

Ontwikkeling van een procesbesturing voor oxydatiesloten

*Vergelijking van een zuurstof-, een
ammonium / zuurstof- en een
nitraat / ammonium / zuurstofregeling*



97

w 03

Ontwikkeling van een procesbesturing voor oxydatiesloten

*Vergelijking van een zuurstof-, een
ammonium / zuurstof- en een
nitraat / ammonium / zuurstofregeling*

Arthur van Schendelstraat 816
Postbus 8090, 3503 RB Utrecht
Telefoon 030 232 11 99
Fax 030 232 17 66

Publicaties en het publicatie-
overzicht van de STOWA kunt u
uitsluitend bestellen bij:
Hageman Verpakkers BV
Postbus 281
2700 AC Zoetermeer
tel. 079 - 361 11 88
fax 079 - 361 39 27
o.v.v. ISBN- of bestelnummer en
een duidelijk afleveradres.
ISBN 90.74476.96.1

97 w 03

INHOUDSOPGAVE

| | | |
|-------------|--|----|
| 1 | INLEIDING | 3 |
| 2 | ACHTERGROND | 4 |
| 3 | DOELSTELLING | 5 |
| 4 | BESCHRIJVING VAN DE RWZI BEEMSTER | 6 |
| 5 | PROEFOPZET | 7 |
| 5.1 | Beschrijving van de metingen | 7 |
| 5.2 | Beschrijving van de regelingen | 7 |
| 5.2.1 | De zuurstofregeling | 7 |
| 5.2.2 | De ammonium/zuurstofregeling | 8 |
| 5.2.3 | De nitraat/ammonium/zuurstofregeling | 8 |
| 5.3 | Fasering van het onderzoek | 9 |
| 5.4 | Bemonstering en analyse | 9 |
| 5.4.1 | Bemonstering | 9 |
| 5.4.2 | Standaardanalyses | 10 |
| 5.4.3 | Procescondities | 10 |
| 5.4.4 | Bijzondere metingen | 11 |
| 5.4.5 | On-line monitoren | 11 |
| 6 | SIMULATIE | 12 |
| 6.1 | Inleiding en doelstelling | 12 |
| 6.2 | Beschrijving van het model | 12 |
| 6.3 | Simulatieresultaten van fase 2 | 12 |
| 6.4 | Simulatieresultaten van fase 3 | 13 |
| 7 | EVALUATIE VAN DE RESULTATEN | 15 |
| 7.1 | De resultaten van fase 1 | 15 |
| 7.2 | De resultaten van fase 2 | 15 |
| 7.3 | De resultaten van fase 3 | 16 |
| 7.4 | Invloed van de regelingen op het actief slib en het energieverbruik | 16 |
| 7.5 | Bedrijfsvoeringsaspecten | 16 |
| 7.6 | Kosten | 17 |
| 8 | CONCLUSIES | 18 |
| Bijlage 1: | Overzicht van medewerkers | |
| Bijlage 2: | Processchema van de rwzi Beemster | |
| Bijlage 3: | Dimensioneringsgegevens van de rwzi Beemster | |
| Bijlage 4: | Resultaten van de influentkarakterisering | |
| Bijlage 5: | Resultaten van de simulatie voor fase 2 | |
| Bijlage 6: | Vergelijking van de aangepaste simulaties van fase 2 met de praktijk | |
| Bijlage 7: | Resultaten van de simulatie voor fase 3 | |
| Bijlage 8: | Praktijkresultaten van fase 2 | |
| Bijlage 9: | Praktijkresultaten van fase 3 | |
| Bijlage 10: | Belasting van de rwzi in fase 3 | |
| Bijlage 11: | Resultaten van de NO ₃ /NH ₄ /O ₂ -regeling met gedempt O ₂ -signaal | |

SAMENVATTING

In de periode november 1994 t/m november 1996 is door het Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier het praktijkonderzoek 'Ontwikkeling van een procesbesturing voor oxydatiesloten: vergelijking van een zuurstof-, een ammonium/zuurstof- en een nitraat/ammonium/zuurstofregeling' uitgevoerd. Dit project vond plaats in het kader van het STOWA-project 'Regelen van P- en N-verwijderingsprocessen in de praktijk'.

De doelstelling van dit onderzoek is het ontwikkelen van een procesbesturing voor de zuurstof-inbreng voor oxydatiesloten op basis van conventionele (PI(D)) meet- en regelstrategieën, met behulp van de on-line meting van ammonium en nitraat.

De beproefde stikstofregelingen zijn zogenaamde cascaderelingen. Dit houdt in dat de ammonium- of nitraat/ammoniumregeling het zuurstofsetpoint bepaald. De zuurstofregeling stuurt vervolgens de beluchters aan.

Met alle regelingen (O_2 , NH_4/O_2 en $NO_3/NH_4/O_2$) is een effluentkwaliteit van 5 à 6 mg N_{totaal}/l haalbaar.

Aangezien er geen statistische toets kon worden uitgevoerd, is bij de huidige belasting van de rwzi is niet eenduidig aan te geven welke regeling het beste functioneert.

Aangezien de het optimaliseren van regelingen en regelaars in de praktijk veel tijd kost, zijn de optimale instellingen bepaald met behulp van simulatie. De regeling zijn vervolgens kortdurend in de praktijk getest. Tussen de praktijkresultaten en de simulatieresultaten bestond aanvankelijk een verschil. Dit werd veroorzaakt door een discrepantie tussen de met het simulatiemodel bepaalde regelparameters en de in de PLC geïmplementeerde regelparameters. Nadat dit aangepast was, kwamen de resultaten beter overeen.

1 INLEIDING

In dit rapport worden de resultaten van het praktijkonderzoek 'Ontwikkeling van een procesbesturing voor oxydatiesloten: vergelijking van een zuurstof-, ammonium/zuurstof- en een nitraat/ammonium/zuurstof-regeling' weergegeven.

Het onderzoek is uitgevoerd door het Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier en vond plaats in de periode november 1994 t/m november 1996.

Het onderzoek is begeleid door de STOWA in het kader van het project 'Regelen van P- en N-verwijderingsprocessen in de praktijk'. Deze STOWA-begeleidingscommissie heeft parallel in werkgroepverband meerdere onderzoeken van waterkwaliteitsbeheerders begeleid.

In *bijlage 1* is een overzicht opgenomen met personen die een bijdrage aan het onderzoek hebben geleverd.

In hoofdstuk 2 wordt op de achtergrond van het project ingegaan. De doelstelling van het project wordt beschreven in hoofdstuk 3. Hoofdstuk 4 geeft een beschrijving van de rwzi Beemster. De proefopzet van het praktijkonderzoek is weergegeven in hoofdstuk 5. Hier wordt onder meer ingegaan op de keuze en beschrijving van de regeling. In hoofdstuk 6 wordt nader ingegaan op de simulatie.

De resultaten van het onderzoek zijn weergegeven in hoofdstuk 7. In hoofdstuk 8 wordt afgesloten met conclusies.

2 ACHTERGROND

Het Hoogheemraadschap heeft het beleid vastgesteld om met ingang van 1995 respectievelijk 2003 75 % van de op de rwzi's aangevoerde vrachten totaalfosfaat en -stikstof uit het afvalwater te verwijderen.

In het kader van het STOWA-project 'Regelen van P- en N-verwijderingsprocessen in de praktijk' is het onderzoek van 'Ontwikkeling van een procesbesturing voor oxydatiesloten' als één van de participatie-projecten geselecteerd.

Aangezien Uitwaterende Sluizen een groot aantal omloopreactoren beheert, is het onderzoek afgestemd op de ontwikkeling van een procesbesturing voor oxydatiesloten. De huidige rwzi's worden bestuurd op basis van zuurstofmeting. Voor het realiseren van het P- en N-beleid wordt een aantal rwzi's uitgebreid en zal er scherper moeten worden gestuurd. Deze uitgebreide rwzi's zullen in eerste instantie worden bestuurd op basis van zuurstofmeting. Afhankelijk van de resultaten van het onderzoek zullen andere regelingen worden geïmplementeerd.

Het onderzoek is uitgevoerd op de rwzi Beemster, aangezien deze rwzi representatief is voor een groot aantal rwzi's in beheer bij Uitwaterende Sluizen.

Naast dit onderzoek, waarin drie regelingen op basis van respectievelijk O_2 , NH_4/O_2 en $NO_3/NH_4/O_2$ worden vergeleken, is er ook onderzoek uitgevoerd naar een regeling op basis van respirometrie. De resultaten hiervan zijn separaat gerapporteerd¹.

¹ 'Procesbesturing van oxydatiesloten op basis van respirometrie - Ontwikkelen en toepassen van meet- en regelstrategieën met de MSL-respirometer op de rwzi Beemster', STOWA/Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier, Edam, 1997, 97-W-02

3 DOELSTELLING

De doelstelling van dit onderzoek is het ontwikkelen van een procesbesturing voor de zuurstofinbreng voor oxydatiesloten op basis van conventionele (PI(D)) meet- en regelstrategieën, met behulp van de on-line meting van ammonium en nitraat.

De doelstelling van dit onderzoek sluit, om de volgende redenen, aan bij de doelstelling van het STOWA-project:

- het betreft een voor de Nederlandse situatie representatieve rwzi (carrousel);
- er worden on-line monitoren voor ammonium en nitraat toegepast;
- de nieuw te ontwikkelen procesregeling(en) worden vergeleken met de huidige procesregeling (op basis van zuurstofmeting).

4 BESCHRIJVING VAN DE RWZI BEEMSTER

De ontwerpcapaciteit van de rwzi Beemster bedraagt na de uitbreiding in 1992 96.300 i.e. (op basis van 54 g BZV). De hydraulische capaciteit van de rwzi bedraagt 3600 m³/uur. Het afvalwater wordt aangevoerd via verschillende persleidingen, die vlak voor de rwzi worden samengevoegd tot één persleiding. Het effluent wordt geloosd op het Noordhollandsch Kanaal.

In *bijlage 2* is een processchema van de rwzi Beemster weergegeven.

De waterlijn bestaat uit een carrousel met een onbeluchte selector. Voor de fosfaatverwijdering wordt ijzer(II)sulfaat gedoseerd in de carrousel.

De bestaande rwzi is in 1992 uitgebreid met extra beluchtingscapaciteit.

De ontwerp-slibbelasting van de rwzi is 0,071 kg BZV/(kg ds.dag). De effluenteisen staan vermeld in *tabel 1*.

| parameter | eenheid | minimum | gemiddeld ¹ | maximum |
|--------------------------|---------|---------|------------------------|---------|
| pH | - | 6,5 | | 8,5 |
| onopgeloste bestanddelen | mg/l | | ≤ 15 | |
| BZV | mg/l | | ≤ 10 | |
| N _{Kjeldahl} | mg/l | | ≤ 10 | |
| P _{totaal} | mg/l | | ≤ 2 | |

¹ bepaald als voortschrijdend gemiddelde in 10 opeenvolgende volumeproportionele etmaalmonsters

Tabel 1: Overzicht van de lozingseisen voor de rwzi Beemster

De sliblijn bestaat uit een drietal gravitatie-indikers en twee ontwateringscentrifuges. Hier wordt het slib ontwaterd tot circa 22 % droge-stof. Sinds eind 1995 wordt het ontwaterde slib afgevoerd naar de slibdrooginstallatie in Beverwijk.

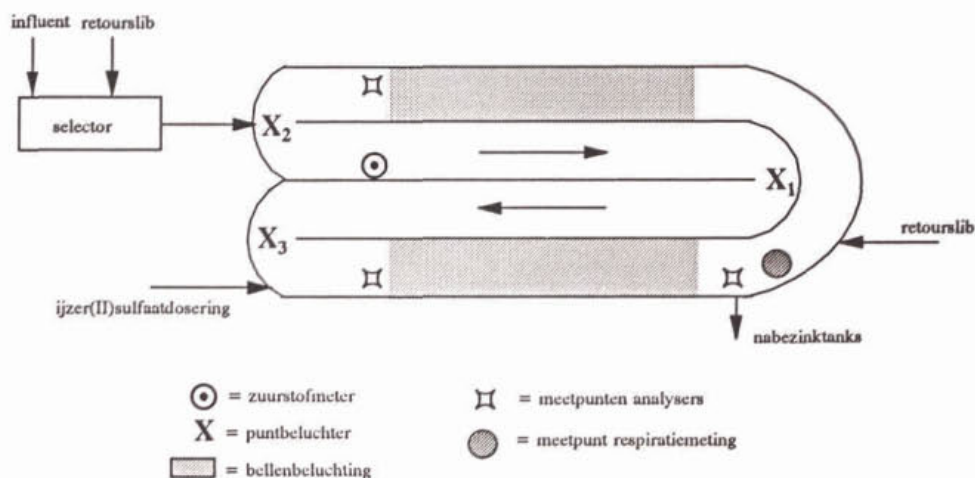
In *bijlage 3* zijn de belangrijkste dimensioneringsgegevens van de rwzi weergegeven.

De rwzi wordt door middel van een PLC met beeldschermbesturing geregeld.

5 PROEFOPZET

5.1 Beschrijving van de metingen

Ten behoeve van de verschillende regelingen wordt op een drietal plaatsen in de carousel continu het ammonium- en nitraatgehalte gemeten. Daarnaast wordt op één plaats het zuurstofgehalte gemeten. In *figuur 1* zijn de verschillende meetpunten weergegeven.



Figuur 1: Meetpunten van de analysers en de zuurstofmeter

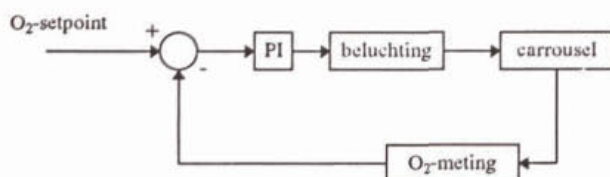
De continumetingen worden uitgevoerd met apparatuur van Skalar. De uitgangssignalen worden naar de PLC van de rwzi gestuurd en worden als kwartiergemiddeldewaarden vastgelegd in dataloggers.

In de praktijk is voor de regelingen alleen gebruik gemaakt van de analysegegevens van het meetpunt bij de afloop naar de nabezinktanks.

5.2 Beschrijving van de regelingen

5.2.1 De zuurstofregeling

In *figuur 2* is het regelschema van de zuurstofregeling weergegeven.



Figuur 2: Schema van de zuurstofregeling

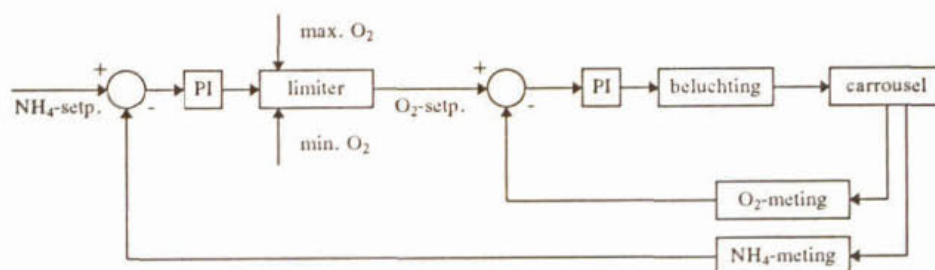
In de carousel wordt het zuurstofgehalte gemeten. Dit zuurstofgehalte wordt vergeleken met het ingestelde zuurstofsetpoint. Afhankelijk van het verschil tussen gemeten waarde en setpoint en afhankelijk van de snelheid waarmee dit verschil verandert, stuurt de PI-regelaar een uitgangs-

signaal van 0 tot 100% naar de beluchters. Afhankelijk van de grootte van dit signaal worden één of meerdere beluchters in- of uitgeschakeld.

De beluchting bestaat uit twee blowers, waarvan de lucht wordt verdeeld over de beide buitenste benen van de carrousel (zie ook *figuur 1*), en uit drie puntbeluchters. Zowel de blowers als de puntbeluchters zijn niet in toerental regelbaar.

5.2.2 De ammonium/zuurstofregeling

In *figuur 3* is het regelschema van de ammonium/zuurstofregeling weergegeven.



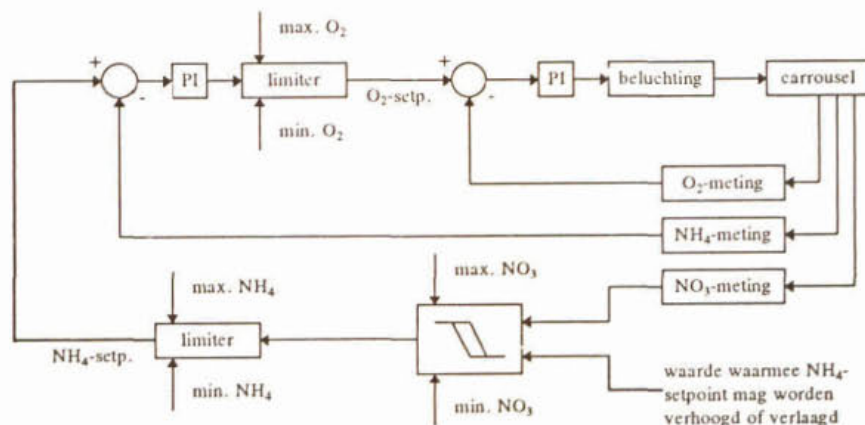
Figuur 3: Schema van de ammonium/zuurstofregeling

De regeling is een zogenaamde cascaderregeling. Dit houdt in dat de zuurstofregeling de beluchters blijft aansturen, maar dat het zuurstofsetpoint wordt bepaald door de ammoniumregeling.

In de carrousel wordt het ammoniumgehalte gemeten. Dit wordt vergeleken met het ingestelde ammoniumsetpoint. Afhankelijk van het verschil tussen gemeten waarde en setpoint en afhankelijk van de snelheid waarmee het verschil verandert, stuurt de PI-regelaar een waarde van tussen 0 en 100% uit. Deze uitgangswaarde van de ammoniumregelaar bepaalt het zuurstofsetpoint. Dit setpoint kan met behulp van een limiter worden begrensd tussen twee waarden. De in *paragraaf 5.2.1* beschreven zuurstofregeling stuurt vervolgens de beluchters aan.

5.2.3 De nitraat/ammonium/zuurstofregeling

In *figuur 4* is het regelschema van de nitraat/ammonium/zuurstofregeling weergegeven.



Figuur 4: Schema van de nitraat/ammonium/zuurstofregeling

Ook deze regeling is een cascaderегeling. Hierbij bepaalt het nitraatgehalte het ammoniumsetpoint, de ammoniumregeling bepaalt het zuurstofsetpoint en de zuurstofregeling stuurt de beluchters aan.

In de carrousel wordt het nitraatgehalte gemeten. Als het nitraatgehalte boven een bepaalde waarde ligt, wordt het ammoniumsetpoint met een in te stellen waarde verhoogd. Als het nitraatgehalte onder een in te stellen waarde ligt, wordt het ammoniumsetpoint verlaagd. Indien het nitraatgehalte tussen de minimum en maximum waarde ligt, wordt het ammoniumsetpoint ingesteld op de gemiddelde waarde tussen het minimum en maximum ammoniumsetpoint. Vervolgens functioneert de regeling verder als de eerder beschreven ammonium/zuurstofregeling.

5.3 Fasering van het onderzoek

Het onderzoek is uitgevoerd in drie fasen. In fase 1 zijn gedurende een periode van vier maanden de drie regelingen in de praktijk geoptimaliseerd en met elkaar vergeleken. In fase 2 zijn met behulp van simulatie de optimale instellingen van de regelingen en regelaars bepaald, en zijn de regeling kort in de praktijk beproefd. In fase 3 zijn de regelingen opnieuw gesimuleerd en in de praktijk getest.

In tabel 2 zijn de fasen in de tijd aangegeven.

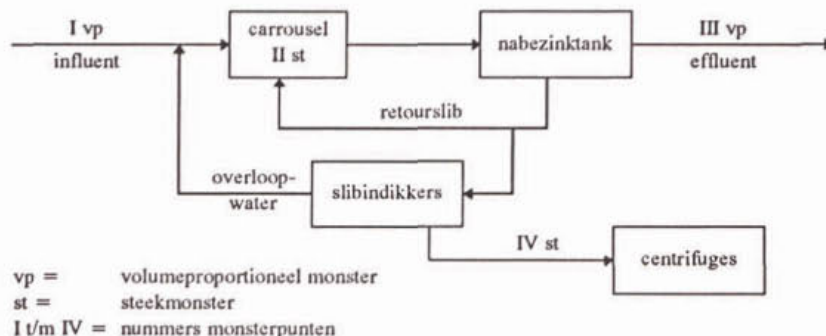
| fasen | periode |
|--------|------------------------------|
| fase 1 | november 1994 t/m april 1995 |
| fase 2 | mei 1995 t/m augustus 1995 |
| fase 3 | mei 1996 t/m november 1996 |

Tabel 2: Overzicht van de verschillende fasen

5.4 Bemonstering en analyse

5.4.1 Bemonstering

In figuur 5 is aangegeven welke stromen tijdens het onderzoek zijn bemonsterd en welk type monster dit betreft.



Figuur 5: Overzicht van de verschillende monsterpunten

5.4.2 Standaardanalyses

De bemonstering van de rwzi Beemster geschiedt overeenkomstig het Nationaal Standaard Programma. Dit houdt in een bemonsteringsfrequentie van eenmaal per week.

In tabel 3 is aangegeven welke analyses in de verschillende monsters zijn uitgevoerd.

| analyses | influent | actief slib | effluent | ingedikt slib |
|--------------------------|----------|-------------|----------|---------------|
| pH | X | X | X | |
| BZV | X | | X | |
| CZV | X | | X | |
| N _{Kjeldahl} | X | | X | |
| NH ₄ -N | | | X | |
| NO ₂ -N | | | X | |
| NO ₃ -N | | | X | |
| P _{ortho} | | | X | |
| P _{totaal} | X | | X | |
| Onopgeloste bestanddelen | X | | X | |
| chloride | X | | X | |
| droogrest | | X | | X |
| gloeirest | | X | | X |
| SVI | | X | | |

Tabel 3: Overzicht van de verschillende analyses

De analyses zijn alle uitgevoerd door het laboratorium van Uitwaterende Sluizen.

Tevens is het actief slib vrijwel maandelijks microscopisch onderzocht.

5.4.3 Procescondities

In tabel 4 is een globaal overzicht gegeven van de procescondities in het beluchtingscircuit van de rwzi Beemster over de jaren 1992 t/m 1995.

| Jaar | droge-stofgehalte (g/l) | SVI (ml/g) | temperatuur (°C) | slibleeftijd (dagen) |
|------|----------------------------|---------------|---------------------|-------------------------|
| 1992 | 4,9 | 94 | 16,0 | 17,6 |
| 1993 | 4,0 | 107 | 16,3 | 14,1 |
| 1994 | 4,0 | 93 | 16,1 | 11,3 |
| 1995 | 3,8 | 97 | 17,2 | 11,3 |

Tabel 4: Jaargemiddelde gegevens voor het actief slib

In tabel 5 is de gemiddelde belasting van de rwzi in 1995 weergegeven.

| belasting | gemeten in 1995 | percentage van het ontwerp | percentage ten opzichte van een 'standaard' oxydatiesloot |
|--------------------------------------|-----------------|----------------------------|---|
| i.e. à 136 g TZV | 124.805 | 78 % | |
| BZV (kg/dag) | 4.211 | 81 % | |
| BZV (kg/kg ds.dag) | 0,063 | 89 % | 117 % |
| CZV (kg/dag) | 12.021 | 80 % | |
| CZV (kg/kg ds.dag) | 0,179 | 87 % | 133 % |
| N _{Kjeldahl} (kg/dag) | 1.084 | 75 % | |
| N _{Kjeldahl} (kg/kg ds.dag) | 0,016 | 81 % | 133 % |

Tabel 5: Gemiddelde belasting van de rwzi in 1995

5.4.4 Bijzondere metingen

Karakterisering van het influent

Voor de STOWA-begelidingscommissie is, zowel voor dit STOWA-project als in het STOWA-project waarin de regeling met de respiratiemeting werd beproefd, een uitgangspunt geweest, dat de regelingen zouden worden geoptimaliseerd met behulp van simulatie volgens IAWQ-model no. 1. Een voordeel hiervan is het behalen van tijdswinst, doordat het instellen van regelingen en regelaars in de praktijk veel tijd kost. Hiertoe is het influent van de rwzi Beemster in het voorjaar van 1995 driemaal intensief bemonsterd. Het verloop van het debiet, CZV- en N_{Kjeldahl}-gehalte over de dag is bepaald. Hiertoe zijn elke twee uur monsters genomen. Vervolgens zijn de fracties totaal-, bezinkbaar-, colloïdaal- en opgelost CZV en N_{Kjeldahl} bepaald. Deze gegevens zijn gebruikt voor kalibratie van het model. DHV heeft vervolgens met dit gekalibreerde model de O₂-regeling, de NH₄/O₂-regeling en de NO₃/NH₄/O₂-regeling geoptimaliseerd. De meetresultaten van de influentkarakterisering staan weergegeven in *bijlage 4*. De simulatieresultaten staan weergegeven in hoofdstuk 6.

Verhoogde frequentie van het routinepakket

Tijdens het kortdurend testen van de regelingen is de bemonsteringsfrequentie tijdelijk verhoogd tot vijf maal per week.

5.4.5 On-line monitoren

Met on-line apparatuur van Skalar is op een drietal plaatsen in het beluchtingscircuit (semi)continu het ammonium- en nitraatgehalte colorimetrisch gemeten (zie *figuur 2*). Van deze metingen zijn kwartiergemiddelde waarden opgeslagen in een datalogger. Verder is ook een aantal gegevens uit de PLC van de rwzi (zoals debiet, kWh e.d.) in de datalogger opgeslagen.

6 SIMULATIE

6.1 Inleiding en doelstelling

Op verzoek van de STOWA-begeleidingscommissie zijn de procesregelingen gesimuleerd met het model SIMBA. Het doel van de simulatie is het bepalen van de optimale setpoints van de regelingen en het bepalen van de optimale instellingen van de regelaar. De geoptimaliseerde regelingen worden vervolgens in de praktijk getoetst.

In dit hoofdstuk worden de simulatieresultaten kort samengevat.

6.2 Beschrijving van het model

Voor de simulatie is gebruik gemaakt van de simulatie-omgeving SIMBA. De rwzi Beemster is door DHV gemodelleerd, gekalibreerd en gevalideerd. Dit is gedaan aan de hand van gegevens uit de bedrijfsvoeringshandleiding rwzi Beemster - juni 1994 - en analyseresultaten aangeleverd door Uitwaterende Sluizen. De resultaten van de influentkarakterisering zijn weergegeven in *bijlage 4*.

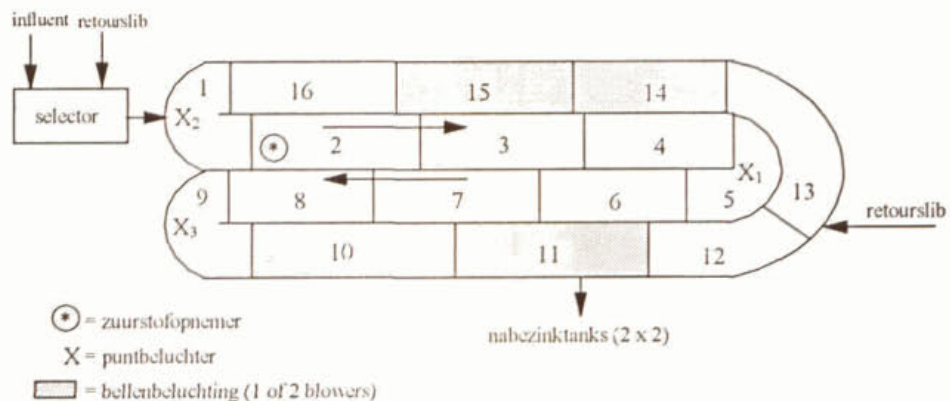
Uit deze gegevens zijn de voor het model benodigde parameters berekend.

De influentgegevens vertoonden een grote variatie. Bij de calibratie van het model is uitgegaan van gewogen gemiddelden.

Ten behoeve van de simulatie is de rwzi in het model opgedeeld in 19 compartimenten:

- selector: 1 compartiment;
- beluchtingscircuit: 16 compartimenten;
- nabezinktanks: 2 compartimenten.

In *figuur 6* is het model weergegeven.



Figuur 6: Schematische weergave van de rwzi Beemster voor de SIMBA-simulatie

6.3 Simulatieresultaten van fase 2

In fase 2 zijn de regelingen geoptimaliseerd die in fase 1 in de praktijk zijn beproefd. Hierbij is ook de schakelvolgorde van de beluchters, zoals die in de praktijk werd gebruikt, aangehouden. In *tabel 6* is de schakelvolgorde weergegeven. De percentages die hier staan aangegeven, hebben betrekking op de uitsturing van de PI-regelaar, zoals beschreven in hoofdstuk 5.

| beluchter | uit bij een uitsturing van de regelaar van | aan bij een uitsturing van de regelaar van |
|--|---|---|
| blower 1 | 5 % | 20 % |
| blower 1 + p.b. 3 | 20 % | 40 % |
| blower 1 + p.b. 3 + p.b. 1 | 40 % | 55 % |
| blower 1 + p.b. 3 + p.b. 1 + blower 2 | 60 % | |
| blower 1 + p.b. 3 + p.b. 1 + blower 2 + p.b. 2 | 98 % | |

(p.b. = puntbeluchter)

Tabel 6: Schakelvolgorde van de beluchters (fase 2)

De drie regelingen zijn voor een periode van vijf dagen gesimuleerd. De simulatieresultaten van de laatste dag en de optimale instellingen van de regeling en regelaar zijn weergegeven in *bijlage 5*.

De regelingen zijn vervolgens kortdurend in de praktijk getest (zie hiervoor hoofdstuk 7). Hierbij werd een verschil geconstateerd tussen de praktijk en de simulatie. Er bleek een discrepantie te zijn tussen de met het simulatiemodel bepaalde regelparameters, en de in de PLC geïmplementeerde regelparameters. Vervolgens zijn met de gewijzigde instellingen de simulaties nogmaals uitgevoerd voor de NH_4/O_2 -regeling en de O_2 -regeling. De simulatieresultaten kwamen hierbij goed overeen met de praktijkwaarden. De resultaten hiervan zijn weergegeven in *bijlage 6*.

Aangezien de schakelvolgorde van de beluchters en de plaats van de zuurstofmeting (onderin het meetbereik) niet optimaal waren, is in fase 3 de regeling opnieuw gesimuleerd.

6.4 Simulatieresultaten van fase 3

Fase 3 heeft geleid tot een andere schakelvolgorde van de beluchters. Deze schakelvolgorde is bepaald door het uitvoeren van statische berekeningen. Hierbij is bepaald bij welke schakelvolgorde de laagste debietgewogen N_{lokaal} -concentratie wordt behaald, wanneer het influentdebiet met kleine stappen (1.000 à 2000 m^3/dag) toeneemt. De op deze wijze bepaalde schakelvolgorde is in *tabel 7* weergegeven.

| beluchter | uit bij een uitsturing van de regelaar van | aan bij een uitsturing van de regelaar van |
|--|---|---|
| blower 1 | altijd aan | altijd aan |
| blower 1 + blower 2 | 12,5 % | 37,5 % |
| blower 1 + blower 2 + p.b. 1 | 37,5 % | 50 % |
| blower 1 + blower 2 + p.b. 1 + p.b. 3 | 50 % | 75 % |
| blower 1 + blower 2 + p.b. 1 + p.b. 3 + p.b. 2 | 75 % | 87,5 % |

(p.b. = puntbeluchter)

Tabel 7: Optimale schakelvolgorde van de beluchters (fase 3)

De uitsturingspercentages zijn bepaald door simulaties met een constant influentdebiet, waarbij per schakeling bij een bepaalde uitsturingsstapgrootte de directe invloed van de beluchting op de zuurstofconcentratie is bekeken.

Door middel van de eerder genoemde statische berekeningen is ook de optimale plaats van de zuurstofmeter vastgesteld. Voor elk (statisch) ingangsdebiet wordt de zuurstofconcentratie in de verschillende compartimenten in het computermodel bepaald, rekening houdend met de optimale schakelvolgorde van de beluchters. Op deze wijze kan de invloed van de schakelvolgorde op de zuurstofconcentratie op elke locatie in het beluchtingscircuit worden vastgesteld. Op locaties waar de zuurstofconcentratie, bij een bepaald debiet, gedurende langere tijd tot (bijna) 0 mg/l zakt, dient géén zuurstofmeter te worden geplaatst. Daarnaast moet ten gevolge van het bijschakelen van blowers/beluchters de zuurstofconcentratie ter plekke van de zuurstofmeter voldoende toenemen.

De met deze methode vastgestelde optimale locatie van de zuurstofmeter bevindt zich in compartiment 12 (zie *figuur 6*). De simulatie liet echter zien dat de ammonium/zuurstof-regeling, bij een lage temperatuur, een groot deel van de dag het maximum zuurstofsetpoint van 2 mg/l uitstuurt, terwijl er dan ook 2 mg/l wordt gemeten. Hierdoor is de zuurstofinbreng niet meer te regelen, aangezien er geen verschil is tussen meetwaarde en setpoint. Om deze reden is besloten de zuurstofmeter in compartiment 13 te plaatsen (zie *figuur 6*). Dit resulteert in een lagere gemeten zuurstofconcentratie, aangezien de zuurstofmeter verder van de blowers is verwijderd.

Met behulp van de optimale schakelvolgorde van de beluchters en de optimale plaats van de zuurstofmeter zijn vervolgens voor de drie regelingen de optimale instellingen bepaald. De resultaten hiervan zijn weergegeven in *bijlage 7*. In *tabel 8* zijn de debietgewogen gemiddelde effluentconcentraties voor de drie regelingen weergegeven. De simulaties zijn uitgevoerd bij een temperatuur van 17 °C.

| regeling | NH ₄ -N (mg/l) | NO ₃ -N (mg/l) | N _{anorganisch} ¹ (mg/l) |
|--|---------------------------|---------------------------|--|
| O ₂ -regeling | 1,3 | 5,2 | 6,5 |
| NH ₄ /O ₂ -regeling | 1,4 | 4,2 | 5,6 |
| NO ₃ /NH ₄ /O ₂ -regeling | 1,6 | 3,1 | 4,7 |

¹ de som van NH₄-N en NO₃-N

Tabel 8: Debietgewogen effluentconcentraties van de drie gesimuleerde regelingen

7 EVALUATIE VAN DE RESULTATEN

7.1 De resultaten van fase 1

In fase 1 is geprobeerd in de praktijk de juiste P- en I-waarden van de verschillende regelingen te bepalen en de regelingen zo goed mogelijk in te stellen. In tabel 9 staan de resultaten van de verschillende regelingen weergegeven.

| regeling | $N_{aangabch}^1$ (mg/l) | processtemperatuur (°C) |
|--|-------------------------|-------------------------|
| O ₂ -regeling | 5,2 | 15,1 |
| NH ₄ /O ₂ -regeling | 9,0 | 12,0 |
| NO ₃ /NH ₄ /O ₂ -regeling | 8,9 | 11,4 |

Tabel 9: Praktijkresultaten van fase 1

De resultaten gaven aanleiding tot twijfel aan de juiste instelling van de regeling en regelbaar. Aangezien het in de praktijk veel tijd kost om een regeling te optimaliseren werd besloten dit te doen met behulp van simulatie (zoals beschreven in hoofdstuk 6) en vervolgens de regelingen kortdurend in de praktijk te testen.

7.2 De resultaten van fase 2

In fase 2 zijn de, door middel van simulatie geoptimaliseerde, regelingen in de praktijk beproefd. De resultaten hiervan zijn weergegeven in bijlage 8. In tabel 10 zijn de praktijkresultaten samengevat.

| regeling | NH ₄ -N (mg/l) | NO ₃ -N (mg/l) | $N_{aangabch}^1$ (mg/l) | processtemperatuur (°C) |
|--|---------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| O ₂ -regeling | 0,77 | 1,3 | 2,07 | 22 |
| NH ₄ /O ₂ -regeling | 3,06 | 1,5 | 4,56 | 22 |
| NO ₃ /NH ₄ /O ₂ -regeling | 2,74 | 1,6 | 4,34 | 23 |

Tabel 10: Praktijkresultaten van fase 2

Aangezien er tijdens het testen van de O₂-regeling een storing optrad in de ammoniumanalyser, is voor de berekening van het gemiddelde alleen de periode van 4 t/m 7 augustus gebruikt. De NH₄/O₂-regeling en de NO₃/NH₄/O₂-regeling geven vergelijkbare resultaten. Het $N_{aangabch}^1$ gehalte ligt hierbij iets hoger dan bij de O₂-regeling.

De praktijkresultaten sloten echter niet aan bij de simulatieresultaten. Dit kwam doordat een aantal parameters anders in de PLC was geïmplementeerd dan in de simulatieresultaten. Een ander probleem was dat de zuurstofmeter in het onderste bereik van het meetgebied werkte. Hierdoor zijn de regelingen niet optimaal. Daarom is besloten de regeling nogmaals te optimaliseren met behulp van simulatie en hierbij ook de optimale plaats van de zuurstofmeter en de optimale schakelvolgorde van de beluchters te bepalen (zie hiervoor hoofdstuk 6).

Uit de praktijk blijkt dat de analysers 1 à 2 uur per week onderhoud nodig hebben. Daarnaast moet er aandacht worden besteed aan de monstervoorbereiding. De ultrafilters moeten regelmatig (circa éénmaal per drie weken) worden gereinigd.

7.5 Bedrijfsvoeringsaspecten

Eveneens kon op basis van de meetresultaten geen effect worden vastgesteld van de regelingen op het energieverbruik. Dit kwam voornamelijk door de grote spreiding in meetwaarden.

Er is getracht te beoordelen of de regelingen effect hebben gehad op de silbamenstelling, silbproductie en silbbezikbaarheid. Op basis van de metingen en het microscopisch silbonderzoek zijn er geen effecten aangetoond.

7.4 Invloed van de regelingen op het actief silb en het energieverbruik

is echter klein.

Verder geeft de simulatie een aanmerkelijk stabiel verloop van de zuurstofinhoud te zien. Dit is in de praktijk opgelost door het signaal van de zuurstofmeter te dempen. De resultaten hiervan zijn weergegeven in *bijlage II*. De regeling is hierdoor aanzienlijk stabiel (zie het verloop van het zuurstofgehalte) en geeft een iets lager mitraatgehalte te zien. Het verschil in efficiëntiewaarde

in de simulaties was uitgegaan van 3,8 g/l, maar in de praktijk lag dit op circa 4,4 g/l. In de simulaties was uitgegaan van 3,8 g/l, maar in de praktijk lag dit op circa 4,4 g/l. In de simulaties was uitgegaan van 3,8 g/l, maar in de praktijk lag dit op circa 4,4 g/l. In de simulaties was uitgegaan van 3,8 g/l, maar in de praktijk lag dit op circa 4,4 g/l.

De resultaten van de NH_4/O_2 -regeling komen qua N_{loc} -gehalte vrij goed overeen met de simulatieresultaten, echter de verhouding NH_4/NO_3 is anders. De resultaten van de O_2 -regeling zijn beter dan de simulatieresultaten, terwijl de $\text{NO}_3/\text{NH}_4/\text{O}_2$ -regeling in de praktijk iets slechter functioneert.

In *bijlage I0* is een overzicht gegeven van de belasting en de rendementen van de rwtz bij de verschillende regelingen.

Tabel I1: Praktijkresultaten van fase 3

| regeling | $\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/l) | $\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/l) | N_{aanzam} ¹ (mg/l) | processtemperatuur (°C) |
|--|-------------------------------|-------------------------------|--|-------------------------|
| O_2 -regeling | 0,61 | 4,2 | 4,82 | 20 |
| NH_4/O_2 -regeling | 2,34 | 3,1 | 5,44 | 21 |
| $\text{NO}_3/\text{NH}_4/\text{O}_2$ -regeling | 0,68 | 6,2 | 6,88 | 21 |

¹ de som van $\text{NH}_4\text{-N}$ en $\text{NO}_3\text{-N}$

In *bijlage 9* zijn de praktijkresultaten van fase 3 weergegeven. In *tabel II* zijn de resultaten samengevat.

7.3 De resultaten van fase 3

7.6 Kosten

De kosten voor aanschaf van een ammonium- en nitraatanalyser bedragen circa f 80.000,-- (inclusief ultrafiltratie-unit). De exploitatiekosten zijn circa f 2500,-- per jaar (exclusief kapitaalslasten).

8 CONCLUSIES

Uit de resultaten blijkt dat het regelen van de beluchting van een oxydatiesloot op basis van de drie beproefde regelingen goed mogelijk is. Er is een N_{total} -gehalte haalbaar van 5 à 6 mg/l.

Er kan worden gesteld dat bij de huidige belasting de drie regelingen voldoen.

Aangezien de regelingen naar aanleiding van de simulatie in de praktijk kortdurend zijn beproefd (om temperatuurverschil uit te sluiten), is, gezien het beperkt aantal meetwaarden, statistische vergelijking van de gegevens niet zinvol. Hierdoor is er bij de huidige belasting van de rwzi geen voorkeur voor een bepaalde regeling aan te geven.

In fase 1 waren de regelingen niet optimaal ingesteld. In fase 2 en 3 zijn daarom door middel van simulatie de optimale instellingen bepaald. De simulatieresultaten van fase 2 spoorden niet met de praktijk, door een discrepantie tussen de met het simulatiemodel bepaalde regelparameters en de in de PLC geïmplementeerde regelparameters. Na aanpassing hiervan in fase 3 zijn de regelingen opnieuw in de praktijk beproefd. De praktijkresultaten kwamen nu beter overeen met de simulatieresultaten.

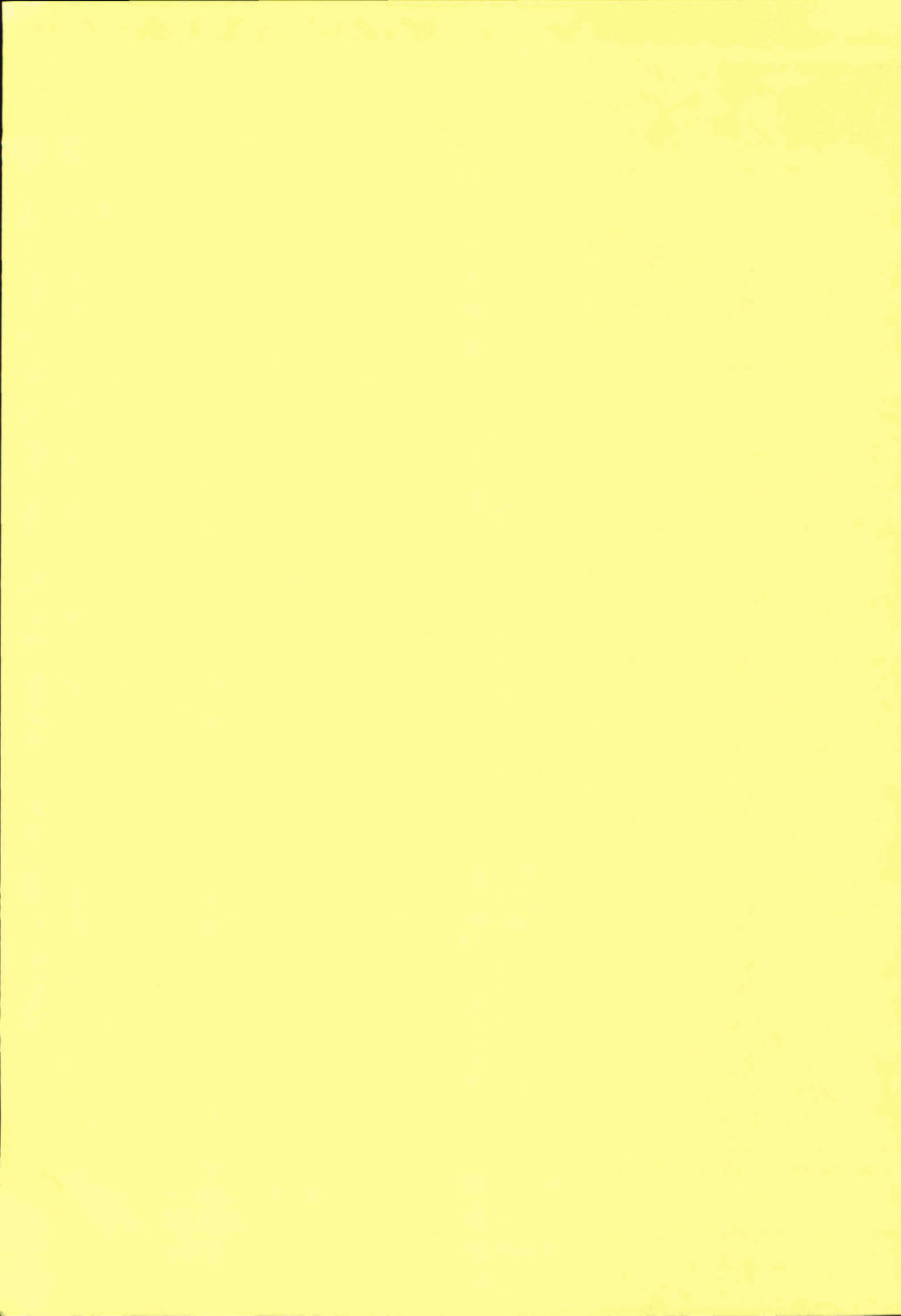
Mogelijke verklaringen voor de afwijkingen zijn:

- in de praktijk is een hoger droge-stofgehalte gehanteerd dan bij de simulatie;
- de retourslibregeling was in de praktijk anders ingesteld dan in het model;
- de procestemperatuur was in de praktijk hoger.

Demping van het O_2 -signaal geeft een aanmerkelijk stabielere regeling. Het heeft echter geen verbetering van de effluentkwaliteit tot gevolg.

Geen van de regelingen toonde een meetbaar effect op de slibproductie, slibvolume-index en slibsamenstelling.

Er kon geen effect op het energieverbruik worden aangetoond.



Overzicht van medewerkers

Aan het project is door de volgende personen van het Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier meegewerkt:

| | |
|------------------------------------|---------------------|
| ing. J.W. van Dijk (projectleider) | - technoloog |
| ir. S.B. Gaastra | - senior technoloog |
| I. Oudhuis | - procesbegeleider |
| H. van Ruitenbeek | - procesbegeleider |

medewerkers rwzi Beemster

Het onderzoek is begeleid door de STOWA Begeleidingscommissie 'Regelen van P- en N-verwijderingsprocessen in de praktijk' (STOWA/432.004). De leden van de begeleidingscommissie zijn:

| | |
|---------------------------------|---|
| dipl. ing. G. Both (voorzitter) | (Zuiveringschap Amstel en Gooiland) |
| ir. R.J. van der Kuij | (DHV Water BV) |
| ir. H.F. van der Roest | (DHV Water BV) |
| ir. P.C. Stamperius | (STOWA) |
| ir. W. Weremeus Buning | (Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden) |

Tevens zijn door deze begeleidingscommissie meerdere onderzoeken van waterkwaliteitsbeheerders begeleid in een werkgroep. Behalve de leden van de begeleidingscommissie zijn de leden van de werkgroep de volgende personen:

| | |
|------------------------|-----------------------------------|
| ir. F.T. van Breukelen | (Hoogheemraadschap van Schieland) |
| ing. J. Jonk | (Hoogheemraadschap West-Brabant) |
| ir. A.W.A. de Man | (Zuiveringsschap Limburg) |
| ir. C.A. Uijterlinde | (Provincie Utrecht) |
| ing. E. Vermulst | (RWA Amsterdam) |
| ir. T.M.G. Peeters | (Hoogheemraadschap van Schieland) |

DIMENSIONERINGSGEGEVENS RWZI BEEMSTER

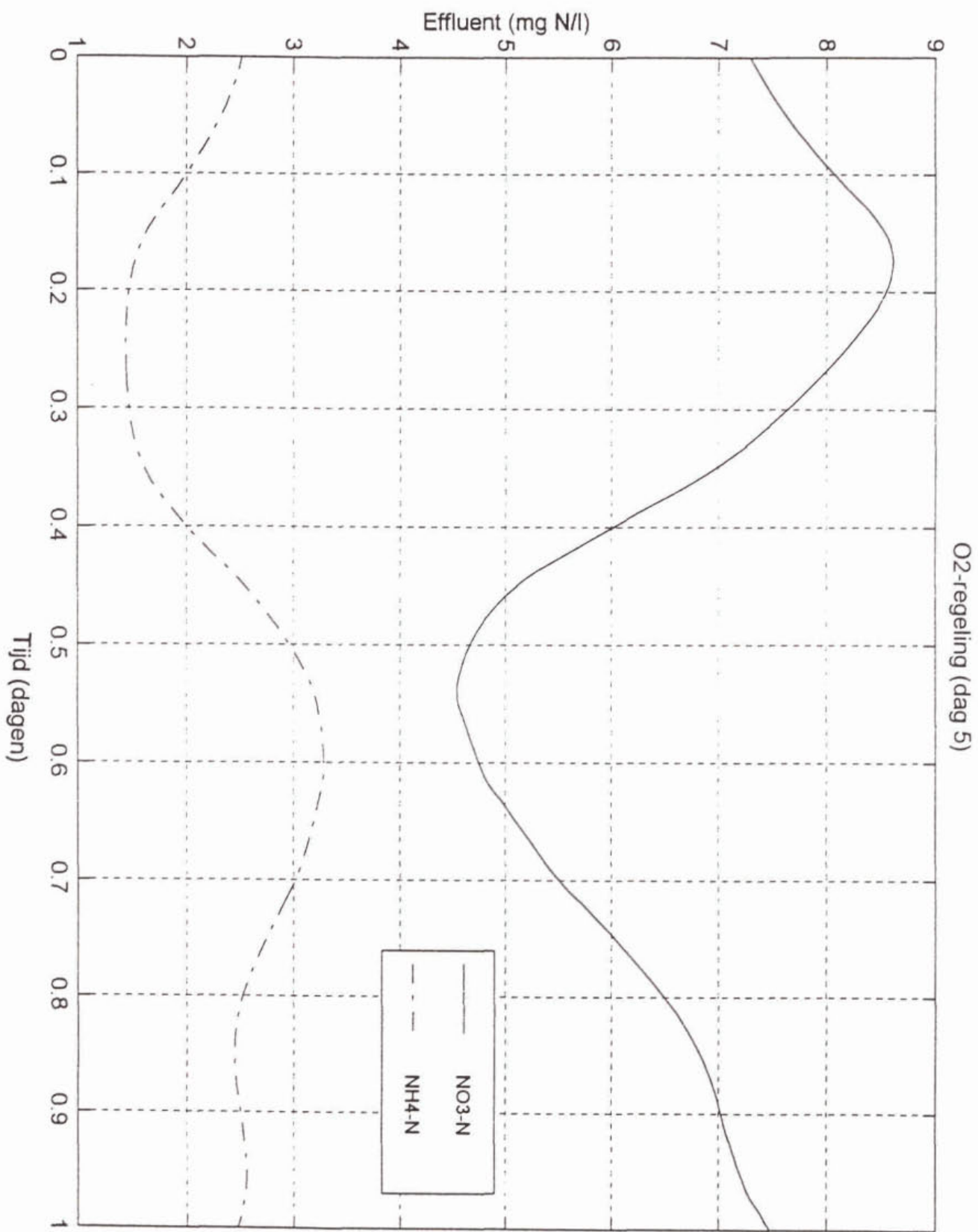
| ONTWERPBELASTING | | I.E. à 54 g BZV | | I.E. à 136 g TZV | |
|----------------------------------|--|--------------------------|-----------|---------------------------------------|---------|
| NTWERPBELASTING | | 96300 | 159750 | 4913 | 4 |
| Nabezinklanks | aantal | 96300 | 15100 | 0.73 | 4 |
| | oppervlakte | 15100 | 5200 | (m ²) | 4913 |
| | oppervlaktebelasting | (kg/dag) | 15100 | (m ² /m ² .uur) | 0.73 |
| | kandicpie | (kg/dag) | 5200 | (m) | 1.5 |
| | N-Kjeldahl | (kg/dag) | 1450 | | |
| | P-totaal | (kg/dag) | 260 | | |
| | DWA | (m ³ /uur) | 1900 | | 3 |
| | idem | (m ³ /dag) | 19000 | | 2400 |
| | RWA | (m ³ /uur) | 3600 | | |
| ZUIVERINGSSYSTEEM | | | | | |
| | Carrousel met puntbluchters- en belienbuchtung met | | | | |
| | simultane defosfatering, vooraf gegaan door een selector | | | | |
| ONTWERPGEVENS ALGEMEEN | | | | | |
| Harrooster | spieciafstand | (mm) | 6 | | 3 |
| | aantal pompen | | | | 111 |
| Surplussibgemaal | capaciteit (totaal) | (m ³ /uur) | | | |
| Surplussibindikkers | aantal | | 540 | | 3 |
| | oppervlakte (totaal) | (m ²) | 3 | | 380 |
| | d.s. oppervlaktebelasting | (kg/m ² .dag) | 8 - 13 | | 20 |
| | BZV aanvoer | (kg/uur) | 416 | | |
| | sibgehale retourrib | (g/l) | 7.0 | | |
| | retoursib debiet | (m ³ /uur) | 591 - 926 | | |
| | BZV sibbelasting | (kg BZV/(kg ds.h)) | 0.4 - 0.6 | | 2 |
| Carrousel | volume | (m ³) | 17335 | | 2 |
| | aantal kanalen | | 4 | | 0.5 - 5 |
| | kanalabreedte | (m) | 8 | | 10 |
| | diepte | (m) | 4 | | |
| | aantal puntbluchters | | 3 | | |
| | bel. capaciteit (OC) | (kg O2/uur) | 370 | | 2 |
| | aantal compressoren | | 2 | | 5 - 20 |
| | bel. capaciteit (OC) | (kg O2/uur) | 526 | | 6.3 |
| | totale bel. capaciteit (OC) | (kg O2/uur) | 896 | | 18 - 23 |
| | sibgehale (totaal) | (g/l) | 5.5 | | |
| | sibgehale (chem.) | (g/l) | 1.2 | | |
| | BZV-sibbelasting | (kg BZV/(kg ds.d)) | 0.071 | | 2 |
| | sibgroei | (g/kg BZVverw) | 1.13 | | 150 |
| | sibproductie (totaal) | (kg ds/dag) | 7430 | | |
| | sibproductie (chem.) | (kg ds/dag) | 1550 | | |
| | sibbelcftijd | (dagen) | 12.8 | | |
| Defosfateringsinstallatie | | | | | |
| | aantal kelders | | 2 | | |
| | inhoud doseerkelder | (m ³) | 10 | | |
| | inhoud oploskelder | (m ³) | 35 | | |
| | capaciteit doseerpomp | (l/uur) | 0 - 1500 | | |

INFLUENT/EFFLUENT GEGEVENS RWZI BEEMSTER

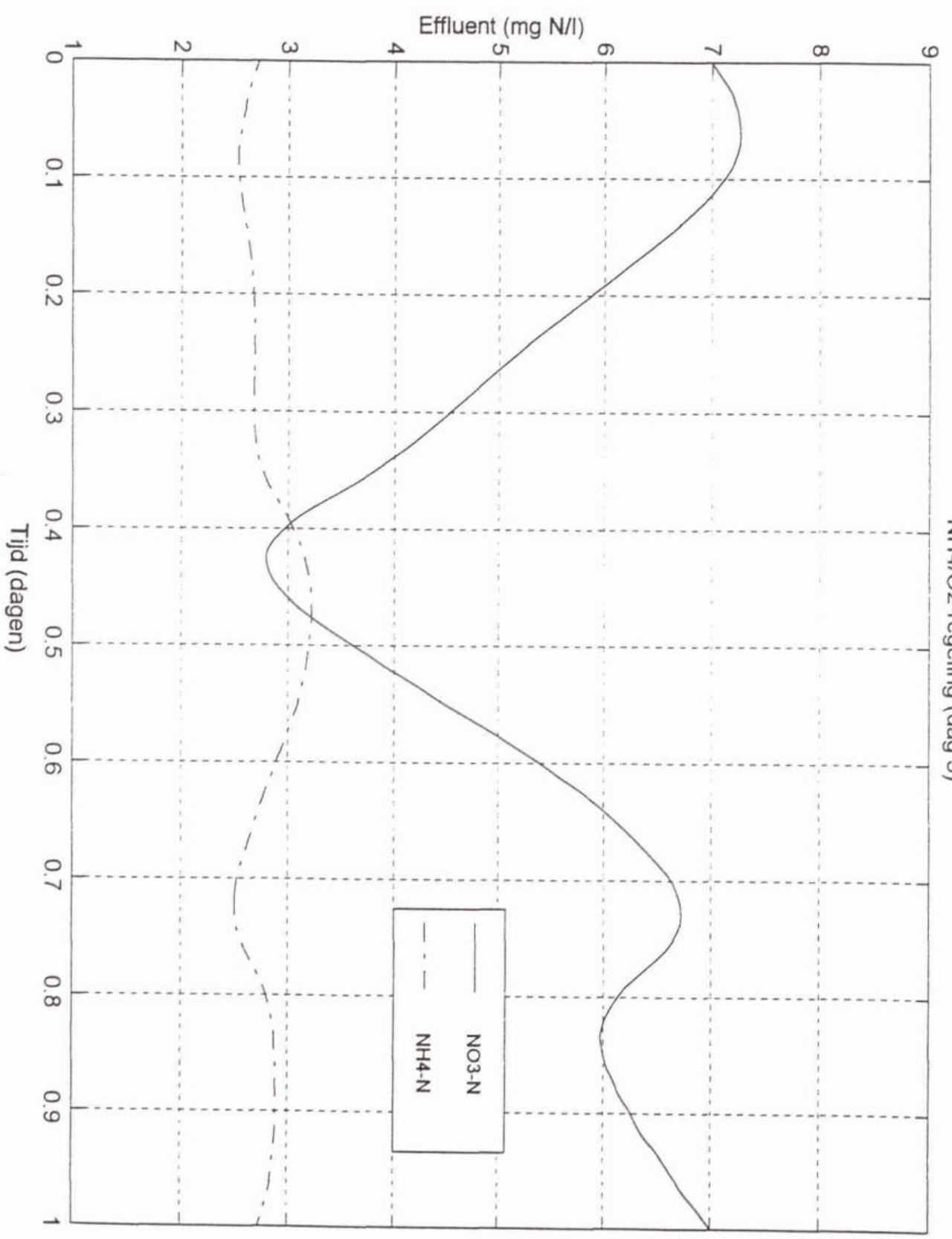
t= totaal
 b= bovenstaande water na bezinken
 f= filtraat na filtratie over 0.45 µm
 tot-COx= totaal anorganisch koolstof

| Datum/Tijd | debiet (m³/h) | CVZ-t (mg/l) | CVZ-b (mg/l) | CVZ-f (mg/l) | NKJ-t (mg/l) | NKJ-b (mg/l) | NKJ-f (mg/l) | NH4-N (mg/l) | NO3-N (mg/l) | tot-COx (mmol/l) | Onopp. bestanddelen (mg/l) | Actief slib droogrest (g/l) | Actief slib droogrest (%) |
|--------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 14 Mar 1995 08:00:00 | 1089.1 | 465 | 346 | 175 | 49 | 46 | 38 | 36 | 0.20 | 8.22 | 165 | | |
| 14 Mar 1995 10:00:00 | 970.0 | 421 | 318 | 219 | 47 | 46 | 38 | 35 | 0.19 | 8.26 | 118 | 3.70 | 24 |
| 14 Mar 1995 12:00:00 | 651.5 | 434 | 327 | 249 | 61 | 60 | 52 | 46 | 0.16 | 8.57 | 128 | | |
| 14 Mar 1995 14:00:00 | 1081.3 | 760 | 470 | 258 | 77 | 76 | 70 | 67 | 0.11 | 8.36 | 332 | | |
| 14 Mar 1995 16:00:00 | 128.0 | 592 | 469 | 224 | 66 | 64 | 53 | 49 | 0.11 | 7.80 | 216 | 3.87 | 25 |
| 14 Mar 1995 18:00:00 | 1215.1 | 1280 | 852 | 515 | 81 | 63 | 57 | 48 | 0.08 | 8.97 | 376 | | |
| 14 Mar 1995 20:00:00 | 1384.1 | 581 | 484 | 251 | 55 | 51 | 46 | 38 | 0.14 | 7.51 | 168 | | |
| 14 Mar 1995 22:00:00 | 649.6 | 592 | 432 | 222 | 58 | 56 | 47 | 43 | 0.29 | 7.98 | 149 | 3.90 | 22 |
| 15 Mar 1995 00:00:00 | 898.7 | 596 | 482 | 242 | 58 | 54 | 42 | 40 | 0.26 | 7.22 | 202 | | |
| 15 Mar 1995 02:00:00 | 343.8 | 705 | 522 | 265 | 59 | 57 | 46 | 42 | 0.15 | 7.17 | 247 | | |
| 15 Mar 1995 04:00:00 | 1280.6 | 544 | 416 | 211 | 52 | 50 | 42 | 38 | 0.14 | 8.30 | 190 | | |
| 15 Mar 1995 06:00:00 | 1054.9 | 352 | 340 | 170 | 46 | 48 | 39 | 33 | 0.06 | 8.13 | 112 | | |
| volumeproportioneel dagmonster | | | | | | | | | | | | | |
| influent | 20000 | 527 | | | 61 | | | 42 | 0.02 | 8.07 | 172 | | |
| effluent | | 46 | | | 8.8 | | | 7.4 | 4.50 | 5.68 | 16 | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 23 Mar 1995 08:00:00 | 443.5 | 759 | 388 | 197 | 70 | 52 | 48 | 40 | 0.04 | 8.90 | 310 | | |
| 23 Mar 1995 10:00:00 | 600.7 | 676 | 470 | 241 | 68 | 57 | 47 | 43 | 0.03 | 9.01 | 248 | 3.82 | 23 |
| 23 Mar 1995 12:00:00 | 721.9 | 596 | 327 | 239 | 78 | 74 | 66 | 60 | 0.03 | 9.40 | 165 | | |
| 23 Mar 1995 14:00:00 | 74.2 | 576 | 458 | 262 | 97 | 90 | 86 | 71 | 0.02 | 8.29 | 158 | | |
| 23 Mar 1995 16:00:00 | 595.8 | 883 | 492 | 260 | 73 | 67 | 58 | 51 | 0.03 | 7.70 | 375 | 3.65 | 23 |
| 23 Mar 1995 18:00:00 | 1316.7 | 628 | 446 | 273 | 53 | 52 | 43 | 38 | 0.04 | 7.65 | 164 | | |
| 23 Mar 1995 20:00:00 | 688.6 | 642 | 468 | 283 | 52 | 49 | 44 | 39 | 0.06 | 7.42 | 101 | | |
| 23 Mar 1995 22:00:00 | 110.4 | 686 | 486 | 343 | 54 | 51 | 47 | 38 | 0.08 | 7.65 | 171 | 3.95 | 23 |
| 24 Mar 1995 00:00:00 | 80.1 | 634 | 478 | 308 | 57 | 54 | 48 | 42 | 0.07 | 7.36 | 126 | | |
| 24 Mar 1995 02:00:00 | 37.1 | 663 | 533 | 294 | 55 | 50 | 43 | 38 | 0.05 | 7.05 | 176 | | |
| 24 Mar 1995 04:00:00 | 477.7 | 629 | 475 | 289 | 54 | 50 | 43 | 38 | 0.07 | 7.45 | 176 | | |
| 24 Mar 1995 06:00:00 | 4.9 | 754 | 486 | 238 | 62 | 54 | 42 | 37 | 0.07 | 7.74 | 241 | | |
| volumeproportioneel dagmonster | | | | | | | | | | | | | |
| influent | 16600 | 690 | | | 69 | | | 45 | 0.07 | 8.03 | 218 | | |
| effluent | | 55 | | | 3.1 | | | 0.8 | 2.40 | 5.00 | 2 | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 04 Apr 1995 08:00:00 | 932.8 | 742 | 399 | 187 | 73 | 56 | 42 | 41 | 0.06 | 10.57 | 419 | | |
| 04 Apr 1995 10:00:00 | 936.8 | 899 | 317 | 132 | 100 | 49 | 35 | 37 | 0.17 | 11.06 | 568 | 3.63 | 23 |
| 04 Apr 1995 12:00:00 | 187.5 | 440 | 327 | 188 | 57 | 53 | 43 | 44 | 0.05 | 9.13 | 150 | | |
| 04 Apr 1995 14:00:00 | 1131.1 | 615 | 432 | 227 | 77 | 72 | 57 | 60 | 0.03 | 9.05 | 288 | | |
| 04 Apr 1995 16:00:00 | 557.8 | 632 | 447 | 305 | 70 | 67 | 51 | 54 | 0.04 | 8.69 | 206 | | |
| 04 Apr 1995 18:00:00 | 482.5 | 877 | 588 | 295 | 72 | 68 | 49 | 52 | 0.04 | 8.90 | 286 | 3.67 | 24 |
| 04 Apr 1995 20:00:00 | 902.6 | 800 | 526 | 308 | 55 | 50 | 40 | 39 | 0.06 | 7.96 | 377 | | |
| 04 Apr 1995 22:00:00 | 819.5 | 637 | 488 | 279 | 56 | 45 | 41 | 39 | 0.05 | 7.98 | 166 | | |
| 05 Apr 1995 00:00:00 | 732.6 | 672 | 548 | 295 | 60 | 54 | 42 | 43 | 0.06 | 7.66 | 308 | | |
| 05 Apr 1995 02:00:00 | 499.1 | 709 | 507 | 289 | 63 | 58 | 42 | 45 | 0.08 | 7.62 | 235 | | |
| 05 Apr 1995 04:00:00 | 351.6 | 658 | 528 | 320 | 56 | 53 | 41 | 43 | 0.07 | 7.87 | 207 | 4.10 | 25 |
| 05 Apr 1995 06:00:00 | 36.1 | 615 | 510 | 297 | 54 | 53 | 41 | 45 | 0.07 | 7.24 | 121 | | |
| volumeproportioneel dagmonster | | | | | | | | | | | | | |
| influent | 15340 | 680 | | | 68 | | | 50 | 0.07 | 8.47 | 306 | | |
| effluent | | 52 | | | 1.9 | | | 0.5 | 5.40 | 5.23 | 21 | | |

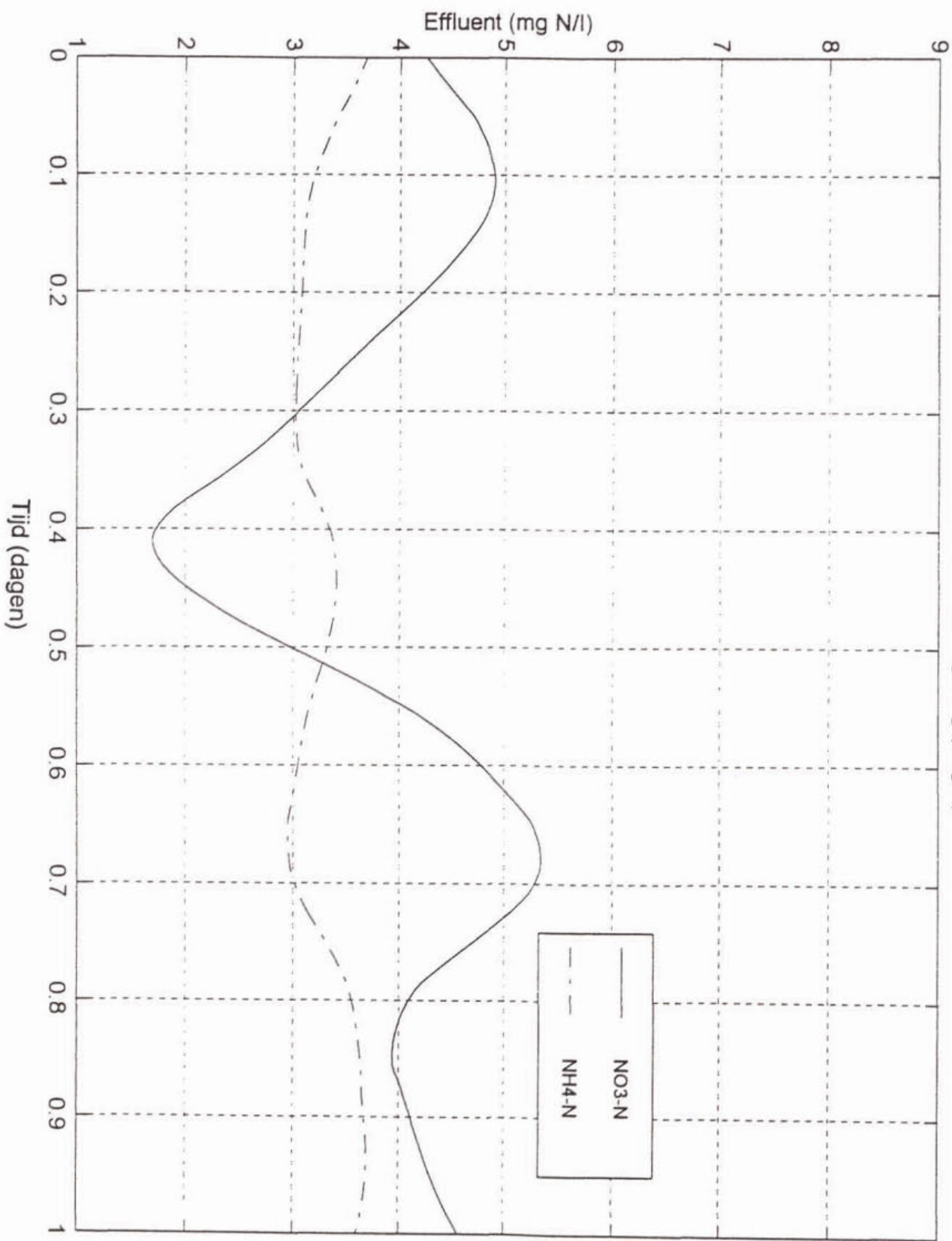
Resultaten van de influentkarakterisering



NH4/O2-regeling (dag 5)



NO₃/NH₄/O₂-regeling (dag 5)



Zuurstofregeling

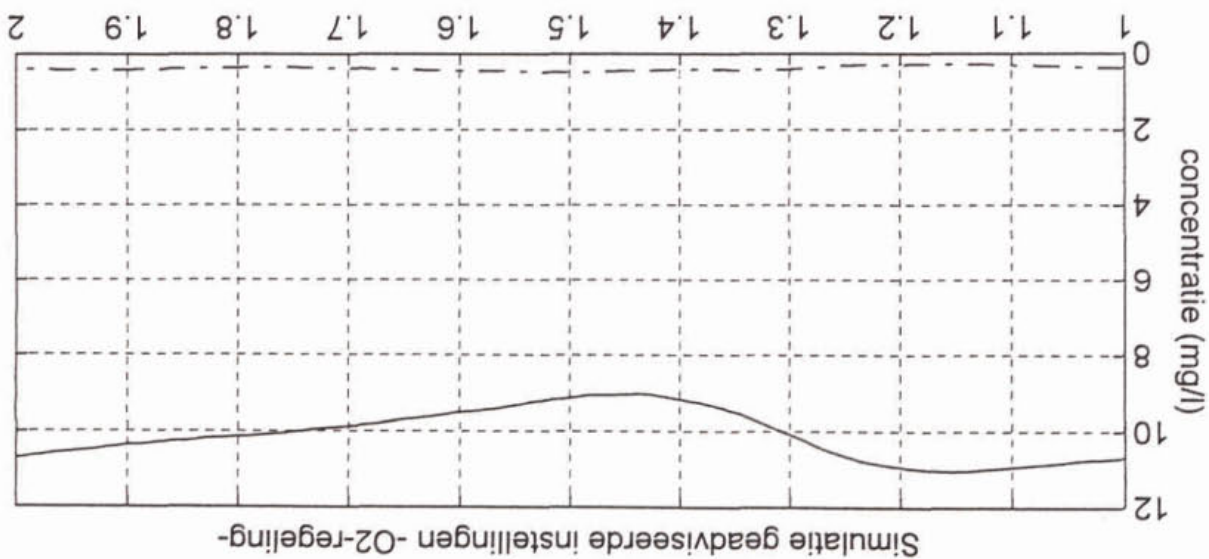
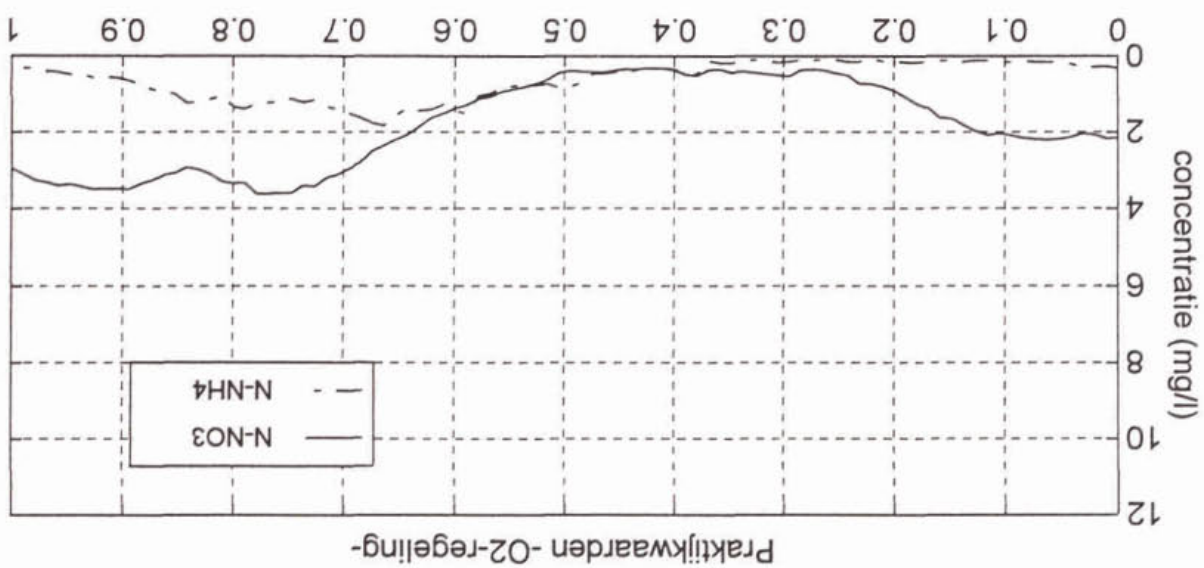
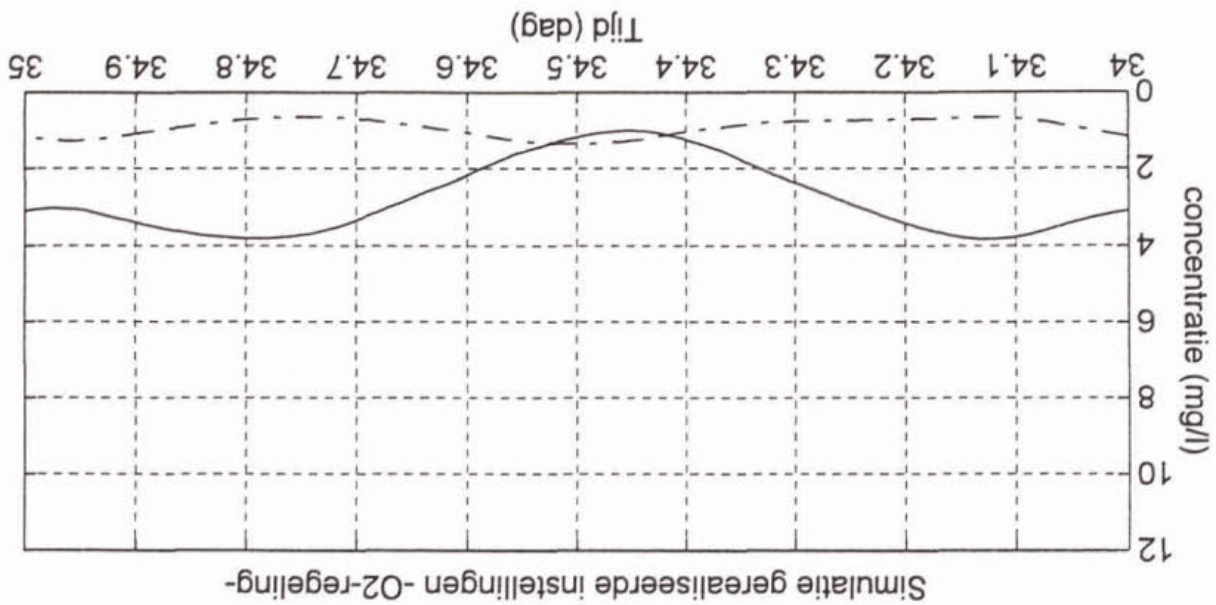
| | | |
|---------|--------|-----------------------------|
| cehheid | waarde | |
| mg/l | 0,3 | setpoint O ₂ |
| - | -0,25 | proportionele constante (P) |
| min. | 20 | integratieconstante (I) |
| % | 10-100 | stuursignaal beluchters |

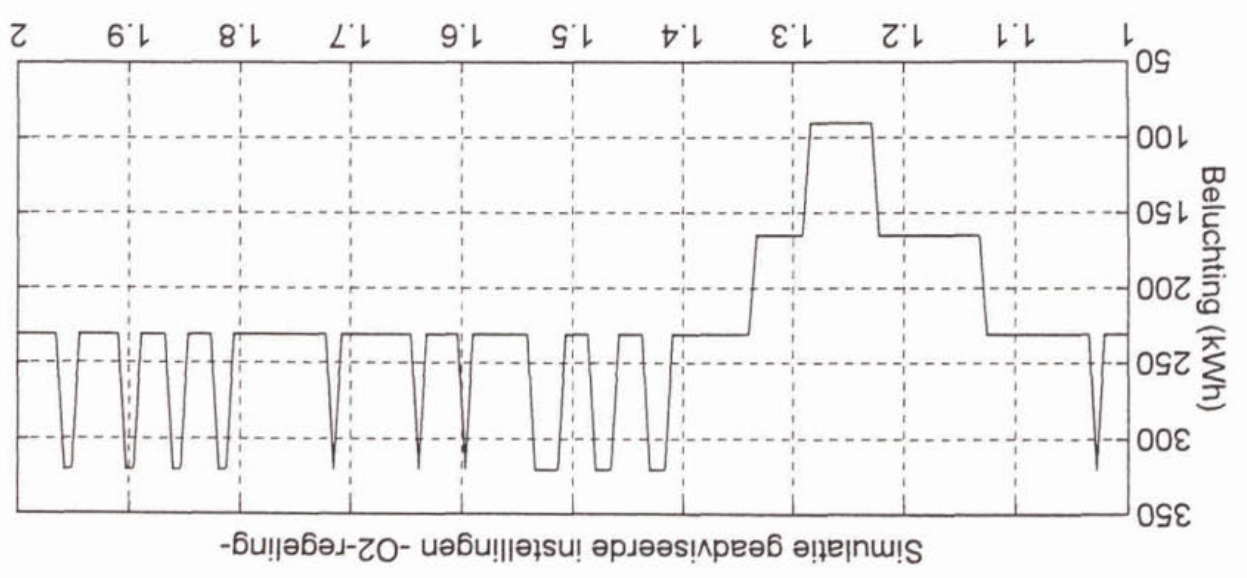
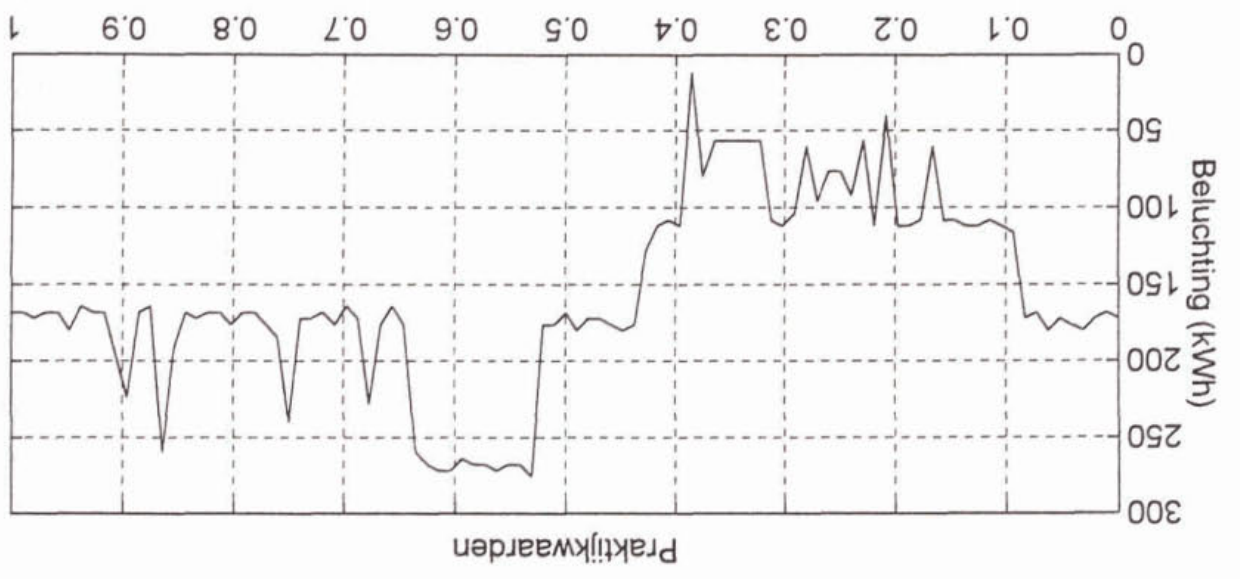
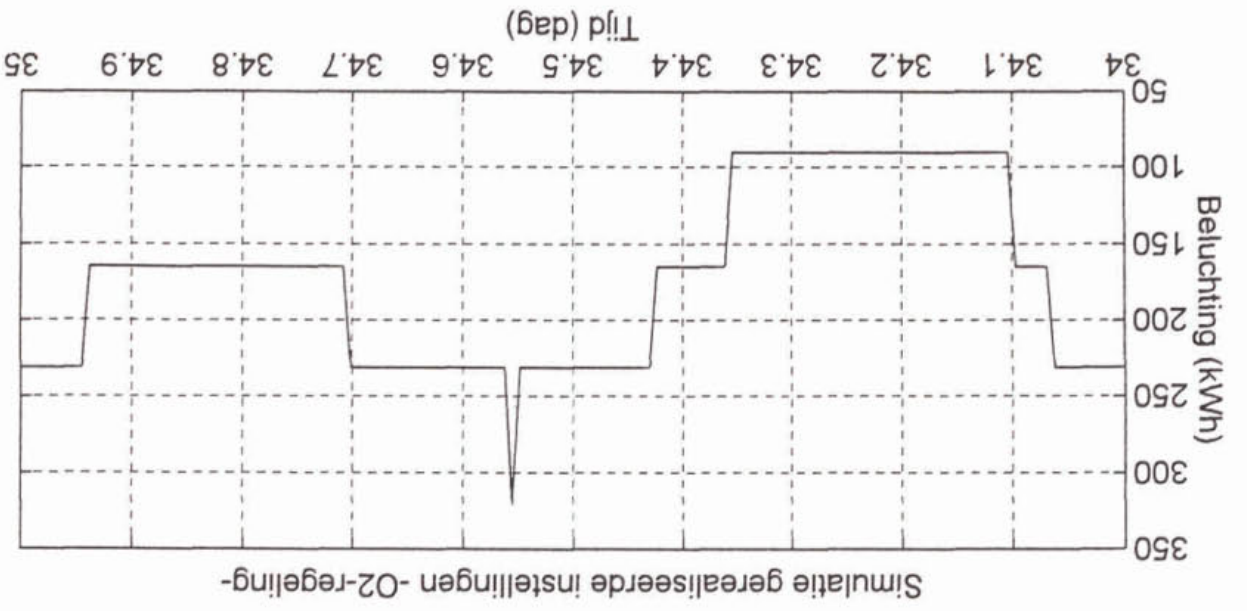
Ammonium/zuurstofregeling

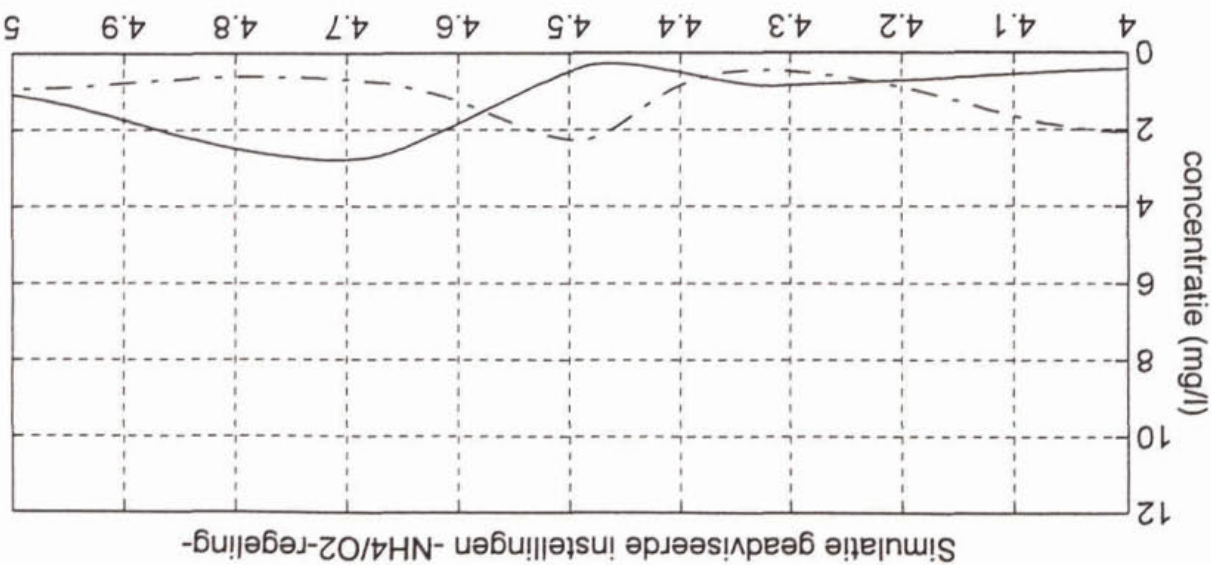
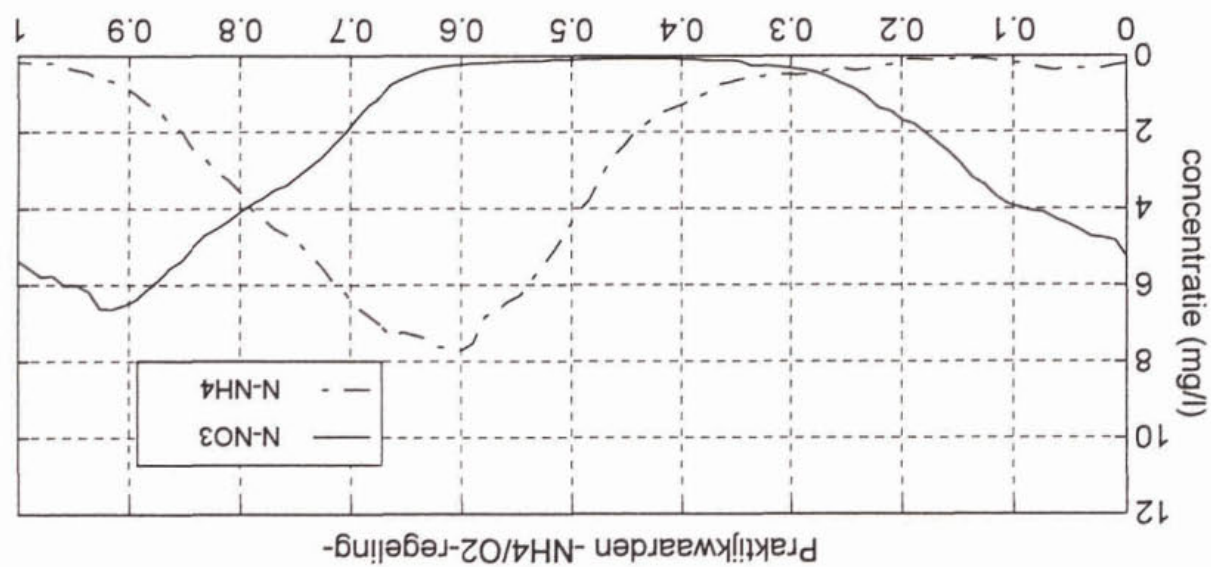
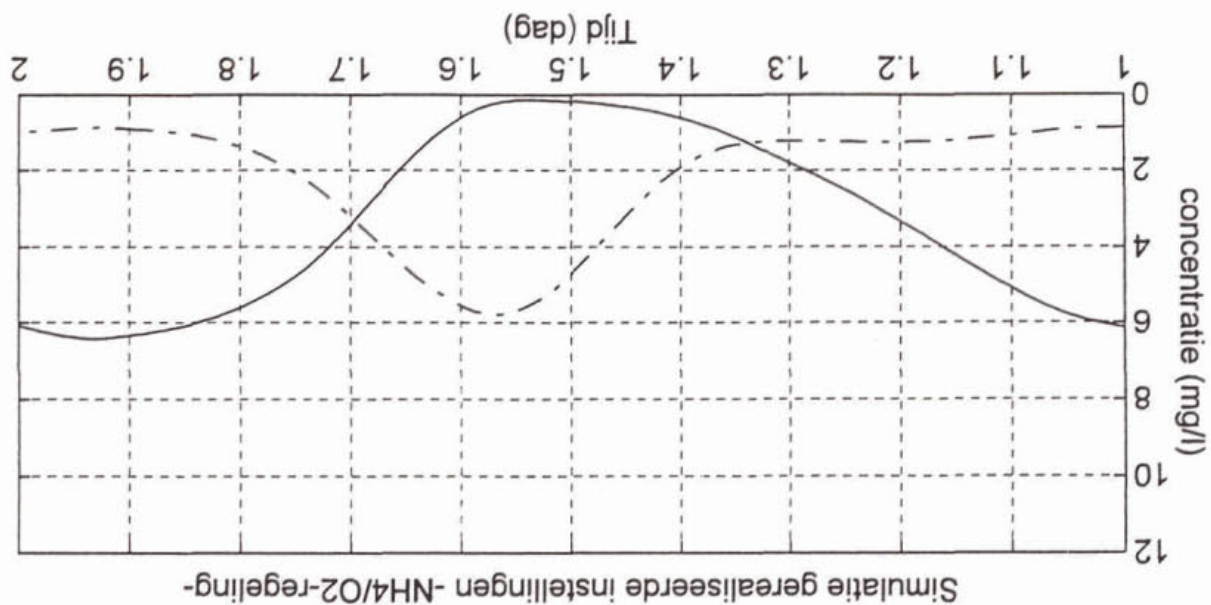
| | | |
|----------------------|--------|---|
| cehheid | waarde | |
| mg/l | 3 | setpoint NH ₄ |
| - | 1 | proportionele constante NH ₄ (P) |
| min. | 120 | integratieconstante NH ₄ (I) |
| mg O ₂ /l | 0-3 | stuursignaal |
| - | -0,25 | proportionele constante O ₂ (P) |
| min. | 20 | integratieconstante O ₂ (I) |
| % | 10-100 | stuursignaal beluchters |

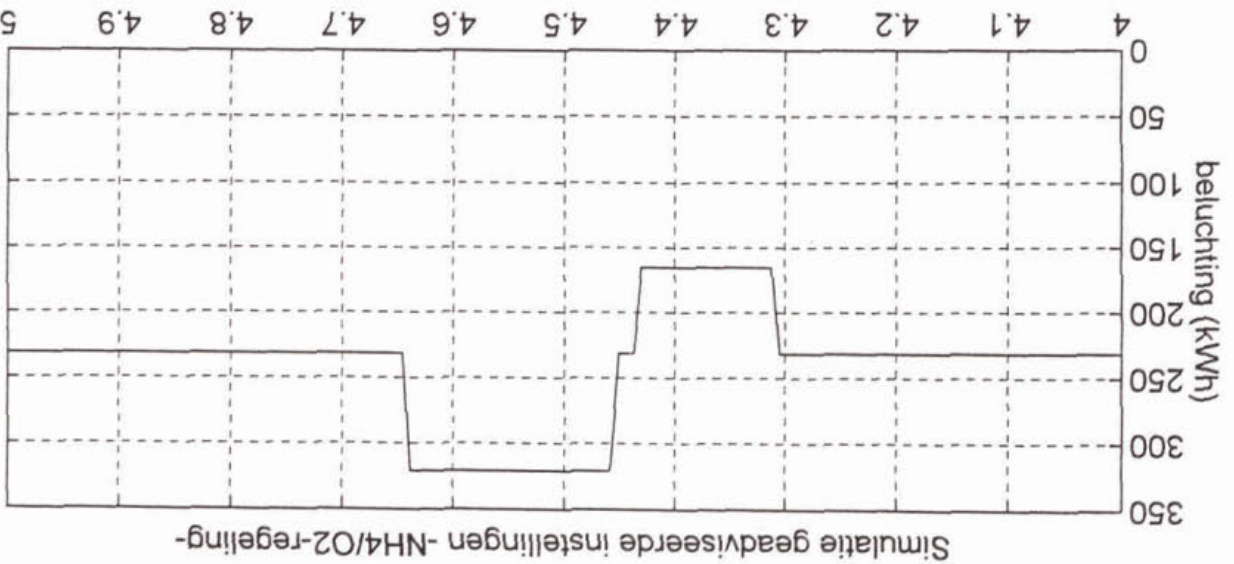
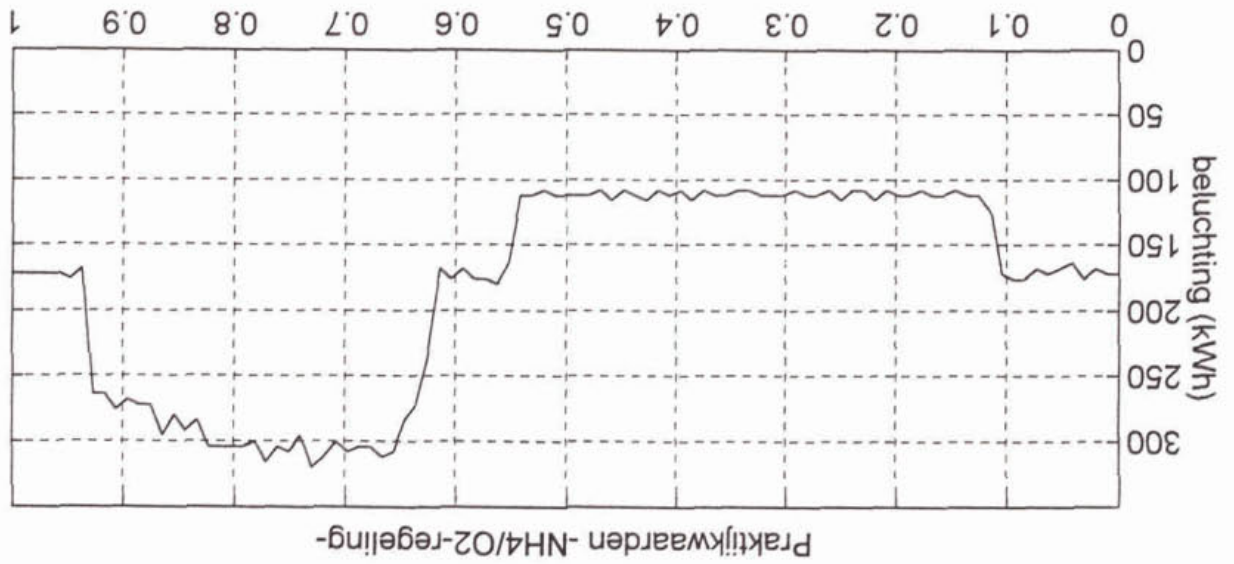
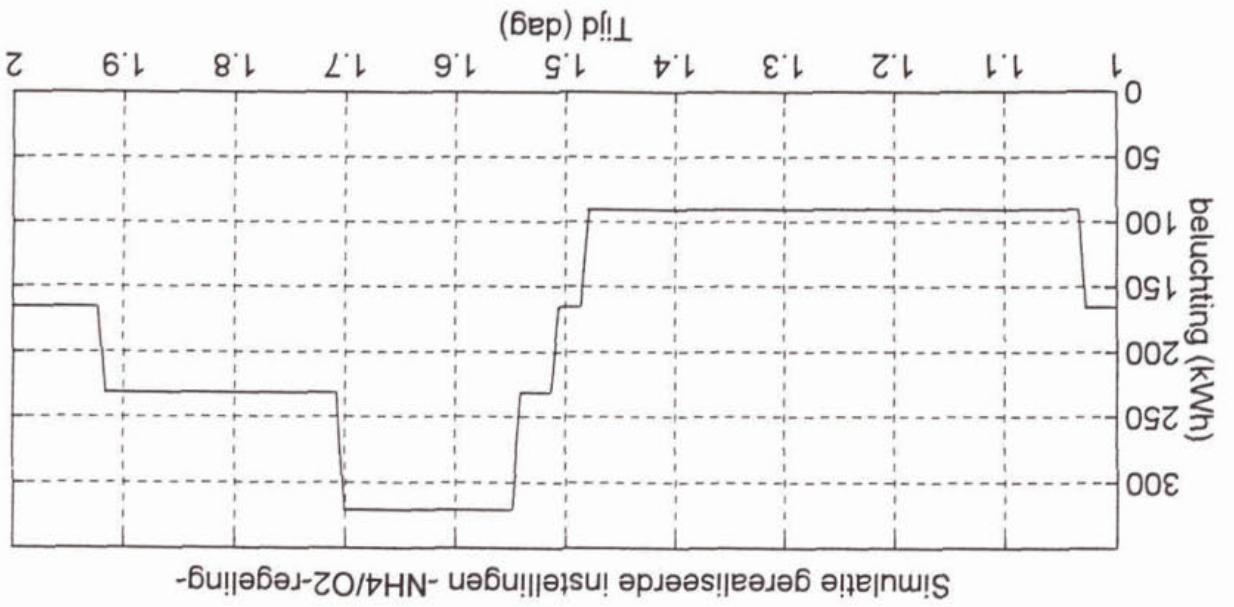
Nitrat/ammonium/zuurstofregeling

| | | |
|-----------------------|---------------|---|
| cehheid | waarde | |
| mg/l | 2-4 | schakelpunten NO ₃ |
| mg NH ₄ /l | 2;2,5;3;3,5;4 | stuursignaal (setpoint NH ₄) |
| uur | > 2 | wachtijd |
| - | 1 | proportionele constante NH ₄ (P) |
| min. | 120 | integratieconstante NH ₄ (I) |
| mg O ₂ /l | 0-3 | stuursignaal |
| - | -0,25 | proportionele constante O ₂ (P) |
| min. | 20 | integratieconstante O ₂ (I) |
| % | 10-100 | stuursignaal beluchters |

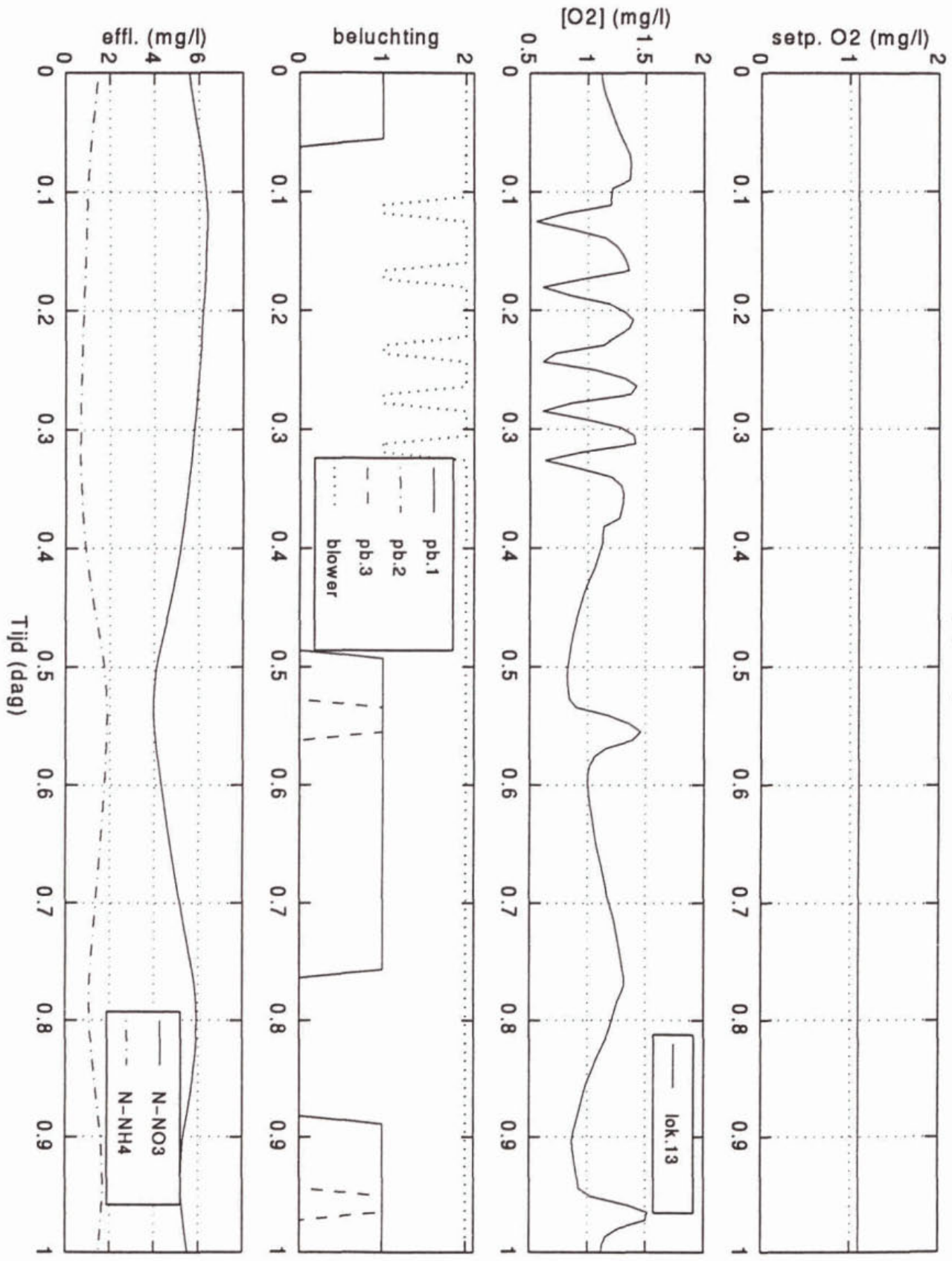






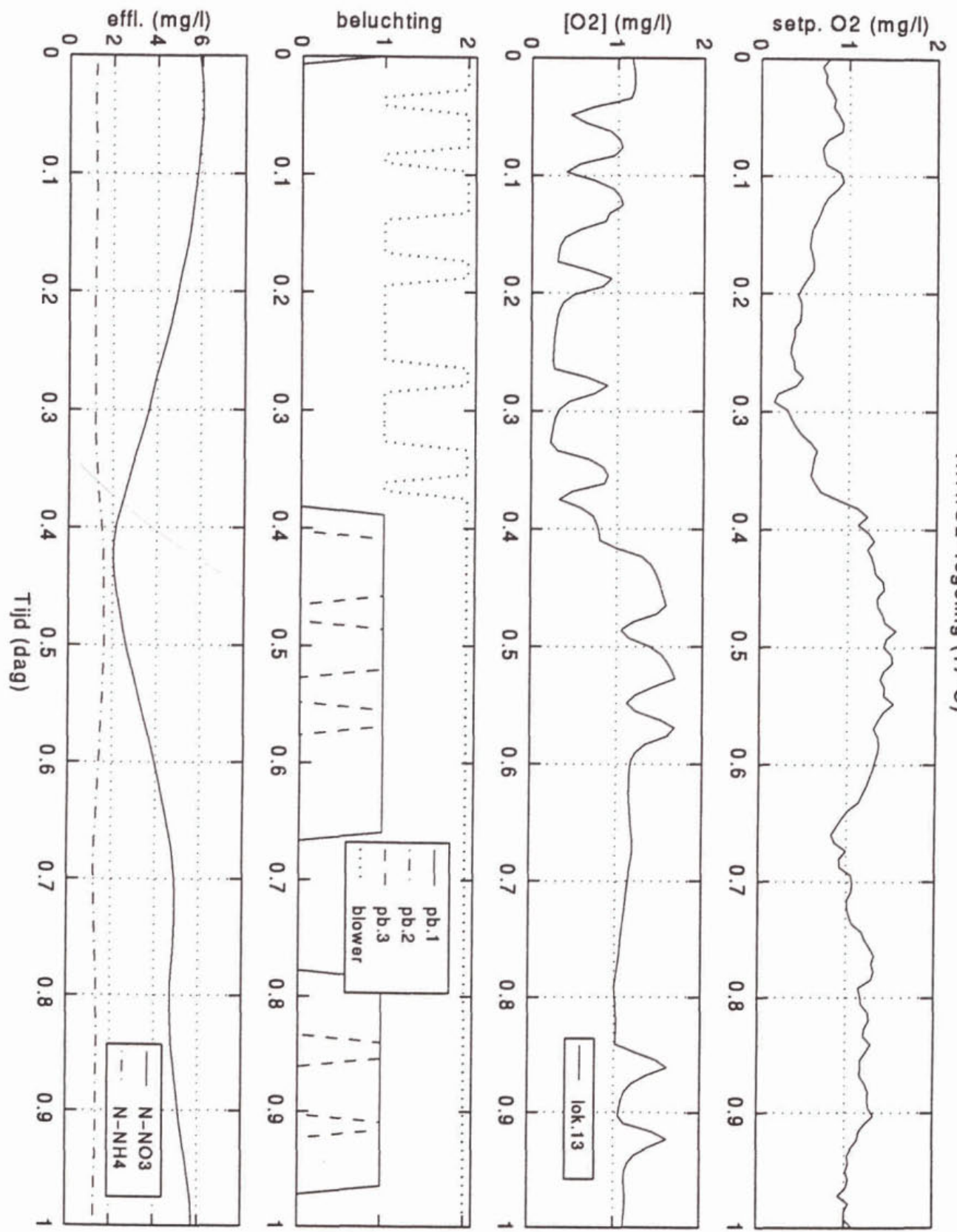


O2-regeling (17°C)

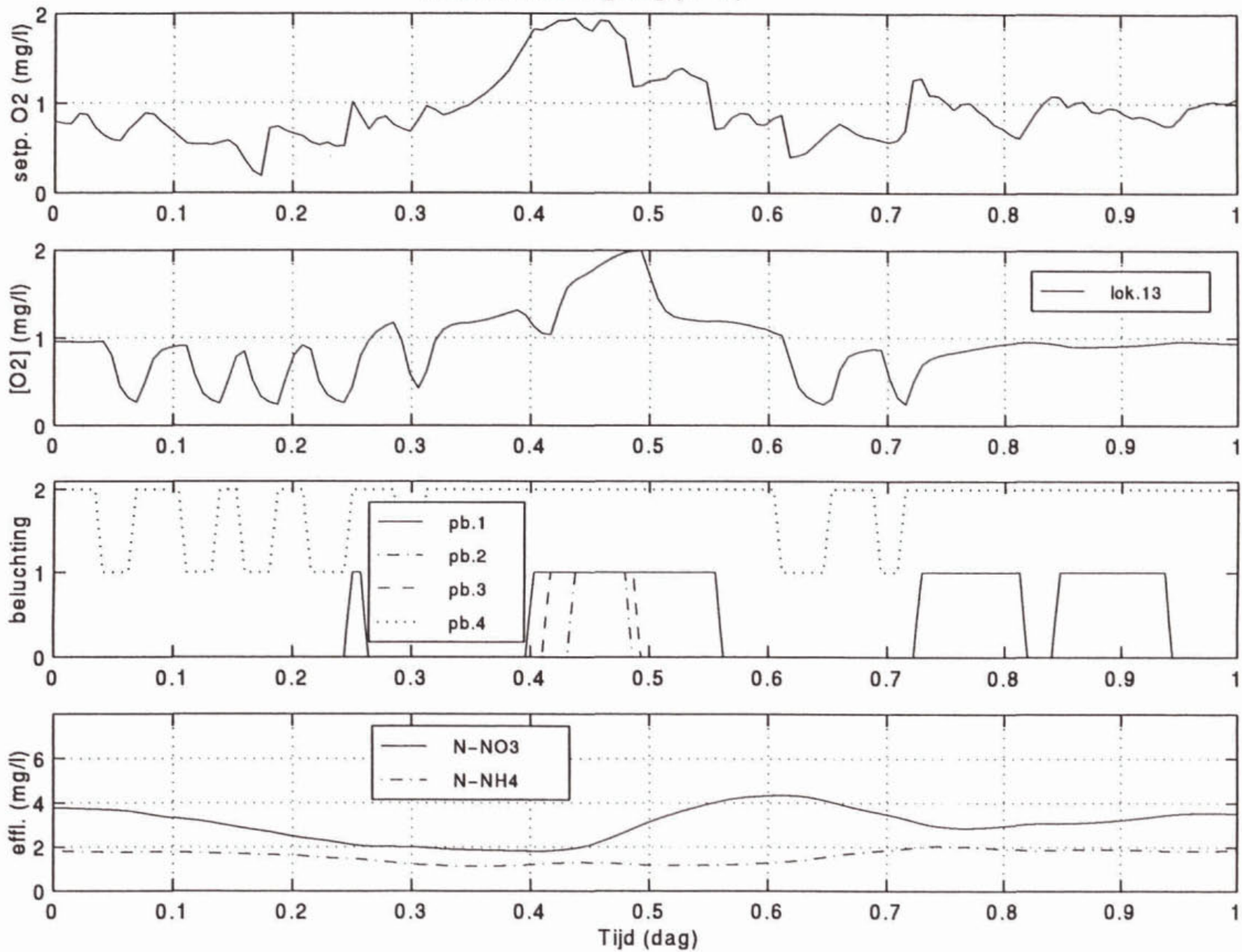


Resultaten van de simulatie voor fase 3

NH4/O2-regeling (17°C)



NO3/NH4/O2-regeling (17°C)



Zuurstofregeling

| | | |
|---------|--------|-----------------------------|
| eenheid | waarde | |
| mg/l | 1,1 | sepoint O_2 |
| - | -0,3 | proportionele constante (P) |
| min. | 20 | integratieconstante (I) |
| % | 0-100 | stuursignaal beluchters |

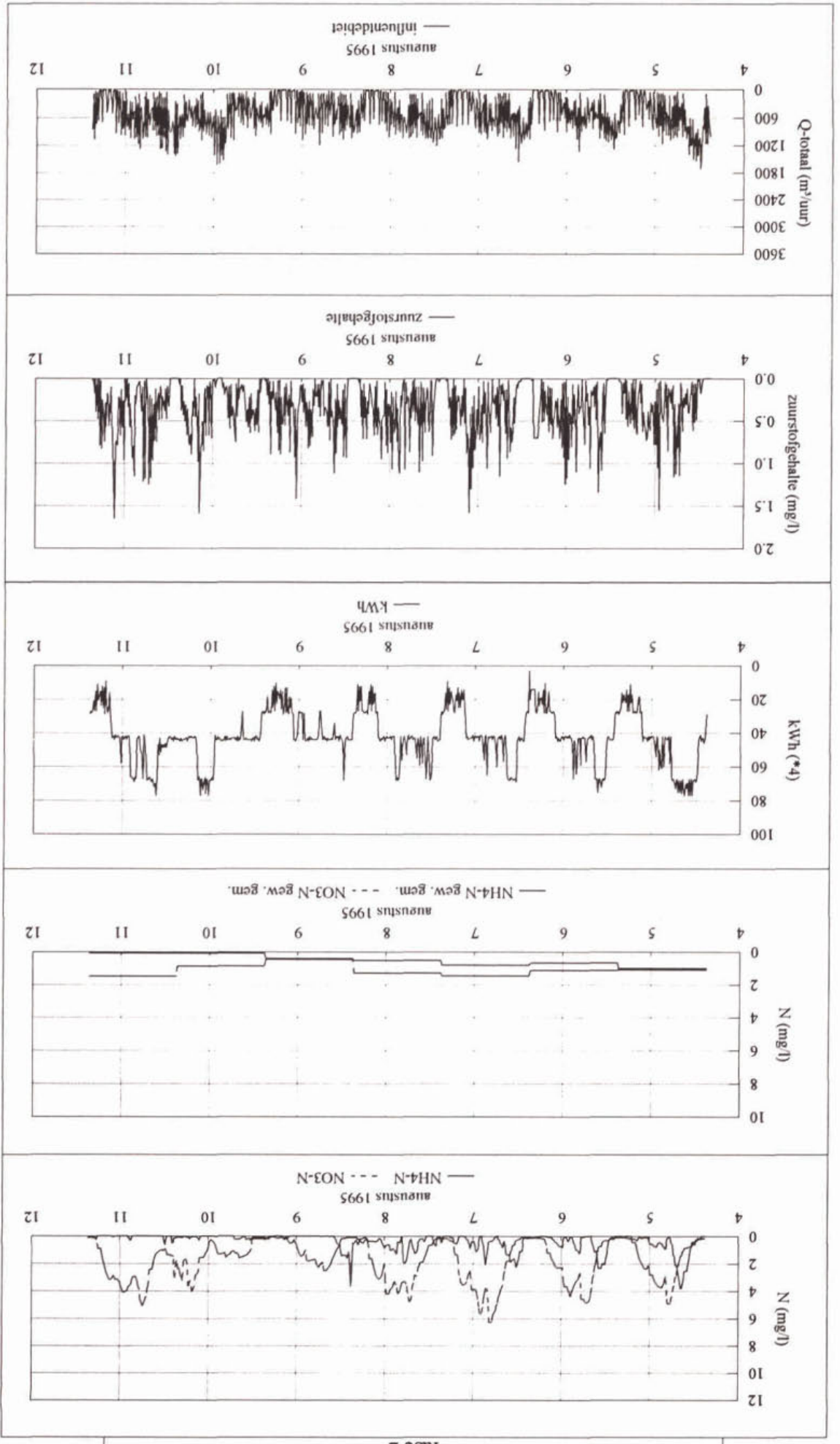
Ammonium/zuurstofregeling

| | | |
|-------------|--------|------------------------------------|
| eenheid | waarde | |
| mg/l | 1,5 | sepoint NH_4 |
| - | 1 | proportionele constante NH_4 (P) |
| min. | 100 | integratieconstante NH_4 (I) |
| mg O_2 /l | 0-2 | stuursignaal |
| - | -0,3 | proportionele constante O_2 (P) |
| min. | 20 | integratieconstante O_2 (I) |
| % | 0-100 | stuursignaal beluchters |

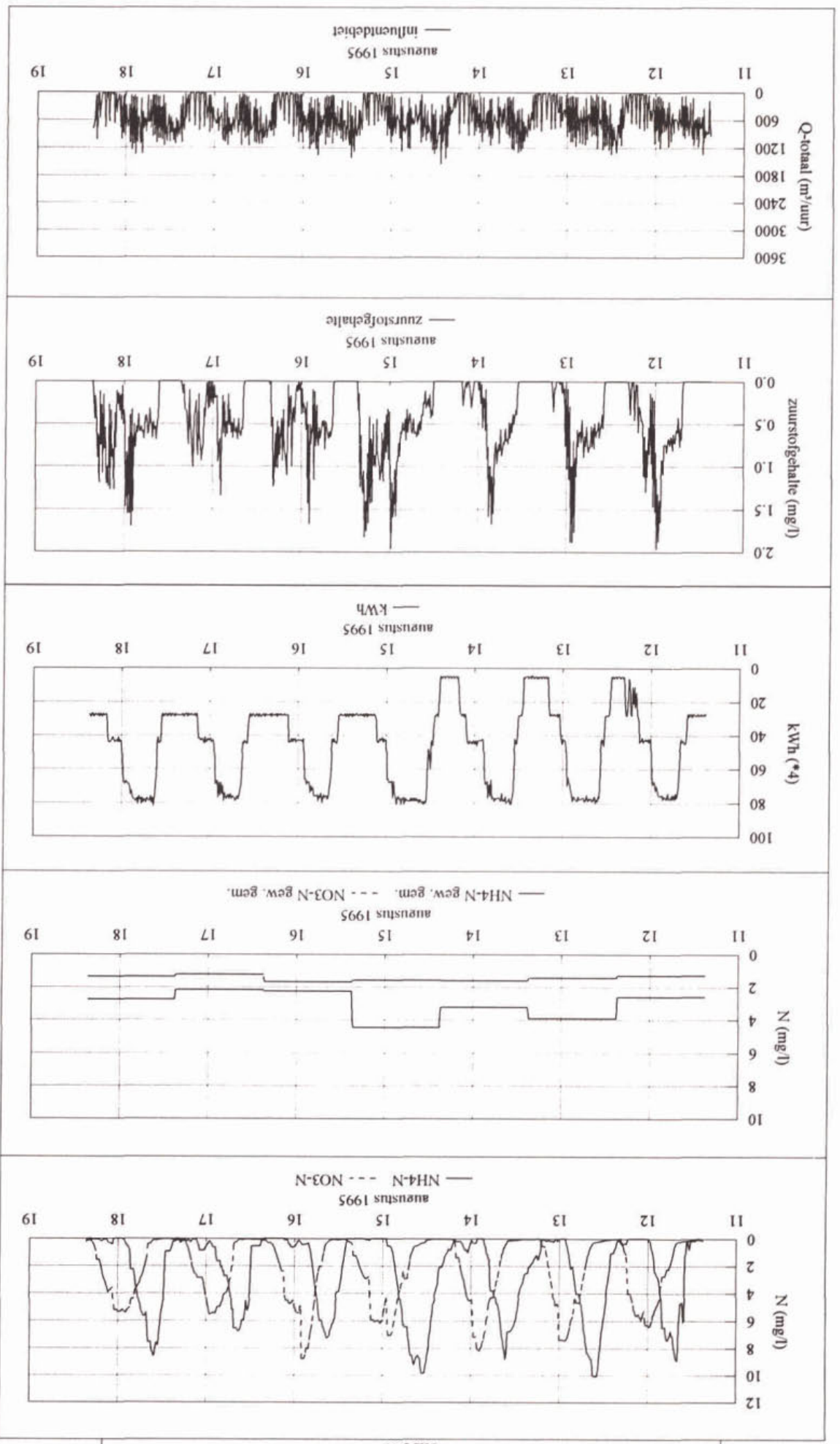
Nitrat/ammonium/zuurstofregeling

| | | |
|--------------|---------------------|------------------------------------|
| eenheid | waarde | |
| mg/l | 2-4 | schakelpunten NO_3 |
| mg NH_4 /l | 1:1,5;2:2,5;3:3,5;4 | stuursignaal (sepoint NH_4) |
| uur | > 1½ | wachttijd |
| - | 1 | proportionele constante NH_4 (P) |
| min. | 100 | integratieconstante NH_4 (I) |
| mg O_2 /l | 0-2 | stuursignaal |
| - | -0,3 | proportionele constante O_2 (P) |
| min. | 20 | integratieconstante O_2 (I) |
| % | 0-100 | stuursignaal beluchters |

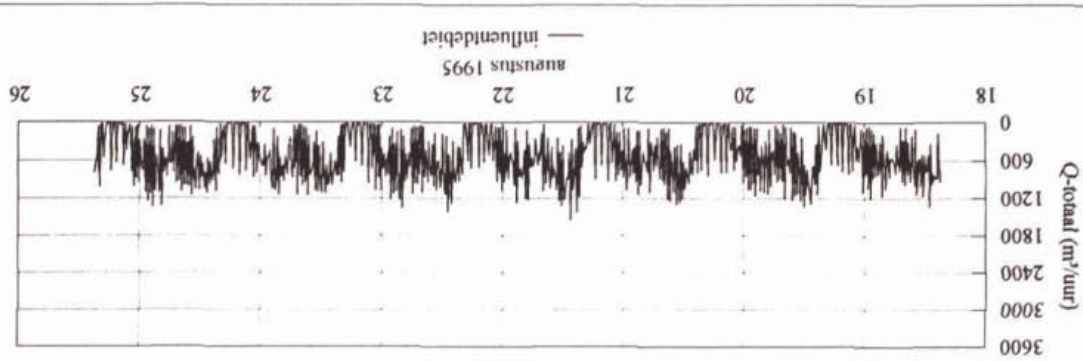
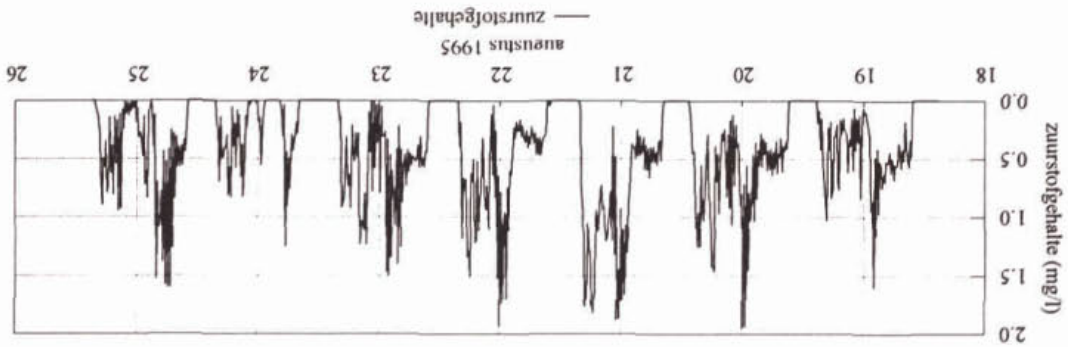
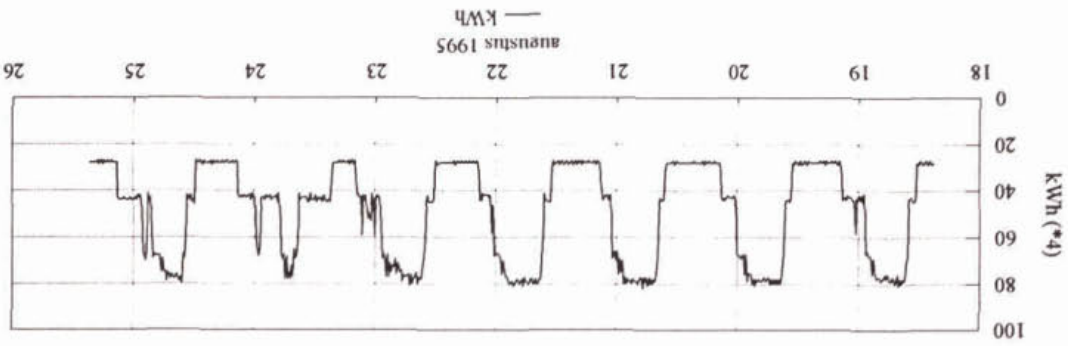
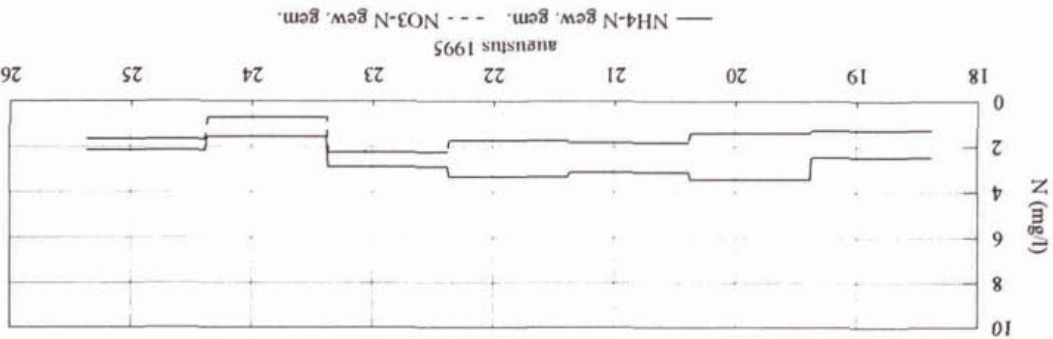
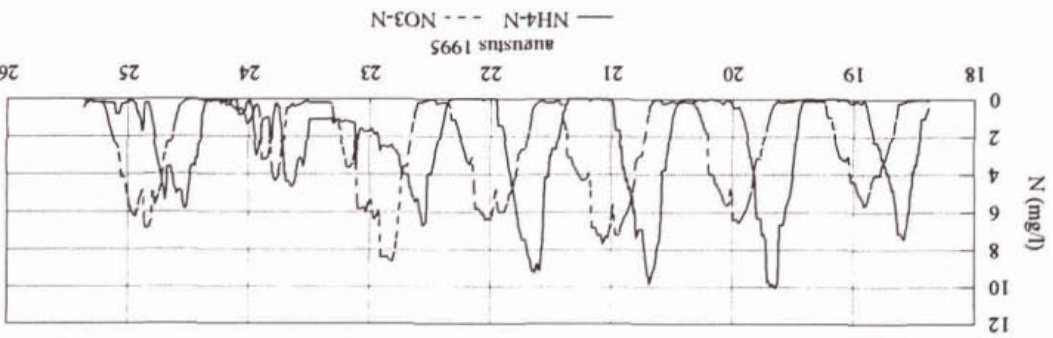
rwzi Beemster: O2-regeling fase 2

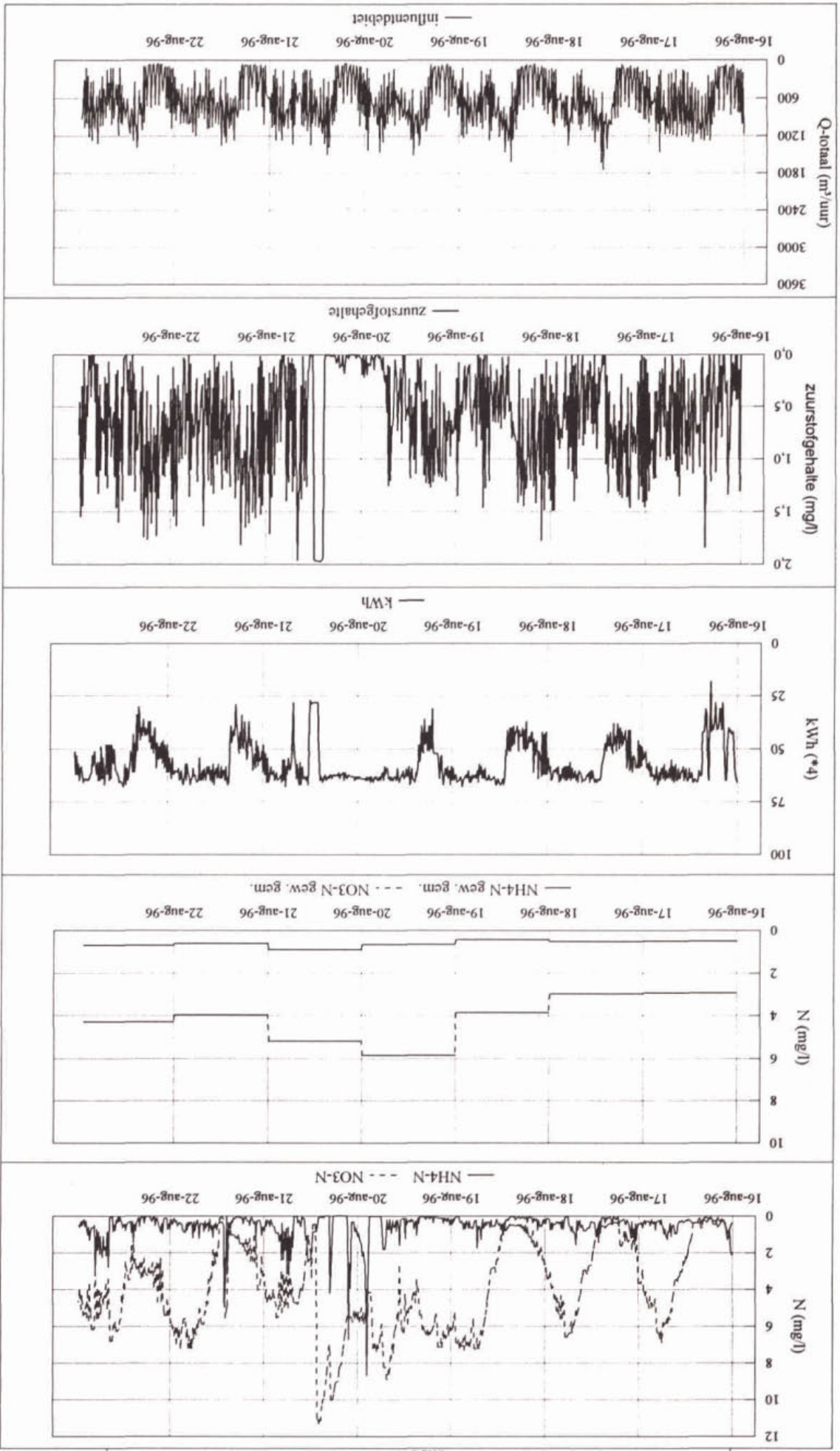


rwzi Beemster, NH4/O2-regelung,
fase 2



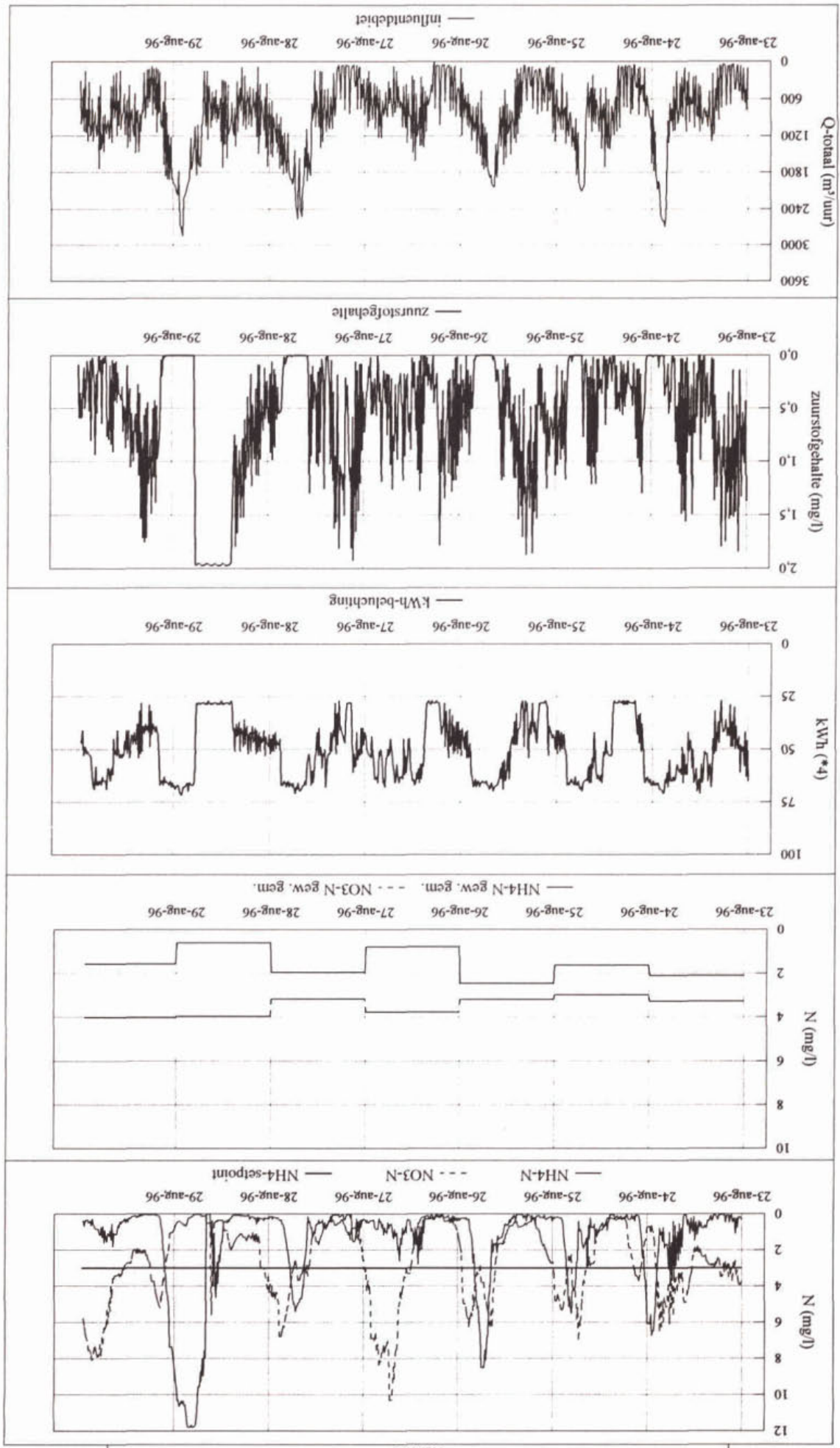
rwzi Beemster: NO₃/NH₄/O₂-regelung,
 fase 2



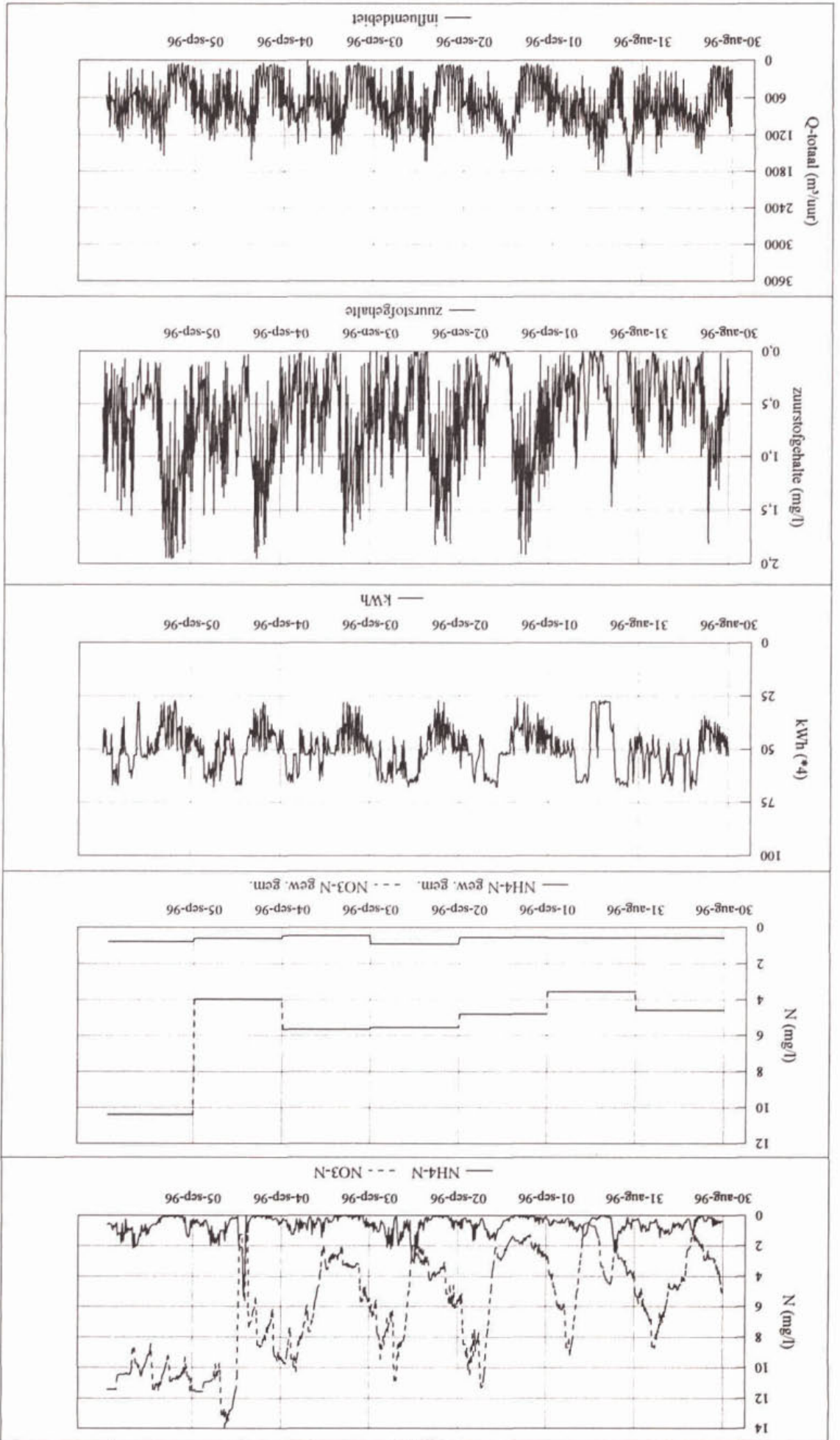


rwzi Beemster, O₂-regeling, fase 3

faze 3
 rwzi Beemster, NH4/O2-regeling,



rwzi Beemster, NO3/NH4/O2-regeling
fase 3



Overzicht belasting en rendementen bij de verschillende regelingen van fase 3

| | debiet (m ³ /h) | vracht (kg/d) | BZV slibbelasting (g BZV/kg ds) | vracht (kg/d) | CZV slibbelasting (g CZV/kg ds) | vracht (kg/d) | NKJ slibbelasting (g NKJ/kg ds) | BZV (%) | rendement CZV (%) | NKJ (%) | N-totaal (%) | effluent N-totaal (mg/l) | kWh-bel/ kg verw. TZV |
|--|-------------------------------|------------------|---------------------------------------|------------------|---------------------------------------|------------------|---------------------------------------|-------------|----------------------|-------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------|
| O2-regeling (16/08/96 t/m 22/08/96) | | | | | | | | | | | | | |
| 960818 | 15000 | 4050 | 0.018 | 8940 | 0.099 | 795 | 0.009 | 98.9 | 94.5 | 97.2 | 92.0 | 4.23 | |
| 960819 | 15500 | 2945 | 0.038 | 10773 | 0.132 | 977 | 0.012 | 98.4 | 95.4 | 97.8 | 97.3 | 1.68 | 4.01 |
| 960820 | 14900 | 3949 | 0.038 | 11235 | 0.144 | 1028 | 0.013 | 98.9 | 96.2 | 97.5 | 90.9 | 6.31 | 2.20 |
| 960821 | 15140 | 2650 | 0.036 | 10704 | 0.131 | 1045 | 0.013 | 98.3 | 95.8 | 97.8 | 93.4 | 4.58 | 3.16 |
| 960822 | 14660 | 3005 | 0.062 | 11083 | 0.142 | 1056 | 0.014 | 98.5 | 95.8 | 98.1 | 92.9 | 5.09 | 2.45 |
| gemiddeld | 15040 | 3320 | 0.038 | 10547 | 0.130 | 980 | 0.012 | 98.6 | 95.5 | 97.7 | 93.3 | 4.38 | 2.95 |
| NH4/O2-regeling (23/08/96 t/m 29/08/96) | | | | | | | | | | | | | |
| 960825 | 19140 | 4689 | 0.066 | 15523 | 0.218 | 1148 | 0.016 | 98.8 | 96.1 | 96.0 | 91.4 | 5.19 | 0.71 |
| 960827 | 27700 | 2909 | 0.043 | 7507 | 0.111 | 1053 | 0.016 | 97.1 | 89.3 | 93.4 | 87.9 | 4.60 | |
| 960828 | 29540 | 2806 | 0.037 | 7710 | 0.101 | 1182 | 0.015 | 96.8 | 88.9 | 87.3 | 84.4 | 6.23 | |
| 960829 | 19140 | 3924 | 0.051 | 12020 | 0.158 | 1110 | 0.015 | 98.5 | 96.2 | 97.8 | 94.1 | 3.40 | 1.31 |
| gemiddeld | 23880 | 3582 | 0.049 | 10690 | 0.147 | 1123 | 0.015 | 97.8 | 92.6 | 93.6 | 90.1 | 4.86 | 1.01 |
| NO3/NH4/O2-regeling (30/08/96 t/m 05/09/96) | | | | | | | | | | | | | |
| 960901 | 14740 | 3685 | 0.049 | 8859 | 0.119 | 929 | 0.012 | 98.8 | 95.3 | 97.6 | 94.4 | 3.55 | 3.97 |
| 960902 | 15000 | 3075 | 0.039 | 9555 | 0.122 | 930 | 0.012 | 98.5 | 95.8 | 97.9 | 91.4 | 5.31 | 2.52 |
| 960903 | 14180 | 3403 | 0.048 | 8210 | 0.115 | 893 | 0.013 | 98.8 | 95.7 | 97.9 | 92.1 | 4.97 | 7.52 |
| 960905 | 13880 | 3401 | 0.056 | 7440 | 0.123 | 902 | 0.015 | 98.8 | 95.0 | 98.0 | 84.5 | 10.07 | |
| gemiddeld | 14450 | 3391 | 0.048 | 8516 | 0.120 | 914 | 0.013 | 98.7 | 95.4 | 97.9 | 90.6 | 5.98 | 4.67 |

Belasting van de rwzi in fase 3

Resultaten rwti Beemster; NO3/NH4/O2-regeling,
O2-siginaal gedempt

