

N- en P-afvoer akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen

J.R van der Schoot en W. van Dijk

1. Inleiding

Binnen Minas wordt voor de akker- en tuinbouwgewassen een vaste afvoer ingerekend van 165 kg N en 65 kg P₂O₅ per ha. De vraag is in hoeverre dit een redelijke inschatting is van de werkelijke afvoer, mede gezien de diversiteit aan gewassen in de akker- en tuinbouw. Een goed beeld van de werkelijke afvoer geeft bovendien meer inzicht in de daadwerkelijke N-verliezen die optreden bij de teelt van een bepaald gewas.

Voor de berekening van de werkelijke afvoer worden meestal standaardcijfers gebruikt die afkomstig zijn uit de IKC-Publicatie Kiezen uit Gehalten. De hoeveelheid data waarop deze standaardgehalten zijn gebaseerd loopt sterk uiteen tussen de gewassen. Daarom is het belangrijk nieuwe, recentere onderzoekscijfers zo veel mogelijk te betrekken bij het afleiden van gemiddelde gehalten. Naast het gemiddelde is verder van belang hoe groot de spreiding is rond het gemiddelde en van welke factoren de spreiding afhangt.

Doel van het uitgevoerde onderzoek is:

1. Het vaststellen van de omvang en spreiding van de N- en P-gehalten en -afvoer bij de teelt van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen.
2. Het vaststellen van de oorzaken verantwoordelijk voor de spreiding in N/P-gehalten en -afvoer.

Dit rapport beschrijft de uitkomsten van het onderzoek. In hoofdstuk 2 wordt eerst aangegeven welke data zijn verzameld en hoe deze zijn geselecteerd om tot een goede inschatting van het gemiddelde en spreiding van gehalten en afvoer te komen. Daarna wordt beschreven hoe de verzamelde gegevens zijn geanalyseerd.

In hoofdstuk 3 worden vervolgens de resultaten besproken. Ingegaan wordt op de omvang en spreiding van de N- en P-gehalten en -afvoer. Tevens wordt een vergelijking gemaakt met standaardgehalten vermeld in de IKC-publicatie Kiezen uit Gehalten en de forfaitaire afvoer binnen Minas. Het rapport wordt afgesloten met een korte discussie (hoofdstuk 4) en conclusies en aanbevelingen (hoofdstuk 5).

2. Opzet van het onderzoek

De gevolgde methode is schematisch als volgt weer te geven: verzameling gegevens → invoer in Excel → opslag in Access → uitvoer in Excel → analyse met Genstat
Hieronder wordt ingegaan op de samenstelling en de wijze van analyse van de dataset.

2.1 Samenstelling dataset

Om de omvang en spreiding van de N/P-gehalten en -afvoer in kaart te brengen zijn relevante onderzoeksdata van door het PAV uitgevoerd onderzoek van de laatste 10 jaar verzameld. Het betreft data afkomstig van onderzoek waarin N- en/of P-gehalten zijn bepaald.

De verzamelde data zijn als volgt onder te verdelen:

- data afkomstig van het bedrijfssystemenonderzoek (BSO)
- data afkomstig van detailproeven:
 - N- en P-bemestingsproeven
 - niet-bemestingsproeven waarin wel N/P-gehalten zijn vastgesteld

T.b.v. een representatieve inschatting van het N-gehalte in gewassen zijn van de N-trappenproeven alleen de data van de optimaal bemeste objecten meegenomen, waarbij plus en min 25% van de adviesbemesting als optimaal is beschouwd. De adviesbemesting is afgeleid van de landelijke N-bemestingsrichtlijnen. Er is in de berekening van de adviesbemesting zoveel mogelijk gebruik gemaakt van gemeten N_{min}-waarden. Wanneer de N_{min} in het voorjaar niet bekend was, is deze in de laag 0-30, 0-60 en 0-90 voor kleigrond op respectievelijk 20, 40 en 60 kg N/ha ingeschat en voor zandgrond op 10, 20 en 30 kg N/ha. Bij de bemestingsproeven zijn ook de proeven meegenomen waarin organische mest is gebruikt. Voor de berekening van de werkzame hoeveelheid N uit dierlijke mest is gerekend met vaste werkingscoëfficiënten van 0,2 en 0,7 bij resp. najaars- en voorjaarstoepassing.

De volgende gegevens zijn, voor zover achterhaald, in de database ingevoerd:

- algemene proefgegevens (locatie, perceel, soort proef (b.v. N-trappen of BSO), uitvoeringsjaar, gewas, ras, zaai- of plantdatum en evt. kg zaai of pootgoed)
- objecten (bemestingsniveau's, herhalingen)
- bodemanalyses voor en na de teelt op perceels- en objectniveau (N_{min} per laag van 30 cm, Pw-getal, Kali-getal en evt. lutum, leem, os% en bodemcode)
- bemesting proef en objecten (N, P en K, omvang, tijdstip en soort meststof)
- gewasopbrengst (hoofdproduct en evt. bijproducten), oogstdatum, verse opbrengst, ds% en dsopbrengst, N, P en K-gehalten

Bij de data afkomstig van veldproeven is zoveel mogelijk uitgegaan van de gegevens op veldjesniveau. Wanneer dit niet mogelijk was zijn de objectgemiddelden ingevoerd.

Betreffende de dataset zijn een aantal opmerkingen te plaatsen:

- Bij gewassen met meerdere teeltwijzen, zoals veel groentegewassen, waren niet van alle teeltwijzen voldoende gegevens beschikbaar om hiernaar onderscheid te maken. Er is daarom volstaan met een gewasgemiddelde.
- Bij gewassen met weinig data zijn de gegevens vaak afkomstig van maar één of twee proeven c/q jaren. In dat geval moet dus voorzichtig worden omgegaan met de verkregen uitkomsten.
- De cijfers zijn grotendeels afkomstig van proefvelden waarvan bekend is dat de opbrengstniveaus zo'n 15% hoger kunnen liggen dan in de praktijk. Anderzijds bevat de dataset ook gegevens afkomstig van proeven met lage opbrengstniveaus als gevolg van ziektes, weersomstandigheden, e.d. Daarnaast zijn de opbrengsten van BSO-percelen soms duidelijk lager door suboptimale

bemesting en min of meer mislukte oogsten. Dit kan mogelijk leiden tot een over/onderschatting van de mineralenafvoer.

- De beschikbare gegevens van de diverse proeven bleven in een aantal gevallen beperkt tot de objectgemiddelden. De resultaten van deze proeven tellen in de analyse minder zwaar mee dan proeven met gegevens op veldjesniveau. Een grote proef met meer objecten c.q. veldjes telt ook zwaarder mee.

2.2. Analyse dataset

De analyse van de verzamelde gegevens betreft de kwantificering en verklaring van de spreiding in N/P-gehalten en -afvoer bij de verschillende gewassen. Bij de verklaring van de spreiding spelen met name effecten van opbrengst- en bemestingsniveau en de bodemvruchtbaarheid een rol. Voor dit project zijn in eerste instantie alleen gegevens van het afgevoerde hoofdproduct geanalyseerd.

Voor het bepalen van het gemiddelde en de spreiding in gehalten en onttrekking zijn per gewas alle opbrengsten en gehalten van de BSO-proeven, optimaal bemeste objecten van de N- en P-trappenproeven en de objecten van de niet-bemestingsproeven gemiddeld.

Naast de gemiddelde waarde is tevens de minimum- en maximumwaarde vastgesteld en zijn de waarden uitgerekend waaronder zich resp. 5% en 95% van de uitkomsten bevond. Extreme waarden ten gevolge van hoge of juist lage opbrengsten worden hiermee uitgesloten. De spreiding van de data is weergegeven d.m.v. de standaardafwijking en de variatiecoëfficiënt (standaardafwijking/gemiddelde). Ter verklaring van de spreiding zijn de gehalten en de opname van het hoofdgewas uitgezet tegen de opbrengst, bemesting en Pw-getal. Door deze punten is een rechte lijn gefit en zijn de regressiecoëfficiënt en intercept bepaald. De sterkte/zwakte van de relaties is weergegeven met het percentage verklaarde variantie (R^2). Omdat van veel objecten weinig gegevens beschikbaar zijn over de bodemvruchtbaarheid (Pw) was het moeilijk een relatie af te leiden met het N/P-gehalte en -afvoer.

De gemiddelde gehalten uit de analyse zijn vergeleken met de gehalten in de IKC-publicatie "Kiezen uit gehalten". Om vergelijking mogelijk te maken zijn de gehalten uit de dataset, die waren bepaald in de drogestof, omgerekend naar de gehalten in de verse massa. Hiervoor is het drogestofgehalte van de desbetreffende objecten gebruikt. Met behulp van de berekende gemiddelde gehalten en standaardopbrengsten (KWIN, 2000) is een standaardafvoer afgeleid, die is vergeleken met de forfaitaire afvoer binnen Minas.

3. Resultaten

3.1. N- en P-gehalten

Tussen de gewassen zijn grote verschillen gevonden in de gemiddelde N en P_2O_5 -gehalten in de droge stof (tabel 1 en 2; volledig gewasoverzicht zie bijlage 4 en 5), variërend van 0,65% N bij suikerbiet tot 5,1 % N bij spinazie. De gemiddelde P_2O_5 -gehalten lopen uiteen van 0,33 % P_2O_5 in suikerbiet tot 1,85% P_2O_5 in Chinese kool. In het algemeen hebben koolgewassen en stikstofbindende gewassen als boon en erwt hoge N en P_2O_5 %, evenals de bladgewassen sla en spinazie. De wortelgewassen

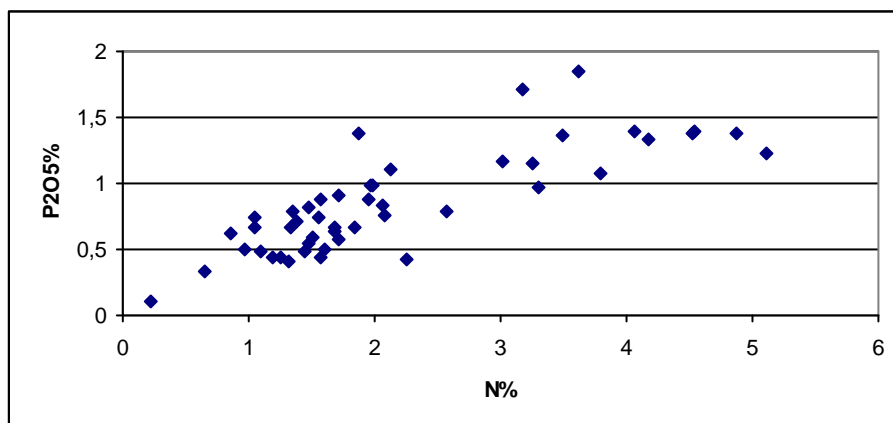
suikerbiet, witlof en peen hebben lage gehalten. De verschillen in gehalten tussen de van het BSO ontleende cijfers en van de trappenproeven zijn meestal klein. Een uitzondering is het duidelijk hogere N% van bloemkool en broccoli van de BSO-set. De oorzaak is waarschijnlijk het lagere opbrengstniveau van de BSO-percelen.

Tabel 1. N-gehalte in de droge stof (gemiddelde, minimum- en maximumwaarde en de waarde waaronder 5% en 95% van de waarnemingen zich bevinden; de standaardafwijking en de variatiecoëfficiënt)

gewas	aantal waarn.	gemid- delde	min. waarde	5% waarde	95% waarde	max. waarde	stand. afwijk.	%vc
aard. cons. klei/loss	663	1,61	0,98	1,26	1,87	2,14	0,19	11,80
aard. cons. zand/dal	85	1,50	1,16	1,28	1,71	1,80	0,14	9,24
aard. fabr. zand/dal	275	1,25	0,85	0,97	1,54	2,00	0,18	14,27
aardbei Normale teelt	24	1,38	1,09	1,10	1,63	1,70	0,16	11,49
bieten suiker-	314	0,65	0,35	0,50	0,96	1,30	0,14	21,25
bloemkool wit	239	4,07	2,83	3,37	4,88	5,70	0,47	11,53
boon stam-/stoksla	56	3,30	2,70	2,77	3,76	4,05	0,33	9,91
broccoli	38	4,87	3,93	3,98	6,62	6,82	0,83	17,04
erwt dop-	30	3,79	3,36	3,37	4,14	4,44	0,25	6,48
gerst brouw	56	1,53	1,28	1,35	1,73	1,84	0,12	7,73
gerst zomer	165	1,57	1,08	1,13	1,92	2,12	0,26	16,80
gras engels raai	10	2,12	1,67	1,67	2,42	2,42	0,25	11,63
knolvenkel	23	3,02	2,01	2,05	4,18	5,28	0,69	22,97
kool chinese	21	3,62	2,61	2,85	4,33	4,44	0,43	11,96
kool spruit-	79	3,25	2,36	2,66	4,00	5,00	0,40	12,21
kool witte	18	1,84	1,40	1,48	2,20	2,20	0,21	11,19
mais snij-	619	1,19	0,79	0,95	1,40	1,66	0,14	11,73
peen bos-/was-	14	1,44	0,87	1,24	1,66	1,79	0,22	15,12
peen fijne /was-	70	1,05	0,66	0,69	1,39	1,66	0,25	24,11
peen grove /winter-	226	1,05	0,71	0,78	1,41	1,92	0,21	19,52
prei	334	2,58	1,58	1,90	3,32	4,07	0,42	16,41
sla kropsla	496	4,17	2,51	3,43	4,91	6,69	0,48	11,39
sla ijs-	203	3,49	2,11	2,40	4,33	4,79	0,57	16,36
spinazie	33	5,11	3,86	4,51	5,79	5,81	0,39	7,73
tarwe winter	681	2,06	1,47	1,68	2,40	2,60	0,23	10,99
ui zaai-	219	1,69	1,15	1,28	2,04	2,29	0,23	13,46
witlof	30	0,97	0,44	0,48	1,40	1,51	0,27	28,25

Voor de meeste gewassen gaat een hoog N% gepaard met een hoog P₂O₅%. In figuur 1 is af te lezen dat gewassen met een hoog N-gehalte een naar verhouding minder hoog P₂O₅-gehalte hebben.

Figuur 1. Verhouding tussen het N% en het P₂O₅% in de drogestof van diverse gewassen.



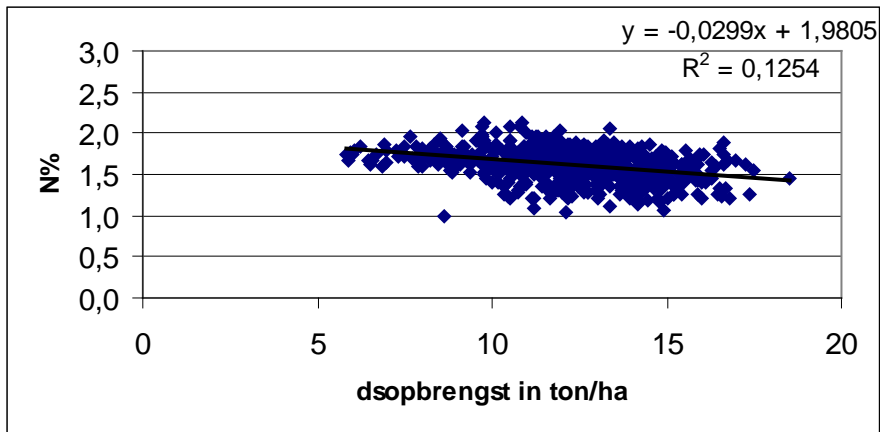
Tabel 2. P₂O₅-gehalte in de droge stof (gemiddelde, minimum- en maximumwaarde en de waarde waaronder 5% en 95% van de waarnemingen zich bevinden; de standaardafwijking en de variatiecoëfficiënt)

gewas	aantal waarn.	gemiddelde	min. waarde	5% waarde	95% waarde	max. waarde	stand. afwijk.	%vc
aard. cons. klei/loss	454	0,49	0,31	0,34	0,62	0,80	0,08	16,06
aard. cons. zand/dal	79	0,59	0,39	0,41	0,85	0,87	0,13	21,46
aard. fabr. zand/dal	50	0,44	0,31	0,32	0,57	0,83	0,10	22,90
aardbei Normale teelt	23	0,71	0,41	0,52	0,91	0,92	0,12	17,36
bieten suiker-	205	0,33	0,23	0,25	0,44	0,48	0,06	17,33
bloemkool wit	239	1,40	0,94	1,08	1,68	2,22	0,18	13,00
boon stam-/stoksla	68	0,96	0,78	0,82	1,36	1,47	0,16	16,69
broccoli	22	1,39	0,85	0,86	2,16	2,20	0,53	38,00
erwt dop-	26	1,07	0,92	0,92	1,21	1,26	0,09	8,64
gerst zomer	136	0,87	0,73	0,79	0,94	1,06	0,05	5,42
gras engels raai	162	1,10	0,76	0,95	1,15	1,15	0,07	6,48
knolvenkel	23	1,17	0,78	0,87	1,45	1,49	0,19	16,60
kool chinese	13	1,85	1,67	1,68	2,15	2,16	0,15	8,02
kool spruit-	79	1,15	0,85	1,01	1,23	1,31	0,07	6,04
kool witte	18	0,67	0,57	0,57	0,80	0,80	0,09	13,10
mais snij-	303	0,43	0,30	0,32	0,58	0,69	0,08	17,59
peen fijne /was-	67	0,73	0,44	0,55	0,94	1,03	0,13	17,40
peen grove /winter-	225	0,67	0,44	0,50	0,87	1,03	0,11	17,14
prei	322	0,79	0,34	0,53	1,06	1,26	0,15	18,95
sla kropsla	490	1,34	0,60	0,93	1,81	2,18	0,27	19,98
sla ijs-	183	1,36	0,50	0,87	1,81	2,30	0,31	22,60
spinazie	11	1,23	0,83	0,84	1,44	1,44	0,18	14,35
tarwe winter	129	0,83	0,64	0,71	0,92	1,12	0,07	8,30
ui zaai-	189	0,67	0,53	0,55	0,83	0,94	0,08	12,62
witlof	29	0,50	0,39	0,44	0,60	0,67	0,06	12,60

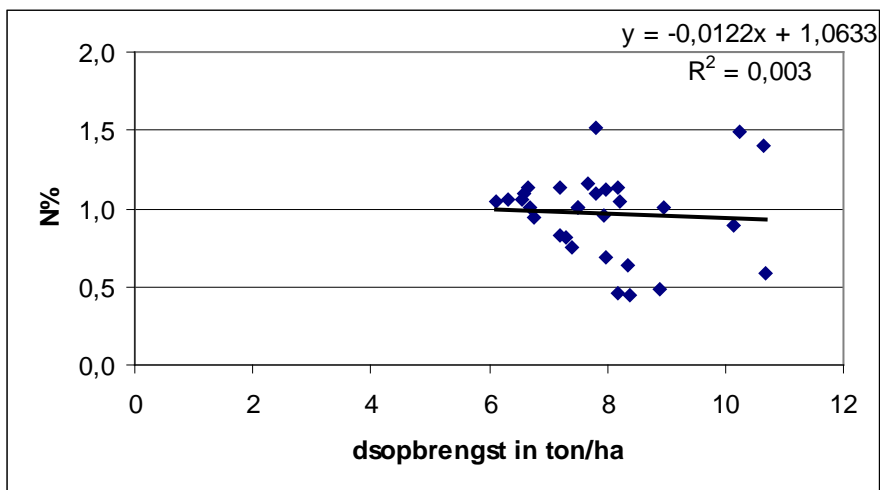
Aan de variatiecoëfficiënten (tabel 1 en 2) is te zien dat in de spreiding van de gehalten tussen de gewassen grote verschillen zitten. De gemiddelde variatiecoëfficiënt is 13% voor N en 14% voor P₂O₅. Lage N-gehaltige gewassen als suikerbiet, peen en vooral witlof (figuur 2C) vertoonden een relatief hoge spreiding van het N%. Dit geldt overigens ook voor ijssla. Bij dit gewas vloeit dit waarschijnlijk voort uit de grote opbrengstverschillen. De waarden waarbinnen zich 90% van de waarnemingen bevond geven aan dat het hoogste gehalte (95%) bij veel gewassen ca. 1,5 maal hoger is dan het laagste gehalte (5%).

Als N-trappenproeven over de hele linie, dus incl. 0-bemesting, worden bekeken is er altijd sprake van een stijging van het N-gehalte bij hogere opbrengsten en N-giften. In het optimaal bemeste traject zorgt een hogere ds-opbrengst bij de meeste gewassen voor een lichte daling van het N-gehalte (zie bijlage 8, regressiecoëfficiënten). In figuur 2 is dit geïllustreerd voor resp. consumptieaardappelen en witlof. Deze gewassen laten een lichte daling zien, waarbij de spreiding bij witlof groot is. De daling van het gehalte bij hogere opbrengstniveau's kan waarschijnlijk worden toegeschreven aan verdunningseffecten. Bij erwt en een aantal koolgewassen treedt de sterkste daling op. In figuur 2C is dit voor bloemkool te zien. Koolgewassen nemen veelal een groot deel van de beschikbare hoeveelheid N op. Deze gewassen hebben dan ook een redelijke R². Bij de meeste gewassen is het verband matig en wordt de hoogte van het N-gehalte nauwelijks verklaard door de opbrengst.

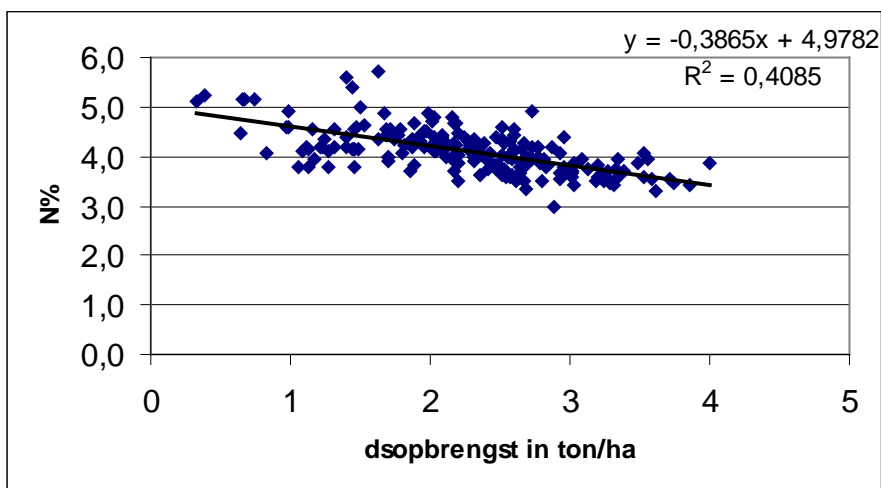
Figuur 2A. Relatie tussen dsopbrengst en N-gehalte bij consumptieaardappel klei/löss



Figuur 2B. Relatie tussen dsopbrengst en N-gehalte bij witlof



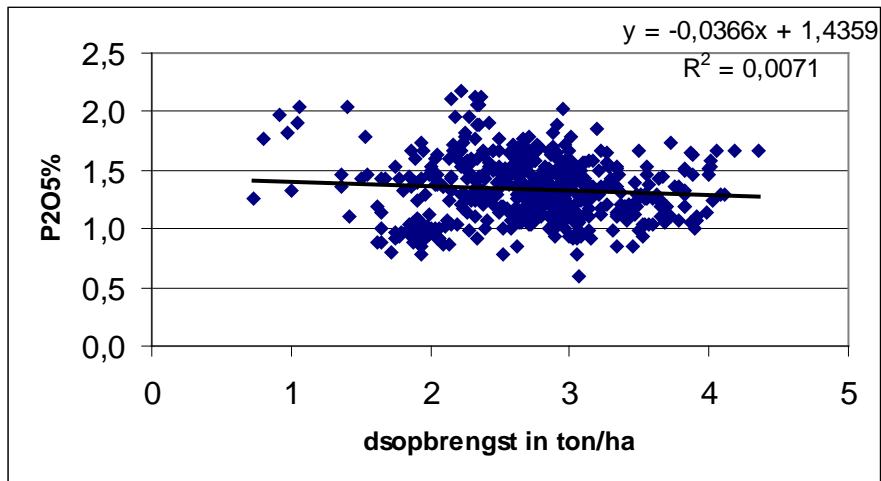
Figuur 2C. Relatie tussen dsopbrengst en N-gehalte bij bloemkool



De extreem sterke daling van broccoli komt door het verschil tussen de BSO-proeven en de N-trappenproeven in zowel opbrengst als gehalten. Binnen deze proeven is het verschil veel kleiner. Het N% van de BSO-proeven is bij een lagere bemesting en een lagere opbrengst duidelijk hoger.

Bij de meeste gewassen blijft het P_2O_5 -gehalte ongeveer op hetzelfde niveau onafhankelijk van de opbrengst of er is sprake van een lichte daling (Bijlage 9) In figuur 3 is dit geïllustreerd voor het gewas kropsla.

Figuur 3. Relatie tussen dsopbrengst en P_2O_5 -gehalte bij kropsla



De relatie tussen het N-gehalte en de N-bemesting is in het traject van optimale bemesting zwak (bijlage8). Bij de gewassen met een hoog N-gehalte (koolgewassen, bladgewassen en peulvruchten) is er sprake van een lichte daling. De meeste gewassen laten een kleine stijging zien. In de dataset bevinden zich ook P-trappenproeven met grote verschillen in P-aanbod variërend van 0 tot 300 kg P_2O_5 per ha. Gemiddeld over de gewassen is er geen invloed van de P-bemesting op het N-gehalte. De hoge regressiecoëfficiënten van broccoli en witte kool zijn gebaseerd op te weinig gegevens om conclusies te kunnen trekken. Het P_2O_5 -gehalte (bijlage 9) wordt nauwelijks beïnvloed door P_bemesting.

Er zijn te weinig gegevens over de bodemvruchtbaarheid verzameld om duidelijke uitspraken op gewasniveau te kunnen doen over relaties tussen b.v. Pw-getal met fosfaatgehalte en fosfaatafvoer en invloeden van kaligetal, organisch stofgehalte e.d op N/P-gehalten. Uit de beschikbare cijfers van vooral fosfaattrappen-proeven en BSO-proeven blijkt kropsla het sterkst te reageren op de P-toestand (bijlage 12).

Als de gehalten uit de analyse worden vergeleken met “Kiezen uit gehalten” wijken deze bij een aantal gewassen toch flink af. Een selectie van gewassen staat in tabel 3, zie voor het volledige overzicht bijlage 14. Opvallend is het veel hogere gehalte van broccoli. De afwijking in % t.o.v. de IKC-publicatie staan voor een aantal gewassen vermeld in tabel 4.

Omdat de opbrengstniveaus van de gewassen in de dataset afwijken van standaardopbrengsten zoals vermeld in KWIN én er bij de veel gewassen er sprake was van een licht negatief verband tussen

opbrengst en N/P-gehalte, is er op basis van de regressielijn (opbrengst versus N/P-gehalte) een gecorrigeerd gehalte berekend behorend bij het KWIN-opbrengstniveau (zie bijlage 14). Dit resulteert soms in een ander gehalte. De verschillen zijn echter klein. Omdat bovendien de relatie tussen opbrengst en gehalte zwak was is in de verdere berekeningen uitgegaan van het werkelijke gemiddelde.

Tabel 3. Vergelijking N- en P₂O₅-gehalten in kg ton afgevoerd vers product tussen “Kiezen uit gehalten” en

PAV-analyse

gewas	Kiezen uit gehalten IKC-publicatie		Gemiddelde gehalten database	
	N	P2O5	N	P2O5
aardappel consumptie, klei/loss	3,3	1,1	3,4	1,0
aardappel consumptie, zand/dal	3,3	1,1	3,1	1,2
aardappel fabrieks, zand/dal	3,7	0,9	3,3	1,2
aardappel poot-	3,3	1,1	2,1	0,9
aardbei Normale teelt	1,2	0,7	1,1	0,6
bieten suiker-	1,8	0,9	1,5	0,7
bloemkool wit	2,6	0,9	2,9	1,0
boon stam-/stoksla	2,2	0,9	3,6	1,1
broccoli	2,0	1,6	4,7	1,3
erwt dop-	7,5	1,6	10,3	2,9
gerst brouw	15,0	8,0	12,9	
gerst zomer	15,0	8,0	13,6	7,5
gras engels raai	21,0	10,1	19,2	10,0
knolselderij	2,0	1,6	2,0	1,5
knolvenkel	2,0	0,5	1,9	0,7
kool chinese	1,5	0,9	1,7	0,9
kool spruit-	5,5	2,1	6,5	2,3
kool witte	1,9	0,7	1,9	0,7
mais snij-	3,8	1,1	4,0	1,5
peen bos-/was-	1,5	0,7	1,5	0,5
peen fijne /was-	1,5	0,7	1,1	0,8
peen grove /winter-/breek-	1,6	0,7	1,1	0,7
prei	3,0	0,9	2,6	0,8
sla botersla/kropsla	2,0	0,7	2,0	0,6
sla ijs-	1,5	0,5	1,3	0,5
spinazie	3,5	0,9	3,6	0,9
tarwe winter	20,0	8,5	17,6	7,1
ui zaai-	2,2	0,7	2,2	0,9
witlof	2,3	1,4	2,2	1,2

Tabel 4. Afwijking van N- en P₂O₅-gehalten in % t.o.v. “Kiezen uit gehalten”

N%	
0-5%	ui, kropsla, consumptieaardappel, witlof
5-10%	snijmais, bloemkool, ijssla
10-25%	prei, spruitkool, suikerbiet
> 25%	peen, stamslaboon, doperwt, broccoli
P ₂ O ₅ %	
0-5%	grove peen, spinazie
5-10%	sla, fijne peen, consumptieaardappel
10-25%	prei, spruitkool, suikerbiet, ui, broccoli
> 25%	snijmais, bospeen, doperwt

3.2. N en P-afvoer

De N- en P-afvoer verschillen per gewas sterk (tabel 5 en 6). Veel akkerbouwgewassen hebben een hoge afvoer. Gewassen met een korte teelt en met veel oogstresten hebben vaak een lage afvoer. Aardappelen, maïs en wintertarwe, maar ook groentegewassen als witte kool worden gekenmerkt door een hoge afvoer. Andere koolgewassen zoals Chinese kool en broccoli hebben een veel lagere afvoer. Graszaad (excl. stro), aardbei en bospeen hebben een gemiddelde afvoer van het hoofdgewas van minder dan 40 kg N/ha en 20 kg P₂O₅/ha.

Tabel 5. N-afvoer hoofdproduct in kg/ha (gemiddelde, minimum- en maximumwaarde en de waarde waaronder 5% en 95% van de waarnemingen zich bevinden; de standaardafwijking en de variatiecoëfficiënt)

gewas	aantal waarn.	gemid- delde	min. waarde	min. 5%	max. 95%	max. waarde	stand. afwijk.	%vc
aard. cons. klei/loss	663	196	85	135	253	314	36	18,52
aard. cons. zand/dal	85	177	114	124	245	271	33	18,75
aard. fabr. zand/dal	275	194	28	118	262	320	44	22,73
aardappel poot-	22	70	37	37	98	99	18	25,75
aardbei Normale teelt	24	22	14	15	35	37	7	30,81
bieten suiker-	314	90	37	58	129	210	24	26,70
bloemkool wit	215	92	16	45	127	155	24	26,68
boon stam-/stoksla	56	40	17	22	52	116	14	34,16
broccoli	32	43	29	30	61	62	11	24,47
erwt dop-	30	62	38	44	91	93	14	21,98
gerst brouw	56	97	72	74	113	117	13	13,81
gerst zomer	165	81	35	50	113	130	21	25,91
gras engels raai	10	23	12	12	34	34	7	32,48
knolvenkel	23	49	23	26	84	87	20	40,05
kool chinese	21	74	29	38	113	115	25	33,15
kool spruit-	79	130	56	80	175	213	30	23,05
kool witte	18	158	113	118	186	190	20	12,61
mais snij-	619	171	47	113	226	260	37	21,58
peen bos-/was-	14	66	38	46	91	98	19	28,03
peen fijne /was-	70	109	33	37	153	166	39	35,62
peen grove /winter-	223	121	59	78	165	192	26	21,33
prei	333	109	37	65	175	261	36	33,00
sla kropsla	496	112	28	69	151	227	26	22,73
sla ijs-	203	60	3	22	106	130	26	43,97
spinazie	33	84	34	36	125	132	28	33,16
tarwe winter	681	155	79	112	198	223	26	17,01
ui zaai-	219	136	72	85	178	213	29	21,66
witlof	30	76	37	43	118	153	27	35,10

De spreiding (%vc) van de N-afvoer is in het algemeen bij groentegewassen groter dan bij akkerbouwgewassen en wordt beïnvloedt door de soms lagere opbrengsten van de BSO-percelen. De spreiding van o.a. knolvenkel, ijssla, spinazie en fijne peen is hoog. Bij ijssla heeft dat vooral te maken met de minder geslaagde teelten met een lage N/P-afvoer.

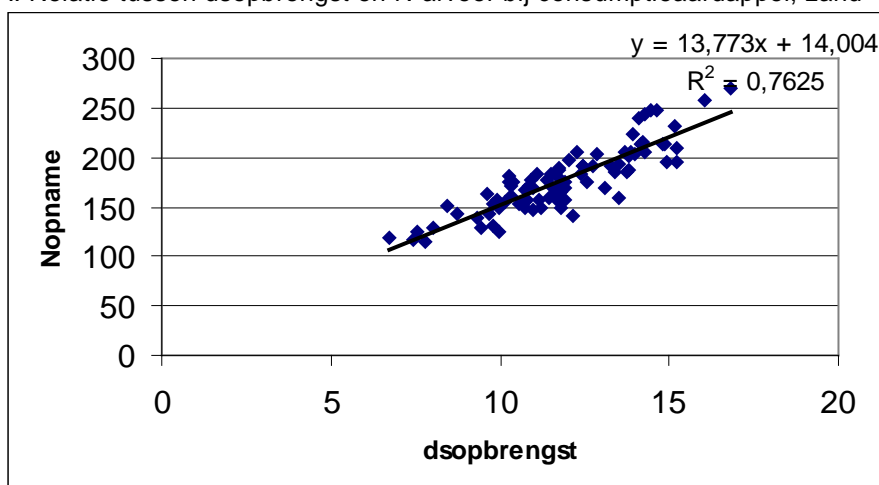
Gewassen met een hoge N-afvoer hebben ook vaak een hoge P₂O₅-afvoer. De fosfaatafvoer van peen is door het hoge P-gehalte het hoogst met ca 75 kg P₂O₅/ha, terwijl bij graszaad minder dan 20 kg fosfaat wordt afgevoerd. De spreiding in P₂O₅-afvoer is hoog bij sla, spinazie en aardappel en laag bij b.v. granen.

Tabel 6. P₂O₅-afvoer hoofdproduct in kg/ha (gemiddelde, minimum- en maximumwaarde en de waarde waaronder 5% en 95% van de waarnemingen zich bevinden; de standaardafwijking en de variatiecoëfficiënt)

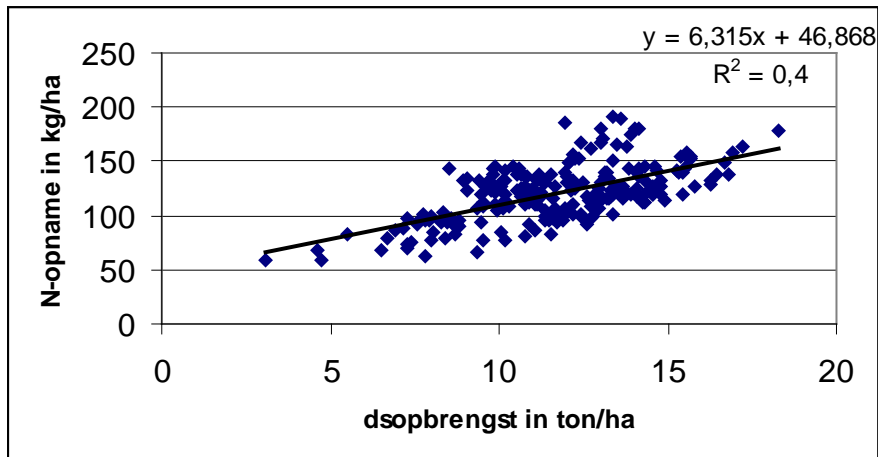
gewas	aantal waarn.	gemiddelde	min. waarde	min. 5%	max. 95%	max. waarde	stand. afwijk.	%vc
aard. cons. klei/loss	454	63	29	36	84	114	15	23,54
aard. cons. zand/dal	79	72	38	42	121	139	26	36,28
aard. fabr. zand/dal	50	48	19	22	77	84	14	30,03
aardappel poot-	22	30	18	19	45	47	8	24,93
aardbei Normale teelt	23	11	6	7	17	18	3	30,00
bieten suiker-	205	48	21	27	67	72	13	26,42
bloemkool wit	215	32	5	14	53	62	11	35,06
boon stam-/stoksla	68	12	6	7	15	31	3	26,94
broccoli	16	12	10	10	15	15	2	14,40
erwt dop-	26	18	11	12	25	27	4	23,68
gerst zomer	136	43	22	33	54	60	8	18,48
gras engels raai	162	16	5	12	18	18	2	13,12
knolvenkel	23	20	9	9	35	35	10	49,31
kool chinese	13	32	20	21	43	43	7	21,42
kool spruit-	79	46	24	30	62	79	11	22,88
kool witte	18	57	51	51	63	64	4	7,02
mais snij-	303	66	32	41	97	107	17	26,30
peen bos-/was-	9	25	10	22	29	32	6	24,33
peen fijne /was-	67	83	17	22	120	123	33	39,59
peen grove /winter-	222	77	29	49	111	138	19	24,17
prei	322	34	10	19	52	67	10	30,60
sla kropsla	490	36	9	18	54	73	10	28,53
sla ijs-	183	25	1	8	43	54	11	46,49
spinazie	11	16	10	10	29	30	7	44,18
tarwe winter	129	55	28	40	72	78	11	20,32
ui zaai-	189	51	30	31	69	97	12	23,17
witlof	29	41	30	33	52	72	9	21,38

De N-opname is bij de meeste gewassen goed gerelateerd aan de opbrengst (figuur 4A). De correlatie is bij de wortelgewassen suikerbiet, peen (figuur 4B) en witlof lager, vanwege de hogere spreiding van het N-gehalte. Deze gewassen hebben ook een lagere regressiecoëfficiënt (bijlage 11), wat komt door het lagere N-gehalte. Bij koolgewassen, peulvruchten en spinazie en sla neemt ondanks de sterkere daling van het N% bij een hogere opbrengst de N-opname sterker toe in het optimale bemestingstraject.

Figuur 4A. Relatie tussen dsopbrengst en N-afvoer bij consumptieaardappel, zand



Figuur 4B. Relatie tussen dsopbrengst en N-afvoer bij peen, winter, grove



Ook de P_2O_5 -afvoer is goed gerelateerd aan de opbrengst. Omdat het $P_2O_5\%$ bij een hogere opbrengst vrijwel gelijk blijft, zorgt vooral een hogere dsopbrengst voor een hogere afvoer.

De P_2O_5 -opname neemt bij een hogere dsopbrengst minder snel toe dan de N-opname, maar de gewasvolgorde blijft redelijk in stand. Peen reageert relatief sterker en peulvruchten minder sterk.

De resultaten van broccoli en witte kool zijn op weinig gegevens gebaseerd en worden sterk beïnvloed door de proeven.

In het optimale N-bemestingstraject leidde een hogere N-bemesting i.h.a. tot een hogere N-afvoer (bijlage 10). De sterkste relatie wordt gevonden bij witte kool en Chinese kool. De regressiecoëfficiënten zijn naast de koolgewassen ook hoog bij wintertarwe, zomergerst, sla en spinazie, maar de relatie is zwak. De N-afvoer wordt niet beïnvloed door de fosfaatbemesting. Voor de fosfaatafvoer (bijlage 11) geldt in grote lijnen hetzelfde, ook hier geen duidelijke reactie van de afvoer op bemesting.

Er zijn weinig gegevens over de bodemvruchtbaarheid verzameld om duidelijke uitspraken op gewasniveau te kunnen doen over relaties tussen b.v. Pw-getal met fosfaatafvoer.

In bijlage 15 en 16 zijn de opbrengsten uit KWIN vermenigvuldigd met de berekende gehalten uit de analyse om tot een reële afvoer te komen. In tabel 6 staan de belangrijkste gewassen ingedeeld in klassen van 40 kg voor N en 20 kg voor P_2O_5 . Wanneer gebruik wordt gemaakt van de gecorrigeerde gehalten volgens de regressielijn (opbrengst versus gehalte) levert dit meestal een klein verschil met het ongecorrigeerde gemiddelde. Zoals reeds eerder opgemerkt wordt uitgegaan van het laatste getal vanwege de zwakte van zojuist genoemde relatie.

Aan de afvoerzijde wordt bij MINAS uitgegaan van 165 kg N en 65 kg P_2O_5 . Bij de meeste gewassen wordt minder N en P afgevoerd. Met name bij gewassen met veel gewasresten (o.a. graszaad, aardbei, suikerbiet, broccoli, bloemkool en suikerbiet) is er een groot verschil tussen de forfaitaire en de werkelijke afvoer. Slechts bij enkele gewassen wintertarwe, snijmaïs en aardappel is de afvoer op het forfaitaire niveau.

Tabel 7. N- en P₂O₅-afvoer hoofdgewas van aantal akkerbouw- en groentegewassen ingedeeld in klassen van respectievelijk 40 kg N/ha en 20 kg P₂O₅/ha.

N	0 – 40	aardbei, graszaad, bospeen, stamslaboon
	40 – 80	broccoli, sla, bloemkool, witlof, spinazie
	80 – 120	grove peen, gerst, suikerbiet, prei, knolselderij
	120 – 165	ui, fabrieksaardappel, spruitkool, wintertarwe, snijmaïs
	> 165	consumptieaardappel klei, veldboon
P ₂ O ₅	0 – 20	graszaad, aardbei, stamslaboon, bospeen, broccoli
	20 – 40	spinazie, sla, bloemkool, prei, witlof
	40 – 65	suikerbiet, gerst, spruitkool, ui, peen, maïs, aardappel, tarwe
	> 65	knolselderij

4. Discussie

Analyse van de PAV-onderzoeksgegevens van de laatste 10 jaar laat zien dat er sprake is van een aanzienlijke spreiding in N- en P-gehalte van het geoogste product. Een variatiecoëfficiënt van 15% of hoger kwam regelmatig voor. In het algemeen was er sprake van een licht negatief verband met de opbrengst. Dit moet waarschijnlijk worden toegeschreven aan verdunningseffecten. Overigens was de correlatie van zojuist genoemde relatie bij de meeste gewassen zwak. Dit gold in nog sterkere mate voor de relatie met het bemestingsniveau. Hierbij moet opgemerkt worden dat de dataset zicht beperkte tot optimaal bemeste objecten. Het spreekt voor zich dat wanneer suboptimaal met N wordt bemest het N-gehalte duidelijk zal afnemen en er sprake zal zijn van een duidelijke relatie met het N-bemestingsniveau. De effecten van suboptimale fosfaatbemesting op het P-gehalte zijn in het algemeen veel geringer dan bij stikstof.

Voor veel gewassen kwam het berekende gemiddelde gehalte uit de dataset redelijk overeen met die vermeld in de publicatie Kiezen uit Gehalten. Bij een aantal gewassen was er echter sprake van aanzienlijke verschillen. Dit vloeit mogelijk voort uit het geringe aantal data waaruit een gehalte is afgeleid. Dit geldt overigens ook voor de gehalten uit Kiezen uit Gehalten. Het is aan te bevelen om beide datasets te integreren.

In het algemeen is de variatie in N/P-afvoer groter dan de variatie in gehalte. Deze variatie wordt voor een belangrijk deel verklaard door opbrengstverschillen. Omdat de PAV-data afkomstig zijn van proefvelden met een hoger opbrengstniveau dan praktijkgewassen, is voor het berekenen van de afvoer uitgegaan van standaardpraktijkopbrengsten zoals vermeld in de KWIN. Vergelijking met de forfaitaire afvoer laat zien dat de meeste gewassen in werkelijkheid veel minder afvoeren. Wel beperkte de analyse zich tot het hoofdproduct. Wanneer ook de bijproducten worden afgevoerd zal de afvoer wat toenemen. Dit geldt dan met name voor graangewassen en graszaad (stro). Bij de meeste andere gewassen worden gewasresten meestal niet afgevoerd.

5. Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

- Tussen de gewassen zitten grote verschillen in N en P_2O_5 % in de drogestof. Ook binnen de gewassen is er een grote variatie. Bij dezelfde opbrengst en bemestingsniveau kunnen de gehalten tot een factor 2 variëren. De gemiddelde N en P_2O_5 -gehalten veranderen nauwelijks in het traject van de optimale bemesting.
- De gemiddelde gehalten komen redelijk overeen met de gegevens van “Kiezen uit gehalten”, maar zijn bij een aantal gewassen toch duidelijk anders. Een opvallend verschil is het N-gehalte van broccoli.
- In N en P_2O_5 -afvoer van het hoofdgewas zijn er grote verschillen tussen de gewassen. De spreiding in afvoer ligt met een gemiddelde factor van 2,5 nog hoger dan bij de gehalten.
- Er is bij de meeste gewassen een duidelijke relatie aanwezig tussen de opbrengst en de N en P_2O_5 -afvoer. Een goede opbrengst is dus belangrijk voor een hoge afvoer van mineralen. Een hogere N-bemesting verhoogt in het algemeen de N en P_2O_5 -afvoer. Fosfaatbemesting is van minder invloed.
- De meeste gewassen kennen een lagere afvoer dan de forfaitaire afvoer binnen MINAS van 165 kg N en 65 kg P_2O_5 .
- In de onderlinge relaties tussen opbrengst, bemesting, afvoer en gehalten zijn groepen gewassen onderscheiden, waaronder koolgewassen, peulvruchten, bladgewassen en wortelgewassen.

5.2 Aanbevelingen

- Bij aantal gewassen hoort bij de totale hoeveelheid product die van het land wordt afgevoerd ook de afvoer van gewasresten. Stro is een bekend voorbeeld. Nu is in de beperkte tijd alleen het hoofdgewas meegenomen. Voor een volledige analyse zou, indien relevant, ook het bijproduct meegenomen moeten worden.
- Als de bronnen van “Kiezen uit gehalten” zijn te achterhalen is samenvoegen van de datasets aan te bevelen om tot een representatiever overzicht van N- en P-gehalten te komen.