

RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEU (RIVM)
BILTHOVEN

LANDBOUW ECONOMISCH INSTITUUT (LEI-DLO),
DEN HAAG

RIVM-rapport 714801014

**Resultaten Meetprogramma Kwaliteit Bovenste
Grondwater Landbouwbedrijven in het
zandgebied (MKBGL-zand) 1992 - 1995**

B. Fraters, H.A. Vissenberg, L.J.M. Boumans (RIVM)
T. de Haan, D.W. de Hoop (LEI-DLO)

december 1997

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal Milieubeheer van het Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Directie Drinkwater, Water en Landbouw en van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.
(subprojectnummer 714905, Meetprogramma kwaliteit bovenste grondwater landbouwbedrijven, MAP Milieu 1992-1996)

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Postbus 1, 3729 BA Bilthoven, telefoon: 030.2749111, fax: 030.2742971

Verzendlijst

- 1-5 Directeur van de Directie Drinkwater, Water en Landbouw van het
Directoraat-Generaal Milieubeheer van het Ministerie van VROM - G.J.A. Al
6 plv. Directeur-Generaal Milieubeheer - B.C.J. Zoeteman
7 Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, directie Landbouw
8 Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, directie Natuur
9 Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, directie Landbouwkundig
Onderzoek
10 Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, directie Facilitaire Diens,
Bibliotheek
11 Directeur van het Landbouw Economisch Instituut (LEI-DLO)
- 12 De directeur van het RIZA
13 Directeur van het Staring Centrum (SC-DLO)
14 Directeur van het Centrum voor Landbouw en Milieu
15 Directeur van het KIWA
- 16 M.M. Dorenbosch, DGM/DWL
17 H.O. Hooghoudt, DGM/DWL
18 J. van der Kolk, DGM/DWL
19 N.J. Molenaar, DGM/DWL
20 A. Roos, DGM/DWL
21 J.F.M. van Vliet, DGM/DWL
22 R.A. Donker, LNV/DL
23 A. van Straaten, LNV/DL
24 H. Smit, LNV/DL
- 25 P. Groenendijk
26 I.G.A.M. Noij, SC-DLO
27 C. Roest, SC-DLO
28 O.F. Schoumans, SC-DLO
29 P. Boers, RIZA
30 F. Verstraten, IKC/L
31 H.J. Westhoek, IKC/L
32 C.G.E.M van Beek, KIWA
33 D.J. den Boer, NMI
34 H.F.M. Aarts, AB-DLO (Wageningen)
35 O. Oenema, AB-DLO (Haren)
36 J.J. Schröder, AB-DLO (Wageningen)
37 F.G. Wijnands, PAGV
38 J. Remmers, Natuur en Milieu
39 P. Vertegaal, Waterpakt
40 G.J.W. Krajenbrink, Waterleiding Laboratorium Oost
41 E.C. van Swinderen, N.O.C.
42-53 Deelnemers overleg provinciale bodemkwaliteitsmeetnetten
54-66 TCB-werkgroep 'Bodemvruchtbaarheid en kwaliteit van bodem en water'

67	D. Boschma, NVV - afdeling Noord
68	G. Roos, NVV
69	Depot van Nederlandse publicaties en Nederlandse bibliografie
70	Directie RIVM
71	F. Langeweg
72	R. Cleven (LAC)
73	G. van Drecht (LWD)
74	A.J. Folkerts (LWD)
75	G.J. Heij (NOP)
76	K.W. van der Hoek (LAE)
77	N.J.P. Hoogervorst (LAE)
78	L. van Liere (LWD)
79	J.H.C. Mülschlegel (LWD)
80	J. Notenboom (LWD)
81	R. Reiling (MNV)
82	E. Smit (LAC)
83	R. van den Berg
84	G.P. Beugelink
85	L.J.M. Boumans
86	J.J.B. Bronswijk
87	W. van Duijvenbooden
88	J.J.M. v. Grinsven
89	R. Jeths
90	J.W. de Kwaadsteniet
91	H.L.J. van Maaren
92	G.B. Makaske
93	C.R. Meinardi
94	H.F. Prins
95	D. Wever
96	W.J. Willems
97	Hoofd Bureau Voorlichting en Public relations
98	Bureau Rapportenregistratie
99	CCRX secretariaat
100 - 101	Bibliotheek RIVM
101 - 116	Auteurs
117 - 176	LEI-Boekhouders
177 - 200	Bureau Rapportenbeheer

Voorwoord

Het voorliggende rapport is het zesde in de reeks van het Meetprogramma van het Meetprogramma Kwaliteit Bovenste Grondwater Landbouwbedrijven. De overige rapporten zijn, met één uitzondering, verschenen als RIVM-rapport. Het betreft de volgende rapporten:

- Meetprogramma Kwaliteit Bovenste Grondwater Landbouwbedrijven, resultaten eerste bemonstering 1992, RIVM rapport nummer 714901002;
- Nitraat in het bovenste grondwater bij landbouwgewassen, bos en heideveld in de zandgebieden van Nederland, RIVM rapport nummer 714901004;
- Meetprogramma Kwaliteit Bovenste Grondwater Landbouwbedrijven, resultaten tweede bemonstering 1993, RIVM rapport nummer 714831001;
- Evaluatie van het Meetprogramma Kwaliteit Bovenste Grondwater Landbouwbedrijven - eerste fase -, CQM rapport nummer E1161-01
- Effecten van neerslag op nitraat in het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven in de zandgebieden, gevolgen voor de inrichting van het MOnitoringnetwerk effecten mestbeleid op Landbouwbedrijven (MOL), RIVM rapport nummer 714831002.

Het onderzoek is in 1991 opgedragen door de Ministeries van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) en van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (LNV). Het onderzoek is uitgevoerd door het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) in samenwerking met het Landbouw Economisch Instituut (LEI-DLO).

De auteurs willen de begeleidingscommissie bedanken voor de stimulerende opmerkingen tijdens de uitvoering van het onderzoek en bij de concept-versies van dit rapport. De begeleidingscommissie was als volgt samengesteld:

drs. M.M. Dorenbosch (VROM/DGM, directie DWL; voorzitter tot december 1994)

ir. H.O. Hooghoudt (VROM/DGM, directie DWL; voorzitter vanaf december 1994)

dr.ir. J.G. de Wilt (LNV/DL; tot februari 1993)

dr.ir. R.A. Donker (LNV/DL; februari 1993-oktober 1995)

ir. H.P. Smit (LNV/DL; vanaf oktober 1995)

ir. I.G.A.M. Noij (vanaf oktober 1995 namens SC-DLO, daarvoor namens IKC/L)

ir. H.J. Westhoek (IKC/L; oktober 1995 - februari 1996)

ing. F. Verstraten (IKC/L; vanaf februari 1996)

Verder bedanken wij J.J.B. Bronswijk en W.J. Willems voor hun commentaar en suggesties. Voor de ondersteuning bij het veldwerk bedanken wij L.F.L. Gast, R. Jeths, H.J.L. van Maaren en D. Wever. Tot slot bedanken wij E.C. van Swinderen die met veel enthousiasme de eerste jaren het meetprogramma heeft helpen opzetten.

Bilthoven, 15 september 1997

De auteurs

Inhoudsopgave

Verzendlijst	3
Voorwoord	5
Abstract	11
Summary	13
Samenvatting	17
1. Inleiding	21
1.1 Algemeen	21
1.2 Doelstelling en onderzoeksdoelen	24
1.3 Opbouw van het rapport	25
2. Opzet en uitvoering van het meetprogramma	27
2.1 Opzet van het meetprogramma	27
2.1.1 Keuze van schaalniveau en onderzoekslocaties	27
2.1.2 Bemonsteringsstrategie en aantalsbepaling	28
2.2 Bemonsteringsmethode	32
2.2.1 Algemene aanpak	32
2.2.2 Werkwijze in het veld	34
2.3 Analysepakket en methode	36
2.3.1 Keuze van het analysepakket	36
2.3.2 Chemische analyse van het grondwater	36
3. Bedrijfsvoering, bodembelasting en mineralenoverschotten	39
3.1 Bedrijfsvoering op de veehouderijbedrijven	39
3.2 Bodembelasting met mineralen op de veehouderijbedrijven	47
3.3 Mineralenoverschotten op de veehouderijbedrijven	52
3.4 Bedrijfsvoering op de akkerbouwbedrijven	53
3.5 Bodembelasting met mineralen op de akkerbouwbedrijven	54
3.6 Mineralenoverschotten op de akkerbouwbedrijven	57
4. Resultaten van de bemonstering	59
4.1 Inleiding	59
4.2 Grondwaterkwaliteit in het zandgebied	60
4.3 Stikstof	63
4.3.1 Algemeen	63
4.3.2 Nitraat	64
4.3.3 Ammonium	67
4.4 Fosfaat	69

4.4.1 Algemeen	69
4.4.2 Ortho-fosfaat	70
4.4.3 Totaal-fosfaat	73
4.4.4 Verhouding totaal-fosfaat en ortho-fosfaat	76
4.5 Kalium	77
4.6 Overige parameters	80
4.6.1 Chloride	80
4.6.2 Opgeloste organische stof	83
4.6.3 Zuurgraad	85
4.6.4 Geleidingsvermogen	88
4.6.5 Grondwaterstanden	90
4.7 Grondwaterkwaliteitsveranderingen binnen een jaar	92
4.7.1 Inleiding	92
4.7.2 Nitraat	92
4.7.3 Ammonium	93
4.7.4 Fosfaat	94
4.7.5 Kalium	95
4.7.6 Chloride	95
4.7.7 Grondwaterstand	96
4.7.8 Algemeen beeld van de veranderingen binnen een jaar	98
4.8 De weersinvloed op de grondwaterkwaliteit	100
4.8.1 Inleiding	100
4.8.2 Veranderingen in de bedrijfskarakteristieken	100
4.8.3 Veranderingen in de neerslag	103
4.8.4 Veranderingen van andere grondwaterkwaliteitsparameters	104
5. Het verband tussen bedrijfskarakteristieken en grondwaterkwaliteit	107
5.1 Methode en verklarende variabelen	107
5.2 De relatie tussen stikstofbelasting en nitraatconcentratie	110
5.3 De relatie tussen kaliumbelasting en kaliumconcentratie	117
6. Conclusies	125
6.1 De bedrijfsvoering	125
6.2 De grondwaterkwaliteit	125
6.3 Bedrijfsvoering en grondwaterkwaliteit	127
Literatuur	129
Bijlagen	133
I. Forfaitaire mineralenuitscheiding per diercategorie	135
II. Mineralenoverschotten	137
II.1 Stikstofbalans	138
II.2 Fosfaatbalans	140
II.3 Kaliumbalans	142
III. Gebruik van weegfactoren	145
IV. Cumulatieve frequentiediagrammen van de bedrijfsgemiddelde grondwaterparameters per categorie voor de periode 1992-1995	147
IV.1 Nitraat	148
IV.2 Ammonium	149

IV.3 Ortho-fosfaat	150
IV.4 Totaal-fosfaat	151
IV.5 Kalium	152
IV.6 Chloride	153
IV.7 DOC	154
IV.8 Zuurgraad (pH)	155
IV.9 Geleidingsvermogen (EC)	156
IV.10 Grondwaterstand	157
V. Berekening van de chloridegift	159
VI. Analyse van de invloed van het bemonsteringstijdstip op de grondwaterkwaliteit	161
VII. Correlatie matrix	176
VIII. Regressie-analyse met nitraatconcentratie als te verklaren variabele	179
IX. Regressie-analyse met kaliumconcentratie als te verklaren variabele	181

Abstract

The report documents the results of the four years of a monitoring programme started in 1992 to assess the quality of the upper groundwater in the sandy regions of the Netherlands affected by fertiliser and manure use in agriculture. This programme is a cooperative effort of the National Institute of Public Health and the Environment (RIVM) and the Agricultural Economics Research Institute (LEI-DLO).

The upper 100 cm of groundwater occurring within five metres of the surface was sampled at 99 farms (80 cattle and 19 arable) situated in the central, northern, eastern and southern sandy regions of the Netherlands. The samples were analysed for chloride, nitrate, ammonium, potassium, dissolved organic carbon and phosphate (ortho and total).

Taken on average, the nutrient load did not change in the study period. The groundwater characteristics, on the contrary, did change as a consequence of the increase in precipitation in the periode 1992-1995. Nitrate and chloride concentrations in the upper metre of the groundwater were halved in this period, while the phosphorus concentration doubled. The potassium and ammonium concentrations showed a slight decrease.

The average nitrate concentration in the upper metre of the groundwater under farms in the sandy regions of the Netherlands in the period 1992 - 1995, corrected for precipitation deviation from average, was found to be 158 mg.l⁻¹. This is over three times the limit value of 50 mg.l⁻¹. More than 95% of the farms in the sandy regions have a (precipitation corrected) nitrate concentration higher than the limit value.

A relationship was derived between groundwater quality on cattle farms (nitrate and potassium) and nutrient balance surplus, as well as between the percentage of silage maize and groundwater level. On arable farms no relationship could be derived because the number of farms was too small.

Summary

Introduction

Since 1985 the Dutch government has implemented several laws and regulations to prevent the growth of husbandry and to stop the increase in nutrient losses in agriculture. Since 1990 the use of manure has been restricted on the basis of phosphorus load. In 1998 both total phosphorus and nitrogen use in agriculture will be limited on intensive cattle farms. In the 1998 - 2010 period use will be further restricted and limitations will possibly be extended to all farms. In 1991 it was decided that monitoring of groundwater quality should start to include measuring the effectiveness of government policy.

From 1992 - 1995 a monitoring programme was executed in the sandy regions of the Netherlands, comprising roughly 40% of the agricultural area. This programme, representing a co-operative effort of the National Institute of Public Health and the Environment (RIVM) and the Agricultural Economics Research Institute (LEI-DLO), had the following goals:

1. Describing the current groundwater quality;
2. Detecting a relationship between groundwater quality and farm management practices
3. Developing an effective and efficient method for monitoring groundwater quality.

Results of the monitoring programme recorded here are for the total period. The multiple regression analysis was carried out using LEI-DLO farm-accounting data. A proposal for a monitoring network to detect the effects of legislation, especially for nitrogen, is reported separately (Boumans et al., 1997). Heavy metal results will also be reported separately (Fraters et al., in prep.).

The research was carried out on 40 dairy farms, 40 livestock farms with both dairy cows and pigs for breeding, and 19 arable farms. Intensive and less-intensive groups were selected for both dairy and livestock farms. The farms were visited yearly, with the exception of 1994. In 1994 the groundwater sampling was limited to the group of 20 less-intensive dairy farms and the 20 intensive livestock farms. From each of these groups, nine farms were visited both in early spring and late summer to study the effect of sampling time on the groundwater characteristics. Groundwater sampling was carried out between the last week of March and the second week of August. The upper metre of the groundwater, occurring within five metres of the surface, was sampled using a suction pump. Water was directly filtered over a 0.45 µm filter, acidified and stored at 4°C right up to the chemical analyses. Each farm had 48 boreholes; however, after a statistical analysis, it was decided to decrease the number of boreholes in 1995 to 16 per farm. Farm-accounting took place every year on all farms, the financial years being from May until April.

Farm management characteristics

In the years 1992 -1995 the average group nutrient load on farms changed little. Most of the other farm management characteristics showed a slight increase. On average, the farm acreage increased by 7%. Part of the arable land (maize) on dairy and livestock farms increased by 9%. On these farms the milk production per cow increased by 5%, the average number of cuttings on grassland by 13% and the fodder purchased for dairy cows by 5%. Major changes occurred in the emission-poor application of manure, the capacity to store manure and the artificially drained acreage. Since 1992 there has been a partial obligation to use an emission poor application of manure to the soil to prevent the emission of ammonia. Every year this

requirement is extended to a larger area and a longer period of the year. The average amount of manure applied in an emission-poor manner increased from 23% in 1991/'92 to 70% in 1994/'95. In addition to the obligation on emission-poor practices, the period during which manure may be applied was shortened. The capacity to store manure increased from 76% of the production to 89%. The area of land which is artificially drained increased from 16% to 21% (31% increase). There is no explanation for this increase.

The average surplus on the nutrient balance - the amount of nutrient imported minus the amount exported - did not change in the study period. The nitrogen (N) and phosphate (P_2O_5) balance surplus are used in legislation to limit nutrient use on farms in the period 1998 - 2010. In 1998 the respective levy-free arrangements for nitrogen and phosphate balance surplus will be 300 and 40 kg.ha⁻¹ for grassland and 175 and 40 kg.ha⁻¹ for arable land (including maize). In 2010 the respective levy-free arrangements for nitrogen and phosphate balance surplus will be 180 and 20 kg.ha⁻¹ for grassland and 100 and 20 kg.ha⁻¹ for arable land (including maize). The nitrogen balance surplus on dairy and livestock farms in the study period was 450 kg.ha⁻¹. The phosphate balance surplus was 86 kg.ha⁻¹ (P_2O_5) and the potassium balance surplus, 116 kg.ha⁻¹. On arable farms the nitrogen balance surplus was 198 kg.ha⁻¹. The phosphate balance surplus was 67 kg.ha⁻¹ (P_2O_5) and the potassium balance surplus, 50 kg.ha⁻¹.

Groundwater characteristics

Although the nutrient load did not change on average in the study period, the groundwater characteristics did. Nitrate and chloride concentrations in the upper metre of the groundwater were halved in this period, while the phosphorus concentration doubled. The potassium and ammonium concentrations showed a slight decrease (see *Table 111*).

Table 1 *Weighted average concentration in the upper metre of the groundwater under farms in the sandy areas of the Netherlands per year¹ and the non-weighted average for the period 1992-1995*

parameters	quality targets	1992	1993	1995	average ² 1992-1995
nitrate (NO ₃)	50 ^a	178	173	85 ^y	144
ammonium (NH ₄)	2.57 ^b	-	1.0	0.9	0.9
total phosphate (P)	0.40 ^b	0.08	0.09	0.41 ^y	0.21
ortho-phosphate (P)	0.10 ^c	0.02	0.04 ^y	0.05	0.05
potassium (K)	12 ^d	21	22	20	22
chloride (Cl)	100 ^e	49	48	30 ^y	40
groundwater level	-	155	129 ^y	89 ^y	124

All concentrations are in mg.l⁻¹ and groundwater level in cm below surface level.

- 1 Weighting based on representativity and farm acreage. In 1994 not all groups were sampled so weighting not possible.
- 2 Average of all farm average values for all the years in the period of 1992-1995, non-weighted.
- a Limit value based on the EU nitrate directive (EU, 1991); the target value is 25 mg.l⁻¹.
- b Target value for groundwater in sandy regions (VROM, 1992).
- c Advised value used to indicate phosphorus saturated soils.
- d No target value exists for groundwater. The drinking water target value (12 mg.l⁻¹) is given as an indication; this target value is used to detect faecal pollution of drinking water.
- e Target value for fresh water (VROM, 1992).
- y Significantly different from the foregoing year.

The change in the quality of the upper metre of the groundwater is caused by dilution effects and groundwater level rise as a consequence of increasing amount of precipitation. In the years preceding the first groundwater sampling campaign - April 1989 till March 1992 - precipitation was less than average, about 90 up to 110 mm less than the average of 784 mm per year for the sandy regions (1971 - 1995). The year 1993 (April 1992 - March 1993) was somewhat wetter than average (20 mm), while in 1994 and 1995 precipitation was much higher than average (250 mm).

The average nitrate concentration in the upper metre of the groundwater under farms in the sandy regions of the Netherlands in the period 1992 - 1995, corrected for precipitation deviation from average, is 158 mg.l^{-1} . This is over three times the limit value of 50 mg.l^{-1} . More than 95% of the farms in the sandy regions has a (corrected) nitrate concentration higher than the limit value. The average ammonium concentration is clearly lower than the target value. About 10% of the farms have an ammonium concentration higher than the target value of 2.57 mg.l^{-1} .

The average total phosphorus concentration in the period of 1992 - 1995 is 0.21 mg.l^{-1} ; this is half the target value for groundwater of 0.40 mg.l^{-1} . About 8% of the farms has an average total phosphorus concentration higher than this target value. About 66% of the farms have an average concentration that is higher than the limit value for phosphorus in surface water which is 0.15 mg.l^{-1} . Phosphorus concentration in groundwater is not a good indicator for monitoring the effects of legislation because of the large response time between changes in phosphorus load to the soil and the effects on the concentration in the groundwater. Soil phosphorus storage capacity parameters are probably better indicators.

The results of this programme show that the part of organic phosphorus components of the total phosphorus concentration in groundwater is larger than assumed. In earlier calculations it was assumed that about 33% of the phosphorus in groundwater was of organic origin. In this study the average varied among groups of farms between 60 and 85% in 1992 and 1993. In the years with higher groundwater levels these figures increased to 89 and 94%, respectively.

The actual groundwater level (measured in the sampling hole) increased on average by 0.65 m, from 1.49 m -sl (below surface level) in 1992 to 0.84 m -sl in 1995. Causes are the increase in precipitation and the earlier time of sampling. It is estimated that one-quarter to one-third of the increase in groundwater level is caused by earlier sampling.

Conclusions on the decrease in the average nitrate concentration:

1. The observed decrease in nitrate concentration in the upper metre of the groundwater is not due to a decrease in nitrogen use. The nitrogen application rate does not change in the 1991/'92 - 1994/'95 period.
2. The decrease in nitrate concentration can be fully explained by the increase in precipitation, causing an increase in the precipitation surplus and thereby an increase in dilution.
3. The measured nitrate concentration might be 5-10% lower because sampling has been carried out earlier in the year than in the years 1992 and 1993. This means that the decrease in nitrate concentration in the 1992 - 1995 period was perhaps not 93 mg.l^{-1} , but about 85 mg.l^{-1} . Nevertheless, there is no evidence that a systematic increase or decrease of the nitrate concentration occurs within a year.
4. In addition to dilution, an increase in denitrification may have partially caused the decrease in the nitrate concentration. The increase in precipitation caused a rise of the groundwater

level. As a consequence, longer periods than normal of anaerobic conditions may have occurred.

5. The fluctuation of the nitrate concentration within a year disappears when dilution and groundwater level changes are taken into account.

Conclusions on the changes in the concentrations of the other elements:

1. The increase in phosphorus and dissolved organic carbon (DOC) concentration are caused by an increased groundwater level in the period before sampling. The concentration in groundwater of these substances is determined by the amount sorbed onto the soil matrix. In the upper part of the soil profile the organic carbon content is higher - including the amount of organic phosphorus - as well as the amount of (inorganic) phosphorus sorbed onto the soil. The exchange processes - from matrix to solution and vice versa - seems to be slow because within a period of four months in 1994 no significant changes in phosphorus concentration occurred, while the groundwater level decreased on average by over 0.70 m.
2. The slight decrease in the ammonium and potassium concentrations compared with the decrease in chloride concentration is caused by the buffering of the concentration in solution by the NH_4^+ and K^+ sorbed onto the soil. In addition, anaerobic conditions in groundwater slow down the nitrification rate.

Relationship between farm management and groundwater quality

A relationship was derived between the nitrate concentration in the groundwater of dairy and livestock farms and the nitrogen balance surplus of the preceding year, as well as the average phosphorus condition of the farm soil - an indication of historical nutrient loads - and the part of the farm under maize production. In addition there is a relationship with the natural factors, precipitation and buffer capacity of the soil. The latter (mainly determined by the denitrification capacity) can be estimated by the average movement of groundwater level within a year, characterised by an average highest groundwater level and an average lowest groundwater level.

The decrease in nitrate concentration per 100 kg decrease in balance surplus found in this study is less than the decrease in nitrate concentration per 100 kg balance surplus found in experimental field research and on intensely surveyed farms. A decrease in the nitrogen balance surplus of 100 kg.ha⁻¹ per year causes a decrease in the nitrate concentration of 12 - 17 mg.l⁻¹ on dairy and livestock farms, if representative values for the other parameters are used. In experiments, a decrease of about 70 mg.l⁻¹ per 100 kg decrease in balance surplus was generally found. Extrapolating the results of this study without knowing the causes in the differences with the experimental result is not allowed. The results of this study can be used for interpolation, e.g. to give a spatial image of the current situation.

A relationship was derived between the potassium concentration in the groundwater of dairy and livestock farms and the potassium balance surplus of the preceding year, as well as the average phosphorus condition of the farm soil - an indication of historical nutrient loads, the part of the farm under maize production, the part of the farm acreage artificially drained and the number of times the grass fields were harvested.

A decrease in the potassium balance surplus of 100 kg.ha⁻¹ causes a decrease in the potassium concentration of 5 mg.l⁻¹ on dairy and livestock farms if using average values for the other parameters.

Samenvatting

Algemeen

In de periode 1992-1995 is een meetprogramma uitgevoerd naar de kwaliteit van het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven in het zandgebied van Nederland, inclusief de veenkoloniën. Jaarlijks is op circa 100 landbouwbedrijven zowel de bovenste meter van het grondwater bemonsterd als informatie verzameld over de bedrijfsvoering. Dit meetprogramma is onderdeel van het in oprichting zijnde Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM). Het LMM heeft tot doel de effecten van het mestbeleid op de grondwaterkwaliteit zichtbaar te maken. Het meetprogramma had als doelstellingen: (1) het vastleggen van de Ausgangssituatie m.b.t. de bedrijfsvoeringskarakteristieken alsook de kwaliteit van het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven in het zandgebied, (2) het vinden van een relatie tussen bedrijfskenmerken en grondwaterkwaliteit en (3) het optimaliseren van het meetprogramma voor gebruik als meetnet. Het meetprogramma is uitgevoerd door het RIVM en het LEI-DLO in opdracht van de ministeries van VROM en LNV.

Dit rapport doet verslag van de resultaten van het veldonderzoek uitgevoerd in de periode 1992-1995. Het onderzoek is uitgevoerd op circa 40 melkveehouderijbedrijven, 40 combinatiebedrijven (melkveehouderijbedrijven met een tak intensieve veehouderij) en 20 akkerbouwbedrijven in de veenkoloniën en het noordelijk zandgebied. In beide groepen veehouderijbedrijven is onderscheid gemaakt tussen een categorie extensieve en een categorie intensieve bedrijven. De bedrijven zijn jaarlijks bezocht. In 1994 is de bemonstering van het grondwater beperkt tot 20 extensieve melkveehouderijbedrijven en 20 intensieve combinatiebedrijven. In dat jaar zijn van elk van deze categorieën 9 bedrijven zowel in het vroege voorjaar als in de nazomer bemonsterd om het effect van het bemonsteringstijdstip op de grondwaterkwaliteit te bestuderen.

Bedrijfskarakteristieken

In de periode 1992-1995 verandert er in het algemeen weinig in de categoriegemiddelde bodembelasting, terwijl de meeste bedrijfsparameters een lichte toename te zien geven. Gemiddeld is het bedrijfsareaal iets toegenomen (7%) en ook het aandeel bouwland (9%). De melkproduktie per koe is iets gestegen (5%) en het gemiddelde maaipercantage is toegenomen (13%), alsook de voeraankopen voor graasdieren (5%). Grote wijzigingen hebben plaatsgevonden in de mate van emissie-arme aanwending van mest, de mestopslagcapaciteit, en het aandeel gedraineerde percelen. De emissie-arme aanwending bij de veehouderijcategorieën is toegenomen van gemiddeld 23% in het eerste jaar tot 70% het laatste jaar en de mestopslagcapaciteit van gemiddeld 76% tot 89% van de forfaitaire mestproduktie. Het aandeel van de grond dat gedraineerd is, is toegenomen van gemiddelde 16% van het areaal tot circa 21%. Op individuele bedrijven verandert de bedrijfsvoering in sommige gevallen aanzienlijk. De belasting van de bodem met mineralen als ook de mineralenoverschotten van de deelnemende bedrijven zijn in de vermelde periode echter nauwelijks gewijzigd. Het stikstofoverschot op de veehouderijbedrijven was gemiddeld 450 kg.ha⁻¹, het fosfaatoverschot 86 kg.ha⁻¹ en het kaliumoverschot 116 kg.ha⁻¹. Op de akkerbouwbedrijven was het stikstofoverschot gemiddeld 198 kg.ha⁻¹, het fosfaatoverschot 67 kg.ha⁻¹ en het kaliumoverschot 50 kg.ha⁻¹. Deze overschotten, representatief voor de bedrijven in het zandgebied, zijn vergeleken met de landelijk gemiddelde mineraaloverschotten aan de hoge kant (LEI-Bedrijven Informatienet).

Grondwaterkwaliteit

Ondanks de gelijkblijvende nutriëntenbelasting van de bodem treden in de periode 1992-1995 grote wijzigingen op in de grondwaterkarakteristieken. De nitraat- en chlorideconcentratie halveren en de fosfaatconcentratie verdubbelt. De kalium- en ammoniumconcentratie vertonen een lichte daling (zie *Tabel 1*)

Tabel 1 Gewogen gemiddelde concentraties in het bovenste grondwater van het Nederlandse zandgebied per jaar¹. Het ongewogen gemiddelde voor de periode 1992-1995. Alle concentraties zijn in mg.l⁻¹, grondwaterstand in cm -mv.

parameters	kwaliteitsdoelstelling	1992	1993	1995	gemiddelde ² 1992-1995
nitraat (NO ₃)	50 ^a	178	173	85 ^j	144
ammonium (NH ₄)	2,57 ^b	-	1,0	0,9	0,9
totaal-fosfaat (P)	0,40 ^c	0,08	0,09	0,41 ^j	0,21
ortho-fosfaat (P)	0,10 ^d	0,02	0,04 ^j	0,05	0,05
kalium (K)	12 ^e	21	22	20	22
chloride (Cl)	100 ^f	49	48	30 ^j	40
grondwaterstand	-	155	129 ^j	89 ^j	124

- 1 Weging op basis van representativiteit en bedrijfsoppervlak. In 1994 zijn niet alle categorieën bemonsterd, waardoor weging niet mogelijk is.
- 2 Gemiddelde van alle bedrijfsgemiddelde waarden voor alle jaren in de periode 1992-1995, niet gewogen.
- a Norm op niveau van de grenswaarde (VROM, 1993), de streefwaarde is 25 mg.l⁻¹.
- b Dit getal komt overeen met 2,0 mg.l⁻¹ NH₄-N en geldt voor het grondwater in het zandgebied (VROM, 1992).
- c De streefwaarde van 0,4 mg.l⁻¹ geldt als de maximale achtergrondwaarde voor het zandgebied; voor stagnant eutrofiëingsgevoelig zoet oppervlaktewater geldt een kwaliteitsdoelstelling van 0,15 mg.l⁻¹ (=zomergemiddelde waarde).
- d Advieswaarde TCB fosfaatverzadigde zandgronden.
- e Er is nog geen milieukwaliteitsdoelstelling vastgesteld. De drinkwaternorm (12 mg.l⁻¹) is gegeven als indicatie, deze norm is vastgesteld voor faecale verontreiniging van drinkwater.
- f Streefwaarde zoet grondwater (VROM, 1992).
- j Significant afwijkend van voorafgaande jaar.

De verandering van de kwaliteit van de bovenste meter van het grondwater wordt veroorzaakt door verdunningseffecten en grondwaterstandsveranderingen als gevolg van veranderingen in neerslaghoeveelheid. De periode voorafgaande aan de eerste bemonstering (april 1989 - maart 1992) was droger dan gemiddeld. Er viel 90 - 110 mm per jaar minder dan het gemiddelde van 784 mm per jaar voor het zandgebied in de periode 1971 - 1995; als weerjaar is april (19xx-1) - maart (19xx) aangehouden. Het jaar 1993 was iets natter (20 mm meer neerslag) dan gemiddeld, terwijl 1994 en 1995 veel natter dan gemiddeld waren (250 mm meer neerslag).

Het corrigeren van de weersinvloed op de nitraatconcentratie met behulp van de gemeten veranderingen in de chlorideconcentratie leidt mogelijk tot onjuiste conclusies, omdat zelfs in een periode van enkele jaren de chloridegift met kunstmest en dierlijke mest kan wijzigen. Voor weerscorrectie kan wel gebruik gemaakt worden van neerslaggegevens, grondwatertrapgegevens en actuele grondwaterstanden.

De langjargemiddelde, dus voor weersinvloeden gecorrigeerde, nitraatconcentratie in de bovenste meter van het grondwater onder landbouwbedrijven in het zandgebied in de periode

1992-1995 is 158 mg.l^{-1} . Dit is ruim driemaal zo hoog als de grenswaarde van 50 mg.l^{-1} . Deze grenswaarde wordt op 95% van de bedrijven in het zandgebied overschreden.

De gemiddelde ammoniumconcentratie is $0,89 \text{ mg.l}^{-1}$, en is daarmee duidelijk lager dan de streefwaarde van $2,57 \text{ mg.l}^{-1}$ ($= 2,0 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NH}_4\text{-N}$). Op circa 10% van de bedrijven wordt deze streefwaarde overschreden.

De gemiddelde totaal-fosfaatconcentratie in de periode 1992-1995 bedraagt $0,21 \text{ mg.l}^{-1}$, de helft van de streefwaarde voor grondwater van $0,40 \text{ mg.l}^{-1}$. De streefwaarde wordt op 8% van de bedrijven overschreden. De fosfaatconcentratie is op 66% van de bedrijven hoger dan de grenswaarde voor totaal-fosfaat in oppervlaktewater van $0,15 \text{ mg.l}^{-1}$. De fosfaatconcentratie in het grondwater is geen goede parameter om beleidseffecten te monitoren, omdat de tijd tussen het moment dat de bodembelasting plaatsvindt en het effect op grondwaterkwaliteit gemeten kan worden te lang is. Het grote tijdsverschil tussen actie en reactie wordt veroorzaakt door de bufferende werking van de bodem. De fosfaatverzadigingsgraad - de mate waarin de buffercapaciteit van de bodem voor fosfaat is opgebruikt - of een andere bodemvoorraadparameter is mogelijk geschikter voor het monitoren van beleidseffecten.

Het aandeel organische-fosfaat van het in het grondwater aanwezig fosfaat is hoger dan aangenomen door de Technische Commissie Bodembescherming. Deze ging in haar advies over het protocol fosfaatverzadigde gronden uit van 33% organisch-fosfaat. In 1992/'93 varieerden de categoriegemiddelde percentage tussen de 60 en 85%. In 1994/'95, in een situatie met hogere grondwaterstanden, nam dit percentage toe tot 89 - 94%.

De grondwaterstand, gemeten op het moment van bemonsteren, steeg in de periode 1992-1995 gemiddelde met 65 cm, van 149 cm -mv in 1992 tot 84 cm -mv in 1995. Oorzaken van deze stijging zijn de toename in de neerslag en het vroegere tijdstip van bemonsteren. Geschat wordt dat een kwart tot eenderde van de stijging van de grondwaterstand wordt veroorzaakt door het effect van het vroegere tijdstip van bemonsteren.

De conclusies t.a.v. de gemeten daling van de gemiddelde nitraatconcentratie in de periode 1992-1995 zijn dat:

1. De waargenomen daling in de nitraatconcentratie kan niet verklaard worden door daling van de stikstofgift. Er zijn geen aanwijzingen voor een daling van de stikstofgift in de periode 1991/'92 - 1994/'95.
2. De waargenomen daling van de nitraatconcentratie, in het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven in het zandgebied in de periode 1992 - 1995, kan worden verklaard door de toegenomen neerslag en de daarmee toegenomen grondwateraanvulling en verdunning.
3. De gemeten nitraatconcentratie in 1995 is mogelijk 5 tot 10% lager, doordat eerder in het jaar is bemonsterd dan in de jaren 1992 en 1993. Dit betekent dat de daling in de periode 1992 - 1995 niet 93 mg.l^{-1} bedraagt, maar circa 85 mg.l^{-1} . Vooral nog is er geen reden om aan te nemen dat er een systematische toe- of afname is van de nitraatconcentratie binnen een jaar, c.q. binnen de bemonsteringsperiode binnen een jaar.
4. Een deel van de daling van de nitraatconcentratie kan veroorzaakt worden door een toename van de denitrificatie, als gevolg van langere perioden van anaërobie bij hogere grondwaterstanden.

5. De variatie in de nitraatconcentratie binnen een jaar en tussen jaren verdwijnt als rekening wordt gehouden met verdunningseffecten en grondwaterstandschommelingen.

De conclusies t.a.v. de veranderingen van de gemiddelde concentraties van andere stoffen zijn:

1. De fosfaat- en DOC-concentratie nemen toe als gevolg van een hogere grondwaterstand in de periode voorafgaande aan de bemonstering. De concentratie wordt bepaald door de hoeveelheid die aan de bodem gebonden zit. Boven in het profiel is zowel het organische-stofgehalte van de bodem hoger, als de hoeveelheid ortho-fosfaat gebonden aan de bodem en organisch-fosfaat in de organische-stof. De daling van de grondwaterstand binnen een periode van ongeveer 4 maanden heeft (in 1994) geen duidelijke invloed op de fosfaatconcentratie.
2. De ammonium- en kaliumconcentratie dalen slecht licht ten opzichte van de chlorideconcentratie. Een verklaring is dat beide in evenwicht verkeren met de aan de bodemgebonden kalium- en ammoniumionen. Daarnaast wordt de ammoniumconcentratie in het bovenste grondwater vooral bepaald door de nitrificatiesnelheid. Ook binnen een jaar zijn geen duidelijke veranderingen waargenomen.

Relatie tussen bedrijfskarakteristieken en grondwaterkwaliteit

De nitraatconcentratie in het grondwater op de bemonsterde veehouderijbedrijven kan verklaard worden met het huidige bemestingsniveau (stikstofoverschot), de bemestingshistorie (bedrijfsgemiddelde fosfaattoestand van de bodem) en het gewastype (aandeel maïsland van het totale bedrijfsoppervlak), naast niet door de boer te beïnvloeden factoren als het weer (verdunningsfactor) en de buffercapaciteit van de bodem (gemiddelde jaarlijkse verloop van de grondwaterstand, c.q. Gt-verdeling).

De daling in de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater bij vermindering van het stikstofoverschot afgeleid uit de waarnemingen op de praktijkbedrijven is kleiner dan in proefveldonderzoek is gevonden. Uit de waarnemingen, afkomstig van de praktijk veehouderijbedrijven gevolgd in dit onderzoek, kan worden afgeleid dat een daling van het stikstofoverschot met 100 kg.ha^{-1} leidt onder representatieve omstandigheden tot een daling van de nitraatconcentratie van $12\text{--}17 \text{ mg.l}^{-1}$. Op basis van de gevonden relatie is de nitraatconcentratie die gerealiseerd wordt bij de stikstofoverschotnorm voor 2010 (169 kg.ha^{-1} bij 14% maïsland) 79 mg.l^{-1} ; minimaal 65 en maximaal 93 mg.l^{-1} . De bandbreedte is groot omdat het aantal bedrijven in de onderzoeksgroep met een equivalent stikstofoverschot van 250 kg.ha^{-1} beperkt is. Proefveldonderzoek en onderzoek op voorbeeldbedrijven wijst uit dat een daling van circa 70 mg.l^{-1} in de nitraatconcentratie kan worden gerealiseerd per 100 kg daling van het stikstofoverschot. Extrapolatie van de praktijkcijfers naar de toekomst, zonder nader onderzoek naar de oorzaak van de verschillen met het proefveldonderzoek, mag dan ook niet plaatsvinden. De praktijkgegevens zijn wel geschikt voor interpolatie, bijvoorbeeld om een ruimtelijk beeld van de huidige situatie weer te geven.

De kaliumconcentratie in het grondwater op de bemonsterde veehouderijbedrijven kan verklaard worden met het kaliumoverschot, de bedrijfsgemiddelde fosfaattoestand van de bodem, het aandeel maïsland van het totale bedrijfsoppervlak, de mate van drainage en het maaipcentage.

Een daling van het kaliumoverschot met 100 kg.ha^{-1} leidt op veehouderijbedrijven bij gemiddelde omstandigheden tot een daling van de kaliumconcentratie van ongeveer 5 mg.l^{-1} .

1. Inleiding

1.1 Algemeen

Aanleiding

Het beleid van de rijksoverheid heeft ondermeer tot doel de kwaliteit van het grondwater te verbeteren. Het mestbeleid is er o.a. op gericht om via het terugdringen van het gebruik van meststoffen deze doelstelling te realiseren. Hierdoor zal de ophoping in de bodem en de uitspoeling van meststoffen en zware metalen naar het grondwater en oppervlaktewater zo ver moeten verminderen dat aan de milieu-eisen kan worden voldaan.

In de Evaluatienota Mestbeleid eerste fase (LNV, 1991) is geconcludeerd dat zowel voor grond, grondwater als voor klein oppervlaktewater een gerichte monitoringinspanning nodig is om de effectiviteit van de beleidsmaatregelen te kunnen vaststellen.

Als motivering hiervoor is gesteld dat:

- De effecten van de mestregelgeving op het milieu, met name op het grondwater, niet zijn aan te geven omdat een landelijk monitoringnetwerk voor het bovenste grondwater ontbreekt.
- De bijdrage van de landbouw aan de oppervlaktewaterbelasting, met name waar het gaat om het kleine oppervlaktewater, kan volgens modelberekeningen oplopen tot 90% van de nutriëntenbelasting. Hierbij moet nader worden onderzocht wat de relatie is tussen de bemesting en de belasting van het oppervlaktewater.
- De bijdrage van het meststoffengebruik aan de gehalten van zware metalen in de bodem en de concentraties in het grondwater niet bekend is.

Voorts is in de nota gesteld dat het voor het bijstellen van de mestregelgeving (volgende fasen ingaande per 1991, 1995 en 2000) van belang is om na te gaan hoe de kwaliteit van natuur en milieu zich als gevolg van de maatregelen ontwikkelt.

Al sinds 1984 wordt op circa 400 locaties de kwaliteit van het middel diepe grondwater bepaald op twee diepte niveaus, gemiddeld 10 m beneden maaiveld (-mv) en gemiddeld 25 m -mv (Van Drecht e.a., 1996). Sinds 1989 is dit Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (LMG) uitgebreid met locaties van de provinciale meetnetten (PMG). De effecten van beleid op de kwaliteit van het grondwater op deze diepten worden pas op lange termijn (>10 jaar) duidelijk.

In 1988 is een voorbereidend onderzoek gestart naar de inrichting van een Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB; Van Duijvenbouden e.a., 1995). In de periode 1993-1997 zullen circa 180 landbouwbedrijven, in totaal 9 bodem - bodemgebruikscombinaties, worden bemonsterd. De rapportage van twee combinaties is gereed (Groot e.a., 1996). Dit meetnet is primair gericht op het vaststellen of veranderingen in de bodemkwaliteit optreden (zware metalen en organische micro's).

In de periode 1989-1991 zijn verschillende voorstellen geformuleerd voor de opzet van een monitoringprogramma voor het bovenste grondwater. Met name voor stoffen als nitraat en kalium en in mindere mate fosfaat werd het monitoren van het bovenste grondwater als meest

efficiënt gezien. Alvorens tot een definitieve opzet kon worden gekomen, is overleg gevoerd. Hiertoe was een voorlopige begeleidingsgroep geformeerd waaraan werd deelgenomen door vertegenwoordigers van de Ministeries van LNV en VROM, van LEI-DLO, SC-DLO en IKC-L alsmede van de Rijksuniversiteit Leiden (vakgroep milieubiologie) en het RIVM.

Opbouw van een Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM)

Voor de inrichting van een meetnet bovenste grondwater is gekozen voor een separate ontwikkeling voor een meetnet op landbouwbedrijven en op natuurterreinen. Dit laatste zal hier niet verder behandeld worden. Het meetnet op landbouwbedrijven kent een gefaseerde opzet, waarbij het netwerk in drie fasen wordt gerealiseerd:

1. De eerste fase is het *oriënterend onderzoek*. In deze fase worden de bemonsteringstechnieken uitgetest, een globaal idee verkregen van de grondwaterkwaliteit en een bemonsteringsstrategie ontworpen.
 2. De tweede fase, een *meetprogramma*, dient om de nul-situatie vast te leggen, ervaring op te doen met de bemonsteringsstrategie en -methode, en ter optimalisatie voor de laatste fase.
 3. De derde fase is de inrichting en uitvoering van een *monitoringnetwerk*.
- Na elke fase wordt geëvalueerd of voortgang zinvol is.

Er is verder onderscheid gemaakt tussen het zand-, het klei-, het veen- en het lössgebied. Dit onderscheid is gemaakt vanwege verschillen in:

- kwetsbaarheid van het bovenste grondwater en historische belasting;
- mogelijkheden tot het bemonsteren van het grondwater;
- kennis en ervaring met de bemonstering van het bovenste grondwater.

In *Tabel 1.1* is een overzicht opgenomen van de opbouw van het monitoringnetwerk bovenste grondwater op landbouwbedrijven.

Het zandgebied

Het zandgebied is het eerst onderzocht, vanwege de grotere kwetsbaarheid en hogere historische belasting ten opzichte van de overige gebieden. In de periode 1987-1990 heeft een oriënterend onderzoek plaatsgevonden op zowel grasland bedrijven (Boumans e.a., 1989 en Boumans, 1990) als op akkerbouwbedrijven (niet gepubliceerd).

In september 1991 is door het RIVM, in samenwerking met LEI-DLO, een projectvoorstel geformuleerd voor de uitvoering van een meetprogramma specifiek gericht op het grondwater in de zandgebieden. In de voorliggende rapportage worden de resultaten van dit meetprogramma gepresenteerd (1992-1995).

Een evaluatie van de opzet van het meetprogramma is uitgevoerd in 1996 (Boumans e.a., 1997). Op basis van de in dat rapport gegeven adviezen is begin 1997 gestart met het monitoringnetwerk in het zandgebied.

Het klei- veen- en lössgebied

Voor het kleigebied is in 1992 een project geformuleerd voor oriënterend onderzoek, in samenwerking met het Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij (PR), het Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Volle Grond (PAGV), Rijkswaterstaat - directie Flevoland en de provincies Zuid-Holland en

Zeeland. Het veldonderzoek is uitgevoerd in de periode 1993 - 1996 (Meinardi en Van den Eertwegh, 1997 en 1996). Een meetprogramma is medio 1997 gestart.

In het veengebied heeft in 1995 - 1996 een beperkt oriënterend onderzoek plaatsgevonden (rapportage in voorbereiding). Op basis hiervan wordt bekeken of verder onderzoek nodig is.

Het lössgebied heeft slechts een beperkte omvang, en heeft een kwetsbaarheid vergelijkbaar met het zandgebied. Grondwaterstanden in dit gebied zijn veelal zeer diep (> 5 m -mv). Monitoring van de kwaliteit van het grondwater kan mogelijk plaatsvinden binnen het LMG. Tevens wordt gewerkt aan een methode om in geval van diep grondwater uitzakkend bodenwater te kunnen opvangen op ongeveer 1 m beneden maaiveld.

Tabel 1.1 *Overzicht van de realisatie van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid op landbouwbedrijven in Nederland*

Gebied	Fase		
	Oriënterend Onderzoek	Meetprogramma (MKBGL)	Monitoringnetwerk (MOL)
Zand	1989 - 1991	1992 - 1997	1997 - 2012
Klei	1992 - 1997	1997 - 2002	
Veen	in voorbereiding		
Löss	diep grondwater (LMG)		

Rapportages MKBGL-zand

De voorliggende rapportage betreft de resultaten van het Meetprogramma Kwaliteit Bovenste Grondwater Landbouwbedrijven in het zandgebied voor de gehele periode 1992 - 1995. Een overzicht van al eerder verschenen en binnen kort te verschijnen rapportages m.b.t. het MKBGL-zand is hieronder opgenomen.

In de eerste rapportage (Van Swinderen e.a., 1994) lag het accent op de beschrijving van de meetgegevens 1992 en werd een eerste - voorlopige - analyse gepresenteerd van het verband tussen bedrijfsvoering en grondwaterkwaliteit in het zandgebied. Hierbij zijn de bedrijfsgemiddelde concentraties uit 1992 in verband gebracht met bedrijfsfactoren uit het boekhoudjaar 1991-1992. Uit deze analyse, die een indicatief karakter had, bleek het verband tussen bedrijfsvoering en kwaliteit statistisch gezien niet duidelijk te zijn. Dit bleek onder andere uit het nagenoeg ontbreken van een verband tussen de N-, P- en K-overschotten en concentraties van deze elementen in het grondwater. Redenen zijn o.a. dat het overschot niet alleen via de bodem uitspoelt, maar bijvoorbeeld in het geval van stikstof ook als ammoniak vervluchtigt. Verder bestaat er tussen het gemeten overschot en de gemeten kwaliteit een tijdvertraging. Hiermee kon in dit eerste jaar geen rekeningen worden gehouden.

In de tweede rapportage (Van Swinderen e.a., 1996) zijn de meetgegevens van 1993 gepresenteerd, waarbij ze vergeleken zijn met die van 1992. Verder is er een nadere analyse uitgevoerd naar het verband tussen bedrijfsvoering en grondwaterkwaliteit. In dit rapport zijn ook de 1993 analyseresultaten voor de metalen in grondwater opgenomen.

Met de gegevens van 1992 en 1993 is ten behoeve van de Milieubalans 1995 (RIVM, 1995) een landelijk beeld gegenereerd voor nitraat in grondwater. In Boumans en Van Drecht (1995) is de methodiek hiervan beschreven. In de Milieubalans 1997 (RIVM, 1997) is een landelijk beeld opgenomen op basis van de gegevens in de hele periode.

Naast de rapportages over de resultaten van het meetprogramma, is in 1994 een eerste statistische evaluatie uitgevoerd (Praagman en Steigstra, 1995). Uit deze evaluatie kwam ondermeer naar voren dat om met enige kans op succes beleidseffecten op de nitraatconcentratie in het grondwater te kunnen aantonen, het absoluut noodzakelijk is dat een aanwijsbare en te kwantificeren verklaring wordt gevonden voor het verschil tussen de jaren 1992 en 1993 enerzijds en 1994 anderzijds.

In het rapport van Boumans e.a. (1997) wordt deze verklaring gegeven in de vorm van een kwantificering van de weersinvloed op de nitraatconcentratie. Dit rapport bevat de tweede statistische evaluatie ten behoeve van een voorstel voor de inrichting van een meetnet voor het vaststellen van effecten van het mestbeleid op landbouwbedrijven in het zandgebied (MOL-Zand).

1.2 Doelstelling en onderzoeksdoelen

Het Meetprogramma Kwaliteit Bovenste Grondwater Landbouwbedrijven is een proefproject (tweede fase) dat moet leiden tot de inrichting van een meetnet (derde fase). Het uiteindelijke meetnet heeft de volgende doelstellingen:

- het beschrijven van de kwaliteit van het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven;
- het signaleren van de ontwikkeling in de grondwaterkwaliteit in relatie tot de aanpassing in de bedrijfsvoering mede als gevolg van het mestbeleid.

Randvoorwaarde is dat het meetnet moet worden afgestemd op zowel de ruimtelijke als de tijdaspecten van het mestbeleid. Voor wat betreft de ruimtelijke aspecten dient rekening te worden gehouden met factoren als bodemtype, bodemgebruik en regionale factoren.

Het meetprogramma voor het zandgebied was in 1991 opgezet voor drie jaar (1992 - 1994). In die periode zouden de volgende onderzoeksdoelen gerealiseerd moeten worden:

- het vastleggen van de nul-situatie;
- het vinden van een relatie tussen bedrijfskenmerken en grondwaterkwaliteit;
- het komen tot een methodiek voor trendmonitoring van grondwaterkwaliteit;
- het optimaliseren van het meetprogramma voor gebruik als meetnet.

Als gevolg van de bevindingen in de periode 1992 - 1994 is het programma voor één jaar gecontinueerd in 1995.

Het meetprogramma bestaat uit een breedte en een diepte onderzoek. Het breedte onderzoek betreft het onderzoek op een zo groot mogelijk aantal bedrijven (circa 100) gedurende drie jaar (1992, 1993 en 1995). Dit onderzoek is vooral gericht op het vaststellen van de ruimtelijke variatie van de grondwaterkwaliteit en de variatie tussen jaren, alsook het vinden van een relatie tussen bedrijfskenmerken en grondwaterkwaliteit. Het diepte onderzoek is de voortzetting van breedte onderzoek op een beperkt aantal bedrijven, met als doel de variatie van de grondwaterkwaliteit binnen een jaar en tussen de jaren vast te stellen. Hiervoor is in 1994 op 18 van de 40 bedrijven, die dat jaar bezocht werden, tweemaal het grondwater

bemonsterd, met als doel het effect van het bemonsteringstijdstip op de grondwaterkwaliteit vast te stellen.

1.3 Opbouw van het rapport

In hoofdstuk 2 wordt de opzet van het meetprogramma beschreven en worden de bemonsteringsmethodiek, de keuze van het analysepakket en analysemethode besproken. In hoofdstuk 3 wordt de karakterisering van de bedrijfscategorieën gegeven aan de hand van de resultaten van het LEI-DLO Bedrijven Informatienet voor de periode 1991/'92 - 1994/'95. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van de bemonsteringen in de periode 1992 - 1995 gegeven. In hoofdstuk 5 wordt een analyse gemaakt van de relatie tussen de bedrijfskarakteristieken en de grondwaterkwaliteit. Tenslotte worden in hoofdstuk 6 de conclusies gegeven.

2. Opzet en uitvoering van het meetprogramma

2.1 *Opzet van het meetprogramma*

2.1.1 Keuze van schaalniveau en onderzoekslocaties

Vanuit onderzoeksoogpunt is het perceel het meest ideale schaalniveau, waarvoor gegevens beschikbaar zouden moeten zijn over de toevoer van meststoffen en grondwaterkwaliteit. Immers de landbouwer past -in beginsel- de bemesting aan op de gewasbehoefte per perceel. Uit beleidsoogpunt is niet het perceelsniveau maar het bedrijfsniveau het meest relevante schaalniveau, omdat de huidige en toekomstige mestregelgeving op bedrijfsniveau aangrijpt (mestboekhouding en mineralenboekhouding).

De meest gedetailleerde informatie over het meststoffengebruik in de landbouw op landelijke schaal, is niet op perceelsniveau maar op bedrijfsniveau aanwezig. De bedrijfsinformatie kan uit gegevens van de "meitelling" worden afgeleid (zie bijvoorbeeld LEI/CBS, 1991). De gegevens uit de meitelling zijn vooralsnog niet openbaar op het bedrijfsniveau.

Om de effecten van het beleid in beeld te brengen en om relaties met bedrijfskarakteristieken te kunnen onderzoeken is daarom gekozen voor bemonstering op bedrijfsniveau en niet op perceelsniveau.

Om de monitoringinspanning binnen redelijke grenzen te houden moet een steekproef uit de bedrijven worden getrokken. Door het Landbouw Economisch Instituut (LEI-DLO) wordt uit de ca 100.000 land- en tuinbouwbedrijven een steekproef getrokken van circa 1500 bedrijven (het LEI-Bedrijven Informatienet, voorheen LEI-boekhoudnet; Poppe, 1993). Deze bedrijven worden voor een periode van 5-6 jaar gevolgd.

Om de resultaten van het onderzoek te kunnen vertalen naar dat deel van het zandgebied dat niet onderzocht is, moet de steekproef aan de volgende eisen voldoen:

1. De deelnemende bedrijven moeten representatief zijn voor de bedrijven in het deel van Nederland dat wordt onderzocht, namelijk de zandgebieden.
2. De steekproef moet zodanig zijn dat hiermee een voldoende betrouwbare schatting van de kwaliteitstoestand en van de trend kan worden gegeven.

Bij de keuze voor bedrijven uit het LEI-Bedrijven Informatienet waren de volgende overwegingen van belang:

1. De LEI-steekproef biedt een representatief beeld van de Nederlandse land- en tuinbouw en er zijn op deze bedrijven veel technisch-economische gegevens bekend (o.a. over de bedrijfsstructuur en de bedrijfsvoering waaronder het meststoffengebruik). Door het meetprogramma op een aantal van deze bedrijven uit te voeren kan een relatie worden onderzocht tussen bedrijfsvoering en kwaliteit van het grondwater.
2. Door aansluiting van het meetprogramma bij de LEI-steekproef kan het aantal meetpunten aanzienlijk lager zijn dan bij een aselechte trekking van bedrijven uit bijvoorbeeld de Meitelling. Nu kan een gestratificeerde trekking worden uitgevoerd.
3. Een mogelijk nadeel van deze LEI-steekproef is dat jaarlijks een deel van de bedrijven afvalt, daar de bedrijven ongeveer 5 à 6 jaren deelnemen aan de LEI-steekproef; de

metingen zouden dan ook moeten gaan 'wandelen'. Wanneer uit de analyse blijkt dat dit niet gewenst is, zal op de bedrijven de boekhouding ook na deze periode moeten worden bijgehouden.

2.1.2 Bemonsteringsstrategie en aantalsbepaling

Gelet op de meervoudige doelstelling van het meetprogramma -toestandsbeschrijving en trendanalyse- is besloten vijf bedrijfscategorieën mee te nemen in het onderzoek. Besloten is om per categorie twintig bedrijven te bemonsteren.

Selectie van bedrijfscategorieën

Op basis van het LEI-Bedrijven Informatienet zijn 3 combinaties van bedrijfstypen en bodemgebruik geselecteerd (akkerbouw, melkveehouderij, combinatiebedrijven met melkveehouderij en intensieve veehouderij). Binnen de veehouderijbedrijfstypen zijn intensieve en extensieve categorieën onderscheiden. Er zijn dus vijf categorieën onderscheiden, te weten akkerbouw, melkveehouderij extensief, melkveehouderij intensief, combinatiebedrijven extensief en combinatiebedrijven intensief.

In de oorspronkelijke opzet zou rekening gehouden worden met de ligging van de bedrijven in gebieden met een mestoverschot en in gebieden waar plaatsingsruimte voor mest uit de overschotgebieden aanwezig is (de zogenaamde overgangs- en tekortgebieden). Op grond van een nadere analyse van de beschikbare bedrijven uit het LEI-bedrijven informatienet bleek dat het aantal combinatiebedrijven met een intensieve veehouderij-tak (IVH-tak) gelegen in overgangs- dan wel tekortgebieden op zand een te gering aantal bedrijven opleverde. Daarom is besloten voor de combinatiebedrijven niet dit criterium te kiezen, maar de intensiteit van de IVH-tak (aantal hokdieren). Als maatgevende grootheid hiervoor is de mestproductie uitgedrukt in fosfaat gehanteerd, waarbij de grens is gelegd bij 225 kg/ha. Daarmee is de ligging in of buiten het overschotgebied als selectiecriterium verlaten. De grens van 225 kg fosfaat is gekozen zodat voor de twee categorieën ongeveer evenveel bedrijven beschikbaar waren.

Voor de melkveehouderijbedrijven is als onderscheidend criterium voor de intensiteit een veebezetting van 2,8 GVE/ha gekozen, om dezelfde reden. Deze veebezetting komt overeen met een mestproductie van 120-125 kg/ha fosfaat (P_2O_5). Boven 2,8 GVE/ha zal over het algemeen dierlijke mest moeten worden afgevoerd in verband met de fosfaatsnorm van 150 kg/ha op grasland en 110 op bouw- en maïsland (toen voorzien voor 1995). De categorieën landbouwbedrijven die uiteindelijk voor de grondwaterbemonstering zijn geselecteerd staan vermeld in *Tabel 2.1*.

Bij het afbakenen van de steekproefpopulatie moet er een keuze gemaakt worden tussen aan de ene kant grote mate van homogeniteit binnen de populatie om daardoor een beperking te krijgen van de variatie in de meetresultaten, en aan de andere kant een grote mate van heterogeniteit binnen de populatie om de meetresultaten representatief te laten zijn voor een groot deel van de doelpopulatie en om de relatie grondwaterkwaliteit en bedrijfsvoering te kunnen bepalen.

De categorie akkerbouwbedrijven is beperkt tot de veenkoloniën en het noordelijk zandgebied. Voor melkvee- en combinatie-bedrijven zijn de bedrijven met meer dan 10% bouwland (exclusief maïs) niet meegenomen. Hiermee wordt een verdere homogenisering binnen deze

categorieën gerealiseerd. Een verdere inperking is gemaakt door alle bedrijven met minder dan 10 hectare uit te sluiten. Voor de beschouwde categorieën gaat het dan meestal om uitsluiting van bedrijven waarbij de landbouw niet het hoofdkomen vormt.

Aanvullende criteria voor alle bedrijven waren voorts:

- bedrijven hebben als grondsoort voornamelijk zandgrond of dalgrond, dit om de invloed van andere grondsoorten op de gemiddelde kwaliteit van het grondwater op het bedrijf te beperken;
- bedrijven liggen op drogere gronden (met diepere grondwaterstanden; GHG > 0,40 m - mv), dit zijn de bedrijven die het gevoeligst zijn voor nitraatuitspoeling (zie ook onder representativiteit);
- het jaar waarin de bedrijven in de boekhouding zijn opgenomen in verband met de beoogde duur van het programma (3 jaar); dit betekent het selecteren van bedrijven die in de periode 1988-1991 in het bedrijven informatienet zijn opgenomen.

Tabel 2.1 *Kenschets van de deelnemende bedrijfscategorieën*

Categorie	afkorting	Bodemgebruik	Intensiteitscriterium	Aantal
Melkveehouderij extensief	MVH _{ext}	grasland+snijmaïs	minder dan 2,8 GVE per ha	20
Melkveehouderij intensief	MVH _{int}	grasland+snijmaïs	meer dan 2,8 GVE per ha	20
Combinatiebedrijven extensief	COM _{ext}	grasland+snijmaïs	mestproduktie minder dan 225 kg fosfaat (P ₂ O ₅) per ha	20
Combinatiebedrijven intensief	COM _{int}	grasland+snijmaïs	mestproduktie meer dan 225 kg fosfaat (P ₂ O ₅) per ha	20
Akkerbouw	AB	bouwland	-	20

Representativiteit van de steekproefbedrijven

De groep bedrijven die aan bovengenoemde criteria voldoet (exclusief de aanvullende criteria), is representatief voor 62% van het landbouwoppervlak in het zandgebied. Voor een uitgebreide beschouwing en berekeningen wordt verwezen naar bijlage I in Van Swinderen e.a. (1994).

Gelet op het effect van de grondwaterstand op de mate van nitraatuitspoeling (effect op denitrificatie), is overwogen om een verdere onderverdeling te maken aan de hand van een Gt-klasse-indeling. (Gt's met hoge respectievelijk lage grondwaterstanden). Uit capaciteitsoverwegingen is daarvan afgezien. Er is besloten om in principe bedrijven te kiezen die in gebieden liggen waar sprake is van drogere gronden. De selectie van drogere gronden vond plaats op grond van bij de LEI-boekhouders aanwezige informatie over de voorjaarsgrondwaterstand op de steekproefbedrijven. Droog werden beschouwd die gronden waarvan de voorjaars-

grondwaterstand > 0,40 m beneden maaiveld. Globaal komt dit neer op de Gt-klassen van IV, VI, VII, VII* (thans VIII), als deze voorjaarsgrondwaterstand wordt beschouwd als gemiddeld hoogste grondwaterstand. De informatie over grondwaterstanden betreft het boekhoudjaar 1990/'91. Er zijn drie klassen onderscheiden, zie *Tabel 2.2*. Rekening houdend met de andere restricties, zoals bedrijfsgrootte, maximale hoeveelheid bouwland op veehouderijbedrijven en ligging in veenkoloniën voor akkerbouwbedrijven, wordt de verdeling gevonden als opgenomen in onderstaande tabel. Minder dan 5% van de bedrijven valt af door een te hoge voorjaarsgrondwaterstand.

Tabel 2.2 *Frequentieverdeling van melkveehouderij- en combinatiebedrijven in de zandgebieden en akkerbouwbedrijven in de Veenkoloniën en het noordelijk zandgebied op basis van de grondwaterstand (door boer opgegeven).*

Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand (cm - mv)	Omschrijving vochttoestand	alle bedrijven (%; n=348)	bedrijven met voornamelijk zand (%; n=314)
< 40	nat	5,8	4,5
40 - 80	vochtig	50,0	51,2
> 80	droog	35,4	35,3
-	onbekend	8,8	9,0

Selectie van de bedrijven

Voor elk van de vijf categorieën is, vanwege de kans op non-respons, in beginsel een steekproef van 22 bedrijven getrokken (zie *Tabel 2.3*). De bedrijven zijn naar categorie ingedeeld en geselecteerd op basis van de gegevens uit de Meitelling (1991). Begin maart 1992 is aan 110 landbouwers die aan de boekhouding deelnemen een brief verzonden met daarin de vraag of men aan het meetprogramma medewerking zou willen verlenen.

10% Van de bedrijven wenste niet deel te nemen en bij 1 bedrijf was sprake van bedrijfsverplaatsing, waardoor deelname aan het onderzoek niet zinvol was. Dit heeft uiteindelijk geresulteerd in bemonstering van 93 bedrijven in 1992.

Tabel 2.3 *Overzicht van aantal geschikte en in 1992 - 1995 bezochte bedrijven.*

Categorie	LEI bedrijven informatienet*	Bemonsterd			
		1992	1993	1994	1995
Melkveehouderij extensief	33	18	19 (2) [#]	18	18
Melkveehouderij intensief	33	17	16 (2)	2	14
Combinatiebedrijven extensief.	27	21	20 (0)	nb	19
Combinatiebedrijven intensief	27	19	20 (1)	20	20
Akkerbouw	44	18	19 (1)	nb	19
Totaal	164	93	94 (6)	40	90

* = geschikte bedrijven in de boekhouding 1992 / meitelling 1991

= tussen haken het aantal nieuwe bedrijven ten opzichte van 1992

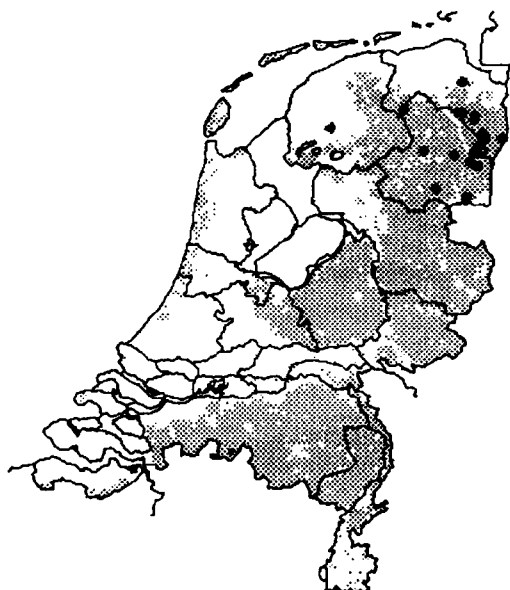
nb = categorie niet bemonsterd

In 1993 waren 5 van de 93 bedrijven niet meer voor bemonstering beschikbaar, ondermeer door verkoop van het bedrijf. Hiervoor zijn vervangende bedrijven gevonden. Het aantal bedrijven per bedrijfscategorie is gegeven in *Tabel 2.3*. In 1994 en 1995 zijn er wel een beperkt aantal bedrijven afgevallen, maar zijn geen nieuwe bedrijven bezocht.

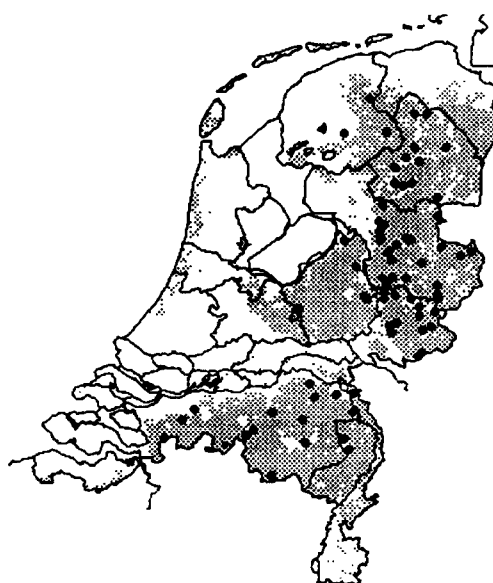
Uit *Tabel 2.3*. blijkt dat uiteindelijk in 4 van de 5 klassen niet het beoogde aantal van 20 bedrijven is gerealiseerd. Wel is het merendeel van de bedrijven minimaal driemaal bemonsterd. Alleen in de categorie melkveehouderij intensief is het aantal van 14 bedrijven dat driemaal bemonsterd is ver beneden de gewenste 20 bedrijven.

Ligging van de bedrijven

Daar het meetprogramma zich vooralsnog beperkt tot de zandgebieden, zijn bedrijven geselecteerd die gelegen zijn in het noordelijk, centraal, oostelijk en zuidelijk zandgebied en in de Veenkoloniën. De deelnemende akkerbouwbedrijven zijn alle gelegen in het noordelijk zandgebied en in de Veenkoloniën. Akkerbouwbedrijven in de overige zandgebieden maken geen deel uit van de steekproef. De veehouderijbedrijven liggen verspreid in alle zandgebieden. In de *Figuren 2.1* en *2.2* is de globale ligging van de in het zandgebied gelegen bemonsterde bedrijven weergegeven.



***Figuur 2.1** Ligging van de akkerbouwbedrijven in het zandgebied (gearceerd)*



***Figuur 2.2** Ligging van de veehouderijbedrijven in het zandgebied (gearceerd)*

2.2 Bemonsteringsmethode

2.2.1 Algemene aanpak

Bij de bemonstering van grondwater kan gebruik gemaakt worden van vaste of tijdelijke meetpunten. Door het plaatsen van vaste meetpunten in een perceel wordt de bedrijfsvoering gehinderd. Bij plaatsing van vaste meetpunten langs de perceelsgrenzen kunnen randeffecten de representativiteit van de grondwatermonsters beïnvloeden. Tijdelijke meetpunten hebben daarnaast het voordeel dat de bemonsteringsdiepte kan worden aangepast aan de grondwaterstand. Daarom is voor de methode van tijdelijke meetpunten gekozen. Hiermee is door het RIVM de laatste jaren veel ervaring opgedaan. De voor- en nadelen van de verschillende wijzen van monitoring zijn o.m. beschreven in Baggelaar (1992).

In 1992 - 1994 zijn per bedrijf 48 monsters genomen (Protocol LBG/046/00). In 1995 is dit aantal beperkt tot 16 monsters per bedrijf (Protocol LBG/046/01). De meetpunten zijn evenredig verdeeld over het oppervlak van het bedrijf geplaatst. Bij 48 meetpunten is vervolgens per 12 meetpunten in het laboratorium aselekt een mengmonster gemaakt (4 per bedrijf, Protocol LBG/P048/00). Bij 16 meetpunten per bedrijf is één mengmonsters gemaakt voor chemische analyse (Protocol LBG/P048/01). Voor de statistische onderbouwing van de keuzen wordt verwezen naar de rapportage 1992 (Van Swinderen e.a., 1994) en de eerste statistische evaluatie (Praagman en Steigstra, 1995).

Uit beleidsoogpunt is het gewenst om niet alleen op bedrijfsniveau, maar ook voor verschillende vormen van bodemgebruik informatie over de grondwaterkwaliteit te krijgen. Omdat in de huidige mestregelgeving onderscheid gemaakt wordt in bouwland, grasland en snijmaïs is het zinvol om voor de betrokken veehouderijbedrijven informatie over grasland en snijmaïs te kunnen scheiden. Daarom is besloten om onder percelen met permanent snijmaïs aparte mengmonsters van het grondwater samen te stellen. Die percelen waarop voor meer dan drie jaren achtereen maïs verbouwd wordt, worden in dit onderzoek als percelen met permanente snijmaïs beschouwd. In 1995 is niet meer apart bemonsterd onder maïspancelen. De grondwatermonsters van snijmaïspancelen maken tevens deel uit van de mengmonsters die voor de vaststelling van het bedrijfsgemiddelde zijn gebruikt. Het aantal aparte mengmonsters voor grondwater van snijmaïspancelen per bedrijf is evenredig met het areaal permanent snijmaïs op dat bedrijf. In *Tabel 2.4* is een schema gegeven van de wijze waarop de maïspancelen verdeeld en gemengd zijn. Van de 93 bezochte bedrijven in 1992 hadden 53 bedrijven een bouwplan waarin de permanente teelt van maïs voorkomt. Voor 1993 betreft het 60 bedrijven van de 94. Voor de beperkte groep van 40 bedrijven in 1994, hadden 30 bedrijven permanente maïspancelen.

Uit *Tabel 2.4* en *Tabel 2.3* is af te leiden dat in 1992 71% van de veehouderijbedrijven één of meer percelen met permanente maïs had, in 1993 80% en van de beperkte groep in 1994 75%. Het gemiddeld aantal mengmonsters per bedrijf bij maïs per bedrijfstype is in *Tabel 2.5* gegeven. Bij de categorie combinatiebedrijven-extensief komt het grootste areaal permanent snijmaïs voor.

Tabel 2.4 *Schema van de verdeling en mengwijze van grondwatermonsters afkomstig van maïspancelen.*

aantal meetpunten onder snijmaïs per bedrijf	aantal mengmon- sters	aandeel snijmaïs van totale opper- vlakte	aantal bedrijven			
			1992	1993	1994 [#]	1995
0	0	0	40	34	10	-
1 t/m 7	1	1 - 15 %	21	28	18	-
8 t/m 14	2	16 - 29 %	22	24	6	-
15 t/m 21	3	30 - 44 %	8	6	5	-
22 t/m 28	4	45 - 58 %	2	2	1	-

[#] betreft beperkte groep van 40 bedrijven (zie *Tabel 2.3*)

Tabel 2.5: *Het gemiddeld aantal grondwatermonsters per bedrijf van snijmaïspercelen per bedrijfstype in 1992, 1993 en 1994.*

jaar	bedrijfs categorieën				
	akkerbou w	melkveehoud erij	melkveehoude rij	combinatiebedrij ven extensief	combinatiebedrij ven intensief
		extensief	intensief		
1992	0	0,8	1,3	1,8	1,2
1993	0	1,2	1,3	1,6	1,4
1994	-	1,2	-	-	1,4

2.2.2 Werkwijze in het veld

De bemonstering van het grondwater is uitgevoerd volgens een standaardprocedure die bij het RIVM is beschreven (Protocol LBG/017). Hieronder is een korte toelichting gegeven.

Het jaarlijkse neerslagoverschot bedraagt in Nederland gemiddeld ongeveer 300 mm. Deze hoeveelheid verdeelt zich in een zandgrond met een porositeit van circa 0,3 over een laag van circa 1 meter in de bodem (verzadigde zone). De kwaliteit van de bovenste meter van het grondwater geeft zodoende een goed beeld van de jaarlijkse belasting van het grondwater. Deze bovenste meter van het grondwater wordt op de volgende manier bemonsterd. Met een handboor wordt tot circa 0,8 meter beneden de grondwaterspiegel geboord. In het ontstane gat wordt vervolgens een peilfilter van 0,5 m lengte geplaatst, zodanig dat dit filter zich in het midden van het traject bovenkant grondwaterspiegel en 1 m beneden de grondwaterspiegel bevindt. Uit het filter wordt met behulp van een vacuümpomp grondwater onttrokken. Uit het filter wordt 1 liter (minimaal 0,5 liter) grondwater onttrokken (schoonpompen), alvorens het definitieve monster wordt genomen. Het aldus opgepompte grondwater is in het veld gefiltreerd over een membraanfilter van 0,45 mm en aangezuurd. Voor de macro-elementen is er aangezuurd met zwavelzuur (3 N H₂SO₄, pro analyse). Voor de metalen zijn de monsters aangezuurd met salpeterzuur (3 N HNO₃, pro analyse). Het aanzuren reduceert de pH tot circa pH 2. De monsters voor DOC-analyse zijn in glazen flessen opgevangen, de overige monsters in PE-flessen. De monsters worden in gekoelde toestand naar het RIVM overgebracht en bij 4 °C bewaard tot verwerking.

Per boring is de actuele grondwaterstand bepaald en zijn het bodemgebruik en eventuele bijzonderheden genoteerd. Van de individuele grondwatermonsters zijn in het veld de zuurgraad en het elektrisch geleidingsvermogen gemeten. In 1995 is alleen de zuurgraad bepaald. De nitraatconcentratie is semi-kwantitatief bepaald volgens de Nitrachek methode (Geul, 1986). Een vergelijkend onderzoek tussen 480 gemiddelde waarden van 12 individuele Nitrachek bepalingen en de in het laboratorium bepaalde nitraatconcentratie in het mengmonster is uitgevoerd door Vissenberg (1995). Hij vond geen significant verschil.

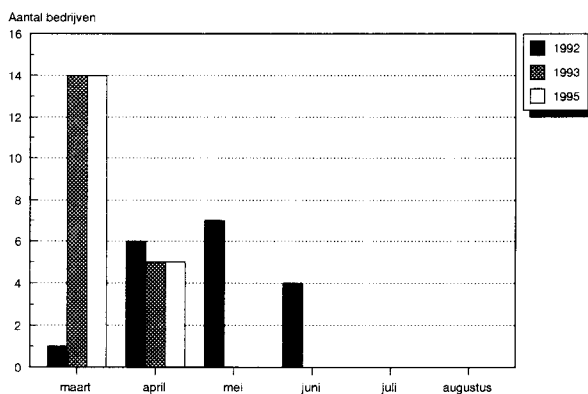
Periode van bemonstering

In *Figuur 2.3* en *Figuur 2.4* is het verloop van de bemonstering binnen een jaar weergegeven voor respectievelijk de akkerbouw- en veehouderijbedrijven. De bemonstering binnen een jaar strekt zich uit over een periode van 6 maanden, namelijk van maart tot en met augustus. De

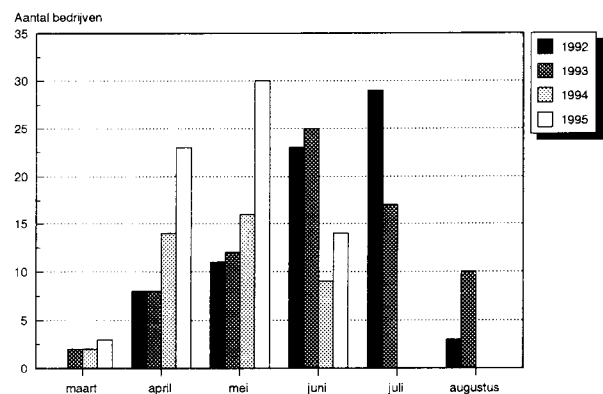
bemonstering in 1992 is gestart in de derde week van maart en afgerond in de eerste week van augustus. De bemonstering in 1993 startte in de tweede week van maart 1993 en is afgerond in de derde week van augustus. In 1995 werd de bemonstering uitgevoerd vanaf de eerste week van maart t/m de derde week van juli.

In verband met de bedrijfsvoering is voorrang gegeven aan de bemonstering van de akkerbouwbedrijven. Hierdoor heeft de bemonstering van de veehouderijbedrijven duidelijk later plaatsgevonden. In 1992 heeft de bemonstering van de akkerbouwbedrijven tot in juni plaatsgevonden. In 1993 was de bemonstering in april afgerond. In hoeverre het tijdstip van monsternamen invloed heeft op de meetresultaten en de interpretatie daarvan is in 1994 met veldonderzoek nader bekeken. Voor de overige categorieën is de bemonstering van de bedrijven binnen een categorie zoveel mogelijk gespreid in de tijd. De verschillen in grondwaterkwaliteit tussen de categorieën kunnen daarom niet beïnvloed zijn door verschillen in het bemonsteringstijdstip. De verschillen in grondwaterkwaliteit tussen bedrijven in een categorie kunnen wel hierdoor beïnvloed zijn. In §4.7.8 wordt verder ingegaan op de invloed van het bemonsteringstijdstip op de grondwaterkwaliteit.

In 1994 zijn twee bemonsteringsrondes uitgevoerd. In de eerste ronde werden 40 bedrijven bemonsterd in de periode van de laatste week van maart tot en met de derde week van juni. De 18 bedrijven, die ook in de tweede ronde bemonsterd zouden worden, zijn het eerst bemonsterd, het laatste van de 18 bedrijven is bemonsterd in de eerste week van mei. De tweede ronde vond plaats in de maand augustus. Er is zoveel mogelijk de zelfde volgorde van bemonsteren aangehouden als in de eerste ronde. De periode tussen de twee rondes was minimaal 16 en maximaal 18 weken. De resultaten van dit onderzoek worden besproken in §4.7.



Figuur 2.3 Monsternamen akkerbouwbedrijven, aantal bedrijven bezocht per maand voor 1992 - 1995.



Figuur 2.4 Monsternamen veehouderijbedrijven, aantal bedrijven bezocht per maand voor 1992 - 1995

2.3 Analysepakket en methode

2.3.1 Keuze van het analysepakket

Uit de doelstelling van het meetprogramma vloeit de keuze van het analysepakket voort. Het grondwater is geanalyseerd op de meest aan het mestgebruik gerelateerde chemische parameters namelijk stikstof, fosfaat en kalium. In 1992 is van de stikstofcomponenten in het grondwater alleen de nitraatconcentratie bepaald, de belangrijkste stikstofcomponent in grondwater onder landbouwgrond in het zandgebied. Vanaf 1993 is ammonium meegenomen, om te kunnen nagaan in hoeverre de streefwaarde wordt overschreden. Op een beperkt aantal bedrijven is éénmalig de organisch-stikstofconcentratie bepaald (via Kjeldahl-bepaling: organisch stikstof plus ammoniumstikstof). Van de fosfaatcomponenten is zowel ortho- als organisch fosfaat bepaald (indirect via totaal-fosfaat bepaling).

Ook van metalen is bekend dat zij met meststoffen op het land gebracht worden in grotere hoeveelheden dan via het gewas worden afgevoerd. Uit kostenoverwegingen is voor de eerste bemonstering (1992) echter afgezien van de bepaling van zware metalen. In 1993 zijn de metalen cadmium, zink en koper meegenomen in het analysepakket (zie Van Swinderen, 1996). In 1995 zijn ook chroom en nikkel meegenomen in het pakket. De resultaten hiervan zullen apart worden gerapporteerd (Fraters e.a., in voorbereiding).

Naast de nutriënten zijn de volgende, meer algemene, parameters bepaald: het elektrisch geleidingsvermogen (EC), de zuurgraad (pH), chloride, calcium en opgelost organisch koolstof (DOC). Deze algemene parameters zijn vooral bepaald ter controle op abnormaliteiten.

2.3.2 Chemische analyse van het grondwater

De mengmonsters zijn chemisch geanalyseerd door het Waterleidinglaboratorium Oost te Doetinchem. Aanvullende analyses zijn uitgevoerd door het Laboratorium voor Anorganische Chemie van het RIVM. In *Tabel 2.6* is een korte beschrijving van de WLO-methoden en analysegrenzen gegeven (WLO, 1995).

Tabel 2.6: *Analysemethoden zoals gehanteerd door WLO voor de macroparameters*

parameter	berekening	afgeleid van	rapportage grens (mg.l ⁻¹)
ammonium (NH ₄)	fotometrie (discrete analyser)	-	0,01
chloride (Cl)	fotometrie (ionenanalyser)	-	1
fosfaat (ortho-P)	fotometrie	NEN 6479	0,01
fosfaat (totaal-P)	fotometrie na destructie	NEN 6479	0,01
kalium (K)	AAS-vlam	NEN 6424	0,1
nitraat (NO ₃)	fotometrie (doorstroomanalyse)	KIWA 2-08-2	1
DOC (C)	fotometrie (doorstroomanalyse)	-	0,2
stikstof (kjeldahl-N)	fotometrie (discrete analyser)	NEN 6481	1 ^{*1}

*1 in afwijking op de standaard is aan het RIVM als laagste waarde de aantoonbaarheidsgrens van 0,3 mg.l⁻¹ gerapporteerd.

3. Bedrijfsvoering, bodembelasting en mineralenoverschotten

Dit hoofdstuk geeft inzicht in de grootte, de intensiteit en de wijze van bedrijfsvoering op de deelnemende bedrijven. In een aantal achtereenvolgende paragrafen worden de kengetallen van de veehouderijbedrijven en van de akkerbouwbedrijven behandeld. Deze bedrijfskengetallen zijn afkomstig uit het LEI-Bedrijven Informatienet. De bijbehorende bemonstering van het grondwater is steeds uitgevoerd in het seizoen volgend op een betreffend boekjaar.

3.1 *Bedrijfsvoering op de veehouderijbedrijven*

Tabel 3.1 geeft het verloop van enkele kengetallen van de veehouderijbedrijven, die in de periode 1992 tot en met 1995 door het RIVM zijn bemonsterd en die tevens in het LEI-Bedrijven Informatienet zijn geregistreerd gedurende de boekjaren 1991/'92 tot en met 1994/'95. De bedrijven zijn oorspronkelijk ingedeeld in vier categorieën op basis van gegevens uit de CBS-landbouwtelling 1991 (zie Hoofdstuk 2, §2.1.2). Deze gegevens vormen een momentopname (mei 1991) van de bedrijfsomvang en -opzet. De in de tabel getoonde cijfers zijn afkomstig uit het LEI-Bedrijven Informatienet en geven een gemiddelde waarde in een bepaald boekjaar (mei tot mei). De LEI-cijfers in de tabel zullen dus afwijken van de CBS-cijfers, waarop de bedrijven oorspronkelijk zijn ingedeeld.

Hoewel de bedrijven de bedrijfsvoering in de loop der jaren kunnen hebben aangepast, en daardoor formeel in een andere categorie zouden thuis horen, is aan de oorspronkelijke indeling vastgehouden, juist om veranderingen in bedrijfsvoering te kunnen laten zien. De categorieën melkvee-intensief en combinatie extensief zijn niet bemonsterd in 1994. De bedrijfskengetallen uit het bijbehorende boekjaar 1993/'94 zijn wel in de tabel weergegeven, om de bedrijfsvoering van de betreffende categorieën te kunnen blijven volgen. Allereerst volgt de definitie van een aantal kengetallen. Daarna worden de getallen in de tabel behandeld.

Definities

Omvang intensieve veehouderij

De omvang van de intensieve veehouderij is uitgedrukt in standaardbedrijfseenheden (sbe). De sbe is een maat voor de omvang van het bedrijf, die het mogelijk maakt verschillende bedrijfstypes te vergelijken. De sbe wordt berekend op basis van de netto-toegevoegde waarde. De netto-toegevoegde waarde is het verschil tussen de opbrengsten en de non-factor-kosten. De non-factorkosten zijn alle kosten minus de vergoedingen voor arbeid (loon) en kapitaal (rente). De sbe voor mestvarkens, zeugen, leghennen en slachtkuikens bedraagt achtereenvolgens 0,12, 0,85, 0,0063 en 0,0034. Voor een definitie van de sbe en voor de hoogte van de sbe voor andere diercategorieën wordt verwezen naar Koole (1993).

Melkproduktie

De melkproduktie per ha voederoppervlakte en per koe zijn uitgedrukt in kg fpcm (fat and protein corrected milk). Dit is één kg melk, gecorrigeerd naar melk met een vet- en eiwit-percentage van respectievelijk 4,00 en 3,40%.

Tabel 3.1 *Het verloop van gemiddelde bedrijfsvoeringskengetallen van veehouderijbedrijven die gedurende 4 jaar deelnamen aan het meetnet, ingedeeld in vier groepen ¹⁾*

kengetal	1991/'92	1992/'93	1993/'94	1994/'95
<u>melkvee extensief (< 2,8 gve.ha⁻¹)</u>				
aantal	13	13	13	13
cultuurgrond (ha)	37,8	38,3	39,5	40,2
voederoppervlakte (ha)	37,1	37,4	38,1	38,4
bouwland (%)	20,1	20,9	21,4	22,5
intensieve veehouderij (sbe.ha ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,00
melkproduktie (fpcm kg.ha ⁻¹)	10984	11296	11193	11655
melkproduktie (fpcm kg.koe ⁻¹)	7198	7501	7559	7567
melkkoeien (gve.ha ⁻¹)	1,53	1,51	1,48	1,54
gve-overig (gve.ha ⁻¹)	0,82	0,80	0,79	0,81
fosfaatproduktie (kg.ha ⁻¹)	87	82	91	91
drainage (f .ha ⁻¹)	92	136	163	188
emissie-arme aanwending (%)	10,5	41,5	40,5	61,4
mestopslagcapaciteit (%)	72,1	81,7	82,3	84,5
beregende oppervlakte (%)	12,9	16,1	7,7	16,0
maaipercentage (%)	172,9	187,2	201,7	193,1
voeraankopen graasdieren (kVEM.ha ⁻¹)	3894	3992	3612	4223
voeraankopen - maatstaf (kVEM.ha ⁻¹)	284	343	295	69
<u>melkvee intensief (> 2,8 gve.ha⁻¹)</u>				
aantal	10	10	10	10
cultuurgrond (ha)	27,8	29,1	29,6	30,8
bouwland (%)	25,3	28,2	29,4	29,0
intensieve veehouderij (sbe.ha ⁻¹)	0,08	0,09	0,10	0,09
melkproduktie (fpcm kg.ha ⁻¹)	14996	14840	15182	14762
melkproduktie (fpcm kg.koe ⁻¹)	6868	6951	7101	7014
melkkoeien (gve.ha ⁻¹)	2,19	2,15	2,14	2,10
gve-overig (gve.ha ⁻¹)	0,84	0,81	0,83	0,86
fosfaatproduktie (kg.ha ⁻¹)	121	114	130	122
drainage (f .ha ⁻¹)	130	139	153	185
emissie-arme aanwending (%)	36,5	70,7	66,8	81,8
mestopslagcapaciteit (%)	63,1	68,7	65,4	66,6
beregende oppervlakte (%)	25,6	26,9	16,2	28,4
maaipercentage (%)	195,2	201,6	211,9	200,8
voeraankopen graasdieren (kVEM.ha ⁻¹)	5792	5820	5446	6135
voeraankopen - maatstaf (kVEM.ha ⁻¹)	-583	-276	-653	-118

(zie vervolg)

Tabel 3.1 (vervolg)

kengetal	1991/'92	1992/'93	1993/'94	1994/'95
<u>Combinatie extensief (< 225 kg fosfaat per ha)</u>				
aantal	14	14	14	14
cultuurgrond (ha)	27,2	27,9	28,6	28,3
bouwland (%)	23,8	24,6	23,6	22,3
intensieve veehouderij (sbe.ha ⁻¹)	1,03	1,10	0,95	0,90
melkproduktie (fpcm kg.ha ⁻¹)	12079	12349	12795	13413
melkproduktie (fpcm kg.koe ⁻¹)	7182	7341	7371	7471
melkkoeien (gve.ha ⁻¹)	1,68	1,68	1,73	1,79
gve-overig (gve.ha ⁻¹)	0,98	0,91	0,90	0,90
fosfaatproduktie (kg.ha ⁻¹)	130	127	138	132
drainage (f.ha ⁻¹)	284	302	310	337
emissie-arme aanwending (%)	22,7	42,2	56,3	76,0
mestopslagcapaciteit (%)	64,1	74,3	74,5	79,6
beregende oppervlakte (%)	37,1	33,2	16,0	28,0
maaipercentage (%)	164,6	183,5	217,4	190,6
voeraankopen graasdieren (kVEM.ha ⁻¹)	4448	4384	4514	5645
voeraankopen - maatstaf (kVEM.ha ⁻¹)	-487	-335	-244	32
<u>Combinatie intensief (> 225 kg fosfaat per ha)</u>				
aantal	18	18	18	18
cultuurgrond (ha)	20,9	20,8	21,0	21,9
bouwland (%)	18,6	21,8	21,3	22,1
intensieve veehouderij (sbe.ha ⁻¹)	1,87	1,91	1,99	1,85
melkproduktie (fpcm kg.ha ⁻¹)	13168	13601	13258	13266
melkproduktie (fpcm kg.koe ⁻¹)	6109	6445	6498	6614
melkkoeien (gve.ha ⁻¹)	2,17	2,13	2,06	2,03
gve-overig (gve.ha ⁻¹)	1,41	1,31	1,33	1,28
fosfaatproduktie (kg.ha ⁻¹)	218	222	239	219
drainage (f.ha ⁻¹)	196	222	226	227
emissie-arme aanwending (%)	23,8	38,0	57,5	61,6
mestopslagcapaciteit (%)	104,9	96,9	115,0	123,4
beregende oppervlakte (%)	28,0	26,4	16,1	29,4
maaipercentage (%)	168,0	187,1	195,7	205,1
voeraankopen graasdieren (kVEM.ha ⁻¹)	8242	8300	7108	7569
voeraankopen - maatstaf (kVEM.ha ⁻¹)	609	1041	368	638

Bron: LEI-Bedrijven Informatienet

¹⁾ Bij de start van het meetnet zijn de bedrijven in vier groepen ingedeeld op basis van een aantal kengetallen uit de CBS-landbouwtelling 1991.

Overig weidevee

Het overig weidevee (exclusief melkkoeien) per ha voederoppervlakte is uitgedrukt in aantal grootvee-eenheden (gve) om het op één noemer te kunnen brengen. Eén grootvee-eenheid komt globaal overeen met één melkkoe. Voor het aantal gve per diersoort wordt verwezen naar Van Dijk e.a. (1995).

Fosfaatproduktie

De fosfaatproduktie per ha is normatief berekend. Voor ieder gemiddeld aanwezig dier wordt een normatieve fosfaatproduktie ingerekend, die afkomstig is van de Werkgroep Uniformering Berekening Mest- en Mineralencijfers (WUM-1991 t/m 1994). Voor de cijfers wordt verwezen naar *Bijlage I*.

Emissie-arme aanwending en mestopslagcapaciteit

Het percentage emissie-arm aangewende mest is berekend als de hoeveelheid emissie-arm aangewende mest (tonnen) gedeeld door de forfaitaire mestproduktie. De procentuele mestopslagcapaciteit is op dezelfde manier berekend als de mestopslagcapaciteit (tonnen) gedeeld door de forfaitaire mestproduktie.

Drainage

De mate waarin de grond gedraineerd is, is ingeschat met behulp van de variabele "vervangingswaarde per ha". De variabele is hoog indien een groot deel van de grond gedraineerd is en/of wanneer de drainafstand klein is. Omdat er weinig variatie in grondsoort is (zand of een combinatie met dalgrond), valt te verwachten, dat ook de drainafstand weinig varieert. Dit betekent dat het aandeel gedraineerde grond groot is, indien de vervangingswaarde van drainage per ha hoog is. Bij een vervangingswaarde van ongeveer f 1000,- per ha is de volledige oppervlakte gedraineerd.

Berekening

De beregende oppervlakte is berekend als het percentage van de cultuurgrond dat in het groeiseizoen is beregend, ongeacht de hoeveelheid water en het aantal herhalingen. Het maximale percentage bedraagt dus 100%.

Maaipcentage, voeraankopen en maatstaf

Het maaipcentage is berekend als de totale gemaaide oppervlakte gedeeld door de oppervlakte grasland. Indien alle grasland twee maal gemaaid is, bedraagt het maaipcentage dus 200%. De voeraankopen in kVEM (1000 voedereenheden melk) per ha voederoppervlakte zijn gecorrigeerd voor verliezen, verkopen en voorraadveranderingen. Het kengetal geeft dus het aanvullende (naast graslandprodukten) voerverbruik per ha weer. De maatstaf voor voeraankopen geeft aan hoeveel voer gemiddeld in hetzelfde boekjaar op vergelijkbare bedrijven aangekocht is. Vergelijkbare bedrijven wil zeggen: bedrijven met exact dezelfde melkproduktie per ha, dezelfde produktie per koe, dezelfde veebezetting, hetzelfde veeras, dezelfde grondsoort, hetzelfde aandeel maïsland en dezelfde N-gift op gras. Het verschil tussen werkelijke voeraankopen en de maatstaf is daardoor een maat voor de efficiëntie van het eigen voer- en graslandmanagement. Voor meer informatie over de ontwikkeling en het gebruik van de bedrijfsspecifieke vergelijkingsmaatstaf wordt verwezen naar De Haan (1990).

Ontwikkeling bedrijfsvoering

De gemiddelde bedrijfsoppervlakte is op de gespecialiseerde melkveebedrijven met 2,5 tot 3 ha toegenomen in vier jaar tijd. In de categorie melkvee extensief is de uitbreiding van de oppervlakte gepaard gegaan met een uitbreiding van het melkquotum, getuige de toename van de melkproduktie per ha. Op de (intensieve) combinatiebedrijven is de totale oppervlakte nauwelijks veranderd. Het aankopen van grond om te extensiveren wordt waarschijnlijk bij de huidige hoge grondprijzen niet gezien als optie om de mestafzetkosten te verlagen. Het aandeel bouwland (maïs) van de totale oppervlakte stijgt in alle categorieën, met uitzondering van de categorie combinatie extensief, met enkele procenten.

De melkproduktie per koe is in de vier jaren in alle categorieën gestegen. Deze stijging is het kleinst in de categorie melkvee intensief (150 kg fpcm) en het grootst in de categorie combinatie intensief (500 kg fpcm).

De melkproduktie per ha steeg in de categorieën melkvee extensief en combinatie extensief. Met name in de categorie combinatie extensief steeg de melkveebezetting om deze produktiestijging per ha te kunnen realiseren. In de categorie melkvee extensief was de stijging van de melkproduktie per koe sterk genoeg, om de stijging van de produktie per ha te kunnen realiseren.

In de categorie combinatie intensief bleef de produktie per ha nagenoeg gelijk, terwijl die in de categorie melkvee intensief daalde. In deze categorieën steeg de melkproduktie per koe relatief sneller dan die per ha, waardoor de melkveebezetting kon afnemen. In de categorie combinatie intensief nam tevens de jongveebezetting af.

Als gevolg van de daling van de melkvee- en de jongveestapel dalen de voeraankopen per ha in de categorie combinatie intensief als enige. In de overige categorieën zijn de voeraankopen in boekjaar 1994/'95 het hoogst, als gevolg van slechte graslandopbrengsten. Bij de categorieën melkvee extensief en combinatie intensief zijn de voeraankopen hoger dan het gemiddelde van vergelijkbare bedrijven (maatstaf). Dit duidt op een minder efficiënt voer- en graslandmanagement. De categorieën melkvee intensief en combinatie extensief kopen minder voer aan dan vergelijkbare bedrijven en zullen dus gemiddeld efficiënter zijn dan vergelijkbare bedrijven.

Het aandeel van de grond dat gedraineerd is neemt in iedere categorie toe. Het percentage beregende oppervlakte is vrij constant, met uitzondering van boekjaar 1993/'94. Dit is het gevolg van de overvloedige regenval in dat jaar.

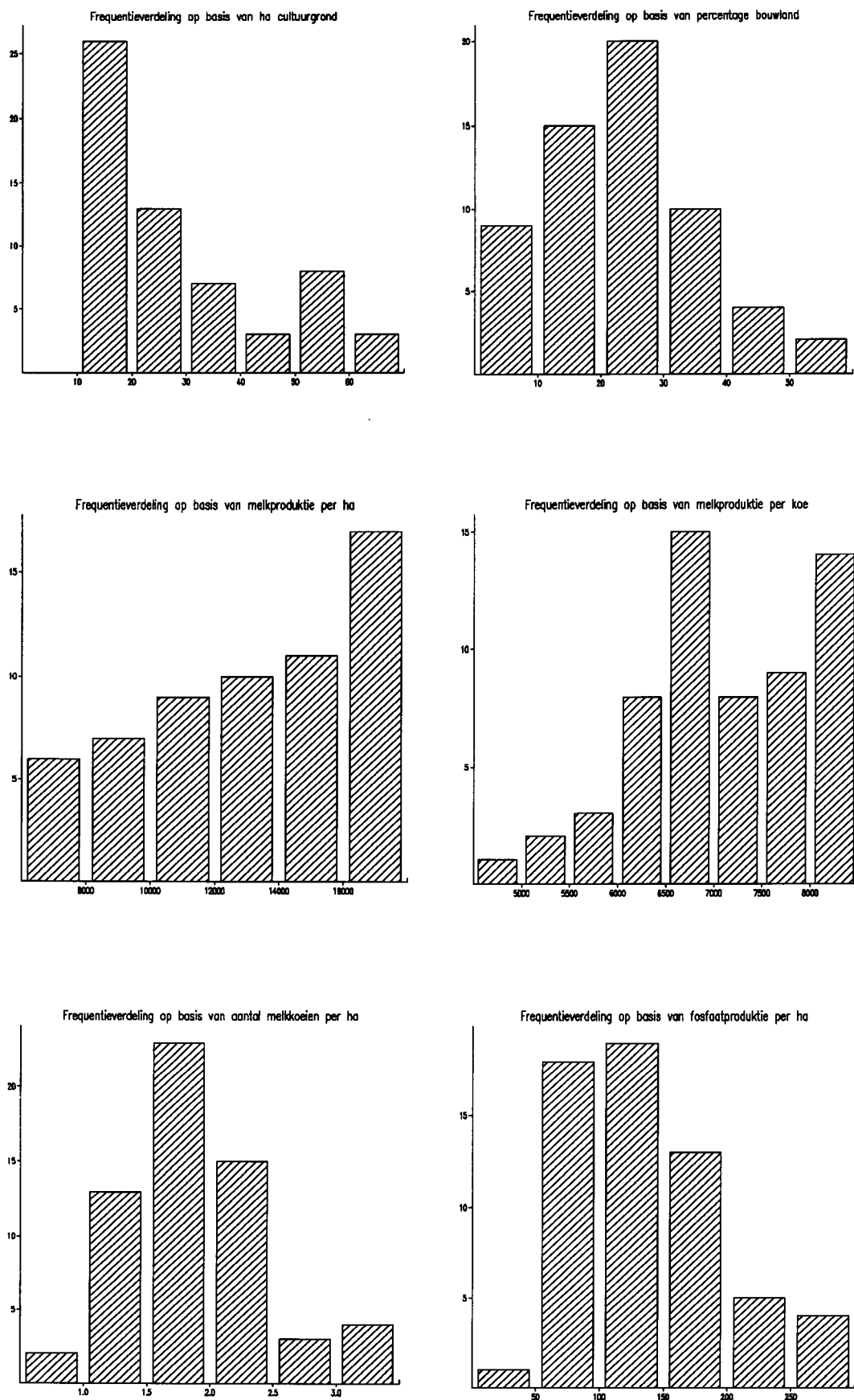
Het maaipercentage neemt in alle categorieën toe. Gezien de voeraankopen, die in drie van de vier categorieën toenemen is het niet te verwachten dat er meer geoogst is. Waarschijnlijk wordt het gras in een korter stadium gemaaid. Gras gemaaid in een korter stadium zal in het algemeen een hoger eiwitgehalte bevatten hetgeen uit oogpunt van mineralenbenutting niet gunstig is.

Het percentage drijfmest, dat emissie-arm wordt aangewend, neemt ieder jaar toe. Vanaf 1992 bestaat de verplichting om mest emissie-arm uit te rijden in bepaalde periodes (eerst vanaf februari tot half juni) op gronden die uitspoelingsgevoelig zijn (zandgronden). Van half juni tot oktober mocht de mest bovengronds worden uitgereden en van oktober tot februari gold een uitrijverbod. Vanaf 1994 geldt de verplichting tot emissie-arm uitrijden voor alle gronden en

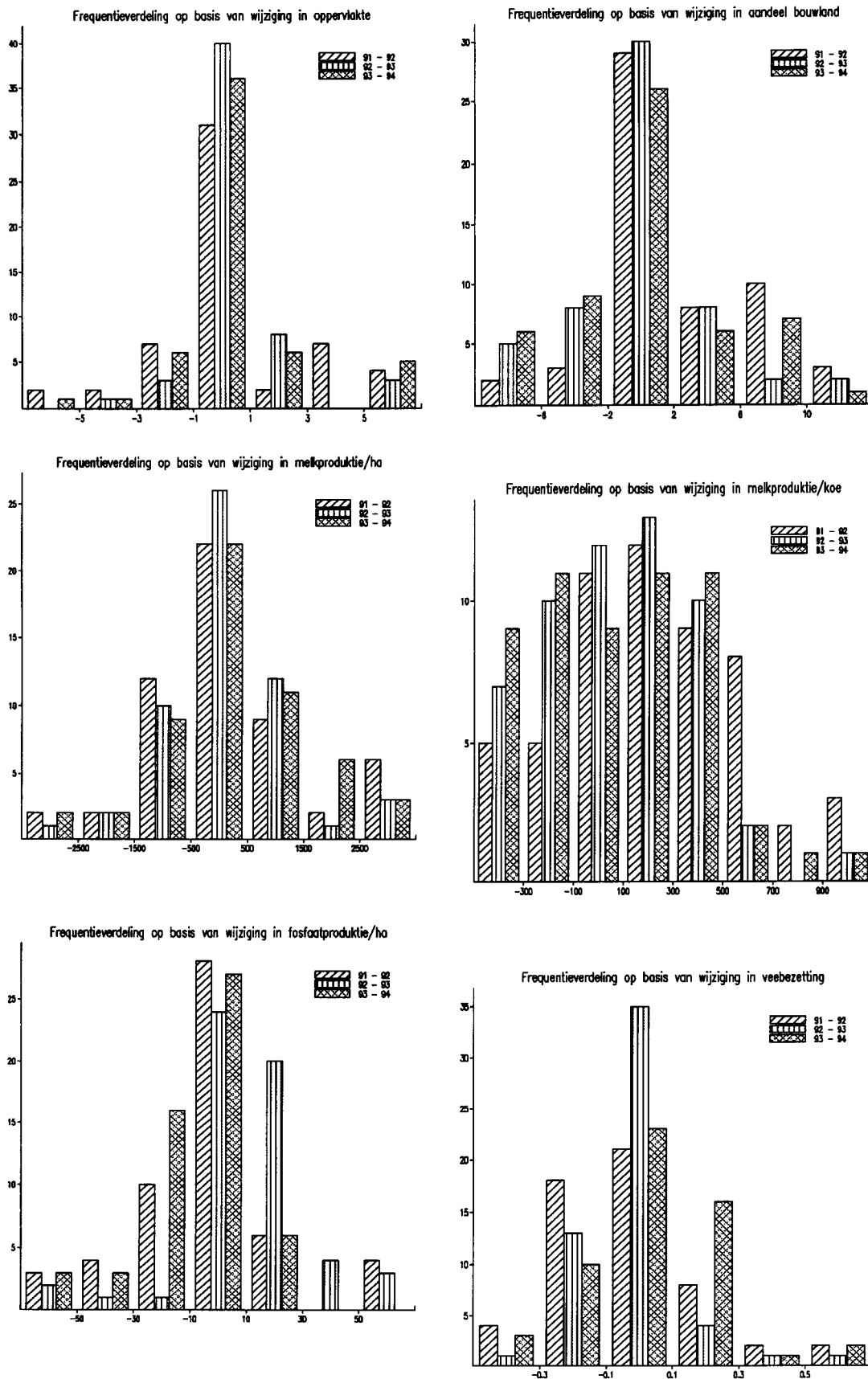
vanaf 1995 is de periode waarin emissie-arm moet worden uitgereden verlengd tot oktober, zodat bovengronds uitrijden helemaal niet meer is toegestaan. Een toename van het emissie-arm aanwenden van drijfmest zal tot gevolg hebben dat de ammoniak-emissie daalt. Hierdoor stijgt het aandeel minerale stikstof in de drijfmest. Indien hiermee niet voldoende rekening wordt gehouden bij de kunstmestgift, neemt de totale hoeveelheid minerale stikstof toe. Minerale stikstof spoelt gemakkelijker uit dan organisch gebonden stikstof, zodat de uitspoeling kán toenemen. Of dit daadwerkelijk gebeurt zal vooral afhangen van bodemkarakteristieken, de neerslaghoeveelheid na toediening van de mest en de opname door de plant.

Tabel 3.1 geeft slechts de gemiddelden weer. *Figuur 3.1* geeft aan dat de spreiding rond de gemiddelden erg groot is. De figuur toont een frequentieverdeling op basis van een aantal kengetallen uit het boekjaar 1994/'95.

Bij het beschouwen van *Tabel 3.1* kan al snel de conclusie getrokken worden dat de bedrijfsvoering weinig variabel is. De groepsgemiddelde kengetallen in de tabel vertonen over het algemeen weinig variatie. Op de individuele bedrijven verandert de bedrijfsopzet en de bedrijfsvoering in sommige gevallen echter aanzienlijk. In *Figuur 3.2* zijn de bedrijven, waarvan een vierjaarlijkse registratie beschikbaar is ingedeeld naar de verandering van een bepaald kengetal in een bepaald jaar. De drie gearceerde staven geven steeds het aantal bedrijven aan, dat in een gegeven jaar een bepaalde verandering heeft doorgemaakt, passend in de weergegeven klasse op de x-as. Uit de figuur blijkt dat de veranderingen op individuele bedrijven soms aanzienlijk zijn geweest. Zo hebben bijvoorbeeld in het boekjaar 1994/'95 vijf bedrijven de oppervlakte met meer dan 5 ha vergroot. Negen bedrijven hebben de melkproduktie per ha met meer dan 1500 kg fpcm verhoogd. De figuren zijn bedoeld ter illustratie en zullen verder niet uitvoeriger worden behandeld.



Figuur 3.1 Frequentieverdeling van de veehouderijbedrijven op basis van een aantal bedrijfsvoeringskengetallen uit boekjaar 1994/'95. Aantallen bedrijven op Y-as.



Figuur 3.2 Frequentieverdeling van de veehouderijbedrijven op basis van de wijziging van een aantal kengetallen ten opzichte van het voorgaande jaar. Aantallen bedrijven op Y-as.

3.2 Bodembelasting met mineralen op de veehouderijbedrijven

De mineralenconcentraties in het grondwater zullen sterk afhankelijk zijn van de belasting op de bodem met mineralen. *Tabel 3.2* toont de bodembelasting per ha grasland, per ha maïsland en als resultante per ha cultuurgrond. De belasting met mineralen is gesplitst in mineralen uitgescheiden door weidend vee (alleen op grasland), de mineralen in drijfmest en de mineralen in kunstmest. De totale mineralenuitscheiding door het vee is berekend als het aantal dieren maal de gemiddelde uitscheiding per dier volgens de Werkgroep Uniformering Berekening Mest- en Mineralencijfers (WUM) (voor cijfers: zie *Bijlage I*). Aan de hand van het in het LEI-Bedrijven Informatienet geregistreerde beweidingssysteem is vervolgens de mineralenuitscheiding verdeeld over weidemest en drijfmest, waarbij de stikstof in drijfmest nog gecorrigeerd wordt voor emissies in de stal en de mestopslag. Verondersteld is dat bij zomerstalvoeren alle mest via drijfmest beschikbaar komt. Bij onbeperkt weiden wordt de helft van alle mest door weidend vee uitgescheiden. De overige mest komt via drijfmest beschikbaar. De beschikbare hoeveelheid drijfmest wordt verder nog gecorrigeerd voor mestaanvoer en mestafvoer naar en vanaf het bedrijf. Allereerst worden per mineraal de categorieën vergeleken. Daarna wordt het verloop van de belastingscijfers behandeld.

De belangrijkste aanvoerpost van N op gras op de gespecialiseerde melkveebedrijven is kunstmest. Op de combinatiebedrijven is de aanvoer van stikstof op grasland via drijfmest net zo groot of iets groter dan de aanvoer via kunstmest. De extra beschikbare stikstof uit drijfmest op de intensievere bedrijven vertaalt zich niet in een lagere aanvoer via kunstmest. Op maïsland is in alle categorieën drijfmest de grootste aanvoerpost.

Fosfaat komt voornamelijk via drijfmest en via mest van weidend vee op de bodem. Op de extensievere bedrijven die relatief weinig organische mest beschikbaar hebben, is de aanvoer via kunstmest het hoogst. Op de combinatiebedrijven wordt fosfaatkunstmest voornamelijk op maïsland gegeven, terwijl dit op de gespecialiseerde bedrijven wisselt.

Kaliumkunstmest wordt in alle categorieën, met uitzondering van melkvee extensief, weinig gebruikt. Deze categorie heeft ook de kleinste productie van organische mest.

De belasting van de bodem met mineralen is in de vermeldde periode nauwelijks veranderd. De hoeveelheid stikstof uit kunstmest op gras daalt niet, ondanks een stijging van het aandeel emissie-arm aangewende mest (zie *Tabel 3.1*). Uit onderzoek blijkt dat het emissie-arm aanwenden van mest een verhoging van de werking van de stikstof in organische mest tot gevolg heeft, waardoor op kunstmest bespaard kan worden. Alleen in de categorie 'combinatie intensief' is in het laatste jaar de belasting met stikstof, fosfaat en kali gedaald (respectievelijk met 89, 37 en 53 kg.ha⁻¹). Deze daling is voornamelijk veroorzaakt door een stijging van de afgevoerde mest. Deze is waarschijnlijk noodzakelijk geweest door een aanscherping van de fosfaatsnormering. In 1994 bedroeg deze 150 kg fosfaat op maïs en 200 kg op gras (IKC, 1994). Bij een aandeel van 20% maïs (zie *Tabel 3.2*) betekent dit dat per ha maximaal 189 kg fosfaat uit dierlijke mest mocht worden aangewend. De eigen fosfaatproductie in 1994 bedroeg gemiddeld in deze categorie 220 kg per ha.

Tabel 3.2 *Het verloop van de bruto-mineralenbelasting ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) op gras- en maisland van de veehouderijbedrijven, die gedurende 4 jaar deelnamen en tevens geregistreerd werden*

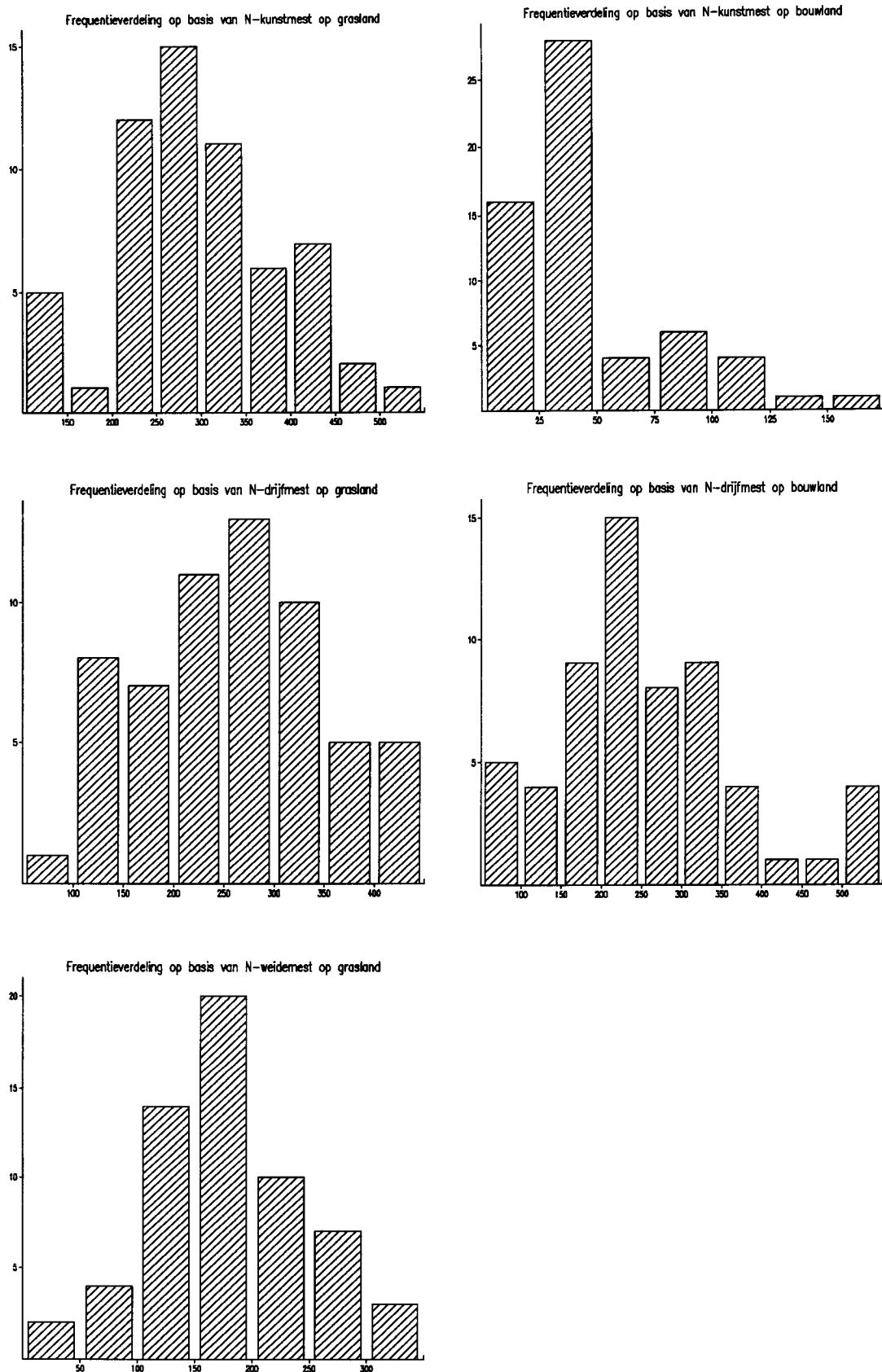
aanvoer	1991/92			1992/93			1993/94			1994/95		
	gras	mais	totaal	gras	mais	totaal	gras	mais	totaal	gras	mais	totaal
Melkvee extensief												
N-kunstmest	315	108	273	319	91	270	361	86	292	312	74	251
N-weidend vee	174	0	140	154	0	122	157	0	122	169	0	129
N-drijfmest	165	285	188	148	246	168	141	352	189	168	243	186
N-totaal	654	393	602	621	337	560	659	439	602	648	317	565
P ₂ O ₅ -kunstmest	44	36	42	52	34	48	46	47	45	40	41	40
P ₂ O ₅ -weidend vee	46	0	37	40	0	32	44	0	34	47	0	36
P ₂ O ₅ -drijfmest	53	113	65	47	100	58	48	129	66	57	95	66
P ₂ O ₅ -totaal	143	149	144	139	133	138	138	176	146	144	136	142
K ₂ O-kunstmest	34	130	53	21	86	34	20	72	31	7	58	19
K ₂ O-weidend vee	201	0	162	176	0	139	187	0	144	204	0	156
K ₂ O-drijfmest	217	317	237	194	286	213	185	443	243	225	290	240
K ₂ O-totaal	453	448	451	391	372	387	391	515	419	437	348	415
Melkvee intensief												
N-kunstmest	364	36	274	346	29	248	395	31	273	354	31	249
N-weidend vee	194	0	145	208	0	147	181	0	125	170	0	121
N-drijfmest	284	399	313	186	672	329	344	384	356	327	444	361
N-totaal	842	435	731	740	701	724	920	415	755	851	475	730
P ₂ O ₅ -kunstmest	30	15	26	32	7	24	25	20	26	22	26	27
P ₂ O ₅ -weidend vee	51	0	38	54	0	38	51	0	35	47	0	34
P ₂ O ₅ -drijfmest	94	145	107	58	205	101	114	179	134	108	172	126
P ₂ O ₅ -totaal	175	160	171	144	212	163	189	198	194	177	198	186
K ₂ O-kunstmest	6	19	9	6	7	6	0	15	4	0	2	1
K ₂ O-weidend vee	224	0	167	238	0	169	217	0	150	205	0	147
K ₂ O-drijfmest	367	472	394	246	773	401	470	414	453	456	476	462
K ₂ O-totaal	598	491	570	490	780	575	687	429	608	661	478	610

Tabel 3.2 (vervolg)

aanvoer	1991/92			1992/93			1993/94			1994/95		
	gras	maïs	totaal	gras	maïs	totaal	gras	maïs	totaal	gras	maïs	totaal
Combinatie extensief												
N-kunstmest	293	52	234	305	43	236	346	44	271	304	61	249
N-weidend vee	164	0	124	161	0	121	165	0	127	165	0	129
N-drijfmest	297	303	299	270	289	275	295	276	290	287	254	280
N-totaal	754	354	657	736	331	632	806	320	688	756	316	657
P ₂ O ₅ -kunstmest	15	27	18	29	24	27	15	28	17	8	33	15
P ₂ O ₅ -weidend vee	42	0	32	42	0	31	46	0	35	46	0	36
P ₂ O ₅ -drijfmest	103	143	112	89	144	103	103	149	114	102	117	106
P ₂ O ₅ -totaal	160	171	163	159	168	161	164	176	166	156	149	156
K ₂ O-kunstmest	0	45	11	1	34	9	1	11	4	0	3	1
K ₂ O-weidend vee	190	0	144	185	0	139	198	0	152	201	0	157
K ₂ O-drijfmest	384	320	368	349	290	335	397	261	365	380	271	356
K ₂ O-totaal	574	365	523	535	324	483	596	272	521	582	273	514
Combinatie intensief												
N-kunstmest	267	74	228	288	35	230	334	29	262	295	43	234
N-weidend vee	169	0	135	156	0	120	194	0	149	200	0	152
N-drijfmest	366	245	341	380	374	379	386	298	366	299	314	302
N-totaal	802	319	704	824	409	729	914	328	777	794	357	688
P ₂ O ₅ -kunstmest	3	25	8	12	21	14	11	30	15	6	20	10
P ₂ O ₅ -weidend vee	44	0	35	41	0	31	54	0	42	56	0	42
P ₂ O ₅ -drijfmest	133	105	128	134	179	144	142	151	144	105	136	113
P ₂ O ₅ -totaal	181	130	171	186	200	189	207	181	201	167	156	164
K ₂ O-kunstmest	1	18	4	0	19	4	2	17	5	0	4	1
K ₂ O-weidend vee	196	0	156	178	0	137	227	0	175	240	0	182
K ₂ O-drijfmest	452	258	413	473	354	446	476	261	426	382	331	369
K ₂ O-totaal	649	276	573	650	373	587	705	277	606	623	334	553

Bron: LEI-Bedrijven Informatienet

Figuur 3.3 toont een frequentieverdeling van de veehouderijbedrijven op basis van de stikstofbelasting in het boekjaar 1994/'95. Opmerkelijk is de zeer grote spreiding van de diverse aanvoerposten. Opvallend is ook de zeer hoge N-bemesting via kunstmest op grasland op sommige bedrijven. Tien bedrijven strooien alleen aan kunstmest al meer dan 400 kg N per ha grasland. Dit ondanks nieuwe bemestingstechnieken (emissie-arme aanwending) en nieuwe bemestingsadviezen.



Figuur 3.3 Frequentieverdeling van de veehouderijbedrijven op basis van de N-bemesting in boekjaar 1994/'95. Aantallen bedrijven op de Y-as.

3.3 Mineralenoverschotten op de veehouderijbedrijven

In de vorige paragraaf is de bodembelasting met mineralen weergegeven. Hierbij is gebruik gemaakt van forfaitaire cijfers betreffende de mineralenuitscheiding van het vee, de zogenaamde WUM-cijfers (zie *Bijlage I*). Deze uitscheidingscijfers houden geen rekening met het produktieniveau van een dier, de mineralengehaltes in het voer en de efficiëntie waarmee het gevoerd wordt.

Een kengetal dat wellicht de efficiëntie van het mineralengebruik beter in beeld brengt is het mineralenoverschot. Het overschot van een bepaald element (N, P of K) wordt berekend als de totale aanvoer van buiten het bedrijf, minus de totale afvoer vanaf het bedrijf. Het mineralenoverschot geeft dus de hoeveelheid mineralen aan die op één of andere manier in het milieu verdwijnt. De op het bedrijf geproduceerde organische mest is onderdeel van een interne mineralenstroom en is dus geen aanvoerpost. Het mineralenoverschot geeft de mineralenverliezen op het gehele bedrijf weer. Een uitsplitsing naar grasland en bouwland is daarom niet (gemakkelijk) te maken. Het door het LEI-DLO berekende mineralenoverschot is inclusief de depositie. Dit in tegenstelling tot het overschot volgens de verplichte mineralenaangifte (MINAS; LNV, 1997). De depositie bedraagt per ha globaal 50 kg N, 2 kg P_2O_5 en 4 kg K (zie *Bijlage II*).

In *Bijlage II* is per bedrijfscategorie per boekjaar de opbouw van de mineralenoverschotten weergegeven. Hieruit blijkt dat stikstof voornamelijk via kunstmest het bedrijf op komt. Fosfaat en kali worden voornamelijk via rundveevoer en de varkensvoer (divers) aangevoerd. In de meest extensieve groep (melkvee extensief) is de aanvoer aan fosfaatkunstmest en kalikunstmest het grootst. De aanvoer via voer is in deze categorie het laagst. Dit komt ook tot uiting in *Tabel 3.2*, waar blijkt dat de aanwending van dierlijke mest in de categorie melkvee extensief het kleinst is. Het verloop van de mineralenoverschotten per bedrijfscategorie wordt in *Tabel 3.3* nog eens beknopt weergegeven.

Uit *Tabel 3.3* blijkt dat de mineralenoverschotten op de deelnemende bedrijven, welke representatief zijn voor mineralenoverschotten in het zandgebied, gemiddeld aan de hoge kant zijn. Ter vergelijking: De gemiddelde overschotten op de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in Nederland bedroegen in het boekjaar 1993/'94 voor stikstof (N) 415, voor fosfaat (P_2O_5) 71 en voor kali (K) 82 kg per ha (Wijnands e.a., 1995). Alleen de meest extensieve groep (melkvee extensief) is in staat een lager stikstof- en kaliumoverschot te halen.

In de vier achtereenvolgende jaren zijn de overschotten gemiddeld niet verbeterd, ondanks nieuwe mestaanwendingstechnieken en nieuwe bemestingsadviezen. Op de meest intensieve categorie (combinatie intensief) zijn de overschotten wel substantieel afgenomen. Zoals in de vorige paragraaf al gemeld is, is dit het gevolg van een toegenomen afvoer van organische mest (zie ook *Bijlage II*). Opvallend is het boekjaar 1993/'94 met gemiddeld het hoogste stikstofoverschot en het laagste kaliumoverschot. Uit *Bijlage II* blijkt dat de toename van het N-overschot vooral een gevolg is van een toename van het kunstmestverbruik. Bij beschouwing van *Tabel 3.1* blijkt 1993/'94 het jaar te zijn met de laagste voeraankopen, waarschijnlijk als gevolg van een zeer goede graslandopbrengst. In dit jaar is er veel gemaaid, getuige het hoge maaipercentage. Een hogere graslandopbrengst per ha en een hoger N-overschot lijken tegenstrijdig. Stikstof wordt over het algemeen per snede gegeven in tegenstelling tot fosfaat en kalium. De totale stikstofgift is daardoor hoger bij een groter

aantal snedes. Dit lijkt een plausibele verklaring voor een hoger stikstofgebruik in het boekjaar 1994/'95.

Tabel 3.3 *Het verloop van de mineralenoverschotten¹ van de deelnemende bedrijven, waarvan alle vier boekjaren een registratie is bijgehouden*

mineraal/categorie	1991/'92	1992/'93	1993/'94	1994/'95
<u>stikstofoverschot (N kg.ha⁻¹)</u>				
- melkvee extensief	385	366	390	373
- melkvee intensief	443	455	485	474
- combinatie extensief	429	422	465	454
- combinatie intensief	495	533	529	476
- alle bedrijven	437	443	472	451
<u>fosfaatoverschot (P₂O₅ kg.ha⁻¹)</u>				
- melkvee extensief	72	72	77	79
- melkvee intensief	78	95	97	98
- combinatie extensief	84	86	84	84
- combinatie intensief	87	104	91	70
- alle bedrijven	80	90	89	85
<u>kali-overschot (K kg.ha⁻¹)</u>				
- melkvee extensief	107	80	71	77
- melkvee intensief	113	145	99	128
- combinatie extensief	117	110	92	123
- combinatie intensief	156	179	132	124
- alle bedrijven	124	127	99	115

¹ Inclusief depositie (i.t.t. MINAS; LNV, 1997)

Bron: LEI-Bedrijven Informatienet

3.4 Bedrijfsvoering op de akkerbouwbedrijven

Tabel 3.4 geeft het verloop van een aantal belangrijke kengetallen op de akkerbouwbedrijven die gedurende de gehele meetnetperiode deelnamen en tevens geregistreerd zijn in het LEI-Bedrijven Informatienet.

Uit Tabel 3.4 blijkt, dat de deelnemende akkerbouwbedrijven gemiddeld iets groter zijn geworden. Het bouwplan is in vier jaar tijd weinig veranderd. Het aandeel aardappelen is iets afgenomen ten gunste van het aandeel granen en tuinakkergewassen. Het aandeel peulvruchten en handelsgewassen is erg klein en gereduceerd tot nul in 1994/'95. De categorie handelsgewassen bestaat uit gewassen als koolzaad, karwijzaad en blauwmaanzaad.

Tabel 3.4 *Het verloop van enkele kengetallen van akkerbouwbedrijven die gedurende 4 jaar deelnamen aan het meetnet en tevens geregistreerd zijn in het LEI-Bedrijven Informatienet*

kengetal	1991/'92	1992/'93	1993/'94	1994/'95
aantal	16	16	16	16
cultuurgrond (ha)	54,0	55,3	56,0	56,1
aandeel aardappelen (%)	44,5	42,8	43,9	41,8
aandeel suikerbieten (%)	20,4	20,5	19,7	19,8
aandeel granen (%)	23,5	23,2	23,4	25,2
aandeel peulvruchten (%)	1,0	0,4	0,1	0,0
aandeel handelsgewassen (%)	0,9	3,2	0,2	0,0
aandeel graszaad (%)	2,6	2,6	3,7	2,5
aandeel tuinakkergewassen (%)	3,8	3,6	4,2	5,3
aandeel braak (%)	3,2	3,3	3,1	3,5
aandeel overig (%)	0,0	0,4	1,5	1,9
fosfaatproductie (kg.ha ⁻¹)	5	8	11	9
drainage (f.ha ⁻¹)	90	91	100	111
beregende oppervlakte (%)	15,9	17,7	14,5	16,0

Bron: LEI-Bedrijven Informatienet

Het aandeel van de oppervlakte dat gedraineerd is neemt ieder jaar iets toe, getuige de toename van de vervangingswaarde. Bij de huidige drainprijzen is bij een vervangingswaarde van f 1000,- per ha ongeveer de gehele oppervlakte gedraineerd. Net als bij de veehouderijbedrijven (zie *Tabel 3.1*) is in boekjaar 1993/'94 de beregende oppervlakte kleiner. Het verschil is in deze categorie echter erg klein. Er kan gesteld worden dat de bedrijfsvoering op de deelnemende akkerbouwbedrijven nauwelijks is veranderd.

3.5 Bodembelasting met mineralen op de akkerbouwbedrijven

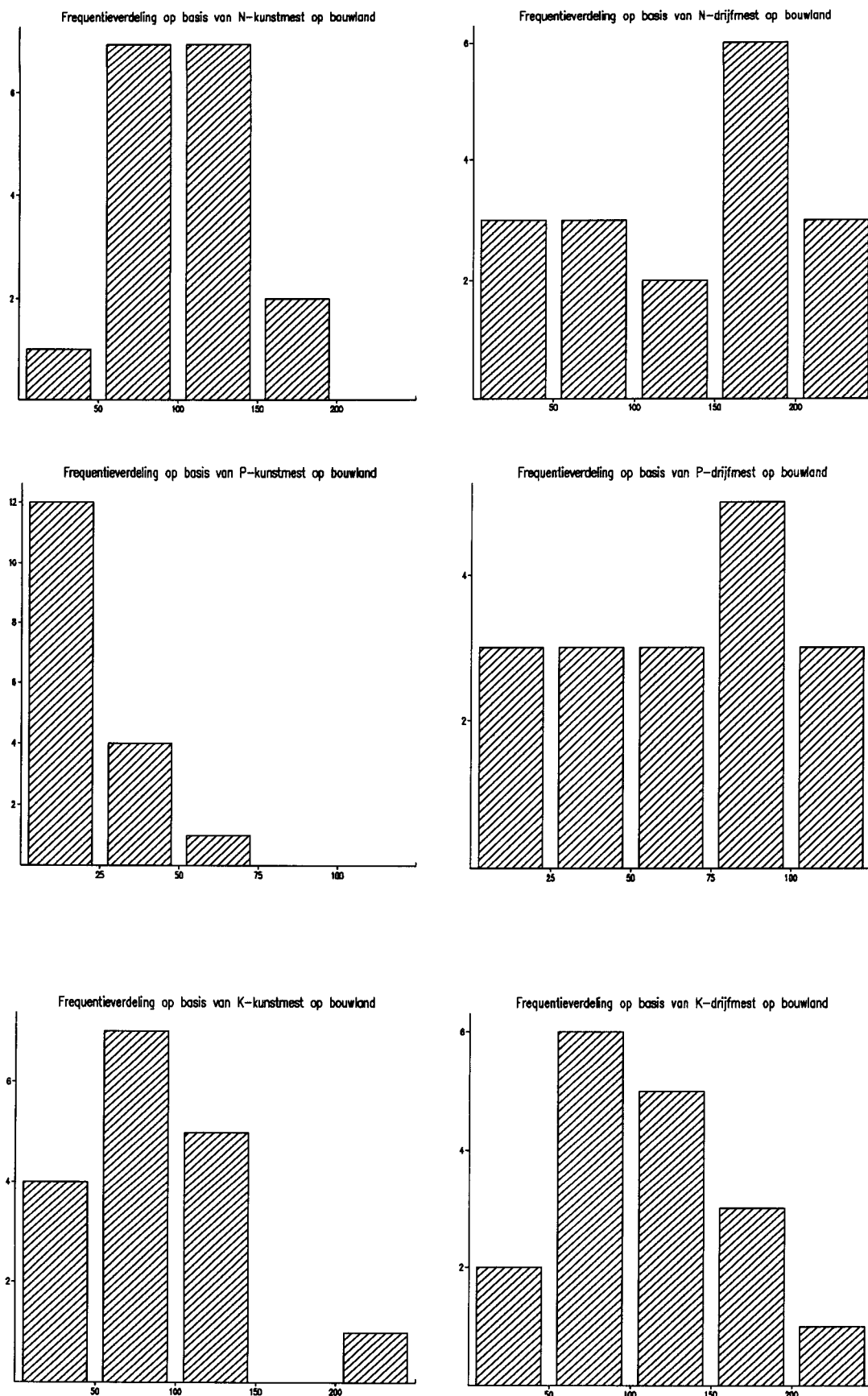
Tabel 3.5 geeft de bodembelasting met stikstof, fosfaat en kalium weer. Uit de tabel blijkt dat alleen de belasting met stikstof iets gedaald is, als gevolg van een lagere aanvoer van N-kunstmest. De drijfmestaanvoer is nauwelijks veranderd. De verwachting is, dat als gevolg van het aanscherpen van de fosfaatgebruiksnormen, veehouderijbedrijven meer mest moeten afvoeren, zodat de aanvoer op akkerbouwbedrijven kan toenemen. De plaatsingsruimte op de deelnemende akkerbouwbedrijven is nu nog lang niet gevuld. Waarschijnlijk zal bij een verdere aanscherping van de gebruiksnormen of bij het in werking treden van de verplichte mineralenaangifte (MINAS; LNV, 1997) op veehouderijbedrijven de aanvoer van organische mest op akkerbouwbedrijven toenemen. Na invoering van MINAS op akkerbouwbedrijven kan de acceptatie van organische mest op akkerbouw dalen en daardoor de aanvoer afnemen.

Figuur 3.4 is een frequentieverdeling van de akkerbouwbedrijven op basis van de mineralenbelasting in het boekjaar 1994/'95. De figuur geeft een indruk van de grote spreiding rond de gemiddelde mineralenbelasting.

Tabel 3.5: *Het verloop van de bruto-mineralenbelasting (kg/ha) op de akkerbouwbedrijven, die gedurende 4 jaar deelnamen en tevens geregistreerd werden*

aanvoer	1991/'92	1992/'93	1993/'94	1994/'95
N-kunstmest	141	120	120	113
N-drijfmest	143	150	151	152
	-----	-----	-----	-----
N-totaal	284	270	271	265
P ₂ O ₅ -kunstmest	26	29	28	30
P ₂ O ₅ -drijfmest	72	75	74	70
	-----	-----	-----	-----
P ₂ O ₅ -totaal	98	104	102	100
K ₂ O-kunstmest	89	99	82	72
K ₂ O-drijfmest	105	109	114	122
	-----	-----	-----	-----
K ₂ O-totaal	194	208	196	194

Bron: LEI-Bedrijven Informatienet



Figuur 3.4: Frequentieverdeling van de akkerbouwbedrijven over de mineralenbelasting in boekjaar 1994/'95. Aantallen bedrijven op de Y-as.

3.6 Mineralenoverschotten op de akkerbouwbedrijven

In paragraaf 3.3 is gesteld dat het mineralenoverschot wellicht een betere maat is voor de milieubelasting dan de bodembelasting, berekend uit forfaitaire normen. Het nadeel hiervan is dat het mineralenoverschot het mineralenverlies op bedrijfsniveau weergeeft. Uitsplitsing van het verlies naar gewas is niet (gemakkelijk) mogelijk. In *Bijlage II* worden de mineralenoverschotten met alle bijbehorende aan- en afvoerposten getoond. *Tabel 3.6* geeft het verloop van de mineralenoverschotten op de deelnemende akkerbouwbedrijven nog eens beknopt weer. Er blijkt dat de mineralenoverschotten slechts weinig dalen, met boekjaar 1993/'94 als meest gunstige jaar.

Tabel 3.6: *Het verloop van de mineralenoverschotten van de deelnemende akkerbouwbedrijven, waarvan alle vier boekjaren een registratie is bijgehouden*

Mineraal (kg.ha ⁻¹)	1991/'92	1992/'93	1993/'94	1994/'95
stikstofoverschot (als N)	222	194	176	199
fosfaatoverschot (als P ₂ O ₅)	71	69	62	65
kaliumoverschot (als K)	49	56	45	49

Bron: LEI-Bedrijven Informatienet

4. Resultaten van de bemonstering

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de grondwaterbemonstering in de periode 1992 - 1995 gepresenteerd. Dit gebeurt op twee manieren. Ten eerste worden de resultaten gepresenteerd van alle -circa 100- bedrijven die bemonsterd zijn in deze periode. De ontwikkeling in de tijd wordt weergegeven door voor elk jaar de gegevens te gebruiken van alle in dat jaar bemonsterde bedrijven. Dit betekent dat de jaargemiddelden concentraties in de reeks 1992 - 1995 niet voor elk jaar op exact dezelfde groep van bedrijven gebaseerd zijn. Er zijn namelijk in de loop van de jaren bedrijven afgevallen en bedrijven opgenomen in het meetprogramma (zie *Tabel 2.3*). De vergelijking van de concentraties tussen twee jaren is uitgevoerd aan de hand van de verschillen in concentraties voor de bedrijven die in beide jaren bemonsterd zijn (gepaarde toetsing). Ten tweede worden de resultaten gepresenteerd voor de groep van 35 bedrijven, die alle vier de jaren bemonsterd zijn. Het betreft bedrijven die behoren tot de categorieën melkveehouderij extensief (MV_{ext}) en combinatiebedrijven intensief (COM_{int}).

De gemiddelde concentraties in het bovenste grondwater per categorie of per bodemgebruikstype worden berekend door het middelen van de bedrijfsgemiddelde waarden. Bij de vergelijking van de grondwaterkwaliteit tussen de categorieën en tussen de jaren is gekeken of de verschillen (statistisch) significant zijn. Hierbij is per groep van vergelijkingen getoetst op het 5%-niveau (family error rate). Dit betekent dat bij bijvoorbeeld de vergelijking van de verschillen in de nitraatconcentraties tussen de categorieën binnen een jaar, alle vergelijkingen tussen de categorieën tegelijkertijd beschouwd zijn. De consequentie is dat het niveau van de individuele toets, bijvoorbeeld de nitraatconcentratie bij akkerbouw in 1992 versus die bij combinatie intensief in 1992, strenger is. Het individuele niveau is afhankelijk van het aantal beschouwde categorieën binnen een jaar of het aantal jaren binnen een groep. Het individuele toetsingsniveau is meestal lager dan 1% (individual error rate). Op deze manier wordt rekening gehouden met 'dubbel' toetsen, en wordt de kans op een toevallige significantie verkleind.

Naast tabellen zal voor de presentatie van de gegevens gebruik gemaakt worden van cumulatieve frequentiediagrammen, zie bijvoorbeeld *Figuur 4.2* en *Figuur 4.3*. Op de Y-as is de concentratie in het grondwater weergegeven (*Figuur 4.2*) of de procentuele verandering van de concentratie tussen twee jaren (*Figuur 4.3*). Op de X-as van de figuren is het percentage waarnemingen weergegeven met een concentratie (of verandering) kleiner dan of gelijk aan de concentratie (of de verandering) welke is af te lezen op de Y-as.

De figuren kunnen op twee manieren gebruikt worden. Aan de hand van *Figuur 4.2* (blz. 64) zal dit worden toegelicht. In deze figuur zijn de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties gegeven in het bovenste grondwater voor de vier bemonsteringsjaren. Als men wil weten hoeveel procent van de bedrijven in bijvoorbeeld 1995 een concentratie heeft lager dan de grenswaarde van 50 mg.l^{-1} , dan start men vanaf deze waarde op de Y-as en gaat naar rechts totdat de '1995'-lijn bereikt wordt (vierkanten). Vanaf hier gaat men loodrecht naar beneden en leest op de X-as het bijbehorende percentage af. In dit geval ongeveer 30%. Wil men weten beneden welke concentratie 90% van de bedrijven blijft, dan wordt gestart op de X-as bij

90%. Men gaat loodrecht omhoog, totdat de '1995'-lijn gekruist wordt. Links leest men op de Y-as de bijbehorende concentratie af. In dit geval circa 140 mg.l⁻¹.

In de figuren zijn soms niet alle waarnemingen zichtbaar. Er is voor gekozen om het belangrijkste traject - 10 tot 90 percentiel - zo goed mogelijk in beeld te brengen. De Y-as wordt daarom soms beperkt waardoor uitschieters niet altijd te zien zijn.

Opgemerkt wordt tenslotte dat in zowel de tabellen als de figuren ook 1994 is opgenomen. In dit jaar is echter maar een beperkte groep bedrijven bemonsterd (zie hoofdstuk 2), die een afwijkende samenstelling heeft van de andere jaren. Bovendien zijn 18 van deze bedrijven tweemaal bemonsterd. In de figuren en tabellen worden, tenzij anders vermeld, steeds de waarnemingen van de eerste ronde in 1994 gegeven.

Na een algemeen overzicht van de grondwaterkwaliteit, zal per nutriënt dieper worden ingegaan op de gemeten kwaliteit en de ontwikkeling hiervan. Ook zal enige aandacht besteed worden aan de overige parameters als chloride, zuurgraad (pH), geleidingsvermogen (EC) en grondwaterstand. In §4.7 wordt specifiek ingegaan op de kwaliteitsveranderingen binnen een jaar. In §4.8 zal ten slotte gekeken worden naar de weersinvloed op de grondwaterkwaliteit.

4.2 Grondwaterkwaliteit in het zandgebied

De grondwaterbemonstering is uitgevoerd op bedrijven die opgenomen zijn in het LEI Bedrijven Informatienet. Het Bedrijven Informatienet is opgezet als een gestratificeerde steekproef, een goede beschrijving van het werken met gestratificeerde steekproeven wordt gegeven door het LEI-DLO (Dijk, 1989). Het gebruik van stratificatie impliceert het gebruik van weegfactoren voor uitspraken over de totale populatie. De weegfactoren worden berekend uit het totale aantal bedrijven in de categorie en het aantal bedrijven in de steekproef uit deze groep.

Deze werkwijze wordt ook in dit onderzoek gehanteerd om een uitspraak te doen over de grondwaterkwaliteit in het zandgebied. Van de onderzochte bedrijven zijn de weegfactoren berekend en vervolgens gebruikt om voor elke onderzochte stof een gewogen gemiddelde concentratie en een betrouwbaarheidsinterval te berekenen. In *Bijlage III* staat de berekening van het gebiedsgewogen gemiddelde en het betrouwbaarheidsinterval.

De steekproef uit 1992 representeerde 62 % van het areaal cultuurgrond in het zandgebied, ofwel 462.000 ha (Van Swinderen, 1994). In 1993 en 1995 zijn in de representativiteit van de steekproef geen veranderingen opgetreden. Doordat in 1994 slechts twee van de vijf bedrijfscategorieën bemonsterd zijn, is het niet mogelijk voor dat jaar een uitspraak te doen over de grondwaterkwaliteit in het zandgebied als geheel.

In *Tabel 4.1* staan gebiedsgewogen gemiddelde concentraties van de onderzochte parameters voor de jaren 1992, 1993 en 1995. Ter vergelijking zijn, voor zover geformuleerd, de

milieukwaliteitsdoelstellingen¹ gegeven. Tevens is voor elk van de parameters de (ongewogen) gemiddelde waarde gegeven voor de hele periode 1992-1995.

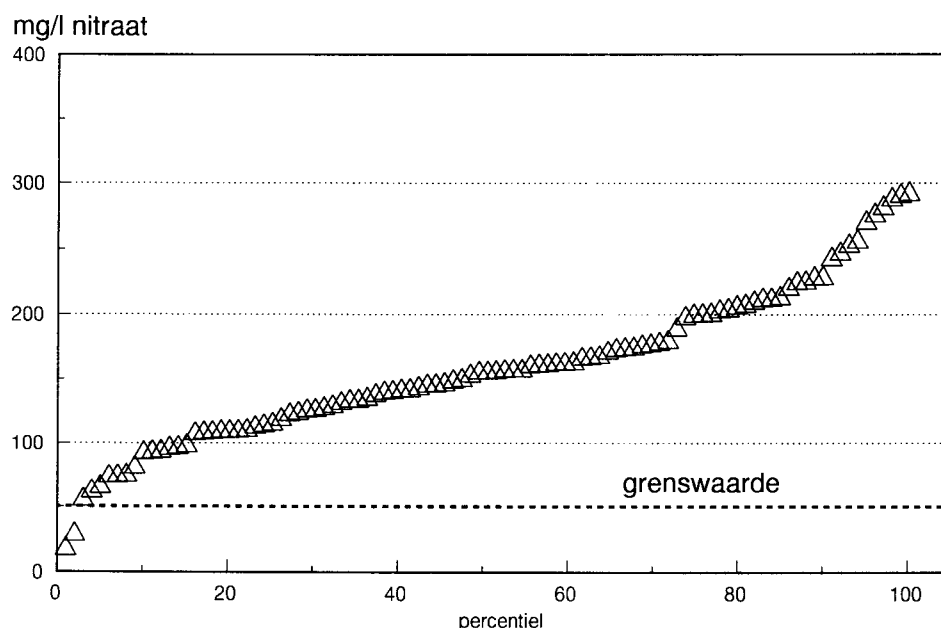
Tabel 4.1 Gewogen gemiddelde concentraties in het bovenste grondwater van het Nederlandse zandgebied per jaar¹. Het ongewogen gemiddelde voor de periode 1992-1995. Alle concentraties zijn in mg.l⁻¹, grondwaterstand in cm -mv.

parameters	kwaliteitsdoelstelling	1992	1993	1995	gemiddelde ² 1992-1995
nitraat (NO ₃)	50 ^a	178	173	85 ^j	144
ammonium (NH ₄)	2,57 ^b	-	1,0	0,9	0,9
totaal-fosfaat (P)	0,40 ^c	0,08	0,09	0,41 ^j	0,21
ortho-fosfaat (P)	0,10 ^d	0,02	0,04 ^j	0,05	0,05
kalium (K)	12 ^e	21	22	20	22
chloride (Cl)	100 ^f	49	48	30 ^j	40
grondwaterstand	-	155	129 ^j	89 ^j	124

- 1 Weging op basis van representativiteit en bedrijfsoppervlak. In 1994 zijn niet alle categorieën bemonsterd, waardoor weging niet mogelijk is.
- 2 Gemiddelde van alle bedrijfsgemiddelde waarden voor alle jaren in de periode 1992-1995, niet gewogen.
- a Norm op niveau van de grenswaarde (VROM, 1993), de streefwaarde is 25 mg.l⁻¹.
- b Dit getal komt overeen met 2,0 mg.l⁻¹ NH₄-N en geldt voor het grondwater in het zandgebied (VROM, 1992)
- c De streefwaarde van 0,40 mg.l⁻¹ geldt als de maximale achtergrondwaarde voor het zandgebied; voor stagnant eutrofiëringsevoelig zoet oppervlaktewater geldt een kwaliteitsdoelstelling van 0,15 mg.l⁻¹ (=zomergemiddelde waarde)
- d Advieswaarde TCB fosfaatverzadigde zandgronden
- e Er is nog geen milieukwaliteitsdoelstelling vastgesteld. De drinkwaternorm (12 mg.l⁻¹) is gegeven als indicatie, deze norm is vastgesteld voor faecale verontreiniging van drinkwater.
- f Streefwaarde zoet grondwater (VROM, 1992)
- j Significant afwijkend van voorafgaande jaar

Uit Tabel 4.1 is af te lezen dat de gemiddelde kwaliteit van het bovenste grondwater in het zandgebied voor nitraat niet aan de gestelde milieukwaliteitsdoelstelling voldoet. De gemiddelde concentratie ligt ruim boven de milieukwaliteitsdoelstelling. De nitraatconcentratie is in de eerste twee meetjaren ruim drie maal hoger dan de grenswaarde van 50 mg.l⁻¹. De metingen van 1992 en 1993 laten in dit opzicht geen verschillen zien. In 1995 halveert de nitraatconcentratie als gevolg van een toename in de neerslag in de periode 1992-1995, zie §4.8. De concentratie is in dat jaar gemiddeld nog 1½ - 2 keer hoger dan de grenswaarde. Gemiddeld bedraagt de nitraatconcentratie over de hele periode 1992-1995 144 mg.l⁻¹. De voor de neerslag gecorrigeerde nitraatconcentratie bedraagt gemiddeld voor de periode 1992-1995 158 mg.l⁻¹, ruim drie keer de grenswaarde. In *Figuur 4.1* is de cumulatieve frequentieverdeling gegeven van de gecorrigeerde bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties. Uit de figuur blijkt dat ruim 95% van de bedrijven een gemiddelde concentratie heeft hoger dan de grenswaarde.

¹ Bij de kwaliteitsdoelstelling is onderscheid gemaakt tussen streef- en grenswaarden. Een streefwaarde geeft in principe het uiteindelijk te bereiken kwaliteitsniveau aan (einddoel). Een grenswaarde geeft het kwaliteitsniveau aan dat niet mag worden overschreden (tussendoel), zie Willems en Fraters, 1995.



Figuur 4.1: Cumulatieve frequentieverdeling van de voor neerslag gecorrigeerde bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie, gemiddeld over de periode 1992 - 1995 [970811-A].

De gemiddelde fosfaatconcentraties zijn in de eerste twee meetjaren lager dan de milieukwaliteitsdoelstellingen, dit geldt voor zowel ortho-fosfaat als totaal-fosfaat. In 1995 is er sprake van een verviervoudiging van de totaal-fosfaatconcentratie. De gemiddelde totaal-fosfaatconcentratie ligt in 1995 op de streefwaarde voor grondwater van $0,40 \text{ mg.l}^{-1} \text{ P}$. De ortho-fosfaatconcentratie verdubbeld ten opzichte van 1992, maar blijft gemiddeld beneden de TCB-advieswaarde van $0,10 \text{ mg.l}^{-1} \text{ P}$. De periode-gemiddelde totaal-fosfaatconcentratie is $0,21 \text{ mg.l}^{-1}$. Zeven procent van de bedrijven heeft een periode-gemiddelde concentratie hoger dan de streefwaarde, 65% van de bedrijven heeft een totaal-fosfaatconcentratie hoger dan $0,15 \text{ mg.l}^{-1}$ (de grenswaarde voor totaal-fosfaat in oppervlaktewater). De periode-gemiddelde ortho-fosfaatconcentratie is $0,05 \text{ mg.l}^{-1}$. Tien procent van de bedrijven heeft een periode-gemiddelde concentratie hoger dan de TCB-advieswaarde.

De verandering van de fosfaatconcentratie in de periode 1992-1995 wordt net als bij nitraat veroorzaakt door de toename in de neerslag. Voor fosfaat is nog geen neerslagcorrectie ontwikkeld. De fosfaatconcentratie in de bovenste meter van het grondwater wordt m.n. bepaald door de mate van verzadiging van de fosfaatbindingscapaciteit van de bodem, het verloop met de diepte van deze mate van verzadiging en de grondwaterstand op moment van bemonsteren. De stijging van de grondwaterstand in 1994 en 1995 - waardoor het grondwater in contact is met fosfaatrijkere bodemlagen - is de oorzaak van de stijging van de fosfaatconcentratie in 1994 en 1995 (zie §4.8). Opgemerkt moet worden dat de fosfaatconcentratie in het bovenste grondwater niet de meest geschikte maat is voor de beoordeling van de milieurisico's van de huidige toestand. Hiervoor wordt over het algemeen de fosfaatverzadigingsgraad gebruikt. Fraters en Boumans (1997) concluderen op basis van meetgegevens dat het percentage fosfaatverzadigde gronden 72% is (minimaal 60% en maximaal 81%). Dit komt goed overeen met de 70% gerapporteerd door Reijerink en Breeuwsma (1992), verkregen m.b.v. modelberekeningen. Een fosfaatverzadigde grond leidt

- ook na het stoppen van overmatige bemesting - tot een uitspoeling die hoger is dan vanuit milieuoogpunt toelaatbaar geacht wordt.

Voor kalium ontbreken milieukwaliteitsdoelstellingen. Om deze reden wordt een (arbitraire) vergelijking gemaakt met de drinkwaternorm. De gemiddelde kaliumconcentratie is $1\frac{1}{2}$ à 2 keer zo hoog als de drinkwaternorm van 12 mg.l^{-1} . De gemeten ammoniumconcentraties in 1993 liggen gemiddeld beneden de streefwaarde voor grondwater van $2,0 \text{ mg.l}^{-1}$ als $\text{NH}_4\text{-N}$. De kalium- en ammoniumconcentratie veranderen, gemiddeld voor het zandgebied, nauwelijks in de periode 1992 - 1995.

De toename van de neerslag heeft zoals gemeld hierboven gevolgen gehad voor de gemiddelde grondwaterstand in de periode van bemonsteren en tevens voor de chlorideconcentratie. Er is sprake van een duidelijke stijging van de grondwaterstand van gemiddelde 155 cm -mv in 1992 tot 89 cm -mv in 1995. De chlorideconcentratie daalt met bijna 40% in deze periode.

4.3 Stikstof

4.3.1 Algemeen

De stikstof in de bodem is aanwezig in organische en anorganische vorm. Het grootste deel van de stikstof in de bodem komt voor in organische structuren zoals aminozuren en soortgelijke verbindingen. De anorganisch gebonden stikstof komt overwegend voor als ammonium (NH_4^+). Het grootste gedeelte van het ammonium is in gebonden vorm aanwezig in de organische stof en komt slechts door mineralisatie beschikbaar.

Onder *aerobe* omstandigheden treedt oxydatie van de NH_4^+ -ionen op. Door deze *nitrificatie* wordt het ammonium dat vrij komt door mineralisatie in de onverzadigde zone relatief snel omgezet in nitriet (NO_2^-) en vervolgens in nitraat (NO_3^-). De uitspoeling van stikstof in de vorm van ammonium-ionen naar het grondwater is zeer gering in verhouding tot de uitspoeling van stikstof in de vorm van nitraat. Slechts bij zeer goed doorlatende zandgronden is hiervan in enige mate sprake.

Onder *anaërobe* omstandigheden kan *denitrificatie* van het nitraat optreden, waarbij de stikstof als NO_2 , N_2O en N_2 verdwijnt. De nitraatconcentratie in het grondwater wordt beïnvloed door de mate waarin denitrificatie plaatsvindt. De stikstof kan ook vervluchtigen door de vorming van ammoniakgas (NH_3) uit NH_4^+ . Deze reactie treedt voornamelijk op in de bouwvoor van alkalische bodems. De vorming van ammoniakgas wordt geremd door een hoge bindingscapaciteit van de bodem.

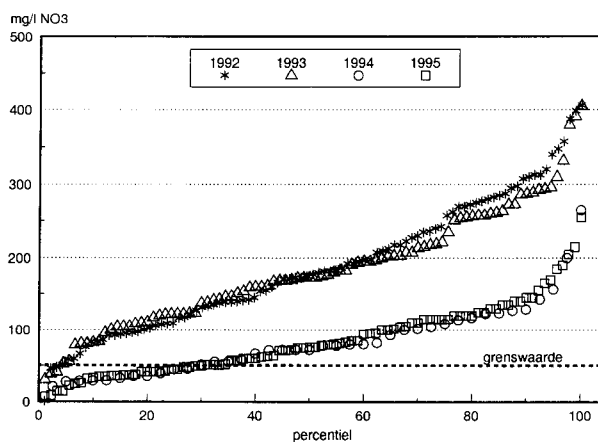
Bij de bemesting met stikstof van de bodem wordt er over het algemeen een grotere hoeveelheid toegediend dan door het gewas kan worden opgenomen. Dit overschot kan denitrificeren, uitspoelen, worden vastgelegd en vervluchtigen. De mate van uitspoeling van stikstof uit de bouwvoor naar het grondwater is, naast de grootte en de gift, afhankelijk een groot aantal factoren, zoals de wijze en het tijdstip van toediening, het bodemgebruik, het grondwaterstandsverloop, het bodemtype, de gewasopname en het neerslagoverschot. De uitspoeling zal voornamelijk in de periode oktober t/m april plaatsvinden, dit is de periode dat het neerslagoverschot doorgaans positief is en weinig of geen opname door het gewas plaatsvindt.

Voor nitraat in het grondwater zijn twee milieukwaliteitsdoelstellingen geformuleerd. Dit zijn de streefwaarde van 25 mg.l^{-1} (VROM, 1992), dit komt overeen met $5,6 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NO}_3\text{-N}$, en de grenswaarde van $50 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NO}_3$ (VROM 1992), dit komt overeen met $11,3 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NO}_3\text{-N}$. De grenswaarde van $50 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NO}_3$ vloeit voort uit de EU-nitraatrichtlijn ter bescherming van water tegen verontreiniging door nitraat uit agrarische bronnen (EU, 1991). Voor ammonium in het grondwater is alleen een streefwaarde vastgesteld. In tegenstelling tot nitraat is hierbij een onderscheid gemaakt tussen het zand- en het klei/veengebied. De streefwaarde voor het grondwater in het zandgebied bedraagt $2,57 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NH}_4$, dit komt overeen met $2,0 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NH}_4\text{-N}$ (VROM, 1992).

4.3.2 Nitraat

De gemiddelde nitraatconcentratie op de bemonsterde bedrijven in de jaren 1992 en 1993 was circa 185 mg.l^{-1} . In 1994 en 1995 was de gemiddelde concentratie 100 mg.l^{-1} lager, maar nog altijd ruim $1\frac{1}{2}$ maal hoger dan de grenswaarde voor grondwater van 50 mg.l^{-1} . Deze gemiddelden wijken niet of nauwelijks af van de in §4.2 berekende gewogen gemiddelde concentraties. Het minimum van de gemeten bedrijfs-gemiddelde concentraties daalde van zo'n 45 mg.l^{-1} in 1992²⁾ tot $< 10 \text{ mg.l}^{-1}$ in 1995. Het maximum van de gemeten concentraties daalde van ruim 400 tot 255 mg.l^{-1} . De daling wordt toegeschreven aan de toegenomen neerslag (zie §4.8).

In *Figuur 4.2* is de cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfs-gemiddelde nitraatconcentratie gegeven voor elk van de jaren. In de figuur is het verschil tussen de jaren 1992 en 1993 enerzijds en 1994 en 1995 anderzijds duidelijk te zien. Bleef in de eerste twee jaren slechts 5% van de bedrijven beneden de grenswaarde voor nitraat in grondwater, in de laatste twee (nattere) jaren was dit percentage 30%. Hoewel er niveauverschillen zijn tussen de categorieën, is het algemene beeld per categorie vergelijkbaar met het totale beeld. In *Bijlage IV.1* zijn de cumulatieve frequentieverdelingen gegeven voor elk de vijf categorieën.



Figuur 4.2: Cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie in de periode 1992-1995 [960712-b] .

In *Tabel 4.2* worden de categoriegemiddelde nitraatconcentraties gegeven voor de gehele bemonsteringsperiode. De nitraatconcentratie neemt toe in de volgorde $AB \cong MV_{ext} < COM_{ext} < COM_{int} \cong MV_{int}$. De categorieën akkerbouw (AB) en melkveehouderij extensief (MV_{ext}) hebben alle jaren een significant lager nitraatconcentratie dan de categorie melkveehouderij

² In 1992 is op 1 bedrijf een gemiddelde nitraatconcentratie gemeten van 1 mg.l^{-1} . Dit bedrijf bleek echter niet representatief door de aanwezigheid van venige percelen. Het bedrijf is daarna niet meer bemonsterd.

intensief (MV_{int}), met uitzondering van 1994 toen de laatste categorie niet bemonsterd is. De AB- en de MV_{ext} -bedrijven hebben alle jaren ook lagere nitraatconcentraties dan de andere categorieën. Maar, met uitzondering van de combinatiebedrijven intensief (COM_{int}) in 1992, zijn deze verschillen niet significant. Een deel van het verschil in de nitraatconcentratie tussen met name de categorie AB enerzijds en de veehouderij categorieën anderzijds zou veroorzaakt kunnen zijn door het verschil in bemonsteringstijdstip. In §4.7.8 zal hierop worden teruggekomen. De invloed blijkt beperkt, 5-10% van de waargenomen verschillen tussen categorieën zou verklaard kunnen worden door het bemonsteringstijdstip.

Tabel 4.2 *Categoriegemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater voor de periode 1992 - 1995. Gemiddelde van alle bedrijven per categorie die in het betreffende jaar bemonsterd zijn. Concentratie in $mg.l^{-1}$ als NO_3 .*

categorie	1992	1993	1994 ^b	1995
1. akkerbouw	134 ^[3,5]	143 ^{[3],j}	-	64 ^{[3]j}
2. melkveehouderij extensief	135 ^[3,5]	148 ^[3]	70 ^j	62 ^[3]
3. melkveehouderij intensief	243 ^[1,2]	228 ^[1,2]	-	113 ^{[1,2]j}
4. combinatie extensief	189	178	-	90 ^j
5. combinatie intensief	236 ^[1,2]	213 ^j	95 ^j	102

[..] significant verschillend van de categorie met het aangegeven nummer;

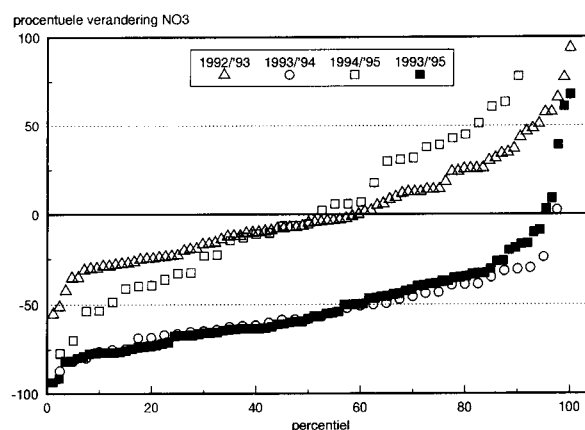
j = significant verschillend van voorafgaande bemonsteringsjaar, getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau, betreft dus alleen bedrijven die beide jaren bezocht zijn;

b = beperkte bemonstering, gemiddelde eerste ronde 1994 voor categorieën MV_{ext} en COM_{int} .

In 1993 is de nitraatconcentratie bij twee categorieën (AB en MV_{ext}) hoger en bij drie categorieën (MV_{int} , COM_{ext} en COM_{int}) lager dan in 1992. Alleen bij AB en COM_{int} is de verandering significant. In 1994 neemt de nitraatconcentratie sterk af; bij de categorie MV_{ext} met 72 $mg.l^{-1}$ en bij de categorie COM_{int} met 118 $mg.l^{-1}$. De afname bij COM_{int} is significant groter dan bij MV_{ext} . In 1995 blijft de concentratie ongeveer op hetzelfde niveau als 1994. Voor alle categorieën geldt dat de nitraatconcentratie in 1995 significant lager is dan in 1993, variërend van 81 tot 115 $mg.l^{-1}$ lager. De verschillen in de afname tussen de categorieën zijn niet significant.

Veranderingen op bedrijfsniveau

In *Figuur 4.3* is de cumulatieve frequentieverdeling gegeven van de relatieve verandering van de nitraatconcentratie op bedrijfsniveau van jaar op jaar ten opzichte van het voorafgaande jaar. De veranderingen zijn ook bekeken voor de veranderingen tussen 1993 en 1995, de jaren dat de gehele groep bemonsterd is. In 1993 is voor het merendeel van de bedrijven (60%) al sprake van een daling van de nitraatconcentratie. Bij de beperkte groep laten in 1994 op één na alle bedrijven een daling van de nitraatconcentratie zien. Tussen 1994 en 1995 verandert er voor deze groep weinig. De helft van de bedrijven heeft in 1995 een hogere concentratie en de andere helft een lagere dan in 1994. Voor de meeste bedrijven is in 1995 sprake van een zeer sterke daling van de concentratie ten opzichte van 1993, er zijn 5 bedrijven (5%) die in 1995 een hogere concentratie hebben dan in 1993.



Figuur 4.3: Relatieve verandering nitraatconcentratie; cumulatieve frequentieverdeling van de procentuele jaarlijkse verandering per bedrijf in de periode 1992 - 1995 [960717-d]

Bodemgebruik

De nitraatconcentratie in het grondwater onder snijmaïs is 2 tot $2\frac{1}{2}$ maal hoger dan onder gras- en bouwland, zie *Tabel 4.3*. Dit geldt voor alle jaren. Onder gras zijn de concentraties gemiddeld $1\frac{1}{2}$ maal hoger dan onder bouwland, alleen dit verschil is niet significant in 1993.

Tabel 4.3 Gemiddelde nitraatconcentratie per bodemgebruikstype in de periode 1992 - 1995. Concentratie in mg.l^{-1} als NO_3 .

Bodemgebruik	1992	1993	1994 ^b	1995
1. bouwland	134 ^[2,3]	143 ^{[3],j}	-	64 ^j
2. grasland	173 ^[1,3]	176 ^[3]	73 ^{[3],j}	*
3. maïsland	322 ^[1,2]	283 ^[1,2]	168 ^{[2],j}	*

[..] = significant verschillend van het bodemgebruikstype met het aangegeven nummer;

- = categorie akkerbouw niet bemonsterd;

j = significant verschillend van voorafgaande bemonsteringsjaar; getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau, betreft dus alleen bedrijven die beide jaren bezocht zijn;

* = bij bemonstering geen onderscheid gemaakt tussen gras- en maïspcelen;

b = beperkte bemonstering, gemiddelde eerste ronde 1994 voor categorieën MV_{ext} en COM_{int} .

De nitraatconcentraties onder maïs geven voor elk van de jaren wel grote verschillen te zien tussen de vier veehouderijcategorieën, maar deze verschillen zijn niet significant en niet consistent in de tijd.

Beperkte groep bedrijven

In Tabel 4.4 is een overzicht gegeven voor de groep van 35 bedrijven die alle jaren bemonsterd zijn. Het beeld wijkt niet veel af van het algemene beeld. Alleen is nu ook in 1993 het verschil in de nitraatconcentratie tussen de beide categorieën significant.

Tabel 4.4 *Gemiddelde nitraatconcentratie voor beperkte groep bedrijven. Categoriegemiddelde op bedrijfsniveau en voor maïs- en grasland. Concentraties in mg.l^{-1} als NO_3 , tussen haakjes het aantal bedrijven.*

	categorie	1992	1993	1994	1995
bedrijfsniveau	beide (35)	192	183	87 ^j	86
	MV _{ext} (16)	141 ^c	144 ^c	74 ^j	63 ^c
	COM _{int} (19)	236 ^c	216 ^c	98 ^j	106 ^c
maïsland	MV _{ext}	314 ^g	277 ^g	197 ^{g,j}	-
	COM _{int}	362 ^g	343 ^g	168 ^{g,j}	-
grasland	MV _{ext}	97 ^{cg}	119 ^{cg,j}	62 ^{g,j}	-
	COM _{int}	201 ^{cg}	199 ^{cg}	78 ^{g,j}	-

c = significant verschillend van de andere categorie;

g = significant verschillend van het andere bodemgebruik;

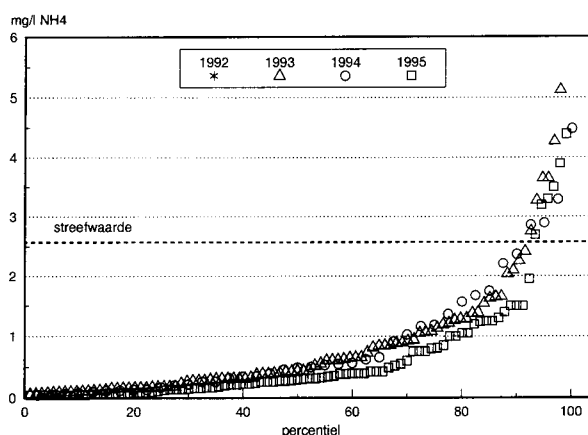
j = significant verschillend van voorafgaande jaar; getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau, betreft dus alleen bedrijven die beide jaren bezocht zijn.

Het onderscheid in nitraatconcentratie tussen maïs- en grasland voor deze bedrijven is voor elk van de jaren een factor 2. De verschillen in nitraatconcentraties onder maïs tussen de categorieën zijn niet significant. De concentraties in 1992 en 1993 het hoogst bij de categorie COM_{int} en in 1994 bij de categorie MV_{ext}. De nitraatconcentratie onder gras is in alle jaren (1992-'94) lager bij de MV_{ext}-bedrijven. Voor de eerste twee jaren is het verschil significant. In 1994, als de nitraatconcentraties gedaald zijn, is de concentratie nog steeds lager bij de categorie MV_{ext}, maar is het verschil niet meer significant.

4.3.3 Ammonium

De gemiddelde ammoniumconcentratie voor de bemonsterde bedrijven is in 1993 1,0 mg.l^{-1} . In 1994 en 1995 is de gemiddelde ammoniumconcentratie lager dan in 1993, en is respectievelijk 0,91 en 0,73 mg.l^{-1} . Mogelijk wordt de verandering in de ammoniumconcentratie in de periode 1992-1995 net als bij nitraat veroorzaakt door de toegenomen neerslag (zie §4.8).

In *Figuur 4.4* is de cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde ammoniumconcentratie gegeven voor elk van de jaren. In de figuur is te zien dat alle jaren ongeveer 10% van de bedrijven de streefwaarde voor ammonium ($2,57 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NH}_4 = 2,0 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NH}_4\text{-N}$) overschrijdt. De verschillen tussen de jaren zijn klein. In *Bijlage IV.2* zijn de cumulatieve frequentieverdelingen gegeven voor elk van de vijf categorieën. Het beeld voor elk van de categorieën komt globaal overeen met het beeld gegeven in *Figuur 4.4*. De AB-bedrijven geven het duidelijkst een daling te zien.



Figuur 4.4: Ammonium; cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde NH_4 -concentratie in de periode 1993-1995 [960712-c]

In *Tabel 4.5* zijn de categoriegemiddelde ammoniumconcentraties voor de verschillende meetjaren gegeven. In 1992 is de ammoniumconcentratie niet bepaald. Verschillen tussen de categorieën binnen een jaar zijn niet significant. Vier van de vijf categorieën tonen een afname van de ammoniumconcentratie in de periode 1993-1995, variërend van $0,04 - 0,79 \text{ mg.l}^{-1}$. Alleen voor de categorieën AB en COM_{int} is de afname significant. De categorie MV_{int} heeft in 1995 een (niet-significant) hogere concentratie dan in het voorafgaande meetjaar 1993.

Tabel 4.5 *Categoriegemiddelde ammoniumconcentratie van het bovenste grondwater voor de periode 1992-1995. Gemiddelde van alle bedrijven per categorie die in het betreffende jaar bemonsterd zijn. Concentratie in mg l^{-1} als NH_4 .*

categorie	1992	1993	1994 ^b	1995
1. akkerbouw	-	1,15	-	$0,36^j$
2. melkveehouderij extensief	-	0,95	0,82	0,84
3. melkveehouderij intensief	-	0,53	-	0,69
4. combinatie extensief	-	0,84	-	0,84
5. combinatie intensief	-	1,56	1,08	$0,88^{\#}$

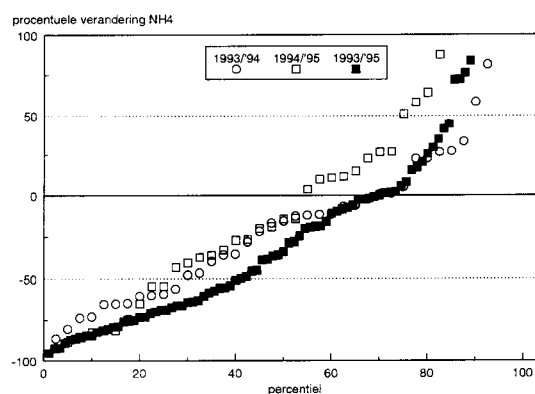
j = significante verschillen van voorgaande bemonsteringsjaar; getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau, betreft dus alleen bedrijven die beide jaren bezocht zijn;

= ammoniumconcentratie in 1995 significant lager dan in 1993;

b = beperkte bemonstering, gemiddelde eerste ronde 1994.

Veranderingen op bedrijfsniveau

In *Figuur 4.5* is de cumulatieve frequentieverdeling van de relatieve verandering van de ammoniumconcentratie van jaar op jaar op bedrijfsniveau weergegeven. In de figuur is te zien dat in 1994 70% van de bedrijven een lagere ammoniumconcentratie heeft dan in 1993. Van 1994 op 1995 zijn er evenveel bedrijven met een stijgende als met een dalende ammoniumconcentratie. Voor de volledige groep is het beeld van de verandering tussen 1993 en 1995 gelijk aan dat voor de verandering tussen 1993 en 1994 voor de beperkte groep van bedrijven. Er zijn significant meer bedrijven met een daling van de ammoniumconcentratie in de tijd dan met een stijging.



Figuur 4.5: Verandering van de ammoniumconcentratie; cumulatieve frequentieverdeling van de jaarlijkse verandering van de concentratie op bedrijfsniveau in de periode 1993-1995. [960717-c]

Bodemgebruik

In *Tabel 4.6* is de ammoniumconcentratie in het grondwater per bodemgebruikstype gegeven. Er zijn geen significante verschillen, met uitzondering van de afname van de ammoniumconcentratie in de tijd onder bouwland. Ook verschillen tussen bodemgebruikstypen zijn niet significant.

Tabel 4.6 Gemiddelde ammoniumconcentratie van het bovenste grondwater per bodemgebruikstype voor de periode 1992-1995 (concentratie in mg l^{-1}).

categorie	1992	1993	1994 ^b	1995
1. bouwland	-	1,15	-	0,36 ^j
2. grasland	-	0,90	1,03	*
3. maïsland	-	0,88	0,31	*

j = significante verschillen van voorgaande bemonsteringsjaar; getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau, betreft dus alleen bedrijven die beide jaren bezocht zijn;

b = beperkte bemonstering, gemiddelde eerste ronde 1994;

* = bij bemonstering geen onderscheid gemaakt tussen gras- en maïspercelen.

4.4 Fosfaat

4.4.1 Algemeen

In deze en hierop volgende paragrafen zal steeds de term fosfaat gebruikt worden. Alle concentraties worden echter wel uitgedrukt in P (fosfor).

Fosfaat in de bodem is relatief immobiel, dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld nitraat. Bij de toediening van fosfaat aan landbouwgrond zal het fosfaat voor het grootste deel accumuleren in de bouwvoor. De hoeveelheid fosfaat die in de bodem kan accumuleren is afhankelijk van het *fosfaatbindend vermogen* van de bodem. Voor zandgronden wordt het fosfaatbindend

vermogen geheel bepaald door het gehalte aan sesquioxides (Fe en Al). Bij goed landbouwkundig handelen is de bemesting gebaseerd op de *fosfaattoestand* van de bouwvoor, dit is een maat voor de voor het gewas beschikbare hoeveelheid fosfaat. Bij een toename van de verzadiging van de bouwvoor met fosfaat zal zich in het bodemprofiel naar onder een zogenaamd *fosfaat-front* ontwikkelen. De diepte van dit front in de bodem zal in belangrijke mate de uitspoeling van fosfaat naar het grond- en oppervlaktewater bepalen. Hierbij moet rekening worden gehouden met de grondwatertrap en de bodemgesteldheid. Bij hoge grondwaterstanden zal er eerder contact zijn tussen dit front en het grondwater.

Voor het grondwater is er alleen een streefwaarde voor fosfaat. Daarnaast is ook de grenswaarde voor fosfaat in het oppervlaktewater van belang. Zowel de streefwaarde voor grondwater als de grenswaarde voor oppervlaktewater hebben alleen betrekking op totaal-fosfaat. Net als voor ammonium, is voor de milieukwaliteitsdoelstelling voor fosfaat in grondwater een onderscheid gemaakt tussen het zand- en het klei/veengebied. De streefwaarde voor totaal-fosfaat in grondwater voor het zandgebied is $0,40 \text{ mg.l}^{-1} \text{ P}$. De grenswaarde voor totaal-fosfaat in oppervlaktewater is $0,15 \text{ mg.l}^{-1} \text{ P}$ (jaargemiddelde waarde). Voor stagnant eutrofiëringsgevoelig oppervlaktewater geldt aanvullend een zomergemiddelde grenswaarde van $0,15 \text{ mg.l}^{-1} \text{ P}$ (VROM; 1992).

Voor ortho-fosfaat zijn geen grens- of streefwaarden. Wel is er een TCB-advieswaarde van $0,10 \text{ mg.l}^{-1} \text{ P}$ op het niveau van de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG-niveau). Dit niveau wordt beschouwd als representatief voor onbelaste situaties voor grondwater in het zandgebied. Het TCB-advies handelt over het protocol fosfaatverzadigde gronden en legt een relatie met de norm voor oppervlaktewater (TCB, 1990). Gesteld wordt dat deze waarde overeenkomt met een totaal-fosfaatconcentratie van circa $0,15 \text{ mg.l}^{-1}$. In de rapportage 1992 (Van Swinderen e.a., 1994) werd al gemeld dat in het bovenste grondwater veel hogere organische-fosfaatconcentraties werden gemeten, dan op basis van deze verhouding totaal-P : ortho-P van 1,5 mocht worden verondersteld. In §4.4.4 wordt de verhouding totaal-P : ortho-P besproken aan de hand van de meetreeks 1992-1995.

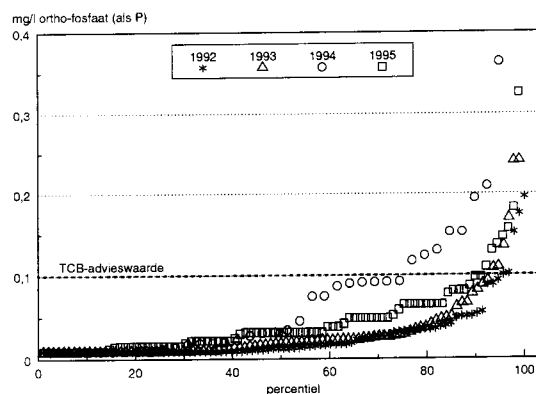
Hoewel de meetgegevens geen betrekking hebben op de concentratie in het grondwater op GHG-niveau, worden deze ter illustratie vergeleken met de TCB-advieswaarde. De grondwaterstanden tijdens bemonstering waren in 1992 en 1993 meestal lager dan het GHG-niveau. De gemeten ortho-fosfaatconcentraties zijn dan ook meestal lager dan als ze gemeten zouden zijn op moment dat de grondwaterstand op GHG-niveau staat.

4.4.2 Ortho-fosfaat

De ortho-fosfaatconcentratie is gemiddeld genomen alle jaren lager dan de TCB-advieswaarde van $0,10 \text{ mg.l}^{-1} \text{ P}$. De gemiddelde concentratie vertoont een lichte stijging van $0,03 \text{ mg.l}^{-1} \text{ P}$ in 1992 tot $0,05 \text{ mg.l}^{-1}$ in 1995. Deze gemiddelden wijken niet of nauwelijks af van de in §4.2 berekende gewogen gemiddelde concentraties. In 1994 was de gemiddelde concentratie hoger dan in 1995, namelijk $0,09 \text{ mg.l}^{-1}$, maar dit cijfer is mogelijk niet representatief voor de gehele groep door de beperkte bemonstering (Tabel 4.7). De stijging van de ortho-fosfaatconcentratie komt duidelijker naar voren bij de beschouwing van het percentage van de waarnemingen beneden de detectiegrens. In 1992 had 60% van de monsters (4 mengmonsters per bedrijf) een concentratie beneden de detectiegrens van $0,01 \text{ mg.l}^{-1}$. Dit percentage daalt tot 47% in 1993, 28% in 1994 tot 6% in 1995 (in 1995 slechts 1 mengmonster per bedrijf). Deze wijzigingen in de ortho-fosfaatconcentratie hangen samen met de toename van de

grondwaterstand als gevolg van de toegenomen neerslag in de periode 1992-1995. Hier wordt in §4.8 op teruggekomen.

In *Figuur 4.6* is de cumulatieve frequentieverdeling gegeven van de bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaatconcentraties. Het beeld voor 1994 wordt beïnvloed door een aantal bedrijven in de categorie COM_{int} . Deze categorie is oververtegenwoordigd in 1994. Deze categorie geeft een stijging van de ortho-fosfaatconcentratie in 1994 en een daling in 1995 te zien (zie *Bijlage IV.3*). Het beeld voor de jaren waarin de gehele groep bemonsterd is, is dat in een 1995 de bedrijfsgemiddelde concentratie iets hoger is dan in 1992-1993. Toch blijft 90-95% van de bedrijven beneden de TCB-advieswaarde van $0,1 \text{ mg.l}^{-1} \text{ P}$.



Figuur 4.6 Ortho-fosfaat, cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde concentraties in de periode 1992-1995. [960712-e]

In *Tabel 4.7* zijn de categoriegemiddelde ortho-fosfaatconcentraties gegeven. De gemiddelde concentraties nemen iets toe in de tijd met $0,01$ tot $0,04 \text{ mg.l}^{-1}$. Deze toename is significant bij de veehouderijcategorieën. De verschillen tussen de categorieën zijn miniem, met uitzondering van het verschil tussen de categorieën MV_{ext} en COM_{int} in het jaar 1994. In dat jaar bereikt de ortho-fosfaatconcentratie bij de COM_{int} -bedrijven de hoogste waarde. In 1995 is de concentratie terug op het niveau van 1993. Ook is in de tabel het percentage waarnemingen beneden de detectiegrens van $0,01 \text{ mg.l}^{-1}$ opgenomen. Er is een duidelijke afname in de tijd van dit percentage.

Tabel 4.7 *Categoriegemiddelde ortho-fosfaatconcentratie in het bovenste grondwater voor de periode 1992 - 1995. Tussen () het percentage waarnemingen < detectiegrens. Gemiddelde van alle bedrijven per categorie die in het betreffende jaar bemonsterd zijn. Concentratie in $\text{mg.l}^{-1} \text{ P}$.*

categorie	1992	1993	1994 ^b	1995
	c (%<dg)	c (%<dg)	c (%<dg)	c (%<dg)
1. akkerbouw	0,03 (74)	0,04 (63)	-	0,05 (5)
2. melkveehouderij extensief	0,02 (64)	0,04 ^j (39)	0,03 ^[5] (40)	0,05 ^j (6)
3. melkveehouderij intensief	0,03 (65)	0,02 (66)	-	0,05 ^j (3)
4. combinatie extensief	0,03 (50)	0,03 (46)	-	0,04 ^j (14)
5. combinatie intensief	0,03 (49)	0,07 ^j (20)	0,16 ^{[2].j} (0)	0,08 ^j (2)

[..] = significant verschillend van de categorie met het aangegeven nummer;

j = significant verschillend van voorafgaande bemonsteringsjaar; getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau, betreft dus alleen bedrijven die beide jaren bezocht zijn;

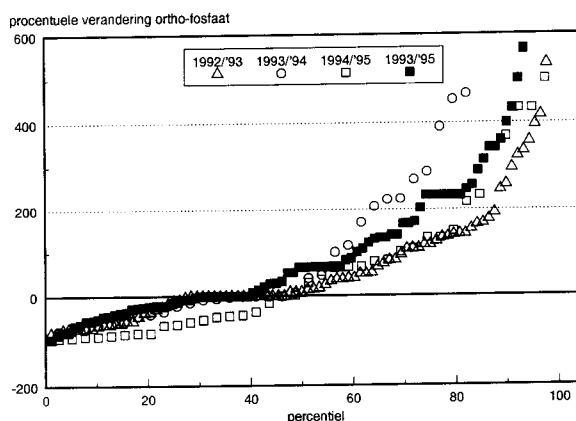
b = beperkte bemonstering, gemiddelde eerste ronde 1994 voor categorieën MV_{ext} en COM_{int} ;

c = concentratie in mg.l^{-1} ;

dg = detectiegrens van $0,01 \text{ mg.l}^{-1}$.

Verandering op bedrijfsniveau

Uitgedrukt in procenten treden er op bedrijfsniveau grote veranderingen op in de ortho-fosfaatconcentratie tot meer dan 800%. In *Figuur 4.7* is te zien dat van jaar op jaar in de periode 1992 - 1995 steeds een kleine meerderheid van de bedrijven een stijging van de concentratie te zien geeft. Dit is het duidelijkst te zien voor de verandering op bedrijfsniveau tussen 1993 en 1995 waar op 60% van de bedrijven de concentratie toeneemt. Het aantal bedrijven dat een hogere ortho-fosfaat concentratie heeft in 1995 dan in 1993 is significant groter dan de bedrijven met een lagere ortho-fosfaat concentratie. Voor de overige jaren is het verschil tussen de jaren niet significant.



Figuur 4.7: Verandering van de ortho-fosfaatconcentratie; cumulatieve frequentieverdeling van de jaarlijkse verandering van de concentratie op bedrijfsniveau in de periode 1992 - 1995 in procenten. [960717-e]

Bodemgebruik

De gemiddelde ortho-fosfaatconcentraties zijn niet significant verschillend tussen de bodemgebruikstypen in 1992 en 1993 (zie *Tabel 4.8*). In 1994 is er een significant verschil in ortho-fosfaatconcentratie tussen maïsland en grasland. Voor bouwland zijn dat jaar geen gegevens beschikbaar. Alleen grasland vertoont in de tijd een significante stijging van de ortho-fosfaatconcentratie.

Tabel 4.8 Gemiddelde ortho-fosfaatconcentratie per bodemgebruikstype in de periode 1992 - 1995. Concentratie in mg.l^{-1} P.

Bodemgebruik	1992	1993	1994 ^b	1995
1. bouwland	0,03	0,04	-	0,05
2. grasland	0,03	0,04	0,17 ^{[3], j}	*
3. maïsland	0,02	0,02	0,02 ^[2]	*

[..] = significant verschillend van het bodemgebruikstype met het aangegeven nummer;

- = categorie akkerbouw niet bemonsterd;

j = significant verschillend van voorafgaande bemonsteringsjaar; getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau, betreft dus alleen bedrijven die beide jaren bezocht zijn;

* = bij bemonstering geen onderscheid gemaakt tussen gras- en maïspcelen;

b = beperkte bemonstering, gemiddelde eerste ronde 1994 voor categorieën MV_{ext} en COM_{int} .

Beperkte groep bedrijven

In *Tabel 4.9* is een overzicht gegeven van de groep van 35 bedrijven die alle jaren bemonsterd zijn. Het beeld wijkt niet af van het algemene beeld. Het significante verschil tussen de categorieën van de bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaat concentratie is niet te zien tussen bodemgebruiksvormen.

Tabel 4.9 *Gemiddelde ortho-fosfaatconcentratie voor beperkte groep bedrijven. Categoriegemiddelde op bedrijfsniveau en voor maïs- en grasland. Concentraties in mg.l^{-1} als P, tussen haakjes het aantal bedrijven.*

	categorie	1992	1993	1994	1995
bedrijfsniveau	beide (35)	0,03	0,06	0,10 ^j	0,07
	MV _{ext} (16)	0,02	0,04 ^j	0,03 ^c	0,05 ^j
	COM _{int} (19)	0,03	0,07	0,16 ^{c,j}	0,08 ^j
maïsland	MV _{ext}	0,01	0,01	0,02 ^j	-
	COM _{int}	0,02	0,04	0,02 ^j	-
grasland	MV _{ext}	0,02	0,02	0,02	-
	COM _{int}	0,03	0,10	0,37 ^j	-

[c] = significant verschillend van de andere categorie;

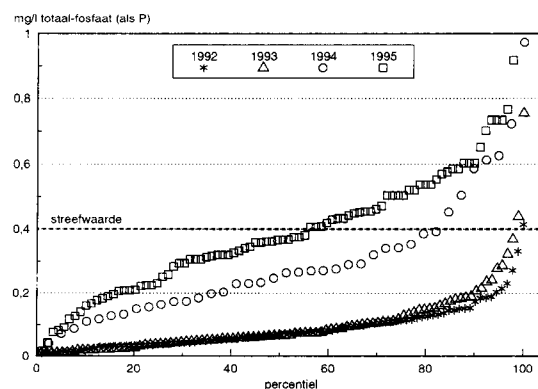
[j] = significant verschillend van voorafgaande jaar.

Het onderscheid in ortho-fosfaatconcentratie tussen maïs- en grasland is voor MV_{ext} gering. Voor COM_{int} wordt het verschil tussen maïsland en grasland groter, toch is het verschil in 1994 niet significant tussen maïs- en grasland. Voor MV_{ext} hebben de maïs- en grasland een lagere ortho-fosfaatconcentratie dan het bedrijfsgemiddelde, voor COM_{int} is in 1993 en 1994 de concentratie onder grasland hoger dan het bedrijfsgemiddelde.

4.4.3 Totaal-fosfaat

De gemiddelde totaal-fosfaatconcentratie is alle jaren lager dan de streefwaarde van $0,40 \text{ mg.l}^{-1} \text{ P}$, alleen in 1995 is de gemiddelde waarde gelijk aan de streefwaarde. De gemiddelde concentratie vertoont een stijging van $0,09 \text{ mg.l}^{-1}$ in 1992-'93 en van $0,10 \text{ mg.l}^{-1} \text{ P}$ in 1993-'94. Voor de beperkte groep stijgt in 1994-'95 tot de fosfaatconcentratie tot $0,30 \text{ mg.l}^{-1} \text{ P}$. De gemiddelde fosfaatconcentratie voor de gehele groep in 1995 is $0,40 \text{ mg.l}^{-1} \text{ P}$. Voor totaal-fosfaat is het aantal waarnemingen beneden de detectiegrens veel lager dan voor ortho-fosfaat. In 1992 en 1993 was dit percentage respectievelijk 7 en 6%. In 1994 en 1995 waren alle waarnemingen boven de detectiegrens. Net als bij ortho-fosfaat is de verandering in de totaal-fosfaatconcentratie veroorzaakt door de stijging van de grondwaterstand als gevolg van de toegenomen neerslag in de periode 1992-1995. In §4.8 wordt hierop teruggekomen.

In *Figuur 4.8* is de cumulatieve frequentieverdeling gegeven van de bedrijfsgemiddelde totaal-fosfaatconcentraties. In de eerste twee jaren heeft meer dan 95% van de bedrijven een concentratie lager dan de streefwaarde van $0,40 \text{ mg.l}^{-1} \text{ P}$. In 1994 daalt dit percentage tot 80% (beperkte groep) en in 1995 tot 55% (gehele groep). In grote lijnen is het beeld voor de afzonderlijke categorieën hetzelfde, zie *Bijlage IV.4*. De stijging van de totaal-fosfaatconcentratie is het grootst bij de categorieën AB en MV_{ext}. Circa 60% van de bedrijven in deze categorieën hebben in 1995 een totaal-fosfaatconcentratie boven de



Figuur 4.8 *Totaal-fosfaat, cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde concentraties in de periode 1992-1995. [960712-f]*

streefwaarde.

In *Tabel 4.10* zijn de categoriegemiddelde totaal-fosfaatconcentraties gegeven. De gemiddelde concentraties nemen significant toe in de tijd bij alle categorieën. Het verschil tussen het eerste en laatste meetjaar bedraagt gemiddeld per categorie tussen de 0,21 en 0,43 mg.l⁻¹. Ook blijkt uit de tabel, dat de concentraties in 1995 significant verder toenemen, nadat ook in 1994 een significante stijging heeft plaatsgevonden. De verschillen tussen de categorieën zijn in de eerste twee jaar niet significant. In 1994 is de totaal-fosfaatconcentratie bij categorie MV_{ext} significant hoger dan bij COM_{int}, in 1995 is het verschil niet significant. In 1995 neemt de totaal-fosfaatconcentratie toe in de volgorde COM_{ext} $\cong$ MV_{int} < COM_{int} < MV_{ext} $\cong$ AB. Alleen het verschil in totaal-fosfaatconcentraties tussen AB en COM_{ext} is significant.

Tabel 4.10 *Categoriegemiddelde totaal-fosfaatconcentratie in het bovenste grondwater voor de periode 1992 - 1995. Tussen () het percentage waarnemingen < detectiegrens. Gemiddelde van alle bedrijven per categorie die in het betreffende jaar bemonsterd zijn. Concentratie in mg.l⁻¹ P.*

categorie	1992	1993	1994 ^b	1995
	c (%<dg)	c (%<dg)	c (%<dg)	c (%<dg)
1. akkerbouw	0,07 (17)	0,14 (0)	-	0,51 ^{[4]j} (0)
2. melkveehouderij extensief	0,10 (13)	0,09 (9)	0,37 ^{[5]j} (0)	0,47 ^j (0)
3. melkveehouderij intensief	0,09 (6)	0,07 (6)	-	0,32 ^j (0)
4. combinatie extensief	0,08 (0)	0,06 (9)	-	0,29 ^{[1]j} (0)
5. combinatie intensief	0,09 (1)	0,14 (5)	0,23 ^{[2]j} (0)	0,39 ^j (0)

[..] = significant verschillend van de categorie met het aangegeven nummer.

j = significant verschillend van voorafgaande bemonsteringsjaar; getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau, betreft dus alleen bedrijven die beide jaren bezocht zijn.

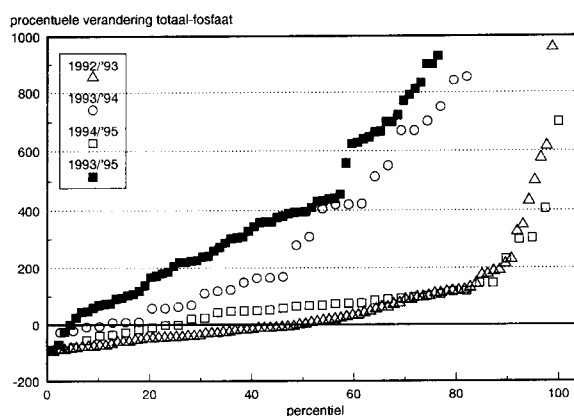
b = beperkte bemonstering, gemiddelde eerste ronde 1994 voor categorieën MV_{ext} en COM_{int}.

c = concentratie in mg.l⁻¹.

dg = detectiegrens van 0,01 mg.l⁻¹

Verandering op bedrijfsniveau

De procentuele verschillen in totaal-fosfaatconcentraties tussen de verschillende meetjaren zijn groot, evenals bij ortho-fosfaat. De verschillen tussen 1993-1994 en 1993-1995 overschrijden de 1000%. In *Figuur 4.9* is te zien dat van jaar op jaar in de periode 1992-1995 een kleiner worden groep bedrijven een lagere totaal-fosfaat concentratie heeft dan het vorige meetjaar. Met uitzondering van de periode 1992-1993 is het aantal bedrijven dat een hogere totaal-fosfaatconcentratie heeft in het daarop volgende meetjaar significant groter dan het aantal bedrijven met een lagere totaal-fosfaat concentratie. In 1995 heeft 97 procent van het aantal bedrijven een



Figuur 4.9: Verandering van de totaal-fosfaatconcentratie; cumulatieve frequentieverdeling van de jaarlijkse verandering van de concentratie op bedrijfsniveau in de periode 1992-1995 in procenten [960717-f].

hogere totaal-fosfaat concentratie dan in 1993.

Bodemgebruik

De totaal-fosfaatconcentratie neemt toe in de volgorde maïsland < grasland ≤ bouwland. De verschillen worden waarschijnlijk veroorzaakt door de verschillen in grondwaterstand tussen de bodemgebruiksvormen. De diepte van de grondwaterstand neemt af in de boven gegeven volgorde, zie *Tabel 4.26*. Ook de toenames in de tijd van de totaal-fosfaatconcentratie, die bij elke bodemgebruiksvorm optreedt, hangt samen met de stijging van de grondwaterstand in de periode 1992 - 1995.

Tabel 4.11 *Gemiddelde totaal-fosfaatconcentratie per bodemgebruikstype in de periode 1992 - 1995. Concentratie in mg.l⁻¹ P.*

Bodemgebruik	1992	1993	1994 ^b	1995
1. bouwland	0,07 ^[2,3]	0,14 ^[3]	-	0,51 ^j
2. grasland	0,09 ^[1]	0,10 ^[1,3]	0,39 ^{[3]j}	*
3. maïsland	0,06 ^[1]	0,04 ^[1,2]	0,15 ^{[2]j}	*

[..] = significant verschillend van het bodemgebruikstype met het aangegeven nummer;
 - = categorie akkerbouw niet bemonsterd;
 j = significant verschillend van voorafgaande bemonsteringsjaar; getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau, betreft dus alleen bedrijven die beide jaren bezocht zijn;
 * = bij bemonstering geen onderscheid gemaakt tussen gras- en maïspcelen;
 b = beperkte bemonstering, gemiddelde eerste ronde 1994 voor categorieën MV_{ext} en COM_{int}.

Beperkte groep bedrijven

In *Tabel 4.12* is een overzicht gegeven voor de groep van 35 bedrijven die alle jaren bemonsterd zijn. Het beeld wijkt niet af van het algemene beeld waarvoor geldt dat er een stijgende totaal-fosfaat concentratie in het bovenste grondwater is waar te nemen. Evenals voor het algemene beeld zijn er geen verschillen tussen de categorieën en het bodemgebruik, met uitzondering van maïsland in 1992.

Tabel 4.12 *Gemiddelde totaal-fosfaatconcentratie voor beperkte groep bedrijven. Categoriegemiddelde op bedrijfsniveau en voor maïs- en grasland. Concentraties in mg.l⁻¹ als P, tussen haakjes het aantal bedrijven.*

	categorie	1992	1993	1994	1995
bedrijfsniveau	beide (35)	0,09	0,12	0,30 ^j	0,42 ^j
	MV _{ext} (16)	0,09	0,08	0,37 ^j	0,45
	COM _{int} (19)	0,09	0,15	0,24 ^j	0,40 ^j
maïsland	MV _{ext}	0,04 ^{cg}	0,03	0,16 ^{g j}	-
	COM _{int}	0,06 ^c	0,06	0,12 ^j	-
grasland	MV _{ext}	0,10 ^g	0,07	0,42 ^{gj}	-
	COM _{int}	0,08	0,15	0,45 ^j	-

c = significant verschillend van de andere categorie;
 g = significant verschillend van het andere bodemgebruik;
 j = significant verschillend van voorafgaande jaar.

4.4.4 Verhouding totaal-fosfaat en ortho-fosfaat

In deze paragraaf wordt nagegaan wat de verhouding is tussen totaal-fosfaat en ortho-fosfaat in het bovenste grondwater over de periode 1992-1995. In de periode 1992-1995 verdrievoudigd de verhouding totaal-fosfaat/ortho-fosfaat, van gemiddeld 4,0 in 1992 tot gemiddeld 12,0 in 1995. Deze verhouding is veel hoger dan de verhouding van 1,5 die door de TCB werd verondersteld in haar advies over het protocol fosfaatverzadigde gronden (TCB, 1990).

In *Tabel 4.13* is de verhouding van de totaal-fosfaat en de ortho-fosfaat concentratie per bedrijfscategorie binnen de jaren weergegeven. De waarden zijn het gemiddelde van de verhoudingen op bedrijfsniveau, berekend met bedrijfsgemiddelde ortho- en totaal-fosfaatconcentraties. Hierbij dient opgemerkt te worden dat er een andere berekeningswijze is gevolgd, dan beschreven in Van Swinderen e.a., 1994. De verhouding is alleen berekend wanneer zowel de ortho- als totaal-fosfaatconcentratie boven de detectiegrens liggen ($> 0,01 \text{ mg.l}^{-1} \text{ P}$). Op bedrijfsniveau worden zowel voor ortho-fosfaat als voor totaal-fosfaat concentraties waargenomen die lager zijn dan de detectiegrens van $0,01 \text{ mg.l}^{-1} \text{ P}$. Van alle bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaatconcentraties ligt 23% beneden de detectiegrens, voor totaal-fosfaat is dit minder dan 2%³. Door een stijging in de ortho-fosfaatconcentratie wordt het percentage waarnemingen dat beneden de detectiegrens ligt lager. Dit percentage neemt af van 39% in 1992 tot 9% in 1995. Het percentage van de waarnemingen beneden de detectiegrens voor totaal-fosfaat neemt af van 2% in 1992 naar geen waarnemingen beneden de detectiegrens in 1994 en 1995.

Tabel 4.13 *Categoriegemiddelde verhouding tussen totaal-fosfaatconcentraties en ortho-fosfaatconcentraties in het bovenste grondwater voor de periode 1992 - 1995. Gemiddelde van alle bedrijven per categorie die in het betreffende jaar bemonsterd zijn.*

categorie	1992	1993	1994 ^b	1995
1. akkerbouw	6,3	4,2 ^{[5], j}	-	17,1 ^{[3,4], j}
2. melkveehouderij extensief	6,3	4,2 ^j	20,9 ^{[5], j}	12,1 ^j
3. melkveehouderij intensief	3,4	3,3	-	9,6 ^{[1], j}
4. combinatie extensief	3,6	3,3	-	9,1 ^{[1], j}
5. combinatie intensief	3,0	2,5 ^[1]	2,1 ^[2]	11,1 ^j

[..] = significant verschillend van de categorie met het aangegeven nummer;

j = significant verschillend van voorafgaande bemonsteringsjaar, getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau, betreft dus alleen bedrijven die beide jaren bezocht zijn;

b = beperkte bemonstering, gemiddelde eerste ronde 1994 voor categorieën MV_{ext} en COM_{int}.

In *Tabel 4.13* is te zien dat er in de periode 1993-1995 een significante stijging in de verhouding totaal-fosfaat/ortho-fosfaat plaatsgevonden. De stijging is eerder een gevolg van een hogere totaal-fosfaat concentratie in het grondwater dan van een hogere ortho-fosfaat concentratie (zie *Tabel 4.7* en *Tabel 4.10*).

³ De hier gegeven percentage wijken af van die in de paragrafen over ortho- en totaal-fosfaat, daar werden de percentages berekend op basis van de individuele mengmonsters.

De categorieën akkerbouw en MV_{ext} vertonen over het algemeen een hogere verhouding tussen totaal- en ortho-fosfaat dan de overige categorieën. Voor de akkerbouw wordt dit veroorzaakt doordat de (veenkoloniale) gronden organische-stofrijker zijn dan de overige zandgronden. Dit komt tot uiting in de hogere DOC-concentraties in het grondwater (zie *Tabel 4.19*). Hierdoor is ook de organisch-fosfaatconcentraties relatief hoger (totaal-P minus ortho-P). Voor de MV_{ext} -bedrijven geldt dat in 1992 en 1993 zowel grondwaterstanden als DOC-concentraties niet afwijken van die van de overige veehouderijcategorieën. Net als voor de akkerbouwcategorie geldt voor deze jaren dat het aantal waarnemingen van ortho-P boven de detectiegrens erg laag is (zie §4.4.2) en daardoor de verschillen tussen de categorieën in de verhouding totaal-P : ortho-P niet significant zijn. In 1994 is geen DOC bepaald. In dat jaar is de ortho-fosfaatconcentratie bij de MV_{ext} significant lager dan die bij de andere bemonsterde categorie COM_{int} en de totaal-fosfaatconcentratie significant hoger. In 1995 wordt geen significant verschil meer gevonden tussen de MV_{ext} -bedrijven en één van de overige categorieën. De AB-bedrijven zijn wel significant verschillend van twee van de vier veehouderijcategorieën.

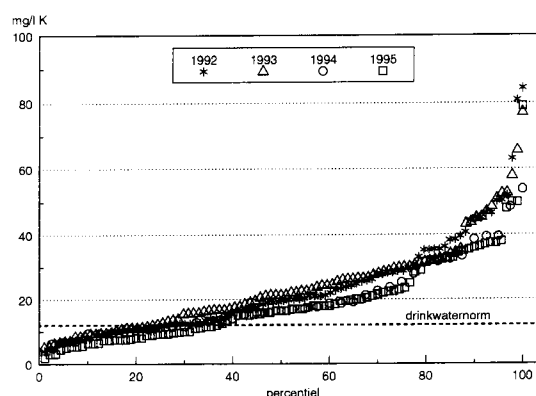
De verhouding totaal-P : ortho-P neemt toe in de tijd. Dit is te verklaren door een veranderde grondwaterstand. Door een stijgende grondwaterstand komt het grondwater in aanraking met de organische-stofrijkere en ook fosfaat-rijkere bovenste bodemlagen. De invloed op de organisch-fosfaatconcentratie blijkt groter dan op de ortho-fosfaatconcentratie.

4.5 Kalium

Kalium is naast stikstof en fosfaat één van de drie hoofdplantenvoedingselementen. Kalium komt in grote hoeveelheden van nature voor in de bodem, ze is het in een niet voor de planten beschikbare vorm, namelijk als onderdeel van mineralen als veldspaten en mica's. Door verwerking van deze mineralen komt het kalium vrij. Dit vrijgekomen kalium of via bemesting toegediende kalium neemt wat mobiliteit betreft een positie in tussen nitraat (mobiel) en fosfaat (relatief immobiel). Net als ammonium komt kalium in grondwater voor als een positief ion (K^+) dat gebonden wordt aan de wanden van kleimineralen en aan de organische stof in de bodem.

Voor kalium in grondwater zijn nog geen milieukwaliteitsdoelstellingen vastgesteld. De drinkwaternorm (12 mg.l^{-1}) wordt wel gebruikt om een indicatie te geven voor maximaal toelaatbare kaliumconcentraties in grond- en oppervlaktewater. Deze waarde is vastgesteld voor controle op faecale verontreinigingen in drinkwater. Gebruik van deze waarde is slechts indicatief.

De kaliumconcentratie in het bovenste grondwater is in 1992 en 1993 gemiddeld 23-24 mg.l⁻¹. In 1994 en 1995 is de concentratie gemiddeld iets lager, 19-20 mg.l⁻¹. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de toegenomen neerslag in de periode 1992-1995. In §4.8 wordt hierop teruggekomen. In *Figuur 4.10* is de cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde kaliumconcentratie gegeven voor elk jaar. Op 65% (1995) tot 80% (1992) van de bedrijven is de concentratie hoger dan de drinkwaternorm (12 mg l⁻¹). Een duidelijke verandering in de tijd, zoals bij bijvoorbeeld nitraat, is niet waar te nemen. Het beeld per categorie is vergelijkbaar, waarbij de kaliumconcentratie op de AB- en MV_{ext}-bedrijven lager is dan op de bedrijven in de overige categorieën (*Bijlage IV.5*).



Figuur 4.10: Kalium; cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde concentratie in de periode 1992-1995 [960712-d]

In *Tabel 4.19* worden de gemiddelde kaliumconcentratie gegeven per categorie voor de gehele bemonsteringsperiode. Binnen een meetjaar zijn er significante verschillen tussen de categorieën. De kaliumconcentratie in het bovenste grondwater neemt toe in de volgorde AB < MV_{ext} < COM_{ext} < MV_{int} < COM_{int}. De verschillen tussen de opeenvolgende categorieën, bijvoorbeeld AB en MV_{ext}, zijn niet significant. Nagenoeg voor alle jaren zijn de andere verschillen significant.

Er is een significante afname in de tijd voor vier van de vijf categorieën van 2 tot 7 mg.l⁻¹. De categorie MV_{ext} vertoont tussen 1992 en 1995 ook een lichte daling (2 mg.l⁻¹), maar deze is niet significant. Ten opzicht van 1993, toen de concentratie hoger was dan in 1992, is er wel een significante daling van de kaliumconcentratie.

Tabel 4.14 Categoriegemiddelde kaliumconcentratie van het bovenste grondwater voor de periode 1992-1995. Gemiddelde van alle bedrijven per categorie die in het betreffende jaar bemonsterd zijn. Concentratie in mg.l⁻¹ K.

categorie	1992	1993	1994 ^b	1995
1. akkerbouw	12 [3,5]	10 [3,4,5], j	-	7 [3,4,5], j
2. melkveehouderij extensief	16 [3,5]	20 [3,5], j	13 [5], j	15 [3,5], j
3. melkveehouderij intensief	29 [1,2]	31 [1,2]	-	26 [1,2], j
4. combinatie extensief	21 [5]	22 [1,5]	-	19 [1,5], j
5. combinatie intensief	38 [1,2,4]	36 [1,2,4]	27 [2], j	30 [1,2,4], j

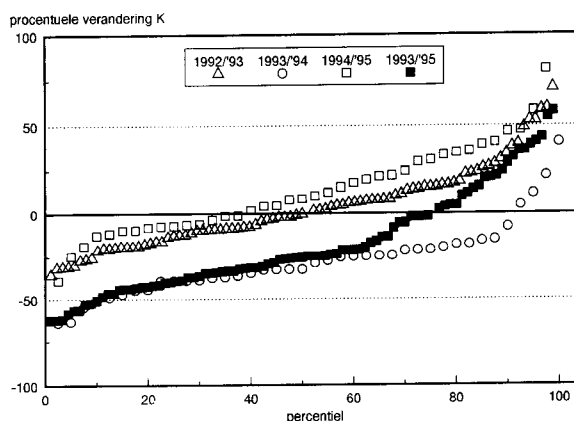
[..] = significant verschillend van de categorie met het aangegeven nummer;

j = significant verschillend van voorgaande bemonsteringsjaar, getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau, betreft dus alleen bedrijven die beide jaren bezocht zijn;

b = beperkte bemonstering, gemiddelde eerste ronde 1994.

Veranderingen op bedrijfsniveau

In *Figuur 4.11* is de cumulatieve frequentieverdeling gegeven van de relatieve verandering van de kaliumconcentratie van jaar op jaar op bedrijfsniveau. Van 1992 op '93 zijn er evenveel bedrijven met een stijgende als met een dalende kaliumconcentratie. In het jaar erop daalt op 90% van de bedrijven de concentratie, en in 1995 stijgt vervolgens op de meeste bedrijven (60%) de kaliumconcentratie weer. Het netto resultaat voor de grote groep van bedrijven is dat op circa 70% van de bedrijven de kaliumconcentratie in 1995 lager is dan in 1993. In de periode 1993/'94 en 1993/'95 is er sprake van een significant lager aantal bedrijven dat een hogere kaliumconcentratie hebben dan een lagere kaliumconcentratie in het voorafgaande periode.



Figuur 4.11: Verandering van de kaliumconcentratie; cumulatieve frequentieverdeling van de relatieve jaarlijkse verandering van de concentratie per bedrijf in de periode 1992-1995 in procenten. [960717-k]

Bodemgebruik

In *Tabel 4.15* worden de categoriegemiddelde kaliumconcentraties gegeven voor de verschillende bodemgebruikstypen. De kaliumconcentratie neemt toe in de volgorde bouwland < grasland < maïsland. De verschillen zijn significant. De kaliumconcentratie neemt in 1994 voor gras- en maïsland significant af.

Tabel 4.15 Gemiddelde kaliumconcentratie van het bovenste grondwater per bodemgebruikstype voor de periode 1992-1995. Concentratie in mg.l^{-1} K.

categorie	1992	1993	1994 ^b	1995
1. bouwland	12 ^[2,3]	10 ^{[2,3], j}	-	7 ^j
2. grasland	23 ^[1,3]	25 ^[1,3]	19 ^{[3], j}	*
3. maïsland	37 ^[1,2]	36 ^[1,2]	28 ^{[2], j}	*

[..] = significant verschillend van het bodemgebruikstype met aangegeven nummer;

j = significante verschillende van voorgaande bemonsteringsjaar, getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau, betreft dus alleen bedrijven die beide jaren bezocht zijn;

b = beperkte bemonstering, gemiddelde eerste ronde 1994;

* = bij bemonstering geen onderscheid gemaakt tussen gras- en maïspercelen.

Beperkte groep bedrijven

In *Tabel 4.16* is een overzicht gegeven voor de groep van 35 bedrijven die alle jaren bemonsterd zijn. Het beeld wijkt niet veel af van het algemene beeld.

Tabel 4.16 Gemiddelde kaliumconcentratie voor beperkte groep bedrijven.
Categoriegemiddelde op bedrijfsniveau en voor maïs- en grasland.
Concentraties in mg.l^{-1} , tussen haakjes het aantal bedrijven.

	categorie		1992	1993	1994	1995
bedrijfsniveau	beide (35)		28	29	21 ^j	24 ^j
	MV _{ext} (16)		17 ^c	20 ^{c,j}	13 ^{c,j}	15 ^{c,j}
	COM _{int} (19)		38 ^c	37 ^c	28 ^{c,j}	31 ^{c,j}
maïsland	MV _{ext}		36 ^g	38	31	-
	COM _{int}		47	42	32 ^j	-
grasland	MV _{ext}		16 ^{c,g}	18 ^{c,j}	13 ^{c,j}	-
	COM _{int}		31 ^c	33 ^c	25 ^{c,j}	-

c = significant verschillend van de andere categorie;

g = significant verschillend van het andere bodemgebruik;

j = significant verschillend van voorafgaande jaar.

4.6 Overige parameters

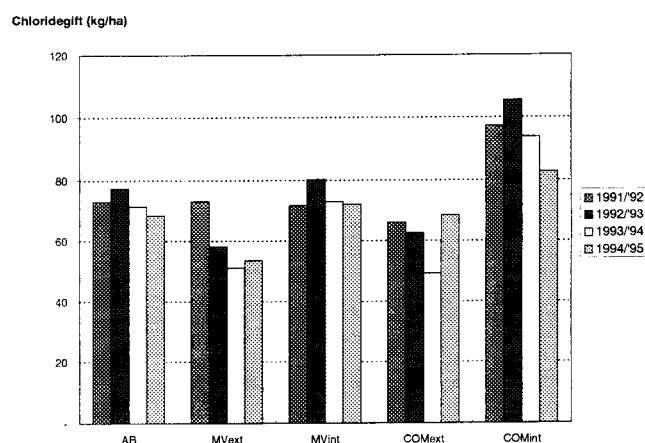
4.6.1 Chloride

De aanvoer van chloride op landbouwgrond wordt door de jaren heen op een redelijk constant niveau geacht, de aanvoer geschiedt voornamelijk door kunstmest, dierlijke mest en atmosferische depositie. Henkens (1994) heeft berekend dat in de periode 1950 tot 1980 de chloridevracht naar de landbouwgronden (exclusief atmosferische depositie) is afgenomen met 5 miljoen kg van 301 miljoen kilo tot 296 miljoen kilo. Er is in die periode een afname opgetreden van de hoeveelheid chloride die met kunstmest werd toegediend (van 182 miljoen naar 83 miljoen kg), terwijl de hoeveelheid die met dierlijke mest werd toegediend toenam (van 119 miljoen naar 212 miljoen kg).

Om een indruk te krijgen van de ontwikkeling van de chloridegift in de periode 1991/'92 - 1994/'95 zijn enkele berekeningen uitgevoerd.

In *Figuur 4.12* is de ontwikkeling van de chloridegift in de periode 1991/'92-1994/'95 gegeven per categorie. Deze is berekend op basis van de kaliumbalans en de verhoudingen tussen chloride en kalium in mest voor 1980, zoals gegeven in het artikel van Henkens (1994), gecorrigeerd voor een verdere afname van de verhouding in de periode 1980 - 1995 zoals berekend voor de categorie melkveehouderij intensief (zie *Bijlage V*).

Voor de categorie akkerbouw (AB) en melkveehouderij extensief (MV_{ext}) is sprake van een afname in de chloridegift in de periode 1992-1995; van 73 kg.ha^{-1} in 1992 tot 68 kg.ha^{-1} in 1995 bij de categorie AB en tot 54 kg.ha^{-1} bij de MV_{ext}-bedrijven. Deze afname wordt veroorzaakt door een afname in het gebruik van kaliumkunstmest. Omgerekend naar chloride betreft het een afname van 5 kg/ha (7%) bij AB-bedrijven en 19 kg/ha (26%) bij MV_{ext}-bedrijven. Ook bij de categorie COM_{int} is de chloridegift in 1994/'95 lager dan in



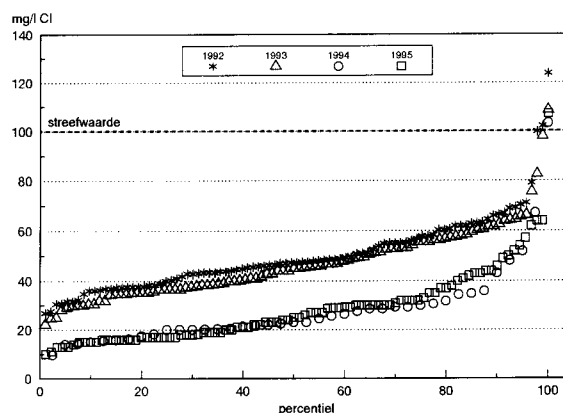
Figuur 4.12: Berekende chloridegift in de periode 1992-1995 per categorie. Berekend op basis van de kaliumbalans. [970814-a]

1991/'92 ($14 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} = 14\%$). Dit wordt veroorzaakt door een toename van de afvoer van dierlijke mest. De chloridegift met kunstmest was al laag in 1992 ($2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Voor de overige twee categorieën kan geen duidelijk toe- of afname worden vastgesteld. De chloride aanvoer met kaliumkunstmest was ook bij deze overige categorieën al bij de start van het programma laag ($5\text{-}6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Chloride wordt in dit onderzoek niet als een milieuprobleem gezien. Dit kan wel het geval zijn bij gebieden met zoute kwel. Omdat chloride niet wordt omgezet of wordt gebonden aan de bodem en omdat altijd aangenomen werd dat de aanvoer gelijkmatig is, wordt deze parameter wel als een maat voor de grondwateraanvulling gebruikt. Mede hiervoor is de chlorideconcentratie in de grondwatermonsters bij dit onderzoek bepaald. Uit de hierboven gepresenteerde cijfers blijkt dat niet alleen voor de lange termijn chloride geen betrouwbare referentie is, maar dat ook in een periode van enkele jaren voor bepaalde groepen van bedrijven veranderingen in de chloridegift van meer dan 20% kunnen optreden.

Voor de maximale concentratie van chloride in zoet grondwater geldt een streefwaarde van $100 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. De chlorideconcentratie in de bovenste meter van het grondwater is gedurende de meetperiode op nagenoeg alle bedrijven beneden deze streefwaarde. De maximum bedrijfsgemiddelde concentratie was $124 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. De chlorideconcentratie is in de periode 1992-1993 gemiddeld $50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ en in 1994-1995 gemiddeld $30 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. In *Figuur 4.13* is de cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde chlorideconcentratie gegeven voor elk van de jaren. Deze daling wordt toegeschreven aan weersomstandigheden (zie §4.8). In *Bijlage IV.6* zijn de cumulatieve frequentieverdelingen gegeven voor de vijf categorieën. Het beeld voor de afzonderlijke categorieën komt in grote lijnen overeen met het beeld van de chlorideconcentratie in *Figuur 4.13*.

In *Tabel 4.17* worden de categoriegemiddelde concentraties gegeven voor de gehele bemonsteringsperiode. Voor geen van de jaren zijn de verschillen tussen de categorieën binnen een jaar significant.



Figuur 4.13 Chlorideconcentratie, cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde concentraties in de periode 1992 - 1995 [960712-a]

Tabel 4.17 *Categoriegemiddelde chlorideconcentratie in het bovenste grondwater voor de periode 1992 - 1995. Gemiddelde van alle bedrijven per categorie die in het betreffende jaar bemonsterd zijn. Concentraties in mg.l^{-1} Cl.*

categorie	1992	1993	1994 ^b	1995
1. akkerbouw	51	50	-	23 ^j
2. melkveehouderij extensief	46	46	29 ^j	26 ^j
3. melkveehouderij intensief	52	45 ^j	-	33 ^j
4. combinatie extensief	49	43 ^j	-	27 ^j
5. combinatie intensief	54	49 ^j	27 ^j	35 ^j

[..] = significant verschillend van de categorie met het aangegeven nummer;

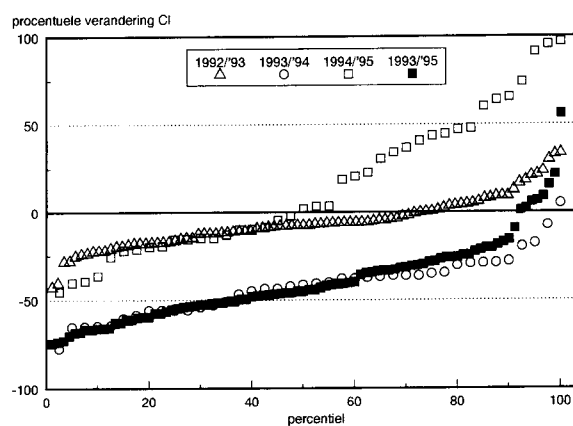
j = significant verschillend van voorafgaande bemonsteringsjaar, getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau, betreft dus alleen bedrijven die beide jaren bezocht zijn;

b = beperkte bemonstering, gemiddelde eerste ronde 1994.

De verandering van de chlorideconcentratie in de tijd is niet gelijk voor alle onderscheiden categorieën. De intensieve categorieën (MV_{int} , COM_{ext} en COM_{int}) hebben in 1993 een significant lagere chlorideconcentratie ($4-9 \text{ mg.l}^{-1}$; 8-17%) dan in 1992. Deze daling is niet toe te schrijven aan een verandering in de chloridegift (zie *Figuur 4.12*). Het verschil in concentratie tussen de jaren 1992-'93 bij de extensieve categorieën (AB en MV_{ext}) is klein ($< 1 \text{ mg.l}^{-1}$) en niet significant. De twee categorieën bemonsterd in 1994 vertonen beide een sterke daling van de chlorideconcentratie; MV_{ext} : 18 mg.l^{-1} en COM_{int} : 22 mg.l^{-1} . Bij de categorie MV_{ext} zou deze deels het gevolg kunnen zijn van een daling van de chloridegift, bij de categorie COM_{int} niet. Het verschil in daling tussen deze twee is niet significant. In 1995 vertoont de categorie COM_{int} een stijging van de chlorideconcentratie (7 mg.l^{-1}), terwijl de concentratie bij de MV_{ext} -bedrijven verder daalt (3 mg.l^{-1}). Het verschil in ontwikkeling is significant. Alle categorieën vertonen een significante daling van de chlorideconcentratie in 1995 ten opzichte van 1993. De conclusie is dat de daling van de chlorideconcentratie van gemiddeld 35-55% in de periode 1992-1995 maar voor een beperkt deel kan worden veroorzaakt door een daling van de chloridegift. Er is geen verschil in daling van de chlorideconcentratie tussen categorieën waarvoor een daling van de chloridegift is berekend en waarvoor geen daling van de gift is berekend.

Veranderingen op bedrijfsniveau

Op bedrijfsniveau is niet altijd sprake van een daling in de tijd. In *Figuur 4.14* is de verandering in de tijd per bedrijf uitgezet. Net als de nitraatconcentratie daalt de chlorideconcentratie in de beschouwde periode. In 1993 heeft circa 70% van de bedrijven een lagere chlorideconcentratie dan in 1992. Ten opzichte van 1993 heeft ruim 90% van de bedrijven een lagere concentratie in 1995. Het aantal bedrijven dat in de periode 1992/'93, 1993/'94 en 1993/'95 een lagere chlorideconcentratie heeft in het bovenste grondwater is significant groter dan het aantal bedrijven met een hogere chlorideconcentratie.



Figuur 4.14 Relatieve verandering van de chlorideconcentratie; cumulatieve frequentieverdeling van de procentuele jaarlijkse verandering per bedrijf in de periode 1992 - 1995 [960717-b]

Bodemgebruik

De verschillen in chlorideconcentratie tussen de bodemgebruikstypen zijn klein en niet significant in de periode 1992-1994, zie *Tabel 4.18*. In 1993 is voor zowel gras- als maïsland een kleine, significante afname van de concentratie waargenomen. In 1994 vindt een grote, significante afname plaats. Voor bouwland is er geen verschil tussen 1992 en 1993. In 1995 is de concentratie gehalveerd.

Tabel 4.18 Gemiddelde chlorideconcentratie per bodemgebruikstype in de periode 1992 - 1995. Concentratie in $\text{mg.l}^{-1} \text{ Cl}$.

Bodemgebruik	1992	1993	1994	1995
1. bouwland	51	50	-	23 ^j
2. grasland	50	46 ^j	28 ^j	*
3. maïsland	50	44 ^j	29 ^j	*

[..] = significant verschillend van het bodemgebruikstype met het aangegeven nummer;

- = categorie akkerbouw niet bemonsterd;

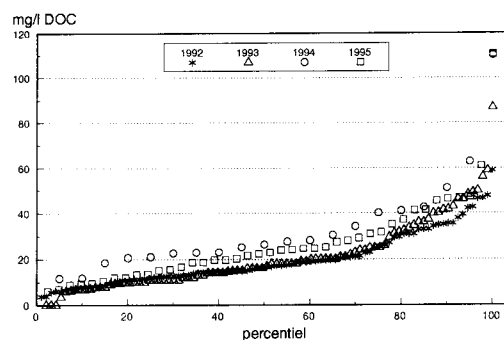
j = significant verschillend van voorafgaande bemonsteringsjaar, getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau, betreft dus alleen bedrijven die beide jaren bezocht zijn;

* = bij bemonstering geen onderscheid gemaakt tussen gras- en maïspercelen.

4.6.2 Opgeloste organische stof

De gemiddelde concentratie opgeloste organische stof (DOC) bedraagt in de jaren 1992 en 1993 zo'n 20 mg.l^{-1} . In 1994 en 1995 is slechts bij een beperkt aantal bedrijven ook de DOC-concentratie bepaald. In deze jaren zijn de gemiddelde concentraties respectievelijk 34 en 27 mg.l^{-1} .

In *Figuur 4.15* is de cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde concentraties gegeven voor elk van de jaren. De aantallen bedrijven en de samenstelling van de groep zijn verschillend voor de jaren. Het beeld voor 1994 en in mindere mate voor 1995 wordt bepaald door de 19 bedrijven uit de categorie MV_{int} waarvan de monsters elk jaar op DOC geanalyseerd zijn (zie *Bijlage IV.7*). In de figuur is te zien dat de mediane waarde toeneemt van circa 15 mg.l⁻¹ in 1992/'93 tot circa 25 mg.l⁻¹ in 1994/'95. Net als bij fosfaat wordt de stijging van de DOC-concentratie toegeschreven aan de stijging van de grondwaterstand als gevolg van de toegenomen neerslag in de periode 1992-1995. In §4.8 wordt hierop teruggekomen.



Figuur 4.15 DOC, cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde concentraties voor de jaren 1992-1995 [freqdoc].

In *Tabel 4.19* zijn de categoriegemiddelde concentraties gegeven voor de periode 1992-1995. In 1995 zijn niet alle monsters van de bezochte bedrijven geanalyseerd op DOC.

Tabel 4.19 *Categoriegemiddelde DOC-concentratie in het bovenste grondwater voor de periode 1992 - 1995. Gemiddelde van alle bedrijven per categorie die in het betreffende jaar bemonsterd zijn. Concentratie in mg.l⁻¹ C.*

categorie	1992	1993	1994 ^b	1995 ^b
1. akkerbouw	32 ^[2,3,4,5]	32 ^[2,4]	-	-
2. melkveehouderij extensief	19 ^[1]	19 ^[1]	-	30 ^j (n=9)
3. melkveehouderij intensief	17 ^[1]	22	-	24 [#] (n=4)
4. combinatie extensief	13 ^[1]	13 ^[1]	-	18 ^j (n=9)
5. combinatie intensief	19 ^[1]	23 ^j	34 ^j	30 ^j (n=19)

[..] = significant verschillend van de categorie met het aangegeven nummer;

j = significant verschillend van voorafgaande bemonsteringsjaar, getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau, betreft dus alleen bedrijven die beide jaren bezocht zijn;

= 1995 significant verschillend van 1992, getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau, betreft dus alleen de bedrijven die beide jaren bezocht zijn;

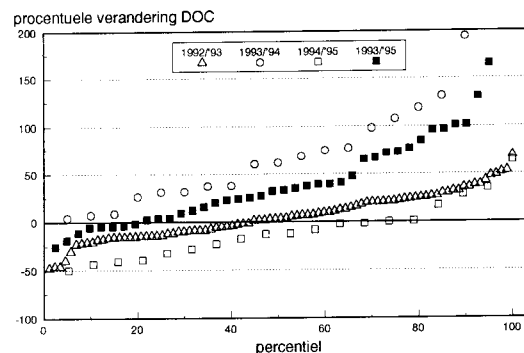
b = beperkte bemonstering, in 1995 tevens beperkt aantal bedrijven per categorie;

n = aantal bedrijfsmonsters geanalyseerd op DOC.

De AB-bedrijven hebben in 1992 en 1993 een duidelijk hoger DOC-concentratie dan de veehouderijbedrijven. De verschillen zijn alleen in 1993 niet altijd significant. De veehouderijcategorieën onderscheiden zich niet significant van elkaar. De toename van de DOC-concentratie in de loop van de bemonsteringsperiode is voor alle veehouderijcategorieën significant. Ten opzicht van 1992 varieert de toename in 1995 gemiddeld voor de categorieën van 4 - 20 mg.l⁻¹ (30-53%). Voor de akkerbouwbedrijven is dit niet vast te stellen door het ontbreken van gegevens voor zowel 1994 als 1995.

Veranderingen op bedrijfsniveau

De veranderingen van jaar op jaar op bedrijfsniveau zijn weergegeven in *Figuur 4.16*. Hierbij is ook de verandering 1993-1995 opgenomen, omdat in 1994 slechts een zeer beperkte groep van bedrijven is bezocht. Van 1992 op 1993 zijn er nagenoeg evenveel bedrijven met een toename als een afname van de DOC-concentratie. Vergeleken met de situatie in 1993 is er zowel in 1994 als in 1995 sprake van een stijging van de DOC-concentratie op de meeste bedrijven (80-90%). In 1995 is er op de meerderheid van de bedrijven (70%) sprake van een daling van de concentratie ten opzichte van 1994. Zowel in 1994 als in 1995 is er sprake van een significant aantal bedrijven dat een hogere DOC-concentratie heeft dan in 1993.



Figuur 4.16 Verandering van de DOC-concentratie in de tijd op bedrijfsniveau, weergegeven als cumulatieve frequentieverdeling van de verandering tussen twee jaren.[freqdocr].

Tabel 4.20 Gemiddelde DOC-concentratie per bodemgebruikstype in de periode 1992 - 1995. Concentratie in mg.l^{-1} als DOC.

Bodemgebruik	1992	1993	1994	1995
1. bouwland	32 ^[2,3]	32 ^[2,3]	-	-
2. grasland	17 ^[1]	19 ^{[1],j}	34 ^j	-
3. maïsland	15 ^[1]	16 ^[1]	-	-

[..] = significant verschillend van het bodemgebruikstype met het aangegeven nummer;

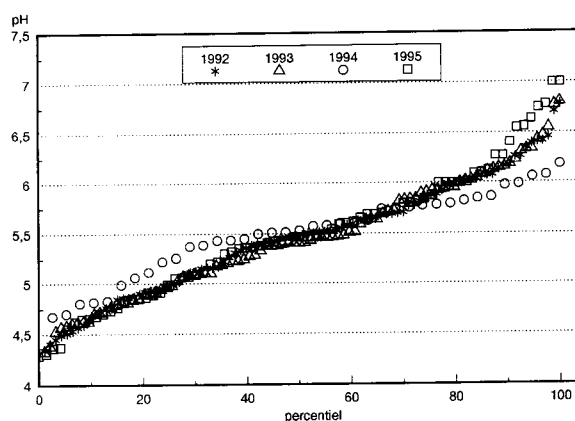
j = significant verschillend van voorafgaande bemonsteringsjaar, getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau, het betreft dus alleen bedrijven die beide jaren bemonsterd zijn;

- = niet bemonsterd.

4.6.3 Zuurgraad

Het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven in het zandgebied is licht tot matig zuur, de gemiddelde pH in 1992, 1993 en 1995 was pH 5,1 en in 1994 was de gemiddelde pH 5,3. De hoogste bedrijfsgemiddelde pH is 7,0, de laagste 4,3. De pH is gemiddeld niet significant veranderd in de meetperiode.

In *Figuur 4.17* is de cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde pH gegeven voor elk van de jaren. De verschillen tussen de jaren klein. Tachtig procent van de bedrijven heeft een bedrijfsgemiddelde pH tussen 4,6 en 6,3. Het afwijkende beeld in 1994 wordt veroorzaakt door de afwijkende samenstelling van de groep bemonsterde bedrijven (zie *Tabel 4.21*). In *Bijlage IV.8* zijn de cumulatieve frequentieverdelingen gegeven voor de vijf categorieën. Het beeld voor de individuele categorieën komt overeen met het beeld in *Figuur 4.17*.



Figuur 4.17 Zuurgraad, cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde pH in de periode 1992-1995 [960712-h].

De verschillen tussen de categorieën binnen een jaar zijn klein, zie *Tabel 4.21*. De beide combinatie-categorieën hebben over de periode gemiddeld een iets hoger pH dan de melkveehouderij-categorieën. In 1992 heeft de categorie akkerbouw een significant lagere pH (4,9) dan de COM_{ext}-bedrijven. De verschillen in de pH tussen de categorieën zijn klein. In 1993 en 1994 zijn de verschillen niet significant. In 1995 onderscheiden de categorieën zich wel. De verandering in de tijd van de pH is over het algemeen klein, hoewel soms significant.

Tabel 4.21 Categoriegemiddelde pH van het bovenste grondwater voor de periode 1992-1995. Gemiddelde van alle bedrijven per categorie die in het betreffende jaar bemonsterd zijn.

categorie	1992	1993	1994 ^b	1995
1. akkerbouw	4,8 ^[4]	4,9	-	(5,9) ^{a,[2,4,5], j}
2. melkveehouderij extensief	4,9	5,0 ^j	5,1 ^j	4,9 ^{[1,3], j}
3. melkveehouderij intensief	5,2	5,3	-	5,4 ^[2,5]
4. combinatie extensief	5,2 ^[1]	5,0 ^j	-	5,2 ^{[1], j}
5. combinatie intensief	5,0	5,0	5,1 ^j	4,9 ^{[1,3], j}

[..] = significant verschillend van de categorie met het aangegeven nummer;

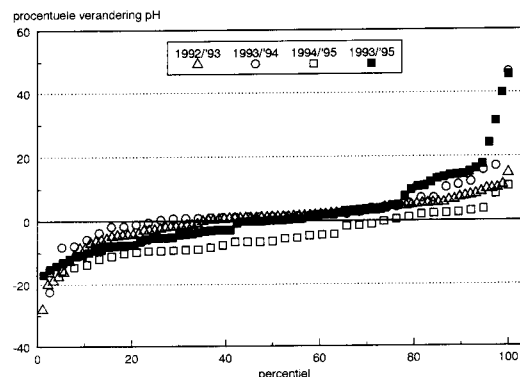
a = mogelijk veroorzaakt door afwijkende methode van pH-bepaling (pH-papier i.p.v. pH-meter);

j = significante verschillend van voorgaande bemonsteringsjaar, getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau, het betreft dus alleen bedrijven die beide jaren bemonsterd zijn;

b = beperkte bemonstering, gemiddelde eerste ronde 1994.

Verandering op bedrijfsniveau

In *Figuur 4.18* is de relatieve verandering van de pH tussen opeenvolgende jaren op bedrijfsniveau weergegeven. Op bedrijfsniveau is het aantal bedrijven dat in 1995 een lagere pH heeft dan in 1993 ongeveer even groot als het aantal bedrijven met een hogere pH. Uit de figuur kan ook worden afgelezen dat de toename van de pH groter is dan de afname. Voor de beperkte groep van bedrijven is te zien dat zo'n 75% een stijging van de pH in 1994 heeft vergeleken met 1993. In 1995 daalt op de meeste bedrijven (75%) de pH weer ten opzichte van 1994. Voor alle opvolgende jaren zijn er significante verschillen waarneembaar tussen het aantal bedrijven met een hogere en een lagere pH van het voorgaande jaar. Zo is het aantal bedrijven dat in 1992/'93 en 1993/'94 een toename van de pH te zien geeft significant groter dan het aantal bedrijven dat een afname pH in deze periodes heeft. Het aantal bedrijven dat tussen 1994/'95 een toename van de pH heeft is significant kleiner dan het aantal bedrijven dat een afname van de pH heeft. Het aantal bedrijven dat in de periode 1993/'95 een pH-toename heeft is even groot als het aantal bedrijven met een pH-afname.



Figuur 4.18 Verandering van de zuurgraad; cumulatieve frequentieverdeling van de relatieve jaarlijkse verandering van de pH per bedrijf in de periode 1992-1995 in procenten. [960717-j].

Bodemgebruik

In *Tabel 4.22* is de gemiddelde pH weergegeven voor de verschillende vormen van bodemgebruik. De pH van het grondwater onder gras is over het algemeen iets hoger dan de pH in het grondwater onder de overige twee bodemgebruiksvormen. In 1993 zijn de verschillen niet significant. De verandering van de pH in de tijd is klein (plus of min 0,1 eenheid).

Tabel 4.22 Gemiddelde pH van het bovenste grondwater per bodemgebruikstype voor de periode 1992-1995.

categorie	1992	1993	1994 ^b	1995
1. bouwland	4,8 ^[2]	4,9	-	(5,9) ^{a,j}
2. grasland	5,2 ^[1,3]	5,1	5,2 ^{[3],j}	*
3. maïsland	4,9 ^[2]	5,0	4,9 ^{[2], #}	*

[..] = significant verschillend van het bodemgebruikstype met het aangegeven nummer;

a = mogelijk veroorzaakt door afwijkende methode van pH-bepaling (pH-papier i.p.v. pH-meter);

j = significante verschillende van voorgaande bemonsteringsjaar, getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau, betreft dus alleen bedrijven die beide jaren bezocht zijn;

= 1994 significant verschillend van 1992;

b = beperkte bemonstering, gemiddelde eerste ronde 1994;

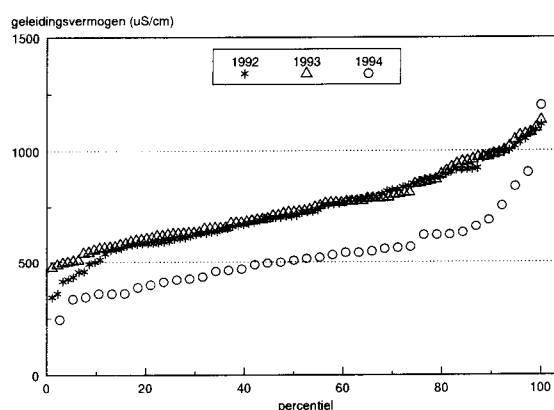
* = bij bemonstering geen onderscheid gemaakt tussen gras- en maïspercelen.

4.6.4 Geleidingsvermogen

Het geleidingsvermogen (EC) van water is een maat voor de hoeveelheid zout in het water. De EC van het bovenste grondwater is gemiddeld voor de meetjaren 1992 en 1993 nagenoeg gelijk gebleven, respectievelijk 732 en 747 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. De afname van het geleidingsvermogen in 1994 (534 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) is significant. De spreiding tussen bedrijfsgemiddelde waarnemingen is 1994 groter dan in de voorgaande jaren (243-1201 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ in 1994 en 342-1116 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ in 1992). In het meetjaar 1995 is geen geleidingsvermogen gemeten.

In *Figuur 4.19* is de cumulatieve frequentieverdeling van het bedrijfsgemiddelde geleidingsvermogen gegeven voor de gemeten jaren. In *Bijlage IV.9* zijn de cumulatieve frequentieverdelingen gegeven voor de vijf categorieën. Ook daar is de daling van de EC in 1994 duidelijk zichtbaar.

In *Tabel 4.23* wordt de categoriegemiddelde EC gegeven voor de hele bemonsteringsperiode. De veranderingen van het geleidingsvermogen binnen een jaar verschillen voor de te onderscheiden categorieën. Zo zijn in 1992 de categorieën akkerbouw en MVe_{xt} significant lager dan de overige drie categorieën, het gemiddelde verschil ligt tussen de 166 en de 287 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. De categorieën akkerbouw en MV_{ext} zijn in 1993 significant lager dan de categorieën MV_{int} en COM_{int} . Ook tussen de categorieën MV_{int} en COM_{ext} bestaat een significant verschil. In 1994 zijn alleen de categorieën MV_{ext} en COM_{int} gemeten.



Figuur 4.19: Geleidingsvermogen, cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde EC in de periode 1992-1994 [960712-i].

Tabel 4.23 Categoriegemiddelde geleidingsvermogen (EC) van het bovenste grondwater voor de periode 1992-1994. Gemiddelde van alle bedrijven per categorie die in het betreffende jaar bemonsterd zijn. EC in $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$.

categorie	1992	1993	1994 ^b	1995
1. akkerbouw	615 ^[3,4,5]	656 ^[3,5] j	-	-
2. melkveehouderij extensief	578 ^[3,4,5]	643 ^[3,5] j	461 ^[5] ,j	-
3. melkveehouderij intensief	809 ^[1,2]	877 ^[1,2,4]	-	-
4. combinatie extensief	781 ^[1,2]	742 ^[3]	-	-
5. combinatie intensief	866 ^[1,2]	838 ^[1,2]	599 ^[2] ,j	-

[..] = significant verschillend van de categorie met het aangegeven nummer;

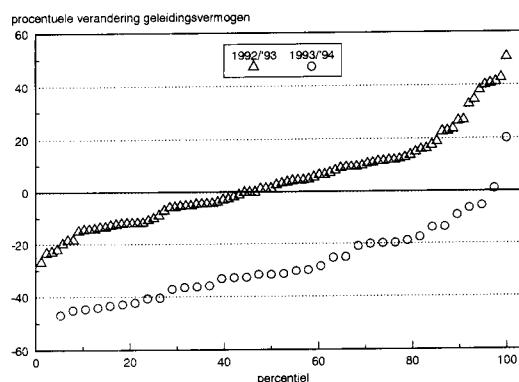
j = significante verschillende van voorgaande bemonsteringsjaar, getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau, betreft dus alleen bedrijven die beide jaren bezocht zijn;

b = beperkte bemonstering, gemiddelde eerste ronde 1994.

Het verschil in EC tussen de meetjaren 1992 en 1993 varieert van -14 tot 61 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. De toename bij de AB- en MV_{ext} -bedrijven is significant. In 1994 treedt er een significante daling op van de EC bij de bedrijven van de twee bemonsterde categorieën.

Veranderingen op bedrijfsniveau

In *Figuur 4.20* is de cumulatieve frequentieverdeling gegeven van de relatieve verandering van het geleidingsvermogen van 1992/'93 en 1993/'94 op bedrijfsniveau. De verandering tussen 1992 en '93 is ongeveer gelijk, een even groot aantal bedrijven heeft een hogere als een lagere EC. De verandering van 1993 naar 1994 laat een duidelijk verlaging van het geleidingsvermogen zien, slechts twee van de 37 bedrijven laten een verhoging van het geleidingsvermogen zien. Het aantal bedrijven met een lager geleidingsvermogen in 1994 is significant groter dan het aantal bedrijven met een hoger geleidingsvermogen in dat jaar ten opzichte van 1993.



Figuur 4.20: Verandering van het geleidingsvermogen, cumulatieve frequentieverdeling van de relatieve jaarlijkse verandering van de EC op bedrijfsniveau in procenten. [960717-h].

Bodemgebruik

In *Tabel 4.24* is het geleidingsvermogen voor de verschillende bodemgebruikstypen en de verschillende meetjaren gegeven. De bedrijfsgemiddelden van het geleidingsvermogen onder maïs- en grasland zijn voor de jaren 1992 en 1993 significant hoger dan voor 1994. Het geleidingsvermogen onder bouwland is in 1992 en 1993 significant lager dan voor maïs- en grasland, daarnaast is de EC voor maïsland significant hoger dan voor grasland in 1993.

Tabel 4.24 Gemiddelde geleidingsvermogen (EC) van het bovenste grondwater per bodemgebruikstype voor de periode 1992-1995. EC in $\mu\text{S.cm}^{-1}$.

categorie	1992	1993	1994 ^b	1995
1. bouwland	615 ^[2,3]	656 ^[2,3]	-	-
2. grasland	738 ^[1,3]	740 ^[1,3]	506 ^j	*
3. maïsland	853 ^[1,2]	821 ^[1,2]	581 ^j	*

[..] = significant verschillend van het bodemgebruikstype met het aangegeven nummer;

j = significante verschillende van voorgaande bemonsteringsjaar, getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau, betreft dus alleen bedrijven die beide jaren bezocht zijn;

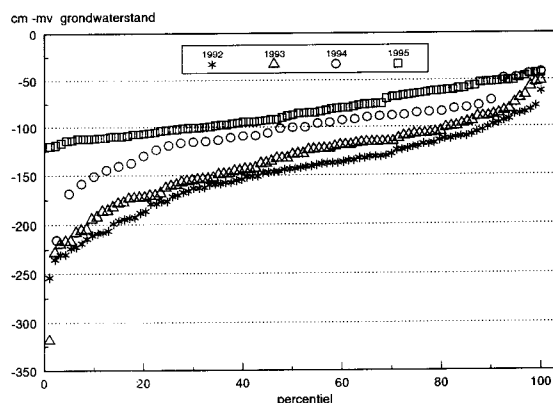
b = beperkte bemonstering, gemiddelde eerste ronde 1994;

* = bij bemonstering geen onderscheid gemaakt tussen gras- en maïspcelen.

4.6.5 Grondwaterstanden

De gemiddelde grondwaterstand, gemeten op moment van bemonsteren, steeg van 149 cm -mv⁴ in 1992 tot 84 cm -mv in 1995. Deze stijging wordt grotendeels toegeschreven aan de toegenomen neerslag in de periode 1992-1995. In §4.8 wordt hierop teruggekomen.

In *Figuur 4.21* is de cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde grondwaterstand gegeven voor de verschillende meetjaren. De bedrijfsgemiddelde grondwaterstanden zijn altijd dieper dan 41 cm -mv. De diepste bedrijfsgemiddelde grondwaterstand, van 319 cm -mv, is waargenomen in 1993. In *Bijlage IV.10* zijn de cumulatieve frequentieverdelingen gegeven voor de vijf categorieën. Daar is te zien dat de stijging van de grondwaterstand in 1993 vooral optreedt bij de categorieën MV_{int} en COM_{int}.



Figuur 4.21 Grondwaterstand tijdens bemonstering, cumulatieve frequentieverdeling van de bedrijfsgemiddelde grondwaterstand in de periode 1992 - 1995 [960712-g]

In *Tabel 4.25* worden de categoriegemiddelde grondwaterstanden gegeven voor de gehele bemonsteringsperiode. De verschillen tussen de categorieën zijn alleen significant in 1995. Op de AB-bedrijven is de gemiddelde grondwaterstand significant hoger dan bij de vier overige categorieën. Daarnaast hebben de MV_{int}-bedrijven gemiddeld een grondwaterstand die significant hoger is dan MV_{ext}-bedrijven. De COM_{int}-bedrijven hebben een significant lagere grondwaterstand dan de MV_{int}- en COM_{ext}-bedrijven.

Tabel 4.25 Categoriegemiddelde grondwaterstand van het bovenste grondwater voor de periode 1992-1995. Gemiddelde van alle bedrijven per categorie die in het betreffende jaar bemonsterd zijn. Grondwaterstand in cm -mv.

categorie	1992	1993	1994 ^b	1995
1. akkerbouw	141	138	-	57 [2,3,4,5], j
2. melkveehouderij extensief	149	147	115 j	94 [1,3], j
3. melkveehouderij intensief	147	128	-	76 [1,2], j
4. combinatie extensief	151	136	-	88 [1,5], j
5. combinatie intensief	155	131 j	95 j	104 [1,4]

[...] = significant verschillend van de categorie met het aangegeven nummer;

j = significante verschillende van voorgaande bemonsteringsjaar, getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau, betreft dus alleen bedrijven die beide jaren bezocht zijn;

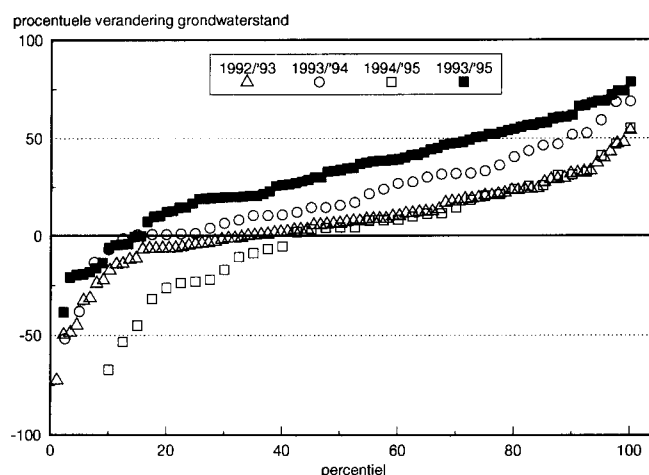
b = beperkte bemonstering, gemiddelde eerste ronde 1994.

⁴ cm -mv: diepte in centimeters beneden maaiveld

Uit Tabel 4.25 blijkt verder dat er voor ieder van de categorieën een significante stijging van de grondwaterstand optreedt tussen 1993 en 1995. De stijging van de grondwaterstand tussen 1992 en 1993, variërend van gemiddelde 4 tot 21 cm, is alleen bij de COM_{int}-bedrijven significant. Bij de twee in 1994 bemonsterde categorieën vindt een significante stijging plaats van de grondwaterstand ten opzichte van 1993, van 28 (MV_{ext}) en 36 cm (COM_{int}). In 1995 daalt de grondwaterstand bij COM_{int} met 9 cm (niet-significant) en stijgt deze significant verder bij MV_{ext} met 21 cm.

Verandering op bedrijfsniveau

In Figuur 4.22 is de cumulatieve frequentieverdeling gegeven van de relatieve veranderingen van de grondwaterstand van jaar op jaar op bedrijfsniveau. De veranderingen zijn bekeken voor opeenvolgende jaren. Omdat in 1994 een beperkte groep bedrijven is bemonsterd is ook 1993 ten opzichte van 1995 weergegeven. Bij tenminste 60% van de bedrijven is een stijgende grondwaterstand waarneembaar. Op 80% van de bedrijven vindt een stijging van het grondwater plaats in de periode 1993-'95. Met uitzondering van de periode 1994/'95 is het aantal bedrijven met een hogere grondwaterstand dan het vorige meetjaar significant groter dan het aantal bedrijven met een lagere grondwaterstand.



Figuur 4.22 Verandering van de grondwaterstand in de tijd op bedrijfsniveau, weergegeven als cumulatieve frequentieverdeling van de relatieve verandering tussen twee jaren. [960717-g]

Bodemgebruik

In Tabel 4.26 zijn de gemiddelde grondwaterstanden per bodemgebruikstype in de periode 1992 - 1995 weergegeven. De grondwaterstand onder maïsland is alle jaren significant lager dan onder de twee andere bodemgebruikstypen. Bij alle bodemgebruikstypen stijgt de grondwaterstand significant in de periode 1992-1995.

Tabel 4.26 Gemiddelde grondwaterstand (cm -mv) van het bovenste grondwater per bodemgebruikstype voor de periode 1992-1995.

categorie	1992	1993	1994 ^b	1995
1. bouwland	141 ^[3]	138 ^[3]	-	57 ^j
2. grasland	146 ^[3]	131 ^{[3], j}	101 ^{[3] j}	*
3. maïsland	181 ^[1,2]	184 ^[1,2]	139 ^{[2] j}	*

[..] = significant verschillend van het bodemgebruikstype met het aangegeven nummer;

j = significante verschillende van voorgaande bemonsteringsjaar, getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau, betreft dus alleen bedrijven die beide jaren bezocht zijn;

b = beperkte bemonstering, gemiddelde eerste ronde 1994.

4.7 Grondwaterkwaliteitsveranderingen binnen een jaar

4.7.1 Inleiding

In 1994 zijn 18 bedrijven uit twee categorieën (MV_{ext} en COM_{int}) tweemaal bemonsterd om de variatie binnen een jaar gericht te kunnen onderzoeken. Dit is van belang voor de verdere opzet van het meetnet. Als de grondwaterkwaliteit volgens een vast patroon verandert binnen een jaar, dient het bemonsteringsprogramma zodanig te worden opgezet dat het bemonsteringstijdstip geen invloed meer heeft op de grondwaterkwaliteit. In de navolgende subparagrafen wordt per parameter naar de verschillen gekeken. In de laatste subparagraaf wordt de samenhang besproken. Ook wordt gekeken naar de invloed van bemonsteringstijdstip op de grondwaterkwaliteit in de andere jaren. Tot slot worden de consequenties voor de bemonstering beschouwd.

4.7.2 Nitraat

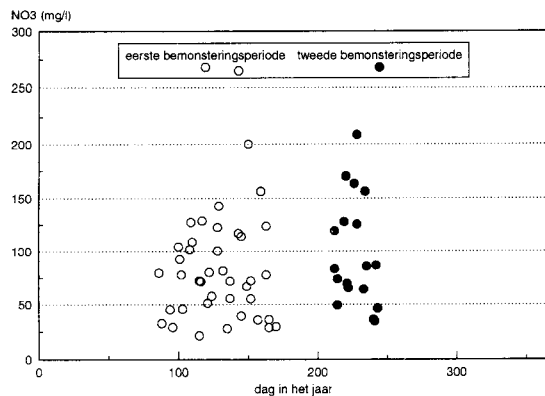
De gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater van de 18 tweemaal bemonsterde bedrijven vertoont tussen de eerste en de tweede periode een stijging van 74 naar 98 $mg.l^{-1}$. Het verschil tussen de eerste bemonstering en de tweede is significant. Dit is met name het gevolg van de stijging van de nitraatconcentratie bij de categorie COM_{int} . De nitraatconcentratie bij de MV_{ext} -bedrijven verandert niet significant in de tijd. In *Tabel 4.27* zijn de categoriegemiddelde nitraatconcentraties voor de twee bemonsteringsperiodes weergegeven. In *Figuur 4.23* zijn de gemeten nitraatconcentraties op bedrijfsniveau weergegeven bij de eerste bemonsteringsronde (april t/m juni) en de tweede bemonsteringsronde (augustus - september).

Tabel 4.27 Gemiddelde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater in 1994 voor de twee bemonsteringsperiodes. Gemiddelde van alle bedrijven die in de betreffende periode bemonsterd zijn. Concentratie in $mg.l^{-1}$.

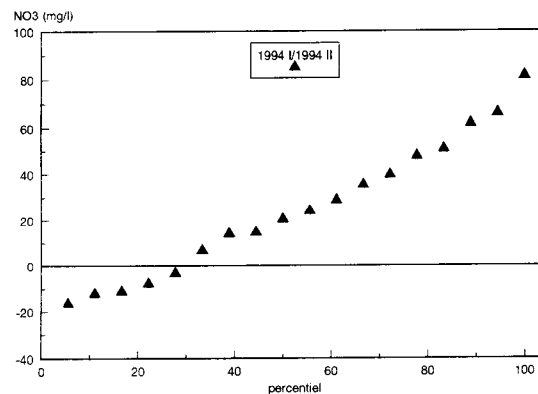
categorie	1994 I [#]	1994 II
2. melkveehouderij extensief	70 (65)	72 ^[5]
5. combinatie intensief	95 (82)	125 ^{[2],p}
gemiddelde voor 18 bedrijven	74	98

- # = Tussen haakjes de gemiddelde concentratie van de 9 in de tweede periode bemonsterde bedrijven;
 [...] = significant verschillend van de categorie met het aangegeven nummer;
 p = significant verschil tussen de eerste bemonsteringsronde en de tweede bemonsteringsronde, getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau, alleen de bedrijven die beide periodes bemonsterd zijn voor deze toets gebruikt.

In *Figuur 4.23* zijn de gemeten bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties uitgezet in de tijd, hierbij zijn alle metingen gegeven. *Figuur 4.24* laat de cumulatieve frequentieverdeling zien van de verschillen in de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties tussen de beide periodes voor de 18 tweemaal bemonsterde bedrijven. Van de 18 bedrijven zijn er 13 met een hogere nitraatconcentratie in de zomer.



Figuur 4.23: Bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties in voorjaar (40 bedrijven) en zomer (18 bedrijven) van 1994 [960805-a].



Figuur 4.24: Cumulatieve frequentieverdeling van verschillen in de nitraatconcentratie tussen de zomer en het voorjaar op bedrijfsniveau [960805-c].

Voor de bodemgebruiksvorm maïsland bestaan er geen significante verschillen tussen de twee bemonsteringsperioden en de twee categorieën. De gemiddelde nitraatconcentratie onder maïs neemt af van 174 naar 158 mg.l^{-1} .

4.7.3 Ammonium

De ammoniumconcentratie in het bovenste grondwater is alleen bij de categorie MV_{ext} in beide perioden bepaald. De ammoniumconcentratie op de 9 tweemaal bemonsterde bedrijven vertoont een stijging van 0,98 naar 1,18 mg.l^{-1} . Het verschil tussen de eerste bemonstering en de tweede is niet significant. In Tabel 4.28 zijn de categoriegemiddelde ammoniumconcentraties voor de twee bemonsteringsperioden weergegeven. De ammoniumconcentratie bij de COM_{int} is significant hoger dan bij de MV_{ext} bedrijven.

Tabel 4.28 Gemiddelde ammoniumconcentraties in het bovenste grondwater in 1994 voor de twee bemonsteringsperioden. Gemiddelde van alle bedrijven die in de betreffende periode bemonsterd zijn. Concentratie in mg.l^{-1} .

categorie	1994 I [#]	1994 II
2. melkveehouderij extensief	0,82 (0,98)	1,18 ^[5]
5. combinatie intensief	-	0,45 ^[2]

- # = tussen haakjes de gemiddelde concentratie van de 9 in de tweede periode bemonsterde bedrijven;
 [...] = significant verschillend van de categorie met het aangegeven nummer;
 - = niet geanalyseerd.

4.7.4 Fosfaat

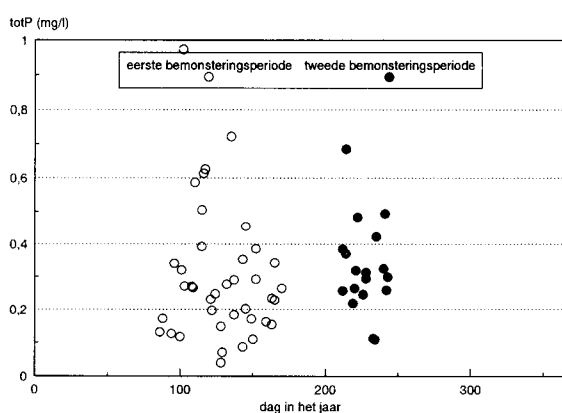
De gemiddelde totaal-fosfaatconcentratie in het bovenste grondwater vertoont op de 18 tweemaal bemonsterde bedrijven een daling tussen de eerste en tweede bemonstering van 0,36 naar 0,33 mg.l⁻¹. Het verschil tussen deze twee bemonsteringen is niet significant. Alleen in de eerste periode hebben de MV_{ext}-bedrijven gemiddeld een significant hogere totaal-fosfaatconcentratie dan de COM_{int}-bedrijven. In Tabel 4.29 zijn de categoriegemiddelde totaal-fosfaatconcentraties gegeven.

Tabel 4.29 Gemiddelde totaal-fosfaatconcentraties in het bovenste grondwater in 1994 voor de twee bemonsteringsperioden. Gemiddelde van alle bedrijven die in de betreffende periode bemonsterd zijn. Concentratie in mg.l⁻¹ P.

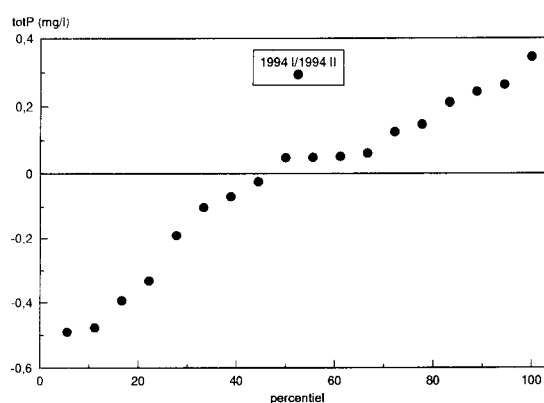
categorie	1994 I [#]	1994 II
2. melkveehouderij extensief	0,37 ^[5] (0,45)	0,31
5. combinatie intensief	0,23 ^[2] (0,26)	0,34
gemiddelde voor 18 bedrijven	0,36	0,33

= tussen haakjes de gemiddelde concentratie van de 9 in de tweede periode bemonsterde bedrijven;
 [...] = significant verschillend van de categorie met het aangegeven nummer.

In Figuur 4.25 zijn de gemeten totaal-fosfaatconcentratie op bedrijfsniveau weergegeven voor de eerste bemonsteringsronde van april t/m juni en de tweede bemonsteringsronde in augustus en september. In Figuur 4.26 is de cumulatieve frequentieverdeling gegeven van de verschillen tussen de 18 bedrijven die in beide perioden bemonsterd zijn. De grafiek laat zien dat er evenveel bedrijven zijn die in de tweede bemonsteringsronde een hogere als een lagere totaal-fosfaatconcentratie hebben.



Figuur 4.25 Bedrijfsgemiddelde totaal-fosfaatconcentraties in voorjaar (40 bedrijven) en zomer (18 bedrijven) van 1994 [960805-B]



Figuur 4.26 Cumulatieve frequentieverdeling van verschillen in de totaal-fosfaatconcentratie tussen de zomer en het voorjaar op bedrijfsniveau.[960805-D]

Voor de bodemgebruiksvorm maïsland is geen significant verschil aan te tonen tussen de twee bemonsteringsperioden en de twee categorieën. De gemiddelde totaal-fosfaatconcentratie onder maïs is voor beide categorieën in beide periode 0,14 - 0,15 mg.l⁻¹.

De ortho-fosfaatconcentratie is alleen voor de MV_{ext} -bedrijven in beide perioden bepaald. Slechts van 7 bedrijven zijn tweemaal monsters geanalyseerd op ortho-fosfaat. De stijging van de ortho-fosfaatconcentratie is significant. In *Tabel 4.30* zijn de categoriegemiddelde ortho-fosfaatconcentraties voor de twee bemonsteringsperioden weergegeven. De ortho-fosfaatconcentratie is niet significant verschillend tussen de categorieën.

Tabel 4.30 *Gemiddelde ortho-fosfaatconcentraties in het bovenste grondwater in 1994 voor de twee bemonsteringsperioden. Gemiddelde van alle bedrijven die in de betreffende periode bemonsterd zijn. Concentratie in $mg.l^{-1}$.*

categorie	1994 I [#]	1994 II
2. melkveehouderij extensief	0,03 (0,03)	0,05 ^p
5. combinatie intensief	-	0,06

- # = tussen haakjes de gemiddelde concentratie van de 9 in de tweede periode bemonsterde bedrijven;
 - = niet geanalyseerd;
 p = significant verschil tussen de eerste bemonsteringsronde en de tweede bemonsteringsronde, getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau. Alleen de bedrijven die beide periodes bemonsterd zijn voor deze toets gebruikt.

4.7.5 Kalium

De kaliumconcentratie in het bovenste grondwater is alleen bij de categorie MV_{ext} in beide perioden bepaald. De kaliumconcentratie op de 9 tweemaal bemonsterde bedrijven vertoont een stijging van 13 naar 15 $mg.l^{-1}$. Het verschil tussen de eerste bemonstering en de tweede is niet significant. In *Tabel 4.31* zijn de categoriegemiddelde kaliumconcentraties voor de twee bemonsteringsperioden weergegeven. De kaliumconcentratie bij de COM_{int} is significant hoger dan bij de MV_{ext} bedrijven.

Tabel 4.31 *Gemiddelde kaliumconcentraties in het bovenste grondwater in 1994 voor de twee bemonsteringsperioden. Gemiddelde van alle bedrijven die in de betreffende periode bemonsterd zijn. Concentratie in $mg.l^{-1}$.*

categorie	1994 I [#]	1994 II
2. melkveehouderij extensief	13 (13)	15 ^[5]
5. combinatie intensief	-	29 ^[2]

- # = tussen haakjes de gemiddelde concentratie van de 9 in de tweede periode bemonsterde bedrijven.
 [...] = significant verschillend van de categorie met het aangegeven nummer.
 - = niet geanalyseerd.

4.7.6 Chloride

De chlorideconcentratie in het bovenste grondwater is alleen bij de categorie MV_{ext} in beide perioden bepaald. De chlorideconcentratie op de 9 tweemaal bemonsterde bedrijven vertoont een stijging van 32 naar 36 $mg.l^{-1}$. Het verschil tussen de eerste bemonstering en de tweede is niet significant. In *Tabel 4.32* zijn de categoriegemiddelde chlorideconcentraties voor de twee bemonsteringsperioden weergegeven.

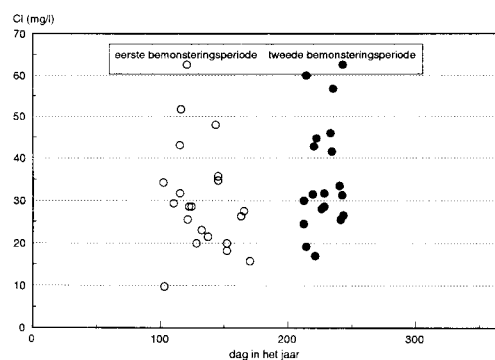
Tabel 4.32 Gemiddelde chlorideconcentraties in het bovenste grondwater in 1994 voor de twee bemonsteringsperioden. Gemiddelde van alle bedrijven die in de betreffende periode bemonsterd zijn. Concentratie in mg.l^{-1} .

categorie	1994 I #	1994 II
2. melkveehouderij extensief	29 (32)	36
5. combinatie intensief	-	33

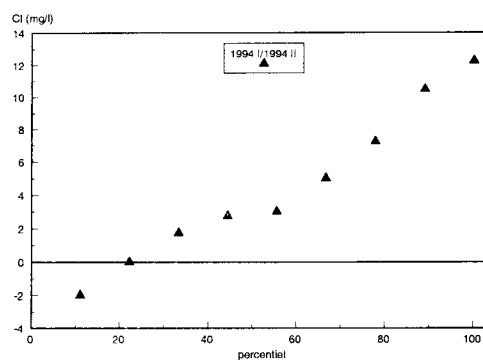
= tussen haakjes de gemiddelde concentratie van de 9 in de tweede periode bemonsterde bedrijven.

- = niet geanalyseerd.

In *Figuur 4.27* zijn de gemeten chlorideconcentraties op bedrijfsniveau weergegeven voor de eerste bemonsteringsronde van april t/m juni en de tweede bemonsteringsronde in augustus en september. In *Figuur 4.28* is de cumulatieve frequentieverdeling gegeven van de verschillen tussen de 18 bedrijven die in beide perioden bemonsterd zijn. De grafiek laat zien dat de chlorideconcentratie in de tweede bemonsteringsronde op de meeste bedrijven hoger is.



Figuur 4.27: Bedrijfsgemiddelde chlorideconcentraties in voorjaar (40 bedrijven) en zomer (18 bedrijven) van 1994. [970807-A]



Figuur 4.28: Cumulatieve frequentieverdeling van verschillen in de chlorideconcentratie tussen de zomer en het voorjaar op bedrijfsniveau [970807-B]

4.7.7 Grondwaterstand

De gemiddelde grondwaterstand vertoont een daling tussen de eerste en tweede bemonstering, van 88 naar 160 cm -mv. Het verschil tussen deze twee bemonsteringen is significant. De twee bemonsterde categorieën verschillen niet significant van elkaar. De MV_{ext} -bedrijven hebben gemiddeld in beide bemonsteringsronden een lagere grondwaterstand dan de COM_{int} -bedrijven. In *Tabel 4.33* zijn de categoriegemiddelde grondwaterstanden gegeven.

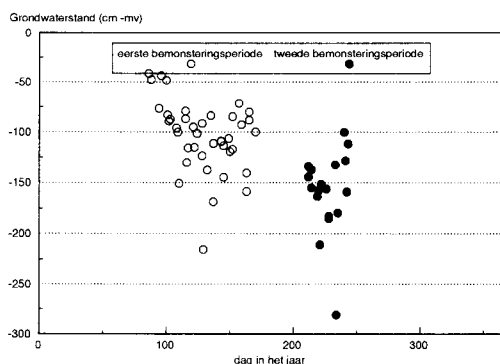
Tabel 4.33 *Gemiddelde grondwaterstanden in 1994 voor de twee bemonsteringsperioden. Gemiddelde van alle bedrijven die in de betreffende periode bemonsterd zijn. Grondwaterstand in cm -mv.*

categorie	1994 I	1994 II
2. melkveehouderij extensief	115 (104)	162 ^p
5. combinatie intensief	95 (73)	157 ^p
gemiddelde voor 18 bedrijven	88	160

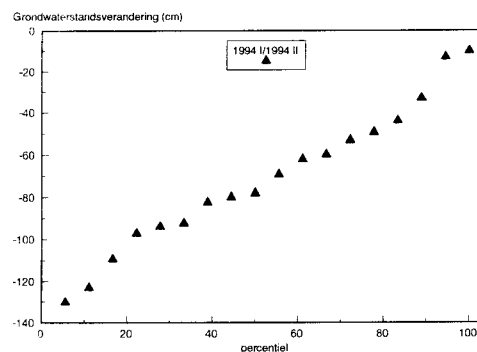
= tussen haakjes de gemiddelde concentratie van de 9 in de tweede periode bemonsterde bedrijven;
p = significant verschil tussen de eerste bemonsteringsronde en de tweede bemonsteringsronde, getoetst zijn de verschillen op bedrijfsniveau; alleen de bedrijven die beide periodes bemonsterd zijn voor deze toets gebruikt.

In *Figuur 4.29* zijn de gemeten grondwaterstanden op bedrijfsniveau weergegeven voor de eerste bemonsteringsronde van april t/m juni en de tweede bemonsteringsronde in augustus en september. In *Figuur 4.30* is de cumulatieve frequentieverdeling gegeven van de verschillen tussen de 18 bedrijven die in beide perioden bemonsterd zijn. De grafiek laat zien dat de grondwaterstanden in de tweede bemonsteringsronde op alle bedrijven lager zijn.

De daling van de grondwaterstand in de periode maart - september is volgens de verwachting. Verschillen tussen de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) variëren afhankelijk van de grondwatertrap tussen zo'n 40 (Gt II*) en 120 cm (Gt V) (Locher en De Bakker, 1993)



Figuur 4.29: Bedrijfsgemiddelde grondwaterstand in voorjaar (40 bedrijven) en zomer (18 bedrijven) van 1994 [970807-C]



Figuur 4.30: Cumulatieve frequentieverdeling van verschillen in de grondwaterstand tussen de zomer en het voorjaar op bedrijfsniveau. [970807-D]

Voor de bodemgebruiksvorm maïsland is er ook een significant verschil tussen de twee bemonsteringsperioden voor de twee categorieën. De categoriegemiddelde grondwaterstand bij maïspercelen daalt van 112 naar 197 cm -mv.

4.7.8 Algemeen beeld van de veranderingen binnen een jaar

In *Tabel 4.34* is een overzicht gegeven voor de gemeten grondwaterkarakteristieken in het voorjaar en de zomer van 1994. Het betreft de gegevens van de 18 bedrijven die tweemaal bemonsterd zijn.

Tabel 4.34: *Gemiddelde concentraties in het bovenste grondwater en de grondwaterstand op 18 bedrijven in het zandgebied in het voorjaar en de zomer van 1994. Concentraties in mg.l⁻¹.*

parameter	1994 I (voorjaar)	1994 II (zomer)
nitraat	74	98 ^p (+32%)
ammonium ¹	0,98	1,18 (+20%)
totaal-fosfaat	0,36	0,33 (- 8%)
ortho-fosfaat ²	0,03	0,06 (+67%)
kalium ¹	13	15 (+15%)
chloride ¹	31	36 (+13%)
grondwaterstand (cm -mv)	88	160 ^p (+82%)

1 = alleen de categorie MV_{ext} is tweemaal bemonsterd (9 bedrijven);

2 = als 1, maar slechts van 7 bedrijven zijn gegevens beschikbaar;

p = significant verschil tussen de beide perioden.

In de periode maart - september is de grondwaterstand met ruim 70 cm gedaald en zijn de nitraatconcentraties met ruim 30% gestegen. De overige concentraties nemen met uitzondering van totaal-fosfaat toe, maar deze wijzigingen zijn niet significant.

Aanvullend, op de in de voorafgaande subparagrafen besproken analyse, is gekeken of in de meetreeks 1992 -1995 een invloed te achterhalen was van het bemonsteringstijdstip binnen een jaar op de grondwaterkarakteristieken nitraat, totaal-fosfaat en DOC. De conclusie is dat er geen systematische verandering binnen een jaar kan worden vastgesteld van de genoemde grondwaterkwaliteitsparameters. Wel blijkt uit de analyse dat, indien geen rekening wordt gehouden met de verdunningsfactor, in specifieke jaren de nitraatconcentratie binnen de bemonsteringsperiode kan toe- of afnemen. Zo werd voor 1993 een significante afname en voor 1994 een significante toename waargenomen van de nitraatconcentratie binnen de meetperiode. In 1992 en 1995 was de waargenomen afname binnen de bemonsteringsperiode niet significant. In *Bijlage VI* is een uitdraai opgenomen van de statische analyse.

Consequenties voor de bemonstering en gegevensanalyse

Er geen systematische relaties gevonden tussen het tijdstip van bemonsteren binnen een jaar en de grondwaterkwaliteit. De grondwaterstand daalt in de periode maart - september. Deze grondwaterstandsval binnen de meetperiode heeft dus nauwelijks invloed op de grondwaterkwaliteit. De grondwaterstand fluctueert echter niet alleen binnen een jaar, maar ook tussen jaren (zie §4.6.5). Tussen jaren wordt er wel een duidelijke invloed van de grondwaterstand gevonden op de grondwaterkwaliteit. In de volgende paragraaf wordt ingegaan op de oorzaak en de invloed van deze schommelingen in de grondwaterstand tussen de jaren op de grondwaterkwaliteit. De conclusie is dat verschillen in grondwaterkwaliteit als gevolg van bemonsteringstijdstip binnen een jaar geen probleem hoeven te vormen bij de analyse van de verschillen tussen bedrijven of categorieën van bedrijven. De geconstateerde

verschillen in grondwaterkwaliteit tussen verschillende bemonsteringstijdstippen konden in het onderzoek volledig toegeschreven worden aan bestaande verschillen tussen bedrijven en een in het seizoen optreden grondwaterkwaliteitsverandering onder invloed van indikking en grondwaterstandsaling. Hiervoor kan, zoals in de volgende paragraaf duidelijk zal worden gemaakt, gecorrigeerd worden.

Bij de interpretatie van de gegevens uit de periode 1992-1995 dient wel rekening te worden gehouden met het feit dat de bemonstering in 1994 (eerste ronde) en 1995 over het algemeen vroeger in het jaar heeft plaatsgevonden dan de bemonstering in 1992 en 1993 (*Figuur 2.3 en Figuur 2.4*). In *Tabel 4.35* is dit verschil tussen voor elk van de categorieën gegeven.

Tabel 4.35 *Verskil in gemiddeld bemonsteringstijdstip tussen de verschillende jaren per categorie in weken.*

categorie	1992/'93	1993/'94	1994/'95	1992/'95	1993/'95
akkerbouw	-7 ¹	-	-	-7	0
melkvee extensief	5	-8	1	-2	-7
melkvee intensief	-5	-	-	-10	-5
combinatie extensief	-2	-	-	-8	-6
combinatie intensief	0	-7	3	-4	-4
totaal	2	-8	2	-6	-4

1 = Negatief betekent eerder bemonsterd dan in vooraf genoemde jaar. Hier aangegeven dat in 1993 7 weken eerder bemonsterd is dan in 1992.

- = Niet bemonsterd in 1994.

De nitraatconcentratie daalde tussen 1993 en 1995 met 100 mg.l⁻¹ (zie §4.3.2). In 1995 werd gemiddeld 4 weken eerder bemonsterd. In 1994 steeg de nitraatconcentratie tussen de eerste en tweede ronden met 24 mg.l⁻¹ in 17 weken (zie *Tabel 4.34*). Uitgaande van een lineaire relatie zou een 4 weken eerder uitgevoerde bemonstering geleid hebben tot een 5-6 mg lagere nitraatconcentratie. De waargenomen daling kan dus maar voor een klein deel verklaard worden (5-6%) door het vroegere bemonsteringstijdstip.

De categorie akkerbouw is altijd eerder bemonsterd dan de veehouderijcategorieën, zie *Tabel 4.36*. De categorie melkveehouderij extensief is in 1992 eerder bemonsterd dan de overige veehouderij categorieën, maar in de andere jaren meestal later.

Tabel 4.36 *Aantal weken dat de bedrijven uit de categorie akkerbouw gemiddeld eerder bemonsterd zijn dan de overige categorieën.*

jaar	MV _{ext}	MV _{int}	COM _{ext}	COM _{int}	veehouderij
1992	3	7	6	7	6
1993	15	9	11	13	12
1994	-	-	-	-	-
1995	8	5	5	9	6

Het verschil in nitraatconcentratie tussen de categorie AB en MV_{ext} enerzijds en de overige veehouderijcategorieën anderzijds bedraagt in 1992 zo'n 50 (COM_{ext}) tot meer dan 100 $mg.l^{-1}$ (MV_{int} en COM_{int}). Het verschil in bemonsteringstijdstip van zo'n 7 weken bij AB-bedrijven en 4 bij MV_{ext} -bedrijven kan, als we uitgaan van de 1994-cijfers, hooguit 6-10 mg verklaren.

4.8 De weersinvloed op de grondwaterkwaliteit

4.8.1 Inleiding

In deze paragraaf wordt een eerste indicatie gegeven van de invloed van het weer op de grondwaterkwaliteit. De methode om de nitraatconcentraties te corrigeren voor weersinvloeden met de verdunningsfactor wordt hier niet besproken. Hiervoor wordt verwezen naar Boumans e.a. (1997).

Zoals we in de voorafgaande paragrafen hebben kunnen zien, is er sprake van een verandering van de grondwaterkwaliteit in de meetperiode 1992-1995. De grootste verandering lijkt te zijn opgetreden tussen de bemonsteringsronden in 1993 en 1994. Het algemene beeld is een stijging van de grondwaterstanden, een toename van de DOC- en de fosfaatconcentratie en een afname van de nitraat-, chloride- en in minder mate de ammonium- en kaliumconcentratie. Ook het geleidingsvermogen neemt af (minder 'zout').

Bekeken moet worden of deze daling van de nitraatconcentratie moet worden toegeschreven aan een daling van de stikstofbelasting van de bodem. Oorzaken van een dalende bodembelasting kunnen zijn aanpassingen in de voeding, veranderingen in de veedichtheid, veranderde kunstmestgift etc. In deze paragraaf wordt aandacht besteed aan drie aspecten die meer licht kunnen werpen op deze kwestie. Ten eerste wordt nagegaan of er sprake is van veranderingen in de bodembelasting en bedrijfsvoering (§4.8.2). Ten tweede wordt bekeken of er sprake is van meer neerslag c.q. grondwateraanvulling in de betreffende periode (§4.8.3). En ten derde wordt nagegaan of er aanvullende aanwijzingen zijn voor de redenatie dat de grondwaterkwaliteitsverandering veroorzaakt wordt door veranderende weersomstandigheden (§4.8.4). Hierbij wordt gekeken naar het gecombineerde gedrag van nitraat en andere grondwaterkwaliteitsparameters.

4.8.2 Veranderingen in de bedrijfskarakteristieken

Voor onze analyse van de bedrijfskarakteristieken, waaronder de stikstofbelasting van de bodem, gaan we uit van de gegevens afgeleid uit het LEI-Bedrijven Informatienet (zie Hoofdstuk 3). Voor elk van de veehouderijcategorieën is een stikstofaanvoer berekend voor de periode 1991/'92 - 1994/'95. Het boekjaar 1991/'92 is het boekjaar voorafgaande aan de eerste grondwaterbemonsteringsronde in 1992 en het boekjaar 1994/'95 is het boekjaar voorafgaande aan de laatste ronde in 1995. In *Tabel 4.37* zijn de bedrijfsgemiddelde gegevens opgenomen van alle bedrijven die in het betreffende jaar bemonsterd zijn. Dit in tegenstelling tot de tabellen in Hoofdstuk 3, waar steeds het gemiddelde is gegeven voor de bedrijven die alle jaren bemonsterd zijn.

Tabel 4.37 *Categoriegemiddelde stikstofaanvoer voor de periode 1991-1994¹, niet gecorrigeerd voor ammoniakaanwendingsverliezen en exclusief atmosferische depositie (belasting in kg.ha⁻¹ per jaar).*

categorie	1991/'92	1992/'93	1993/'94	1994/'95
akkerbouw	268	260	261	259
melkvee extensief	618	592	621	591
melkvee intensief	721	682	748	734
combinatie extensief	680	646	708	673
combinatie intensief	714	736	768	697

¹ Betreft het gemiddelde van alle bedrijven in het betreffende jaar bemonsterd, dit i.t.t. Tabel 3.2 waar het gemiddelde gegeven is per jaar van de bedrijven die alle jaren zijn bemonsterd.

De cijfers in Tabel 4.37 zijn niet gecorrigeerd voor ammoniakverliezen bij aanwenden van de stalmest. In Tabel 4.38 zijn de categoriegemiddelde percentages emissie-arme aanwending gegeven. Duidelijk is dat dit percentage in de loop van de periode sterk is toegenomen. Het effect van emissie-arme aanwending is dat de stikstofverliezen naar de lucht afnemen en de belasting van de bodem toeneemt, indien niet tevens de kunstmestgift wordt verlaagd. Uit de cijfers van het LEI-DLO blijkt dat alleen bij de categorie MV_{ext} de kunstmest gift daalt.

Tabel 4.38 *Categoriegemiddeld percentage emissie-arme aanwending¹*

categorie	1991/'92	1992/'93	1993/'94	1994/'95
melkvee extensief	17	48	44	68
melkvee intensief	32	65	69	80
combinatie extensief	19	43	58	78
combinatie intensief	23	39	57	64

¹ Betreft het gemiddelde van alle bedrijven in het betreffende jaar bemonsterd, dit i.t.t. Tabel 3.1 waar het gemiddelde gegeven is per jaar van de bedrijven die alle jaren zijn bemonsterd.

Een eerste indruk van de effecten van de toename van de emissie-arme aanwending op de stikstofgift kan worden gegeven door de extra bodembelasting te berekenen. Voor de eenvoud worden de volgende veronderstellingen gemaakt:

1. Voor stalmest wordt drijfmest genomen met een verhouding tussen minerale stikstof en organische stikstof van 50:50, deze verhouding geldt voor zowel rundvee-, varkens en kippendrijfmest (Pelser, 1988).
2. Bij oppervlakkige aanwending wordt gerekend met 50% vervluchtiging van de minerale stikstof in de uitgereden mest (Hoogervorst, 1991)
3. Bij onderwerken wordt uitgegaan van een gemiddelde vervluchtiging van 15% (mestinjectie = 7,5%, zode-injectie = 7,5%, zodebemesting = 16,5%, sleepvoeten = 37,5%, sleufkouter = 16,5%; de verhouding tussen de gebruikte methoden voor het zandgebied is respectievelijk 22, 27, 19, 13 en 19%; Oudendag, 1996).

Om te komen tot een stikstofgift wordt tevens gecorrigeerd voor:

1. de N-emissie bij beweiding. De weide-emissie wordt verondersteld op 8% van de mest die bij beweiding op het land komt (Hoogervorst, 1991).

2. de N-emissie uit kunstmest. Hierbij wordt uitgegaan van een gemiddelde vervluchtiging van 2% (Hoogervorst, 1991).

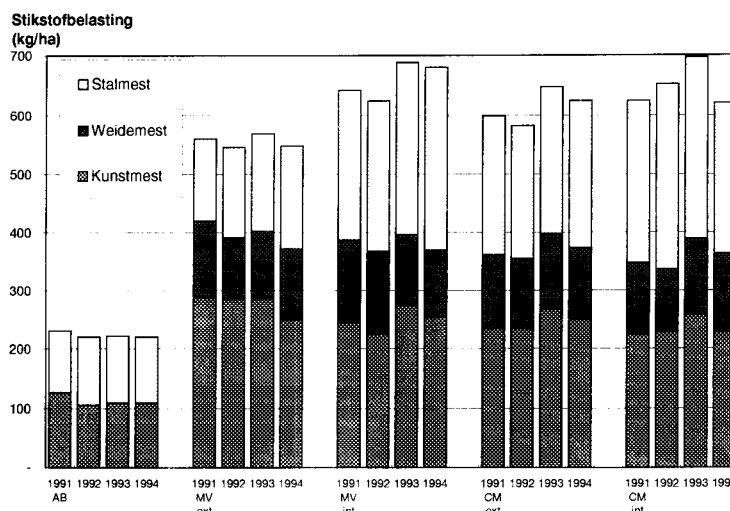
In *Tabel 4.39* zijn de berekende stikstofgiftten gegeven. Berekeningen zijn voor gras- en maïsland apart uitgevoerd, en daarna op basis van arealen gemiddeld. In *Figuur 4.31* is dit grafisch weergegeven, waarbij onderscheid is gemaakt tussen de stikstofgift via weidemest, via stalmest en via kunstmest.

Tabel 4.39 *Categoriegemiddelde stikstofgift voor de periode 1991-1994¹, gecorrigeerd voor ammoniakaanwendingsverliezen, exclusief atmosferische depositie (belasting in kg.ha⁻¹ per jaar).*

categorie	1991/'92	1992/'93	1993/'94	1994/'95	Gemiddeld
akkerbouw ²	231	220	222	220	223
melkvee extensief	561	546	570	549	556
melkvee intensief	642	625	689	680	659
combinatie extensief	599	583	648	625	613
combinatie intensief	625	652	697	621	649

- 1 Betreft het gemiddelde van alle bedrijven in het betreffende jaar bemonsterd, dit i.t.t. *Tabel 3.2* waar het gemiddelde gegeven is per jaar van de bedrijven die alle jaren zijn bemonsterd.
 2 voor de akkerbouw zijn geen gegevens over emissie-arme aanwending beschikbaar, de hier berekende stikstofgift geldt als geen emissie-arme aanwending is toegepast.

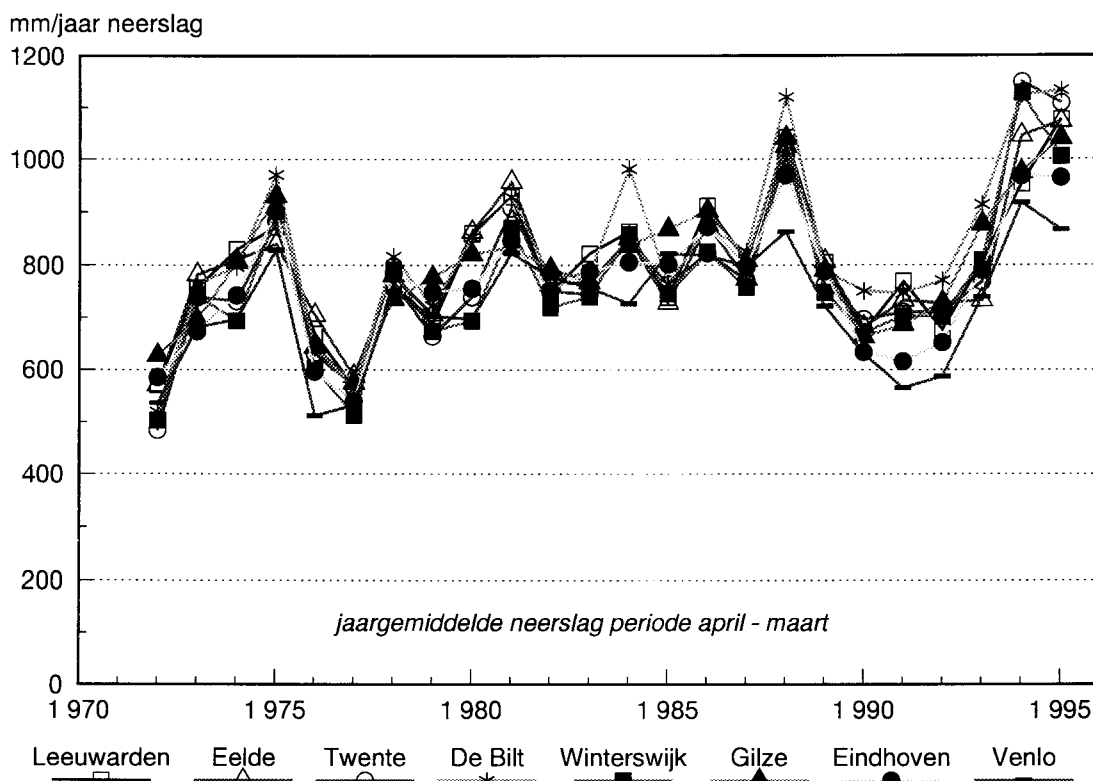
De conclusie die te trekken valt uit bovenstaande tabel en nevenstaande figuur is dat er geen aanwijzingen zijn voor een daling van de stikstofgift de periode mei 1991 - mei 1995. Bovendien treedt zelfs bij de intensieve combinatiebedrijven, waar in de periode mei 1991 - mei 1994 de stikstofgift elk jaar is toegenomen, in 1994 een sterke daling van de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater op, namelijk van 236 mg.l⁻¹ in 1992 en 213 mg.l⁻¹ in 1993 tot 95 mg.l⁻¹ in 1994. De conclusie is dat de daling in de nitraatconcentratie in de periode 1992 - 1995 niet veroorzaakt kan worden door een daling in stikstofgift.



Figuur 4.31: *Ontwikkeling van de stikstofgift uitgesplitst naar mestsoort per categorie in de periode mei 1991 - mei 1995 voor de bemonsterde landbouwbedrijven [970813-a].*

4.8.3 Veranderingen in de neerslag

In deze paragraaf wordt aannemelijk gemaakt dat de verandering in de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater wordt veroorzaakt door een verandering in de neerslag. In *Figuur 4.32* is voor de periode 1972-1995 het verloop van de jaarlijkse neerslag gegeven voor de acht meteodistricten in het zandgebied. Per jaar is de hoeveelheid neerslag gegeven die gevallen is in de periode vanaf 1 april van het voorafgaande jaar tot en met 31 maart van het betreffende jaar. Neerslag jaar 1992 is de cumulatieve neerslag in de periode april 1991 - maart 1992. De eerste bemonstering in 1992 valt na een relatief droge periode in de jaren 1990-1992. De jaren 1990 - 1992 behoren in de meeste meteodistricten tot de top vijf van droge jaren in periode april 1971- maart 1995. Er viel 90 - 110 mm minder neerslag dan het gemiddelde voor het zandgebied van 784 mm per jaar. Het jaar 1993 is een 'normaal' jaar, met 20 mm meer neerslag dan gemiddeld. Daarentegen zijn 1994 en 1995 zeer nat en in drie van de acht districten de nummer 1 en 2 van natste jaren in de beschouwde periode van 25 jaar, met circa 250 mm meer neerslag dan gemiddeld. Opvallende zijn verder de grote regionale verschillen; in 1995 meer dan 250 mm verschil in neerslag tussen het 'natste' (De Bilt) en het 'droogste' (Venlo) meteodistrict.



Figuur 4.32: Verandering van de jaargemiddelde neerslag in de periode april 1971 - maart 1995 voor de acht meteodistricten in het zandgebied. Bron KNMI. [pavg3_01]

De conclusie is dat in de voor de bemonstering relevante periode 1991-1995 een sterke stijging is opgetreden van de neerslaghoeveelheid en dat dit consequenties heeft gehad voor de mate van grondwateraanvulling; een stijging van de grondwaterstand van circa 55 cm is gemeten. In het RIVM / LEI-DLO rapport Evaluatie MKBGL (Boumans e.a., 1997) wordt aangetoond dat als rekening wordt gehouden met verschillen in neerslag, c.q. mate van

verdunding, er geen significante verschillen in nitraatconcentraties zijn tussen de jaren. In *Tabel 4.40* wordt dit geïllustreerd aan de hand van het verschil tussen de nitraatconcentratie in 1992 en 1995. De gemeten nitraatconcentraties zijn significant verschillend, zoals uit de voorafgaande paragrafen al bleek. De concentraties voor de 80 in beide jaren bemonsterde bedrijven zijn in 1995 gemiddeld 100 mg.l^{-1} lager dan in 1995, uiteenlopen van 69 mg.l^{-1} voor de categorie akkerbouw tot 134 mg.l^{-1} voor de categorie melkveehouderij intensief. Na correctie komen zowel positieve als negatieve verschillen voor, in alle gevallen zijn de verschillen niet significant.

Tabel 4.40 Verandering van de nitraatconcentratie tussen 1992 en 1995¹ en de standaardfout (sd) berekend per categorie en voor de totale groep voor de gemeten en neerslaggecorrigeerde nitraatconcentraties.

Bron: Boumans e.a., 1997

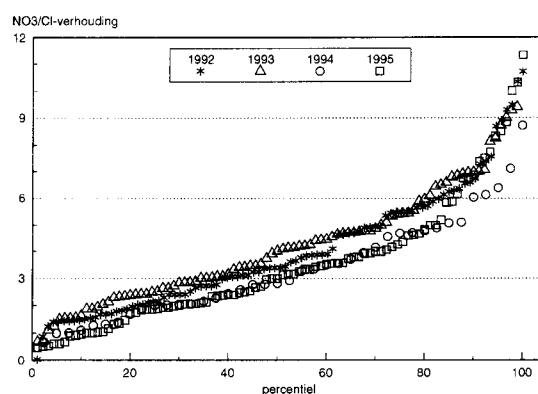
bedrijfs categorie	gemeten		gecorrigeerd	
	verandering	sd	verandering	sd
1. akkerbouw	- 69*	9	3,7	4,1
2. melkveehouderij extensief	- 78*	15	4,3	4,4
3. melkveehouderij intensief	-134*	25	- 3,1	7,9
4. combinatie extensief	- 96*	12	- 5,1	5,9
5. combinatie intensief	-130*	18	0,9	8,8
alle bedrijven	-100*	8	0,03	2,8

1 = verschil tussen de nitraatconcentratie voor de 80 bedrijven die zowel in 1995 als in 1992 zijn bemonsterd;

* = significant verschil tussen 1995 en 1992.

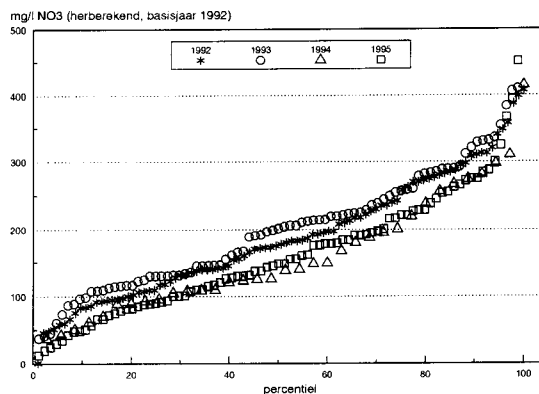
4.8.4 Veranderingen van andere grondwaterkwaliteitsparameters

In deze paragraaf zullen we met behulp van de andere grondwaterkarakteristieken aannemelijk maken dat de veranderingen in de grondwaterkwaliteit verklaard kunnen worden door de toename van de neerslaghoeveelheid en de daarmee samenhangende toegenomen grondweraanvulling. De afname in chlorideconcentratie en geleidingsvermogen (EC) duidt op een verdunding van het grondwater. Aan de hand van de chlorideconcentraties kunnen we ook een groot deel van de verandering van de nitraatconcentraties verklaren. Hiervoor kunnen we gebruik maken van de nitraat/chloride-verhouding. In *Figuur 4.33* is deze verhouding uitgezet als cumulatieve frequentie per jaar. De verschillen in de verhoudingen tussen de jaren zijn klein ten opzichte van de verschillen in de nitraatconcentraties. De gemiddelde NO_3/Cl -verhouding per jaar varieert van 3,3 (1994) tot 4,3 (1993). De verschillen zijn echter niet significant.



Figuur 4.33 nitraat/chloride-verhouding, cumulatieve frequentieverdeling per jaar voor de periode 1992-1995 [960704-b].

Met behulp van de NO_3/Cl -verhouding kunnen we de gemeten nitraatconcentraties herberekenen om de jaren te kunnen vergelijken. Alleen een globale vergelijking is mogelijk, zie Boumans e.a. (1997). In *Figuur 4.34* zijn de herberekende cumulatieve frequentieverdelingen weergegeven met 1992 als basisjaar. Vergelijken we deze figuur met *Figuur 4.2* dan valt op dat de verschillen tussen de jaren inderdaad aanzienlijk verkleind zijn. Wel blijven de frequentieverdelingen voor 1994 en 1995 beneden die van 1992 en 1993. Dit betekent dat verdunning, afgaande op de chlorideconcentratie, niet de volledige daling van de nitraatconcentratie verklaard. Het verdwijnen van deze extra hoeveelheid stikstof kan verklaard worden door het optreden van extra denitrificatie.



Figuur 4.34 Nitraatconcentratie gecorrigeerd voor verdunning m.b.v. de NO_3/Cl -verhouding 1992, cumulatieve frequentieverdeling per jaar [970822-q].

Extra denitrificatie treed op bij hogere grondwaterstanden. Dit idee wordt toegepast bij de Gt-correctiemethode (Boumans e.a., 1989). Doordat de grondwaterstand stijgt (zie *Figuur 4.21*) komt het grondwater in organische-stofrijkere bodemlagen. Dit wordt bevestigd door de toename van de DOC-concentratie (zie *Tabel 4.19* en *Figuur 4.16*). Hierdoor treedt eerder en langer anaërobie op. Onder anaërobe omstandigheden vindt denitrificatie plaats, waardoor de nitraatconcentratie afneemt. Langere perioden van anaërobie betekenen lagere nitraatconcentraties.

De ammonium- en kaliumconcentratie reageren minder op meer neerslag (zie *Figuur 4.4* en *Figuur 4.10*). Dit wordt veroorzaakt door hun sorptiegedrag. Met name kalium komt niet alleen in oplossing voor, maar ook gebonden aan de bodem. De hoeveelheid in oplossingen en de hoeveelheid gebonden worden bepaald door de bindingseigenschappen van de bodem. Bij meer neerslag zal er in eerste instantie wel verdunning optreden en zal de kaliumconcentratie afnemen. Deze afname wordt deels weer teniet gedaan doordat kalium gedesorbeerd wordt. De desorptie gaat door totdat de verhouding tussen kalium in oplossing en gebonden aan de bodem weer gelijk is aan de oorspronkelijke verhouding.

De toename van de fosfaatconcentratie heeft een ander oorzaak. Fosfaat is relatief immobiel en de concentratie wordt vooral bepaald door de hoeveelheid desorbeerbaar fosfaat in de bodemlaag waarmee het grondwater in contact is. Fosfaat bevindt zich vooral in de bovenste bodemlagen, met de stijging van het grondwater komt dit in fosfaatrijkere lagen en daarmee stijgt de concentratie. Daarnaast zal organisch-fosfaat in oplossing gaan samen met het DOC. Aangezien de DOC concentratie ook afhankelijk is van het organische stofgehalte van de bodem, en dit gehalte hoger is in de bovenste lagen, zien we een gelijktijdige toename van DOC en organisch fosfaat.

5. Het verband tussen bedrijfskarakteristieken en grondwaterkwaliteit

Bij het onderzoek naar het verband tussen mineralenbelasting en grondwaterkwaliteit is gebruik gemaakt van regressie-analyse. De regressie-analyses zijn alleen uitgevoerd op basis van de gegevens van de veehouderijbedrijven. De akkerbouwbedrijven zijn als gevolg van de sterk afwijkende bedrijfsvoering, niet meegenomen in de analyse. Ze hebben namelijk geen grasland en geen vee. Tevens wordt het bouwland zeer divers bebouwd, terwijl bij de veehouderijbedrijven het bouwland grotendeels uit snijmaïs bestaat. Doordat de veehouderijcategorieën elkaar overlappen wat betreft de nutriëntenoverschotten en meerdere bedrijfsvoeringskentallen, worden ze bij de regressie-analyse als één groep geanalyseerd.

In de voorgaande twee rapporten die handelen over het meetnet (Van Swinderen e.a., 1994 en 1996) is al genoemd dat gezien de onderzoekopzet niet verwacht mag worden dat er zeer duidelijke relaties tussen bedrijfsvoering en grondwaterkwaliteit gevonden zullen worden. De voornaamste oorzaken hiervoor zijn:

- eventuele relaties kunnen worden verstoord door factoren die niet direct met de bedrijfsvoering samenhangen, zoals grondsoort en waterhuishouding;
- de relaties zijn gelegd op basis van gegevens van één jaar terwijl de bedrijfsvoering in het verleden ook van invloed zal zijn op de huidige mineralenconcentraties (hiervoor wordt getracht te corrigeren middels de bemestingstoestand);
- het effect van factoren, die slechts op een deel van de oppervlakte betrekking hebben (bijvoorbeeld stikstofgift op maïs) kunnen voor het deel van de oppervlakte waarop ze betrekking hebben grote gevolgen hebben, terwijl de gevolgen op de gemiddelde bedrijfs-mineralenconcentratie minder duidelijk zijn;
- effecten van factoren, waarmee geen rekening gehouden kan worden omdat ze op praktijkbedrijven niet bekend zijn, zoals verdeling van de meststoffen op en over de percelen, de mestsamenstelling, etc.

In een drietal paragrafen worden achtereenvolgens weergegeven: de verklarende variabelen, de relatie tussen de stikstofbelasting en de nitraatconcentratie in het grondwater en de relatie tussen de kaliumbelasting en de kaliumconcentratie in het grondwater. Voor de mineralen ortho- en totaal fosfaat is het onmogelijk gebleken een regressievergelijking met significante coëfficiënten te construeren. Dit is overeenkomstig de verwachting, omdat ten eerste de fosfaatconcentratie in het ondiepe grondwater in sterke mate wordt bepaald door een factor als fosfaatbindendvermogen van de bodem, welke niet beschikbaar is en dus niet in het model kan worden opgenomen. Ten tweede wijken de gemeten fosfaatconcentraties nauwelijks af van de natuurlijke achtergrondconcentraties, zeker in de eerste twee meetjaren (zie hoofdstuk 4). Fosfaat wordt daarom niet verder behandeld in dit hoofdstuk.

5.1 Methode en verklarende variabelen

Allereerst is middels een correlatiematrix een inventarisatie gemaakt van alle enkelvoudige lineaire relaties tussen de grondwaterkwaliteit en de bedrijfsvoeringskengetallen die behandeld zijn in hoofdstuk 3 (zie *Bijlage VI*). Als gevolg van de verwachting dat meerdere variabelen van invloed zullen zijn op de concentraties in het grondwater, is gekozen voor multiple-

regressie-analyse, waarbij de effecten van de verklarende variabelen op de nitraatconcentratie simultaan worden afgeleid. De analyse is uitgevoerd op basis van de veehouderijbedrijven die van 1992 tot en met 1995 bemonsterd zijn. Steeds zijn de gegevens uit het boekjaar voorafgaande aan een bemonstering genomen als verklarende variabelen. Er is gebruik gemaakt van het statistische pakket Genstat. Bij de analyse is de regressievergelijking met de hoogste voor vrijheidsgraden gecorrigeerde R^2 , de R^2_{adj} , is als beste gekozen. Tevens is als eis gesteld dat alle coëfficiënten in de vergelijking significant van nul moeten verschillen.

Er volgt een opsomming van de verklarende variabelen, waarvan verwacht wordt, op basis van voorgaande bevindingen, dat ze bij de regressie-vergelijking een significante bijdrage zullen leveren in de verklaring van de grondwaterkwaliteit. De variabelen die daadwerkelijk een significante bijdrage leveren zijn opgenomen als verklarende variabelen in de regressievergelijking. De variabelen zijn:

- De huidige verliezen van mineralen richting het milieu. In twee voorgaande rapporten (Van Swinderen e.a., 1994 en 1996) is ook al de relatie weergegeven tussen de nitraat- en de kaliumconcentratie in het bovenste grondwater en respectievelijk het N- en K-overschot. Er bleek dat een verhoging van het N-overschot met 1 kg samengaat met een verhoging van de nitraatconcentratie met ongeveer 0,15 mg/l. Bij kalium gaat een verhoging van het overschot van 1 kg samen met een verhoging van de concentratie met ongeveer 0,05 mg/l.

Ook is geprobeerd bij de analyses de mineralenoverschotten te vervangen door de mineralenbelasting, uitgesplitst naar kg stikstof en kalium in weidemest, drijfmest en kunstmest op grasland en drijfmest en kunstmest op maïsland (zie *Tabel 3.2*). De achterliggende gedachte bij het vervangen van de mineralenoverschotten door de mineralenbelasting was de verwachting, dat de uitspoeling zou variëren tussen de diverse mestsoorten en tussen de twee vormen van grondgebruik (gras en maïs). Voor de bepaling van de hoogte van de mineralenbelasting is bij de berekening van de eigen mineralenproductie in organische mest uitgegaan van cijfers van de Werkgroep Uniformering Mest- en Mineralencijfers (zie *Bijlage I*). Deze WUM-cijfers geven de gemiddelde uitscheiding per diercategorie weer, zonder rekening te houden met het produktieniveau en/of de voeding van het dier. Bij een produktieniveau dat boven het gemiddelde ligt en/of bij een hoog mineralengehalte in het voer zal de werkelijke mineralenuitscheiding per dier hoger zijn. Dit is er waarschijnlijk de reden van, dat de mineralenbelasting geen betere verklaring gaf van de verschillen in nitraatconcentratie in het bovenste grondwater dan de mineralenoverschotten. Temeer omdat de mineralenoverschotten, als gevolg van de verplichte mineralenaangifte (MINAS; LNV, 1997), voor een steeds groter deel van de bedrijven bekend zullen zijn, is als verklarende variabele gekozen voor het mineralenoverschot in plaats van de mineralenbelasting. De door het LEI-DLO berekende mineralenoverschotten zijn in tegenstelling tot de overschotten volgens MINAS inclusief atmosferische depositie. Deze depositie bedraagt globaal 50 kg N, 2 kg P_2O_5 en 4 kg K (zie *Bijlage II*).

- De belasting van het milieu met mineralen in het verleden. Naarmate de grond in het verleden zwaarder bemest is, zal deze meer mineralen bevatten, kortom de bemestingstoestand is hoger. De kans dat mineralen uitspoelen zal groter zijn, naarmate de bemestingstoestand hoger is. Van de deelnemende bedrijven zijn de fosfaat- en kaliumtoestand bekend, zoals die zijn bemonsterd door het BLGG (BedrijfsLaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek). Per element (P en K) is per bedrijf bekend, hoe groot het aandeel van de grond is, dat zich in de klassen zeer laag, laag, voldoende, ruim

voldoende en hoog bevindt. Vervolgens zijn voor zowel de fosfaat- als de kaliumtoestand één variabele berekend als één maal het aandeel grond in de klasse zeer laag, plus twee maal het aandeel grond in de klasse laag, enz. De op deze manier gecreëerde variabele geeft dus de gemiddelde bemestingstoestand op het bedrijf weer.

- Aandeel maïsland. Uit de voorgaande rapportages van het Meetprogramma (Van Swinderen e.a., 1994 en 1996) bleek dat de nitraatconcentratie onder maïsland gemiddeld 100 tot 150 mg/l hoger was dan onder grasland. Waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt doordat de grond gedurende een kortere periode bebouwd wordt, in vergelijking met grasland. Gedurende de periode dat er geen gewas staat, worden er geen mineralen aan de bodem onttrokken en kunnen deze uitspoelen. Het aandeel maïsland van de totale voederoppervlakte kan dus een belangrijke verklarende variabele zijn voor de mineralenconcentraties in het grondwater op bedrijfsniveau (mengmonsters). Het aandeel maïsland varieert van nul tot ruim 50%.
- Grondwatertrap. Van alle aan het meetnet deelnemende bedrijven is door het RIVM-LBG het aandeel grond met een bepaalde grondwatertrap bepaald. Vervolgens is het aandeel grond met grondwatertrap I tot en met IV samengevoegd tot het aandeel natte grond, het aandeel grond met grondwatertrap V, V* en VI samengevoegd tot het aandeel normaal en het aandeel grond met grondwatertrap VII, VII* en VIII tot het aandeel droge grond. Een diepe grondwaterstand bleek bij de vorige bemonsteringen (1992 en 1993) samen te gaan met een hoge mineralenconcentratie. Waarschijnlijk is de verklaring hiervoor gelegen in het feit dat op grotere diepten geen denitrificatie plaatsvindt, omdat op grotere diepte minder organische stof aanwezig is.
- Verduunningsfactor. In de twee eerste jaren waarin bemonsterd is (Van Swinderen e.a., 1994 en 1996) waren de gemiddelde mineralenconcentraties nagenoeg gelijk. In 1994 vond een plotselinge daling van de concentraties plaats zie (*Tabel 4.1 en 4.2*), zonder dat de bedrijfsvoering noemenswaardig is veranderd (zie *Tabel 3.1 en 3.2*). De genoemde daling kan voor het grootste deel toegeschreven worden aan een verdunningseffect als gevolg van de extra neerslag voorafgaande aan de bemonstering. Door het RIVM-LBG is een bedrijfsspecifieke en jaarspecifieke verdunningsfactor geconstrueerd, die afhankelijk is van de neerslag en verdamping in het gebied, de datum van bemonstering en de grondwaterstand tijdens de bemonstering. Deze verdunningsfactor die globaal varieert tussen 0,5 in natte jaren en 1,5 in droge jaren zal een goede verklaring vormen voor verschillen in mineralenconcentraties veroorzaakt door verschillen in neerslag. Naast een concentratie effect, als gevolg van verdunning, zal de neerslag waarschijnlijk ook effect hebben op de absolute hoeveelheid mineralen die uitspoelt (Boumans et al, 1997).
- Drainage. Indien grond gedraineerd is, dan kan een horizontale verplaatsing van bodemwater plaatsvinden. Water met mineralen kan op die manier worden afgevoerd naar het oppervlaktewater.

Er bestaan twee theorieën omtrent het effect van drainage op de mineralenconcentraties. De eerste luidt: grond die van nature een grondwatertrap I of II heeft zal met drainage een grondwaterstand vergelijkbaar met grondwatertrap IV, V of VI krijgen. De verwachting is dan dat met name de nitraatconcentratie zal stijgen, omdat het grondwater zich op een grotere diepte bevindt (zie variabele grondwaterstand). De tweede theorie luidt: als gevolg van drainage daalt de grondwaterstand. Indien het betreffende perceel zich in de buurt van een

gebied met een hogere grondwaterstand, of nabij een groot oppervlaktewater bevindt, dan kan kwel optreden. Het grondwater kan dus zowel meer nitraat bevatten, doordat de grondwaterspiegel daalt, als minder nitraat bevatten, door dat bijmenging met kwelwater optreedt.

De mate van drainage is ingeschat met behulp van de vervangingswaarde per ha van de drainage. Deze variabele maakt het mogelijk, de mate van drainage te vergelijken, ongeacht de ouderdom. De variabele is hoog indien een groot deel van de grond gedraineerd is en/of wanneer de drainafstand klein is. Omdat er weinig variatie in grondsoort is (zand of een combinatie met dalgrond), valt te verwachten dat ook de drainafstand weinig varieert. Dit betekent dat het aandeel gedraineerde grond groot is, indien de vervangingswaarde van drainage per ha hoog is. De variabele varieert van nul tot ruim f 1000,- per ha, indien alle grond gedraineerd is. In de vorige rapportage van het meetnet (Van Swinderen e.a., 1996) bleek dat er een negatief verband bestaat tussen de mate van drainage en de kaliumconcentratie in het grondwater.

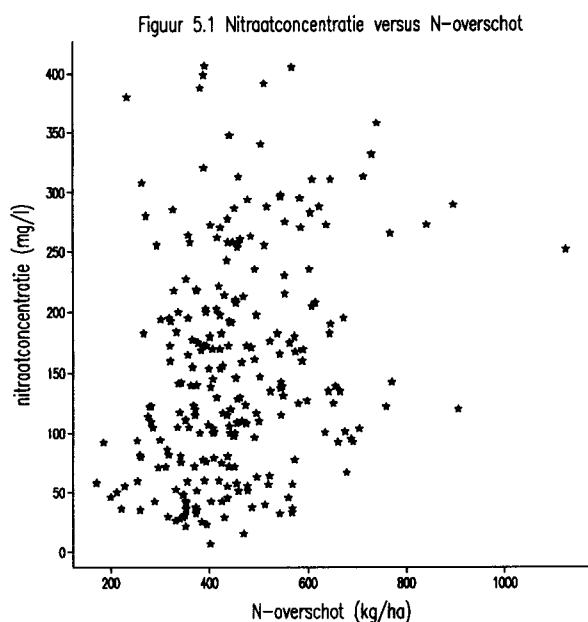
5.2 De relatie tussen stikstofbelasting en nitraatconcentratie

Uit de correlatiematrix in *Bijlage VI* blijkt dat de nitraatconcentratie in het grondwater zeer sterk gecorreleerd is met de verdunningsfactor. Veel neerslag (een lage verdunningsfactor) gaat dus samen met een lage nitraatconcentratie. Daarnaast is er een sterke positieve correlatie met het N-overschot en met de N-belasting. Deze correlaties zijn exact even hoog. De correlatie tussen de nitraatconcentratie en de onderdelen van de N-belasting, weidemest, drijfmest en kunstmest zijn zeer verschillend. Wel valt op dat de correlatie met de N-belasting op bouwland hoger is dan de correlatie met de N-belasting op grasland.

Er is ook een positief verband tussen de nitraatconcentratie en bedrijfsvoeringskengetallen die iets zeggen over de intensiteit, zoals het aantal melkkoeien per ha, het aantal gve-jongvee per ha, het aantal sbe intensieve veehouderij per ha en de fosfaatproduktie per ha. Deze zijn op hun beurt weer sterk gecorreleerd met het N-overschot en de N-belasting.

Als laatste valt de sterke correlatie met de grondwaterstand op. De correlatie tussen de nitraatconcentratie en het aandeel natte grond is negatief, terwijl die met het aandeel droge grond positief is. Ook bestaat er een positieve correlatie tussen het aandeel maïsland (ongeacht de bemesting) en de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater.

In *Figuur 5.1* is de gemeten bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie per jaar afgezet tegen het N-overschot in het boekjaar voorafgaande aan de bemonstering. Op het eerste gezicht is het verband tussen de nitraatconcentratie en het N-overschot niet erg duidelijk. Dit wordt voor een groot deel veroorzaakt door de te verwachten effecten van de variabelen, genoemd in de vorige paragraaf. Daarnaast zal er ook nog een zekere mate van ruis bestaan, omdat de verschillen in nitraatconcentratie nooit voor 100% verklaard kunnen worden. Als gevolg van de verwachting dat meerdere variabelen van invloed zullen zijn op de hoogte van de nitraatconcentratie, is gekozen voor multiple-regressie-analyse, waarbij rekening wordt gehouden met de simultane effecten van de verklarende variabelen.



Figuur 5.1: De gemeten bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie per jaar afgezet tegen het stikstofoverschot van het voorafgaande boekjaar. Een bedrijf dat meerdere malen bemonsterd is in de periode 1992-1995 komt dus meerdere malen voor.

Er is (step-wise) regressie-analyse uitgevoerd met als te verklaren variabele de nitraatconcentratie in het grondwater per bedrijf per jaar en als verklarende variabelen de in paragraaf 5.1 genoemde variabelen. Step-wise houdt in dat steeds één variabele tegelijk aan het model wordt toegevoegd. De analyse start met de variabele met de hoogste significantie en stopt wanneer geen variabelen meer gevonden worden die een significante bijdrage aan het model kunnen leveren.

Gedurende de analyse is voorkomen dat er multicollineariteit zou optreden. Dit gebeurt, indien er twee of meerdere verklarende variabelen worden opgenomen, die onderling sterk gecorreleerd zijn. Indien bijvoorbeeld naast het N-overschot ook de N-belasting zou worden opgenomen, twee sterk gecorreleerde variabelen (zie bijlage III),

dan kan de verklaarde variantie (de R^2) stijgen, omdat beide sterk gecorreleerd zijn met de nitraatconcentratie. De bijbehorende coëfficiënten worden echter nietszeggend.

Tijdens de analyse bleek er sprake te zijn van hetero-scedasticiteit. Dit houdt in, dat naarmate de geschatte nitraatconcentratie toeneemt, ook de variantie van de residuen toeneemt. Als mogelijke oplossing wordt door de statistiek genoemd: het uitvoeren van een log-transformatie van de te verklaren variabele en de verklarende variabelen. Het voordeel van deze log-transformatie is tevens, dat de hoogte van de coëfficiënten direct een indruk geeft van de relatie tussen de te verklaren variabele en de verklarende variabelen. De coëfficiënten geven namelijk aan met hoeveel procent de te verklaren variabele stijgt, indien de verklarende variabele met één procent stijgt.

Tijdens de analyse is gekeken naar het effect van het vervangen van het N-overschot door de N-belasting. Deze vervanging leverde geen significante verbetering van het regressie-model, zelfs wanneer de N-belasting werd uitgesplitst naar mestsoort (kunstmest, drijfmest en weidemest) en/of naar grondgebruik (grasland en maïsland). Zoals eerder al genoemd is, is bij de berekening uitgegaan van een vaste mineralenproductie per diercategorie (zie Bijlage I), terwijl deze in de praktijk sterk afhankelijk zullen zijn van produktieniveau en voeding. Waarschijnlijk verklaart het model met N-belasting de nitraatconcentratie hierdoor niet beter dan het model met het N-overschot. Temeer omdat de mineralenoverschotten, als gevolg van de verplichte mineralaangifte (MINAS; LNV, 1997), voor een steeds groter deel van de bedrijven bekend zullen zijn, is als verklarende variabele gekozen voor het N-overschot in plaats van de N-belasting. De door het LEI-DLO berekende mineralenoverschotten zijn in tegenstelling tot de overschotten volgens MINAS inclusief depositie. De depositie bedraagt globaal 50 kg N (zie bijlage II).

Het als best verklarende regressie-model wordt weergegeven door vergelijking 5.1. De bijbehorende R^2_{adj} , de voor vrijheidsgraden gecorrigeerde R^2 , bedraagt 64,2%. Dit wil zeggen dat ruim 64% van de variantie van de nitraatconcentratie door de vergelijking wordt verklaard. Alle coëfficiënten in de vergelijking leveren een significante bijdrage aan de verklaring van de verschillen in nitraatconcentratie. De uitvoer van Genstat met bijbehorende informatie over de significantie van de afzonderlijke coëfficiënten (t-waardes) wordt weergegeven in bijlage IV.

Vergelijking 5.1: Berekening nitraatconcentratie in bovenste grondwater

$$\ln(\text{nitraat}) = -2,75 + 0,90 * \ln(\text{verdun}) + 0,45 * \ln(\text{N-overschot}) + 0,44 * \ln(\text{P-toest}) + 0,074 * \ln(\text{pcmaïs}) - 0,059 * \ln(\text{nat}) + 0,054 * \ln(\text{droog})$$

Waarin:

nitraat =	bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie van het bovenste grondwater (mg.l ⁻¹)
verdun =	verdunningsfactor * 100
N-overschot =	bedrijfsgemiddeld N-overschot (kg.ha ⁻¹ cultuurgrond), inclusief ongeveer 50 kg depositie (i.t.t. MINAS)
P-toest =	gemiddelde P-bemestingstoestand (1=zeer laag, 2=vrij laag, 3=voldoende, 4=ruim voldoende, 5=hoog)
pcmaïs =	aandeel maïsland van totale voederoppervlakte (%)
nat =	aandeel van de grond met GT I t/m IV (%)
droog =	aandeel van de grond met GT VII, VII* en VIII (%)

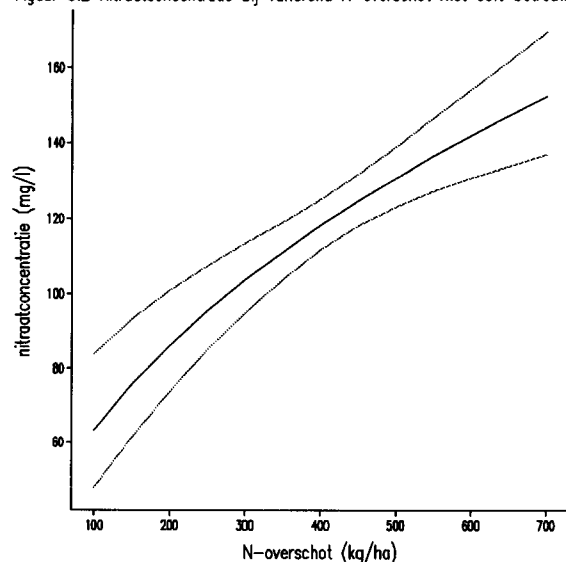
In een aantal opeenvolgende figuren wordt steeds het effect getoond van het variëren van één of twee verklarende variabelen op de nitraatconcentratie in het grondwater. Tenzij anders vermeld zijn alle andere in de formule opgenomen variabelen vastgesteld op het gemiddelde van de getransformeerde (natuurlijke logaritme) waarden (Zie *Tabel 5.1*).

Tabel 5.1 *De gemiddelde waarde van de getransformeerde (natuurlijke logaritme) waarden van de verklarende variabelen en de exponent hiervan*

variabele	waarde in vergelijking gemiddelde (ln(variabele))	waarde na transformatie exp (gemiddelde (ln(variabele)))
N-overschot	6,069	432 (kg.ha ⁻¹)
aandeel maïsland	2,685	14,7 (%)
P-bemestingstoestand	1,295	3,7
verdunningsfactor	4,615	101 (*100)
aandeel natte grond	3,290	26,8 (%)
aandeel droge grond	1,656	5,2 (%)

Figuur 5.2 toont het effect van een variërend N-overschot op de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater volgens *Vergelijking 5.1*. De overige verklarende variabelen zijn op het gemiddelde van de logaritmisch getransformeerde waarden gesteld (zie *Tabel 5.1*). De twee gestippelde lijnen in de figuur geven de grenzen van het 95% betrouwbaarheidsinterval aan. Rond het gemiddelde N-overschot is het 95% betrouwbaarheidsinterval het kleinst en daarmee de betrouwbaarheid van de schatting het grootst. Dit komt doordat het aantal waarnemingen rond het gemiddelde veel groter is, dan aan de uiteinden van de X-as.

Figuur 5.2 Nitraatconcentratie bij variërend N-overschot met 95% betrouwbaarheid



Figuur 5.2: Berekende nitraatconcentratie (Vergelijking 5.1) voor een stikstofoverschot variërend tussen 100 en 700 kg N per ha bij gemiddelde omstandigheden (zie Tabel 5.1)

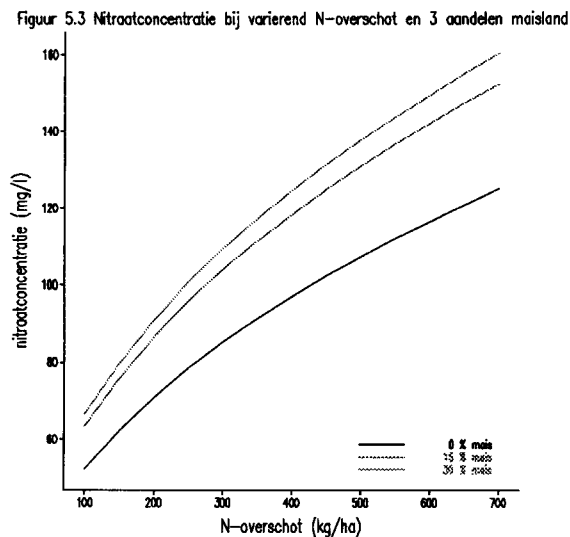
waarnemingen op de praktijkbedrijven is kleiner dan in proefveldonderzoek is gevonden. Uit *Figuur 5.2* kan worden afgeleid dat een daling van het stikstofoverschot met 100 kg.ha⁻¹ onder representatieve omstandigheden leidt tot een daling van de nitraatconcentratie van 12-17 mg.l⁻¹. De daling is sterker bij een lager stikstofoverschot. Op basis van de gevonden relatie is de nitraatconcentratie die gerealiseerd wordt bij de stikstofoverschotnorm voor 2010 (169 kg.ha⁻¹ bij 14% maïsland) 79 mg.l⁻¹; minimaal 65 en maximaal 93 mg.l⁻¹. De bandbreedte is groot omdat het aantal bedrijven in de onderzoeksgroep met een equivalent stikstofoverschot van 250 kg.ha⁻¹ beperkt is. Dit zou tot de conclusie kunnen leiden dat de grenswaarde van 50 mg.l⁻¹ moeilijk te realiseren is. Proefveldonderzoek en onderzoek op voorbeeldbedrijven wijst uit dat een daling van circa 70 mg.l⁻¹ in de nitraatconcentratie kan worden gerealiseerd per 100 kg daling van het stikstofoverschot. Extrapolatie van de praktijkcijfers naar de toekomst, zonder nader onderzoek naar de oorzaak van de verschillen met het proefveldonderzoek, mag dan ook niet plaatsvinden. De praktijkgegevens zijn wel geschikt voor interpolatie, bijvoorbeeld om een ruimtelijk beeld van de huidige situatie weer te geven (zie Boumans en Van Drecht, 1996 en RIVM, 1997).

Figuur 5.3 toont het effect van een variërend N-overschot bij 3 percentages maïsland, 0, 15 en 30% maïsland. Alle overige verklarende variabelen zijn vastgesteld op de waarden in *Tabel 5.1*. Uit de figuur blijkt dat bij eenzelfde N-overschot, de nitraatconcentratie onder maïsland hoger is dan onder grasland. Het verschil in bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie tussen 0% en 30% maïsland bedraagt ongeveer 20 mg.l⁻¹ bij een laag N-overschot en 35 mg.l⁻¹ bij een hoog N-overschot. Dit komt ongeveer overeen met de bevindingen in de voorgaande rapportages van het Meetprogramma (Van Swinderen e.a., 1994 en 1996), waaruit bleek dat de nitraatconcentratie onder maïsland 100 tot 150 mg.l⁻¹ hoger was dan onder grasland.

Uit *Figuur 5.2* blijkt dat bij representatieve omstandigheden, het zelfs bij een zeer laag N-overschot zeer moeilijk zal zijn een nitraatconcentratie van 50 mg.l⁻¹ of lager te halen. Overigens moet wel opgemerkt worden dat bij dit lage N-overschot het betrouwbaarheidsinterval zeer breed is, en daarmee de betrouwbaarheid van de schatting erg laag. Dit is het gevolg van het geringe aantal waarnemingen met een laag N-overschot (zie o.a. *Figuur 5.1*).

In alle volgende figuren wordt het betrouwbaarheidsinterval weggelaten. Het is echter wel belangrijk om in het achterhoofd te houden, dat het 95% betrouwbaarheidsinterval rond de lijnen vrij groot kan zijn.

De daling in de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater bij vermindering van het stikstofoverschot afgeleid uit de



Figuur 5.3: Berekende nitraatconcentratie (Vergelijking 5.1) voor stikstofoverschotten variërend van 100 tot 700 kg per ha en 0 tot 30% maïs. De overige omstandigheden gelijk (zie Tabel 5.1).

De nitraatconcentratie bij 30% maïs is dan nog steeds 10 tot 25 mg.l⁻¹ hoger dan bij 0% maïs. Het positieve effect van maïs op het N-overschot zal voornamelijk berusten op het verlagen van de ammoniakemissie.

Geconcludeerd kan worden dat het telen van maïs een gunstige invloed zal hebben op het N-overschot, mits de bemesting voldoende wordt aangepast aan de lagere N-behoefte van maïs. De verlaging van het N-overschot zal vooral gunstig zijn voor de ammoniakemissie en in veel mindere mate voor de nitraatconcentratie in het grondwater.

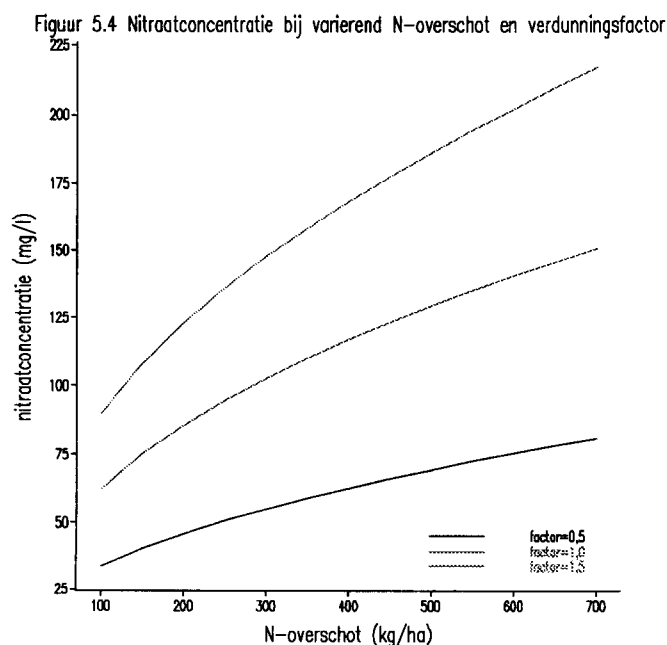
In Tabel 5.2 worden de bedrijven die gedurende 4 jaar geregistreerd en bemonsterd zijn (melkvee extensief en combinatie intensief), ingedeeld in twee groepen naar aandeel maïsland. De groep met veel maïs heeft gemiddeld ruim 30% maïsland tegenover ongeveer 8% maïs in de groep bedrijven met weinig maïs. De groep met veel maïs heeft een lagere melkveebezetting, maar heeft meer intensieve veehouderij per ha. Uitgedrukt in fosfaatproductie per ha is de groep met veel maïs iets extensiever dan de groep met weinig maïs. De N-belasting is het laagst op de bedrijven met veel maïs, en daarmee ook het N-overschot. Redenerend vanuit bemestingsadviezen zou het verschil echter veel groter moeten zijn. Voor grasland geldt namelijk een bemestingsadvies van 400 kg.ha⁻¹, terwijl het advies voor maïs rond de 200 kg.ha⁻¹ ligt. Op de bedrijven met veel maïs wordt dus relatief veel bemest. De N-belasting en daarmee het N-overschot zijn op deze bedrijven wel licht dalende in tegenstelling tot die op de bedrijven met weinig maïs. Alleen in de laatste twee jaar is de nitraatconcentratie iets lager op de bedrijven met veel maïs. Dit verschil is echter zeer klein.

Uit het voorgaande kan al te gemakkelijk de conclusie getrokken worden dat maïs een ‘vervuilend’ gewas is. In *Figuur 5.3* wordt het effect van meer of minder maïs getoond bij hetzelfde N-overschot. Het telen van maïs wordt echter gepropagandeerd als middel om het N-overschot te verlagen. Maïs heeft namelijk een lagere stikstofbehoefte dan grasland en als eiwitarm (lees stikstofarm) voedermiddel past het uitstekend in een rantsoen met zeer eiwitrijke (lees stikstofrijke) graslandprodukten. Uit onderzoek door LEI-DLO (niet gepubliceerd) blijkt dat een stijging van het aandeel maïsland met 10% gemiddeld leidt tot een daling van het N-overschot met 10 tot 15 kg.ha⁻¹ (jaarsafhankelijk). Bij 30% is dit dus 30 tot 45 kg.ha⁻¹. Bij het vergelijken van de lijn ‘30% maïs’ met de lijn ‘0% maïs’ zou de lijn ‘0% maïs’ dus bij een 30 tot 45 kg hoger N-overschot afgelezen moeten worden.

Tabel 5.2 *Het verloop van de intensiteit, N-belasting, N-overschot en nitraatconcentratie van veehouderijbedrijven die gedurende 4 jaar bemonsterd en geregistreerd zijn, ingedeeld in twee groepen naar aandeel maïsland*

kengetal	1991/'92	1992/'93	1993/'94	1994/'95
<u>Weinig maïs (< 20%)</u>				
bouwland (%)	8,3	7,4	8,8	9,0
intensieve veehouderij (sbe perha)	1,02	1,03	0,94	0,99
melkkoeien per ha	2,13	2,17	2,12	2,11
fosfaatproductie (kg/ha)	168	173	181	172
N-belasting (kg.ha ⁻¹ cultuurgrond)	650	670	744	657
N-overschot (kg.ha ⁻¹ cultuurgrond)	436	463	505	455
nitraatconcentratie (mg.l ⁻¹)	170	164	91	87
<u>Veel maïs (>= 20%)</u>				
bouwland (%)	32,5	33,0	31,6	33,3
intensieve veehouderij (sbe perha)	1,17	1,17	1,29	1,15
melkkoeien per ha	1,62	1,63	1,57	1,58
fosfaatproductie (kg.ha ⁻¹)	157	155	173	160
N-belasting (kg.ha ⁻¹ cultuurgrond)	644	599	630	590
N-overschot (kg.ha ⁻¹ cultuurgrond)	431	416	421	394
nitraatconcentratie (mg.l ⁻¹)	233	204	88	84

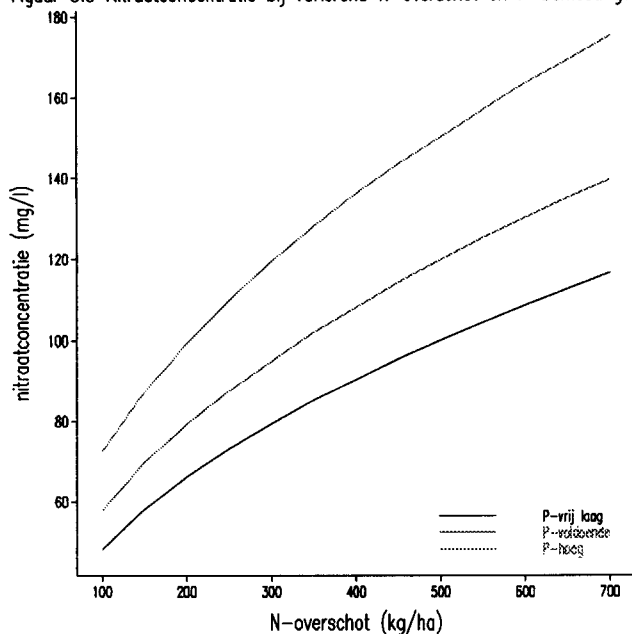
Bron: LEI-Bedrijven Informatienet



Figuur 5.4: *Berekende nitraatconcentratie (Vergelijking 5.1) voor stikstofoverschotten variërend van 100 tot 700 kg per ha en een verdunningfactor van respectievelijk 0,5, 1,0 en 1,5. De overige omstandigheden gelijk (zie Tabel 5.1).*

Figuur 5.4 toont het effect van de neerslaghoeveelheid voorafgaande aan de bemonstering, uitgedrukt in de verdunningsfactor. Deze verdunningsfactor varieert van 0,5 in natte jaren tot 1,5 in droge jaren. De overige verklarende variabelen zijn op het gemiddelde gesteld (zie Tabel 5.1). Uit de figuur blijkt dat nitraatconcentratie in een droog jaar 75 tot 125 mg.l⁻¹ hoger is dan in een nat jaar. Bij een hoog N-overschot is dit verdunningseffect het grootst. Uit de gegevens in hoofdstuk 4 bleek ook al dat het verschil in nitraatconcentratie tussen de jaren erg groot is, hetgeen grotendeels is toe te schrijven aan het effect van de neerslaghoeveelheid in de afzonderlijke jaren.

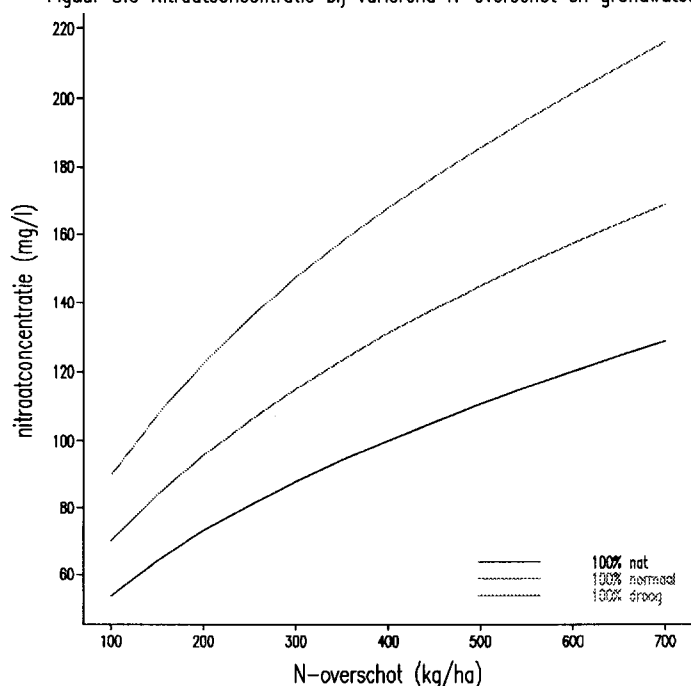
Figuur 5.5 Nitraatconcentratie bij variërend N-overschot en P-bemestingstoestand



Figuur 5.5: Berekende nitraatconcentratie (Vergelijking 5.1) voor stikstofoverschotten variërend van 100 tot 700 kg per ha en een lage, voldoende en hoge fosfaattoestand van de bodem. De overige omstandigheden gelijk (zie Tabel 5.1).

Figuur 5.5 toont het effect van een variërend N-overschot bij drie P-bemestingstoestanden. De overige verklarende variabelen zijn op het gemiddelde gesteld (zie Tabel 5.1). De achterliggende gedachte bij het opnemen van de bemestingstoestand als verklarende variabele is, dat er een sterke samenhang zal bestaan tussen bemestingstoestand en de mate waarin in het verleden bemest is. Uit de figuur blijkt dat de nitraatconcentratie bij P-bemestingstoestand 'vrij laag' 35 tot 55 mg.l⁻¹ lager is dan bij P-bemestingstoestand 'hoog'.

Figuur 5.6 Nitraatconcentratie bij variërend N-overschot en grondwatertrap

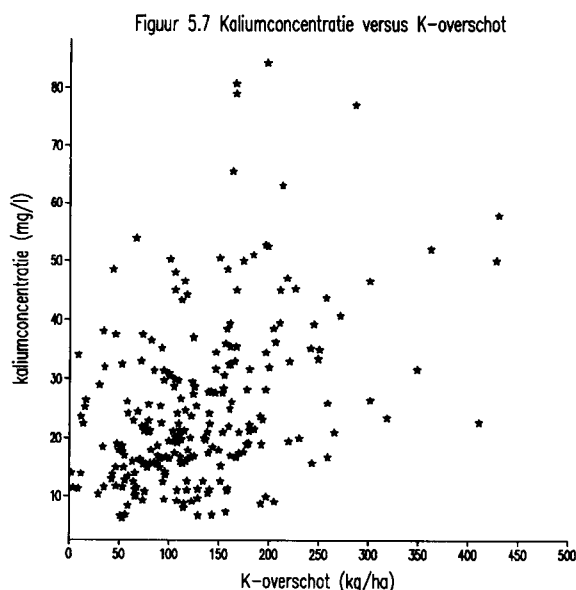


Figuur 5.6: Berekende nitraatconcentratie (Vergelijking 5.1) voor stikstofoverschotten variërend van 100 tot 700 kg per ha bij natte, normale en droge gronden. De overige omstandigheden gelijk (zie Tabel 5.1).

In Figuur 5.6 wordt een beeld geschetst van het effect van de grondwatertrap op de nitraatconcentratie in het grondwater bij een variërend N-overschot. De overige verklarende variabelen zijn op het gemiddelde gesteld (zie Tabel 5.1). Er blijkt dat de nitraatconcentratie op droge gronden (VII, VII* en VIII) 50 tot 80 mg.l⁻¹ hoger is dan op natte gronden (GT I t/m IV). Dit verschil is groter naarmate het N-overschot hoger is.

5.3 De relatie tussen kaliumbelasting en kaliumconcentratie

In *Figuur 5.7* is de kaliumconcentratie in het grondwater afgezet tegen het K-overschot. Net als bij de nitraatconcentratie in *Figuur 5.1* is ook hier geen duidelijk relatie tussen concentratie en overschot. Dit komt omdat ook andere verklarende variabelen mede de hoogte van de concentratie bepalen. Dit geeft aan dat bij de analyse de relatie met de verklarende variabelen simultaan geschat moeten worden, in dit geval via multiple-regressie-analyse. Daarnaast zal er een zekere mate van ruis bestaan als gevolg van onbekende oorzaken.



Figuur 5.7: De gemeten bedrijfsgemiddelde kaliumconcentratie per jaar afgezet tegen het kaliumoverschot van het voorafgaande boekjaar. Een bedrijf dat meerdere malen bemonsterd is in de periode 1992-1995 komt dus meerdere malen voor

dat de correlatie met de K-belasting op bouwland hoger is dan de correlatie met de K-belasting op grasland. Deze laatste is nagenoeg nul.

Een duidelijk positief verband bestaat er tussen de kaliumconcentratie en de kengetallen die iets zeggen over de intensiteit van de bedrijfsvoering, zoals het aantal melkkoeien per ha, het aantal gve-jongvee per ha, het aantal sbe intensieve veehouderij per ha en de fosfaatproduktie per ha. Deze zijn op hun beurt weer sterk gecorreleerd met het K-overschot en de K-belasting.

In tegenstelling tot bij nitraat is bij kalium geen duidelijk verband gevonden met de hoogte van de grondwaterstand. Bij nitraat geldt de theorie dat op grotere diepten minder denitrificatie optreedt, omdat op grotere diepten minder organische stof aanwezig is. Bij kalium spelen dergelijke reacties geen rol.

Er is (step-wise) regressie-analyse uitgevoerd met als te verklaren variabele de kaliumconcentratie in het grondwater per bedrijf per jaar en als verklarende variabelen de in §5.1 genoemde variabelen. Step-wise houdt in dat steeds één variabele tegelijk aan het model wordt toegevoegd. De analyse start met de variabele met de hoogste significantie en stopt

Om een eerste indruk te krijgen van variabelen die mogelijk een verklaring kunnen vormen voor de verschillen in de kaliumconcentratie is in bijlage VI een correlatiematrix weergegeven. Deze correlatiematrix toont een aantal interessante verbanden tussen de kaliumconcentratie en een aantal bedrijfsvoeringskengetallen die in hoofdstuk drie zijn behandeld. In tegenstelling tot bij nitraat, is bij kalium de relatie met de neerslag (verduunningsfactor) minder sterk aanwezig. Wel is deze positief. Veel neerslag (een lage verduunningsfactor) gaat dus samen met een lage kaliumconcentratie.

Er is ook een positieve correlatie gevonden met zowel het K-overschot als met de K-belasting. Deze correlaties zijn bijna even hoog. De correlatie tussen de kaliumconcentratie en de onderdelen van de K-belasting, weidemest, drijfmest en kunstmest zijn zeer verschillend. Wel valt op

wanneer geen variabelen meer gevonden worden die een significante bijdrage aan het model kunnen leveren.

Gedurende de analyse is voorkomen dat er multicollineariteit zou optreden. Dit gebeurt, indien er twee of meerdere verklarende variabelen worden opgenomen, die onderling sterk gecorreleerd zijn. Indien bijvoorbeeld naast het K-overschot ook de K-belasting zou worden opgenomen, twee sterk gecorreleerde variabelen (zie *Bijlage V*), dan kan de verklaarde variantie (de R^2) stijgen, omdat beide sterk gecorreleerd zijn met de kaliumconcentratie. De bijbehorende coëfficiënten worden echter nietszeggend.

In tegenstelling tot bij nitraat was er bij de analyse van de kaliumconcentratie geen sprake van heteroscedasticiteit (toename van de variantie bij toename van de geschatte kaliumconcentratie). Het was dus niet noodzakelijk om log-transformatie op de variabelen toe te passen alvorens de analyse te starten.

Tijdens de analyse is gekeken naar het effect van het vervangen van het K-overschot door de K-belasting. Het percentage verklaarde variantie, de R^2 , steeg hierbij enigszins (minder dan 1%). Dat het effect niet erg groot zou zijn was ook al te verwachten, gezien de vrijwel even grote correlaties van het overschot en de belasting met de concentratie. Er is gekozen om het K-overschot te handhaven, mede door de uniformiteit met de vergelijking van de nitraatconcentratie.

De P-bemestingstoestand bleek bij de analyse een betere verklarende variabele dan de K-bemestingstoestand. Gezien de te verklaren variabele, de kaliumconcentratie, lijkt dit vreemd. Ook in de correlatiematrix in bijlage III heeft de P-toestand een hogere correlatie met de kaliumconcentratie dan de K-toestand. Bij het vervangen van de P- door de K-toestand daalt de R^2 met ruim 2%. De P- en/of K-toestand zijn als mogelijke verklarende variabele meegenomen, in de veronderstelling dat deze variabelen een verband zouden hebben met de bemesting en dus met de mineralenbelasting in het verleden. Volgens A.H.J. van der Putten (AB-DLO) vormt de P-toestand een betere maat voor de bemesting in het verleden, omdat fosfaat minder mobiel is. Dit is de reden dat is gekozen voor de P-toestand als verklarende variabele.

Er is tevens gekeken naar mogelijke interacties tussen de verklarende variabelen, omdat verwacht werd dat de neerslag niet alleen een verdunningseffect zal hebben, maar ook mede de hoeveelheid uitgespoelde mineralen bepaald. Volgens deze theorie zouden dus interacties kunnen bestaan tussen de verdunningsfactor en de overige verklarende variabelen. Deze interacties konden niet significant worden aangetoond.

Het uiteindelijk gekozen regressie-model wordt weergegeven door *vergelijking 5.2* De bijbehorende R^2_{adj} , de voor vrijheidsgraden gecorrigeerde R^2 bedraagt 24%. Dit wil zeggen dat 24% van de variantie door het model verklaard wordt. De uitvoer van Genstat met bijbehorende informatie over de significantie van de coëfficiënten wordt weergegeven in bijlage V. Hieruit blijkt dat als enige de coëfficiënt bij de verdunningsfactor niet significant van nul afwijkt. De variabele is toch opgenomen, omdat op dit moment de verdunningsfactor de best mogelijke verklaring geeft voor verschillen tussen de jaren. De verdunningsfactor is door het RIVM geconstrueerd, om verschillen in nitraatconcentratie tussen jaren beter te kunnen verklaren. Het is dus niet vreemd dat deze factor de verschillen in kaliumconcentratie minder goed verklaart dan de verschillen in nitraatconcentratie.

vergelijking 5.2: *Berekening kaliumconcentratie in bovenste grondwater*

$$\text{kalium} = 11,9 + 0,022 * \text{verdun} + 0,053 * \text{K-overschot} + 2,06 * \text{P-toestand} + 0,12 * \text{pcmaïs} - 0,0036 * \text{drainage} - 0,031 * \text{maaipercentage}$$

Waarin:

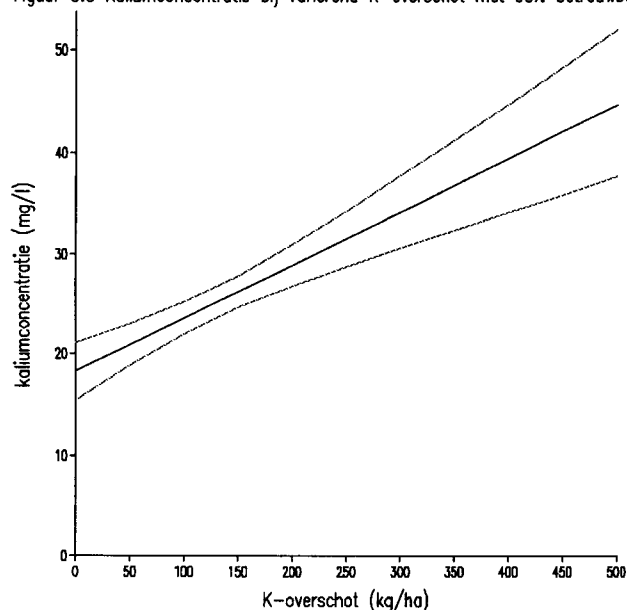
- kalium = bedrijfsgemiddelde kaliumconcentratie in het bovenste grondwater (mg/l)
- verdun = verdunningsfactor * 100
- K-overschot = bedrijfsgemiddelde K-overschot (kg.ha⁻¹)
- P-toestand = gemiddelde P-bemestingstoestand (1=zeer laag, 2=vrij laag, 3=voldoende, 4=ruim voldoende 5=hoog)
- pcmaïs = aandeel maïsland van de totale voederoppervlakte (%)
- drainage = vervangingswaarde van de drainage in guldens per ha (volledig gedraïneerd komt ongeveer overeen met f 1000 per ha)
- maaipercentage = totaal voor voederwinning gemaaide oppervlakte als percentage van het aantal hectares grasland (%)

In een aantal opeenvolgende figuren wordt steeds het effect getoond van het variëren van één of twee verklarende variabelen op de kaliumconcentratie in het grondwater. Tenzij anders vermeld zijn alle andere in de formule opgenomen variabelen vastgesteld op het gemiddelde. De gemiddelde waarden van de verklarende variabelen staan vermeld in *Tabel 5.3*.

Tabel 5.3 De gemiddelde waarde van de verklarende variabelen

variabele	gemiddelde waarde
verdunningsfactor * 100	114
P-toestand	3,8
aandeel maïsland (%)	21
vervangingswaarde drainage (f per ha)	207
maaipercentage (%)	190

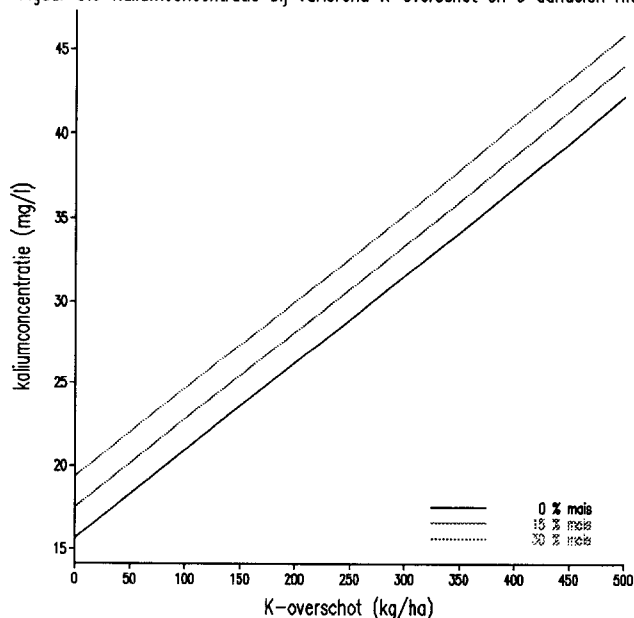
Figuur 5.8 Kaliumconcentratie bij variërend K-overschot met 95% betrouwbaarheid



Figuur 5.8: Berekende kaliumconcentratie (vergelijking 5.2) voor een kaliumoverschot variërend tussen 0 en 500 kg N per ha bij gemiddelde omstandigheden (zie Tabel 5.3)

Figuur 5.8 toont het effect van een variërend K-overschot op de kaliumconcentratie in het bovenste grondwater volgens *vergelijking 5.2*. De overige verklarende variabelen zijn op het gemiddelde gesteld (zie *Tabel 5.3*). De twee gestippelde lijnen in de figuur geven de grenzen van het 95% betrouwbaarheidsinterval aan. Rond het gemiddelde N-overschot is het 95% betrouwbaarheidsinterval het kleinst en daarmee de betrouwbaarheid van de schatting het grootst. Dit komt doordat het aantal waarnemingen rond het gemiddelde veel groter is, dan aan de uiteinden van de X-as. Opmerkelijk is ook de relatief hoge concentratie bij een K-overschot van nul kg.

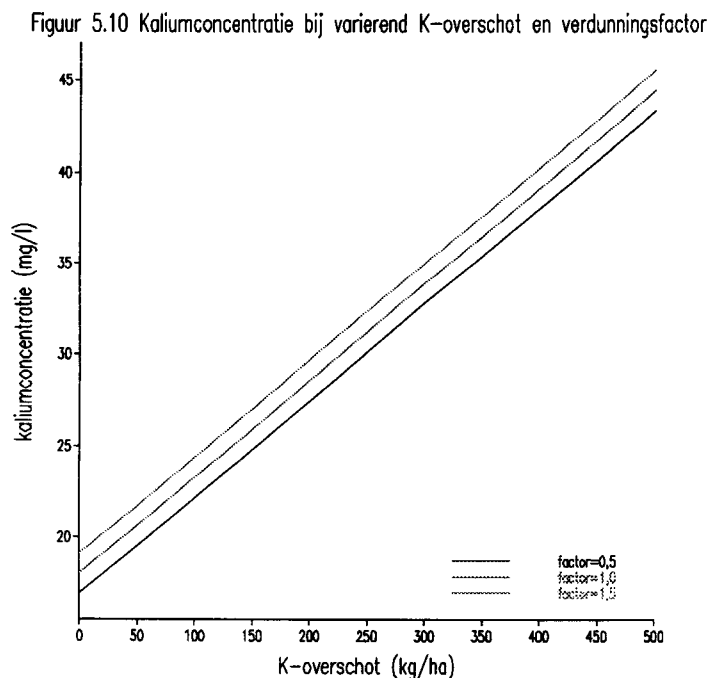
Figuur 5.9 Kaliumconcentratie bij variërend K-overschot en 3 aandelen maïsland



Figuur 5.9: Berekende kaliumconcentratie (vergelijking 5.2) voor een kaliumoverschot variërend tussen 0 en 500 kg K per ha en een aandeel maïs van respectievelijk 0, 15 en 30%. Overige omstandigheden gelijk (zie Tabel 5.3)

Figuur 5.9 toont het effect van een variërend K-overschot en een variërend aandeel maïsland op de kaliumconcentratie in het bovenste grondwater. Alle overige verklarende variabelen in *vergelijking 5.2* zijn op het gemiddelde (zie *Tabel 5.3*) gesteld. Zoals ook rechtstreeks uit *vergelijking 5.2* valt af te leiden, leidt een stijging van het K-overschot met 100 kg/ha tot een stijging van de kaliumconcentratie met 5,3 mg.l⁻¹. Een stijging van het aandeel maïsland met 10% gaat samen met een stijging van de kaliumconcentratie met 1,24 mg.l⁻¹. Maïsland is voor een groot deel van het jaar onbebouwd, zodat mineralen een grotere kans maken uit te spoelen. Dit is een plausibele verklaring voor de hogere mineralenconcentraties die worden gevonden onder maïsland.

Zoals uit de correlatiematrix in bijlage III al bleek is de correlatie tussen kaliumconcentratie en



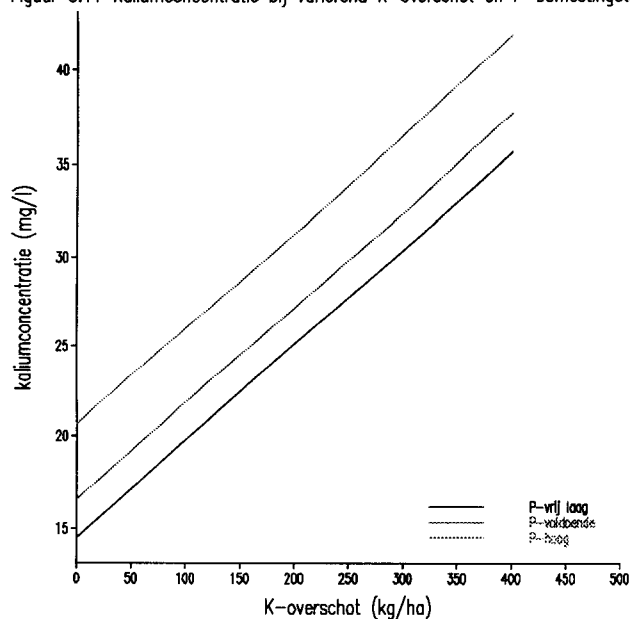
Figuur 5.10: Berekende kaliumconcentratie (vergelijking 5.2) voor een kaliumoverschot variërend tussen 0 en 500 kg K per ha en een verdunningsfactor van respectievelijk 0,5, 1,0 en 1,5. Overige omstandigheden gelijk (zie Tabel 5.3)

1,5 in zeer droge jaren. Uit de figuur blijkt (zie ook vergelijking 5.2), dat de kaliumconcentratie in een droog jaar ruim 2 mg/l hoger is dan in een nat jaar.

verdunningsfactor minder duidelijk dan die tussen de nitraatconcentratie en de verdunningsfactor. Kalium gedraagt zich in de grond weliswaar meer als nitraat dan als het immobiele fosfaat. Toch is er wel een verschil (zie paragraaf 4.5), omdat kalium positief geladen is en nitraat negatief. De verdunningsfactor, de variabele die als neerslagcorrectie moet dienen, is geconstrueerd met als doel het corrigeren van de nitraatconcentratie. Het is daarom mogelijk dat de verdunningsfactor voor de kaliumconcentratie minder geschikt is.

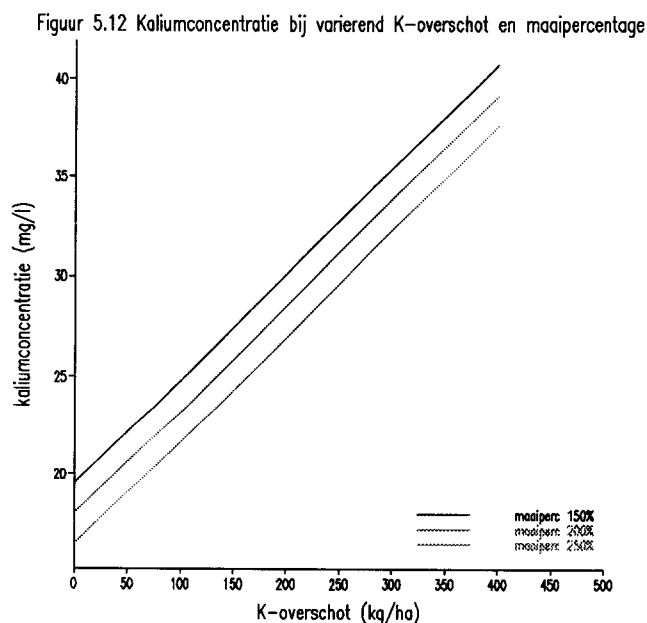
Figuur 5.10 toont het effect van een variërend K-overschot en een variërende verdunningsfactor op de kaliumconcentratie in het grondwater. De verdunningsfactor varieert van 0,5 in natte jaren tot

Figuur 5.11 Kaliumconcentratie bij variërend K-overschot en P-bemestingstoestand



Zoals eerder in deze paragraaf al vermeld is, wordt aangenomen dat de bemesting in het verleden beter door de P-bemestingstoestand wordt gerepresenteerd dan door de K-bemestingstoestand. In *Figuur 5.11* wordt het effect getoond van een variërend K-overschot bij drie gemiddelde bemestingstoestanden; 'vrij laag' (2), 'voldoende' (3) en 'hoog' (5). De toestand 'zeer laag' komt als gemiddelde niet voor. Er blijkt dat de kaliumconcentratie op gronden met een 'hoge' bemestingstoestand ruim 6 mg.l^{-1} hoger is dan op gronden met een 'vrij lage' bemestingstoestand.

Figuur 5.11: Berekende kaliumconcentratie (vergelijking 5.2) voor een kaliumoverschot variërend tussen 0 en 500 kg K per ha en een lage, voldoende en hoge fosfaattoestand van de bodem. Overige omstandigheden gelijk (zie Tabel 5.3)

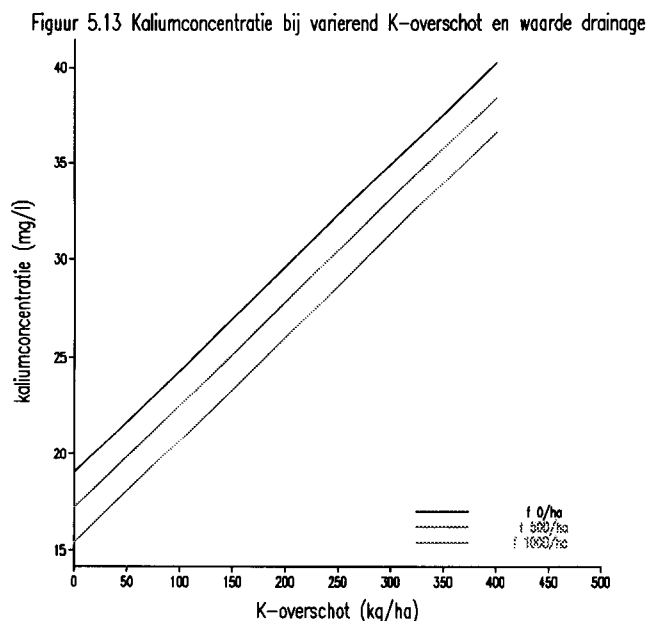


Figuur 5.12: Berekende kaliumconcentratie (vergelijking 5.2) voor een kaliumoverschot variërend tussen 0 en 500 kg K per ha en een maaipercentage van respectievelijk 150, 200 en 250%. Overige omstandigheden gelijk (zie Tabel 5.3)

Figuur 5.12 toon het effect van een variërend kaliumoverschot en maaipercentage op de kaliumconcentratie in het bovenste grondwater. Het maaipercentage geeft aan hoe vaak een gemiddeld perceel gemaaid is voor voederwinning (niet voor zomerstalvoederdering). Dit percentage is hoger naarmate naarmate de graslandopbrengst hoger is en/of de veebezetting lager is en/of naarmate de snede minder zwaar is. In het eerste geval kunnen er meerdere snedes geoogst worden. In het tweede geval wordt een relatief groter deel van het gewas gemaaid en afgevoerd. In het derde geval wordt een jonger, meestal mineraalrijker gewas afgevoerd. Alle drie mogelijkheden leiden tot een grotere afvoer van mineralen, waarbij het effect van de eerste waarschijnlijk groter zal zijn dan van de laatste. Uit de figuur blijkt dat de

kaliumconcentratie bij een maaipercentage van 250% ruim 3 mg.l^{-1} lager is dan bij een maaipercentage van 150%. Overigens moet het maaipercentage niet gezien worden als

managementsfactor om de kaliumconcentratie te verlagen. Maaien terwijl er slechts weinig gras staat heeft zal geen effect hebben. Het maaipcentage moet hier dan ook worden beschouwd als een resultaat van de gewasgroei.



Figuur 5.13: Berekende kaliumconcentratie (vergelijking 5.2) voor een kaliumoverschot variërend tussen 0 en 500 kg K per ha en een drainage-waarde van respectievelijk 0,550 en 1000 gulden per ha. Overige omstandigheden gelijk (zie Tabel 5.3)

Ook in het vorige rapport over het meetnet (Van Swinderen e.a., 1996) is een relatie geconstateerd tussen de mate waarin de grond gedraineerd is en de kaliumconcentratie. In dat rapport en in paragraaf 5.1 wordt aangegeven dat het gunstige effect van drainage in sommige gevallen te wijten kan zijn aan het optreden van kwel, waardoor de kaliumconcentratie kan afnemen. In *vergelijking 5.2* wordt de mate waarin gedraineerd is weergegeven door de variabele 'vervangingswaarde drainage in gulden/ha'. Deze variabele varieert van f 0,- tot f 1000,- per ha, respectievelijk niet tot volledig gedraineerd. *Figuur 5.13* toont het effect van een variërend K-overschot en een variërende vervangingswaarde van de drainage. Er blijkt dat de kaliumconcentratie op gronden die volledig gedraineerd zijn 3,5 mg.l⁻¹ lager is dan op gronden die niet gedraineerd zijn.

6. Conclusies

6.1 De bedrijfsvoering

De belasting van de bodem met mineralen en het mineralenoverschot op de bezochte bedrijven is in de periode 1992-1995 nauwelijks veranderd. De hoeveelheid stikstof uit kunstmest op gras daalt niet, ondanks een stijging van het aandeel emissie-arme aangewende mest van 10-35% gemiddeld per categorie in het boekjaar 1991/'92 tot 60-80% in 1994/'95.

De stijging van het gemiddeld bedrijfsoppervlak is gepaard gegaan met een uitbreiding van het melkquotum. Het aankopen van grond om te extensiveren wordt waarschijnlijk bij de huidige hoge grondprijzen niet als optie gezien om de mestafzet kosten te verlagen.

6.2 De grondwaterkwaliteit

Er is een duidelijk verschil in de kwaliteit van het bovenste grondwater tussen de eerste twee meetjaren - 1992 en 1993 - en de laatste twee meetjaren - 1994 en 1995. De nitraat- en chlorideconcentratie halveren, de kalium- en ammoniumconcentratie dalen licht (circa 20%), en de fosfaatconcentratie verviervoudigt. Het betreft bij fosfaat vooral een toename van de hoeveelheid organisch-fosfaat in het grondwater. Ook de concentratie van opgeloste organische stof (DOC) neemt toe (circa 35%). De zuurgraad (pH) van het grondwater veranderen niet in de meetperiode. Het elektrisch geleidingsvermogen (EC) daalt met circa 30%.

De verandering van de kwaliteit van de bovenste meter van het grondwater wordt veroorzaakt door verdunningseffecten en grondwaterstandsveranderingen als gevolg van toename in neerslaghoeveelheid. Hiervoor kan gecorrigeerd worden.

De gemiddelde, voor weersinvloeden gecorrigeerde, nitraatconcentratie in de bovenste meter van het grondwater onder landbouwbedrijven in het zandgebied in de periode 1992-1995 is 158 mg.l^{-1} . Dit is ruim driemaal zo hoog als de grenswaarde van 50 mg.l^{-1} . Deze grenswaarde wordt op 95% van de bedrijven in het zandgebied overschreden.

De nitraatconcentraties in het grondwater onder de extensievere bedrijven (akkerbouw en extensieve melkveehouderij) zijn lager dan onder de intensievere bedrijven (vee combinatie bedrijven en intensieve melkveehouderij). Waarbij de nitraatconcentratie in het grondwater onder de melkvee intensief en combinatie intensief bedrijven hoger is dan onder combinatie extensief bedrijven.

De gemiddelde ammoniumconcentratie is $0,89 \text{ mg.l}^{-1}$, en is daarmee duidelijk lager dan de streefwaarde van $2,57 \text{ mg.l}^{-1}$ (= $2,0 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NH}_4\text{-N}$). Op circa 10% van de bedrijven wordt deze streefwaarde overschreden.

De gemiddelde totaal-fosfaatconcentratie in de periode 1992-1995 bedraagt $0,21 \text{ mg.l}^{-1}$, de helft van de streefwaarde voor grondwater van $0,40 \text{ mg.l}^{-1}$. De streefwaarde wordt op 8% van de bedrijven overschreden. De fosfaatconcentratie is op 66% van de bedrijven hoger dan de grenswaarde voor totaal-fosfaat in oppervlaktewater van $0,15 \text{ mg.l}^{-1}$. De fosfaatconcentratie in

het grondwater is geen goede parameter voor het monitoren van beleid, omdat de tijd tussen het moment dat de bodembelasting plaatsvindt en het effect op de grondwaterkwaliteit gemeten kan worden te lang is. Het grote tijdsverschil tussen actie en reactie wordt veroorzaakt door de bufferende werking van de bodem. De fosfaatverzadigingsgraad - de mate waarin de buffercapaciteit van de bodem voor fosfaat is opgebruikt - of een andere bodemvoorraadparameter is mogelijk geschikter voor het monitoren van beleidseffecten.

Het aandeel organische-fosfaat van het in het grondwater aanwezig fosfaat is hoger dan in het algemeen wordt aangenomen. De Technische Commissie Bodembescherming ging in haar advies over het protocol fosfaatverzadigde gronden uit 33% organisch-fosfaat. In 1992/'93 varieerden de categoriegemiddelde percentage tussen de 60 en 85%. In 1994/'95, in een situatie met hogere grondwaterstanden, nam dit percentage toe tot 89 - 94%.

De grondwaterstand op moment van bemonsteren nam gemiddelde toe met 65 cm, van 149 cm -mv in 1992 tot 84 cm -mv in 1995. Oorzaken zijn de toename in de neerslag en het vroegere tijdstip van bemonsteren. Inschat wordt dat een kwart tot eenderde van de stijging van de grondwaterstand wordt veroorzaakt door het effect van het vroegere tijdstip van bemonsteren.

De conclusies t.a.v. de gemeten daling van de gemiddelde nitraatconcentratie in de periode 1992 - 1995 zijn dat:

1. De waargenomen daling in de nitraatconcentratie kan niet verklaard worden door een daling van de stikstofgift. Er zijn geen aanwijzingen voor een daling van de stikstofgift in de periode 1991/'92 - 1994/'95.
2. De waargenomen daling van de nitraatconcentratie, in het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven in het zandgebied in de periode 1992 - 1995, kan worden verklaard door de toegenomen neerslag en de daarmee toegenomen grondwateraanvulling en verdunning.
3. De gemeten nitraatconcentratie in 1995 is mogelijk 5-10% lager, doordat eerder in het jaar is bemonsterd dan in de jaren 1992 en '93. Dit betekent dat de daling in de periode 1992 - 1995 niet 93 mg.l⁻¹ bedraagt, maar 85 mg.l⁻¹. Vooralsnog is er geen reden om aan te nemen dat er een systematische toe- of afname van de nitraatconcentratie is binnen een jaar, c.q. binnen de bemonsteringsperiode binnen een jaar.
4. Een deel van de daling van de nitraatconcentratie kan veroorzaakt worden door een toename van de denitrificatie, als gevolg van langere perioden van anaerobie bij hogere grondwaterstanden.
5. De variatie in de nitraatconcentratie binnen een jaar en tussen jaren verdwijnt als rekening wordt gehouden met verdunningseffecten en grondwaterstandschommelingen.

De conclusies t.a.v. de veranderingen van de gemiddelde concentraties van andere stoffen zijn:

1. De fosfaat- en DOC-concentratie nemen toe als gevolg van een hogere grondwaterstand in de periode voorafgaande aan de bemonstering. De concentratie wordt bepaald door de hoeveelheid die aan de bodem gebonden zit. Boven in het profiel is zowel het organische-stofgehalte van de bodem hoger, als de hoeveelheid ortho-fosfaat gebonden aan de bodem en organisch-fosfaat in de organische-stof. De daling van de grondwaterstand binnen een periode van ongeveer 4 maanden heeft (in 1994) geen duidelijke invloed op de fosfaatconcentratie.
2. De ammonium- en kaliumconcentratie dalen slechts licht ten opzichte van de chlorideconcentratie, omdat beide in evenwicht verkeren met de aan de bodemgebonden

kalium- en ammoniumionen. Daarnaast wordt de ammoniumconcentratie in het bovenste grondwater vooral bepaald door de nitrificatiesnelheid. Ook binnen een jaar zijn geen duidelijke veranderingen waargenomen.

6.3 Bedrijfsvoering en grondwaterkwaliteit

De nitraatconcentratie in het grondwater op de bemonsterde veehouderijbedrijven kan verklaard worden met het huidige bemestingsniveau (stikstofoverschot), de bemestingshistorie (bedrijfsgemiddelde fosfaattoestand van de bodem) en het gewastype (aandeel maïsland van het totale bedrijfsoppervlak), naast niet door de boer te beïnvloeden factoren als het weer (verduunningsfactor) en de buffercapaciteit van de bodem (gemiddelde jaarlijkse verloop van de grondwaterstand, c.q. Gt-verdeling).

De daling in de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater bij vermindering van het stikstofoverschot afgeleid uit de waarnemingen op de praktijkbedrijven is kleiner dan in proefveldonderzoek is gevonden. Uit de waarnemingen, afkomstig van de praktijk veehouderijbedrijven gevolgd in dit onderzoek, kan worden afgeleid dat een daling van het stikstofoverschot met 100 kg.ha^{-1} leidt onder representatieve omstandigheden tot een daling van de nitraatconcentratie van 12-17 mg.l^{-1} . Proefveldonderzoek en onderzoek op voorbeeldbedrijven wijst uit dat een daling van circa 70 mg.l^{-1} in de nitraatconcentratie kan worden gerealiseerd per 100 kg daling van het stikstofoverschot.

De kaliumconcentratie in het grondwater op de bemonsterde veehouderijbedrijven kan verklaard worden met het kaliumoverschot, de bedrijfsgemiddelde fosfaattoestand van de bodem, het aandeel maïsland van het totale bedrijfsoppervlak, de mate van drainage en het maaipcentage.

Een daling van het kaliumoverschot met 100 kg.ha^{-1} leidt op veehouderijbedrijven bij gemiddelde omstandigheden tot een daling van de kaliumconcentratie van ongeveer 5 mg.l^{-1} .

Literatuur

- Baggelaar, P.K. (1992)** Naar een meetsysteem waterkwaliteit bij grondwaterwinning. KIWA mededeling nr 117.
- Boumans, L.J.M. (1990).** Variatie in ruimte en tijd van de nitraatconcentratie in het verzadigde grondwater van 10 graslandbedrijven. RIVM rapport nr. 724903002.
- Boumans, L.J.M., G. van Drecht, B. Fraters, T. de Haan en D.W. de Hoop (1997).** Effect van neerslag op nitraat in het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven in de zandgebieden; gevolgen voor de inrichting van het Monitoringnetwerk effecten mestbleid op landbouwbedrijven (MOL). Bilthoven: RIVM rapport nr. 714831002.
- Boumans, L.J.M. en G. van Drecht (1995).** Nitraat in het bovenste grondwater bij landbouwgewassen, bos en heidevelden in de zandgebieden van Nederland. Bilthoven: RIVM rapport nr. 714901004.
- Boumans, L.J.M., C.R. Meinardi en G.J.W. Krajenbrink (1989).** Nitraatgehalten en kwaliteit van het grondwater onder grasland in de zandgebieden. RIVM rapport nr. 728472013.
- Dijk, J. (1989).** De steekproef gewogen; een evaluatie van het LEI-boekhoudnet van landbouwbedrijven. Onderzoeksverslag 53, LEI-DLO, Den Haag.
- Dijk, J.P.M. van, G. Brals en A.L.J. van Vliet (1994).** Bedrijfsuitkomsten in de landbouw (BUL) Boekjaren 1989/'90 t/m 1992/'93. Den Haag, LEI-DLO Periodieke Rapportage 11-92/93.
- Drecht, G. van, H.F.R. Reijnders, L.J.M. Boumans, W. van Duijvenbooden (1996).** De kwaliteit van het grondwater op een diepte tussen 5 en 30 meter in Nederland in het jaar 1992 en de verandering daarvan in de periode 1994-1993. Bilthoven: RIVM rapport nr. 714801005.
- Duijvenbooden, W. van, W. van Driel en W.J. Willems (1995).** Resultaten van een onderzoek naar de mogelijke opzet van een Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit. Bilthoven: Coördinatie-Commissie voor Metingen in het Milieu (CCRX).
- EU (1991).** Richtlijn van de Raad van 12 december 1991 inzake de bescherming van water tegen verontreiniging door nitraten uit agrarische bronnen (91/676/EEG). Publicatieblad van de Europese Gemeenschap, nr. L375/1.
- Fraters, B., H.A. Vissenberg, M.S.M. Groot en L.J.M. Boumans (in voorbereiding).** Zware metaalconcentraties in het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven in het zandgebied en de invloed van de neerslag. Bilthoven: RIVM rapport nummer 714801018.

Fraters, B. en L.J.M. Boumans (1997). Fosfaat: een overzicht. Technische achtergronden bij de aanpak van de fosfaatverzadigde gronden. Bilthoven: RIVM rapport nummer 716601001.

GENSTAT 5 (1987). Genstat 5 reference manual. GENSTAT 5 Committee, Statistics Department, Rothamsted Experimental Station, Harpenden, Hertfordshire AL5 2JQ. isbn 0-19-852212-6.

Geul, W.L. (1986). Reflektometer Nitrachek. Gebruikershandleiding. Giesbeek: Eijkelkamp.

Groot, M.S.M., J.J.B. Bronswijk, W.J. Willems, T. de Haan en P. del Castillo (1996). Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit; Resultaten 1993. Bilthoven: RIVM rapport nr. 714801007.

Haan, T. de (1990). Het ontwikkelen van bedrijfsspecifieke vergelijkingsmaatstaven voor de analyse van het bedrijfsresultaat op melkveebedrijven. Den Haag: LEI-DLO, Onderzoeksverslag 80.

Henkens, Ch.H. (1994). Daling van het Cl- en Na-gehalte in ondiep grondwater een gevolg van veranderde minerale bemesting. Meststoffen 1994: 40-43.

Hoogervorst, N.J.P. (1991). Het landbouw-scenario in de Nationale Milieuverkenning 2; uitgangpunten en berekeningen. Bilthoven: RIVM rapport nr. 251701005.

IKC (1994). Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1993-1994. Ede: Informatie en Kennis Centrum Veehouderij (IKC), Publikatie nr. 6-93.

Koole, B. (1993). Berekening en toepassing van Nederlandse grootte-eenheden en standaardbedrijfseenheden (nge 1990 en sbe 1991). Den Haag, LEI-DLO Periodieke Rapportage 63-90.

LEI/CBS (1991). Landbouwcijfers 1991. Den Haag / Voorburg, LEI-DLO / CBS

LNV (1991). Evaluatienota Mestbeleid eerste fase. Tweede Kamer, 1989-1990, 21502.

LNV (1995). Integrale Notitie Mest- en Ammoniakbeleid. Tweede Kamer, vergaderjaar 1995-1996, 24 782, nrs. 1-2.

LNV (1997). Wet van 2 mei 1997, houdende wijziging van de Meststoffenwet. Staatblad 360.

Locher, W.P. en H. de Bakker (1993). Bodemkunde van Nederland. Deel 1: Algemene Bodemkunde. Den Bosch: Malmberg, tweede druk, isbn 90-208-3545-9.

Meinardi, C.R. en G.A.P.H. van den Eertwegh (1997). Onderzoek aan drainwater in de kleigebieden van Nederland. Deel II: Interpretatie van de gegevens. RIVM rapport nr. 714801013.

Meinardi, C.R. en G.A.P.H. van den Eertwegh (1995). Onderzoek aan drainwater in de kleigebieden van Nederland. Deel I: Resultaten van het veldonderzoek. RIVM rapport nr. 714901007.

MINITAB (1991). Minitab Reference Manual, Release 8 (PC Version). State College, USA, Minitab Inc.

Oudendag, D. (1996). Uitrijden van mest. Verdeling van uitgereden mest over de verschillende aanwendingstechnieken. Interne notitie t.b.v. de Nationale Milieuverkenning 4. Den Haag: LEI-DLO.

Praagman, J. en J. Steigstra (1995). Evaluatie van het meetprogramma kwaliteit bovenste grondwater landbouwbedrijven - eerste fase -. Eindhoven: CQM, project rapport n. E1161-01.

Pelser, L. (1988). Handboek voor de veehouderij, melkvee - vlessvee - schapen. Lelystad: Proefstation voor de rundveehouderij, schapenhouderij en paardenhouderij (PR).

Poppe, K.J. (1993). Het LEI-boekhoudnet van A tot Z. Den Haag, LEI-DLO publicatie 3.154.

Reijerink, J.G.A. en A. Breeuwsma (1992). Ruimtelijk beeld van de fosfaatverzadiging in de mestoverschotgebieden. Wageningen: SC-DLO rapport 222.

RIVM (1997). Milieubalans 97. Het Nederlandse milieu verklaard. Alphen a.d. Rijn: Samsom H.D. Tjeenk Willink bv.

RIVM (1995). Milieubalans 95. Het Nederlandse milieu verklaard. Alphen a.d. Rijn: Samsom H.D. Tjeenk Willink bv.

Snedecor, G.W. and W.G. Cochran (1989). Statistical methods. Eighth edition. Iowa State University Press . Ames.

Swinderen, E.C. van, B. Fraters, H.A. Vissenberg T. de Haan, D.W. de Hoop (1996). Meetprogramma Bovenste Grondwater Landbouwbedrijven - resultaten tweede bemonstering 1993. Bilthoven: RIVM rapport nummer 714831001.

Swinderen, E.C. van, W.J. Willems, C.H.G. Daatselaar, T. de Haan, D.W. de Hoop (1994). Meetprogramma Bovenste Grondwater Landbouwbedrijven - resultaten eerste bemonstering 1992. Bilthoven: RIVM rapport nummer 714901002.

TCB (1990). Advies in verband met de uitvoering van het protocol fosfaatverzadigde gronden in het Besluit gebruik dierlijke meststoffen; maart, 1990

Vissenberg, H.A. (1995). Bepaling van een aantal kenmerken voor de nitraatbepaling in grondwater met de Nitrachek. Bilthoven: RIVM rapport nummer 712601001.

VROM (1992). Notitie Milieukwaliteitsdoelstellingen Bodem en Water (MILBOWA), beleidsstandpunt. Tweede Kamer 1991-1992, 21990, nr 4-5

VROM (1993). Nationaal Milieubeleidsplan 2 ,Tweede Kamer, 1993-1994, 23560, nrs.1-2.

Willems, W.J. en B. Fraters (1995). Naar afgestemde kwaliteitsdoelstellingen voor nutriënten in grondwater en oppervlaktewater. Discussienotitie. Bilthoven: RIVM rapport nummer 714901003.

WLO (1995). Analysemethoden voor macroparameters. Doetinchem: Waterlaboratorium Oost.

WUM (1994). Werkgroep Uniformering Berekening Mest- en Mineralencijfers (Redactie M.M. van Eerd). Uniformering Berekening Mest- en Mineralencijfers - Standaardcijfers rundvee, schapen en geiten, 1990 t/m 1992.

Wijnands, J.H.M., F.M. Brouwer, K.J. Poppe en J.P.P.J. Welten (1995). Landbouw, Milieu en Economie. Editie 1995. Den Haag: LEI-DLO, Periodieke Rapportage 68-93.

Bijlagen

Bijlage I: Forfaitaire mineralenuitscheiding per diercategorie

	1990					1991					1992					1993					1994					
	ton	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	ton	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	ton	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	ton	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	ton	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	ton	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
jongvee < 1 jr	5,0	42,5	9,8	48,3	5,0	44,4	10,4	54,1	5,0	43,0	9,9	53,2	5,0	44,2	10,9	55,8	5,0	45,3	10,9	59,3	5,0	45,3	10,9	59,3	5,0	45,3
jongvee 1-2 jr	11,5	92,1	21,3	101,7	11,5	94,3	21,8	112,6	11,5	89,8	21,0	108,9	11,5	93,0	23,5	117,2	11,5	95,4	23,2	121,7	11,5	95,4	23,2	121,7	11,5	95,4
jongvee > 2 jr	11,5	92,0	21,3	101,6	11,5	94,2	21,8	112,4	11,5	89,7	21,0	108,8	11,5	92,9	23,5	117,0	11,5	95,3	23,1	121,5	11,5	95,3	23,1	121,5	11,5	95,3
melkkoe	23,0	135,7	38,4	144,0	23,0	142,7	38,9	162,6	23,0	137,9	37,5	153,5	23,0	143,2	41,9	168,3	23,0	139,5	41,0	165,5	23,0	139,5	41,0	165,5	23,0	139,5
fokstier > 1 jr	11,5	90,7	23,5	102,6	11,5	99,1	27,1	121,3	11,5	97,1	26,0	123,5	11,5	98,2	27,5	125,7	11,5	103,8	28,5	142,2	11,5	103,8	28,5	142,2	11,5	103,8
vleeskalf melk	4,5	10,6	4,3	11,2	4,5	10,6	4,3	11,2	4,5	10,6	4,3	11,2	3,5	10,6	4,3	11,2	3,5	10,6	4,3	11,2	3,5	10,6	4,3	11,2	3,5	10,6
vleesstier < 1 jr	4,5	24,9	8,1	28,1	4,5	23,3	7,3	27,5	4,5	21,9	6,2	25,0	4,5	28,6	8,2	26,0	4,5	30,4	10,0	30,3	4,5	30,4	10,0	30,3	4,5	30,4
vleesstier > 1 jr	10,0	52,8	18,5	50,5	10,0	48,8	16,8	48,3	10,0	48,1	15,5	44,6	10,0	88,6	28,5	59,1	10,0	71,5	22,8	54,0	10,0	71,5	22,8	54,0	10,0	71,5
vleesvarken	1,30	14,3	5,8	9,6	1,30	13,7	5,9	9,9	1,25	14,4	5,8	9,8	1,25	14,5	5,8	10,3	1,25	14,9	5,6	10,0	1,25	14,9	5,6	10,0	1,25	14,9
opfokzeug	1,30	14,0	7,7	9,3	1,30	14,1	7,7	9,6	1,30	14,0	7,9	9,6	1,30	13,7	7,9	9,9	1,30	13,6	7,2	9,8	1,30	13,6	7,2	9,8	1,30	13,6
fokzeug	5,20	33,8	19,5	21,8	5,20	30,9	18,3	22,0	5,20	31,8	18,4	22,3	5,20	31,9	18,7	23,7	5,20	30,1	16,6	22,1	5,20	30,1	16,6	22,1	5,20	30,1
fokbeer	3,20	25,0	14,8	14,2	3,20	24,5	14,8	14,7	3,20	25,4	15,5	14,6	3,20	24,6	12,5	15,1	3,20	23,0	13,8	15,3	3,20	23,0	13,8	15,3	3,20	23,0
vleeskuiken	0,0100	0,61	0,22	0,34	0,0100	0,64	0,22	0,34	0,0100	0,64	0,23	0,35	0,0100	0,62	0,23	0,34	0,0100	0,57	0,22	0,33	0,0100	0,57	0,22	0,33	0,0100	0,57
legghen < 18 mnd	0,0245	0,38	0,19	0,15	0,0245	0,39	0,21	0,17	0,0245	0,43	0,18	0,18	0,0245	0,39	0,19	0,17	0,0245	0,38	0,19	0,19	0,0245	0,38	0,19	0,19	0,0245	0,38
legghen > 18 mnd	0,0635	0,75	0,48	0,39	0,0635	0,82	0,51	0,45	0,0635	0,87	0,51	0,46	0,0635	0,91	0,50	0,44	0,0635	0,81	0,49	0,44	0,0635	0,81	0,49	0,44	0,0635	0,81
eeend	0,0863	1,12	0,63	0,57	0,0863	1,12	0,63	0,57	0,0863	1,12	0,63	0,57	0,0863	1,12	0,63	0,57	0,0863	1,12	0,63	0,57	0,0863	1,12	0,63	0,57	0,0863	1,12
kalkoen	0,0379	1,98	0,92	0,94	0,0379	1,98	0,92	0,94	0,0379	1,98	0,92	0,94	0,0379	2,08	0,97	0,98	0,0379	2,08	0,97	0,98	0,0379	2,08	0,97	0,98	0,0379	2,08
schaap	2,33	25,0	5,6	27,6	2,33	24,7	5,2	29,5	2,33	23,6	5,3	28,1	2,33	24,1	6,0	30,8	2,33	24,5	5,6	30,1	2,33	24,5	5,6	30,1	2,33	24,5
geit	1,30	19,9	6,1	20,7	1,30	20,9	6,5	23,2	1,30	20,3	6,2	22,7	1,30	21,1	6,6	24,0	1,30	21,6	6,8	26,5	1,30	21,6	6,8	26,5	1,30	21,6

Bron: Werkgroep Uniformering Mest- en Mineralencijfers (WUM)

Bijlage II: Mineralenoverschotten

Inhoudsopgave

nummer	titel
II.1	Stikstofbalans
II.2	Fosfaatbalans
II.3	Kaliumbalans

Bijlage II.1: Stikstofbalans (kg N/ha cultuurgrond) van de deelnemende bedrijven, waarvan alle vier boekjaren een registratie is bijgehouden

aanvoer/afvoer	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95
<u>Akkerbouw</u>				
kunstmest	141.0	120.1	119.8	113.0
organische mest	125.2	115.6	103.8	131.1
depositie + mineralisatie	42.8	42.5	42.7	41.9
rundveevoer	0.1	0.0	0.0	0.1
divers	43.8	46.6	43.6	45.3
	-----	-----	-----	-----
totaal aanvoer	352.8	324.9	309.9	331.4
melk	0.0	0.0	0.0	0.0
organische mest	0.0	1.8	0.0	4.1
divers	130.6	129.2	133.8	128.5
	-----	-----	-----	-----
totaal afvoer	130.6	131.0	133.9	132.6
overschot	222.2	193.8	176.0	198.9
<u>Melkvee extensief</u>				
kunstmest	273.1	270.0	291.9	250.6
organische mest	29.1	17.3	27.0	31.3
depositie + mineralisatie	42.9	43.0	43.1	43.1
rundveevoer	109.4	110.5	99.3	122.5
divers	3.6	2.9	3.0	3.1
	-----	-----	-----	-----
totaal aanvoer	458.1	443.7	464.3	450.5
melk	55.5	56.2	55.2	57.1
organische mest	0.2	4.7	4.1	2.6
divers	17.9	16.7	15.4	17.3
	-----	-----	-----	-----
totaal afvoer	73.6	77.5	74.8	77.1
overschot	384.5	366.2	389.6	373.4
<u>Melkvee intensief</u>				
kunstmest	273.9	248.1	273.2	248.6
organische mest	49.5	79.7	65.8	73.0
depositie + mineralisatie	51.6	51.4	53.0	52.9
rundveevoer	154.5	170.2	174.9	184.8
divers	17.2	17.8	16.7	16.4
	-----	-----	-----	-----
totaal aanvoer	546.5	567.2	583.6	575.7
melk	74.2	76.0	75.3	71.7
organische mest	3.3	11.7	0.0	6.3
divers	25.8	23.9	23.7	24.0
	-----	-----	-----	-----
totaal afvoer	103.4	111.7	98.9	101.9
overschot	443.2	455.4	484.7	473.7

Bijlage II.1 (vervolg)

aanvoer/afvoer	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95
<u>Combinatie extensief</u>				
kunstmest	234.4	236.2	270.6	248.8
organische mest	35.2	23.8	30.7	34.2
depositie + mineralisatie	50.9	49.7	50.7	50.7
rundveevoer	129.5	131.8	127.2	151.2
divers	86.7	87.0	90.2	88.3
	-----	-----	-----	-----
totaal aanvoer	536.7	528.4	569.3	573.3
melk	60.4	60.8	62.0	65.1
organische mest	3.5	2.6	2.1	9.4
divers	43.9	43.5	40.4	45.1
	-----	-----	-----	-----
totaal afvoer	107.8	106.9	104.5	119.5
overschot	428.9	421.5	464.8	453.8
<u>Combinatie intensief</u>				
kunstmest	228.1	230.5	262.4	233.7
organische mest	1.0	27.3	12.3	13.7
depositie + mineralisatie	52.4	52.4	52.4	52.5
rundveevoer	198.6	213.9	186.3	198.4
divers	283.4	288.9	319.0	301.5
	-----	-----	-----	-----
totaal aanvoer	763.6	813.0	832.4	799.7
melk	68.7	71.6	68.5	68.6
organische mest	84.0	87.0	97.5	125.9
divers	116.2	121.2	137.0	129.5
	-----	-----	-----	-----
totaal afvoer	268.9	279.8	303.0	323.9
overschot	494.7	533.2	529.4	475.8

Bron: LEI-Bedrijven Informatienet

Bijlage II.2: Fosfaatbalans (kg P₂O₅/ha cultuurgrond) van de deelnemende bedrijven, waarvan alle vier boekjaren een registratie is bijgehouden

aanvoer/afvoer	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95
Akkerbouw				
kunstmest	25.5	28.8	28.1	29.5
organische mest	72.1	70.0	62.1	64.5
depositie + mineralisatie	2.0	2.0	2.1	2.1
rundveevoer	0.0	0.0	0.0	0.0
divers	17.6	18.0	17.4	17.4
	-----	-----	-----	-----
totaal aanvoer	117.3	118.9	109.7	113.5
melk	0.0	0.0	0.0	0.0
organische mest	0.0	1.3	0.0	3.0
divers	46.6	48.3	47.6	45.0
	-----	-----	-----	-----
totaal afvoer	46.7	49.6	47.6	48.1
overschot	70.6	69.3	62.1	65.4
Melkvee extensief				
kunstmest	42.0	48.2	44.9	39.7
organische mest	16.2	11.5	15.2	16.9
depositie + mineralisatie	2.0	2.1	2.1	2.1
rundveevoer	42.7	42.4	44.9	50.8
divers	2.1	2.3	2.2	2.3
	-----	-----	-----	-----
totaal aanvoer	105.0	105.8	109.3	111.6
melk	21.1	21.3	20.8	21.6
organische mest	0.1	1.8	1.4	0.8
divers	11.4	10.6	9.8	10.3
	-----	-----	-----	-----
totaal afvoer	32.7	33.7	32.1	32.7
overschot	72.4	72.1	77.3	78.9
Melkvee intensief				
kunstmest	26.0	24.1	25.6	26.6
organische mest	27.5	46.5	40.5	40.2
depositie + mineralisatie	2.0	2.0	2.1	2.1
rundveevoer	58.6	63.8	63.2	65.1
divers	9.3	8.4	8.3	7.7
	-----	-----	-----	-----
totaal aanvoer	123.4	144.7	139.8	141.8
melk	28.0	28.4	28.1	26.7
organische mest	1.5	6.1	0.0	2.7
divers	16.2	15.1	14.4	12.2
	-----	-----	-----	-----
totaal afvoer	45.8	49.6	42.4	43.6
overschot	77.6	95.1	97.4	98.2

Bijlage II.2 (vervolg)

aanvoer/afvoer	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95
<u>Combinatie extensief</u>				
kunstmest	18.2	27.0	17.0	15.4
organische mest	19.9	13.5	18.3	20.2
depositie + mineralisatie	2.1	2.0	2.1	2.1
rundveevoer	50.4	49.2	52.9	58.5
divers	41.5	41.8	40.9	40.2
	-----	-----	-----	-----
totaal aanvoer	132.0	133.5	131.1	136.4
melk	22.6	22.8	23.0	24.2
organische mest	1.4	1.0	0.8	4.1
divers	24.2	24.2	22.9	24.6
	-----	-----	-----	-----
totaal afvoer	48.2	47.9	46.7	52.9
overschot	83.8	85.6	84.4	83.5
<u>Combinatie intensief</u>				
kunstmest	7.8	13.8	15.0	9.6
organische mest	0.4	14.5	6.3	8.3
depositie + mineralisatie	2.1	2.1	2.1	2.1
rundveevoer	77.7	80.0	72.9	73.5
divers	129.5	130.1	138.5	126.0
	-----	-----	-----	-----
totaal aanvoer	217.4	240.4	234.9	219.4
melk	26.1	27.1	25.9	25.8
organische mest	44.2	46.2	48.4	58.2
divers	60.0	62.8	69.4	65.2
	-----	-----	-----	-----
totaal afvoer	130.2	136.2	143.7	149.2
overschot	87.1	104.2	91.1	70.2

Bron: LEI-Bedrijven Informatienet

Bijlage II.3: Kaliumbalans (kg K/ha cultuurgrond) van de deelnemende bedrijven, waarvan alle vier boekjaren een registratie is bijgehouden

aanvoer/afvoer	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95
<u>Akkerbouw</u>				
kunstmest	73.7	81.9	68.1	59.7
organische mest	71.6	68.5	79.0	89.5
depositie + mineralisatie	4.1	4.1	4.1	4.1
rundveevoer	0.1	0.0	0.0	0.0
divers	15.9	16.3	16.2	16.3
	-----	-----	-----	-----
totaal aanvoer	165.3	170.8	167.4	169.6
melk	0.0	0.0	0.0	0.0
organische mest	0.0	0.8	0.0	2.2
divers	116.6	113.7	122.4	118.3
	-----	-----	-----	-----
totaal afvoer	116.6	114.5	122.4	120.5
overschot	48.7	56.3	45.0	49.1
<u>Melkvee extensief</u>				
kunstmest	43.6	28.6	25.8	16.0
organische mest	16.9	9.9	21.6	23.1
depositie + mineralisatie	4.1	4.1	4.1	4.1
rundveevoer	60.3	59.1	46.1	57.7
divers	0.9	0.9	2.0	2.1
	-----	-----	-----	-----
totaal aanvoer	125.8	102.6	99.5	103.1
melk	15.4	15.5	15.2	15.7
organische mest	0.1	3.9	4.3	2.8
divers	2.9	2.9	9.6	7.8
	-----	-----	-----	-----
totaal afvoer	18.4	22.3	29.0	26.2
overschot	107.4	80.2	70.5	76.8
<u>Melkvee intensief</u>				
kunstmest	7.7	4.7	3.4	1.1
organische mest	34.6	70.0	51.5	59.1
depositie + mineralisatie	4.0	4.0	4.1	4.1
rundveevoer	86.8	89.0	76.8	84.4
divers	5.2	4.7	6.0	6.3
	-----	-----	-----	-----
totaal aanvoer	138.2	172.5	141.7	155.1
melk	20.4	20.7	20.4	19.5
organische mest	2.0	4.6	0.0	4.7
divers	2.5	2.0	22.1	3.5
	-----	-----	-----	-----
totaal afvoer	24.9	27.3	42.6	27.6
overschot	113.3	145.2	99.2	127.5

Tabel II.3 (vervolg)

aanvoer/afvoer	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95
<u>Combinatie extensief</u>				
kunstmest	9.2	7.6	2.9	1.0
organische mest	23.4	15.2	22.1	25.4
depositie + mineralisatie	4.1	4.0	4.1	4.1
rundveevoer	65.8	65.1	55.8	78.4
divers	39.5	40.3	40.0	40.9
	-----	-----	-----	-----
totaal aanvoer	141.9	132.2	125.0	149.8
melk	16.5	16.6	16.8	17.6
organische mest	3.0	2.2	2.1	8.0
divers	5.4	3.7	14.6	0.9
	-----	-----	-----	-----
totaal afvoer	24.8	22.5	33.4	26.5
overschot	117.1	109.7	91.6	123.3
<u>Combinatie intensief</u>				
kunstmest	3.5	3.7	4.2	1.0
organische mest	0.8	16.9	9.2	10.2
depositie + mineralisatie	4.1	4.1	4.1	4.1
rundveevoer	119.2	123.2	100.1	109.4
divers	119.0	125.0	141.3	127.5
	-----	-----	-----	-----
totaal aanvoer	246.6	272.8	258.9	252.4
melk	19.0	19.7	18.8	18.8
organische mest	59.8	62.7	83.2	100.6
divers	11.5	11.5	25.0	8.8
	-----	-----	-----	-----
totaal afvoer	90.3	93.8	127.1	128.2
overschot	156.3	179.0	131.8	124.1

Bron: LEI-Bedrijven Informatienet

Bijlage III: Gebruik van weegfactoren

Bij elk bedrijf is per jaar een weegfactor berekend (Van Swinderen et al., 1994). In de berekening van het gewogen gemiddelde is naast de weegfactor het oppervlak van het bedrijf als tweede weegfactor in de berekening ingevoerd. Op deze wijze wordt een gemiddelde berekend voor het oppervlak van de door de steekproef gerepresenteerde bedrijven.

Per stof is de gewogen gemiddelde concentratie voor de categorie of de gehele groep als volgt berekend

$$\overline{C}_{gg} = \frac{\sum_{j=1}^n (\text{oppervlakte}_j * \text{weegfactor}_j * \text{concentratie}_j)}{\sum_{j=1}^n (\text{oppervlakte}_j * \text{weegfactor}_j)}$$

Waarbij n het totaal aantal beschouwde bedrijven is. Het bijbehorende 95%-betrouwbaarheidsinterval is berekend met:

$$BHI_{0,95} = \overline{C}_{gg} \pm t_{0,05}^{n-1} * \frac{\overline{s}_{gg}}{\sqrt{n}}$$

Waarbij $t_{0,05}$ is Student's t bij $n-1$ vrijheidsgraden (Snedecor and Cochran, 1989), n is weer het totaal aantal beschouwde bedrijven en s_{gg} is de gewogen standaardafwijking berekend met:

$$\overline{s}_{gg} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (\text{oppervlakte}_j * \text{weegfactor}_j * (\text{concentratie}_j - \overline{C}_{gg})^2)}{\sum_{j=1}^n (\text{oppervlakte}_j * \text{weegfactor}_j) * (n - 1)}}$$

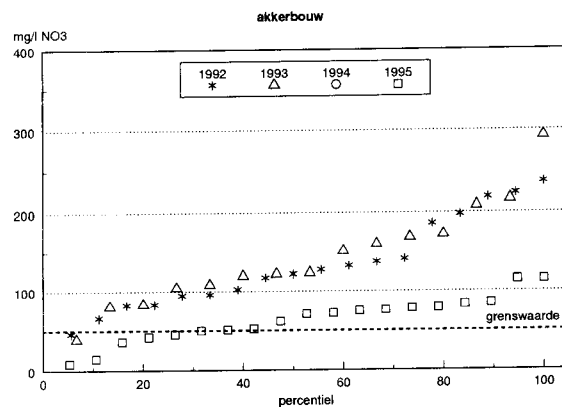
Bijlage IV: Cumulatieve frequentiediagrammen van de bedrijfsgemiddelde grondwaterparameters per categorie voor de periode 1992-1995

Inhoudsopgave

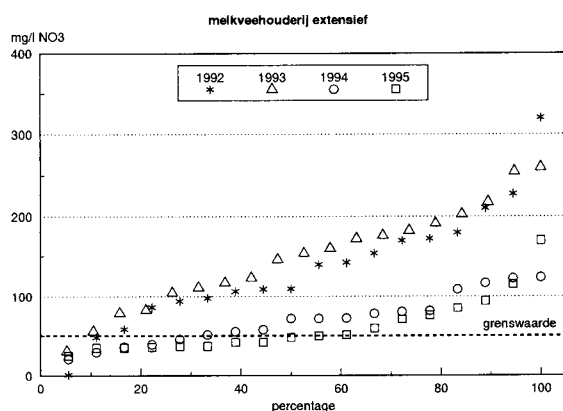
nummer	parameter
IV.1	Nitraat
IV.2	Ammonium
IV.3	Ortho-fosfaat
IV.4	Totaal-fosfaat
IV.5	Kalium
IV.6	Chloride
IV.7	DOC
IV.8	Zuurgraad (pH)
IV.9	Electrisch Geleidingsvermogen (EC)
IV.10	Grondwaterstand

Bijlage IV.1: Nitraat

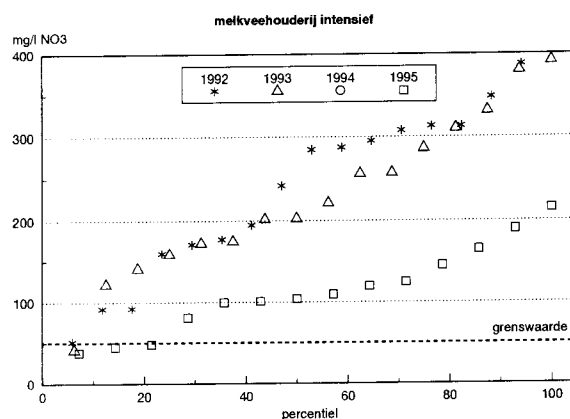
Cumulatieve frequentieverdeling per categorie van de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie in de bovenste meter van het grondwater in de periode 1992-1995.



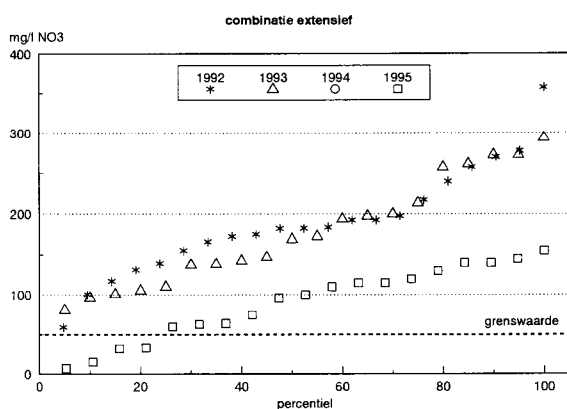
Figuur IV.1.1: nitraat bij akkerbouwbedrijven [960503-Q]



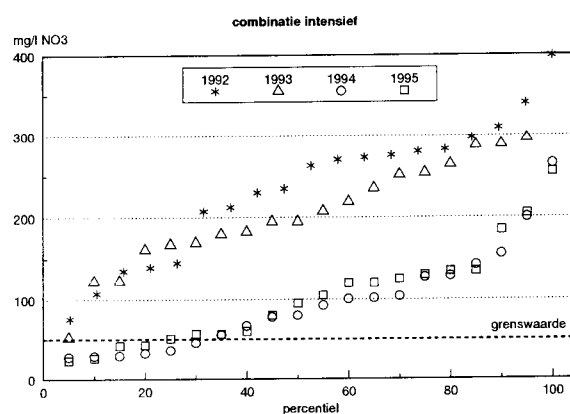
Figuur IV.1.2: nitraat bij extensieve melkveehouderijbedrijven [960503-R]



Figuur IV.1.3: nitraat bij intensieve melkveehouderijbedrijven [960503-S]



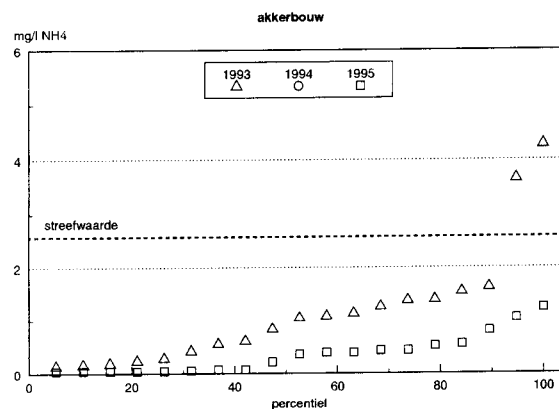
Figuur IV.1.4: nitraat bij combinatiebedrijven extensief [960503-T]



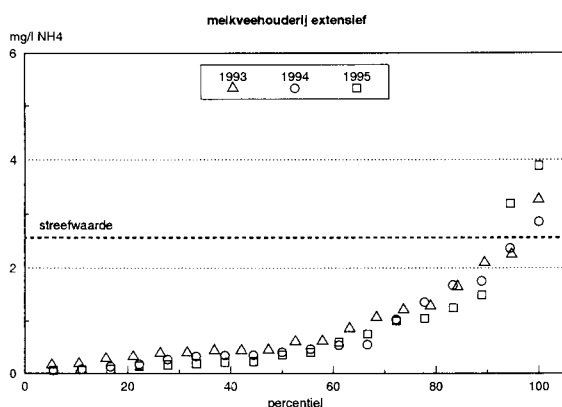
Figuur IV.1.5: nitraat bij combinatiebedrijven intensief [960503-U]

Bijlage IV.2: Ammonium

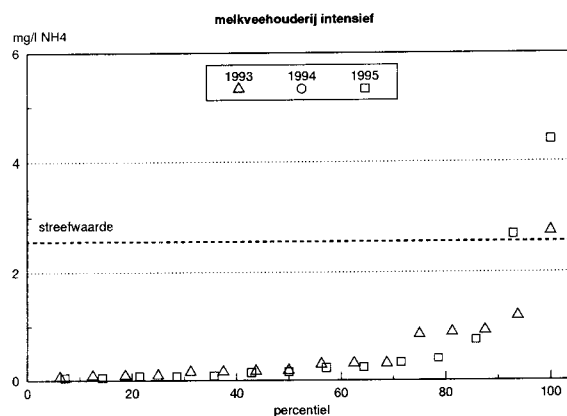
Cumulatieve frequentieverdeling per categorie van de bedrijfsgemiddelde ammoniumconcentratie in de bovenste meter van het grondwater in de periode 1992-1995.



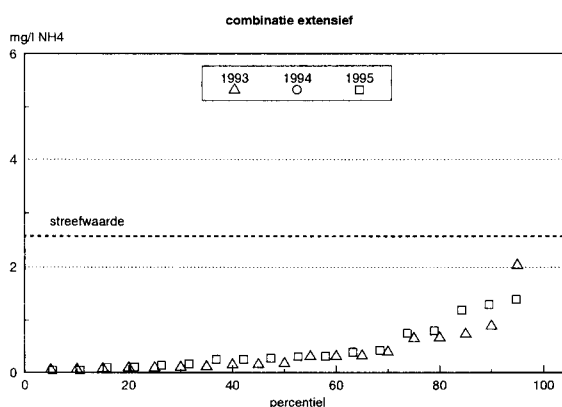
Figuur IV.2.1: ammonium bij akkerbouwbedrijven [960503-L]



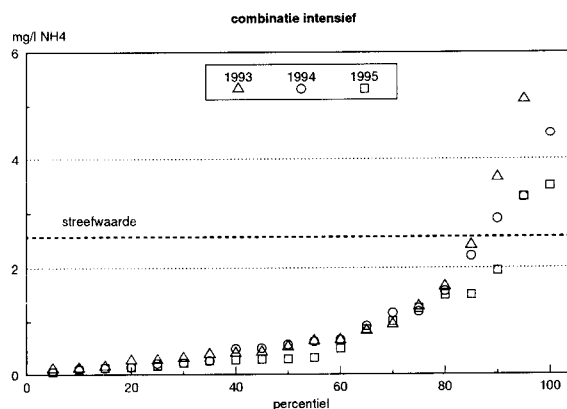
Figuur IV.2.2: ammonium bij extensieve melkveehouderijbedrijven [960503-M]



Figuur IV.2.3: ammonium bij intensieve melkveehouderijbedrijven [960503-N]



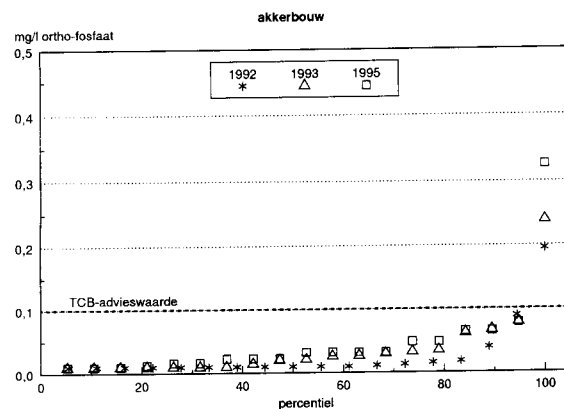
Figuur IV.2.4: ammonium bij combinatie bedrijven extensief [960503-O]



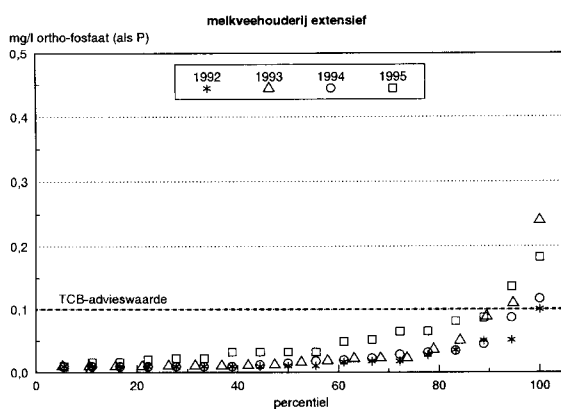
Figuur IV.2.5: ammonium bij combinatiebedrijven intensief [960503-P]

Bijlage IV.3: Ortho-fosfaat

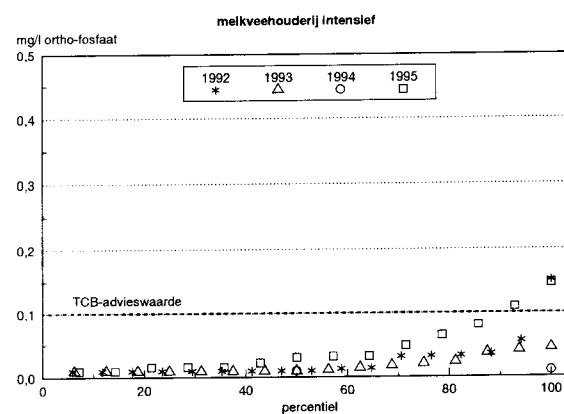
Cumulatieve frequentieverdeling per categorie van de bedrijfsgemiddelde ortho-fosfaatconcentraties in de bovenste meter van het grondwater in de periode 1992-1995.



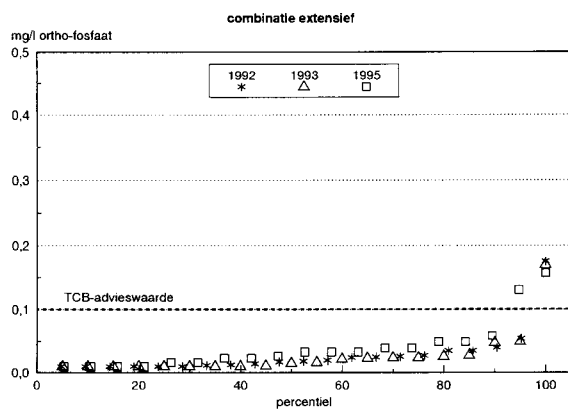
Figuur IV.3.1: Ortho-fosfaat bij akkerbouwbedrijven [960503-V]



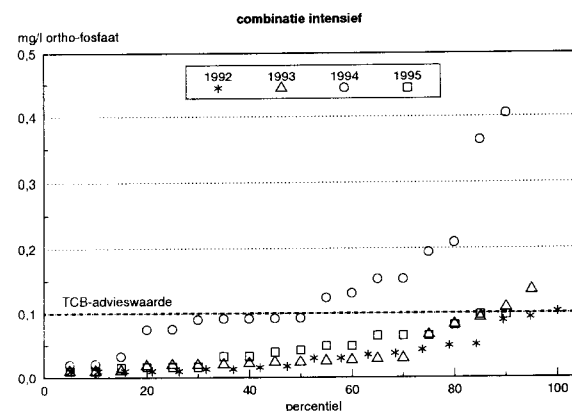
Figuur IV.3.2: Ortho-fosfaat bij extensieve melkveehouderijbedrijven [960503-W]



Figuur IV.3.3: Ortho-fosfaat bij intensieve melkveehouderijbedrijven [960503-X]



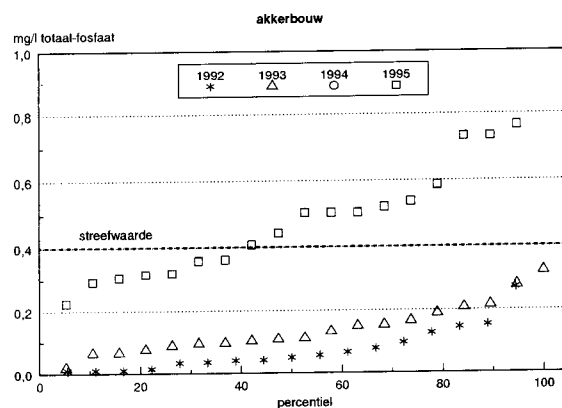
Figuur IV.3.4: Ortho-fosfaat bij combinatiebedrijven extensief [960503-Y]



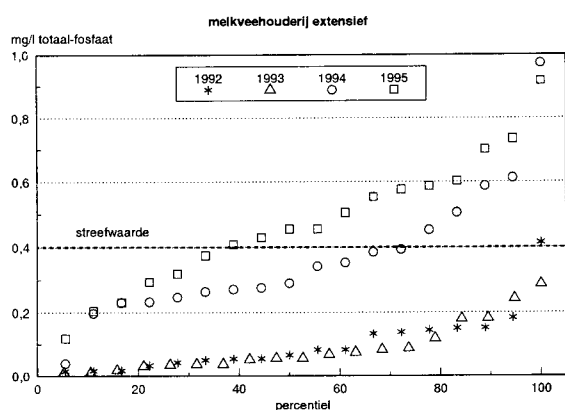
Figuur IV.3.5: Ortho-fosfaat bij combinatiebedrijven intensief [960503-Z]

Bijlage IV.4: Totaal-fosfaat

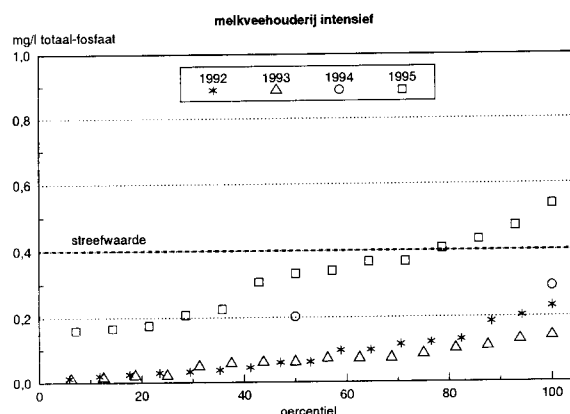
Cumulatieve frequentieverdeling per categorie van de bedrijfsgemiddelde totaal-fosfaatconcentraties in de bonvenste meter van het grondwater in de periode 1992-1995.



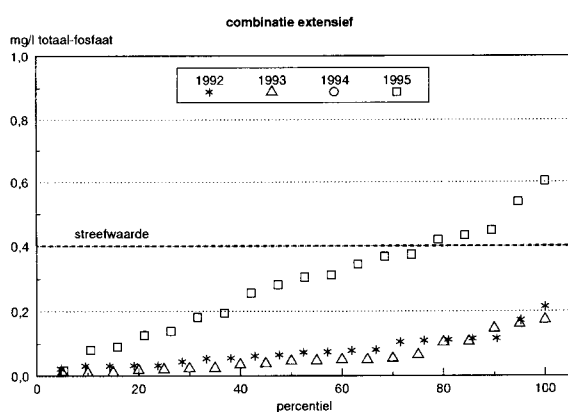
Figuur IV.4.1: Totaal-fosfaat bij akkerbouwbedrijven [960506-A]



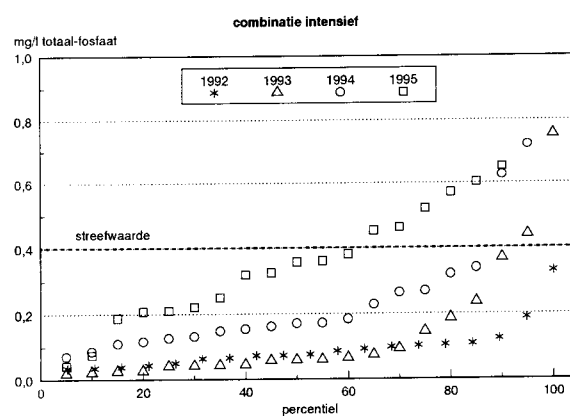
Figuur IV.4.2: Totaal-fosfaat bij extensieve melkveehouderijbedrijven [960506-B]



Figuur IV.4.3: Totaal-fosfaat bij intensieve melkveehouderijbedrijven [960506-C]



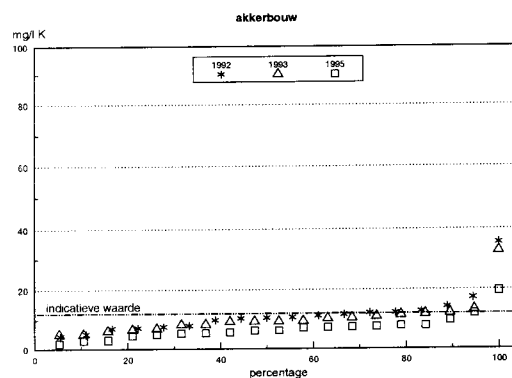
Figuur IV.4.4: Totaal-fosfaat bij combinatiebedrijven extensief 960506-D.EPS



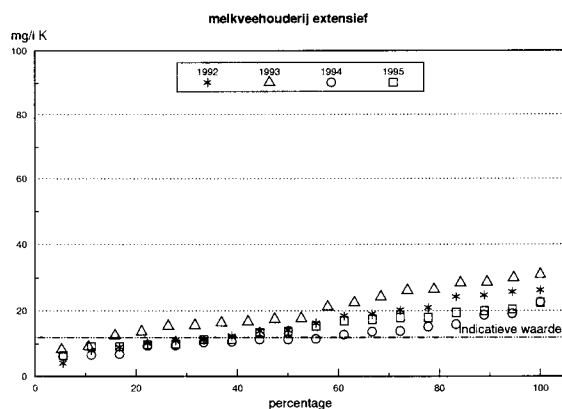
Figuur IV.4.5: Totaal-fosfaat bij combinatiebedrijven intensief [960506-E]

Bijlage IV.5: Kalium

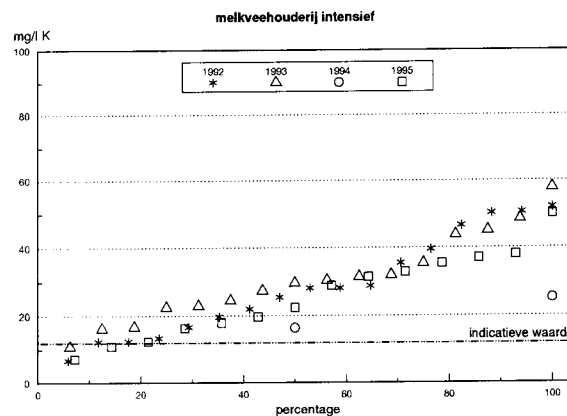
Cumulatieve frequentieverdeling per categorie van de bedrijfsgemiddelde kaliumconcentraties in de bovenste meter van het grondwater in de periode 1992-1995.



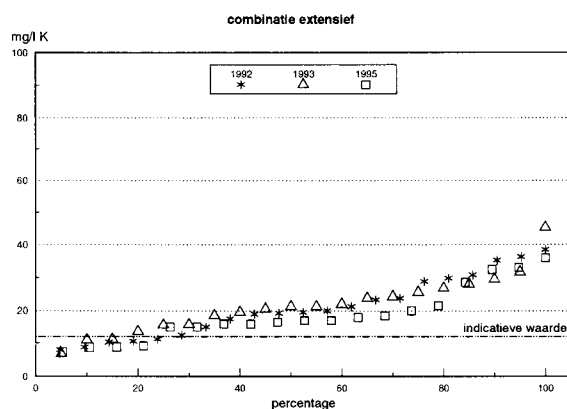
Figuur IV.5.1: kalium bij akkerbouwbedrijven [960503-G]



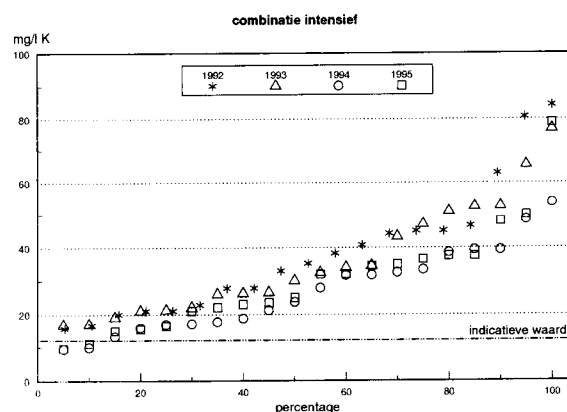
Figuur IV.5.2: kalium bij extensieve melkveehouderij bedrijven [960503-H]



Figuur IV.5.3: kalium bij intensieve melkveehouderijbedrijven [960503-I]



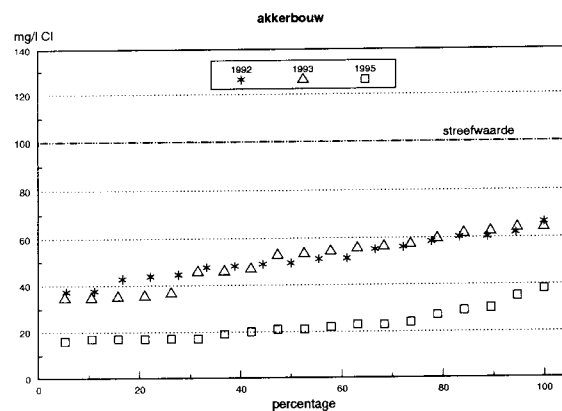
Figuur IV.5.4: kalium bij combinatiebedrijven extensief [960503-J]



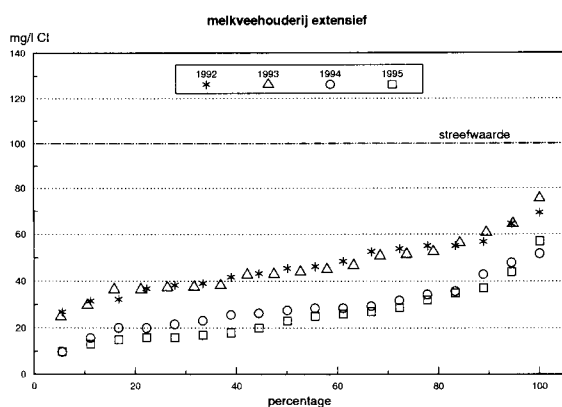
Figuur IV.5.5: kalium bij combinatiebedrijven intensief [960503-K]

Bijlage IV.6: Chloride

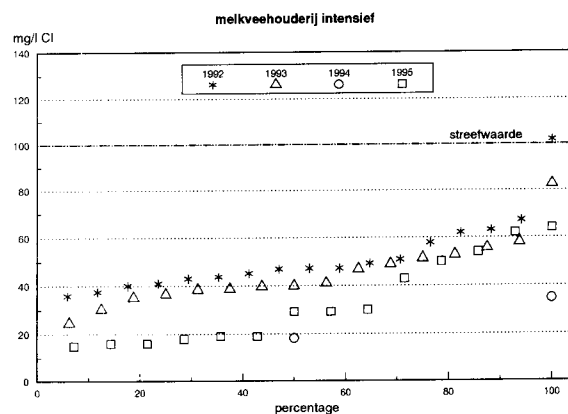
Cumulatieve frequentieverdeling per categorie van de bedrijfsgemiddelde chlorideconcentratie in de bovenste meter van het grondwater in de periode 1992-1995.



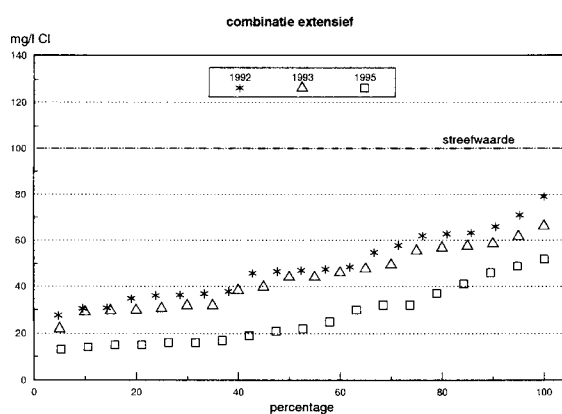
Figuur IV.6.1: chloride bij akkerbouwbedrijven [960503-B].



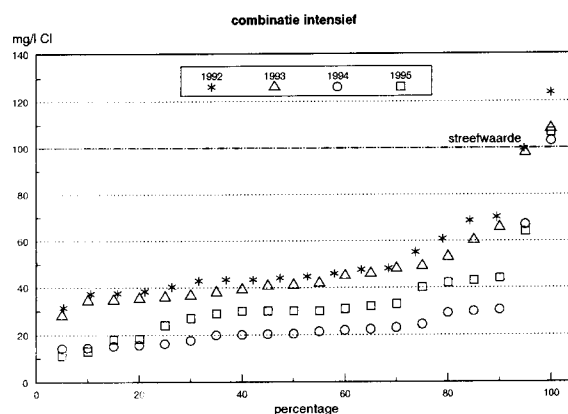
Figuur IV.6.2: chloride bij extensieve melkveehouderijbedrijven [960503-C].



Figuur IV.6.3: chloride bij intensieve melkveehouderij bedrijven [960503-D].



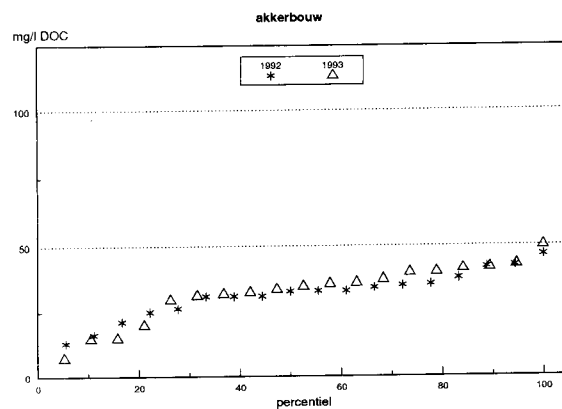
Figuur IV.6.4: chloride bij combinatiebedrijven extensief [960503-E].



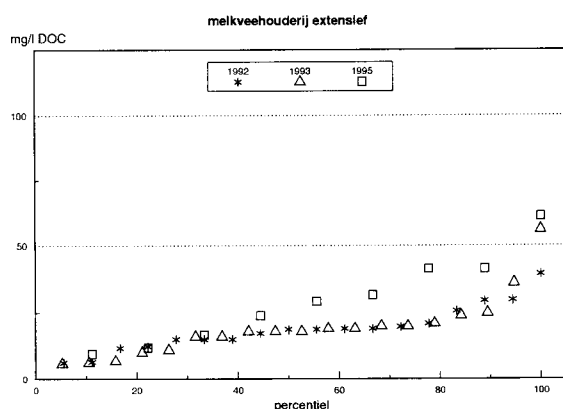
Figuur IV.6.5: chloride bij combinatiebedrijven intensief [960503-F].

Bijlage IV.7: DOC

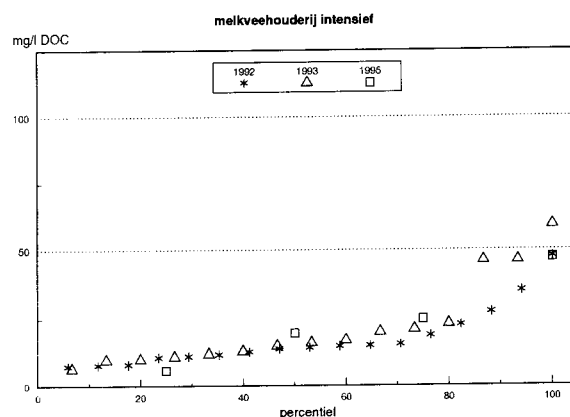
Cumulatieve frequentieverdeling per categorie van de bedrijfsgemiddelde concentratie aan opgelost organische koolstof (DOC) in de bovenste meter van het grondwater in de periode 1992-1995.



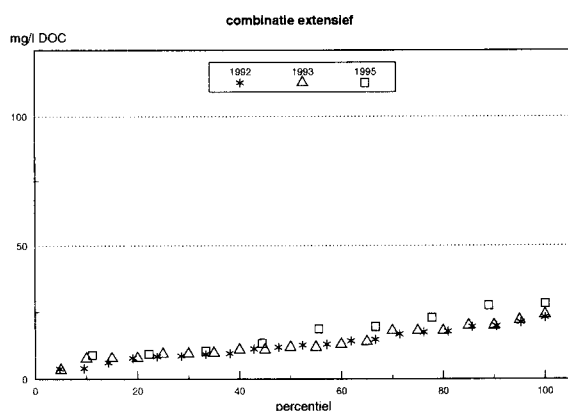
Figuur IV.7.1: DOC bij akkerbouwbedrijven [970821-a].



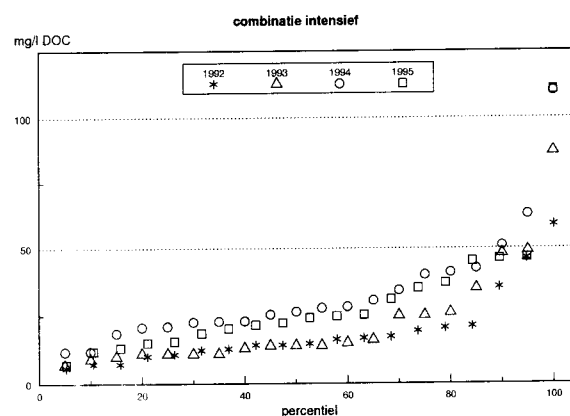
Figuur IV.7.2: DOC bij extensieve melkveehouderijbedrijven [970821-b].



Figuur IV.7.3: DOC bij intensieve melkveehouderijbedrijven [970821-c].



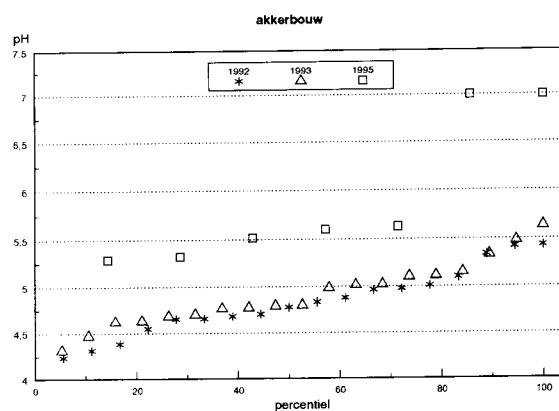
Figuur IV.7.4: DOC bij combinatiebedrijven extensief [970821-d].



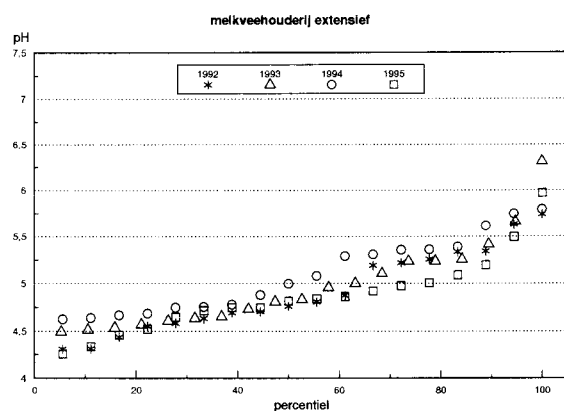
Figuur IV.7.5: DOC bij combinatiebedrijven intensief [970821-e].

Bijlage IV.8: Zuurgraad

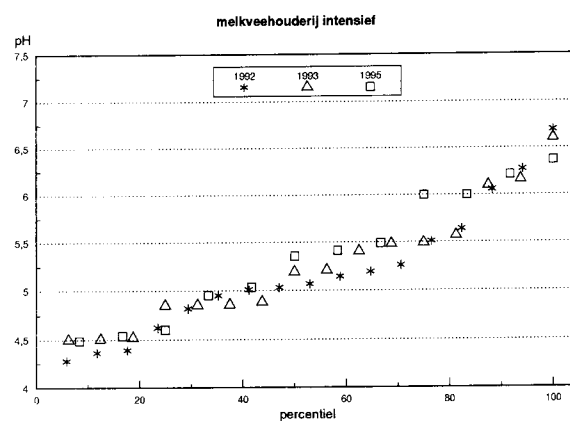
Cumulatieve frequentieverdeling per categorie van de bedrijfsgemiddelde zuurgraad (pH) in de bovenste meter van het grondwater in de periode 1992-1995.



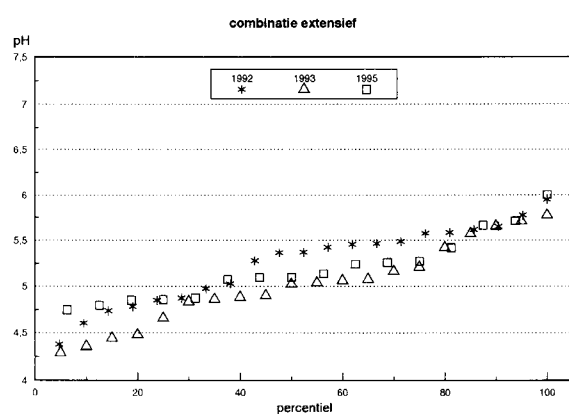
Figuur IV.8.1: pH bij akkerbouwbedrijven [970822-k].



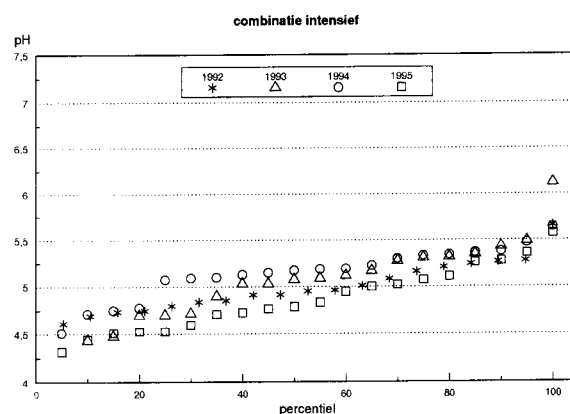
Figuur IV.8.2: pH bij extensieve melkveehouderijbedrijven [970822-l].



Figuur IV.8.3: pH bij intensieve melkveehouderijbedrijven [970822-m].



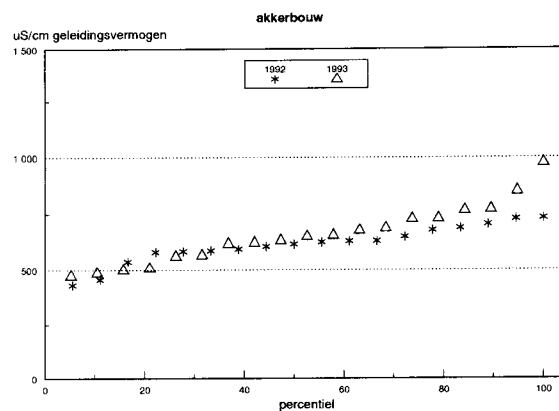
Figuur IV.8.4: pH bij combinatiebedrijven extensief [970822-n].



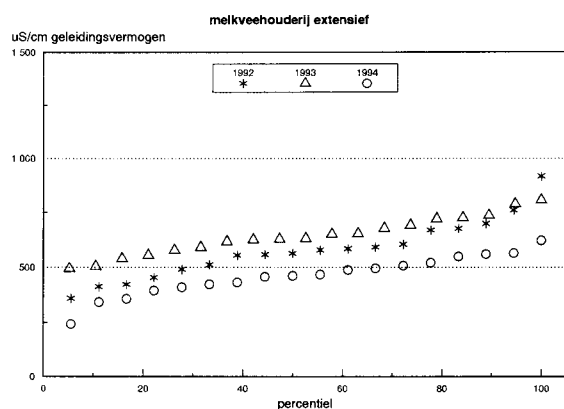
Figuur IV.8.5: pH bij combinatiebedrijven intensief [970822-o].

Bijlage IV.9: Geleidingsvermogen

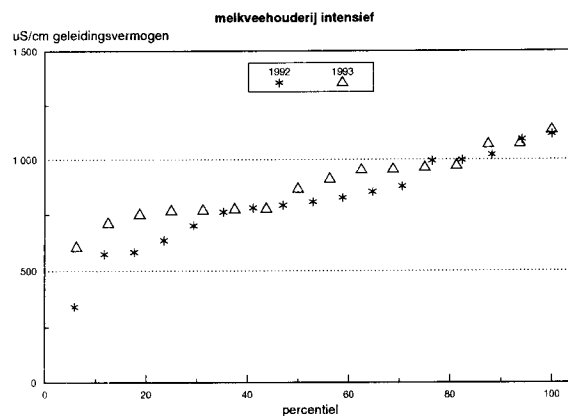
Cumulatieve frequentieverdeling per categorie van het bedrijfsgemiddelde geleidingsvermogen (EC) in de bovenste meter van het grondwater in de periode 1992-1995.



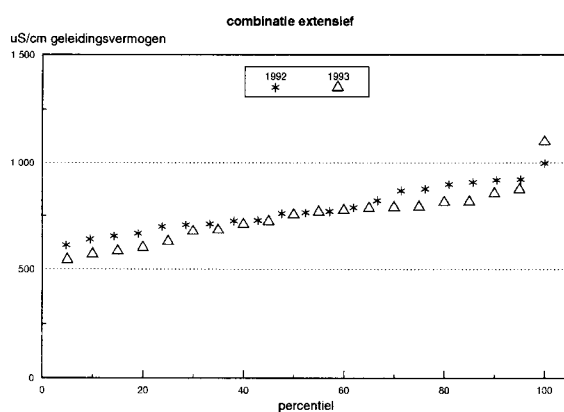
Figuur IV.9.1: EC bij akkerbouwbedrijven [970822-a].



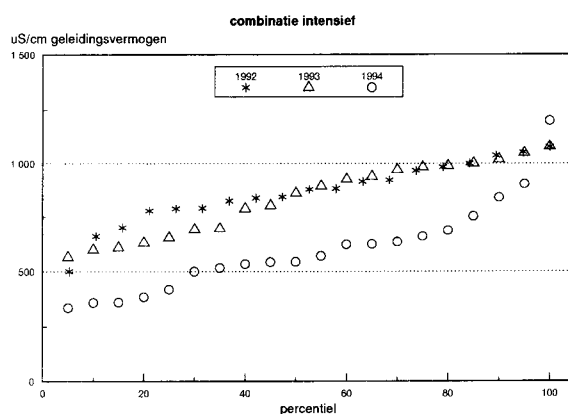
Figuur IV.9.2: EC bij extensieve melkveehouderijbedrijven [970822-b].



Figuur IV.9.3: EC bij intensieve melkveehouderijbedrijven [970822-c].



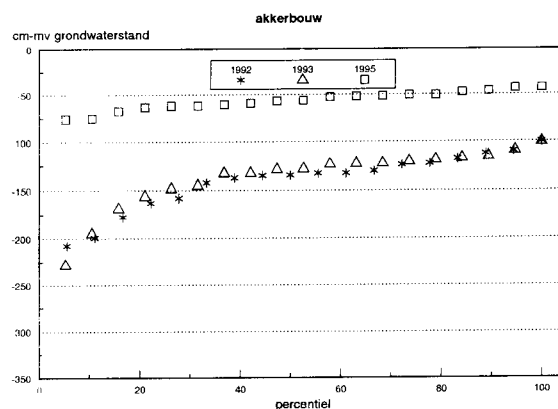
Figuur IV.9.4: EC bij combinatiebedrijven extensief [970822-d].



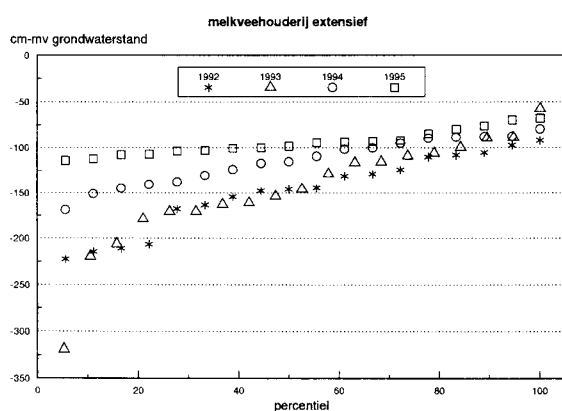
Figuur IV.9.5: EC bij combinatiebedrijven intensief [970822-e].

Bijlage IV.10: Grondwaterstand

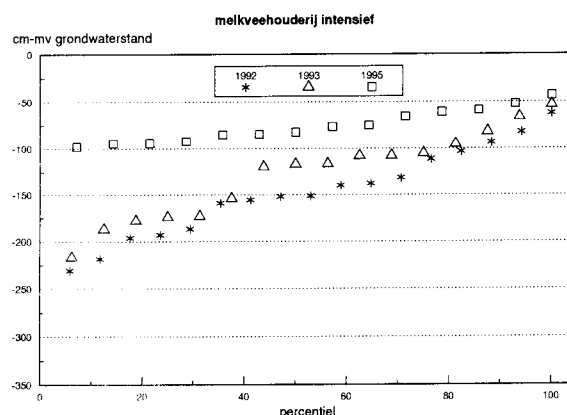
Cumulatieve frequentieverdeling per categorie van de bedrijfsgemiddelde grondwaterstand tijdens bemonsteren in de periode 1992-1995.



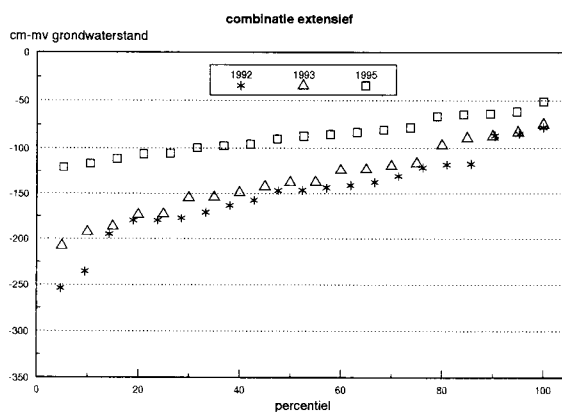
Figuur IV.10.1: Grondwaterstand bij akkerbouwbedrijven [970822-f].



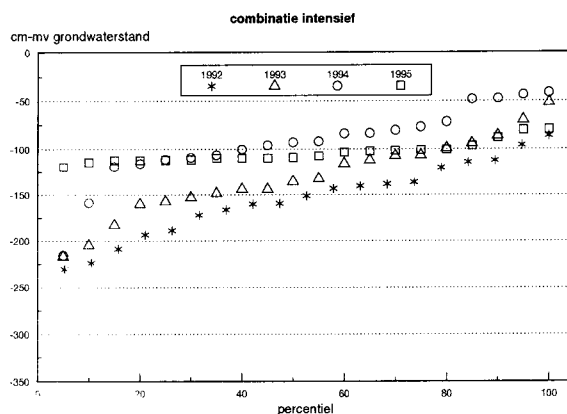
Figuur IV.10.2: Grondwaterstand bij extensieve melkveehouderijbedrijven [970822-g].



Figuur IV.10.3: Grondwaterstand bij intensieve melkveehouderijbedrijven [970822-h].



Figuur IV.10.4: Grondwaterstand bij combinatiebedrijven extensief [970822-i].



Figuur IV.10.5: Grondwaterstand bij combinatiebedrijven intensief [970822-j].

Bijlage V: Berekening van de chloridegift

Inleiding

De chloridegift is berekend op basis van de kaliumbalans, zoals gegeven in *Bijlage II.3*. De verhouding tussen chloride en kalium is afgeleid uit de gegevens van Henkens (1994). Hiervoor is het meest recente jaar uit het artikel genomen, namelijk 1980. Vervolgens is aangenomen dat deze verhouding verder is gedaald in de periode 1980 - 1995, zoals bleek uit kunstmestgebruikscijfers voor de categorie Melkveehouderij Intensief (*Tabel V.1*).

Verhouding chloride:kalium

De totale kaliumaanvoer met kunstmest in 1980 was 133,5 miljoen kg, met deze kunstmest werd 82,8 miljoen kg chloride aangevoerd. Dit wil zeggen dat in dat jaar gemiddeld met 1 kg kaliumkunstmest 0,73 kg chloride wordt gegeven.

Voor de categorie Melkveehouderij intensief is nagegaan of de verhouding Cl/K verandert in de periode 1980-1995. Dit bleek inderdaad het geval, zoals valt te concluderen uit *Tabel V.1*. Tussen 1980 en 1992/'95 is de Cl/K-verhouding met ongeveer 25% afgenomen. Aangenomen is dat dit percentage minimaal ook gebruikt mag worden voor de overige categorieën; in 1980 was de verhouding voor de MV_{int} bedrijven al lager dan gemiddeld. Voor de berekeningen is daarom uitgegaan van een Cl/K-verhouding in kunstmest van 0,66.

Tabel V.1 Aandeel van verschillende kalimestoffen in de kaliumgift in procenten in de periode 1980-1995 op intensieve melkveehouderijbedrijven en de op basis daarvan berekende chloride - kaliumverhouding.

	K10	K20	K26	K28	K40	K60	K100	Cl/K
<i>Cl/K₂O^a</i>	4,8	2,4	1,8	1,7	1,2	0,80	0,12	
1980	5	4	7	2	72	11	-	0,59
1981	2	-	1	1	89	8	-	0,51
1982	2	-	-	2	85	11	-	0,52
1983	1	3	1	3	81	12	-	0,51
1984	1	-	-	2	83	14	-	0,49
1985	4	-	-	5	76	14	-	0,55
1986	7	1	-	4	79	9	-	0,60
1987	8	-	-	1	50	41	-	0,55
1988	5	-	-	-	45	49	-	0,50
1989	-	1	2	2	49	46	-	0,44
1990	-	-	1	1	52	47	-	0,42
1991	-	0	-	6	46	47	2	0,43
1992	1	1	-	2	43	45	9	0,41
1993	6	-	-	3	40	48	3	0,51
1994	4	-	-	3	15	72	6	0,42
1995	5	-	-	4	22	63	7	0,45

a kg chloride per kg K₂O als gegeven door Henkens (1994)

De chloridegift met 1 kg kalium uit rundmest bedraagt 0,545 kg, uit varkensmest 0,231 kg en uit kippemest 0,290 kg. Bij de berekeningen is voor mest afkomstig uit de intensieve veehouderij aangenomen dat dit volledig varkensmest was.

berekening chloridegift met dierlijke mest

In de kaliumbalans (*Bijlage II.3*) zijn de posten aanvoer dierlijke mest, afvoer dierlijk mest en aankoop rundveevoer en een post aanvoer divers opgenomen, welke voornamelijk aanvoer van voer voor de intensieve veehouderijtak betreft. Voor aan- en afvoer van dierlijke mest is aangenomen dat dit altijd varkensmest betreft.

Berekende chloridegift

In onderstaande tabel is per categorie de berekende chloridegift in de periode 1992-1995 gegeven, uitgesplitst naar type aan- en afvoerposten.

Tabel V.2: *Berekende chloridegift voor de periode 1992-1995 per categorie, uitgesplitst naar aan- en afvoerposten.*

categorie	aan-/afvoerpost	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95
akkerbouw	kunstmest	49	54	45	40
	aanvoer org.mest	20	19	22	25
	divers	4	5	5	5
	afvoer org. mest	0	0	0	-1
	totaal	73	78	72	68
MV _{ext}	kunstmest	29	19	17	11
	aanvoer org.mest	5	3	6	6
	aankoop rundveevoer	40	39	30	38
	aankoop int.voer	0	0	1	1
	afvoer org. mest	0	-3	-3	-2
MV _{int}	totaal	73	58	51	54
	kunstmest	5	3	2	1
	aanvoer org.mest	10	19	14	16
	aankoop rundveevoer	57	58	50	55
	aankoop int.voer	1	1	6	1
COM _{ext}	afvoer org. mest	-1	-1	0	-1
	totaal	72	80	73	72
	kunstmest	6	5	2	1
	aanvoer org.mest	7	4	6	7
	aankoop rundveevoer	43	43	26	51
COM _{int}	aankoop int.voer	11	11	16	11
	afvoer org. mest	-1	-1	-1	-1
	totaal	66	63	49	68
	kunstmest	2	2	3	1
	aanvoer org.mest	0	5	3	3
	aankoop rundveevoer	78	81	72	72
	aankoop int.voer	33	35	39	35
	afvoer org. mest	-17	-17	-23	-28
	totaal	97	105	94	83

Bijlage VI: Analyse van de invloed van het bemonsteringstijdstip op de grondwaterkwaliteit

Genstat 5 Release 1.3 (DOS/386) Implemented by Marketing Risk Management
Copyright 1988, Lawes Agricultural Trust (Rothamsted Experimental Station)

```

1  UNIT [1218] "totaal aantal bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties"
2  " tijd = bemonsteringstijdstip (jaar en decimaal jaar )
-3  cl = bedrijfsgemiddelde chloridegehalte per bemonsteringstijdstip
-4  doc = ,, opgelost organische stof
-5  k= ,, kalium
-6  nh4= ,, ammonium
-7  no3= ,, nitraat
-8  p = ortho- fosfaat
-9  tp = totaal- fosfaat
-10 gws = ,, grondwaterstand ( meter minus maaiveld)
-11 vfgws = ,, verdunningsfactor
-12 "
13 VARI tijd, cl,doc,k, nh4,no3,p,tp, gws,vfgws
14 FACT [LEVE= !(1992,1993,1994,1995)] jaar
15 "De bedrijfsnummers"
16 FACT [ LABE=!T(\
17      b14309, b15104, b15106, b15944, b15951, b15954, b15958,\
18      b15960, b15962, b15963, b16178, b16189, b16190, b16508,\
19      b16514, b16516, b17209, b17210, b17211, b17213, b17214,\
20      b17220, b17224, b17227, b17234, b17235, b17236, b23962,\
21      b31397, b34978, b36389, b39648, b41226, b41238, b41241,\
22      b41242, b41244, b48195, b48211, b48213, b48544, b53859,\
23      b60170, b60177, b62514, b63182, b65200, b65201, b65203,\
24      b65207, b65211, b66192, b66196, b66198, b66312, b66315,\
25      b80340, b80341, b80343, b80347, b80350, b80351, b80352,\
26      b80356, b80357, b80361, b80364, b80365, b80366, b81337,\
27      b81341, b81348, b81349, b81350, b81353, b81354, b81358,\
28      b81360, b81361, b81366, b81367, b81373, b81398, b82339,\
29      b82348, b82350, b82352, b82357, b82360, b82370, b82371,\
30      b82379, b82380, b82381, b82383, b82387, b83284, b83288,\
31      b83297, b83300, b83312, b85184, b85229, b91229, b91248,\
32      b91256, b91260, b95218, b95220, b95237, b95254, b96343,\
33      b96359, b98276, b98280, b98282, b98295)\
34 ] bedrijf
35
36 "##### INVOER GEGEVENS #####"
37 OPEN 'l.dat'; CHAN=2; WIDTH=90
38 READ [CHAN=2] tijd,jaar,bedrijf,cl,doc,k, nh4,no3,p,tp,gws,vfgws; \
39      FREP=*,LEVE,LABE,*,*,*,*,*,*,*,*,*

```

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing	
tijd	1992	1994	1995	1218	0	
cl	4.53	41.88	135.78	1218	80	
doc	3.10	23.95	118.59	1218	639	Skew
k	1.80	22.38	138.00	1218	80	Skew
nh4	-0.0500	0.9099	35.0000	1218	452	Skew
no3	-1.0	146.9	740.0	1218	16	Skew
p	-0.00978	0.05299	4.04700	1218	80	Skew
tp	-0.0620	0.2070	10.4353	1218	0	Skew
gws	-347.5	-128.4	-30.4	1218	0	
vfgws	0.269	1.150	2.770	1218	0	

40

41 CALC tijd= (tijd-INT(tijd))

42 " Tabel voor het aantal waarnemingen per bedrijf per jaar "

43 TABU [CLAS=bedrijf,jaar;PRIN=NOBS] no3

jaar	Nobservd 1992.00	1993.00	1994.00	1995.00
bedrijf				
b14309	4	4	0	1
b15104	4	4	0	0
b15106	4	4	8	1
b15944	4	4	0	1
b15951	0	4	0	1
b15954	4	4	0	1
b15958	4	4	4	1
b15960	4	4	4	1
b15962	4	4	8	1
b15963	4	4	0	1
b16178	4	4	0	1
b16189	4	4	0	1
b16190	4	4	0	1
b16508	4	4	4	2
b16514	4	4	8	2
b16516	4	4	8	1
b17209	4	0	0	1
b17210	4	4	0	1
b17211	4	4	0	1
b17213	4	0	0	1
b17214	4	0	0	1
b17220	4	4	0	1
b17224	4	4	0	1
b17227	4	4	0	1
b17234	4	4	0	1
b17235	4	4	0	1
b17236	4	0	0	1
b23962	0	4	4	4
b31397	0	4	12	8
b34978	0	4	8	8
b36389	4	4	8	2
b39648	0	4	4	8
b41226	0	0	0	0
b41238	0	0	0	0
b41241	0	0	0	0
b41242	0	0	0	0
b41244	0	0	0	0
b48195	4	4	0	1
b48211	4	4	0	2
b48213	4	4	0	0
b48544	4	4	0	1
b53859	0	4	4	8
b60170	0	0	0	0
b60177	0	0	0	0
b62514	0	0	0	0
b63182	0	0	0	0
b65200	4	4	8	1
b65201	4	4	4	2
b65203	4	4	4	1
b65207	0	0	0	0
b65211	0	0	0	0
b66192	4	4	8	1
b66196	4	0	0	0
b66198	4	0	0	0
b66312	0	0	0	0
b66315	0	0	0	0
b80340	4	4	12	2
b80341	4	4	8	2
b80343	4	4	8	2
b80347	4	4	12	1
b80350	4	0	0	0
b80351	4	4	12	2
b80352	4	4	0	1

b80356	4	4	8	2
b80357	4	4	12	2
b80361	4	4	0	1
b80364	4	4	8	2
b80365	4	4	12	2
b80366	4	4	12	2
b81337	4	4	0	1
b81341	4	4	0	1
b81348	4	4	4	2
b81349	4	4	0	1
b81350	4	4	8	2
b81353	4	4	0	1
b81354	4	4	0	1
b81358	0	0	0	0
b81360	4	4	8	2
b81361	4	4	0	1
b81366	4	4	0	1
b81367	4	4	8	2
b81373	0	0	0	0
b81398	0	0	0	0
b82339	4	4	0	0
b82348	4	4	8	2
b82350	4	4	0	2
b82352	4	4	0	1
b82357	4	4	0	1
b82360	4	4	12	2
b82370	4	4	0	1
b82371	4	4	0	1
b82379	4	4	0	1
b82380	4	4	4	2
b82381	4	4	0	1
b82383	4	4	0	1
b82387	4	4	0	2
b83284	4	4	0	2
b83288	4	4	0	2
b83297	4	4	8	2
b83300	4	4	4	2
b83312	4	4	0	2
b85184	0	0	0	0
b85229	0	0	0	0
b91229	4	4	0	2
b91248	4	0	0	0
b91256	4	4	8	2
b91260	4	4	0	2
b95218	4	4	0	2
b95220	4	4	8	2
b95237	4	4	0	1
b95254	4	4	8	2
b96343	4	4	0	0
b96359	4	0	0	0
b98276	4	4	0	2
b98280	4	4	12	2
b98282	4	4	0	1
b98295	4	4	0	2

"Het is niet mogelijk om per bedrijf en per jaar het effect van -tijds- te onderzoeken (met verschillen tussen bemonsteringen) omdat de bedrijven maar een keer per jaar zijn gemeten (met uitzondering van een beperkt aantal bedrijven in 1994).

De bedrijven zijn echter niet elk jaar in dezelfde volgorde bemonsterd. Een bedrijf dat in 1992 vroeg in het jaar is bemonsterd kan in 1993 laat zijn bemonsterd en omgekeerd. We kunnen daarom de nitraatconcentratie van een bemonsterd bedrijf in een jaar schatten met de volgende componenten;

- 1) het overal gemiddelde,
- 2) de gemiddelde afwijking door het bedrijf tov. het overall gemiddelde,
- 3) de gemiddelde afwijking door het jaar tov. het overall gemiddelde,
- 4) de gemiddelde afwijking door bemonsteringstijdstip
 - 4a) vroeg versus laat in alle jaren
 - 4b) vroeg versus laat in een bepaald jaar

We onderzoeken in hoeverre kennis over het bemonsteringstijdstip extra kan bijdragen aan de schatting van de concentratie op het bedrijf"

```

65 " 4a- vroeg vs. laat alle jaren"
66 MODE no3
67 FIT [PRIN=a] bedrijf + jaar + tijd

```

* MESSAGE: Term bedrijf cannot be fully included in the model
because 18 parameters are aliased with terms already in the model

***** Regression Analysis *****

*** Accumulated analysis of variance ***

Change	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.
+ bedrijf	98	5510772.	56232.	18.39
+ jaar	3	2144911.	714970.	233.76
+ tijd	1	14.	14.	0.00
Residual	1099	3361338.	3059.	
Total	1201	11017035.	9173.	

68 " Uit bovenstaande volgt dat tijd voor nitraat geen duidelijke bijdrage levert"

```

69 MODE tp
70 FIT [PRIN=a] bedrijf + jaar + tijd

```

* MESSAGE: Term bedrijf cannot be fully included in the model
because 18 parameters are aliased with terms already in the model

***** Regression Analysis *****

*** Accumulated analysis of variance ***

Change	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.
+ bedrijf	98	56.2283	0.5738	4.40
+ jaar	3	15.9855	5.3285	40.83
+ tijd	1	0.0426	0.0426	0.33
Residual	1115	145.5238	0.1305	
Total	1217	217.7802	0.1789	

"ook niet bij tp "

```

71 MODE doc
72 FIT [PRIN=a] bedrijf + jaar + tijd

```

* MESSAGE: Term bedrijf cannot be fully included in the model
because 19 parameters are aliased with terms already in the model

***** Regression Analysis *****

*** Accumulated analysis of variance ***

Change	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.
+ bedrijf	97	110652.92	1140.75	32.51
+ jaar	3	8376.93	2792.31	79.58
+ tijd	1	97.34	97.34	2.77
Residual	477	16737.68	35.09	
Total	578	135864.88	235.06	

" ook niet bij doc"

```

73

```

```

74 " 4a maar als we ook nog de verdunning weten "
75 MODE no3
76 FIT [PRIN=a] bedrijf + vfgws + jaar + tijd

```

* MESSAGE: Term bedrijf cannot be fully included in the model
because 18 parameters are aliased with terms already in the model

***** Regression Analysis *****

*** Accumulated analysis of variance ***

Change	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.
+ bedrijf	98	5510772.	56232.	19.71
+ vfgws	1	2362279.	2362279.	827.89
+ jaar	3	6098.	2033.	0.71
+ tijd	1	4887.	4887.	1.71
Residual	1098	3132999.	2853.	
Total	1201	11017035.	9173.	

77 "niet bij nitraat"

```

78 MODE tp
79 FIT [PRIN=a] bedrijf + vfgws + jaar + tijd

```

* MESSAGE: Term bedrijf cannot be fully included in the model
because 18 parameters are aliased with terms already in the model

***** Regression Analysis *****

*** Accumulated analysis of variance ***

Change	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.
+ bedrijf	98	56.2283	0.5738	4.40
+ vfgws	1	15.1628	15.1628	116.21
+ jaar	3	1.0191	0.3397	2.60
+ tijd	1	0.0178	0.0178	0.14
Residual	1114	145.3521	0.1305	
Total	1217	217.7802	0.1789	

"niet bij tp"

```

80 MODE doc
81 FIT [PRIN=a] bedrijf + vfgws + jaar + tijd

```

* MESSAGE: Term bedrijf cannot be fully included in the model
because 19 parameters are aliased with terms already in the model

***** Regression Analysis *****

*** Accumulated analysis of variance ***

Change	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.
+ bedrijf	97	110652.92	1140.75	32.79
+ vfgws	1	8111.25	8111.25	233.15
+ jaar	3	473.35	157.78	4.54
+ tijd	1	67.70	67.70	1.95
Residual	476	16559.66	34.79	
Total	578	135864.88	235.06	

"niet bij doc "

82

83 " 4b Bijdrage bemonsteringstijdstip in een bepaald jaar "

84 MODE no3

85 FIT [CONST=OMIT] bedrijf + jaar/tijd

***** Regression Analysis *****

Response variate: no3

Fitted terms: bedrijf + jaar + tijd.jaar

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	105	7763139.	73935.
Residual	1096	3253896.	2969.
Total	1201	11017035.	9173.

Percentage variance accounted for 67.6

* MESSAGE: The following units have large residuals:

613	4.43
704	4.85
888	5.26
1075	-3.94
1079	-3.66
1114	4.43
1131	3.91
1165	-3.34
1167	7.47

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
jaar 1992	83.4	28.1	2.96
jaar 1993	103.4	25.6	4.04
jaar 1994	-96.1	27.5	-3.50
jaar 1995	0	*	*
tijd.jaar 1992	-66.4	40.5	-1.64
tijd.jaar 1993	-132.5	30.8	-4.30
tijd.jaar 1994	97.4	24.7	3.94
tijd.jaar 1995	-144.0	70.7	-2.04

"in een jaar wel bijdragen of invloeden voor nitraat; 1993 dalend en 1994 stijgend "

86 MODE tp

87 FIT [CONST=OMIT] bedrijf + jaar/tijd

***** Regression Analysis *****

Response variate: tp

Fitted terms: bedrijf + jaar + tijd.jaar

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	105	72.8	0.6930
Residual	1112	145.0	0.1304
Total	1217	217.8	0.1789

Percentage variance accounted for 27.1

* MESSAGE: The following units have large residuals:

49	26.86
50	-3.83
51	-3.77
52	-3.71
53	-3.52
55	-3.33
56	-3.54
610	-3.53

611	-3.39
612	-3.66
613	-3.62
614	-3.75
616	-3.72
625	8.03
626	5.10
627	9.10

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
jaar 1992	-0.249	0.186	-1.34
jaar 1993	-0.118	0.164	-0.72
jaar 1994	0.216	0.182	1.19
jaar 1995	0	*	*
tijd.jaar 1992	0.414	0.265	1.56
tijd.jaar 1993	0.099	0.194	0.51
tijd.jaar 1994	-0.077	0.164	-0.47
tijd.jaar 1995	0.685	0.467	1.47

" geen duidelijke bijdrage bemonsteringstijdstip per jaar voor tp"

88 MODE doc
89 FIT [CONST=OMIT] bedrijf + jaar/tijd

***** Regression Analysis *****

Response variate: doc
Fitted terms: bedrijf + jaar + tijd.jaar

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	104	119163.	1145.80
Residual	474	16702.	35.24
Total	578	135865.	235.06

Percentage variance accounted for 85.0

* MESSAGE: The following units have large residuals:

252	-3.29
254	3.48
610	-3.28
612	-5.63
613	-3.64
618	3.42
620	4.21
626	3.98

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
jaar 1992	-6.5	10.2	-0.64
jaar 1993	-12.3	12.7	-0.97
jaar 1994	6.30	9.15	0.69
jaar 1995	0	*	*
tijd.jaar 1992	10.03	9.26	1.08
tijd.jaar 1993	41.9	37.6	1.11
tijd.jaar 1994	16.6	13.0	1.28
tijd.jaar 1995	17.1	23.8	0.72

"geen duidelijke bijdrage bemonsteringstijdstip per jaar voor doc "

90

"Omdat van sommige bedrijven meerdere monsters aanwezig zijn kunnen deze bedrijven meer gewicht in de schaal leggen. Daarom middelen we tot een monster per bedrijf en jaar "

94 TABL [CLAS=bedrijf,jaar] tno3,ttp,tdoc,ttijd,tvf

95 TABU no3,tp,doc,tijd,vfgws; MEAN=tno3,ttp,tdoc,ttijd,tvf

96 PRIN ttijd

jaar	ttijd	1992.00	1993.00	1994.00	1995.00
bedrijf					
b14309	0.4620	0.2384	*	0.2164	
b15104	0.4774	0.5003	*	*	
b15106	0.4960	0.3983	0.4982	0.3890	
b15944	0.2341	0.2243	*	0.2137	
b15951	*	0.3216	*	0.2192	
b15954	0.3484	0.2217	*	0.2439	
b15958	0.4552	0.5106	0.4048	0.3829	
b15960	0.2992	0.4752	0.4219	0.4493	
b15962	0.2720	0.5840	0.4517	0.3151	
b15963	0.4553	0.2329	*	0.2603	
b16178	0.2500	0.2068	*	0.2219	
b16189	0.2524	0.2076	*	0.2356	
b16190	0.4172	0.2450	*	0.1836	
b16508	0.2869	0.4945	0.3654	0.3864	
b16514	0.2644	0.5658	0.4879	0.3177	
b16516	0.3649	0.5580	0.4884	0.3671	
b17209	0.2662	0.1872	*	0.1808	
b17210	0.3590	0.2626	*	0.2739	
b17211	0.3755	0.2423	*	0.2576	
b17213	0.3235	0.1876	*	0.1946	
b17214	0.3099	0.1823	*	0.1973	
b17220	0.3532	0.2014	*	0.2712	
b17224	0.3207	0.2000	*	0.1781	
b17227	0.4221	0.2598	*	0.2548	
b17234	0.3860	0.2516	*	0.2000	
b17235	0.3813	0.2630	*	0.2028	
b17236	0.3779	0.1822	*	0.1753	
b23962	*	0.5684	0.4027	0.4369	
b31397	*	0.6232	0.3557	0.3299	
b34978	*	0.5465	0.4464	0.3575	
b36389	0.4597	0.5850	0.4774	0.3124	
b39648	*	0.4619	0.4224	0.3728	
b41226	*	*	*	*	
b41238	*	*	*	*	
b41241	*	*	*	*	
b41242	*	*	*	*	
b41244	*	*	*	*	
b48195	0.5890	0.5497	*	0.2603	
b48211	0.5874	0.6016	*	0.3726	
b48213	0.5956	0.3547	*	*	
b48544	0.5684	0.2972	*	0.2576	
b53859	*	0.5656	0.3986	0.4070	
b60170	*	*	*	*	
b60177	*	*	*	*	
b62514	*	*	*	*	
b63182	*	*	*	*	
b65200	0.2780	0.5301	0.4718	0.3124	
b65201	0.4556	0.4739	0.4478	0.3864	
b65203	0.5757	0.5876	0.3769	0.4438	
b65207	*	*	*	*	
b65211	*	*	*	*	
b66192	0.5328	0.6117	0.4991	0.3890	
b66196	0.5389	*	*	*	
b66198	0.5704	*	*	*	
b66312	*	*	*	*	
b66315	*	*	*	*	
b80340	0.5192	0.4436	0.3726	0.3315	
b80341	0.3619	0.5452	0.3553	0.4465	
b80343	0.5192	0.3355	0.3519	0.4520	
b80347	0.5341	0.4315	0.3767	0.4274	
b80350	0.4933	*	*	*	
b80351	0.4781	0.4046	0.3521	0.3507	
b80352	0.3948	0.3265	*	0.2356	
b80356	0.3826	0.6068	0.4314	0.4137	

b80357	0.4879	0.4890	0.3859	0.3479
b80361	0.4112	0.5916	*	0.2384
b80364	0.5164	0.4342	0.4094	0.4302
b80365	0.4987	0.4177	0.4049	0.3342
b80366	0.3618	0.4506	0.4089	0.3534
b81337	0.4413	0.4414	*	0.2548
b81341	0.5126	0.3004	*	0.2418
b81348	0.4371	0.4530	0.4667	0.4548
b81349	0.4220	0.3126	*	0.2521
b81350	0.4379	0.3599	0.5150	0.3507
b81353	0.4326	0.2384	*	0.2411
b81354	0.5059	0.3162	*	0.2767
b81358	*	*	*	*
b81360	0.4438	0.4417	0.4531	0.3917
b81361	0.4399	0.4685	*	0.2739
b81366	0.4235	0.4302	*	0.2794
b81367	0.5022	0.4302	0.3767	0.4274
b81373	*	*	*	*
b81398	*	*	*	*
b82339	0.4407	0.3411	*	*
b82348	0.4697	0.6067	0.4484	0.4137
b82350	0.3969	0.5591	*	0.3917
b82352	0.3661	0.5395	*	0.2712
b82357	0.4880	0.4997	*	0.2931
b82360	0.4808	0.5109	0.3847	0.3342
b82370	0.3339	0.5123	*	0.2931
b82371	0.3481	0.3022	*	0.3014
b82379	0.5040	0.2893	*	0.2959
b82380	0.3065	0.4535	0.3515	0.4110
b82381	0.3203	0.3945	*	0.2986
b82383	0.4573	0.2805	*	0.2959
b82387	0.4126	0.5274	*	0.3096
b83284	0.5147	0.4698	*	0.3287
b83288	0.3650	0.4889	*	0.4055
b83297	0.4621	0.2450	0.3711	0.4082
b83300	0.4665	0.4178	0.4532	0.4164
b83312	0.3754	0.4811	*	0.3699
b85184	*	*	*	*
b85229	*	*	*	*
b91229	0.5492	0.4564	*	0.3096
b91248	0.5612	*	*	*
b91256	0.5328	0.6039	0.3931	0.3562
b91260	0.5368	0.2895	*	0.3124
b95218	0.5723	0.3739	*	0.3754
b95220	0.5601	0.4134	0.4401	0.4493
b95237	0.5765	0.4890	*	0.2794
b95254	0.5508	0.5713	0.4124	0.3534
b96343	0.5649	0.5091	*	*
b96359	0.5724	*	*	*
b98276	0.5372	0.3602	*	0.4329
b98280	0.5587	0.5507	0.4238	0.3370
b98282	0.5139	0.3395	*	0.2767
b98295	0.5504	0.3547	*	0.3671

```

97 VARI [NVAL=468] mno3, mtp, mdoc, mtijd, mvf
98 EQUA tno3, ttp, tdoc, ttijd, tvf; mno3, mtp, mdoc, mtijd, mvf
99 FACT [NVAL=468; LEVE= !(1...117)] lbed; !(4(1...117))
100 FACT [NVAL=468; LEVE= !(92,93,94,95)] jr; !((92,93,94,95)117)
101 "einde middeling"
102

```

```

103  " Vervolg van het onderzoek naar invloed bemonsteringstijdstip"
104  " 4a; vroeg vs. laat over alle jaren maar met 1 bedrijfsgemiddelde per
jaar"
105  MODE mno3
106  FIT [PRIN=a] lbed + jr + mtijd

```

```

* MESSAGE: Term lbed cannot be fully included in the model
because 18 parameters are aliased with terms already in the model

```

```
***** Regression Analysis *****
```

```
*** Accumulated analysis of variance ***
```

Change	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.
+ lbed	98	1300771.	13273.	7.08
+ jr	3	669655.	223218.	119.02
+ mtijd	1	8919.	8919.	4.76
Residual	210	393861	1876.	
Total	312	2373206	7606.	

```

107  "voor nitraat geen bijdrage"
108  MODE mtp
109  FIT [PRIN=a] lbed + jr + mtijd

```

```

* MESSAGE: Term lbed cannot be fully included in the model
because 18 parameters are aliased with terms already in the model

```

```
***** Regression Analysis *****
```

```
*** Accumulated analysis of variance ***
```

Change	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.
+ lbed	98	15.50823	0.15825	2.25
+ jr	3	5.82873	1.94291	27.64
+ mtijd	1	0.10269	0.10269	1.46
Residual	214	15.04433	0.07030	
Total	316	36.48397	0.11546	

```
" geen invloed bemonsteringstijd op nitraat"
```

```

110  MODE mdoc
111  FIT [PRIN=a] lbed + jr + mtijd

```

```

* MESSAGE: Term lbed cannot be fully included in the model
because 19 parameters are aliased with terms already in the model

```

```
***** Regression Analysis *****
```

```
*** Accumulated analysis of variance ***
```

Change	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.
+ lbed	97	36786.88	379.25	9.41
+ jr	3	2367.23	789.08	19.57
+ mtijd	1	6.45	6.45	0.16
Residual	71	2862.11	40.31	
Total	172	42022.67	244.32	

```
"geen invloed bemonsteringstijdstip op doc"
```

```

112      " 4a; +verdunning; vroeg vs.laat over alle jaren; 1 bedrijfsgemiddelde per
jaar"
114      MODE mno3
115      FIT [PRIN=a] lbed + mvf + jr + mtijd

```

* MESSAGE: Term lbed cannot be fully included in the model
because 18 parameters are aliased with terms already in the model

***** Regression Analysis *****

*** Accumulated analysis of variance ***

Change	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.
+ lbed	98	1300771.	13273.	7.77
+ mvf	1	713711	713711.	417.59
+ jr	3	83.	280.	0.16
+ mtijd	1	677.	677.	0.40
Residual	209	357208.	1709.	
Total	312	2373206.	7606.	

```

116      "voor nitraat geen bijdrage aan de schatting door jaar en tijd "

```

```

117      MODE mtp
118      FIT [PRIN=a] lbed + mvf + jr + mtijd

```

* MESSAGE: Term lbed cannot be fully included in the model
because 18 parameters are aliased with terms already in the model

***** Regression Analysis *****

*** Accumulated analysis of variance ***

Change	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.
+ lbed	98	15.50823	0.15825	2.24
+ mvf	1	5.57594	5.57594	79.03
+ jr	3	0.30432	0.10144	1.44
+ mtijd	1	0.06646	0.06646	0.94
Residual	213	15.02902	0.07056	
Total	316	36.48397	0.11546	

```

" geen invloed bemonsteringstijdstip op tp "

```

```

119      MODE mdoc
120      FIT [PRIN=a] lbed + mvf + jr + mtijd

```

* MESSAGE: Term lbed cannot be fully included in the model
because 19 parameters are aliased with terms already in the model

***** Regression Analysis *****

*** Accumulated analysis of variance ***

Change	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.
+ lbed	97	36786.88	379.25	9.88
+ mvf	1	2358.79	2358.79	61.43
+ jr	3	188.39	62.80	1.64
+ mtijd	1	0.86	0.86	0.02
Residual	70	2687.75	38.40	
Total	172	42022.67	244.32	

```

"geen invloed op doc"

```

123 " 4b; vroeg vs. laat in een jaar; 1 bedrijfsgemiddelde per jaar"

124 MODE mno3

125 FIT [CONST=OMIT] lbed + jr/mtijd

***** Regression Analysis *****

Response variate: mno3

Fitted terms: lbed + jr + mtijd.jr

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	105	1987599.	18930.
Residual	207	385607.	1863.
Total	312	2373206.	7606.

Percentage variance accounted for 75.5

* MESSAGE: The following units have large residuals:

252	-3.20
423	3.59

* MESSAGE: The following units have high leverage.

209	1.00
213	1.00
241	1.00
417	1.00
449	1.00

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
jr 92	82.3	32.9	2.50
jr 93	99.8	27.9	3.58
jr 94	-144.0	78.4	-1.84
jr 95	0	*	*
mtijd.jr 92	-58.5	61.3	-0.96
mtijd.jr 93	-118.0	47.1	-2.51
mtijd.jr 94	226.	172.	1.31
mtijd.jr 95	-136.6	77.7	-1.76

"ietsiepietsie invloed op nitraat in 1993 "

126 MODE mtp

127 FIT [CONST=OMIT] lbed + jr/mtijd

***** Regression Analysis *****

Response variate: mtp

Fitted terms: lbed + jr + mtijd.jr

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	105	21.53	0.20509
Residual	211	14.95	0.07085
Total	316	36.48	0.11546

Percentage variance accounted for 38.6

* MESSAGE: The following units have large residuals:

21	7.20
22	-4.15
24	-3.06
253	-6.4
254	-3.82
256	9.90

* MESSAGE: The following units have high leverage:

209	1.00
-----	------

213	1.00
241	1.00
417	1.00
449	1.00

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
jr 92	-0.351	0.203	-1.73
jr 93	-0.188	0.161	-1.17
jr 94	-0.083	0.480	-0.17
jr 95	0	*	*
mtijd.jr 92	0.508	0.375	1.35
mtijd.jr 93	0.119	0.277	0.43
mtijd.jr 94	0.46	1.06	0.44
mtijd.jr 95	0.518	0.476	1.09

"geen invloed op tp "

128 MODE mdoc
129 FIT [CONST=OMIT] lbed + jr/mtijd

***** Regression Analysis *****

Response variate: mdoc
Fitted terms: lbed + jr + mtijd.jr

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.
Regression	104	39176.	376.69
Residual	68	2847.	41.87
Total	172	42023.	244.32

Percentage variance accounted for 82.9

* MESSAGE: The following units have large residuals

253	-5.29
256	3.05

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t
jr 92	-5.4	14.3	-0.38
jr 93	-11.7	22.2	-0.53
jr 94	15.7	24.9	0.63
jr 95	0	*	*
mtijd.jr 92	4.7	15.9	0.30
mtijd.jr 93	35.7	80.4	0.44
mtijd.jr 94	-14.3	56.9	-0.25
mtijd.jr 95	13.7	31.2	0.44

"geen invloed op doc "

130
131 STOP

***** End of job. Maximum of 72596 data units used at line 106 (952934 left)

Bijlage VIII: Regressie-analyse met nitraatconcentratie als te verklaren variabele

***** Regression Analysis *****

Response variate: lnnitrat

Fitted terms: Constant, lnverdun, lnPgem, lnnat, lndroog, lnpcmais, lnNover

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Regression	6	82.90	13.8165	73.91	<.001
Residual	238	44.49			0.1869
Total	244	127.39			0.5221

Percentage variance accounted for 64.2

Standard error of observations is estimated to be 0.432

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t(238)	t pr.
Constant	-2.745	0.636	-4.32	<.001
lnverdun	0.8972	0.0536	16.74	<.001
lnPgem	0.4443	0.0890	4.99	<.001
lnnat	-0.0585	0.0218	-2.68	0.008
lndroog	0.0538	0.0191	2.82	0.005
lnpcmais	0.0735	0.0256	2.87	0.004
lnNover	0.4519	0.0966	4.68	<.001

Bijlage IX: Regressie-analyse met kaliumconcentratie als te verklaren variabele

***** Regression Analysis *****

Response variate: kalium

Fitted terms: Constant, Kover, verdun, pcmais, Ptoest, drainha, maaipc

*** Summary of analysis ***

	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	Fpr.
Regression	6	12297.	2049.6	13.78	<.001
Residual	238	35405.	148.8		
Total	244	47702.	195.5		
Change	-6	-12297.	2049.6	13.78	<.001

Percentage variance accounted for 23.9

Standard error of observations is estimated to be 12.2

*** Estimates of regression coefficients ***

	estimate	s.e.	t(238)	tpr.
Constant	11.92	3.86	3.09	0.002
Kover	0.05299	0.00948	5.59	<.001
verdun	0.0222	0.0160	1.39	0.166
pcmais	0.1240	0.0586	2.12	0.035
Ptoest	2.060	0.613	3.36	<.001
drainha	-0.00361	0.00176	-2.05	0.041
maaipc	-0.0314	0.0115	-2.74	0.007