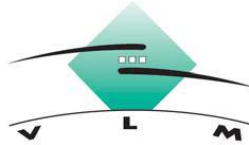


Studie in opdracht van:



VLAAMSE LANDMAATSCHAPPIJ
UW PARTNER IN DE OPEN RUIMTE

Vlaamse Landmaatschappij
Afdeling Mestbank

Analyse van Nitraatstikstofresidumetingen in de tuinbouw

EINDRAPPORT

VLM/MESTBANK/TWOL2006/MB2006/4

Bodemkundige Dienst van België vzw

W. de Croylaan 48
3001 Leuven-Heverlee



Universiteit Gent
Vakgroep Bodembeheer en bodemhygiëne
(UGBB)
Coupure Links 653
9000 Gent



Faculteit Bio-Ingenieurswetenschappen
Faculty of Bioscience Engineering

Colofon

BDB Projectnummer: P/00/067
Publicatiedatum: mei 2008
Document: nitraatresidu tuinbouw_080523_def_incl_bijlagen

Inhoud

<u>1. SITUERING EN DOELSTELLING VAN DE OPDRACHT</u>	1
<u>2. COÖRDINATEN VAN OPDRACHTGEVER EN OPDRACHTHOUDERS</u>	1
2.1 OPDRACHTGEVER.....	1
2.2 OPDRACHTHOUDERS	1
2.2.1 BODEMKUNDIGE DIENST VAN BELGIË.....	1
2.2.2 UGENT - VAKGROEP BODEMBEHEER EN BODEMHYGIËNE.....	2
<u>3. SAMENSTELLING STUURGROEP</u>	2
<u>4. DEEL I : ENQUÊTERING EN GEGEVENSVERWERKING</u>	3
4.1 UITVOERING ENQUÊTE	3
4.1.1 AANLEVERING VAN GEGEVENS DOOR DE OPDRACHTGEVER	3
4.1.2 OPSTELLEN EN VERZENDING VAN DE ENQUÊTE	3
4.1.3 BEVRAGING VAN DE TELERS EN INZAMELING VAN BIJKOMENDE INFORMATIE.....	3
4.1.4 VERWERKING GEGEVENS	4
4.2 BEOORDELING VAN EEN AANTAL INDIVIDUELE ENQUÊTES	5
4.3 ALGEMEEN NEERSLAG- EN GEWASVERDAMPINGSPATROON IN 2006.....	7
4.4 ALGEMEEN OPBRENGSTNIVEAU VOOR DE TUINBOUWTEELTEN IN 2006.....	8
4.5 GEGEVENSVERWERKING - OPSTELLEN VAN BALANSEN	9
4.5.1 CORRECTIE EN OPTIMALISATIE VAN DATASET	9
4.5.2 OPSTELLEN VAN N-BALANS	10
4.5.2.1 Minerale N-bemesting	10
4.5.2.2 N-opname	12
4.5.2.3 Mineralisatie van oogstresten.....	14
4.5.2.4 Mineralisatie van bodem organische stof.....	16
4.5.2.5 Mineralisatie van organische bemesting	18
4.5.2.6 Voorjaarsreserve.....	20
4.5.2.7 N-residu	22
4.5.2.8 Denitrificatie.....	22
4.5.2.9 Uitspoeling	22
4.5.2.10 Balansresultaat	27
4.5.2.11 Oorzaken van onzekerheid op de diverse balansposten	28
4.6 BEMERKINGEN VAN DE DEELNEMENDE TUINBOUWERS.....	29
4.7 INTERPRETATIE VAN DE BALANSRESULTATEN EN CONCLUSIES.....	29
4.7.1 SITUERING VAN DE DATASET.....	29
4.7.1.1 Aantal ingevulde enquêtes per hoofdteelt	30
4.7.1.2 Aantal ingevulde enquêtes per regio, residucategorie en hoofdteelt.....	31
4.7.1.3 Gemiddeld N-residu per bodemlaag, residucategorie en hoofdteelt	31
4.7.1.4 Gemiddelde N-bemesting per residucategorie en per hoofdteelt	34
4.7.1.5 Aantal ingevulde enquêtes per textuurklasse, residucategorie en hoofdteelt.....	35

4.7.1.6	Gemiddelde oogstdatum van laatste teelt per residucategorie en per hoofdteelt	36
4.7.1.7	Aanwezigheid van groenbemester per residucategorie en per hoofdteelt	37
4.7.1.8	Gemiddelde hoeveelheid C in bodem per residucategorie en per hoofdteelt	38
4.7.2	VOORSTELLING VAN DE BALANSRESULTATEN	39
4.7.2.1	Voorjaarsreserve	39
4.7.2.2	N-opname	40
4.7.2.3	Minerale N-bemesting	41
4.7.2.4	Mineralisatie van oogstresten	42
4.7.2.5	Mineralisatie van humus	43
4.7.2.6	N-levering door mineralisatie van organische mest	44
4.7.2.7	N-residu	45
4.7.2.8	Balansresultaat	46
4.7.2.9	Verband tussen gemeten nitraatresidu en aan- en afvoerfactoren (alle gewassen) ...	47
4.7.2.10	Verband tussen gemeten nitraatresidu en externe aanvoer van stikstof	48
4.7.3	GEMETEN NITRAATRESIDU T.O.V. BEREKEND RESIDU	49
4.8	ONZEKERHEIDSANALYSE VAN DE BALANSBEREKENINGEN	51
4.8.1	INLEIDING	51
4.8.2	METHODOLOGIE	51
4.8.3	INTERPRETATIE VAN DE ONZEKERHEIDSANALYSE	55
4.9	RESULTATEN DEMOPERCELEN PROEFCENTRA	57
4.9.1	ALGEMEEN	57
4.9.2	RESULTATEN VAN DE BALANSBEREKENINGEN	57
4.9.3	CONCLUSIES	60
4.10	SAMENVATTENDE CONCLUSIES M.B.T. DEEL 1: ENQUÊTERING EN GEGEVENSVERWERKING	61
5.	<u>DEEL II: DESKSTUDIE</u>	<u>62</u>
5.1	BESCHRIJVING VAN DE NITRAATRESIDU-BEÏNVLOEDENDE FACTOREN - AAN- EN AFVOERZIJDE	62
5.1.1	NITRAATRESERVE IN HET VOORJAAR - ROL VAN DE TEELTROTATIE	63
5.1.1.1	Bepalende factoren	63
5.1.1.2	Weersinvloeden	63
5.1.1.3	Invloed van het voorgaand oogstjaar	64
5.1.1.4	Teeltrotatie	64
5.1.1.5	Organische stof, humus- en koolstofgehalte	65
5.1.1.6	Oogstresten	66
5.1.1.7	Groenbemester	67
5.1.1.8	Gescheurde weide	68
5.1.1.9	Bemesting	68
5.1.1.10	Bodemtype	68
5.1.1.11	N-verliezen (uitspoeling, denitrificatie,...)	69
5.1.1.12	Besluit	69
5.1.2	STIKSTOFMINERALISATIE UIT BODEMORGANISCHE STOF	70
5.1.3	STIKSTOFVRIJSTELLING UIT OOGSTRESTEN	74
5.1.3.1	Stikstofinhoud en vrijzetting	74
5.1.3.2	Invloed van de C/N verhouding	79
5.1.3.3	Gasvormige N-verliezen	80
5.1.3.4	Conclusies	80
5.1.4	SAMENSTELLING DIERLIJK MEST - BEMESTINGSWAARDE	81

5.1.4.1	Inleiding	81
5.1.4.2	Samenstelling dierlijk mest	81
5.1.4.3	Bemestingswaarde.....	86
5.1.4.4	Effect van laattijdige mineralisatie van dierlijke mest	91
5.1.4.5	Besluit.....	91
5.1.5	BEMESTINGSDOSERING EN TIJDSTIP VAN TOEDIENING.....	92
5.1.5.1	Inleiding	92
5.1.5.2	Het stikstofbijmeststelsel voor groenten	93
5.1.6	OPBRENGSTEN, N-OPNAME DOOR DE TEELT EN BEMESTING	94
5.1.6.1	Indeling groenten.....	94
5.1.6.2	Samenvattend overzicht van de voornaamste gewassenmerken.....	105
5.1.6.3	Specifieke aanbevelingen groenten	107
5.1.7	NATEELT EN GROENBEMESTER	107
5.1.7.1	Inleiding	107
5.1.7.2	Stikstofopname.....	107
5.1.7.3	Stikstoflevering aan het volggewas.....	112
5.1.7.4	Belang van mineralisatie uit oogstresten en groenbemesters.....	113
5.1.7.5	Groenbemesters in relatie tot het nitraatstikstofgehalte	114
5.1.7.6	Keuze groenbemesters en tijdstip van zaaien.....	115
5.1.7.7	Invloed van bodemhumusgehalte en bodemtextuur.....	117
5.1.7.8	Bijkomende effecten van het gebruik van groenbemesters.....	117
5.1.7.9	Nadelen van groenbemesters.....	119
5.1.7.10	Besluit.....	119
5.1.8	WEERSINVLOEDEN	120
5.1.8.1	Impact op de stikstofaanvoer.....	120
5.1.8.2	Invloed op de stikstofafvoer.....	120
5.1.8.3	Impact op de voorjaarsreserve.....	125
5.2	BENADERINGSMETHODEN VOOR HET NITRAATSTIKSTOFRESIDU	128
5.2.1	LATENT N-RELIKWAAT	128
5.2.2	SURPLUSCURVE.....	130
5.3	TEELTTECHNIEKEN IN RELATIE TOT HET NITRAATSTIKSTOFRESIDU	133
5.3.1	OPTIMALISEREN VAN DE BEMESTINGSADVISING	133
5.3.1.1	Balansmethode	133
5.3.1.2	BEMEX-adviesstelsel	136
5.3.1.3	N-Index methode.....	137
5.3.1.4	Niet invasieve methoden - bepaling N status van het gewas	139
5.3.2	KEUZE VAN DE MESTSTOFFEN	143
5.3.2.1	Technieken voor de optimalisatie van de N-werking van de organische meststoffen 143	
5.3.2.2	Traagwerkende meststoffen	144
5.3.3	PLAATSING VAN DE MESTSTOFFEN	148
5.3.4	OPTIMALISATIE VAN DE VOCHTVOORZIENING	150
5.3.4.1	Basisbegrippen	150
5.3.4.2	Vochtvrage en N-opname.....	152
5.3.4.3	Opbrengst	153
5.3.4.4	N-gehalte en berekeningstijdstip.....	154
5.3.4.5	Uitspoeling	154
5.3.4.6	N-dosering in functie van weersomstandigheden	155
5.3.4.7	Methoden voor beregeningssturing.....	155
5.3.4.8	Besluit.....	157

5.3.5	NA-OOGSTMAATREGELLEN - BEHEER VAN DE OOGSTRESTEN	157
6.	<u>BEDENKINGEN UIT DE PRAKTIJK.....</u>	160
7.	<u>CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN - NITRAATRESIDUNORMEN VOOR DE TUINBOUW</u>	162
7.1	CONCLUSIES.....	162
7.2	SPECIFIEKE AANBEVELINGEN	166
8.	<u>REFERENTIES.....</u>	169
	 Bijlagen	 174

Lijst van tabellen:

Tabel 1:	Overzicht van de tien laagste en tien hoogste nitraatstikstofresiduwaarden (kg NO ₃ ⁻ -N/ha) voor de teelten bloemkool en prei	5
Tabel 2:	Overzicht van relevante minerale N- meststoffen.	11
Tabel 3:	Overzicht van totale N-opname per teelt.	12
Tabel 4:	N-opname door prei	13
Tabel 5:	De aangenomen waarden van enkele variabelen die relevant zijn bij de berekening van de N-opname	13
Tabel 6:	Overzicht van de gemiddelde N-inhoud van de oogstresten van verschillende teelten.	14
Tabel 7:	Mineralisatiegraad voor verschillende periodes(in %)	15
Tabel 8:	Aangenomen waarde einde groeiseizoen voor berekening mineralisatie oogstresten	15
Tabel 9:	Maandelijks mineralisatie van bodem organische stof in functie van % C en textuur	16
Tabel 10:	Overzicht van relevante organische meststoffen	18
Tabel 11:	Gemiddelde voorjaarsreserve en standaardafwijking in de laag 0-90 cm in functie van teelt en textuur	20
Tabel 12:	Verschiedende scenario's waarvoor de doorspoeling van neerslag uit de bewortelde zone werd gesimuleerd met behulp van een bodemwaterbalans.	23
Tabel 13:	Gesimuleerde doorspoeling voor de 9 beschouwde scenario's, telkens voor 3 periodes tijdens het groeiseizoen van 2006.	23
Tabel 14:	Overzicht van input (initiële N-voorraad in de 3 lagen en neerslagoverschot tijdens de maand augustus van 2006) en output (N-uitspoeling) van het Burns model per textuur en per teelt.	26
Tabel 15:	Gebruikte verdelingen voor invoervariabelen van de Monte Carlosimulatie	52
Tabel 16:	Kengetallen van de dataset	58
Tabel 17:	Gemeenschappelijke balansonderdelen	58
Tabel 18:	Vergelijking van de najaarsnitraatresidu m.b.v. de t-test (gepaarde gegevens)	60
Tabel 19:	Invloed van het koolstofgehalte op nitraatresidu (Bron: Bries et al. 2004)	66
Tabel 20:	N-vrijstelling gedurende de winter na incorporatie van oogstresten. De getallen tussen haakjes geven het percentage weer (Bron: N-(eco) ² , 2004)	67
Tabel 21:	Invloed van het bodemtype op het nitraatresidu (Bron: Bries et al., 1995).	69
Tabel 22:	Indeling groenten naar bewortelingsdiepte (Bron: N-(eco) ² , 2004).	70
Tabel 23:	N-mineralisatie voor een aantal velden met verschillende textuur en voorgeschiedenis (Hofman, 1988)	72
Tabel 24:	Mineralisatiesnelheid voor verschillende bodems (naar : Demyttenare, 1991)	73
Tabel 25:	N-inhoud van een aantal oogstresten	74
Tabel 26 :	N-inhoud en N-vrijstelling (tussen haakjes het % vrijstelling) voor een aantal groente-oogstresten (Formesyn ^a , 1994; De Neve ^b , 2000)	75
Tabel 27:	Vers gewicht, droge stof en N-hoeveelheid van oogstresten bij doperwt en bloemkool met steeds 11 staalnames (bron : De Neve)	75
Tabel 28:	Gewasresten welke achterblijven op het veld na oogst van diverse gewassen en hun stikstofinhoud in Nederland (naar Smit, 1994 of anders aangegeven)	76
Tabel 29:	Hoeveelheid stikstof, het vers gewicht en het droge stof gehalte in bovengrondse gewasresten in Nederland (bron : Alterra-rapport 114-3, ROB gewasresten)	77
Tabel 30 :	Vers gewicht, droge stof opbrengst (ton ha-1) en N inhoud (kg N ha-1) van de hele plant, plant delen en oogstresten van spruiten bij verschillende gift van N in Nederland (bron : de Waal & Titulaer, 1993)	77
Tabel 31:	Overzicht C/N-verhoudingen bij gewasresten van groenten (Bron: N-(eco) ²)	79
Tabel 32:	Samenstelling drijfmest : gemiddelde en standaardafwijking in kg/1000 l (bron: Bodemkundige Dienst van België, praktijkstalen 2002-2006)	82
Tabel 33:	Gemiddelde samenstelling (in kg/1000 l voor de vloeibare mesten en kg/1000 kg voor de vaste mesten) voor enkele veel voorkomende mestsoorten zoals deze momenteel door Bodemkundige Dienst van België worden gehanteerd bij de beoordeling van individuele mestanalyses.	82
Tabel 34:	Overzicht van enkele recente analysesresultaten en algemene gemiddelden van dierlijke mesten in kg/1000 l voor de vloeibare mesten en kg/1000 kg voor de vaste mesten (Bron: Bodemkundige Dienst van België).	83
Tabel 35:	Bemestingswaarde volgens BEMORGEX, Bodemkundige Dienst van België, van dierlijk mest met een gemiddelde samenstelling in functie van grondsoort en toedieningstijdstip	89

Tabel 36:	Nederlandse richtlijnen voor de gehalten aan N-totaal, N_{min} en N-org, N-werkzaam (%) bij toepassing kort voor de teelt (<4 weken) met bouwlandinjectie voor drijfmest, langjarige N-nawerking en hoeveelheid effectieve organische stof (EOS) per ton product. (Bron: Wageningen).	90
Tabel 37:	Evolutie van de minerale stikstof in het bodemprofiel (kg N/ha) na de oogst van de aardappelen (Bintje) voor twee proefvelden op zandleem (Bron: BDB).	91
Tabel 38 :	De gewassen ingedeeld naar de N-benuttingsindex (NBI) en de hoeveelheid N in de oogstresten (naar Smit, 1994)	95
Tabel 39	Overzichtstabel van de voornaamste kengetallen voor de gewassen	105
Tabel 40	Kenmerken van enkele courante groenbemesters	109
Tabel 41:	Stikstofopname (kg N/ha) door groenbemesters uitgezaaid in het najaar (Bron: Praktijkgids bemesting suikerbieten)	110
Tabel 42 :	Opbrengst en stikstofopname door de groenbemesters, Kessel-Lo 1999 (Bron: proefveld BDB in ‘Landbouwcentrum Granen Vlaanderen’)	111
Tabel 43:	Biomassaproductie en N-opname door groenbemesters in functie van het zaaitijdstip (Bron: N-(eco)²)	112
Tabel 44:	Stikstoflevering van groenbemesters in relatie tot de lengte van het groeiseizoen (naar: Velthof et al., 1998)	114
Tabel 45 :	Zaaitijdstip groenbemesters	116
Tabel 46:	Belangrijkste kenmerken van de meest voorkomende groenbemesters (Bron: Praktijkgids bemesting suikerbieten, BDB)	117
Tabel 47:	Relatie tussen enkele groenbemesters en aaltjes (Bron: http://www.barenbrug.be/producten/groenbemesting.html)	119
Tabel 48:	Overzicht watercyclus bloemkoolperceel te Wingene in de periode april – juli 2006 (Bron: BDB)	124
Tabel 49:	Overzicht watercyclus bloemkoolperceel te Oostrozebeke in de periode juli – oktober 2006 (Bron: BDB)	124
Tabel 50:	Overzicht watercyclus preiperceel te Meulebeke in de periode juni – september 2007 (Bron: BDB)	125
Tabel 51:	Overzicht watercyclus bloemkoolperceel te Esen in de periode juni – oktober 2007 (Bron: BDB)	125
Tabel 52 :	Bewortelingsdiepte en latent N_{min}-residu voor een aantal groenten	128
Tabel 53 :	Restrictieve voorwaarden, ingedeeld per groentecategorie, voor het verbouwen van groenten met oogstdatum na 15 augustus (teeltsysteem II)	130
Tabel 54 :	Gemiddelde onttrekking van N (kg ha⁻¹) door groenten bij een bepaalde opbrengst (bron : Code van goede landbouwpraktijken, nutriënten vollegroendsgroenten en fruitteelt, 2000)	134
Tabel 55:	Invloedsfactoren op de N_{min}-hoeveelheid in het voorjaar (Hofman, 1983)	134
Tabel 56 :	Overzicht van enkele parameters van de verschillende meettechnieken waarbij ++ meer dan het gemiddelde is en – minder dan het gemiddelde is.	143
Tabel 57:	Maximale vochtreserves in % van het bodemvolume. (Gemiddelde waarden. Bron: FAO, BDB).	152
Tabel 58:	Effect van de beregeningssturing op opbrengst en schurftaantasting bij aardappelen (Var. Bintje en Nicola). (Bron: POVLT, 1994-1995, Rumbeke Beitem).	156
Tabel 59:	Effect van een beregeningsbeurt uitgevoerd op verschillende momenten (Bron: BDB).	157

Lijst van figuren

Figuur 1:	Schematische weergave van de bodembalans	5
Figuur 2:	Referentie-gewasverdamping per 10 dagen in 2006 en in een normaal jaar (Ukkel).	7
Figuur 3:	Neerslag per 10 dagen in 2006 en in een normaal jaar (Ukkel).	8
Figuur 4:	Verloop van het bodemvochtgehalte in 2006 voor een dubbele teelt bloemkool op een zandleembodem berekend voor de neerslaggegevens van Kruishoutem	25
Figuur 5:	Verloop van het bodemvochtgehalte in 2006 voor een teelt spinazie gevolgd door struikbonen en een groenbemester op een zandleembodem berekend met de neerslaggegevens van Kruishoutem	26
Figuur 6:	Aantal ingevulde enquêtes per hoofdteelt (met hoofdteelt wordt de eerste teelt in 2006 op een bepaald perceel bedoeld)	30
Figuur 7:	Aantal ingevulde enquêtes per regio, residucategorie en hoofdteelt, voor de hoofdteelten bloemkool, prei, spinazie, spruitkool en wortelen	31
Figuur 8:	Gemiddelde en mediaan van de in 2006 opgemeten N-residu's bij 11 (groente)teelten	32
Figuur 9:	Verdeling van de in 2006 opgemeten N-residu's over de residucategorieën <90 kg N/ha, 90-120 kg N/ha, 120-150 kg N/ha en >=150 kg N/ha bij 11 (groente)teelten.	33
Figuur 10:	Gemiddeld N-residu per bodemlaag, residucategorie en hoofdteelt, voor de hoofdteelten bloemkool, prei, spinazie, spruitkool en wortelen	34
Figuur 11:	Gemiddelde organische en minerale N-bemesting per residucategorie en per hoofdteelt, voor de hoofdteelten bloemkool, prei, spinazie, spruitkool en wortelen	34
Figuur 12:	Aantal ingevulde enquêtes per textuurklasse, residucategorie en hoofdteelt, voor de hoofdteelten bloemkool, prei, spinazie, spruitkool en wortelen.	35
Figuur 13:	Gemiddelde oogstdatum van laatste teelt per residucategorie en per hoofdteelt, voor de hoofdteelten bloemkool, prei, spinazie, spruitkool en wortelen.	36
Figuur 14:	Aanwezigheid van groenbemester per residucategorie en per hoofdteelt, voor de hoofdteelten bloemkool, prei, spinazie, spruitkool en wortelen.	37
Figuur 15:	Gemiddelde hoeveelheid C in de bodem per residucategorie en per hoofdteelt, voor de hoofdteelten bloemkool, prei, spinazie, spruitkool en wortelen.	38
Figuur 16:	N-reserve in het voorjaar van 2006 in de laag 0-90 cm voor 12 verschillende teelten	39
Figuur 17:	N-opname tijdens het groeiseizoen van 2006 voor 12 verschillende teelten	40
Figuur 18:	Minerale N-bemesting tijdens het groeiseizoen van 2006 voor 12 verschillende teelten	41
Figuur 19:	Mineralisatie van oogstresten tijdens het groeiseizoen van 2006 voor 12 verschillende teelten	42
Figuur 20:	N-mineralisatie van bodemhumus tijdens het groeiseizoen van 2006 voor 12 verschillende teelten	43
Figuur 21:	N-levering uit organische mest tijdens het groeiseizoen van 2006 voor 12 verschillende teelten	44
Figuur 22:	N-residu tijdens het najaar van 2006 voor 12 verschillende teelten	45
Figuur 23:	Balansresultaten voor de 12 verschillende teelten	46
Figuur 24:	Verband tussen het N-residu en de diverse aan- en afvoerfactoren	47
Figuur 25:	Gemeten nitraatresidu in functie van externe N-aanvoer en N-opname	49
Figuur 26:	Gemeten t.o.v. verwacht nitraatresidu	50
Figuur 27:	Waarschijnlijkheidsverdeling voor het balansresultaat van bloemkool bij nagenoeg sluitende balans (boven) en sterk negatieve balans (onder)	53
Figuur 28:	Waarschijnlijkheidsverdeling voor het balansresultaat van prei bij nagenoeg sluitende balans (boven) en sterk negatieve balans (onder)	54
Figuur 29:	Waarschijnlijkheidsverdeling voor het balansresultaat van spinazie bij nagenoeg sluitende balans (boven) en sterk negatieve balans (onder)	55
Figuur 30:	Berekend versus gemeten nitraatresidu	59
Figuur 31:	Factoren en processen die de minerale stikstofpool beïnvloeden	62
Figuur 32:	Schematische voorstelling van de belangrijkste processen van de stikstofcyclus op perceelsniveau en de factoren die het nitraatresidu beïnvloeden.	63
Figuur 33:	Gemiddelde maandelijkse N-vrijstelling door mineralisatie op Vlaamse bodems met een normaal humusgehalte (Bron: N-(eco)²)	65
Figuur 34:	Gemiddelde evolutie van de N-mineralisatie in functie van de bodemtemperatuur en bij optimaal vochtregime gedurende het jaar in een typisch akkerbouwperceel	70

Figuur 35: Verloop van de minerale N concentratie in de laag 0-120 cm (symbolen en volle lijn) en van de nitraatuitspoeling beneden 120 cm (streepjeslijn) na inwerken van oogstresten van bloemkool begin oktober (De Neve en Hofman, 1998)	78
Figuur 36 : Netto mineralisatie ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) voor de bladeren van bloemkool (A) en voor de stronken van rode kool (B) bij verschillende temperaturen (5.5-25°C) gefit met een eerste orde model aan de data (De Neve et al., 1996)	79
Figuur 37 Stikstofinhoud runderdrijfmest in functie van het droge stofgehalte	84
Figuur 38 Stikstofinhoud varkensdrijfmest (geen brijbakken) in functie van het droge stofgehalte	84
Figuur 39 Stikstofinhoud varkensdrijfmest (brijbakken) in functie van het droge stofgehalte	85
Figuur 40 Procentuele verdeling van de runderdrijfmestanalyses volgens totaal N-gehalte	85
Figuur 41 Procentuele verdeling van de varkensdrijfmestanalyses (geen brijbakken) volgens totaal N-gehalte	86
Figuur 42 Procentuele verdeling van de varkensdrijfmestanalyses (brijbakken) volgens totaal N-gehalte	86
Figuur 43: Verloop van de stikstofbeschikbaarheid uit de gemakkelijk afbreekbare organisch gebonden stikstof in functie van de tijd bij runder- en varkensdrijfmest (Lammers, 1984)	88
Figuur 44 : Gemiddeld N-opnameverloop (A) en streefwaarden voor het stikstofaanbod in de bodem (0-30 cm) (B) voor spinazie [N-opname (A) = werkelijke N-opname gedurende de aangegeven periode; N-opname (B) = N beschikbaar voor opname] (naar Salomez et al., 1995)	96
Figuur 45 : Gemiddeld N-opnameverloop (A en A') en streefwaarden voor het stikstofaanbod in de bodem (0-30 cm) (B en B') voor een vroege teelt (A en B) en zomerteelt (A' en B') van sla [N-opname (A en A') = werkelijke N-opname gedurende de aangegeven periode; N-opname (B en B') = N beschikbaar voor opname] (naar Breimer, 1989)	97
Figuur 46 : Gemiddeld N-opnameverloop (A) en streefwaarden voor het stikstofaanbod in de bodem (0-60 cm) (B) voor bloemkool [N-opname (A) = werkelijke N-opname gedurende de aangegeven periode; N-opname (B) = N beschikbaar voor opname] (naar Salomez et al., 1995)	98
Figuur 47 : Gemiddeld N-opnameverloop (A) en streefwaarden voor het stikstofaanbod in de bodem (0-75 cm) (B) voor rode kool [N-opname (A) = werkelijke N-opname gedurende de aangegeven periode; N-opname (B) = N beschikbaar voor opname] (naar Salomez et al., 1995)	99
Figuur 48 : Gemiddeld N-opnameverloop (A) en streefwaarden voor het stikstofaanbod in de bodem (B) voor knolselder [N-opname (A) = werkelijke N-opname gedurende de aangegeven periode; N-opname (B) = N beschikbaar voor opname] (naar Demyttenaere, 1991)	100
Figuur 49 : Gemiddeld N-opnameverloop (A) en streefwaarden voor het stikstofaanbod in de bodem (B) voor bleekselder [N-opname (A) = werkelijke N-opname gedurende de aangegeven periode; N-opname (B) = N beschikbaar voor opname] (naar Demyttenaere, 1991)	101
Figuur 50 : Gemiddeld N-opnameverloop (A) en streefwaarden voor het stikstofaanbod in de bodem (0-60 cm) (B) voor prei [N-opname (A) = werkelijke N-opname gedurende de aangegeven periode; N-opname (B) = N beschikbaar voor opname] (naar Salomez et al., 1995)	102
Figuur 51 : Gemiddeld N-opnameverloop (A) en streefwaarden voor het stikstofaanbod in de bodem (0-90 cm) (B) voor spruitkool [N-opname (A) = werkelijke N-opname gedurende de aangegeven periode; N-opname (B) = N beschikbaar voor opname] (naar Salomez et al., 1995)	103
Figuur 52 : N-opname van het totale spruitkoolgewas in functie van de stikstofbemesting (naar Vandendriessche et al., 1994)	104
Figuur 53: Stikstofopname (kg N/ha) door het gewas (volle lijn) en de minerale stikstofbodemvoorraad (kg Nmin/ha in 0-60 cm) (onderbroken lijn) gedurende de groei van spruitkool bij verschillende stikstofgiften gedurende 1991(links) en 1992 (rechts) (naar Booij en Biemond, 1994)	104
Figuur 54: Evolutie van het nitraatstikstofgehalte in de bodem vertrekkend van een zeer laag nitraatstikstofgehalte in de bodem in augustus (Bron: BDB)	115
Figuur 55: Evolutie van het nitraatgehalte in de bodem vertrekkend van een gemiddeld tot hoog nitraatstikstofgehalte in de bodem in augustus (Bron: BDB)	115
Figuur 56: Verloop van vochtgehalte in bodem van een bloemkoolperceel te Wingene in de periode april – juli 2006 (Bron: BDB)	122
Figuur 57: Verloop van vochtgehalte in bodem van een bloemkoolperceel te Oostrozebeke in de periode juli – oktober 2006 (Bron: BDB)	123
Figuur 58: Verloop van vochtgehalte in bodem van een preiperceel te Meulebeke in de periode juni – september 2007 (Bron: BDB)	123
Figuur 59: Verloop van vochtgehalte in bodem van een bloemkoolperceel te Esen in de periode juni – oktober 2007 (Bron: BDB)	124
Figuur 60: Basisdata: gemiddelde nitraatstikstofreserve, neerslagoverschot voorgaande winter en voorgaande zomer (Bron: BDB)	126

Figuur 61:	Basisdata: gemiddelde nitraatstikstofreserve, neerslagoverschot voorgaande winter en gecumuleerd overschot van de twee voorgaande zomers (Bron: BDB)	127
Figuur 62:	Basisdata: gemiddelde nitraatstikstofreserve, neerslagoverschot voorgaande winter en gecumuleerd overschot van de drie voorgaande zomers (Bron: BDB)	127
Figuur 63 :	Verband (volle lijn) tussen de hoeveelheid NO₃--N (kg N ha⁻¹) beneden bewortelingsdiepte vóór planten en tijdens de sperperiode (proefjaar 2003). De stippellijn geeft de 1:1-relatie aan (bron BDB)	129
Figuur 64:	Geïdealiseerde voorstelling van de surpluscurve (Bron: BDB)	131
Figuur 65:	Surpluscurve voor drie stikstofbemestingsproeven op groenten, onderzoek Bodemkundige Dienst van België	131
Figuur 66 :	De minerale stikstofbalans	133
Figuur 67 :	Relatie tussen SPAD meting en de N concentratie (%) in het droge stof gehalte van een individueel blad	140
Figuur 68 :	De Minolta Chlorofyl meter SPAD-502 gebruikt voor de bepaling van de chlorofyl concentratie (http://www.agron.missouri.edu/mnl/68/39krugh.html)	140
Figuur 69 :	“Plant Efficiency Analyzer” van HANSATECH	141
Figuur 70 :	LAI en de N opname gedurende de gewasontwikkeling bij 4 verschillende N bemestingsratio’s	142
Figuur 71 :	Gebruik van de CROPSCAN op het veld	142
Figuur 72:	Verband tussen het vochtgehalte en de vochtspanning in verschillende bodems (Bron: BDB).	152
Figuur 73	Effect van irrigatie op de stikstofopname, stikstofverdeling en stikstofnitraatresidu’s bij aardappelen (Elsen F., 1989).	153
Figuur 74:	Doorspoelingsverliezen in functie van de voldoening aan de vochtvraag (Bron: BDB).	155

Verkorte samenvatting

Uit onderzoek is gebleken dat het najaarsnitraatstikstofresidu in de Vlaamse tuinbouwpercelen de huidige norm van 90 kg per ha vaak overschrijdt. In opdracht van de VLM, afdeling Mestbank werd in 2007 door een consortium bestaande uit de Bodemkundige Dienst van België en de Vakgroep Bodembeheer en Bodemhygiëne van de Universiteit Gent een studie uitgevoerd met als doel inzicht te verwerven in de oorzaken van deze hoge residu's, residuverlagende maatregelen voor te stellen en zo mogelijk aangepaste, praktisch haalbare en wetenschappelijk onderbouwde normen te formuleren.

Deel 1 van de studie omvat de analyse van de meetresultaten van de residu's uit 2006 en hieraan gekoppelde data die enerzijds werden bekomen via een bevraging van de telers en anderzijds werden afgeleid uit andere gegevens. Het tweede luik bestaat uit een deskstudie van de beïnvloedende factoren.

In totaal werden van 284 van de 849 aangeschreven telers antwoorden ontvangen waarvan na screening op volledigheid en consistentie er 224 werden weerhouden voor verdere analyse. De meest voorkomende teelten waren prei, bloemkool, spinazie, wortelen en spruitkool. De gemeten residuwaarden lagen in het algemeen hoog voor alle gewassen, met uitzondering van spruitkolen, schorseneren en wortelen. De spreiding binnen eenzelfde gewas lag eveneens aan de hoge kant. Vrije commentaren van de telers hadden onder meer betrekking op de onaangepaste periode voor staalname bij bepaalde teelten en op de noodzaak voor bijbemesting laat in het seizoen.

De dataset werd onderworpen aan een onzekerheidsanalyse met behulp van een Monte Carlosimulatie. Voor elk van de weerhouden percelen werd een nitraatstikstofbalans opgesteld waarna de resultaten werden getoetst aan de werkelijke meetwaarden. Voor een meerderheid van percelen lag de afwijking tussen gemeten en berekende waarde binnen de (brede) marge die aangegeven werd door de onzekerheidsanalyse. Statistisch significante verbanden konden voor geen enkele van de onderzochte factoren worden aangetoond. Toch was duidelijk dat mineralisatie uit bodemhumus en uit gewasresten vaak onderschatte bijdragen leveren tot het balansoverschot.

Parallel aan dit onderzoek werden de resultaten bekeken van een demonstratieproject waarin voor 15 percelen in de periode 2006-2007 de courante praktijken van de deelnemende tuinders paarsgewijs werden vergeleken met alternatieve behandelingen voorgesteld door de proeftuinen. Uit de vergelijking blijkt dat mits toepassing van aangepaste technieken een belangrijke verlaging van de nitraatresidu's mogelijk is, maar ook dit blijkt geen garanties te bieden voor het behalen van de norm.

Uit de studie van de beïnvloedende factoren voor de hoge residu's komen de volgende oorzaken naar voren:

- *een hoge mineralisatiepotentieel van de percelen omwille van belangrijke historische aanvoer van dierlijk mest en andere organische meststoffen*
- *moeilijke inschatting van aanlevering van nutriënten uit andere bronnen dan bemesting*
- *relatief hoge behoefte aan voldoende N aanbod tot aan het oogsttijdstip*
- *verlate opname van nutriënten door (belangrijke) gewassen als bloemkool, broccoli, knolselder en prei*
- *beperkte bewortelingsdiepte*
- *late inzaai van groenbedekkers*

De aanbevelingen naar een betere residubeheersing spitsen zich toe op het verwerven van een verhoogd inzicht in al de posten van de stikstofbalans, in het bijzonder de aanlevering uit mineralisatie van bodemorganische stof en uit gewasresten, het gebruik en de verfijning van de bemestingsadvisering, alsook aanpassingen aan de gewasrotatie. Met betrekking tot de normering wordt voorgesteld bij nog groeiende gewassen de staalname te laten plaatsvinden zo dicht mogelijk bij de oogstdatum en rekening te houden met de bewortelingsdiepte van de gewassen. Om de impact van afwijkende weersomstandigheden uit te filteren kunnen de gemeten residuwaarden getoetst worden aan deze afkomstig van referentiepercelen. Implementatie op vrijwillige basis van een lastenboek 'engagement nitraat' tenslotte zou het huidige systeem van boetes en begeleidende maatregelen kunnen vervangen of aanvullen.

English summary

Research has shown that the nitrate concentration in the upper 90 cm of the Flemish horticultural land frequently exceeds the maximum allowable level of 90 kg per hectare. In 2007, on-behalf of the Manure bank of the Flemish Land Agency, a consortium consisting of the Soil Service of Belgium and the Department of Soil Management and Soil Hygiene of the Ghent University carried out a study in order to gain better insight into the causes of high residue levels, to formulate reduction measures and to propose specific, realistic and scientifically sound standards.

Part I of the study consists of an analysis of the results of the 2006 nitrate level controls and corresponding field information obtained through survey of the farms concerned or generated from existing data. The second part consists of a desk study of the determining factors.

In total 284 replies were received out of a total of 849 growers contacted, 224 whereof were withheld for further processing after a screening on completeness and consistency. The most common crops were leek, cauliflower, spinach, carrots and Brussels sprouts. The measured residues were generally high for all crops with the exception of Brussels sprouts, salsify and carrots, however with a rather high variation within each crop. Comments of the growers focused among others on the allegedly inappropriate period of sampling for certain crops as well as on the need for sustained high levels of nutrients throughout season.

The dataset was submitted to uncertainty analysis using a Monte Carlo simulation. For each of the parcels withheld, a nitrate balance was calculated, the results whereof were compared with the actually measured figures. For the majority of the parcels, the difference between measured and calculated values remained within the margins provided by the uncertainty analysis. Statistically significant links could not be established for any of the explaining variables. However it appeared clearly from the analysis that the contribution to the nitrate balance from mineralisation of soil humus and of crop residues is all too often underestimated.

Results from a 2006-2007 field demonstration project, in which the common practices of 15 vegetable growers were compared side by side with alternative techniques proposed by three horticultural research stations, were equally analysed. From this it appears that the introduction of appropriate methods would considerably reduce the nitrate residues, without significant impact on yield level or crop quality. However applying these practices does not guarantee either that the legal norm of 90 kg per hectare would be respected.

Part II of the study puts forward the following elements as the major factors explaining the high residues in horticulture:

- *the high mineralisation potential of the horticultural land due to an important historical supply of manure and other organic fertilisers*
- *inadequate estimation by the growers of the supply of nutrients from sources other than manure and fertilisers*
- *the need to maintain relatively high levels of soil nutrients up to the period of harvest*
- *late uptake of nutrients by major horticultural crops such as cauliflower, broccoli, celery and leek*
- *limited rooting depth*
- *late sowing of green manure*

Recommendation for better residue control focus on improving the grower's insight into all the elements of the nitrogen balance, in particular the supply from mineralisation of organic



matter and crop residues, the use and fine-tuning of fertiliser advice, as well as adaptations of the crop rotations. With respect to standard setting, it was proposed to carry out the control sampling as closely as possible to the harvest date and to take into account the rooting depth of the crops. In order to filter out the seasonal effects of rainfall and temperature, the measured values could be compared with the results from reference fields. The implementation of a 'grower's nitrate commitment' could replace or complement the current system of fines and accompanying measures.

1. Situering en doelstelling van de opdracht

Uit eerdere metingen is gebleken dat de hoeveelheden nitraatresidu's die in het najaar worden aangetroffen in de Vlaamse tuinbouwgronden vaak hoge waarden bereiken, waardoor ook het uitspoelingsrisico hoog is. De kennis over de relatie tussen het niveau van het residu enerzijds, en de gebruikte bemestingspraktijken en teeltmethoden van de Vlaamse groententeelt anderzijds is tot op heden niet gebundeld.

De studie is gefocust op de sector van de vollegrondsgroenten. De studieopdracht bestaat er enerzijds uit een uitgebreide analyse te maken van de nitraatstikstofresidumetingen van het najaar 2006 op percelen voor vollegrondsgroenten door deze metingen te correleren met bemestings-, teelttechnische en andere gegevens, onder meer verkregen door bevraging van de telers.

Daarnaast worden in een tweede deel in een deskstudie de beïnvloedende factoren voor de nitraatresidu's vanuit een wetenschappelijk standpunt kwalitatief en kwantitatief opgelijst.

Uit de studie dienen praktisch haalbare en wetenschappelijk onderbouwde residunormen voor de tuinbouw voorgesteld te worden. Daarnaast dient een oplijsting gemaakt van de teelttechnische aanpassingen nodig om deze normen te kunnen respecteren.

2. Coördinaten van opdrachtgever en opdrachthouders

2.1 Opdrachtgever

Vlaamse Landmaatschappij
Afdeling Mestbank
Gulden-Vlieslaan 72
1060 Brussel
Contactpersoon: Sofie Ducheyne (sofie.ducheyne@vlm.be)

2.2 Opdrachthouders

2.2.1 *Bodemkundige Dienst van België*

Afdeling Onderzoek en Studies
W. de Croylaan 48
3001 Heverlee

Projectmedewerkers: Jan Bries, Piet Ver Elst, Wouter Beliën, Erik Bomans, Stan Deckers, Bram Vanwyngene, Piet Ver Elst

Contactpersonen: Jan Bries (jbries@bdb.be), Erik Bomans (ebomans@bdb.be)

2.2.2 UGent - Vakgroep Bodembeheer en bodemhygiëne

Coupure Links 653

9000 Gent

Contactpersonen: Prof. Georges Hofman, Prof. Stefaan De Neve, Joost Salomez

E-mail: Georges.Hofman@UGent.be, Stefaan.Deneve@UGent.be,

Joost.Salomez@UGent.be

3. Samenstelling stuurgroep

Volgende personen maakten deel uit van de begeleidingsgroep:

Naam	Organisatie
Ann De Craene	VBT
Annick Goossens	VLM, afdeling Mestbank
Bart Boeraeve	AVBS-BB boomkwekerij
Danny Callens	POVLT
De Rooster Luc	Proefstation voor de groenteteelt SKW
Dirk Van Gijseghem	AMS
Els Lesage	VLM, Afdeling Mestbank
Erwin De Rocker	PCG
Guy Depraetere	ABS
Harry Neven	LNE ALBON
Koen Cochez	VLM, afdeling Mestbank
Koen Desimpelaere	VLM, Afdeling Mestbank
Kor Van Hoof	VMM
Luc De Reycke	PCG
Luc Vanoirbeek	Boerenbond
Nele Cattoor	Vegebe
Patrick Defosser	Picagel nv
Patrick Meulemeester	Boerenbond
Paul Demyttenaere	REO Veiling
Rik Decadt	REO Veiling
Sofie Ducheyne	VLM, Afdeling Mestbank
Stijn Overloop	VMM
Walter Van Neck	Boerenbond
Wim Vandenberghe	Belbior

4. Deel I : Enquêteering en gegevensverwerking

4.1 Uitvoering enquête

4.1.1 *Aanlevering van gegevens door de opdrachtgever*

Voor dit eerste deel van het onderzoek stelde de Mestbank de resultaten van de nitraatresidumetingen op de groentepercelen ter beschikking van de periode 1 oktober tot 15 november 2006.

Het betreft in totaal 849 percelen waarvan 691 percelen ‘andere vollegrondsgroenten’, 56 spruitkool, 17 tuinveldbonen, 85 boomkweek en sierteelt. De gegevens werden aangeleverd onder digitale vorm. Gegevens met betrekking tot de identiteit van de teler werden verwijderd.

4.1.2 *Opstellen en verzending van de enquête*

Het ontwerp van vragenlijst opgesteld door de opdrachthouders werd voorgesteld op de stuurgroepvergadering van 5/02/07. Op basis van de suggesties vanuit de stuurgroep werd de vragenlijst aangepast en werd het enquêteformulier in een eenvoudig leesbare vorm gegoten. Vervolgens werd dit ontwerp besproken met enkele stuurgroepleden. Andere stuurgroepleden gaven per mail hun aanvullingen en suggesties door.

Een persbericht werd opgesteld en gepubliceerd in de vakbladen (o.a. Boer en Tuinder, Drietandmagazine van 02/03/07,...) met het oog op het verbreden van de betrokkenheid van de ganse sector bij het onderzoek. Op hetzelfde moment werden de enquêteformulieren (zie voorbeeld in bijlage) met een begeleidende brief en een vooraf gefrankeerde omslag naar de landbouwers verstuurd.

Op diverse vergaderingen werden de tuinders aangesproken om de enquête degelijk in te vullen en zo snel mogelijk te antwoorden (vb. op de provinciale vergadering van 14/03/07 in Roeselare).

4.1.3 *Bevraging van de telers en inzameling van bijkomende informatie*

In eerste instantie werd slechts een beperkt aantal antwoorden ontvangen. Vanuit BDB-west in Roeselare werden vervolgens de tuinders opgebeld om alsnog de enquête in te vullen. Hierop kwamen diverse reacties binnen. Een belangrijk aandeel van de tuinders beloofde alsnog de enquête ingevuld te zullen binnen sturen, anderen brachten kritiek uit over onder andere het systeem van nitraatresiducontrole in de tuinbouw. Na 6 weken werden de coördinaten van de tuinders die nog niet hadden ingeschreven, doorgegeven aan de regionale vaste staalnemers die de tuinders vervolgens telefonisch gecontacteerd hebben of een persoonlijk bezoek brachten. Al deze acties resulteerden in een respons van 284 enquêtes, wat neerkomt op 34 %. Dit is een behoorlijk resultaat, rekening houdend met de gevoeligheid van de materie.

Aangezien de telefonische acties en de individuele bezoeken veel tijd in beslag hebben genomen, heeft de enquêtering zelf over vijf maanden gelopen, waardoor het volgend werkpakket met bijna 2 maanden vertraging opgestart werd.

De per post ontvangen enquêtes werden eerst op volledigheid gecontroleerd. Waar wenselijk werd telefonisch contact opgenomen met deze telers om de enquête alsnog te vervolledigen.

4.1.4 Verwerking gegevens

De bekomen gegevens werden door het onderzoeksconsortium in een hiervoor opgezette databank ingebracht (Access formaat) met het oog op de statistisch verwerking. Alle gegevens werden manueel gescreend op hun consistentie en volledigheid.

In een volgende fase werd per individueel perceel een balansberekening (zie Figuur 1) gemaakt waarbij de diverse posten in de balans werden begroot. Voor het berekenen van deze posten werd naast de gegevens bekomen uit de enquête ook gebruik gemaakt van gegevens uit andere databanken. Zo kan bijvoorbeeld wanneer de voorjaarsreserve van het individueel perceel niet beschikbaar is, een schatting gemaakt worden aan de hand van de N-indexmetingen voor eenzelfde voorvrucht uitgevoerd door de Bodemkundige Dienst van België in het voorjaar van 2006.

Het begroten van de mineralisatie uit oogstresten, groenbemesters en toegediende dierlijke en andere meststoffen gebeurde op basis van literatuurgegevens en van de expertise van beide partners. De N mineralisatie uit bodem organische stof is een stuk moeilijker te begroten in deze tuinbouwgronden. Daarom werd voor deze studie een inschatting gemaakt op basis van de gegevens uit de N-eco² studie en van de studie betreffende de onderbouwing van de bemestingsnormen.

De beschikbare onderzoeks- en praktijkgegevens over stikstofvrijstelling uit oogstresten, groenbemesters, etc. werden gebruikt om de balans volledig te maken. Eventuele uitspoelingsverliezen werden begroot met behulp van een doorrekening van de neerslagoverschotten gekoppeld aan het Burns-model.

Gezien de uiteindelijke dataset niet echt omvangrijk is (284 records), de veelheid van beïnvloedende factoren en het feit dat bepaalde gegevens (bijvoorbeeld omvang uitgevoerde bemesting) niet steeds accuraat beschikbaar waren, werd de verdere verwerking met de nodige landbouwkundige inzichten uitgevoerd.

De verwerking van de gegevens en de resultaten van de balansberekeningen worden in detail besproken in hoofdstuk 4.5.

N-Aanvoerposten	N-Afvoerposten
N-reserve in het voorjaar in het bodemprofiel	N-opname door gewas
Verwachte N-mineralisatie uit bodemhumus, oogstresten, groenbemester	N-opname door groenbemester
Toegediende minerale stikstofbemesting	Eventuele N-verliezen tijdens de teelt (ammoniakvervluchtiging, immobilisatie, denitrificatie, uitspoeling)
N-vrijstelling uit toegediende dierlijke en andere organische meststoffen	Nitraatresidu

Figuur 1: Schematische weergave van de bodembalans

4.2 Beoordeling van een aantal individuele enquêtes

Op basis van een eerste analyse door het onderzoek consortium werd vastgesteld dat het te onderzoeken pakket tuinbouwgewassen tamelijk ruim was, waardoor voor de meeste teelten uiteindelijk weinig gegevens ter beschikking waren. Enkel voor prei en bloemkool waren in voldoende mate gegevens aanwezig om een eerste analyse door te voeren (± 50 enquêtes). Voor deze eerste analyse werden van beide teelten de tien hoogste en tien laagste waarden geselecteerd en werd nagegaan of deze waarden logischerwijze verklaard konden worden en welke de belangrijkste beïnvloedende factoren waren. In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van deze waarden.

Tabel 1. Overzicht van de tien laagste en tien hoogste nitraatstikstofresiduwaarden ($\text{kg NO}_3^- \text{-N/ha}$) voor de teelten bloemkool en prei

Bloemkool				Prei			
Nummer enquête	Laagste waarden	Nummer enquête	Hoogste waarden	Nummer enquête	Laagste waarden	Nummer enquête	Hoogste waarden
1575	18	1551	861	1283	59	1820	577
1316	51	1532	696	1307	70	1070	553
1676	61	1261	674	1681	83	1032	496
1455	64	1799	635	1496	94	1758	482
1167	96	1760	546	1190	101	1047	435
1023	100	1800	546	1452	107	1766	404
1463	108	1068	534	1345	119	1580	395
1582	125	1291	499	1342	123	1623	351
1012	130	1512	490	1252	137	1384	349
1427	131	1704	461	1060	143	1075	345

Uit Tabel 1 kan eerst en vooral afgeleid worden dat voor wat betreft de laagste waarden de huidige nitraatstikstofresiduwaarde voor het opleggen van administratieve boetes, nl. $150 \text{ kg NO}_3^- \text{-N/ha}$ nooit overschreden wordt. Anderzijds wordt de waarde van $90 \text{ kg NO}_3^- \text{-N/ha}$ slechts in 7 gevallen niet overschreden. Verder blijkt uit deze tabel vooral de grote discrepantie tussen de laagste en de hoogste waarden, waarbij voor bloemkool de gemiddeld laagste en hoogste waarde

een factor 6.7 verschillen (88 kg N/ha ↔ 594 kg N/ha), terwijl dit voor prei 'slechts' een factor 4.2 bedraagt (104 kg N/ha ↔ 439 kg N/ha).

Voor elk van deze waarden werd individueel nagegaan waarom een bepaalde landbouwer een bepaalde waarde bekomen had. Hoewel er via de enquêtes naar gestreefd werd om zo veel mogelijk gegevens ter beschikking te hebben, moet toch gesteld worden dat de beschikbare informatie in een aantal gevallen te beperkt was om een verklaring voor de cijfers te kunnen geven (enquêtenummers 1463 en 1496). In andere gevallen bleek de informatie wel volledig, maar dan nog kon geen verklaring gevonden worden. Het betreft de enquêtenummers 1575, 1316, 1012 en 1283. Met andere woorden, de (heel) lage nitraatstikstofresiduwaarden laten zich iets moeilijker verklaren dan de (heel) hoge waarden.

Nochtans is de verklaring voor wat betreft de laagste waarden in de meeste gevallen gewoon terug te brengen tot een correcte bemesting. Daarbij hebben landbouwers, naast het opvolgen van een advies, bv. rekening gehouden met het vrijkomen van stikstof uit oogstresten (enquête 1023) of hebben ze minder bemest dan volgens het advies nodig was (enquête 1190), omdat ze voldoende rekening hielden met hun perceelskarakteristieken (hoog organische koolstofgehalte en frequente toedieningen van varkensdrijfmest en stalmest in het verleden).

Voor wat betreft de hoge waarden kwamen meestal een viertal bepalende factoren naar voor:

1. Hoge hoeveelheden nitraatstikstof in de laag 60-90 cm (18 van de 20 velden hoog). Hoewel men kan opwerpen dat prei en bloemkool deze laag niet kunnen uitputten omwille van hun beperkte bewortelingsdiepte, wijzen deze hoge hoeveelheden vaak op een mismanagement in het (de) voorbije ja(a)r(en).
2. In de meeste gevallen werd te veel bemest (15 van de 20 velden). Dit teveel bemesten hangt in hoofdzaak samen met punt 3.
3. Mineralisatie uit de organische stof van de bodem werd niet of onvoldoende in rekening gebracht.
4. Bij dubbelteelten werd de mineralisatie uit de oogstresten van de eerste teelt niet of onvoldoende in rekening gebracht.

Deze factoren werden door de landbouwers met een laag nitraatstikstofresidu vaak wel in rekening gebracht, waardoor hun bemestingshoeveelheden vaak beduidend lager lagen dan bij de landbouwers met de hoge nitraatstikstofresiduwaarden.

Naast deze vier factoren werden sporadisch nog een aantal andere zaken vastgesteld, zoals het bemesten van een gescheurde weide, het opnieuw planten van bloemkool spijs de aanwezigheid van een bodemziekte in de eerste teelt, het te laat inzaaien van groenbemesters na een vroege teelt, etc.

Verder blijkt dat de kennis van de telers omtrent de belangrijkste aanvoerposten vaak onvoldoende is, waardoor de bemestingshoeveelheid niet aangepast is aan de behoefte van de gewassen.

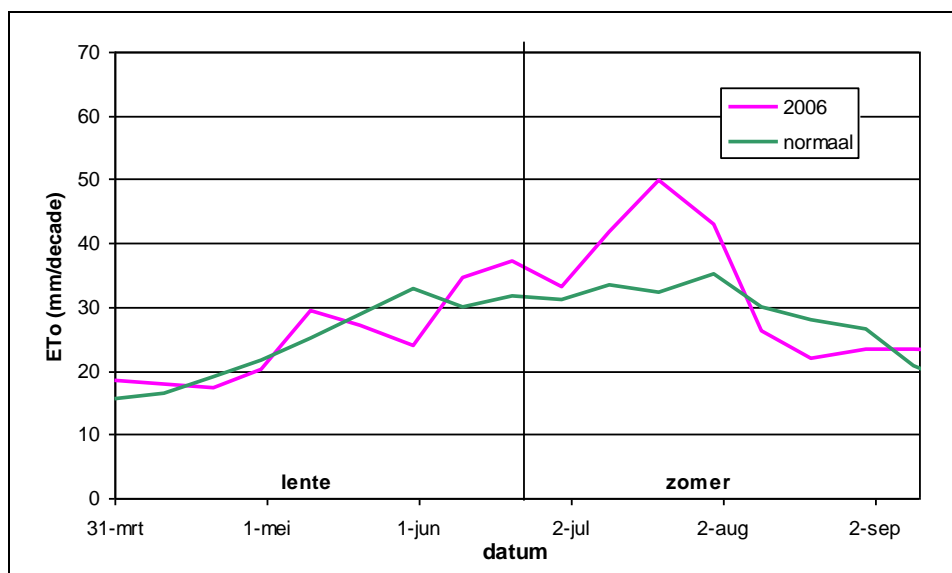
Uit deze beperkte screening komt meteen naar voor dat via enquêtering en correct ingevulde vragenlijsten heel wat nuttige informatie verzameld kan worden over de gevolgen van bepaalde teelttechnieken (gewaskeuze, inzet organische meststoffen, etc.) en (over)bemesting op het nitraatstikstofresidu.

4.3 Algemeen neerslag- en gewasverdampingspatroon in 2006

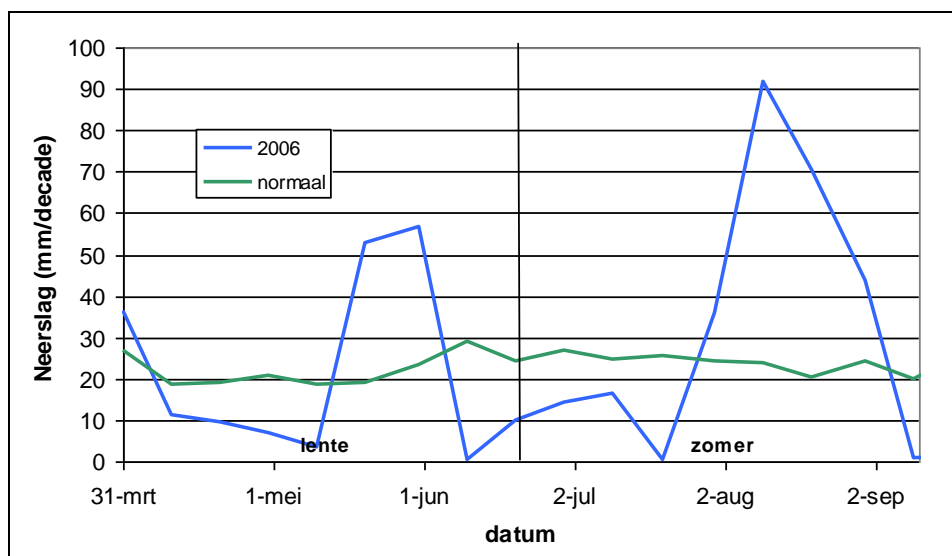
In de aanvang van de lente was de vochtvraag (referentie-evapotranspiratie of gewasverdamping, in hoofdzaak temperatuur en zon) iets hoger dan de gemiddelde vochtvraag. Vanaf eind mei, begin juni daalde de vochtvraag. Er kan echter gesteld worden dat de lente van 2006 iets warmer en zonniger was dan de gemiddelde lente. Tijdens de zomer en meer bepaald tijdens de maand juli was de vochtvraag zeer hoog. Er kan dan ook gesteld worden dat de zomer van 2006 zeer warm was niettegenstaande dat de vochtvraag tijdens de maand augustus onder het gemiddelde lag.

Tijdens de start van de lente was de neerslag beperkt. Vanaf eind mei viel er zeer veel neerslag. Wanneer de lente van 2006 over zijn geheel wordt beschouwd mag echter gesteld worden dat de lente van 2006 normaal tot droog was. De zomer van 2006 was zeer nat. Dit vanwege de uitzonderlijk natte maand augustus.

De zomer van 2006 kan vooral beschouwd worden als een zomer van extremen. In juni, maar vooral in juli was er een zeer hoge vochtvraag met slechts beperkte neerslag. Tijdens de maand augustus viel er uitzonderlijk veel neerslag, gevolgd door een eerder droge septembermaand.



Figuur 2: Referentie-gewasverdamping per 10 dagen in 2006 en in een normaal jaar (Ukkel).



Figuur 3: Neerslag per 10 dagen in 2006 en in een normaal jaar (Ukkel).

4.4 Algemeen opbrengstniveau voor de tuinbouwteelten in 2006

In 2006 hebben vooral sommige vroege groenteteelten (zoals spinazie, bloemkool en erwten) geleden onder het droge voorjaar en de uitzonderlijk hete julimaand. Zeker als deze teelten niet onder irrigatie waren, kon een lagere opbrengst genoteerd worden.

Op heel wat aardappelpercelen hebben de relatief hoge bodemtemperaturen in juli doorwas geïnduceerd, met als gevolg dat 2006 een slecht jaar was voor deze teelt.

4.5 Gegevensverwerking - opstellen van balansen

Dit gedeelte beschrijft de gevolgde werkwijze bij het verwerken van de gegevens uit de 284 enquêtes die werden teruggestuurd door een deel van de bevraagde tuinbouwers. Eerst werd de informatie uit de enquêtes overgebracht in een Microsoft Access database. Hiertoe werd een formulier aangemaakt, om de invoer te stroomlijnen. Nadien – maar ook vóór het invoeren van de enquêtes in de database – werden verschillende handelingen ondernomen om de dataset te corrigeren en te optimaliseren, dit om verdere verwerking in Microsoft Excel mogelijk te maken.

Tenslotte kon op basis van deze geoptimaliseerde dataset een rudimentaire N-balans voor 224 van de 284 percelen opgesteld worden. Voor 60 enquêtes ontbrak immers essentiële informatie (zie verder) zodat deze niet verder weerhouden werden voor verwerking. Daarvoor werden de 9 belangrijkste factoren die de N-balans beïnvloeden in rekening gebracht: de voorjaarsreserve, de minerale N-bemesting, mineralisatie van oogstresten, mineralisatie van humus en mineralisatie van organische mest aan aanvoerszijde; de N-opname, denitrificatie, uitspoeling en N-residu aan afvoerszijde.

4.5.1 Correctie en optimalisatie van dataset

Tijdens een eerste uitgebreide manuele screening van de teruggestuurde enquêtes werd getracht om diverse tekortkomingen van de dataset te elimineren: willekeurige teeltbenamingen werden vervangen door standaard teeltcodes, namen van meststoffen en bekalking werden gestandaardiseerd, niet-stikstof bemesting werd geschrapt, ontbrekende teelt- en meststofgegevens werden in de mate van het mogelijke aangevuld, misplaatste gegevens werden op de juiste plaats ingevuld, duidelijk foutieve data werden uit de dataset geweerd en onrealistische bemestingsdosissen werden gecorrigeerd. Dit laatste betreft vooral de correctie van bemestingsdosissen die in een foutieve eenheid uitgedrukt waren (bijvoorbeeld kg/ha in plaats van ton/ha). De opmerkingen van de landbouwers waren in dit hele proces een waardevolle hulp. Bij onduidelijkheden werd de landbouwer gecontacteerd met de vraag meer duidelijkheid te verschaffen.

Vervolgens werden de gegevens uit de enquêtes (analyseresultaten, voorgeschiedenis van het perceel, stikstofbemesting en bekalking, grondbewerkingen en teeltgegevens) gekoppeld aan een dataset die aangeleverd werd door de VLM. Deze dataset bevatte perceelsgegevens zoals geregistreerd door de VLM (o.a. X/Y coördinaten van het perceel, oppervlakte van het perceel, bedrijfstype) en resultaten van de NO_3^- -N-residu metingen (o.a. NO_3^- -N-residu in de laag 0-90, datum van staalname, indicatie of het perceel al dan niet beteeld was tijdens staalname). Beide datasets konden aan elkaar gekoppeld worden met behulp van het registratienummer van het perceel. Nadat de geleverde opmerkingen waren ingedeeld in een 15-tal categorieën, konden ook deze worden toegevoegd aan de dataset. Om de leesbaarheid van de databank te verhogen, werden alle gebruikte codes (teeltcodes, toedieningswijze mest, textuur, opbrengstbeoordeling, oorzaak lage opbrengst, verwerking oogstresten, type organische mest, grondbewerking, bestemming hoofddeelt, bedrijfstype) vervangen

door een alfanumerieke verklaring. Tenslotte werd de Accesdatabase geëxporteerd naar Excel.

Ook tijdens het opstellen van de N-balans werden nog een aantal correcties en optimalisaties doorgevoerd. Zo bleek dat de door de VLM toegeleverde databank in sommige gevallen onrealistische staalnamedata bevatte (stalen zouden bijvoorbeeld op een willekeurige dag van 1909, 1917 of 1931 in plaats van in oktober of november 2006 genomen zijn). Deze werden vervangen door een gemiddelde staalnamedatum (nl. 21/10/2006). Wanneer zaai- en/of oogstdatum ontbraken, werd gewerkt met gemiddelde zaai- en/of oogstdata en met een gemiddelde groeiperiode (bron: BEMEX BDB, kwantitatieve informatie PAGV). Tenslotte werden er 60 onbruikbare enquêtes uitgefilterd, omdat niet minstens de hoofdteelt en de toegediende bemesting waren ingevuld, of omdat niet minstens 1 teelt een groenteteelt betrof. Voor deze 60 percelen werd dan ook geen N-balans opgesteld.

4.5.2 Opstellen van N-balans

Nadat de dataset in Excel-formaat was geconverteerd, en na een heel aantal noodzakelijke correcties en optimalisaties, werd voor 224 percelen een rudimentaire N-balans aangemaakt (zie ook Figuur 1 op pagina 5). In wat volgt worden alle 9 factoren die deze balans mee bepalen (voorjaarsreserve, minerale N-bemesting, mineralisatie van oogstresten, humus en organische mest enerzijds en N-opname, denitrificatie, uitspoeling en N-residu anderzijds) besproken. Voor elke factor worden eerst de basisgegevens aangehaald waarop de berekening van de factor steunt. Deze gegevens zijn afkomstig uit de literatuur of werden afgeleid uit analyseresultaten van de BDB. Daarna worden telkens de inputparameters opgesomd. Dit zijn de perceelsspecifieke variabelen die een rol spelen in de berekening van de betreffende factor. Verder worden voor elke factor mogelijke foutbronnen vernoemd, die eventueel de juistheid van de berekening kunnen beïnvloeden. Voor alle foutbronnen werd in de mate van het mogelijke een oplossing gezocht, zodat de balansen zo realistisch en bruikbaar mogelijk zijn. Tenslotte wordt de berekeningswijze van elke factor in detail toegelicht.

4.5.2.1 Minerale N-bemesting

Basisgegevens:

In Tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de relevante minerale N-meststoffen. Voor alle minerale meststoffen wordt de werkingscoëfficiënt op 100 % bepaald, dit wil zeggen dat al de aanwezige stikstof geacht wordt in jaar van toediening vrij te komen.

Tabel 2: Overzicht van relevante minerale N- meststoffen.

Afkorting	Verklaring	Type	Totale N* % N%
amn	ammoniumnitraat	Mineraal	27.0
ams	ammoniumsulfaat	Mineraal	21.0
can	calciumnitraat	Mineraal	15.5
chi	chilinitraat	Mineraal	16.0
enp	entec perfect	Mineraal	14.0
ent	entec	Mineraal	26.0
kac	kalkcyanamide	Mineraal	20.0
kan	kaliumnitraat	Mineraal	13.0
s10n	samengesteld 10%N	Mineraal	10.0
s12n	samengesteld 12%N	Mineraal	12.0
s13n	samengesteld 13%N	Mineraal	13.0
s14n	samengesteld 14%N	Mineraal	14.0
s15n	samengesteld 15%N	Mineraal	15.0
s18n	samengesteld 18%N	Mineraal	18.0
s20n	samengesteld 20%N	Mineraal	20.0
s2n	samengesteld 2%N	Mineraal	2.0
s6n	samengesteld 6%N	Mineraal	6.0
s8n	samengesteld 8%N	Mineraal	8.0
ure	ureum	Mineraal	46.0
vls	vloeibare stikstof	Mineraal	30.0

*Totale N : de totale N-inhoud van de meststof

Input parameters:

- soort meststof, N-inhoud, dosis

Mogelijke foutbronnen:

- geen of foutieve bemestingsgegevens (soort, dosis) beschikbaar

Berekeningswijze:

- De N-inhoud uit de basistabel wordt gebruikt als de N-inhoud niet gegeven is of als de gegeven N-inhoud buiten het interval 'N-inhoud uit de tabel +/- 1 %' valt. De N-gift (kg N/ha) wordt bepaald als het product van dosis (kg meststof/ha), (gecorrigeerde) N-inhoud (% N) en werkingscoëfficiënt. Een werkingscoëfficiënt van 100 % wordt toegepast. Voorgaande werkwijze wordt voor elke opgegeven minerale bemesting (max. 5) gebruikt. De som van de afzonderlijke N-giften geeft de totale werkzame minerale N-gift.

4.5.2.2 N-opname

Basisgegevens:

In Tabel 3 wordt de gemiddelde totale stikstofopname van de verbouwde gewassen gegeven. Voor een aantal gewassen betreft het de N-opname bij inzaai als groenbemester. Dit wordt in de tabel aangeduid.

Tabel 3: Overzicht van totale N-opname per teelt.

Hoofddeelt	N-opname totaal * kg N/ha	Groenbemester	N-opname totaal * kg N/ha
aardbeien	120	mosterd	55
andijvie	160	phacelia	60
bloemkool	250	raaigras, èèn snede	115
boomkwekerij : loofhout	100	rammenas	90
broccoli	260	snijrogge	90
chinese kool	230		
chrysanten in volle grond	150		
courgetten	230		
deeg- of voedermaïs	250		
erwten	180		
groene kool (savooikool)	300		
groene selder	300		
knolselder	230		
paardebonden	160		
peterselie	175		
plantui	90		
pompoenen	155		
prei	240		
raapkool	170		
rode kool	300		
schorseneer	120		
sjalot	160		
sla	150		
spinazie	140		
spruitkool	325		
struikbonen	140		
vroege aardappelen	200		
wintertarwe	250		
witloof	115		
witte kool	300		
wortelen	175		

* 'N-opname totaal' is de gemiddelde totale hoeveelheid N die door een teelt wordt opgenomen van zaai tot oogst. Bron: Mestdecreet, proefveldgegevens BDB, Nutrinorm, KVIV studiedag 'MAP ja maar'.

Tabel 4: N-opname door prei

Maanden na planten teeltstadium prei	reeds opgenomen N kg N/ha
1	20
2	70
3	120
4	170
5	225
6	235
7	240

Deze tabel geeft de gemiddelde cumulatieve hoeveelheid N die een teelt prei reeds heeft opgenomen in een bepaald teeltstadium (uitgedrukt in maanden). Bron: N-eco² studie 2004, Coopman 2007.

Tabel 5: De aangenomen waarden van enkele variabelen die relevant zijn bij de berekening van de N-opname

Variabele	Waarde
Einde groeiseizoen	31/10/2006
Gemiddelde lengte groeiperiode van een groenbemester tot einde groeiseizoen (mnd)	3
Gemiddelde lengte groeiperiode van raaigras (mnd)	6
Voorjaars-N-opname door raaigras (kg N/ha)	105
Najaars-N-opname door raaigras bij inzaai einde september begin oktober (kg N/ha)	10

Bron: BDB.

Input parameters:

- Staalnamedatum, teelt/groenbemester, zaaidatum prei, oogstdatum prei, zaaidatum groenbemester

Mogelijke foutbronnen:

- Hoofddeelt/groenbemester werd niet gegeven; zaaidatum groenbemester werd niet gegeven. De weergegeven hoeveelheden zijn gemiddelde cijfers. De effectieve N-opname op perceelsniveau kan hiervan sterk afwijken omwille van hogere/lagere productie en afwijkend N-aanbod. Een hoge N-gift kan bijvoorbeeld tot hogere N-gehalten in een aantal gewassen leiden.

Berekeningswijze:

- Eerst wordt de N-opname voor een bepaalde teelt opgezocht in de basistabel. Vervolgens worden een aantal correcties doorgevoerd. Sommige teelten zijn immers nog niet van het veld tijdens de staalname en hebben bijgevolg nog niet zoveel N opgenomen als wordt aangegeven in de basistabel. In deze studie wordt ervan uit gegaan dat enkel prei en een eventuele groenbemester tijdens de winter op het veld blijven staan. In het geval van een preiteelt wordt als volgt gecorrigeerd: als de prei geoogst wordt na staalnamedatum, wordt gekeken hoeveel maanden de prei bij staalname reeds op het veld staat en wordt de correcte N-opname in Tabel 4 opgezocht. In het geval van een groenbemester wordt als volgt gecorrigeerd: eerst wordt er gekeken hoeveel maanden de groenbemester reeds op het veld staat bij staalname, of – in het geval dat de staalname na het einde van het groeiseizoen valt – hoeveel maanden de groenbemester op het veld staat op het einde van het groeiseizoen (zie Tabel 5). Vervolgens wordt de gecorrigeerde N-opname bepaald als

het product van de maximale opname uit de basistabel en de fractie groeiperiode/gemiddelde groeiperiode (zie Tabel 5). Voorgaande werkwijze wordt toegepast voor alle opgegeven teelten (max. 2) en eventuele groenbemester. De som van elke afzonderlijke N-opname bepaalt de totale N-opname uitgedrukt in kg N/ha.

Opmerkingen:

- Ook raaigras vergt een aangepaste werkwijze, omdat deze groenbemester in het voorjaar nog lang op het veld staat en dan bijgevolg nog veel N kan opnemen. Voor raaigras dat begin 2006 op het veld stond, wordt de najaars-N-opname van de totale opname afgetrokken. Voor raaigras dat eind 2006 werd gezaaid, wordt de N-opname berekend zoals hierboven beschreven voor een groenbemester, maar in plaats van te werken met een gemiddelde groeiperiode van 3 maanden wordt er een gemiddelde groeiperiode van 6 maanden in rekening gebracht (zie Tabel 5).
- Voor vlinderbloemigen zoals erwten en struikbonen werd de N-fixatie uit de lucht niet in rekening gebracht. Dit betekent dat de N-aanvoerpost voor deze gewassen onderschat werd.

4.5.2.3 Mineralisatie van oogstresten

Basisgegevens:

In Tabel 6 wordt een overzicht gegeven van de gemiddelde N-inhoud van de oogstresten van diverse groentegewassen, terwijl Tabel 7 een overzicht geeft van de procentuele mineralisatiegraad van de op het veld achtergelaten oogstresten.

Tabel 6: Overzicht van de gemiddelde N-inhoud van de oogstresten van verschillende teelten.

Hoofddeelt	N-inhoud afgevoerd product * kg N/ha	N-inhoud oogstrest kg N/ha
aardbeien	50	70
andijvie	115	45
bloemkool	120	130
boomkwekerij : loofhout	100	0
broccoli	85	175
chinese kool	130	100
chrysanten in volle grond	120	30
courgetten	55	175
deeg- of voedermaïs	240	10
erwten	60	120
groene kool (savooikool)	160	140
groene selder	180	120
knolselder	130	100
paardebonen	70	90
peterselie	160	15
plantui	90	0
pompoenen	115	40

Hoofddeelt	N-inhoud afgevoerd product * kg N/ha	N-inhoud oogstrest kg N/ha
prei	160	80
raapkool	90	80
rode kool	160	140
schorseneer	75	45
sjalot	160	0
sla	110	40
spinazie	120	20
spruitkool	135	190
struikbonen	45	95
vroege aardappelen	180	20
wintertarwe	240	10
witloof	71	44
witte kool	150	150
wortelen	100	75
Groenbemester	N-inhoud afgevoerd product * kg N/ha	N-inhoud oogstrest kg N/ha
mosterd	0	55
phacelia	0	60
raaigras, èèn snede **	95	20
rammenas	0	90
snijrogge	0	90

* In de middelste kolom wordt eveneens de N-inhoud van het afgevoerde product vermeld. Bron: Mestdecreet, proefveldgegevens BDB, Nutrinorm, KVIV MAP ja maar.

** Er wordt verondersteld dat raaigras rond half september als groenbemester wordt ingezaaid, dat het gras in het voorjaar wordt gemaaid, en dat de graszode vervolgens wordt ondergewerkt.

Tabel 7: Mineralisatiegraad voor verschillende periodes(in %)

% min okt-nov	% min sep-nov	% min aug-nov	% min jul-nov	% min jun-nov	% min mei-nov	% min apr-nov
20	40	55	70	80	80	80

Deze periodes variëren in lengte tussen 1 en 7 maanden en refereren naar de periode dat oogstresten tijdens het zelfde groeiseizoen op het veld blijven liggen na oogst en mineraliseren tot en met het einde van het groeiseizoen. Bron: Expertise BDB en Ugent

Tabel 8: Aangenomen waarde einde groeiseizoen voor berekening mineralisatie oogstresten

Einde groeiseizoen	31/10/2006
--------------------	------------

Bron: BDB

Input parameters:

- Staalnamedatum, teelt, oogstdatum teelt

Mogelijke foutbronnen:

- Hoofddeelt werd niet gegeven; oogstdatum hoofddeelt is niet gegeven. De N-inhoud van de oogstrest kan op perceelsniveau (afwijkende productie, hoger N-aanbod) op een ander niveau liggen dan weergegeven in Tabel 6. Het mineralisatieverloop van de oogstresten is functie van de wijze en tijdstip van onderwerken. Hiervoor werd niet specifiek gecorrigeerd.

Berekeningswijze:

- De N-inhoud van de betreffende oogstrest wordt in de basistabel opgezocht. Als er geoogst is voor het einde van het groeiseizoen en voor staalnamedatum, wordt aangenomen dat de oogstrest zal mineraliseren; de fractie van de totale oogstrest die mineraliseert is dus functie van de oogstdatum en de staalnamedatum. Deze fractie wordt berekend als % mineralisatie van oogstdatum tot einde groeiseizoen (zie Tabel 7 en Tabel 8) minus % mineralisatie van staalnamedatum tot einde groeiseizoen (als de staalname voor het einde van de groeiseizoen is gebeurd) (zie Tabel 7 en Tabel 8). De mineralisatie is dan het product van deze fractie en de N-inhoud van de oogstrest in kwestie. Op voorgaande wijze worden de oogstresten van max. 2 teelten in rekening gebracht. De som van de afzonderlijke resultaten geeft de totale mineralisatie van oogstresten.

Opmerking:

- Er werd geen rekening gehouden met de mineralisatie van eventuele oogstresten van een teelt uit het voorgaande jaar of van een teelt die voor 01/04/2006 geoogst werd.

4.5.2.4 Mineralisatie van bodem organische stof**Basisgegevens:**Tabel 9: *Maandelijkse mineralisatie van bodem organische stof in functie van % C en textuur*

%C	maandelijkse mineralisatie in kg N/ha												
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	mar-sep
	leem												
0.9	4.4	4.4	6.3	8.3	11.5	14.4	15.9	15.6	12.7	8.9	6.0	4.7	84.8
1.2	5.9	5.9	8.5	11.2	15.5	19.4	21.4	21.1	17.1	12.0	8.1	6.4	114.3
1.4	6.5	6.5	9.4	12.4	17.2	21.5	23.7	23.3	18.9	13.3	9.0	7.1	126.6
	zand												
1.3	6.9	6.9	9.9	11.8	16.1	20.0	21.9	21.5	18.8	12.5	9.4	7.4	120.0
1.8	9.1	9.1	13.1	15.6	21.3	26.4	28.9	28.4	24.8	16.5	12.5	9.8	158.6
2.3	11.5	11.5	16.6	19.7	26.9	33.5	36.6	36.0	31.4	20.9	15.8	12.5	200.8
	zandleem												
0.7	3.9	3.9	5.7	7.5	10.3	13.0	14.3	14.1	11.4	8.0	5.4	4.3	76.2
1.1	6.4	6.4	9.2	12.2	16.8	21.0	23.2	22.8	18.5	13.0	8.8	6.9	123.8
1.3	7.4	7.4	10.6	14.0	19.4	24.3	26.8	26.4	21.4	15.0	10.1	8.0	142.9
	klei												
0.9	4.0	4.0	5.8	7.7	10.6	13.3	14.6	14.4	11.7	8.2	5.5	4.4	78.1
1.2	5.5	5.5	7.9	10.5	14.5	18.1	20.0	19.7	16.0	11.2	7.5	6.0	106.7
2.8	16.6	16.6	23.8	31.6	43.6	54.6	60.2	59.2	48.1	33.8	22.7	17.9	321.0

De opgegeven waarden zijn gecorrigeerd voor gemiddelde maandtemperatuur en vochtgehalte. Bron: berekening door BDB op basis van N-Eco².



Input parameters:

- Staalnamedatum, textuur, %C

Mogelijke foutbronnen:

- In vele situaties is het effectief koolstofgehalte niet gekend. Tabel 9 geeft een gemiddeld mineralisatieverloop zonder rekening te houden met de effectieve perceelsgeschiedenis (o.a. veel of weinig recente toedieningen van organisch materiaal).

Berekeningswijze:

- Vooreerst werden eventueel ontbrekende gegevens aangevuld: indien geen textuur gegeven werd, werd deze opgezocht op de kaart van de landbouwstreken; indien geen %C gegeven werd, werd de standaard waarde voor de betreffende textuur (in het vet in de basistabel) genomen. Vervolgens werd voor elke textuur-%C combinatie de mineralisatie van maart tot september in de basistabel opgezocht. Als een bepaald %C niet in deze basistabel voorkomt, wordt op basis van lineaire inter- en extrapolatie de overeenkomstige mineralisatie voor maart tot september voorspeld. Hierbij wordt verondersteld dat %C en humusmineralisatie zich +/- lineair t.o.v. elkaar verhouden. Gekende waarden voor %C voor de betreffende textuur en gekende mineralisatiewaarden van maart tot september voor de betreffende textuur zijn de input voor deze inter- of extrapolatie. Verder wordt op basis van de staalnamedatum beslist of de mineralisatie van oktober en november ook in rekening moet gebracht worden.
- Volgende regels gelden: als de staalnamedatum vroeger was dan 8/10/2006, wordt geen rekening gehouden met de mineralisatie van oktober en november; als de staalnamedatum begrepen is tussen 8/10/2006 en 23/10/2006, wordt 1/2 van de mineralisatie voor oktober bijgeteld; als de staalnamedatum echter begrepen was tussen 23/10/2006 en 8/11/2006, wordt de mineralisatie van oktober volledig in rekening gebracht. Tenslotte: als de staalnamedatum later viel dan 8/11/2006, wordt ook 1/2 van de mineralisatie van november bijgeteld. De grensdata 8/10, 23/10 en 8/11 zijn gekozen op basis van volgende redenering: als de staalname tijdens de eerste week van oktober (dus vóór 8/10) heeft plaatsgevonden, is het niet nodig om een deel van de mineralisatie van oktober in rekening te brengen. Bij een staalname tijdens de tweede of derde week van oktober (dus tussen 8/10 en 23/10), is het aangewezen om de helft van de mineralisatie van oktober bij te tellen, maar onredelijk om rekening te houden met de gehele mineralisatie van de maand oktober. Een gelijkaardige gedachtegang is gevolgd voor de andere grenswaarden.
- Mineralisatie voor oktober en november wordt op basis van textuur-%C opgezocht in de basistabel; ook hier wordt inter- of extrapolatie toegepast als het betreffende %C niet in de tabel voorkomt. De totale humusmineralisatie tenslotte is de som van de mineralisatie van maart tot september en eventueel de mineralisatie in oktober en november. Omdat voor hoge C-gehalten de humusmineralisatie zich niet meer volledig lineair verhoudt tot het %C, wordt de totale humusmineralisatie gelijk gesteld aan een maximum per textuur (180 kg N/ha voor leem; 240 kg N/ha voor zand; 190 kg N/ha voor zandleem; 321 kg N/ha voor klei) als de berekende mineralisatie dit maximum overschrijdt.

4.5.2.5 Mineralisatie van organische bemesting

Basisgegevens:

Tabel 10: Overzicht van relevante organische meststoffen

Afkorting	Verklaring	Type	Totale N* kg N/ton	WK %	Werkzame N kg N/ton
cha	champignonmest	Organisch	8.0	26	2.1
eff	effluenten	Organisch	0.6	80	0.5
gft	groenten-, fruit en tuinafval	Organisch	12.4	10	1.2
kdm	kippendrijfmest	Organisch	10.8	66	7.1
ksm	kippenstalmest	Organisch	29.5	52	15.3
psm	paardenstalmest	Organisch	5.0	28	1.4
rdm	runderdrijfmest	Organisch	5.1	60	3.1
rsm	runderstalmest	Organisch	8.3	31	2.6
vbb	varkensbrijbak	Organisch	9.0	67	6.0
vdm	varkensdrijfmest	Organisch	8.1	67	5.4
zdm	zeugendrijfmest	Organisch	4.6	64	2.9

Totale N : de totale N-inhoud van de meststof, uitgedrukt per ton vers product,

WK : werkingscoëfficiënt,

Werkzame N : de hoeveelheid N waarvan verwacht wordt dat die in het teeltjaar zelf nog zal vrijkomen. Bron: mestanalyses en expertsysteem Bemorgex BDB

Input parameters:

- Soort meststof, N-inhoud, dosis

Mogelijke foutbronnen:

- Geen of foutieve bemestingsgegevens (soort, dosis) beschikbaar. Het werkelijk N-gehalte van de toegediende mest (in vele enquêtes niet vermeld) kan in realiteit sterk afwijken van de hier gehanteerde gemiddelde samenstelling.

Berekeningswijze:

- De N-inhoud uit de basistabel wordt gebruikt indien de N-inhoud niet gegeven werd of als de gegeven N-inhoud buiten het aanvaardbaar interval van 0-30 kg N/ton ligt. De N-gift (kg N/ha) wordt bepaald als product van dosis (ton meststof/ha), gecorrigeerde N-inhoud (kg N/ton meststof) en bijhorende werkingscoëfficiënt. Deze werkingscoëfficiënt wordt opgezocht in de basistabel en reflecteert de hoeveelheid N die datzelfde jaar nog zal mineraliseren uit organische mest bij toediening begin maart (de meeste organische meststofgiften in het kader van deze studie zijn gebeurd tussen maart en juni 2006) op een bodem van willekeurige textuur. Voorgaande werkwijze wordt voor elke opgegeven organische bemesting (max. 5) gebruikt. De som van de afzonderlijke N-giften geeft de totale hoeveelheid gemineraliseerde N uit organische bemesting toegediend tijdens het teeltjaar zelf.

Opmerking:

- Voor de organische bemesting toegediend in 2005 of vroeger werd geen extra stikstofmineralisatie in rekening gebracht. Er is vanuit gegaan dat deze organische mest is opgenomen in de humuspool die ter beschikking staat van mineralisatie tijdens het teeltseizoen van 2006. Deze benadering is niet helemaal correct, aangezien voor percelen met een regelmatige toediening van dierlijke mest een hoger percentage labiele organische stof aanwezig is, waardoor een verhoogde mineralisatie optreedt. Aangezien op veel enquêteformulieren deze informatie zeer slecht of niet is meegedeeld was het echter niet mogelijk om hiervoor op een correcte wijze te corrigeren.

4.5.2.6 Voorjaarsreserve

Basisgegevens:

Tabel 11: Gemiddelde voorjaarsreserve en standaardafwijking in de laag 0-90 cm in functie van teelt en textuur

Voorteeft 2005	zand			leem			polder/klei					
	aantal	reserve_ kg N/ha	stdev kg N/ha	aantal	reserve_ kg N/ha	stdev kg N/ha	aantal	reserve_ kg N/ha	stdev kg N/ha			
andijvie	1	84	-	1	55	-	0	-	-	0	-	-
blijvend grasland (omweide) : intensief	0	-	-	2	38	12	1	24	-	0	-	-
bloemkool	9	93	43	10	100	36	14	135	51	1	41	-
broccoli	1	22	-	1	60	-	2	157	156	0	-	-
bruine tabak	0	-	-	1	40	-	0	-	-	0	-	-
consumptie aardappelen	11	42	18	16	53	22	57	88	49	0	-	-
courgetten	1	62	-	1	107	-	4	91	32	0	-	-
deeg- of voedermaïs	21	56	25	23	66	30	66	86	51	3	85	38
erwten	0	-	-	0	-	-	12	120	52	0	-	-
groene selder	0	-	-	1	104*	-	3	104	17	0	-	-
knolselder	3	74	30	3	74	11	5	107	21	0	-	-
korrelmaïs	9	59	29	25	61	19	68	81	38	0	-	-
mostaard	0	-	-	0	-	-	1	84	-	0	-	-
paardebonen	0	-	-	0	-	-	1	39	-	0	-	-
plantui	0	-	-	2	66	11	1	203	-	0	-	-
prei	14	73	44	13	74	32	24	106	57	0	-	-
raaigras, twee of drie sneden	1	38	-	1	36	-	2	64	51	0	-	-
schorseneer	1	61	-	0	-	-	1	40	-	0	-	-
sla	1	47	-	0	-	-	1	57	-	0	-	-
spinazie	2	16	10	2	111	55	3	89	41	0	-	-
spruitkool	1	150	-	5	43	29	23	56	22	1	56	-
struikbonen	11	70	38	9	52	23	38	86	54	0	-	-
suikerbieten	2	72	2	9	55	14	39	82	46	0	-	-
veldsla	0	-	-	0	-	-	1	55	-	0	-	-
vezelvlas	1	83	-	1	117	-	10	71	40	1	110	-

		kg N/ha	kg N/ha		kg N/ha	kg N/ha		kg N/ha	kg N/ha		kg N/ha	kg N/ha
Voortelt 2005	aantal	reserve_ zand	stdev	aantal	reserve_ zandleem	stdev	aantal	reserve_ leem	stdev	aantal	reserve_ polder/klei	stdev
voederbiet	0	-	-	1	71	-	0	-	-	0	-	-
winterrogge	1	85	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-
wintertarwe	2	83	29	7	65	22	130	79	49	8	119	32
wintertriticale	0	-	-	0	-	-	1	39	-	0	-	-
wortelen	4	42	18	6	44	16	7	90	34	1	78	-
Gemiddelde		66	28		72	25		85	42		90	46

De kolommen met 'aantal' geven het aantal geldige N-indexmetingen weer waarvan gebruik werd gemaakt om het overeenkomstige gemiddelde rechts van elke 'aantal' kolom te berekenen. De kolommen met 'stdev' geven de standaardafwijking van het gemiddelde links van deze kolom weer. Bron: N-index analyses BDB.

* Hier werd de berekende N-reserve bij groene selder op een zandleembodem (235 kg N/ha) vervangen door de waarde in het geval van een leembodem, omdat maar één N-indexmeting beschikbaar was voor de beschouwde periode, teelt en textuur, en de berekende waarde dus niet als algemeen geldig kan beschouwd worden.

Input parameters:

- 'vorige teelt', textuur

Mogelijke foutbronnen:

- 'vorige teelt' werd niet gegeven; geen (bruikbare) gegevens over voorjaarsreserve bij een bepaalde 'vorige teelt-textuur' combinatie beschikbaar

Berekeningswijze:

- De basistabel is samengesteld op basis van N-index analyses op groentepercelen uitgevoerd door de Bodemkundige Dienst in 2006 en hebben dus geen betrekking op de dataset zelf. Uit alle analyseresultaten van dat jaar werden de records met betrekking tot staalnames van 1/02/2006 tot 31/03/2006 geselecteerd; vervolgens werden deze records gesorteerd op grondsoort. Grondsoort 10-20 wordt samengenomen als zand, grondsoort 25-30 als zandleem, grondsoort 35-45 als leem en grondsoort 50-70 als klei. Daarna wordt voor elke record gekeken of het nitrische N-gehalte in de laag 60-90 gecorrigeerd moet worden: indien dit niet gemeten is, wordt het nitrische N-gehalte in de laag 60-90 gelijk gesteld aan het nitrische N-gehalte van laag 30-60. Het nitrisch N-gehalte voor de laag 0-90 wordt nu bepaald als de som van het nitrisch N-gehalte in de lagen 0-30, 30-60 en 60-90. Tenslotte worden de records per textuurklasse gesorteerd op 'vorige teelt'; per 'vorige teelt' wordt dan een gemiddeld N-gehalte in de laag 0-90 berekend. Records die refereren naar eenzelfde N-indexmeting worden maar één keer in rekening gebracht; records waarbij reeds minerale N-bemesting of organische bemesting gevoerd is, worden niet betrokken bij de berekening van het gemiddelde. Voor elk gemiddelde wordt aangegeven op basis van hoeveel records het berekend is (de 'aantal' kolommen in de basistabel). Op voorafgaande wijze wordt de basistabel ingevuld voor zoveel mogelijk 'vorige teelt-textuur' combinaties, op basis waarvan een voorjaarsreserve aan elke balans kan

toegekend worden. Als de ‘vorige teelt’ niet gegeven is, of indien geen gegevens voor een bepaalde teelt beschikbaar zijn in de basistabel, wordt de gemiddelde voorjaarsreserve van alle teelten binnen een bepaalde textuurklasse toegekend.

4.5.2.7 N-residu

Om deze factor te begroten, werden door de VLM gegevens van N-residumetingen – opgemeten tussen 01/10/2006 en 15/11/2006 – ter beschikking gesteld.

4.5.2.8 Denitrificatie

Deze factor wordt verwaarloosd, aangezien kan aangenomen worden dat uitsluitend niet langdurig verzadigde bodems in de dataset voorkomen. Zulke gronden worden immers weinig tot niet geschikt geacht voor de betreffende teelten.

4.5.2.9 Uitspoeling

Deze factor werd ingeschat met behulp van het Burns model. Dit model heeft de initiële N-voorraad in de verschillende bodemlagen, textuur en het neerslagoverschot als input. De textuur is de enige parameter die rechtstreeks uit de enquêtes kon afgeleid worden.

De uitspoelingsverliezen werden berekend voor enkele welbepaalde perioden binnen het groeiseizoen. Het is immers niet aangewezen om het N-gehalte tijdens het voorjaar van 2006 te gebruiken als input van een simulatie met het Burns-model, om zo de uitspoelingsverliezen van een heel seizoen te bepalen. Het mineraal N-gehalte in de bodem is immers te zeer onderhevig aan fluctuaties (uitgevoerde bemesting, opname door de teelt) om aan de voorwaarde van onveranderlijkheid, opgelegd door het Burns-model, te voldoen. Om de N-uitspoeling voor het gehele seizoen zo correct mogelijk te bepalen zou de uitspoeling afzonderlijk moeten berekend worden voor alle periodes met een neerslagoverschot, op basis van het N-gehalte in de bodem bij aanvang van deze periodes. Omdat de uitspoeling voor de periode met het grootste neerslagoverschot – augustus – al zo gering was, werd het niet nodig geacht een seizoensdekkend studie uit te voeren. Trouwens, op basis van de beschikbare gegevens kan de actuele nitraatvoorraad in elke bodemlaag op elke moment van het groeiseizoen ook niet nauwkeurig worden bepaald

Om het neerslagoverschot te begroten werd gebruik gemaakt van een bodemwaterbalans die de BDB ook gebruikt voor irrigatiesturing, en die in staat is om het verloop van het bodemvochtgehalte in de tijd te simuleren. Het model vereist diverse klimatologische en bodemgerelateerde parameters als input. De benodigde klimatologische gegevens werden overgenomen van weerstations in Elsene (ETo) en Kruishoutem (neerslag). Er werd een zandleembodem verondersteld (een aanname gebaseerd op het feit dat de meeste percelen uit deze studie deze textuur kennen); irrigatie werd verwaarloosd; en de grondwatertafel werd op 2 m onder het maaiveld gesitueerd. Zo werden voor 9 relevante scenario's de belangrijkste verliezen ten gevolge van doorspoeling uit de bewortelde laag bepaald. Deze scenario's worden in Tabel 12 voorgesteld.

Tabel 12: *Verschuifde scenario's waarvoor de doorspoeling van neerslag uit de bewortelde zone werd gesimuleerd met behulp van een bodemwaterbalans.*

Scenario	Teelt 1	Zaaidatum	Teelt 2	Zaaidatum	Groenbemester	Zaaidatum
1	Bloemkool	15/04/2006	Bloemkool	15/07/2006	-	-
2	Bloemkool	15/04/2006	-	-	Raaigras	01/09/2006
3	Bloemkool	15/04/2006	-	-	-	-
4	Bloemkool	15/07/2006	-	-	-	-
5	Prei	15/06/2006	-	-	-	-
6	Spinazie	15/04/2006	Struikbonen	15/06/2006	Raaigras	15/09/2006
7	Spinazie	15/04/2006	Struikbonen	01/07/2006	-	-
8	Spruitkool	15/05/2006	-	-	-	-
9	Wortelen	01/05/2006	-	-	-	-

Het groeiseizoen van 2006 kende 3 periodes van overvloedige neerslag. Vooreerst waren er de laatste 2 weken van mei, met een neerslagtotaal van 81 mm voor de Westhoek. Ook de maand augustus was uitzonderlijk nat te noemen; voor die periode werd er ongeveer 118 mm neerslag genoteerd. Tenslotte is er ook tussen half september en half oktober een aanzienlijke hoeveelheid neerslag (43 mm) gevallen. Voor elk van de 9 voorgenoemde scenario's werd de doorspoeling berekend voor deze 3 periodes (Tabel 13).

Tabel 13: *Gesimuleerde doorspoeling voor de 9 beschouwde scenario's, telkens voor 3 periodes tijdens het groeiseizoen van 2006.*

Scenario	Periode 1 15-31/05/06	Door- spoeling (mm)	Periode 2 01-31/08/06	Door- spoeling (mm)	Periode 3 15/09-15/10/06	Door- spoeling (mm)	Totale doorspoeling (mm)
1	Bloemkool 1	11,5	Bloemkool 2	37,8	Braak	30,5	79,8
2	Bloemkool 1	13,5	Braak	54,3	Raaigras	12,0	79,8
3	Bloemkool 1	11,5	Braak	50,9	Braak	27,8	90,2
4	Braak	24,3	Bloemkool 1	36,6	Braak	29,2	90,1
5	Braak	17,3	Prei	10,1	Braak	28,4	55,8
6	Spinazie	14,7	Struikbonen	22,6	Raaigras	22,8	60,1
7	Spinazie	14,7	Struikbonen	22,6	Braak	28,6	65,9
8	Spruitkool	23,2	Spruitkool	0,0	Braak	29,2	52,4
9	Wortelen	23,2	Wortelen	3,8	Braak	29,2	56,2

De grootste doorspoeling wordt opgetekend voor een enkele teelt bloemkool zonder groenbemester. De zaaidatum – april of juli – heeft blijkbaar geen invloed op de totale hoeveelheid neerslag die doorspoelt. Een dubbele teelt bloemkool of een teelt bloemkool gevolgd door een groenbemester ingezaaid op het einde van de zomer beperkt de doorspoeling aanzienlijk. De laagste cijfers worden echter genoteerd voor spruitkolen, prei en wortelen omdat deze teelten lang op het veld staan en een grote hoeveelheid water opnemen.

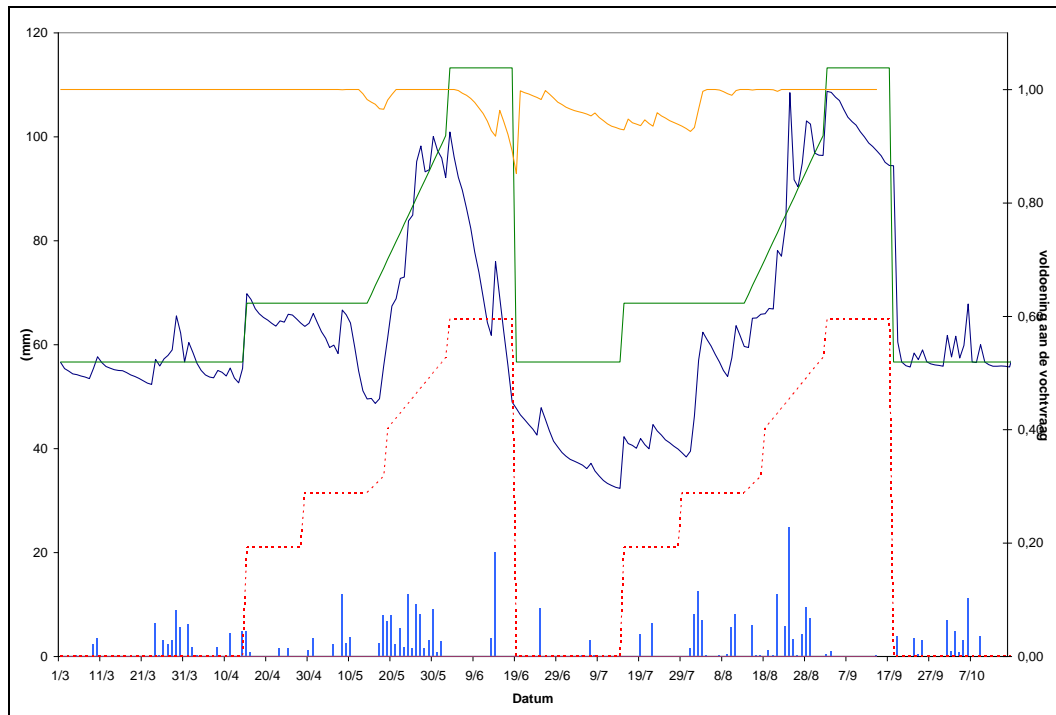
De volgende vochtcurves (Figuur 4 en Figuur 5) illustreren het verloop van het bodemvochtgehalte doorheen het groeiseizoen van 2006 voor een dubbele teelt bloemkool zonder groenbemester (Figuur 4) en voor een teelt spinazie gevolgd door struikbonen en een groenbemester (Figuur 5). Deze figuren worden gehanteerd in het kader van de beregeningsadvisering door de Bodemkundige Dienst. In het kader van de huidige studie zijn enkel de blauwe en de groene lijn van belang.

Doorspoeling treedt op als de blauwe lijn (het bodemvochtgehalte) de groene lijn (de veldcapaciteit of het maximale vochtgehalte dat een bodem kan ophouden zonder doorspoeling) overschrijdt. De waarden zijn uitgedrukt in mm water binnen profieldiepte, vandaar dat de waarde bij veldcapaciteit in onderstaande voorbeelden niet constant is maar fluctueert in functie van de diepte van de watertafel. Uit de figuren kan afgeleid worden dat er significant minder water (en bijgevolg ook nitraat en andere wateroplosbare verbindingen) doorspoelt als een perceel ingezaaid wordt met een groenbemester nadat de hoofdteelt van het veld is. Verder spelen ook de teelt en de zaai- en oogstdatum een belangrijke rol in deze context, gezien het feit dat beide factoren de bodembedekking en de wateropname mee bepalen. De diepte van de grondwatertafel heeft eveneens een invloed op uitspoeling van stikstof, omdat capillaire opstijging van water eventueel stikstof, die normaal verloren zou zijn als de grondwatertafel dieper had gelegen, weer in de bovenste bodemlaag kan brengen. In deze simulaties werd de grondwatertafel op 2 m verondersteld, wat waarschijnlijk een realistische aanname is voor de onderzochte percelen. Tenslotte kan ook het al dan niet draineren van een perceel invloed hebben op de doorspoeling. Wanneer een bodem gedraineerd wordt, worden water en stikstof sneller afgevoerd uit het profiel. De factor drainage wordt echter niet in rekening gebracht bij de simulaties met de bodemwaterbalans.

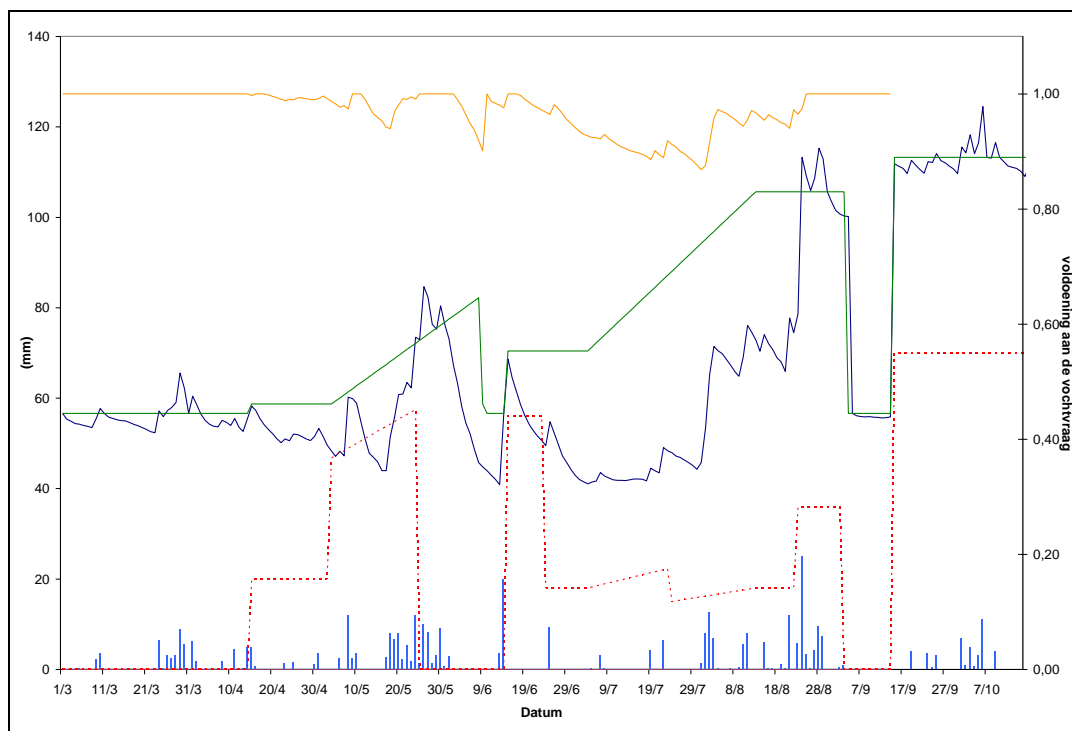
Uit Tabel 13 kan afgeleid worden dat voor de teelten die de hoogste totale doorspoeling kennen in 2006 de periodische doorspoeling het grootst is tijdens de maand augustus. Daarom werd augustus als referentie genomen om op basis van voorgaande doorspoelingscijfers de hiermee gerelateerde nitraatuitspoeling in te schatten. Zoals eerder vernoemd werd hiervoor het Burns model gebruikt. De enige nog onbekende factor voor dit model, nl. de initiële N-voorraad in augustus in de lagen 0-30 cm, 30-60 cm en 60-90 cm, is berekend als het gemiddelde per teelt van wat opgemeten is in het kader van N-indexmetingen tussen 15/06/06 en 15/08/06. De initiële N-voorraad werd enkel per teelt, en niet per textuur bepaald, omdat ervan uitgegaan werd dat vooral de teelt, en in mindere mate de textuur deze parameter beïnvloedt. Op deze manier konden geldige cijfers bepaald worden met betrekking tot de initiële N-voorraad bij de teelten bloemkool, prei, spinazie, wortelen en spruitkool. Om tot realistische cijfers te komen voor wat betreft de doorspoeling bij de bloemkool en spinazieteelt, werd een gemiddelde genomen van de doorspoeling in augustus bij de verschillende scenario's.

Tabel 14 geeft een overzicht van de cijfers die gebruikt werden als input voor het Burns-model. Zoals eerder gezegd, is de initiële N-voorraad niet voor een specifieke textuur bepaald, en wordt deze representatief verondersteld voor alle texturen. De gemiddelde N-voorraad per laag is het gemiddelde van ALLE beschikbare cijfers per laag (en dus niet slechts het gemiddelde van de cijfers van de 5 hoofdteelten). Ook het neerslagoverschot is enkel voor een zandleembodem gesimuleerd, en werd voor deze oefening gelijk verondersteld voor alle texturen. Gezien het feit dat zandleem de

belangrijkste textuur binnen deze studie is, en omdat de uitspoeling van een zandleembodem als gemiddeld kan beschouwd worden, is de fout ten gevolge van deze vereenvoudiging minimaal. De verschillen in uitspoeling (de output van het Burns-model) komen dus enkel voort uit het feit dat bij de berekening ervan per textuur een ander volumetrisch vochtgehalte bij veldcapaciteit in rekening werd gebracht.



Figuur 4: Verloop van het bodemvochtgehalte in 2006 voor een dubbele teelt bloemkool op een zandleembodem berekend voor de neerslaggegevens van Kruishoutem



Figuur 5: Verloop van het bodemvochtgehalte in 2006 voor een teelt spinazie gevolgd door struikbonen en een groenbemester op een zandleembodem berekend met de neerslaggegevens van Kruishoutem

Tabel 14: Overzicht van input (initiële N-voorraad in de 3 lagen en neerslagoverschot tijdens de maand augustus van 2006) en output (N-uitspoeling) van het Burns model per textuur en per teelt.

Textuur	Teelt	NO3ini_L1 kg N/ha	NO3ini_L2 kg N/ha	NO3ini_L3 kg N/ha	P-overschot mm	uitspoeling kg N/ha
zand	prei	143	86	20	10	9
zand	bloemkool	78	51	21	45	38
zand	spinazie	89	56	20	23	20
zand	wortelen	92	60	21	4	3
zand	spruitkool	44	41	30	0	0
zand	gemiddelde	92	60	21	16	14
zandleem	prei	143	86	20	10	4
zandleem	bloemkool	78	51	21	45	22
zandleem	spinazie	89	56	20	23	10
zandleem	wortelen	92	60	21	4	1
zandleem	spruitkool	44	41	30	0	0
zandleem	gemiddelde	92	60	21	16	7
leem	prei	143	86	20	10	3
leem	bloemkool	78	51	21	45	14
leem	spinazie	89	56	20	23	7
leem	wortelen	92	60	21	4	1
leem	spruitkool	44	41	30	0	0
leem	gemiddelde	92	60	21	16	5

Textuur	Teelt	NO3ini_L1 kg N/ha	NO3ini_L2 kg N/ha	NO3ini_L3 kg N/ha	P-overschot mm	uitspoeling kg N/ha
polder/klei	prei	143	86	20	10	2
polder/klei	bloemkool	78	51	21	45	11
polder/klei	spinazie	89	56	20	23	5
polder/klei	wortelen	92	60	21	4	1
polder/klei	spruitkool	44	41	30	0	0
polder/klei	gemiddelde	92	60	21	16	4

Het mag duidelijk zijn dat de uitspoeling van stikstof tijdens het groeiseizoen van 2006 (hier geïllustreerd door de uitspoelingsverliezen tijdens de maand augustus) niet van dergelijke grootteorde is dat deze factor de N-balans ernstig zou beïnvloeden. Het is waarschijnlijk zelfs zo dat de N-uitspoeling zoals hier berekend geheel of gedeeltelijk gecompenseerd wordt door de N-depositie – een factor die niet in rekening werd gebracht bij de balansberekening in deze studie. Daarom werd ervoor gekozen om de N-verliezen door uitspoeling te verwaarlozen.

Bovendien was 2006 klimatologisch gezien een uitzonderlijk jaar, met bijzonder veel neerslag tijdens de zomermaanden. Dit doet vermoeden dat de hierboven gestelde uitspoelingscijfers normaal gezien nog kleiner zijn.

Opmerking:

Bij voorgaande werkwijze werd het initiële N-gehalte als een statisch gegeven beschouwd – dit wil zeggen dat er van de veronderstelling is uitgegaan dat er tijdens de maand augustus geen N-afvoer noch N-aanvoer is gebeurd (een voorwaarde van het Burns model) en dat de hele N-voorraad ter beschikking stond aan de doorspoeling. In praktijk is dit natuurlijk niet zo: de maand augustus is één van de topmaanden voor N-opname, waardoor in praktijk waarschijnlijk minder stikstof zal uitspoelen dan hierboven berekend. Langs de andere kant wordt in sommige gevallen rond dezelfde periode een bemesting gegeven om een eventuele 2^{de} teelt van stikstof te voorzien, wat de bodem dan weer aanrijkt met stikstof. Er wordt vanuit gegaan dat een eventuele N-aanrijking wordt gecompenseerd door een eventuele afname van het N-gehalte in de bodem ten gevolge van opname.

4.5.2.10 Balansresultaat

Aangezien de N-balans in evenwicht kan worden verondersteld, gaat de vergelijking ‘voorjaarsreserve + minerale N-bemesting + mineralisatie van oogstresten + mineralisatie van humus + mineralisatie van organische mest = N-opname + denitrificatie + uitspoeling + residu’ op.

De afwijking van deze evenwichtssituatie is het balansresultaat, dat in feite de som is van alle fouten die bij de berekening van de bepalende factoren gemaakt zijn. Indien deze balansen min of meer in evenwicht gebracht worden door hoge N-residu's betekent dit dat teveel stikstof tijdens het groeiseizoen ter beschikking was of dat nog veel stikstof vrijkomt na de laatste oogst. In de eerste situatie dient de N bemesting aangepast te worden, in het tweede geval moet naar oplossingen gezocht worden om deze late N mineralisatie op één of andere wijze op te vangen.



4.5.2.11 Oorzaken van onzekerheid op de diverse balansposten

Hieronder worden voor de aan- en afvoerposten van de balans de voornaamste bronnen van onzekerheid samengevat en becommentarieerd. Dit wordt verder uitgewerkt in de onzekerheidsanaluse onder hoofdstuk 4.8.

Aanvoerposten	
N-reserve in het voorjaar	Hoge variatie mogelijk in functie van najaarsresidu , bodem- en weersomstandigheden in de winter
N-mineralisatie uit bodemhumus	Hoge variatie mogelijk in functie van OS-voorraad, perceelshistoriek en weersomstandigheden
N-mineralisatie uit oogstresten	Variatie in functie van aard en hoeveelheid oogstresten en weersomstandigheden
N-mineralisatie uit groenbemester	Hoge variatie mogelijk in functie van soort en ontwikkelingsgraad bij inwerken
Minerale meststoffen	Beperkte onzekerheid op mineraleninhoud en snelheid van vrijstelling
N-vrijstelling uit dierlijke en andere organische meststoffen	Hoge variatie mogelijk in functie van samenstelling, tijdstip en methode van toediening
Atmosferische N-depositie	Beperkte variatie in functie van geografische ligging
Afvoerposten	
N-opname door gewas	Beperkte variatie in functie van gewassoort, gewasontwikkeling en oogstniveau
N-opname door groenbemester	Variatie in functie van ontwikkelingsgraad bij inploegen
N-verlies door ammoniakvervluchtiging	Variatie in functie van tijdstip en methode van toediening organische mesten
N-verlies door immobilisatie	Enkel relevant in bodems met zeer hoge C/N verhouding
N-verlies door denitrificatie	Beperkt verlies te verwachten in zeer zware bodems
N-verlies door uitspoeling	Beperkt verlies tijdens groeiseizoen enkel te verwachten op zandige bodems en bij hoog neerslagoverschot

4.6 Bemerkingen van de deelnemende tuinbouwers

Op de enquête was plaats voorzien waar de landbouwer eventuele bijkomende specifieke omstandigheden kon vermelden die belangrijk konden zijn bij de beoordeling van het nitraatresidu.

Heel wat landbouwers hebben deze gelegenheid benut om hun ongenoegen te uiten over de huidige gang van zaken bij de meting van het N-residu. Zo was een veel gehoorde klacht van preitelers dat er nog een teelt op het veld stond bij staalname. Occasioneel kwam deze misnoegdheid ook voor bij landbouwers die nog een teelt bloemkool, wortelen, spruitkool, schorseneren of struikbonen op het veld hadden staan. Hiermee samenhangend werd vaak geklaagd dat de staalname gebeurd is na een recente (bij)bemesting, die juist bedoeld was om deze late teelten van voldoende stikstof te voorzien. Daarnaast kon het gebeuren dat niet lang voor de residumeting oogstresten – van een teelt die eind september of begin oktober van het veld was gehaald – waren ondergewerkt.

Ook de uitzonderlijke weersomstandigheden van 2006 werden regelmatig aangehaald als argument om een hoog residu te verantwoorden. Zo zou de zeer droge en warme julimaand de teeltopkomst en de vrijzetting van stikstof uit meststoffen kunnen vertraagd hebben. Dit zou enerzijds geleid kunnen hebben tot een lagere totale stikstofopname (en dus een groter overschot in het najaar), en anderzijds tot een verlate mineralisatie van het overschot aan meststoffen in de bodem, zeker gezien het feit dat oktober 2006 nog relatief warm en vochtig is geweest.

Ook oogstmislukking ten gevolge van droogte, ziekte of plaag werd genoemd als een mogelijke verklaring voor een te hoog N-residu.

4.7 Interpretatie van de balansresultaten en conclusies

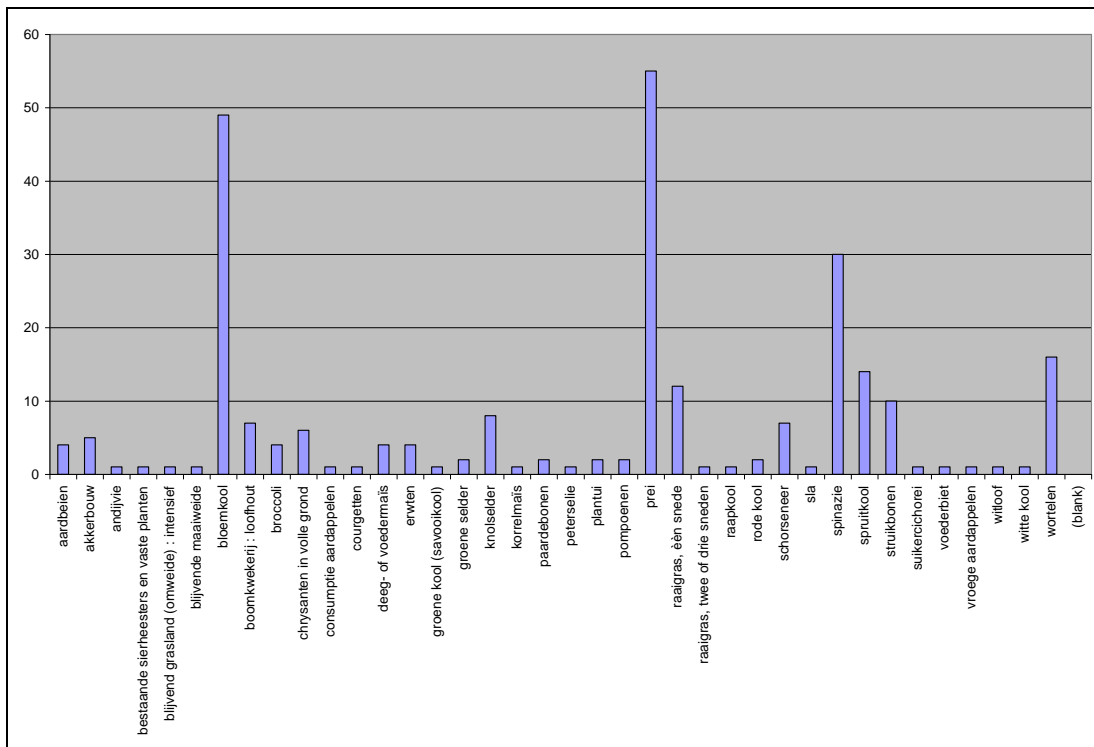
In wat volgt zal getracht worden om de opgestelde N-balansen te interpreteren en een aantal conclusies te formuleren. Eerst wordt de dataset verder voorgesteld. Aan de hand van een aantal grafieken zal o.a. dieper ingegaan worden op de beschikbaarheid van gegevens per teelt, op de geografische spreiding van de teruggestuurde enquêtes en op het aantal ingevulde enquêtes per textuurklasse. Vervolgens wordt nader ingezoomd op de verschillende factoren van de N-balans. Aan de hand van grafieken waarop per teelt het minimum, het gemiddelde met standaardafwijking en het maximum voor een bepaalde factor is voorgesteld, zullen de resultaten van de balansberekeningen verder toegelicht worden. Tenslotte worden aan de hand van een aantal scatterplots de factoren waarvan verwacht wordt dat ze een grote invloed hebben op de N-balans (en dus ook op het N-residu) verder besproken en worden een aantal conclusies geformuleerd.

4.7.1 *Situering van de dataset*

In dit deel wordt de dataset verder toegelicht. Aan de hand van een aantal grafieken zal o.a. dieper ingegaan worden op de beschikbaarheid van gegevens per teelt, op de geografische spreiding van de teruggestuurde enquêtes en op het aantal ingevulde

enquêtes per textuurklasse. Belangrijk is dat de hier voorgestelde figuren betrekking hebben op de VOLLEDIGE dataset (284 percelen), in tegenstelling tot het volgende deel, waar de figuren refereren naar een uitgekuiste dataset (224 percelen). In de bedoelde uitgekuiste dataset werden alle enquêtes die niet voldoen aan volgende 3 criteria geweerd: minstens één hoofdteelt vermeld, minstens één vorm van bemesting ingevuld, en minstens één groentegewas verbouwd tijdens 2006.

4.7.1.1 Aantal ingevulde enquêtes per hoofdteelt

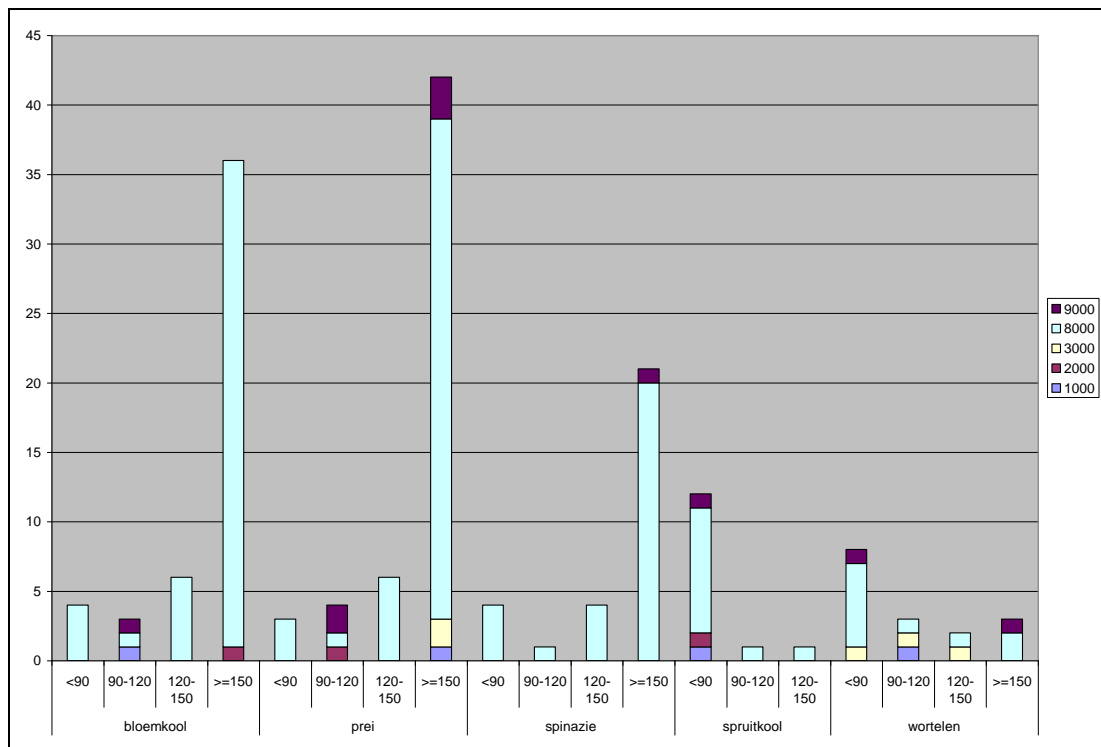


Figuur 6: Aantal ingevulde enquêtes per hoofdteelt (met hoofdteelt wordt de eerste teelt in 2006 op een bepaald perceel bedoeld)

Bovenstaande figuur toont de verdeling van de enquêtes over de verschillende hoofdteelten. In totaal werden 38 verschillende teelten ingevuld als zijnde eerste teelt in 2006. Bij 22 enquêtes werd geen hoofdteelt vermeld ('blank' in Figuur 6); deze enquêtes zijn later uit de dataset geweerd.

De vijf (numerisch) belangrijkste hoofdteelten binnen deze studie zijn: prei (55 enquêtes), bloemkool (49 enquêtes), spinazie (30 enquêtes), wortelen (16 enquêtes) en spruitkool (14 enquêtes). Gezien voor deze teelten de meeste informatie beschikbaar is, zal tijdens het verdere verloop van de studie vooral hierop gefocust worden. Een deel van voorgenoemde enquêtes werd echter in een later stadium geweerd, omdat het onderdeel bemesting niet ingevuld was.

4.7.1.2 Aantal ingevulde enquêtes per regio, residucategorie en hoofdteelt



Figuur 7: Aantal ingevulde enquêtes per regio, residucategorie en hoofdteelt, voor de hoofdteelten bloemkool, prei, spinazie, spruitkool en wortelen

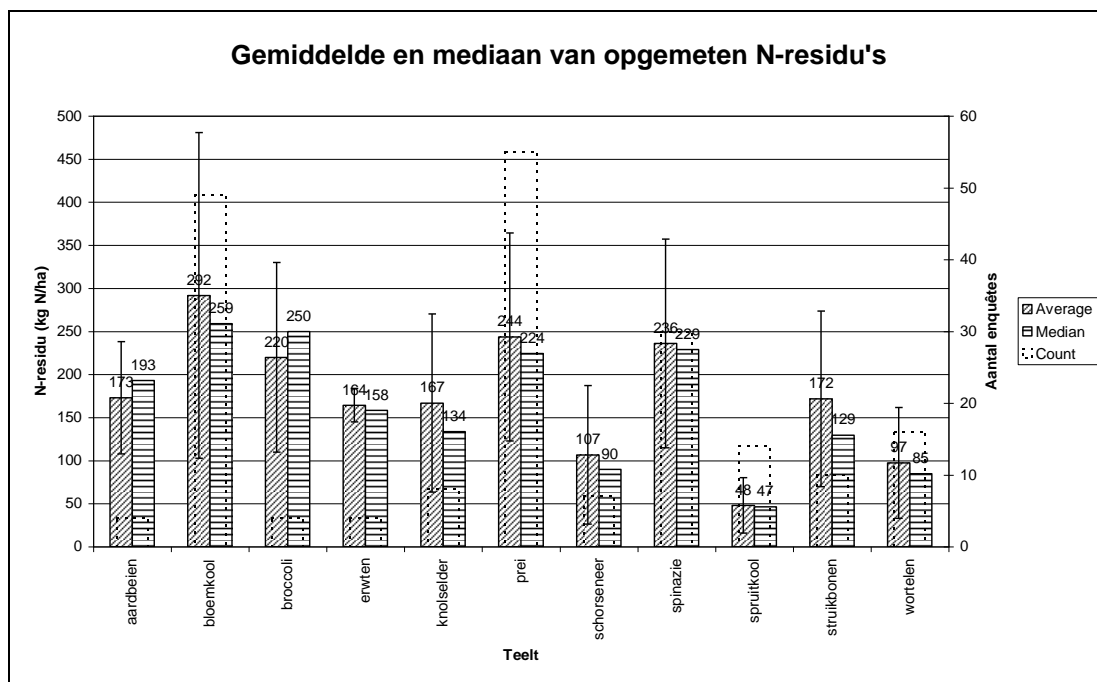
Om bovenstaande figuur op te maken werden de beschikbare enquêtes voor de hoofdteelten bloemkool, prei, spinazie, spruitkool en wortelen eerst ingedeeld in 4 residucategorieën (<90 kg N/ha, 90-120 kg N/ha, 120-150 kg N/ha, ≥ 150 kg N/ha in het najaar). Vervolgens werd per residucategorie en per teelt nagegaan hoe de enquêtes over de verschillende regio's verdeeld zijn, dit door op basis van de postcode de regio te bepalen waarop iedere individuele enquête betrekking heeft. Zo staat 1000 voor regio Brussel, 2000 voor provincie Antwerpen, 3000 voor regio Leuven en provincie Limburg, 8000 voor provincie West-Vlaanderen en 9000 voor provincie Oost-Vlaanderen.

De figuur maakt duidelijk dat de meeste teruggestuurde enquêtes afkomstig zijn van de provincie West-Vlaanderen, en dit zeker voor de laagste en hoogste residuklasse bij alle teelten. Voorgaand gegeven is voor een groot deel te wijten aan het feit dat de meerderheid van de enquêtes (656 van de 835) naar deze regio werden verstuurd. Daarnaast werden 22 van de 835 enquêtes naar de regio 1000 opgestuurd, 45 naar de regio 2000, 37 naar de regio 3000, 74 naar de regio 9000 en 1 naar Nederland (tuinbouwer met adres in Nederland en gronden in Vlaanderen). Deze ongelijke verdeling komt voort uit de beschikbaarheid van bemonsterde groentepercelen in 2006.

4.7.1.3 Gemiddeld N-residu per bodemlaag, residucategorie en hoofdteelt

Onderstaande figuren hebben betrekking op de volledige dataset van 284 teruggestuurde enquêtes, met uitzondering van de enquêtes waarvoor geen hoofdteelt

voor 2006 is opgegeven. In totaal werden zo 22 enquêtes a priori uit de dataset geweerd.



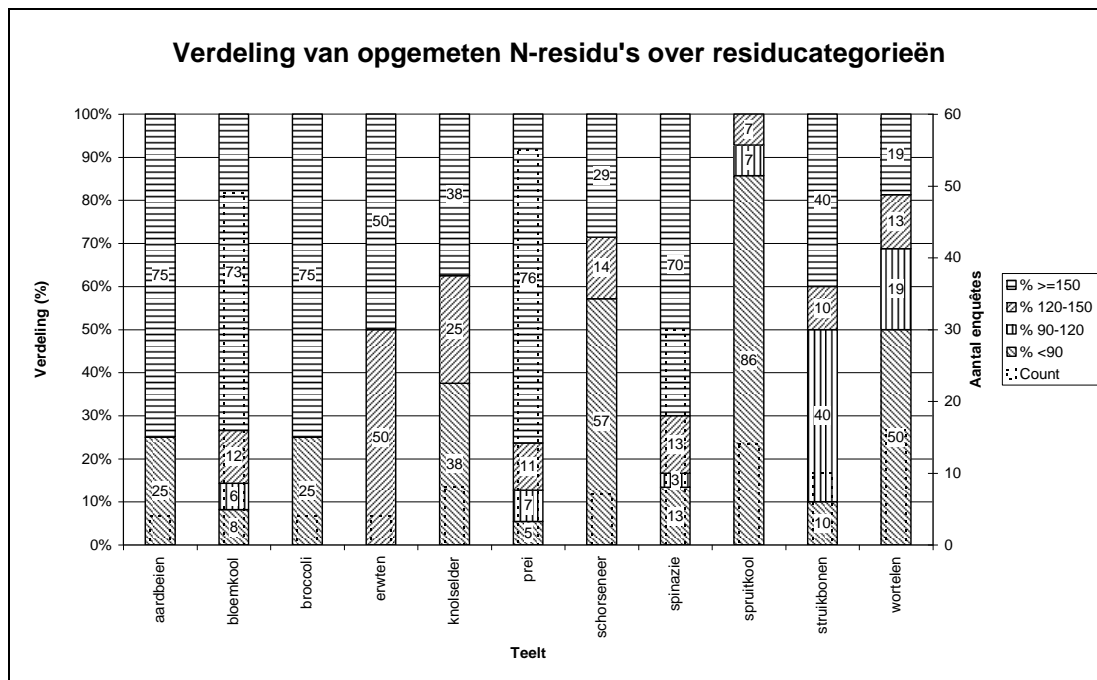
Figuur 8: Gemiddelde en mediaan van de in 2006 opgemeten N-residu's bij 11 (groente)teelten

Figuur 8 geeft aan de hand van een aantal statistische parameters (gemiddelde met standaardafwijking en mediaan) een algemeen beeld van de opgemeten N-residu's bij 11 teelten. Het gaat om de 11 (groente)teelten waar voor minstens 3 enquêtes de hoofdteelt opgegeven is. Akkerbouwteelten worden uit de figuur geweerd. Figuur 9 geeft de procentuele verdeling van de opgemeten N-residu's over de verschillende residucategorieën weer. De grenswaarden voor deze categorieën werden vastgelegd op 90, 120 en 150 kg N/ha. 'Count' geeft in beide figuren aan op hoeveel gegevens (enquêtes) de voorgestelde waarden gebaseerd zijn. Het spreekt voor zich dat het gevaarlijk zou zijn om te trachten éénduidige conclusies te trekken voor teelten waarvoor minder dan 10 resultaten.

Het gemiddelde en de mediaan van de opgemeten residu's liggen erg hoog. Enkel bij schorseneren, spruitkolen en wortelen wordt de norm van 90 kg N/ha gehaald. Zeker bij spruitkolen ligt het gemiddeld opgemeten residu erg laag (+/- 50 kg N/ha). Bloemkool, broccoli, prei en spinazie vertegenwoordigen het andere uiterste. Bij deze teelten wordt de grens van 150 kg N/ha gemiddeld met zo'n 100 kg overschreden. Bloemkool haalt de hoogste residu's, met een gemiddelde van 292 kg N/ha. Ook de spreiding op de gemiddeldes ligt erg hoog, en des te meer bij de teelten met hoge residu's (gemiddeld 135 kg N/ha). De gemiddelde standaardafwijking (voor alle voorgestelde teelten) bedraagt +/- 90 kg N/ha.

Figuur 9 bevestigt voorgaande tendensen. Bij bloemkool, broccoli, prei en spinazie bedraagt het aantal percelen waar een residu van 150 kg N/ha of meer werd opgemeten minstens 70 %. Prei kent met 76 % het meeste percelen waar een overschrijding van deze grenswaarde werd vastgesteld. Omgekeerd zijn het vooral

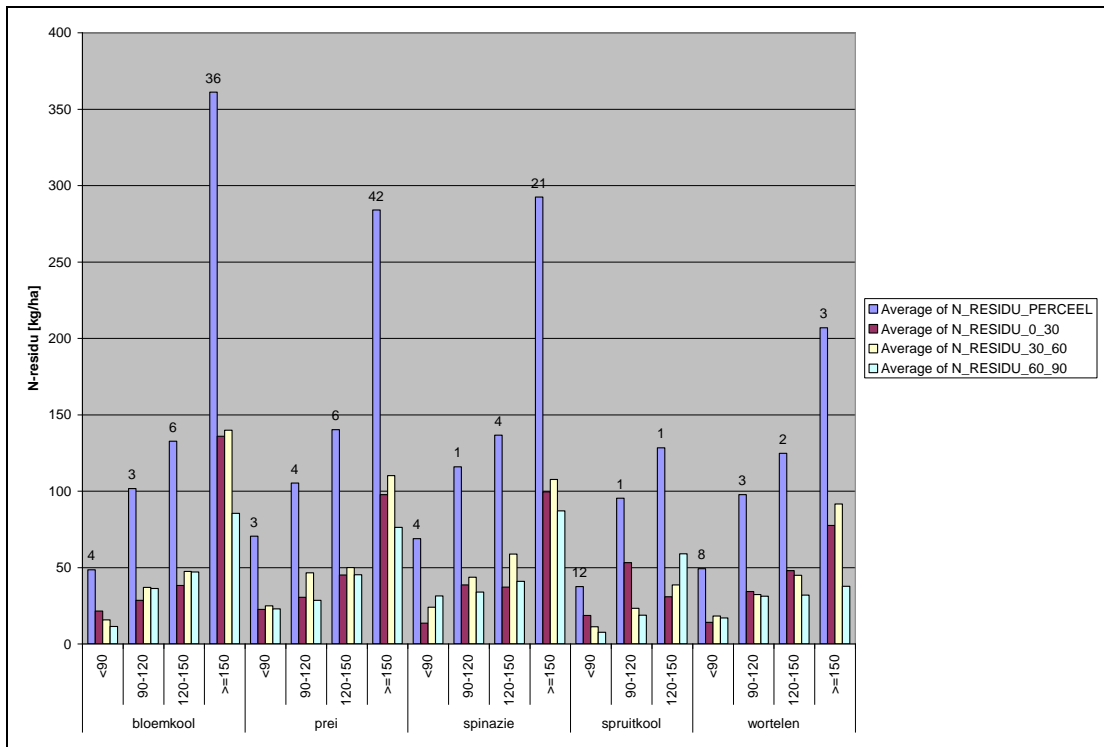
schorseneren, spruitkool en wortelen waar bij minstens 50 % van de percelen een N-residu van minder dan 90 kg N/ha werd vastgesteld. Spruitkolen kent het grootste aantal percelen in deze categorie (86 %). Bovendien zijn er enkel bij deze teelt geen percelen terug te vinden met een residu ≥ 150 kg N/ha. Echter, voor alle teelten werden er een aantal percelen opgetekend met een residu < 90 kg N/ha: minstens 5 % van de bemonsterde percelen valt in deze categorie.



Figuur 9: Verdeling van de in 2006 opgemeten N-residu's over de residucategorieën < 90 kg N/ha, 90-120 kg N/ha, 120-150 kg N/ha en ≥ 150 kg N/ha bij 11 (groente)teelten.

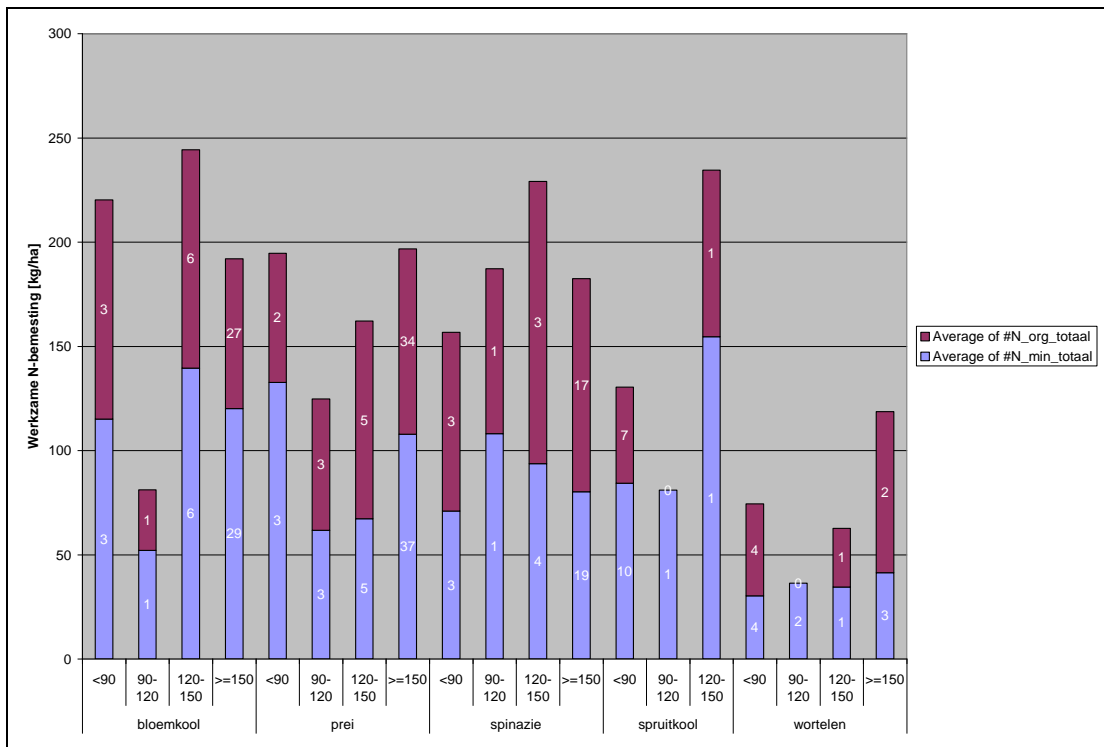
Aanvullend bij de twee bovenstaande figuren stelt Figuur 10 voor elk van de hoofdteelten per residucategorie het gemiddelde residu in de laag 0-90 cm voor, samen met de gemiddelde residu's in de lagen 0-30 cm, 30-60 cm en 60-90 cm. De getallen boven de balkjes geven aan op hoeveel gegevens de berekening van het betreffende gemiddelde gebaseerd is.

Ook uit deze tabel blijkt dat bij bloemkool, prei en spinazie de meeste percelen zich binnen de hoogste residucategorie (≥ 150 kg N/ha) bevinden. Bij spruitkolen daarentegen vallen de meeste percelen onder de laagste categorie (< 90 kg N/ha).



Figuur 10: Gemiddeld N-residu per bodemlaag, residucategorie en hoofdteelt, voor de hoofdteelten bloemkool, prei, spinazie, spruitkool en wortelen

4.7.1.4 Gemiddelde N-bemesting per residucategorie en per hoofdteelt



Figuur 11: Gemiddelde organische en minerale N-bemesting per residucategorie en per hoofdteelt, voor de hoofdteelten bloemkool, prei, spinazie, spruitkool en wortelen

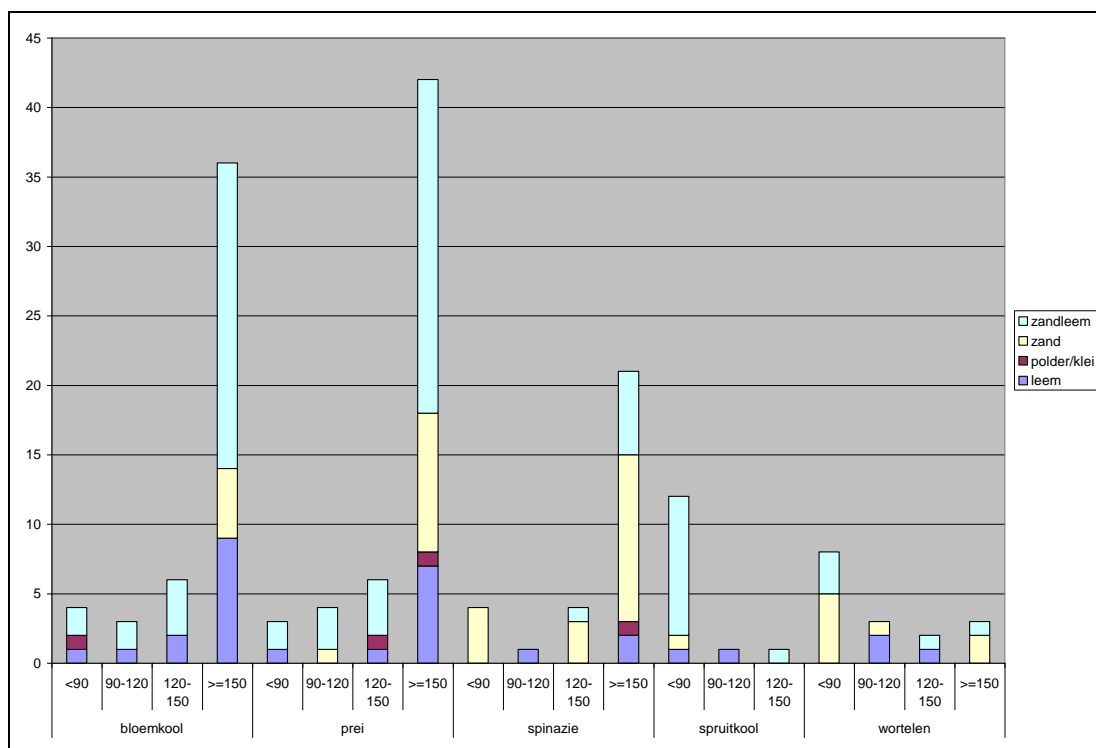
De cijfers in de balkjes van bovenstaande figuur geven aan op hoeveel gegevens de berekening van het betreffende gemiddelde gebaseerd is. Uit de figuur kan geen duidelijk verband afgeleid worden tussen de totale hoeveelheid opgebrachte N – enerzijds uit minerale bemesting, anderzijds uit N-levering door mineralisatie van organische mest – en het residu.

Enkel bij prei en bij wortelen komt de hoogste gemiddelde bemesting ook effectief voor in de hoogste residucategorie. Bij wortelen komen in vergelijking met de andere gewassen, de hoogste residuwaarden voor bij relatief lage bemestingsdosissen.

Bij bloemkool en spinazie komen de grootste bemestingsdosissen voor in de categorie 120-150 kg N/ha. Ook voor bloemkool geldt dat de dosis in voorgenoemde categorie amper hoger is dan die in de residucategorie <90 kg N/ha.

Er kan eveneens geen wezenlijk verschil vastgesteld worden tussen de verhouding ‘werkzame minerale bemesting en werkzame organische bemesting’ in functie van residucategorieën.

4.7.1.5 Aantal ingevulde enquêtes per textuurklasse, residucategorie en hoofdteelt



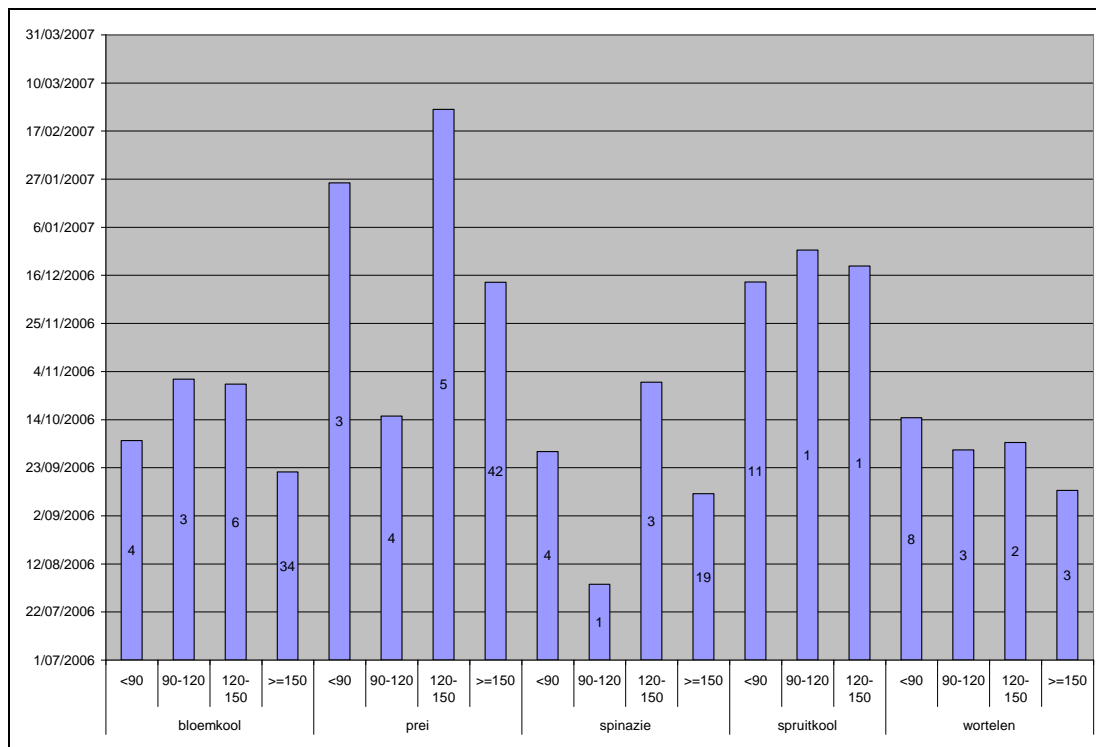
Figuur 12: Aantal ingevulde enquêtes per textuurklasse, residucategorie en hoofdteelt, voor de hoofdteelten bloemkool, prei, spinazie, spruitkool en wortelen.

Bovenstaande figuur geeft voor elk van de 5 belangrijkste hoofdteelten per residucategorie de verdeling van de onderzochte percelen over de textuurklassen zandleem, zand, klei en leem weer.

Opvallend is hoe zandleem in zowat alle residucategoriën bij zowat alle teelten domineert. Kleibodems daarentegen komen zelden voor bij de onderzochte percelen.

Uit voorgaande figuur kan geen verband afgeleid worden tussen textuur en nitraatresidu. Bij de teelten bloemkool en prei bijvoorbeeld zijn zowel zwaardere als lichtere texturen vertegenwoordigd in de residucategorie ≥ 150 kg N/ha. Bij spinazie komen de meeste percelen in de hoogste residucategorie voor op een zandbodem.

4.7.1.6 Gemiddelde oogstdatum van laatste teelt per residucategorie en per hoofdteelt



Figuur 13: Gemiddelde oogstdatum van laatste teelt per residucategorie en per hoofdteelt, voor de hoofdteelten bloemkool, prei, spinazie, spruitkool en wortelen.

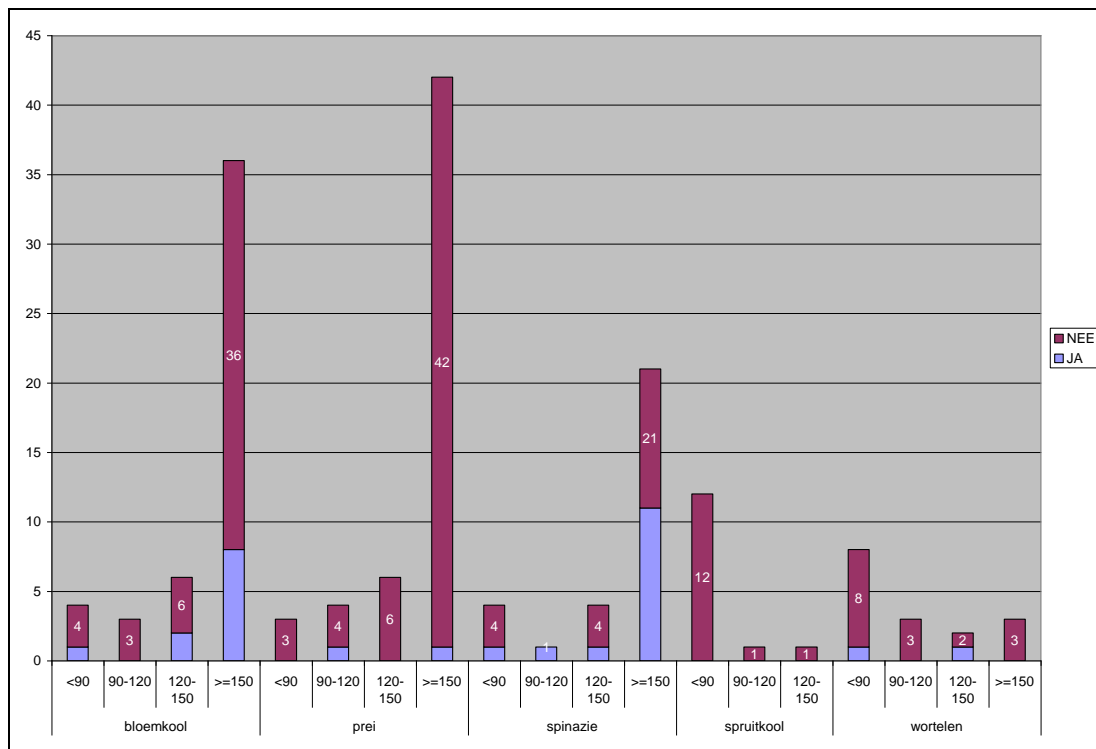
Ook in bovenstaande figuur geven de cijfers in de balkjes aan op hoeveel gegevens de berekening van het betreffende gemiddelde gebaseerd is. De figuur stelt per residucategorie de gemiddelde oogstdatum van de LAATSTE teelt op de betreffende percelen voor. De teeltnamen onderaan de figuur geven echter de eerste teelt weer. Bij bloemkool volgt dikwijls nog een tweede teelt bloemkool; spinazie wordt vaak gevolgd door struikbonen. In het geval van prei is er meestal geen tweede teelt, waardoor de eerste teelt tegelijkertijd de laatste teelt is.

Deze figuur maakt duidelijk dat bij percelen met een eerste teelt bloemkool, spinazie en wortelen het gewas meestal van het veld is bij een residumeting tussen begin oktober en half november. Prei en spruitkolen daarentegen staan meestal nog op veld tijdens de periode van staalname.

Bij percelen met een eerste teelt bloemkool wordt de laatste teelt in de meeste gevallen van het veld gehaald vóór de derde week van september; in het geval van een eerste teelt spinazie zelfs vóór half september. Voorgenoemde oogstdata leveren tegelijk de hoogste residu's bij bloemkool en spinazie op. Preipercelen met een nitraatresidu hoger dan 150 kg N/ha werden gemiddeld geogst rond half december.

Spruitkool wordt eveneens geoogst rond half december, maar in dit geval hangt de oogstdatum samen met een gemiddeld residu lager dan 90 kg N/ha. De gemiddelde oogstdatum gerelateerd aan de hoogste residucategorie verschilt bij de teelten bloemkool, spinazie en spruitkool amper van die gerelateerd aan de laagste residucategorie.

4.7.1.7 Aanwezigheid van groenbemester per residucategorie en per hoofdteelt



Figuur 14: Aanwezigheid van groenbemester per residucategorie en per hoofdteelt, voor de hoofdteelten bloemkool, prei, spinazie, spruitkool en wortelen.

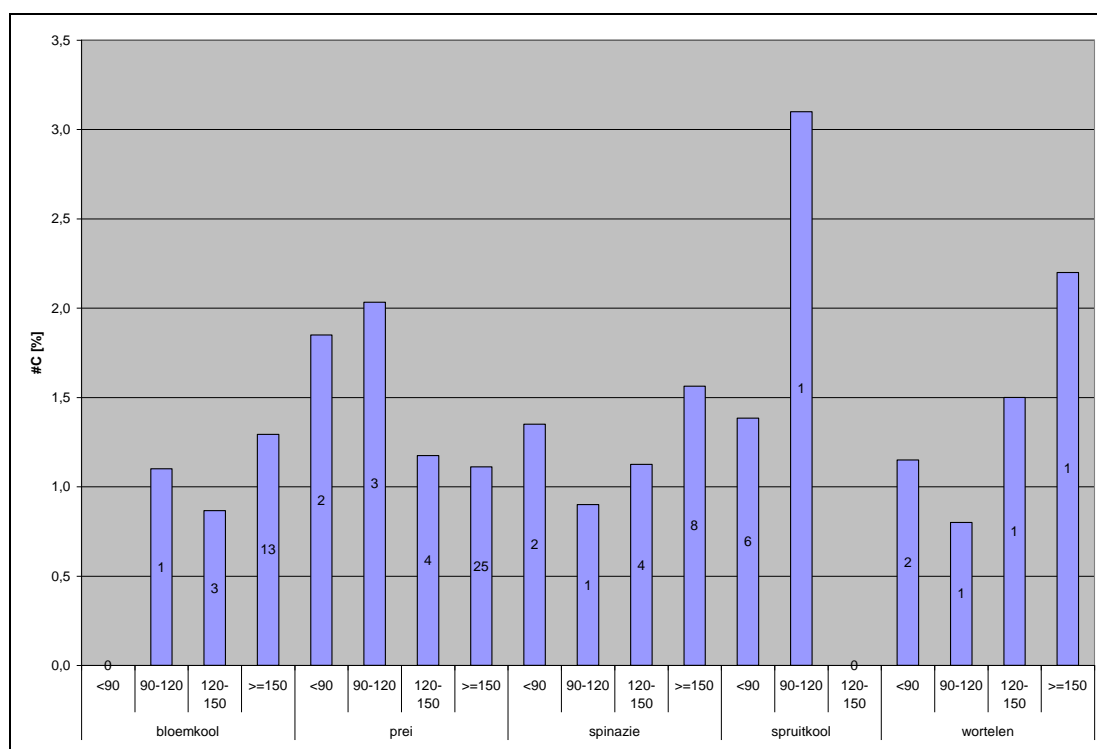
De cijfers in de balkjes van bovenstaande figuur geven per residucategorie en per hoofdteelt het aantal percelen weer dat binnen de categorie valt. De blauwe balkjes geven het aantal gevallen weer waarbij op het einde van het seizoen een groenbemester werd ingezaaid.

Bij een eerste teelt prei wordt bijna nooit een groenbemester ingezaaid, bij een eerste teelt spruitkool zelfs nooit. Dit is logisch, aangezien deze teelten pas laat van het veld worden gehaald. Ondanks de pertinente afwezigheid van een groenbemester bij spruitkool, ligt het residu bij de meeste spruitkoolpercelen onder de wettelijke norm, terwijl bij preipercelen onder dezelfde omstandigheden (en bij een zelfde gemiddelde oogstdatum) het residu in de meeste gevallen 150 kg N/ha overschrijdt.

En ondanks het feit dat percelen met een eerste teelt bloemkool gemiddeld reeds rond de derde week van september worden geoogst, wordt ook hier overwegend geen groenbemester toegepast. Enkel bij een eerste teelt spinazie hebben percelen met een groenbemester meestal de overhand. Desondanks worden de meeste spinaziepercelen gerangschikt onder de residucategorie ≥ 150 kg N/ha.

Algemeen kan men stellen dat de aanwezigheid van een groenbemester in de rotatie op zich geen garantie biedt voor een laag najaarsresidu.

4.7.1.8 Gemiddelde hoeveelheid C in bodem per residucategorie en per hoofdteelt



Figuur 15: Gemiddelde hoeveelheid C in de bodem per residucategorie en per hoofdteelt, voor de hoofdteelten bloemkool, prei, spinazie, spruitkool en wortelen.

Bovenstaande figuur geeft de gemiddelde hoeveelheid C in de bodem (uitgedrukt in % ten opzichte van het drogestofgehalte) weer, per residucategorie en per teelt. De cijfers in de balkjes geven aan hoeveel gegevens beschikbaar waren voor de berekening van elk gemiddelde.

Gemiddeld ligt het koolstofgehalte in de bestudeerde bodems tussen 1,0 en 1,5 %. Uitschieters van dit gemiddelde gaan tot 2,0 % bij prei en wortelen en tot 3,0 % bij spruitkolen.

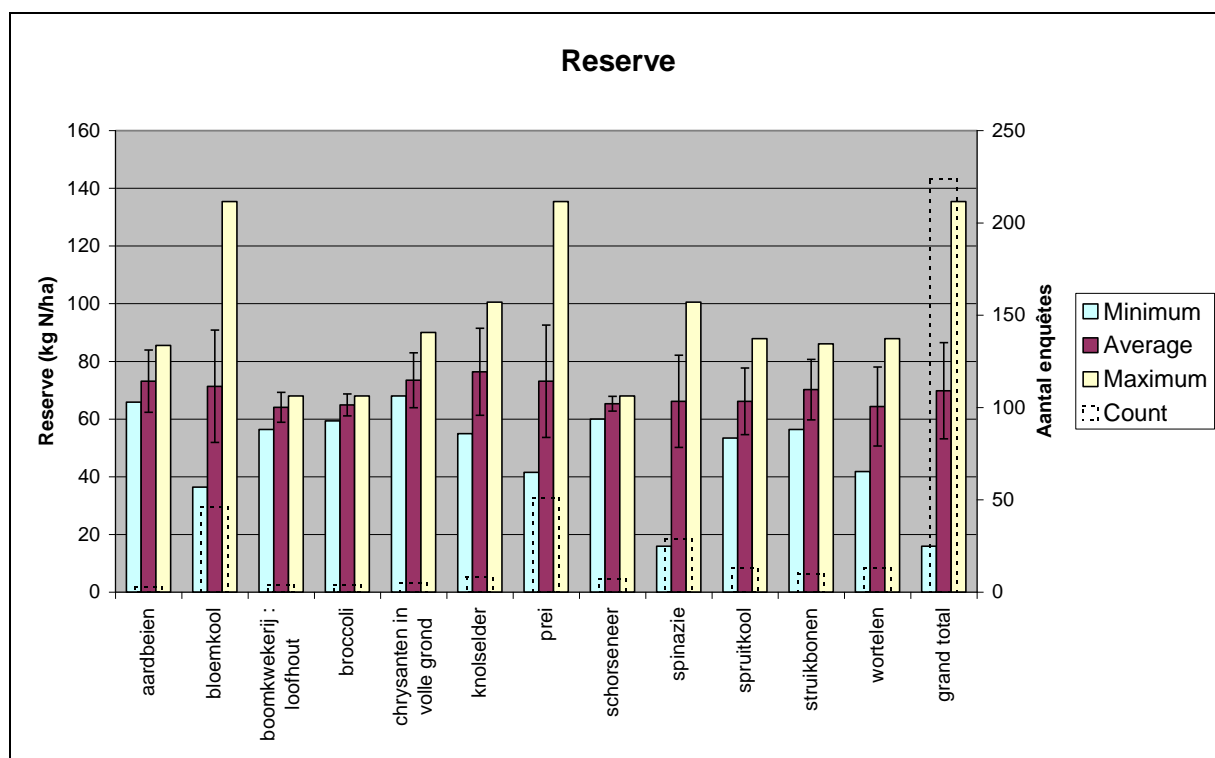
De grafiek laat niet toe een eenduidig verband te leggen tussen koolstofgehalte in de bodem en het voorkomen van hoge nitraatresidu's. Toch blijken voor de meeste gewassen de hoogste residu's zich te situeren op percelen met een hoger gemiddeld organische stofgehalte. Enkel voor prei is dit niet het geval. Dit kan er mogelijk op wijzen dat stikstofmineralisatie vanuit de bodem organische stof een onderschatte factor is in de stikstofbalans waarmee onvoldoende rekening wordt gehouden in het bemestingsplan.

4.7.2 Voorstelling van de balansresultaten

Hieronder worden aan de hand van grafieken waarop per teelt het minimum, het gemiddelde met standaardafwijking en het maximum voor een bepaalde factor wordt voorgesteld, de resultaten van de balansberekeningen verder toegelicht. Enkel de teelten waarvoor minstens 3 enquêtes ter beschikking waren, zijn opgenomen in de grafieken. Bovendien werd de dataset teruggebracht tot de 224 percelen waarvan de gegevens voldoende volledig en betrouwbaar worden geacht.

Het aantal enquêtes dat voor een bepaalde teelt beschikbaar is, wordt aangegeven door de balkjes in stippellijn, en is af te lezen op de rechteras. Op de linker as kan men de grootteorde van een bepaalde factor voor een bepaalde teelt aflezen, uitgedrukt in kg N/ha.

4.7.2.1 Voorjaarsreserve



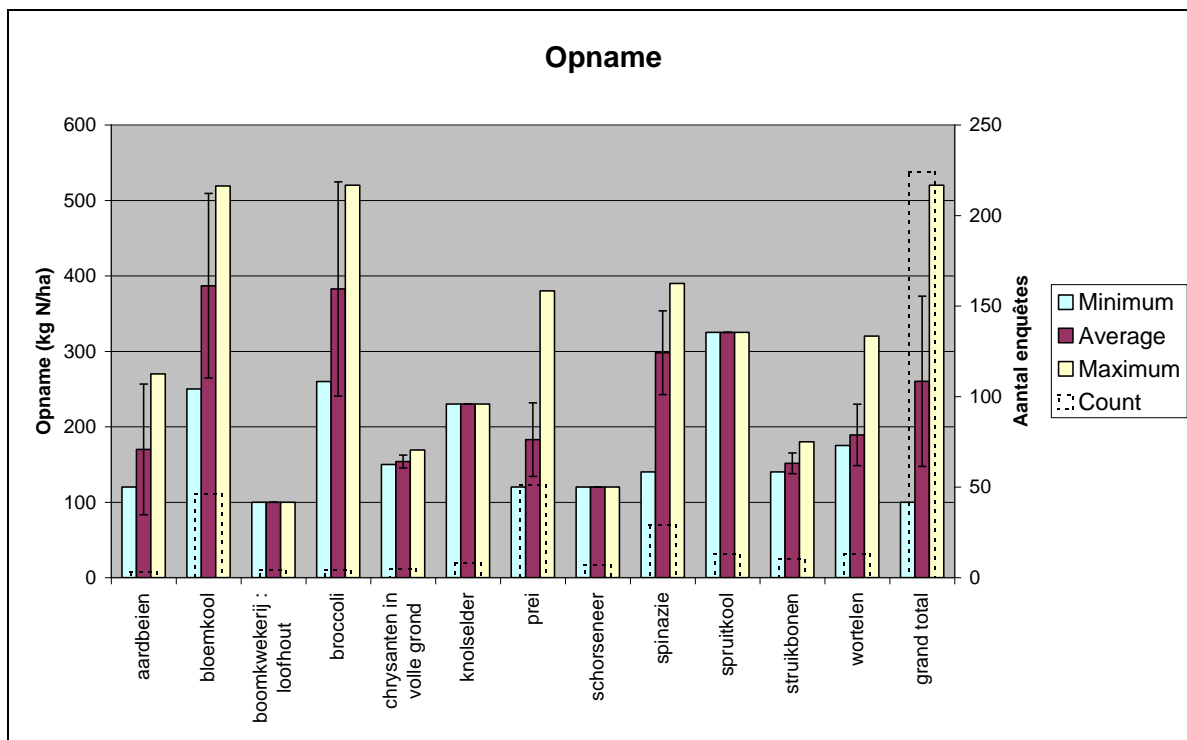
Figuur 16: N-reserve in het voorjaar van 2006 in de laag 0-90 cm voor 12 verschillende teelten

De voorjaarsnitraatreserve is voor de percelen in kwestie niet bekend en werd ingeschat op basis van de analyses uitgevoerd door de Bodemkundige Dienst in het voorjaar 2006 voor vergelijkbare percelen.

De gemiddelde voorjaarsreserve is vrij gelijkaardig voor alle teelten, en situeert zich tussen 60 en 80 kg N/ha. Op sommige teelten (bv. prei en bloemkool) zit een vrij grote spreiding op het gemiddelde, die waarschijnlijk verklaard kan worden door het groot aantal stalen dat voor deze teelten ter beschikking staat. Dit impliceert een groot aantal verschillende voortelten, met de daaraan gekoppelde voorjaarsreserves. De voorjaarsreserve is immers berekend in functie van de voortelt in 2005, maar

wordt in bovenstaande figuur voorgesteld in functie van de eerste teelt in 2006 op hetzelfde perceel.

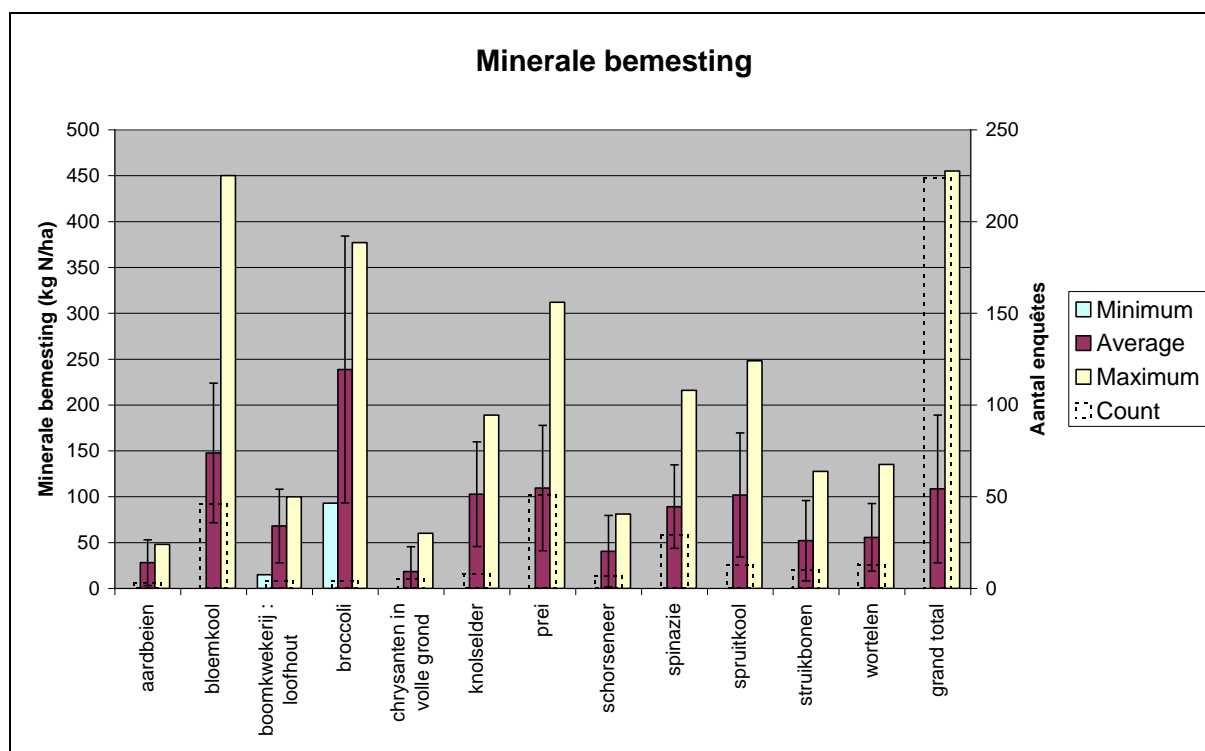
4.7.2.2 N-opname



Figuur 17: N-opname tijdens het groeiseizoen van 2006 voor 12 verschillende teelten

De N-opname zoals hierboven voorgesteld is de totale N-opname door de eerste teelt en door een eventuele volgteelt en groenbemester. Bij bloemkool betekent dit bijvoorbeeld dat de weergegeven N-opname een uitmiddeling is van de N-opname op percelen met een enkele teelt bloemkool gevolgd door een groenbemester en de N-opname op percelen met een dubbele teelt bloemkool zonder groenbemester. Spinazie wordt vaak gevolgd door struikbonen, waarna al dan niet een groenbemester wordt ingezaaid. De grote spreiding bij sommige teelten (zoals bij bloemkool en broccoli) kan verklaard worden door het feit dat deze teelten al dan niet gevolgd kunnen worden door een tweede teelt of een groenbemester op hetzelfde perceel, of zou verklaard kunnen worden door een grotere variatie in plantdata.

4.7.2.3 Minerale N-bemesting

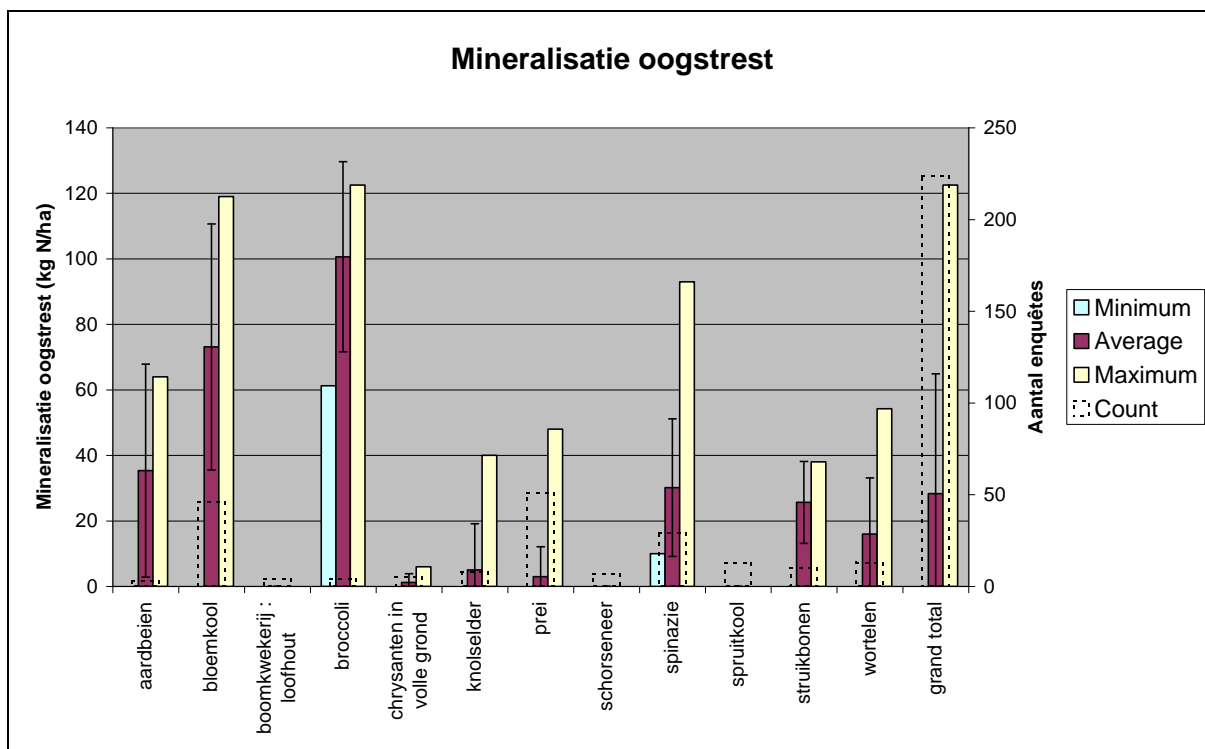


Figuur 18: Minerale N-bemesting tijdens het groeiseizoen van 2006 voor 12 verschillende teelten

De gemiddelde toegediende minerale N-bemesting (volgens cijfers meegedeeld door de landbouwers) situeert zich in grote lijnen tussen 25 en 150 kg N/ha. Bij sommige teelten – zoals bloemkool en broccoli – wordt opmerkelijk meer minerale stikstof toegediend (gemiddeld 136 kg N/ha voor bloemkool en 168 kg N/ha voor broccoli). Bij andere teelten – zoals knolselder, prei, spinazie en spruitkolen – wordt meestal een gemiddelde hoeveelheid stikstof van 100 kg N/ha toegediend. Bij percelen met schorseneren, wortelen en struikbonen ligt de toediening eerder aan de lage kant: ongeveer 50 kg N/ha. Opvallend is dat voor een 26-tal percelen geen melding werd gemaakt van het gebruik van minerale meststoffen.

Op bovenstaande figuur wordt de totale minerale N-bemesting tijdens het groeiseizoen van 2006 voorgesteld, inclusief eventuele bijbemestingen in het kader van een volgteelt en/of een groenbemester. De maximum-balk bij ‘grand total’ op deze figuur kan hoger zijn dan die van broccoli, omdat de dataset meer teelten omvat dan wat hierboven is voorgesteld. Voor de bedoelde ontbrekende teelten zijn echter minder dan 3 enquêtes beschikbaar, waardoor ervoor gekozen werd om ze niet gedetailleerd weer te geven.

4.7.2.4 Mineralisatie van oogstresten

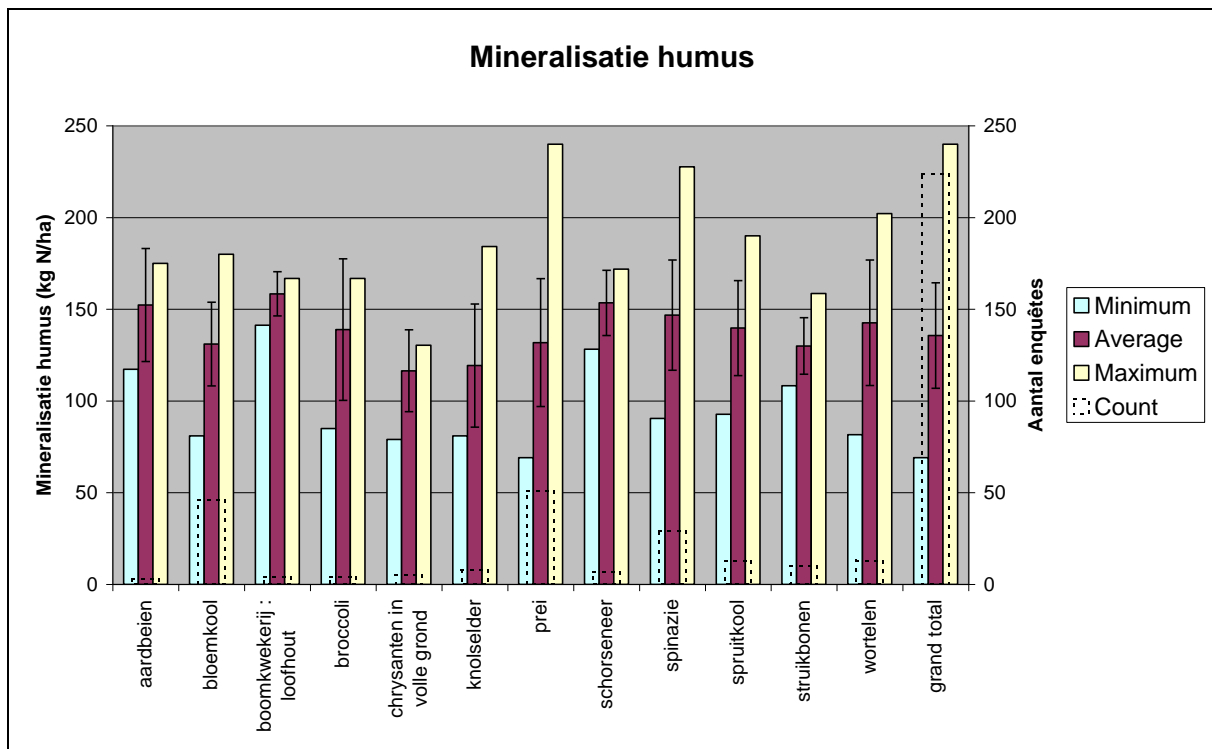


Figuur 19: Mineralisatie van oogstresten tijdens het groeiseizoen van 2006 voor 12 verschillende teelten

Op bovenstaande figuur wordt de hoeveelheid stikstof voorgesteld die tijdens het groeiseizoen 2006 vrijkomt uit oogstresten van de hoofdteelt en eventuele volgteelt op een bepaald perceel. Gemiddelden lopen sterk uiteen en zijn vooral gerelateerd aan de N-inhoud van oogstresten die op het veld blijven liggen alsook aan de oogstdatum. Hoe later een bepaalde teelt gezaaid wordt, of hoe langer een teelt op het veld blijft staan, hoe minder stikstof uit oogstresten van deze teelt nuttig kan aangewend worden door het volgend gewas. De hoeveelheid N die tijdens het groeiseizoen van 2006 ter beschikking komt uit oogstresten van de volgteelt, is dus minimaal. Van een groenbemester wordt verondersteld dat hij pas in het voorjaar van 2007 wordt ondergewerkt.

Percelen met bloemkool en broccoli worden gemiddeld gezien significant aangerijkt met stikstof (respectievelijk met 73 en 101 kg N/ha). Percelen met knolselder, prei, schorseneren en spruitkolen hebben maar amper te maken met mineralisatie van oogstresten, ten gevolge van de late oogstdatum. Percelen met spinazie en struikbonen kennen een gemiddelde mineralisatie vanuit de oogstresten (zo'n 25 kg N/ha).

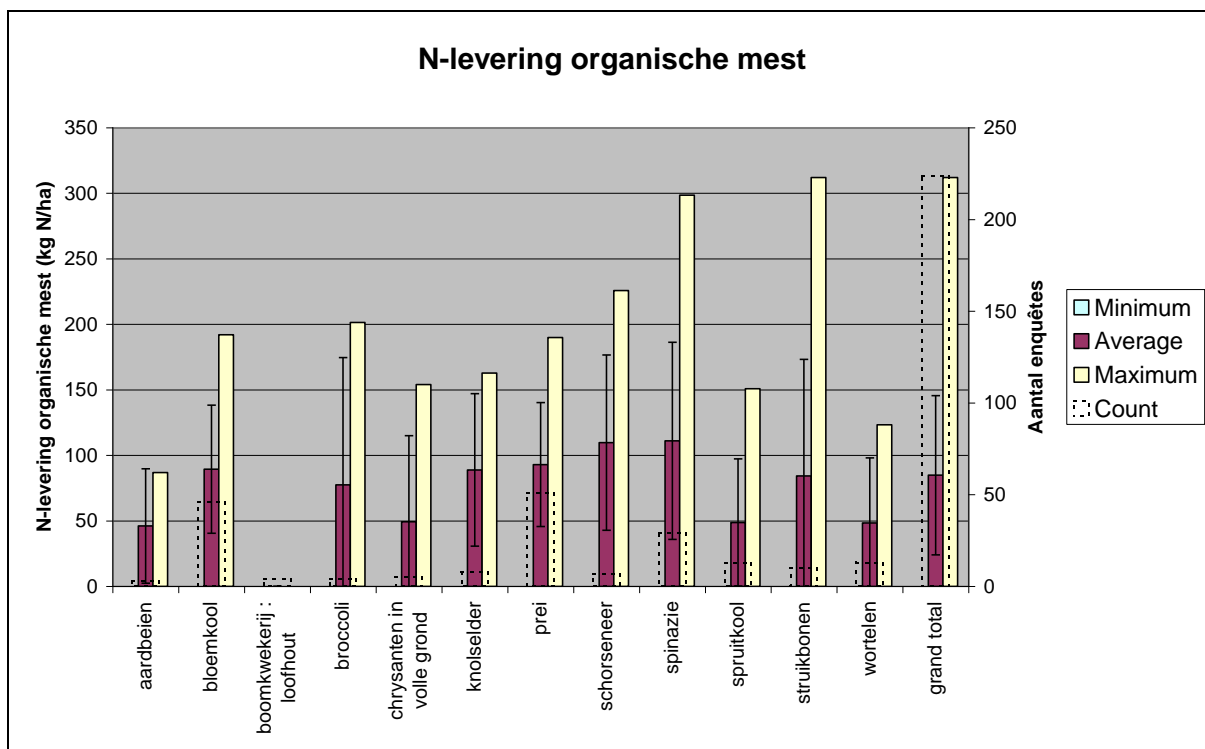
4.7.2.5 Mineralisatie van humus



Figuur 20: N-mineralisatie van bodemhumus tijdens het groeiseizoen van 2006 voor 12 verschillende teelten

De gemiddelde aanrijking van de bodem tijdens het groeiseizoen van 2006 ten gevolge van de mineralisatie van bodemhumus bedraagt 136 kg N/ha. Er vallen slechts beperkte verschillen waar te nemen tussen de gemiddelden bij verschillende teelten: de globale standaardafwijking bedraagt ongeveer 30 kg N/ha. Deze relatieve uniformiteit is toe te schrijven aan het feit dat de meeste teelten in deze studie op een zandleembodem met een (al dan niet verondersteld) gemiddeld koolstofgehalte groeien en dat in het kader van de huidige studie geen onderscheid kon gemaakt worden in de kwaliteit van deze organische stof.

4.7.2.6 N-levering door mineralisatie van organische mest

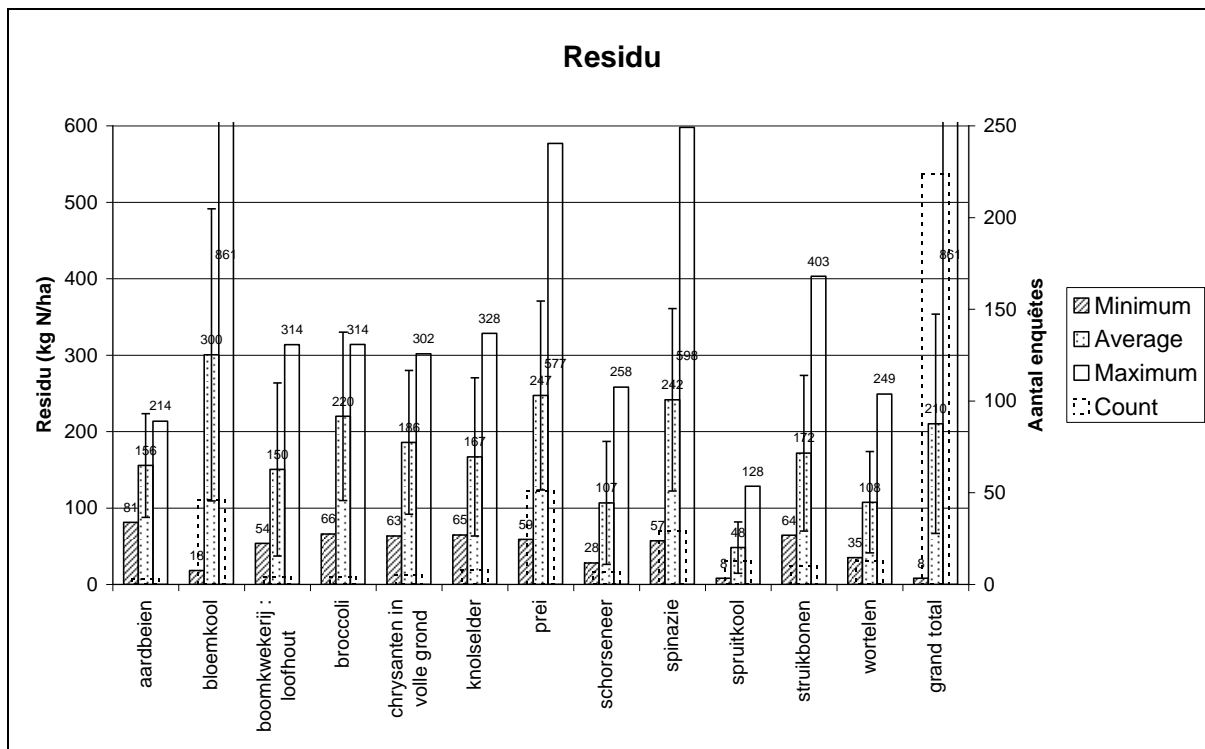


Figuur 21: N-levering uit organische mest tijdens het groeiseizoen van 2006 voor 12 verschillende teelten

Bovenstaande figuur sommeert de stikstof die is vrijgekomen uit alle organische meststoffen die tijdens het groeiseizoen van 2006 bij de betreffende percelen zijn opgebracht, inclusief de organische mest in het kader van een eventuele bijbemesting. In 49 gevallen wordt geen melding gemaakt van enige toediening van organische meststoffen binnen de beschouwde periode.

De verschillen in hoeveelheid opgebrachte organische meststoffen kunnen zeer groot zijn, zelfs binnen een bepaalde teelt: de dosissen kunnen variëren van 0 kg N/ha tot meer dan 300 kg N/ha in het geval van struikbonen. De gemiddelden daarentegen schommelen rond de 85 kg N/ha en zijn vrij gelijkaardig voor alle beschouwde teelten. Boomkwekerijen vallen hier op door het feit dat op geen enkel van de 4 bestudeerde percelen organische mest werd uitgereden.

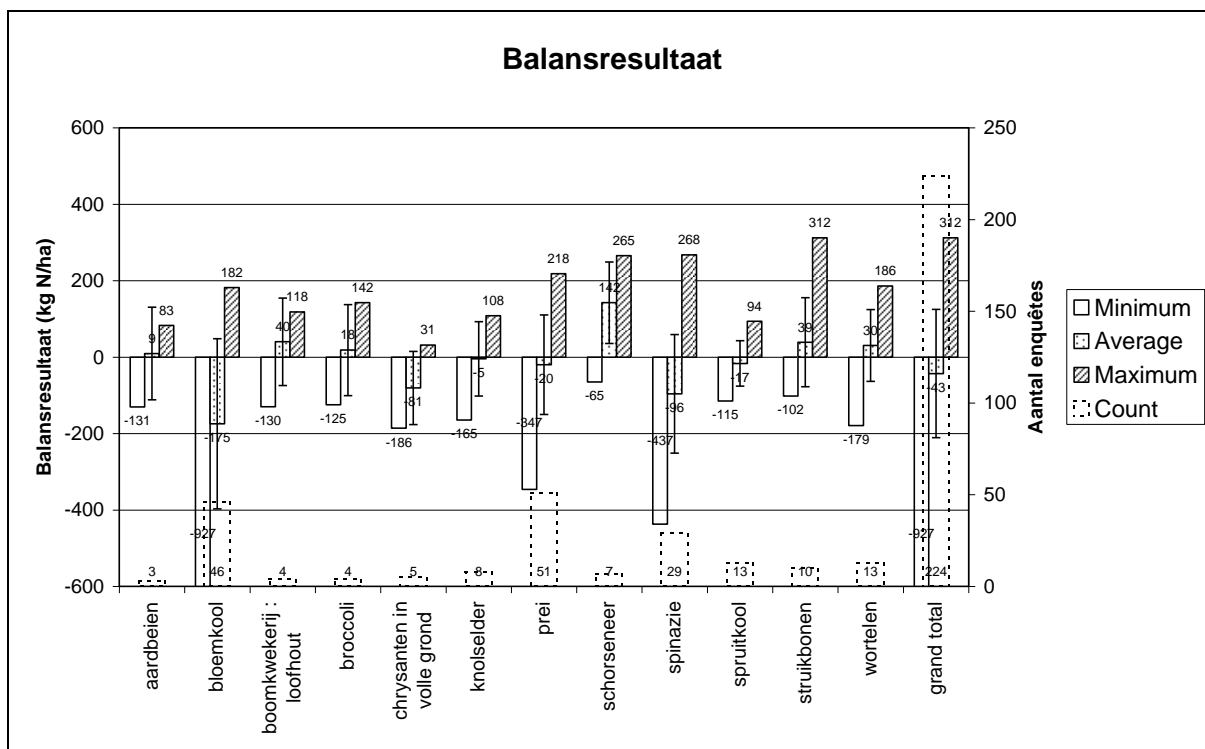
4.7.2.7 N-residu



Figuur 22: N-residu tijdens het najaar van 2006 voor 12 verschillende teelten

Ook hier is de variatie binnen een bepaalde teeltgroep opvallend groot. Zeker bij de percelen met bloemkool als hoofdteelt, maar ook bij die met prei en spinazie, is de standaardafwijking aanzienlijk. Dit wijst erop dat er slechts een beperkt verband bestaat tussen teelt en N-residu, m.a.w. dat het N-residu eerder afhankelijk is van perceelsgerelateerde factoren (zoals teeltrotatie; al dan niet inzaaien van een groenbemester; datum, dosis en aard van toegediende bemesting) dan van teeltgerelateerde factoren. Dit wordt benadrukt door het feit dat binnen elke teeltgroep voorbeelden bestaan van percelen die wél een residu beneden de norm van 90 kg N/ha halen. De met deze lage residu's gerelateerde oogstkwantiteit en -kwaliteit valt natuurlijk niet uit bovenstaande figuur af te leiden. Ook opvallend zijn de lage gemiddelde residu's bij spruitkolen. Deze worden verklaard door de hoge N-opname tot laat in het groeiseizoen en door de grote bewortelingsdiepte bij deze teelt.

4.7.2.8 Balansresultaat



Figuur 23: Balansresultaten voor de 12 verschillende teelten

Een balans in evenwicht wil zeggen dat realistische aannames en metingen zijn gebeurd voor de begroting van de input- en outputparameters, maw. een grote afwijking van het evenwicht wijst op een foutieve inschatting van één of meerdere parameters van de balans.

Het gemiddelde balansresultaat is lichtjes negatief: -52 kg N/ha. Bloemkool en spinazie kennen gemiddeld gezien de meest negatieve balansen, met respectievelijk een resultaat van -196 en -112 kg N/ha. Dit zijn dan ook de twee teelten, eventueel gekoppeld aan een tweede teelt of een groenbemester, waarbij zowel hoge opnamecijfers als hoge residu's opgetekend werden met verhoudingsgewijze relatief lage N-aanvoerposten. Voor broccoli is de gemiddelde balans slechts -53 kgN/ha ondanks het feit dat broccoli ook een grote hoeveelheid stikstof opneemt en eindigt met hoge N-relikwaten. Schorsenen hebben duidelijk de meest positieve balans (met een gemiddeld resultaat van 142 kg N/ha). Dit kan verklaard worden door een opvallend hoge aanvoer van organische mest bij deze teelt, terwijl de afvoerposten eerder aan de lage kant zitten. Bij andere teelten, zoals knolselder, prei, spruitkool en struikbonen is de balans vrijwel in evenwicht.

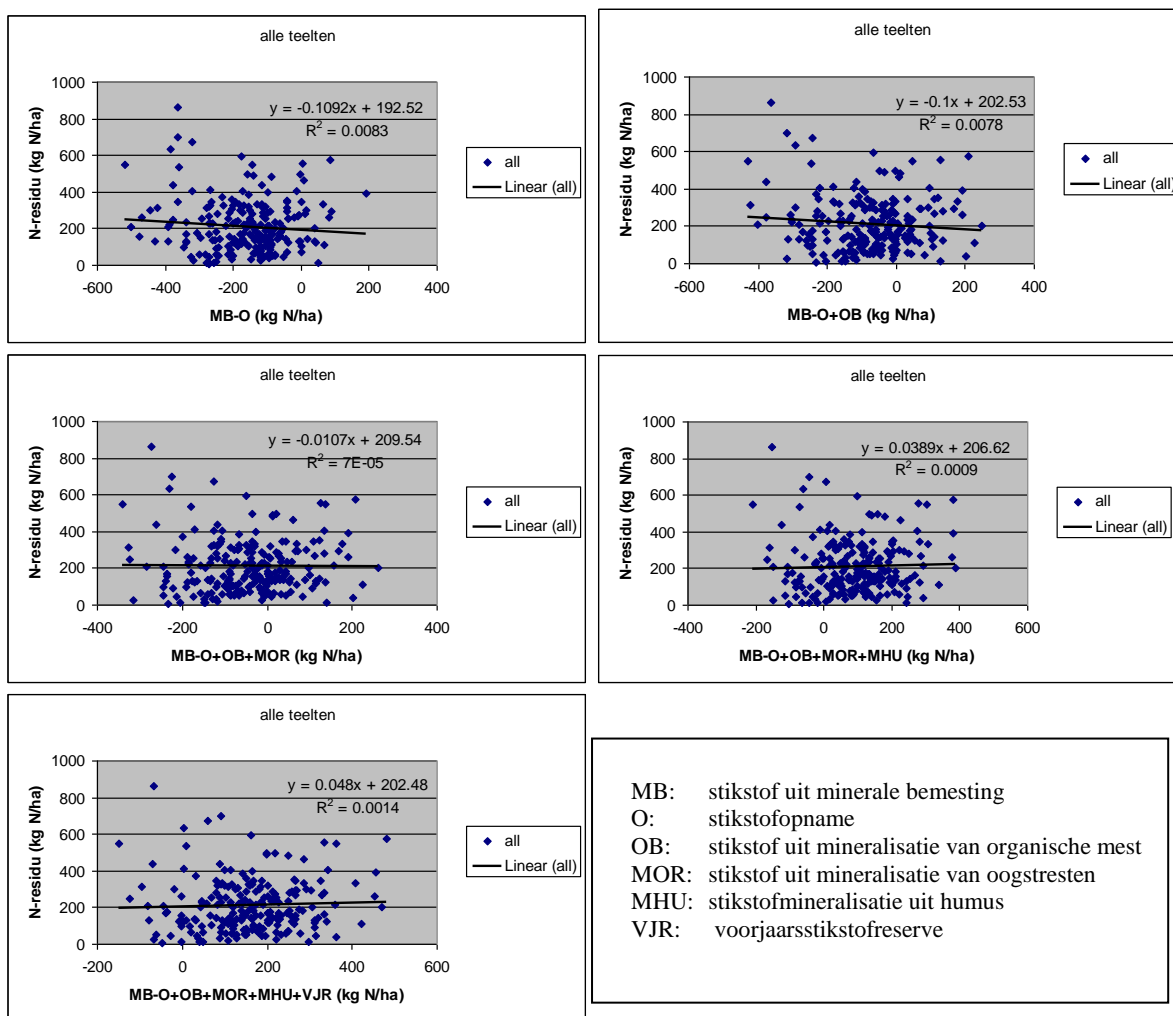
Er zit een zeer grote spreiding op de resultaten; de standaardafwijking bedraagt globaal gezien 180 kg N/ha. Enkel bij spruitkolen zijn de balansen gemiddeld redelijk goed in evenwicht (-23 kg N/ha), terwijl ze ook een relatief geringe spreiding kennen (standaardafwijking van 63 kg N/ha). Daarnaast doet ook knolselder het redelijk goed met een gemiddeld balansresultaat van -5 kg N/ha en een standaardafwijking van 97 kg N/ha. De balansresultaten van bloemkool vormen een uitschieter in de andere richting. Hier wijkt het gemiddelde balansresultaat ver af van

de evenwichtstoestand (-196 kg N/ha) en bereikt ook de standaardafwijking hoge waarden (235 kg N/ha). Ook voor broccoli worden grote standaardafwijkingen (248 kg N/ha) op het gemiddeld balansresultaat genoteerd.

Bij de onderzochte bloemkoolpercelen kunnen enkele zeer negatieve balansen opgemerkt worden; het laagste balansresultaat bedraagt niet minder dan -927 kg N/ha. De balansresultaten bij de overige teelten situeren zich grofweg tussen minimaal -400 kg N/ha en maximaal 300 kg N/ha. Bij wortelen en struikbonen zitten een aantal relatief positieve balansen, met maxima die respectievelijk 324 en 312 kg N/ha bedragen.

Op basis van de beschikbare informatie kan voor heel wat percelen geen balans in evenwicht worden opgesteld. Het ontbreken van de kennis van de reële minerale N-voorraad in het voorjaar is hierin een belangrijke factor. Daarnaast is het zo dat recente bemestingen een sterk vertekend beeld van het nitraatresidu kunnen geven.

4.7.2.9 Verband tussen gemeten nitraatresidu en aan- en afvoerfactoren (alle gewassen)



Figuur 24: Verband tussen het N-residu en de diverse aan- en afvoerfactoren

Figuur 24 geeft het verband weer tussen het gemeten N-residu en de diverse aanvoerfactoren van de N-balans (minerale bemesting, mineralisatie van organische mest, mineralisatie van oogstresten, mineralisatie van humus en voorjaarsreserve). De gegevens van alle teelten werden hierbij in rekening gebracht. Om de invloed van opname op de diverse aanvoerposten te elimineren, werd ervoor gekozen om de factor opname van de aanvoer af te trekken. In de bovenste grafiek wordt op die manier ‘minerale bemesting minus opname’ uitgezet tegen ‘N-residu’. In opeenvolgende grafieken van links naar rechts en van boven naar onder wordt telkens één aanvoerfactor bij de abscis van de vorige grafiek bijgeteld, zodat in de laatste grafiek linksonder de som van alle aanvoerfactoren (minus de opname) is uitgezet tegen het N-residu.

De absciswaarden van de eerste twee grafieken zijn opvallend negatief. Dit wijst erop dat de toegediende hoeveelheid minerale en organische bemesting de gewasopname meestal niet dekt. De meeste landbouwers houden er dus blijkbaar rekening mee dat er naast bemesting nog andere aanvoerposten van stikstof zijn om de belangrijkste afvoerfactor tijdens het groeiseizoen (de opname) te dekken, al blijft het ook mogelijk dat de opgegeven bemestingsdosissen in een aantal gevallen lager liggen dan de werkelijk toegediende hoeveelheden. De percelen die in deze grafiek reeds een absciswaarde van 0 of meer halen, zijn echter niet noodzakelijk de percelen met hogere residu's. Andere aanvoerposten dan minerale bemesting (bv. mineralisatie van humus) spelen hier waarschijnlijk een belangrijkere rol in de bepaling van de grootte van het N-residu.

Dit wordt echter niet eenduidig bevestigd door de volgende grafieken waarin de andere aanvoerposten zijn opgenomen. Zelfs uit de laatste grafiek, waar in feite het berekend residu wordt uitgezet tegen het gemeten residu, valt geen verband af te leiden tussen enerzijds de aanvoer minus afvoer van stikstof en anderzijds de gemeten hoeveelheden reststikstof.

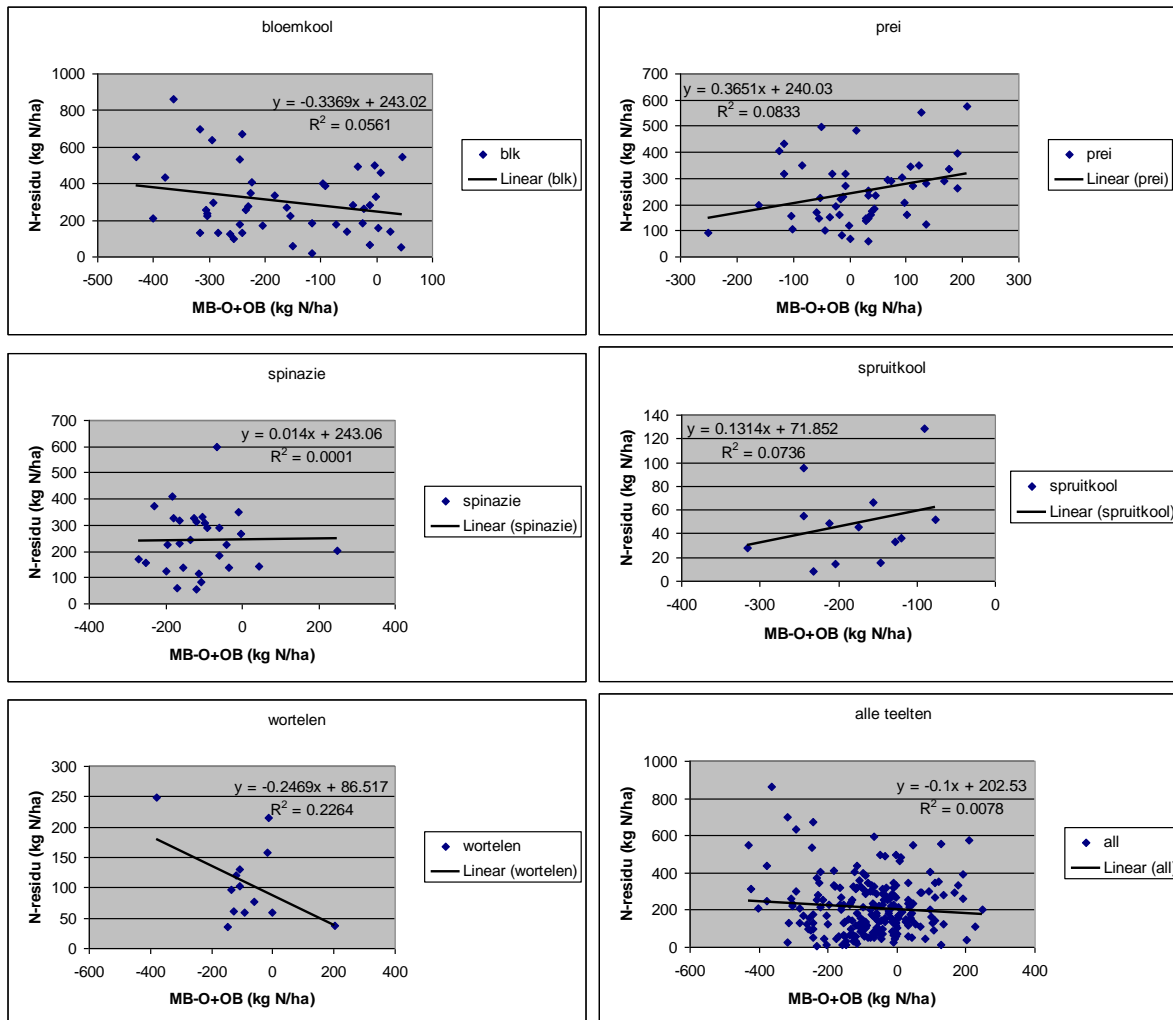
4.7.2.10 Verband tussen gemeten nitraatresidu en externe aanvoer van stikstof

In volgende grafieken (Figuur 25) wordt het gemeten nitraatresidu uitgezet tegen de externe aanvoer van nutriënten (minerale bemesting plus werkzame stikstof uit organische bemesting) en dit voor de voornaamste teelten plus de globale dataset. Om rekening te houden met de sterke onderlinge verschillen in stikstofopname door de gewassen werd deze steeds in mindering gebracht.

Enkel voor spruitkool en prei wordt een positief verband teruggevonden tussen externe aanvoer minus opname enerzijds en gemeten nitraatresidu anderzijds. De correlatie blijkt evenwel voor alle teelten, wortelen uitgezonderd, bijzonder laag te zijn. Dit bevestigt dat de externe aanvoer van nutriënten (minerale en organische bemesting) slechts voor een klein gedeelte bepalend is voor het nitraatresiducijfer en dat andere factoren zoals mineralisatie uit bodem organische stof en gewasresten een grotere rol spelen.

Uit onderstaande grafieken kan daarnaast opgemerkt worden dat voor alle teelten blijkt dat de externe aanvoer minus opname overwegend negatieve waarden aanneemt. Enkel bij prei zijn er ongeveer evenveel percelen met een positieve waarde dan met een negatieve waarde voor deze balans. Dit kan er enerzijds op

wijzen dat prei relatief meer bemest wordt dan de andere gewassen. Anderzijds moet rekening worden gehouden met het feit dat op het ogenblik van de nitraatresidumeting de opname door het preigewas slechts onvolledig was. Bij de berekening van het opnamecijfer werd immers rekening gehouden met het groeistadium van het gewas.

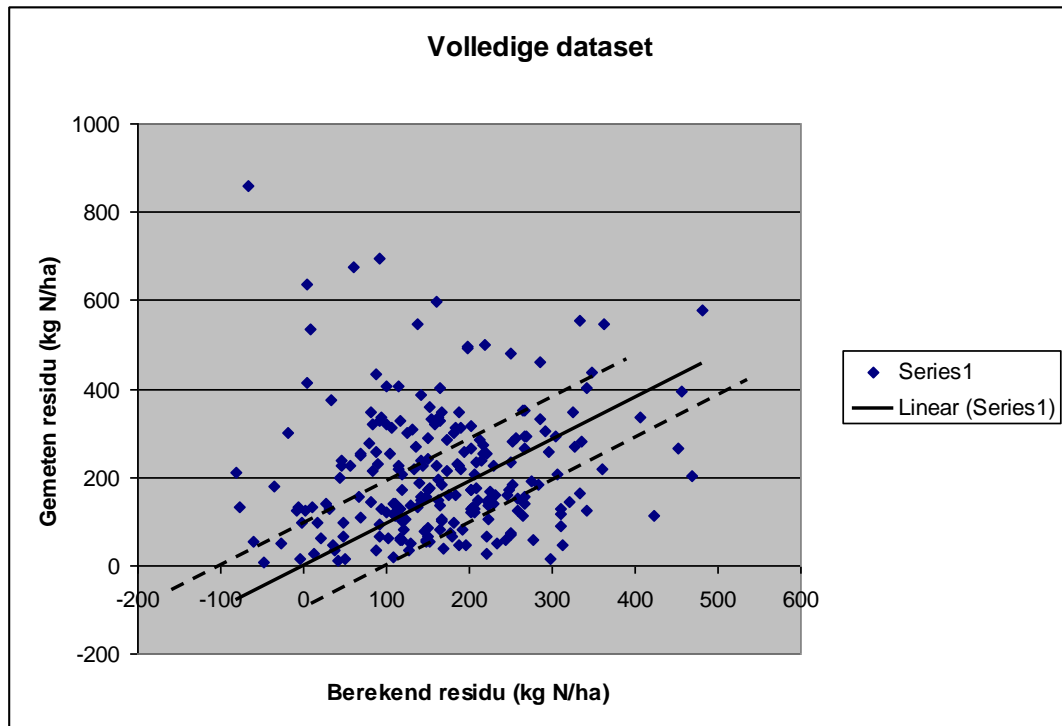


MB: stikstof uit minerale bemesting
 O: stikstofopname
 OB: stikstof uit mineralisatie van organische mest

Figuur 25 Gemeten nitraatresidu in functie van externe N-aanvoer en N-opname

4.7.3 Gemeten nitraatresidu t.o.v. berekend residu

In onderstaande figuur zijn de gemeten najaarsnitraatresidu's voor de ganze dataset uitgezet tegen de verwachte (= volgens de balansberekening bekomen) residu's. Bij de geschatte residu's zijn een aantal negatieve waarden te vinden. Dit kan er enkel maar op duiden dat ofwel de input onderschat is of de afvoer overschat werd. In ongeveer de helft van de gevallen ligt het verwacht residu hoger dan het gemeten residu, bij de rest van de dataset is het omgekeerde het geval.



Figuur 26: Gemeten t.o.v. verwacht nitraatresidu

4.8 Onzekerheidsanalyse van de balansberekeningen

4.8.1 Inleiding

De gegevens die ter beschikking waren uit de enquête en die gebruikt zijn als uitgangspunt voor de balansberekeningen vertoonden een aantal onvolkomenheden. Hoewel bij de analyse van de enquêtes zoveel mogelijk getracht werd om de data uit te zuiveren en in overeenstemming te brengen met de expertkennis die bestaat binnen het consortium, blijft een zeer grote onzekerheid bestaan op deze uitgangsdatta. Daarnaast werden bij de balansberekeningen een aantal ontbrekende termen (d.w.z. termen die niet direct uit de enquête konden worden gehaald) door het consortium naar voren gebracht, opnieuw gebaseerd op de beschikbare expertkennis. Het gaat hier bijvoorbeeld om termen zoals mineralisatie van bodem organische stof, mineralisatie van gewasresten, denitrificatie, uitspoeling, ... Hoewel deze geschatte waarden de best beschikbare waarden zijn, blijven ook hier belangrijke onzekerheden bestaan, die ook hun weerslag hebben op het balansresultaat. Uit voorgaande mag blijken dat de bekomen bodembalansen dus als ruwe benaderingen (maar wel beredeneerde en best beschikbare benaderingen) moeten worden beschouwd. Voor een correcte interpretatie van de balansresultaten werd dan ook binnen het consortium beslist om op de best mogelijke manier een inschatting te berekenen van de onzekerheid op de balansberekeningen. Gezien de complexiteit van de balansberekeningen werd geopteerd om de onzekerheden te bepalen aan de hand van Monte Carlo simulaties. De werkwijze en de resultaten worden hieronder toegelicht.

4.8.2 Methodologie

Voor het uitvoeren van een MC simulatie wordt aan alle onzekere invoervariabelen een probabilistische verdeling toegekend in plaats van een vaste berekende waarde. Dit is tegelijk de stap die het sterkst de uitkomst van de simulaties zal bepalen.

Zoals eerder aangegeven kan de minerale stikstofbalans als volgt worden uitgedrukt:

$$\text{Reserve} - \text{Opname} - \text{Denitrificatie} - \text{Uitspoeling} + \text{Depositie} + \text{Anorganische bemesting} + \text{Mineralisatie uit oogstresten} + \text{Mineralisatie uit humus} + \text{Mineralisatie uit organische meststoffen} - \text{Residu} = \text{Balansresultaat}$$

Van elk van deze variabelen van deze vergelijking werd verondersteld dat hij onzeker was, en dus werd aan elk van deze variabelen een statistische verdeling toegekend. De keuze van deze verdelingskarakteristieken dient hierbij zo goed mogelijk de werkelijke verdeling van deze variabelen te benaderen. Voor bodemeigenschappen en processen wordt vaak aangenomen dat deze lognormaal verdeeld zijn, terwijl voor plantparameters (opname) meestal een normale verdeling kan vooropgesteld worden. Gezien de beperkte gegevens die voorhanden zijn omtrent distributies van bodem- en gewasparameters werd deze benadering ook hier gevolgd (Tabel 15). Voor de parameters die niet direct bodemeigenschappen zijn (N opname gewas, bemesting, depositie, mineralisatie van oogstresten en dierlijke mesten) werd telkens een normale verdeling aangenomen. Mineralisatie uit oogstresten en dierlijke mest wordt immers voor een groot stuk bepaald door de

droge stof inhoud en de N concentratie van deze organische stoffen, en deze kunnen als normaal verdeeld beschouwd worden. Voor elke variabele werd dan als gemiddelde van de verdeling ofwel de waarde genomen zoals gebruikt in de balansberekeningen, ofwel werd een waarde vooropgesteld met name voor denitrificatie, uitspoeling en atmosferische depositie (voor deze drie wordt in de balansberekeningen aangenomen dat ze elkaar compenseren en werden daar dus niet meegerekend). De gemiddelde waarden voor denitrificatie, uitspoeling en depositie in Tabel 15 compenseren elkaar ook, maar bij de MC simulaties zullen deze 3 waarden in de meeste gevallen elkaar niet volledig compenseren, zodat ze wel van belang zijn in de onzekerheidsanalyse.

Tabel 15: Gebruikte verdelingen voor invoervariabelen van de Monte Carlosimulatie

Component	Type verdeling	Gemiddelde	Standaardafw.	Ondergrens	Bovengrens
Reserve	lognormaal	Waarde balansberek.	St.d. behandeling	0	Max. v groente
Opname	normaal	Waarde balansberek.	20 % vh gemid.	0	1.5 x gemid.
Denitrificatie	lognormaal	10	10	0	60
D Uitspoeling	lognormaal	15	10	0	100
e Depositie	normaal	25	10	15	40
Bemesting	normaal	Waarde balansberek.	5 % vh gemid.	0	2.0 x gemid.
w Min_oogstrest	normaal	Waarde balansberek.	50 % vh gemid.	0.3 x gemid.	1.7 x gemid.
a Min_humus	lognormaal	Waarde balansberek.	30 % vh gemid.	0	+ ∞
a Min_orgmest	normaal	Waarde balansberek.	50 % vh gemid.	0.3 x gemid.	1.7 x gemid.
r Residue	lognormaal	Waarde balansberek.	20 % vh gemid.	0	1.4 x gemid.

De waarden van de standaardafwijkingen in Tabel 15 zijn gebaseerd op het expertoordeel van de consortiumpartners, maar zijn voor een deel arbitrair, gezien de beperktheid van gegevens. Nochtans kunnen deze waarden volgens het consortium gezien worden als vrij conservatieve schattingen van de variabiliteit.

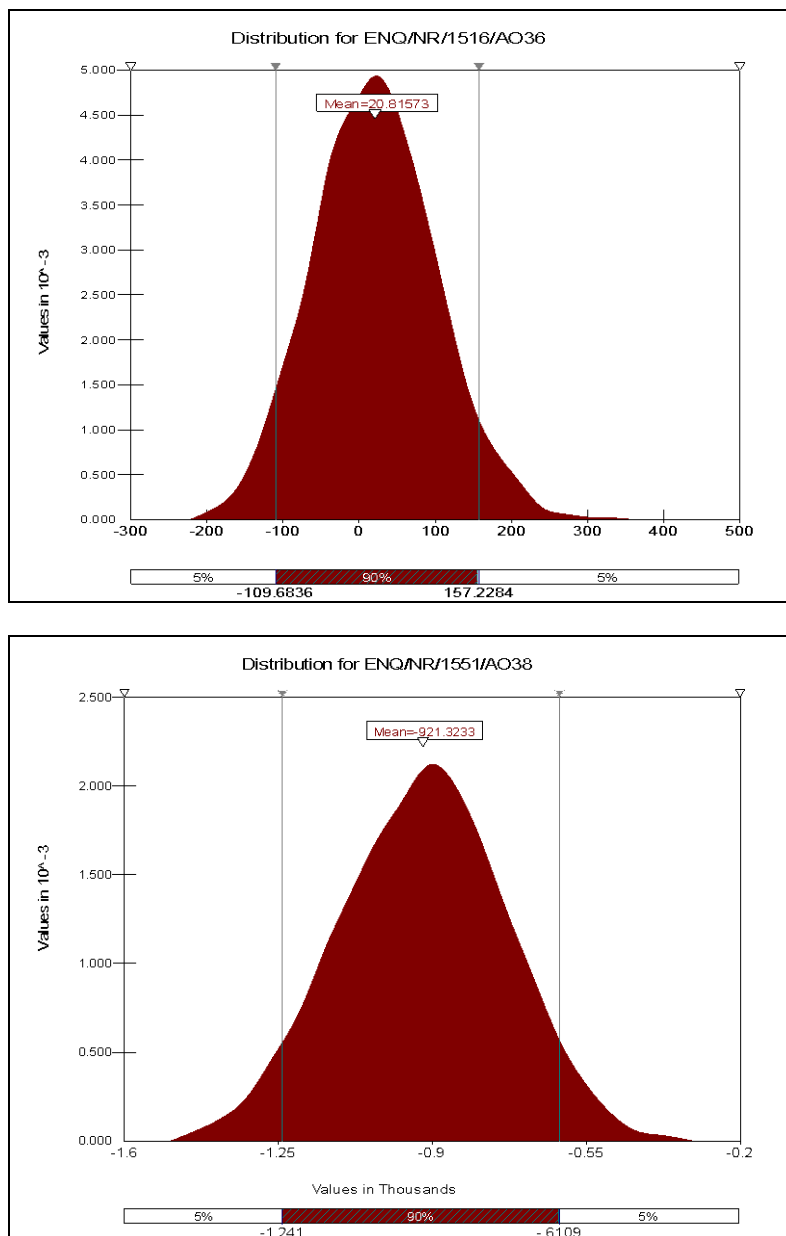
Er werden bovengrenzen vastgelegd bij de verdelingen, d.w.z. maximale waarden die bij de MC simulatie niet mogen worden overschreden. Voor een aantal parameters waarbij een normale verdeling werd verondersteld werden ook ondergrenzen voor de waarden gedefinieerd, ten einde geen fysisch onmogelijke resultaten te bekomen (zoals bijvoorbeeld negatieve N opname).

De onzekerheid voor een aantal parameters omvat eigenlijk een geheel van onzekerheden, bv. de onzekerheid op mineralisatie van oogstresten omvat de onzekerheid op de hoeveelheid oogstresten, de N inhoud van de oogstresten, en de eigenlijke mineralisatie.

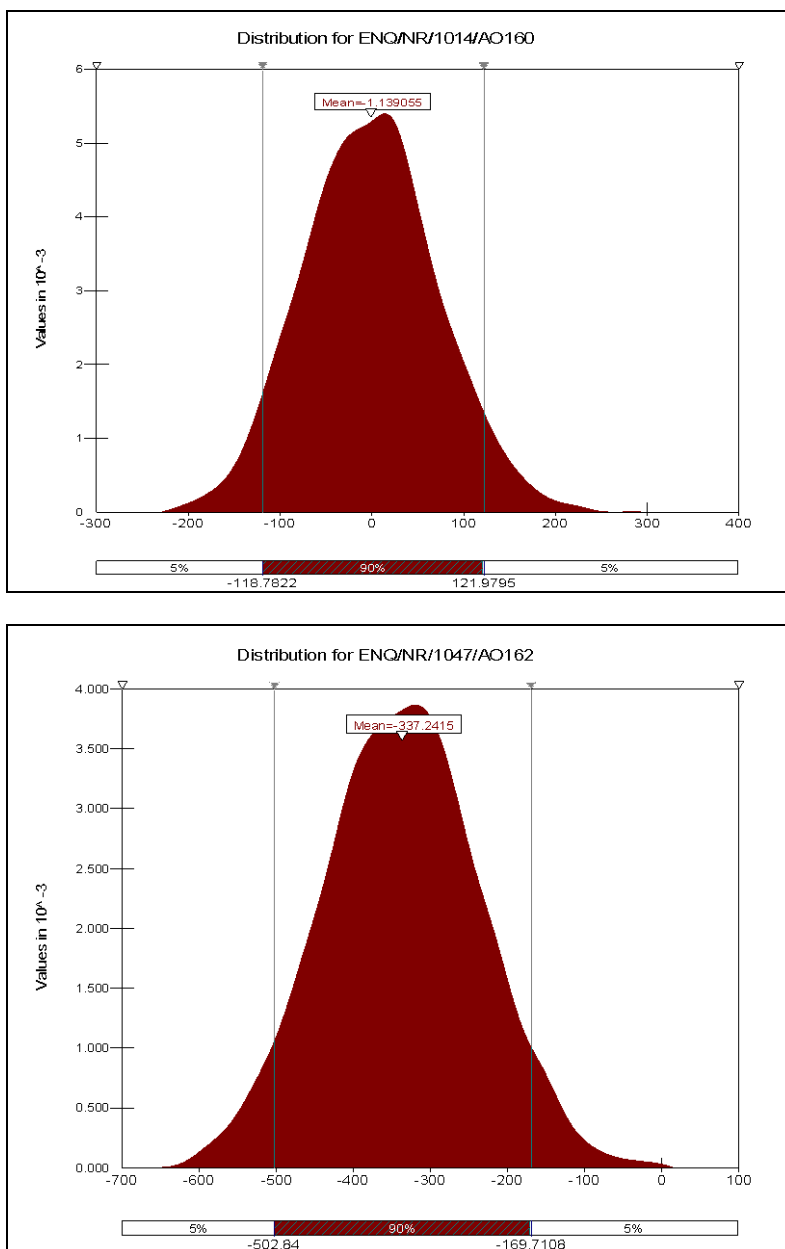
De Monte Carlosimulatie werd uitgevoerd voor 169 velden in totaal, met name voor de belangrijkste situaties (bloemkool, prei, spinazie, knolselder, spruitkool, struikbonen en wortelen). Voor elk van deze velden afzonderlijk werd telkens een MC simulatie uitgevoerd met 10.000 iteraties, waarbij gebruik gemaakt werd van Latin Hypercube Sampling. Als resultaat werd voor elk veld een probabilistische verdeling van het balansresultaat bekomen in plaats van één enkele waarde, waaruit dan onzekerheden kunnen worden bekomen. Het volledige resultaat van de berekeningen

is in bijlage gegeven met waarden van de oorspronkelijke waarde zoals gebruikt in de balansberekening, en daarnaast het gemiddelde, standaardafwijking, variantie, en het 90% betrouwbaarheidsinterval, bekomen uit de MC simulatie. Ook waarden van minimum, maximum, skewness en kurtosis worden uit deze simulaties bekomen, maar zijn niet weergegeven om toe te laten het overzicht te behouden.

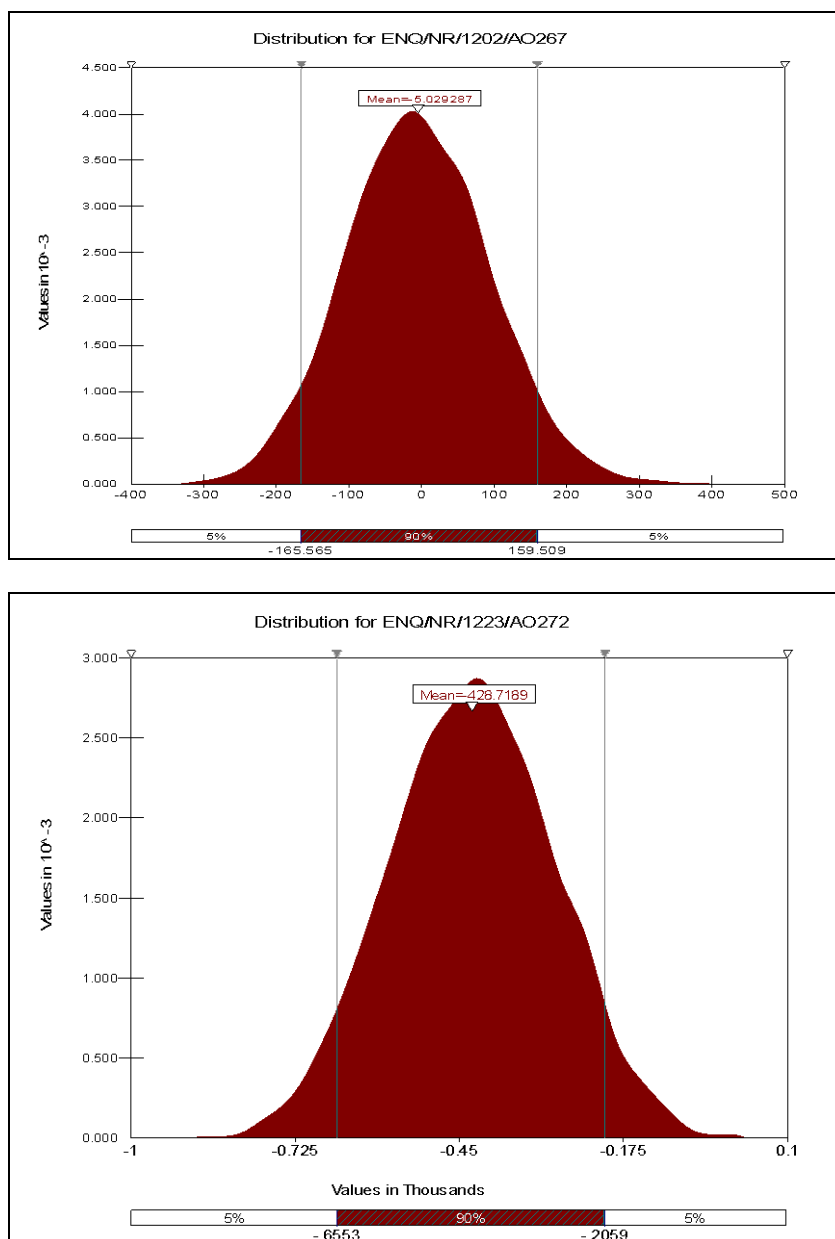
Voor de belangrijkste gewassen (bloemkool, prei en spinazie) zijn voor een balans met sterk negatief resultaat en een balans met bijna een nulresultaat telkens voorbeelden van verdelingen gegeven (Figuur 27 tot en met Figuur 29).



Figuur 27: Waarschijnlijkheidsverdeling voor het balansresultaat van bloemkool bij nagenoeg sluitende balans (boven) en sterk negatieve balans (onder)



Figuur 28: Waarschijnlijkheidsverdeling voor het balansresultaat van prei bij nagenoeg sluitende balans (boven) en sterk negatieve balans (onder)



Figuur 29: Waarschijnlijkheidsverdeling voor het balansresultaat van spinazie bij nagenoeg sluitende balans (boven) en sterk negatieve balans (onder)

4.8.3 Interpretatie van de onzekerheidsanalyse

Het gemiddelde van de MC simulaties is steeds ongeveer gelijk aan de oorspronkelijke waarde gebruikt in de balansberekeningen, hetgeen aantoont dat de MC simulatie correct is verlopen en geen "bias" op de resultaten heeft geïntroduceerd. De kleine verschillen tussen beide waarden (enkele kg N per ha) is te wijten aan enerzijds het relatief beperkte aantal simulaties (10 000 is niet veel bij een dergelijk aantal onzekere variabelen), maar vooral ook aan het invoeren van de onder- en bovengrenzen bij sommige van de berekeningen, waardoor het gemiddelde

van de begrensde verdeling licht gaat afwijken van het gemiddelde van de niet begrensde verdeling.

Als belangrijkste maat voor de onzekerheid op de balansberekeningen werd het 90 % betrouwbaarheidsinterval gekozen. De grenzen van dit interval moeten geïnterpreteerd worden als die waarden waarbinnen de balansberekening zal liggen in 9 op de 10 gevallen. Uit de resultaten blijkt dat het 90 % betrouwbaarheidsinterval zich typisch situeert tussen +100 à 200 en -100 à 200 kg N rondom het gemiddelde van de balansberekeningen. Hoewel dit op het eerste zicht een vrij groot interval lijkt, is dit gebaseerd op realistische en vrij conservatieve inschattingen van de onzekerheid op de parameters. Dit geeft meteen aan dat op het niveau van individuele percelen verschillen van bv. 50 of 100 kg N tussen balansen niet echt relevant zijn in deze studie, gezien zij ruimschoots vallen binnen de berekende onzekerheidsgrenzen. Dit geeft ook aan dat de gegevens die ter beschikking waren voor deze studie niet van optimale kwaliteit waren. Het is duidelijk dat daar waar meer exacte gegevens voorhanden zouden zijn een balans met een kleinere onzekerheid zou kunnen bekomen worden. Voor het formuleren van een goed stikstof bemestingsadvies aan de landbouwer moet dus benadrukt worden dat dit advies zal verbeteren en minder risico's zal inhouden naarmate de landbouwer betere gegevens ter beschikking heeft met betrekking tot alle inputs en outputs op de balans. Vooral een betere voorspelling van N mineralisatie van bodem organische stof, een betere kennis van de droge stofinhoud en stikstofgehalte van alle organische inputs die worden gebruikt (dierlijke mest, andere organische meststoffen, oogstresten, groenbemesters) zouden een perceelsbalans veel minder onzeker maken.

Het gemiddelde deficiet op de balans in deze studie was 48 kg N per ha. Gezien de grote onzekerheid op de inputdata kan dit als een vrij goed resultaat worden bestempeld. Zoals gezegd kan dit per veld niet als een echt betekenisvol verschil worden gezien, maar voor alle velden samen nochtans blijkt hieruit dat er toch een tendens was naar een deficitaire balans. Voor die velden waar het balansresultaat zich situeert tussen de -150 en +150 kg is de kwaliteit van de balans als voldoende te beschouwen. Voor een aantal velden situeert zich dat evenwel veel hoger, tot -900 kg N per ha, en voor die velden is er duidelijk een groot probleem met de kwaliteit van de aangeleverde gegevens, en zijn een aantal van de balanscomponenten daardoor totaal verkeerd ingeschat.

4.9 Resultaten demopercelen proefcentra

4.9.1 Algemeen

In het kader van het demonstratieproject ‘Reductie van Reststikstof in de Vollegrondsgroenteteelt, gefinancierd door de Europese Unie Afdeling Duurzame Landbouwwontwikkeling (ADLO) van het Departement Landbouw en visserij, werden door het Proefstation voor de Groenteteelt, het PCG en het POVLT bij vijftien groentetelers demonstratiepercelen aangelegd om het effect van aangepaste strategieën voor de beheersing van het nitraatresidu aan te tonen.

Voor de demonstraties, die liepen over de seizoenen 2006 en 2007, werd het perceel opgesplitst in twee deelpercelen. Het eerste deel werd bemest en behandeld volgens de courante praktijken van de teler. Op het tweede deel werden aangepaste bemestingstrategieën toegepast (verschillende typen (bijvoorbeeld traagwerkende minerale meststoffen, dosering en bemestingstijdstip). Op regelmatige tijdstippen werd het nitraatstikstofgehalte van de bodem bepaald. De frequentie van staalname was hoger in het late najaar en in de zomer. Daarnaast werden gedetailleerde waarnemingen gedaan met betrekking tot de kwaliteit en kwantiteit van de oogst.

4.9.2 Resultaten van de balansberekeningen

Vertrekkend van de dataset van het demonstratieproject (15 x 2 x 2 deelpercelen) werd voor elk deelperceel een stikstofbalans opgesteld. Hierbij werden grotendeels dezelfde principes gevolgd als bij de balansberekeningen uitgevoerd in het kader van het huidige project:

- omrekening van de totale hoeveelheid toegediende organische meststoffen naar werkzame stikstof, zowel voor dierlijk mest als voor composttoediening
- toepassing van de coëfficiënten voor aanlevering van stikstof vanuit de mineralisatie van oogstresten in functie van oogstdatum
- berekening van mineralisatie van bodemhumus op basis van koolstofpercentage van de bouwlaag

Vermits voor de meeste percelen gegevens bekend waren voor de stikstofreserve van het perceel bij aanvang van het groeiseizoen werden deze cijfers als dusdanig in de balansberekening ingevoerd. In een drietal gevallen was er geen volledige duidelijkheid met betrekking tot de directe bruikbaarheid van de aangeleverde data (bv nitraatvoorraadbepaling na voorafgaande toediening van mest, metingen beperkt tot 1 of 2 lagen, ...). In deze gevallen werd een andere beredeneerde waarde voor de aanvangsreserve aangenomen.

Omdat de proeven over twee volle kalenderjaren verliepen met gebruikmaking van dezelfde percelen en zowel voor het najaar als voor het voorjaar de nitraatstikstofinhoud van de percelen gemeten werd, was het in principe mogelijk om voor de winter 2006-2007 een inschatting te maken van de uitspoelingsverliezen. Deze moeten evenwel met de nodige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd omdat

sommige velden nog een gewas (meestal prei) of groenbemester droegen tot ver in het najaar.

Volgende tabel geeft een aantal kengetallen weer van de dataset en de balansberekeningen.

Tabel 16: Kengetallen van de dataset

Kengetal	Praktijkvelden tuinbouwer	Praktijkvelden proeftuinen
Gemiddelde voorjaarsreserve (kg N/ha)	116,0	109,0
Gemiddelde toediening minerale meststoffen (kg N/ha)	193,9	156,5
Gemiddelde bruto toediening organische meststoffen (kg N/ha)	158,8	80,3
Gemiddelde toediening organische meststoffen volgens werkingscoëfficiënt (kg N/ha)	60,3	20,5
Gemiddeld gemeten najaarsnitraatresidu (kg N/ha)	241,5	170,4
Gemiddeld berekende najaarsnitraatresidu (kg N/ha)	267,0	183,3
Gemiddeld verschil tussen berekend en gemeten najaarsresidu (kg N/ha)	- 25,5	- 12,9
Standaardafwijking verschil tussen berekend en gemeten najaarsresidu (kg N/ha)	158,4	134,4
Aantal waarnemingen	30	30

De volgende tabel geeft de balansonderdelen weer waarvoor geen differentiatie werd doorgevoerd voor de deelpercelen, omdat deze telkens identiek worden geacht voor beide deelpercelen (zelfde bodemkarakteristieken, gewassen, zaai- en oogstdatum).

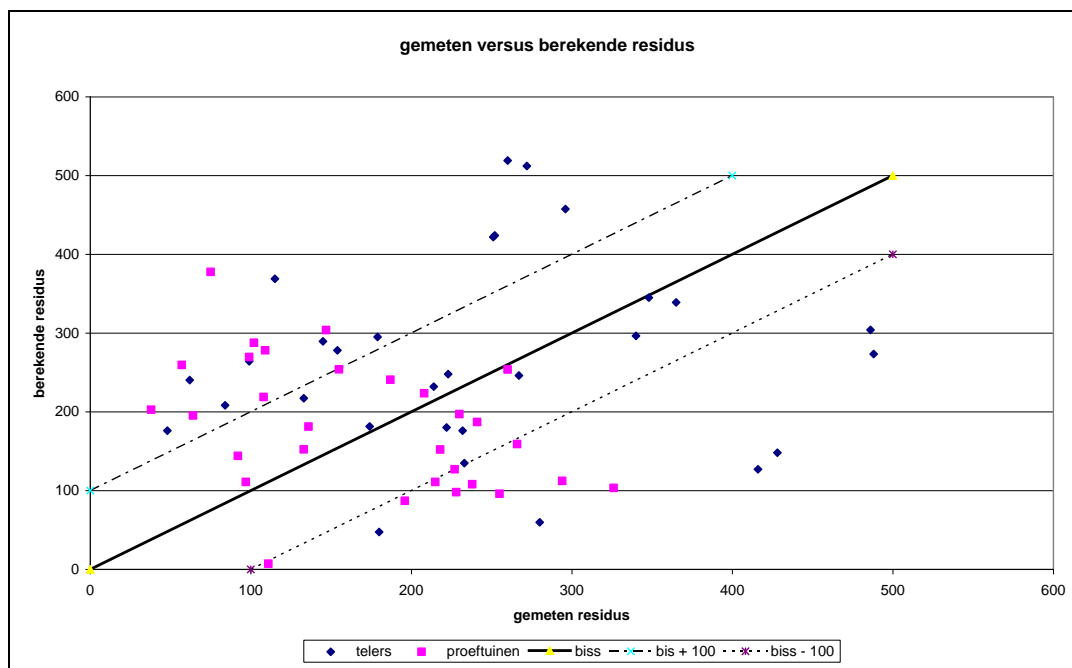
Tabel 17: Gemeenschappelijke balansonderdelen

Balansonderdeel	Waarde
Gemiddelde opname door gewassen (kg N/ha)	292,7
Gemiddelde mineralisatie gewasresten (kg N/ha)	45,3
Gemiddelde mineralisatie bodemorganische stof (kg N/ha)	157,1
Gemiddelde opname door groenbemesters (kg N/ha)	16,0

Uit Tabel 16 kan men afleiden dat de afwijking tussen de gemeten en de berekende residu's zowel bij de tuinders als bij de proeftuinen gemiddeld niet zeer ver van de nulwaarde afwijken (respectievelijk - 25,5 en - 12,9 kg N/ha). De standaardafwijking binnen de verschillen tussen gemeten en berekend residu bedraagt evenwel respectievelijk 158,4 kg N voor de percelen van de telers en 134,4 kg N voor deze van de proeftuinen, wat vergelijkbaar is met de standaardafwijking bekomen uit de dataset van het onderzoek op basis van de enquêtes bij de teler (180 kg N/ha).

Voor veel deelpercelen is er derhalve toch nog een duidelijk verschil tussen het gemeten nitraatresidu en de berekende waarden op basis van de gevolgde balansberekening. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 30 waarin deze waarden tegen elkaar worden uitgezet. In het ideale geval, d.i. geen of nauwelijks verschil tussen gemeten en berekende waarden, zouden alle punten zich op of in de onmiddellijke nabijheid van de bissectrice moeten bevinden. In onderhavig geval blijkt dit slechts te gelden voor enkele punten en wijken meer dan de helft van de punten meer dan 100 kg N/ha af van de bissectrice.

Dit wil met andere woorden zeggen dat op perceelsniveau de berekening van de balansen moet verfijnd worden (vb. verfijning berekening stikstofmineralisatie, werken met reële stikstofopname,...).



Figuur 30: Berekend versus gemeten nitraatresidu

Figuur 30 geeft tevens aan dat zowel gemeten als berekende nitraatresidu's in de groep van deelpercelen van de proeftuinen duidelijk minder extreme waarden aannemen dan op de deelpercelen van de tuinders. Gemiddeld ligt het gemeten nitraatresidu in de deelpercelen van de proeftuincentra een 70-tal kg N/ha lager dan in de velden van de telers. In slechts 5 van de 30 gevallen (volledige dataset van 15 lokaties maal 2 jaar) blijken de nitraatresidu's op de percelen van de telers lager uit te vallen dan op het overeenkomstige perceel van de proeftuinen. Wanneer met behulp van de t-test een paarsgewijze vergelijking wordt gemaakt tussen de deelpercelen (volledige set) blijken de resultaten op de deelpercelen van de proeftuinen significant beter te zijn dan op de andere deelpercelen, zoals blijkt uit volgende tabel.

Tabel 18: *Vergelijking van de najaarsnitraatresidu m.b.v. de t-test (gepaarde gegevens)*

	<i>Telers</i>	<i>Proeftuinen</i>
Mean	241.5333333	170.4
Variance	13863.84368	6093.834483
Observations	30	30
Pearson Correlation	0.576028192	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	29	
t Stat	4.025297509	
P(T<=t) one-tail	0.000186744	
t Critical one-tail	1.699126996	
P(T<=t) two-tail	0.000373488	
t Critical two-tail	2.045229611	

Tabel 16 geeft aan dat op de deelpercelen van de proeftuinen gemiddeld een lagere hoeveelheid minerale meststoffen werd toegediend dan deze van de tuinders (156 kg N tegenover 194 kg N). De gemiddelde toediening van organische meststoffen ligt eveneens lager, zowel wat betreft de totale aangevoerde hoeveelheden stikstof (80 kg N/ha tegen 159 kg N/ha) als de afgeleide hoeveelheden werkzame stikstof (20,5 kg N tegenover 60,3 kg N/ha). In deze oefening werd geen rekening gehouden met eventuele verschillen in N-afvoer door een verschillend opbrengstniveau, maar uit de verslagen kan opgemaakt worden dat deze in het algemeen iets lager hebben gelegen op de deelpercelen van de proeftuinen.

De totaal toegediende hoeveelheid werkzame stikstof (minerale meststoffen plus organische meststoffen) ligt op de deelpercelen van de proeftuinen gemiddeld een kleine 80 kg N/ha lager dan op het praktijkgedeelte, wat in dezelfde grootte-orde ligt als het gemiddelde verschil in najaarsresidu. Verwacht kan worden dat ook de aard van de gebruikte meststof en onder andere het tijdstip van bemesting mee het nitraatresidu bepaald hebben. Daarom kan niet gesteld worden dat enkel de lagere hoeveelheden toegediende meststoffen de enige verklaring zouden vormen voor de lagere residus op de deelpercelen van de proeftuinen.

4.9.3 Conclusies

Algemeen blijkt dat de bemestingstrategieën voorgesteld door de proefcentra vrijwel systematisch lagere nitraatresidu's opleveren, en dit bij een gelijkblijvende of licht verlaagde opbrengst. In één enkel geval lagen de opbrengsten op het deelperceel van het proefcentrum hoger dan op dit van de teler. De gevolgde bemestingsstrategie is vooral gebaseerd op het regelmatig meten van de beschikbare minerale stikstof tijdens het groeiseizoen. Dit project heeft duidelijk aangetoond dat er mogelijkheden zijn om de nitraatresidu's in de groenteteelt te verlagen.

4.10 Samenvattende conclusies m.b.t. deel 1: enquêtering en gegevensverwerking

Op basis van de gegevens m.b.t. de resultaten van 849 nitraatresidumetingen van tuinbouwpercelen in het najaar van 2006 werd een vragenlijst opgestuurd naar de betrokken telers met de bedoeling bijkomende gegevens te verzamelen met het oog op de beoordeling van de residumetingen. In totaal werden 284 antwoorden ontvangen, waarvan er na grondige screening uiteindelijk 224 werden weerhouden voor verdere analyse. In totaal bleek de dataset gegevens te bevatten van 38 verschillende teelten. De meest voorkomende waren prei, bloemkool, spinazie, wortelen en spruitkool.

Na een aantal noodzakelijke correcties, aanvullingen en aanpassingen op basis van literatuur en expertkennins werd voor elk van de percelen een stikstofbalans doorgerekend, waarin de volgende parameters werden opgenomen: voorjaarsreserve, minerale en organische N-bemesting, toelevering uit bodemhumus, gewasresten en groenbedekkers, stikstofopname door het gewas en uitspoeling. Denitrificatie en atmosferische neerslag werden niet in rekening gebracht. De berekende balansen werden vergeleken met de gemeten residuwaarden.

De gemeten residuwaarden liggen in het algemeen hoog en enkel bij schorseneren, spruitkolen en wortelen wordt de norm gemiddeld gehaald of dicht benaderd. De spreiding binnen éénzelfde gewas ligt hoog. De opgegeven bemestingsdosissen liggen in het algemeen lager dan de opname door de gewassen en er is geen eenduidig verband waar te nemen tussen toegediende meststofhoeveelheid en nitraatresidu. Ook textuur is geen duidelijk verklarende factor. De aanwezigheid van een groenbemester, voor zover deze wordt toegepast, heeft geen significante impact op het najaarsresidu. Wel is er een tendens waar te nemen naar hogere residu's bij toenemend bodemkoolstofgehalte. Samen met de mineralisatie uit oogstreseten is de aanlevering van stikstof door de bodemhumus meer dan waarschijnlijk een onderschatte factor. De balansresultaten bedragen gemiddeld -52 kg N/ha met evenwel een grote spreiding. Uit de onzekerheidsanalyse uitgevoerd met behulp van een Monte Carlosimulatie blijkt dat deze afwijking niet abnormaal te noemen is gezien de grote onzekerheidsmarge op de meeste posten van de balans. Toch blijft een aantal velden buiten de berekende marge van -150 kg/ha en + 150 kg N/ha vallen, wat wijst op een foute inschatting van één of meer balansposten;

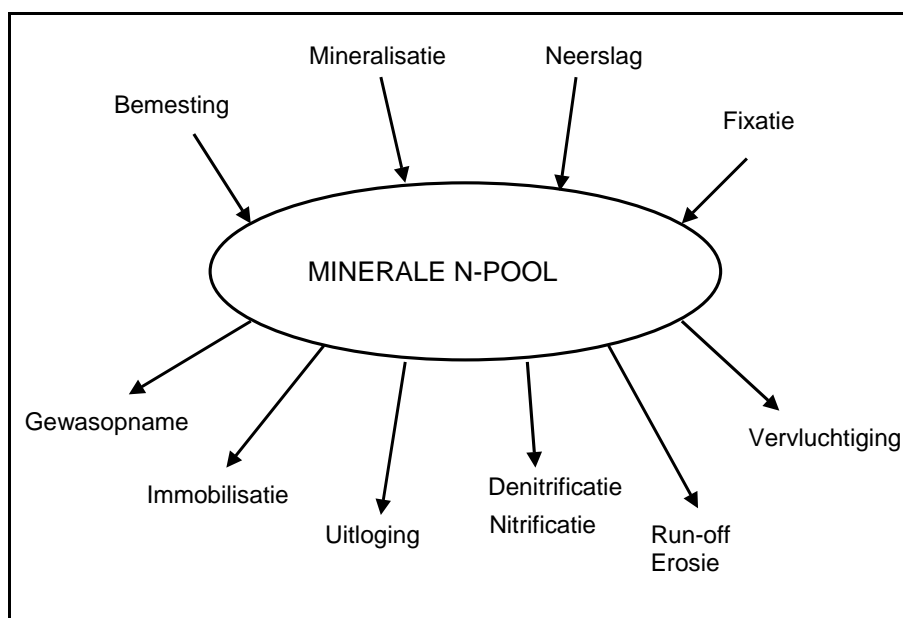
Een analyse van gegevens afkomstig van 15 sites van een demoproject van de proeftuinen, waarbij de door de tuinders toegepaste behandelingen paarsgewijs worden vergeleken met alternatieve, door de proefcentra voorgestelde technieken kunnen gelijkaardige besluiten worden getrokken. Anderzijds blijkt uit dat technisch gezien de mogelijkheid bestaat om het nitraatresidu te verminderen.

In de enquête werd aan de tuinders de mogelijkheid geboden om vrije commentaar te leveren bij de nitraatproblematiek. Opvallend was het hoge aantal opmerkingen met betrekking tot de geschiktheid van de staalnameperiode voor gewassen die op dat ogenblik nog op het veld staan. Tevens werd verwezen naar de afwijkende weersomstandigheden van 2006 en van oogstmislukking als medeverklarende factoren voor hoge nitraatresidu's.

5. Deel II: Deskstudie

5.1 Beschrijving van de nitraatresidu-beïnvloedende factoren - aan- en afvoerszijde

De nitraatstikstofresidu's, ook wel nitraatstikstofrelikwaten genoemd, met name de minerale N-pool in het najaar (beperkt hier tot nitraat-N), in tuinbouwgronden voor vollegrondsgroenten zijn het resultaat (balans) van een geheel van factoren en processen die in volgende figuur schematisch voorgesteld worden. Hierbij kan de bemesting organisch en/of mineraal zijn, de N-mineralisatie kan afkomstig zijn van de aanwezige organische stof of de N-vrijstelling uit oogstresten of toegediend vers organisch materiaal, de gewasopname kan zowel opname door het gewas of door een groenbemester omvatten. Deze worden op hun beurt veroorzaakt of beïnvloed door de teeltpraktijken (teeltrotatie en voorvrucht), klimaatsomstandigheden en bodemtype.

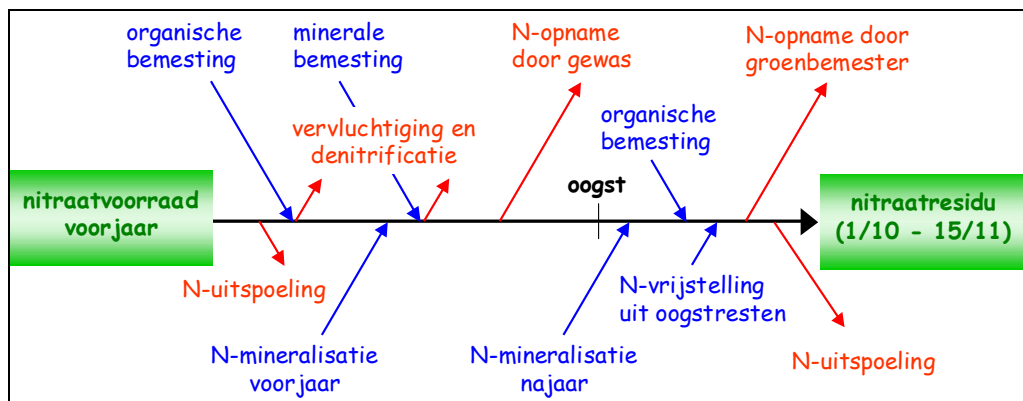


Figuur 31: Factoren en processen die de minerale stikstofpool beïnvloeden

Mits deze mechanismen voldoende begrepen zijn en mits voldoende betrouwbare en nauwkeurige gegevens beschikbaar zijn, kan via een regressieanalyse (enkelvoudig en multiple) en andere statistische methoden gepoogd worden een kwantitatief verband te leggen tussen deze factoren en het gemeten residu.

In volgende figuur worden op een tijdslijn de belangrijkste processen van de stikstofcyclus of de stikstofeconomie op perceelsniveau aanschouwelijk gemaakt. Deze figuur wordt reeds meerdere jaren door Bodemkundige Dienst van België gebruikt om de telers te sensibiliseren omtrent de N-problematiek.

In de volgende hoofdstukken worden de diverse nitraatresidubeïnvloedende factoren in detail besproken.



Figuur 32: Schematische voorstelling van de belangrijkste processen van de stikstofcyclus op perceelsniveau en de factoren die het nitraatresidu beïnvloeden.

5.1.1 Nitraatreserve in het voorjaar - rol van de teeltrotatie

5.1.1.1 Bepalende factoren

De nitraatreserve in het voorjaar is het startpunt van de bemestingsstrategie voor het nieuwe seizoen. Het is voor de teler dan ook belangrijk de omvang van deze reserve te kunnen inschatten en er rekening mee te houden bij de bepaling van de bemestingsdosissen voor de volgende teelten.

Gedetailleerde voorjaarsreservecijfers en de hieraan gekoppelde stikstofadviezen per teelt zijn te vinden in het chemisch bodemvruchtbaarheidsoverzicht 2000-2003 van de Bodemkundige Dienst. Andere specifieke informatie met betrekking tot tuinbouwgewassen is eveneens te vinden in het verslag van de opdracht 'Studieopdracht in het kader van het project inventarisatie van nutriëntengebruik in de tuinbouw' uitgevoerd in 2004 in opdracht van het Centrum voor Landbouweconomie (CLE).

De voorjaarsreserve verschilt sterk van jaar tot jaar in functie van onder meer het neerslagoverschot in de winter, de grondsoort en het koolstofgetal en uiteraard ook van het residu dat aanwezig was op het einde van het voorgaand seizoen.

De verschillende factoren die de nitraatreserve bepalen worden hieronder beknopt uitgewerkt. Verder in dit document wordt in meer detail ingezoomd op elk van de factoren.

5.1.1.2 Weersinvloeden

Het weer heeft een belangrijke invloed op de N-reserve in het voorjaar. De klimatologische omstandigheden bepalen namelijk mee de mineralisatiegraad alsook de hoeveelheid N-uitspoeling.

Hoe hoger de temperatuur hoe hoger de mineralisatie zal zijn. Ook het vochtgehalte van de bodem heeft hierop een sterke invloed, want tot op een zeker niveau kan

gesteld worden dat hoe vochtiger de bodem hoe hoger de mineralisatiegraad. Overmatig vocht daarentegen vertraagt de mineralisatie.

De hoeveelheid neerslag zal de N-uitspoeling sterk beïnvloeden. Voornamelijk in de winter, wanneer weinig of geen verdamping plaatsvindt, zakt al het overtollige water uit naar de diepere grondlagen en neemt een deel van de aanwezige stikstof in de bodem mee.

5.1.1.3 Invloed van het voorgaand oogstjaar

De belangrijkste afvoerpost van stikstof is de opname door het gewas. Via het geoogste product wordt, afhankelijk van de teelt zelf en zijn opbrengst, een zekere hoeveelheid stikstof afgevoerd van het perceel (Bries et al., 1991, BDB 2003, BDB 2004). Uiteraard hangt deze N-opname af van de weersomstandigheden, de algemene bodemvruchtbaarheid, de specifieke bodemtoestand van het perceel en nog vele andere parameters (BDB, 2004). Voor de N-opname kunnen we vertrekken van een gemiddelde opbrengst en N-gehalte van de verschillende gewasdelen om een goed beeld te krijgen van de algemene N-opnamecapaciteit van de verschillende groentegewassen zoals dit door Hofman et al. (1984) beschreven is voor een aantal akkerbouwgewassen. Zo kan bijvoorbeeld bij een goede opbrengst door bloemkool gemakkelijk tot 250 kg N/ha en bij prei tot 225 kg N/ha worden opgenomen. Hoe hoger de opbrengst, hoe groter de stikstofafvoer.

Een teeltmislukking of mindere opbrengst zal dus voor gevolg hebben dat meer stikstof achterblijft als nitraatresidu. Bij de oogst van de hoofdteelt zal de hoeveelheid nitraat die niet opgenomen werd door de teelt als nitraat in de bodem achterblijven. Deze hoeveelheid nitraat kan echter nog toenemen, afhankelijk van de parameters die na de oogst nog een rol spelen, zoals een najaarsbemesting en de najaarsmineralisatie (BDB, 2003).

Staalnames bij de oogst van groenten laten een enorme variatie in minerale N-residu (25 – 300 kg N/ha in 0 - 90 cm) zien. Naast te hoge bemestingen duidt dit in een aantal gevallen ook op een lage stikstofbenutting door groenten. Verschillende oorzaken liggen aan de basis van deze grote verschillen. De meeste groenten hebben in tegenstelling tot akkerbouwgewassen (aardappelen uitgezonderd) een bewortelingsdiepte die beperkt blijft tot 60 cm, waardoor minerale N aanwezig in de onderliggende laag onbenut blijft. Daarenboven kan gesteld worden dat ook de bewortelingsintensiteit van de meeste groenten beperkt is, waardoor de uitputting van de doorwortelde zone laag is. Een aantal groenten wordt eveneens geoogst terwijl de groei in volle gang is (N-(eco)²) en dus relatief hoge N residus moeilijk te vermijden zijn. Daarenboven blijven vaak ook grote hoeveelheden oogstresten op het veld achter die door mineralisatie stikstof vrijstellen.

5.1.1.4 Teeltrotatie

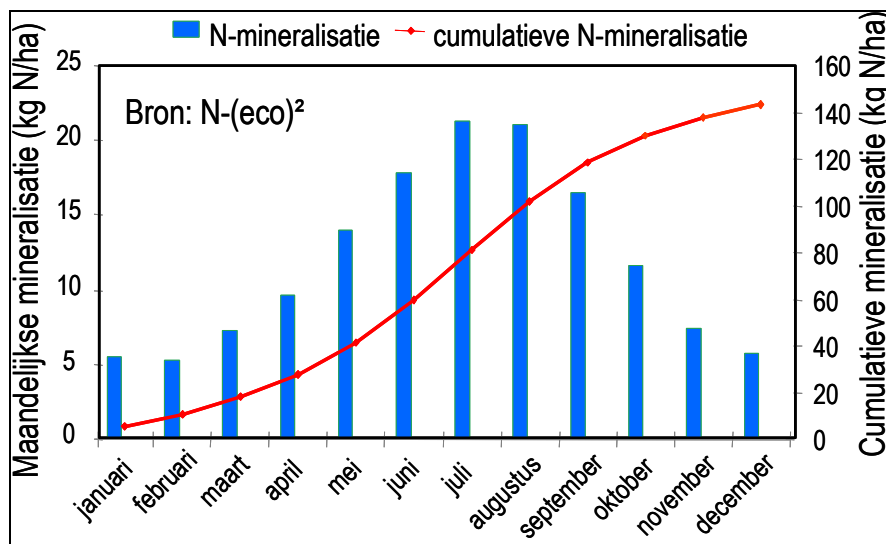
In het kader van het N-(eco)²-project werden enkele mogelijke teeltrotaties met akkergewassen (ma = mais, sb = suikerbieten, aa = aardappelen, wt = wintertarwe, gr = gras) opgevolgd om te zien of deze rotaties een uitkomst kunnen bieden naar verlaging van het N-residu in het najaar.

In het algemeen voldoen in elke ‘rotatie-textuur’ scenariogroep minstens 90 % van de scenario’s met verlaagde bemesting aan de grenswaarde van de nitraatrichtlijn. De scenariogroepen met bemestingen volgens de forfaitaire normen voldoen daarentegen in meestal minder dan 90 % van de scenario’s. Voornamelijk bij rotaties met suikerbieten werden gemiddeld hogere nitraatstikstofresidu’s gesimuleerd wegens de vrijstelling van stikstof uit het suikerbietenloof, wat erop wijst dat hiermee rekening moet worden gehouden bij de bemesting van de volgteelt om het nitraatstikstofresidu te beperken. In de N-(eco)² simulaties werd hiermee geen rekening gehouden en werd steeds dezelfde bemesting toegediend (bemesting volgens de forfaitaire norm of verlaagde bemesting), onafhankelijk van de voorteelt.

Mogelijks kunnen gelijkaardige onderzoeken naar teeltrotaties met vollegrondsgroenten en akkergewassen samen een beeld geven van wat mogelijk is naar het halen van de N-norm in het najaar toe. Op die manier kan naar de landbouwers toe informatie verpreid worden welke teeltrotaties toe te passen om te voldoen aan de N-residunormen.

5.1.1.5 Organische stof, humus- en koolstofgehalte

Een belangrijke en vaak onderschatte aanvoerpost is de stikstof die vrijkomt door mineralisatie uit de bodemhumus (Hofman et al., 1988; Bries 1993, BDB 2004, N-(eco)², 2004). Op jaarbasis komt op een perceel met een normaal humusgehalte gemiddeld zo’n 150 kg N/ha vrij door mineralisatie. De N-vrijstelling per maand varieert van ongeveer 5 kg N/ha in de wintermaanden tot ruim 20 kg N/ha in de zomermaanden (Figuur 33; BDB 2004).



Figuur 33: Gemiddelde maandelijkse N-vrijstelling door mineralisatie op Vlaamse bodems met een normaal humusgehalte (Bron: N-(eco)²)

Op percelen met een hoger humusgehalte ligt de netto stikstofmineralisatie nog op een veel hoger niveau (BDB 2003, BDB 2004, Bries et al. 2004, N-(eco)²). Namelijk hoe hoger het humusgehalte in de bodem, hoe groter in het algemeen de hoeveelheid stikstof die vrijkomt in de loop van het groeiseizoen, ook wanneer de gewassen reeds

geogst zijn. In het bijzonder wanneer de bodem voldoende vocht bevat en voldoende warm is, zal de mineralisatie verder doorgaan.

Het belang van het humusgehalte blijkt ook uit Tabel 19 waarin het nitraatstikstofresidu tussen 1 oktober en 15 november wordt weergegeven in functie van het koolstofpercentage van de bouwlaag. Deze tabel toont aan dat in de groep van percelen met een zeer laag koolstof- of humusgehalte bijna 80 % van de bemonsterde detailobjecten een lager nitraatstikstofresidu hadden dan 90 kg NO₃-N ha⁻¹. Dit percentage daalt stelselmatig tot ongeveer 38 % bij de groep met een hoog humusgehalte. Dit bevestigt dat de mineralisatiecapaciteit van bodems stijgt met toenemende koolstofgehalte (BDB 2003, Bries et al 2004, N-(eco)²). Daarom moet bij de uitbating nog sterker rekening gehouden worden met de individuele perceelseigenschappen. Algemeen kan gesteld worden dat indien op een humusrijk perceel een zelfde stikstofbemesting wordt toegediend als op een humusarm perceel, dan bekomt men automatisch een hoger nitraatresidu op het humusrijke perceel.

Tabel 19: Invloed van het koolstofgehalte op nitraatresidu (Bron: Bries et al. 2004)

Koolstof gehalte	% percelen met een nitraatresidu ≤ 90 kg NO ₃ ⁻ -N ha ⁻¹	Gemiddeld nitraatresidu (kg NO ₃ ⁻ -N ha ⁻¹)	
Zeer laag	78	63	D
Laag	71	75	C
Tamelijk laag	64	82	C
Normal	57	94	B
Tamelijk hoog	45	121	A
Zeer hoog	38	122	A

Afhankelijk van de periode dat een bepaalde groenteteelt op het perceel staat, kan deze meer of minder gebruik maken van de stikstof die op deze manier vrijgesteld wordt in de bodem. Een teelt als bloemkolen die maar enkele weken op het veld staat, kan minder gebruik maken van de mineralisatie in vergelijking met spruitkool die gedurende een lange periode op het veld staat en dus langer stikstof uit de bodem kan opnemen (Salomez et al., 1999 BDB, 2004). Daarom is het belangrijk dat bij het bemesten van percelen niet enkel rekening gehouden wordt met de N-vraag van de plant maar ook met de mineralisatie door de bodem (Bries et al. 2004, Ver Elst 2007). Voor groentepercelen met frequente en hoge organische bemestingen is het daarenboven aangewezen om te trachten de mineralisatiecapaciteit van dit jong organisch materiaal op één of andere wijze in te schatten.

5.1.1.6 Oogstresten

Na de oogst van vollegrondsgroenten blijven vaak aanzienlijke hoeveelheden oogstresten op het veld achter. De aanbreng van organisch materiaal via oogstresten zorgt voor een toename van de organische stikstofreserve in de bodem (Geypens & Honnay 1995, BDB 2004, N-(eco)², 2004, Schröder et al. 2004). Dit vers organisch materiaal kan op vrij korte termijn reeds een belangrijk deel organische stikstof vrijstellen wanneer het begint te verteren in de bodem. De invloed van oogstresten op

de minerale N-balans is dan ook een niet te verwaarlozen factor in het kader van b.v. bemestingsadviezen voor volgteelten. De vrijstelling van minerale stikstof is afhankelijk van de aard van het organisch materiaal (fijnheid, C/N-verhouding, ...) (De Neve et al., 1994), van het al dan niet onderwerken en het tijdstip van onderwerken, etc. Voor een aantal gewassen is de spreiding van de N-inhoud daarenboven groot (bv. broccoli, wortelen, bloemkool, spruitkool).

Stikstof vrijgezet in de lente of in de zomer kan in principe grotendeels gevaloriseerd worden door de volgteelt. Met betrekking tot het effect op de voorjaarsreserve is enerzijds de hoeveelheid stikstof die kan worden vrijgesteld van belang en anderzijds de snelheid waarmee, en vooral het tijdstip waarop de vrijzetting plaatsvindt. Stikstof die net voor of tijdens de winter vrijkomt, wordt bij afwezigheid van een groenbemester uitgespoeld of draagt in het beste geval bij tot de nitraatvoorraad in het voorjaar.

Demyttenaere, geciteerd in N-(eco)² vermeldt in dit verband een N-vrijzetting vóór de winter van 90 % van de stikstof voor gewassen die in de zomer geoogst worden, zoals erwten, bloemkool en spinazie. Tevens werd de N-vrijstelling nagegaan van enkele oogstresten gedurende de winter. Daarbij bleek dat afhankelijk van het gewas 55 tot 75 % van de stikstof in de oogstresten kan vrijkomen tijdens de winter.

Tabel 20: N-vrijstelling gedurende de winter na incorporatie van oogstresten. De getallen tussen haakjes geven het percentage weer (Bron: N-(eco)², 2004)

Oogstrest	N-inhoud kg N ha ⁻¹	N-vrijstelling kg N ha ⁻¹
Bleekselder	152	112 (74)
Knolselder	110	73 (66)
Erwten	91	49 (54)
Bloemkool	106	70 (66)
Wortelen	96	59 (61)

5.1.1.7 Groenbemester

In het najaar neemt een groenbemester een belangrijke hoeveelheid stikstof op. Deze groenbemester verteert in de bodem en stelt op die manier een deel van de opgenomen nitraat terug vrij in de bodem. Deze hoeveelheid nitraat-N komt ter beschikking in de bodem op het ogenblik (voorjaar) en op de plaats (bouwvoor) waar de meeste teelten deze nitraat-N kunnen benutten. Daarom is het belangrijk met deze N-levering rekening te houden bij het uitvoeren van een bemesting (Ver Elst, 2007). De hoeveelheid nitraat-N die vrijgesteld wordt in het voorjaar is hoger op percelen waar in het najaar een groenbemester werd ondergewerkt (Bries 1993, Ver Elst 2007). De vroege mineralisatie van het organisch materiaal van de groenbemester verklaart mede de hoge stikstofvoorraad in de bovenste bodemlagen. De verdeling van de minerale N-voorraad in het bodemprofiel bij de percelen zonder en deze met groenbemester is duidelijk verschillend. Bij de percelen met groenbemester is de bovenste bodemlaag veel rijker en de onderste bodemlaag armer aan minerale stikstof (Bries 1993, Ver Elst 2007).

5.1.1.8 Gescheurde weide

In grasland treedt accumulatie van organische N op in de niet-oogstbare delen van het grasland (stoppels en wortels) en in de bodem-organische stof. Deze accumulatie bedraagt enkele tientallen tot meer dan 100 kg N per ha per jaar (Schröder et al., 2004). De sterkste accumulatie treedt op in de eerste jaren na inzaai en neemt geleidelijk af in de tijd. Door het scheuren van grasland (in het kader van herinzaai of omzetten naar bouwland of ten behoeve van de teelt van, bijvoorbeeld vollegrondsgroenten, maïs, en aardappelen) komt deze geaccumuleerde N deels weer vrij via N-mineralisatie (N-(eco)², 2004, Schröder et al 2004).

5.1.1.9 Bemesting

In de N-cyclus is de aanvoer van stikstof via minerale en organische meststoffen een belangrijke parameter. Bij bemesting met minerale meststoffen kan op eenvoudige manier omgerekend worden hoeveel stikstof er aangebracht wordt op het perceel. Bij gebruik van organische meststoffen is het niet altijd duidelijk wat de samenstelling en bemestingswaarde van het gebruikte product is. Daarom is het belangrijk de bemestingswaarde van de gebruikte organische meststoffen te kennen (BDB, 2004, Salomez et al., 2007). Wanneer een bemesting uitgevoerd wordt zonder zekerheid over de bemestingswaarde kan dit leiden tot de aanrijking van het N-residu in het najaar. Hiervan gaat een deel verloren door uitspoeling maar zal een deel nog terug te vinden zijn in het volgende voorjaar waardoor dus de N-reserve in dat voorjaar verhoogt.

Het gebruik van dierlijke mest als bemesting voor de volgteelt moet goed beredeneerd worden en afgestemd op de actuele nitraatstikstofreserves in de bodem (Ver Elst, 2007). Deze reserves hangen af van de benutting van de bemesting door de voorgaande teelt, de aanwezigheid van oogstresten afkomstig van de voorgaande teelt en de mineralisatie in de bodem. Als met dit alles geen rekening gehouden wordt, zorgt dit voor een sterke aanrijking van de N-reserve in het voorjaar.

Indirect bewijs voor het feit dat organische N ook een jaar na toediening nog N levert, kan afgeleid worden uit de N opbrengst van onbemeste gewassen. Deze opbrengst is te hoog om volledig verklaard te kunnen worden uit de jaarlijkse depositie en de voorraad minerale bodem N bij aanvang van het groeiseizoen (Schröder et al., 2004).

5.1.1.10 Bodemtype

De bodemtextuur heeft ook invloed op het nitraatresidu in het najaar maar vooral op de N-reserve in het voorjaar. In Tabel 21 wordt een overzicht gegeven van gemeten N-residu's in bodems behorend tot verschillende textuurklassen. 75 % van de zandige bodems hebben een nitraatresidu van minder dan 90 kg NO₃-N ha⁻¹. Dit percentage daalt tot 60 % en 42 % respectievelijk voor leem- en kleibodems. Het hoge percentage bij zandige bodems is waarschijnlijk het gevolg van een sterkere nitraatuitspoeling in zandbodems dan in leem- en kleibodems (Bries et al. 1995). Dit zorgt er dus voor dat in het voorjaar de hoogste N-reserve in het algemeen gevonden zullen worden in klei- en leembodems.

Tabel 21: Invloed van het bodemtype op het nitraatresidu (Bron: Bries et al., 1995).

TEXTUUR	% percelen met nitraatresidu $\leq 90 \text{ kg NO}_3^- \text{-N ha}^{-1}$	Gemiddeld nitraatresidu ($\text{kg NO}_3^- \text{-N ha}^{-1}$)	
Zand	75	68	a
Zandleem	64	86	b
Leem	60	88	b
Klei	42	136	c

5.1.1.11 N-verliezen (uitspoeling, denitrificatie,...)

Niet alle stikstof die tijdens de winter wordt vrijgezet, is beschikbaar in het voorjaar aangezien een gedeelte zal uitspoelen of denitrificeren (N-(eco)², 2004). Neerslag, bodemtextuur en de verdeling van de minerale stikstof in het profiel zijn enkele factoren die hiervoor verantwoordelijk zijn (Hofman et al., 1981; Bries et al. 1995).

Naast deze factoren die de hoeveelheid vrijgestelde minerale N kunnen verminderen zijn er ook factoren die ervoor zorgen dat er minder minerale N wordt vrijgesteld. Dit zijn onder andere een minder goede bodemstructuur en een te lage pH (N-(eco)², 2004).

5.1.1.12 Besluit

De N-reserve in het voorjaar wordt beïnvloed door veldeigenschappen (bodemtype, organische stofgehalte), het beheer (o.a. de voortelt, de bemesting, oogstresten maar ook het beheer uit het verleden) en het weer (neerslag, temperatuur). Eén van de belangrijkste factoren is het organische stofgehalte als een indicator van de mineralisatiecapaciteit van de bodem. Ook de gewassen die geteeld werden in het voorgaande seizoen bepalen mee de N-reserve in het voorjaar.

In het algemeen komen hoge N-reserves in het voorjaar voor (Bries et al., 2004):

- na vroeggeogste teelten,
- na teelten met een hoog N-gehalte in de oogstresten,
- op bodems met zwaardere textuur,
- op bodems met een hoog koolstofgehalte.

De beperkte bewortelingsdiepte van de meeste groenten heeft belangrijke consequenties voor het $\text{NO}_3^- \text{-N}$ -residu (1 oktober – 15 november) aangezien dit steeds bepaald wordt tot 90 cm diepte. De verdeling van de minerale N in het najaar zal mee de N-reserve in het voorjaar bepalen en daarom is het aangewezen om reeds bij de teelt voorafgaand aan de groenten het residu te beheersen en bij aanvang van de teelt van groenten rekening te houden met de $\text{NO}_3^- \text{-N}$ -verdeling in het profiel en de keuze van de teelt af te stemmen op deze verdeling. Overeenstemmend met de gangbare staalnamedieptes, zijnde 30, 60 of 90 cm, kunnen groenten naar bewortelingsdiepte opgedeeld worden in 3 categorieën, zijnde ≤ 30 cm (categorie I), 30 - 60 cm (categorie II) en > 60 cm (categorie III) (Tabel 22; N-(eco)², 2004).

Tabel 22: Indeling groenten naar bewortelingsdiepte (Bron: N-(eco)², 2004).

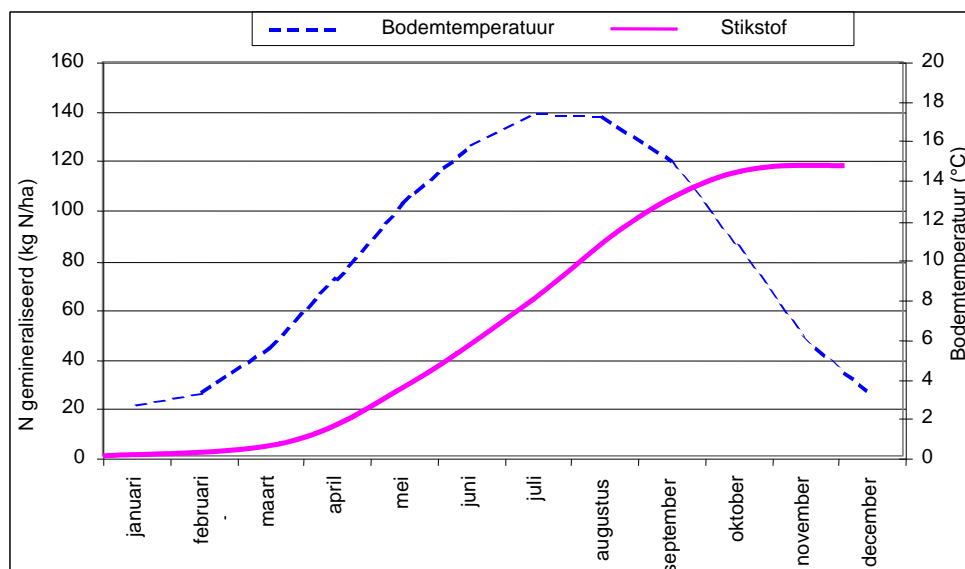
Categorie I ≤ 30 cm	Categorie II 30 - 60 cm	Categorie III > 60 cm
Bonen Erwten Sla Spinazie	Andijvie, Bleekselder, Bloemkool, Broccoli, Knolselder, Prei, Rode kool, Savooikool, Wortelen	Spruitkool Witte kool

Door het inzaaien van een groenbemester op het einde van het seizoen zal het dan mogelijk zijn om de minerale stikstof van de diepere laag (60-90 cm) terug gelijk over het bodemprofiel te verdelen zodat in het voorjaar de meeste minerale stikstof terug kan opgenomen worden door de groenten. Een bijkomend effect van groenbemester is dat deze zullen verhinderen dat er nog meer minerale stikstof zal uitspoelen. Een andere mogelijkheid is om voldoende te roteren met groenten die hun stikstof uit verschillende dieptes halen zodat ook de stikstof vanuit de diepere lagen benut kan worden.

Bij de start van de teelt is het dus van belang dat het profiel niet onnodig aangerijkt is, zeker niet de bodemlagen beneden 30 cm, aangezien deze stikstof minder beheersbaar is dan deze in de intensieve wortelzone (N-(eco)², 2004).

5.1.2 Stikstofmineralisatie uit bodemorganische stof

N-mineralisatie *sensu stricto* of ammonificatie is de omzetting van organische stikstof in NH_3 , welke in de meeste bodems stabiliseert als NH_4^+ . In een volgende stap van de N-cyclus wordt ammonium via NO_2^- omgezet tot NO_3^- (nitrificatie). Dit omzettingsproces levert op die manier een mechanisme om het relatief immobiel NH_4^+ -ion om te zetten in het mobiele NO_3^- -ion. Een gemiddelde netto-N-vrijstelling door mineralisatie van organische stof wordt gegeven in Figuur 34.



Figuur 34: Gemiddelde evolutie van de N-mineralisatie in functie van de bodemtemperatuur en bij optimaal vochtregime gedurende het jaar in een typisch akkerbouwperceel

Stikstofmineralisatie is één van de belangrijkste aanvoerposten van N doorheen het groeiseizoen van zowel akker- als tuinbouwgewassen. Vollegrondsgroenten worden bovendien veelal geteeld op chemisch rijke bodems, waardoor de mineralisatie component nog belangrijker wordt. N mineralisatie is een microbiologisch proces, en wordt dan ook heel sterk bepaald door een aantal "externe" factoren zoals de bodemtemperatuur, het bodemvochtgehalte, en de zuurstofvoorziening in de bodem (samenhangend met bodemstructuur) (De Neve et al., 1996). De invloed van deze externe factoren op de N mineralisatie is vrij nauwkeurig gekend, en er bestaan algemeen aanvaarde modellen om de invloed hiervan kwantitatief te voorspellen.

Daarnaast zijn er een aantal "interne" factoren die bepalen hoe bodems onderling verschillen in hun N mineralisatiecapaciteit. Het voorspellen van de N mineralisatie van een bodem bij constante, gegeven omstandigheden van temperatuur en vochtgehalte is een cruciale factor met het oog op een optimale N benutting en dus het minimaliseren van het minerale N relikwat bij de oogst en in het najaar. De N mineralisatiecapaciteit wordt bepaald door de combinatie van een aantal inherente bodemeigenschappen, waarvan de belangrijkste hieronder kort worden aangehaald:

- bodem organische stof of bodem organische koolstof: de hoeveelheid organische (kool)stof in de bodem bepaalt de hoeveelheid substraat die aanwezig is voor de microbiële biomassa, en is dus sterk bepalend voor de mineralisatie, in eerste instantie van koolstof. Eigenlijk is de minerale N een restproduct van de microbiële afbraak van organische stof, en de N mineralisatie is verbonden met de koolstofmineralisatie via de C/N verhouding. Inderdaad, bij een hoge C/N verhouding zal zelfs bij een sterke mineralisatie een geringe hoeveelheid minerale N vrijgesteld worden. Nochtans varieert de C/N verhouding van landbouwbodems binnen een vrij nauw bereik van 10-12, en zijn het vooral natuurlijke bodems waar deze C/N verhouding een doorslaggevende rol speelt.
- bodemtextuur: het is een algemeen bekend gegeven dat bij een zelfde hoeveelheid organische stof in de bodem, een hogere mineralisatie wordt opgetekend in bodems met een lichtere (zandiger) textuur dan in zwaardere bodems (zie Tabel 23). Dit fenomeen kan verklaard worden vanuit de theorie van de verschillende beschermingsmechanismen van organische stof in de bodem. Bodem organische stof kan beschermd worden tegen afbraak doordat het fysisch niet toegankelijk is voor de microbiële biomassa, bijvoorbeeld doordat het aanwezig is in stabiele micro-aggregaten (fysische bescherming), of kan chemisch beschermd zijn door adsorptie aan minerale deeltjes, of kan biochemisch beschermd zijn omwille van zijn recalcitrante samenstelling. In zwaardere bodems is de mate van fysische en chemische bescherming groter dan in zandbodems, waardoor dus bij een zelfde organische stofgehalte de mineralisatie lager ligt. Een bijkomende factor is de zuurstofvoorziening, die in zwaardere bodems minder optimaal is gedurende een groot deel van het jaar. Dit weegt zeker op tegen de eventuele invloed van vochttekort in zandige bodems.

Tabel 23: N-mineralisatie voor een aantal velden met verschillende textuur en voorgeschiedenis (Hofman, 1988)

Veld	Textuur	Organische N in bouwvoor (kg N ha ⁻¹)	N-mineralisatie (kg N ha ⁻¹)
1	Leem	3 650	95-100
2	Leem	3 590	115-125
3	Leem	3 165	80-100
4	Leem	4 590	145-185
5	Klei	5 495	100-120
6	Klei	10 045	200-250
7	Zand	38 15	160-185
8	Zand	4 790	±210
Veld 1, 2, 3 en 5: continu akkerland zonder supplementaire O.M-toediening			
Veld 4: oud weiland, 6 jaar onder akkerland			
Veld 6: oud weiland, een paar jaar onder akkerland			
Veld 7 en 8: velden met regelmatige mengmesttoedieningen			

- bodem pH: ook de bodem pH heeft een invloed op de N mineralisatie. Zo zal in zure bodems gewoonlijk de mineralisatie vertragen, omwille van een vermindering van de activiteit van bodemfauna (die bv. instaan voor een eerste verkleining van het materiaal). Maar in zuurdere bodems grijpt ook een verschuiving plaats van een bacterie dominante afbraak van organische stof naar een meer schimmel dominante afbraak. Een schimmel gedomineerd afbraakproces verloopt trager, waardoor ook de mineralisatiesnelheid vermindert.
- de (bio)chemische samenstelling van het vers organisch materiaal dat aan de bodem wordt toegediend: de aard van het vers organisch materiaal heeft een grote invloed op de N mineralisatiecapaciteit van een bodem (zie Tabel 24). Indien voornamelijk vrij stabiel organisch materiaal met relatief hoge C/N verhouding wordt toegediend (bv. composten, rijpe stalmest, stoppelresten van graangewassen), zal de N mineralisatiecapaciteit van de bodem op hetzelfde peil blijven of slechts heel langzaam veranderen. Indien vooral labiel organisch materiaal met lage C/N verhouding wordt toegediend, kan de N mineralisatiecapaciteit vrij sterk wijzigen op korte tijd (d.w.z. grootte-orde 5 - 10 jaar). In de vollegrondsgroenteteelt worden typisch grote hoeveelheden gewasresten met lage C/N verhouding ingewerkt, en werden ook vaak grote hoeveelheden drijfmest gebruikt. Dit heeft in vele gevallen de N mineralisatiecapaciteit van de bodem sterk gewijzigd.

Tabel 24: Mineralisatiesnelheid voor verschillende bodems (naar : Demyttenare, 1991)

Veld of literatuurbron	Type landbouw uitbating*	Mineralisatiesnelheid (kg N ha ⁻¹ dag ⁻¹)
Ardoie '83	MMh + Gr	1.58
Staden 1 '87	MMh + Gr	1.31
Staden 1 '88	MMh + Gr	1.38
Essen '83	MMm + Gr	1.25
Staden 2 '87	MMm + Gr	1.16
Staden 2 '88	MMm + Gr	1.24
Staden 3 '87	MMI + Gr	0.86
Staden 3 '88	MMI + Gr	0.91
Böhmer et al. (1981)	MMI + Gr	0.99
Neeteson et al. (1988b)	MMm + Kl	0.90
Wehrmann & Scharpf (1986)	MMI + Kl	0.50
Greenwood et al. (1987)	MMI + Kl	0.57
Neeteson & Van Veen (1988)	MMI + Kl	0.78
Lochmann et al. (1989)	MMI + Kl	0.81
Lab. Agr. Bodemk. (1989)	MMI + Kl	0.68
Lab. Agr. Bodemk. (1989)	MMI + Gw	1.13
* MMh met een overdadige organische bemesting		
MMm met een matige organische bemesting		
MMI met een beperkte organische bemesting		
Gr met een belangrijk aandeel vollegrondsgroenten in de teeltrotatie		
Kl klassieke akkerbouw		
Gw gescheurde weide		

Ondanks het cruciale belang van de N mineralisatie uit bodem organische stof voor een optimalisering van de N benutting, blijft het uiterst moeilijk om deze te voorspellen voor een aantal specifieke gevallen. Inderdaad, op dit ogenblik zijn er in Vlaanderen twee bemestingsadviessystemen in voege, nl. het N-index-systeem (Bodemkundige Dienst van België) en de N-balansmethode (Vakgroep Bodembeheer en bodemhygiëne, UGent). In beide methoden zit een factor (opgesplitst in meerdere subfactoren in de N-indexmethode) vervat die een inschatting maakt van de N mineralisatie. Het bemestingsadvies voor akkerbouwteelten via deze adviessystemen is vrij accuraat, hetgeen aantoont dat ook de N mineralisatie uit akkerbouwpercelen goed benaderd wordt. Beide technieken kunnen in sommige situaties te grof zijn voor bepaalde tuinbouwpercelen, aangezien de impact van recent toegediend organisch materiaal (stalmest, drijfmest, oogstresten, compost, etc.) op de N-mineralisatie nog fijner moet begroot worden.

In recente proeven¹ zijn enkele van deze situaties naar voor gekomen. Om dit te voorkomen is het belangrijk dat bij de stalname zo veel mogelijk informatie over de voorgeschiedenis van het perceel wordt genoteerd en geïnterpreteerd. Kennis omtrent de grootte van de pool potentieel mineraliseerbare organische stikstof en de N-mineralisatie zal in het licht van het nieuwe Mestdecreet nog aan belang winnen. Immers, indien bemestingsadviezen onvoldoende in staat zijn deze pool correct in te

¹ Onderzoek gefinancierd door LAVA (Logistieke en Administratieve VeilingAssociatie)

schatten en aldus ook niet de N-mineralisatie, zijn in het najaar in de meeste tuinbouwgronden hoge NO_3^- -N-residu's te verwachten.

5.1.3 Stikstofvrijstelling uit oogstresten

5.1.3.1 Stikstofinhoud en vrijzetting

Stikstofvrijstelling uit oogstresten is een potentieel zeer belangrijke aanvoerpost van stikstof voor gewasgroei, maar stelt tegelijkertijd risico's met betrekking tot stikstofverliezen indien het beheer van deze oogstresten niet optimaal is. Beheer van oogstresten heeft in eerste instantie te maken met de inpassing van het gewas in de volledige rotatie, en in tweede orde met het nemen van maatregelen, andere dan rotatie-gebonden, om stikstofverliezen te minimaliseren.

Oogstresten van groenten zijn in het bijzonder van belang, omwille van de zeer grote stikstofinhoud in vergelijking met oogstresten van bijvoorbeeld akkerbouwgewassen (Tabel 25). Bij vollegrondsgroenten kan tot meer dan 200 kg N/ha op het veld achterblijven in de oogstresten. Samen met de soms hoge minerale N relikwaten die gevonden worden in de bodem bij de oogst, geeft dit een indeling in drie types probleemgroenten met betrekking tot stikstofbeheer:

- groenten die een hoog mineraal N relikwaat achterlaten in de bodem, maar een geringe hoeveelheid N in oogstresten, bv. bladgewassen zoals sla
- groenten die een laag mineraal N relikwaat achterlaten in de bodem, maar een grote hoeveelheid N in oogstresten, bv. spruitkool
- groenten die een hoog mineraal N relikwaat achterlaten in de bodem, én een grote hoeveelheid N in oogstresten, bv. bloemkool

Tabel 25: N-inhoud van een aantal oogstresten

Oogstrest	N-inhoud (kg ha ⁻¹)	Oogstrest	N-inhoud (kg ha ⁻¹)	Oogstrest	N-inhoud (kg ha ⁻¹)
Aardappel	20-85	knolselderij	25-115	schorseneer	45
aardbei	60-80	knolvenkel	110	spinazie	5-60
andijvie	30-80	koolraap	50	spruitkool	90-250
bindsla	60	koolrabi	5-80	stamslaboon	30-95
bleekselderij	90-150	kropsla	5-40	suikerbiet	120
bloemkool	80-175	hakselmaïs	5-25	suikermaïs	95
boerenkool	85-130	pastinaak	160	ui	5-35
boon	85-95	pompoen	25	venkel	60-100
bospeen	5-25	prei	5-70	witloof	45
broccoli	90-230	radijs	5-90	witte kool	30-250
cichorei	45-90	raketsla	40	wortelen	10-100
Chinese kool	30-110	rammenas	5-25	wintergerst	20
courgette	115	rode biet	90-120	wintertarwe	20-45
doperwt	30-190	rode kool	15-200		
ijsbergsla	15-90	savooikool	90-190		

In volgende tabellen wordt naast de gemeten N-inhoud ook de gemeten N-vrijstelling voor een aantal groente-oogstresten gegeven.

Tabel 26 : N-inhoud en N-vrijstelling (tussen haakjes het % vrijstelling) voor een antal groente-oogstresten (Formesyn^a, 1994; De Neve^b, 2000)

Oogstrest	N-inhoud (kg N ha ⁻¹)	N-vrijstelling kg N ha ⁻¹
Bloemkool ^a	141	84 (60)
Bloemkool ^b	155	107 (69)
Bonen ^a	83	39 (47)
Bonen ^b	83	37 (45)
Broccoli ^a	169	109 (64)
Broccoli ^b	213	133 (57)
Knolselder ^a	112	71 (64)
Knolselder ^b	91	60 (66)
Koolrabi ^a	52	31 (60)
Kruldijvie ^a	35	30 (86)
Andijvie	38	28 (74)
Rode kool ^b	14	9 (62)
Sla ^a	20	18 (91)
Sla ^b	41	32 (77)
Spinazie ^a	59	39 (66)
Venkel ^a	100	89 (89)
Venkel ^b	65	49 (76)
Witte kool ^a	175	68(39)

Tabel 27: Vers gewicht, droge stof en N-hoeveelheid van oogstresten bij doperwten en bloemkool met steeds 11 staalnames (bron : De Neve)

Gewas		Vers gewicht (kg ha ⁻¹)	Droge stof		N (kg N ha ⁻¹)
			(kg ha ⁻¹)	(%)	
Doperwten	Gem.	13020	4370	39.4	87.4
	s	6520	980	16.2	3.23
Bloemkool (blad)	Gem.	26100	3320	13.5	105.2
	s	11410	1330	2.9	6.25
Bloemkool (stam)	Gem.	6540	710	12.3	18.4
	s	3650	270	3.9	2.7

De volgende drie tabellen bevatten gegevens afkomstig uit Nederland. Hieruit blijkt dat deze resultaten meestal binnen de ranges liggen zoals gegeven voor de situatie in Vlaanderen.

Tabel 28: Gewasresten welke achterblijven op het veld na oogst van diverse gewassen en hun stikstofinhoud in Nederland (naar Smit, 1994 of anders aangegeven)

Gewas	Oogst tijdstip	Droge stof (kg ha ⁻¹)	Stikstof (kg ha ⁻¹)	Bron
Aardbei		1100	16	Smit et al. (1992)
Andijvie	15 sept	1500	45	Smit et al. (1992)
Bleekselderij		0	0	
Bloemkool	15 aug	3500	120	
Broccoli	15 aug	3700	155	
Doperwtten	1 aug	6300	188	
Ijssla	1 jan	1700	70	
Knolselder	15 nov	3300	75	
Knolvenkel	15 jul	3100	110	
Kropsla	15 aug	600	20	
Prei	15 jan	1700	60	
Rode kool	15 jan	5000	175	
Savooienkool		4500	140	
Spinazie	15 mei	700	35	
Spruitkool	15 jan	8600	135	
Stamslaboon	15 aug	2900	95	
Witlofpennen	1 jan	2300	44	
Witte kool	15 jan	4300	115	
Wortelen	1 jan	3100	40	
Aardappelen	15 sept	1000	20	
Suikerbiet	1 nov	4000	120	
Wintergerst	25 jul	3570	18	
Wintertarwe	1 aug	5000	45	
Zomergerst	10 aug	2700	14	
Groenbemester, laag N	1 nov	2500	50	Schröder (2002)
Groenbemester, hoog N	1 nov	3000	90	Schröder (2002)

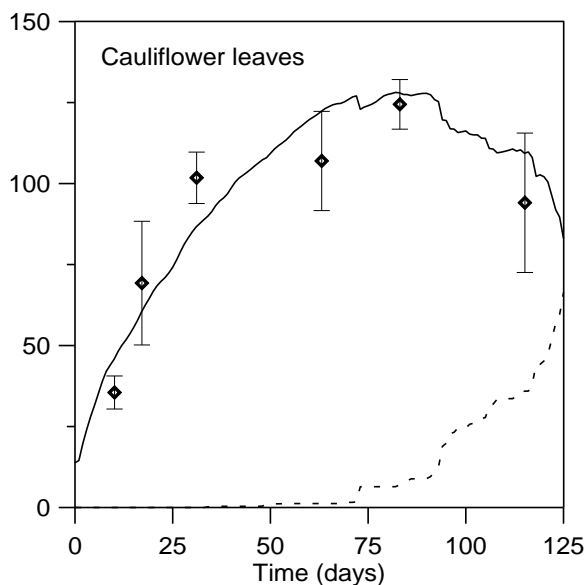
Tabel 29: Hoeveelheid stikstof, het vers gewicht en het droge stof gehalte in bovengrondse gewasresten in Nederland (bron : Alterra-rapport 114-3, ROB gewasresten)

Gewas	Stikstof (kg N ha ⁻¹)	Vers gewicht (ton ha ⁻¹)	Droge stof (%)
Suikerbieten	174	32.3	15
Koolsoorten	206	40	10
Dopererwten	194	34	15
Korrelmais	70	25	30
Peen	99	11	15
Groene bonen	61	17	15
Prei	62	17.6	16
Groene erwtten	74	22	11
Spinazie	62	2	85
Voederbieten	92	9	8

Tabel 30 : Vers gewicht, droge stof opbrengst (ton ha⁻¹) en N inhoud (kg N ha⁻¹) van de hele plant, plant delen en oogstresten van spruiten bij verschillende gift van N in Nederland (bron : de Waal & Titulaer, 1993)

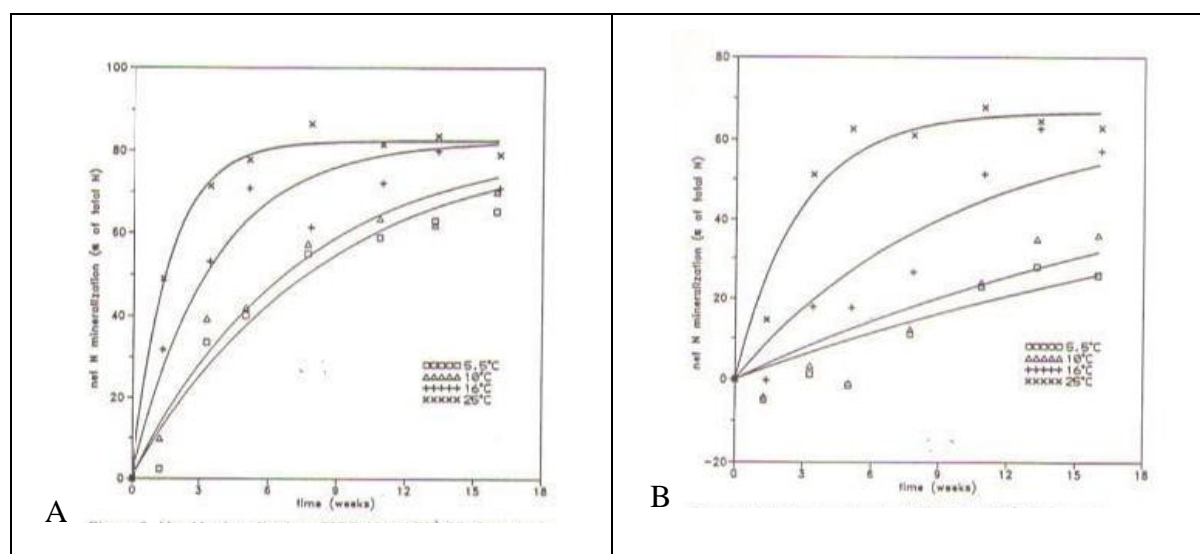
kg N ha ⁻¹	Vers gewicht (ton ha ⁻¹)				Droge stof opbrengst (ton ha ⁻¹)		N inhoud (kg N ha ⁻¹)	
	Ganse plant	Stengel	Bladeren	Som oogstresten	Ganse plant	Stengel	Ganse plant	Som oogstresten
150 + 0	65.9	16.7	38.9	55.6	13.0	11.4	218	140
300 + 0	84.6	20.7	54.2	74.9	13.4	12.0	316	251
150 + 75	88.0	22.5	51.6	74.1	16.9	14.6	345	222
300 + 75	100.3	25.5	61.8	87.3	16.9	15.1	442	335
375 + 0	94.8	23.8	56.0	79.8	16.7	14.3	403	278

Zaak is om de hoeveelheid stikstof in deze oogstresten zoveel mogelijk in de bodem te conserveren en dus ter beschikking te stellen van de volgende teelt, anders kunnen de verliezen naar de omgeving bijzonder groot zijn (Figuur 35).



Figuur 35: Verloop van de minerale N concentratie in de laag 0-120 cm (symbolen en volle lijn) en van de nitraatuitspoeling beneden 120 cm (streepjeslijn) na inwerken van oogstresten van bloemkool begin oktober (De Neve en Hofman, 1998)

De kinetiek van de vrijstelling van stikstof uit oogstresten van groenten kan vrij goed voorspeld worden aan de hand van de (bio)chemische samenstelling van deze oogstresten. In de praktijk blijkt dat voor nagenoeg alle "probleem"oogstresten de aanwezige stikstof globaal genomen snel vrijkomt. Bij temperaturen van 15-20°C (gemiddelde etmaal temperatuur in de zomer) en een optimaal vochtgehalte mag men aannemen dat tussen 50 en 100% van de stikstof mineraliseert binnen een termijn van weken tot enkele maanden. Indien de oogstresten ingewerkt worden in het late najaar of begin van de winter, verloopt de mineralisatie een stuk langzamer (zie Figuur 36, De Neve et al. 1996). Nochtans speelt hier een effect van de toenemende gemiddelde temperaturen in de winter, waardoor de ammonificatie zelfs in het winterhalfjaar nog verrassend snel kan gebeuren. De nitrificatie, d.i. de omzetting van het gevormde ammonium naar nitraat, wordt sterker beïnvloed door de temperatuur, waardoor de minerale stikstof langer onder de vorm van ammonium aanwezig blijft (in de zomer verloopt de nitrificatie nagenoeg in hetzelfde tempo als de mineralisatie).



Figuur 36 : Netto mineralisatie ($NO_3-N + NH_4-N$) voor de bladeren van bloemkool (A) en voor de stronken van rode kool (B) bij verschillende temperaturen (5.5-25°C) gefit met een eerste orde model aan de data (De Neve et al., 1996)

5.1.3.2 Invloed van de C/N verhouding

De snelheid waarmee gewasresten worden afgebroken is afhankelijk van de C/N-verhouding ($N-(eco)^2$). Bij hoge waarden (> 25) zal de mineralisatie sterk geremd worden en zal de aanwezige N opgenomen worden in de microbiële biomassa (immobilisatie). Bij lage C/N-verhoudingen (< 15) zal de afbraak en de mineralisatie snel doorgaan, zodat na de oogst van het gewas nog heel wat minerale stikstof kan vrijkomen. Tabel 31 toont een overzicht van de C/N-verhoudingen van oogstresten. Uit deze tabel blijkt dat vele gewasresten een lage C/N-verhouding hebben en dus snel afbreekbaar zijn. Omwille van een snelle N-mineralisatie kan een deel van de stikstof van oogstresten van koolgewassen, ingewerkt in de herfst, voor de start van de winterperiode reeds vrijgesteld worden ($N-(eco)^2$).

Tabel 31: Overzicht C/N-verhoudingen bij gewasresten van groenten (Bron: $N-(eco)^2$)

Gewasrest		C/N	Gewasrest		C/N
andijvie	bladschijf	10	kolen		15
	stronk	16	koolrabi	bladschijf	9
bloemkool	oogstrest	12-14	kropsla	oogstrest	8
	blad	10-12		blad	9-10
	stronk	14		stronk	11-13
bonen	oogstrest	18	prei		9-14
	blad	9-13	rapen	bladschijf	10
	stronk	25	rode kool	blad	16
	wortel	44	savooi	blad	10
broccoli	oogstrest	10-13	spinazie	oogstrest	8
	blad	8		blad	9
	bladsteel	16		stronk	6

Gewasrest		C/N	Gewasrest		C/N
	stronk bovenste deel	15	spruitkool		25
	stronk onderste deel	29	uien		80
cichorei		21	venkel	blad	10
Chinese kool		9		stronk	15
ijsbergsla		10	witte kool	oogstrest	10-15
knolselder	blad	13-15		blad	22
	stronk	31		stronk	23
	oogstrest	18	wortelen		12-31

Geypens en Honnay (1995) duiden aan dat het daarbij ook belangrijk is of de oogstresten al dan niet ingewerkt worden. Uit onderzoek bleek namelijk dat het oppervlakkig aanbrengen een vertragend effect had op de N-mineralisatie. In de praktijk betekent dit dat door het niet inwerken (frezen of ploegen) van de oogstresidu's tijdens de winterperiode, de bewaring van stikstof in de bovenste laag van het profiel begunstigd zal worden. Vanuit het standpunt van de N-conservering kan aldus geadviseerd worden om na de oogst de resten onaangeroerd op het veld te laten liggen. Vanuit fytosanitair oogpunt echter is deze handelwijze voor een aantal gewassen niet verdedigbaar. Een andere mogelijkheid is het proberen vastleggen van de gemineraliseerde N door het toevoegen van organisch materiaal met een hoge C:N verhouding (De Neve et al., 2004; Chaves, 2006) of het van het veld halen van deze oogstresten. Deze oplossingen leiden uiteraard tot een meerkost.

5.1.3.3 Gasvormige N-verliezen

Naast verliezen door uitspoeling zijn ook gasvormige stikstofverliezen in sommige gevallen een relevante verliespost bij oogstresten van groenten, maar de gegevens hieromtrent zijn eerder schaars. Aan de Onderzoeksgroep Bodemvruchtbaarheid en Nutriëntenbeheer (UGent) werd recent onderzoek verricht naar de mogelijke N₂O verliezen bij inwerken van oogstresten van groenten (Chaves, 2006). Hieruit bleek dat deze verliezen kunnen oplopen tot zowat 10 kg stikstof per ha, hetgeen wel degelijk een milieukundige significantie heeft, gezien N₂O een broeikasgas is, maar hetgeen landbouwkundig uiteraard minder relevant is. Gegevens omtrent totale denitrificatie zijn bijzonder schaars en bovendien weinig betrouwbaar, omwille van de specifieke methodologische problemen (acethyleen inhibitie, He-atmosfeer). Behoudens uitzonderlijke omstandigheden (bijvoorbeeld een nagenoeg volledige waterverzadiging van het veld direct na het inwerken van de oogstresten bij hoge temperaturen, zoals het geval kan zijn bij een zware stortbui in de zomer) kunnen deze gasvormige verliezen vanuit landbouwkundig oogpunt dan ook verwaarloosd worden t.o.v. de andere verliesposten.

5.1.3.4 Conclusies

Uit de snelheid van N vrijstelling in functie van het seizoen kunnen dus voor de praktijk een paar zeer belangrijke conclusies getrokken worden:

Bij inwerken van oogstresten van groenten in de zomer of vroege najaar komt een groot gedeelte van de stikstof vrij binnen een termijn van 4 - 10 weken, afhankelijk van de specifieke weersomstandigheden. Indien een tweede groentegewas, of een ander gewas volgt, mag dus een groot deel van de N inhoud van deze oogstresten (75%) in mindering worden gebracht van de toe te dienen bemesting. Indien geen ander gewas volgt, zal nagenoeg alle stikstof uit deze oogstresten verloren gaan in de loop van de maanden volgend op de teelt, voornamelijk door uitspoeling onder de vorm van nitraat.

Bij inwerken van oogstresten in het late najaar zal de mineralisatie en zeker de nitrificatie veel langzamer gebeuren (maar deze kan nog heel belangrijk zijn afhankelijk van de klimatologische omstandigheden in die specifieke periode). Hierdoor zal ook de nitraatuitspoeling trager op gang komen. Afhankelijk van de omstandigheden zal een groot deel van de stikstof in het bodemprofiel aanwezig blijven (eerder droog en koud najaar en winter) of zal opnieuw het grootste deel van de stikstof verloren gaan door uitspoeling (zacht en nat najaar en winter). Gezien bij laat inwerken van oogstresten geen volggewas meer mogelijk is, is het risico op grote stikstofverliezen dus zeer reëel.

5.1.4 Samenstelling dierlijk mest - bemestingswaarde

5.1.4.1 Inleiding

Bij de teelt van heel wat vollegrondsgroenten wordt in een groot deel van de bemestingsbehoefte voorzien door het gebruik van organische meststoffen waarvan dierlijke mest een belangrijk onderdeel is. Organische meststoffen zijn samengestelde meststoffen zodat voor een beredeneerd gebruik de bemestingswaarde van de verschillende plantenvoedingsstoffen (N, P, K, Mg,..) in rekening moet worden gebracht. In dit hoofdstuk wordt alleen gefocust op de stikstofbemestingswaarde van dierlijke mest. Het aandeel van de stikstofbemestingsbehoefte dat ingevuld wordt door dierlijke mest varieert sterk in functie van de toegediende hoeveelheden en van de stikstofbemestingswaarde. Deze laatste wordt onder andere bepaald door het aandeel aan minerale stikstof en het aandeel aan traagwerkende stikstof in de dierlijke mest. Daarnaast hebben de volgende factoren een invloed op de uiteindelijke bemestingswaarde:

- Toedieningstijdstip
- Wijze van uitrijden omwille van het effect op ammoniakale vervluchtiging
- Grondsoort
- Verbouwde gewas, bewortelingsdiepte
- Weersomstandigheden de maanden na de toediening

Deze factoren bepalen hoeveel van de toegediende stikstof onderhevig is aan verliezen naar het milieu (uitspoeling, vervluchtiging, denitrificatie) en welk aandeel nuttig kan opgenomen worden door het verbouwde gewas.

5.1.4.2 Samenstelling dierlijk mest

De gemiddelde samenstelling van dierlijk mest varieert in belangrijke mate in functie van het type mest en de diersoort. Dit wordt geïllustreerd in de volgende tabellen die

gebaseerd zijn op de resultaten van de mestanalyses uitgevoerd door de Bodemkundige Dienst van België in de periode 2002 tot 2006. Terloops kan er op gewezen worden dat deze samenstelling relatief gezien goed overeenkomt met de samenstelling van deze mesten in andere landen (Salomez et al., 2007). De zeer grote standaardafwijking op deze gemiddelde waarden toont duidelijk aan dat voor een beredeneerde bemesting op perceelsniveau er niet gewerkt kan worden met een gemiddelde waarde maar dat de effectieve samenstelling van de toegediende mest gekend moet zijn.

Tabel 32: Samenstelling drijfmest : gemiddelde en standaardafwijking in kg/1000 l (bron: Bodemkundige Dienst van België, praktijkstalen 2002-2006)

Mestsoort	Aantal stalen (*)	Organische							
		Droge stof	stof	Totale N	Minerale N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	
Runderdrijfmest	1084	gemiddelde	88.1	66.3	5.12	2.93	1.45	4.77	0.97
		stdafwijking	21.4	16.6	1.19	0.99	0.38	1.03	0.27
Varkensdrijfmest (geen brijvoeding)	1257	gemiddelde	79.7	53.4	8.12	4.77	3.94	5.34	1.87
		stdafwijking	33.8	24.1	2.82	2.00	1.73	1.80	0.80
Varkensdrijfmest (brijvoeding)	3031	gemiddelde	92.8	62.6	9.87	5.63	4.32	6.77	2.04
		stdafwijking	29.7	21.2	2.77	2.15	1.49	1.96	0.70

(*) Voor de berekeningen zijn enkel de meststalen weerhouden binnen het droge stofbereik 20-160 kg/1000 l voor runderdrijfmest en 20-200 kg/1000 l voor varkensdrijfmest en waarbij ook de outliers op gebied van samenstelling zijn verwijderd. Voor varkensdrijfmest is een opdeling gemaakt in al dan niet gebruik van brijbakken waarbij enkel de stalen zijn weerhouden waarbij deze gegevens expliciet gekend zijn bij de staalname.

Tabel 33: Gemiddelde samenstelling (in kg/1000 l voor de vloeibare mesten en kg/1000 kg voor de vaste mesten) voor enkele veel voorkomende mestsoorten zoals deze momenteel door Bodemkundige Dienst van België worden gehanteerd bij de beoordeling van individuele mestanalyses.

Mestsoort	Droge stof	Organische stof	Totale N	Minerale N
Runderdrijfmest	88	66	5.1	2.9
Kalverdrijfmest	21	9	2.7	1.8
Runderstalmest	210	160	8.3	2.4
Varkensdrijfmest	80	53	8.1	4.8
Varkensdrijfmest (brijvoeding)	93	63	9.9	5.6
Drijfmest biggenopfok	65	43	5.9	3.2
Zeugendrijfmest	54	35	4.6	2.4
Varkensstalmest	255	195	11.1	3.3
Kippendrijfmest	135	85	10.8	6.4
Slachtkuikmest	610	500	35.4	5.5
Leghennenmest	702	510	29.5	4.6

Bron : Mestanalyseresultaten Bodemkundige Dienst van België

De samenstelling van de mest afkomstig van een individueel bedrijf hangt bovendien af van het voederrantsoen, het voedersysteem, het staltype, de hoeveelheid reinigingswater, ... In het geval van vaste mest is ook het type strooisel van belang en de eventuele voordroging van de mest. Al deze factoren hebben tot gevolg dat de

mestsamenstelling op een gegeven bedrijf in belangrijke mate kan afwijken van de gemiddelde samenstelling (Tabel 34).

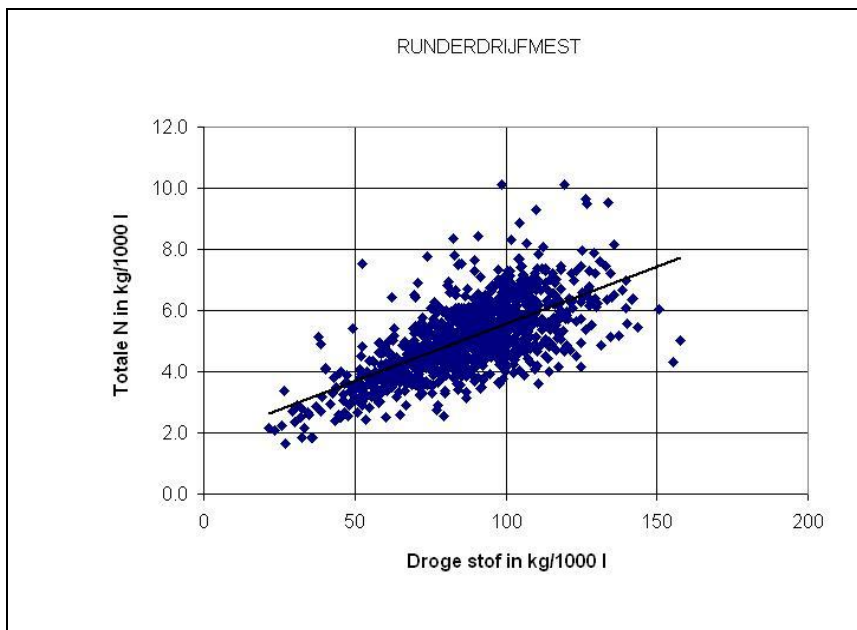
Tabel 34: Overzicht van enkele recente analyseresultaten en algemene gemiddelden van dierlijke mesten in kg/1000 l voor de vloeibare mesten en kg/1000 kg voor de vaste mesten (Bron: Bodemkundige Dienst van België).

Mestsoort		pH	DS	OS	Tot N	Min N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO
varkensdrijfmest	1	7.7	43.2	29.8	5.35	3.48	2.44	2.68	0.74	1.78	1.18
	2	7.8	77.35	50.71	8.97	6.48	3.76	6.77	1.39	2.67	2
	3	8.2	85.01	56.44	10.79	5.89	3.95	6.89	1.72	3.83	1.76
	algemeen gemiddelde		80	53	8.1	4.8	3.9	5.3	1.3	3.6	1.9
varkensdrijfmest (brijbakken)	1	8	130.56	80.73	12.71	8.07	6.05	7.42	2.96	8.13	2.73
	2	8	71.03	46.49	7.31	5.02	4.37	5.52	1.46	3.41	1.91
	3	8.1	118.05	82.83	10.53	6.02	5.97	5.86	1.21	6.15	2.9
	algemeen gemiddelde		93	63	9.9	5.6	4.3	6.8	1.5	3.9	2
varkensdrijfmest (dunne fractie)	1	8	27.56	15.68	5.54	3.68	0.35	4.55	1.34	0.56	0.17
	algemeen gemiddelde		83	54	7.8	4.5	4.5	5.9	1.3	3.7	1.9
runderstalmest	1	8.6	172.2	116.82	4.75	0.77	3.69	7.35	0.71	3.18	1.5
	2	9.2	192.4	135.35	8.15	2.25	5.45	11.29	1.25	5.65	2.47
	algemeen gemiddelde		210	160	8.3	2.4	2.9	7.3	0.7	3.9	1.4
kippenmest	1	7	767.4	608.55	32.2	2.15	28.13	27.42	4.28	58.46	10
	algemeen gemiddelde		690	500	33.2	5	28	21.4	3.6	60.5	8.6

De variatie op de stikstofinhoud die kan optreden binnen de verschillende mestsoorten wordt geïllustreerd door de volgende grafieken waarin het totale N-gehalte is uitgezet tegen de drogestofinhoud (Figuur 37, Figuur 38 en Figuur 39). In de daarop volgende histogrammen, die gebaseerd zijn op dezelfde dataset, wordt de spreiding van de stalen rond het gemiddelde aangegeven (Figuur 40, Figuur 41 en Figuur 42).

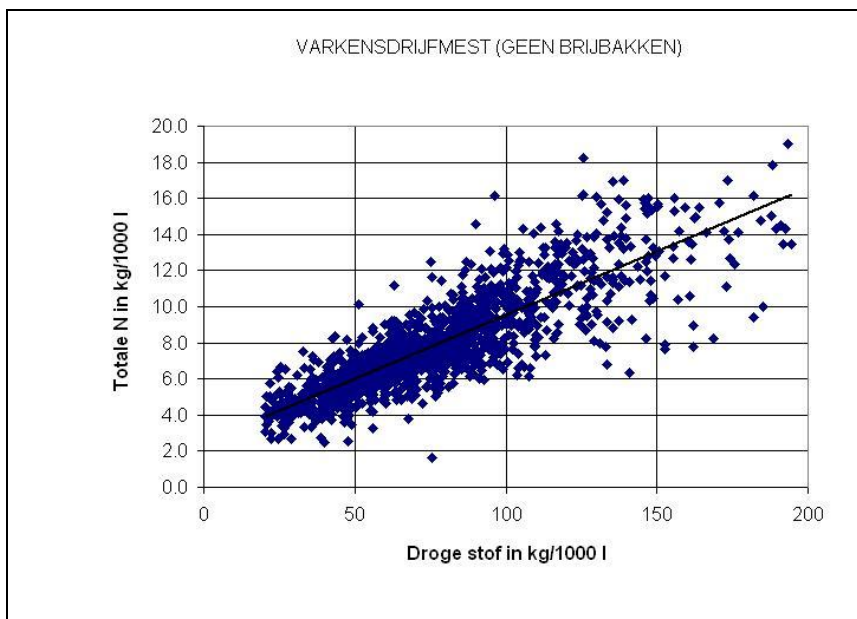
Omwille van de grote variatie die hierin optreedt is het voor de land- of tuinbouwer belangrijk om de samenstelling en de bemestingswaarde van de uitgevoerde mest te kennen zowel om een kwantitatief en kwalitatief goede oogst te realiseren als om het nitraatresidu in het najaar te beperken. Immers zowel te weinig als teveel nutriënten zijn nadelig voor de gewasontwikkeling en de opbrengst. Afgaan op een gemiddelde samenstelling houdt een hoog risico in, juist omwille van de grote variatie tussen mestsoorten en zelfs binnen eenzelfde mestsoort. Salomez et al. (2007) pleiten er dan ook voor om, als een labo-analyse om één of andere reden niet kan, aan de hand van eenvoudige metingen zoals D.S. gehalte, elektrische geleidbaarheid e.a. tijdens het

transport of bij het uitspreiden er minstens een idee zou verkregen worden van de N-inhoud.



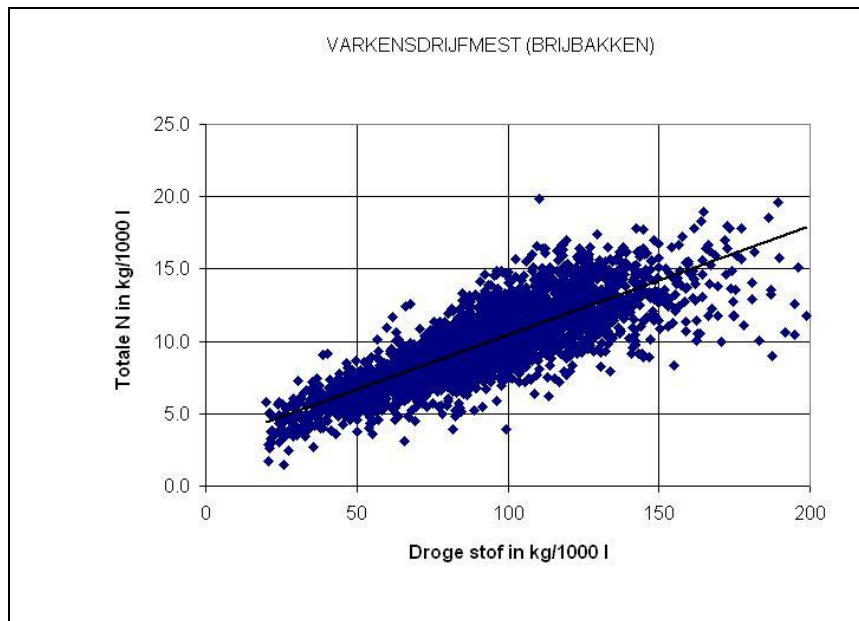
Bron Dataset BDB 2002-2006

Figuur 37 Stikstofinhoud runderdrijfmest in functie van het droge stofgehalte



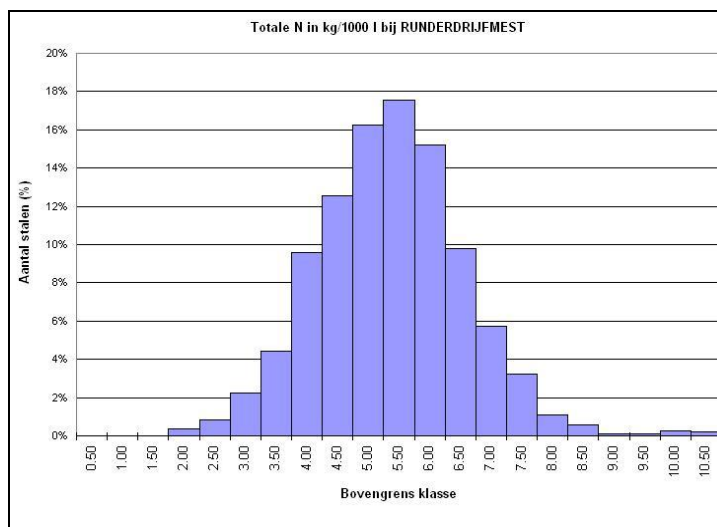
Bron Dataset BDB 2002-2006

Figuur 38 Stikstofinhoud varkensdrijfmest (geen brijbakken) in functie van het droge stofgehalte



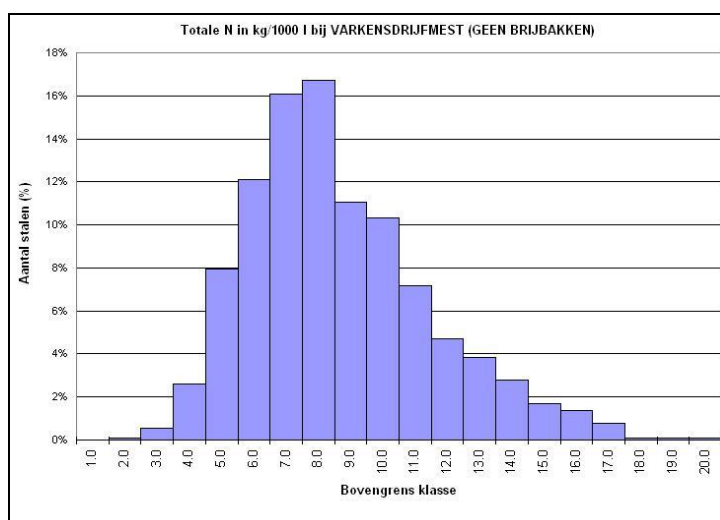
Bron Dataset BDB 2002-2006

Figuur 39 Stikstofinhoud varkensdrijfmest (brijbakken) in functie van het droge stofgehalte



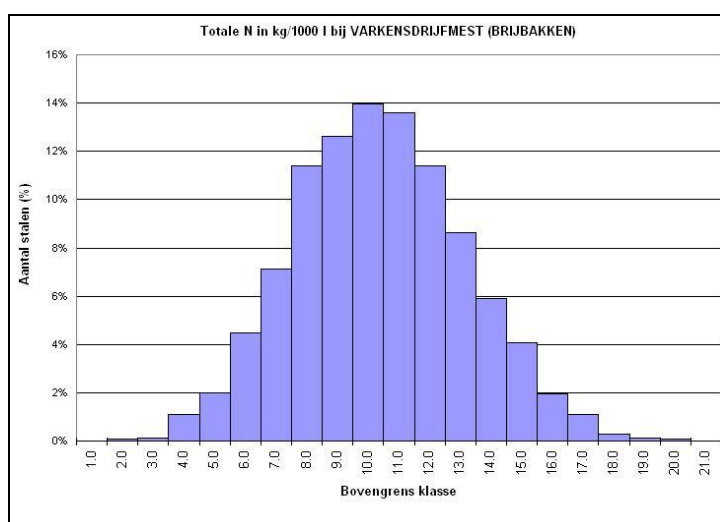
Bron Dataset BDB 2002-2006

Figuur 40 Procentuele verdeling van de runderdrijfmestanalyses volgens totaal N-gehalte



Bron Dataset BDB 2002-2006

Figuur 41 Procentuele verdeling van de varkensdrijfmestanalyses (geen brijbakken) volgens totaal N-gehalte



Bron Dataset BDB 2002-2006

Figuur 42 Procentuele verdeling van de varkensdrijfmestanalyses (brijbakken) volgens totaal N-gehalte

5.1.4.3 Bemestingswaarde

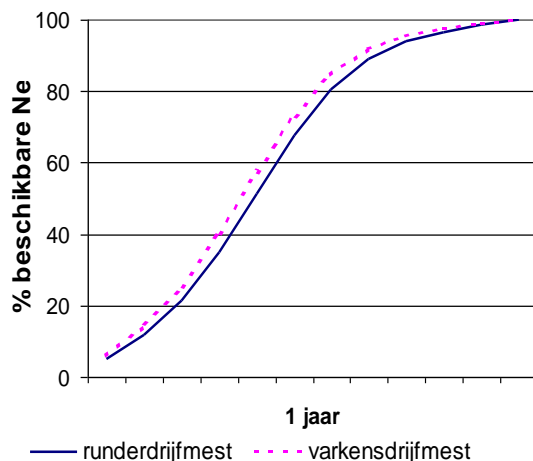
Bij gebruik van dierlijke mest moet niet enkel gelet worden op de totale inhoud aan nutriënten, maar dient tevens rekening gehouden te worden met de bemestingswaarde. Dierlijke mest is immers een samengestelde organische meststof die bovendien bestaat uit een mengsel van organische stoffen met verschillende afbraaksnelheden (Bries et al. 1995, Wageningen 2005). Dit wil zeggen dat de aanwezige stikstof in verschillende fasen vrijkomt. Dit is een belangrijk element waar rekening mee gehouden moet worden wanneer dierlijke mest wordt ingeschakeld in een bemestingsschema en bij de formulering van een bemestingsadvies.

De totale hoeveelheid stikstof die aanwezig is in dierlijke mest kan opgedeeld worden in drie groepen, namelijk de minerale of snelwerkende fractie, de traagwerkende fractie en de reststikstof.

1. De minerale fractie is de stikstof die voorkomt onder de vorm van ammonium of nitraat. Het aandeel nitraat in mest is meestal verwaarloosbaar, dus het gaat hier in de eerste plaats om stikstof die voorkomt onder de vorm van ammonium, die in de bodem snel wordt omgezet tot nitraat. Dit is de snelwerkende N-fractie in de mest. In drijfmest is het aandeel minerale stikstof heel wat hoger dan in vaste mesten.
2. De traagwerkende fractie is dat deel van de stikstof dat onder organische vorm aanwezig is, maar relatief gemakkelijk wordt gemineraliseerd en dus stikstof vrijstelt. Het is de stikstof die is ingebouwd in de gemakkelijk afbreekbare organische stof, die wordt gemineraliseerd in de periode tot één jaar na aanwending of tijdens de bewaring.
3. De restfractie is de stikstof die is ingebouwd in de moeilijk afbreekbare organische stof en waarvan de afbraak maar begint een jaar na aanwending van de mest. Het aandeel restfractie in vaste mesten is ongeveer 50%. In varkensdrijfmest daarentegen is al 60 % van de stikstof als ammonium aanwezig. Dit betekent dat de stikstof uit de mest vooral beschikbaar is voor de eerste teelt en slechts beperkt voor de tweede teelt in het betreffende jaar.

Doordat de aanwezige stikstof verdeeld is over de diverse fracties kan dierlijke mest zorgen voor een stikstoflevering zowel op korte als op iets langere termijn. Vooral de traagwerkende fractie draagt bij tot de levering later in het seizoen. De restfractie kan zelfs zorgen voor een stikstoflevering bijna een jaar na toediening (Lammers, 1984, Figuur 43). De organische verbindingen moeten eerst worden gemineraliseerd door voornamelijk bacteriën en schimmels vooraleer de stikstof wordt vrijgezet. De snelheid van mineralisatie hangt enerzijds af van de afbreekbaarheid van de organische verbindingen in de mest en anderzijds van een aantal bodemparameters zoals vochtigheid en de temperatuur en is derhalve sterk weersafhankelijk.

Wanneer in een teeltplan van twee gewassen in eenzelfde groeiseizoen dierlijke mest werd toegediend aan de eerste teelt dan dient in het bemestingsschema voor het volggewas nog rekening gehouden te worden met een N-levering uit de organisch gebonden stikstof. Bij regelmatig gebruik van organische mest moet derhalve rekening gehouden worden met de nawerking van de voorgaande mesttoediening. Deze nawerking is hoog bij compost en laag bij drijfmest (Tabel 36).



Figuur 43: Verloop van de stikstofbeschikbaarheid uit de gemakkelijk afbreekbare organisch gebonden stikstof in functie van de tijd bij runder- en varkensdrijfmest (Lammers, 1984)

De bemestingswaarde van de minerale stikstof fractie in de dierlijke mest ligt op een hoog niveau als de aanwendingsverliezen (vb. tijdig inwerken om de ammoniakvervluchtiging te beperken) beperkt blijven (Bries et al., 1995). Het maakt een groot verschil of de mest in het najaar of in het voorjaar wordt toegediend. Bij najaarstoediening spoelt een groter gedeelte van de stikstof uit en is niet beschikbaar voor het gewas. Om de efficiëntie van de toegediende dierlijke mest te verhogen is het van groot belang de mest in het voorjaar toe te dienen en snel in te werken om stikstofverliezen te vermijden (Bries et al., 1995). Bij voorjaarstoepassing van dierlijke mest is veel stikstof uit de mest direct door het volggewas te benutten.

Voor een goede schatting van de N-werking moet de samenstelling van de mest gekend zijn. Het gaat dan zowel om het gehalte aan minerale stikstof als het gehalte aan organisch gebonden N.

Op basis van eigen proefveldonderzoek, maar ook op basis van gegevens van andere onderzoeksinstellingen werd op de Bodemkundige Dienst een rekenprogramma (Geypens et al., 1992) ontwikkeld waardoor de landbouwer na een mestanalyse uitgebreide informatie ontvangt over de bemestingswaarde van de mest en dit in functie van de verbouwde teelt, tijdstip van aanwending en de grondsoort. Op het analyseverslag wordt geen melding gemaakt van gemiddelde werkingscoëfficiënten, maar wordt op basis van de analyseresultaten concreet aangegeven met hoeveel de minerale bemesting verminderd kan worden bij gebruik van de ontlede mest. De landbouwer moet in de tabellen alleen de situatie opzoeken die voor hem van toepassing is. Ter illustratie geeft Tabel 35 de bemestingswaarden van enkele mestsoorten in functie van het toedieningstijdstip en grondsoort. Deze waarden zijn berekend met het expertsysteem BEMORGEX en zijn geldig voor mest met de eerder vermelde gemiddelde samenstelling. De toepassingen in oktober en december zijn minder relevant aangezien, een paar uitzonderingen niet te na gesproken, geen mest meer mag toegediend worden in deze periode.

Aansluitend worden ter vergelijking in Tabel 36 de Nederlandse richtlijnen gegeven voor de gehalten aan N-totaal, N_{min} en N-org, N-werkzaam (%) bij toepassing kort

voor de teelt (<4 weken) met bouwlandinjectie voor drijfmesten langjarige N-nawerking. De tabel geeft tevens de hoeveelheid effectieve organische stof (EOS) per ton product.

Tabel 35: Bemestingswaarde volgens BEMORGEX, Bodemkundige Dienst van België, van dierlijk mest met een gemiddelde samenstelling in functie van grondsoort en toedieningstijdstip

Toedieningstijdstip en grondsoort	Bemestingswaarde (kg/10 ton product)		
	Runderdrijfmest	Runderstalmest	Varkensdrijfmest
Zandgrond			
Oktober	10	13	19
December	15	17	29
Februari	25	23	45
Maart	30	26	54
Zandleemgrond			
Oktober	12	14	22
December	17	18	31
Februari	26	23	46
Maart	30	26	54
Leemgrond			
Oktober	13	15	25
December	18	18	33
Februari	26	24	47
Maart	30	26	54
Kleigrond			
Oktober	10	13	19
December	20	18	37
Februari	27	24	48
Maart	30	26	54

Tabel 36: Nederlandse richtlijnen voor de gehalten aan N-totaal, N_{min} en N-org, N-werkzaam (%) bij toepassing kort voor de teelt (<4 weken) met bouwlandinjectie voor drijfmest, langjarige N-nawerking en hoeveelheid effectieve organische stof (EOS) per ton product. (Bron: Wageningen).

mestsoort	gemiddeld gehalte N- totaal (kg/ton)	gehalte N- mineraal in mest (% van N-totaal in mest)	gehalte N- organisch in mest (% van N-totaal in mest)	langjarige stikstoflevering per jaar tussen 1 april en 1 augustus bij jaarlijkse toediening (% van N-totaal in mest)	werkingscoëfficiënt van de totale N in de mest (1ste teelt) (% van N-totaal in mest)	werkingscoëfficiënt van de totale N in de mest (2de teelt) (% van N-totaal in mest)	EOS (kg/ton)
runderdrijfmest	4,4	50	50	10	55	5	32
mestvarkensdrijfmest	7,2	58	42	5	65	5	20
zeugendrijfmest	4,2	58	42	5	65	5	12
dunne fractie/gier	5,0	95	5	0	75	5	10
vaste rundermest	6,4	20	80	20	30	10	75

5.1.4.4 Effect van laattijdige mineralisatie van dierlijke mest

Bij gebruik van dierlijke mest kan de laattijdige mineralisatie van de organisch gebonden stikstof in de periode augustus-oktober toch nog een verhoogd N-residu bij de oogst veroorzaken (Bries et al., 1995). Tabel 37 illustreert dit probleem met resultaten van proefvelden te Herent en te Kortenaeken waarop verschillende toedieningen van organisch materiaal uitgevoerd werden (steeds zonder minerale bemesting). Op de percelen met een (voorjaars)toediening van runderstalmest of varkensdrijfmest ligt de najaarsmineralisatie duidelijk hoger dan op het controleperceel (Bries et al., 1995).

Het is dus duidelijk dat ook naar beperken van het nitraatresidu in het najaar het belangrijk is te weten wat de bemestingswaarde is van de uitgevoerde mest.

Tabel 37: Evolutie van de minerale stikstof in het bodemprofiel (kg N/ha) na de oogst van de aardappelen (Bintje) voor twee proefvelden op zandleem (Bron: BDB).

Diepte in cm	1990			1992		
	Herent: oogstdatum: 21 sept.			Kortenaeken: oogstdatum: 17 okt.		
	10 jul.	10 okt.	11 dec.	18 aug.	17 sept.	29 okt.
(1) 0-30 cm	20.0	45.6	21.7	22.3	14.5	44.6
30-60 cm	13.2	11.2	44.0	18.6	14.1	24.4
60-90 cm	17.6	13.3	28.4	22.8	21.0	23.6
Totaal	50.8	70.1	94.1	63.7	49.6	92.6
(2) 0-30 cm	16.8	49.3	26.7	23.6	28.7	62.4
30-60 cm	17.1	16.3	98.9	18.9	18.2	32.6
60-90 cm	19.6	28.5	30.6	16.5	11.0	24.5
Totaal	53.5	94.1	156.5	59.0	57.9	119.5
(3) 0-30 cm	38.5	63.6	19.9	23.2	20.9	57.1
30-60 cm	20.9	17.4	65.2	21.9	17.0	25.4
60-90 cm	21.6	21.5	28.0	26.4	23.8	27.5
Totaal	81.0	102.5	113.1	71.5	61.7	110.0

(1) Behandeling 1: geen organische bemesting

(2) Behandeling 2: stalmest: 1990: 60 ton/ha op 16 maart (4,65 kg N/ton)
1992: 52 ton/ha op 3 april (4,10 kg N/ton)

(3) Behandeling 3: varkensdrijfmest: 1990: 60 ton/ha op 16 maart (4,00 kg N/ton)
1992: 55 ton/ha op 3 april (6,09 kg N/ton)

N-advies op basis van N-index voor proefveld in 1990: 232 kg N/ha
voor proefveld in 1992: 196 kg N/ha

5.1.4.5 Besluit

Het oordeelkundig gebruik van dierlijke mest hangt af van de samenstelling van de mest maar ook van het bodemtype, de voedingstoestand van de bodem, het gewas, het bemestingstijdstip en de toedieningswijze. Wanneer de bemestingswaarde van de mest gekend is en bovenvernoemde factoren in rekening gebracht kan men al een redelijk accuraat idee vormen van de bijdrage aan nutriënten die de toegediende hoeveelheid dierlijke mest levert. Een factor



die niet op voorhand te controleren valt, is het weer en deze kan een belangrijke invloed uitoefenen op de mineralisatie van de mest, de uitspoeling van nutriënten en de vrijstelling van de nutriënten voor het gewas. Er kan wel rekening mee worden gehouden bij het vastleggen van bijbemestingen en in het bemestingsschema voor de volgteelt.

Het beheersen van het nitraatresidu vereist dus een zeer beredeneerde inzet van organische meststoffen.. Wanneer de bemestingswaarde van de mest geweten is en bovenvernoemde factoren in rekening gebracht, kan de bijdrage aan nutriënten die de gevoerde dierlijke mest levert in de totale bemestingsbehoefte accuraat worden berekend.

Vervolgens is het van cruciaal belang om steeds te streven naar een zeer homogene bemesting. Dit impliceert een homogeen product en een uniforme verdeling. Overlappingsen bij het toedienen van de dierlijke mest kunnen leiden tot sterk verhoogde nitraatresidu's.

Aangezien de weersomstandigheden de maanden na de toediening van de dierlijke mest niet op voorhand gekend zijn, blijft er een zekere onzekerheid over de stikstoflevering van de mest gedurende het groeiseizoen. Bodemstaalnames voor minerale stikstof tijdens het groeiseizoen kunnen in dit opzicht veel informatie geven.

Bij toediening van dierlijke mest komt een gedeelte van de toegediende stikstof pas later in het groeiseizoen onder minerale vorm in het bodemprofiel beschikbaar. Bij een dubbele teelt van groenten kan de tweede teelt deze stikstof benutten. Bij een enkele teelt kan via de inzaai van een groenbemester deze stikstof worden vastgelegd in organisch materiaal.

5.1.5 Bemestingsdosering en tijdstip van toediening

5.1.5.1 Inleiding

In het kader van een kostenbesparende en milieukundig gezonde landbouwuitbating is een adequaat stikstofbemestingsadvies een essentieel instrument. Aanbevelingen voor een stikstofgift zijn idealiter gericht op het dichten van de kloof tussen enerzijds de stikstofvraag van het gewas en anderzijds het stikstofaanbod in het bodemprofiel, en dit op elk ogenblik van het groeiseizoen. Deze strategie vereist kennis betreffende het stikstofopnamepatroon van het gewas en de stikstofdynamiek in het bodemprofiel.

Een bemestingsadvies dat deze factoren integreert, is het '*Stikstofbijmeststelsel (NBS)*'. Dit systeem vormt een uitbreiding op het N_{\min} -bemestingsadviesstelsel, waarbij de perfectionering erin bestaat tijdens het groeiseizoen supplementaire metingen uit te voeren van de minerale stikstof. Dit biedt als fundamenteel voordeel de mogelijkheid in te spelen op de N-mineralisatie uit bodem organische stof en recent geïncorporeerd vers organisch materiaal. Ook de potentiële



uitspoelingsverliezen in het begin van het groeiseizoen worden op deze manier in rekening gebracht. Naast deze tussentijdse meting(en) is het globale stikstofopnameverloop van een gewas gedurende de teeltperiode een tweede uitgangspunt bij dit systeem. Confrontatie van beide gegevens met elkaar vormt meteen de uitgangsbasis voor het uiteindelijke N-advies. Om een efficiënte stikstofbenutting bij gewassen met een lang groeiseizoen te krijgen, is het nodig om bij de berekening van de N-bemesting ook de te verwachten stikstofmineralisatie, voor de periode die volgt, in rekening te brengen (Salomez *et al.*, 1995).

5.1.5.2 *Het stikstofbijmeststelsel voor groenten*

Bij het stikstofbijmeststelsel wordt op basis van de stikstofopnamepatronen en de latente N_{\min} -residu's van de groenten het groeiseizoen verdeeld in periodes met een verschillende stikstofbehoefte. Voor iedere periode wordt een streefwaarde (= N-opname + latent N_{\min} -residu van de periode die volgt) vooropgesteld en aan het begin van elke periode moet de stikstofreserve tot een bepaalde diepte (30, 60 of 90 cm, afhankelijk van de bewortelingsdiepte van het gewas en het meettijdstip) in het bodemprofiel gemeten worden.

De minerale stikstofreserve in het bodemprofiel moet dan eventueel aangevuld worden dmv stikstofbemesting:

$$\text{N-bemesting} = \text{streefwaarde} - N_{\min}$$

$$\text{met } N_{\min} = N_{\min b} - N_{\min v} + N_{\min m}$$

$N_{\min b}$ = de gemeten minerale N-reserve in de bodem

$N_{\min v}$ = de verliezen gedurende de periode die volgt

$N_{\min m}$ = de N-mineralisatie gedurende de periode die volgt

In Figuur 44A t.e.m. Figuur 50A staan de gemiddelde N-opnameverlopen van enkele groenten. De N-opname van spinazie staat in Figuur 44A. Het enkel gearceerde gedeelte geeft aan hoeveel stikstof er tot een bepaald tijdstip reeds is opgenomen; het dubbel gearceerde gedeelte geeft de N-opname aan tussen twee meettijdstippen. In Figuur 44 A kan afgelezen worden dat er in teeltweek acht 14 kg N ha⁻¹ wordt opgenomen en dat er in totaal over de eerste acht teeltweken 97 kg N ha⁻¹ door spinazie wordt opgenomen. Het N-aanbod in de bodem in de doorwortelde laag nl. 0-30 cm met de geldende streefwaarde voor de verschillende perioden van deze groenten staat in Figuur 44B t.e.m. Figuur 50B. Het latente N_{\min} -residu staat in het deel met puntjes, de N-hoeveelheid beschikbaar voor de groente staat in het dubbel gearceerde deel. Uit Figuur 44B blijkt dat bij spinazie de teelt in twee periodes opgedeeld wordt. De

streefwaarden in de 0 – 30 cm laag voor de 1^o en 2^o periode zijn respectievelijk 105-N_{min} en 145-N_{min}.

5.1.6 Opbrengsten, N-opname door de teelt en bemesting

5.1.6.1 Indeling groenten

De beperkte bewortelingsdiepte van de meeste groenten (zie Tabel 22) heeft belangrijke consequenties voor het NO₃-N-residu (1 oktober – 15 november) aangezien dit steeds bepaald wordt tot een diepte van 90 cm.

Om het NO₃-N-residu zoveel mogelijk te beperken, is het aangewezen om reeds bij de teelt voorafgaand aan de groenten het residu te beheersen en bij aanvang van een nieuwe teelt rekening te houden met de NO₃-N-verdeling in het profiel door de keuze van de teelt af te stemmen op deze verdeling. Overeenstemmend met de gangbare staalnamedieptes, zijnde 30, 60 of 90 cm, kunnen groenten naar bewortelingsdiepte opgedeeld worden in 3 categorieën, zijnde ≤ 30 cm (categorie I), 30 - 60 cm (categorie II) en > 60 cm (categorie III).

Dit impliceert dat de N-opname ook hoofdzakelijk tot deze diepte beperkt zal blijven, waardoor de aanwezige stikstof in de diepere lagen als ‘niet-beschikbare N’ beschouwd kan worden. Deze NO₃-N-hoeveelheid zal, indien geen uitloging plaatsgrijpt, volledig in het NO₃-N-residu opgaan indien geen specifieke maatregelen genomen worden.

Tussen de gewassen onderling zijn er grote verschillen in N-benutting, de zogenaamde benuttingsindex. Deze index geeft het procent N weer dat door een bepaald gewas aan de bodem onttrokken wordt ten opzichte van de totale hoeveelheid aanwezige opneembare N. De opneembare stikstof is samengesteld uit de hoeveelheid, aanwezig in het profiel bij het begin van de teelt, de stikstof die tijdens de teelt mineraliseert en de N-gift onder de vorm van de bemesting (Code van goede landbouwpraktijken, nutriënten vollegrondsgroenten en fruitteelt, 2000).

De gemiddelde stikstofbenutting bedraagt 60 %. Volgens Nederlandse gegevens kunnen de belangrijkste groentegewassen op basis van hun N benutting als volgt gerangschikt worden (Tabel 38).

Tabel 38 : De gewassen ingedeeld naar de N-benuttingsindex (NBI) en de hoeveelheid N in de oogstresten (naar Smit, 1994)

NBI	N in oogstresten (kg N ha ⁻¹)			
	0-50	50-100	100-150	> 150
< 0.4	Radijs			
0.4-0.5	Sla Ui Spinazie Schorseneer			
0.5-0.6	Koolrabi Aardappel	Knolsnelderij Koolraap Prei	Bloemkool	Broccoli
0.6-0.7	Maïs	Boerenkool Chinese kool Ijsbergsla Stamslaboon		
0.7-0.8	Wortel Witlof Andijvie		Witte kool Spruitkool Suikerbiet	
> 0.8	Wintertarwe Bospeen	Kroot	Knolvenkel	Rode kool Doperwt

Gewassen met een lage N-benutting, tot 60 %, worden als nog volop groeiend gewas geoogst en hebben een beperkt en/of oppervlakkig wortelingspatroon. Wanneer de niet benutte stikstof niet wordt vastgelegd in de bodem of opgenomen door een volggewas kunnen hieruit belangrijke uitspoelingsverliezen ontstaan (Code van goede landbouwpraktijken, nutriënten vollegrondsgroenten en fruitteelt, 2000).

Hieronder worden, per categorie, de belangrijkste groenten besproken.

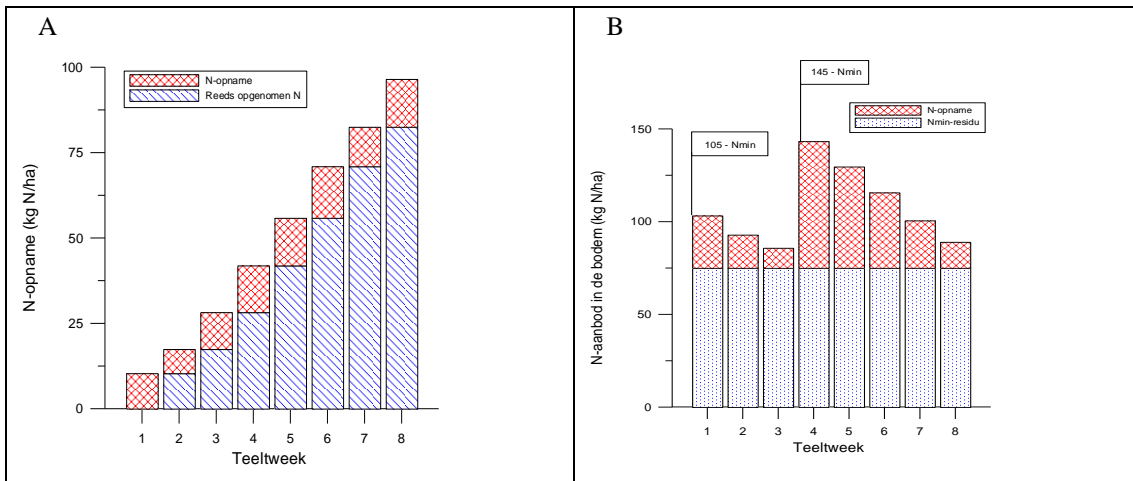
A. Categorie I

Bladgroenten spinazie en sla

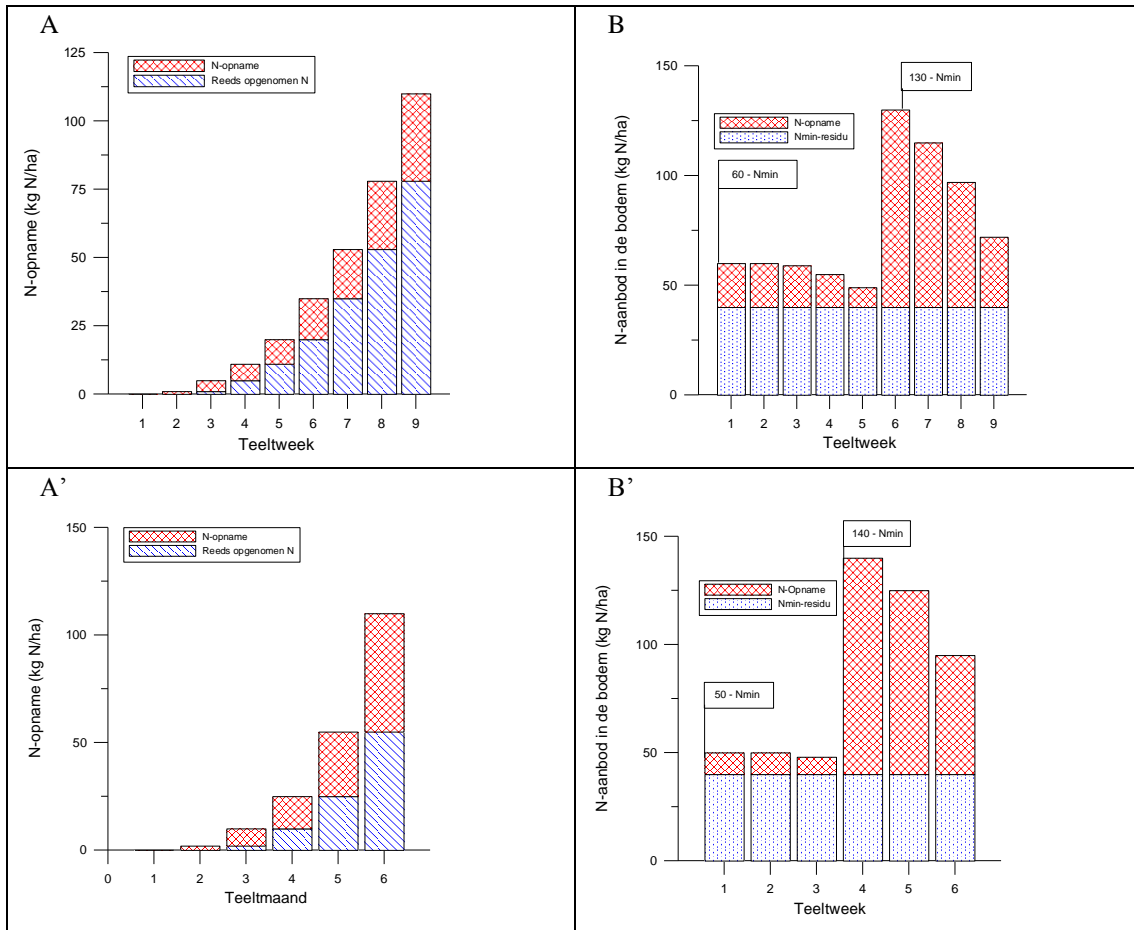
De N-behoefte van spinazie en sla bedraagt 100 tot 140 kg N ha⁻¹ (Figuur 44 en Figuur 45). Het zijn ondiep wortelende gewassen die geoogst worden op het moment dat de N-opnamesnelheid nog maximaal is (Salomez *et al.*, 1995). Om oogstderving te vermijden, dient dan ook tot aan de oogst voldoende minerale N in het doorwortelbare profiel aanwezig te zijn (Hähndel & Wehrmann,

1986a&b). Als gevolg daarvan is het latent mineraal N-residu voor bladgroenten hoog (Hofman *et al.*, 1990).

Hoewel de N-opname bij de oogst nog maximaal is en er voldoende N_{\min} aanwezig moet zijn, is de beschikbare N_{\min} -hoeveelheid in de bewortelingszone voor de oogst een factor die in belangrijke mate kan bijdragen tot de nitraataccumulatie in bladgroenten (Van Der Boon *et al.*, 1986). Om die reden dient het N_{\min} -residu dan ook beperkt te blijven.



Figuur 44 : Gemiddeld N-opnameverloop (A) en streefwaarden voor het stikstofaanbod in de bodem (0-30 cm) (B) voor spinazie [N-opname (A) = werkelijke N-opname gedurende de aangegeven periode; N-opname (B) = N beschikbaar voor opname] (naar Salomez *et al.*, 1995)



Figuur 45 : Gemiddeld N-opnameverloop (A en A') en streefwaarden voor het stikstofaanbod in de bodem (0-30 cm) (B en B') voor een vroege teelt (A en B) en zomerteelt (A' en B') van sla [N-opname (A en A') = werkelijke N-opname gedurende de aangegeven periode; N-opname (B en B') = N beschikbaar voor opname] (naar Breimer, 1989)

Erwten en bonen

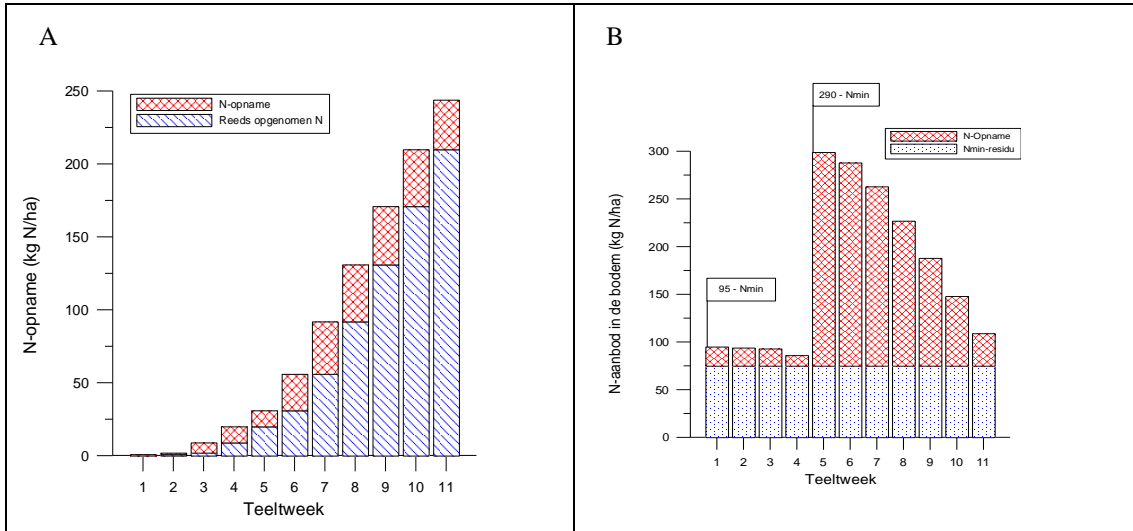
De NBI van erwten is hoog (Tabel 38). Het latent mineraal N-residu van erwten en bonen in de 0 - 60 cm bedraagt 50 - 60 kg NO₃⁻-N ha⁻¹. Omdat erwten in augustus geoogst wordt, kan er tevens mineralisatie van het organisch materiaal van de bodem en de N-rijke oogstresten (Tabel 25) optreden.

B. Categorie II

Bloemkool en broccoli

De N-opname van bloemkool en broccoli bedraagt 220 à 250 kg N ha⁻¹ (Figuur 46) (Salomez *et al.*, 1995; ENVEG, 2000). Bloemkool en broccoli worden geoogst op een moment dat de N-behoefte nog hoog is (Salomez *et al.*, 1995). Als gevolg daarvan is de NBI van bloemkool en broccoli laag (Tabel 38) met ook relatief hoge N-residu's tot gevolg en dito overschrijding van de norm. Uit

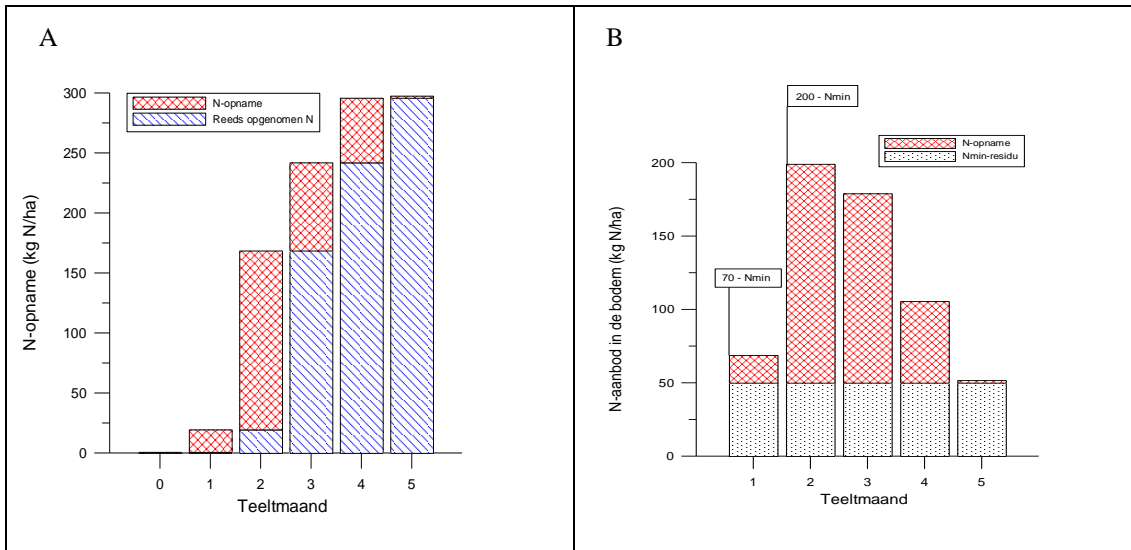
Tabel 25 en Tabel 26 blijkt reeds dat er veel stikstof kan vrijkomen uit de oogstresten gedurende de winter, hetgeen tot een verdere overschrijding van de vooropgestelde normen kan leiden.



Figuur 46 : Gemiddeld N-opnameverloop (A) en streefwaarden voor het stikstofaanbod in de bodem (0-60 cm) (B) voor bloemkool [N-opname (A) = werkelijke N-opname gedurende de aangegeven periode; N-opname (B) = N beschikbaar voor opname] (naar Salomez *et al.*, 1995)

Rode kool en savooikolen

Omdat rode en savooikolen geogst worden in de afrijpingsfase en de N-opname van deze kolen hoog is (250 tot 300 kg N ha⁻¹) (Figuur 47) (Salomez *et al.*, 1995; ENVEG, 2000), kan er bij de oogst een laag stikstofresidu bekomen worden (Demyttenaere *et al.*, 1989; Van Enkevort *et al.*, 2002). De NBI van rode kool is dan ook hoog (Tabel 38). Uit Tabel 25 blijkt dat de hoeveelheid stikstof die in de oogstresten aanwezig kan zijn zeer hoog is.

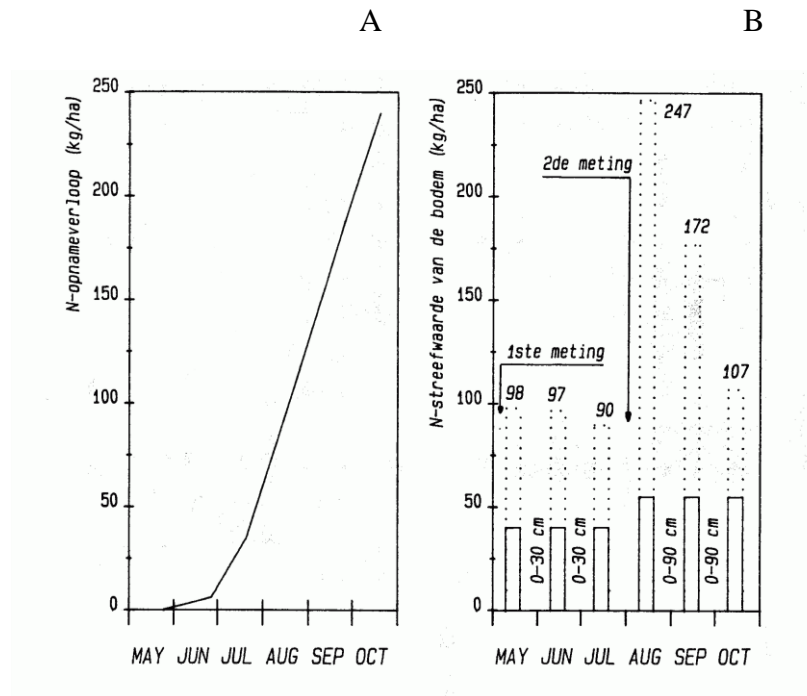


Figuur 47 : Gemiddeld N-opnameverloop (A) en streefwaarden voor het stikstofaanbod in de bodem (0-75 cm) (B) voor rode kool [N-opname (A) = werkelijke N-opname gedurende de aangegeven periode; N-opname (B) = N beschikbaar voor opname] (naar Salomez et al., 1995)

Knolselder

Knolselder is een traaggroeiend knolgewas (Figuur 48). De eerste twee maanden na het uitplanten in vollegrond blijft de N-opname beperkt tot ongeveer 30 kg N ha⁻¹. Bijgevolg kan de nodige hoeveelheid N in de bovenste 30 cm van het profiel tot 50 kg N ha⁻¹ beperkt blijven. Knolselder neemt daarna tot aan de oogst gemiddeld 2 kg N ha⁻¹ dag⁻¹ op. Een maximale knolproductie kan dus enkel gerealiseerd indien tot aan de oogst voldoende minerale stikstof in het doorwortelde bodemprofiel aanwezig blijft. Deze stikstof kan echter voor een deel geleverd worden door de stikstoflevering van de bodem (mineralisatie). Omdat de N-opname de eerste maanden na het uitplanten beperkt blijft, is een gefractioneerde N-bemesting met een beperkte startbemesting aanbevolen (Demyttenaere, 1991).

Knolselder wordt vooral tijdens en na de staalnameperiode 1 oktober – 15 november geoogst. Indien berekend bemest wordt, kan het N_{min}-residu (0-60 cm), zelfs in percelen met een hoge mineralisatiecapaciteit relatief laag zijn. De productie van knolselder kan immers oplopen tot 65 ton verse knol met een totale N-opname (knol + blad) van 250 kg N ha⁻¹. Bij knolselder bedraagt het latent mineraal N-residu ± 55 kg NO₃⁻-N ha⁻¹ tot een diepte van 60 cm. De in- en uitwendige kwaliteitsbepalingen bij de oogst van knolselder leverden geen verschillen op bij variërende organische en minerale N-bemesting (Demyttenaere, 1991). De hoeveelheid stikstof in de oogstresten kan groot zijn en een aanzienlijke hoeveelheid daarvan kan al gedurende de winter mineraliseren (Tabel 20).

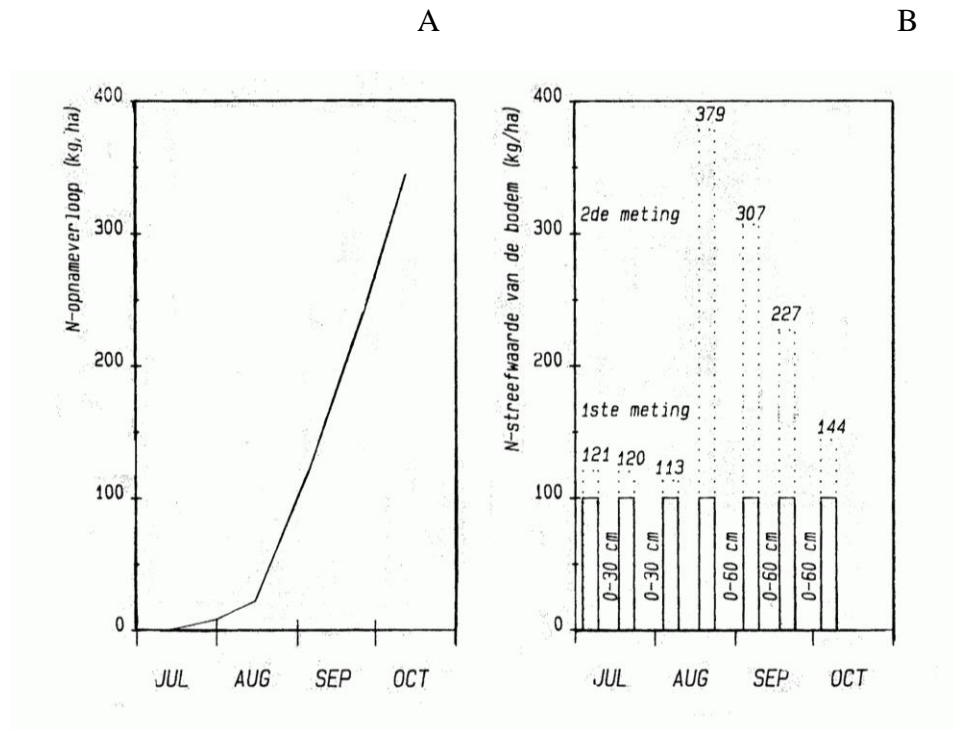


Figuur 48 : Gemiddeld N-opnameverloop (A) en streefwaarden voor het stikstofaanbod in de bodem (B) voor knolselder [N-opname (A) = werkelijke N-opname gedurende de aangegeven periode; N-opname (B) = N beschikbaar voor opname] (naar Demyttenaere, 1991)

Bleekselder

Bleekselder is een ondiep wortelend, snelgroeiend bladgewas (Figuur 49). Alhoewel bleekselder de eerste 6 weken relatief weinig N opneemt, dient bij het planten, in tegenstelling tot knolselder, voldoende N in het profiel aanwezig te zijn ($\pm 100 \text{ kg N ha}^{-1}$, 0-30 cm). Daarna, tot aan de oogst is er een N-opname van $\pm 4 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ dag}^{-1}$, waardoor aangeraden wordt om anderhalve maand na het planten een N_{\min} -analyse van de bodem uit te voeren waaruit dan het N-advies afgeleid wordt (Demyttenaere, 1991).

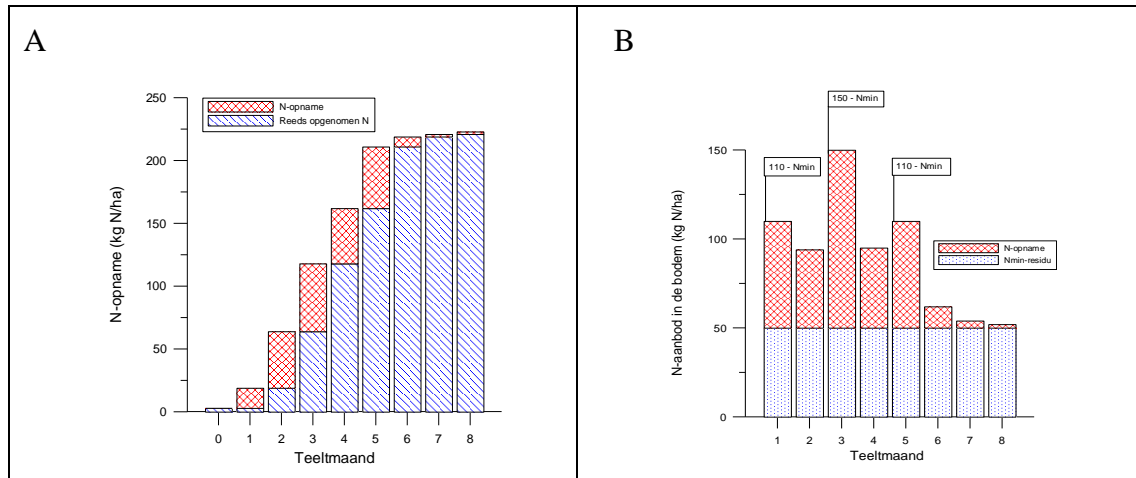
Bleekselder heeft een N-behoefte van 300 tot maximaal 350 kg N ha^{-1} . Een aanzienlijke hoeveelheid van de stikstof in de oogstresten kan al gedurende de winter mineraliseren (Tabel 20 **Error! Reference source not found.**)



Figuur 49 : Gemiddeld N-opnameverloop (A) en streefwaarden voor het stikstofaanbod in de bodem (B) voor bleekselder [N-opname (A) = werkelijke N-opname gedurende de aangegeven periode; N-opname (B) = N beschikbaar voor opname] (naar Demyttenaere, 1991)

Prei

Bij een beredeneerde bemesting kan de hoeveelheid residuele nitraatstikstof in de bodem, zelfs in percelen met een hoge mineralisatiesnelheid, laag zijn. De N-opname van winterprei is immers 200 tot 225 kg N ha⁻¹ (Figuur 50) (Salomez *et al.*, 1995; ENVEG, 2000; Vandendriessche *et al.*, 1994 en 1995). Het latent mineraal N-residu van winterprei is 50 kg NO₃-N ha⁻¹ (Tabel 52). In de praktijk echter worden meestal hoge stikstofresidu's bij de oogst gemeten. Immers, door aanaarden is een deel van de breedwerpig toegediende meststof niet meer beschikbaar, waardoor rijbemesting aan te raden is. Hierbij wordt de minerale N-meststof in de omgeving van de wortels geplaatst, waardoor de procentuele N-beschikbaarheid voor het gewas sterk toeneemt. Afhankelijk van de oogstmethode zullen de hoeveelheden oogstresten die op het land achterblijven sterk variëren.



Figuur 50 : Gemiddeld N-opnameverloop (A) en streefwaarden voor het stikstofaanbod in de bodem (0-60 cm) (B) voor prei [N-opname (A) = werkelijke N-opname gedurende de aangegeven periode; N-opname (B) = N beschikbaar voor opname] (naar Salomez *et al.*, 1995)

Wortelen

Het latent mineraal N-residu van wortelen van de 0 – 30 cm bedraagt 50 kg NO₃-N ha⁻¹ (Salomez *et al.*, 1995). De NBI van wortelen is hoog (zie Tabel 38). Omdat de N-opname van wortelen slechts 135 kg N ha⁻¹ is (ENVEG, 2000), kunnen er hoge residu's gemeten worden in bodems met een hoge mineralisatiecapaciteit.

Andijvie

De N-behoefte van andijvie is 120 tot 160 kg N ha⁻¹. Andijvie wordt geoogst op het moment dat de N-opnamesnelheid nog maximaal is. Om oogstderving te vermijden, dient dan ook tot aan de oogst voldoende minerale N in het doorwortelbare profiel aanwezig te zijn (Hähndel & Wehrmann, 1986a&b). Als gevolg daarvan is het latent mineraal N-residu voor andijvie hoog, waardoor de NBI laag is (zie Tabel 38).

De beschikbare N_{min}-hoeveelheid in de bewortelingszone net voor de oogst is een factor die in belangrijke mate kan bijdragen tot de nitraataccumulatie in andijvie (Van Der Boon *et al.*, 1986). Om die reden dient het N_{min}-residu dan ook beperkt te blijven.

C. Categorie III

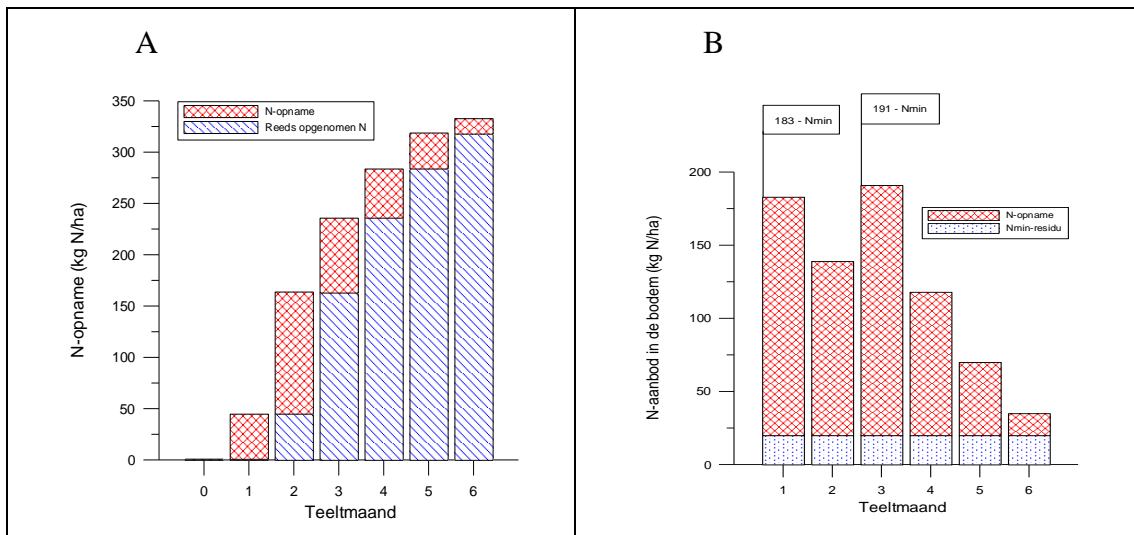
Spruitkolen

Spruitkool doorwortelt het profiel zeer goed en is in staat om ook de minerale N uit de bodemlaag 60 – 90 cm te benutten. Spruiten worden tijdens de afrijpingsfase geoogst (Salomez *et al.*, 1995), waardoor de stikstofbenutting van

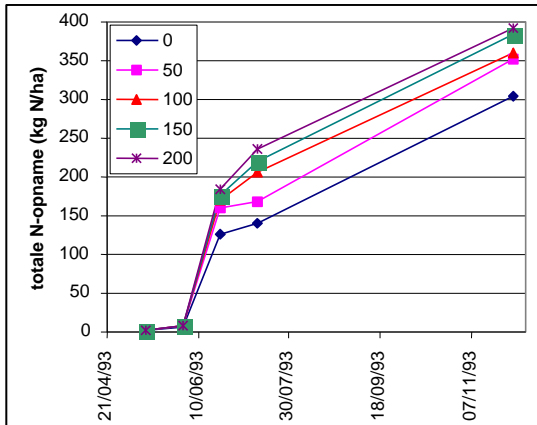
spruitkolen hoog is (zie Tabel 38). Het latent mineraal N-residu van spruitkool in de 0 - 90 cm laag is bijgevolg laag nl. 25 kg NO₃-N ha⁻¹ (Hofman *et al.*, 1990). Aangezien de N-opname 275 tot 350 kg N ha⁻¹ bedraagt (Figuur 51, Figuur 52 en Figuur 53) (Vandendriessche *et al.*, 1994; ENVEG, 2000), kan zelfs bij bodems met een hoge mineralisatiecapaciteit dit lage latent N-residu bij de oogst bereikt worden. Veldproeven met verschillende bemestingsniveaus (Vandendriessche *et al.*, 1994 & 1995) resulteerden voor alle bemeste percelen in een vergelijkbaar mineraal stikstofresidu na de oogst (\pm 50 kg NO₃-N ha⁻¹ tot 90 cm diepte). De N-opname van spruiten is des te meer uitgesproken naarmate de hoeveelheid stikstof in de bodem (gemineraliseerde en toegediende stikstof) groter is. Dit bewijst de 'N-luxe-consumptie' van spruitkool. Bij een hogere N-opname is de kwaliteit van de spruiten echter minder (Tabel 30).

Uit Tabel 25 tot Tabel 30 blijkt dat de hoeveelheid N in de oogstresten zeer aanzienlijk is, waardoor aandacht moet besteed aan de N-vrijstelling uit deze oogstresten. Bij hoge N-giften komt de bijkomende N bijna uitsluitend in het blad en dus in de oogstrest terecht.

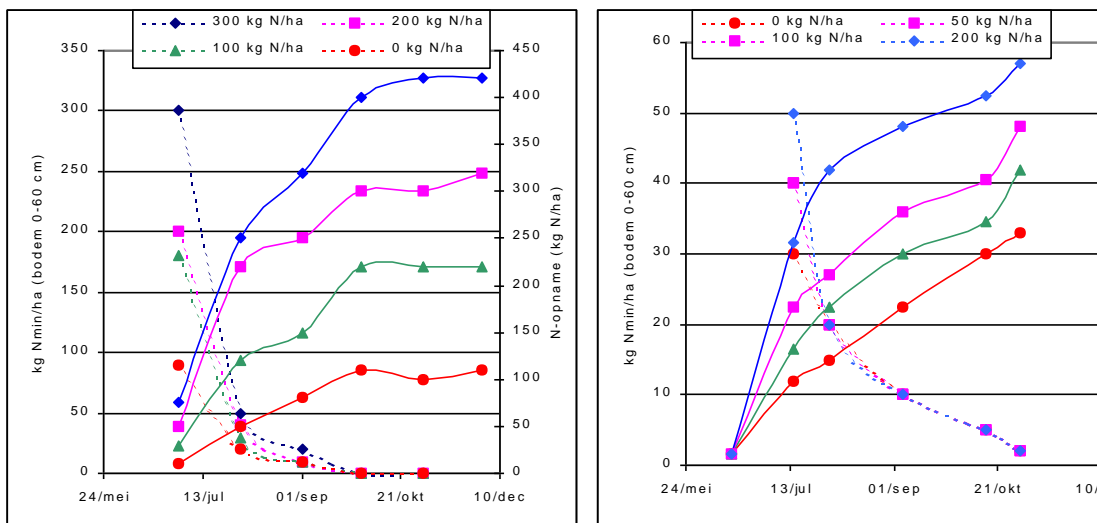
Dit is een belangrijke aanbeveling voor de volgteelt: er dient rekening gehouden te worden met de vrijstelling van stikstof uit de oogstresten van spruitkool.



Figuur 51 : Gemiddeld N-opnameverloop (A) en streefwaarden voor het stikstofaanbod in de bodem (0-90 cm) (B) voor spruitkool [N-opname (A) = werkelijke N-opname gedurende de aangegeven periode; N-opname (B) = N beschikbaar voor opname] (naar Salomez *et al.*, 1995)



Figuur 52 : N-opname van het totale spruitkoolgewas in functie van de stikstofbemesting (naar Vandendriessche *et al.*, 1994)



Figuur 53: Stikstofopname (kg N/ha) door het gewas (volle lijn) en de minerale stikstofbodemvoorraad (kg Nmin/ha in 0-60 cm) (onderbroken lijn) gedurende de groei van spruitkool bij verschillende stikstofgiften gedurende 1991(links) en 1992 (rechts) (naar Booij en Biemond, 1994)

Witte kolen

Omdat witte kolen geoogst worden in de afrijpingsfase en de N-opname van deze kolen hoog is (250 tot 300 kg N ha⁻¹) (ENVEG, 2000), kan er bij de oogst een laag stikstofresidu bekomen worden (Demyttenaere *et al.*, 1989; Van Enckevort *et al.*, 2002). De NBI van witte kool is dan ook hoog (zie Tabel 38). De hoeveelheid N die in de oogstresten aanwezig is blijkt zeer hoog te kunnen zijn.

5.1.6.2 Samenvattend overzicht van de voornaamste gewassenmerken

Onderstaande tabellen geven een samenvatting van de diverse kengetallen van de gewassen die eerder in deze studie werden aangehaald.

Tabel 39 Overzichtstabel van de voornaamste kengetallen voor de gewassen

Teelt	Gewas			Oogstresten				
	N-opname (kg/ha)	Bewortelingsdiepte (cm)	Latent N _{min} - residu (kg N/ha)	Vers gewicht (kg/ha)	Droge stof (kg/ha)	N-inhoud (kg N/ha)	Vrijstelling (kg N/ha)	Vrijstelling (%)
Aardappel					1000	20-85		
Aardbei	120				1100	16-80		
Andijvie	160	30-60			1500	30-80	28	74
Bindsla						60		
Bleekselder	300	60	50-75			90-152	112	74
Bloemkool	190-250	60	50-75	32640	3500	80-175	70-107	60-69
Boerenkool						85-130		
Bospeen						5-25		
Broccoli	260	60			3700	90-230	109-133	57-64
Chinese kool	230					30-110		
Cichorei						45-90		
Courgette	230					115-175		
Doperwtten	140-180	≤ 30	< 35	13020-34000	4370-6300	30-190	49	54
Hakselmaïs	250					5-25		
Ijsbergsla					1700	15-90		
Knolselder	230	60	40-60		3300	25-115	60-73	64-66
Knolvenkel					3100	110		

Koolraap						50		
Koolrabi						5-80	31	60
Kropsla	125-150	≤ 30			600	5-41	18-32	77-91
Kruldijvie						35	30	86
Pastinaak						160		
Pompoen	155					25		
Prei	200-240	60	50-75	17600	1700	5-80		
Radijs	100					5-90		
Raketsla						40		
Rammenas						5-25		
Rode biet						90-120		
Rode kool	220-300	60	< 35		5000	14-200	9	62
Savooikool	190-300	60			4500	90-190		
Schorseneer	100-120					45		
Spinazie	110-140	≤ 30	50-75	2000	700	5-60	39	66
Spruitkool	200-325	90	< 35	55600-87300	8600-15100	90-335		
Stamslaboon	140	≤ 30	< 35		2900	30-95	37-39	45-47
Suikerbiet					4000	120		
Suikermaïs				32300		95		
Uien						5-35		
Venkel						60-100	49-89	76-89
Wintergerst					3750	18-20		
Wintertarwe	250				5000	20-45		
Witloof	115				2300	45		
Witte kool	210-300	90			4300	30-250	68	39
Wortelen	160-175	60	< 35		3100	10-100	59	61

5.1.6.3 Specifieke aanbevelingen groenten

Zoals uit het voorgaande blijkt, vereisen de verschillende groenten aangepaste bemestingsstrategieën. Een beredeneerde bemesting is noodzakelijk om nitraatuitspoeling bij het begin van de teelt en in het najaar zoveel mogelijk te vermijden. Bij groenten met een lage N-opname bij het begin van de teelt leidt een hoge N-bemesting bij het planten of zaaien tot een lage N-efficiëntie. Het stikstofbijmeststelsel verhoogt de N-efficiëntie bij groenten. Bij groenten met een grote afstand tussen de rijen is rijenbemesting te overwegen (zie WP 6).

De latente N_{\min} -residu's bij de oogst van groenten kunnen hoog zijn. Bovendien is de N-hoeveelheid in de oogstresten van groenten, zoals uit Tabel 25 blijkt, vaak hoog tot zeer hoog en kunnen reeds aanzienlijke hoeveelheden na de oogst mineraliseren.

Bij groenten die vroeg (voor 15 augustus) geoogst worden, moet een diepwortelende navrucht geteeld of een diepwortelende groenbemester ingezaaid worden. Bij bloemkool en broccoli is het telen van een tweede bloemkool- of broccoliteelt een alternatief (Salomez *et al.*, 2000) indien slechts een heel beperkte hoeveelheid minerale N in de laag 60-90 cm aanwezig is.

5.1.7 Nateelt en groenbemester

5.1.7.1 Inleiding

Om het mineraal stikstofreliëkwat in het bodemprofiel in het najaar te reduceren, kan na de oogst van het gewas een nateelt of groenbemester worden ingezaaid. Indien deze gewassen voldoende vroeg ingezaaid kunnen worden (tot begin september), leggen deze gewassen een aanzienlijke hoeveelheid stikstof vast in hun biomassa. Nadien worden deze ofwel geoogst om dan als veevoeder te worden gebruikt, ofwel ingeplougd om in het daaropvolgende teeltjaar N te leveren aan het volggewas. Naast hun functie als 'stikstofvanggewas' hebben groenbemers een gunstige invloed op de structuur van de bodem (levering organische stof). Bij de keuze van groenbemers spelen verschillende factoren een rol (grondsoort, kosten van de teelt en stikstofnawerking, geschiktheid voor vroege of late stoppel, grondbedekking, opbrengst en wortelontwikkeling, vorstgevoeligheid, gemak van onderploegen, kans op opslag in het volggewas, vruchtwisseling in verband met de kans op ziekten en plagen).

5.1.7.2 Stikstofopname

Groenbemers kunnen een (groot) deel van de stikstof aanwezig in het bodemprofiel vastleggen, waardoor de uitspoeling van stikstof tijdens de winter en het voorjaar wordt beperkt. Groenbemers verschillen sterk in de mate van N-opname en N-conservering en daarmee in de geschiktheid als 'N-vanggewas'.



De drogestofproductie en het N-gehalte bepalen enerzijds de N-opname, anderzijds is het C/N-quotient van het gewas van belang bij de snelheid van vertering en daarmee van invloed op het tijdstip van vrijkomen van de stikstof (Tabel 40). Grasgroenbemesters hebben een beperkte bewortelingsdiepte en nemen vooral stikstof uit de bovenste laag op. Gele mosterd en bladrammenas hebben een grote bewortelingsdiepte en halen ook veel stikstof uit de diepere lagen. Winterharde groenbemesters, die voor september gezaaid worden, nemen de meeste stikstof op en beperken de stikstofuitspoeling het meest.



Tabel 40 Kenmerken van enkele courante groenbemesters

Gewas	Grondbedekking ¹	Vorstgevoeligheid ¹	Bovengrondse productie (ton ha ⁻¹)	N-gehalte (%)	Bovengrondse N-opname (kg ha ⁻¹)	C/N
Bladrammenas	9	3	3 (1-6)	2.3 (2.0-3.0)	50 (30-150)	18 (15-25)
Gele mosterd	9	1	2 (1-4)	2.1 (2.0-3.0)	40 (30-80)	18 (15-25)
Bladkool	9	5	3 (2-6)	2.1 (2.0-2.5)	100 (50-120)	21
Engels raaigras	7	7	1.5 (1-2)	2.8 (2.0-3.5)	45 (30-60)	17 (10-20)
Italiaans raaigras	9	5	2 (1-4)	2.2 (1.5-2.5)	45 (20-80)	17 (15-25)
Westerwolds raaigras	9	5	2 (1-2)	2.2 (2.0-2.5)	40 (40-45)	17 (15-20)
Winterrogge	6	9	3 (2-4)	3.2 (2.0-4.0)	100 (50-130)	15
Soedangras	7	5	/	/	/	/
Rode klaver	7	3	3 (2-4)	3.2 (3.0-3.5)	100 (60-140)	14 (10-15)
Witte klaver	6	5	2 (1-3)	3.5 (3.0-4.0)	80 (50-120)	12 (10-15)
Perzische klaver	8	3	4 (3-5)	3.0 (2.5-3.5)	120 (100-175)	16 (15-20)
Voederwikke	7	3	3 (2-5)	4.0 (3.0-4.5)	120 (90-200)	11 (10-15)
Facelia	9	1	4 (2-5)	3.1 (2.5-4.0)	120 (60-200)	17 (15-20)
Afrikaantjes	5	1	8 (4-15)	1.9 (1.5-2.5)	140 (70-170)	19 (15-25)
Raketblad	3	1	5 (3-7)	1.8	90	24
Spurrie	7	3	2 (1-3)	/	/	/

¹ hoger cijfer betekent: snellere grondbedekking, minder vorstgevoelig.

Reeds heel wat onderzoeken werden uitgevoerd naar de opnamecapaciteit, zowel met bemesting als zonder bemesting, van verschillende groenbemesters. De opgenomen hoeveelheid stikstof varieert in functie van zaaidatum, groeiperiode, weersomstandigheden, bodem en type groenbemester. De meeste onderzoeken (Geypens & Honnay 1995, Vandendriessche et al. 1996, Ver Elst 2000, BDB 2003, BDB 2004, N-(eco)² 2004, Ver Elst 2007) legden de mogelijkheid van groenbemesters naar N-opname vast tussen 20 tot iets over de 100 kg N/ha (Tabel 41 en Tabel 42) . Wanneer een bemesting werd uitgevoerd dan kon dit oplopen tot 178 kg N/ha (Tabel 42; Geypens & Honnay 1995) maar in functie van het beperken van het N-residu in het najaar wordt bemesten op groenbemester meestal niet aangeraden.

De N-opname door groenbemesters is afhankelijk van de zaaidatum. Om een voldoende hoge N-opname te realiseren en het stikstofresidu in de bodem gevoelig te verlagen (N-(eco)²) moeten de groenbemesters voor 1 september ingezaaid worden. Bovendien wordt daarna de ontwikkeling van een groenbemester vooral bepaald door de temperatuur en straling en veel minder door de N-voorziening. Wanneer het zaaien van een groenbemester wordt uitgesteld, dan blijkt dat de N-opname gemiddeld met 2 kg N /(ha.dag) daalt (Geypens & Honnay 1995). Als globale richtlijn naar de praktijk zijn de getallen in Tabel 41 zeker bruikbaar.

Tabel 41: *Stikstofopname (kg N/ha) door groenbemesters uitgezaaid in het najaar (Bron: Praktijkgids bemesting suikerbieten)*

	ontwikkeling groenbemester		
	slecht	normaal	goed
bladrijke groenbemesters	30 – 50	50 – 70	70 – 90
grasachtige groenbemesters	20 – 40	40 – 60	60 – 80
vlinderbloemige groenbemesters	30 – 50	50 – 75	75 – 100

De volgende tabel geeft een voorbeeld van de stikstofopname door verschillende groenbemesters bij verschillend N-aanbod.

Tabel 42 : Opbrengst en stikstofopname door de groenbemesters, Kessel-Lo 1999 (Bron: proefveld BDB in 'Landbouwcentrum Granen Vlaanderen')

Groenbemester	Bemesting	Opbrengst (kg verse stof/ha)	Droge stofopbrengst (kg ds/ha)	N-opname (kg N/ha)
raaigras	25 ton/ha zdm	23 642	3 247	96
wikken	25 ton/ha zdm	18 399	2 293	88
mosterd	25 ton/ha zdm	27 597	4 718	118
raaigras	0 kg N/ha	10 293	1 693	42
wikken	0 kg N/ha	15 932	1 972	76
mosterd	0 kg N/ha	14 583	3 079	55
raaigras	50 kg N/ha	14 500	2 298	54
wikken	50 kg N/ha	16 097	1 819	82
mosterd	50 kg N/ha	18 416	3 771	74

De hoeveelheid minerale N in de bodem kan sterk verminderd worden door het inzaaien van een groenbemester. Zeker na vroeg geoogste gewassen kan dit het nitraatstikstofgehalte in de bodem sterk verminderen. In die zin is een goed ontwikkelde groenbemester een goede teelttechniek om het nitraatstikstofresidu te verlagen, vooral op percelen met als hoofdteelt vollegrondsgroenten waar de oogstresten veel N vrijstellen na de oogst (Geypens & Honnay 1995, BDB 2003, BDB 2004, Ver Elst 2007).

Indien het inzaaien vroeg genoeg gebeurt kan de groenbemester een belangrijk deel van de stikstof in de bodem opnemen (Tabel 43) en op deze wijze de migratie van N naar diepere lagen zowel tijdens de winter als het voorjaar verhinderen. Daarnaast wordt door transpiratie van het gewas de neerwaartse waterbeweging en dus de N-uitspoeling beperkt (N-(eco)²).

Tabel 43: *Biomassaproductie en N-opname door groenbemesters in functie van het zaaitijdstip (Bron: N-(eco)²)*

Groenbemester	Zaaidatum	N-bemesting (kg N/ha)	Biomassa (ton DS/ha)	N-opname (kg/ha)
mosterd	13/08/90	60	5.8	100
		120	6.6	127
raaigras	27/07/90	60	6.4	143
		120	6.2	164
mosterd	29/08/91	0	3.5	71
		80	5	125
raaigras	06/08/91	0	6	50
		80	6.8	108
phacelia	06/08/91	0	3.5	49
		80	5.8	122
mosterd	27/08/92	0	3.4	73
		80	6.9	178
raaigras	29/07/92	0	4.5	72
		80	8.8	169
phacelia	29/07/92	0	5.9	86
		80	8.3	155
mosterd	17/08/93	0	3.2	50
		80	5.5	115
mosterd	30/08/93	0	2.4	53
		60	2.9	72
mosterd	13/09/93	0	0.7	30
		50	1.3	51

5.1.7.3 Stikstoflevering aan het volggewas

De stikstof in de groenbemesters komt bij de vertering beschikbaar in de bodem. Vooral vlinderbloemige groenbemestingsgewassen zijn rijk aan stikstof en kunnen bij een goed geslaagd gewas een belangrijke stikstofbron vormen voor volgteelten. Maar ook enkele andere gewassen kunnen een aanzienlijke hoeveelheid stikstof bevatten (o.a. bladkool). De hoeveelheid stikstof die vrijkomt uit een verterende groenbemester en het tijdstip waarop is moeilijk te voorspellen. In principe kan een deel van de stikstof uit ingewerkte groenbemesters zelfs zo laat vrijkomen dat het negatieve effecten heeft op de kwaliteit van het volggewas (bv suikerbieten, graangewassen). Bladrijke gewassen (zoals gele mosterd) verteren snel. Wanneer deze gewassen in de herfst worden ondergeploegd of aan het begin van de winter afvriezen zal de vrijkomende stikstof voor een deel verloren gaan. Dit geldt ook voor de vlinderbloemige groenbemesters. Gewassen die wat meer verhouten (hogere C/N-verhouding) en een hoger drogestofgehalte hebben (grassen, bladrammenas, bladkool) verteren daarentegen langzamer en zullen voor een groter deel hun stikstof kunnen overdragen aan het volggewas. Gewassen die veel massa vormen, een hoog stikstofgehalte bezitten en een hoge C/N-verhouding hebben, zijn ideale stikstofbronnen (Tabel 40). Dit is met name van belang voor biologische bedrijven.

In de praktijk komt het nogal eens voor dat de teelt van een groenbemester minder goed slaagt. In die gevallen is de N-inhoud van de groenbemester minder dan de cijfers in Tabel 41 aangeven. Het is mogelijk om hiermee rekening te houden, bijvoorbeeld met behulp van gegevens over de stikstofinhoud per cm gewaslangte.



Voor een goede benutting van de stikstof uit de groenbemester is het aan te bevelen de groenbemester niet langer dan 4 - 6 weken voor het planten in te werken. Op deze wijze houdt de groenbemester het beste de stikstof in het systeem. Als de groenbemester vroeg in de winter is afgevroren en pas in het voorjaar ingewerkt, is de N-levering gelijk aan een groenbemester die ondergewerkt werd in de herfst. In beide gevallen zal men een deel van de nawerking terugvinden in de N_{min} voor de teelt. De precieze hoeveelheid N-levering hangt af van de periode tussen inwerken van de groenbemester en planten.

Voor niet-kruisbloemige groenbemesters (o.a. vlinderbloemigen) die vroeg in de winter zijn afgestorven, kan men als vuistregel hanteren dat ca. 1/3 van de in Tabel 43 genoemde N-nawerking tot uiting komt in een hogere N_{min} -voorraad in het voorjaar terwijl 2/3 gedurende het groeiseizoen tot beschikking komt voor het gewas.

Bij kruisbloemige groenbemesters (o.a. gele mosterd en bladrammenas) die vroeg in de winter zijn afgestorven, komt alle stikstof in de winter vrij en deze werd terug gevonden in de N_{min} -voorraad.

5.1.7.4 Belang van mineralisatie uit oogstresten en groenbemesters

Niet alle stikstof die tijdens de winter wordt vrijgezet, is beschikbaar voor de volgteelt aangezien een gedeelte zal uitspoelen of denitrificeren. De stikstof die tijdens het groeiseizoen mineraliseert, kan wel direct door het volggewas worden opgenomen. Met behulp van het N-mineralisatiemodel MINIP zijn de effecten van het onderwerken van groenbemesters en gewasresten op de N-levering berekend door Velthof et al. (1998).

In Tabel 44 wordt de N-levering bij een variërende lengte van het groeiseizoen weergegeven voor raaigras, winterrogge en gele mosterd, en dit bij een goede en matige ontwikkeling en bij onderwerken in respectievelijk het na- en het voorjaar.

Tabel 45 geeft de N-levering weer van de verschillende gewasresten bij een variërende lengte van het groeiseizoen. De grote verschillen in karakteristieken tussen groenbemesters en oogstresten resulteren in grote verschillen in stikstoflevering: van minder dan 5 kg tot meer dan 50 kg N ha⁻¹. Via een verfijnd stikstofbestedingsadvies dient hiermee rekening te worden gehouden.

Tabel 44: Stikstoflevering van groenbemesters in relatie tot de lengte van het groeiseizoen (naar: Velthof et al., 1998)

Gewas	Ontwikkeling	Onderwerk-tijdstip	N-levering (kg N ha ⁻¹)		
			Maart-juni	Maart-juli	Maart-augustus
Raaigras	goed	najaar**	17	24	31
	matig	najaar	9	12	16
	goed	voorjaar**	21	33	42
	matig	voorjaar	10	16	21
Winterrogge	goed	najaar	15	21	26
	matig	najaar	8	11	13
	goed	voorjaar	24	33	42
	matig	voorjaar	12	16	21
Gele mosterd	goed	najaar	18	25	30
	matig	najaar	9	13	15
	goed	voorjaar	22	31	41
	matig	voorjaar	11	15	20

* najaar = eind oktober

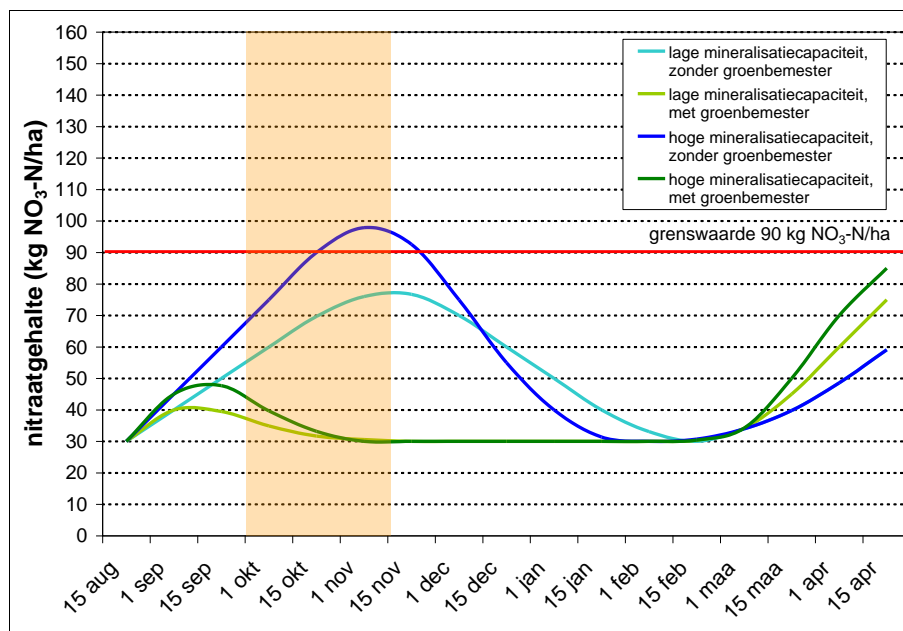
** voorjaar = eind maart

5.1.7.5 Groenbemesters in relatie tot het nitraatstikstofgehalte

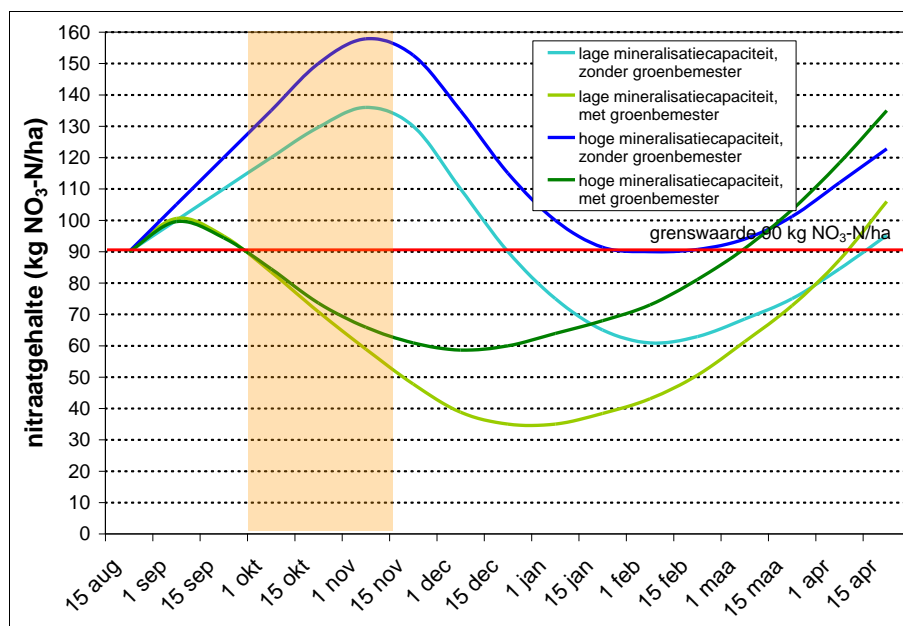
De aanwezigheid van een groenbemester heeft een merkbare invloed op de evolutie van het nitraatstikstofgehalte in de bodem vrijwel vanaf de inzaai.

Bij inzaai van een groenbemester neemt aanvankelijk het nitraatstikstofgehalte even toe (groene curves in Figuur 54) tot het wortelstelsel van de groenbemesters ontwikkeld is en nitraat kunnen opnemen uit de bodem.

Dit surplus aan minerale N is afkomstig van de mineralisatie van de organische stof, begunstigd door de bodembewerkingen die nodig waren om het zaaibed klaar te maken. Door opname van deze N door de groenbemesters daalt dit gehalte echter vlug en blijft laag gedurende de wintermaanden (Figuur 54 en Figuur 55, Geypens & Honnay 1995).



Figuur 54: Evolutie van het nitraatstikstofgehalte in de bodem vertrekkend van een zeer laag nitraatstikstofgehalte in de bodem in augustus (Bron: BDB)



Figuur 55: Evolutie van het nitraatgehalte in de bodem vertrekkend van een gemiddeld tot hoog nitraatstikstofgehalte in de bodem in augustus (Bron: BDB)

5.1.7.6 Keuze groenbemesters en tijdstip van zaaien

De keuze van een groenbemester hangt van diverse factoren af: de prijs van het zaaizaad, het tijdstip van zaaien en de eigenschappen van de gewassen. Een

belangrijke eigenschap is de snelheid van vertering in relatie met de N-behoefte van het volggewas. Daarnaast is de invloed op diverse aaltjes een belangrijke factor.

Voor een goede groei en ontwikkeling is niet alleen de conditie van de grond belangrijk, maar ook het tijdstip van zaaien en het weer in de groeiperiode erna. Voor het zaaitijdstip geldt: hoe vroeger de zaai, hoe beter de groenbemester zich zal ontwikkelen. Het tijdstip waarop er gezaaid kan gaan worden, bepaalt in sterke mate de keuze van de groenbemester. Elk groenbemestingsgewas heeft namelijk een (soms korte) periode waarin het gezaaid moet worden om tot een goede groei en ontwikkeling te komen (Tabel 45).

Tabel 45 : Zaaitijdstip groenbemesters

	maart	april	mei	juni	juli	aug	sept	okt
Bladrammenas								
Gele mosterd								
Bladkool								
Engels raaigras								
Italiaans raaigras								
Westerwolds raaigras								
Winterrogge								
Soedangras								
Rode klaver								
Witte klaver								
Perzische klaver								
Wikke								
Facelia								
Afrikaantjes								
Raketblad								
Spurrie								

bron:http://dlg2.vertis.nl/pls/dlg/docs/folder/kennisakker_new/kenniscentrum/handleidingen/Teelthandleiding_groenbemesters_2Welkegroenbemester.htm#3)

geel = zaaien onder dekvruucht (maart - half mei)
 groen = zaaien op braak land (mei - juni)
 rood = zaaien in vroege stoppel (juli - half aug.)
 paars = late stoppel (half aug. - half sept.)
 blauw = N-vanggewas (half sept. - okt.)

Volgende tabel, die een aantal belangrijke karakteristieken van de meest voorkomende groenbemesters verenigt, kan de landbouwer helpen om de juiste groenbemester te kiezen in functie van de specifieke behoeften.



Tabel 46: Belangrijkste kenmerken van de meest voorkomende groenbemesters (Bron: Praktijkids bemesting suikerbieten, BDB)

	N-opname en N-vrijstelling	zaaizaad ⁽³⁾ (kg/ha)	vorstgevoelig ⁽¹⁾	aaltjesgevoelig	bodembedekking	zaaidatum ⁽³⁾
Bladrijke groenbemesters						
<i>gele mosterd</i>	gemidd. opname, vroege vrijstelling	20 – 25	*****	ja (resistente rassen)	zeer goede en snelle bodembedekking	aug - eind sept
<i>bladrammenas</i>		20 – 30				juli - eind aug ⁽²⁾
<i>bladkool</i>		8 – 12	***	ja	matige bedekking	juli - eind aug
<i>Phacelia</i>		10 – 12	*****	nee	zeer goede bedekking	juli - 20 aug
Grasachtige groenbemesters						
<i>Engels raaigras</i>	lagere opname, latere vrijstelling	40 – 50	*	nee	zeer goede bodembedekking, wortelstelsel houdt grond goed vast, goede structuur	tot 15 sept
<i>Italiaans raaigras</i>		25 – 35	**			tot eind aug
<i>Westerwolds raaigras</i>		30 – 60	***			tot eind sept
<i>snijrogge</i>		150	*			tot eind okt
Vlinderbloemige groenbemesters						
<i>wikken</i>	grote opname, vroege vrijstelling	100 – 125	*****	nee	goede en snelle bodembedekking	juli - 10 aug
<i>klaver</i>		25 – 40				juli - 10 aug
<i>lupinen</i>		150 – 175				juli - 10 aug

(1) ***** = sterk gevoelig * = zeer weinig gevoelig

(2) zaai tot eind augustus : bij zaai vóór half augustus best laatbloeiende variëteiten kiezen

(3) bron: gegevens AVEVE

5.1.7.7 Invloed van bodemhumusgehalte en bodemtextuur

Indien op een humusrijk perceel eenzelfde stikstofbemesting wordt toegediend als op een humusarm perceel, dan bekomt men automatisch een hoger nitraatstikstofresidu op het humusrijke perceel. Op humusrijkere percelen is met het oog op het beperken van het nitraatstikstofresidu, het belang van de inzaai van groenbemester na vroeg geogste gewassen daarom nog belangrijker (BDB 2003).

De meeste groenbemestinggewassen zijn geschikt voor alle grondsoorten. Er zijn echter uitzonderingen. Wikke en Alexandrijnse klaver gedijen het beste op kleigrond, terwijl spurrie meer geschikt is voor zandgrond.

5.1.7.8 Bijkomende effecten van het gebruik van groenbemesters

Organische stof

Een bijkomend gunstig effect van een groenbemester is de productie van organische stof (N-(eco)²).

Een groenbemester die veel effectieve organische stof produceert, draagt het meest bij tot het op peil houden of verhogen van het humusgehalte van de grond. Wortels zijn daarbij effectiever dan bovengrondse massa. Wortels leveren namelijk 35% effectieve organische stof, bovengrondse massa slechts 20% (Agripress, Kennisakker.nl). Gewassen die veel effectieve organische stof leveren zijn o.a. soedangras, afrikaantjes en raaigrassen (mits op tijd gezaaid). Minder belangrijke



bronnen van effectieve organische stof zijn gele mosterd, winterrogge, spurrie en de verschillende klaversoorten (Agripres, Kennisakker.nl).

Geypens en Honnay (1995) daarentegen stellen dat groenbemesters eerder bijdragen tot onderhoud van de vruchtbaarheidstoestand dan tot een toename van de humus doordat ze organisch materiaal leveren met een snellere turnover dan deze van de bodemorganische stof.

Bodemstructuurverbetering

Een bijkomend gunstig effect van groenbemesters is de bijdrage tot een verbetering van de bodemstructuur (Agripres, Geypens & Honnay 1995, Kennisakker.nl, N-(eco)²).

De incorporatie van organisch materiaal heeft, vanaf het ogenblik van inwerken, een gunstig effect op de structuurstabiliteit. De invloed is het grootst wanneer de totale plant wordt ingewerkt. Vooral het inwerken van organisch materiaal met een lage C/N-verhouding heeft een duidelijk positief effect op de stabiliteit van de bodemstructuur (Geypens & Honnay 1995).

Wanneer een groenbemester met een uitgebreid wortelstelsel niet dieper dan een 15-tal cm wordt ondergeploegd, houden de wortels de bodemdeeltjes nog een tijd bij elkaar. Dit voorkomt verslemping en bovendien verstuift een goed doorwortelde grond minder snel. Groenbemesters die de bovengrond intensief doorwortelen (zoals grassen) hebben daarom de voorkeur (Agripres, kennisakker.nl, N-(eco)²) wanneer tevens verbetering van de structuur wordt nagestreefd.

Erosiebestrijding

Groenbedekkers verminderen de eroderende invloed van afstromend regenwater (N-(eco)²) doordat het land langer onder vegetatie staat en bovendien dragen zij bij tot een verbetering van de bodemstructuur waardoor deze beter weerstaat aan verslemping en afspoeling.

Aaltjesbestrijding

De groep van plantparasitaire aaltjes bestaat uit een bonte verzameling van soorten die in vorm en levenswijze totaal kunnen verschillen. De groenbemester die de ene aaltjesgroep bestrijdt kan het probleem met een andere groep daarom juist verergeren (Tabel 47; Agripres, Kennisakker.nl).

Tabel 47: *Relatie tussen enkele groenbemesters en aaltjes (Bron: <http://www.barenbrug.be/producten/groenbemesting.html>)*

Groenbemesters	Bietencyste aaltje	Noordelijk wortel knobbelaaltje	Maïswortel knobbelaaltje	Bedrieglijk maïswortel knobbelaaltje	Wortel-lesie aaltje	Trichodorus aaltje
Engels raaigras	x	x	++	+++	++	+++
Italiaans raaigras	x	x	++	+++	+++	+++
Rogge	x	x	++	++	++	+++
Bladrammenas	-	++	+	++	+	x
Gele mosterd	-	+	++	++	+	+
Phacelia	x	++	?	+	+++	+

Vermeerdering: - =uitziken, x =niet, + =weinig, ++ =matig, +++ =sterk, ? =onbekend

5.1.7.9 Nadelen van groenbemesters

Groenbemesters hebben veel voordelen: ze leveren organische stof, verbeteren de bodemstructuur, onderdrukken onkruid en vangen stikstof op die na de teelt aanwezig is en nog mineraliseert. Uiteraard kunnen er ook ongunstige effecten bij de teelt van (sommige) groenbemesters optreden. De belangrijkste zijn:

- opbrengstderving en/of oogstproblemen bij dekvruucht;
- onkruidontwikkeling;
- opslag uit gewasresten;
- opslag uit zaad;
- inkuileffect;
- instandhouden of verergeren van aanwezige ziekten, plagen en/of aaltjes ;
- ongewenste nalevering van stikstof;
- minder mogelijkheden van onkruidbestrijding;
- teelkosten;

5.1.7.10 Besluit

Als besluit kan gesteld worden dat een groenbemester kan zorgen voor een laag nitraatstikstofresidu in het najaar, een verlaagde nitraatuitspoeling in de wintermaanden en een verhoogde stikstofbeschikbaarheid in het voorjaar (Geypens & Honnay 1995, Ver Elst 2000, Ver Elst 2007).

Veel hangt natuurlijk af van de hoeveelheid stikstof die de voorteelt heeft achtergelaten in het bodemprofiel, van het tijdstip waarop de groenbemester wordt ingezaaid en van de eventuele bemesting van de groenbemester.

Raaigras, en in mindere mate Phacelia, produceren steeds biomassa. Zij verminderen de risico's op grondwatercontaminatie gedurende de herfst en door hun trage mineralisatie geven ze niet vaak aanleiding tot N-verliezen. Bovendien, als er al verliezen zijn, zijn deze meestal gering. Hun mineralisatie duurt voort tot in de volgteelt. Deze twee groenbemesters onderhouden meer dan wikke en gele mosterd

het niveau van het organische stofgehalte van de bodem en verminderen risico's voor verontreiniging van het grondwater met nitraat (Geypens & Honnay 1995).

Vlinderbloemige groenbemesters (wikken, klaver, lupinen) kunnen via de wortelknobbeltjes extra stikstof fixeren vanuit de lucht. Aangezien er geen behoefte is aan extra stikstof toevoer (er wordt immers in de eerste plaats getracht een zo laag mogelijk N-residu in het najaar te bekomen) worden vlinderbloemige groenbemesters minder aangeraden (N-(eco)²).

Naast de vele voordelen die groenbemesters met zich meebrengen kunnen deze ook een negatief effect hebben, voornamelijk als waardplant voor aaltjes.

5.1.8 Weersinvloeden

Naast perceelsgebonden factoren bemoeilijken ook de weersinvloeden de interpretatie van nitraatstikstofresidu's in de bodem. Het weer heeft een belangrijke invloed op de N-cyclus. De klimatologische omstandigheden bepalen namelijk mee de mineralisatiegraad alsook de hoeveelheid N-uitspoeling en N-opname door het gewas (Wageningen 2005). De effecten van de weersinvloeden zijn reeds op diverse plaatsen in dit rapport besproken. Gezien het specifiek belang van de weersinvloeden worden ook in dit onderdeel nog een aantal bijkomende elementen aangehaald.

Weersfactoren zijn medebepalend voor het niveau van de nitraatstikstofresidu's in de bodem, zowel in het najaar als in het voorjaar. De factoren die de grootste rol spelen zijn temperatuur en neerslag. Zowel in Vlaanderen als daarbuiten zijn hiernaar meerdere onderzoeken uitgevoerd. In de periode 1992-1997 vertoont de Nederlandse stikstofbalans voor landbouwgrond een schommelingen in het stikstofoverschot (= aanvoer van N minus afvoer van N) als gevolg van weersinvloeden (Fraters et al. 2000). Elsen et al. (2007) concluderen dat de meerjarige evolutie van de voorjaarsnitraatstikstofresiducijfers merkkelijk beter kan ingeschat worden wanneer abstractie wordt gemaakt van de weerseffecten die immers een sterke ruis veroorzaken.

5.1.8.1 Impact op de stikstofaanvoer

Temperatuur en vocht hebben beide een impact op de graad van de mineralisatie. Lage temperaturen en teveel of te weinig vocht beperken in regel de mineralisatie (Wageningen 2003). Zowel onder natte en anaërobe als onder droge en aërobe omstandigheden vindt stikstofmineralisatie plaats. De stikstofmineralisatie verloopt evenwel veel sneller bij een goede vochtvoorziening gekoppeld aan aërobe omstandigheden (Alblas et al., 2003). In extreem natte omstandigheden treedt denitrificatie op met omzetting van nitraat naar vluchtige stikstofverbindingen. Voor de Vlaamse situatie speelt het fenomeen denitrificatie tijdens het groeiseizoen slechts in beperkte mate mee in de stikstofbalans.

5.1.8.2 Invloed op de stikstofafvoer

Uitspoeling van stikstof naar de diepere bodemlagen en/of naar het grondwater kan een belangrijke verliespost op de balans uitmaken. Dit verlies vindt hoofdzakelijk plaats in de winter, wanneer de evapotranspiratieverliezen bijna tot nul terugvallen

waardoor een belangrijk neerslagoverschot ontstaat. Dit laatste is met ander woorden het deel van de neerslag dat niet door de begroeiing wordt opgenomen of rechtstreeks van de bodem verdampt (Boon et al. 2004; Elsen et al., 2007). Afhankelijk van de neerslagverdeling, bodemtype, landgebruik en gewasontwikkeling kan ook in de zomer nitraatuitspoeling optreden, maar deze blijkt in de meeste gevallen verwaarloosbaar (zie ook de balansberekeningen elders in dit document).

Dat stikstofuitspoeling een belangrijke factor is in de bemestingsstrategie, zowel met het oog op opbrengst en kwaliteit van het product als op de verliezen naar het milieu blijkt uit volgende gegevens.

Uit een analyse door Bussink (2006) bleek onder andere dat veel neerslag in de eerste en tweede week na bemesting leidt tot een opbrengstderving door de grote intensiteit van nutriëntenuitspoeling. Vooral op uitspoelingsgevoelige zand- en lössgronden is de kans groot dat stikstof bij veel neerslag onder de bewortelbare zone terecht komt (Wageningen, 2005).

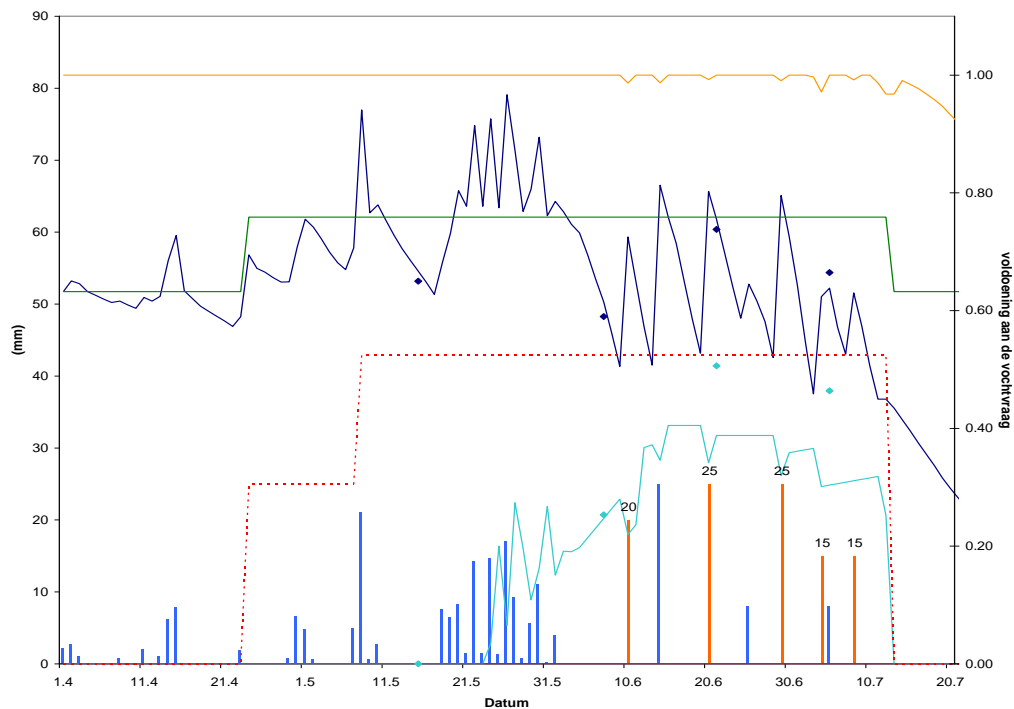
Om stikstofuitspoeling in de periode tussen het strooien van de meststoffen en het begin van intensieve N-opname door het gewas te beperken, is het noodzakelijk om de N-bemesting kort voor het planten toe te dienen. Een te vroege toediening van de startgift (geruime tijd voor planten om het risico op groeiremming te vermijden) is niet wenselijk omdat de toegediende stikstof dan door de neerslag te diep kan uitzakken en onbereikbaar kan worden voor het gewas (Bries et al., 1995).

Voor een teelt zoals prei, die tot laat in het najaar blijft groeien, kan uitspoeling een groot probleem vormen. Eind augustus wordt vaak nog bemest om de bodemvoorraad aan te vullen maar overvloedige neerslag in het najaar kan ervoor zorgen dat deze uitspoelt tot op een diepte waar ze niet meer door de prei kan worden benut, met als gevolg een daling van de opbrengst en een verhoging van het gemeten nitraatstikstofresidu in het najaar.

De beste manier om uitspoeling van nitraat in de winter te vermijden, is de nitraatreserve aan het einde van het seizoen op een zo laag mogelijk peil te brengen door aangepast nutriëntenbeheer, eventueel met inzet van groenbemesters.

Uitspoeling van nitraten in het groeiseizoen is een fenomeen dat niet altijd controleerbaar is. Intense of langdurige regenbuien kunnen bijvoorbeeld niet vermeden worden en gedurende een seizoen kunnen er altijd momenten voorkomen waarbij meer neerslag valt dan nodig om het vochtgehalte op peil te houden. Gedurende de maanden mei en augustus van 2006 en de maanden juni, juli, augustus en september van 2007 was dit duidelijk in vele regio's het geval. Figuur 56 tot Figuur 59 bevatten gegevens van enkele van de velden die opgevolgd werden door de BDB in het kader van irrigatiesturing. Relevant in het kader van de huidige studie zijn de groene lijn die de veldcapaciteit (= maximale nuttige vochtreserve) aanduidt en de blauwe lijn die de actuele vochtreserve weergeeft. De blauwe en rode balkjes geven respectievelijk de hoeveelheden neerslag en de toegepaste beregeningsdosissen weer. Telkens het watergehalte van de bodem (blauwe lijn) door neerslag tot boven de veldcapaciteit (groene lijn) uitstijgt leidt dit tot uitspoeling. In de figuren is merkbaar dat dit enkel veroorzaakt wordt door neerslag en niet door toedoen van de landbouwer (irrigatie). Door uitspoeling zakt regelmatig stikstof uit tot onder de

bewortelde zone zonder dat de landbouwer dit kan verhinderen. In Tabel 48 tot en met Tabel 51 zijn de cijfers weergegeven die overeenstemmen met onderstaande grafieken.



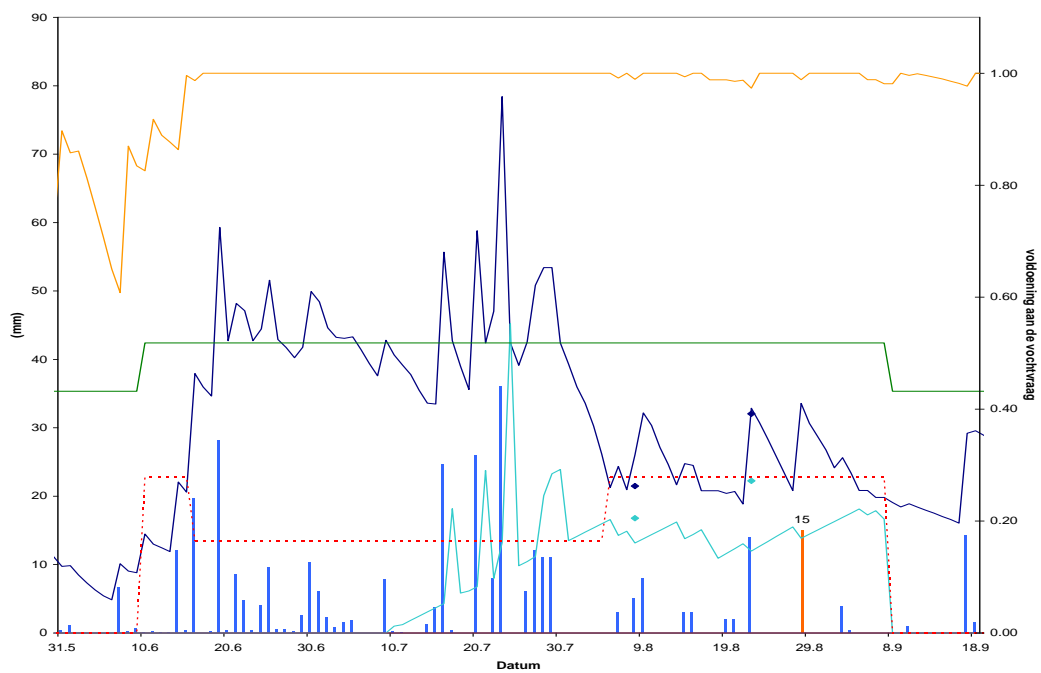
Figuur 56: Verloop van vochtgehalte in bodem van een bloemkoolperceel te Wingene in de periode april – juli 2006 (Bron: BDB)

Toelichting bij Figuur 56 tot en met Figuur 59

- Donkerblauwe lijn = actuele vochtreserve (mm)
- Groene lijn = maximale hoeveelheid water bij veldcapaciteit (mm)
- Blaauwe balk = hoeveelheid neerslag (mm)
- Rode balkjes = beregeningsdosis (mm)



Figuur 57: Verloop van vochtgehalte in bodem van een ~~prei~~ bodemkoolperceel te Oostrozebeke in de periode juli – oktober 2006 (Bron: BDB)



Figuur 58: Verloop van vochtgehalte in bodem van een preiperceel te Meulebeke in de periode juni – september 2007 (Bron: BDB)



Figuur 59: Verloop van vochtgehalte in bodem van een bloemkoolperceel te Esen in de periode juni – oktober 2007 (Bron: BDB)

Tabel 48: Overzicht watercyclus bloemkoolperceel te Wingene in de periode april – juli 2006 (Bron: BDB)

stadium	ET _m (mm)	ET _a (mm)	Irri. (mm)	Neerslag (mm)	uitspoeling (mm)	ET _a /ET _m
vegetatief stadium	21	21	0	39	13	1,00
generatief stadium	240	239	100	148	67	1,00
Totaal:	260	260	100	187	80	1,00

ET_m: Maximale gewasverdamping

ET_a: Reeële gewasverdamping

Irri.: Hoeveelheid water gegeven door middel van beregening

ET_a/ET_m: Voldoening aan de vochtvraag

Tabel 49: Overzicht watercyclus bloemkoolperceel te Oostrozebeke in de periode juli – oktober 2006 (Bron: BDB)

stadium	ET _m (mm)	ET _a (mm)	Irri. (mm)	Neerslag (mm)	Uitspoeling (mm)	ET _a /ET _m
vegetatief stadium	110	109	20	174	81	1,00
generatief stadium	85	84	40	0	6	0,99
Totaal:	195	194	60	174	87	1,00

ET_m: Maximale gewasverdamping

ET_a: Reeële gewasverdamping

Irri.: Hoeveelheid water gegeven door middel van beregening

ET_a/ET_m: Voldoening aan de vochtvraag

Tabel 50: Overzicht watercyclus preiperceel te Meulebeke in de periode juni – september 2007 (Bron: BDB)

stadium	ETm (mm)	ETa (mm)	Irri. (mm)	Neerslag (mm)	uitspoeling (mm)	ETa/ETm
Dikking diam 1.5 cm	12	11	0	33	0	0,91
Dikking 1.5 - 2.5 cm	186	186	0	270	112	1,00
Dikking 2.5 cm - oogst	29	29	15	4	2	1,00
Totaal:	227	225	15	307	114	0,99

ETm: Maximale gewasverdamping

ETa: Reeële gewasverdamping

Irri.: Hoeveelheid water gegeven door middel van berekening

ETa /ETm: Voldoening aan de vochtvraag

Tabel 51: Overzicht watercyclus bloemkoolperceel te Esen in de periode juni – oktober 2007 (Bron: BDB)

stadium	ETm (mm)	ETa (mm)	Irri. (mm)	Neerslag (mm)	uitspoeling (mm)	ETa/ETm
vegetatief stadium	129	127	0	117	32	0,98
generatief stadium	73	71	30	67	6	0,98
Totaal:	202	198	30	183	38	0,98

ETm: Maximale gewasverdamping

ETa: Reeële gewasverdamping

Irri.: Hoeveelheid water gegeven door middel van berekening

ETa /ETm: Voldoening aan de vochtvraag

Tijdens een droge zomer treedt in een drogere bodem minder of minder regelmatige stikstofmineralisatie op en is de vochtopname door de gewassen niet maximaal. Bij langdurige of sterke droogte (zoals tijdens de maand juli 2006), volgt de transpiratie van de plant de dagelijkse klimatologische vochtvraag niet meer, het relatieve vochtgehalte in de bladeren neemt slechts zeer weinig af en de huidmondjes blijven vrijwel gesloten, de verdamping en assimilatie dalen en de dagelijkse productie neemt af (Bries et al., 1995). Droogte leidt dus in het algemeen tot grotere reducties in opbrengsten dan in N-afvoer via het gewas. Hierdoor kan een deel van de beschikbare N-reserve niet worden opgenomen (Alblas et al., 2003; Boon et al., 2004). Droogte kan dus leiden tot hoge hoeveelheden stikstof die na de oogst in de bodem achterblijven (Alblas et al., 2003; Boon et al., 2004).

In jaren met een vochttekort kan met een lagere N-gift worden volstaan, omdat de waterbeschikbaarheid dan beperkend is. Echter, bij veel akkerbouwgewassen wordt de N-gift veelal in het begin of grotendeels in het begin van het groeiseizoen gegeven, zodat moeilijk kan worden ingespeeld op mogelijke vochttekorten (Alblas et al., 2003). In de groenteteelt kan via fractionering van de stikstofbemesting hierop worden ingespeeld.

5.1.8.3 Impact op de voorjaarsreserve

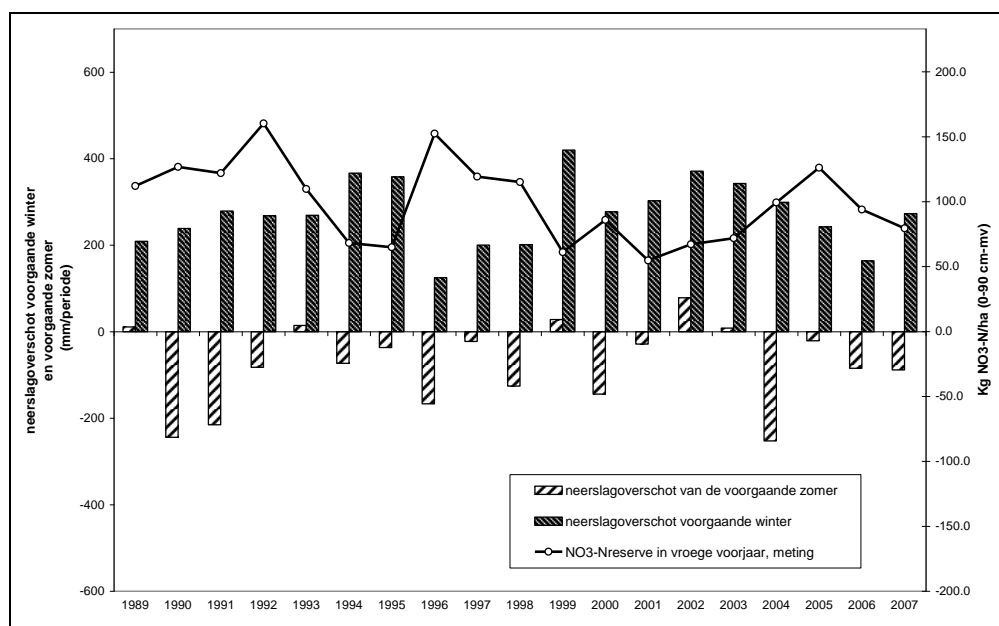
Elsen et al. (2007) stellen in een verkennend onderzoek een zeer significant model ($R^2 = 0.75$ ***) voor dat de voorjaarsnitraatstikstofreserve in het bodemprofiel

verklaart op basis van het neerslagoverschot in de periode van oktober tot februari, de droogte van de 3 voorgaande zomers en het jaartal.

In een vergelijkbaar eerder gevoerd onderzoek in Nedersaksen vonden Schweigert et al. (2004) een sterke correlatie tussen het nitraatstikstofresidu (0-90 cm) in het bodemprofiel (gemiddelde staalnamedatum 9 november) en het neerslagoverschot tijdens de periode van 1 oktober tot aan de staalnamedatum. Ook de temperatuur in oktober had een significante invloed op het nitraatstikstofresidu.

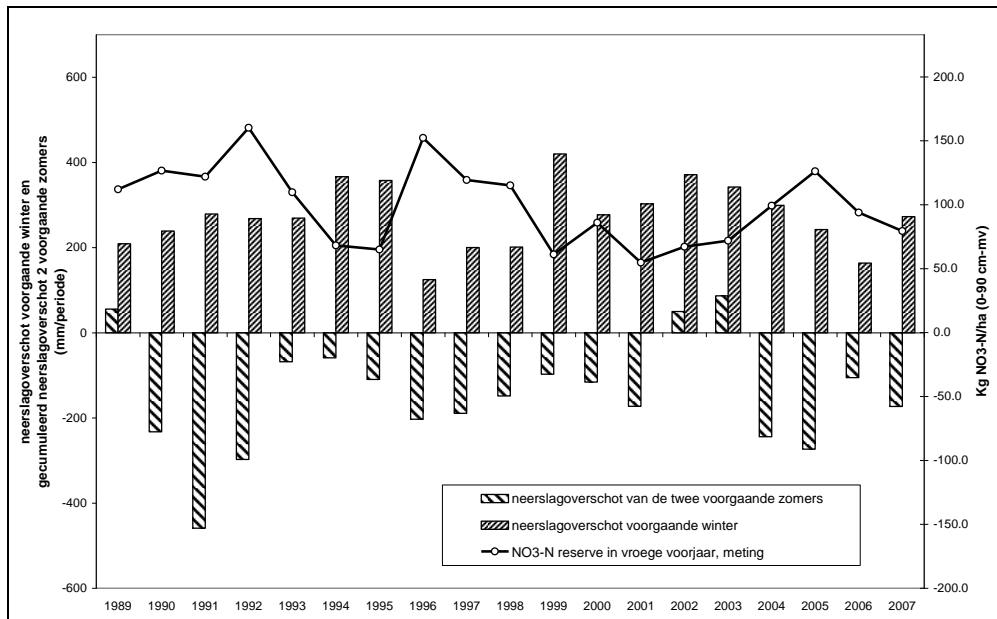
Terwijl het verband tussen nitraatstikstofgehalte in het voorjaar en neerslagoverschot in de voorbije winter vanzelfsprekend is, is het effect van de gecumuleerde neerslagoverschotten/deficieten van de twee of de drie voorgaande zomers minder goed te verklaren. Mogelijks gaat het om gecumuleerde effecten van verminderde N-opname door hoofdteelten en nateelten alsook effecten op de stikstofmineralisatie (Elsen et al., 2007).

De data uit het onderzoek van Elsen et al. (2007) worden grafisch weergegeven in Figuur 60, Figuur 61 en Figuur 62. In Figuur 60 worden de neerslagoverschotten van de voorgaande zomer in rekening gebracht. In Figuur 61 en Figuur 62 betreft het de gecumuleerde neerslagoverschotten van respectievelijk de twee en de drie voorgaande zomers (in feite betreft het hoofdzakelijk negatieve overschotten, dus deficieten). De figuren verschillen onderling dus enkel wat betreft de neerslagoverschotten in de zomer.



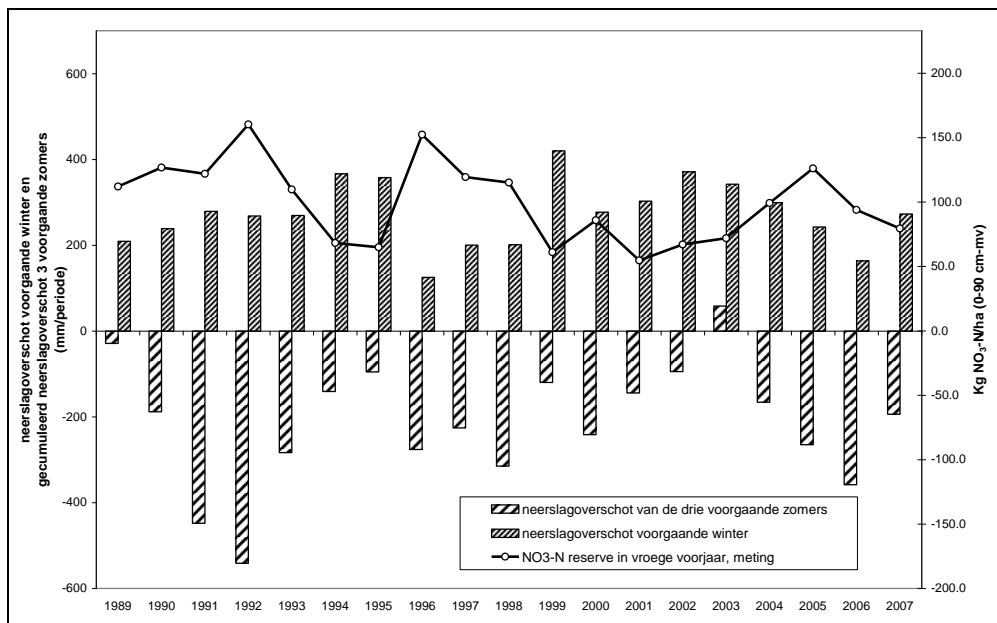
Regressievergelijking: $N = 185,69 - 0,259 Dw - 0,048 Dz - 1,880 Jr$ met $R^2 = 0,658$

Figuur 60: Basisdata: gemiddelde nitraatstikstofreserve, neerslagoverschot voorgaande winter en voorgaande zomer (Bron: BDB)



Regressievergelijking: $N = 172,68 - 0,244 Dw - 0,078 D2z - 1,76 Jr$ met $R^2 = 0,739$

Figuur 61: Basisdata: gemiddelde nitraatstikstofreserve, neerslagoverschot voorgaande winter en gecumuleerd overschot van de twee voorgaande zomers (Bron: BDB)



Regressievergelijking: $N = 156,99 - 0,214 Dw - 0,083 D3z - 1,67 Jr$ met $R^2 = 0,751$

Figuur 62: Basisdata: gemiddelde nitraatstikstofreserve, neerslagoverschot voorgaande winter en gecumuleerd overschot van de drie voorgaande zomers (Bron: BDB)

5.2 Benaderingsmethoden voor het nitraatstikstofresidu

5.2.1 Latent N-residuaat

Het belang van de bepaling van de reststikstof in de bodem kan teruggebracht worden tot het feit dat in Vlaanderen, sinds de invoering van het Mestdecreet ('MAP-2bis') het NO_3^- -N-residu in de bodem (0-90 cm) als beleidsinstrument gehanteerd wordt. Hierbij wordt gesteld dat het NO_3^- -N-residu de waarde van 90 kg N ha^{-1} niet mag overschrijden gedurende de periode 1 oktober-15 november.

De hoeveelheid reststikstof dient echter ook bekeken te worden in het licht van het latent N_{\min} -residu in het bodemprofiel. Dit latent N_{\min} -residu is de minimale hoeveelheid anorganische stikstof die in het bodemprofiel, in functie van de bewortelingsdiepte van het gewas, aanwezig moet zijn op het ogenblik van de maximale N-inhoud van het gewas (Hofman, 1983; Hofman et al., 1990). Dit residu wordt bepaald na toepassing van een gefundeerde N-bemesting en bij een optimale groei van het gewas (Tabel 52).

Tabel 52 : Bewortelingsdiepte en latent N_{\min} -residu voor een aantal groenten

Gewas	Bewortelingsdiepte (cm)	Latent N_{\min} -residu (kg N/ha)
Bleekselder	60	50-75
Bloemkool	60	50-75
Bonen	30	<35
Erwt	30	<35
Knolselder	60	40-60
Prei	60	50-75
Rode Kool	60	<35
Spinazie	30	50-75
Spruiten	90	<35
Wortelen	60	<35

bron: overleg ENVEG project

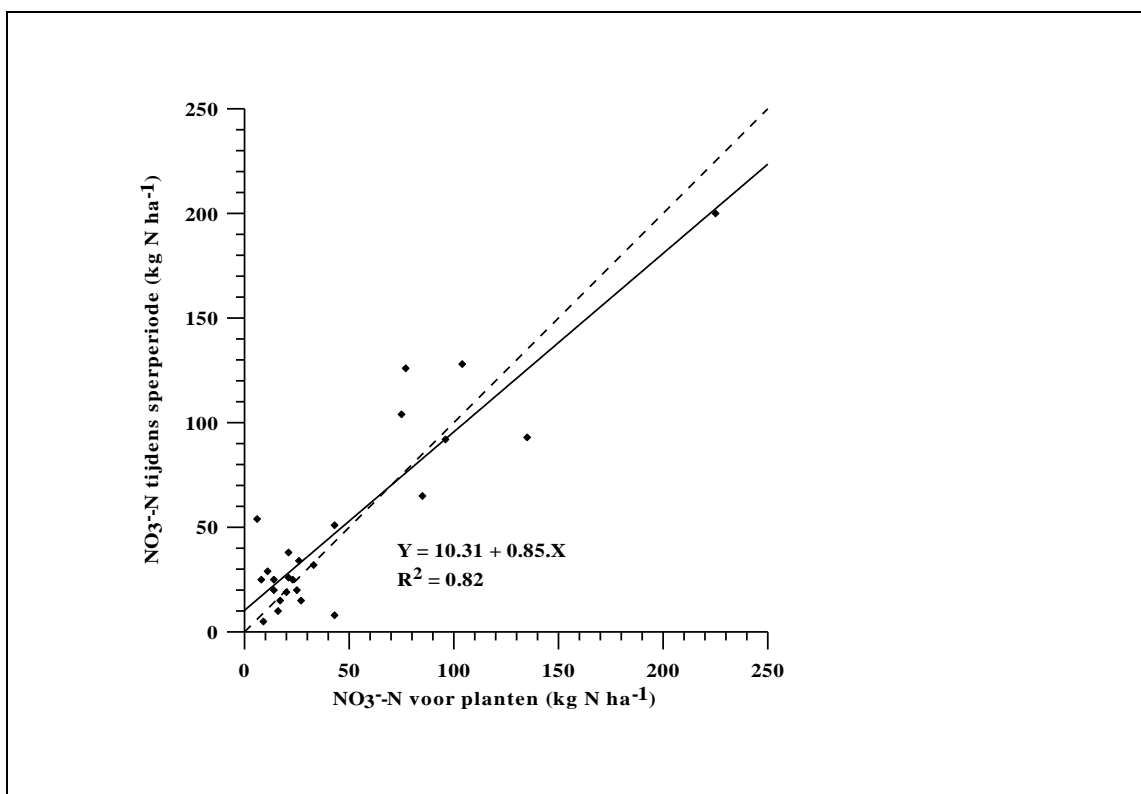
Hoewel deze beide benaderingen streven naar een rationeel gebruik van stikstof zijn zij toch fundamenteel verschillend. Bij de eerste benadering wordt vertrokken vanuit de Europese Nitraatrichtlijn die stelt dat de maximum toegelaten NO_3^- -concentratie in grond- en oppervlaktewater de waarde van $50 \text{ mg NO}_3^- \text{ L}^{-1}$ niet mag overschrijden, terwijl bij de tweede benadering vertrokken wordt vanuit een economische achtergrond, nl. het bekomen van een kwantitatieve en kwalitatieve opbrengst. Hierbij dient opgemerkt dat de meeste bemestingsadviezen gestoeld zijn op deze tweede benadering.

Naast deze reeds relatief hoge latente N_{\min} -residu's heeft ook de beperkte bewortelingsdiepte van de meeste groenten belangrijke consequenties voor het NO_3^- -N-residu, aangezien dit laatste steeds bepaald wordt tot 90 cm diepte. Overeenstemmend met de gangbare staalnamedieptes, zijnde 30, 60 of 90 cm, werden de groenten naar bewortelingsdiepte dan ook opgedeeld in 3 categorieën,

zijnde ≤ 30 cm (categorie I), 30-60 cm (categorie II) en > 60 cm (categorie III) (Tabel 22 op pagina 70).

Dit impliceert dat de N-opname ook tot deze diepte beperkt zal blijven, waardoor de stikstof aanwezig in de diepere lagen als 'niet-beschikbare stikstof' beschouwd kan worden en dus ook niet meegenomen wordt in het N-bemestingsadvies. Deze N_{\min} -hoeveelheid zal, indien geen uitloging plaatsgrijpt of indien later in het seizoen geen specifieke maatregelen genomen worden, volledig in het N_{\min} -residu opgenomen worden (Figuur 63). Om het NO_3^- -N-residu zoveel mogelijk te beperken, is het dan ook aangewezen om reeds bij de teelt voorafgaand aan de groenten het residu te beheersen en bij aanvang van de teelt van groenten rekening te houden met de NO_3^- -N-verdeling in het profiel en de keuze van de teelt af te stemmen op deze verdeling. Naar maatregelen kan specifiek gedacht worden aan twee teeltsystemen:

- **teeltsysteem I** : teeltkeuze en -periode zodanig afstemmen dat de oogstdatum voor 15 augustus valt + inzaai van een diepwortelende groenbemester of diepwortelend volggewas ten laatste op 20 augustus. Hierdoor zal de groenbemester of het volggewas voldoende tijd hebben om zich te ontwikkelen en om de NO_3^- -N uit de diepere lagen op te nemen, hoewel de laag van 60-90 cm in sommige gevallen onvoldoende bereikbaar kan zijn voor de wortels;



Figuur 63 : Verband (volle lijn) tussen de hoeveelheid NO_3^- -N (kg N ha^{-1}) beneden bewortelingsdiepte vóór planten en tijdens de sperperiode (proefjaar 2003). De stippellijn geeft de 1:1-relatie aan (bron BDB)

- **teeltsysteem II** : indien afgeweken wordt van teeltsysteem I dient de teeltkeuze afgestemd te worden op de NO_3^- -N-verdeling in de bodem. Dit betekent dat een teelt van groenten, behorend tot een bepaalde categorie, slechts zou kunnen doorgaan indien aan bepaalde restrictieve voorwaarden voldaan wordt (Tabel 53).

Tabel 53 : Restrictieve voorwaarden, ingedeeld per groentecategorie, voor het verbouwen van groenten met oogstdatum na 15 augustus (teeltsysteem II)

N _{min} -verdeling	Diepte (cm)	Maximale NO ₃ ⁻ -N-hoeveelheid bij aanvang teelt (kg N ha ⁻¹)
Categorie I	30-90	≤ 50
Categorie II	60-90	≤ 25
Categorie III		Geen bijkomende voorwaarden

Indien voor een bepaalde categorie aan deze voorwaarden niet voldaan kan worden, dient in principe een andere categorie groente of een ander teeltsysteem gekozen te worden.

Naast deze beperkte bewortelingsdiepte kan ook de N-mineralisatie uit oogstresten een belangrijke bijdrage leveren tot de hoeveelheid reststikstof die tijdens de sperperiode wordt gemeten. Tabel 25 tot Tabel 30 toont een overzicht van de stikstofinhoud van de oogstresten van enkele groenten. Op basis van deze tabel kan vastgesteld worden dat, afhankelijk van het gewas en de teeltomstandigheden, oogstresten nog belangrijke hoeveelheden stikstof kunnen bevatten die na de oogst door mineralisatie kunnen vrijkomen.

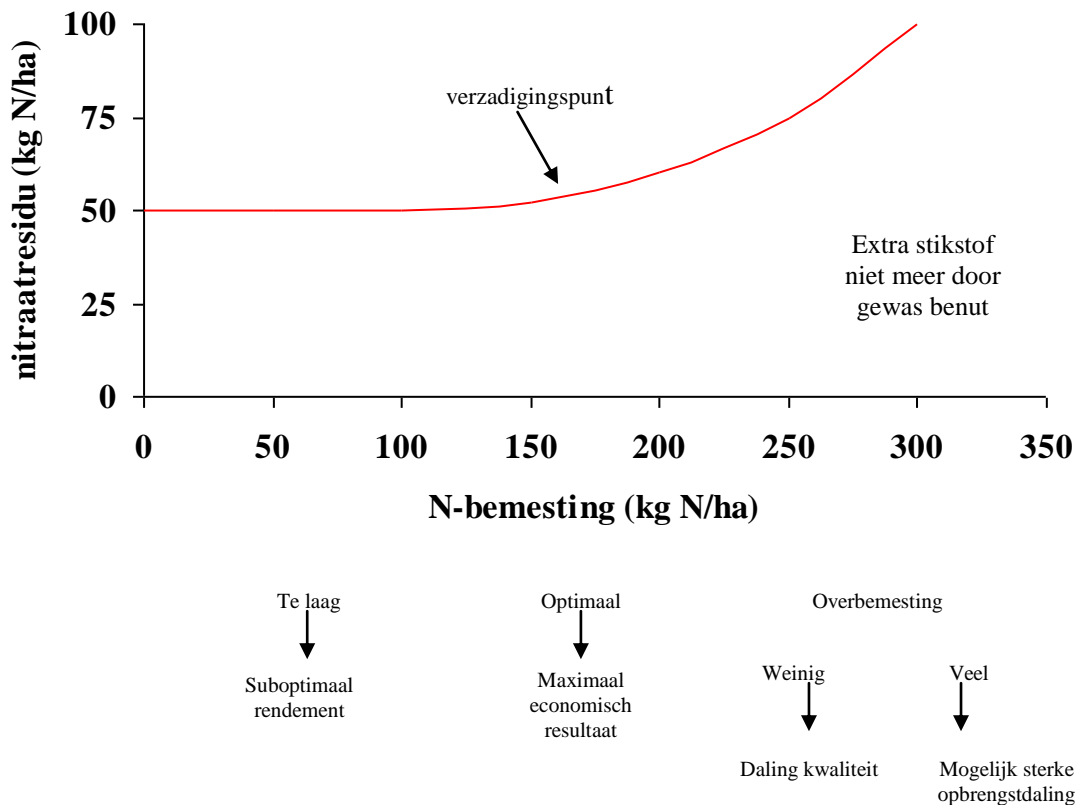
Evenwel dient opgemerkt dat de afbraaksnelheid door een heel aantal factoren beïnvloed wordt (lucht- en/of bodemtemperatuur, vochtgehalte bodem, samenstelling oogstresten, ...), waardoor hieromtrent geen éénduidige uitspraken gedaan kunnen worden. Algemeen echter kan gesteld worden dat de N-vrijstelling vlugger verloopt net na inwerken, bij een optimale vochtvoorziening en hoge temperatuur van de bodem en bij een lage C/N-verhouding (< 25) van de gewasresten. Dit betekent meteen ook dat aan het einde van de zomer deze N-vrijstelling aanzienlijk zal zijn en in belangrijke mate zal bijdragen tot een verhoogde reststikstofhoeveelheid tijdens de sperperiode.

5.2.2 Surpluscurve

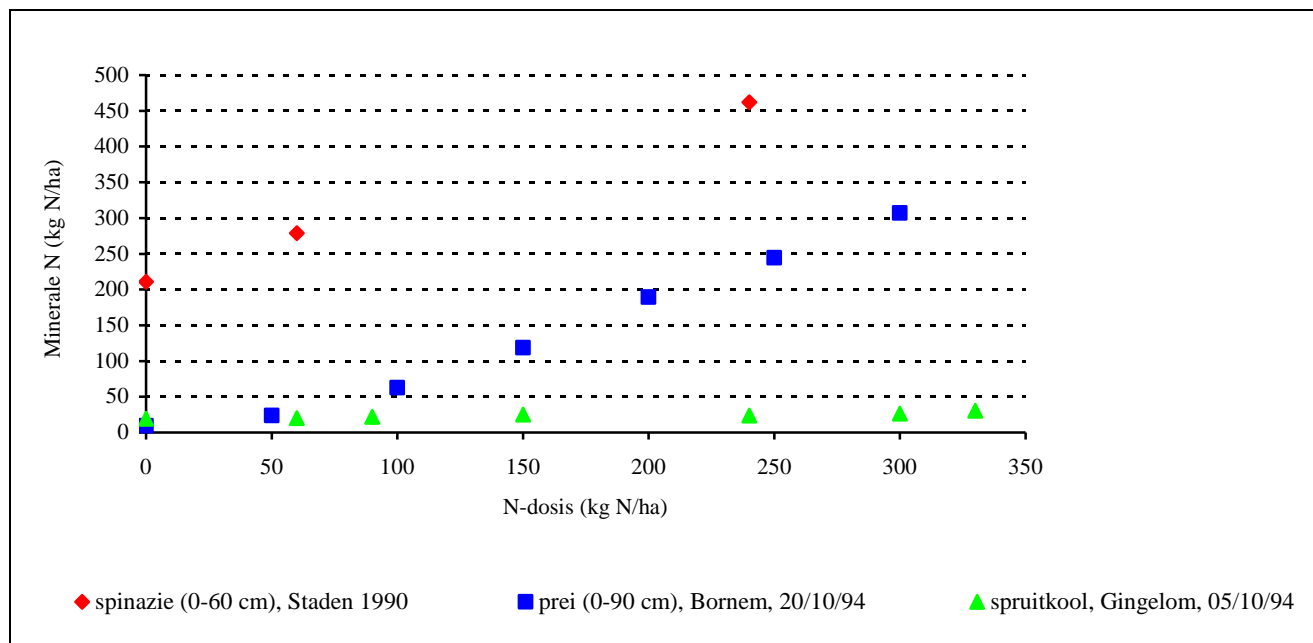
Door middel van surpluscurves kan de nutriëntreserve op elk moment in het groeiseizoen, bij de oogst en in de na-oogstperiode weergegeven worden. De geïdealiseerde voorstelling van de surpluscurve is weergegeven in volgende figuur.

Deze curves zijn vooral praktisch om de voorraden aan minerale stikstof in het bodemprofiel te bestuderen. Verschillende experimenten hebben reeds aangetoond dat de hoeveelheid stikstof die achterblijft bij de oogst redelijk constant blijft bij een toenemende stikstofbemesting tot op een bepaald punt waar het nitraatstikstofresidu plotseling sterk stijgt. Dit punt kan beschouwd worden als het 'verzadigingspunt'. Op deze manier wordt een inzicht bekomen in de N-behoefte van het gewas. In het ideale geval valt het verzadigingspunt samen met het optimum van de stikstofresponscurve voor financieel rendement (Addiscott et al., 1991).

Figuur 65 geeft de surpluscurves weer die werden bekomen op het terrein voor drie verschillende soorten vollegrondsgroenten (spinazie, prei en spruitkool) in het kader van N-bemestingsproeven uitgevoerd door de Bodemkundige Dienst van België.



Figuur 64: Geïdealiseerde voorstelling van de surpluscurve (Bron: BDB)



Figuur 65: Surpluscurve voor drie stikstofbemestingsproeven op groenten, onderzoek Bodemkundige Dienst van België

De surpluscurve opgesteld voor de bewortelbare zone en op het moment van de oogst geeft eigenlijk het beste het effect van het verbouwde gewas op dat perceel weer. Voor staalnames op andere tijdstippen of over een andere diepte (verder dan de bewortelbare zone, bijvoorbeeld 90 cm) moet rekening gehouden worden met bijkomende processen (nitraatuitspoeling naar diepere bodemlagen, reserve die al in de niet bewortelbare zone aanwezig was in het voorjaar,...).

5.3 Teelttechnieken in relatie tot het nitraatstikstofresidu

5.3.1 Optimaliseren van de bemestingsadviesing

5.3.1.1 Balansmethode

Voor het opstellen van een N-bemestingsadvies dient met verschillende termen van de N-cyclus rekening gehouden te worden. Hierbij wordt gestreefd naar een optimale opbrengst en kwaliteit van het geogste product enerzijds als naar een minimale impact op het milieu anderzijds. De gemineraliseerde hoeveelheid stikstof en het opbrengstniveau, welke een sterke invloed heeft op de stikstofvraag, kunnen van veld tot veld en van teelt tot teelt aanzienlijk verschillen. De N-balansmethode (zie Figuur 66) bestaat enerzijds uit een vraagzijde, waarin de stikstofbehoefte van het gewas geformuleerd wordt, en anderzijds uit een aanbodzijde waarin rekening wordt gehouden met N-bemesting, N_{\min} -hoeveelheid voor zaaïen of planten en N-mineralisatie gedurende de groeiperiode zowel uit de bodem O.S. als geïncorporeerd O.M. (Hofman, 1983).

<p>N-behoefte van het gewas + Latent N_{\min}-residu</p>	<p>N_{\min}-hoeveelheid in het bodemprofiel na de winter + N-mineralisatie (uit bodemhumus + geïncorporeerd O.M.) + Theoretische N-bemesting</p>
-------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figuur 66 : De minerale stikstofbalans

Door het invullen van de minerale stikstofbalans kan een theoretische N-bemesting per teelt en per veld afgeleid worden. De geadviseerde N-hoeveelheid wordt vermeerderd met 5 tot maximaal 20% om rekening te houden met de te verwachten verliezen die in hoofdzaak bepaald worden door bodemtextuur.

De gebruikte parameters in de minerale stikstofbalansmethode worden hierna toegelicht.

Vraagzijde :

- N-behoefte :

De N-behoefte van een gewas wordt gedefinieerd als de N-opname (Tabel 54) die leidt tot optimale opbrengsten met een aanvaardbare kwaliteit van de oogstproducten bij een economische teeltverzorging. Voor een bepaalde regio en afhankelijk van de bodemeigenschappen en teeltverzorging kan een potentieel haalbare productie vooropgesteld worden. Als de gemiddelde N-gehalten in de verschillende plantendelen gekend zijn, kan een theoretische N-behoefte berekend worden. De N-opname van de oogstresten (zoals wortels, bladeren en stoppels) wordt hierbij ook in rekening gebracht. Bovendien is kennis omtrent het N-opnameverloop belangrijk in functie van het bemestingstijdstip (zie N-bijbemesting).

Tabel 54 : Gemiddelde onttrekking van N (kg ha⁻¹) door groenten bij een bepaalde opbrengst (bron : Code van goede landbouwpraktijken, nutriënten vollegrondsgroenten en fruitteelt, 2000)

	Opbrengst (ton ha ⁻¹)	Opname N (kg ha ⁻¹)
Bloemkool	35	190
Groene kool	35	190
Kropsla	50	125
Plukerwt	10	140
Prei	40	200
Radijs	25	100
Rode kool	40	220
Schorseneer	25	100
Sleder	40	230
Spinazie	25	110
Spruitkool	10	200
Stamslaboon	14	140
Witte kool	60	210
Wortelen	40	160

• **Latent N_{min}-residu in het bodemprofiel :**

Het latent N_{min}-residu is de anorganische stikstofhoeveelheid die in het profiel, in functie van de bewortelingsdiepte van het gewas, nog aangetroffen wordt op het ogenblik van de maximale N-inhoud van het gewas. Het latent N_{min}-residu wordt door een groot aantal factoren beïnvloed, zoals:

- bewortelingsdiepte en distributie van de wortels;
- verschillen in N-opname rond de oogst;
- verdeling van de minerale N in het profiel, enz.

Als voorbeeld wordt in Tabel 52 voor een aantal groenten, samen met de bewortelingsdiepte, het latent N_{min}-residu gegeven.

Aanbodzijde :

• **N_{min}-hoeveelheid in het bodemprofiel na de winter :**

De plantenbeschikbare N_{min}-hoeveelheid wordt bepaald door een groot aantal factoren die voorgesteld worden in Tabel 55.

Tabel 55: Invloedsfactoren op de N_{min}-hoeveelheid in het voorjaar (Hofman, 1983)

Voor de winter	Na de winter
Gewas	NO ₃ ⁻ -N relikwat en verdeling voor de winter
Rotatie	N-nalevering en N-opname
N-bemesting	Drainagehoeveelheid
Organische bemesting	Neerslag
Groenbemesters	Vochtdeficiet voor de winter
N-mineralisatie en bodemeigenschappen	Evaporatie en transpiratie
Weersinvloeden	Run-off
Doorwortelbare laag	Karakteristieken van het bodemprofiel

Deze N_{\min} -hoeveelheid wordt normalerwijze in het voorjaar bepaald tot grofweg de bewortelingsdiepte. Bij groenten is dit tot 60 cm of tot 30 cm voor een aantal ondiep wortelende groenten, zoals sla en spinazie (zie Tabel 52). Vooral op velden waar het jaar voorheen aardappelen geteeld werden, evenals na een aantal groenten, kan de N_{\min} -hoeveelheid in het voorjaar hoog oplopen. Dit houdt in dat, zeker voor deze gewassen, een bepaling van de N_{\min} -hoeveelheid in het voorjaar aangewezen is, wil men adequate N-bemestingsadviezen geven.

- N mineralisatie uit bodem organische stof :

Zoals eerder aangegeven kan de N mineralisatie uit bodem organische stof vrij goed voorspeld worden voor klassieke akkerbouwpercelen, met een beperkte en reeds gedurende langere tijd min of meer constante inbreng van organisch materiaal. Geheel anders is de situatie echter voor het inschatten van de N mineralisatie van percelen onder vollegrondsgroenteteelt. Door de inbreng van grote hoeveelheden gemakkelijk afbreekbaar organisch materiaal met lage C/N verhouding is de N mineralisatie in vele gevallen erg moeilijk in te schatten op basis van klassieke technieken. Gezien de N mineralisatie een cruciale component is in alle echte bemestingsadviessystemen is het ontwikkelen van tools om de N mineralisatie uit bodem organische stof nauwkeuriger te kunnen inschatten een essentiële voorwaarde om de minerale N concentraties op het einde van de teelt onder controle te houden.

- N-vrijstelling uit organische meststoffen :

Het toedienen van organisch materiaal (de soort, de hoeveelheid en het tijdstip van toediening) zal in belangrijke mate de N-huishouding beïnvloeden..

Bij de teelt van groenten, en meer specifiek bij dubbelteelten (vb. bloemkool-bloemkool), is het belangrijk ook de N-vrijstelling uit de oogstresten van de eerste teelt mee in rekening te brengen. Net zoals bij organische meststoffen kan de N-nalevering, afhankelijk van de hoeveelheid en de samenstelling, sterk verschillen. In 5.1.3. wordt de gemiddelde N-vrijstelling uit de oogstresten van enkele groentegewassen gegeven. De snelheid waarmee de N vrijkomt, is afhankelijk van chemische samenstelling van het gewas. Deze redenering geldt ook voor de groenbemesters die ingewerkt worden (5.1.7.).

Vanuit een milieukundig kader is een correcte inschatting van de mineralisatie uiterst belangrijk. Immers, op basis van NO_3^- -N-residumetingen in het najaar op percelen in waterwingebieden bleek er een duidelijk verband te bestaan tussen de hoeveelheid C in de bouwvoor en het percentage overschrijdingen van de in het Mestdecreet gestelde NO_3^- -N-residunorm van $90 \text{ kg NO}_3^- \text{-N ha}^{-1}$.

- N-bemesting :

Wanneer de verschillende parameters gekend zijn kan de N-bemesting berekend worden.

Verfijning van de bemesting op basis van het N bijmeststelsel

Een meer verfijnde methode is het stikstofbijmeststelsel. Hierbij wordt een basis N-bemesting gegeven waarna na een bepaald tijdstip, afhankelijk van het type groente, een monsternamen gebeurt ter bepaling van de minerale N in de bodem. Verder worden dezelfde parameters in rekening gebracht zoals hiervoor aangegeven. Het voordeel van deze methodiek is dat de onzekerheid afneemt daar men de bijdrage

van de mineralisatie tot aan het monsternametijdstip mee in rekening kan brengen. Nadeel is dat men de reeds opgenomen N in het gewas dient te schatten.

Beoordeling:

De minerale N-balans houdt rekening met alle factoren die een invloed kunnen hebben op de N-beschikbaarheid van planten en is dan ook als een volwaardig N-bemestingsadviesstelsel te beschouwen. Dit N-adviesstelsel werd oorspronkelijk uitgewerkt voor de klassieke akkerbouwgewassen en leverde goede resultaten op met betrekking tot opbrengst, gewaskwaliteit en het reduceren van de hoeveelheid minerale N bij de oogst. Toepassen van dit N-adviesstelsel voor groenten leverde in een aantal gevallen goede economische en ecologische resultaten op, vooral wanneer de velden een voorgeschiedenis van akkerbouwteelten hadden. In een aantal gevallen echter, moest vastgesteld worden dat dit adviesstelsel niet in staat was om de N-mineralisatie correct in te schatten, met gevolgen voor zowel de opbrengst en/of de kwaliteit van het gewas als het mineraal N-relikwaat bij de oogst. Dit geeft aan dat de opbouw van het adviesstelsel alle factoren met betrekking tot N-beheer integreert, maar dat de kennis over specifieke factoren, meer bepaald N-mineralisatie uit organische stof en organisch materiaal, nog steeds ontoereikend is om onder alle omstandigheden zowel de gewasopbrengst, de gewaskwaliteit als een beperkt N-relikwaat te kunnen garanderen.

5.3.1.2 BEMEX-adviesstelsel

De standaardgrondontleding uitgevoerd door de Bodemkundige Dienst geeft via een staalname tot 23 cm diepte inzicht in de algemene chemische bodemvruchtbaarheid van de bouwvoor. Via het BEMEX-expertsysteem (Geypens et al., 1989) wordt een aangepast bekalkings- en bemestingsadvies (N, P, K, Mg en eventueel B) berekend met als doelstelling het realiseren van het economisch maximale opbrengstpotentieel bij een evenwichtige chemische bodemvruchtbaarheid. Het nastreven van een evenwichtige bemestingstoestand (optimale pH, verhouding K/Mg, ...) is belangrijk voor het realiseren van een efficiënte benutting van de in het bodemprofiel beschikbare minerale stikstof.

Bij deze standaardgrondontleding wordt een richtinggevend stikstofbemestingsadvies gegeven op basis van het humusgehalte, de grondsoort, de teeltrotatie en de eventuele nawerking van gescheurd grasland.

In de vierjaarlijkse overzichten omtrent de chemische bodemvruchtbaarheid wordt de variatie in stikstofbemestingsadviezen in functie van het gemeten humusgehalte weergegeven. Uit deze overzichten (raadpleegbaar in Vanden Auweele et al., 2004 of op www.bdb.be) komen de grote verschillen in stikstofbehoefte tussen de individuele percelen reeds zeer sterk tot uiting. Deze stikstofadviezen geven een globale N-behoefte. De landbouwer moet deze adviezen dan ook als dusdanig interpreteren. Voor een gedetailleerd en nauwkeurig stikstofbemestingsadvies moeten alle factoren die een invloed hebben op de stikstofvoorziening worden in rekening gebracht. Dit gebeurt via de berekening van de N-index van het perceel.

5.3.1.3 N-Index methode

1) Omschrijving van de methode

De Bodemkundige Dienst van België heeft als stikstofadviesstelsel de N-indexmethode ontwikkeld. Uit het onderzoek bleek dat de correlatie tussen de minerale stikstofvoorraad in de bodem en de optimale stikstofgift sterk toenam als ook andere factoren werden in rekening gebracht. De numerieke waarde van de verschillende factoren werd vanuit de experimentele resultaten door correlatieberekeningen afgeleid. Door sommatie van al de interagerende resultaten bekomt men de stikstofindex.

De stikstofindex is bijgevolg een berekende en beredeneerde maat van de stikstofbeschikbaarheid op een specifiek perceel voor een bepaald gewas. Op basis van deze N-index wordt dan het stikstofbemestingsadvies en eventueel ook een fractioneringsschema berekend.

De N-index bestaat uit maximaal 18 factoren waarvan afhankelijk van de voorgeschiedenis van het perceel één of meerdere factoren nul kunnen zijn.

De factoren kunnen in drie groepen worden onderverdeeld (Vandendriessche et al. 1992, Bries 1992) :

- 1) De bij de staalname in de bodem beschikbare minerale stikstof en de reeds opgenomen stikstof door het gewas.
- 2) De factoren welke de stikstof begroten die na de staalname beschikbaar komt voor het gewas.
- 3) Factoren die een negatieve invloed hebben op de N-beschikbaarheid.

Specifiek voor aardappelen en de meeste vollegrondsgroenten omvatten deze groepen de volgende factoren :

Groep 1: Minerale stikstofreserve

Net zoals de meeste vollegrondsgroenten benutten aardappelen tot op een relatief geringe diepte de minerale stikstofvoorraad uit de bodem. Voor aardappelen en de meeste groenten wordt hierom de stikstofvoorraad tot 60 cm diepte in rekening gebracht. Omdat de minerale stikstof meestal niet homogeen verdeeld is over de volledige diepte worden de bodemstalen genomen in lagen van 30 cm. Hierdoor bekomt men een nauwkeuriger beeld van de minerale stikstofreserve in de bodem. Elk grondstaal (van 30 cm) wordt geanalyseerd op minerale stikstof (nitrische en ammoniakale stikstof). Op basis van het schijnbaar soortelijk gewicht van de bodemlaag worden de analyseresultaten omgerekend naar kg N/ha en verrekend in de N-index. De hoeveelheid ammoniakale stikstof in de bodem is meestal beperkt. Door de afzonderlijke meting van de ammoniakale stikstof gebeurt er tevens een belangrijke kwaliteitscontrole op de grondstalen. Grote waarden voor de ammoniakale stikstof kunnen bijvoorbeeld aangeven dat de stalen genomen werden op recent bemeste percelen.

Groep 2: Mineralisatie

Door mineralisatie vanuit de bodemhumus komt er elk jaar een grote hoeveelheid minerale stikstof beschikbaar voor de plant. In de N-indexmethode wordt met deze mineralisatie rekening gehouden door de koolstofactor. Deze is gebaseerd op het koolstofgehalte van de bovenste bodemlaag, de bodemtextuur en het bewortelingspatroon van het gewas. De stimulering van de mineralisatie door recente bekalking of door het scheuren van een weide wordt eveneens in rekening gebracht. De bepaling van de waarde van de overige factoren die de N-levering na de staalname begroten gebeurt op basis van een aantal inlichtingen omtrent het perceel. Zo moet er bij bepaalde voorplanten (erwten, bonen, suikerbieten,...) rekening gehouden worden met de N-levering vanuit de oogstresten. De N-levering door een groenbemester is onder andere functie van het type groenbemester en de ontwikkeling van de groenbemester. In het geval van organische bemesting wordt berekend hoeveel minerale stikstof uit de organische stikstof fractie gaat vrijkomen gedurende het groeiseizoen. Hiertoe moet de dosis, het type organische bemesting en het tijdstip van toediening worden opgegeven.

Groep 3: Negatieve factoren

Factoren die het mineralisatieproces negatief beïnvloeden, worden als negatieve waarden verrekend in de N-index. Bijvoorbeeld door een te vaste structuur of een te lage pH wordt de mineralisatie geremd. Bij vroege staalname wordt nagegaan of er nog een nitraatuitspoeling wordt verwacht in de periode tussen de staalname en het begin van intensieve N-opname door het gewas

Voor ieder perceel wordt de N-index beoordeeld in 5 categorieën, namelijk zeer laag, lager dan normaal, normaal, hoger dan normaal en zeer hoog. Deze beoordeling geeft de landbouwer een idee van de N-beschikbaarheid voor de verbouwde teelt op zijn percelen en bijgevolg ook van de N-behoefte. Met deze beoordeling is het geenszins de bedoeling om een uitspraak te doen over de uitgevoerde bemestingen het afgelopen jaar. In de aardappel- en groententeelt is een hoge N-beschikbaarheid dikwijls gewenst en wordt er daarom veel gebruikt gemaakt van groenbemesters en organische bemesting.

De algemene formule voor de berekening van het N-advies is van het type :

$$\text{N-advies (kg N/ha)} = A - b \cdot \text{N-index}$$

De waarden A en b werden afgeleid uit proefveldonderzoek. Voor aardappelen geldt een verschillende A-waarde in functie van de bestemming van de productie en de eigenschappen van de verbouwde variëteit. Voor bloemkolen bijvoorbeeld worden de variëteiten ook ingedeeld in verschillende behoefteklassen.

In functie van het niveau van de bemestingsadviezen en de verdeling van de minerale stikstofreserve in het bodemprofiel wordt een fractioneringsschema berekend (voorraadbemesting gevolgd door één of meerdere bijbemestingen)

Wat het staalnametijdstip betreft, zijn er meerdere mogelijkheden. Voor de akkerbouwteelten gebeuren de meeste bemonsteringen in het vroege voorjaar. Voor de groententeelt in vollegrond gebeurt het merendeel van de staalnames voor N-index



tijdens het groeiseizoen. Vanaf 4 weken na de laatste bemesting bekomt men met het mineraal stikstofonderzoek een goed beeld van N-voorraad en verdeling in het bodemprofiel. Bij de berekening van de N-index wordt vervolgens rekening gehouden met de reeds gerealiseerde stikstofopname door de verbouwde teelt.

2) Optimalisering van de bemestingsadviesing

De N-indexmethode heeft de afgelopen decennia zijn waarde in de praktijk reeds sterk bewezen. In het kader van de beheersing van het nitraatresidu en het streven naar een zo hoog mogelijke efficiëntie van de ingezette meststoffen kan de adviesing nog op de volgende manieren verder geoptimaliseerd worden.

- De telers aansporen om bij een hoge stikstofbehoefte van hun percelen een bijkomende staalname tijdens het groeiseizoen te laten uitvoeren.
- Uit praktijkonderzoek de verschillen in N-behoefte van de nieuwe variëteiten implementeren in de N-indexmethode.
- Verfijnen van de diverse factoren die de mineralisatie tijdens het groeiseizoen begroten. Het begroten van deze mineralisatie gebeurt voor een groot stuk op basis van perceelsgegevens die op moment van staalname worden genoteerd. Hoe accurater deze gegevens zijn hoe accurater de berekende stikstofmineralisatie. Voor percelen onder seizoenspacht is dit regelmatig een knelpunt. Voor percelen met een zeer hoog mineralisatiepotentieel is nog bijkomend onderzoek nodig om dit verhoogd potentieel in de N-indexmethode in te bouwen. Hier zijn zeker mogelijkheden voor percelen die continu in groenteteelt zijn (veel aanbreng van oogstresten) in combinatie met zeer regelmatig gebruik van organische mest.

5.3.1.4 Niet invasieve methoden - bepaling N status van het gewas

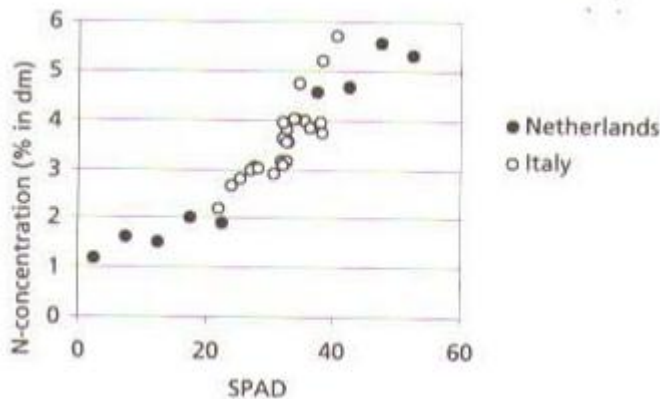
Het meten van de N status van het gewas kan belangrijk worden om de N aanvoer af te stemmen op de actuele N vraag van het gewas. Het gebruik van niet-invasieve meettechnieken maakt het mogelijk om de N-status van het gewas direct op het veld te weten zodat de tijd tussen de meting en het eventueel toedienen van extra stikstof minimaal wordt. Deze technieken hebben ook als voordeel dat er geen restrictie is op het aantal metingen dat kan uitgevoerd worden en het is mogelijk om steeds op dezelfde plaats de meting uit te voeren. Deze technieken zijn enkel nuttig als aan de volgende voorwaarden voldaan zijn:

- de tijd die nodig is voor de meting kort is
- het makkelijk uitvoerbaar is
- de kostprijs goedkoper is
- als de resultaten even betrouwbaar zijn als de invasieve meettechnieken

Een gebrek aan stikstof kan zich uiten door een verminderde bladgroei en een verandering in de bladkleur. Deze vormen dan ook goede parameters voor het meten van de N status op een niet-invasieve manier (Lemaire, 1997). Hieronder worden de verschillende meettechnieken kort besproken

Chlorofyl meter

De chlorofyl meter geeft een indicatie van het chlorofylgehalte van het blad door het meten van het uitgezonden licht bij de golflengten 430 nm en 750 nm. Bij 430 nm wordt er geen licht uitgezonden aangezien chlorofyl op die golflengte alles absorbeert, terwijl er bij 750 nm wel licht wordt uitgezonden. Het verschil tussen de bekomen waarden bij 750 nm en de bekomen waarde bij 430 nm geeft een schatting van het aanwezige chlorofyl. Aangezien er een sterke correlatie is tussen de chlorofyl concentratie in het blad en de N-concentratie (zie Figuur 67) is de hoeveelheid chlorofyl in het blad een goede indicator van de N-status.



Figuur 67 : Relatie tussen SPAD meting en de N concentratie (%) in het droge stof gehalte van een individueel blad

De chlorophyl meter of de SPAD meter (SPAD 502, Minolta, Osaka, Japan) is makkelijk in gebruik en kan tot 30 individuele metingen stockeren. Het meethoofd bestaat uit 2 scharnierende delen welke zich enkele seconden vastklemmen op een blad voor de meting (zie Figuur 68). Volledig uitgestrekte bladeren bovenaan het bladerdek zijn de beste indicatoren voor de N-status van het gewas. De beste waarde voor een perceel wordt verkregen door het gemiddelde te berekenen van de random metingen van ongeveer 30 bladeren van planten verspreid over het ganse perceel.



Figuur 68 : De Minolta Chlorofyl meter SPAD-502 gebruikt voor de bepaling van de chlorofyl concentratie (<http://www.agron.missouri.edu/mnl/68/39krugh.html>)

Chlorofyl fluorescentie

De chlorofyl fluorescentie in een blad is afhankelijk van de mogelijkheid van het foto-systeem om licht om te zetten in chemische energie. Stressfactoren zoals overmatige zonnestraling, droogte, koude, herbicide en nutritionele stress hebben een effect op deze omzettingmogelijkheid in de planten. Een N-tekort heeft een effect op de chlorofyl en op de protonen van het fotosysteem, waardoor chlorofyl fluorescentie als indicator kan gebruikt worden voor de N status van het blad.

Bij deze techniek worden 2 parameters bepaald, nl. F_0 , het basis fluorescentie niveau, en F_m , het maximum fluorescentie niveau na hoge verlichting. De ratio van $(F_m - F_0)/F_m$ is proportioneel tot de kwantumratio van het fotosysteem. Wanneer een waarde van 0.75-0.85 wordt bekomen wil dit zeggen dat de plant geen N-stress heeft.

Om deze meting uit te voeren wordt een “Plant Efficiency Analyzer” (HANSATECH, King’s Lynn, UK) (zie Figuur 69) gebruikt. Een half uur voor de meting moet een clip bevestigd worden aan het te meten blad, aangezien het blad een bepaalde tijd nodig heeft om zich aan te passen aan het donker.

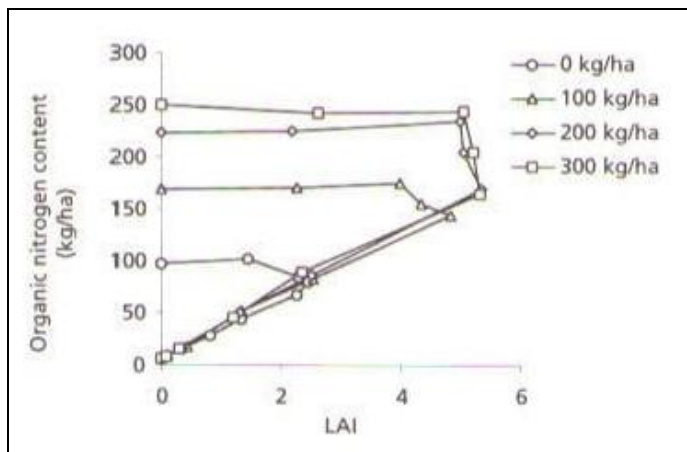


Figuur 69 : “Plant Efficiency Analyzer” van HANSATECH

Deze meting is slechts een algemene stressindicatie. Om de meting specifiek voor de N-status te maken, moet er ook rekening worden gehouden met het verloop van de N-gradiënt in het bladerdek (nl. hoge N concentratie bovenaan en lage N concentratie onderaan).

Crop scan

De crop scan is een methode die gebaseerd is op lichtreflectie door het bladerdek. In vergelijking met braakliggende grond zal bij ontwikkeling van een gewas de reflectie van nabij infrarood stijgen, terwijl de reflectie in het rode gebied daalt. De reflectie in deze 2 golfbanden kan gebruikt worden om een schatting te maken van de LAI. De LAI is een goede indicator voor de N status aangezien de LAI in relatie staat met de totale N opname van het gewas (uit Figuur 70).



Figuur 70 : LAI en de N opname gedurende de gewasontwikkeling bij 4 verschillende N bemestingsratio's

De bladerdekreflectie geeft eigenlijk een schatting van de totale hoeveelheid van chlorofyl per eenheidsoppervlak welke op zijn beurt sterk gerelateerd staat met de N-status. Zo kan de lichtreflectie door het bladerdek gerelateerd worden met de N-concentratie in de bladeren.

De cropreflectie metingen gebeuren met de CROPSCAN (Cropscan Inc, Rochester, USA) (zie Figuur 71). Met dit instrument wordt de hemisferische invallende radiatie en de gereflecteerde radiatie van het veld in opwaartse richting simultaan gemeten en gerepresenteerd als een percentage van de invallende radiatie. Filters zorgen ervoor dat de te meten golflengtes worden afgebakend. De kijkhoek van het toestel en de hoogte boven het gewas worden zo ingesteld dat er steeds een oppervlak van ongeveer 1 m² wordt gemeten. Voor de metingen zijn enkele pre-condities nodig nl., de elevatie van de zonnehoek moet groter zijn dan 30°, er mag geen schaduw voorkomen in het te meten oppervlak, het bladerdek moet droog zijn en wanneer het winderig is moet het aantal metingen vermeerderd worden.



Figuur 71 : Gebruik van de CROPSCAN op het veld

Overzicht van het gebruik en conclusies

In Tabel 56 worden de verschillende meettechnieken die hier net besproken zijn met elkaar vergeleken voor enkele parameters. Deze vergelijking kan een hulp zijn bij het beslissen welke techniek men wil toepassen.

Tabel 56 : *Overzicht van enkele parameters van de verschillende meettechnieken waarbij ++ meer dan het gemiddelde is en – minder dan het gemiddelde is.*

	Chlorofyl meter	Chlorofyl fluorescentie	CROPSCAN
Ontwikkelingsfase	++	--	+
Tijdsvenster voor gebruik	++	++	++
Gevoeligheid aan milieucondities	-	++	+
Werk nodig om te bedienen		++	
Bekwaamheid	-		-
Robustheid van het materiaal	+	+	
Prijs van het materiaal		+	+

De meeste methodes bestaan min of meer uit het schatten van de hoeveelheid chlorofyl die voorkomt in het bladerdek. Deze methoden moeten steeds afgetoetst worden met een referentiestandaard en moeten dan omgerekend worden om een schatting te geven van de grootteorde van het nodige N supplement. Een tweede beperking is dat er geen enkele methode een specifieke indicator is van de N status van het gewas, aangezien geen enkele gemeten parameter alleen maar door de N voorraad beïnvloed wordt. Door deze beperkingen moet men opletten bij de interpretatie van de analyseresultaten.

5.3.2 Keuze van de meststoffen

5.3.2.1 Technieken voor de optimalisatie van de N-werking van de organische meststoffen

Een eerste stap bij het oordeelkundig gebruik van organische meststoffen is de samenstelling en de werkzaamheid van het product goed te kennen. Rekenen met gemiddelde samenstelling en werking van dierlijke mestsoorten leidt dikwijls tot een onderschatting van de hoeveelheid werkzame stikstof die toegediend wordt, met alle gevolgen vandien voor het nitraatstikstofresidu. Anderzijds kan echter ook minder stikstof toegediend worden dan gemiddeld verwacht, wat dan weer nadelig is voor de opbrengst van de teelt. De samenstelling en de werkzaamheid van organische mest kan bepaald worden door het uitvoeren van een mestanalyse. De tweede stap is de dosis toe te dienen organische mest te berekenen met behulp van een bemestingsadvies op basis van N-index of de N-balansmethode en de mestsamenstelling. Bij staalname voor de teelt tot 60 of 90 cm diepte kan de reserve aan minerale stikstof bepaald worden en wordt de stikstof berekend welke voor de teelt ter beschikking komt voor de teelt tijdens het groeiseizoen. De toe te dienen dosis organische mest wordt afgestemd op de behoefte van de teelt en van het perceel en niet blindelings berekend als maximaal toegelaten gift binnen de normen. Deze manier van werken voorkomt problemen door overdosering zoals een te hoog nitraatresidu, als gevolg dat niet alle beschikbare stikstof opgenomen werd door het



gewas. Bovendien geeft een te hoge reserve aan minerale stikstof op het einde van het groeiseizoen tal van teelttechnische problemen als een late afrijping en een laag suikergehalte bij suikerbieten, legering bij granen, moeilijke bewaring bij aardappelen, ...

Indien er toch geen staal genomen werd voor het planten en men en basisbemesting uitvoert met organische mest kan men 4 weken na het toedienen van de organische mest via het mineraal stikstofonderzoek de “minerale N-levering” via deze dierlijke mest meten. Zowel in de N-indexmethode als in de balansmethode wordt de N-levering uit de organische fractie als een aparte factor in rekening gebracht. Op deze wijze weet men exact of er nog bijgemest moet worden of niet voor een bepaalde teelt.

De derde stap is het toedienen zelf op het geschikte tijdstip op een emissie-arme manier. Vóór het uitrijden van de mest is het van belang dat de mest goed gehomogeniseerd wordt. Bij voorkeur wordt uitgereden relatief kort voor het zaaien of planten zoniet is er risico dat nitraat zich al beweegt tot lager dan 30 cm diepte en bijgevolg niet of te laat opgenomen wordt door het gewas. De ammoniakverliezen worden beperkt door een emissie-arme techniek te gebruiken (injectie, direct onderwerken, ...).

Een gelijkmatige verdeling van het organisch mest in de lengte- en breedterinrichting vergt aangepaste apparatuur.

5.3.2.2 *Traagwerkende meststoffen*

Het is voor een gewas van groot belang dat de juiste hoeveelheid voedingsstoffen op het moment dat een gewas daar behoefte aan heeft, in de bodem beschikbaar is. Factoren als pH, vochtgehalte, zoutgehalte, temperatuur van de bodem en biologische activiteiten, kunnen de beschikbaarheid van voedingsstoffen in de bodem dusdanig beïnvloeden, dat er een tekort of overschot aan voedingsstoffen voor een gewas optreedt. Een tekort aan voedingsstoffen is ongewenst in verband met opbrengstderving en/of kwaliteitsvermindering van een gewas. Een overschot is ook niet gewenst, wegens het optreden van zoutschade aan plantenwortels en het gevaar voor uitspoeling van voedingsstoffen uit de bewortelde bodemlaag. Met name nitraatstikstof spoelt gemakkelijk uit. Om bovenstaande problemen grotendeels te voorkomen en zoveel mogelijk te voldoen aan de actuele behoefte van een gewas, kan een totale gift aan conventionele meststof continu of periodiek in meerdere kleine giften worden toegediend. Een continue toediening geschiedt middels fertigatie terwijl een periodieke toediening kan geschieden in de vorm van een basisbemesting bij de start van een teelt gevolgd door bijbemesting gedurende de teelt naar aanleiding van bodembemonstering (bv. N-Index). Een andere mogelijkheid is het gebruik van traagwerkende meststoffen. Hierbij worden voedingsstoffen voor een periode, variërend van 3 tot 14 maanden, in een keer toegediend.

Traagwerkende meststoffen worden vaak aangeduid met de term “Slow Release” (langzaam vrijkomend) of “Controlled Release” (gecontroleerd vrijkomend) meststoffen. Er zit echter een wezenlijk verschil tussen beide termen. Bij het gebruik van een “Slow Release”meststof komen de voedingsstoffen lang niet altijd gecontroleerd vrij. Of een meststof van het type “Slow Release” dan wel “Controlled



Release” is, wordt bepaald door het proces dat verantwoordelijk is voor het vrijkomen van de voedingsstoffen. Er zijn drie verschillende processen mogelijk: chemische, fysische en biologische processen. Met name traagwerkende meststoffen waarbij voedingsstoffen onder invloed van biologische processen vrijkomen, zijn zeker geen gecontroleerd vrijkomende meststoffen maar wel “Slow Release” meststoffen. Op basis van bovengenoemde drie processen kunnen globaal vier principes worden onderscheiden die zorgen voor een langzame afgifte van voedingsstoffen uit meststoffen:

- lage oplosbaarheid van de meststof in de bodem;
- langzame afbraak van de meststof door micro-organismen in de bodem (biodegradatie);
- coating van de meststof;
- toevoeging van remstoffen van natuurlijke bodemprocessen aan de meststof;

Meststoffen met een lage oplosbaarheid in de bodem

De chemische vorm waarin de voedingsstoffen in een meststof aanwezig zijn bepaalt de oplosbaarheid in water of bodemoplossing. Ureum-aldehyde-componenten in meststoffen zijn de mest bekende langzaam oplosbare stikstofvormen. Isobutyleendiureum ($C_6H_{12}O_2N_2$) en crotonylideendiureum ($C_6H_{12}O_2N_4$) zijn ureum-aldehyde-componenten en worden gebruikt als toevoeging aan stikstofmeststoffen of aan NK- of NPK- meststoffen (merknamen: bv. Floranid). Ureumformaldehyde of meststoffen die ureumformaldehyde bevatten, worden eveneens tot deze groep van traagwerkende meststoffen gerekend (merknamen: Nitrogeen, Plantacote Start, Plantosan, Startmest en Ureaform 38 N). Het in oplossing gaan van bovengenoemde stikstofverbindingen bestaat uit de hydrolyse van het ureumdeel in de meststof. Hierdoor ontstaat er een organische restverbinding (isobutyraldehyde, crotonylaldehyde of formaldehyde). De snelheid waarmee de voedingsstoffen oplossen wordt niet uitsluitend bepaald door de chemische vorm, maar kan in geval van ureumformaldehyde ook worden bepaald door micro-biologische afbraak. Deze meststoffen kunnen namelijk uit zeer lange koolstofketens bestaan die, alvorens hydrolyse van ureum kan optreden, door micro-organismen in de bodem worden afgebroken tot meerdere korte ketens (biodegradatie). De hydrolyse wordt beïnvloed door het vochtgehalte en de temperatuur van de bodem. Stijging van beide leidt tot een snellere hydrolyse.

Langzame afbraak van de meststof door micro-organismen in de bodem (biodegradatie).

De belangrijkste groep van meststoffen die tot deze groep behoren zijn de organische mesten. De snelheid hangt af van de afbreekbaarheid van de organische stof in de mest door microorganismen (biodegradatie). Een tweede factor die invloed heeft op de afbraaksnelheid is de C/N verhouding van het organisch mest. Mest met een hogere C/N verhouding zal trager afbreken dan mest met een lagere C/N verhouding.

Uit resultaten van een ALT-demoproject “Reductie van reststikstof in de vollegrondsgroenteteelt: minder bemesten kan” uitgevoerd door het Proefstation voor de Groenteteelt (PSK) stelt men in de conclusies dat:

- Op percelen waar in het verleden veel organisch mest werd gebruikt, dit zeker zal verminderd moeten worden.
- Er wordt aanbevolen om zoveel mogelijk gebruik te maken van meer stabiele organische mestsoorten als compost.

Uit resultaten van onderzoek naar “Compostgebruik in de groenteteelt” uitgevoerd door het PSK stelt men in de conclusies:

- Compost heeft een positieve invloed op de kwaliteit en de opbrengst van gewassen. Compost is een zeer stabiel materiaal. Zelfs na 10 jaar compost toepassen is de mineralisatie minimaal. De positieve invloed van compost is geen gevolg van extra mineralisatie, maar is te danken aan de verbetering van de bodemstructuur en de verbetering van het bodemleven. De mineralisatie is zeer laag bij Groencompost en GFT. De mineralisatie verloopt in lichte mate sneller bij Humotex. Door deze beperkte mineralisatie van compost kan niet bespaard worden op minerale stikstof.
- Het gebruik van compost heeft een zeer grote invloed op de mestbalans. GFT weegt zwaarder door in de mestbalans dan Groencompost.

De werking van verschillende organische mesten is bekend uit onderzoek uitgevoerd door de Bodemkundige Dienst. Bij het toedienen van een te hoge dosis organische mest zal het gewas niet alle beschikbare stikstof opnemen met een te hoog stikstofresidu tot gevolg. Eveneens te laat in het jaar toepassen van organische mest zal nog vaak te veel stikstof leveren in het najaar, met risico op een te hoog nitraatresidu tot gevolg. Bij jaarlijks toepassen van organische mest is er een nawerking van de organische mest over verschillende jaren.

Meststoffen met een coating

In het verleden zijn vele verschillende soorten coatings getest als omhulling voor stikstof- of NPK-meststoffen: asfalt, teer, latex, oliën, paraffine, kunsthars, polymere verbindingen, zwavel, alleen of in combinatie met elkaar. Tegenwoordig worden waxen, polymere verbindingen en zwavel als belangrijkste coating gebruikt.

De meest bekende coating voor ureum is zwavel. Hierbij wordt elementaire zwavel (S) in een dun laagje over de ureumkorrels aangebracht. Vervolgens wordt nog een dun laagje wax of olie aangebracht om de korrels tegen sterke vochtindringing te beschermen. De stikstof komt langzaam vrij door geringe indringing van vocht, waardoor de stikstof kan oplossen.

Het vrijkomen van de stikstof wordt bepaald door een aantal factoren:

- 1) stijging van de bodemtemperatuur leidt tot meer vrijkomen van stikstof;
- 2) de coating breekt sneller open in een relatief droge bodem dan in een natte bodem waardoor meer stikstof vrijkomt;
- 3) korrels op het bodemoppervlak verweren sneller dan korrels in de bodem;
- 4) actieve plantenwortels versnellen het vrijkomen van stikstof;

- 5) binnen het pH-traject 5-8 wordt het vrijkomen van stikstof nauwelijks beïnvloed door de pH van de bodem;
- 6) biologische oxidatie van zwavel verlaagt de pH.

In de handel zijn de producten Gold-N en Mini-Gold verkrijgbare zwavelgecoate ureummeststoffen.

Op het vlak van gecoate NPK-meststoffen zijn er in België zes merknamen bekend: Agroblen, Multicote, Multigro, Osmocote, Plantacote en Sierrablen. Bij Multigro- en sommige Plantacote-producten zijn niet alle korrels gecoat om ook een duidelijke startwerking van de meststof te verkrijgen. De coating van bovengenoemde producten bestaan uit een dun laagje kunsthars dat biologisch afbreekbaar is. De kunsthars fungeert als een membraan. Waterdamp dringt vanuit de bodem door het harslaagje in de korrels. Hierdoor lossen de voedingsstoffen in de korrels op en treden langzaam ten gevolge van diffusie naar buiten. Deze afgifte van de voedingsstoffen vindt onafgebroken plaats zolang er voldoende vocht aanwezig is.

De snelheid waarmee de voedingsstoffen vanuit de korrels worden afgegeven, wordt onder normale bodemomstandigheden uitsluitend bepaald door de temperatuur. Een stijging van temperatuur leidt tot een grotere afgifte van voedingsstoffen. De werkingsduur van de gecoate meststoffen wordt derhalve aangegeven in afhankelijkheid van temperatuur.

Gebruik van nitrificatieremmers

Met dit soort meststoffen worden producten bedoeld waaraan een nitrificatieremmer is toegevoegd. Nitrificatieremmers zijn stoffen bedoeld om de omzetting van ammoniumstikstof in nitraatstikstof in de bodem, nitrificatie genoemd, te verminderen. Dit proces verloopt als volgt:



Het eerste proces wordt door de Nitrosomonas-bacterie en het tweede proces door de Nitrobacter-bacterie uitgevoerd. De werking van nitrificatieremmers berust op het feit dat deze stoffen de Nitrosomonas-bacterie in haar werking remmen. De werking van nitrificatieremmers wordt beïnvloed door de pH en de temperatuur van de bodem. De werking neemt af bij een daling van de pH en/of stijging van de temperatuur.

Naast geringere uitspoelingsverliezen van stikstof, in de vorm van nitraat, worden als voordelen van het gebruik van nitrificatieremmers genoemd: minder kans op nitraatophoping in de groente en voedergewassen en de mogelijkheid om een meststof ineens te geven en voor het groeiseizoen toe te dienen. Nitrificatieremmers kunnen niet alleen als minerale meststoffen worden toegevoegd, maar ook aan dierlijke mest. De belangrijkste nitrificatieremmers zijn nitrapyryn (2-chloor-6-(trichloormethyl)-pyridine), ook wel bekend onder de naam N-serve, en dicyaandiamide (NH=C(NH₂)-HN-CN), afgekort tot DCD. In de handel zijn minerale stikstofmeststoffen verkrijgbaar waaraan uitsluitend DCD is toegevoegd

(destijds Basammon Stabiel en Alzon 25). DCD wordt bij de tweede genoemde meststoffen respectievelijk Ensan en Didin genoemd.

In het PSK zijn goede ervaringen opgedaan met de meststof Entec, welke DMPP (Dimethylpyrazolfosfaat) bevat als nitrificatieremmer. De meststof bevat een vrij hoog aandeel ammonium (18.5 % $\text{NH}_4\text{-N}$ + 7.5 % $\text{NO}_3\text{-N}$) welke door de nitrificatieremmer vertraagd omzet naar nitraat-N. Dit maakt dat deze meststof, zeker op doorlaatbare zandgronden, minder gevoelig is aan uitspoelen. Het gelokaliseerd toedienen van dit type meststof, hetzij bandbemesting, hetzij als rijenbemesting biedt mogelijkheden om de toegediende minerale stikstof te verminderen, zonder kwaliteits- en opbrengstverlies van de groenten. De minerale stikstof is dan echter wel niet homogeen in de bouwlaag aanwezig. Dit heeft tot gevolg dat voor controle van de reserve aan nitraat het van groot belang is dat zowel tussen de rij als in de plantenrij bemonsterd wordt.

Via het gebruik van traagwerkende meststoffen zijn er dus mogelijkheden om het mineraal N-aanbod in de bodem beter af te stemmen op de actuele N-behoefte van de gewassen en de N-verliezen tijdens het groeiseizoen te beperken. Bijkomend onderzoek is aangewezen om vanuit de bestaande ervaringen nog betere adviezen te kunnen formuleren met het oog op het beperken van het nitraatresidu. Daarnaast blijft ook het gegeven dat traagwerkende meststoffen merkkelijk duurder zijn dan conventionele meststoffen.

5.3.3 *Plaatsing van de meststoffen*

Hoewel het bodemprofiel meestal aanzienlijke nitraathoeveelheden herbergt, blijken deze pools vaak niet bereikbaar voor de plantenwortels. Nitraatstikstof aanwezig beneden de bewortelingsdiepte van de gewassen en tussen de plantrijen kan niet door de planten opgenomen worden en blijft aldus tijdens het groeiseizoen grotendeels in het bodemprofiel achter. Daarom kan de juiste plaatsing van (stikstof)meststoffen een belangrijke maatregel vormen bij de reductie van het mineraal stikstofrelikaat in landbouwbodems in het najaar. Wanneer de meststoffen dicht genoeg bij de planten wordt aangebracht, zijn deze voldoende bereikbaar voor de plantenwortels terwijl de totale toegediende dosis per hectare laag kan worden gehouden.

Algemeen kunnen vier types van geplaatste bemesting worden onderscheiden, namelijk:

- bandbemesting;
- rijbemesting;
- puntbemesting;
- plantgatbemesting.

Bandbemesting

Bij bandbemesting wordt de stikstof in een relatief brede band in de bodem ingewerkt (5 tot 10 cm diep), waarna in deze N-rijke band wordt gezaaid of geplant. Deze techniek kan in hoofdzaak gebruikt worden voor gewassen die tamelijk dicht

bij elkaar staan in de rij, maar een relatief grote tussenrij-afstand hebben. Op die manier wordt de hoeveelheid N tussen de rijen beperkt (enkel N-mineralisatie) en kan ook de uitspoeling tot een minimum beperkt worden.

Rijbemesting

Bij rijbemesting wordt de stikstof 5 à 10 cm naast de plant en 5 tot 10 cm in de bodem ingewerkt. Dit kan zowel éézijdig als tweezijdig gebeuren. Ook voor deze techniek is het belangrijk dat de planten relatief dicht bij elkaar staan in de rij, terwijl de tussenrij-afstand groot is. Op die manier kunnen de planten tenvolle van deze in de rij geplaatste meststoffen gebruik maken en kan de uitspoeling eveneens tot een minimum beperkt worden.

In de periode 1998-2002 voerde het POVLT in samenwerking met de teeltbegeleidingsdienst van veiling REO vergelijkend onderzoek om het effect van rijenbemesting bij vollegrondsgroenten te bestuderen (project 2078, Bandbemesting bij vollegrondsgroenten, gerapporteerd op www.povlt.be). In deze proeven werd vooral gewerkt met toediening op prei van vloeibare en vaste Ureum Ammonium Nitraat (UAN 30%N) en ook met de meststof Entec (26% N met nitrificatieremmer). Via intensieve bemonstering werd vastgesteld dat de omzetting van ammonium tot nitraat bij injectie van vloeibare meststof een drietal weken in beslag nam, deze van het zuurdere Ureum Ammonium Sulfaat 4 à 5 weken. Indien in deze periode toevallig overvloedige neerslag valt resulteert dit in een verlaagd uitspoelingsrisico. De stikstof blijkt zich bovendien eerder traag in het profiel te verspreiden. Qua opbrengst bleken de verschillen tussen breedwerpig toedienen en toedienen of injecteren in stroken of rijen zeer gering te zijn, al ging gemiddeld de voorkeur uit naar toediening in rijen. Op onbemeste percelen daarentegen viel de opbrengst duidelijk lager uit dan op bemeste percelen. Naar kwaliteit (bladkleur) scoorden Entec en het mengsel Ureum Ammonium Nitraat beter wanneer deze werden toegediend in rijen. Noch op het vlak van inwendige kwaliteit (droge stofgehalte en totale stikstofinhoud) noch qua houdbaarheid werden duidelijke verschillen genoteerd tussen de onderzoeksobjecten. De reststikstof bleek duidelijk hoger te liggen op de onbemeste en onbeplante percelen, het laagst op de onbemeste velden. Percelen met rijbemesting bleken een lagere reststikstof te vertonen dan de breedwerpig bemeste percelen. Algemeen blijkt de hoeveelheid reststikstof evenwel meer af te hangen van de toegediende hoeveelheid dan van de manier van toediening.

Punt- en plantgatbemesting

Bij punt en plantgatbemesting wordt de stikstof op nog slechts 1 plaats geconcentreerd toegediend, nl. direct in het plantgat (plantgatbemesting) ofwel net naast de plant. In beide gevallen wordt dan geen volledige rij of band naast of onder de plant in de bodem ingewerkt, waardoor men de hoeveelheid niet-benutte stikstof verder probeert te reduceren. Deze technieken kunnen van belang zijn bij gewassen met zowel een grote afstand tussen de planten in de rij als bij gewassen met een grote tussenrij-afstand.

Hoewel de plaatsing van meststoffen geen nieuwe techniek is (Prummel, 1957), wordt zij recent terug opgenomen in proeven met groentegewassen. Groentegewassen worden typisch op rijen geteeld en hebben vaak een grote

tussenrij-afstand (vb. kolen), waardoor het gericht plaatsen van de bemestingsdosis een aantal voordelen kan hebben:

- uniforme verdeling van de meststoffen;
- meststoffen blijven langer onder ammoniakale vorm (Hofman et al., 1994);
- bemesten gebeurt gelijktijdig met zaaien of planten of m.a.w. er is geen periode van braak waarin drainageverliezen belangrijk kunnen worden;
- plantenwortels zitten dicht bij de meststoffen en kunnen deze voorraad volledig uitputten.

Ook hier moet echter gesteld dat deze technieken niet steeds een beter resultaat opleveren dan bij breedwerpig toegediende meststoffen. Dit komt doordat de wortels preferentieel deze meststoffenpool gaan opzoeken en op die manier de rest van het profiel minder gaan uitputten.

5.3.4 Optimalisatie van de vochtvoorziening

Om de groei van vollegrondsgroenten ongestoord te laten doorgaan kan er, vooral in de zomerperiode, nood zijn aan kunstmatige beregening. In een optimaal beregeningsschema wordt gestreefd naar een zo hoog mogelijke productie en kwaliteit, een zo laag mogelijke uitspoeling van nutriënten en water en een economisch verantwoord waterverbruik. Dit vereist in de eerste plaats een goede kennis van de interventiedrempels. Te vroeg irrigeren leidt onvermijdelijk tot een verspilling van arbeid, energie en water en een verhoogd risico op doorspoeling van nitraten terwijl een laattijdige irrigatie droogtestress veroorzaakt. Het optimale irrigatietijdstip is bovendien afhankelijk van het groeistadium van het gewas en is uiteraard teeltspecifiek.

5.3.4.1 Basisbegrippen

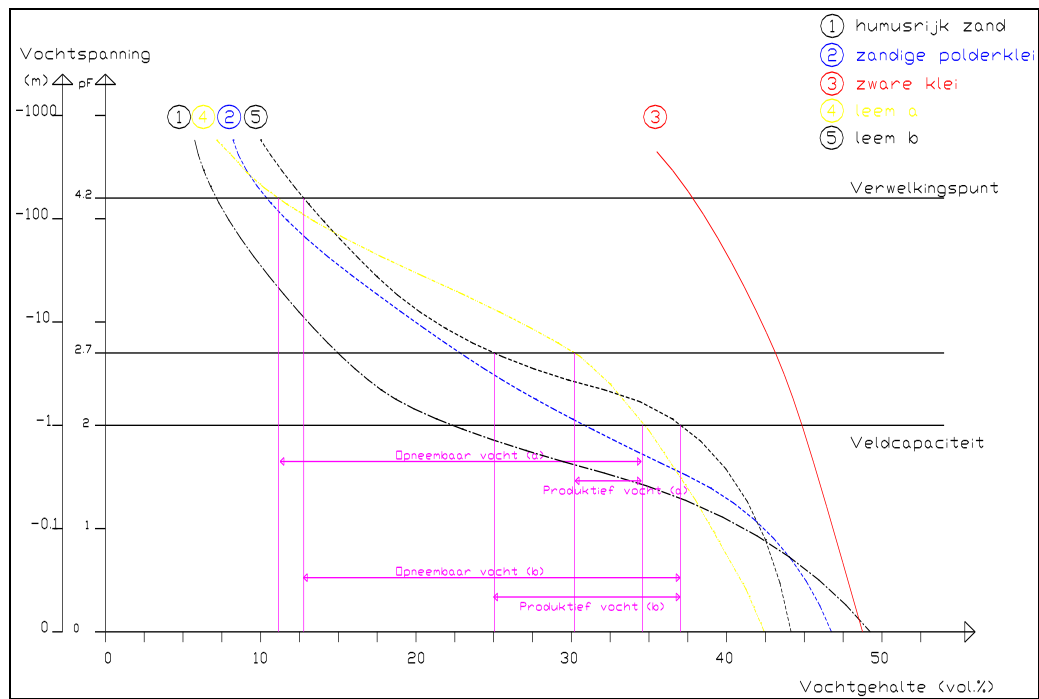
Vochtspanning, veldcapaciteit, verwelkingspunt, opneembaar vocht en productief vocht zijn de belangrijkste begrippen met betrekking tot de vochtvoorziening van de plant. Bries et al. (1995) definieerden deze elementen als volgt:

- De vochtspanning of de negatieve drukhoogte in de bodem is een maat voor de uitdrogingstoestand van de bodem. Deze geeft het gemak aan waarmee de plant water kan onttrekken aan de grond, of nog, de onderdruk die de plantenwortels moeten uitoefenen om water aan de grond te onttrekken. Deze drukhoogte is meer negatief naargelang de grond droger wordt. De drukhoogte wordt uitgedrukt in m of kPa (of ook in pF-waarde). In een geheel verzadigde bodem is deze drukhoogte 0 m.
- Veldcapaciteit is het bodemvochtgehalte nadat het weinig gebonden water in de grond onder invloed van de zwaartekracht is uitgezakt. Het komt grofweg overeen met de vochttoestand van de bodem op het einde van de winter. De drukhoogte in een bodem zonder invloed van een watertafel ligt dan tussen -0.8 en -2 m (-8 tot -20 kPa of pF 1.9 tot 2.3).

- Het verwelkingspunt is het restvochtgehalte in de grond waarbij de plant geheel geen water meer kan opnemen. Dit komt nagenoeg overeen met een drukhoogte van -160 m (-1600 kPa of pF 4.2).
- De vochtreserve gelegen tussen de veldcapaciteit en het verwelkingspunt is voor de plant beschikbaar en wordt daarom ‘opneembaar vocht’ genoemd. De vochtreserve die kan opgenomen worden door de teelt zonder dat enige droogtestress optreedt, wordt ‘productief vocht’ genoemd.

De toename van de vochtspanning naargelang de uitdroging verschilt zeer sterk van bodem tot bodem. Een klei- of leembodem bezit meestal een hoger gehalte aan opneembaar vocht dan een zandbodem. Bij een hoger humusgehalte vinden we ook meestal een hoger gehalte aan opneembaar vocht. De hoeveelheid productief vocht daarentegen is in zandbodems dikwijls hoger dan in klei- of leembodems. Dit heeft een aantal belangrijke gevolgen. Ten eerste bereikt het gewas dikwijls sneller de stressgrens op een klei- of leembodem dan op zandbodems. Bij eenzelfde regelmatige vochtvoorziening kunnen op zandbodems daarom geregeld hogere producties gehaald worden. Bij langdurige droogte daarentegen zal het gewas op de zwaardere bodems langer kunnen blijven putten uit de grotere opneembare vochtvoorraad met een slechts matige droogtestress. Op zandbodems zal sneller het verwelkingspunt worden bereikt.

Een uitdrogingstraject is weergegeven in Figuur 72 voor de bouwvoor van respectievelijk een humeuze zandbodem in de Kempen, een zandige polderklei en een zeer zware klei. De negatieve drukhoogte (vochtspanning) is weergegeven in functie van het bodemvochtgehalte. Dit is uitgedrukt in volume % (volume vocht op volume grond). Bij zwaardere bodems vindt men grote verschillen in productief vocht. De zelfde figuur geeft voor de bouwvoor van twee leembodems van een Haspengouws bedrijf belangrijke verschillen aan. Het opneembaar vochtgehalte is voor beide bodem quasi gelijk. Daarentegen bedraagt het productief vochtgehalte van de leem (a) niet eens de helft van deze van de leem (b). Bij de (b) bodem zal het in een periode zonder neerslag daarom tweemaal zolang duren vooraleer er rendementsverliezen zullen optreden door droogte.



Figuur 72: Verband tussen het vochtgehalte en de vochtspanning in verschillende bodems (Bron: BDB).

De gemiddelde gehalten aan opneembaar vocht variëren sterk tussen de verschillende bodemsoorten. De textuur (klei, zand of leem) bepaalt in grote mate de hoeveelheden opneembaar en gemakkelijk opneembaar vocht (Tabel 57).

Tabel 57: Maximale vochtreserves in % van het bodemvolume. (Gemiddelde waarden. Bron: FAO, BDB).

	Opneembaar vochtgehalte volume %	Gemakkelijk opneembaar vochtgehalte (*) volume %
Zand	7	2
Humusrijk zand	15	8
Zandleem	20	10
Leem	20	7
Klei	15	5

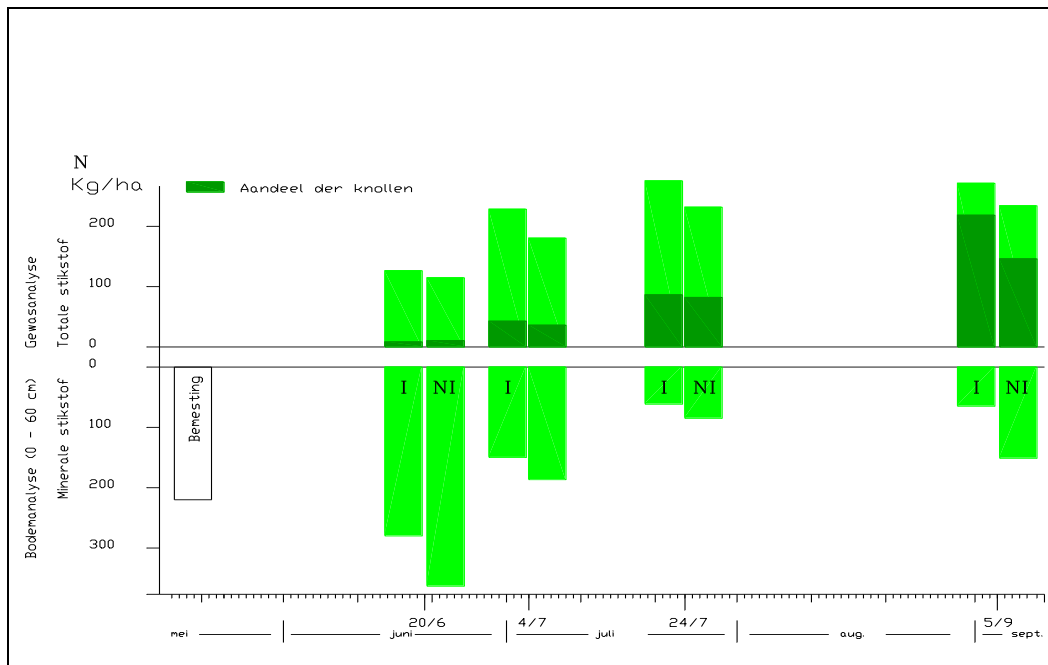
(*) benaderend voor groenten

5.3.4.2 Vochtpraak en N-opname

Een reductie van de wateropname zou logischerwijze gerelateerd kunnen worden aan een reductie van de stikstofopname, gezien water de nutriëntentoevoer naar de plant bevordert.

Het verband tussen de invulling van de vochtpraak enerzijds en de stikstofopname, stikstofverdeling en nitraatstikstofresidu in de bodem bij aardappelen (variëteit Saturna) werd in 1989 door de Bodemkundige Dienst onderzocht op een proefveld gelegen op een zware leemgrond in het Noord-Franse Péronnes. Hierbij werd de

situatie vergeleken op een beregend (I = optimale vochtvoorziening) en een niet beregend perceel (NI). Zowel de stikstofopname als het aandeel stikstof opgenomen in de knollen ligt merkelijk hoger op het beregend gedeelte. M.a.w. het aandeel stikstof vastgelegd in het loof lag hoger in het niet beregend gedeelte met als logisch gevolg een lagere latere toelevering van stikstof vanuit de mineralisatie van de oogstresten. Tegelijkertijd werd op het beregend perceel een lager najaarsstikstofnitraatresidu gemeten dan op het niet beregend gedeelte.



Figuur 73 Effect van irrigatie op de stikstofopname, stikstofverdeling en stikstofnitraatresidu's bij aardappelen (Elsen F., 1989).

5.3.4.3 Opbrengst

Uit het onderzoek van Vandendriessche et al. (1993) op zandgrond blijkt enkel bij optimale vochtvoorziening maximale opbrengsten worden verkregen als volgens advies bemest wordt. Dit is logisch vermits water onontbeerlijk is voor de planten om aan fotosynthese te kunnen doen. Bovendien worden nutriënten enkel opgenomen door de planten als ze in opgeloste vorm in de bodem aanwezig zijn (Deproost et al., 2001). Een maximale nutriëntenopname kan maar bekomen worden wanneer de vochtvraag van het gewas optimaal wordt ingevuld op elk moment.

Bemestingsadviezen worden in regel opgesteld voor optimale vochtsituaties. Bij suboptimale voldoening aan de vochtvraag ontstaat ophoping van stikstof in de bodem omdat mineralisatie en andere aanleveringsprocessen blijven verder gaan terwijl de opname door de gewassen vermindert. Optimaal beregenen leidt derhalve tot een hoge opbrengst en hierdoor dus tot hogere afvoer van mineralen met het gewas (Alblas et al. 2003).

De relatie tussen vochtvoorziening en opbrengst is niet altijd eenduidig. Als niet beregend wordt, geeft bemesting boven het advies nog wel een hogere opbrengst. Deze hogere opbrengst wordt overigens niet in alle beregeningsonderzoeken gevonden (Vandendriessche et al., 1993).

5.3.4.4 *N-gehalte en berekeningstijdstip*

Door Deproost et al. (2001) werden de laagste N-gehalten in spinazie vastgesteld bij onberegende percelen. Hieruit blijkt dat de opname van stikstof gereduceerd wordt door droogtestress. De stikstof die door het plantenweefsel effectief werd opgenomen, vertoont een gelijkaardige tendens. De auteurs besluiten dat de stikstofopname bij spinazie sterk beïnvloed wordt door het berekeningstijdstip. Tijdig beregenen zorgt ervoor dat de opgenomen stikstof nog kan omgezet worden in droge stofproductie, waardoor de Nitrogen Use Efficiency (=NUE) hoog is. De NUE geeft de verhouding weer tussen de gerealiseerde droge stofproductie en de opgenomen hoeveelheid stikstof. Bij beregening vlak vóór de oogst wordt een extra hoeveelheid stikstof opgenomen, doch deze is voornamelijk onder nitraatvorm aanwezig en draagt niet bij tot een verhoging van het drooggewicht. Bijgevolg is de NUE dan ook zeer laag bij laattijdige beregening. Bovendien kan bij een zeer laattijdige beregening (daags vóór de oogst) het wettelijke maximum van 2500 mg nitraat/kg versgewicht voor voorjaarsspinazie overschreden worden.

5.3.4.5 *Uitspoeling*

Uitspoeling komt voor wanneer de totale som van neerslag en beregening groter is dan de som van het verdampte water en de veldcapaciteit van de bodem (Wageningen 2005). Onoordeelkundige beregening kan leiden tot uitspoeling van de nutriënten, voornamelijk stikstof en kalium. Oververzadiging aan water veroorzaakt bovendien een tekort aan zuurstof in de bodem waardoor de wortelgroei en de vochtopname door het gewas vertragen en stilvallen. Dit resulteert niet alleen in een lagere opbrengst maar veroorzaakt tevens een uitspoeling van stikstof naar de niet-bewortelbare zone (Bries et al. 1995; Alblas et al., 2003).

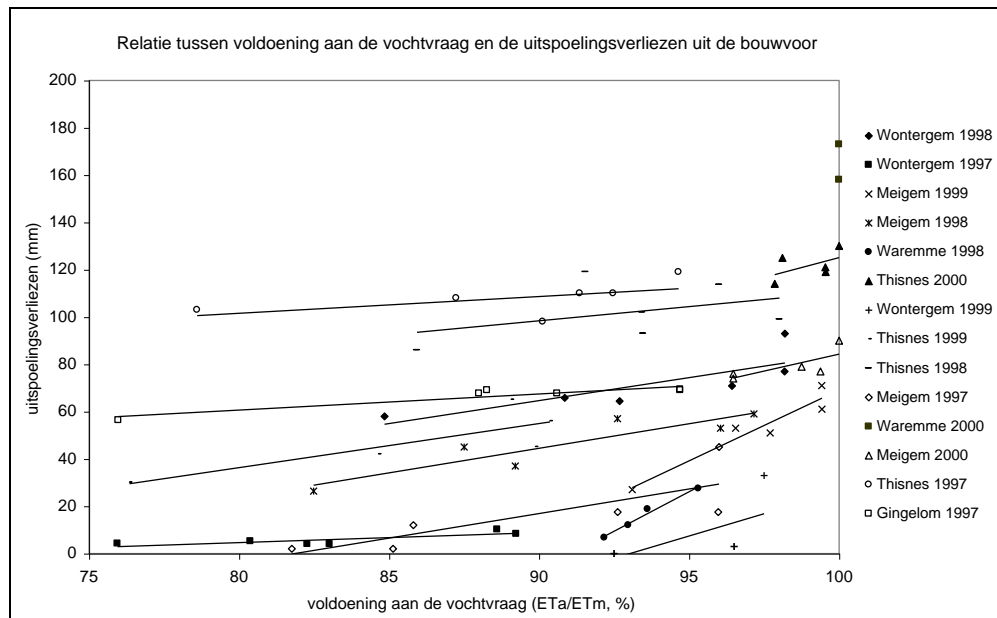
Het risico op uitspoeling van minerale stikstof door beregening is vooral hoog in het begin van het seizoen, wanneer het wortelstelsel niet voldoende is ontwikkeld (Bries et al., 1995). Om uitspoeling van stikstof tegen te gaan is het uitsplitsen van de stikstofgift zinvol. Hoe langer de periode tussen toediening en opname, hoe groter de kans op uitspoeling (Wageningen 2005).

Bij beregening wordt er bij voorkeur naar gestreefd om het vochtgehalte niet hoger te laten stijgen dan de maximale reserve aan productief vocht. M.a.w. er wordt best niet beregend tot veldcapaciteit zodat mogelijke neerslag na de beregening nog in de bodem wordt weerhouden, efficiënt blijft en niet doorspoelt (Bries et al., 1995; Deproost et al., 2001).

Een doordachte beregeningstrategie en een nauwkeurige opvolging van de bodemvochttoestand kunnen rechtstreekse doorspoeling ten gevolge van beregening helpen vermijden. Ook indien bij lage bodemvochtspanningen wordt beregend, kan op basis van de vochtbalans het optimale tijdstip en de correcte beregeningsdosis bepaald worden, zodat het maximale vochthoudende vermogen van de bodem niet wordt overschreden (Deproost et al., 2001).

In Figuur 74 wordt door Deproost et al. (2001) een overzicht gegeven van het verband tussen de voldoening aan de vochtvraag en de doorspoelingsverliezen uit de bouwvoor van verschillende stamslaboonpercelen. Steeds wordt een positief verband teruggevonden, waardoor aangegeven wordt dat beregening een verhoging van de

uitspoeling veroorzaakt. Deze stijging is echter klein in vergelijking met de verschillen die tussen de proefvelden onderling voorkomen. Het maximale verschil in doorspoeling tussen de behandelingen is 40 mm; tussen de proefvelden en jaren loopt dit verschil daarentegen op tot 160 mm. Met andere woorden, de klimaatsomstandigheden en neerslagfrequentie van het seizoen oefenen een veel grotere invloed uit op de doorspoeling ten gevolge van beregening.



Figuur 74: Doorspoelingsverliezen in functie van de voldoening aan de vochtvraag (Bron: BDB).

5.3.4.6 N-dosering in functie van weersomstandigheden

In jaren met een vochttekort kan met een lagere N-gift worden volstaan, omdat de waterbeschikbaarheid dan beperkend is. In de praktijk wordt de N-gift (zeker deze onder organische vorm) veelal in het begin of grotendeels in het begin van het groeiseizoen gegeven, zodat moeilijk kan worden ingespeeld op mogelijke latere vochttekorten (Alblas et al., 2003). De enige mogelijkheid die er dan is om het stikstofgehalte in de bodem te beperken en een goede opbrengst te bekomen is tegemoet komen aan de vochtvraag van het gewas door het uitvoeren van beregeningen. Wanneer gefractioneerde stikstoftoediening wordt voorzien in het bemestingsplan kunnen tijdstip en dosis van toediening (van minerale N) uiteraard worden bijgestuurd.

5.3.4.7 Methodes voor beregeningssturing

Om de beregening te sturen kunnen diverse methodes worden toegepast maar de meeste hebben nogal wat beperkingen wat betreft voorspellend karakter en efficiëntie.

- Bij **sturing op zicht** gaat men de beregeningsbehoefte schatten op basis van de kleur en vochttoestand van de (boven)grond en/of eventueel uiterlijke tekenen van vochtstress bij het gewas. Dit vergt veel ervaring en is zelden nauwkeurig. Vooral in intensieve teelten, zoals groenten en aardappelen, zal men in de

meeste gevallen te vroeg of te laat beregenen wanneer men veranderingen in de bodem op zicht wil volgen.

- Een tweede mogelijkheid is sturing op basis van **tensiometers**. Deze methode heeft als praktisch nadeel dat er iedere dag op het veld moet gegaan worden om de meters af te lezen. Meters kunnen doorslaan waardoor ze om de 24 uur geijkt moeten worden. Het grootste nadeel is het ontbreken van een voorspellend karakter waardoor niet op tijd geanticipeerd kan worden op droogte. Blijkens Nederlands onderzoek is de enige winst bij het gebruik van tensiometers dat de berekening tijdig kan worden gestopt zodat uitspoeling wordt vermeden.
- Een derde methode is het meten van de **geleidbaarheid**. Hiervoor worden Watermarksensoren gebruikt. Deze techniek wordt soms toegepast bij meerjarige teelten, zoals peren en appels, maar is niet aangewezen voor seizoensteelten zoals vollegrondsgroenten.
- Een andere mogelijkheid is te beregenen in functie van de **vochtretentiekarakteristieken** afgeleid op basis van de **grondsoort**. Wanneer de afgeleide waarden worden vergeleken met meetwaarden van specifieke percelen met gekende grondsoort blijkt dat afwijkingen voor de individuele percelen zeer betekenisvol zijn. Indien bij toepassen van modelmatige beregeningsplanning voor de gewassen dergelijke afwijkingen worden ingebouwd, zal in de praktijk 3 dagen en meer ofwel te vroeg ofwel te laat gestart worden met beregenen. Een meer nauwkeurige beregeningsopvolging op basis van een rekenmodel zal in praktijksituaties dan ook vereisen dat de vochtretentiekarakteristieken rechtstreeks worden gemeten, en niet afgeleid worden louter op basis van de grondsoort. Een dergelijke perceelsspecifieke benadering wordt gebruikt door de Bodemkundige Dienst van België in de beregeningsadviesing. In dit model wordt tevens rekening gehouden met ondermeer de weersverwachting en de gewasbehoefte in functie van het groeistadium. Tussentijdse staalname laat toe het model te calibreren. Een dergelijke aanpak zal in de meeste gevallen merkkelijk betere resultaten geven dan de eerder genoemde methoden. (Tabel 58 en Tabel 59).

Tabel 58: *Effect van de beregeningssturing op opbrengst en schurftaantasting bij aardappelen (Var. Bintje en Nicola). (Bron: POVLT, 1994-1995, Rumbeke Beitem).*

SEIZOEN:	1994 nat seizoen			1995 droog seizoen		
	Irrigatie mm	Schurftaantasting gemiddeld (0-100%)	Opbrengst commercialiseerbaar + 35 mm kg/ha	Irrigatie mm	Schurftaantasting gemiddeld (0-100%)	Opbrengst commercialiseerbaar + 35 mm kg/ha
Niet beregend	0	3.2	48514	0	33.7	21789
Tensiometersturing	317	5.3	45797	196	20.1	35298
Correcte sturing (Bodemkundige Dienst)	184	4.5	52298	220	17.1	40092
Beregening op zicht	131	3.3	48660	137	19.2	33773

Tabel 59: *Effect van een beregeningsbeurt uitgevoerd op verschillende momenten (Bron: BDB).*

Zandleem, Deinze 01						
Irrigatie		Productie (handpluk)	machinaal (blad)	Verliezen à 0.085 €/kg	DS	Reststikstof profiel (0-90 cm)
mm		kg/ha	kg/ha	€/ha	%	kg/ha
53	correct	46725	23363	0	6.9	60
49	1 dag te laat	43763	21881	-126	6.9	39
37	1 dosis gemist	37500	18750	-392	6.9	105

5.3.4.8 *Besluit*

Kunstmatige beregening kan een belangrijk hulpmiddel zijn in het streven naar een optimale productie en minimale stikstofuitspoeling op voorwaarde dat de beregeningsdosissen en -tijdstippen afgestemd zijn op de specifieke eigenschappen van het perceel, actuele weersomstandigheden en de specifieke behoefte van het gewas in elk stadium van de ontwikkeling.

Overmatig of te frequent beregenen leidt in de praktijk tot uitspoeling, bodemdegradatie en natuurlijk verspilling van arbeid, energie en water. Te weinig beregenen, of met te lange tussenpozen leidt tot groeistoornissen. In beide gevallen wordt minder stikstof opgenomen en benut door het gewas, waardoor de kans op accumulatie in de bodem en op uitspoeling naar het grondwater toeneemt.

5.3.5 *Na-oogstmaatregelen - beheer van de oogstresten*

Indien de oogstresten worden ingewerkt tijdens de zomer en er een gewas volgt met belangrijke stikstofopname, kan het grootste deel van de N inhoud van de oogstresten in mindering worden gebracht van de bemesting van het volggewas. Op die manier wordt het risico op hoge minerale N relikwaten bij de oogst van het volggewas sterk beperkt. Dit is bijvoorbeeld van toepassing bij een rotatie bloemkool-bloemkool of bloemkool-prei.

Indien na het inwerken van de oogstresten geen volggewas gepland is, zouden altijd maatregelen moeten worden genomen om te vermijden dat grote stikstofverliezen door nitraatuitspoeling zouden optreden.

Hierbij kunnen verschillende opties worden overwogen:

- Het inzaaien van een groenbemester: dit heeft enkel zin indien de groenbemester voor half september kan worden gezaaid. Bij latere zaai is de ontwikkeling en dus stikstofopname te beperkt om de grote hoeveelheid N die uit de oogstresten vrijkomt op te nemen

- Niet inwerken van de oogstresten: bij niet inwerken van de oogstresten kan in sommige gevallen, bijvoorbeeld kolen, de plant enigszins blijven verder groeien. Bij niet inwerken wordt in ieder geval aangenomen dat de uiteindelijke afbraak trager zal verlopen, vooral als het merendeel van de oogstresten geen contact maakt met de grond (bv. bloemkool, broccoli). Echte cijfers omtrent stikstofverliezen uit gewasresten die niet worden ingewerkt zijn in feite enkel voorhanden voor een aantal akkerbouwgewassen en groenbemesters, daar dit een praktijk is die vooral in conserveringslandbouw belangrijk is. Hierbij wordt meestal effectief een tragere mineralisatie gemeten dan bij inwerken van oogstresten. Bij groentegewassen zal dit vermoedelijk dus ook het geval zijn, maar cijfers hieromtrent zijn voor zover geweten niet beschikbaar. Bij deze praktijk bestaat echter een bezorgdheid omtrent fytosanitaire aspecten (overleven van ziekten), en het "uitzicht van een onverzorgd veld".
- Afvoeren van oogstresten: uit een studie in Nederland bleek dat het afvoeren van alle gewasresten de nitraatconcentratie in het grondwater met 25% verminderde, bv. een vermindering van uitspoeling van 74 kg N/ha voor conservenerwten en 59 kg N/ha voor ijsbergsla. Het afvoeren van gewasresten stelt evenwel een aantal praktische problemen, met name met betrekking tot bijkomende arbeid, transport en eventueel verwerkingskosten. De wetgeving is op dit vlak ook weinig soepel, gezien afgevoerde oogstresten als afvalstoffen te beschouwen zijn. De hoeveelheden af te voeren oogstresten kunnen afgeleid worden uit de getallen in Tabel 25 tot Tabel 30, waaruit blijkt dat het al snel over een gewicht van enkele tientallen tonnen per ha gaat, met bovendien een laag of zeer laag droge stofgehalte (er wordt dus vooral water van het veld gevoerd). De mogelijkheden voor het verwerken van de gewasresten zijn vooral in compostering (op of buiten het bedrijf), in vergistingsinstallaties voor energieproductie, of eventueel als veevoeder.
- Composteren op het bedrijf heeft de laatste jaren opnieuw ingang gevonden, ook in Vlaanderen. Een aantal landbouwers gebruiken het on-farm composteren voor het verwerken van eigen afvalstromen (inclusief oogstresten), gemengd met dierlijke mest, houtsnippers, bermmaaisel, ... Dit composteren vraagt evenwel een aantal investeringen. De prijs van een eigen composteerinstallatie op boerderijschaal is afhankelijk van de capaciteit. Een 'keerder' voor 8000 m³ uitgangsmateriaal kost ongeveer 25 000 € in aankoop en wordt afgeschreven op 5 jaar. Een eigen composteerinstallatie vraagt echter nog heel wat uren arbeid en energie zodat de totale kostprijs (incl. investeringskost) op 15 à 30 €/m³ afgewerkte compost komt (Willekens, 2007). Indien uitgevoerd in loonwerk moet volgens Nederlandse cijfers gerekend worden op gemiddeld zowat 600 € per ha, wat dus ook een aanzienlijke kost is. Groot voordeel is uiteraard dat de nutriënten uit de oogstresten op het bedrijf blijven en kunnen gerecycleerd worden op het gepaste moment, zodat een bijkomende mestaanvoer om te compenseren voor de afvoer van de oogstresten kan vermeden worden. Composteren kan uiteraard ook in gespecialiseerde bedrijven gebeuren, waarbij de kost voor het composteren op het bedrijf wegvalt, maar uiteraard wel stort- en transportkosten komen, wat volgens een Nederlandse studie ook op 500 € per ha komt, terwijl de nutriënten niet meer beschikbaar zijn. In een recente studie van het ILVO (rapport ILVO voor VMM) werd voor het composteren van de gewasresten in een externe

composteerinstallatie een gemiddelde kost gerekend van 40 €/ton, exclusief de transportkosten, wat dus een stuk hoger is dan in de Nederlandse studie.

- Oogstresten kunnen ook afgevoerd worden naar gespecialiseerde vergistingsinstallaties, waar ze bv. kunnen bijgemengd worden met drijmest. Hierbij wordt energie geproduceerd, naast digestaat dat als meststof zou kunnen aangewend worden. De kosten hiervoor zijn vergelijking voor deze van het composteren op gespecialiseerde bedrijven, m.n. zowat 500 € per ha. Vergisting kan ook op het bedrijf zelf gebeuren, maar zeer kleinschalige vergistingsinstallaties zijn meestal niet rendabel.
- Gebruik als veevoeder. Sommige gewasresten zouden uitstekend gebruikt kunnen worden als veevoeder (koolsoorten, sla, prei). Aandachtspunten hierbij zijn de transportkosten, bestrijdingsmiddelen, het vrij zijn van aarde. Probleem bij dit alles is dat nog geen goede mechanisatie voorhanden is om de gewasresten snel, efficiënt en goedkoop van het veld af te (laten) voeren.

Toevoegen (inwerken) van andere stoffen die de N mineralisatie vertragen of die gemineraliseerde N immobiliseren en zo behoeden voor uitspoeling. Aan de UGBB werd gedurende verschillende jaren onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om de N vrijstelling uit oogstresten van groenten zodanig te manipuleren dat de nitraatuitspoeling in het winterhalfjaar sterk zou worden gereduceerd. Het idee was om andere types organisch materiaal toe te dienen die ofwel de N mineralisatie (tijdelijk) zouden vertragen, en/of de minerale N die vrijkomt door mineralisatie (tijdelijk) te immobiliseren. Een groot aantal soorten organisch materiaal werden hierbij uitgetest (o.a. stro, papierslib, verschillende types groencomposten, tanninenrijke materialen), en bij laboratorium proeven werden hiermee zeer goede resultaten bekomen. Helaas bleek dat de effecten van het bijmengen van deze stoffen in het veld eerder beperkt waren. De redenen hiervoor waren wellicht een gebrekkige menging van het organisch materiaal met de oogstresten en/of ongunstige weersomstandigheden tijdens of direct na het inwerken. Het effect geobserveerd op het veld bleef steeds beperkt tot een tijdelijke immobilisatie van enkele tientallen kg N per ha, wat niet voldoende is om de bijkomende kost en arbeid voor het toedienen van het organisch materiaal te verantwoorden

Als mogelijk alternatief of tussenvorm tussen composteren op het bedrijf met afvoeren van oogstresten en het inwerken van andere organische stoffen, zou kunnen gedacht worden aan *in situ* composteren van de oogstresten, waarbij eerst bijkomend organisch materiaal zoals stro of een onrijpe compost op het bodemoppervlak (bovenop de oogstresten) wordt uitgespreid, en waarbij het geheel dan op ruggen wordt getrokken om ter plaatse te composteren. De efficiëntie van dergelijk alternatief composteringssysteem (dit is eigenlijk meer een tussenvorm tussen vertering en compostering) is slecht gekend, bv. met betrekking tot conservering van stikstof in het resulterende materiaal.

6. Bedenkingen uit de praktijk

Uit de resultaten van praktijkonderzoek komt naar voor dat men waar mogelijk een groenbemester moet inzaaien. De groenbemester heeft enkel zin wanneer deze voldoende vroeg ingezaaid wordt. Wanneer de groenbemester niet voor de periode 1-15 september gezaaid kan worden zal de N-opname beperkt tot niet bestaande zijn. Te late inzaai van een groenbemester vergt groundbewerking op een ogenblik dat dit voor bepaalde percelen ongunstig is hoofdzakelijk wegens het gevaar voor structuurbederf. Vanuit de sector komt daarnaast de vraag om bij de discussie rond groenbemesting rekening te houden met planten- en bodemziekten waar telers meer en meer mee geconfronteerd worden. Vanuit de zelfde hoek wordt het idee geopperd om de bodem gedurende de winter van tijd tot tijd te laten rusten eerder in plaats van systematisch een groenbemester te gebruiken.

Het laat zaaien van gewassen zoals spinazie (midden augustus),.... houdt een milieukundig risico in, temeer daar spinazie niet diep wortelt. Vanuit de praktijk wordt evenwel gesteld dat een late zaaidatum nodig kan zijn omdat de plant anders kan doorschieten vooraleer behoorlijke opbrengsten worden behaald.

Doordat de meeste groenten slechts tot een diepte van 30 of 60 cm wortelen, is de kans dat de N die zich op een grotere diepte bevindt uitloopt zeer groot. Staalnames tijdens de groei van het gewas en na de oogst waarbij de N-waarden in de laag 30-60 cm en 60-90 cm hoog zijn duiden op een zeer grote kans tot uitloging van NO_3^- -N. In de praktijk zijn er binnen het klassieke patroon van tuinbouwgewassen weinig of geen middelen te bedenken om de uitgezakte nitraatstikstof te recupereren. Inschakeling van diepwortelende gewassen in de rotatie ligt bedrijfskundig en economisch vaak zeer moeilijk en wordt door de sector niet als een haalbaar alternatief beschouwd.

Uit praktijkonderzoek werd ook gesuggereerd dat rekenen op de verwachte N-mineralisatie een risico kan inhouden. Zo bijvoorbeeld zou bij ongunstige weersomstandigheden in de zomer de N mineralisatie overschat worden, en zou er op bepaalde momenten een tekort aan minerale N in het profiel kunnen optreden. Het is nochtans zo dat ongunstige weersomstandigheden voor mineralisatie ook betekent dat de omstandigheden voor de groei suboptimaal zijn, waardoor ook de vraag naar N vanwege het gewas kleiner is dan bij optimale omstandigheden. Vanuit de praktijk wordt gesteld dat bij slechte weersomstandigheden de N-beschikbaarheid ter hoogte van het wortelstelsel juist op een hoger niveau moet liggen omdat bijvoorbeeld door vochtovermaat zuurstofgebrek gaat optreden dat gecompenseerd dient te worden door een hoger N-aanbod. Dit houdt in dat vanuit het landbouwkundig oogpunt de behoefte naar externe aanvoer van nutriënten zou stijgen bij ongunstige weersomstandigheden, eerder dan dalen.

Continue bijsturing van de bemestingstrategie op basis van frequente bodemanalysen wordt met een zeker succes toegepast in het onderzoek en in demonstratievelden (zie paragraaf 4.9) maar wordt in de productieomgeving niet haalbaar geacht. Voor de praktijk moet er dus gestreefd worden naar systemen op basis van 1, maximaal 2, staalnamen die bovendien moeten plaatsvinden op het meest relevante ogenblik in het kader van een adequate stikstofvoorziening.

Uit praktijkonderzoek is gebleken dat lagere bemestingen in de tuinbouw in regel leiden tot lagere nitraatstikstofresidu's in de bodem, waarbij de kans dat de norm van 90 kg N/ha overschreden wordt evenwel hoog blijft. Vanuit de sector wordt uitdrukkelijk gesteld dat een te sterke verlaging van de bemesting leidt tot substantiële vermindering van de opbrengst en tot kwaliteitsverlies. In dit verband wordt door de sector eveneens verwezen naar Nederlands onderzoek uitgevoerd door het PA(G)V te Lelystad (o.l.v. H. Titulaer) en door het vroegere Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren (o.l.v. J. Neeteson), en naar Duits onderzoek uitgevoerd door Scharpf en Wehrman in Hannover en door Schlaghecken in Phaltz. Hieruit zou blijken dat teelten zoals spinazie, bleekselder en andere op het moment van oogst de aanwezigheid van meer dan 90 kg nitraatstikstof in het profiel vergen, zoniet zouden onaanvaardbare rendementsverliezen optreden.

7. Conclusies en aanbevelingen - Nitraatresidunormen voor de tuinbouw

7.1 Conclusies

Het mestdecreet stelt dat in de periode van 1 oktober tot 15 november de hoeveelheid nitraat in het bodemprofiel tot 90 cm de 90 kg $\text{NO}_3^- \text{N}/\text{ha}$ niet mag overschrijden. In het decreet is voorzien om deze norm tegen 2009 te herzien in functie van grondsoort en verbouwde teelt. Op milieukundig vlak hebben heel wat factoren een invloed op de relatie tussen het nitraatstikstofresidu en de nitraatverliezen naar grond- en oppervlaktewater. Vele van deze factoren hebben ook op landbouwkundig vlak een belangrijke impact op productie, kwaliteit en het niveau van het nitraatresidu.

Uit de opmerkingen van de landbouwers uit de enquêtes, de persoonlijke mededelingen vanuit de proeftuinen en de eigen ervaringen vanuit het onderzoeksconsortium komen de volgende knelpunten voor het respecteren van de nitraatresidunorm naar voor:

- **Hoog mineralisatiepotentieel**

Veel groentepercelen hebben in het verleden aanzienlijke dosissen dierlijke mest (mengmest) toegediend gekregen. Dit heeft geleid tot de opbouw van een pool gemakkelijk afbreekbare organische (stik-)stof. Deze afbraak gaat op dit ogenblik nog steeds door en is in tegenstelling tot bijvoorbeeld akkerbouwpercelen die in regel minder systematisch werden bemest onvoldoende nauwkeurig in te schatten met de op dit ogenblik gehanteerde methodes. Onder andere een hoger aantal bodembewerkingen per jaar draagt bij tot een onvoldoende inschatting. Naast deze mineralisatie uit organische stof, is er nog de bijkomende mineralisatie uit de oogstresten. Deze mineralisatie treedt meestal in een kort tijdsbestek op en kan in een aantal gevallen tot 150 kg N/ha vrijstellen. In het kader van de ontwikkeling van meer verfijnde bemestingsadviesmethoden voor de tuinbouw dient bijzondere aandacht te gaan naar de aanlevering van nitraatstikstof vanuit beide bronnen naast deze vanuit de organische bemesting (die in de bestaande methoden reeds behoorlijk nauwkeuring kan ingeschat worden).

- **Afwijkende weersomstandigheden**

Droogte en natte perioden maken het moeilijk om voor groentepercelen met dikwijls minder diep wortelende gewassen, in vergelijking met akkerbouwpercelen, alle factoren van mineralisatie correct in te schatten en dit zowel wat betreft het tijdstip als de hoeveelheid van N-afgave.

In het najaar wordt regelmatig geogst in moeilijke omstandigheden met structuurschade tot gevolg. Dit kan problemen opleveren voor een efficiënte N-benutting door de teelten in het daaropvolgende groeiseizoen.

- **Opname van N door de teelten in de periode 1/10 - 15/11**

Gewassen als bloemkool, broccoli, knolselder, bleekselder en prei worden vaak geteeld als tweede teelt. Deze gewassen kunnen nog een significante N-opname hebben in het late najaar. Dit hangt uiteraard samen met plantdatum (ontwikkelingsfase) en weersomstandigheden in het najaar. Deze teelten laten op het

moment dat ze worden geoogst dan weer snel afbreekbare oogstresten achter op het veld.

- **Latent mineraal N-residu**

De meeste groentegewassen worden geoogst in een vegetatief stadium. Dit betekent dat zij geen afrijpingsfase vertonen en nog tot aan de oogst een zekere hoeveelheid stikstof uit het profiel opnemen. Dit betekent meteen dat er nog een zeker N-aanbod aanwezig moet zijn tot op het moment van de oogst. Door Hofman (1983) werd daarom de term 'latent mineraal N-residu' geïntroduceerd. Deze latente residuair minerale stikstof is de hoeveelheid anorganische stikstof die in het profiel, in functie van de bewortelingsdiepte van het gewas, nog aangetroffen wordt op het ogenblik van de maximale N-opname door het gewas. Dit residu kan in een aantal gevallen hoog zijn.

Deze benadering wordt eveneens in Duitsland gehanteerd (Zentralverband Gartenbau-Bundesfachgruppe Gemüsebau, 1995; Feller et al., 2001), waarbij de termen 'Mindestvorrat' en N_{\min} -restmengen zum Erntebegin' vergeleken kunnen worden met het latent mineraal N-residu. Dit werd ook aangehaald in een voordracht door Dhr. Schlaghecken (2006) -de vader van het N-bijmeststelsel- waarin hij stelde:

Groenteteelt: bijkomend „onvermijdbaar overschot“

- groenteteelt I: tot 50 kg N/ha, vb. Radijs, Rammenas, Veldsla, Salades etc.
- groenteteelt II: tot 80 kg N/ha, vb. Selder, Chinese kool, Koolrabi, Prei
- groenteteelt III: tot 120 kg N/ha, vb. Bloemkool, Broccoli, Savooi, Courgette

Deze waarden liggen hoog in vergelijking met waarden uit andere onderzoeksprojecten, maar het geeft aan dat groenten toch wel over een aanzienlijke hoeveelheid minerale N in het bodemprofiel dienen te beschikken om een optimale opbrengst en kwaliteit te verzekeren. Reden van de verschillen tussen de diverse onderzoeksprojecten zijn onder andere verschillen in bodemtypes, verschillen in teeltperiodes (vroeg, late teelt) en soms zelf verschillen voor wat betreft in rekening gebrachte staalnamediepte.

- **Kwantitatieve impact van teelttechnische maatregelen op het nitraatresidu**

Uit de resultaten van de diverse balansberekeningen (o.a. in deel 1 van dit onderzoek) en uit de literatuurstudie kan het relatief belang van de verschillende parameters die bijdragen tot de stikstofbalans worden ingeschat. Aan de aanbodzijde blijkt de mineralisatie van bodemorganische stof de voornaamste post. Deze kan zelfs belangrijker zijn dan de totale toegediende bemesting.

In de groenteteelt liggen de bruto opnamecijfers door de gewassen in het algemeen aan de hoge kant (grootte-orde 250 kg N per hectare). Omwille van de enorme verschillen op het vlak van restitutie onder vorm van plantendelen die gewoonlijk op het veld worden achtergelaten constateert men in de realiteit zeer uiteenlopende waarden wat betreft de netto-export van stikstof van het perceel. De tuinbouwer kan hierop inspelen door plantenresten die in de courante praktijken op het veld achtergelaten worden na of tijdens de oogst van het gewas geheel of gedeeltelijk af te

voeren, en eventueel later in gecomposteerde vorm terug op te voeren. Hierdoor wordt een belangrijk (100 kg N en meer per ha) en weinig controleerbaar onderdeel aan de aanbodzijde (mineralisatie van plantenresten) in feite omgevormd tot een doseerbare en beter voorspelbare inputfactor (compost). Gezien de late oogstperiode (natte bodemomstandigheden) en het belangrijke kostenplaatje dat verbonden is aan deze werkwijze is een toepassing van deze techniek op grote schaal momenteel nog uitgesloten. Onderzoek naar nieuwe (oogst)technieken en financiële stimuli kan hieraan tegemoet komen. Een alternatief kan zijn de afvoer van oogstresten naar grootschalige composteringsinstallaties.

In de enquête werd vastgesteld dat het gebruik van groenbemesters in de groenteteelt momenteel nog eerder de uitzondering is dan de regel. In vele situaties is dit te wijten aan de late oogst van de groenten. Waar mogelijk moet de inzaai van groenbemesters worden aangemoedigd aangezien in diverse onderzoeken werd aangetoond dat bij vroege inzaai groenbemesters tot 100 kg N/ha en meer kunnen vastleggen.

Een andere teeltechnische maatregel bestaat er in om de organische bemesting, waarvoor nu overwegend gebruik wordt gemaakt van dierlijk mest, op percelen met een hoge mineralisatiecapaciteit meer en meer uit te voeren met gebruikmaking van producten met een tragere en meer geleidelijke vrijgave van stikstof. Deze toediening is dan vooral gericht op aanbreng van stabiele organische stof voor de verbetering of het onderhoud van de bodemstructuur.

- **Groenbemesters**

In tegenstelling met graangewassen kunnen groenbemesters na groenten in een aantal gevallen pas later worden ingezaaid zodat zeker begin oktober nog maar een deel van de N-vastlegging door de groenbemesters is gerealiseerd. Groenbemester kunnen niet alleen gebruikt worden om uitspoeling van nitraat tijdens de winter te reduceren maar evenzeer als tussengewas tijdens het teeltjaar tussen 2 teelten om de N die tijdens mineralisatie in de bodem vrijkomt en vrijstelling uit oogstresten, in de bovenste 30 cm van de bodem te houden.

- **Risico op kwaliteitsverlies bij verlaagd N-aanbod**

Vele groenten worden in een vegetatief stadium geoogst. Een te beperkt N-aanbod in de bewortelde zone naar het einde van de teelt toe leidt tot verschillende vormen van kwaliteitsverlies (o.a. een minder diepe bladkleur). Dit houdt uiteraard rechtstreeks verband met het latent mineraal N-residu zoals hierboven geschetst.

- **Te hoge N-bemesting**

De problematiek van onder andere mogelijk kwaliteitsverlies bij een te laag N-aanbod kan in de praktijk aanleiding geven tot te hoge N-bemestingen. De teler durft bijvoorbeeld onvoldoende rekening te houden met de verwachte N-levering vanuit de toegediende dierlijke mest. Puur economische gezien zal een N-tekort sterker worden afgestraft dan een bemesting licht hoger dan het productieoptimum

- **Verbouw van gewassen met beperkte bewortelingsdiepte**

Vele groentengewassen kunnen de minerale N-voorraad in de diepere bodemlagen (60-90 cm maar soms ook 30-60 cm) niet of nagenoeg niet benutten. Dit leidt tot volgende knelpunten:

- een hoge N-voorraad in de diepere bodemlagen in het voorjaar vergroot in belangrijke mate het risico op een hoog najaarsresidu
- migratie van nitraatstikstof doorheen het bodemprofiel tijdens het groeiseizoen (omwille van een tijdelijk neerslagoverschot) vergroot sterk het risico op een hoger nitraatresidu bij ondiep wortelende groentegewassen die, in tegenstelling tot dieper wortelende gewassen (granen, suikerbieten, spruitkool, , ...) de uitgeloopte stikstof nadien niet meer kunnen recupereren
- ...

Kortom, heel wat van deze factoren heeft de landbouwer (tuinder/sierteler/boomkweker) niet of slechts gedeeltelijk in de hand

Belangrijk is dus dat het mestbeleid erop gericht is de teler maximaal te sturen naar een zo efficiënt mogelijk N-beheer op perceelsniveau. Enkel op teeltniveau redeneren leidt tot onvoldoende resultaten. Factoren die niet of onvolledig door de teler kunnen gestuurd worden (o.a. klimatologische) kunnen het eindresultaat in hoge mate meebepalen. Het beleid mag dus bijvoorbeeld niet alleen bestaan uit administratieve sancties bij het overschrijden van de nitraatresidunorm, maar moet aangevuld worden met een reeks van goed onderbouwde begeleidende maatregelen om tot een oplossing te komen in deze complexe materie.

Naast het huidig wetgevend kader is er dus nood aan sensibilisering van de tuinders en interpretatie van de gemeten nitraatresidu's. M.a.w. een nitraatresidu van 150 kg N/ha hoeft niet automatisch te betekenen dat de betrokken teler dat teeltjaar niet bewust met de N-bemesting van zijn perceel is bezig geweest, maar kan er wel op wijzen dat niet alle mogelijke maatregelen (beredeneerde bemesting voorgaande jaren, keuze teeltrotatie, inzaai tussen- en vanggewassen) zijn genomen om het nitraatresidu te beperken. Er is dringend nood aan een pakket van begeleidende maatregelen.

7.2 Specifieke aanbevelingen

Op basis van de verwerking van de enquêtes en de deskstudie kunnen de volgende aanbevelingen worden geformuleerd:

- De teler moet voor en tijdens het groeiseizoen kennis hebben van de minerale N-voorraad in het bodemprofiel
- De mogelijkheden van band- en rijenbemesting voor het beperken van de totale N-bemesting moeten verder onderzocht worden en de resultaten moeten de volledige doelgroep bereiken
- Streven naar een meer homogene bemesting: verbeterde afstelling van de meststoffenstrooiers, ook deze voor band- en rijenbemesting. Meer aandacht voor homogene organische bemesting (homogeen product en uniforme verdeling); de potentie van het toedienen in stroken van organische meststoffen, in lagere dosis, voor teelten op bedden, dient nader onderzocht te worden
- Zorgen voor nog een betere informatiedoorstroming naar de individuele teler over de diverse factoren die de N-mineralisatie van bodemorganische stof, gewasresten en toegediende organisch mest op perceelsniveau beïnvloeden
- Verfijning van de N-advisering (op basis van bijkomend onderzoek) door nog sterker rekening te houden met de voorgeschiedenis van het perceel, waardoor een betere inschatting wordt gemaakt van het mineralisatie potentiaal van de verschillende fracties van de bodemorganische stof
- Bepaling van de optimale inplanning van vanggewassen (waaronder in de eerste plaats groenbemesters) in de gewasrotatie (aard, tijdstip van inzaai en inwerking, ...) rekening houdend met de specifieke vereisten op het vlak van teelttechniek, gewasbescherming, opbrengst, kwaliteit en algemene bedrijfsvoering, doel is het maximaal nastreven van een permanent begroeid perceel
- Voor gewassen met een hoog mineralisatiecijfer van de oogstresten zoals bloemkool, broccoli, doperwtten, spruitkool en andere kolen en relatief gemakkelijk verwijderbare oogstresten moet de mogelijkheid onderzocht worden om de gewasresten die in de huidige praktijk meestal worden achtergelaten op het veld te verwijderen en eventueel later onder vorm van compost te hergebruiken. Daarbij dient een financiële balans opgemaakt. Bij een vroege oogst kan de groenbemester of de volgteelt de vrijkomende stikstof opnemen.
- Kritische evaluatie van het “Compendium voor staalname”. In de diverse sectoren (vollegrondsgroententeelt, aardbeien, sierteelt, boomkwekerijen) bestaan er specifieke opkweek- en bemestingsmethoden die moeilijk op een zelfde manier als de klassieke vollegrondsteelten kunnen beoordeeld worden. Als typische voorbeelden kunnen vermeld worden de opkweek van chrysanten in potten en de teelt van aardbeien. De klassieke aardbeiteelt

wordt geplant in augustus waarbij de volgende twee maanden er een voldoende N-aanbod moet zijn om een goede bloemaanleg te realiseren. In vele regio's worden de aardbeien op met plastic belegde bedden geplant. De meststoffen worden voor het plastic leggen in de bodem (al of niet in de rij) onder de plastic ingewerkt. Onder deze plastic treedt in de winter slechts heel beperkte uitspoeling op zodat staalname in de periode 1/10 tot 15/11 op de bedden niet is aangewezen. Tussen de bedden is de grond niet begroeid vanaf reeds einde juli bij het leggen van de bedden. Aardbeien moeten immers geplant worden op voldoende aangezakte grond. Aangezien tussen de ruggen ook mineralisatie optreedt, geeft een staalname tussen de ruggen ook geen goed beeld van meststoffenmanagement op het perceel.

Door de implementatie van deze aanbevelingen kunnen op korte en middellange termijn duidelijke verbeteringen op het vlak van de residubeheersing worden bereikt. Daarentegen zullen steeds een aantal knelpunten (afwijkende weersomstandigheden en intrinsieke eigenschappen van bepaalde teelten) blijven bestaan, welke een specifieke nitraatresidunormering voor bepaalde tuinbouwgewassen rechtvaardigen.

1. Voor nog groeiende gewassen op het veld is een differentiatie van de nitraatresidunorm in functie van de staalnamedatum aangewezen, waarbij er naar gestreefd dient te worden om de staalname zo dicht mogelijk bij de oogstdatum te laten plaatsvinden. Meerdere gewassen (bijvoorbeeld prei, Chinese kool, broccoli, bloemkool, rode, witte, savooikool, knol- en bleekselder) kunnen bij goede weersomstandigheden in oktober nog een stikstofopname van 1.5 tot 2 kg N/ha/dag realiseren. Op dertig dagen betekent dit 45-60 kg N/ha. Daarnaast is er natuurlijk bij dergelijke weersomstandigheden ook de stikstofmineralisatie die verder gaat en de opname gedeeltelijk compenseert. Het is dan ook logisch dat het nitraatresidu bij bepaalde nog groeiende gewassen op 1 oktober op een hoger niveau zal liggen dan op 15 november. De differentiëring van het nitraatresidu in functie van de staalnamedatum zou er in kunnen bestaan dat de 90 kg N/ha dient gerespecteerd te worden bij een staalname in november maar dat in oktober bij een groeiend gewas een hogere residunorm wordt gedefinieerd. Anderzijds kan voor deze percelen de staalname worden uitgesteld tot in november.
2. Voor de effectieve landbouwkundige interpretatie van het op perceelsniveau gevoerde N-beheer in de groenteteelt en sierteelt is het voor de beoordeling van het nitraatresidu voor de afgelopen teelt meer aangewezen om de bewortelde zone in rekening te brengen dan wel steeds de volledige laag van 0-90 cm. In dit opzicht kan verwezen worden naar de surpluscurve welke ook is opgesteld voor de bewortelde zone. Het gedeelte van het nitraatresidu (0-90 cm) dat aanwezig is in de bewortelde zone kan als extra element meegenomen worden bij de beoordeling van een specifiek perceel. Dit kan per type van gewas apart gedefinieerd worden. Bijkomende elementen voor interpretatie van het nitraatresidu zijn bijvoorbeeld de resultaten van tussentijdse staalnames voor de bepaling van de minerale N-reserve tijdens het groeiseizoen om tijdige bijsturing van de bemestingsstrategie mogelijk te maken en doorspoeling naar de diepere lagen te vermijden. Hiertoe is het bijvoorbeeld dan ook belangrijk dat staalnames in augustus-september voor het beoordelen van de bemestingstoestand dan ook tot 90 cm worden genomen.

3. Het telen van een diepwortelend gewas (vb wintergranen, suikerbieten, spruitkool) na een hoge overschrijding van de nitraatresidunorm zou meer moeten aanbevolen worden. Deze gewassen kunnen namelijk tijdens het volgend groeiseizoen een deel van de uitgeloopte stikstof recupereren. Het inzaaien van een diepwortelend gewas met bepaling van een bemestingsadvies op basis van de minerale N-voorraad in het bodemprofiel in het voorjaar zou als begeleidende maatregel kunnen geïmplementeerd worden in plaats van de verplichting tot het op eigen initiatief uitvoeren van drie nitraatresidumetingen. Bij toepassing van deze maatregel dient de teler qua gewaskeuze over een zekere vrijheid te blijven beschikken vermits niet alle diepwortelende gewassen een plaats kunnen vinden in de bedrijfsvoering omwille van technische en/of economische redenen. Wintergranen bijvoorbeeld zijn omwille van de timing niet inpasbaar in elk teeltplan terwijl suikerbieten gebonden zijn aan een quotum en er voor deze teelt enkel nog meer concentratie kan verwacht worden. Daarnaast kan het inlassen van bepaalde teelten, zeker bij de meer gespecialiseerde bedrijven, belangrijke aanpassingen of investeringen vergen op het vlak van machines, perceelsgrootte, toelevering en afzet, technische kennis, ... die gevolgen hebben voor de leefbaarheid van de onderneming. Het verplicht afvoeren van oogstresten kan ook toegevoegd worden aan de keuzemogelijkheden van de tuinder.
4. Naar interpretatie van de nitraatresidu's in de groenteteelt kan de gedetailleerde opvolging van een reeks referentiepercelen (diverse teelten, geografische spreiding) nuttige informatie verschaffen. Belangrijk hierbij is dat deze referentiepercelen de praktijksituatie maximaal reflecteren zowel op het vlak van de toegepaste technieken als van grondsoort, klimaat en perceelshistoriek.
5. Implementeren van een lastenboek "engagement nitraat" waarvoor de teler kan opteren in plaats van de nu in het decreet voorziene boetes en begeleidende maatregelen. Hierbij kan onderzocht worden in welke mate dit engagement kan opgenomen worden in bestaande lastenboeken en audits. Dit lastenboek (of onderdeel van lastenboek) kan in overleg met de sector (Task Force tuinbouw, proeftuinen, ...) worden opgesteld en een pakket van maatregelen omvatten zoals bijvoorbeeld:
 - optimaliseren van de bemesting op basis van regelmatige staalname
 - afvoeren van oogstresten bij laat geoogste gewassen
 - aanpassen van de teeltrotatie met opname van diepwortelende gewassen
 - gewaskeuze in functie van de voorjaarsreserve in de diepere bodemlagen

8. Referenties

- Alblas J., Clevering O.A., De Vos J.A., Reijers N., Sival F.P. en van Reuler H., 2003, *De invloed van de waterhuishouding op stikstof- en fosfaatverliezen in open teelten*, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen.
- B. Fraters, M.M. van Eerdt, D.W. de Hoop, P. Latour, C.S.M. Olsthoorn, O.C. Swertz, F. Verstraten, W.J. Willems; 2000, *Landbouwpraktijk en waterkwaliteit in Nederland, Achtergrondinformatie periode 1992-1997 voor de landenrapportage EU-nitraatrichtlijn*
- Barenbrug, 2007, *Relatie tussen enkele groenbemesters en aaltjes*
<http://www.barenbrug.be/producten/groenbemesting.html>
- BDB, 2006, *Statistieken van de stikstofadviezen voor enkele teelten volgens de N-indexmethode*
- Bodemkundige Dienst van België, Afdeling Land- en Tuinbouw, 2003, *Nitraatresidumetingen voor de beheerovereenkomsten water: mogelijkheden en uitdagingen*
- Bodemkundige Dienst van België, Instituut voor Land- en Waterbeheer (K.U.Leuven), Laboratorium voor Bodemvruchtbaarheid en –biologie (K.U.Leuven), Bodemkunde en fertiliteit (R.U.Gent) e, SADL (K.U.Leuven), 2004, *N-(eco)²: Eindrapport deel 4*
- Boon W., Bries J., Coppens G., Deckers S., Elsen F., Mertens J., Vanden Auweele W., Vandendriessche H., Ver Elst P. en Vogels N., BDB vzw, 2004, *De chemische bodemvruchtbaarheid van het Belgische akkerbouw- en weilandareaal (2000-2003)*
- Breimer, T. (1989). *Stikstofbijmeststelsysteem (NBS) voor enige vollegrondsgroentegewassen. Informatie en Kennis Centrum Akker- en Tuinbouw, Afdeling Akkerbouw en Groenteteelt in de vollegrond, Lelystad, 1-58.*
- Bries J., Geypens M. en Vandendriessche H., I.W.O.N.L., 1995 *Bemesting en berekening van aardappelen in functie van opbrengst en kwaliteit.*
- Bries J., Geypens M., Mertens J. and Ver Elst P., 2004, *Evaluation of fall residual nitrogen influenced by soil chemical characteristics and crop history in Flanders (Belgium)*
- Bries J., Geypens M., Vandendriessche H., *Pedologie, XL-1, p. 39-46, 1991, Mineral nitrogen reserve in the soils of Belgium and the Northern part of France during the winter of 1990.*
- Bries J., Geypens M., Vanongeval L., Ver Elst P., 1996, *Evaluation of N-fertilizer recommendations for sugar beet based on the N-index expert system*
- Bries J., I.W.O.N.L., 1993, *De multifactoriële aanpak van N-bemestingsadviezen*
- Comité voor Onderzoek van de Organische Stof in de Bodem, I.W.O.N.L., M. Geypens en J.P. Honnay, Oktober 1995, *Landbouwkundige en milieugerichte functies van de organische stof in de bodem*
- Coopman F., Derycke L., De Rooster L., (2007), *Aanpassen bemesting in functie van staalname oktober, Proeftuinnieuws 16 van 31 augustus*
- De Neve S. and Hofman G. 1998. *N mineralization and nitrate leaching from vegetable crop residues under field conditions: a model evaluation. Soil Biology and Biochemistry, 30, 2067-2075.*

- De Neve S., Pannier J. and Hofman G. 1996. *Temperature effects on C and N mineralization from vegetable crop residues. Plant and Soil*, 181, 25-30.
- DE NEVE S., PANNIER J., HOFMAN G. (1994). *Fractionation of vegetable crop residues in relation to in situ N mineralization. European Journal of Agronomy*, 3(4), 267-272.
- DE NEVE S., PANNIER J., HOFMAN G. (1996). *Temperature effects on C and N mineralization from vegetable crop residues. Plant and Soil*, 181,25-30.
- DE NEVE S., SAEZ S.G., CHAVES DAGUILAR B., HOFMAN G. (2004). *Manipulating N mineralization from high N crop residues using on- and off-farm materials. Soil Biology and Biochemistry*, 36, 127-134.
- Demyttenaere, P. (1991). *Stikstofdynamiek in de bodems van de West-Vlaamse groentestreek. Doctoraatsthesis, Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen, Gent*, 203 p.
- Demyttenaere, P., Hofman, G., Verstegen, P., Vulsteke, G. en Van Ruymbeke, M. (1989). *Need for modifications of the mineral nitrogen balance in the vegetable growing area of West-Flanders, Belgium. Pedologie*, 39: 261-274.
- ENVEG (2000). *European community network to investigate environmental problems associated with the nitrogen fertilisation of field grown vegetable crops.* → <http://www.hri.ac.uk/enveg/>
- F. Elsen, E. Bomans, J. Bries, H. Vandendriessche; *Bodemkundige Dienst van België, 2007, Evolutie van de nitraatstikstofreserve van akkerbouwpercelen in het voorjaar na abstractie van de weerseffecten, Congres Watersysteemkennis 2006-2007*
- F. Elsen, J. Mertens, G. Witvrouw, *Overeenkomsten tussen de grondsoortindeling in Nederland en in België en toetsing van vochtretentiekarakteristieken op basis van pedotransferfuncties aan meetwaarden voor beregende gronden.*
- Feller C., Fink M., Maync A., Paschold P.J., Scharpf H.-C., Schlaghecken J., Strohmeyer K., Weier U. & Ziegler J. (2001) - *Düngung im Freilandgemüsebau. Gartenbauliche Berichte, Heft 4, Schriftenreihe des Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenbau, Grossbereren/Erfurt e.V., Deutschland, 196 pp*
- Fertilisation azotée. Application localisée d'engrais azotés: avantages potentiels. Revue de l'Agriculture*, 45, 349-361.
- Foster E.F., Pajarito A. and Acosta-Gallegos J.; *J. of agric. Sci.*, 27-37, 1995, *Moisture stress impact on N partitioning, N remobilization and N-use efficiency in beans (Phaseolus vulgaris L.).*
- Groenbemesters als stikstofvangplant na granen en stikstofleverancier voor de volgteelt*
- H. Vandendriessche et Al., O. Van Cleemput et Al. (eds.), *Progress in Nitrogen Cycling Studies*, 147-151, 1996, *Monitoring of N-uptake by green manures and of the influence of N-release on N-availability, production and quality of sugar beet"*
- Hähndel, R. & Wehrmann, J. (1986a). *Einfluss der Cl-Ernährung auf Ertrag und Nitratgehalt von Spinat und Kopfsalat. Z. Pflanzenernaehr. Bodenk.*, 149: 303-313.
- Hähndel, R. & Wehrmann, J. (1986b). *Einfluss der NO₃- bzw. NH₄-Ernährung auf Ertrag und Nitratgehalt von Spinat und Kopfsalat. Z. Pflanzenernaehr. Bodenk.*, 149: 290-302.
- Hofman G. (1983) - *Minerale stikstofevolutive in zandleemprofielen. Aggregaat voor het Hoger Onderwijs, Faculteit van de Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent, België, 183 pp.*

- HOFMAN G. (1988) *Nitrogen supply from mineralization of organic matter. Biological Wastes*, 26, 315-324.
- HOFMAN G., DEMYTTENAERE P., VAN MEIRVENNE M., OSSEMERCT C., VAN RUYMBEKE M. (1990). *Causes and consequences of differences in latent mineral-N residues in the soil profile. Communications in Soil Sciences and Plant Analysis*, 21, 1779-1791.
- HOFMAN G., OSSEMERCT C., IDE G., VAN RUYMBEKE M. (1984). *Stikstof, fosfor en kali-behoeften van de belangrijkste akkerteelten. In: KVIV (Ed.). Bemesting van intensieve akkerbouwteelten, Antwerpen, Belgium, 4.1-4.22.*
- HOFMAN G., VAN MEIRVENNE M., DEMYTTENAERE P. (1992). *Toediening van N-meststoffen in de rij: potentiële voordelen. Landbouwtijdschrift*, 45, 341-353.
- HOFMAN G., VAN RUYMBEKE M., OSSEMERCT C., IDE G. (1981). *Residual nitrate nitrogen in sandy loam soils in a moderate marine climate. Pedologie*, 31, 329-346.
- Hofman, G., Demyttenaere, P., Van Meirvenne, M., Ossemerct, C. en Van Ruymbeke, M. (1990). *Causes and consequences of differences in latent mineral nitrogen residues in the soil profile. Communications in Soil Sciences and Plant Analysis*, 21 (13-16):1779-1791.
- J. Bries, M. Geypens, H. Vandendriessche and L. Vanongeval, *Soil Service of Belgium, W. de Croylaan 48, B-3001 Leuven, Belgium, 1995, N-fertilization systems and N-fertilizer recommendations in relation to quality of vegetable crops and the environment.*
- J.J. Schröder et Al., *Plant Research International B.V., Wageningen, maart 2004, Gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten Kennisakker.nl & agripress, Teelthandleiding groenbemesters*
- Lammers, 1984. *Een berekende N-werkingscoëfficiënt voor diverse dierlijke organische mestsoorten. De Buffer*, p.191-193i
- Monitoring of N-uptake by green manures and of the influence of N-release on N-availability, production and quality of sugar beet” door H. Vandendriessche et al., O. Van Cleemput et al. (eds.), Progress in Nitrogen Cycling Studies, 147-151,1996*
- NOD = *Nederlandse OnderzoeksDatabank, Onderbouwing N-gebruiksnormen akker- en Tuinbouw*
- P. Deproost, F. Elsen, M. Geypens en L. Vanongeval, *Bodemkundige Dienst van België, 2001, Beredeneerd beregenen van stamslaboon en voorjaarsspinazie op zandleem- tot leembodems*
- Peter Dekker, *PPO-AGV Lelystad, Stikstof in bodem telt bij bemesting, http://www.syscope.nl/upload/project_alinea_1431.pdf*
- Prummel, J. (1957). *Fertilizer placement experiments. Plant and Soil*, VIII(3), 231-253.
- SALOMEZ J., DE NEVE S., HOFMAN G. (1999). *Bloemkool- en broccoliteelt na het nieuwe mestdecreet. In: Werkgroep Bloemkool- en Broccolitelers West-Vlaanderen (Ed.). Eerste Internationale Bloemkool en Broccolistudiedag, Hooglede, 51-58.*
- Salomez, J., Pannier, J, Deneve, S., Hofman, G., Demyttenaere, P., Verstegen, P., Vanparys, L; & Sarrazyn, R. (1995). *Het belang van de inbreng van groente-oogstresten. In: Geypens, M. & Honnay, J.P. (eds.) Landbouwkundige en milieugerichte functies van de organische stof in de bodem, I.W.O.N.L., 105-128.*

Schweigert, P., N. Pinter, and R.R. van der Ploeg. 2004. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 167, 309-318, *Regression analyses of weather effects on the annual concentrations of nitrate in soil and groundwater.*

Van Der Boon, J., Pieters, J.H., Slangen, J.H.G. & Titulaer, H.H.H. (1986). *The effect of nitrogen fertilization on nitrate accumulation and yield of some field vegetables.* In: Lambers, H., Neeteson, J. J. & Stulen, I. (ed.) *Fundamental, ecological and agricultural aspects of nitrogen metabolism in higher plants.* Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, 489-492

Van Enckevort, P.L.A., van der Schoot, J.R., van den Berg, W. (2002). *Estimation of residual mineral soil nitrogen in arable crops and field vegetables at standard recommended N-rates.* In: H.F.M. ten Berge (ed.). *A review of potential indicators for nitrate loss from cropping and farming systems in the Netherlands.* Reeks Sturen op Nitraat 2, Plant Research International B.V., Wageningen.

Vandenbergh A. et Al, ILVO - Instituut voor Landbouw- en visserijonderzoek Eenheid socio-economie, maart 2006, *Nutriënten- en gewasbeschermingsmiddelengebruik in de Vlaamse tuinbouw: stand van zaken en reductiemogelijkheden*

Vandendriessche H., Bries J., Elsen F., Geypens M. en Smeets E., Comité voor Toegepaste Bodemkunde (1991-1993), *Sectie: Bodemkundige dienst van België, 1993, Invloed van de bemesting en de berekening op de kwaliteit van aardappelen. IWONL-eindrapport*

Vandendriessche H., Geypens M., Bries J., Hendrickx G., *Landbouwtijdschrift*, vol 45, nr 2, 1992, *Stikstofbemesting*

Vandendriessche, H., Bries, J., Smeets, E., Vanongeval, L. & Geypens, M. (1994). *Onderzoek naar een zo hoog mogelijk correlerend N-monitoringsysteem in relatie tot kwaliteitsaspecten van de teelt en aanvaardbare N-residu's.* Comité voor toegepaste bodemkunde (1993-1995), *Sectie 1: Bodemkundige Dienst van België*

Ver Elst P., *Bodemkundige Dienst van België, LCG september 2000, Groenbemesters als stikstofvangplant na granen en stikstofleverancier voor de volgteelt*

Ver Elst P., *Bodemkundige Dienst van België, 2007; Beheersen van nitraatresidu: wat kan op dit ogenblik nog gebeuren?*

Wageningen, 2003, *Haal meer stikstof uit de bodem!: Tips voor een optimaal stikstofgebruik op een aardbeibedrijf*, http://www.syscope.nl/upload/nieuws_526.pdf

Wageningen, 2005, *Mest- en mineralenkennis voor de praktijk*, <http://www.telenmettoekomst.nl/files/pdfs/Leaflet%2010%20plantaardig%20def.pdf>

Wageningen, 2005, *Mest- en mineralenkennis voor de praktijk, Stikstoflevering uit de bodem*, http://library.wur.nl/wasp/bestanden/LUWPUBRD_00345257_A502_001.pdf

Wageningen, *Een goed stikstofbeheer is geld waard! Teler van bladgewassen, haal meer stikstof uit de bodem!* http://www.syscope.nl/upload/nieuws_543.pdf

Wim Bussink, NMI, 2006, *Regras: Bedrijfspecifiek advies voor het sturen op ruweiwit, grasopbrengst en stikstofbenutting* http://www.nmi-agro.nl/_public/project/Tsom/achtergrond_280206_update.pdf

Zentralverband Gartenbau-Bundesfachgruppe Gemüsebau (1995) - *Gemüse aus kontrolliertem Integriertem Anbau in der Bundesrepublik Deutschland. Kulturspezifische Richtlinien (Produkttrichtlinien) für den integrierten Anbau von Gemüse in der*



Bundesrepublik Deutschland. FGG Förderungsgesellschaft Gartenbau mbH, Bonn, Deutschland, 46 pp.

Bijlagen

- 1. Voorbeeld enquêteformulier***
- 2. Resultaten Monte Carlosimulatie***
- 3. Technisch verslag demoproject 2006-2007 proeftuinen (aparte bijlage)***

1. Voorbeeld enquêteformulier

ENQUÊTEFORMULIER

Perceelsnummer:

teelt volgens registratie:	<input type="text"/>	volnummer:	<input type="text"/>
nitraatresidu (kg NO ₃ -N/ha):	... kg NO ₃ -N/ha	Registratienummer:	<input type="text"/>

welk type bedrijf? akkerbouw en tuinbouw biologisch bedrijf
 gemengd bedrijf (veeteelt) andere:

1. Bijkomende analyseresultaten

Werden er naast de nitraatresiducontrole nog andere bodemanalyses uitgevoerd? Zo ja kunnen hieronder de resultaten hiervan ingevuld worden. Indien u een kopie van deze analyseverslagen mee terugstuurt, hoeft u de resultaten niet over te schrijven op dit formulier.

grondsoort (aankruisen): zand (10-20) (licht) zandleem (25-30) leem (35-45) klei/polder (50-70)

(textuurcode tussen haakjes)

koolstofgehalte (%C):

pH-KCl:

Werden er analyses uitgevoerd voor berekening van een stikstofbestedingsadvies? ja

datum staalname:	analyse 1		analyse 2			
	... / ... / 2006		... / ... / 2006			
volgnummer analyse:	nitraat	ammonium	nitraat	ammonium		
gehalte 0-30 cm (kg N/ha):						
gehalte 30-60 cm (kg N/ha):						
gehalte 60-90 cm (kg N/ha):						
totaal advies (kg N/ha):						
geadviseerde fractionering (kg N/ha):	F1:	F2:	F3:	F1:	F2:	F3:

Werd er op uw initiatief een **tweede nitraatresidumeting** uitgevoerd op dit perceel? Zo ja, wat was het resultaat?

staalnamedatum tegenanalyse: ... / ... / ...

resultaten tegenanalyse (kg NO₃-N/ha): 0-30 cm

30-60 cm

60-90 cm

totaal nitraatresidu (kg NO₃-N/ha): 0-90 cm

U kan eventueel ook een kopie van het analyseverslag meesturen.

Werden er naast stikstofanalyses nog **andere bodemanalyses** uitgevoerd? Zo ja, kan u het **volgnummer** van de analyse hieronder vermelden en een kopie van het analyseverslag meesturen met de enquête.

volgnummer bodemanalyse: analyse 1: analyse 2:

2. Voorgeschiedenis van het perceel

Welke teelten hebben de afgelopen jaren op het perceel gestaan en werden dierlijke of andere organische mest toegediend?

	2001	2002	2003	2004	2005
hoofdteelt 1:					
hoofdteelt 2:					
type org. mest:					
kg N/ton:					
dosis (ton/ha):					

Is dit perceel de afgelopen 10 jaar een weide geweest? ja nee ja wanneer werd ze gescheurd (bv. 2004)? ...



3. Stikstofbemesting en bekalking

Welke stikstof bemestingen en bekalkingen werden er uitgevoerd in het groeiseizoen 2006?
Zowel minerale als organische bemestingen kunnen in onderstaande tabel ingevuld worden.

organische en minerale bemesting		bemesting 1	bemesting 2	bemesting 3	bemesting 4	bemesting 5
type meststof:						
%N of kg N/ton:						
datum toediening:		.. / .. / 2006	.. / .. / 2006	.. / .. / 2006	.. / .. / 2006	.. / .. / 2006
dosis:		dosis meststof/ha	dosis meststof/ha	dosis meststof/ha	dosis meststof/ha	dosis meststof/ha
organisch mineraal	1 vollevelds	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
	2 rijenbemesting	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
	3 bladvoeding	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
	4 geïnjecteerd	ton/ha	ton/ha	ton/ha	ton/ha	ton/ha
	5 sleepslangen	ton/ha	ton/ha	ton/ha	ton/ha	ton/ha
	6 oppervlakkig	ton/ha	ton/ha	ton/ha	ton/ha	ton/ha

bekalking

type kalksoort:		dosis (kg/ha):		datum toediening:	.. / .. / ..
-----------------	--	----------------	--	-------------------	--------------

Indien er dierlijke of andere organische meststoffen werden gebruikt, werd er een analyse uitgevoerd op deze meststof? Zo ja, kan u het **volgnummer** van de analyse hieronder vermelden en een kopie van het analyseverslag meesturen met de enquête. Noteer best het perceelsnummer op het analyseverslag.

volgnummer mestanalyse:	analyse 1:	analyse 2:
-------------------------	-------------------	-------------------

4. Grondbewerkingen

Welke grondbewerkingen werden uitgevoerd **na de oogst** in het najaar 2006 (voor boomteelt: ook wortelsnoei vermelden)?

bewerkingen	datum	1 geploegd	2 gefreesd	3 rotoreg	4 wortelsnoei	5 andere
bewerking 1	.. / .. / 2006	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
bewerking 2	.. / .. / 2006	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Teeltgegevens

teelten 2006	hoofddeel 1		hoofddeel 2		groenbemester	
welke teelt?						
zaai-/plantdatum:	.. / .. / / .. / / .. / ..	
oogstdatum:	.. / .. / / .. / / .. / ..	
opbrengst: (of ontwikkeling groenbemester):	<input type="checkbox"/> 1	zeer goed	<input type="checkbox"/> 1	zeer goed	<input type="checkbox"/> 1	zeer goed
	<input type="checkbox"/> 2	normaal	<input type="checkbox"/> 2	normaal	<input type="checkbox"/> 2	normaal
	<input type="checkbox"/> 3	lager dan normaal	<input type="checkbox"/> 3	lager dan normaal	<input type="checkbox"/> 3	lager dan normaal
	<input type="checkbox"/> 4	slecht	<input type="checkbox"/> 4	slecht	<input type="checkbox"/> 4	slecht
	<input type="checkbox"/> 5	niet geoogst	<input type="checkbox"/> 5	niet geoogst	<input type="checkbox"/> 5	niet opgekomen
Bij minder goede opbrengst, wat was de reden hiervoor?	<input type="checkbox"/> 1	ziekten	<input type="checkbox"/> 1	ziekten	<input type="checkbox"/> 1	ziekten
	<input type="checkbox"/> 2	droogte	<input type="checkbox"/> 2	droogte	<input type="checkbox"/> 2	droogte
	<input type="checkbox"/> 3	bodemproblemen	<input type="checkbox"/> 3	bodemproblemen	<input type="checkbox"/> 3	bodemproblemen
	<input type="checkbox"/> 4	...	<input type="checkbox"/> 4	...	<input type="checkbox"/> 4	...
Wat gebeurde met eventuele oogstresten of groenbemester?	<input type="checkbox"/> 1	op veld laten liggen	<input type="checkbox"/> 1	op veld laten liggen	<input type="checkbox"/> 1	doodgevroren
	<input type="checkbox"/> 2	ondergefreed	<input type="checkbox"/> 2	ondergefreed	<input type="checkbox"/> 2	ondergefreed
	<input type="checkbox"/> 3	omgeploegd	<input type="checkbox"/> 3	omgeploegd	<input type="checkbox"/> 3	omgeploegd
	<input type="checkbox"/> 4	verwijderd	<input type="checkbox"/> 4	verwijderd	<input type="checkbox"/> 4	doodgespoten
	<input type="checkbox"/> 5	geen oogstresten	<input type="checkbox"/> 5	geen oogstresten	<input type="checkbox"/> 5	...
bestemming hoofddeelt:	<input type="checkbox"/> 1	versmarkt	<input type="checkbox"/> 1	versmarkt		
	<input type="checkbox"/> 2	diepvriesindustrie	<input type="checkbox"/> 2	diepvriesindustrie		
	<input type="checkbox"/> 3	verwerkende industrie	<input type="checkbox"/> 3	verwerkende industrie		
kwaliteitslabel?	<input type="checkbox"/> ja	...	<input type="checkbox"/> ja	...		
werd er geïrrigeerd?	ja <input type="checkbox"/>	neen <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	neen <input type="checkbox"/>		



Bijkomende opmerkingen

Perceelsnummer:

Zijn ervoor dit perceel bijkomende specifieke omstandigheden te vermelden voor de beoordeling van het nitraatresidu?

Heeft u nog andere opmerkingen te vermelden?

Noteer hier uw e-mailadres indien u een samenvattend verslag van dit onderzoek wenst te ontvangen eind dit jaar.

2. Resultaten Monte Carlosimulatie

Resultaten Monte- Carlosimulatie

Perceelsnummer	Teelt	Textuur	Gemiddelde		Std Deviation	Variance	90 % Betrouwbaarheidsinterval	
			Werkelijk	Gesimuleerd			Ondergrens	Bovengrens
ENQ/NR/1012	bloemkool	zandleem	-207,66	-202,61	115,96	13447,23	-393,17	-7,33
ENQ/NR/1068	bloemkool	leem	-525,38	-519,58	149,86	22458,37	-765,33	-276,04
ENQ/NR/1086	bloemkool	zandleem	-244,82	-235,34	100,80	10159,91	-398,48	-71,44
ENQ/NR/1101	bloemkool	zandleem	-262,42	-254,15	144,18	20788,54	-489,09	-14,29
ENQ/NR/1167	bloemkool	leem	-98,16	-104,87	116,84	13652,19	-294,03	85,62
ENQ/NR/1243	bloemkool	zandleem	-289,75	-285,09	128,24	16444,58	-493,53	-74,97
ENQ/NR/1247	bloemkool	leem	-44,44	-46,28	102,61	10527,95	-214,54	123,53
ENQ/NR/1261	bloemkool	zandleem	-613,32	-596,63	168,87	28518,57	-876,13	-324,70
ENQ/NR/1291	bloemkool	zandleem	-279,54	-267,34	111,08	12338,27	-454,03	-85,41
ENQ/NR/1297	bloemkool	leem	-53,83	-61,72	128,97	16632,09	-275,22	154,34
ENQ/NR/1301	bloemkool	zandleem	-268,37	-258,51	141,05	19895,86	-492,08	-24,08
ENQ/NR/1316	bloemkool	zandleem	182,08	182,79	90,21	8138,28	39,64	329,43
ENQ/NR/1348	bloemkool	zandleem	-61,53	-55,31	83,03	6894,66	-191,76	83,23
ENQ/NR/1354	bloemkool	leem	-198,65	-201,01	108,63	11799,66	-381,35	-22,50
ENQ/NR/1403	bloemkool	zandleem	127,75	132,77	89,17	7951,39	-13,26	284,78
ENQ/NR/1427	bloemkool	zandleem	-136,32	-133,18	117,40	13783,35	-325,49	59,09
ENQ/NR/1455	bloemkool	leem	156,47	143,72	79,70	6351,84	14,26	279,04
ENQ/NR/1512	bloemkool	zandleem	-292,98	-280,75	116,55	13583,13	-474,90	-91,51
ENQ/NR/1516	bloemkool	zandleem	16,09	20,82	81,30	6609,30	-109,68	157,23
ENQ/NR/1532	bloemkool	leem	-605,55	-622,45	169,97	28888,56	-907,41	-344,01
ENQ/NR/1551	bloemkool	leem	-926,82	-921,32	189,88	36053,34	-1240,96	-610,88
ENQ/NR/1575	bloemkool	zandleem	90,11	81,99	82,34	6780,62	-50,72	217,88
ENQ/NR/1576	bloemkool	zandleem	-66,37	-61,37	129,34	16729,25	-270,79	154,35
ENQ/NR/1582	bloemkool	leem	-122,47	-131,27	116,58	13589,83	-320,23	59,37
ENQ/NR/1588	bloemkool	zandleem	70,47	72,17	92,64	8583,02	-76,11	228,80
ENQ/NR/1606	bloemkool	zandleem	90,44	95,85	96,37	9286,60	-63,72	255,44
ENQ/NR/1648	bloemkool	zandleem	-190,11	-183,55	127,81	16334,96	-391,28	28,65
ENQ/NR/1658	bloemkool	zand	-132,32	-125,05	131,41	17268,04	-340,64	95,37
ENQ/NR/1671	bloemkool	zandleem	-508,52	-496,95	138,93	19300,99	-731,04	-265,17
ENQ/NR/1674	bloemkool	zandleem	-112,52	-104,26	90,05	8109,37	-250,83	46,00
ENQ/NR/1676	bloemkool	polderklei	55,92	60,69	121,96	14874,86	-131,99	262,68
ENQ/NR/1689	bloemkool	leem	-122,92	-127,72	127,72	16313,62	-332,11	85,30
ENQ/NR/1704	bloemkool	zand	-174,73	-163,24	111,36	12400,53	-347,16	19,21
ENQ/NR/1714	bloemkool	leem	-45,72	-54,99	92,92	8634,47	-206,10	102,76



Resultaten Monte- Carlosimulatie

Perceelsnummer	Teelt	Textuur	Gemiddelde		Std Deviation	Variance	90 % Betrouwbaarheidsinterval	
			Werkelijk	Gesimuleerd			Ondergrens	Bovengrens
ENQ/NR/1729	bloemkool	leem	-150,15	-152,60	127,60	16281,17	-360,22	61,58
ENQ/NR/1735	bloemkool	zandleem	-23,60	-18,00	82,18	6753,79	-152,88	117,72
ENQ/NR/1748	bloemkool	zand	-214,49	-208,51	113,44	12867,52	-394,35	-18,59
ENQ/NR/1760	bloemkool	zand	-182,80	-171,71	143,94	20719,45	-411,12	62,37
ENQ/NR/1761	bloemkool	zandleem	-317,42	-311,01	135,20	18279,82	-529,68	-87,42
ENQ/NR/1788	bloemkool	zandleem	-72,99	-67,66	92,39	8535,30	-217,53	81,45
ENQ/NR/1799	bloemkool	zand	-631,56	-615,63	162,34	26353,06	-881,23	-350,70
ENQ/NR/1800	bloemkool	zandleem	-694,70	-680,64	153,44	23543,13	-933,73	-430,05
ENQ/NR/1810	bloemkool	zandleem	-236,22	-226,25	101,60	10322,67	-394,31	-60,82
ENQ/NR/1811	bloemkool	leem	-167,95	-168,15	131,15	17201,24	-379,15	49,20
ENQ/NR/1813	bloemkool	zandleem	-307,22	-298,71	140,65	19782,88	-531,92	-61,79
ENQ/NR/1824	bloemkool	zandleem	-240,72	-231,49	90,23	8141,70	-383,12	-82,43
ENQ/NR/1100	knolselder	zandleem	108,42	106,60	77,40	5990,79	-16,49	235,61
ENQ/NR/1260	knolselder	leem	28,84	9,18	76,07	5786,61	-114,44	132,93
ENQ/NR/1425	knolselder	zandleem	27,76	23,58	59,65	3557,86	-71,62	122,35
ENQ/NR/1524	knolselder	zandleem	-120,00	-111,65	98,05	9613,00	-268,88	52,98
ENQ/NR/1633	knolselder	zandleem	6,24	11,17	73,36	5381,21	-107,72	131,78
ENQ/NR/1685	knolselder	leem	103,14	82,30	67,23	4520,43	-23,87	193,47
ENQ/NR/1750	knolselder	leem	-26,41	-41,15	79,17	6268,50	-172,13	91,17
ENQ/NR/1825	knolselder	zandleem	-164,76	-179,96	102,77	10561,23	-346,99	-9,97
ENQ/NR/1014	prei	zandleem	-6,03	-1,14	73,38	5383,96	-118,78	121,98
ENQ/NR/1032	prei	zand	-298,02	-287,99	120,02	14405,16	-484,37	-93,84
ENQ/NR/1047	prei	zandleem	-346,55	-337,24	100,56	10111,99	-502,84	-169,71
ENQ/NR/1048	prei	zandleem	188,73	191,56	91,13	8303,97	48,19	347,66
ENQ/NR/1062	prei	zandleem	-12,14	-5,43	82,62	6825,92	-140,99	133,64
ENQ/NR/1070	prei	zandleem	-219,76	-206,75	120,38	14491,36	-406,53	-8,71
ENQ/NR/1075	prei	zand	-20,20	-11,16	98,20	9642,38	-172,43	153,72
ENQ/NR/1149	prei	zandleem	-43,55	-38,31	72,65	5277,74	-155,23	85,22
ENQ/NR/1171	prei	zand	98,86	100,47	88,73	7872,77	-40,97	249,97
ENQ/NR/1190	prei	zandleem	64,88	68,58	67,10	4502,84	-35,13	182,13
ENQ/NR/1207	prei	zand	-21,52	-18,59	82,70	6839,45	-154,74	115,75
ENQ/NR/1227	prei	leem	-115,79	-115,16	100,18	10036,57	-277,20	51,63
ENQ/NR/1229	prei	zandleem	72,49	70,21	92,07	8476,17	-80,96	223,04
ENQ/NR/1252	prei	zandleem	85,52	90,42	80,44	6471,06	-39,83	225,86
ENQ/NR/1256	prei	zandleem	-21,51	-16,22	100,58	10115,74	-181,49	149,63



Resultaten Monte- Carlosimulatie

Perceelsnummer	Teelt	Textuur	Gemiddelde		Std Deviation	Variance	90 % Betrouwbaarheidsinterval	
			Werkelijk	Gestimuleerd			Ondergrens	Bovengrens
ENQ/NR/1283	prei	zandleem	217,57	220,61	81,19	6592,15	94,90	359,52
ENQ/NR/1304	prei	leem	-81,13	-82,50	80,76	6522,88	-212,64	50,90
ENQ/NR/1306	prei	zandleem	-155,92	-149,87	75,96	5769,95	-270,85	-19,61
ENQ/NR/1307	prei	leem	180,71	150,66	63,83	4074,34	48,57	256,84
ENQ/NR/1313	prei	leem	72,74	61,56	84,10	7071,99	-72,87	201,25
ENQ/NR/1315	prei	zandleem	-237,63	-230,61	80,77	6523,36	-361,38	-96,43
ENQ/NR/1329	prei	polderklei	-4,23	-12,88	67,30	4528,72	-121,52	97,83
ENQ/NR/1342	prei	zandleem	218,35	222,79	67,80	4596,36	117,08	337,88
ENQ/NR/1345	prei	zandleem	84,21	84,40	70,27	4938,37	-24,81	203,12
ENQ/NR/1366	prei	zandleem	-38,13	-31,29	77,26	5969,76	-155,38	98,36
ENQ/NR/1384	prei	zand	-182,92	-186,65	97,70	9545,03	-350,43	-25,44
ENQ/NR/1390	prei	zand	170,45	174,51	92,51	8558,12	26,00	329,80
ENQ/NR/1438	prei	zand	31,37	27,85	89,24	7964,19	-112,65	173,33
ENQ/NR/1452	prei	zandleem	-38,13	-33,63	69,41	4817,53	-146,00	81,98
ENQ/NR/1496	prei	zand	-3,21	-7,86	111,40	12410,62	-178,18	177,89
ENQ/NR/1517	prei	zandleem	-25,55	-18,89	99,85	9970,83	-182,82	144,86
ENQ/NR/1520	prei	zandleem	-86,66	-81,76	67,70	4582,78	-194,25	29,43
ENQ/NR/1562	prei	leem	76,83	66,48	71,89	5168,57	-48,60	187,20
ENQ/NR/1568	prei	leem	-25,91	-26,11	82,80	6855,79	-164,29	110,87
ENQ/NR/1580	prei	zandleem	61,11	66,50	98,15	9633,05	-94,08	232,19
ENQ/NR/1593	prei	leem	33,39	23,62	71,23	5074,08	-31,89	176,74
ENQ/NR/1623	prei	zandleem	-86,72	-77,69	96,89	9386,77	-237,60	81,33
ENQ/NR/1635	prei	zand	57,06	64,25	93,06	8660,72	-84,94	218,78
ENQ/NR/1644	prei	zandleem	-32,58	-27,07	77,01	5930,83	-150,85	100,66
ENQ/NR/1646	prei	zandleem	-56,87	-60,31	74,71	5582,05	-182,62	62,97
ENQ/NR/1663	prei	zandleem	-161,72	-153,35	90,67	8221,76	-300,66	-7,76
ENQ/NR/1662	prei	zandleem	76,32	81,40	81,04	6566,69	-51,52	216,28
ENQ/NR/1668	prei	zandleem	24,75	29,55	72,22	5215,34	-84,45	150,46
ENQ/NR/1681	prei	zandleem	37,94	38,99	57,60	3318,18	-55,61	135,69
ENQ/NR/1758	prei	zand	-231,23	-219,41	109,17	11918,95	-400,47	-40,30
ENQ/NR/1766	prei	zandleem	-290,00	-285,67	97,41	9488,32	-441,72	-127,04
ENQ/NR/1773	prei	zandleem	11,85	16,78	73,69	5430,91	-103,44	137,11
ENQ/NR/1819	prei	leem	53,80	46,09	87,56	7667,39	-97,16	190,24
ENQ/NR/1820	prei	zandleem	-96,55	-94,28	127,59	16279,66	-305,93	115,17
ENQ/NR/1821	prei	zandleem	-91,06	-88,30	78,84	6216,44	-216,39	43,47



Resultaten Monte- Carosimulatie

Perceelsnummer	Teelt	Textuur	Gemiddelde		Std Deviation	Variance	90 % Betrouwbaarheidsinterval	
			Werkelijk	Gesimuleerd			Ondergrens	Bovengrens
ENO/NR/1097	spinazie	zand	-341,70	-337,19	103,42	10696,71	-506,29	-168,31
ENO/NR/1202	spinazie	zand	0,43	-5,03	100,14	10028,84	-165,57	159,51
ENO/NR/1205	spinazie	zand	-219,99	-217,82	105,68	11167,75	-389,28	-44,53
ENO/NR/1206	spinazie	zand	-140,57	-140,13	97,45	9495,57	-295,95	19,26
ENO/NR/1210	spinazie	zand	64,97	62,63	92,81	8614,05	-82,98	219,98
ENO/NR/1214	spinazie	zandleem	78,57	81,93	119,59	14302,54	-112,06	278,28
ENO/NR/1223	spinazie	zand	-437,12	-428,73	138,57	19200,42	-655,25	-205,89
ENO/NR/1224	spinazie	zandleem	-209,90	-224,95	93,02	8652,94	-374,88	-72,13
ENO/NR/1234	spinazie	zandleem	-38,78	-39,64	91,23	8323,23	-190,03	113,63
ENO/NR/1255	spinazie	zandleem	-140,76	-140,39	96,52	9316,54	-296,91	20,05
ENO/NR/1333	spinazie	polderklei	-176,44	-178,92	96,86	9381,99	-337,96	-20,84
ENO/NR/1398	spinazie	zand	-111,22	-106,26	87,60	7673,87	-248,72	39,42
ENO/NR/1400	spinazie	zandleem	-212,17	-213,71	94,88	9002,65	-368,23	-55,86
ENO/NR/1408	spinazie	zand	-161,35	-160,22	145,26	21099,34	-394,88	78,44
ENO/NR/1440	spinazie	zand	-132,82	-141,01	71,87	5165,52	-256,40	-21,49
ENO/NR/1451	spinazie	zand	-31,13	-29,65	113,68	12923,41	-210,85	161,01
ENO/NR/1453	spinazie	leem	-6,53	-22,03	78,34	6137,61	-148,88	107,62
ENO/NR/1457	spinazie	zand	-236,69	-228,20	107,90	11641,73	-404,72	-48,41
ENO/NR/1480	spinazie	zand	-16,06	-14,05	67,97	4619,51	-121,75	105,10
ENO/NR/1482	spinazie	zand	-8,49	-6,88	104,00	10815,36	-177,58	164,83
ENO/NR/1507	spinazie	leem	267,57	257,05	124,23	15433,78	53,89	461,03
ENO/NR/1540	spinazie	zandleem	-206,20	-204,00	104,78	10978,67	-379,11	-27,17
ENO/NR/1555	spinazie	zand	-179,41	-173,02	102,98	10604,36	-339,44	-2,95
ENO/NR/1556	spinazie	zand	-407,18	-401,44	121,85	14846,34	-601,29	-201,45
ENO/NR/1607	spinazie	zand	57,95	48,59	92,53	8561,94	-97,51	202,58
ENO/NR/1665	spinazie	leem	-93,12	-110,52	90,40	8172,02	-255,49	42,42
ENO/NR/1736	spinazie	zandleem	-175,06	-177,21	99,47	9893,44	-341,23	-10,50
ENO/NR/1782	spinazie	zand	61,98	60,06	110,98	12316,03	-123,51	246,93
ENO/NR/1780	spinazie	zand	-82,61	-79,81	136,69	18684,48	-310,33	146,45
ENO/NR/1021	spruitkool	leem	-78,19	-94,82	87,33	7626,55	-232,96	51,71
ENO/NR/1219	spruitkool	zandleem	93,51	90,69	92,90	8631,10	-55,80	248,85
ENO/NR/1245	spruitkool	zandleem	-75,34	-72,35	79,59	6334,10	-202,07	62,05
ENO/NR/1259	spruitkool	zandleem	-58,32	-53,12	77,57	6017,52	-177,58	77,41
ENO/NR/1355	spruitkool	zandleem	-35,03	-33,65	86,21	7431,68	-171,56	107,71
ENO/NR/1359	spruitkool	zandleem	1,96	-0,81	72,59	5269,44	-121,31	119,70
ENO/NR/1410	spruitkool	zand	-93,82	-107,98	83,87	7033,63	-236,77	35,72



Resultaten Monte- Carlosimulatie

Perceelsnummer	Teelt	Textuur	Gemiddelde		Std Deviation	Variance	90 % Betrouwbaarheidsinterval	
			Werkelijk	Gesimuleerd			Ondergrens	Bovengrens
ENQ/NR/1414	spruitkool	zandleem	33,92	25,90	87,56	7667,13	-113,89	172,05
ENQ/NR/1420	spruitkool	zandleem	-10,95	-16,40	97,16	9439,17	-172,29	142,88
ENQ/NR/1558	spruitkool	zandleem	-18,39	-18,82	82,48	6802,54	-150,92	119,31
ENQ/NR/1602	spruitkool	leem	76,79	50,94	77,52	6009,04	-72,14	181,48
ENQ/NR/1831	spruitkool	zandleem	-18,68	-25,74	82,58	6819,48	-159,30	111,42
ENQ/NR/1834	spruitkool	zandleem	-115,13	-115,17	79,26	6282,00	-241,23	17,93
ENQ/NR/1083	struikbonen	leem	-3,43	-25,19	57,82	3343,40	-118,55	72,63
ENQ/NR/1108	struikbonen	zandleem	84,66	79,09	61,89	3830,12	-17,56	183,94
ENQ/NR/1163	struikbonen	zand	-33,29	-32,32	81,05	6569,05	-161,76	103,24
ENQ/NR/1308	struikbonen	zandleem	15,95	14,17	57,01	3250,14	-77,34	110,14
ENQ/NR/1312	struikbonen	zandleem	-61,39	-63,11	98,83	9767,80	-226,76	97,60
ENQ/NR/1335	struikbonen	zandleem	114,76	114,25	63,98	4093,56	14,77	220,34
ENQ/NR/1467	struikbonen	zandleem	63,00	57,52	62,57	3914,79	-42,09	165,15
ENQ/NR/1618	struikbonen	leem	-102,13	-126,28	63,13	3985,13	-228,29	-21,93
ENQ/NR/1624	struikbonen	leem	311,95	290,08	123,35	15214,22	89,05	488,41
ENQ/NR/1711	struikbonen	zandleem	-251,13	-250,82	104,08	10833,65	-416,09	-79,19
ENQ/NR/1103	wortelen	zand	-372,98	-366,39	107,58	11573,14	-539,63	-186,80
ENQ/NR/1242	wortelen	zand	88,17	88,28	64,90	4212,24	-11,24	200,92
ENQ/NR/1309	wortelen	zandleem	68,68	63,29	63,12	3983,85	-34,97	170,47
ENQ/NR/1330	wortelen	zand	109,87	109,38	88,42	7818,76	-26,92	259,31
ENQ/NR/1360	wortelen	leem	20,21	-1,12	59,26	3511,48	-95,40	98,27
ENQ/NR/1365	wortelen	leem	-12,22	-37,09	59,62	3564,17	-131,06	61,90
ENQ/NR/1419	wortelen	zandleem	324,04	317,91	115,55	13352,32	133,04	504,31
ENQ/NR/1428	wortelen	leem	-49,66	-70,90	50,68	2568,25	-153,06	13,76
ENQ/NR/1461	wortelen	zand	185,83	180,82	74,71	5581,15	64,62	309,95
ENQ/NR/1491	wortelen	zand	42,00	39,77	71,40	5097,33	-74,36	161,20
ENQ/NR/1546	wortelen	zandleem	-42,14	-36,45	80,61	6497,92	-163,86	96,96
ENQ/NR/1573	wortelen	zandleem	-19,87	-19,40	70,29	4941,19	-128,89	103,61
ENQ/NR/1631	wortelen	zand	53,20	39,25	65,39	4275,69	-59,33	150,12



3. Technisch verslag demoproject 2006-2007 proeftuinen (aparte bijlage)