruikt en 0,75 tot 2 manuren per hectare voor maïsstro en compost. De netto impact op de variabele kosten is sterk afhankelijk van de prijs van de toeslagmaterialen. Het scenario met maïsstro is het gunstigste, tussen 191 en 210 euro per hectare, bij gebruik van compost stijgt de variabele kost met 336 tot 630 euro per hectare, en bij gebruik van tarwestro tussen 920 en 1.230 euro per hectare ([Tabel 251](#)).

Tabel 251: partiële budgettering voor module immobiliserende materialen (inwerken van oogstresten en materiaal na uitspreiden van tarwestro, maïsstro of compost) t.o.v. de referentie, inwerken van oogstresten.

Verminderde variabele kosten	min	max	Verhoogde variabele kosten	min	max
<i>Brandstof en smeermiddelen (euro/ha)</i>			<i>Brandstof en smeermiddelen (euro/ha)</i>		
			toevoegen immobiliserende materialen		
			tarwestro	-22,5	-30
			maïsstro	-11,25	-30
			compost	-11,25	-30
			<i>Immobiliserende materialen(euro/ha)</i>		
			tarwestro (12 ton/ha; 75-100 euro/ton)*	900	-1200
			maïsstro (12 ton/ha, restplant korrelmaïs 15.9 euro/ton)*	-180	-180
			groencompost (50 ton/ha, 6,5-12 euro/ton)*	-325	-600
<i>Verminderde arbeidsbehoefte (manuren/ha)</i>			<i>Verhoogde arbeidsbehoefte (manuren/ha)</i>		
			toevoegen immobiliserende materialen		
			tarwestro	-1,50	-2
			maïsstro	-0,75	-2
			compost	-0,75	-2
	min	max			
netto impact (euro/ha) =					
tarwestro	-923	-1230			
maïsstro	-191	-210			
compost	-336	-630			
netto impact (manuren/ha) =					
tarwestro	-1,50	-2,00			
maïsstro	-0,75	-2,00			
compost	-0,75	-2,00			

*tarwestro Bron: Ruebens et al., 2012

*maïsstro Bron: MIP-project EOSAN, 2011

*groencompost Bron: DLO, 2012

Voor het uitspreiden van de immobiliserende materialen kan een mestkar worden gebruikt. De vervangingswaarde van een stalmeststrooier (tandem, 14-16 ton) ligt tussen 30.000 en 38.000 euro met een kapitaalskost van 16,3% (afschrijvingen, toegerekende rente en verzekerings- en onderhoudskosten) (DLO, 2012). Omdat gerekend wordt met de aankooprijzen van de immobiliserende materialen worden geen vaste kosten gerekend voor de machines nodig voor het oogsten van stro of maken van compost.

A10.5.5 In-situ stabilisatie van nutriënten

Bij in-situ stabilisatie worden de nutriënten die vrijkomen uit de oogstresten geïmmobiliseerd door het samenbrengen van de oogstresten in rillen en het eventueel aanbrengen van materialen met een hoge C:N-verhouding zoals stro of uitgerijpte compost.

Dit scenario is sterk afhankelijk van de kostprijs van de stabilisatiematerialen. De proefresultaten geven aan dat de bijvoeging van potentieel N- immobiliserende materialen niet noodzakelijk is voor het vastleggen van de N in de gewenten/rillen. Het niet gebruiken van N-immobiliserende materialen zou de financiële meerkost van de rillen sterk verlagen.

Indien externe materialen werden aangekocht, werd gerekend met de aankooprijzen van de toeslagmaterialen. Afhankelijk van waar de materialen worden bekomen moet transport naar het veld worden georganiseerd. De transportkost is niet opgenomen in de module.

Tabel 252: partiële budgettering voor module in-situ stabilisatie (op rillen trekken van oogstresten en tarwestro) t.o.v. de referentie, inwerken van oogstresten.

Verminderde variabele kosten	min	max	Verhoogde variabele kosten	min	max
<i>Brandstof en smeermiddelen (euro/ha)</i>			<i>Brandstof en smeermiddelen (euro/ha)</i>		
niet inwerken oogstresten	22.5	30	samenbrengen rillen		-15
			toevoegen immobiliserende materialen tarwestro		-22.5
			<i>Immobiliserende materialen(euro/ha)</i>		
			euro/ton)*	-450	-600
<i>Verminderde arbeidsbehoefte (manuren/ha)</i>			<i>Verhoogde arbeidsbehoefte (manuren/ha)</i>		
niet inwerken oogstresten	1.5	2	samenbrengen rillen		-1
			toevoegen immobiliserende materialen tarwestro		-1.5
		min	max		
netto impact (euro/ha) = tarwestro		-615	-458		
netto impact (manuren/ha) = tarwestro		-1	-0.5		

*tarwestro Bron: Ruebens et al., 2012

De netto impact van de module met in-situ stabilisatie is een bijkomende variabele kost van 458 tot 615 euro per hectare en een bijkomende tijdsinvestering van 0,5 tot 1 manuren per hectare. Dit scenario is sterk afhankelijk van de kostprijs van de stabilisatiematerialen. Indien geen immobiliserende materialen worden toegediend, wordt een positieve netto impact van 7,5 tot 15 euro per hectare bekomen (Tabel 252).

A10.5.6 Gewenten

Voor in-situ stabilisatie zijn drie werkgangen nodig. In een eerste werkgang werd 6 ton graanstro op het veld uitgespreid met een stalmeststrooier in 0,75 manuren per hectare met een brandstofkost van 11,25 euro per hectare. Vervolgens worden de bedden met de trekker geploegd en worden voren gemaakt, hetgeen 4 uren per hectare in beslag neemt en 60 euro aan brandstof kost. Tenslotte wordt de kantvoor manueel uitgegraven, hetgeen 2 uren per hectare duurt. .

De netto impact van de module met gewenten is een bijkomende variabele kost van 499 tot 641 euro per hectare en een bijkomende tijdsinvestering van 4,75 tot 5,25 manuren per hectare. Dit scenario is sterk afhankelijk van de kostprijs van de stabilisatiematerialen (Tabel 253).

Tabel 253: partiële budgettering voor module op gewenten trekken van oogstresten en tarwestro t.o.v. de referentie, inwerken van oogstresten.

Verminderde variabele kosten	min	max	Verhoogde variabele kosten	min	max
<i>Brandstof en smeermiddelen (euro/ha)</i>			<i>Brandstof en smeermiddelen (euro/ha)</i>		
niet inwerken oogstresten	22.5	30	toevoegen immobiliserende materialen tarwestro		-11.25
			bedden ploegen + voren		-60
<i>Verminderde arbeidsbehoefte (manuren/ha)</i>			<i>Immobiliserende materialen(euro/ha)</i>		
niet inwerken oogstresten	1.5	2	tarwestro (6 ton/ha; 75-100 euro/ton)*	-450	-600
<i>Verminderde arbeidsbehoefte (manuren/ha)</i>			<i>Verhoogde arbeidsbehoefte (manuren/ha)</i>		
			toevoegen immobiliserende materialen tarwestro		-0.75
			bedden ploegen + voren		-4
			kantvoor manueel uitgraven		-2
	min	max			
netto impact (euro/ha) =					
tarwestro	-499	-641			
netto impact (manuren/ha) =					
tarwestro	-5.25	-4.75			

*tarwestro Bron: Ruebens et al., 2012

Bijkomende vaste kosten voor dit scenario zijn de kost van een stalmeststrooier en een gwentploeg. De vergangingswaarde van de gwentploeg is gebruikt door PSKW is 6300 euro en de kapitaalskost is 15.8%.

A10.5.7 Afvoeren van oogstresten

In scenario's met afvoeren van oogstresten dienen deze na afvoer te worden getransporteerd voor verwerking. Na verwerking dienen ze opnieuw naar het veld gebracht te worden of getrasporteerd voor verkoop. In de module hieronder beschreven worden transportkosten niet mee opgenomen (Figuur).

Een belangrijk obstakel voor het afvoeren van oogstresten is dat aangepaste oogstmachines momenteel niet voorhanden zijn. In de meeste proeven werden oogstresten handmatig afgevoerd, op veldschaal is dit niet realistisch. Voor de evaluatie van het machinaal afvoeren gebruikte Inagro een klepelmaaier met een werkbreedte van 1,6 m, de arbeidsbehoefte bleek 3.5 uren per hectare. In de praktijk kan verwacht worden dat een grotere werkbreedte nodig zou zijn, waardoor de arbeidsbehoefte kan afnemen. Er moest steeds een heftruck aanwezig zijn om de volle opvangbak te lossen. Problematisch is de grote tarra grond die mee werd afgevoerd. Ook zouden aangepaste machines het machinaal afvoeren kunnen versnellen. Naast een klepelmaaier zouden een loofklapper, gebruikt in de bietenteelt, of rupsen met een haagschaar, ingezet voor de oogst van spinazie, kunnen worden ingezet voor het afvoeren van oogstresten.

Het nodige loonwerk of de kapitaalskost van een aangepaste machine heeft uiteraard invloed op kost van het afvoeren. In de studie Wolf & Haan (2005) werd de kostprijs voor het afvoeren gewasresten van kool, doperwtten of korrelmaïs door loonwerk geraamd op 90 euro per uur. In deze studie werden sluitkoolresten met behulp van een maïskneuzer met aangepast maaiblad en kiepwagen binnengehaald. Hierbij dient echter tevens de tijd nodig voor transport van en naar het veld bijgeteld te worden.

Inagro gaf aan dat loonwerk in Vlaanderen 90 euro per uur zou kosten, bij 3,5 manuren per hectare komt dit op een variabele kost van 315 euro per hectare. Deze prijs is specifiek voor het ophalen van oogstresten, gebaseerd op de prijzen die gevraagd worden voor het maaien van grasbermen lang gewestwegen. De prijs van loonwerk is steeds afhankelijk van het type werk en de benodigde machines. Er kan verondersteld worden dat de nodige tijd in de toekomst kan dalen indien meer toegepaste machines beschikbaar zijn. Doordat we rekenen met een loonkost moet de bedrijfsleider geen arbeidstijd rekenen en levert deze module een netto tijdswinst op.

De netto impact van het afvoeren van oogstresten toont een netto bijkomende variabele kost van 285 tot 292 euro per ha (Tabel 254). De beschikbare arbeidstijd op het bedrijf verhoogt met 1,5 tot 2 manuren per ha indien de oogstresten via loonwerk worden afgevoerd (Tabel 254).

Tabel 254: partiële budgettering voor afvoeren oogstresten ten opzichte van de referentie, inwerken van oogstresten

Verminderde variabele kosten			Verhoogde variabele kost		
	min	max		min	max
<i>Brandstof en smeermiddelen (euro/ha)</i>			<i>Loonkost (eurp/ha)</i>		
niet inwerken oogstresten	22,5	30	machinaal afvoeren		-315
<i>Verminderde arbeidsbehoefte (manuren/ha)</i>			<i>Verhoogde arbeidsbehoefte (manuren/ha)</i>		
niet inwerken oogstresten	1,5	2			
	min	max			
netto impact (euro/ha) =	-292,5	-285			
netto impact (manuren/ha) =	1,5	2			

Afgevoerde oogstresten moeten na afvoer worden gevaloriseerd, de kost van de verwerkingsmodules zal de kost van deze scenario's sterk doen stijgen. Enkele mogelijke modules worden in paragraaf E.6 besproken. In Tabel 262 is de kost voor afvoeren en verwerken opgenomen om een realistisch beeld van de economische haalbaarheid te krijgen.

A10.5.8 Composteren en inkuilen

Na het afvoeren van oogstresten moeten deze gevaloriseerd worden. Composteren of inkuilen van oogstresten kan op het bedrijf zelf, daarnaast kunnen oogstresten worden afgevoerd voor vergisting of compostering.

Op het ILVO werden in 2012 proeven voor boerderijcompostering en een inkuilproef aangelegd. De eerste composteerproef en inkuilproef werden reeds in het rapport van de 2^{de} stuurgroep besproken, de kosten van deze proeven worden hieronder besproken. Tot slot wordt gekeken wat de economische haalbaarheid is als oogstresten worden afgevoerd naar een industrieel composteerbedrijf of een vergistingsinstallatie.

A10.5.8.1 Boerderijcomposter

Voor de composteerproef werden 6,9 ton preiresten en 6,9 ton resten van sluitkool op 2 rillen gecomposteerd onder een compostdoek. De gewasresten werden gemengd met stro, houtsnippers (korte omloophout), houtschors en maïsstro in een bepaalde verhouding om een gunstige C/N-ratio (streefwaarde van 30) te bekomen bij de start van de compostering. De procentuele samenstelling van de rillen is gegeven in Tabel 255.

Tabel 255: Procentuele samenstelling van de hopen in gewichts% vers gewicht en volume% (2de rapport stuurgroep oogstrestenproject).

	Rij met Prei		Rij met Kool	
	Gewichts%	Volume%	Gewichts%	Volume%
houtsnippers	18.9%	19.1%	19.2%	12.5%
tarwestro	1.1%	26.5%	1.4%	20.8%
houtschors	16.3%	24.3%	16.1%	15.5%
maïstro	20.9%	14.9%	21.0%	9.7%
prei/kool	42.7%	15.2%	42.4%	41.4%

In de kostprijsberekening wordt de prijs van de toeslagmaterialen beschouwd als aangekocht materiaal of geogst product, inclusief de arbeidskost voor het oogsten. Dat betekent dat in deze module geen bijkomende arbeidskosten of vaste kosten in rekening zijn gebracht. Daarnaast is ervan uit gegaan dat de oogstresten reeds op het bedrijf aanwezig zijn. Er worden in deze modules dus geen kosten gerekend voor het ophalen van oogstresten of toeslagmaterialen. Een samenvatting van de kostprijs voor composteren per ton oogstresten wordt gegeven in Tabel 256.

De prijs voor de bruine materialen is bepalend voor de prijs van de module boerderijcompostering. In de composteerproef in het tweede projectjaar werden door ILVO alternatieve bruine materialen zoals heidechopper, aardbeisubstraat en tomatensubstraat met succes gebruikt ter vervanging van houtsnippers. De kosten per ton bedroegen 12,8 euro per ton heidechopper, 23,7 euro per ton aardbeisubstraat en het tomatensubstraat was gratis. Deze materialen kunnen de prijs voor boerderijcompostering sterk drukken, zeker in vergelijking met de kostprijs van 100 euro per ton houtsnippers.

Per ton oogstresten werden respectievelijk 1,86 en 1,90 ton compost van koolresten en preiresten geproduceerd. In tegenstelling tot industriële compostering wordt boerderijcompost niet gezeefd maar wordt de volledige compost als bodemverbeteraar gebruikt. Compost kan op het land worden uitgereden om de nutriënten terug in de bodem te brengen of kan worden verkocht. De verkoopprijzen voor compost variëren tussen 6,5 en 12 euro per ton (DLO, 2012). Deze verkoopprijs is niet opgenomen in de module.

Tabel 256: Kostenberekening voor boerderijcompostering.

Variabele kosten (euro/ton oogstrest)		min	max
<i>Brandstof en smeermiddelen (15 euro/u)</i>			
Verbruik opzetten en omzetten composthoop			-0,7
Verbruik tractor compostkeerder bij keren			-15,1
<i>Toeslagmaterialen</i>		<i>(ton per ton oogstrest)</i>	
Houtschors (9.72 en 17.5 euro/ton)	0,38	-3,7	-6,7
Tarwestro (75 en 100 euro/ton)	0,03	-2,0	-2,6
Korte omloophout (zelf oogsten 60 euro/ton en aankopen 100 euro/ton)	0,44	-26,6	-44,3
Restplant korrelmaïs (zelf oogsten = 15 euro/ton)	0,49	-7,3	-7,3
Arbeidsbehoefte (manuren/ton oogstresten)			
Temperatuur, CO ₂ en vochtgehalte opvolgen per ril	3.6 u per ril		-3,60
Keren	2.2 min per ton per keer 8x keren		-0,29
Opzetten materiaal per composthoop	17.4 min per ton		-0,29
Inmengen oogstresten composthoop	8.7 min per ton		-0,14
Totalen		min	max
totale variabele kost (euro/ton oogstresten)		-55	-77
totale arbeidsbehoefte (manuren/ton oogstresten)			-4,3

De arbeidsbehoefte voor het opvolgen van temperatuur, CO₂ en vocht is 3,6 manuren per ril, onafhankelijk van de hoeveelheid materiaal. De arbeidsbehoefte voor het opzetten, inmengen en keren is 0,73 manuren per ton.

Mogelijke bijkomende vaste kosten zijn de aanschaf van een keermachine voor de compostering, een digitale thermometer, een CO₂-meter en composteerdoeken. De gebruikte compostkeerder kost 33082 euro, de digitale thermometer 245 euro, de CO₂-meter 420 euro en de compostdoeken 24 euro per ton oogstresten, met een afschrijvingstermijn van respectievelijk 10, 5, 5 en 5 jaar. Bij een rente van 3,3% (DLO, 2012) bedraagt de jaarlijkse kapitaalskost (afschrijving en rente) 13,3% voor de composteerder en 8,3% voor de thermometer, CO₂-meter en compostdoeken.

Boerderijcompostering moet plaatsvinden op verharde ondergrond. De nodige ondergrond voor rijen met een breedte van 3 m was bij de start 6,4 m² per ton oogstresten. Ook om met de trekker langs de rij te rijden is 6,4 m² nodig per ton oogstresten. De vervangingswaarde van prefab betonplaten is 35-45 euro per m² of en een afschrijving 5% en onderhoudskost van 0,5%

Er bestaan ook andere initiatieven om de kost van de compostering te drukken. Zo kan een composteermachine gedurende de beginfase gehuurd worden (3 à 4 weken). Kostprijs inclusief thermometer bedraagt 75 euro per draaiuur (www.boerenlandschap.be). In totaal wordt werd 0,29 uur gekeerd per ton oogstresten, met een kostprijs van 21,7 euro exclusief arbeid- en brandstofkost.

A10.5.8.2 Inkuilen

De inkuilproef werd uitgevoerd door het ILVO met resten van bloemkool, bleekselder, prei en sluitkool. Als toeslagmateriaal werd maïsstro gebruikt waarbij de volumeverhouding van gewasrest en maïsstro steeds 50-50 bedroeg. De proef die in 2012 werd uitgevoerd, was een emmerproef op laboschaal. Om de kosten van het inkuilen op bedrijfsschaal in plaats van op laboschaal te schatten, worden cijfers gebruikt van een andere proef uit een eerder onderzoek voor het inkuilen van

grasklaver (ILVO). Voor een inkuilproef met grasklaver is een kuil gemaakt in 0,35 uur per ton vers gewicht met 37% DS door het ILVO.

Voor de restplant van de korrelmaïs werd net zoals voor de compostproef uitgegaan van zelf geoogste korrelmaïs met een kost van 16 euro per ton.

Tabel 257: kostenberekening voor inkuilen (gebaseerd op eerder onderzoek ILVO)

Variabele kosten (euro/ton oogstrest)			
<i>Brandstof en smeermiddelen (15 euro/u)</i>			
Verbruik inkuilen			-5.3
<i>Toeslagmaterialen (restplant korrelmaïs, 16 euro/ton zelf oogsten)</i>			
	<i>ton maïs per ton oogstrest</i>		
bloemkool	0.57		-9.1
prei	0.62		-9.9
selder	1.28		-20.4
sluitkool	0.28		-4.5
Arbeidsbehoefte (manuren /ton oogstrest)			
Inkuilen			-0.35
Totalen			
variabele kost (euro/ton oogstrest)			
bloemkool			-14.4
prei			-9.9
selder			-29.5
sluitkool			-14.4
totale arbeidsbehoefte (manuren/ ton oogstrest)			-0.35

Indien gebruik gemaakt wordt van loonwerk, kunnen vaste kosten voor machines vermeden worden. Om perssappen van het inkuilen te kunnen opvangen is een sleufkuil met perssapput noodzakelijk, de vaste kosten hiervoor zijn opgenomen in Tabel 258 (Vermeij et al., 2009). De vaste kost van de kuilplastic is 30 euro per hectare grasland met opbrengst van 2,8 ton DS per ha met een vochtpercentage van 37%. Dat geeft 12,3 euro per ton bloemkoolresten (met bulkdenstiteit 0,297 ton per m³ en een volumegewicht 50-50 met restplant van korrelmaïs).

Tabel 258: Vervangingswaarde en jaarlijkse kosten voor sleufsilos (Vermeij et al., 2009).

	Vervangingswaarde (euro)	Jaarlijkse kosten in %		
		afschrijving	Rente	onderhoud + verz.
Kuildoek per ton bloemkool (50-50 maïs)	12.3	5	3.3	1.5
Sleufsilos				
Kuilplaat per m ²	25-40	5	3.3	1.5
Meerprijs sleufsilos per m wand	90-135	5	3.3	1.5
Perssapput 2 m ³	400	5	3.3	1.5
Perssapgoot per m	9-14	5	3.3	1.5

Het ingekuild materiaal van de emmerproeven bleek nog onstabiel, voor gebruik op het land moet het dan vroeg genoeg worden uitgereden om concurrentie met andere gewassen te vermijden. Behalve als bodemverbeterend middel kan kuil ook gebruikt worden als veevoeder, vooral de kuil op basis van bleekselder en prei bleek hiervoor geschikt. De grootste belemmering voor het gebruik van

kuil als veevoeder was het hoge tarra aan grond, wat leidt tot een hoog asgehalte. Het hoge asgehalte is niet toxisch voor de dieren, maar een zandgehalte boven de 15% is te vermijden. Vooral de kuil op basis van sluitkool had een zeer hoog asgehalte. Mogelijks kunnen aangepaste machines voor het afvoeren van de oogstresten het asgehalte reduceren.

A10.5.8.3 Afvoeren naar compostering of vergisting

Als derde optie kunnen oogstresten worden afgevoerd voor compostering of vergisting. Uit een bevraging bij vergisters en composteerbedrijven bleek dat de prijzen die verwerkende bedrijven willen ontvangen of betalen per ton oogstresten sterk afhankelijk zijn van bedrijf tot bedrijf. Meestal moet een gate fee worden betaald waardoor de kost voor het afvoeren van oogstresten oploopt. Op bedrijven met GFT-compostering lag de gate fee opvallend hoger dan bij vergisters, nl. meer dan 65 euro per ton oogstresten. Van de bedrijven met vergisting zouden sommige bedrijven bereid zijn te betalen voor oogstresten, maar het gros van de vergisters die oogstresten willen verwerken of reeds verwerken, rekenen een gate fee aan tussen 0 en 20 euro per ton oogstresten. De vervuiling van oogstresten met grond is een bottleneck voor de verwerking.

In Tabel 259 zijn de kosten gegeven voor het verwerken van de gemiddelde tonnages oogstresten per hectare voor verschillende teelten. De weergegeven kosten zijn de variabele kosten voor inkuilen en boerderijcomposteren, respectievelijk 28,5 en 66 euro per ton oogstresten. Voor composteren en vergisten bij een ander bedrijf werd gerekend met een gate fee van respectievelijk 65 en 20 euro per ton oogstresten. In deze modules zijn geen transportkosten in rekening gebracht. Een tuinder zou een vracht oogstresten ook kunnen combineren met een retourvracht compost

Tabel 259: vergelijkende tabel met van modules voor verwerking van afgevoerde oogstresten (euro per hectare).

	Witte kool	Bloemkool versmarkt	Bloemkool industrie	Prei
gemiddelde oogstresten (ton/ha)	71	15	39	15
Variabele kosten				
inkuilen	-1020	-148	-560	-148
boerderijcomposteren	-4686	-990	-2574	-990
afvoeren compostering	-4615	-975	-2535	-975
afvoeren vergisting	-1420	-300	-780	-300
Arbeid (manuren per ha)				
inkuilen	-24.9	-5.3	-13.7	-5.3
boerderijcomposteren	-55.4	-14.6	-32.1	-14.6

De verkoopprijs voor boerderijcompost is niet opgenomen in de module. Als voorbeeld kan bij een perceel bloemkool met 40 ton oogstresten, 76 ton compost worden gemaakt. De compost kan worden verkocht aan 494 tot 912 euro (6,5 tot 12 euro per ton) waardoor de hoge kostprijs van het scenario afvoeren met bedrijfscompostering kan worden gedrukt.

Bloemkool voor de versmarkt wordt gespreid geoogst waardoor, indien de oogstresten op één tijdstip van het veld verwijderd worden, reeds een deel van de oogstresten zich reeds in een staat van ontbinding bevindt. Dit brengt een daling aan kwaliteit met zich mee waardoor deze minder interessant voor vergisten of composteren worden. De verregaande staat van ontbinding en de lagere plantdichtheid verklaart waarom er “maar” 15 ton oogstresten kunnen afgehaald worden voor bloemkool voor de versmarkt in vergelijking met bloemkool voor industrie’. Bij het oogsten van prei

wordt echter, op uitzonder van de wortels, de volledige plant van het veld verwijderd waarna de bladeren in een loods van de stengel worden verwijderd. Een regelmatige afvoer van oogstresten prei naar een vergister of composteringinstallatie is aldus meer waarschijnlijk.

A10.6 Vaste kosten

In Tabel 260 worden de vaste kosten van de machines gegeven per scenario. De vervangingswaarde is telkens gegeven exclusief BTW. De kapitaalskost is een percentage van de vervangingswaarde en omvat jaarlijkse kosten voor de rente, afschrijving, onderhoud en verzekering.

Nieuwe machines kunnen een hoge kost met zich meebrengen, zeker als ze maar in beperkte mate op het bedrijf worden ingezet. Strategieën om deze kosten te drukken zijn bijvoorbeeld loonwerk, gedeelde aankoop of huur van de machine zoals bij de compostkeerder.

Tabel 260: vervangingswaarde en jaarlijkse kapitaalskost nodig per scenario (DLO, 2012; Vermeij et al., 2009, ILVO-Plant projectpartner)

Scenario's	Gemiddelde vervangingswaarde (€)	JK (%)	Inwerken (ref)	Intact laten	Intact laten of inwerken of inwerken of	inwerken of inwerken of	onderzaai	Immob materialen	In situ immobilisatie	Afvoeren	Boerderijcompost	Inkuielen
Grondfrees (2.5-3 m)	3735	15,0	x		x	x	x					
Machinaal afvoeren*	?	?						x	x	x		
Zaaimachine (6-9m breedte)	10000	11,0		x								
Stalmeststrooier (14-16 ton)	34000	16,3				x	x					
Wentelploeg (1.6 m breedte)	6300	15,8					x					
Loofklapper (3 m)	95000	20,0			x							
Composteren:												
Compostkeerder	33083	13,3							x			
Digitale thermometer	245	8,3							x			
CO-2 meter	420	8,3							x			
Compostdoek (m ²)	2,18	8,3							x			
Inkuielen:		9,8										
Kuildoek per ton bloemkool (50-50 mais)	12	9,8										x
Sleufsilo:												
Kuilplaat per m ²	33	9,8										x
Meerprijs sleufsilo per m wand	113	9,8										x
Perssapput 2 m ³	400	9,8										x
Perssapgoot per m	11,5	9,8										x

* geen geschikte machine voorhanden, gerekend met loonwerk (3.5 manuren per hectare 90 euro per uur)

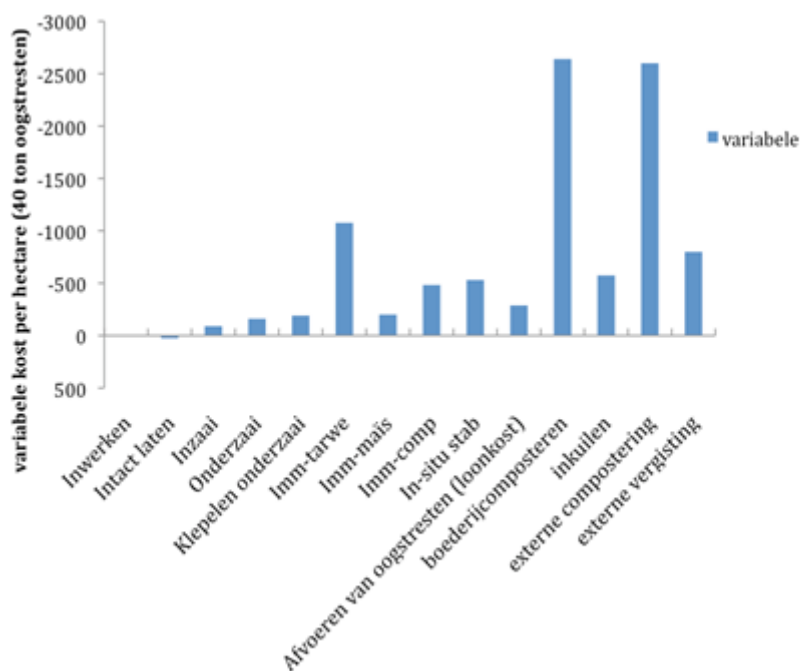
A10.6.1 Vergelijken scenario's

Afwegen welke scenario's economisch haalbaar zijn kan door de variabele kost van de verschillende scenario's met elkaar te vergelijken. Tabel 261 toont de netto impact op de variabele kosten van de scenario's voor een bloemkoolperceel van 1 hectare met 40 ton oogstresten. De vaste kosten nodig voor een bepaald scenario kunnen uit vorige paragraaf worden afgeleid.

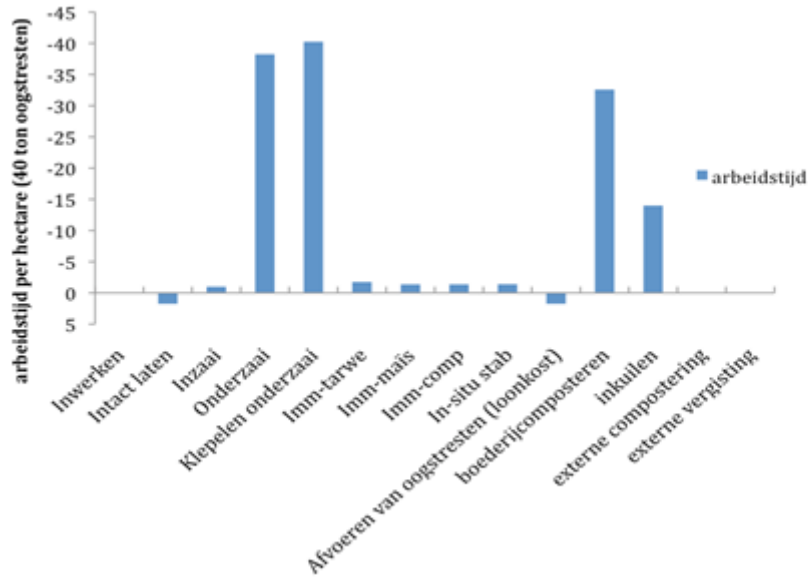
Tabel 261: Netto variabele kost en arbeidsbehoefte van korte termijn scenario's voor beperking stikstof uitloging voor een perceel bloemkool met 40 ton oogstresten per hectare.

	Gemiddelde variabele kosten	Arbeidsbehoefte
	euro/ 40 ton/ ha	manuren/ 40 ton/ ha
Inwerken	-	-
Intact laten van oogstresten	26	2
Inwerken met inzaai rogge	-90	1
Intact laten met onderzaai rogge	-89	-38
Klepelen met onderzaai rogge	-119	-40
Intact laten met onderzaai Italiaans raaigras	-61	-38
Klepelen met onderzaai Italiaans raaigras	-91	-40
Immobiliserende materialen		
tarwestro	-1076	-2
maïsstro	-201	-1
compost	-483	-1
In situ stabilisatie met tarwestro	-604	-1
Gewenten met tarwestro	-641	-5
Afvoeren van oogstresten (loonkost)	-288	2
Verwerken van oogstresten:		
boerderijcomposteren	-2640	-33
inkuilen	-574	-14
afvoeren voor externe compostering		
afvoeren voor externe vergisting	-2600	-
	-800	-

Onderstaande grafieken (Figuur 152, Figuur 153) geven de nette impact van de modules op de variabele kosten en arbeidstijden grafisch weer. Scenario's met externe materialen zijn sterk afhankelijk van de prijzen van de toeslagmaterialen. Als veel handwieden noodzakelijk is of bij inkuilen en boerderijcomposteren stijgt de behoefte aan arbeidstijd sterk.



Figuur 152: netto impact van de partiële budgettering op variabele kosten van verschillende modules voor 40 ton oogstresten per hectare bloemkoolteelt



Figuur 153: netto impact van de partiële budgettering op de arbeidstijden van verschillende modules voor 40 ton oogstresten per hectare bloemkoolteelt

Tot slot wordt hier als voorbeeld de kostprijs getoond van een scenario waarbij enkele modules worden gecombineerd, zoals de lijn aangegeven op Figuur 150. Nadat oogstresten worden afgevoerd, worden ze getransporteerd naar het veld (transport 3 km) waar ze op het bedrijf worden gecomposteerd. Na de compostering worden 20 ton compost opnieuw naar het veld gebracht en inwerkt als bodemverbeteraar. Indien transport zelf georganiseerd wordt met capaciteit van 10 ton bij kost van 0,004 euro per ton en per km. Voor het laden van 10 ton rekenen we 20 minuten.

De netto impact op de variabele kost en arbeid zijn sterk bepaald door het boederijcomposteren.

Tabel 262: Netto impact op variabele kost en arbeidstijd van het scenario met afvoeren oogstresten, boederijcomposteren en gebruik compost als bodemverbeteraar (zie lijn in Figuur).

Korte termijnproeven	Gemiddelde variabele kosten euro per 40 ton per ha	Arbeidsbehoefte manuren per 40 ton per ha
Afvoeren van oogstresten (loonkost)	-288	1,8
Transport naar het bedrijf (3 km)	-4	-1,68
boederijcomposteren	-2640	-32,6
Transport naar het veld	-2	-0,6
Uitrijden en inwerken 20 ton compost	-60	-4
Totaal	-2994	-37

A10.7 Conclusie

In deze studie werd de economische impact werd becijferd voor een groot aantal scenario's die trachten de nutriëntenuitspoeling in de groenteteelt te verminderen.

Voor elk scenario werd de impact op variabele en vaste kosten besproken. De vereiste vaste kosten werden steeds apart toegelicht. Intact laten van oogstresten blijkt economisch het meest voordelig. Bij alle proefcentra werd een besparing tussen de 22,5 en 30 euro per hectare genoteerd en een verminderde arbeidsbehoefte van 1,5 tot 2 manuren per hectare.

Uit becijfering blijkt dat de module met compostering op het bedrijf of extern het minst gunstig is, daarna volgt het gebruik van tarwestro als immobiliserend materiaal, gevolgd door afvoeren naar een vergister, inkuilen en het gebruik van compost als immobiliserend materiaal. Het gebruik van maïsstro als immobiliserend materiaal of inwerken met een vanggewas bleken gunstiger.

De scenario's met vanggewassen, toeslagmaterialen of immobiliserende materialen bleken het meest gevoelig voor prijsschommelingen van de externe materialen. Bij de behandeling met immobiliserende materialen verhoogden de variabele kosten met 187 tot 1230 euro per hectare ten opzichte van het inwerken van oogstresten. Maïsstro was daarbij het goedkoopste materiaal en tarwestro het duurste. Wel moet maïsstro nog worden opgehaald van het veld en is het vaak pas beschikbaar nadat de groenten worden geoogst. Inwerken van oogstresten met inzaaien van rogge verhoogt de kosten met 116,7 euro per hectare en de arbeidsbehoefte met 2,5 manuren per hectare. Bij afvoeren van oogstresten via loonwerk en inzaaien van een mengeling aan phacelia, winterrogge en Italiaans raigras verhogen de variabele kosten met ongeveer 370 euro per hectare; door het loonwerk vermindert de arbeidsbehoefte met 0,5 tot 1,5 manuren per hectare.

Er bestaan nog geen machines specifiek voor het afvoeren van oogstresten. Problematisch is vaak de grote tarra grond die mee wordt afgevoerd. Inagro gebruikte een klepelmaaier voor het machinaal afvoeren van oogstresten maar gaf aan dat een economische doorrekening op basis van de klepelmaaier niet relevant is. In deze studie werd een loonkost van 90 euro per uur en een nodige arbeidstijd van 3,5 manuren per hectare voor het afvoeren van koolresten gehanteerd. Door het loonwerk verminderde de arbeidsbehoefte met 1,5 tot 2 manuren per hectare. De oogstresten moeten na afvoer worden verwerkt.

De kosten voor boerderijcompostering lopen hoog op. De variabele kosten voor inkuilen liggen lager, maar er komen vaste kosten bij om vrijkomende perssappen op te vangen. Het kuilmateriaal is nog niet uitgerijpt. Daarom moeten ingekuilde gewasresten bij gebruik als bodemverbeteraar vroeg genoeg worden toegediend om concurrentie met het volgende gewas voor de beschikbare nutriënten te voorkomen. Om de kuil te kunnen gebruiken als veevoeder moet het aandeel bodemdeeltjes in de afgevoerde oogstresten worden beperkt. Boerderijcompostering en afvoeren naar een externe compostering blijken gelijkaardig inzake kostprijs, maar voor boerderijcompostering zijn de bijkomende vaste kosten nog niet meegerekend. Bij boerderijcompostering heeft de kostprijs van de gebruikte structuurmaterialen een grote invloed op de totale kostprijs. Het gebruik van schors en houtsnippers leidde tot een hoge kostprijs. Het gebruik van alternatieve structuurmaterialen (houtig materiaal van beheerswerken voor landschaps- en natuurbeheer, gebruikte substraten, ...) kan de prijs voor boerderijcompostering echter sterk drukken, omdat de alternatieve materialen meer dan 4 keer goedkoper zijn dan houtsnippers. De oogstresten vergisten is volgens de resultaten economisch het meest rendabele valorisatietraject voor afgevoerde oogstresten. Een beperking bij het afvoeren is dat de oogstresten vaak gespreid vrijkomen en sommige resten al in verre staat van ontbinding zijn voordat ze kunnen worden afgevoerd. Het afvoeren van oogstresten voor verwerking gebeurt bij voorkeur in de directe omgeving, omdat de meerwaarde gecreëerd door verwerking afneemt met de transportafstanden.

A10.8 Bronnenlijst

EOSAN (2011) <http://www.mipvlaanderen.be/en/webpage/103/eosan.aspx>

DLO. (2012). *Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt 2012*. Wageningen. Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Maker. A. D. (2006). *Partial Budgeting : A Tool to Analyze Farm Business Changes*. (May).

Reubens. B., Vandecasteele. B., De Neve. S., Willekens. K. (2012). *Behandeling van biologische dierlijke mest door compostering: resultaat van praktijkproeven. Deelrapport 1 ADLO-onderzoeksproject "Optimale aanwending van biologische mest van kippen en herkauwers voor een gezond biologisch gewas"*. (p. 62).

Vermeij. I., Bosm. B., Evers. A., Harlaar. W., & Vink. I. (2009). *Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2008-2009*. Animal Sciences Group. Wageningen UR.

VLM. (2005). *G roenbedekkers Waarom groenbedekkers G roenbedekkers Soorten groenbedekkers*.

Wolf. M. de. & Haan. J. de. (2005). *Gewasresten afvoeren: utopie of optie. Onderzoeksprogramma Systeminnovaties geïntegreerde en biologische open teelten. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*.

Appendix 11:

Aanvraag afwijking op vergunningsvoorwaarden
compostering op het ILVO in het kader van
proefopzet compostering van oogstresten
op de kopakker

Medewerkers

ILVO-EV Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek

Koen Willekens, Jarinda Viaene, Bart Vandecasteele

Appendix 11: Aanvraag afwijking op vergunningsvoorwaarden compostering op het ILVO in het kader van proefopzet compostering van oogstresten op de kopakker

A11.1 Context en socio-economische relevantie van de composteringsproeven met oogstresten

In het kader van het **Oogstrestenproject** (Universiteit Gent, Bodemkundige Dienst België, Inagro, Proefstation voor de Groenteteelt, Provinciaal Proefcentrum voor de Groenteteelt Oost-Vlaanderen en ILVO) worden oogstresten van vollegrondsgroenten afgevoerd en onder meer gecomposteerd. Dit wordt gedaan omdat oogstresten die op het veld achterblijven door een neerslagoverschot tot stikstofuitspoeling kunnen leiden in de winter. Het verlies aan stikstof vormt een bedreiging voor de waterkwaliteitsdoelstellingen (Europese nitraatrichtlijn, MAP 4) en dient vermeden te worden in het kader van een duurzame bedrijfsuitvoering.

Erblijkt een grote vraag te zijn naar bruine, koolstofrijke materialen om in de compostering te mengen met groene, stikstofrijke materialen. Deze bruine materialen gaan meer en meer naar verbrandingsinstallaties door de grote vraag naar bio-energie. Vandaar worden in deze proefopzet verschillende alternatieve bruine stromen in de compostering met oogstresten getest. Deze bruine materialen worden verkregen in samenwerking met het Agentschap voor Natuur en Bos, Peltracom en Proefcentrum Hoogstraten. Een eerste karakterisering van enkele alternatieve bruine materialen gebeurde reeds in opdracht van het KOBÉ-project van het Agentschap voor Natuur en Bos (Gybels et al., 2013). Afvoer van de oogstresten van het bedrijf voor een verwerking (e.g. vergisting, compostering) zal niet altijd haalbaar zijn en past minder vanuit het gezichtspunt van het sluiten van de nutriënten- en organische stofkringloop. Compostering van de groenteresten op het landbouwbedrijf is een mogelijke piste maar een zeer dure indien hiertoe een vloeistofdichte vloer dient aangelegd te worden. De vraag stelt zich met welke emissiebeperkende maatregelen compostering van de groenteresten zou kunnen plaatsvinden op het perceel waar ze gewonnen of terug ingezet worden. In Nederland werd al onderzoek gedaan naar maatregelen ter beperking van emissies bij compostering van bloembollenafval (van Dam & Bruin, 2003; Wondergem, 2000). Het gebruik van een afdekkdoek of het voorzien van een absorberende onderlaag drong de emissies in sterke mate terug. Een brongerichte maatregel is te zorgen voor een goed procesverloop hetgeen de microbiële vastlegging van nutriënten als stikstof en fosfor begunstigt.

A11.2 Specifieke uitvoering van de proefopzet

Composteringsproeven met oogstresten/alternatieve bruine materialen

Doelstelling: Gewasresten van prei (na het kuisen op het bedrijf) composteren met verschillende alternatieve bruine materialen.

Proefopzet:

Verschillende behandelingen zullen worden gecomposteerd:

- Oogstrest prei + roggestro + houtsnippers op de kopakker
- Oogstrest prei + roggestro + houtsnippers op vloeistofdichte betonvloer
- Oogstrest prei + roggestro + heidechopper op vloeistofdichte betonvloer
- Oogstrest prei + roggestro + teelsubstraat aardbei op vloeistofdichte betonvloer
- Oogstrest prei + roggestro + teelsubstraat tomaat op vloeistofdichte betonvloer

A11.3 Emissiemetingen en emissiebeperkende maatregelen tijdens de proefopzet

Tijdens de proeven zullen door een gepaste uitgangssamenstelling, de controle op en de aansturing van het procesverloop en het gebruik van een semipermeabel compostdoek de nutriëntenverliezen beperkt worden.

Proefopzet:

- Karakterisering van inputstromen en startmengsel
- Onder en naast de hopen op de kopakker zullen stalen van het bodemprofiel genomen worden om de initiële minerale stikstofgehalten te bepalen
- De hopen worden bedekt met een compostdoek om inval van regenwater te voorkomen en aldus uitspoeling te beperken

Opvolging proces:

- Temperatuur-, CO₂, en vochtgehalte worden opgevolgd, op basis waarvan het proces wordt aangestuurd (met gebruik van een compostkeerder) voor het garanderen een maximale microbiële activiteit en een hygiënisatie van het product
- Tussentijdse staalname om de productkwaliteit te beoordelen

Eindproduct:

- Productkwaliteit van de compost
- Onder en naast de hopen op de kopakker zullen opnieuw stalen van het bodemprofiel genomen worden om de finale minerale stikstofgehalten te meten

A11.4 Voorwerp van de aanvraag tot afwijking van de vergunningsvoorwaarden

Per proefopzet zullen vier op de vijf behandelingen uitgevoerd worden op de nieuw aangelegde composteringssite van het ILVO, overeenkomstig de opgelegde uitbatingvoorwaarden. Een vijfde behandeling zal, in afwijking van de vergunning, uitgevoerd worden op de kopakker van een ILVO-perceel en is voorwerp van deze aanvraag tot afwijking.

A11.5 Verloop van de vergunningsprocedure

Aanvraag

Sinds september 2013 beschikt het ILVO over een vergunde composteerinstallatie. Einde oktober 2013 werd door ILVO een tekst opgesteld voor het motiveren van de nodige afwijkingen van de milieuvergunning in het kader van het proefopzet op de kopakker met oogstresten. Die tekst en enkele bijkomende elementen werden gebruikt voor het opstellen van de officiële aanvraag tot afwijking voor het composteren met de groenteresten op de kopakker, die aangetekend verzonden is naar Brussel in de tweede week van november.

Antwoord van Afdeling Milieuvergunningen

Op 27/11 antwoordde de afdeling Milieuvergunningen, departement LNE op deze aanvraag:

- Aanvraag afwijking artikel 5.2.2.3.5 §4 werd ontvankelijk verklaard, zijnde het niet op een vloeistofdichte vloer composteren (met preiresten)
- de afwijking om met de groenteresten op de kopakker te composteren komt einde januari op een commissie, waarna de goedkeuring via het kabinet naar de minister gaat ter ondertekening.

Doordat de vereiste toestemming voor de proef op de kopakker niet voor eind januari 2014 kon afgeleverd worden, kon dit object wegens vergunningstechnische redenen niet samen met de andere 4 objecten uitgevoerd worden.

Ondanks het gunstige advies van de afdeling Milieuvergunningen heeft de gewestelijke milieuvergunningscommissie op zijn zitting van februari het dossier verdaagd tot de zitting van 25 maart. Volgens de aanwezige onafhankelijke deskundige waren er te weinig alternatieve maatregelen om verspreiding van nutriënten naar de bodem tegen te gaan. Bovendien had de milieuvergunningscommissie ook graag het advies van VMM afdeling grondwater gewenst. De deskundige had volgende vraag: is het niet mogelijk om een 'diepe' kuil uit te graven en daarin een folie aan te brengen. Daarna de kuil opnieuw opvullen en hierop de proeven op de kopakker uitvoeren. Op die manier kunnen de nutriënten niet verder uitspoelen dan de folie.

Als bijkomende voorwaarde werd gesteld dat er onder de hoop op de kopakker een folie ingegraven moest worden om nutriëntenuitspoeling te voorkomen.

Aangeleverde bijkomende informatie

ILVO leverde argumenten aan om aan te tonen dat de extra vereisten (o.a. folie) niet nodig waren. Volgende info was beschikbaar uit Literatuuronderzoek:

- Eghball et al. (1997) en Sommer & Dahl (1999) vonden N-verliezen via het percolaatwater van **minder dan 0.5%** (of minder dan 77 mg/kg N) van de initiële N inhoud in de rundermest (40–60% DS en C/N van 12-20) tijdens composteren.
- Indien telkens (meerjarig) op dezelfde **plaats** gecomposteerd wordt, is verontreiniging van het grondwater mogelijk (Nienaber & Ferguson, 1994). Het is de eerste en mogelijk ook de laatste maal dat er mest op de betreffende locatie wordt opgeslagen. De C/N ratio en de hoeveelheid **beschikbare N** spelen een rol in de NO₃ uitspoeling tijdens het opslaan (Kirchmann, 1985) en composteren (Peigné & Girardin, 2003) van mest. Een **hoge C/N** ratio (≥30) wordt geassocieerd met minder verliezen (Berner, 1986; Godden et al., 1991; Ulén, 1993). Een optimale C/N voor het minimaliseren van alle nutriëntenverliezen ligt tussen de 30-35.
- De **waterretentiecapaciteit** van de uitgangsmaterialen is ook een belangrijke invloedsfactor (Krogmann & Woyczehowski, 2000). Deze kan worden verhoogd door toedienen van structuurrijke materialen zoals stro (Ulén, 1993) of houtsnippers (Lafrance et al., 1996).
- De **periode** van composteren moet gekozen worden zodanig dat seizoenen met veel neerslag vermeden worden. Indien gebruik gemaakt wordt van een compostdoek kan het probleem van regeninval deels vermeden worden (Peigné & Girardin, 2003). Onze proeven zullen doorgaan tussen april en juni en de hopen worden continu afgedekt.
- Door de **hopen af te dekken**, stroomt het regenwater er van zonder in contact te komen met de mest, waardoor het risico op contaminatie verkleint (Peigné & Girardin, 2003). Afdekken van de hopen verkleint de N-verliezen: daling van 9% in vergelijking met hopen zonder doek (Peigné & Girardin, 2003). Het Landelijk Milieuoverleg Bloembollenteelt (2005) heeft zelf een daling van de uitspoeling van N en fosfaat met respectievelijk 66% en 79% wanneer de composthopen worden afgedekt. Bovendien vermindert de hoeveelheid van percolaatwater met ongeveer 60%.

Onze conclusie ivm de preventiemaatregelen is dus:

- Locatie: de eerste maal op deze locatie op de akker zodat van accumulatie nog geen sprake kan zijn
- Periode: april-juni → neerslagkans is beperkt
- Afdekken met een Toptex-doek → minder percolaatwater
- Folie ingraven om nutriëntenuitspoeling te voorkomen ondermijnt de hele proefopzet: ze wordt onvergelijkbaar met een praktijksituatie gezien de natuurlijk bodemstructuur vernietigd wordt. Het is technisch ook niet mogelijk om op losgewerkte grond te opereren met machines.

Afleveren van de afwijking op de milieuvergunning

De commissie heeft op de vergadering van 25/3 het dossier gunstig geadviseerd. Eind maart werd de aangevraagde afwijking op de milieuvergunning dus goedgekeurd, zodat de proef op de kopakker begin april van start kon gaan.

Het verloop van de vergunningsaanvraag illustreert alvast dat het wetgevend kader op dit ogenblik weinig opties voor de verwerking van oogstresten via compostering toelaat.

A11.6 Referenties

Gybels, R., Viaene, J., Vandervelden, J., Reubens, B., Vandecasteele, B. (2013). Biomassa als bodemverbeteraar - Onderzoek naar de toepassing van beheerresten als bodemverbeteraar. Agentschap voor Natuur en Bos, Inverde & ILVO. 73 blz.

van Dam A.M. & Bruin P.N.A. (2003). Uitspoeling van nutriënten bij composthopen van bloembollenafval bij een onderlaag van tuinturf of stro. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. 27p.

Wongergem M.J. (2000). Vorming van percolaatwater en uitspoeling van nutriënten bij composthopen van bloembollenafval. Rapport Bloembollenonderzoek 118. Laboratorium voor Bloembollenonderzoek, Lisse. 45p.