

RAPPORT MET RESULTATEN VAN DE VELDPROEVEN

Datum publicatie: 30/11/2022

Auteurs: Anne Adriaens (UGent), Joris De Nies en Jonas Elsen (PSKW), Lore Luys (PVL Bocholt), Gert Van de Ven en An Schellekens (Hooibeekhoeve), Anneleen Riemens (Rusthoeve), Inès Verleden (Inagro)

Inhoudstafel

1.	De gebruikte meststoffen.....	4
1.1.	Beschrijving van de herwonnen meststoffen	4
1.1.1.	Ammoniumzouten	4
1.1.2.	Mineralenconcentraat	6
1.2.	Samenstelling van de meststoffen	7
1.2.1.	Analyses 2020	7
1.2.2.	Analyses 2021	8
1.2.3.	Analyses 2022	9
1.2.4.	Toetsing aan de RENURE-criteria	11
1.2.5.	Stabiliteit van de producten	11
2.	Overzicht van de veldproeven	12
2.1.	Toepassing in de groententeelt	15
2.1.1.	Proefopzet	15
2.1.2.	Resultaten.....	16
2.1.3.	Conclusies.....	31
2.2.	Toepassing in de akkerbouw – aardappelen	32
2.2.1.	Proefopzet	32
2.2.2.	Resultaten.....	33
2.2.3.	Conclusies.....	37
2.3.	Toepassing in de akkerbouw – wintertarwe	38
2.3.1.	Proefopzet	38
2.3.2.	Resultaten.....	38

2.3.3.	Conclusies.....	39
2.4.	Toepassing in de akkerbouw – mais	40
2.4.1.	Proefopzet	40
2.4.2.	Resultaten.....	41
2.4.3.	Conclusies.....	54
2.5.	Toepassing in de akkerbouw – gras	55
2.5.1.	Proefopzet	55
2.5.2.	Resultaten.....	56
2.5.3.	Conclusies.....	63
3.	Algemene conclusies en opgedane ervaringen	64

1. De gebruikte meststoffen

1.1. Beschrijving van de herwonnen meststoffen

Nitroman heeft tot doel constructeurs van innovatieve technieken voor nutriëntenrecuperatie uit mest in de praktijk uit te testen en de implementatie in de praktijk te ondersteunen. Concreet worden in het project volgende technieken onderzocht:

- stripping-scrubbing van de dunne fractie van mest of digestaat waarbij stikstof (N) uit de dunne (vloeibare) fractie van mest en/of digestaat wordt gerecupereerd door stripping en scrubbing waarbij, afhankelijk van het gebruikte tegenzuur, ammoniumnitraat of ammoniumsulfaat ontstaat. In het Nitroman-project werden de installaties van de constructeur Detricon (BE) opgevolgd.
- de membraanfiltratietechniek waarbij door een cascade van filtratiestappen het nutriëntengehalte van de dunne fractie van mest of digestaat wordt verhoogd, waarbij enerzijds een mineralenconcentraat en anderzijds een losbare waterfractie ontstaat. In Nitroman werden de producten afkomstig van de installaties van de constructeur Strocon (NL) opgevolgd.

Hieronder volgt een korte beschrijving van de productie van de ammoniumzouten en het mineralenconcentraat. Meer gedetailleerde informatie over de herwonnen meststoffen en hun productiewijze zijn terug te vinden in de [productfiches](#), te vinden op www.nitroman.be.

1.1.1. Ammoniumzouten

Eén van de belangrijkste manieren om N uit de veehouderij te recupereren en de N-kringloop te sluiten, bestaat in het recupereren van de ammoniak uit de mest in de vorm van ammoniumzouten. Daarbij kan onderscheid gemaakt worden tussen installaties die ammoniak recupereren uit de stallucht en installaties die ammoniak uit de dunne fractie van mest en/of digestaat recupereren.

Beide types installaties werken volgens hetzelfde chemische principe: de gasvormige ammoniak wordt uit de lucht gewassen met een zuur en daarbij worden de ammoniumzouten ammoniumsulfaat of ammoniumnitraat geproduceerd. Beide installaties produceren dan ook een volledig vergelijkbaar product, zowel naar chemische samenstelling als naar bemestende waarde en werking.

Enkel het juridisch statuut is vooralsnog verschillend: in Vlaanderen zijn ammoniumzouten uit chemische luchtwassers, ook wel als spuiwater gekend, opgenomen in VLAREMA, Bijlage 2.2 Lijst van materialen die overeenkomstig hoofdstuk 2 in aanmerking komen voor gebruik als grondstoffen, meer bepaald voor gebruik als meststof of bodemverbeterend middel. Daarnaast wordt het spuiwater door de mestwetgeving (K.B. 28/01/2013) onder kunstmest ingedeeld. Hierdoor kunnen voor spuiwater mestverwerkingscertificaten verkregen worden en kan dit bovenop de 170 kg/ha N uit dierlijke mest worden toegepast.

In Nederland wordt de behandeling en het beheer van afvalstoffen en restproducten gereguleerd in de Wet Milieubeheer. Wanneer bepaalde afvalstoffen toegelaten worden voor gebruik als meststof, worden ze opgenomen in de Meststoffenwet. Indien ze niet zijn opgenomen, moeten afvalstoffen en reststromen geregistreerd zijn op een positieve lijst (Bijlage Aa Uitvoeringsregeling Meststoffenwet) om te worden toegelaten als meststofproduct. Opnieuw wordt enkel spuiwater van luchtwassers als anorganische meststof beschouwd.

Ammoniumzouten die door stripping-scrubbing uit mest worden geproduceerd, worden zowel in Vlaanderen als in Nederland tot op heden nog steeds als dierlijke mest beschouwd onder de Nitraatrichtlijn. Deze herwonnen meststoffen zijn wel prioritair opgenomen in het [SAFEMANURE-rapport](#) van de JRC om op basis van bepaalde criteria te kunnen worden gebruikt als kunstmestvervanger RENURE (**RE**covered **N**itrogen from man**URE**). Deze criteria zijn momenteel nog niet in wetgeving omgezet.

1.1.1.1. Ammoniumsulfaat uit een chemische luchtwasser

Chemische luchtwassers worden regelmatig geplaatst bij varkensstallen en composteerinstallaties, als luchtbehandelingstechniek om de ammoniak (NH_3) uit de stallucht te verwijderen. De luchtwassers zuigen de stallucht aan. Over die lucht wordt vervolgens een waterige zwavelzuuroplossing verneveld. De ammoniak van de stallucht reageert met het zwavelzuur in de nevel van de luchtwasser en vormt ammoniumsulfaat, wat vervolgens neerslaat. Bij een goed afgestelde luchtwasser reageert alle in de nevel aanwezige zwavelzuur met ammonium, en krijg je een waterige oplossing met een lichtzure pH. Deze verschilt naargelang de installatie, maar ligt meestal tussen 5 en 6,5. Het ammoniumsulfaat afkomstig van een chemische luchtwasser is inzetbaar als minerale kunstmeststof voor stikstof en zwavel en is in Vlaanderen reeds sinds 2007 erkend als kunstmest, wat betekent dat het bovenop de Nitraatrichtlijn van 170 kg N/ha kan worden afgezet.

1.1.1.2. Ammoniumzouten uit stripping-scrubbing van de dunne fractie van mest of digestaat.

In dit geval wordt de ammoniak (NH_3) gerecupereerd uit de dunne fractie van mest, digestaat of andere vloeibare afvalstromen met meer dan 0,1% ammoniakale N. Afhankelijk van het gebruikte tegenzuur (zwavelzuur of salpeterzuur) wordt respectievelijk ammoniumsulfaat of -nitraat geproduceerd.

Na mechanische scheiding van de ruwe mest of digestaat wordt de dunne fractie overgepompt naar de stripper-scrubber. Door manipulatie van pH en temperatuur, kan de verhouding van ammoniak/ammonium worden verhoogd zodat de ammoniakale N sneller vervluchtigt. Door lucht in de stripper te blazen, wordt de vluchtige ammoniak uit de dunne fractie verwijderd, waardoor de N kan worden gerecupereerd. De met ammoniak verrijkte lucht van de stripper wordt vervolgens in de scrubber (gaswasser) met zwavelzuur of salpeterzuur behandeld, waarbij ammoniak chemisch wordt gebonden en aldus respectievelijk ammoniumsulfaat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) of ammoniumnitraat (NH_4NO_3) wordt gevormd. De concentratie aan ammoniumsulfaat of -nitraat is afhankelijk van de initiële hoeveelheid water in de gaswasser en van de hoeveelheid salpeterzuur of zwavelzuur die tijdens het productieproces wordt gebruikt. Via dit proces kan hetzij een zuivere stikstofmeststof (NH_4NO_3) zonder andere nutriënten (50% trage, 50% snelle vrijgave van nutriënten), hetzij een N, S meststof ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) worden geproduceerd.

Bij de start van het project in december 2019 baatte Detricon één installatie uit, waarin ammoniumnitraat werd geproduceerd. De NH_4NO_3 gebruikt voor de veldproeven 2020, 2021 en 2022 is afkomstig van de Detricon-installatie gelegen op het landbouwbedrijf IVACO in Gistel. De dunne fractie die naar die stripper-scrubber gaat, is een mengsel van mest en digestaat. In het najaar van 2021 werd een tweede installatie voor stripping-scrubbing van mest opgestart bij Bio Sterco in Hoogdele. Hier wordt met behulp van zwavelzuur ammoniumsulfaat geproduceerd.

Voor de veldproeven van 2020 en 2021 was er dus nog geen ammoniumsulfaat van stripping-scrubbing van mest/digestaat beschikbaar. Om de planning van de veldproeven te respecteren, werd in de drie Vlaamse proefcentra bemest met ammoniumsulfaatoplossing afkomstig van een chemische luchtwasser. Deze oplossing is chemisch volledig identiek aan ammoniumsulfaat afkomstig van stripping-scrubbing, maar kan een iets lagere pH en concentratie hebben. Bij Rusthoeve (NL) werd ammoniumsulfaat afkomstig van stripping-scrubbing van mest van een Nederlandse producent gebruikt. In het kader van het optimaliseren van (de rendabiliteit van) de Detricon installatie werd in 2019 in het proefcentrum voor groententeelt ook een object ammoniumwater uitgetest. Dit ammoniumwater of ammoniumcarbonaat wordt verkregen door bij de stripping-scrubbing geen tegenzuur, maar water te gebruiken.

Voor de veldproef 2022 werd er in de Vlaamse proefcentra $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ gebruikt afkomstig van de stripping-scrubbing installatie bij Bio Sterco. Daarnaast werden ook objecten met ammoniumsulfaat van een chemische luchtwasser aangelegd. Op die manier werd de continuïteit van de veldproeven van 2020 en 2021 verzekerd en kon de effectiviteit van de twee types ammoniumsulfaat vergeleken worden.

1.1.2. Mineralenconcentraat

Net als bij de ammoniumzouten bestaat de eerste stap in het scheiden van de mest in een dikke en een dunne fractie. Door de toevoeging van een polymeer wordt een hoog scheidingsrendement verkregen, zodat de dunne fractie nog nauwelijks droge stof bevat. De dunne fractie ondergaat daarna achtereenvolgens een verdere scheiding door trommelfiltratie, microfiltratie en omgekeerde osmose (RO). Daarbij ontstaat enerzijds loosbaar water en anderzijds mineralenconcentraat. Het loosbaar water kan in het oppervlaktewater worden geloosd, of bedrijfsintern worden hergebruikt. Na de RO bevat het mineralenconcentraat voornamelijk minerale N en kalium (K), beide ongeveer aan 1%. Het is dit type mineralenconcentraat dat tijdens de veldproeven werd gebruikt.

De concentratie van dit mineralenconcentraat kan nog verder worden verhoogd door middel van een vacuümverdampster. De N die daarbij verdampt, wordt ofwel terug gecondenseerd en levert een mineralenconcentraat op met een hogere N-concentratie, ofwel kan er een stripping-scrubbing systeem worden nageschakeld, zodat enerzijds een N-zout en anderzijds een K-rijk concentraat wordt verkregen.

In 2020 werd het mineralenconcentraat enkel in Rusthoeve (NL) uitgetest, omdat dit enkel in Nederland wordt geproduceerd. Qua timing was het niet haalbaar om een grensoverschrijdend transport goedgekeurd te krijgen voor de herwonnen meststoffen. Deze wetgeving is vrij omslachtig doordat de goedkeuring van meerdere overheden is vereist. Zo moet voor het mineralenconcentraat een gezondheidscertificaat worden aangevraagd, en hier heeft het landbouwbedrijf, waar het mineralenconcentraat wordt geproduceerd, geen ervaring mee. Bovendien is deze wetgeving geschreven voor reguliere mesttransporten en -hoeveelheden. Er is geen uitzondering voorzien voor het transporteren van kleine hoeveelheden zoals een IBC-container mineralenconcentraat. Het inhuren van een erkend mesttransporteur voor dergelijke kleine hoeveelheden zou tot buitenproportionele kosten leiden. Ook daarom werd het Vlaamse ammoniumnitraat in 2020 enkel op de Vlaamse proefcentra werd uitgetest. In 2021 werd op de proefcentra Hooibeekhoeve en PVL Bocholt mineralenconcentraat gebruikt van een Nederlandse producent die ook reguliere afzet naar Vlaanderen heeft.

1.2. Samenstelling van de meststoffen

1.2.1. Analyses 2020

In Tabel 1 zijn de waarden van ammoniumnitraat en -carbonaat de resultaten van analyses uitgevoerd door Innolab en Ecochem; het ammoniumsulfaat werd op PSKW gemeten en voor het mineralenconcentraat (MC) werden de waarden door de producent doorgegeven.

Uit Tabel 1 blijkt dat:

- de concentraties aan zware metalen van de ammoniumzouten laag zijn;
- het ammoniumcarbonaat een zeer hoge pH heeft;
- en het mineralenconcentraat een NK-meststof is.

Tijdens de analyses van het ammoniumnitraat werden er grote verschillen in de analyseresultaten vastgesteld tussen de verschillende labo's. Via een ringtest werden de analyses herhaald en bijzondere aandacht gegeven aan de NH_4 bepaling. Deze ervaring leert dat het belangrijk is om bij de keuze van de analysemethode rekening te houden met het feit dat een groot deel van de N als NH_3 aanwezig is, waarvan de vervluchtiging sterk pH-afhankelijk is, en met de grootteorde van de te verwachten concentraties.

Tabel 1 Samenstelling van de herwonnen meststoffen gebruikt tijdens de veldproeven van 2020.

	pH	Conductiviteit (mS/cm)	DS (g/kg)	OS (g/kg)	Nutriënten (g/kg)								Zware metalen (ppm)							
					C _{tot}	N _{tot}	NH ₄	NO ₃	S	P	K	Mg	Na	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg
NH ₄ NO ₃	6,2	344,0			0,09	94,2	47,0	47,3	0,16	d.l.	0,02			d.l.	d.l.	0,50	0,15	d.l.	d.l.	0,09
(NH ₄) ₂ CO ₃	10,4	134,6			0,54	100,8	99,8	0,00	0,28	d.l.	0,01			d.l.	d.l.	d.l.	0,05	d.l.	d.l.	< 0,05
(NH ₄) ₂ SO ₄						66														
MC			34	7		8,1	7,6			0,06	10,6	d.l.	1,04							

d.l. = waarde onder de detectielimiet

1.2.2. Analyses 2021

Tabel 2 Samenstelling van de herwonnen meststoffen gebruikt tijdens de veldproeven van 2021

	pH	Cond. (mS/cm)	Dichtheid	DS (g/kg)	OS (g/kg)	Nutriënten (g/kg)										Zware metalen (ppm)								
						C _{tot}	N _{tot}	NH ₄	NO ₃	S	P	K	Ca	Mg	Na	Al	Fe	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Mn
NH ₄ NO ₃ (NL)	4,7	281	1,11			6,12	89,1	47	39	0,10	0,03	0,06	0,08		2,70	2,11	0,80	0,00	0,11	0,20	0,11	0,00	0,53	0,37
NH ₄ NO ₃ (BE)	7,3	282	1,11			2,83	88,8	44	37	0,09	0,03	0,07	0,09		2,71	1,69	0,83	0,00	0,14	0,23	0,39	0,00	0,74	0,38
(NH ₄) ₂ SO ₄ (NL)	3,3	256	1,15			10,45	54,4	63		73,19	0,03	0,31	0,82	0,4	9,34	2,54	159,50	0,10	0,94	0,58	0,78	0,05	3,40	15,93
(NH ₄) ₂ SO ₄ (Biogas Bree)				420	420		90,0	90			<0,04	<0,08	0,08	< 0,06	< 0,07				d.l.	d.l.	d.l.	d.l.	d.l.	
(NH ₄) ₂ SO ₄ (Biogas de Biezen)	3,2	279					58,1																	
MC (Strocon) - Eurofins				33	10		9,2	7,3	1,9		0,36	9,80		< 0,4	3,20									
MC (Strocon)	7,9	76	1,03			31,87	10,3	9,3	0,4	1,18	0,52	13,24	0,27		4,46	5,39	5,62	0,01	0,17	0,49	0,31	0,00	2,19	0,61
MC (Lavrijsen)				26	6,9		5,9	5,4			0,06	7,22	0,14	0,07	1,85				0,66	0,24	0,57	d.l.	1,53	

d.l. = waarde onder de detectielimiet

Om praktische redenen werden de stalen in 2021 door verschillende analyselabo's geanalyseerd. Dit verklaart het verschil in geanalyseerde parameters.

De twee verschillende stalen NH_4NO_3 (Tabel 2) werden beide aan UGent geanalyseerd: enerzijds een staal dat afkomstig was van het NH_4NO_3 dat Rusthoeve had ontvangen, anderzijds een staal van het NH_4NO_3 dat bij Hooibeekhoeve werd geleverd en dat ook door PVL werd gebruikt. Op PSKW was er nog voldoende NH_4NO_3 van 2020 voorhanden. De analyseresultaten zijn voor beide stalen vergelijkbaar, op uitzondering van pH en totale koolstof (C_{tot}). Hoewel alle NH_4NO_3 afkomstig is van eenzelfde batch kan dit verschil worden verklaard door de verschillende transportwijze en -volumes: naar Rusthoeve werden meerdere bidons verstuurd, waarbij de pH manueel werd aangepast per bidon, terwijl naar Hooibeekhoeve een IBC-container werd verstuurd. Dit kan het verschil in pH verklaren. De variatie in C_{tot} kan veroorzaakt zijn door wat meer organisch materiaal.

Het mineralenconcentraat werd zowel door UGent als door Eurofins geanalyseerd. Het totale minerale stikstofgehalte ($N_{\text{min}} = \text{NH}_4 + \text{NO}_3$) van beide stalen (9,2 respectievelijk 9,7 g/kg) correspondeert. Er zit wel wat verschil op de K- en fosfor (P) gehaltenes.

Het ammoniumsulfaat van Circular Values werd eveneens door UGent geanalyseerd. De analysemethode gaf wat problemen bij vloeistoffen met een hoog NH_3 -gehalte wat het onlogische resultaat van een hogere NH_4 t.o.v. N_{tot} -gehalte verklaart. De resultaten wijzen op een mineraal N-gehalte van 6 %. Het product heeft een lage pH. Bij dit product valt verder ook het hoge Na-gehalte op, net als hogere concentraties aan (zware) metalen, vooral Fe en Mn.

Het ammoniumsulfaat van Biogas Bree en het MC van Lavrysen werden door de Bodemkundige Dienst van België geanalyseerd. Dit MC, dat in Hooibeekhoeve en PVL werd gebruikt, heeft een lagere concentratie dan dat van Strocon. Dit blijkt zowel uit het N- als het K-gehalte. De verhouding K:N is voor beide producten wel vergelijkbaar, namelijk 1,2:1.

Voor de zware metalen waren alle cadmium (Cd) en P-bepalingen onder de detectielimiet (d.l.), waardoor deze parameter niet in de tabel werd opgenomen.

1.2.3. Analyses 2022

Uit de analyses van 2022 (Tabel 3) blijkt dat het N-gehalte van het ammoniumsulfaat gebruikt in Rusthoeve (afkomstig van Circular Values) hoger ligt dan in 2021, nl. ca. 8% t.o.v. ca. 6% in 2021. Dit komt omdat het product van een andere installatie afkomstig is. Ook het mineralenconcentraat is significant verschillend t.o.v. het product van 2021, want het bevat in 2022 slechts 0,5 % N. Ook hier is het afkomstig van een andere producent. Er zit ook wel wat verschil tussen de N-analyseresultaten van de twee labo's. In het overzicht van de analyses in Tabel 3 werden enkel de (zware) metalen opgenomen waar een significante waarde werd gemeten. Opvallend is de aanwezigheid van nikkel (Ni) en ijzer (Fe) in het ammoniumsulfaat van stripping-scrubbing van mest van Detricon. Dit is volgens mondelinge mededeling van de producent afkomstig van het zwavelzuur dat tijdens het gaswassen wordt gebruikt.

1.2.4. Toetsing aan de RENURE-criteria

De analyseresultaten werden ook afgetoetst aan de RENURE-criteria, vooropgesteld in het [SAFEMANURE-rapport](#), waardoor zij zouden kunnen worden toegepast bovenop de Nitraatrichtlijn. Een uitgebreide studie, inclusief het berekenen van de koolstofvoetafdruk en milieu-impact, werd opgenomen in het milieu-impactrapport binnen activiteit 3.2. De samenvattende vergelijking wordt echter wel in Tabel 4 weergegeven.

Tabel 4 Vergelijking van de gemiddelde analyseresultaten over de verschillende praktijkcentra en overheen de jaren tegenover de RENURE-criteria. Van ammoniumcarbonaat zijn onvoldoende gegevens beschikbaar. Er wordt voor de duidelijkheid ook een onderscheid gemaakt tussen ammoniumsulfaat afkomstig van stripping-scrubbing en ammoniumsulfaat (spuiwater) afkomstig van luchtwassers.

Meststof	N _{min} :N _{tot}	TOC:N _{tot}	Cu (mg/kg DS)	Zn (mg/kg DS)
RENURE criteria	≥ 90%	≤ 3	< 300	< 800
AN	93%	0,02	0,31	0,64
AS	94 – 100%	0,07	0,58	3,40
Spuiwater	100%	0,02	29	d.l.
MC	95%	1,63	0,37	1,86

d.l. = onder detectielimiet

1.2.5. Stabiliteit van de producten

Aangezien het proefcentrum voor groententeelt nog NH₄NO₃ en (NH₄)₂SO₄ had van de veldproeven in 2020, werden deze oplossingen in 2021 opnieuw geanalyseerd om ze vervolgens terug te gebruiken. Uit deze analyse, zie Tabel 5, blijkt dat de samenstelling van het ammoniumnitraat ongewijzigd is: de analyse van 2021 ligt binnen de meetfout van de analyses van 2020. Van het ammoniumsulfaat werd een verschil van ca. 10 % in NH₄-concentratie gemeten, maar er zijn onvoldoende analyses voorhanden (en onvoldoende informatie over de grootteorde van de meetfout) om hieruit te concluderen dat de concentratie is afgenomen.

Tabel 5 Stabiliteit van de ammoniumzouten bij Proefcentrum voor de groententeelt

Product	Jaar	NH ₄		NO ₃	
		kg/100l	g/kg	kg/100l	g/kg
NH ₄ NO ₃	Maart 2020	4,92	43,53	4,87	43,09
	Maart 2020 (duplicaat)	5,21	46,09	5,19	45,92
	Juni 2020	4,6	40,70	4,75	42,02
	Juni 2020 (duplicaat)	4,77	42,20	4,90	43,35
	2021	4,90	43,35	5,26	46,54
(NH ₄) ₂ SO ₄	2020	6,6			
	2021	5,9		0,06	

Bij Hooibeekhoeve werden in 2022 de ammoniumnitraat- en -sulfaatoplossingen van 2021 terug geanalyseerd en ook hier kan geconcludeerd worden dat de concentratie van de oplossingen niet significant gewijzigd is, zie Tabel 6. Hieruit kunnen we concluderen dat de ammoniumzoutoplossingen

minstens één jaar stabiel blijven. Uiteraard moet bij de opslag blootstelling aan zonlicht en hoge temperaturen vermeden worden.

Tabel 6 Stabiliteit van de ammoniumzouten bij Hooibeekhoeve

Product	Jaar	pH	N _{tot} (g/kg)	NH ₄ (g/kg)	NO ₃ (g/kg)
NH ₄ NO ₃	2021	7,3	89	44	37
	2022	7,4	83	40	39
(NH ₄) ₂ SO ₄	2021	3,2	58		
	2022	3,5	65	58	<4

2. Overzicht van de veldproeven

De veldproeven hadden tot doel het gebruik van de herwonnen meststoffen te vergelijken met conventionele kunstmest. Daarbij werd de toepassingswijze geëvalueerd, werden de opbrengsten vergeleken en werd ook het nitraatresidu opgevolgd.

Onderstaande tabellen geven een overzicht van de uitgeteste meststoffen en de gewastypes op de verschillende proefcentra.

Tabel 7 Overzichtstabel met de uitgeteste meststoffen en perceelsgegevens per proefveld in 2020. DM = Dierlijke mest, KAS = kalkammonsalpeter, DMPP = dimethylpyrazolfosfaat, SW = spuiwater, AN = ammoniumnitraat, AC = ammoniumcarbonaat en MC = mineralenconcentraat.

2020	Proefveld 1	Proefveld 3	Proefveld 4	Proefveld 5	Proefveld 6
Proefcentrum	PSKW	PVL Bocholt	HBH	HBH	Rusthoeve
Aantal herhalingen	4	3	4	4	4
Bodemtype	Zandgrond - type 1	Zandgrond - type 1	Zandgrond - type 0	Zandgrond - type 0	Kalkrijke poldervaaggrond
Gewas	Spinazie - selder	Mais	Mais	Gras	Aardappelen
Uitgeteste meststoffen					
Onbemest	X	X	X	X	X
DM		X	X	X	
KAS	X	X	X	X	X
Urean	X				
Urean + DMPP	X				
Novatec Solub 21	X				
SW			X	X	
SW + DMPP	X				
AN	X	X	X	X	
AN + DMPP	X				
AC + DMPP	X				
MC					X

Tabel 8 Overzichtstabel met de uitgeteste meststoffen en perceelsgegevens per proefveld in 2021. DM = Dierlijke mest, KAS = kalkammonsalpeter, DMPP = dimethylpyrazolfosfaat, SW = spuiwater, AN = ammoniumnitraat, AC = ammoniumcarbonaat en MC = mineralenconcentraat.

2021	Proefveld 1	Proefveld 2	Proefveld 3	Proefveld 4	Proefveld 5	Proefveld 6
Proefcentrum	PSKW	PSKW	PVL Bocholt	HBH	HBH	Rusthoeve
Aantal herhalingen	4	4	4	4	4	4
Bodemtype	Zandgrond - type 1	Zandgrond - type 1	Zandgrond - type 1	Zandgrond - type 0	Zandgrond - type 0	Kalkrijke polder- vaaggrond
Gewas	Bloemkool	Prei	Mais	Mais	Gras	Aardappelen
Uitgeteste meststoffen						
Onbemest	X	X			X	
DM			X	X	X	
KAS	X	X	X	X	X	X
Urean	X	X				
Urean + DMPP						
Entec Solub 21	X	X				
SW			X	X	X	
SW + DMPP						
AS	X	X				X
AS + DMPP	X	X				
AN	X	X	X	X	X	X
AN + DMPP	X					
MC			X	X	X	X

Tabel 9 Overzichtstabel met de uitgeteste meststoffen en perceelsgegevens per proefveld in 2022. DM = dierlijke mest, KAS = kalkammonsalpeter, DMPP = dimethylpyrazolfosfaat, SW = spuiwater, AS = ammoniumsulfaat afkomstig van stripping-scrubbing, AN = ammoniumnitraat en MC = mineralenconcentraat.

2022	Proefveld 1	Proefveld 2	Proefveld 3	Proefveld 4	Proefveld 5	Proefveld 6	Proefveld 7
Proefcentrum	PSKW	PSKW	PVL Bocholt	HBH	HBH	Rusthoeve	Rusthoeve
Aantal herhalingen	4	4	4	4	4	4	4
Bodemtype	Zandgrond - type 1	Zandgrond - type 1	Zandgrond - type 1	Zandgrond - type 0	Zandgrond - type 0	Kalkrijke polder-vaaggrond	Kalkrijke polder-vaaggrond
Gewas	Bloemkool	Venkel	Mais	Mais	Gras	Aardappelen	Wintertarwe
Uitgeteste meststoffen							
Onbemest	X	X			X		
DM			X	X	X		
KAS			X	X	X	X	X
Urean + DMPP	X	X					
Entec 26	X	X					
SW	X	X	X	X	X		
SW + DMPP	X	X					
AS	X	X	X	X	X	X	X
AS + DMPP	X	X					
AN	X	X	X	X	X	X	X
1/3 Urean + 2/3 AS + DMPP	X	X					
MC						X	X

2.1. Toepassing in de groententeelt

2.1.1. Proefopzet

Tijdens de drie teeltjaren 2020, 2021 en 2022 werden bij het Proefstation voor de Groenteteelt vzw (Sint-Katelijne-Waver, BE) de RENURE-bemesting (te vinden in de overzichten in Tabel 7, Tabel 8 en Tabel 9) vergeleken met conventionele bemesting met volgende kunstmeststoffen:

- **KAS** (kalkammonsalpeter): 27% N (13,5 % nitraat – 13,5 % ammonium) en dus qua samenstelling identiek aan, maar meer geconcentreerd dan, het ammoniumnitraat van Detricon.
- **UreaN** is een vloeibare meststof op basis van ureum en ammoniumnitraat. De stikstofinhoud is 30% N (15% ureum – 7,5% NH_4NO_3).
- **Novatec Solub 21** is een vaste, kristallijne meststof op basis van ammoniumsulfaat (21% N) en de nitrificatieremmer dimethylpyrazolfosfaat (DMPP). Deze meststof moet zelf opgelost worden om gebruiksklaar te maken.
- **Entec 26** is een vaste korrelmeststof met 26% N (7,5% $\text{NO}_3\text{-N}$ en 18,5% $\text{NH}_4\text{-N}$) en bevat ook SO_3 en de nitrificatieremmer DMPP.

Naast bemesting werd er aan sommige objecten ook de nitrificatieremmer DMPP toegevoegd. Concreet werd **Vizura** gebruikt: dit is een product van BASF en bevat 50 gram DMPP per liter. Het werd toegepast aan een dosis van 8 gram DMPP per kg $\text{NH}_4\text{-N}$ + amide-N.

Naast de samenstelling heeft ook de vorm en toepassingswijze van een meststof een invloed. KAS en Entec 26 zijn korrelvormige meststoffen die breedwerpig worden toegediend. De andere meststoffen zijn allemaal vloeistoffen en worden via rijbemesting geïnjecteerd (Figuur 1). Met rijbemesting is een meer gerichte bemesting mogelijk.

Alle proeven werden aangelegd als blokkenproef in vier parallellen. Het minerale N-gehalte in de bodem werd voor aanleg van de proef bepaald zodat de bemesting daarop kon worden afgestemd. De proefvelden liggen in gebiedstype 1. Zand en groenten vallen onder de groep “specifieke teelten”, zodat voor deze proefvelden de drempelwaarden 1 en 2 respectievelijk 90 en 200 kg N/ha zijn.



Figuur 1 Bemestingsinjecteur gebruikt voor de vloeibare meststoffen in de rij toe te dienen

2.1.2. Resultaten

2.1.2.1. Spinazie

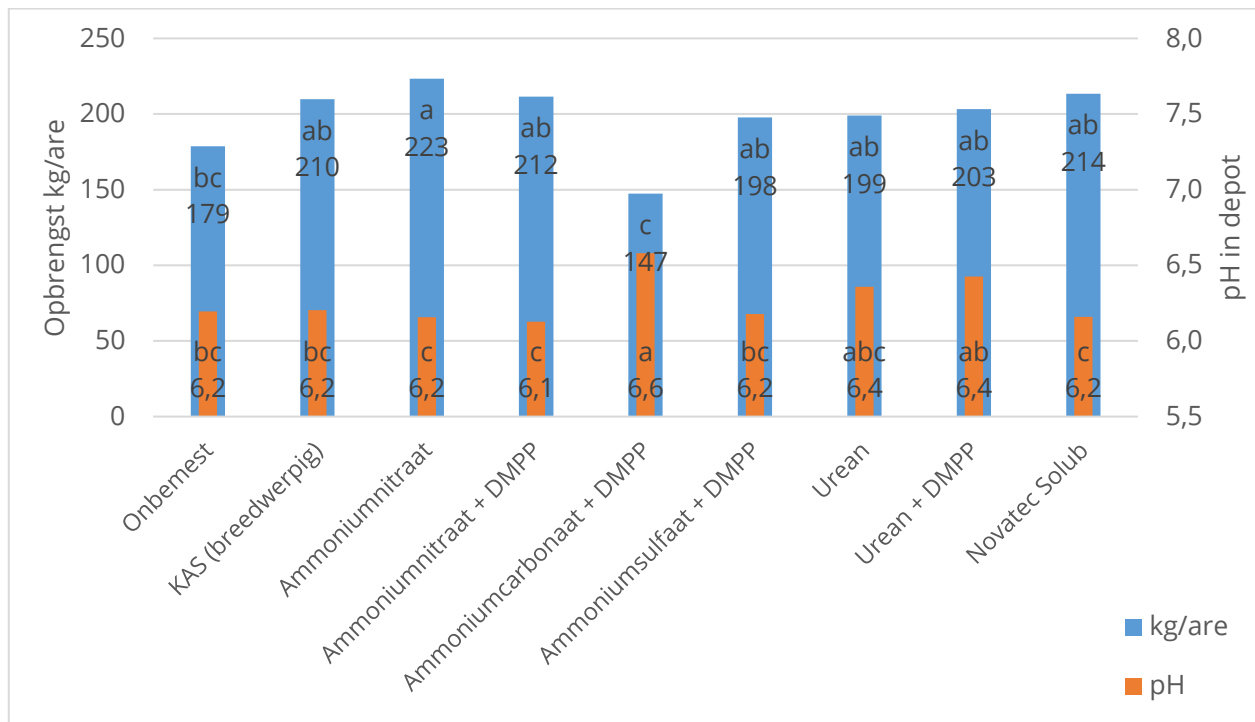


Figuur 2 Foto van het proefveld spinazie

Tijdens de spinazieproef werd naast voormelde meststoffen ook ammoniumcarbonaat, afkomstig van de stripping-scrubbing van mest met water (dus zonder tegenzuur) uitgetest. Dit product had een pH van 10, wat de tegenvallende resultaten verklaart. Dit product werd verder niet meer onderzocht en wordt daarom niet verder besproken.

De bodemanalyse voor het planten (20 maart 2020) gaf als resultaat in de 0-30 cm bodemlaag 21 kg N_{min} /ha en in de 30 tot 60 cm bodemlaag 19 kg N_{min} /ha. Aan de hand van deze meting en een streefwaarde werd de bemestingsdosis berekend. Voor vroege teelt spinazie wordt een streefwaarde van 200 kg N_{min} in de 0-30 cm bodemlaag gehanteerd. Rekening houdend met de verwachte mineralisatie werd besloten om te bemesten aan 145 kg N/ha. Tabel 10 geeft een overzicht van de opbrengst en kwaliteit van de verschillende objecten. Er is geen statistisch significant verschil in opbrengst tussen de verschillende bemestingen, behalve het ammoniumcarbonaat (zie 1.1.1.2). Het onbemeste object scoort duidelijk minder goed, zowel qua opbrengst als kwaliteit, wat aantoont dat bemesting aangewezen is. Het UreaN object scoort minder goed op plantdichtheid en uniformiteit, terwijl de bladgrootte lager is bij KAS en ammoniumnitraat met DMPP.

De N-gehalten in de bodem werden zowel op de plaats van injectie als over het volledige plot bepaald. De metingen op de plaats van injectie worden uitgevoerd om de verdeling tussen NH_4 en NO_3 op te volgen. Aangezien de metingen werden gedaan op de plaats van injectie, worden hoge N-gehalten gemeten, die niet representatief zijn voor de werkelijke N-waarden op het plotje, die in Tabel 12 terug te vinden is. Het object ammoniumsulfaat met DMPP heeft de hoogste NH_4/N_{min} percentages, gevolgd door het ammoniumnitraat en UreaN met DMPP. Indien aan het ammoniumnitraat geen DMPP wordt toegevoegd, is de NH_4 vrijwel volledig genitrificeerd. Na afloop van de teelt is er geen significant verschil tussen de verschillende objecten wat betreft minerale N-residu. Maar het type bemesting en het gebruik van DMPP hebben wel een duidelijke invloed op de verhouding NO_3 versus NH_4 : ammoniumnitraatmeststoffen geven een hoger nitraatgehalte in de bodem; het toevoegen van DMPP aan deze meststoffen zorgt voor een lager nitraatgehalte.



Figuur 3 Grafische voorstelling van de spinazieopbrengst en de pH in het depot voor de verschillende objecten

Tabel 10 Oogstgegevens van de bemestingsproef spinazie, vroege teelt 2020. Verschillende letters tonen significante verschillen aan.

	Gewasbeoordelingen								Opbrengst (kg/are)	
	Plantdichtheid		Uniformiteit		Bladkleur		Bladgrootte			
Onbemest	7,3	a	6,0	bc	5,3	b	5,5	d	153	bc
KAS (breedwerpig)	6,8	ab	6,5	abc	7,8	a	6,5	bcd	180	ab
Urean	5,5	bc	6,0	bc	7,8	a	7,3	abc	171	ab
Urean + DMPP	6,5	ab	6,8	abc	8,0	a	7,8	a	174	ab
Entec Solub 21	6,8	ab	6,8	abc	7,8	a	7,5	ab	183	a
Ammoniumsulfaat + DMPP	7,3	a	7,3	a	7,7	a	7,4	abc	170	ab
Ammoniumnitraat	7,3	a	6,8	abc	7,8	a	7,3	abc	192	a
Ammoniumnitraat + DMPP	6,9	a	7,0	ab	7,7	a	6,4	cd	181	a
Ammoniumcarbonaat + DMPP	4,3	c	5,8	c	7,5	a	7,3	abc	127	c
1 =	Slecht		Heterogeen		Bleek		Klein			
9 =	Goed		Uniform		Donker		Groot			

Gemiddelden gevolgd door een zelfde letter zijn niet significant verschillend (Duncan, $p = 0,05$).

Tabel 11 Stikstofmetingen op de plaats van de injectie bij de oogst van de spinazie, 0-30 cm. Verschillende letters tonen significante verschillen aan.

	kg NO ₃ -N		kg NH ₄ -N		kg N _{min}		% NH ₄ -N/N _{min}	
Onbemest	13	e	7	c	20	e	54	bc
KAS (breedwerpig)	103	cd	3	c	106	d	3	d
Urean	188	b	34	c	222	c	17	d
Urean + DMPP	106	cd	203	b	310	b	65	abc
Entec Solub 21	78	d	314	a	392	a	80	a
Ammoniumsulfaat + DMPP	64	de	292	a	356	ab	82	a
Ammoniumnitraat	253	a	37	c	290	bc	14	d
Ammoniumnitraat + DMPP	151	bc	158	b	309	b	52	c
Ammoniumcarbonaat + DMPP	115	cd	277	a	391	a	70	ab

Gemiddelden gevolgd door eenzelfde letter zijn niet significant verschillend (Duncan, $p = 0,05$).

Tabel 12 Stikstofmetingen volledige plot op 2 juni 2020 van de bemestingsproef spinazie, vroege teelt 2020. Verschillende letters tonen significante verschillen aan.

	kg NO ₃ -N		kg NH ₄ -N		kg N _{min}		kg N _{min}		kg N _{min}	
	0-30		0-30		0-30		30-60		0-60	
Onbemest	30	f	7	d	37	c	35	b	72	b
KAS (breedwerpig)	147	a	17	d	165	a	70	ab	235	a
Urean	101	cd	16	d	117	ab	106	a	223	a
Urean + DMPP	75	de	34	bcd	109	b	64	ab	173	a
Entec Solub 21	87	cde	67	a	154	ab	73	ab	227	a
Ammoniumsulfaat + DMPP	65	e	51	abc	116	ab	97	a	213	a
Ammoniumnitraat	147	ab	19	d	166	a	78	ab	244	a
Ammoniumnitraat + DMPP	114	bc	29	cd	142	ab	82	ab	225	a
Ammoniumcarbonaat + DMPP	73	de	61	ab	133	ab	80	ab	212	a

Gemiddelden gevolgd door eenzelfde letter zijn niet significant verschillend (Duncan, p = 0,05).

2.1.2.2. Selder

De selderproef werd aangelegd op de proefvelden van de spinazieproef zonder dat er bijkomend werd bemest. Deze proef onderzoekt dus in welke mate de vorm van N_{min} (verhouding tussen NO₃ versus NH₄) deze teelt eventueel beïnvloedt. Uit de oogstresultaten (Tabel 13 en Figuur 4) en de bodemanalyses na oogst (Tabel 14 en Figuur 5) blijkt dat alle bemeste objecten een vergelijkbare opbrengst en samenstelling hebben en dat ook de nitraatresidu's vergelijkbaar zijn en onder de drempelwaardes liggen.

Tabel 13 Oogstgegevens van de bemestingsproef selder, late teelt 2020: opbrengst en gewasanalyse. Verschillende letters tonen significante verschillen aan.

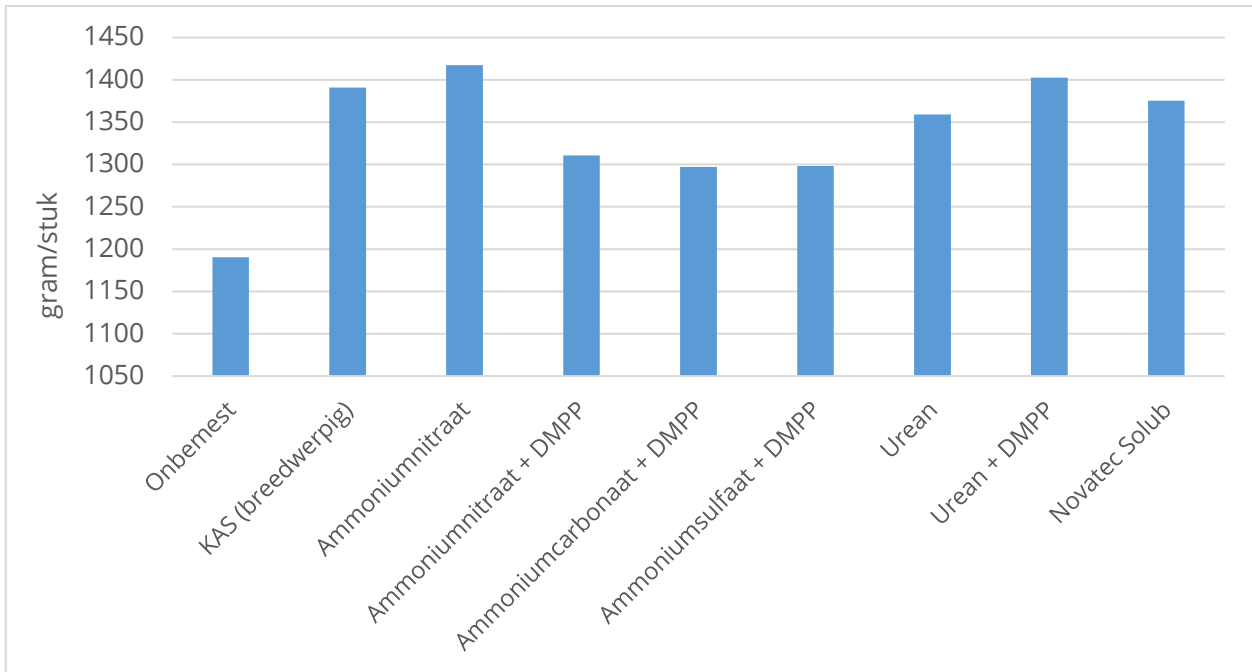
	Gewasanalyse								Opbrengst (ton/ha)	
	SO ₃ (kg/ha)		P ₂ O ₅ (kg/ha)		K ₂ O (kg/ha)		N _{tot} (kg/ha)			
Onbemest	120	a	65	a	422	a	143	c	90,7	b
KAS (breedwerpig)	153	a	72	a	435	a	178	abc	106,0	ab
Urean	128	a	77	a	479	a	192	ab	103,5	ab
Urean + DMPP	149	a	77	a	485	a	186	ab	106,9	a
Entec Solub 21	130	a	71	a	454	a	178	abc	104,8	ab
Ammoniumsulfaat + DMPP	149	a	73	a	452	a	174	bc	98,8	ab
Ammoniumnitraat	147	a	75	a	484	a	215	a	108,0	a
Ammoniumnitraat + DMPP	124	a	65	a	439	a	181	ab	99,8	ab
Ammoniumcarbonaat + DMPP	128	a	68	a	459	a	184	ab	98,8	ab

Gemiddelden gevolgd door een zelfde letter zijn niet significant verschillend (Duncan, p = 0,05).

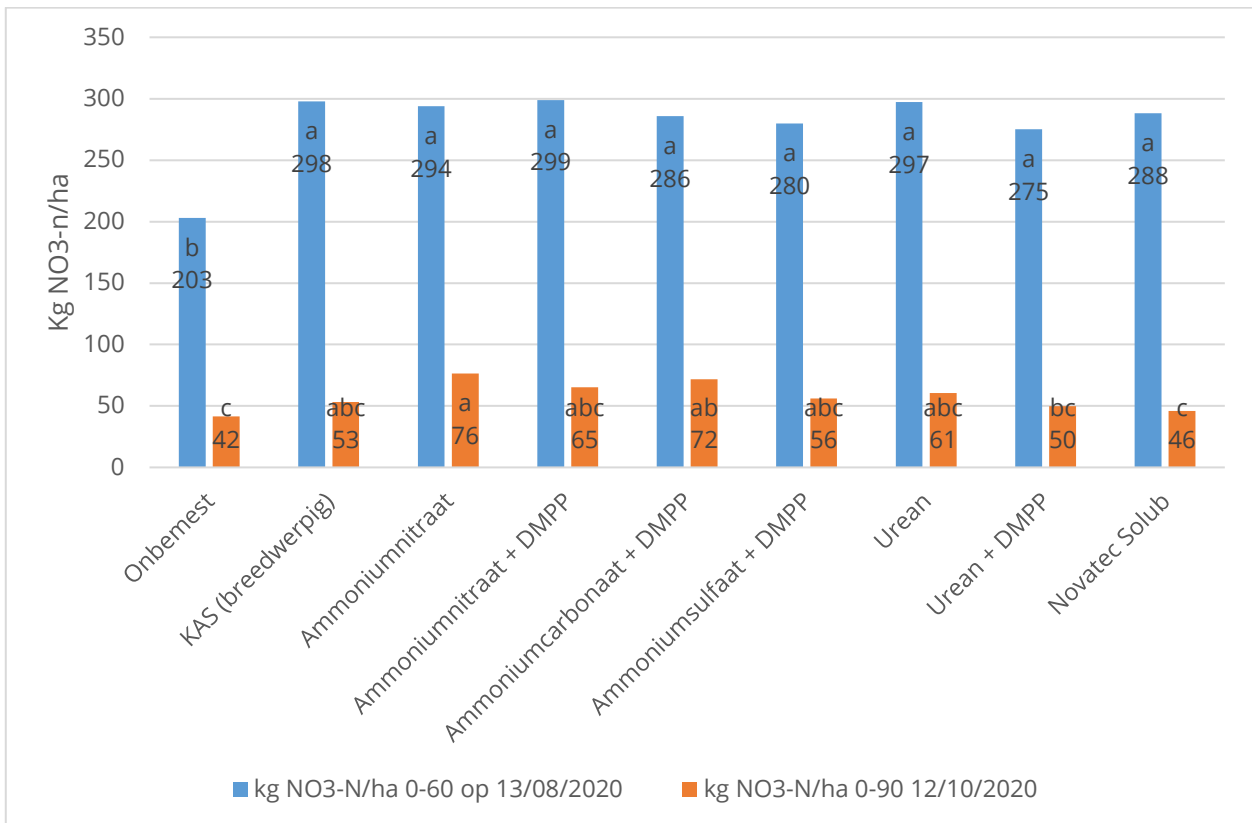
Tabel 14 N-residu's in de bodem na oogst van de selder. Verschillende letters tonen significante verschillen aan.

	kg NO ₃ -N 0-60		kg NH ₄ -N 0-60		kg N _{min} 0-60		N _{min} 0-90	
Onbemest	18	a	15	bc	32	a	61	d
KAS (breedwerpig)	28	a	17	abc	45	a	74	a-d
Ammoniumnitraat	42	a	17	ab	59	a	97	a
Ammoniumnitraat + DMPP	30	a	16	abc	45	a	85	abc
Ammoniumcarbonaat + DMPP	40	a	16	abc	56	a	92	ab
Ammoniumsulfaat + DMPP	27	a	15	bc	42	a	75	a-d
Urean	32	a	14	c	47	a	79	a-d
Urean + DMPP	27	a	18	a	45	a	72	bcd
Entec Solub 21	23	a	14	c	37	a	66	cd

Gemiddelden gevolgd door eenzelfde letter zijn niet significant verschillend (Duncan, p = 0,05).



Figuur 4 Opbrengst stukgewicht selder per object



Figuur 5 Reststikstof in de bodem na oogst en tijdens sperperiode

2.1.2.3. Bloemkool



Figuur 6 Foto van het proefveld bloemkool

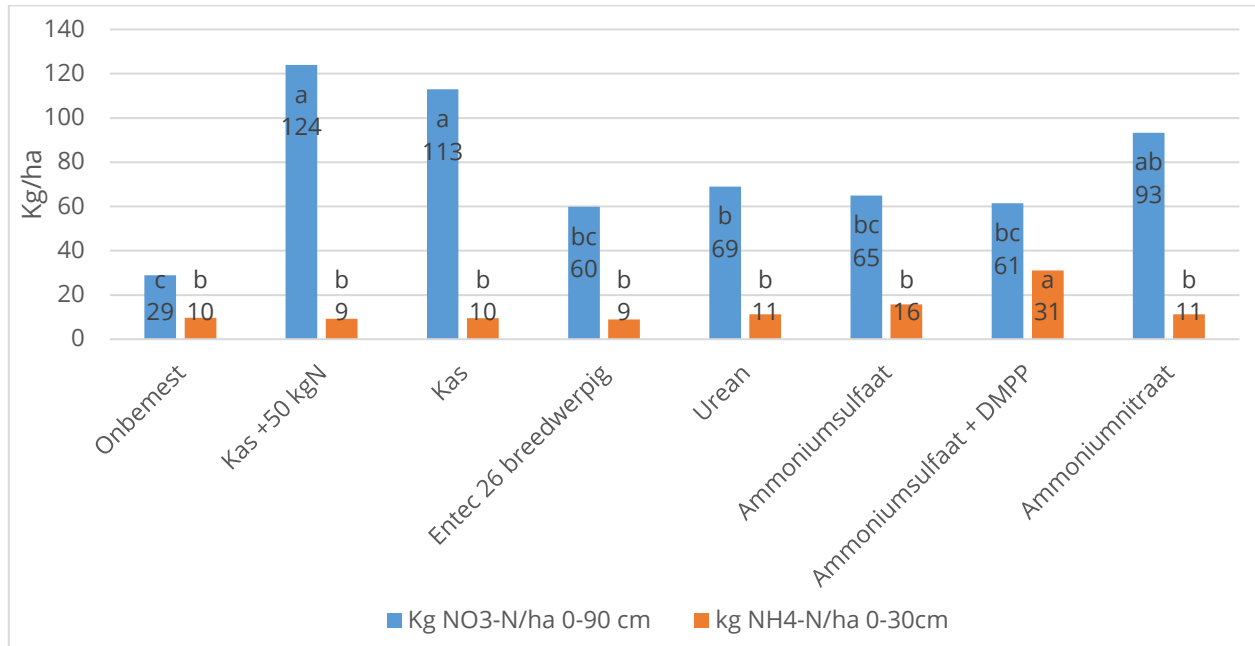
Zowel in 2021 als in 2022 werd een vroege teelt bloemkool aangelegd. De bodemanalyse voor het planten, gaf in 2021 als resultaat 25 kg N_{min}/ha in de bovenste bodemlaag en in 2022 was dit vergelijkbaar.

Voor vroege bloemkool wordt gewerkt met een streefwaarde van 250 kg N_{min} in de 0-30 cm bodemlaag. Voor de objecten met rijbemesting waarbij de meststoffen geconcentreerd en dicht bij de plant worden toegediend, wordt in deze proef de streefwaarde verlaagd met 50 kg N_{min}/ha. Aangezien zowel in 2021 als in 2022 in de bovenste bodemlaag 25 kg N_{min}/ha werd gemeten, werd een bemesting van 175 kg N_{min}/ha toegediend ($250 - 50 - 25 = 175$). Om aan te tonen dat dit toereikend is, werden bij de kunstmeststof twee objecten aangelegd: een object met de streefwaarde ($250 \text{ kg N/ha} - 25 =$ toediening van 225 kg N/ha) en een object met de verminderde streefwaarde ($200 \text{ kg/ha} - 25 =$ toediening van 175 kg N/ha).

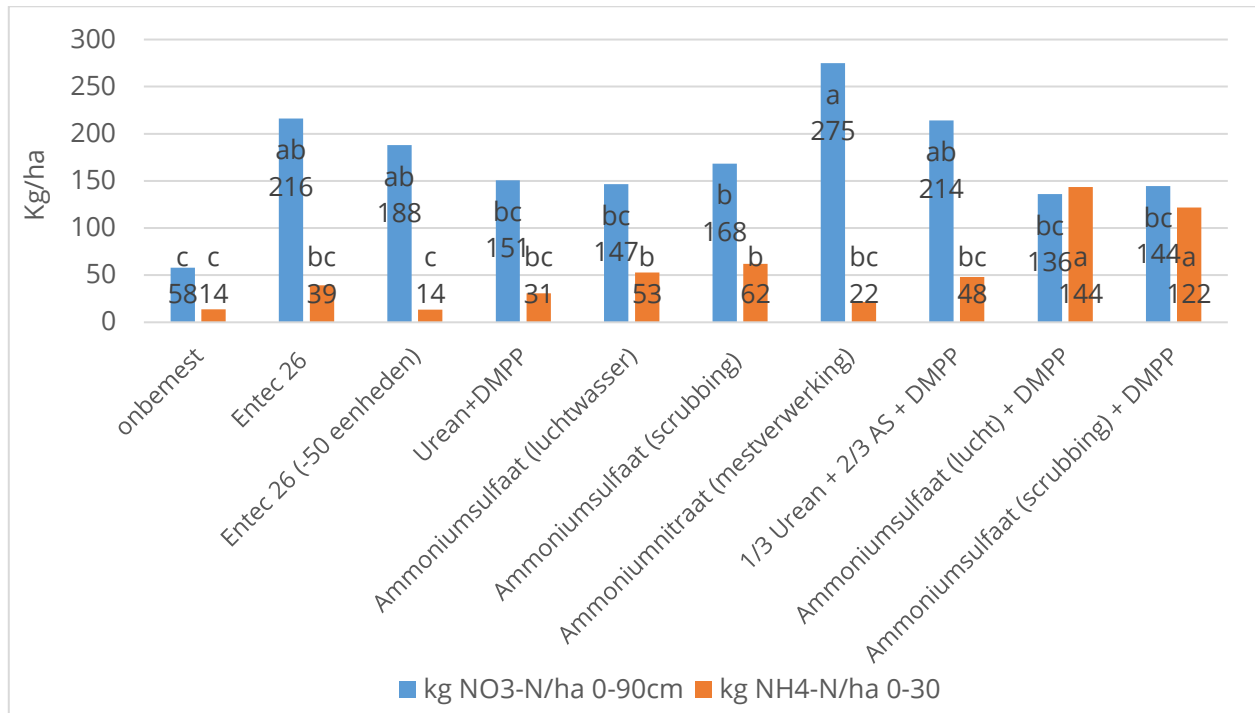
Bij de beoordeling van de oogstresultaten (Tabel 15) is voor bloemkool de kwaliteit de belangrijkste parameter. De ammoniumsulfaatmeststoffen, inclusief het mengsel UreaN/ammoniumsulfaat dat in 2022 werd uitgetest, geven de beste resultaten. Aangezien bloemkool, net als andere koolsoorten, een relatief hoge zwavelbehoefte heeft, kan dit de reden zijn van de betere prestaties van de ammoniumsulfaat-meststoffen. De resultaten van de KAS-objecten zijn opvallend slechter, zowel qua kwaliteit als qua opbrengst. Het is moeilijk om eenduidige conclusies te trekken over Entec aangezien die meststof in 2021 goed presteerde, maar in 2022 beduidend slechter, vooral in de lagere dosis van 200 kg N/ha. Ammoniumnitraat scoort eveneens wat minder, vooral in 2022. Algemeen zijn de opbrengsten, zowel kwalitatief als kwantitatief, in 2022 lager dan in 2021.

In 2021 zijn de nitraatresidu's (Tabel 16 en Figuur 7) van de KAS-objecten de hoogste, met bij oogst waarden die de drempelwaarden overschrijden, maar aangezien deze vroege teelt nog door een

andere teelt wordt gevolgd, is dit minder belangrijk. KAS werd dus duidelijk minder goed opgenomen. Een hogere dosis heeft geen zin: het is een extra kost die geen resultaten oplevert, maar wel tot hogere nitraatresidu's leidt. In 2022 (Tabel 16 en Figuur 8) zien we ook hoge nitraatresidu's bij het korrelvormige Entec; het droge voorjaar van 2022 heeft hier zeker ook een rol gespeeld. Algemeen zijn de nitraatresidu's het hoogst bij de nitraathoudende meststoffen, namelijk ammoniumnitraat, UreaN en Entec.



Figuur 7 Reststikstof in de bodem na bloemkooloogst in 2021



Figuur 8 Reststikstof in de bodem na bloemkooloogst in 2022

Tabel 15 Oogstgegevens van de bemestingsproef bloemkool. Verschillende letters tonen significante verschillen aan.

Object	Kwaliteitssortering								Gewasbeoordeling				Opbrengst ton/ha	
	%Flandria		%k1		%k2		%NO		Bladmassa		Bladkleur			
Vroege teelt 2021														
Onbemest	0	e	2	e	10	a	89	a	3	f	2.3	e	24.5	c
KAS breed (250 N _{min})	60	cd	39	ab	1	b	0	b	6.5	de	5	d	59.0	b
KAS breed (200 N _{min})	48	d	51	a	1	b	0	b	6.3	e	5.3	cd	54.5	b
Entec 26 breedwerpig	82	ab	17	cd	1	b	0	b	7.3	bc	7.3	b	67.7	a
UreaN	70	bc	28	bc	2	b	0	b	6.8	cde	7.5	ab	60.2	ab
Ammoniumsulfaat (Detricon)	87	a	12	de	1	b	0	b	7.5	b	8	a	62.0	ab
Spuiwater + Vizura	88	a	12	de	1	b	0	b	8.3	a	8	a	62.4	ab
Ammoniumnitraat (Detricon)	73	abc	25	bcd	1	b	1	b	7	bcd	5.8	c	59.6	ab
	1 =								Laag		Bleek			
	9 =								Hoog		Donker			
Vroege teelt 2022														
	Kwaliteitssortering								Opbrengst ton/ha		Opbrengst gram/st			
	%Flandria		%k1		%k2		%NO							
Onbemest	0	d	0	d	0	a	100	a	27	b	943	b		
Entec 26 (250 N _{min})	53	abc	46	abc	0	a	1	b	53	a	1860	a		
Entec 26 (200-N _{min})	38	c	60	a	0	a	2	b	50	a	1732	a		
Urea+DMPP	50	abc	48	abc	0	a	2	b	46	a	1604	a		
Spuiwater	61	ab	37	bc	0	a	3	b	51	a	1782	a		
Ammoniumsulfaat (Detricon)	55	abc	44	abc	0	a	1	b	50	a	1737	a		
Ammoniumnitraat (Detricon)	44	bc	51	ab	0,7	a	4	b	49	a	1715	a		
1/3 Urea + 2/3 AS + DMPP	66	a	32	c	0	a	2	b	53	a	1858	a		
Spuiwater + DMPP	58	ab	36	bc	2,3	a	4	b	52	a	1815	a		
Ammoniumsulfaat (Detricon) + DMPP	54	abc	43	abc	0,7	a	3	b	50	a	1733	a		

Gemiddelden gevolgd door een zelfde letter zijn niet significant verschillend (Duncan, p= 0,05).

Tabel 16 Stikstofmetingen in de bodem na de oogst van de bloemkool. Verschillende letters tonen significante verschillen aan.

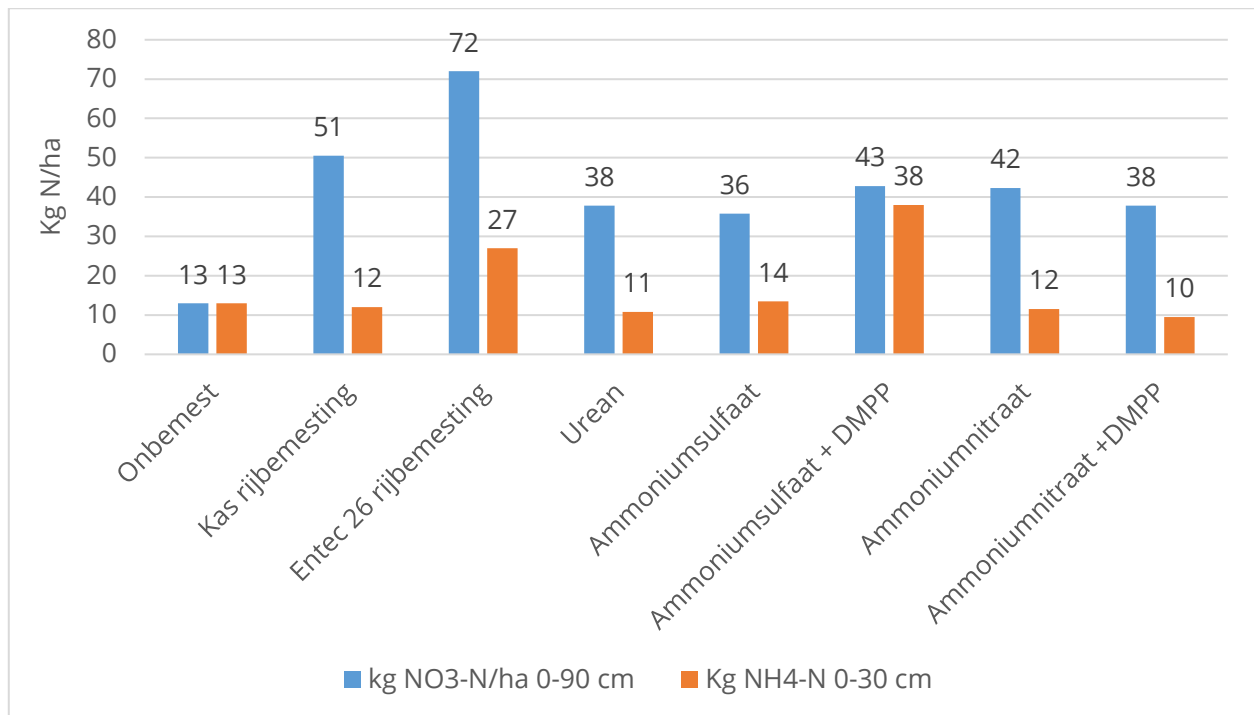
Object	kg NO ₃ -N		kg NH ₄ -N		kg N _{min}		kg NO ₃ -N		kg NH ₄ -N		kg N _{min}		kg NO ₃ -N			
<i>Vroege teelt 2021</i>	0-30						30-60						0-60		0-90	
Onbemest	15	c	10	b	25	d	6	d	6	a	12	c	37	d	29	c
KAS breed (250 N_{min})	90	a	9	b	99	a	19	ab	5	a	23	ab	122	a	124	a
KAS breed (200 N_{min})	78	a	10	b	87	ab	21	a	6	a	26	a	114	ab	111	a
Entec 26 breedwerpig	38	bc	9	b	46	cd	12	c	6	a	18	b	65	cd	60	bc
UreaN	43	bc	11	b	55	bcd	14	bc	6	a	19	b	74	bcd	69	b
Ammoniumsulfaat	39	bc	16	b	55	bcd	13	bc	6	a	19	b	74	bcd	65	bc
Ammoniumsulfaat Arbio + Vizura	38	bc	31	a	69	abc	13	bc	6	a	19	b	87	abc	61	bc
Ammoniumnitraat	62	ab	11	b	73	abc	16	abc	5	a	21	ab	94	abc	93	ab
<i>Vroege teelt 2022</i>																
Onbemest	29	c	14	c	43	c	14	a	6	a	20	a	63	b	58	c
Entec 26 (250 N_{min})	118	ab	39	bc	157	ab	52	a	18	a	70	a	227	a	216	ab
Entec 26 (200 N_{min})	96	b	14	c	110	bc	48	a	9	a	57	a	167	ab	188	ab
UreaN+DMPP	96	b	31	bc	127	bc	28	a	9	a	37	a	163	ab	151	bc
Spuiwater	98	b	53	b	151	ab	25	a	11	a	35	a	186	a	147	bc
Ammoniumsulfaat (Detricon)	105	b	62	b	167	ab	40	a	23	a	63	a	230	a	168	b
Ammoniumnitraat	158	a	22	bc	179	ab	67	a	11	a	78	a	258	a	275	a
1/3 UreaN + 2/3 AS + DMPP	93	b	48	bc	141	ab	58	a	24	a	81	a	222	a	214	ab
Spuiwater + DMPP	89	b	144	a	232	a	22	a	27	a	49	a	281	a	136	bc
Ammoniumsulfaat (Detricon) + DMPP	77	bc	122	a	199	ab	37	a	37	a	74	a	273	a	144	bc

Gemiddelden gevolgd door een zelfde letter zijn niet significant verschillend (Duncan, p = 0,05).

2.1.2.4. Prei

De preiproef in 2021 werd gestart zonder startbemesting. Op 2 september werd een mengstaal genomen, uit de resultaten van dit mengstaal werd besloten om nog geen bijbemesting uit te voeren. Later op 1 december werden opnieuw bodemstalen genomen ter controle van het nitraatresidu. Vermits in de winter geen stikstof wordt opgenomen door de planten werd ook nu geen bijbemesting toegediend. Later in januari werden opnieuw bodemstalen genomen. Uit deze resultaten werd beslist om een bijbemesting van 50 kg N/ha toe te dienen. Deze bijbemesting kon pas worden toegediend op 3 maart 2022 door de slechte weersomstandigheden. De oogst van de prei gebeurde in april.

Uit de bodemanalyses na de oogst bleek dat er nog een hoog gehalte reststikstof aanwezig was in de bodem. Dit kan erop wijzen dat de bijbemesting overbodig was of dat deze te laat werd toegediend waardoor de plant deze niet meer volledig heeft kunnen opnemen. We zien wel de laagste reststikstof bij het object ammoniumsulfaat met nitrificatieremmer, al is dit niet significant verschillend van de andere objecten. In de opbrengstresultaten zien we geen significante verschillen tussen de verschillende objecten. Ook het onbemeste object geeft geen significant verschil met de andere objecten al zien we wel dat de opbrengst hier lager ligt dan in de andere objecten. Dit kan te verklaren zijn door het feit dat de bodem gedurende het gehele groeiseizoen genoeg stikstof bevatte, waardoor een bemesting niet nodig was. Geen enkel object kreeg een bemesting toegediend tot maart.



Figuur 9 Nitraatresidu tijdens groeiseizoen van de prei op 01/12/2021

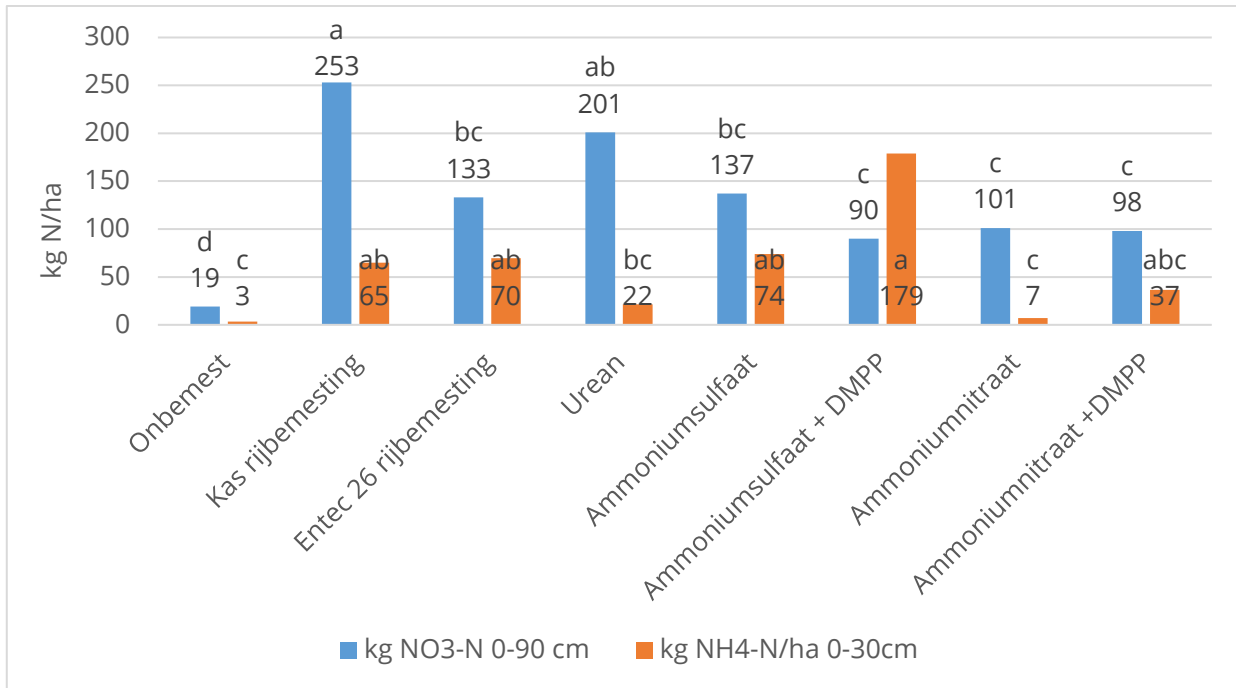
Tabel 17 Oogstgegevens van de bemestingsproef prei. Verschillende letters tonen significante verschillen aan.

Object	Opbrengst				Klasse				Flandria-klasse							
	(ton/ha)		(g/stuk)		Flandria		Klasse 2		Sortering volgens omtrek							
									< 20 mm	20-30 mm	30-40 mm	>40 mm				
Onbemest	50,41	a	534	a	92	a	8	a	8	a	28	a	48	a	16	bc
Kas rijbemesting	57,32	a	595	a	92	a	8	a	7	a	29	a	44	a	20	bc
Entec 26 rijbemesting	58,20	a	601	a	92	a	8	a	4	a	25	a	41	a	31	a
Urean	56,76	a	599	a	91	a	9	a	7	a	28	a	52	a	14	c
Ammoniumsulfaat	56,84	a	656	a	90	a	10	a	5	a	25	a	44	a	26	ab
Ammoniumsulfaat + DMPP	55,24	a	607	a	86	a	14	a	7	a	26	a	51	a	16	bc
Ammoniumnitraat	55,05	a	567	a	87	a	13	a	5	a	31	a	48	a	17	bc
Ammoniumnitraat +DMPP	53,25	a	557	a	85	a	15	a	5	a	32	a	52	a	11	c

Tabel 18 Stikstofmetingen in de bodem na de oogst van de prei in april 2022. Verschillende letters tonen significante verschillen aan.

Meststof	kg NO ₃ -N		kg NH ₄ -N		kg N _{min}		kg NO ₃ -N		kg NH ₄ -N		kg N _{min}		kg NO ₃ -N		kg NH ₄ -N		kg N _{min}		kg NO ₃ -N		
	0-30						30-60						60-90						0-90		
Onbemest	9	d	3	c	12	c	5	d	4	d	9	c	5	c	7	b	12	c	19	d	
Kas rijbemesting	166	a	65	abc	231	a	56	a	36	abc	91	a	31	a	29	b	60	ab	253	a	
Entec 26 rijbemesting	84	bc	70	ab	153	a	29	bc	63	a	92	a	21	ab	64	a	85	a	133	bc	
Urean	122	ab	22	bc	143	ab	50	ab	17	bcd	67	ab	30	a	23	b	53	ab	201	ab	
Ammoniumsulfaat	88	bc	74	ab	162	ab	27	bc	41	ab	68	a	21	ab	38	ab	59	ab	137	bc	
Ammoniumsulfaat + DMPP	54	c	179	a	233	a	22	c	35	abc	57	ab	14	b	37	ab	51	ab	90	c	
Ammoniumnitraat	60	bc	7	bc	67	bc	22	c	6	d	27	bc	19	ab	12	b	31	bc	101	c	
Ammoniumnitraat +DMPP	63	bc	37	bc	100	ab	16	c	10	cd	26	bc	19	ab	13	b	31	bc	98	c	

Gemiddelden gevolgd door een zelfde letter zijn niet significant verschillend (Duncan, p= 0,05).

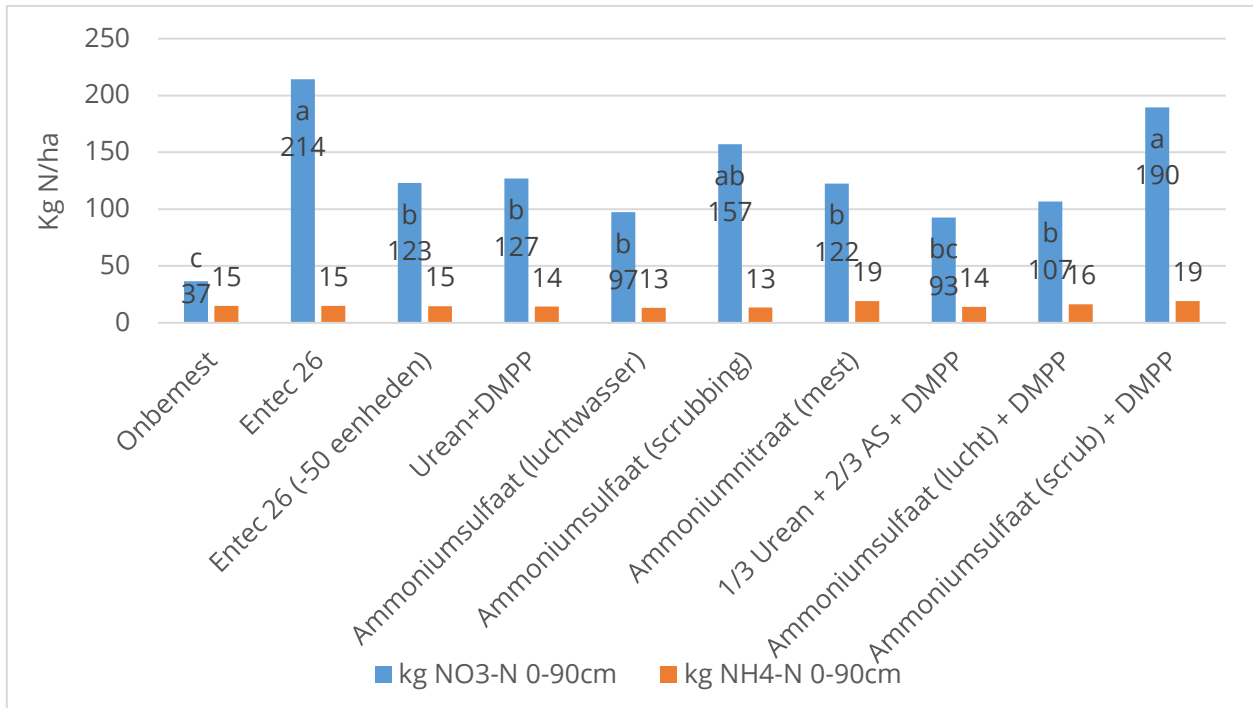


Figuur 10 Reststikstof na groei op 19/04/2022

2.1.2.5. Venkel

Vlak voor planten werd een bodemanalyse uitgevoerd. Deze analyse gaf 40 kg NO₃-N/ha als resultaat voor de bovenste bodemlaag. Voor venkel wordt er gewerkt met een streefwaarde van 170 kg NO₃-N/ha in de bovenste laag. Voor de objecten met rijbemesting wordt deze streefwaarde met 50 kg NO₃-N/ha verminderd. Aangezien in de bovenste laag 40 kg NO₃-N/ha werd een bemesting van 80 eenheden N/ha toegepast. Om aan te tonen dat dit toereikend is, werden er twee objecten met kunstmeststoffen aangelegd: een object met streefwaarde 170 kg N/ha en een object waarbij deze streefwaarde met 50 eenheden werd verminderd. Verder werd ook in de venkelproef een mengsel van Urean en ammoniumsulfaat getest. Met dit mengsel werd gestreefd naar een stikstof percentage van 17%. Bij de beoordeling van de oogstresultaten van venkel zijn de sortering en de totale productie de belangrijkste parameters. Bij de sortering zien we geen significante verschillen tussen de verschillende objecten. We zien wel bij ammoniumsulfaat afkomstig van de scrubbing en bij het mengsel UreaN + ammoniumsulfaat dat deze de hoogste percentages sortering 8 geven, al zijn ze niet significant verschillend van de andere objecten. In de totale opbrengst zijn wel significante verschillen te zien tussen de objecten. Het mengsel van Urean/ammoniumsulfaat en de Entec (-50 eenheden) geven de hoogste opbrengsten. We zien dat Entec 26 met 50 eenheden lagere toediening significant hogere opbrengst geeft dan de standaard dosis. In de kwaliteit zijn hier geen significante verschillen te zien.

De reststikstof op het einde van de teelt geeft significante verschillen tussen de objecten. We zien dat het mengsel UreaN/ammoniumsulfaat de laagste reststikstof geeft. Het object Entec 26 geeft significant hogere reststikstof waarden.



Figuur 11 Reststikstof na oogst op 08/08/2022

Tabel 19 Opbrengst en Flandria sortering van de verschillende objecten in venkel. Verschillende letters tonen significante verschillen aan.

Object	Opbrengst				Flandria-klasse Sortering					
	(ton/ha)		(g/stuk)		% sort 8		% sort 10		% sort 12	
Onbemest	21	d	426	b	10	b	52	a	38	a
Entec 26 breedwerpig	23	bcd	514	a	66	a	17	a	12	a
Entec 26 (-50 eenheden)	27	a	500	a	56	a	24	a	18	a
Urean + DMPP	26	ab	484	a	50	a	22	a	28	a
Ammoniumsulfaat (luchtwater)	25	abc	502	a	59	a	26	a	15	a
Ammoniumsulfaat (scrubbing)	26	ab	516	a	78	a	19	a	3	a
Ammoniumnitraat	21	d	489	a	45	a	34	a	21	a
1/3 Urean + 2/3 ammoniumsulfaat + DMPP	26	a	533	a	78	a	16	a	6	a
Ammoniumsulfaat (lucht) + DMPP	23	cd	499	a	57	a	33	a	10	a
Ammoniumsulfaat (scrub) + DMPP	23	cd	502	a	62	a	19	a	19	a

Tabel 20 Reststikstof na oogst van de venkel op 08/08/2022. Verschillende letters tonen significante verschillen aan.

Meststof	kg NO ₃ -N		kg NH ₄ -N		kg N _{min}		kg NO ₃ -N		kg NH ₄ -N		kg N _{min}		kg NO ₃ -N	
	0-30						30-60						0-60	
Onbemest	17	d	8	a	25	d	19	a	7	a	27	a	37	c
Entec 26	166	a	11	a	177	a	48	a	4	b	52	a	214	a
Entec 26 (-50 eenheden)	93	c	10	a	103	c	30	a	4	b	35	a	123	b
Urean + DMPP	92	c	10	a	102	c	35	a	4	b	40	a	127	b
Ammoniumsulfaat (luchtwasser)	72	c	9	a	80	c	26	a	4	b	30	a	97	b
Ammoniumsulfaat (scrubbing)	109	bc	9	a	118	bc	48	a	5	b	53	a	157	ab
Ammoniumnitraat	84	c	14	a	97	c	39	a	5	ab	44	a	122	b
1/3 Urean + 2/3 ammoniumsulfaat + DMPP	64	c	10	a	74	c	28	a	4	b	32	a	93	bc
Ammoniumsulfaat (lucht) + DMPP	76	c	13	a	89	c	31	a	4	b	35	a	107	b
Ammoniumsulfaat (scrubbing) + DMPP	140	ab	13	a	153	ab	49	a	6	ab	55	a	190	a

2.1.3. Conclusies

In de onderzochte groenteteelten geven herwonnen meststoffen gemiddeld genomen even goede of betere opbrengsten en/of kwaliteit als kunstmest en kunnen dus als volwaardig alternatief worden beschouwd. Afhankelijk van het gewas en de weersomstandigheden kunnen er wat verschillen zijn.

Bij rijbemesting met vloeibare meststoffen is door de exacte plaatsing een meer gerichte en daardoor effectievere bemesting mogelijk. Hierdoor kan met lagere dosissen worden gewerkt zonder dat hierbij de opbrengst in het gedrang komt. Vloeibare meststoffen hebben naar opneembaarheid ook een voordeel t.o.v. korrelvormige meststoffen in periodes van langere droogte. Verder zien we dat deze vloeibare meststoffen door hun lage stikstofinhoud zeer geschikt zijn voor de bijbemesting die vaak wordt gehanteerd in de groenteteelt. Bij een bijbemesting dienen vaak lagere dosissen N toegediend te worden, wat met de hoger concentreerde kunstmeststoffen in de praktijk vaak moeilijker haalbaar is vanwege de lage toe te dienen volumes. Voor deze lagere hoeveelheden stikstof zijn de vloeibare herwonnen meststoffen een perfect alternatief.

Bij onvolledige benutting van de stikstofvoorraad in de bodem geven de nitraatmeststoffen de hoogste nitraatresidu's. Het toevoegen van een nitrificatieremmer zorgt ervoor dat NH_4 langer beschikbaar blijft waardoor de nitraatresidu's en het risico tot uitspoeling verminderen.

2.2. Toepassing in de akkerbouw – aardappelen

2.2.1. Proefopzet

Deze proef liep bij het Agrarisch Innovatie- en Kenniscentrum Rusthoeve (Colijnsplaat, NL). De proeven liepen met de aardappelrassen Melody (2020 en 2021) en Agria (2022).

In 2020 werd er op 8 mei geplant. Er werden drie objecten in vier herhalingen aangelegd, zie Tabel 21.

Tabel 21 Bemesting veldproef aardappelen bij Rusthoeve in 2020. KAS = kalkammonsalpeter, MC = mineralenconcentraat.

Object	Gift	Dosis	Datum
Onbemest	-	-	
KAS + MC	1e gift	195 kg N/ha KAS	29 mei
	2e gift	60 kg N/ha concentraat	24 jul
MC (Strocon)	1e gift	135 kg N/ha concentraat	29 mei
	2e gift	120 kg N/ha concentraat	27 jul

In 2021 werden er vier objecten in vier herhalingen aangelegd: KAS, ammoniumnitraat afkomstig van stripping-scrubbing van mest (Detricon), ammoniumsulfaat afkomstig van stripping-scrubbing van mest (Circular Values) en mineralenconcentraat (Strocon). Alle objecten kregen een eerste gift van 195 kg N/ha (op 20 mei) en een tweede gift van 50 kg N/ha (op 24 juni).

Ook in 2022 werden dezelfde vier objecten in vier herhalingen aangelegd. De eerste gift van 195 kg N/ha was op 11 april voor planten, de proef is op 25 april geplant en de tweede gift van 50 kg N/ha werd op 26 juni gegeven.

De toediening van het mineralenconcentraat is een belangrijk aandachtspunt, aangezien dit product slechts 1% N bevat. De bemesting werd in twee fases toegediend: in 2020 en 2022 eerst met een slangenpomp, maar de tweede gift werd handmatig toegepast om bladverbranding te voorkomen wanneer de producten op het gewas zouden worden toegediend. In 2021 werden beide giften van het mineralenconcentraat volledig handmatig toegediend. Daarnaast zorgde de lage concentratie van de producten er soms ook voor dat er meerdere malen over het veld heen en weer moest worden gereden vooraleer een voldoende bemestingsdosis was toegediend, wat in de praktijk ook te vermijden is vanwege grondverdichting.



Figuur 12 Proefveld bij Proefboerderij Rusthoeve in 2022

2.2.2. Resultaten

Naast de totale opbrengst werd ook de verdeling over de verschillende groottes bepaald. Het onderwatergewicht is een kwaliteitsparameter en daarnaast werd ook de samenstelling van de aardappel onderzocht.

De resultaten van de veldproef 2020 zijn in Tabel 22 samengevat. Het onbehandelde object heeft een duidelijk lagere opbrengst en het N-gehalte van de aardappelen ligt duidelijk lager. Tussen de twee bemestingswijzen is er geen significant verschil waar te nemen. Wel levert KAS-bemesting een duidelijk hoger aantal grote knollen (70+) op. Het N-gehalte in een aardappel heeft invloed op de kwaliteit (o.a. zetmeelgehalte en onderwatergewicht). Aan het onderwatergewicht is te zien dat er geen kwaliteitsverschillen tussen de aardappelen van de verschillende objecten zijn gevonden, ondanks het lage N-gehalte van de aardappelen van de onbemeste plotjes.

De resultaten van de veldproef 2021 zijn in Tabel 23 samengevat. Er is enkel een significant verschil in totale opbrengst, waarbij het ammoniumnitraat hogere opbrengsten oplevert dan de objecten ammoniumsulfaat en mineralenconcentraat. Er is geen significant verschil tussen het KAS en het ammoniumnitraat. Bij vergelijking van de resultaten van 2020 en 2021 zien we dat de totale opbrengst van de bemeste objecten over de twee jaren vergelijkbaar is. Er is wel een opvallend verschil in de maatsortering, waarbij het aandeel kleine knollen in 2020 beduidend hoger ligt dan in 2021, wat kan verklaard worden door de aanhoudende droogte van 2020.

Tabel 24 laat de resultaten van 2022 zien. In 2022 is er helaas maar één herhaling van de veldproef geoogst, wegens rot in de proef door hevige regenval in september. Een statistische analyse kon dan ook niet uitgevoerd worden op deze resultaten. Wel komt er uit de cijfers naar voren dat net als in 2021 de opbrengst van mineralenconcentraat iets achterblijft ten opzichte van de overige objecten.

Tabel 22 Resultaten aardappelproef 2020. Verschillende letters tonen significante verschillen aan.

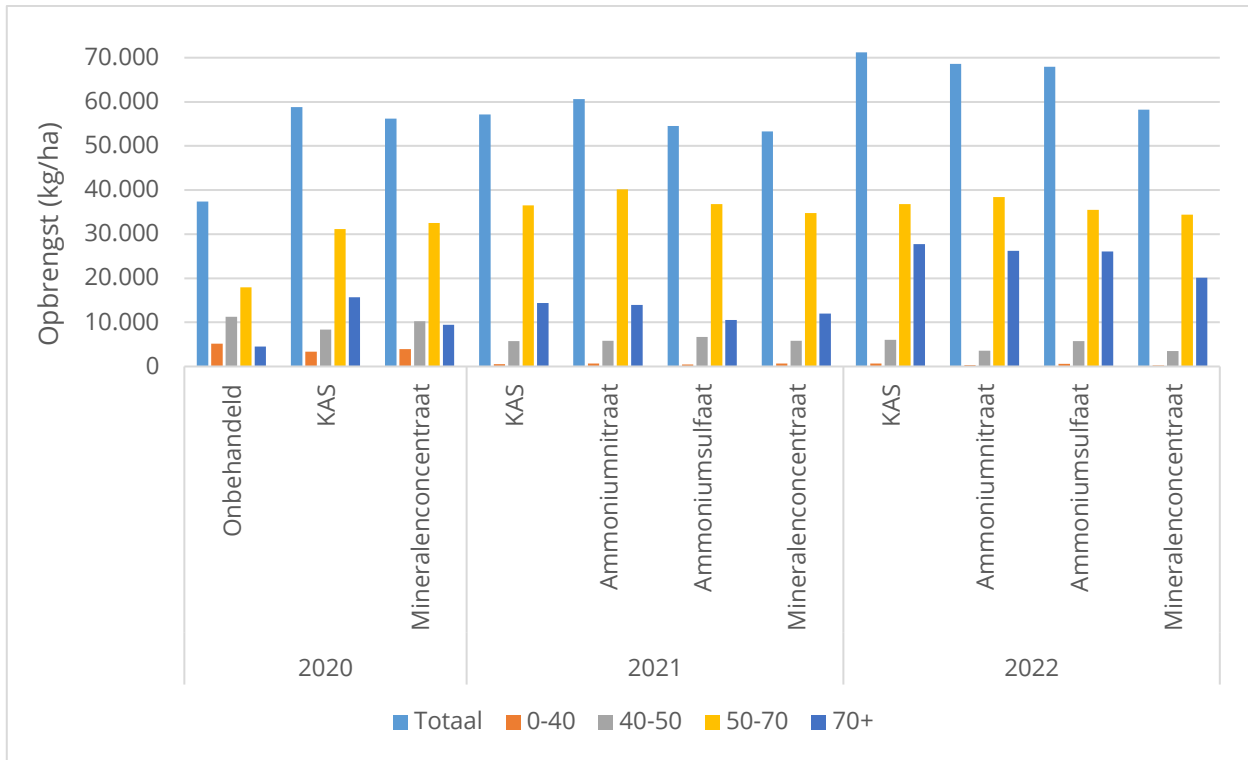
Opbrengst (kg/ha)	Totaal		0-40		40-50		50-70		70+			
Onbehandeld	37.404,0	b	5.173,0	a	11.300,0	a	17.947,8	b	4.536,2	c		
Bemesting met KAS	58.780,5	a	3.372,7	b	8.331,5	b	31.117,5	a	15.699,6	a		
Mineralenconcentraat	56.198,0	a	3.923,0	b	10.268,8	ab	32.564,5	a	9.441,5	b		
Opbrengst (knolaantal/ha)	Totaal		0-40		40-50		50-70		70+			
Onbehandeld	471.250,0	a	170.625,3	a	160.416,8	a	131.458,5	b	13.446,8	c		
Bemesting met KAS	473.159,9	a	115.069,2	b	119.132,1	a	194.896,0	a	43.279,9	a		
Mineralenconcentraat	510.625,1	a	131.458,5	b	143.125,0	a	209.166,5	a	26.875,0	b		
Kwaliteit en samenstelling	Onderwatergewicht		Droge stofgehalte (%)		Stikstof (g/kg)		Fosfor (g/kg)		Kalium (g/kg)		Zwavel (g/kg)	
Onbehandeld	365,5	a	20,23	a	11,28	b	2,53	a	23,48	a	1,15	a
Bemesting met KAS	360,5	a	19,73	a	17,20	a	2,42	a	23,76	a	1,27	a
Mineralenconcentraat	353,8	a	19,28	a	16,83	a	2,45	a	24,98	a	1,33	a

Tabel 23 Resultaten aardappelproef 2021. Verschillende letters tonen significante verschillen aan.

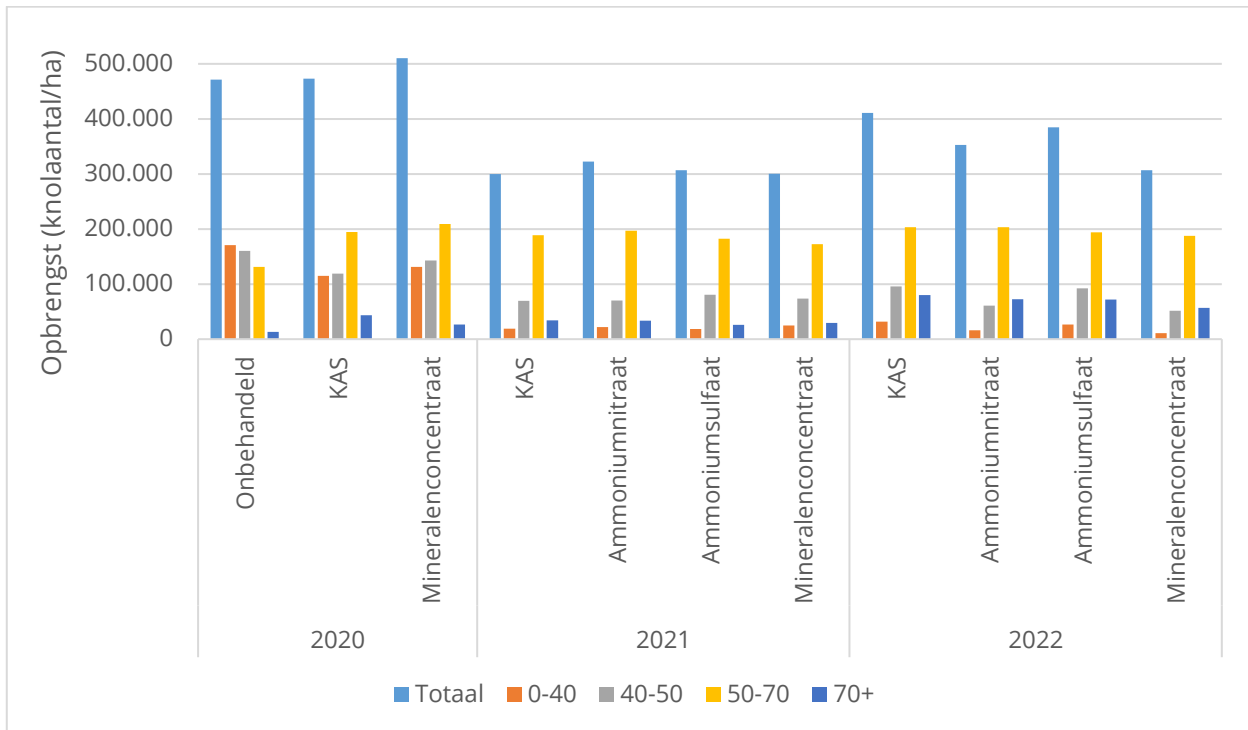
Opbrengst (kg/ha)	Totaal		0-35	35-50	50-60	60-70	70+
KAS	57.167	ab	540	5.723	14.525	21.979	14.400
Ammoniumnitraat	60.581	b	638	5.806	16.244	23.940	13.954
Ammoniumsulfaat	54.492	a	469	6.710	16.594	20.206	10.513
Mineralenconcentraat	53.304	a	690	5.823	13.006	21.787	11.998
Opbrengst (knolaantal/ha)							
KAS	300.000		18.958	69.792	91.667	85.625	33.958
Ammoniumnitraat	322.708		21.875	70.208	99.792	97.292	33.542
Ammoniumsulfaat	307.083		18.333	80.417	103.958	78.542	25.833
Mineralenconcentraat	300.417		24.792	73.750	83.750	88.542	29.583

Tabel 24 Resultaten aardappelproef 2022

Opbrengst (kg/ha)	Totaal	0-35	35-50	50-60	60-70	70+	
KAS	71.243	694	6.046	11.247	25.542	27.714	
Ammoniumnitraat	68.575	311	3.601	12.026	26.410	26.226	
Ammoniumsulfaat	67.917	590	5.779	10.091	25.380	26.078	
Mineralenconcentraat	58.192	230	3.478	10.778	23.606	20.100	
Opbrengst (knolaantal/ha)							Onderwatergewicht
KAS	410.833	31.667	95.833	85.000	118.333	80.000	383
Ammoniumnitraat	352.500	15.833	60.833	87.500	115.833	72.500	405
Ammoniumsulfaat	385.000	26.667	92.500	76.667	117.500	71.667	399
Mineralenconcentraat	306.667	10.833	51.667	79.167	108.333	56.667	395



Figuur 13 Gewichtsopbrengst per knolgrootte voor de verschillende objecten en proefjaren



Figuur 14 Knolaantallen per knolgrootte voor de verschillende objecten en proefjaren

2.2.3. Conclusies

In aardappelen kan er geconcludeerd worden dat de opbrengsten vergelijkbaar zijn met de praktijkbemestingen en er ook geen betekenisvolle verschillen zijn in het geval van de nitraatresidu's.

Wel valt er rekening te houden met wat praktische knelpunten. Zo zorgt het lage stikstofgehalte van het mineralenconcentraat ervoor dat niet meteen het benodigde volume toegepast kan worden, maar er meerdere malen over het veld gereden moet worden, wat in principe vermeden moet worden in kader van bodemverdichting.

Ook de verplichte emissiearme toediening kan bij latere giften voor problemen zorgen, wanneer het product ingewerkt dient te worden wanneer het gewas er al staat.

2.3. Toepassing in de akkerbouw – wintertarwe

2.3.1. Proefopzet

Deze proef liep bij het Agrarisch Innovatie- en Kenniscentrum Rusthoeve (Colijnsplaat, NL). De proef liep met het ras Calgary.

In 2021 werd er op 8 november wintertarwe gezaaid. Er werden vier objecten in vier herhalingen aangelegd, namelijk met KAS, ammoniumnitraat afkomstig van stripping-scrubbing (Detricon), ammoniumsulfaat afkomstig van stripping-scrubbing (Circular Values) en mineralenconcentraat (Strocon). De eerste gift was voor alle objecten een bemesting met KAS, waarna een tweede gift met de verschillende producten (124 kg N/ha) plaatsvond op 13 april 2022.

KAS werd met een pneumatische kunstmeststrooier toegediend terwijl de overige producten, net als in de aardappelproef, met de slangenpomp werden toegevoegd. Ook in deze proef zorgde het lage N-gehalte van het mineralenconcentraat ervoor dat er meerdere keren over een veldje heen gereden moest worden.

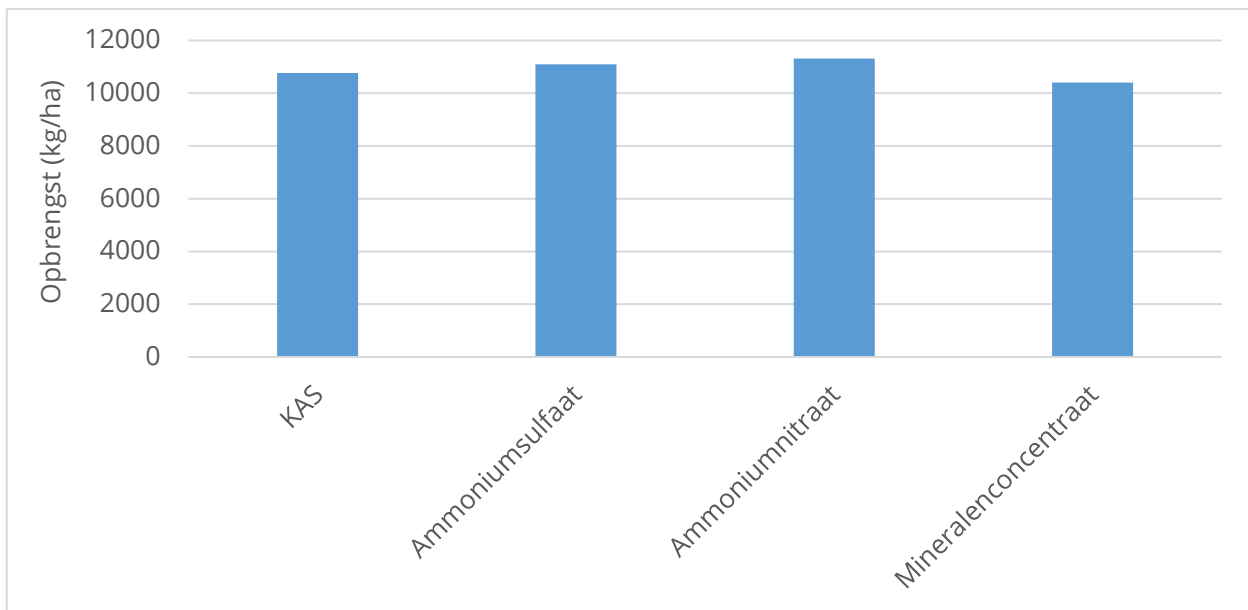
2.3.2. Resultaten

Van de wintertarweproef is de totale opbrengst bepaald, evenals het hectolitergewicht en het vochtgehalte, wat iets zegt over de kwaliteit van de tarwe.

De resultaten van de veldproef zijn in Tabel 25 samengevat. Er werden geen statistische verschillen gevonden tussen de verschillende objecten. Wel is te zien dat het object met mineralenconcentraat een iets lagere opbrengst geeft (Figuur 15) en een lager hectolitergewicht heeft. Ondanks deze waardes is ruim 10.000 kg per hectare een prima opbrengst in vergelijking met opbrengsten die normaal in de praktijk worden gehaald.

Tabel 25 Resultaten wintertarwe 2022

	Opbrengst (kg/ha)		Hectolitergewicht	Vochtpercentage (%)
KAS	10.763	a	75,9	15,8
Ammoniumsulfaat	11.099	a	75,1	15,8
Ammoniumnitraat	11.311	a	75,7	15,9
Mineralenconcentraat	10.400	a	73,7	16,0



Figuur 15 Opbrengst van de wintertarwe over de verschillende objecten

2.3.3. Conclusies

Met de resultaten in de wintertarwe kunnen weinig lange termijn conclusies genomen worden. De opbrengsten bij de verschillende herwonnen meststoffen zijn vergelijkbaar met zowel de kunstmest als de praktijkopbrengsten en ook in kwaliteit zijn er geen verschillen van betekenis aangetroffen.

Ook in wintertarwe zorgt de lage stikstofconcentratie van het mineralenconcentraat er voor dat er meerdere malen over het veld gereden moet worden met de bemestingsmachine, wat in de realiteit ongewenst is vanwege het extra werk en het risico op bodemverdichting.

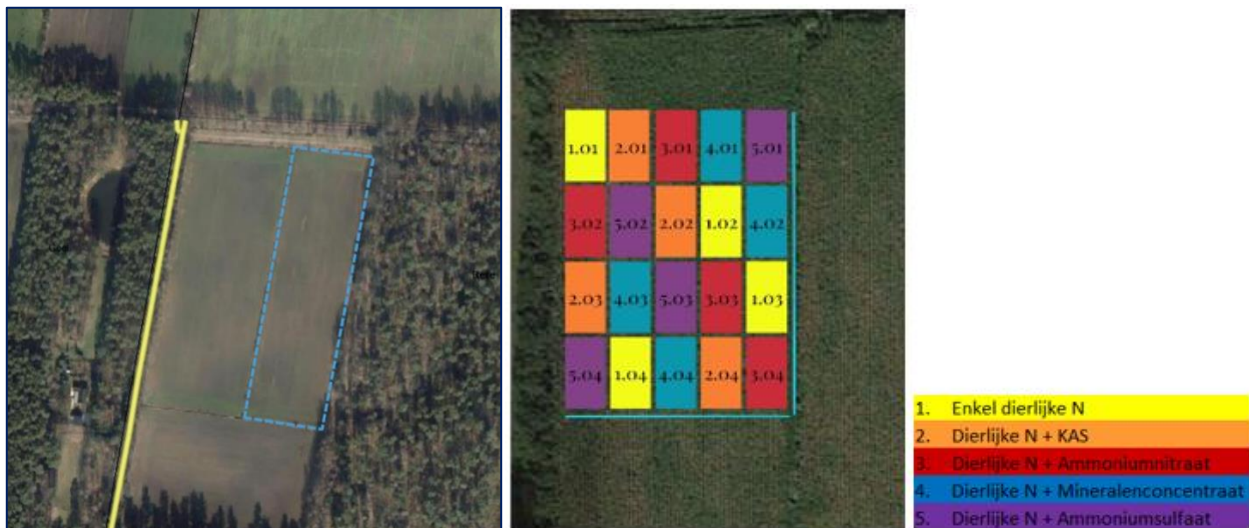
2.4. Toepassing in de akkerbouw – mais

2.4.1. Proefopzet

Zowel bij Hooibeekhoeve (praktijk- en voorlichtingscentrum voor melkveehouderij (Geel, BE)) als bij PVL (Proef- en vormingscentrum voor de landbouw (Bocholt, BE)) werden maisproeven aangelegd.

Bij de aanleg van de proeven werd de reële praktijksituatie gesimuleerd waarbij de herwonnen meststoffen werden ingezet ter vervanging van kunstmest, dus bovenop de basisbemesting met dierlijke mest van 170 kg N/ha. Bij Hooibeekhoeve werd bij zaai aangevuld met 33-35 kg N/ha, bij PVL werd 34 kg N/ha bijbemest. Naast de herwonnen meststoffen-behandelingen werden telkens ook volgende objecten aangelegd: een nulbemesting, een bemesting met enkel ruwe dierlijke mest (170 kg N/ha) en een bemesting met KAS (kalkammonsalpeter, kunstmest). Op die manier kan zowel het effect van de extra bemesting, dus bovenop de dierlijke mest, als een eventueel verschil tussen kunstmest en herwonnen meststoffen worden geëvalueerd. Elk object werd telkens in vier herhalingen aangelegd (uitgezonderd drie herhalingen bij PVL in 2020). In 2022 werden in de proef van Hooibeekhoeve nog twee extra objecten aangelegd, waar er in het 4-6^{de} bladstadium werd bijbemest in plaats van de volledige bemestingsgift bij zaai te geven.

KAS is een korrelvormige meststof en wordt breedwerpig toegediend. De herwonnen meststoffen daarentegen zijn vloeibaar. In beide proefcentra werden de herwonnen meststoffen in 2020 met een veldspuit toegediend. In 2021 gebruikte Hooibeekhoeve een speciaal ontwikkelde sleepslangbemester. Bij PVL werden de ammoniumzouten en het mineralenconcentraat handmatig toegediend.



Figuur 16 (Links) Ligging van het proefveld bij Hooibeekhoeve. (Rechts) Aanleg van de blokkenproef bij PVL Bocholt in 2021.

2.4.2. Resultaten

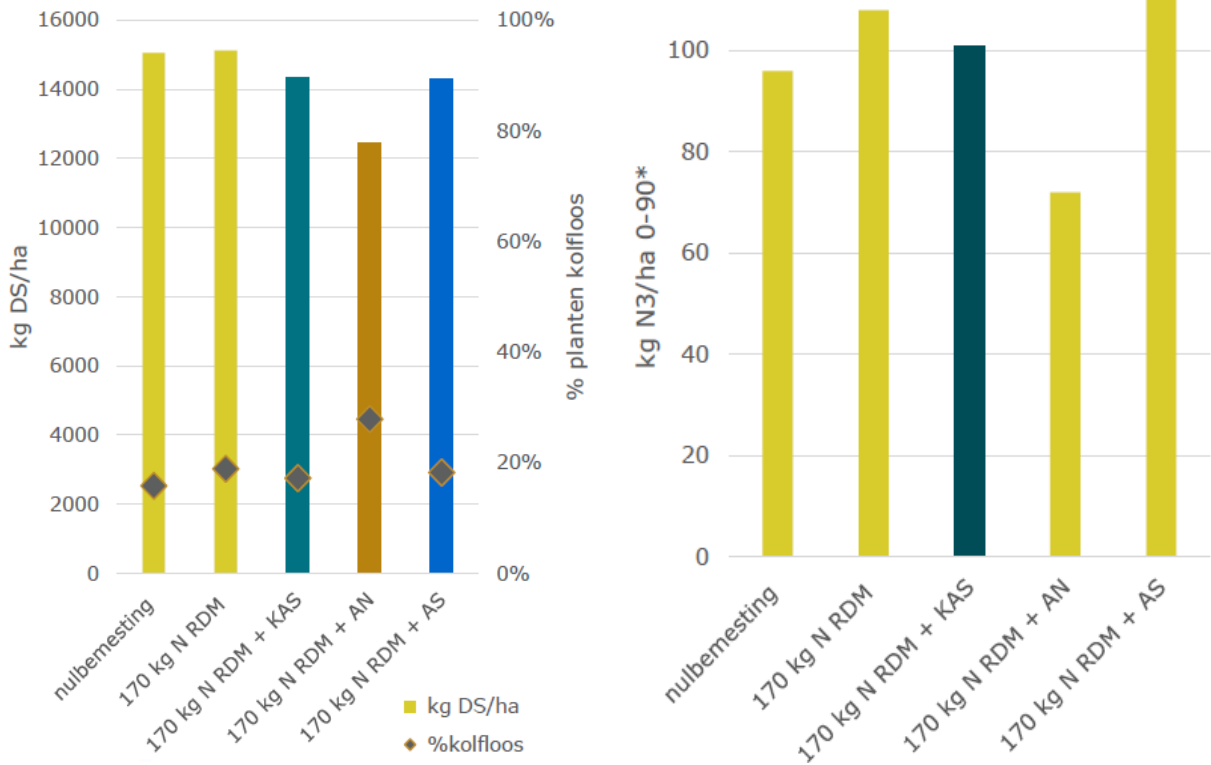
2.4.2.1. Veldproeven 2020

Door de uitzonderlijke droogte van het voorjaar en de zomer in 2020 was de maisoogst mislukt. Er was nauwelijks kolfontwikkeling en op PVL Bocholt werd overgegaan tot een noodoogst op 19 augustus. Uit Figuur 17 blijkt de slechte kwaliteit van de mais.

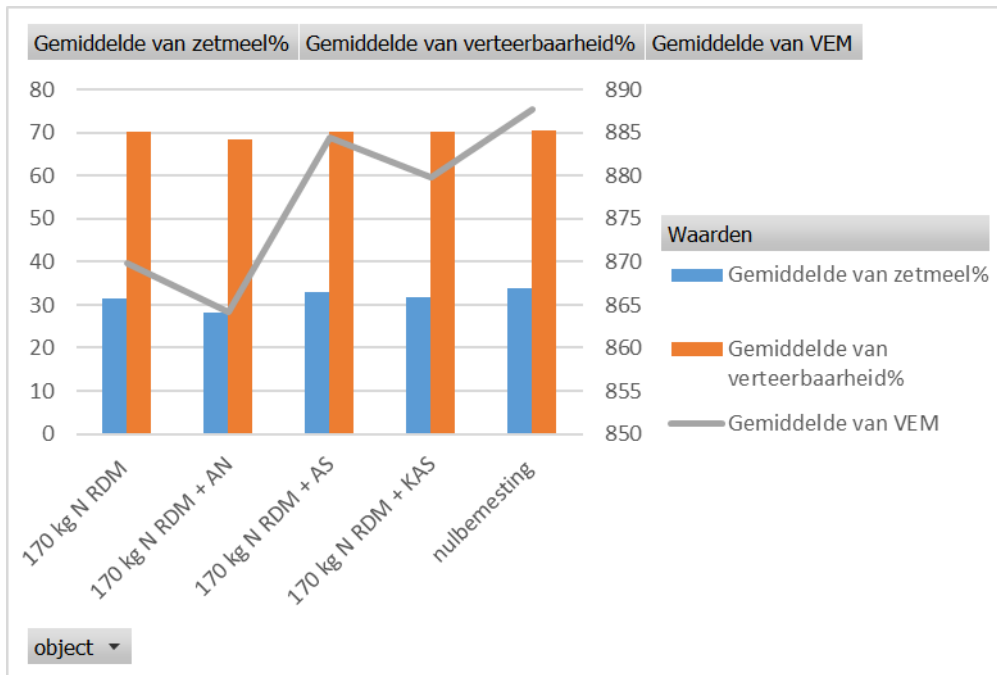


Figuur 17 Foto's van de mais in 2020 bij PVL

Uit Tabel 26 blijkt duidelijk de lage opbrengst van de mais. Verder was er ook geen significant verschil in droge stofopbrengst tussen de verschillende objecten, wat eveneens aantoont dat de droogte de bepalende factor was. Er kunnen dan ook geen conclusies worden getrokken inzake de effectiviteit van de verschillende bemestingsregimes. De resultaten van de maisproef worden voor de volledigheid aan dit rapport toegevoegd, maar hebben in het kader van de beoordeling van de herwonnen meststoffen dus weinig waarde.



Figuur 18 Maisopbrengst (links) en reststikstof op 14/10/2020 (rechts) in mais in 2020 over de verschillende objecten bij Hooibeekhoeve



Figuur 19 Voederwaarde van de mais over de verschillende objecten bij Hooibeekhoeve

Tabel 26 Opbrengst maisproef 2020. DM = dierlijke mest, KAS = kalkammonsalpeter, AN = ammoniumnitraat, AS = ammoniumsulfaat afkomstig van stripping-scrubbing, SW = ammoniumsulfaat afkomstig van luchtwassers. Getallen na de \pm geven de standaarddeviatie aan.

Proefobject	Verse opbrengst (kg/ha)	Droge stofgehalte (%)	Droge stof (kg/ha)
Resultaten PVL Bocholt			
Nulbemesting	25.667 \pm 5333	26 \pm 2	6.535 \pm 1.002
170 kg DM	28.222 \pm 1711	24 \pm 2	6.780 \pm 275
170 kg DM + KAS	29.111 \pm 770	23 \pm 2	6.801 \pm 396
170 kg DM + AN	29.289 \pm 1740	24 \pm 1	7.018 \pm 25
Resultaten Hooibeekhoeve			
Nulbemesting	33.238 \pm 9.904	45 \pm 1	15.054 \pm 4.300
170 kg N DM	36.131 \pm 11.138	42 \pm 4	15.132 \pm 4.447
170 kg N DM + KAS	32.157 \pm 8.650	42 \pm 5	13.245 \pm 2.870
170 kg N DM + AN	31.524 \pm 6.820	40 \pm 3	12.457 \pm 2.182
170 kg N DM + SW	32.079 \pm 4.150	45 \pm 5	14.287 \pm 1.205

2.4.2.2. Veldproeven 2021

Tabel 27 Opbrengst maisproef 2021. DM = dierlijke mest, KAS = kalkammonsalpeter, AN = ammoniumnitraat, SW = ammoniumsulfaat afkomstig van luchtwassers, MC = mineralenconcentraat. Getallen na de \pm geven de standaarddeviatie aan. Verschillende letters tonen significante verschillen aan.

Proefobject	Verse opbrengst (kg/ha)		Droge stof (kg/ha)		C _{tot} (g/kg)		N _{tot} (g/kg)	K (g/kg)	P (g/kg)	S (g/kg)
Resultaten PVL Bocholt										
170 kg N DM	55595 \pm 3757	a	20106 \pm 1095	a	432 \pm 16	a	10 \pm 1	13 \pm 3	3 \pm 0	1 \pm 0
170 kg N DM + KAS	59286 \pm 4197	a	22454 \pm 703	b	442 \pm 3	ab	11 \pm 1	16 \pm 3	3 \pm 0	1 \pm 0
170 kg N DM + AN	57857 \pm 2112	a	22545 \pm 828	b	451 \pm 4	b	12 \pm 1	14 \pm 3	2 \pm 0	1 \pm 0
170 kg N DM + SW	58929 \pm 6078	a	22488 \pm 1405	b	432 \pm 10	a	10 \pm 1	14 \pm 4	3 \pm 0	1 \pm 0
170 kg N DM + MC	58214 \pm 5379	a	21960 \pm 1039	ab	452 \pm 2	b	11 \pm 1	14 \pm 2	3 \pm 0	1 \pm 0
Resultaten Hooibeekhoeve										
170 kg N DM	25612 \pm 2165		9472 \pm 1441		-		5,55	-	-	-
170 kg N DM + KAS	27421 \pm 2505		9696 \pm 1080		-		5,46	-	-	-
170 kg N DM + AN	27738 \pm 1560		9368 \pm 1012		-		5,35	-	-	-
170 kg N DM + SW	25902 \pm 2170		8896 \pm 1581		-		5,51	-	-	-
170 kg N DM + MC	26893 \pm 3192		8849 \pm 870		-		5,20	-	-	-

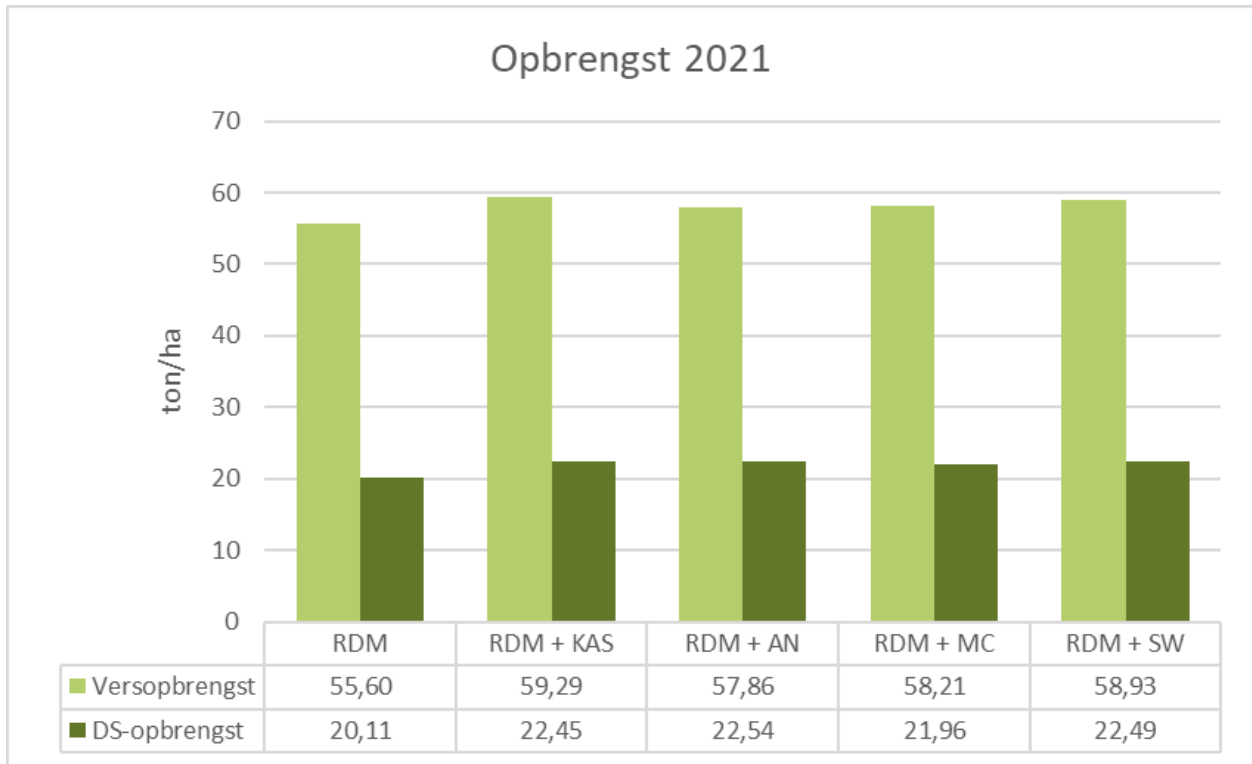
In 2021 is de maisteelt normaal verlopen bij PVL. De proef bij Hooibeekhoeve had sterk te lijden van de overvloedige regenval.

PVL Bocholt voerde een uitgebreide evaluatie uit van maiskwaliteit, opbrengst en samenstelling. Daarbij werden volgende parameters opgevolgd:

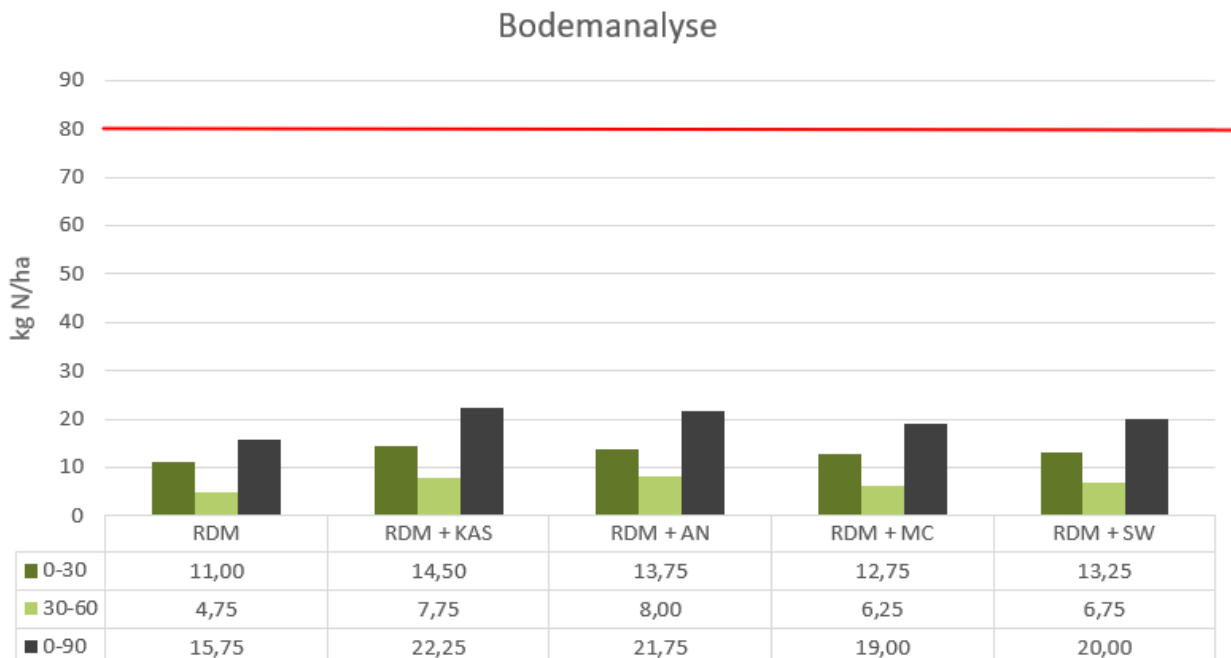
- Waarnemingen per m²: opkomst (aantal maisplanten), aantal volledige kolven, aantal planten met builenbrand, wandelstokken, stengelbreuk en legering
- Opbrengstgewicht vers en droog van kolf en stengel
- Samenstelling van mais (mengstaal van de vermalen kolf en stengel)

Qua opbrengst was er geen verschil tussen de verschillende herwonnen meststoffen en kunstmest (zie Tabel 27 en Figuur 20). Bij de opbrengst werd de statistische significantie onderzocht van opbrengst (zowel vers als droge stof) als samenstelling (ANOVA, $p = 0,05$). Er was geen significant verschil bij de opbrengst vers gewicht, noch bij N, K, P en S-gehalten, maar wel bij de opbrengst droge stof en C_{tot} . De bijkomende bemesting bovenop de ruwe dierlijke mest leidt dus wel tot hogere opbrengsten. Tussen de verschillende meststoffen is er geen significant verschil. De reststikstof ligt het hoogste bij het object met KAS (Figuur 21), hoewel de verschillen tussen de meststoffen zeer klein zijn. De verschillende waarden liggen ook ver onder de drempelwaarde van 80 kg N/ha.

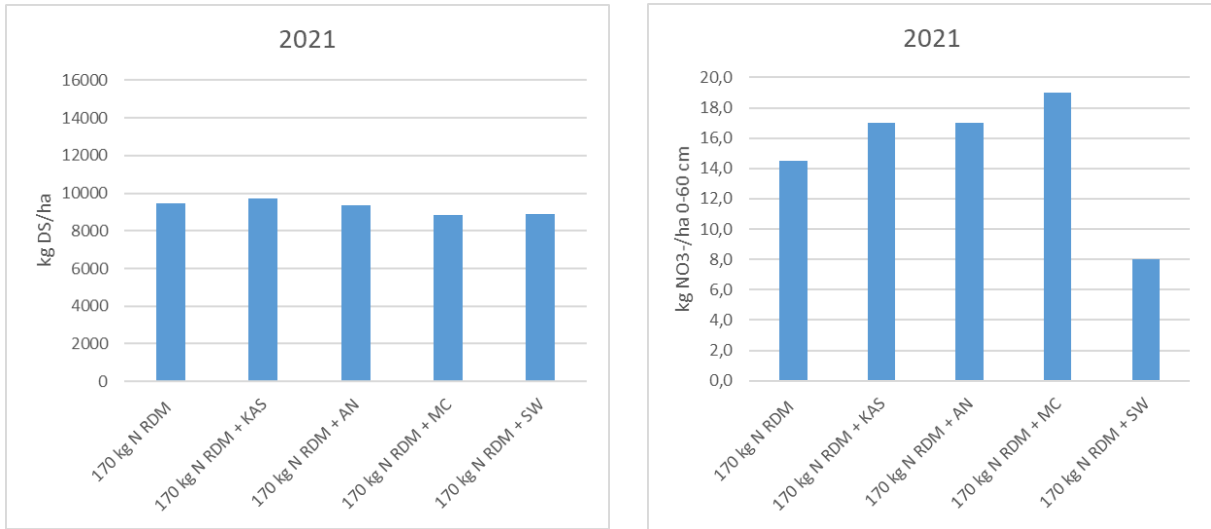
Hooibeekhoeve voerde elk jaar dezelfde evaluaties uit van maiskwaliteit, opbrengst en samenstelling. Ook daar was er geen significant verschil (ANOVA, $p = 0,05$, Tabel 27 en Figuur 22 links) tussen de verschillende objecten. De toediening van bemesting bovenop de ruwe dierlijke mest lijkt hier weinig zin te hebben gehad. Deze proef werd sterk beïnvloed door de uitzonderlijk intense en lokale regenbuien in juli 2021 en de resultaten dienen met de nodige omzichtigheid benaderd worden. Het nitraatresidu (Figuur 22 rechts) van ammoniumsulfaat afkomstig van een luchtwasser lag hier wel beduidend lager dan de overige objecten. Het object mineralenconcentraat heeft het hoogste nitraatresidu, maar met een miniem verschil met de kunstmest. Alle waarden lagen echter ver onder de drempelwaarde. Qua voederwaarde (Figuur 23) waren de verschillen tussen de objecten klein.



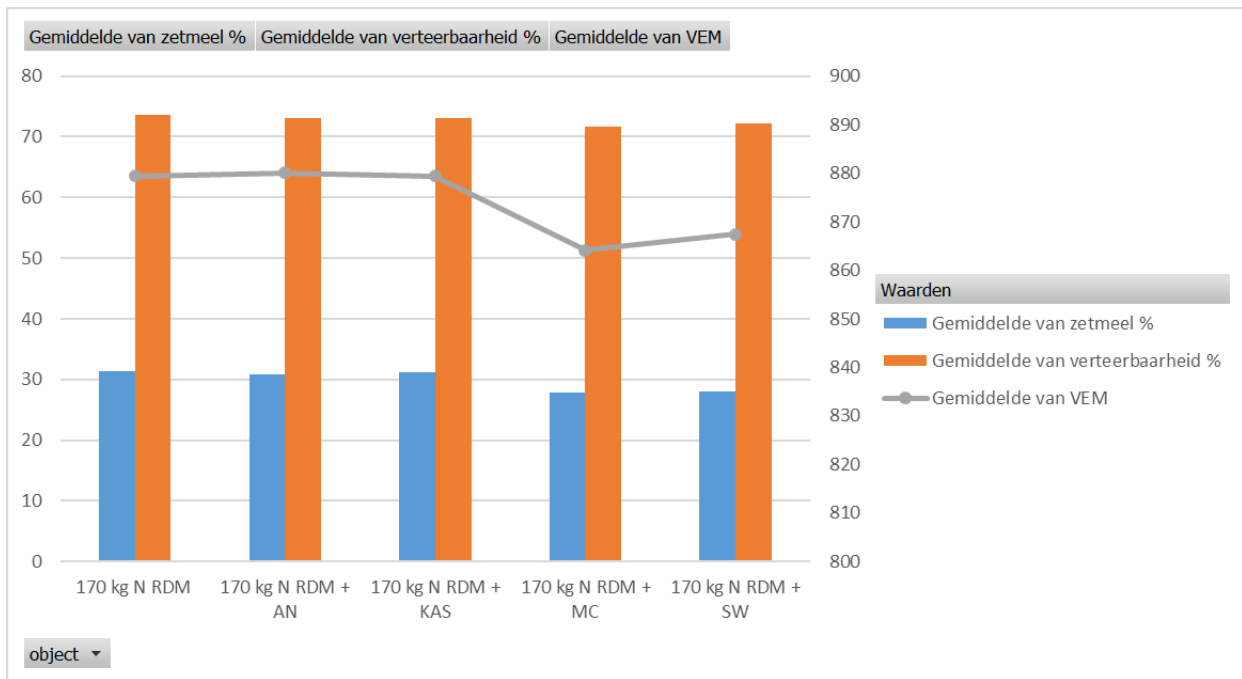
Figuur 20 De verse en droge stofopbrengst van de mais in 2021 over de verschillende objecten bij PVL Bocholt



Figuur 21 Reststikstof van de mais in 2021 over de verschillende objecten bij PVL Bocholt. De rode lijn geeft de drempelwaarde aan.



Figuur 22 Maisopbrengst (links) en reststikstof op 15/10/2021 (rechts) in mais in 2021 over de verschillende objecten bij Hooibeekhoeve



Figuur 23 Voederwaarde van de mais over de verschillende objecten bij Hooibeekhoeve

2.4.2.3. Veldproeven 2022

2022 werd een klimatologisch normaal voorjaar gevolgd door een zeer droge zomer. Na de tegenvallende resultaten van 2020 had PVL Bocholt een druppelirrigatie aangelegd, waardoor het effect van de droogte kon beperkt worden. Bij Hooibeekhoeve werd geen irrigatie voorzien.

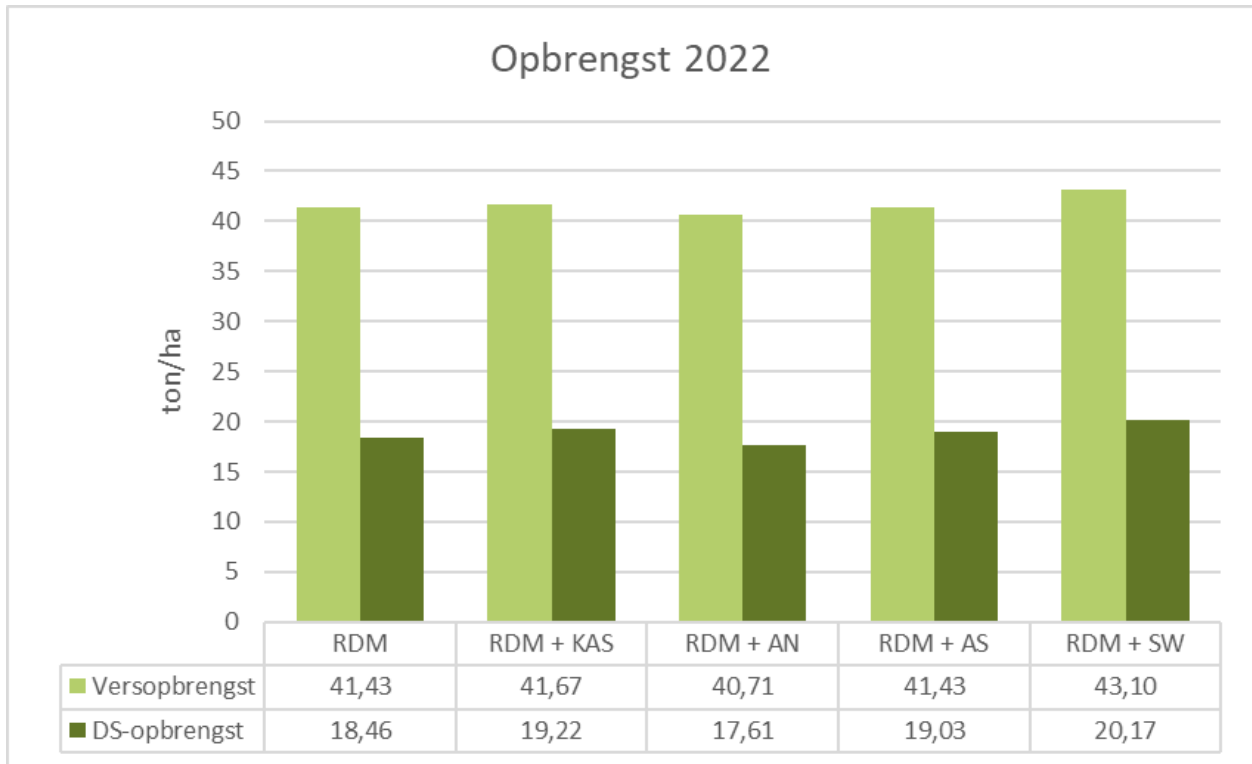
Bij PVL Bocholt haalde het spuiwater in 2022 de hoogste verse en droge stofopbrengst (Figuur 24 en Tabel 28), terwijl ammoniumnitraat de laagste opbrengst behaalde. De hoogste en laagste waardes verschillen wel slechts met 2,5 ton, dus verschillen zijn niet significant. Dit wordt niet één op één vertaald in de nitraatresidu's (Figuur 25). Daarbij ligt het object KAS het hoogst, gevolgd door ammoniumsulfaat afkomstig van stripping-scrubbing, maar ammoniumnitraat heeft ook hier de laagste score. Opnieuw zijn de verschillen tussen de hoogste en laagste waardes relatief klein, en zijn de verschillen aldus niet significant. Alle waardes liggen ruim onder de drempelwaarde.

Uit de opbrengstvergelijking tussen de resultaten uit 2021 en 2022 (Figuur 26 en Figuur 27) valt meteen op dat de opbrengst in 2022 significant lager ligt dan in 2021. De verschillende weersomstandigheden, waarbij 2021 een nat jaar was en 2022 opnieuw droog, kunnen dit verschil verklaren. Dit heeft dan ook zijn weerslag gehad op de nitraatresidu's (Figuur 28). Aangezien de mais in 2022 minder goed kon groeien vanwege de droogte, is er meer nitraat in de bodem achtergebleven en liggen die waardes dus beduidend hoger dan in 2021, hoewel alle waardes ruim onder de drempelwaarde liggen.

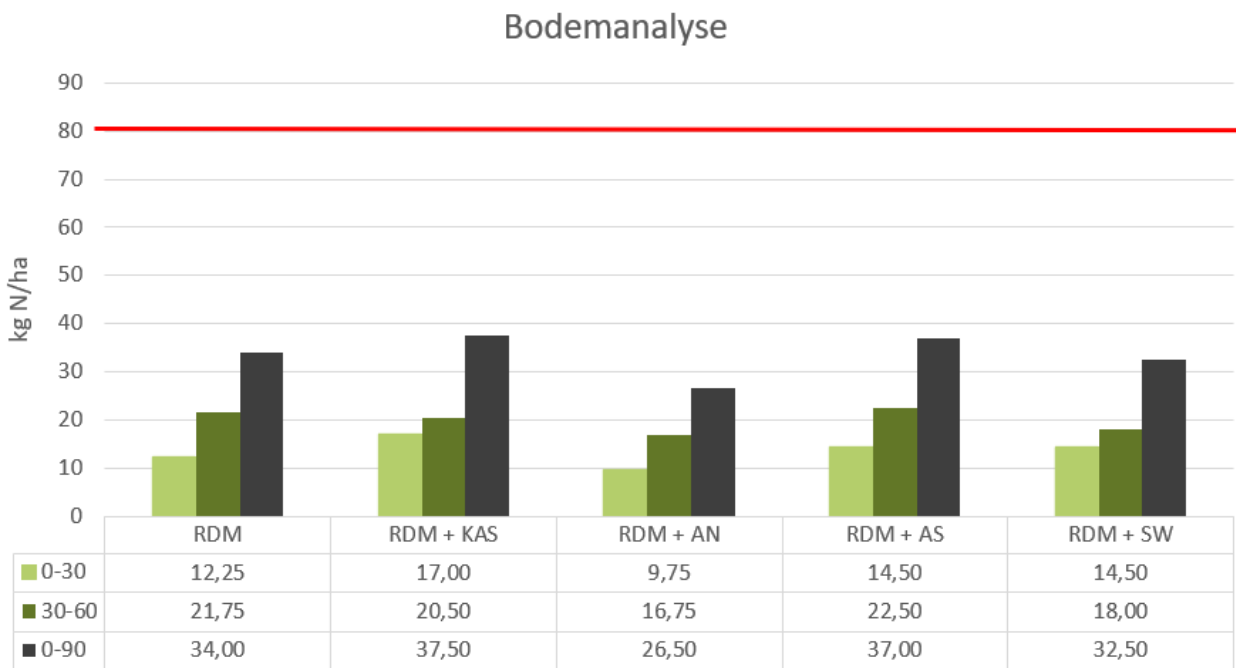
Bij Hooibeekhoeve liggen de opbrengsten in 2022 (Tabel 28 en Figuur 29) lager dan in beide voorgaande jaren, met de hoogste percentages aan kolfloze mais. De resultaten dienen daarom met de nodige omzichtigheid benaderd te worden. Over het algemeen worden hogere opbrengsten behaald bij de bemestingen bij de zaai dan bijbemeste objecten. Ammoniumnitraat en spuiwater toegediend bij zaai behalen de hoogste opbrengsten, gevolgd door KAS. Spuiwater toegepast als bijbemesting scoort hier het laagste. In de nitraatresidu's (Figuur 30) worden over het algemeen hogere waardes behaald bij bijbemeste objecten dan hun tegenhangers die bij zaai volledig werden bemest. Dit lijkt logisch, aangezien hogere opbrengsten – en dus hogere N-opnames – voor lagere nitraatresidu's zouden moeten zorgen. Bijbemeste KAS scoort hier significant het hoogste nitraatresidu, zelfs hoger dan de drempelwaarde, terwijl ammoniumnitraat bij zaai het laagste nitraatresidu heeft. Alle objecten, uitgezonderd bijbemeste KAS, liggen wel lager dan de drempelwaarde. De voederwaarde (Figuur 31) lag bij het object met KAS iets hoger dan bij de andere objecten.

Tabel 28 Opbrengst maisproef 2022. DM = dierlijke mest, KAS = kalkammonsalpeter, AN = ammoniumnitraat, SW = ammoniumsulfaat afkomstig van luchtwassers, MC = mineralenconcentraat. Getallen na de ± geven de standaarddeviatie aan. Verschillende letters tonen significante verschillen aan.

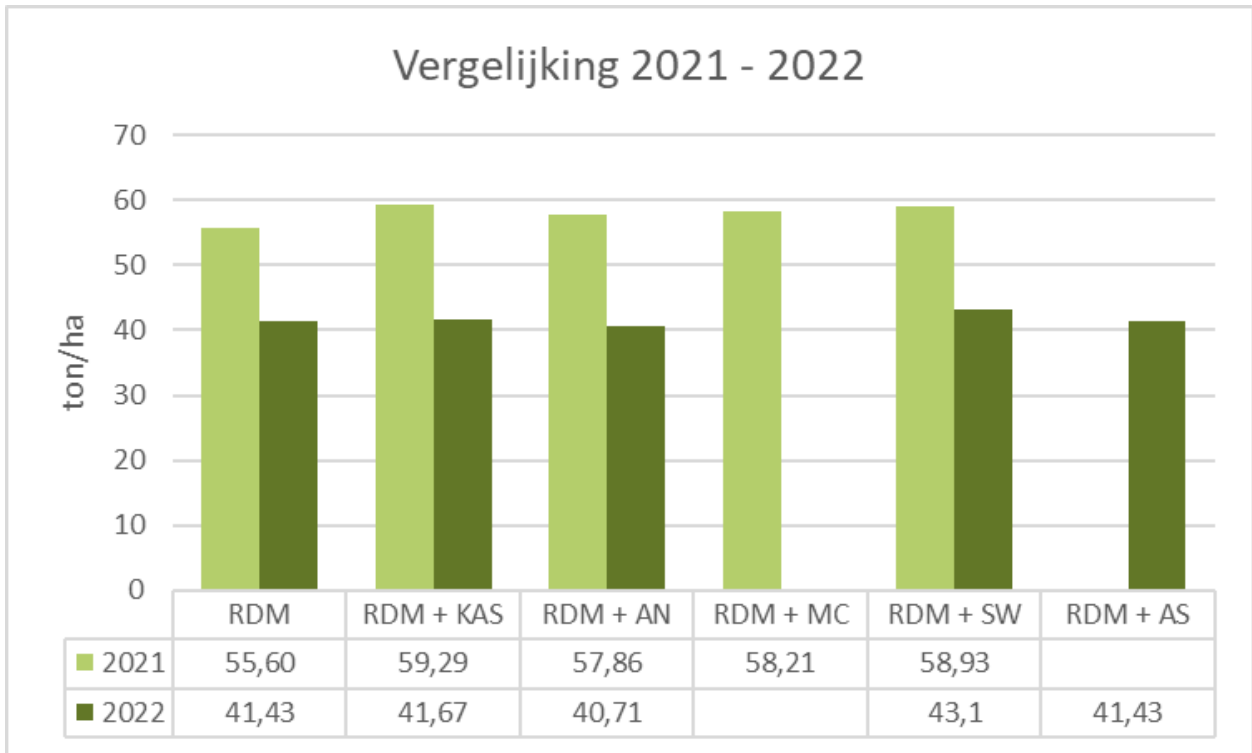
Proefobject	Verse opbrengst (kg/ha)		Droge stof (kg/ha)		N_{tot} (g/kg)
Resultaten PVL Bocholt					
170 kg N DM	41.428,6 ± 5687,8	a	18.462,27 ± 2055,46	a	-
170 kg N DM + KAS	41.666,7 ± 10.501,4	a	19.225,04 ± 3871,48	a	-
170 kg N DM + AN	40.714,3 ± 4689,9	a	17.608,05 ± 2295,47	a	-
170 kg N DM + SW	43.095,2 ± 6190,5	a	20.171,55 ± 957,13	a	-
170 kg N DM + MC	41.428,6 ± 5526,0	a	19.033,41 ± 1915,57	a	-
Resultaten Hooibeekhoeve					
170 kg N DM	25.139,4		10.188		10,9
170 kg N DM + KAS bij zaai	30.302,2		12.371		12,5
170 kg N DM + KAS bijbemesting	26.643,2		11.826		12,3
170 kg N DM + AN bij zaai	27.429,8		13.222		11,6
170 kg N DM + AN bijbemesting	28.324,1		10.972		12,5
170 kg N DM + AS	32.917,5		10.760		12,7
170 kg N DM + SW bij zaai	25.990,5		12.996		11,8
170 kg N DM + SW bijbemesting	29.621,9		9.764		12,0



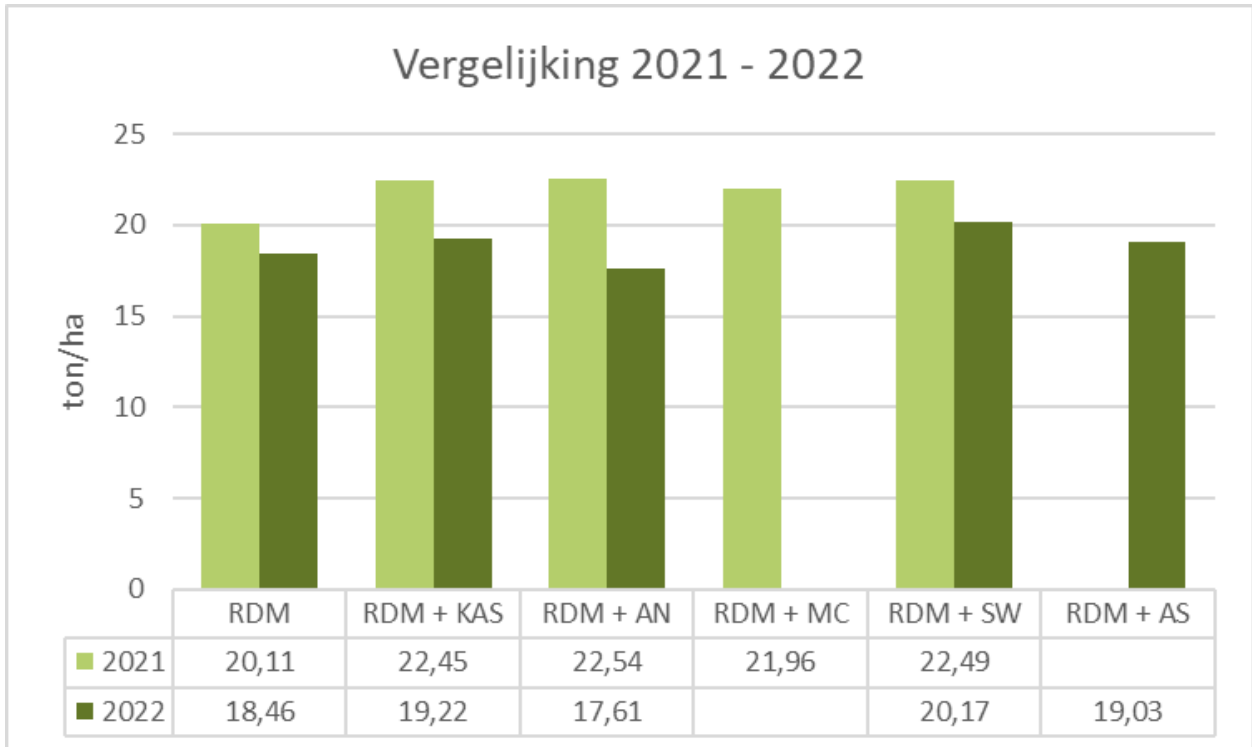
Figuur 24 De verse en droge stofopbrengst in ton van de mais in 2022 over de verschillende objecten bij PVL Bocholt



Figuur 25 Reststikstof van de mais in 2022 over de verschillende objecten bij PVL Bocholt. De rode lijn geeft de drempelwaarde aan.



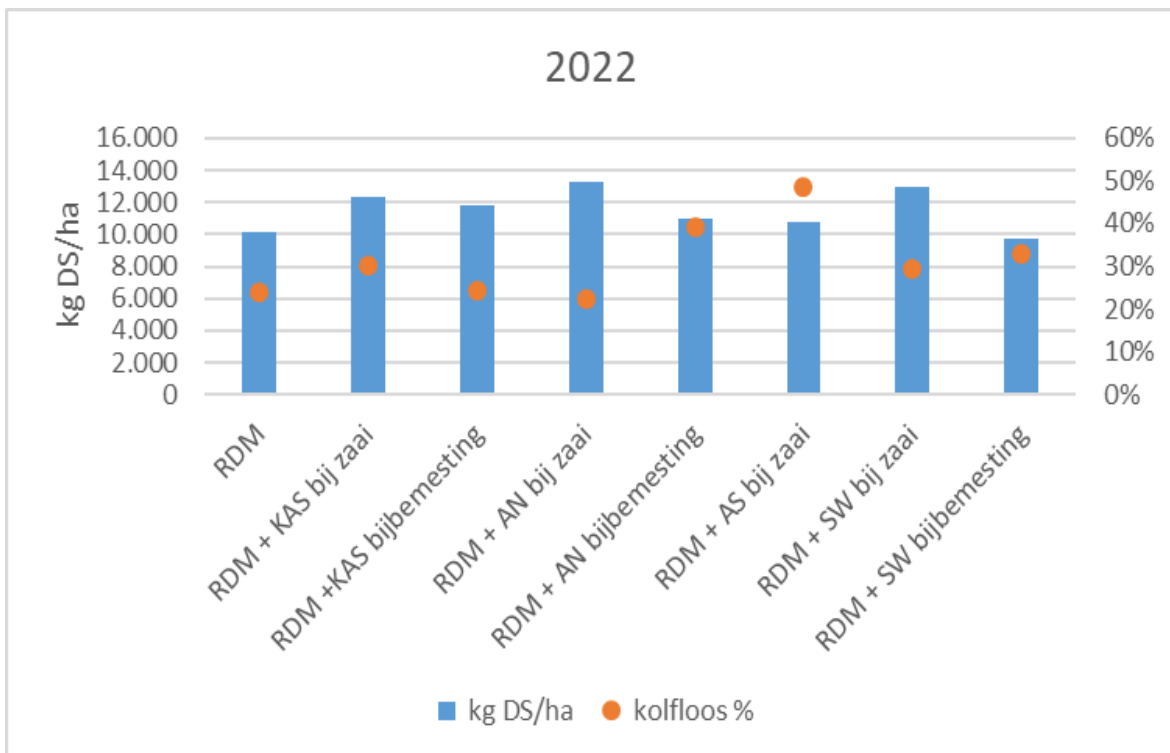
Figuur 26 Vergelijking tussen de verse stofopbrengst van de mais tussen 2021 en 2022 bij PVL Bocholt



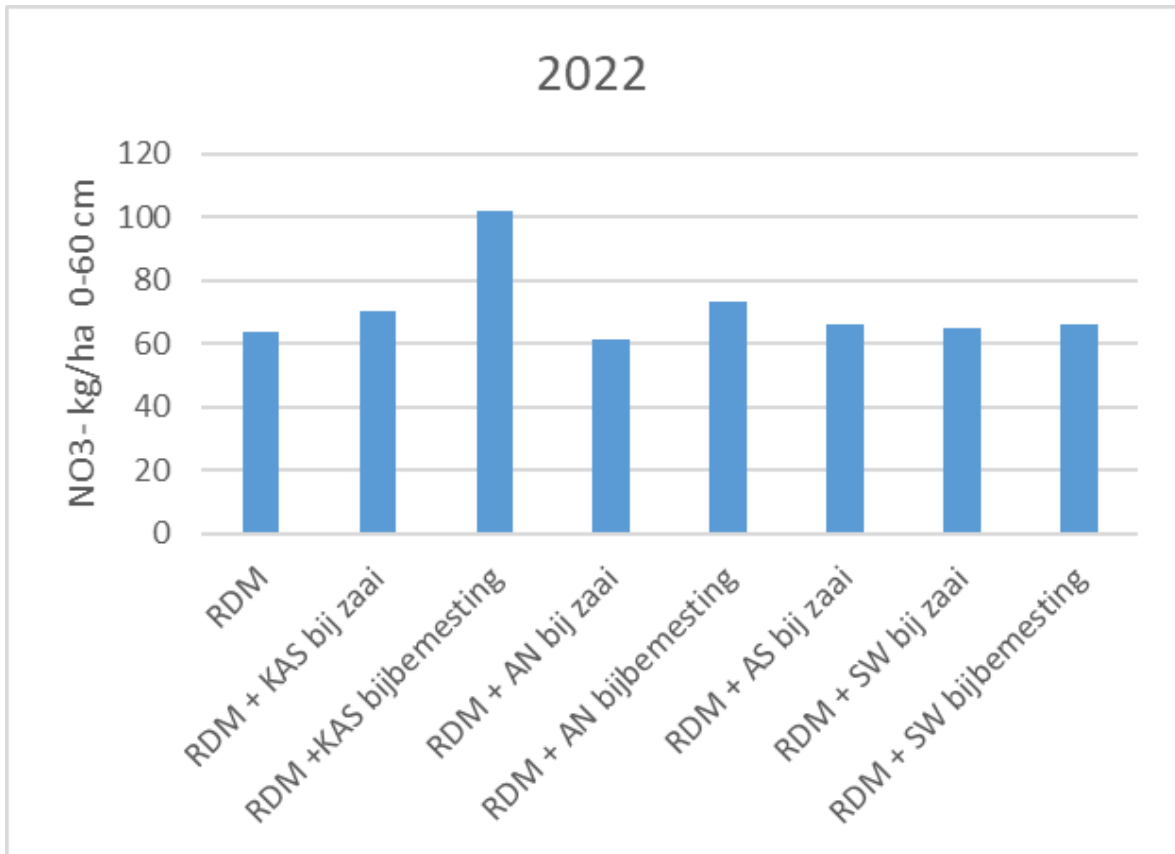
Figuur 27 Vergelijking tussen de droge stofopbrengst van de mais tussen 2021 en 2022 bij PVL Bocholt



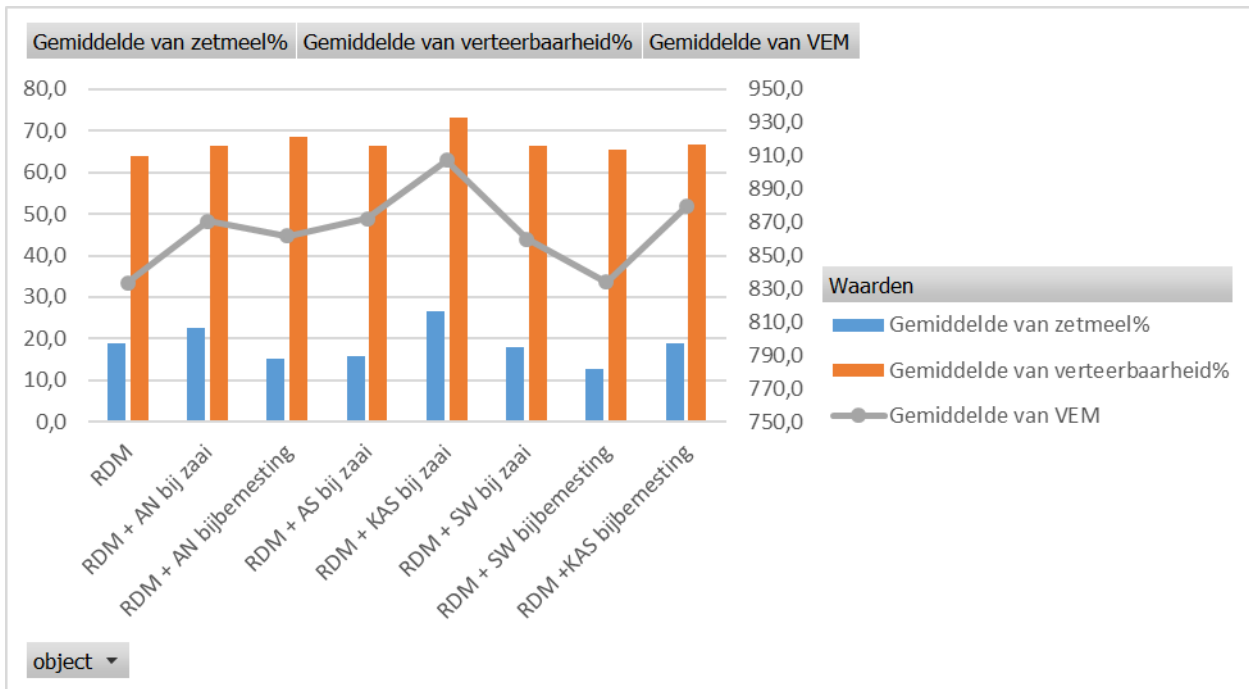
Figuur 28 Vergelijking tussen de reststikstof van de mais tussen 2021 en 2022 bij PVL Bocholt. De rode lijn geeft de drempelwaarde aan.



Figuur 29 Maisopbrengst in 2022 over de verschillende objecten bij Hooibeekhoeve



Figuur 30 Reststikstof op 22/09/2022 in mais in 2022 over de verschillende objecten bij Hooibeekhoeve



Figuur 31 Voederwaarde van de mais in 2022 over de verschillende objecten bij Hooibeekhoeve

2.4.3. Conclusies

In mais merken we dat de extreme weersomstandigheden voor wisselende resultaten hebben gezorgd. Bij PVL Bocholt gaven de herwonnen meststoffen even goede resultaten als traditionele kunstmest. Bij Hooibeekhoeve waren er gelijke, maar soms ook iets lagere opbrengsten. Er waren echter nooit betekenisvolle hogere nitraatresidu's dan bij kunstmest.

Uit de proeven bij Hooibeekhoeve met de verschillende bemestingstijdstippen (bij zaai of in bijbemesting) blijkt wel dat, zowel voor de kunstmest als de herwonnen meststoffen, bemesting bij zaai betere resultaten geeft, zowel in opbrengst als in nitraatresidu.

De belangrijkste aandachtspunten zijn de toepassing door middel van de juiste bemestingsmachines en de ervaring dat landbouwers pas zullen overstappen op herwonnen meststoffen als deze goedkoper zijn dan kunstmest, waarbij eventuele kosten voor aangepaste toepassing ook meegenomen moeten worden.

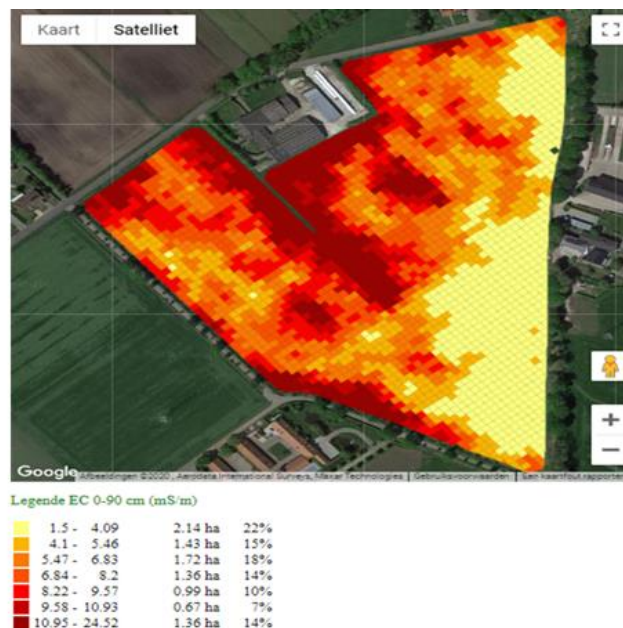
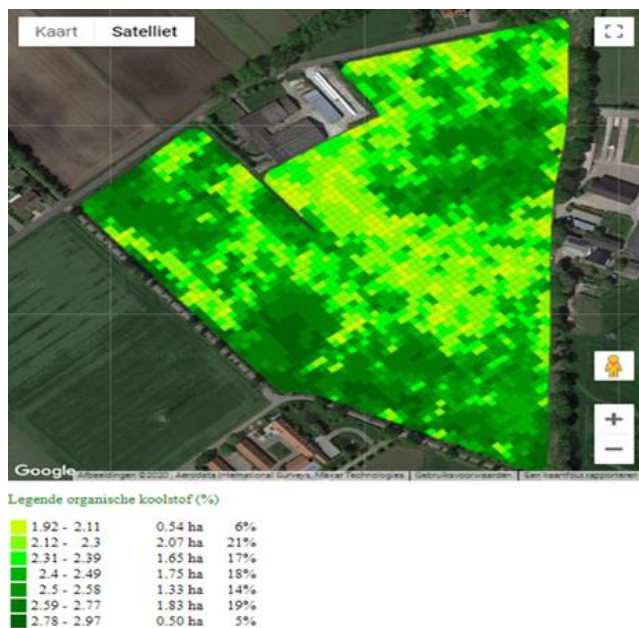
2.5. Toepassing in de akkerbouw – gras

2.5.1. Proefopzet

Net zoals bij mais, kreeg het gras eerst een basisbemesting met ruwe dierlijke mest, aangevuld met kunstmest of herwonnen meststoffen. De ruwe dierlijke mest werd geïnjecteerd met een graslandinjecteur. De mest werd toegediend op basis van een mestanalyse en gedurende het toedienen werd de samenstelling gemeten via een NIR sensor. De korrelmeststof KAS 27% N werd manueel gestrooid. De herwonnen meststoffen werden in 2020 gespoten met de proefveldspuit (Figuur 32 links). De gekozen dop was een klassieke meststofdop. In 2021 werden de meststoffen geïnjecteerd via een aangepaste bemester (Figuur 32 rechts). Figuur 33 toont de ligging van de proefvelden en de resultaten van de bodemscan.



Figuur 32 (Links) Proefveldspuit gebruikt in 2020. (Rechts) Aangepaste bemester voor toepassing in 2021 en 2022.



Figuur 33 Ligging van het proefveld en de resultaten van de bodemscan

2.5.2. Resultaten

2.5.2.1. Bemesting

Tabel 29 Bemestingsstrategie voor de verschillende snedes over de verschillende proefjaren. DM = dierlijke mest, KM = kunstmest al dan niet ingevuld door de herwonnen meststoffen.

Tijdstip	2020		2021		2022	
	DM (kg N/ha)	KM (kg N/ha)	DM (kg N/ha)	KM (kg N/ha)	DM (kg N/ha)	KM (kg N/ha)
Voor 1 ^{ste} snede	100	56	100	70	100	70
Na 1 ^{ste} snede	80	34	80	76	80	76
Na 2 ^{de} snede	70	20	70	30	70	30
Na 3 ^{de} snede		56		30		30

Volgens de verdeling in Tabel 29 werd er vooropgesteld om in 2020 in totaal 316 kg werkzame N/ha toe te dienen. In 2021 en 2022 was dit 356 kg werkzame N/ha. De effectieve bemesting was in 2020 316 kg werkzame N/ha, in 2021 295 kg werkzame N/ha en in 2022 348 kg werkzame N/ha.

2.5.2.2. Opbrengst

Zowel in 2020 als in 2021 was er geen significant verschil tussen de kunstmest en de herwonnen meststoffen. In 2022 lag het kunstmestobject wel beduidend hoger (Tabel 30 en Figuur 34). Toch blijkt uit de resultaten van Tabel 30 dat KAS telkens de hoogste opbrengst gaf. Mineralenconcentraat dat enkel in 2021 werd aangelegd, evenaarde het kunstmestobject. Vooral ammoniumnitraat lijkt bij gras minder goede resultaten te geven, hoewel we een duidelijk verschil zien tussen 2020 enerzijds en 2021 en 2022 anderzijds. Het grotere verschil in 2020 kan verklaard worden door de andere bemestingswijze: in 2020 trad mogelijk vervluchtiging op tijdens de toediening met veldspuit; in 2021 en 2022 werd dit beperkt door gebruik van een injectiesysteem.

Daarnaast is ook het opbrengstverschil tussen 2020 en 2022, twee droge jaren, en 2021, een zeer nat jaar, opvallend. Net als bij de mais, heeft ook de bijkomende bemesting – d.i. bovenop de dierlijke mest – bij gras in 2021 geen hogere opbrengsten opgeleverd. In 2020 werden er weinig significante verschillen in opbrengst vastgesteld bij de individuele sneden, behalve dan tussen KAS en de nulbemesting. Bij de totale opbrengst zien we dat KAS de hoogste opbrengst heeft, maar het verschil met ammoniumsulfaat en ammoniumnitraat is niet significant verschillend. Anderzijds is er evenmin een significant verschil tussen de objecten ammoniumnitraat en ruwe mest, zodat we kunnen stellen dat de bemesting met ammoniumnitraat minder goede resultaten heeft opgeleverd. In 2022 gaven ammoniumnitraat, spuiwater en ammoniumsulfaat significant hogere opbrengsten dan runderdrijfmest, maar wel lager dan KAS.

Vergeleken met een toediening van ammoniumnitraat realiseerde een bemesting met KAS een meeropbrengst in 2020 van 17%, in 2021 van 17% en in 2022 van 20%. Ten opzichte van het spuiwater bedroeg de meeropbrengst 6 tot 25% en ten opzicht van het ammoniumsulfaat afkomstig van stripping-scrubbing 20%. In 2021 lag er ook mineralenconcentraat in proef. De opbrengst was hier vergelijkbaar met die van KAS. Als de snedes individueel worden bekeken, haalde ook hier de bemesting met KAS telkens de hoogste opbrengsten.

Uit Tabel 31 blijkt dat de hogere eiwitgehalten gecombineerd met de hogere droge stofopbrengsten, zich ook vertalen in hogere economische opbrengsten. In 2021 scoren mineralenconcentraat en dierlijke mest daarbij even goed als KAS. Vooral onbemest en ammoniumnitraat scoren minder goed.

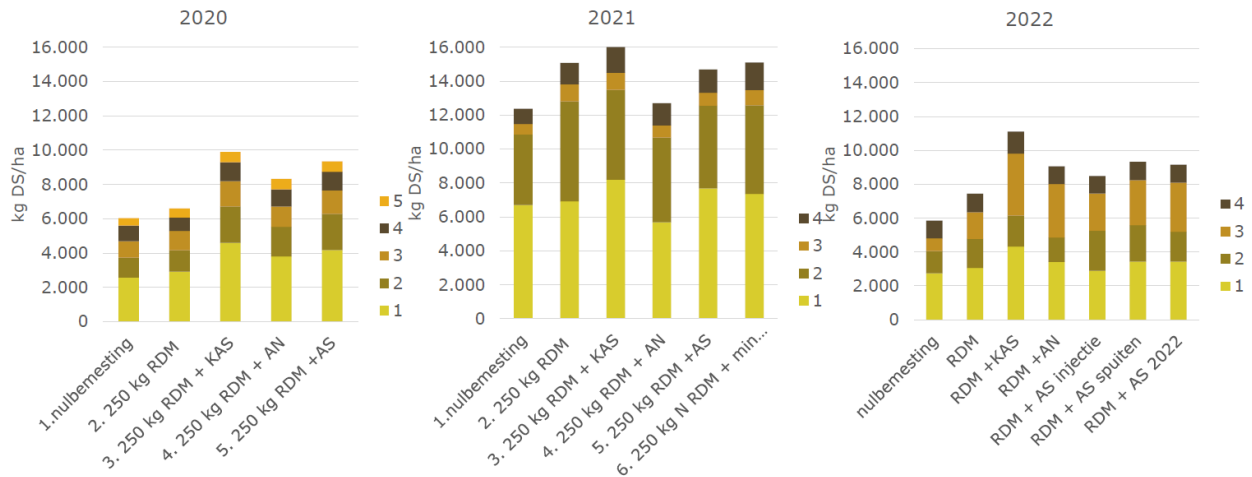
Tabel 30 Droge stofopbrengsten per snede. DM = dierlijke mest, KAS = kalkammonsalpeter, AN = ammoniumnitraat, SW = ammoniumsulfaat afkomstig van luchtwassers (spuiwater), AS = ammoniumsulfaat afkomstig van stripping-scrubbing, MC = mineralenconcentraat. Getallen na de \pm geven de standaarddeviatie aan. Verschillende letters tonen significante verschillen aan.

Proefobject	Droge stofopbrengst (kg/ha)						
	1ste snede	2de snede	3de snede	4de snede	5de snede	Totaal	
Resultaten 2020							
Onbemest	2562	1169	967	893	442	6033 \pm 1444	a
DM	2913	1243	1132	789	519	6595 \pm 915	b
DM + KAS	4595	2131	1474	1093	602	9895 \pm 841	c
DM + AN	3802	1726	1194	994	610	8325 \pm 2502	bc
DM + SW	4166	2126	1358	1088	605	9342 \pm 829	c
Resultaten 2021							
Onbemest	6704	4153	624	891	-	12.372 \pm 2.634	a
DM	6917	5894	1002	1259	-	15.072 \pm 2756	b
DM + KAS	8199	5291	1010	1509	-	16.009 \pm 3044	b
DM + AN	5686	4993	714	1314	-	13.845 \pm 2671	ab
DM + SW	7691	4862	765	1367	-	14.685 \pm 2912	ab
DM + MC	7356	5225	897	1630	-	15.108 \pm 2739	b
Resultaten 2022							
Onbemest	2.746	1.305	765	1.029	-	5.845	
DM	3.067	1.711	1.565	1.090	-	7.433	
DM + KAS	4.319	1.833	3.653	1.296	-	11.101	
DM + AN	3.421	1.441	3.139	1.056	-	9.058	
DM + SW injectie	2.892	2.370	2.189	1.042	-	8.494	
DM + SW spuiten	3.435	2.145	2.658	1.083	-	9.322	
DM + AS	3.435	1.756	2.906	1.060	-	9.156	

Tabel 31 Voederwaarde en economische opbrengst van de verschillende gras objecten. DM = dierlijke mest, KAS = kalkammonsalpeter, AN = ammoniumnitraat, SW = ammoniumsulfaat afkomstig van luchtwassers (spuiwater) (inj. = injectie, sp. = spuiten), AS = ammoniumsulfaat afkomstig van stripping-scrubbing, MC = mineralenconcentraat.

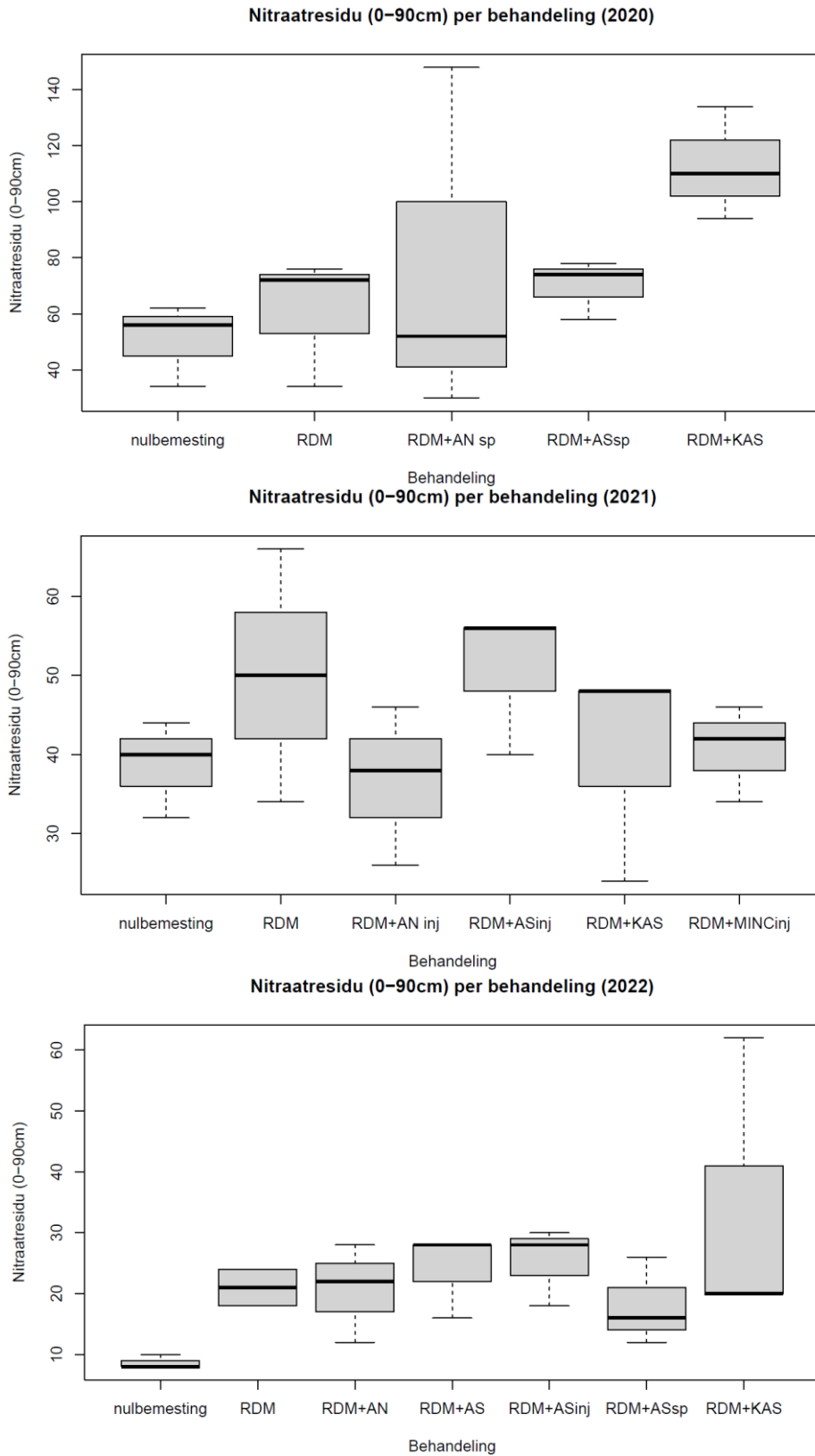
	DS opbrengst (kg/ha)	Ruw eiwit (g/kg DS)	Verterings-coëfficiënt (%)	Voedereenheid melk (VEM) (g/kg DS)	Darm verteerbaar eiwit (DVE) (g/kg DS)	Nitraatresidu (kg NO ₃ /ha)	Voederwaardeopbrengst	
							EUR/ha*	Relatief t.o.v. KAS
Resultaten 2020								
Onbemest	6033	134	81,7	991	95,5	25	1.767	61%
DM	6595	129	82,4	985	94,7	30	1.918	66%
DM + KAS	9895	157	81,4	985	98,7	56	2.913	100%
DM + AN	8325	143	81,3	980	96,1	38	2.424	83%
DM + SW	9342	150	80,7	975	96,7	35	2.715	93%
Resultaten 2021								
Onbemest	12.372	117,7	72,2	903	75,6	19	3.175	83%
DM	15.072	113,2	70,7	884	72,7	25	3.772	98%
DM + KAS	16.009	135,9	69,2	819	75,8	20	3.830	100%
DM + AN	13.845	129,4	69,7	878	75,4	18	3.482	83%
DM + SW	14.685	126,2	68,0	862	73,2	25	3.612	94%
DM + MC	15.108	134,5	70,3	877	76,8	20	3.813	99%
Resultaten 2022								
Onbemest	5.845	14,8	83,6	1007	92	4,3	1715	51%
DM	7.433	14,3	82,3	988	91	7,0	2139	64%
DM + KAS	11.101	21,2	82,9	1002	101	17,0	3335	100%
DM + AN	9.058	18,6	82,7	992	98	10,3	2673	80%
DM + SW inj.	8.494	18,3	82,6	996	98	12,7	2513	75%
DM + SW sp.	9.322	16,8	82,0	985	95	9,0	2710	81%
DM + AS	9.156	17,1	81,9	985	95	12	2669	80%

*Gemiddelde voederwaardeprijs van januari 2020 tot december 2022 is 21,005 ct. per kVEM en DVE toeslag van 88,67 ct. per kDVE; niet alle opbrengst- en voederwaardeverschillen zijn statistisch significant.



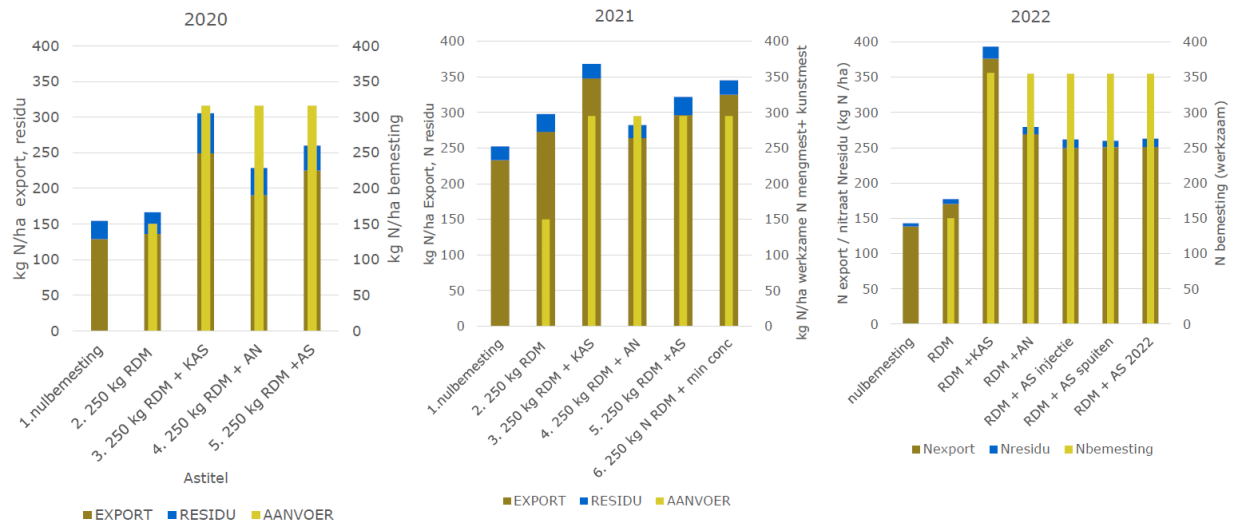
Figuur 34 Overzicht van de droge stofopbrengsten van de verschillende snedes over de verschillende objecten over de drie proefjaren

De nitraatresidu's (Figuur 35) lijken sterk afhankelijk van de weersomstandigheden. In 2020 en 2022, die gekenmerkt werden door droogte, gaf KAS telkens beduidend hogere nitraatresidu's. Ammoniumnitraat en -sulfaat lagen telkens lager, maar nog steeds hoger dan de dierlijke mest en de nulbemesting. In het natte jaar van 2021 zijn de verschillen tussen KAS, ammoniumnitraat, ammoniumsulfaat en mineralenconcentraat veel kleiner. Dierlijke mest en ammoniumsulfaat liggen iets hoger, terwijl KAS, ammoniumnitraat en mineralenconcentraat ongeveer hetzelfde nitraatresidu hebben als de nulbemesting.



Figuur 35 Overzicht van de nitraatresidu's van de verschillende objecten over de drie proeffaren (genomen op 25/11/2020, 03/11/2021 en 05/10/2022)

De efficiëntie van de bemesting wordt visueel voorgesteld in Figuur 36, waarbij de stikstofaanvoer wordt uitgezet tegenover export (gewas) + N-residu in de bodem. De grafiek geeft ook een indicatie van de N die door mineralisatie in de bodem ter beschikking komt van de plant: het nulobject verkrijgt de N louter uit de bodemvoorraad en ook bij het object ruwe dierlijke mest is mineralisatie belangrijk. Daarnaast kunnen grote verliezen wijzen op mogelijke vervluchtiging, zoals bij de objecten ammoniumnitraat en in mindere mate ammoniumsulfaat in 2020 vanwege toepassing met de veldspuit. De emissiearme bemestingstechniek in 2021 heeft bij deze ammoniumzouten duidelijk gezorgd voor een betere input-output balans en dus minder stikstofverliezen via vervluchtiging. Hoewel zelfs na emissiearme bemesting in 2022 er opnieuw verliezen lijken te zijn bij zowel ammoniumnitraat als -sulfaat.



Figuur 36 Stikstofbalans in de verschillende objecten gedurende de verschillende proeffjaren. AS in 2020 en 2021 betreft spuiwater, AS injectie en spuiten in 2022 ook, terwijl AS 2022 op ammoniumsulfaat afkomstig van stripping-scrubbing slaat.

2.5.3. Conclusies

Bij toepassing van herwonnen meststoffen bij elke snede van gras ligt de opbrengst toch beduidend lager dan wanneer er KAS naast drijfmest wordt toegepast. In 2020 en 2021 deed het ammoniumnitraat ook nog net iets beter dan het ammoniumsulfaat afkomstig van chemische luchtwassers, maar bij verschillende toepassingswijzes in 2022 waren er wisselende resultaten. In gras zouden ammoniumnitraat en ammoniumsulfaat mogelijks beter passen als eerste gift voor de eerste snede bij gefractioneerde bemesting, dan over alle snedes te gaan toepassen.

Naar nitraatresidu's liggen de herwonnen meststoffen wel lager dan kunstmest, uitgezonderd in 2021, waar ammoniumsulfaat gelijk presteert aan het object zonder kunstmest en het hoogste lag. Hier lijken de resultaten dus sterk weersgebonden.

Bij de voederwaardeopbrengst, gebaseerd op de gemiddelde prijzen uit 2020-2022, zorgt KAS nog steeds voor de significante, hoogste opbrengst, uitgezonderd in 2021 waarbij mineralenconcentraat KAS evenaart. De minopbrengst die de herwonnen meststoffen met zich meebrengen zijn soms lager dan de kost van KAS. Om enigszins aantrekkelijk te zijn, moet de kostprijs van de herwonnen meststoffen dus aanzienlijk lager liggen dan KAS.

3. Algemene conclusies en opgedane ervaringen

De herwonnen meststoffen zijn op zich een goed product en geven vergelijkbare opbrengsten als de traditionele kunstmest. Om een succesvolle implementatie in de praktijk te kunnen realiseren, moeten er evenwel een aantal belangrijke voorwaarden vervuld zijn:

- Er dient steeds rekening gehouden te worden met de 4 J's (juiste meststof, dosis, tijdstip en techniek). Ammoniumsulfaat brengt een zwavelgift, terwijl mineralenconcentraat kalium bevat. Hiermee dient rekening gehouden te worden in zowel de dosisberekening, als de gewassen waarin deze nutriënten een voordeel kunnen bieden. Afhankelijk van het gewas kan ook het tijdstip van toediening (bij zaai of als bijbemesting) een groot effect hebben. Bovendien werd ook duidelijk dat toepassing met de juiste techniek en eventueel dichter bij de plant het bemestingsadvies en nitraatresidu kan verlagen, zonder te moeten inboeten op de opbrengst.
- De landbouwer of loonwerker moet over de juiste bemestingsmachines beschikken, aangezien herwonnen meststoffen emissiearm moeten worden toegepast of meteen moeten ingewerkt worden.
- Door het lagere stikstofgehalte zijn grotere hoeveelheden nodig dan bij kunstmest. Zeker mineralenconcentraat is omwille van de lage concentratie veeleer geschikt als bijbemesting. In periodes van droogte kan deze meststof dienen voor fertigatie, rekening houdende met de zuiverheid van het product omwille van mogelijke verstoppingen.
- De landbouwer moet op de hoogte zijn van en rekening houden met de pH van het product.
- Het product moet goedkoper zijn dan de klassieke kunstmest. Bij prijsvergelijking moet ook rekening worden gehouden met eventueel hogere kosten voor toepassing (aangepaste machines en lagere stikstofgehalten impliceren immers hogere transport- en eventueel toedieningskosten).

Suggesties voor verdere opname en verspreiding van de opgedane kennis en ervaring:

- Gelet op de toenemende droogteperiodes zou het mineralenconcentraat gebruikt kunnen worden voor fertigatie. Met een stikstofgehalte van 0,5 – 1% is dit immers een product dat ook heel wat water bevat. Er moet verder onderzocht worden welke techniek voor fertigatie van dit product geschikt is. Door het gehalte organisch materiaal is druppelirrigatie wellicht niet aangewezen omwille van het risico op verstopping.
- Er is nood aan demoprojecten waarbij de herwonnen meststoffen in reële praktijkomstandigheden worden toegepast. Momenteel loopt reeds de Operationele Groep RENURE, waarbij op grotere schaal ammoniumnitraat bij een aantal landbouwers wordt gebruikt in o.a. aardappelen en maisteelt in de regio West-Vlaanderen. Dit project repliceren naar andere regio's, gewassen en herwonnen meststoffen zal de kennis en het gebruik van de meststoffen zeker faciliteren.
- Het mengen van herwonnen meststoffen en kunstmest kan tegemoetkomen aan de vraag van de landbouwer naar een product met een minimale stikstofinhoud. Bovendien kan dit in een overgangsfase van kunstmest naar herwonnen meststoffen een overbrugging betekenen, waarbij het mengsel de zekerheid van de gekende kunstmest combineert met de kostenbesparing van de herwonnen meststof. Het UreaN/ammoniumsulfaat mengsel dat werd uitgetest in de bloemkool- en venkelteelt leverde alvast uitstekende resultaten op. Hierbij dient wel rekening gehouden te worden met de huidige wetgeving en de gevolgen dat dit zou kunnen hebben op de meststatus van het mengsel.

Nitroman is gefinancierd binnen het Interreg V programma Vlaanderen-Nederland, het grensoverschrijdend samenwerkingsprogramma met financiële steun van het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling. Meer info: www.grensregio.eu.

Nitroman
Interreg 
EUROPESE UNIE
Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

