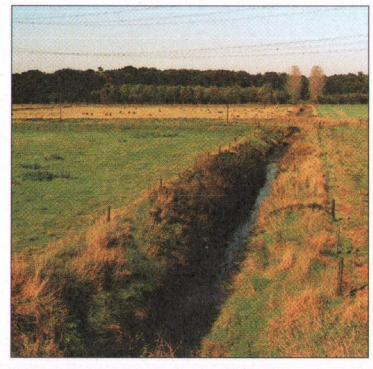
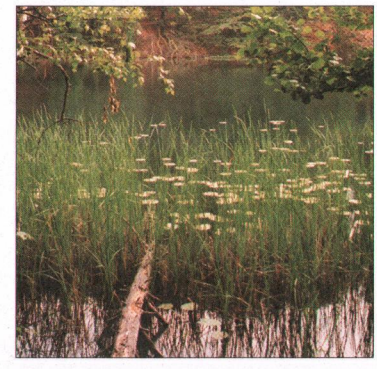
Witteveen + Bos

water
infrastructuur
milieu
bouw

Provincie Noord-Holland

Ecologische normstelling duinwateren

Witteveen+Bos
van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44

Witteveen + Bos

water
infrastructuur
milieu
bouw

Provincie Noord-Holland

Ecologische normstelling duinwateren

onze referentie	projectcode	status
HLM242-5/panh/003	HLM242-5	definitief
projectleider	**projectdirecteur**	**datum**
drs. L.G. Turlings	drs. M.P. Grimm	30 september 2003

autorisatie	naam	paraaf
goedgekeurd	drs. M. Klinge	

Witteveen+Bos
van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44

Het kwaliteit management systeem van Witteveen+Bos is gecertificeerd volgens NEN-EN-ISO 9001 : 1994

© Witteveen+Bos
Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs b.v., noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

1947052

INHOUDSOPGAVE blz.

SAMENVATTING 1

1. INLEIDING 1
1.1. Kader 1
1.2. Doel 1
1.3. Leeswijzer 1

2. ALGEMENE KARAKTERISTIEKEN 2
2.1. Duinwateren 2
2.2. Menselijke beïnvloeding 2

3. METHODIEK 3
3.1. Methodiek SEND 3
3.2. Opstellen watertypologie: voorbewerking en analyse 3
3.2.1. Voorbewerking 3
3.2.2. Analyse 5
3.3. Selectie van karakteristieke soorten 6
3.4. Opstellen conceptnormen per watertype 6
3.5. Opstellen uiteindelijke normen per watertype 7

4. RESULTATEN 8
4.1. Clustering en ordinatie 8
4.1.1. Macrofauna 8
4.1.2. Clustering macrofyten 10
4.1.3. Koppeling clustering macrofauna en macrofyten 12
4.2. Opstellen watertypologie 12
4.3. Selectie van karakteristieke soorten 14
4.3.1. Macrofyten 14
4.3.2. Macrofauna 16
4.4. Opstellen van conceptnormen 17
4.5. Opstellen van definitieve normen 20
4.5.1. Aanpassing van de normen voor duinwateren met zee-invloed 21
4.5.2. Aanpassing van de normen voor geïsoleerde duinwateren 21
4.5.3. Aanpassing van de normen voor overige stagnante duinwateren 22

5. DISCUSSIE 23
5.1. Typenindeling duinwateren 23
5.2. Normering duinwatertypen; relatie met sturende factoren en processen 24
5.3. Bruikbaarheid van de normen 24

6. LITERATUUR 26

laatste bladzijde 26

bijlagen aantal bladzijden
I Taxonomische afstemming macrofauna 6
II a t/m c Resultaten directe ordinatie (DCCA) macrofauna (a en b) en macrofyten (c) 1
III Hoog-laaggrafieken van de duinwateren met zee-invloed 14
IV Hoog-laaggrafieken van de geïsoleerde duinwateren met peilfluctuatie 14
V Hoog-laaggrafieken van de overige duinwateren 14

SAMENVATTING

Dit rapport is een uitwerking van het Stelsel Ecologische NormDoelstellingen (SEND) voor duinwateren in Noord-Holland. Het SEND-stelsel is een gedifferentieerd stelsel dat recht doet aan de aquatisch ecologische differentiatie van oppervlaktewateren in de provincie. De basis van het stelsel wordt gevormd door de ecologische watertypologie waarin watertypen worden onderscheiden op basis van overeenkomsten in het voorkomen van soorten. Per watertype wordt de gewenste waterkwaliteit aangegeven voor drie verschillende ambitieniveaus, hoog, midden en laag. Het stelsel is voor een aantal watertypen reeds opgenomen in het 2e Waterhuishoudingsplan van de provincie Noord-Holland. In dit rapport wordt het watertype duinwateren, uitgezonderd de permanent stromende duinwateren, nader uitgewerkt.

duinwatertypologie
Een eerste stap in de SEND methodiek is het onderscheiden van (sub)watertypen binnen het hoofdtype duinwateren. Deze typen zijn gebaseerd op ecologisch relevante verschillen die tot uitdrukking komen in verschillen in de soortensamenstelling. Hiervoor is een analyse uitgevoerd met de biologische en abiotische data van duinwateren van de provincie Noord-Holland. De resultaten van deze analyse lieten een aantal belangrijke factoren zien op basis waarvan de volgende typen zijn onderscheiden:
- duinwateren met zee-invloed zoals salt-spray, brak grondwater of direct contact met de zee;
- geïsoleerde duinwateren met peilfluctuatie: regenwaterafhankelijke duinwateren;
- overige duinwateren: wateren met een onnatuurlijke hydrologie, vooral infiltratiewateren.

selectie van kenmerkende soorten en afleiden normen
De volgende stap is de selectie van soorten die kenmerkend zijn voor het watertype. De selectie is gebaseerd op de soorten die uit de analyses naar voren kwamen. Deze zijn aangevuld met de soorten die kenmerkend zijn voor de specifieke omstandigheden van het watertype. Deze omstandigheden zijn:
- zoutgehalte voor duinwateren met zee-invloed;
- droogval en mate van buffering voor geïsoleerde duinwateren;
- zuurstofrijkdom en helderheid voor overige duinwateren.

Een derde stap is het onderscheiden van drie kwaliteitsniveaus (ambitieniveaus hoog, midden en laag) binnen het watertype. Soorten die kenmerkend zijn voor een bepaalde kwaliteit worden ingedeeld bij het betreffende ambitieniveau, dit is gebaseerd op:
- chloridepreferenties van soorten voor brakke wateren;
- preferenties voor trofiegraad en daarmee samenhangend helderheid en plantenrijkdom voor de zoete duinwateren.

Vervolgens zijn conceptnormen afgeleid voor trofiegraad en ionensamenstelling aan de hand van de milieu-indicatiewaarden van de soorten. De afgeleide conceptnormen zijn in de meeste gevallen reële waarden en benaderen de huidige situatie. Aanpassing van de conceptnormen is gedaan voor zoete duinwateren wanneer een beter kwaliteit is aangetroffen in de huidige situatie (lagere normen voor nutriënten). Voor de wateren met zee-invloed zijn ecologisch relevante grenzen voor chloride uit de literatuur aangehouden. De conclusie is dat normering voor duinwateren op basis van milieu-indicatiewaarden van macrofauna en macrofyten redelijk goed mogelijk is.

toepasbaarheid SEND-normen duinwateren
De relevantie van de afgeleide normen voor duinwateren is verschillend voor de typen en afhankelijk van de mate van beïnvloeding. De meest natuurlijke typen zijn de typen met een grotendeels natuurlijke hydrologie. Voor deze wateren is de hydrologie de belangrijkste sturende factor, grond- en regenwatervoeding, droogval en de processen die hiermee samenhangen bepalen de kwaliteit en ontwikkeling van de levensgemeenschap. De normen voor de overige duinwateren zoals infiltratiewateren of wateren die onder invloed daarvan staan zijn veel belangrijker. De kwaliteit van deze wateren wordt in sterke mate bepaald door de inlaat van gebiedsvreemd (rivier)water.

De normen voor deze wateren wijken niet veel af van die van de geïsoleerde duinwateren. Het is van belang dat de chemische samenstelling van dit water vergelijkbaar is met dat van een natuurlijk duinwater.

De normen moeten te allen tijde in het licht van de relevantie en haalbaarheid worden geïnterpreteerd. Dat wil zeggen dat in bepaalde gevallen een norm niet relevant kan zijn omdat een andere factor in sterkere mate sturend is en de betreffende factor overschaduwt. Een tweede situatie is dat een norm wel relevant is maar niet haalbaar als gevolg van natuurlijke oorzaken of oorzaken buiten de beïnvloedingssfeer van de beheerder. Een zeer strikte hantering van de norm is in die situaties weinig zinvol.

1. INLEIDING

1.1. Kader

In het 2e Waterhuishoudingsplan van de Provincie Noord-Holland is een Stelsel van Ecologische NormDoelstellingen (SEND) opgenomen. Dit stelsel geeft per watertype voor verschillende ambitieniveaus de gewenste waterkwaliteit. Het SEND is voor het watertype duinwateren slechts globaal uitgewerkt. Om het SEND te completeren is een gedetailleerde uitwerking van het watertype duinwateren gewenst. Dit betreft enkel de stagnante of ten hoogste periodiek stromende duinwateren. De stromende duinwateren, zoals duinrellen, zijn al in een eerder stadium uitgewerkt.

1.2. Doel

Doel van dit project is het ontwikkelen van een gedifferentieerd stelsel van ecologische normdoelstellingen voor duinwateren, dat recht doet aan de aquatisch-ecologische differentiatie op grond van morfologie en fysisch-geografische omstandigheden en zo goed mogelijk aansluit bij andere normenstelsels voor vergelijkbare wateren. De methodiek zoals omschreven in 'Stilstaan bij waterkwaliteit' wordt zo veel mogelijk toegepast.

1.3. Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de duinwateren in Noord-Holland gekarakteriseerd en worden de sturende factoren beschreven. In hoofdstuk 3 wordt de gehanteerde werkwijze beschreven, in hoofdstuk 4 de resultaten. In hoofdstuk 5 ten slotte wordt gediscussieerd over enkele aspecten van de SEND-methodiek in relatie tot het functioneren van duinwateren in Noord-Holland.

2. ALGEMENE KARAKTERISTIEKEN

In het duingebied van de provincie Noord-Holland kunnen globaal drie geografische delen worden onderscheiden. Het omvat de kalk- en mineralenrijkere duinen ten zuiden van Bergen, de kalkarmere duinen ten noorden van Bergen en de Texelse duinen. Kenmerkend voor de duinen zijn ook de toenemende ouderdom en daarmee samenhangende gradiënten in zee-invloed, kalkrijkdom en humusgehalte.

2.1. Duinwateren

Wat betreft de wateren in de duinen kunnen op basis van ontstaanswijze, functie, hydrologie en geomorfologie de onderstaande typen worden onderscheiden (Janssen en Verdonschot, 1998).

duinmeren

Op natuurlijke wijze ontstaan in primaire of secundaire duinvalleien door respectievelijk afsnijding van de zee of uitstuiving. De mate van zee-invloed (periodieke overstroming, salt-spray en grondwater) bepalen de samenstelling van vegetatie en macrofauna. Droogval en peilfluctuatie is belangrijk voor regenwatergevoede systemen.

kwelplassen

Onderscheid wordt gemaakt tussen natuurlijke kwelplassen en kwelplassen die worden gevoed door infiltratiewater dat opkwelt.

bomkraters

Ontstaan tijdens de Tweede Wereldoorlog door inslag.

infiltratiewateren

Gegraven of natuurlijk ontstane kanalen, plasjes en plassen voor de infiltratie van (voorgezuiverd) rivierwater van Maas of Rijn in de duinen.

2.2. Menselijke beïnvloeding

De belangrijkste menselijke invloed in de duinen en duinwateren verloopt via de beïnvloeding van de natuurlijke hydrologie. Waterwinning en infiltratie ten behoeve van waterwinning zijn de belangrijkste factoren. Echter ook drainage van omliggende gebieden ten behoeve van landbouw of toename verdamping door aanplant van (dennen)bossen. Een aantal gevolgen hiervan zijn:

- verdroging en mineralisatie organisch materiaal;
- verdwijnen van de natuurlijke peilfluctuaties;
- vermindering van de hoeveelheid infiltrerend regenwater (afvoer via riool in bebouwd gebied);
- verlies duineigen karakter van oppervlakte- en grondwater water door inlaat rivierwater.

Een laatste aspect wat vooral voor de van oorsprong oligotrofe, zwak-gebufferde en geïsoleerde duinplassen van belang is betreft de atmosferische depositie van stikstof.

3. METHODIEK

3.1. Methodiek SEND

De werkwijze voor de totstandkoming van het Stelsel Ecologische Normdoelstellingen wordt gekarakteriseerd door een aanpak van grof naar fijn en kan worden opgedeeld in een drietal stappen (Provincie Noord-Holland, 1999):

1. *Opstellen van een watertypologie*; het onderscheiden van verschillende aquatische ecosystemen binnen Noord-Holland aan de hand van flora- en macrofauna- en waterkwaliteitsgegevens, resulterend in ruwe watertypen. Deze ruwe watertypen bestaan uit lijsten van kenmerkende planten- en macrofaunasoorten, waarvan de gezamenlijke aanwezigheid in een bepaald gebied verwacht kan worden op grond van de aanwezige waterkwaliteit en landschappelijke ligging.
2. *Opstellen van conceptnormen per watertype*; het formuleren van abiotische randvoorwaarden voor deze watertypen met behulp van milieu-indicatiewaarden van een aantal kenmerkende soorten, resulterend in (globale) ecologische normen per watertype. De milieu-indicatiewaarden geven aan bij welke milieukwaliteit soorten in Noord-Holland voorkomen. Bij elk watertype worden drie ambitieniveaus van ecologische normen onderscheiden. Met behulp van de drie ambitieniveaus kan rekening worden gehouden met de multifunctionaliteit van het oppervlaktewater.
3. *Opstellen van uiteindelijke normen per watertype*; het controleren van de conceptnormen op onderlinge samenhang, resulterend in ecologische normdoelstellingen per watertype. De conceptnormen zijn voor iedere parameter afzonderlijk opgesteld. In deze fase wordt vastgesteld of de ecologische normen, binnen de ecologische normdoelstelling voor een watertype, op elkaar afgestemd zijn voor wat betreft ecologie, chemie en watersysteem.

3.2. Opstellen watertypologie: voorbewerking en analyse

Conform de SEND methodiek dient voor het opstellen van een typologie een analyse van de beschikbare biologische en abiotische gegevens plaats te vinden met behulp van clustering en ordinatie. De biologische gegevens van de duinwateren betreffen vegetatieopnamen en macrofaunagegevens van de provincie Noord-Holland. Daarnaast zijn fysisch-chemische gegevens beschikbaar.

3.2.1. Voorbewerking

macrofauna

De macrofaunagegevens zijn afkomstig van de provincie Noord-Holland. Het betreft een database met gegevens over de abundantie van macrofaunataxa van bemonsteringen met een standaardnet. In totaal zijn data aangeleverd van 119 locaties in de duinen die tijdens verschillende jaren (1979-1999) en seizoenen zijn bemonsterd. Samen zijn dit 317 macrofaunamonsters, 779 taxa en ruim 14.000 waarnemingen. In een aantal gevallen bleken de bemonsterde wateren niet te behoren tot de stagnante duinwateren, deze monsters zijn uit de analyse verwijderd. De dataset van macrofauna is als volgt voorbewerkt:

- codering monsters (8-letters voor boezemdeel, locatienummer, jaar, maand);
- controle en codering soorten (8-lettercodering);
- taxonomische afstemming (waarnemingen vertalen naar een eenduidig taxonomisch niveau soort, geslacht, familie etc.);
- samenvoegen voor- en najaar van hetzelfde jaar;
- transformatie van aantallen (Preston);
- omzetting naar condensed format.

In onderstaande worden en aantal van de voorbewerkingstappen nader toegelicht.

controle en codering

De eerste stap is controle en correctie van taxonnamen en -codes. Hiervoor is de soortenlijst van de provincie gekoppeld aan een gestandaardiseerde codelijst met taxonomische rangnummers.

taxonomische afstemming
Voorafgaand aan de analyse is taxonomische afstemming noodzakelijk. Taxa kunnen op verschillende taxonomische niveaus worden gedetermineerd; als voorbeeld de vlokreeften van het geslacht Gammarus. In Noord-Holland komen voor: Gammarus duebeni, Gammarus pulex, Gammarus sp, Gammarus tigrinus en Gammarus zaddachi. Het vetgedrukte taxon Gammarus sp. is een niet tot op soort te determineren individu van het geslacht Gammarus en kan tot ieder van de andere soorten behoren. Bij de analyse wordt het echter als een afzonderlijke soort gezien. Dit introduceert zogenaamde pseudo-variatie in de analyse en kan tot ongewenste resultaten leiden, om dit voorkomen is taxonomische afstemming nodig. Hierbij wordt de keuze gemaakt om Gammarus sp. te verwijderen uit de dataset of om juist alle overige taxa een niveau hoger te determineren (Gammarus sp. dus). De keuze is afhankelijk van de verdeling van het aantal waarnemingen en de totale aantallen per taxon, het uitgangspunt is om zo veel mogelijk informatie te bewaren en dus tot het laagste (soort)niveau te onderscheiden.

Taxonomische afstemming heeft plaatsgevonden door alle soortenlijsten van de macrofauna samen te voegen in een tabel met daarin het totaal aantal waarnemingen (monsters) en de gesommeerde abundantie per taxon. Van taxa die op verschillende determinatieniveaus in de lijst voorkomen is op basis van frequentie en totale abundantie een keuze gemaakt voor het taxonomische afstemmingsniveau. De taxonomische afstemming is (alleen voor de soorten die zijn aangepast) opgenomen in bijlage I. De taxonomisch afgestemde soortenlijst is gebruikt in de analyse. Voor het toekennen van kenmerkende soorten aan subwatertypen is echter de volledige, niet afgestemde soortenlijst gebruikt.

transformatie van aantallen
De gebruikte analysetechnieken (clustering en ordinatie) zijn gevoelig voor hoge aantallen. Daarbij is het zo dat veel soorten aan de top van de voedselpyramide (predatoren) vaak in kleinere aantallen voorkomen dan prooisoorten zoals bijvoorbeeld detrivoren. Ook meer kritische soorten hebben vaak een lagere abundantie. Om deze in de analyse niet "onder te laten sneeuwen" is tranformatie nodig om de hoge aantallen minder mee te laten wegen. Gekozen is voor een zogenaamde Preston-transformatie die vaak wordt toegepast bij macrofauna-onderzoek. De transformatie loopt als volgt:

Prestonklasse	groter dan	tot en met
1	0	1
2	1	3
3	3	7
4	7	15
5	15	31
etc.	..	..

Bij iedere klasse wordt het maximum aantal van de voorgaande klasse vermenigvuldigd met 2 en wordt er 1 bij opgeteld.

macrofyten
De macrofytengegevens zijn door de provincie aangeleverd in database format waarbij iedere soort is gescoord per km-hok en per jaar in tansley-schaal (1 t/m 9). Het betreft data van 60 kilometerhokken van de duinwateren en de IPI-codes 326 (infiltratiekanalen en –bekkens) en 332 (duinmeren). Van het totale macrofytenbestand zijn de waterplanten (freatofyten volgens Londo (1988), aangevuld met waterplanten volgens Runhaar *et al.* (1987) en Van der Meijden *et al.* (1996)) geselecteerd omdat deze de meest directe relatie met de waterkwaliteit hebben. De voorbewerking bestond verder uit de taxonomische afstemming van de waterplantendata. Dit is nodig om alle waarnemingen op eenzelfde taxonomisch niveau (in het algemeen genus- of soortniveau) te brengen, determinaties op verschillende taxonomische niveaus introduceren pseudo-variatie (zie voorbewerking macrofauna).

fysisch-chemische gegevens
Fysisch-chemische waterkwaliteitsgegevens zijn afkomstig van de provincie Noord-Holland. Het gaat hierbij om fysisch-chemische gegevens en veldgegevens.

Van de waterkwaliteitsgegevens zijn zomergemiddelden bepaald (mei t/m augustus). Voor de macrofauna zijn deze deels rechtstreeks gekoppeld aan het monsterpunt en jaar van opname (veldgegevens). Voor het overige deel en voor de vegetatie zijn de beschikbare fysisch/chemische metingen gekoppeld aan iedere combinatie van macrofaunalocatie of vegetatie km-hok en jaar waarin een opname heeft plaatsgevonden. Vervolgens is voor iedere fysisch/chemisch meetlocatie de afstand tot iedere macrofaunalocatie respectievelijk het middelpunt van ieder km-hok bepaald. Vervolgens zijn alle meetlocaties geselecteerd die binnen een straal van 2 km vanaf de macrofaunalocatie, respectievelijk het middelpunt van het km-hok zijn gelegen.

Van elke fysisch/chemisch variabele is voor het jaar waarin de macrofauna/vegetatie opname is uitgevoerd de dichtstbijzijnde meting binnen de straal van 2 km meegenomen. Het afstandscriterium van 2 km is gekozen op basis van een inschatting van de variatie in waterkwaliteit (meestal betrekkelijk homogeen in een straal van 2 km) en een optimale koppeling (zo veel mogelijk gekoppelde waarnemingen van macrofauna/waterplanten en chemie).

3.2.2. Analyse
Voor de analyse van de gegevensbestanden is gebruikt gemaakt van de analysetechnieken clustering en ordinatie, hieronder worden ze toegelicht.

clustering
Clustering heeft tot doel het indelen van monsterpunten in groepen. Deze groepering van monsters gebeurt op basis van overeenkomst in taxonsamenstelling én abundanties of getransformeerde abundanties. De groepen (clusters) bestaan uit monsters met een onderling vergelijkbare taxonsamenstelling. De clusteringen zijn uitgevoerd met FLEXCLUS (Van Tongeren, 1986).

Bij de clustering zijn clusters gefuseerd tot een vooraf te bepalen aantal. Een eerste clustering is uitgevoerd met een zeer lage drempelwaarde, waardoor een groot aantal clusters ontstaat. Het aantal clusters wordt vervolgens door fusie telkens in stappen van 1 gereduceerd.

Bij iedere stap wordt voor elk cluster de mate van isolatie ten opzichte van de andere clusters berekend. Dit is een maat voor de scheiding van clusters. De 'average resemblance' is een maat voor de interne homogeniteit van het cluster. Bij de keuze van de 'optimale clustering' is rekening gehouden met het aantal en de grootte van de clusters, de isolatie en interne homogeniteit. Gestreefd wordt naar een zo hoog mogelijke interne homogeniteit en een zo groot mogelijk isolatie, waarbij ook de interpretatie van de clusteringstabel een belangrijke rol speelt.

ordinatie
Ordinatie is een techniek die de variatie in gegevens in een continuüm weergeeft. De monsters, variabelen en/of soorten worden in een meerdimensionale ruimte geprojecteerd door middel van gewogen gemiddelden langs een denkbeeldige gradiënt. Op elkaar lijkende elementen komen in deze ruimte dicht bij elkaar te staan en onderling verschillende elementen ver uiteen. De lijn die het beste overeenkomt met de ligging van de monsterpunten in de puntenwolk, vormt de eerste as. Deze lijn wordt bepaald met behulp van de 'kleinste kwadraten' methode, waarbij de som van de kwadraten van de afstand van monsters t.o.v. deze lijn het kleinst is.

De eerste as is de eerste denkbeeldige gradiënt die de belangrijkste spreiding in de gegevens weergeeft. Vervolgens worden de gegevens onafhankelijk van deze eerste as gemaakt en wordt voor de resterende variatie op gelijke wijze een tweede as berekend, enzovoorts. De tweede as is onafhankelijk van de eerste en staat hier loodrecht op. Gewoonlijk worden in totaal vier assen berekend. De resultaten van de berekeningen worden samengevat in ordinatiediagrammen.

Bij indirecte ordinatie wordt de ligging van de punten ten opzichte van elkaar (in het ordinatiediagram) achteraf gerelateerd aan de milieuomstandigheden. Dit gebeurt door middel van het berekenen van de correlatie per variabele met de assen. Bij directe ordinatie wordt de ligging van de punten ten opzichte van elkaar mede bepaald door de gemeten milieuvariabelen. Alle ordinaties zijn uitgevoerd met het ordinatieprogramma CANOCO, voor een meer volledige uitleg wordt verwezen naar Ter Braak (1998).

Het ordinatiediagram geeft het belangrijkste patroon in de gegevens weer. De techniek indiceert daarbij mogelijke relaties, het geeft geen oorzakelijke verbanden aan.

combinatie clustering en ordinatie
De door clustering ontstane groepen van monsters worden ingetekend in het ordinatiediagram door de contouren van de buitenste monsters van een cluster met elkaar te verbinden. Op deze wijze worden clustering en ordinatie met elkaar gecombineerd (1^e niveau). In de ideale situatie liggen de clusters vrij van elkaar in het ordinatiediagram. Wanneer clusters sterk overlappen kan besloten worden om de monsters van clusters die in het ordinatiediagram vrijliggen van de overige clusters uit de dataset te halen. Met de overgebleven monsters kan weer een nieuwe ordinatie worden uitgevoerd (2^e niveau).

3.3. Selectie van karakteristieke soorten
Op basis van de clustering en de daaruit voortkomende watertypologie zijn voor macrofauna karakteristieke soorten per watertype geselecteerd. Hierbij zijn zowel soorten geselecteerd die als kenmerkend voor één of meer clusters zijn gekarakteriseerd, alsmede soorten die op grond van aanwezige kennis kenmerkend zijn voor de belangrijkste sturende variabelen of kwaliteit van dat subwatertype (bijvoorbeeld kenmerkende soorten voor brakke wateren zijn toegevoegd aan een brak subwatertype).

Voor wat betreft de vegetatie is aan de hand van literatuurgegevens en de resultaten van de clustering een selectie van plantengemeenschappen gemaakt die karakteristiek zijn voor duinwateren en, al dan niet potentieel, voorkomen in Noord-Holland. De volgende literatuur is hiervoor gebruikt:
- de Vegetatie van Nederland, deel 2. Wateren, moerassen en natte heiden (Schaminée *et al.*, 1995);
- Atlas van Plantengemeenschappen in Nederland, deel 1. Wateren, moerassen en natte heiden (Weeda *et al.*, 2000).

Per subwatertype zijn vervolgens karakteristieke plantensoorten geselecteerd. Deze selectie heeft als volgt plaatsgevonden:
1. Van de beschreven plantengemeenschappen per subwatertype zijn de karakteristieke soorten geselecteerd. Dit betreft de kensoorten uit Schaminée *et al.* (1995) en de karakteristieke soorten per plantengemeenschap beschreven in Weeda *et al.* (2000).
2. Van deze lijst zijn soorten afgevoerd vanwege de beperkte indicatieve waarde.

3.4. Opstellen conceptnormen per watertype
Voor het opstellen van de conceptnormen per watertype zijn milieu-indicatiewaarden van kenmerkende plantensoorten (Barendregt *et al.*, 1990) en soorten macrofauna (Amesz & Barendregt, 1995) gehanteerd. Deze milieu-indicatiewaarden geven aan bij welke milieukwaliteit deze soorten voorkomen in Noord-Holland. De milieu-indicatiewaarden voor macrofauna zijn gebaseerd op 582 bemonsteringspunten in allerlei watertypen in Noord- en Zuid-Holland en bepaald voor 623 taxa. De waarden voor water- en oeverplanten zijn gebaseerd op 770 onafhankelijke waarnemingen op Texel, in de duinen van het vaste land, langs de gehele binnenduinrand in Noord-Holland, in vele veenpolders en droogmakerijen ten noorden en ten zuiden van het Noordzeekanaal en in de gehele Vechtstreek.

Bij het opstellen van de conceptnormen is onderscheid gemaakt in drie ambitieniveaus: hoog, midden en laag. Een indeling in kritische, minder kritische en tolerante soorten als kenmerkend voor respectievelijk een hoog, midden en laag ambitieniveau vormt hierbij de leidraad. De norm van het hoge niveau is zodanig gekozen dat er sprake is van zo optimaal mogelijke omstandigheden voor alle kritische soorten. Minder kritische soorten kunnen binnen de norm van het midden niveau goed of optimaal voorkomen. Voor het lage ambitieniveau geldt dat voornamelijk tolerante soorten nog een goede kans op voorkomen hebben.

De ambitieniveaus zin als volgt bepaald:

1. Bepalen belangrijkste sturende factor(en) per subwatertype.
2. Ordenen van plantensoorten op de gevoeligheid voor deze factor(en).
3. Indelen van de soorten in groepen hoog, midden en laag op basis van overeenkomst in gevoeligheid voor belangrijkste sturende factor(en) en kennis van de ecologie van deze soorten. De grens tussen de ambitieniveaus is zo veel mogelijk bepaald op basis van een duidelijke overgang in de gevoeligheid van soorten, aangevuld met ecologische kennis. In gevallen waarin dit niet duidelijk was, is de grens bepaald door pragmatische overwegingen zoals voldoende soorten per groep voor normstelling.

Vervolgens zijn per ambitieniveau de conceptnormen voor alle in het SEND-stelsel opgenomen parameters bepaald aan de hand van de ecologische ranges van de soorten die aan het betreffende ambitieniveau zijn toebedeeld. Als ondergrens voor de range geldt de 10-percentiel waarde, als bovengrens de 90-percentiel waarde, de middelste waarneming is de mediaan. Als conceptnorm wordt per ambitieniveau een waarde gekozen waarbij alle soorten uit het ambitieniveau zo optimaal mogelijk kunnen voorkomen. Hiervoor is per ambitieniveau de mediaan van de mediane waarden van alle soorten die zijn opgenomen in het betreffende ambitieniveau genomen.

3.5. Opstellen uiteindelijke normen per watertype

In deze fase worden de conceptnormen beoordeeld op onderlinge samenhang en ecologische relevantie. De volgende aspecten worden bij deze evaluatie van de normen betrokken:

- de huidige waterkwaliteit in de duinwateren van de provincie Noord-Holland;
- inschatting van de ecologische- en waterkwaliteitspotenties van de duinwateren in Noord-Holland;
- bekende ecologisch relevante grenzen (bijvoorbeeld voor chloridetolerantie van soorten).

Daar waar nodig zijn de conceptnormen aangepast. Uiteindelijk resulteert dit in een gedifferentieerd normstelsels voor duinwateren in de provincie Noord-Holland.

4. RESULTATEN

4.1. Clustering en ordinatie

4.1.1. Macrofauna

Drie opeenvolgende clusteringen zijn uitgevoerd, waarbij uitgaande van de totale dataset steeds een selectie is gemaakt van geschikte monsters. De opeenvolgende stappen zijn:

- eerste clustering, monsters met alleen watermijten onderscheiden zich: verwijderd;
- tweede clustering, 7 clusters, 4 kleine clusters waarvan voor 3 clusters de taxa stroming en droogval indiceren: verwijderd;
- derde clustering: 6 clusters, zoet droogval, zoet ondiep, zoet diep zuurstofrijk en licht-brak (2x). Met de monsters van deze clustering is tevens een ordinatie uitgevoerd.

In onderstaande worden de clusters kort gekarakteriseerd en wordt de ordinatie besproken.

stap1. Clustering totale dataset

In deze clustering onderscheidt een aantal monsters zich door de aanwezigheid van alleen watermijten. Deze monsters zijn verwijderd.

stap2. Clustering zonder watermijten

Levert 6 clusters op, een aantal wateren wijkt sterk af door droogval of stroming. Hieronder worden de clusters gekarakteriseerd:

1 eutroof, helder en soortenrijk, soms goede kwaliteit (n=79): *Arrenurus crassicaudatus, Caenis horaria, Caenis luctuosa, Ceratopogonidae, Cloeon dipterum,* ***Cloeon simile****, Corynoneura, Cricotopus sylvestris gr, Cryptochironomus, Endochironomus albipennis, Glyptotendipes, Mystacides, Procladius, Sigara falleni, Sigara striata, Tanytarsus, Theromyzon tessulatum*

2 kevers, opvallend zijn ochtebius, brak (n=14): *Chironomus, Corixa affinis, Dryops, Helophorus aequalis, Helophorus brevipalpis, Hydroporus nigrita, Hydroporus planus, Ochthebius dilatatus, Ochthebius marinus,* ***Ochthebius viridis***

3 eutroof ondiep, planten? (n=79): *Agabus, Armiger crista, Chaoborus crystallinus, Coenagrionidae, Endochironomus dispar gr, Haliplus, Hesperocorixa linnei, Hippeutis complanatus, Hygrotus inaequalis, Piona alpicola, Polycelis tenuis, Radix peregra, Stagnicola palustris, Xenopelopia*

4 taxa indiceren licht-zuur en droogvallend (n=2): *Anacaena limbata, Chaoborus crystallinus, Culiseta, Helophorus grandis,* ***Hydroporus erythrocephalus****, Hydroporus nigrita, Hydroporus palustris, Hydroporus pubescens,* ***Paralimnophyes hydrophilus****, Spercheus emarginatus larve*

5 stroming (n=2)*: Acroloxus lacustris, Arrenurus cylindratus, Asellus aquaticus,* ***Conchapelopia****, Gammarus pulex, Hydrometra stagnorum, Limnephilus lunatus,* ***Lype****, Macropelopia, Metriocnemus,* ***Micropsectra****, Proasellus meridianus,* ***Prodiamesa olivacea****, Sialis lutaria, Sperchon squamosus,* ***Stictotarsus duodecimpustulatus****, Valvata cristata*

6 (n=1)

-

7 taxa indiceren droogvallend (n=5): *Agabus, Chaoborus crystallinus, Chironomus, Colymbetes, Corixa punctata,* ***Culex****, Hesperocorixa linnei, Hesperocorixa sahlbergi, Notonecta glauca, Pisidium casertanum, Spercheus emarginatus larve* (veel snelle kolonisatoren kevers en wantsen, steekmuggen)

8 (n=1)

-

De clusters 4 tot en met 7, die droogval en stroming indiceren, zijn verwijderd.

stap 3. Droogval en stroming verwijderd (clusters 4 t/m 7), 3 hoofdclusters
Resultaat: 6 clusters met ieder een min of meer duidelijke soortensamenstelling. Hieronder worden de clusters gekarakteriseerd:

1 eutroof, productief slib/plant (n=60): *Armiger crista, Arrenurus globator, Chaoborus crystallinus, Cloeon dipterum, Corixa punctata, Endochironomus dispar gr, Haliplus, Haliplus ruficollis, Hygrotus inaequalis, Ischnura elegans, Noterus clavicornis, Piona alpicola, Polycelis tenuis, Radix peregra, Tiphys ornatus*

2 soortenrijk zoet, eutroof, betere kwaliteit (zuurstof) (n=72): *Arrenurus crassicaudatus, Caenis horaria, Caenis luctuosa, Ceratopogonidae, Cloeon dipterum, Cloeon simile, Cricotopus sylvestris gr, Endochironomus albipennis, Glyptotendipes, Microtendipes chloris agg, Mystacides, Mystacides longicornis, Procladius, Sigara falleni, Sigara striata, Tanytarsus, Theromyzon tessulatum*

3 Licht-brak, zelfs krabben, Zwanenwater (n=6): *Neomysis integer, Aplexa hypnorum, Balanus improvisus, Balanus spec., Carcinus maenas, Chironomus salinarius gr, Corophium volutator, Crangon crangon, Gammarus zaddachi, Halocladius varians, Hydrobia ulvae, Nereis diversicolor, Palaemonetes varians, Phryganea bipunctata, Sphaeroma, Ventrosia ventrosa, Gammarus duebeni, Chironomus halophilus gr*

4 zoet moerassig, veel slakken Zwanenwater (n=10): *Hippeutis complanatus, Bathyomphalus contortus, Valvata cristata, Xenopelopia, Noterus crassicornis, Proasellus meridianus, Hesperocorixa linnei, Hygrotus decoratus, Hydroporus striola, Arrenurus bifidicodulus, Ilybius, Pisidium spec, Hesperocorixa sahlbergi, Segmentina nitida, Piona alpicola, Arrenurus integrator, Arrenurus inexploratus, Odontomyia ornata, Agabus unguicularis, Hydroporus erythrocephalus, Stagnicola palustris, Hydryphantes, Suphrodytes dorsalis, Acricotopus lucens, Piona, Planorbis planorbis, Hydroporus, Copelatus haemorrhoidalis*

5 zoet, opvallend Lestes (pantserjuffers) en lantaarntje (Ischnura) libellen, vnl op Texel (n=5): *Agabus sturmii, Gerris, Hesperocorixa, Hydrobius fuscipes, Ischnura elegans, Laccophilus, Laccophilus minutus, Lestes barbarus, Lestes sponsa, Micropsectra atrofasciata gr, Notonecta, Paraponyx stagnata, Phryganea, Rhantus, Sphaeriidae, Tanypodinae, Triaenodes bicolor*

6 brak, kenmerkende soortensamenstelling Sluftergebied texel (n=12): *Agabus bipustulatus, Agabus conspersus, Chironomus annularius, Chironomus thummi gr, Corixa affinis, Dryops luridus, Glyptotendipes barbipes gr, Helophorus aequalis, Helophorus brevipalpis, Hydroporus, Hydroporus nigrita, Hydroporus planus, Micropsectra, Micropsectra lindrothi, Ochthebius dilatatus, Ochthebius marinus, Ochthebius viridis, Orchestia gammarella, Oxycera trilineata, Tribelos intextus, Tubifex newaensis*

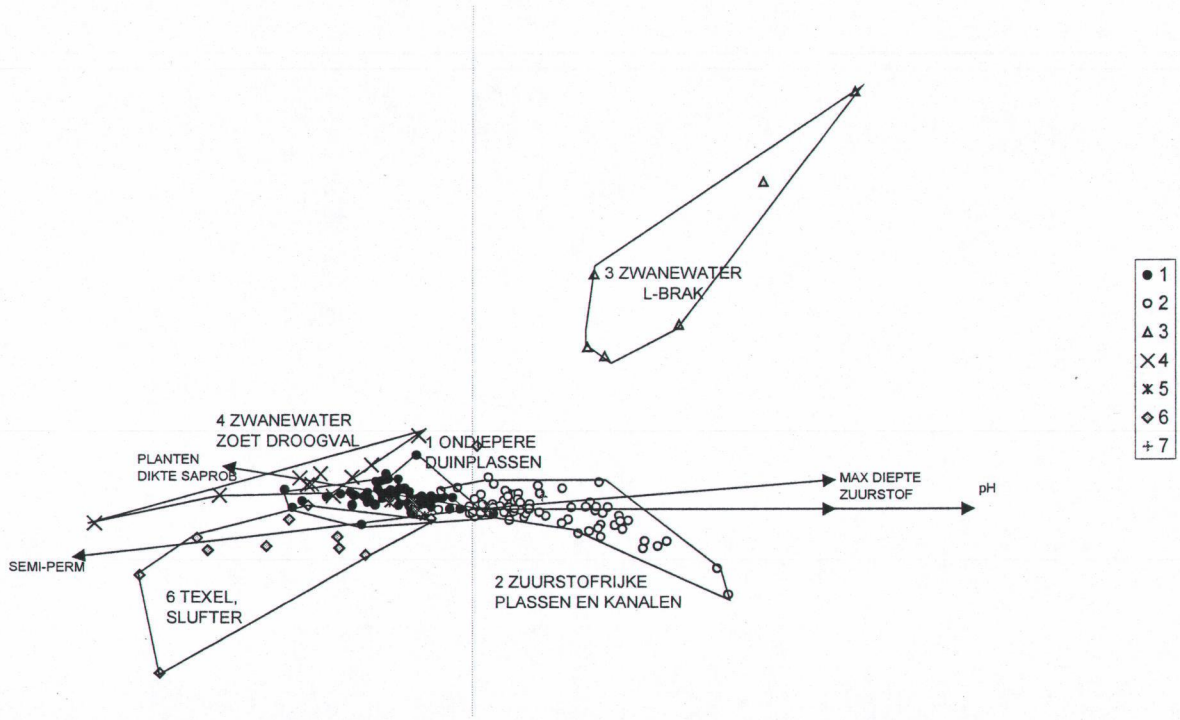
7 (n=1)
-

stap 4. Indirecte ordinatie; DCA met milieufactoren
Met de macrofaunadata van de provincie Noord-Holland (selectie van monsterpunten volgens de laatste clustering) en de fysisch chemische dataset van Alterra (typologie van zoete duinwateren) is een indirecte ordinatie uitgevoerd. De reden om te kiezen voor een indirecte ordinatie is gebaseerd op het ontbreken van voldoende kwalitatief goede milieugegevens. Een groot deel van de variatie in soortensamenstelling kan niet kan worden verklaard door de beschikbare milieugegevens. Bij toepassing van een directe ordinatie levert dit een ordinatiediagram op waarbij de ligging van de monsterpunten sterk wordt bepaald door de best verklarende milieuvariabelen die wél gemeten zijn. Hierdoor wordt de figuur lastig te interpreteren.

De resultaten van de indirecte ordinatie staan in afbeelding 4.1. In de afbeelding zijn de clusters door een lijn omgeven en de milieuvariabelen met pijlen aangegeven. Belangrijke en sterk gecorreleerde factoren zijn pH, zuurstof en diepte, sterk negatief hieraan gecorreleerd zijn planten, dikte sapropeliumlaag en periodieke droogval (semi-permanentie).

De wateren van cluster 2 onderscheiden zich door hoge zuurstofgehalten, hoge pH en diepte. De wateren in cluster 1 zijn juist ondiep, soms zwak zuur en zijn vaak productiever met veel planten en een dikkere sapropeliumlaag. De wateren in cluster 3 en 6 onderscheiden zich van de overige door de invloed van de zee, deze factor komt echter niet in het chloridegehalte naar voren (geen data of andere ligging meetlocaties). De soorten wijzen echter duidelijk op de zee-invloed. Cluster 6 wordt aangetroffen in de slufter en bestaat waarschijnlijk uit periodiek overstroomde plasjes, poeltjes kreekjes etc. Cluster 3 wordt aangetroffen in het Zwanenwater en heeft geen directe zee-invloed maar staat waarschijnlijk onder invloed van saltspray en/of brak grondwater in combinatie met verdamping.

Afbeelding 4.1. DCA macrofauna duinwateren van provincie Noord-Holland, milieuvariabelen zijn achteraf gerelateerd aan soortensamenstelling. In de figuur zijn de milieuvariabelen weergegeven met correlatie > 0.3 met de ordinatie-assen



4.1.2. Clustering macrofyten

Met de gegevens van macrofyten is een clustering uitgevoerd met enkel waterplanten (volgens de indelingen van Runhaar *et al.*, 1987, Van der Meijden *et al.*, 1996 en Londo, 1988). Met de dataset met waterplanten is ook een directe (DCCA) en indirecte (DCA) ordinatie uitgevoerd. Echter, bij de permutatietest bleek de eerste as niet significant. Waarschijnlijk is dit te wijten aan de matige koppeling tussen de macrofytendataset (bestaande uit kilometerhokken) en de fysisch-chemische dataset (bestaande uit individuele monsterpunten). De ordinatie wordt hier daarom niet verder behandeld.

stap 1. Clustering totale dataset

Resultaat: 16 clusters, waarvan 5 met één opname, vrijwel altijd opnames waarin slechts één plantensoorten aanwezig.. Alle monsterpunten met één soort waterplant verwijderd.

stap 2. Clustering zonder monsterpunten met één soort waterplant
Resultaat: 10 clusters. Hieronder worden de clusters gekarakteriseerd.

Cluster 1: 12 monsterpunten, met name in de Waterleidingduinen dicht bij zee. Kenmerkende soorten: *Chara vulgaris* (Gewoon kransblad), *Myriophyllum spicatum* (Aarvederkruid). Vrij soortenrijk cluster, duidt op helder, matig tot sterk gebufferd water.

Cluster 2: 4 monsterpunten. Geen kenmerkende soorten, vrijwel alleen *Potamogeton pectinatus* (Schedefonteinkruid) aanwezig.

Cluster 3: 3 monsterpunten, verspreid over Waterleidingduinen en Kennemerduinen. Kenmerkende soort: *Ceratophyllum demersum* (Grof hoornblad). Grof Hoornblad is in alle andere clusters vrijwel niet aanwezig.

Cluster 4: 6 monsterpunten, verspreid over het hele duingebied inclusief Texel. Kenmerkende soort: *Potamogeton pusillus* (Tenger fonteinkruid), daarnaast ook *Ranunculus baudotii* (Zilte waterranonkel) aanwezig, voor de rest vrij soortenarm.

Cluster 5: 17 monsterpunten. Qua soortensamenstelling vergelijkbaar met cluster 1 (vrij soortenrijk), maar in de Waterleidingduinen meer landinwaarts gelegen, verder ook op Texel. Geen kenmerkende soorten, alleen soorten aanwezig die ook in andere clusters veel voorkomen, zoals *Potamogeton pectinatus* (Schedefonteinkruid), *Polygonum amphibium* (Veenwortel) en *Zannichellia palustris*. In vergelijking met cluster 1 meer kroos (bult- en klein kroos) en Veenwortel en minder Aarvederkruid en Gewoon kransblad. In vergelijking met cluster 1 lijkt het productiever en ondieper.

Cluster 6: 2 monsterpunten in de Kennemerduinen. Kenmerkende soorten, *Lemna trisulca* (Puntkroos) *Spirodela polyrhiza* (Veelwortelig kroos), *Chara vulgaris var longibractreata* (Gewoon kransblad), *Lemna gibba + Lemna minor* (Bultkroos + Klein kroos).

Cluster 7: 4 monsterpunten verspreid over het hele duingebied. Kenmerkende soorten: *Hydrocharis morsus-ranae* (Kikkerbeet), *Polygonum amphibium* (Veenwortel). Verder soortenarm.

Cluster 8: 4 monsterpunten, verspreid over het hele duingebied, inclusief Texel. Kenmerkende soorten: *Chara globularis* (Breekbaar kransblad), *Potamogeton natans* (Drijvend fonteinkruid). Ook *Chara major* (Stekelharig kransblad) aanwezig, wijst op zeer helder, gebufferd water.

Cluster 9: 4 monsterpunten (waarvan 3 op Texel). Kenmerkende soorten: *Chara aspera* (Ruw kransblad), *Chara contraria* (Brokkelig kransblad), daarnaast ook *Ranunculus baudotii* (Zilte waterranonkel) aanwezig. Wijst op brakke invloed.

Cluster 10: 2 monsterpunten, beide in duinen bij Schoorl, zwakgebufferd. Kenmerkende soorten: *Juncus bulbosus* (Knolrus), *Littorella uniflora* (Oeverkruid), *Callitriche species* (Sterrekroos (G)).

conclusie clustering macrofyten
De twee grote, vrij soortenrijke clusters, cluster 1 en cluster 5 lijken zicht te onderscheiden in productiviteit/voedselrijkdom en diepte. In cluster 1 wijzen kranswieren op relatief helder water (weinig algen en dus weinig productief), in cluster 5 wijzen bult- en klein kroos op stilstaand, meer productief water. In de overige clusters zijn ofwel gedegradeerde gemeenschappen van één van deze clusters aanwezig, ofwel gemeenschappen die juist duiden op een betere of meer specifieke kwaliteit. Bijvoorbeeld in cluster 10 wijzen *Juncus bulbosus* en *Litorella uniflora* op zwak zure/zwak gebufferde omstandigheden. Cluster 8 wijst juist op sterker gebufferd, helder water. Ook duiden sommige clusters (4, 9) op lokaal brakke omstandigheden.

4.1.3. Koppeling clustering macrofauna en macrofyten

Een eenduidige koppeling van de clusteringen van macrofauna en macrofyten is helaas niet mogelijk. De locaties waar de opnamen zijn gemaakt wijken daarvoor te veel af. De interpretatie dient dus per groep afzonderlijk plaats te vinden en kan pas achteraf in elkaar geschoven worden. Wat voor beide analyses geldt:

- een groep met licht-brakke wateren komt uit beide analyses naar voren. Bij de macrofauna is dit het duidelijkst;
- een tweede groep zijn de licht-zure of zwak-gebufferde wateren. Bij de macrofauna wijzen een aantal soorten op deze omstandigheden, bij de vegetatie komt dit zelfs tot uitdrukking in een cluster. Bij de macrofauna komt de factor droogval duidelijk uit de soortensamenstelling naar voren. Dit wijst op de factor peilfluctuatie die voor (oevers van) geïsoleerde duinwateren zeer belangrijk is. Beide factoren (zwakke buffering en peilfluctuatie) wijst op sterk regenwatergevoede omstandigheden;
- een derde groep die vooral bij de macrofauna duidelijk tot uitdrukking komt is de wateren met een goede zuurstofvoorziening Dit wijst op weinig productieve omstandigheden en korte verblijftijden/stroming. Deze omstandigheden zijn kenmerkend voor infiltratiekanalen en –plassen met helder water. Kenmerkende waterplanten voor deze omstandigheden zijn vooral kranswieren en fonteinkruiden (die vooral worden gevonden in de macrofytenclusters 1 en 5).

Samenvattend komen twee typen bij de analyse het meest duidelijk naar voren: een type dat wijst op brakke invloeden en een type dat wijst op zwak zure, zwak gebufferde omstandigheden gecombineerd met peilfluctuatie en droogval. Een derde type is minder duidelijk maar betreft voor een deel heldere, plantenrijke wateren met goede zuurstofvoorziening. Voor het overige zijn nauwelijks duidelijke typen te onderscheiden, maar is meer sprake van verschillen in kwaliteitsniveaus.

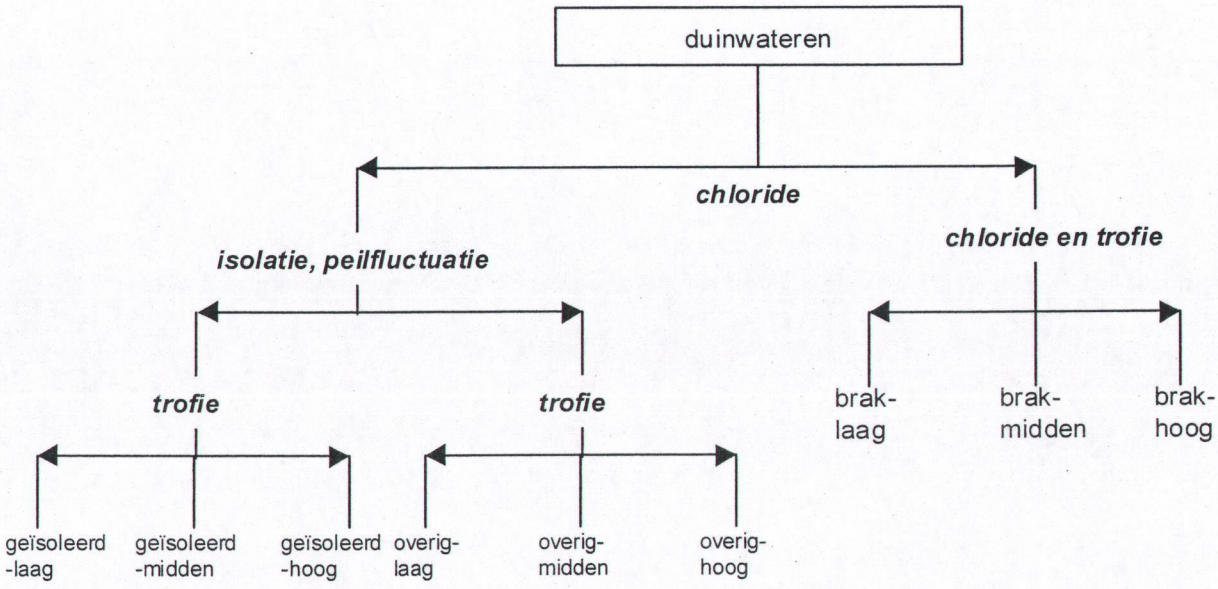
4.2. Opstellen watertypologie

Op basis van de clustering van gegevens van macrofauna en macrofyten wordt onderscheid gemaakt in 3 typen:

- type 1: duinwateren met zee-invloed;
- type 2: geïsoleerde duinwateren met peilfluctuatie;
- type 3: overige stagnante duinwateren.

In onderstaande afbeelding wordt deze typologie weergegeven.

Afbeelding 4.2. Typologie voor duinwateren in Noord-Holland



duinwateren met zee-invloed
Dit type van duinwateren wordt beïnvloed door zeewater via brak grondwater en/of saltspray (zoals het Zwanenwater) of periodieke overstroming (Slufter). Het chloridegehalte van het water is in het algemeen echter vrij laag (circa 300-1000 mg/l) en kan als licht-brak worden gekarakteriseerd. Door verdamping of overstroming kunnen periodiek hogere chloridegehalten optreden en kan het waterpeil sterk fluctueren. Indicatoren voor deze wateren zijn soorten van brakke wateren en droogval. In het Sluftergebied worden een aantal kenmerkende soorten waterkevers aangetroffen, in het Zwanenwater soorten van geïsoleerde brakke wateren.

De vegetatie in de duinwateren met zee-invloed worden gekenmerkt door soorten uit de associatie van Zilte waterranonkel, de associatie van Ruw kransblad en de associatie van Brakwaterkransblad. De associatie van Zilte waterranonkel komt voor in ondiepe, vaak enigszins brakke wateren in het kustgebied zoals duinmeren en gaat daarin soms over in de associatie van Waterpunge en Oeverkruid (zie het zwak gebufferde type) (Weeda *et al.*, 2000). De associatie van Ruw kransblad komt zowel in zoet als in brak water voor in poelen, plassen en waterleidingkanalen. De associatie is bestand tegen periodieke droogval (Weeda *et al.*, 2000). De associatie van Brakwaterkransblad is gebonden aan brak, hard, maar niet zeer voedselrijk, onvervuild water boven een schone, bij voorkeur zandige en kalkrijke bodem (Weeda *et al.*, 2000).

geïsoleerde duinwateren met peilfluctuatie
De wateren die onder dit type vallen zijn geïsoleerde plassen of plasjes die voor een belangrijk deel worden gevoed door regenwater of jong grondwater. Het zijn hoofdzakelijk kleinere plasjes met een geringe diepte. Wateren met een sterk regenwaterkarakter hebben een relatief lage zuurgraad, zijn zwak gebufferd, hebben een fluctuerend waterpeil en een geringe voedselrijkdom (oligo- mesotroof). Bij een sterkere buffering en een hogere trofiegraad zijn ze al snel erg productief en plantenrijk. In deze ondiepe systemen kunnen onder productieve omstandigheden sterke fluctuaties in zuurstofgehalte optreden. Productie en consumptie door planten en algen en afbraak van organisch materiaal zijn hiervoor verantwoordelijk. De kenmerkende macrofaunasoorten weerspiegelen vooral het zwak zure en temporaire karakter van deze wateren.

De vegetatie in de geïsoleerde duinwateren bestaat uit soorten van de associatie van Teer vederkruid, de associatie van Gewoon kransblad en de associatie van Waterpunge en Oeverkruid. De associatie van Teer vederkruid komt voor in schoon helder, meestal zacht en tamelijk voedsel- en basenarm, neutraal tot zuur, stromend of stilstaand water (Weeda *et al.*, 2000). De bodem bestaat in de regel uit zand, is tamelijk voedselarm tot matig voedselrijk en wordt niet dor een organische modderlaag bedekt. Voorwaarde is dat het water een zeer laag fosfaatgehalte heeft. De associatie van Gewoon kransblad komt op allerlei grondsoorten voor, heeft een grote zouttolerantie en is ten aanzien van watervervuiling de minst gevoelige soort onder de Nederlandse kranswieren (Weeda *et al.*, 2000). De associatie van Waterpunge en Oeverkruid komt voor op tamelijk basenrijke zandgrond op plaatsen die 's winters ondiep onder water staan en 's zomers geregeld droogvallen (Weeda *et al.*, 2000).

overige duinwateren
Dit type bestaat uit een diversiteit van watertypen met kanalen en plassen als zwaartepunt. Overeenkomsten zijn de grote dimensies (breedte en/of diepte), de sterke buffering (en daarmee samenhangende hoge zuurgraad), relatief helder en zuurstofrijk water en een minerale bodem met weinig slib. Een belangrijk deel van deze wateren zijn infiltratiekanalen en plassen, naar verwachting is voor deze wateren de verblijftijd sturend. Wat betreft de herkomst en chemische samenstelling van het water kan het worden gekarakteriseerd als grondwater- of oppervlaktewatergevoed (vaak voorgezuiverd rivierwater in infiltratiewateren). Dit is het belangrijkste verschil met Type 1 wat hoofdzakelijk regenwatergevoed is.

De vegetatie in de grote duinwateren bestaat uit soorten van de associatie van Stekelharig kransblad, associatie van Gewoon kransblad en de associatie van Stijve waterranonkel. De associatie van Stekelharig kransblad komt in de duinen voor in allerlei wateren met en schone zandbodem, zoals in duinmeren, bomtrechters en waterleidingkanalen (Weeda *et al.*, 2000). Het water is hard, doorgaans basisch en kalkrijk, zoet tot zwak brak en zeer helder. De associatie van Gewoon kransblad komt op allerlei grondsoorten voor, heeft een grote zouttolerantie en is ten aanzien van watervervuiling de minst gevoelige soort onder de Nederlandse kranswieren (Weeda *et al.*, 2000). De associatie van Stijve waterranonkel komt voor in hard, voedselrijk, helder, meestal stilstaand, zoet of eventueel zwak brak water (Weeda *et al.*, 2000).

4.3. Selectie van karakteristieke soorten

4.3.1. Macrofyten

In onderstaande tabel worden de karakteristieke plantengemeenschappen weergegeven voor de drie typen duinwateren.

Tabel 4.1. Karakteristieke plantengemeenschappen voor duinwateren in Noord-Holland

Syntax-nummer	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	brakke wateren	geïsoleerde wateren	overige wateren
04Ba02	Charetum hispidae	associatie van Stekelharig kransblad			+
04Ba03	Charetum asperae	associatie van Ruw kransblad	+		
04Bb01	Charetum vulgaris	associatie van Gewoon kransblad		+	+
04Ca01	Charetum canescentis	associatie van Brakwater-kransblad	+		
05Aa02	Ranunculetum baudotii	associatie van Zilte waterranonkel	+		
05Bc03	Ranunculetum circinati	associatie van Stijve waterranonkel			+
05Ca03	Callitricho-Myriophylletum alterniflori	associatie van Teer vederkruid		+	
06Ac04	Samolo-Littorelletum	associatie van Waterpunge en Oeverkruid		+	

Van deze plantengemeenschappen zijn met behulp van literatuurgegevens de karakteristieke soorten geselecteerd. Een aantal soorten die volgens de literatuur karakteristiek zijn voor één of meer van bovengenoemde plantengemeenschappen zijn niet opgenomen in de selectie van karakteristieke soorten per subwatertype omdat ze als weinig karakteristiek voor duinwateren worden beoordeeld. Dit betreft de soorten *Agrostis stolonifera*, *Lemna minor, Lemna trisulca, Phragmites australis, Polygonum amphibium* en *Salix repens.*

Tabel 4.2. Karakteristieke soorten waterplanten voor de subwatertypen brakke duinwateren, geïsoleerde duinwateren en overige duinwateren. Van de soorten aangeduid met een * zijn geen milieuindicatiewaarden voorhanden (zie verder §4.4.)

		brak			geïsoleerd		overig		
wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	5Aa2	4Ba3	4Ca1	5Ca3	6Ac4	4Bb1	5Bc3	4Ba2
Apium inundatum*	Ondergedoken moerasscherm					+			
Bolboschoenus maritimus	Heen					+			
Callitriche hamulata*	Haaksterrekroos				+				
Callitriche hermaphroditica*	Rond sterrekroos							+	
Callitriche obtusangula*	Stomphoekig sterrekroos	+							
Callitriche platycarpa*	Gewoon sterrekroos						+		
Carex oederi subsp. oederi*	Dwergzegge					+			
Carex trinervis*	Drienervige zegge					+			
Ceratophyllum demersum	Grof hoornblad							+	
Chara aspera*	Ruw kransblad		+	+			+		
Chara baltica*	Kustkransblad			+					
Chara canescens*	Brakwater kransblad			+					
Chara connivens*	Gebogen kransblad			+					
Chara contraria	Brokkelig kransblad		+						
Chara globularis	Breekbaar kransblad		+	+			+		+
Chara major*	Stekelharig kransblad		+	+					+
Chara vulgaris	Gewoon kransblad		+	+			+		+
Echinodorus ranunculoides*	Stijve moerasweegbree		+			+			
Eleocharis palustris	Gewone waterbies					+			
Elodea canadensis	Brede waterpest		+				+	+	
Elodea nuttallii	Smalle waterpest		+				+	+	
Hydrocharis morsus-ranae	Kikkerbeet				+			+	
Hydrocotyle vulgaris	Gewone waternavel					+			
Juncus articulatus	Zomprus					+			
Juncus bulbosus*	Knolrus				+	+			
Littorella uniflora*	Oeverkruid					+			
Luronium natans*	Drijvende waterweegbree				+				
Lythrum salicaria	Grote kattestaart					+			
Mentha aquatica	Watermunt					+			
Myriophyllum alterniflorum*	Teer vederkruid				+				
Myriophyllum spicatum	Aarvederkruid	+	+				+	+	+
Najas marina	Groot nimfkruid		+						
Nitella hyalina*	Klein glanswier		+						
Nitellopsis obtusa	Sterkranswier		+						
Potamogeton mucronatus	Puntig fonteinkruid							+	
Potamogeton natans	Drijvend fonteinkruid		+		+			+	
Potamogeton pectinatus	Schedefonteinkruid	+	+	+			+	+	+
Potamogeton polygonifolius*	Duizendknoopfonteinkruid				+	+			
Potamogeton pusillus	Tenger fonteinkruid	+	+				+	+	
Potamogeton trichoides	Haarfonteinkruid							+	
Ranunculus aquatilis	Fijne waterranonkel	+							

		brak			geïsoleerd		overig		
wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	5Aa2	4Ba3	4Ca1	5Ca3	6Ac4	4Bb1	5Bc3	4Ba2
Ranunculus baudotii	Zilte waterranonkel	+		+					
Ranunculus circinatus	Stijve waterranonkel						+	+	
Ranunculus flammula	Egelboterbloem					+			
Ranunculus peltatus	Grote waterranonkel*				+				
Ruppia maritima	Snavelruppia			+					
Samolus valerandi	Waterpunge*					+			
Tolypella glomerata	Klein boomglanswier*			+					
Zannichellia palustris ssp. palustris	Zittende zannichellia							+	
Zannichellia palustris ssp. pedicellata	Gesteelde zannichellia*	+		+					

4.3.2. Macrofauna

Bij macrofauna is een selectie gemaakt van de soorten geselecteerd die bij de clustering als karakteristiek voor een type zijn beoordeeld. Deze lijst is aangevuld met soorten die kenmerkend zijn voor specifieke aspecten van één bepaald subwatertype. Dit betreft chloride voor het brakke type, droogval en zwakzure omstandigheden voor het geïsoleerde type en heldere, gebufferde, zuurstofrijke omstandigheden voor het derde typen. In onderstaande tabel zijn de geselecteerde soorten voor de drie typen weergegeven.

Tabel 4.3. Karakteristieke soorten macrofauna voor de subwatertypen brakke duinwateren, geïsoleerde duinwateren en overige duinwateren

soort	brak	geïsoleerd	overig
Carcinus maenas	+		
Chironomus halophilus gr.	+		
Gammarus duebeni	+		
Gammarus zaddachi	+		
Halocladius varians	+		
Hydrobia ulvae	+		
Hydrobia ventrosa	+		
Hydryphantes octoporus	+		
Nereis diversicolor	+		
Ochthebius dilatatus	+		
Ochthebius viridis	+		
Orchestia gamarella	+		
Copelatus haemorrhoidalis		+	
Hebrus ruficeps		+	
Hesperocorixa moesta		+	
Hydroporus striola		+	
Limnephilus vittatus		+	
Paralimnophyes hydrophilus		+	
Psectrocladius limbatellus		+	
Suphrodytes dorsalis		+	
Thyas dirempta		+	
Zavrelimyia		+	
Caenis luctuosa			+

soort	brak	geïsoleerd	overig
Cloeon simile			+
Cyrnus crenaticornis			+
Hydrodroma despiciens			+
Leptocerus tineiformis			+
Limnephilus lunatus			*
Limnephilus marmoratus			*
Sigara falleni			*
Sigara longipalis			*
Tinodes waeneri			*

4.4. Opstellen van conceptnormen

Voor het opstellen van de conceptnormen zijn de karakteristieke soorten per subwatertype ingedeeld in de ambitieniveaus hoog, midden en laag. Deze indeling heeft plaatsgevonden op basis van de gevoeligheid van de soorten voor de belangrijkste sturende variabelen, dit is de trofiegraad (NO3-N, NH4-N, PO4-P en totaal-P) voor de geïsoleerde en overige duinwateren en chloride/EGV en trofie (NO3-N, NH4-N, PO4-P en totaal-P) voor de brakke duinwateren. De gevoeligheid van de karakteristieke soorten voor de variabelen die de trofiegraad beschrijven is niet voor alle variabalen gelijk. In gevallen dat een soort bij één variabele binnen een grote range van concentraties voorkomt, maar zeer kritisch is ten opzichte van een andere variabele, is op grond van een deskundigenoordeel de soort aan een ambitieniveau toegekend.

De tabellen 4.4., 4.5. en 4.6. zijn het uiteindelijke resultaat van de selectie van kenmerkende soorten en de indeling in ambitieniveaus.

Tabel 4.4. Ambitieniveaus van de kenmerkende soorten (macrofyten en macrofauna) voor het subwatertype geïsoleerde duinwateren. (alle concentraties in mg N/l of mg P/l)

wetenschappelijke naam	P50-PO4	P50-NO3	P50-NH4	P50-tP
HOOG				
Hydrocotyle vulgaris	0,02	0,04	0,07	0,07
Chara globularis	0,03	0,05	0,05	0,07
Chara vulgaris	0,03	0,04	0,08	0,13
Lythrum salicaria	0,04	0,03	0,06	0,08
Potamogeton natans	0,05	0,05	0,07	0,14
Copelatus haemorrhoidalis		0,05	0,08	0,05
Suphrodytes dorsalis		0,05	0,05	0,11
Thyas dirempta		0,11	0,08	0,15
MIDDEN				
Mentha aquatica	0,06	0,05	0,07	0,13
Ranunculus circinatus	0,07	0,04	0,09	0,16
Elodea canadensis	0,07	0,04	0,05	0,16
Ranunculus flammula	0,07	0,05	0,08	0,14
Hydrocharis morsus-ranae	0,08	0,04	0,09	0,14
Elodea nuttallii	0,08	0,04	0,09	0,17
Myriophyllum spicatum	0,08	0,07	0,06	0,18
Juncus articulatus	0,09	0,03	0,09	0,19
Hesperocorixa moesta		0,05	0,19	0,17
Psectrocladius limbatellus		0,09	0,08	0,18
Zavrelimyia		0,16	0,24	0,18
Hydroporus striola		0,05	0,17	0,15

wetenschappelijke naam	P50-PO4	P50-NO3	P50-NH4	P50-tP
LAAG				
Eleocharis palustris	0,12	0,06	0,10	0,2
Potamogeton pusillus	0,12	0,06	0,17	0,23
Potamogeton pectinatus	0,26	0,07	0,15	0,28
Bolboschoenus maritimus	0,34	0,05	0,13	0,53
Limnephilus vittatus		0,05	0,19	0,24
Hebrus ruficeps		0,12	0,17	0,25
Paralimnophyes hydrophilus		0,05	0,10	0,25

Tabel 4.5. Ambitieniveaus van de kenmerkende soorten (macrofyten en macrofauna) voor het subwatertype duinwateren met zee-invloed. (alle concentraties in mg N/l of mg P/l)

wetenschappelijke naam	P50-EGV	P50-Cl	P50-PO4	P50-NO3	P50-NH4	P50-tP
HOOG						
Ruppia maritima	11675	4397	0,59	0,09	0,16	1,20
Ranunculus baudotii	4039	1080	0,93	0,01	0,28	1,60
Potamogeton pectinatus	1181	194	0,26	0,07	0,15	0,28
Chara vulgaris	981	145	0,03	0,04	0,08	0,13
Myriophyllum spicatum	997	139	0,08	0,07	0,06	0,18
Hydrobia ulvae		6000		0,14	0,22	0,80
Nereis diversicolor		6000		0,15	0,22	0,76
Halocladius varians		5300		0,15	0,22	0,72
Gammarus zaddachi		4302		0,13	0,20	0,97
MIDDEN						
Nitellopsis obtusa	648	108	0,02	0,13	0,05	0,11
Najas marina	641	103	0,02	0,06	0,02	0,09
Potamogeton pusillus	768	102	0,12	0,06	0,17	0,23
Chara contraria	627	96	0,05	0,15	0,16	0,12
Chara globularis	611	91	0,03	0,05	0,05	0,07
Chironomus halophilus gr.		3246		0,17	0,25	1,16
Gammarus duebeni		1233		0,10	0,16	0,89
LAAG						
Ranunculus aquatilis	751	83	0,48	0,28	0,51	0,27
Callitriche obtusangula	658	77	0,10	0,08	0,18	0,18
Elodea nuttallii	624	77	0,08	0,04	0,09	0,17
Elodea canadensis	595	75	0,07	0,04	0,05	0,16
Potamogeton natans	568	69	0,05	0,05	0,07	0,14
Orchestia gamarella		281		0,55	0,16	0,85
Ochthebius dilatatus		180		0,15	0,30	0,64
Hydryphantes octoporus		131		0,11	0,09	0,29
Ochthebius viridis		114		0,12	0,18	0,34

Tabel 4.6. Ambitieniveaus van de kenmerkende soorten (macrofyten en macrofauna) voor het subwatertype overige duinwateren. (alle concentraties in mg N/l of mg P/l)

Wetenschappelijke naam	P50-PO4	P50-NO3	P50-NH4	P50-tP
HOOG				
Chara globularis	0,03	0,05	0,05	0,07
Chara vulgaris	0,03	0,04	0,08	0,13
Potamogeton trichoides	0,04	0,04	0,05	0,11
Potamogeton natans	0,05	0,05	0,07	0,14
Cloeon simile		0,05	0,05	0,08
Leptocerus tineiformis		0,06	0,05	0,1
Tinodes waeneri		0,16	0,05	0,12
Cyrnus crenaticornis		0,05	0,05	0,14
MIDDEN				
Ranunculus circinatus	0,07	0,04	0,09	0,16
Elodea canadensis	0,07	0,04	0,05	0,16
Hydrocharis morsus-ranae	0,08	0,04	0,09	0,14
Elodea nuttallii	0,08	0,04	0,09	0,17
Myriophyllum spicatum	0,08	0,07	0,06	0,18
Potamogeton mucronatus	0,08	0,10	0,20	0,13
Caenis luctuosa		0,05	0,05	0,14
Limnephilus lunatus		0,10	0,05	0,18
Hydrodroma despiciens		0,07	0,10	0,21
LAAG				
Potamogeton pusillus	0,12	0,06	0,17	0,23
Ceratophyllum demersum	0,18	0,04	0,11	0,22
Potamogeton pectinatus	0,26	0,07	0,15	0,28
Zannichellia palustris ssp. palustris	0,70	0,06	0,17	0,51
Limnephilus marmoratus		0,05	0,10	0,39
Sigara falleni		0,10	0,10	0,44
Sigara longipalis		0,05	0,05	0,05

Na de toewijzing van de geselecteerde soorten aan ambitieniveaus zijn de conceptnormen afgeleid. Als conceptnorm is per variabele de mediane waarde van alle soorten per ambitieniveau genomen. Tabel 4.7. geeft deze weer. De afbeeldingen in bijlage III, IV en V geven de milieu-indicatiewaarden van de soorten en de ligging van de conceptnorm grafisch weer.

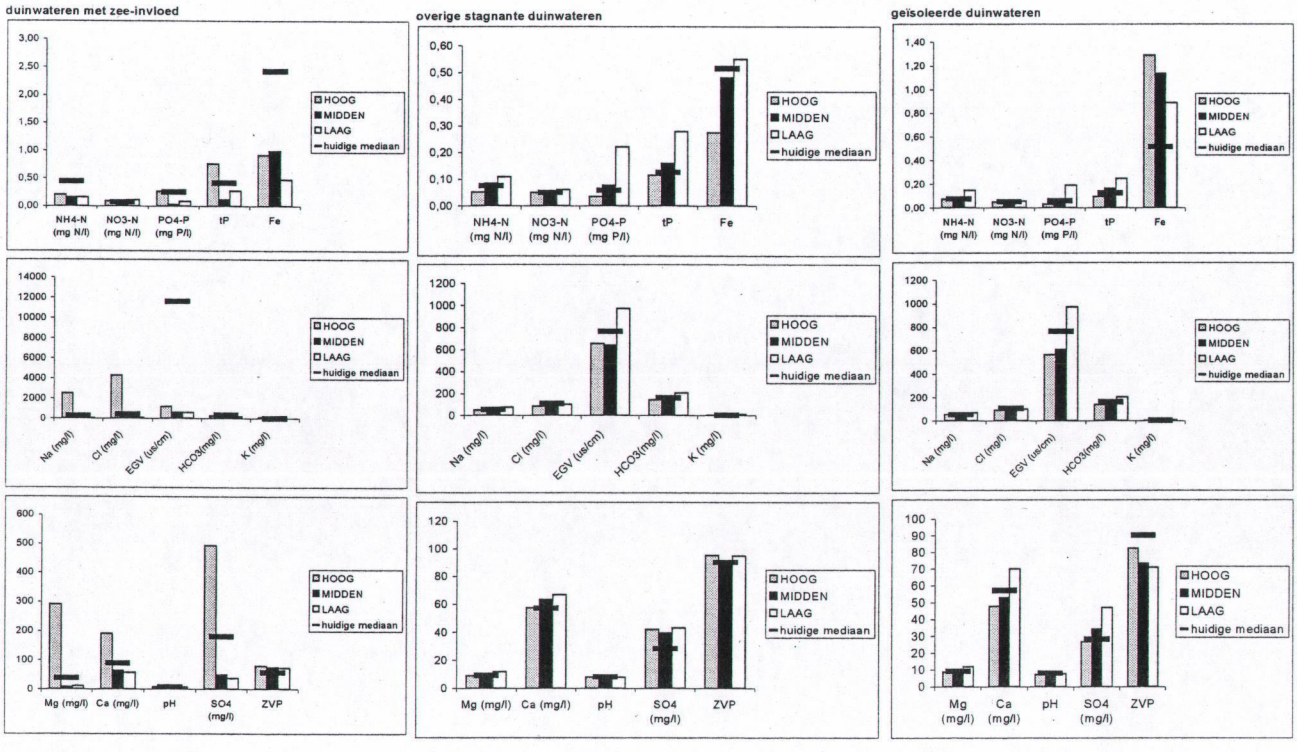
Tabel 4.7. Conceptnormen voor de drie subwatertypen van duinwateren in Noord-Holland

subwatertype en niveau	brak			geïsoleerd			overig		
	hoog	midden	laag	hoog	midden	laag	hoog	midden	laag
NH4-N (mg N/l)	0,20	0,16	0,16	0,07	0,09	0,15	0,05	0,09	0,11
NO3-N (mg N/l)	0,09	0,10	0,11	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
PO4-P (mg P/l)	0,26	0,03	0,08	0,03	0,07	0,19	0,04	0,08	0,22
tP	0,76	0,12	0,27	0,10	0,17	0,25	0,12	0,16	0,28
Ca (mg/l)	190	64	58	48	53	70	57	63	67
Cl (mg/l)	4302	103	83	93	77	103	85	83	102
EGV (us/cm)	1181	641	624	568	610	974	656	641	974
HCO3(mg/l)	271	173	195	142	158	207	144	175	207
K (mg/l)	117	5	6	4	5	9	6	6	15
Mg (mg/l)	290	8	11	9	9	12	9	9	12
Na (mg/l)	2520	69	61	55	55	72	53	62	76
pH	8,1	7,3	7,8	7,2	7,4	7,8	8,0	7,6	8,0
SO4 (mg/l)	493	50	38	27	34	47	42	40	43

4.5. Opstellen van definitieve normen

Bij het opstellen van de definitieve normen zijn de conceptnormen afgezet tegen de huidige kwaliteit van de duinwateren in Noord-Holland. In onderstaande afbeelding worden de conceptnormen en de mediane waarden van de huidige waterkwaliteit weergegeven. Voor het brakke type zijn hiervoor wateren geselecteerd met een chloridegehalte (zomergemiddelde) >300 mg/l (4 wateren). Alle overige wateren zijn als zoet gekarakteriseerd en zowel met het type geïsoleerde als met overige duinwateren vergeleken.

Afbeelding 4.3. Vergelijking van de conceptnormen met de mediane waarde van de huidige waterkwaliteit van de duinwateren van Noord-Holland



4.5.1. Aanpassing van de normen voor duinwateren met zee-invloed

De belangrijkste sturende variabele voor het brakke subtype is chloride/EGV. De brakke eigenschappen van het type blijken echter alleen uit de conceptnorm voor het hoogste niveau. Reden hiervan is dat met name voor macrofyten de tolerantie voor brakke omstandigheden niet kan worden teruggevonden in de milieuindicatiewaarden, waarschijnlijk doordat het zwaartepunt van de opnamen waarop deze waarden gebaseerd zijn in zoete wateren ligt. Om het brakke karakter van dit type beter tot expressie te laten komen worden de normen voor chloride aangepast. Hiervoor worden de veel gehanteerde grenzen van 3000, 1000 en 300 mg Cl/l aangehouden. De normen voor de overige macro-ionen en EGV worden aangepast conform de relatie die tussen deze ionen en het chloridegehalte bestaat.

Bij de trofiegraad doet zich de moeilijkheid voor, zoals ook geconstateerd is bij eerder ontwikkelde normeringen voor andere watertypen, dat in brakke wateren vaak hoge fosfaatgehalten worden aangetroffen. Als gevolg van deze correlatie heeft het hoogste ambitieniveau ook de hoogste conceptnorm voor fosfaat. Immers, bij dit type zijn de soorten aan de hand van de chlorideconcentratie aan de ambitieniveaus toegekend. Het is echter niet zo dat voor het bereiken van een hoog ambitieniveau gestreefd moet worden nar een hoog fosfaatgehalte. Bij éénzelfde niveau voor chloride liggen de potenties van een water hoger bij een lage concentratie aan voedingsstoffen dan bij een hoge. Om deze reden worden de conceptnormen voor chloride tussen de ambitieniveaus verwisseld, en wel zodanig dat een toenemende reeks van een hoog naar een laag ambitieniveau ontstaat. Dit is ook voor de overige nutrienten toegepast.

In onderstaande tabel zijn zowel de conceptnormen als de definitieve normen weergegeven.

Tabel 4.8. Conceptnormen en definitieve normen van het subtype duinwateren met zee-invloed

	hoog		midden		laag	
Variabele	concept	definitief	concept	definitief	concept	definitief
NH4-N (mg N/l)	0,20	<0,15	0,16	<0,15	0,16	<0,20
NO3-N (mg N/l)	0,09	<0,10	0,10	<0,10	0,11	<0,10
PO4-P (mg P/l)	0,26	<0,05	0,03	<0,1	0,08	<0,25
tP	0,76	<0,10	0,12	<0,25	0,27	<0,75
Ca (mg/l)	190	>200	64	>150	58	>100
Cl (mg/l)	4302	>3000	103	>1000	83	>300
EGV (us/cm)	1181	>10000	641	>3500	624	>1500
HCO3(mg/l)	271	>250	173	>250	195	>250
K (mg/l)	117	>90	5	>35	6	>15
Mg (mg/l)	290	>220	8	>80	11	>30
Na (mg/l)	2520	>1800	69	>600	61	>200
pH	8,1	7,5-8,5	7,3	7,5-8,5	7,8	7,5-8,5
SO4 (mg/l)	493	>400	50	>200	38	>100

4.5.2. Aanpassing van de normen voor geïsoleerde duinwateren

Op het eerste gezicht valt op dat bij vrijwel alle variabelen de huidige mediane waarde min of meer overeenkomt met de conceptnorm van het middelste ambitieniveau.

De norm voor fosfaat (zowel ortho-P als totaal-P) voor het hoogste ambitieniveau ligt hoger dan de 10-P waarde van de huidige waterkwaliteit (respectievelijk 0,01 en 0,04). Dit betekent dat in de huidige situatie wateren aanwezig zijn die kunnen voldoen aan een strengere norm dan de conceptnorm voor het hoogste ambitieniveau. Om deze reden wordt de (afgeronde) huidige 10-P waarde voor fosfaat als definitieve norm gekozen. Als definitieve norm voor het middelste niveau wordt de mediane waarde van de huidige kwaliteit gekozen, als norm voor het laagste niveau de (afgeronde) conceptnorm.

De norm voor calcium hoeft niet noodzakelijkerwijs te verschillen tussen de ambitieniveaus. Het Ca-gehalte in de duinen hangt af van de ouderdom van de duinen (jonge duinen kalkrijk, oude duinen kalkarm) en de locatie (ten noorden van Bergen kalkarm, ten zuiden daarvan kalkrijk), maar is niet verbonden aan verschillende kwaliteitsniveaus. Om deze reden wordt de definitieve norm voor Ca voor alle niveaus op 100 mg/l gesteld.
De conceptnormen voor chloride liggen over het algemeen vrij laag. Afhankelijk van lokale omstandigheden kan het chloridegehalte in duinwater zeker hoger zijn (nog voordat het als licht brak gedefinieerd wordt). De definitieve normen worden daarom op 100, 150 en 200 mg/l gezet, voor respectievelijk de ambitieniveaus hoog, midden en laag. De EGV-norm voor het middelste niveau wordt gelijk gesteld aan de huidige mediane waarden. Voor alle overige waarden wordt de conceptnorm (afgerond) overgenomen. In onderstaande tabel zijn zowel de conceptnormen als de definitieve normen weergegeven.

Tabel 4.9. Conceptnormen en definitieve normen van het subtype geïsoleerde duinwateren

	hoog		midden		laag	
variabele	concept	definitief	concept	definitief	concept	definitief
NH4-N (mg N/l)	0,07	<0,05	0,09	<0,10	0,15	<0,15
NO3-N (mg N/l)	0,05	<0,05	0,05	<0,07	0,06	<0,10
PO4-P (mg P/l)	0,03	<0,01	0,07	<0,05	0,19	<0,1
tP	0,10	<0,05	0,17	<0,1	0,25	<0,15
Ca (mg/l)	48	<100	53	<100	70	<100
Cl (mg/l)	93	<100	77	<150	103	<200
EGV (us/cm)	568	<500	610	<750	974	<1000
HCO3(mg/l)	142	<140	158	<160	207	<200
K (mg/l)	4	<4	5	<5	9	<9
Mg (mg/l)	9	<9	9	<9	12	<12
Na (mg/l)	55	<50	55	<60	72	<70
pH	7,2	6,5-8	7,4	6,5-8	7,8	6,5-8
SO4 (mg/l)	27	<25	34	<35	47	<50

4.5.3. Aanpassing van de normen voor overige stagnante duinwateren

De conceptnormen voor overige stagnante duinwateren vertonen in vergelijking met de huidige waterkwaliteit eenzelfde beeld als de conceptnormen voor de geïsoleerde duinwateren. Ook kan voor de aanpassing van de verschillende variabelen (nutriënten, Ca, Cl en de overige variabelen) dezelfde redenatie worden gevolgd. De resultaten daarvan staan in onderstaande tabel.

Tabel 4.10. Conceptnormen en definitieve normen van het subtype overige stagnante duinwateren

	hoog		midden		laag	
variabele	concept	definitief	concept	definitief	concept	definitief
NH4-N (mg N/l)	0,05	<0,05	0,09	<0,10	0,11	<0,10
NO3-N (mg N/l)	0,05	<0,05	0,05	<0,05	0,06	<0,10
PO4-P (mg P/l)	0,04	<0,01	0,08	<0,05	0,22	<0,20
tP	0,12	<0,05	0,16	<0,15	0,28	<0,25
Ca (mg/l)	57	<100	63	<100	67	<100
Cl (mg/l)	85	<100	83	<150	102	<200
EGV (us/cm)	656	<600	641	<750	974	<1000
HCO3(mg/l)	144	<140	175	<175	207	<200
K (mg/l)	6	<5	6	<10	15	<15
Mg (mg/l)	9	<10	9	<10	12	<15
Na (mg/l)	53	<50	62	<60	76	<80
pH	8,0	7,5-8,5	7,6	7,5-8,5	8,0	7,5-8,5
SO4 (mg/l)	42	<40	40	<40	43	<40

5. DISCUSSIE

In onderstaande wordt de indeling van duinwateren in typen en de afleiding van de SEND-normen voor deze typen besproken. Tevens wordt ingegaan op de belangrijkste sturende factoren in relatie tot het beheer.

5.1. Typenindeling duinwateren

De analyse van biologische en abiotische gegevens van duinwateren leverde een aantal waardevolle inzichten op die bruikbaar waren voor de indeling in subtypen. Ondanks de beperkingen van met name de abiotische data, kwamen een aantal onderscheidende factoren duidelijk tot uitdrukking. Hierbij is de indicatieve waarde van bepaalde macrofaunataxa onontbeerlijk gebleken. De volgende factoren zijn onderscheiden:

- het brakkarakter komt zowel bij de macrofauna als bij de vegetatie naar voren. Bij de macrofauna is dit het duidelijkst en kon vooral op basis van kenmerkende soorten worden vastgesteld;
- licht-zure of zwak-gebufferde omstandigheden door voeding met regenwater en jong grondwater. Bij de macrofauna komt dit tot uitdrukking in het voorkomen van enkele kenmerkende soorten, bij de vegetatie wordt een kleine groep van wateren onderscheiden met soorten van zwakgebufferde omstandigheden. Ook bij de ordinatie kwam de zuurgraad als belangrijke factor naar voren;
- peilfluctuatie, samenhangend met isolatie en regenwaterafhankelijkheid. Bij de macrofauna komt de factor droogval duidelijk uit de soortensamenstelling naar voren. Dit wijst op peilfluctuatie die voor (oevers van) geïsoleerde duinwateren. Beide factoren (zwakke buffering en peilfluctuatie) wijzen op sterk regenwatergevoede omstandigheden;
- tenslotte is de zuurstofverzadiging een factor die uit de analyses naar voren komt. Dit hangt naar verwachting samen met laagproductieve omstandigheden door korte verblijftijden/stroming. Deze omstandigheden zijn kenmerkend voor infiltratiekanalen en -plassen met helder water.

Deze factoren vormen de basis voor het onderscheiden van drie typen duinwateren die ook logischerwijze samenhangen met ontstaanswijze, huidige functie en beïnvloeding door menselijke activiteiten. De meest natuurlijke typen zijn de licht-brakke duinwateren en de duinwateren met peilfluctuatie.

duinwateren met zee-invloed

Deze licht-brakke duinwateren staan onder invloed van de zee via saltspray, brak grondwater of direct door periodieke overstroming. Er zijn weinig voorbeelden van dit type, in het Zwanenwater (noordelijk en westelijk deel in 1980 en 1987) blijkt de invloed van brak water uit de soortensamenstelling van de macrofauna. Hier gaat het waarschijnlijk om brak grondwater en/of saltspray. De Slufter is een voorbeeld waar de directe invloed van zeewater zichtbaar is, kreekjes, poelen en plasjes worden met een wisselende frequentie overspoeld met zeewater.

geïsoleerde duinwateren met peilfluctuatie

Deze wateren zijn (overwegend) op natuurlijke wijze ontstaan in primaire duinvalleien, doordat een duinreep wordt afgesneden van de zee door nieuwe duinvorming, of in secundaire duinvalleien door uitstuiving tot op het grondwater. Kenmerkend voor deze wateren is peilfluctuatie als gevolg van voeding door regenwater en jong grondwater. Hierdoor vallen grote delen van de oevers of het gehele water droog. Samenhangend met het regenwaterkarakter zijn ze soms zwak zuur en zwak gebufferd. Een vaak genoemd verschil tussen kalkrijke- en kalkarme duinwateren (respectievelijk ten zuiden en ten noorden van Bergen) is tijdens de analyses niet vastgesteld. Mogelijk dat dit verschil in aquatische systemen minder duidelijk tot uitdrukking komt dan in terrestrische systemen. Ook het feit of ze geheel of gedeeltelijk droogvallen is nogal relevant voor het voorkomen van planten en dieren. Kortom, binnen dit type vallen alle geïsoleerde zoete duinwateren met een min of meer natuurlijke hydrologie. Binnen deze groep kunnen dus mogelijk nog subtypen worden onderscheiden, een aparte normering is voor deze *sub*-subtypen echter niet haalbaar en naar verwachting ook weinig zinvol.

overige duinwateren
Zoals de naam reeds zegt zijn dit alle duinwateren die niet in de bovenstaande categorie vallen. In de praktijk zijn dit zoete, stagnante duinwateren zonder peilfluctuatie of duinwateren die niet hydrologisch geïsoleerd zijn. Gezien de ontstaanswijze van natuurlijke duinwateren zijn de overige wateren alle kunstmatige duinwateren of natuurlijke duinwateren met een niet natuurlijke hydrologie. Een belangrijk deel van deze wateren betreft de infiltratiekanalen en plassen. Dit is een zeer diverse groep van wateren met vaak helder tot zeer helder water en in veel gevallen een bijzondere vegetatie met kranswieren. Deze infiltratiewateren worden gevoed door gebiedsvreemd (rivier)water met een andere chemische samenstelling dan het gebiedseigen water. Met name chloride, sulfaat en overige ionengehalten wijken af. Fosfaat is door voorzuivering meestal relatief laag, dat wil zeggen ten opzichte van rivierwater. Behalve infiltratiewateren zijn er ook wateren die door infiltratie worden beïnvloed zoals kwelplassen. Infiltrerend rivierwater kwelt op in nabijgelegen plassen.

5.2. Normering duinwatertypen; relatie met sturende factoren en processen

De basis voor de SEND-normering is het onderscheiden van watertypen op ecologische gronden. In bovenbeschreven typenindeling komt deze naar voren. De SEND-normen worden vervolgens afgeleid van de eisen van de indicatieve macrofauna en macrofyten. Deze worden voor ieder type geselecteerd aan de hand van kenmerkende waterkwaliteitsaspecten en/of processen. Dit zijn:

- brakkarakter voor duinwateren met zee-invloed;
- droogval en mate van buffering voor geïsoleerde duinwateren;
- zuurstofrijkdom en helderheid voor overige duinwateren.

Binnen het type moeten deze soorten een verschil in kwaliteit (ambitieniveau) kunnen indiceren. Het begrip kwaliteit verschilt per type:

- voor brakke wateren is het chloridegehalte onderscheidend;
- voor de geïsoleerde wateren zijn dit trofiegraad en daarmee samenhangend helderheid en plantenrijkdom, de buffering en mate van peilfluctuatie zijn sturend echter niet onderscheiden voor de kwaliteit;
- voor de overige duinwateren zijn eveneens trofiegraad, helderheid en plantenrijkdom bepalend voor de kwaliteit. Een andere factor die sturend is maar niet bepalend is voor het kwaliteitsniveau is verblijftijd/stroming.

De geselecteerde soorten blijken een goed uitgangspunt te vormen voor normering. De afgeleide conceptnormen zijn in de meeste gevallen reële waarden en benaderen de huidige situatie. Aanpassing van de conceptnormen is met name gebaseerd op een beter kwaliteit in de huidige situatie (lagere normen voor nutriënten). Voor de wateren met zee-invloed zijn ecologisch relevante grenzen uit de literatuur aangehouden. De conclusie is dat normering voor duinwateren op basis van milieu-indicatiewaarden van macrofauna en macrofyten redelijk goed mogelijk is.

5.3. Bruikbaarheid van de normen

Wat zeggen de afgeleide normen over duinwateren? In hoeverre zijn ze stuurbaar en in hoeverre zijn ze relevant? Het belangrijkste doel van normering is om de ecologische toestand van een water te verbeteren door het treffen van maatregelen of voeren van een gericht beheer.

"natuurlijke" duinwateren
Voor de meest natuurlijke vormen van de duinwateren, de duinwateren met zee-invloed en de geïsoleerde duinplassen is een zo natuurlijk mogelijke hydrologie een eerste randvoorwaarde. De overige kwaliteitskenmerken van deze wateren zijn min of meer volgend. De hydrologie vormt naar verwachting in de meeste gevallen de belangrijkste menselijke beïnvloedingsfactor voor deze wateren. Overige factoren zoals bijvoorbeeld atmosferische depositie zijn veel moeilijker te sturen. De normen voor deze wateren zijn in dat opzicht voor het beheer minder relevant.

"overige" duinwateren

Voor de overige voor een belangrijk deel kunstmatige duinwateren zijn de normen belangrijker. De samenstelling van het water wordt in grote mate bepaald door gebiedsvreemd water. Dit infiltreert in de duinen en beïnvloedt ook de kwaliteit van het duin(grond)water in de omgeving. Het is dus van belang dat dit water zo veel mogelijk een duineigen karakter heeft. Om deze redenen wijken de normen voor geïsoleerde en overige zoete duinwateren ook niet zeer veel van elkaar af.

6. LITERATUUR

Amesz, M. en A. Barendrecht (1995). Milieu-indicatiewaarden van aquatische macrofauna in Noord-Holland: deel 1 en deel 2. Vakgroep Milieukunde, Universiteit van Utrecht. Dienst Milieu en Water & Dienst ruimte en Groen, Provincie Noord-Holland.

Barendrecht, A., J.W. Nieuwenhuis en P. de Joode, 1990.
Milieu-indicatiewaarden van water- en oeverplanten in Noord-Holland. Interfacultaire Vakgroep Milieukunde, Rijksuniversiteit Utrecht, Utrecht.

Beers, P.W.M. van & P.F.M. Verdonschot, 2000.
Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren. Deel 4, Brakke binnenwateren. Rapport AS-04, Expertisecentrum LNV, Wageningen.

Hammen, H. van der, 1992.
De macrofauna van Noord-Holland. Provincie Noord-Holland Dienst Ruimte & Groen, Haarlem.

Janssen, S.N., P.F.M. Verdonschot & G.H.P. Arts, 1998. Typologie van zoete duinwateren, gebaseerd op macrofauna, macrofyten, diatomeeën en milieuvariabelen. IBN-DLO, Wageningen.

Londo, G., 1988.
Nederlandse freatofyten. Wageningen

Meijden, R. van der, Lodewijk van Duuren & Leni (H.) Duistermaat, 1996.
Standaardlijst van de Nederlandse flora 1996. Overzicht van wijzigingen sinds 1990. Gorteria 22 (1/2), 1-5.

Provincie Noord-Holland, 1998.
Stilstaan bij stromen, Waterhuishoudingsplan provincie Noord-Holland 1998-2002, Haarlem.

Provincie Noord-Holland, 1999.
Stilstaan bij waterkwaliteit. Een achtergronddocument over het Stelsel Ecologische Normdoelstellingen behorende bij het tweede Waterhuishoudingsplan provincie Noord-Holland 1998-2002, Haarlem.

Runhaar, H., C.L.G. Groen, R. van der Meijden & R.A.M. Stevers, 1987.
Een nieuwe indeling in ecologische groepen binnen de Nederlandse flora. Gorteria 12 (11/12), 276-359.

Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff, 1995.
De vegetatie van Nederland. Deel 2: Plantengemeenschappen van wateren, moerassen en natte heiden, Opulus press, Uppsala, Leiden.

STOWA, 2002.
Ecologische beoordeling van brakke binnenwateren. STOWA rapportnummer 2002-01, Utrecht.

Weeda, E.J., J.H.J. Schaminée & L. van Duuren, 2000.
Atlas van plantengemeenschappen in Nederland. Deel 1: Wateren, moerassen en natte heiden. KNNV Uitgeverij, Utrecht.

BIJLAGE I Taxonomische afstemming macrofauna

IAWM_CODE	naam	aantal	som	afstemming
1892301000	Ablabesmyia	25	311	x
3213613010	Abramis brama (Brasem)	1	2	x
1829501000	Aeshna	13	19	Aeshnidae
1829501020	Aeshna cyanea	3	3	Aeshnidae
1829501060	Aeshna mixta	2	2	Aeshnidae
1851602030	Agabus bipustulatus	39	101	Agabus
1851602060	Agabus conspersus	7	24	Agabus
1851602110	Agabus nebulosus	2	3	Agabus
1851602130	Agabus paludosus	1	3	Agabus
1851602150	Agabus sturmii	21	47	Agabus
1851602170	Agabus undulatus	6	32	Agabus
1851602190	Agabus unguicularis	3	31	Agabus
1833401000	Agraylea	2	17	x
1829502010	Anax imperator	6	13	Aeshnidae
1891801100	Anopheles maculipennis gr	1	9	Anopheles
1753201000	Arrenurus	6	18	x
1742100000	Asellidae	2	2	x
1893117000	Atrichopogon	1	3	Ceratopogonidae
1621308030	Aulodrilus pluriseta	2	3	Tubificidae
1746101020	Balanus improvisus	1	3	Balanus spec.
1853201020	Berosus luridus	1	1	Berosus
1853201030	Berosus signaticollis	1	2	Berosus
1893104000	Bezzia	6	125	Ceratopogonidae
1894000000	BRACHYCERA	4	6	x
1829503010	Brachytron pratense	2	3	Aeshnidae
1843401000	Caenis	20	369	x
1892702010	Camptochironomus pallidivittatus	1	8	Camptochironomus
1892702020	Camptochironomus tentans	20	225	Camptochironomus
1852702210	Cercyon bifenestratus	1	1	Cercyon
1852702240	Cercyon sternalis	1	1	Cercyon
1852900000	Chaetarthriidae	1	1	x
1892606190	Chaetocladius piger agg	7	16	Chaetocladius
1891600000	Chaoboridae	3	7	x
1891602000	Chaoborus	21	208	x
1892100000	Chironomidae	19	699	x
1892700000	CHIRONOMINI	41	232	x
1892703170	Chironomus annularius	3	104	Chironomus
1892703340	Chironomus annularius agr	6	90	Chironomus
1892703350	Chironomus anthracinus gr	1	3	Chironomus
1892703370	Chironomus halophilus gr	4	71	Chironomus
1892703140	Chironomus plumosus	10	26	Chironomus
1892703380	Chironomus plumosus gr	67	3230	Chironomus
1892702440	Chironomus riparius gr	1	17	Chironomus
1892703410	Chironomus salinarius gr	1	62	Chironomus
1892703400	Chironomus semireductus gr	4	11	Chironomus
1892703420	Chironomus thummi gr	26	2405	Chironomus
1893601000	Chrysops	2	9	Tabanidae
1842203000	Cloeon	9	1766	x
1851506000	Coelambus	2	3	x
1829404000	Coenagrion	6	36	Coenagrionidae
1829404050	Coenagrion puella	3	20	Coenagrionidae
1829404060	Coenagrion pulchellum	6	26	Coenagrionidae
1829400000	Coenagrionidae	100	3387	Coenagrionidae
1852000000	COLEOPTERA	22	372	x

IAWM_CODE	naam	aantal	som	afstemming
1851606010	Colymbetes fuscus	44	222	Colymbetes
1851600000	Colymbetidae	35	201	x
1826106000	Corixa	14	264	x
1826100000	Corixidae	119	6935	x
189260818	Corynoneura gr scutellata ?(1892608180)	35	575	Corynoneura
1892608050	Corynoneura scutellata	10	19	Corynoneura
1892609000	Cricotopus	8	39	x
1892704030	Cryptochironomus obreptans	7	275	Cryptochironomus
1892704040	Cryptochironomus psittacinus	3	4	Cryptochironomus
1892704050	Cryptochironomus redekei	2	2	Cryptochironomus
1892704070	Cryptochironomus supplicans	6	21	Cryptochironomus
1891807010	Culex pipiens	1	1	Culex
1891800000	Culicidae	13	67	x
1891806080	Culiseta morsitans	1	1	Culiseta
1834201000	Cyrnus	7	11	x
1621216000	Dero	4	12	x
1891301000	Dicranomyia	2	15	Limoniidae
1891301130	Dicranomyia ventralis	1	1	Limoniidae
1892709000	Dicrotendipes	4	12	x
1893000000	DIPTERA	11	182	x
1891702010	Dixella aestivalis	1	1	Dixella
1891702030	Dixella autumnalis	1	1	Dixella
1891700000	Dixidae	7	38	x
1853301010	Dryops anglicanus	2	2	Dryops
1853301020	Dryops auriculatus	1	1	Dryops
1853301040	Dryops griseus	6	25	Dryops
1853301050	Dryops luridus	21	117	Dryops
1511201000	Dugesia	23	92	x
1851700000	Dytiscinae	2	2	x
1851704020	Dytiscus circumflexus	26	56	Dytiscus
1851704060	Dytiscus marginalis	21	28	Dytiscus
1851704070	Dytiscus semisulcatus	6	9	Dytiscus
1621601010	Eiseniella tetraedra	2	11	Lumbricidae
1829403010	Enallagma cyathigerum	40	734	Coenagrionidae
1892712000	Endochironomus	9	14	x
1852807010	Enochrus affinis	2	2	Enochrus
1852807020	Enochrus bicolor	2	2	Enochrus
1852807030	Enochrus coarctatus	3	6	Enochrus
1852807080	Enochrus halophilus	6	13	Enochrus
1852807100	Enochrus isotae	1	1	Enochrus
1852807040	Enochrus melanocephalus	17	32	Enochrus
1852807050	Enochrus ochropterus	5	7	Enochrus
1852807060	Enochrus quadripunctatus	3	11	Enochrus
1852807070	Enochrus testaceus	47	110	Enochrus
1893903000	Eristalinus	1	2	Syrphidae
1893901000	Eristalis	2	4	Syrphidae
1613101000	Erpobdella	7	89	x
1829406010	Erythromma najas	4	11	Coenagrionidae
1751301000	Eylais	2	2	x
1743203000	Gammarus	1	3	x
3214502010	Gasterosteus aculeatus	6	39	x
1827300000	Gerridae	1	1	x
1827301000	Gerris	56	211	x

IAWM_CODE	naam	aantal	som	afstemming
1892714040	Glyptotendipes barbipes	8	30	Glyptotendipes
1892714170	Glyptotendipes barbipes gr	11	46	Glyptotendipes
1892714050	Glyptotendipes caulicola	2	7	Glyptotendipes
1892714020	Glyptotendipes foliicola	1	5	Glyptotendipes
1892714090	Glyptotendipes gripekoveni	14	148	Glyptotendipes
1892714060	Glyptotendipes mancunianus	1	1	Glyptotendipes
1892714070	Glyptotendipes pallens	19	200	Glyptotendipes
1892714080	Glyptotendipes paripes	17	347	Glyptotendipes
1121101000	Gordius	1	1	x
1851702020	Graphoderus cinereus	9	21	Graphoderus
1851702030	Graphoderus zonatus	3	8	Graphoderus
1851510000	Graptodytes	1	1	x
1851802000	Gyrinus	10	45	x
1851203050	Haliplus apicalis	38	200	Haliplus
1851203010	Haliplus confinis	27	157	Haliplus
1851203130	Haliplus flavicollis	5	7	Haliplus
1851203060	Haliplus fluviatilis	10	27	Haliplus
1851203080	Haliplus heydeni	3	4	Haliplus
1851203090	Haliplus immaculatus	37	97	Haliplus
1851203040	Haliplus lineatocollis	15	47	Haliplus
1851203100	Haliplus lineolatus	1	3	Haliplus
1851203160	Haliplus mucronatus	5	18	Haliplus
1851203020	Haliplus obliquus	4	20	Haliplus
1851203110	Haliplus ruficollis	51	256	Haliplus
0611000000	HAPLOSCLERIDA	1	1	x
1891306000	Helius	5	13	Limoniidae
1852806000	Helochares	10	52	x
1852501000	Helophorus	1	1	x
1826107000	Hesperocorixa	11	52	x
0312102050	Hydra viridissima	1	3	x
1751000000	HYDRACARINA	15	338	x
1751101000	Hydrachna	19	99	x
1751100000	Hydrachnidae	1	30	x
1852101000	Hydraena	1	1	x
1852601000	Hydrochus	1	1	x
1826901000	Hydrometra	2	2	Hydrometra stagnorum
1851500000	Hydroporidae	19	126	x
1851508000	Hydroporus	27	235	x
1751401000	Hydryphantes	12	102	x
1751400000	Hydryphantidae	1	1	x
1851507000	Hygrotus	12	54	x
1851604020	Ilybius ater	5	5	Ilybius
1851604030	Ilybius fenestratus	1	1	Ilybius
1851604040	Ilybius fuliginosus	4	6	Ilybius
1851604050	Ilybius guttiger	1	1	Ilybius
1851604070	Ilybius subaeneus	17	37	Ilybius
1829401010	Ischnura elegans	160	5946	Coenagrionidae
1852805000	Laccobius	20	136	x
1851401000	Laccophilus	24	108	x
1833500000	Leptoceridae	6	69	x
1829202010	Lestes barbarus	2	9	Lestes
1829202030	Lestes sponsa	11	187	Lestes
1829202050	Lestes viridis	9	21	Lestes
1829200000	Lestidae	1	3	Lestes

IAWM_CODE	naam	aantal	som	afstemming
1829801000	Libellula	7	24	Libellulidae
1829801030	Libellula quadrimaculata	15	133	Libellulidae
1852301000	Limnebius	1	1	x
1833600000	Limnephilidae	5	44	x
1833606000	Limnephilus	12	273	x
1752201000	Limnesia	4	11	x
1621302020	Limnodrilus hoffmeisteri	17	76	Tubificidae
1621502010	Lumbriculus variegatus	66	979	Lumbriculidae
1913201000	Lymnaea	2	2	Lymnaea stagnalis
1834301010	Lype phaeopa	1	3	Lype
1892310010	Macropelopia goetghebueri	3	5	Macropelopia
1892310020	Macropelopia nebulosa	9	18	Macropelopia
1892624230	Metriocnemus hirticollis agg	36	129	Metriocnemus
1892624240	Metriocnemus hygropetricus agg	1	1	Metriocnemus
1892624210	Metriocnemus terrester	1	1	Metriocnemus
1892721030	Microchironomus tener	1	1	Microchironomus
1826101000	Micronecta	1	8	x
1892807020	Micropsectra atrofasciata	1	2	Micropsectra
1892807210	Micropsectra atrofasciata gr	1	3	Micropsectra
1892807140	Micropsectra lindrothi	1	18	Micropsectra
1892722040	Microtendipes chloris	3	9	Microtendipes
1892722120	Microtendipes chloris agg	87	1375	Microtendipes
1892722160	Microtendipes chloris gr	1	3	Microtendipes
1827201000	Microvelia	3	3	x
1900000000	MOLLUSCA	1	110	x
1833506020	Mystacides longicornis	60	2357	Mystacides
1833506030	Mystacides nigra	10	85	Mystacides
1621200000	Naididae	35	5360	x
1892625010	Nanocladius bicolor	6	44	Nanocladius
1540000000	NEMATOMORPHA	3	10	x
1752402000	Neumania	2	2	x
1851301000	Noterus	6	30	x
1826701000	Notonecta	71	826	x
1829000000	ODONATA	8	165	x
1893303000	Odontomyia	1	1	x
1324303060	Odontophora ornata	1	1	x
1621000000	OLIGOCHAETA	18	1087	x
1620000000	OLIGOCHAETA ET POLYCHAETA	1	500	x
1829802000	Orthetrum	4	15	Libellulidae
1829802020	Orthetrum cancellatum	13	20	Libellulidae
1892600000	Orthocladiinae	26	191	x
1833405020	Orthotrichia costalis	2	124	Orthotrichia
1751902000	Oxus	1	1	x
1893306070	Oxycera morrisii	7	35	Oxycera
1893306120	Oxycera trilineata	1	1	Oxycera
1892725000	Parachironomus	3	4	x
1892809030	Paratanytarsus inopertus	2	43	Paratanytarsus
1892809190	Paratanytarsus lauterborni gr	1	8	Paratanytarsus
1892809070	Paratanytarsus tenellus	1	1	Paratanytarsus
1892325000	PENTANEURINI	2	2	x
3214302010	Perca fluviatilis	1	3	x
1891201000	Phalacrocera	4	6	Cylindrotomidae
1891201010	Phalacrocera replicata	1	1	Cylindrotomidae
1834107000	Phryganea	2	5	x

IAWM_CODE	naam	aantal	som	afstemming
1834100000	Phryganeidae	2	5	x
1752601000	Piona	51	828	x
1752600000	Pionidae	3	8	x
3210000000	Pisces sp	4	10	x
1913400000	Planorbidae	2	470	x
1511203000	Polycelis	28	685	x
1892731000	Polypedilum	13	32	x
1851513010	Potamonectes canaliculatus	1	3	Potamonectes sp
1851513020	Potamonectes depressus	16	61	Potamonectes sp
1912207010	Potamopyrgus antipodarum	1	75	Potamopyrgus jenkinsi (=P. antipodarum)
1621305010	Potamothrix bavaricus	4	25	Tubificidae
1621305020	Potamothrix hammoniensis	4	8	Tubificidae
1621305030	Potamothrix heuscheri	1	1	Tubificidae
1891102000	Prionocera	1	2	Tipulidae
1892315010	Procladius choreus	7	71	Procladius
1892641000	Psectrocladius	9	32	x
1891501020	Ptychoptera contaminata	3	11	Ptychoptera
3214501010	Pungitius pungitius	9	70	x
1851605020	Rhantus exsoletus	39	102	Rhantus
1851605030	Rhantus frontalis	33	194	Rhantus
1851605060	Rhantus suturalis	4	4	Rhantus
1851605070	Rhantus suturellus	1	1	Rhantus
	Scirtidae	13	149	x
1894201000	Sepedon	2	17	Sciomyzidae
1894108000	Setacera	1	4	Ephydridae
1838101000	Sialis	1	5	Sialis lutaria
1826109000	Sigara	15	257	x
1839201020	Sisyra fuscata	1	5	Sisyridae
1922100000	Sphaeriidae	1	1	x
1893300000	Stratiomyidae	8	26	x
1893302010	Stratiomys cenisia	1	3	Stratiomys
1893302040	Stratiomys furcata	7	16	Stratiomys
1621501010	Stylodrilus heringianus	1	1	Lumbriculidae
1829804000	Sympetrum	15	67	Libellulidae
1829804070	Sympetrum striolatum	10	43	Libellulidae
1829804080	Sympetrum vulgatum	1	1	Libellulidae
1892300000	Tanypodinae	43	168	x
1892319000	Tanypus	1	54	x
1892800000	TANYTARSINI	27	2872	x
1892814450	Tanytarsus gregarius gr	1	1	Tanytarsus
1892814090	Tanytarsus heusdensis	1	3	Tanytarsus
1892814160	Tanytarsus usmaensis	1	6	Tanytarsus
1751405000	Thyas	1	3	x
1752604000	Tiphys	2	20	x
1891103000	Tipula	6	26	Tipulidae
1833000000	Trichoptera	2	9	x
3221102040	Triturus vulgaris	2	14	x
1621301000	Tubifex	3	3	Tubificidae
1621301050	Tubifex newaensis	1	3	Tubificidae
1621301070	Tubifex tubifex	9	21	Tubificidae
1621300000	Tubificidae	1	3	x
1621300000	Tubificidae juv.	129	4990	Tubificidae
1752401000	Unionicola	3	169	x

IAWM_CODE	naam	aantal	som	afstemming
1892323020	Xenopelopia falcigera	4	11	Xenopelopia
1892323010	Xenopelopia nigricans	4	86	Xenopelopia
1892324050	Zavrelimyia nubila	1	1	Zavrelimyia

BIJLAGE II Resultaten indirecte ordinatie macrofauna (DCA)

variabele	as1	as2
Ca2.	0.1725	-0.0102
d saprob	-0.4593	0.0096
drz	0.1514	0.2562
K.	-0.1474	-0.2329
Kjel-N	-0.0569	-0.4814
maxdiep	0.5117	0.0832
O-P	-0.249	-0.5846
openduin	0.1737	0.1517
pH	0.6784	-0.1234
semiperm	-0.3815	0.1361
subsplan	-0.5228	-0.1998
subsslib	-0.0833	-0.0772
tot-N	-0.0013	-0.3818
tot-P	-0.1337	-0.4872
ZVP	0.5384	0.0925
bedekk d	-0.6101	0.1114

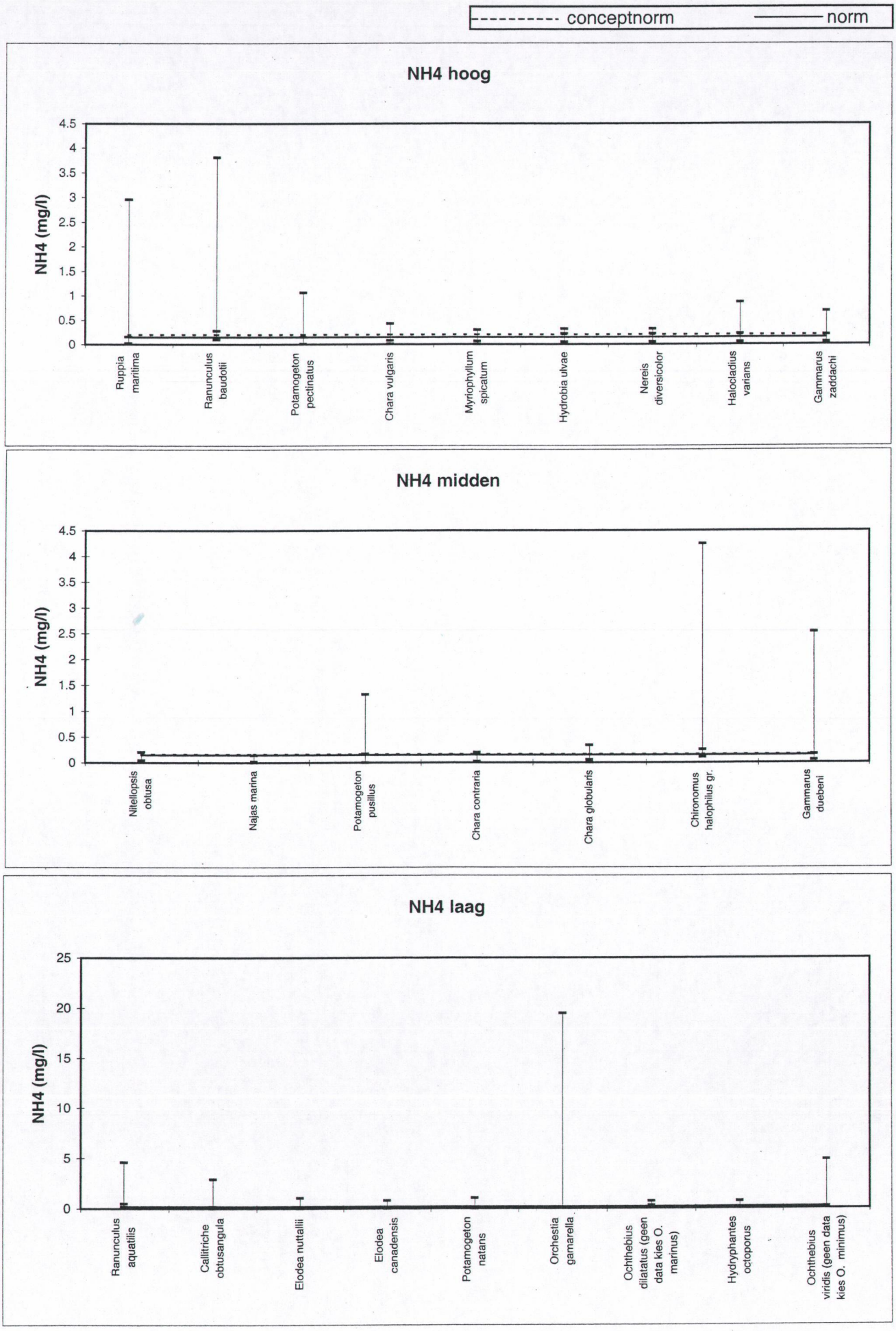
**** Summary ****

Axes		1	2	3	4	Total inertia
Eigenvalues	:	.332	.224	.158	.130	6.086
Lengths of gradient	:	2.759	2.839	2.010	2.087	
Species-environment correlations	:	.829	.751	.702	.602	
Cumulative percentage variance						
of species data	:	5.5	9.1	11.7	13.9	
of species-environment relation:		14.6	20.6	.0	.0	

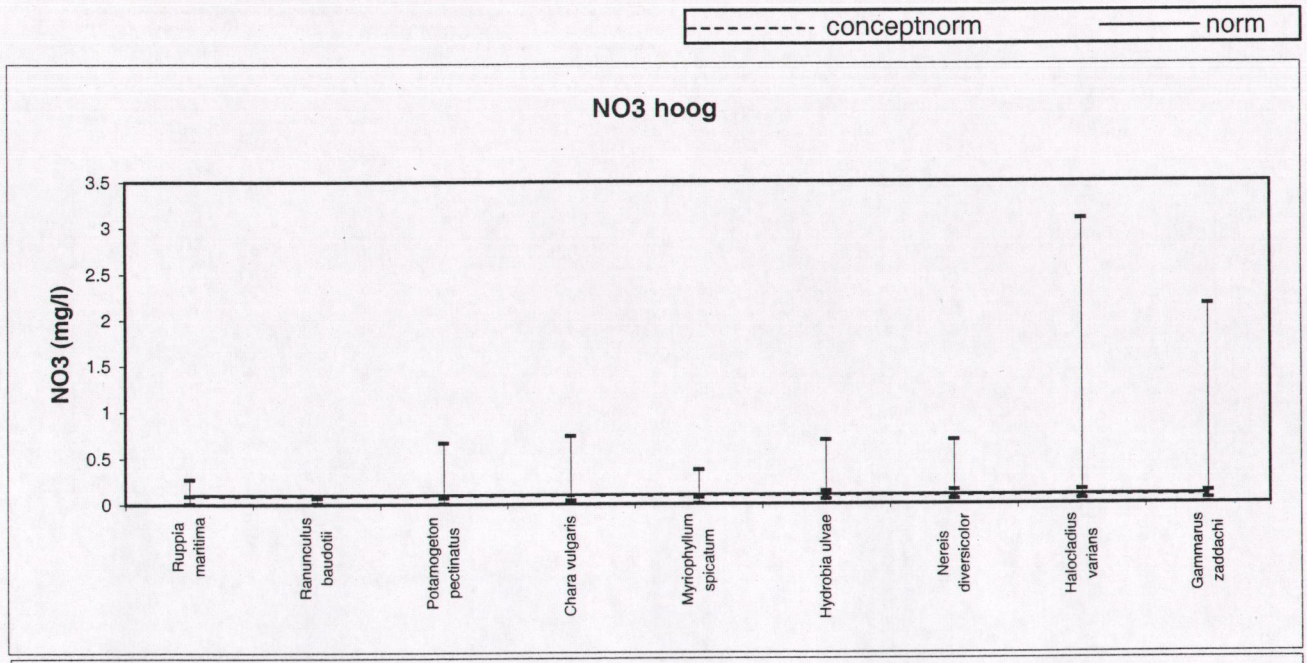
Sum of all unconstrained eigenvalues	6.086
Sum of all canonical eigenvalues	1.541

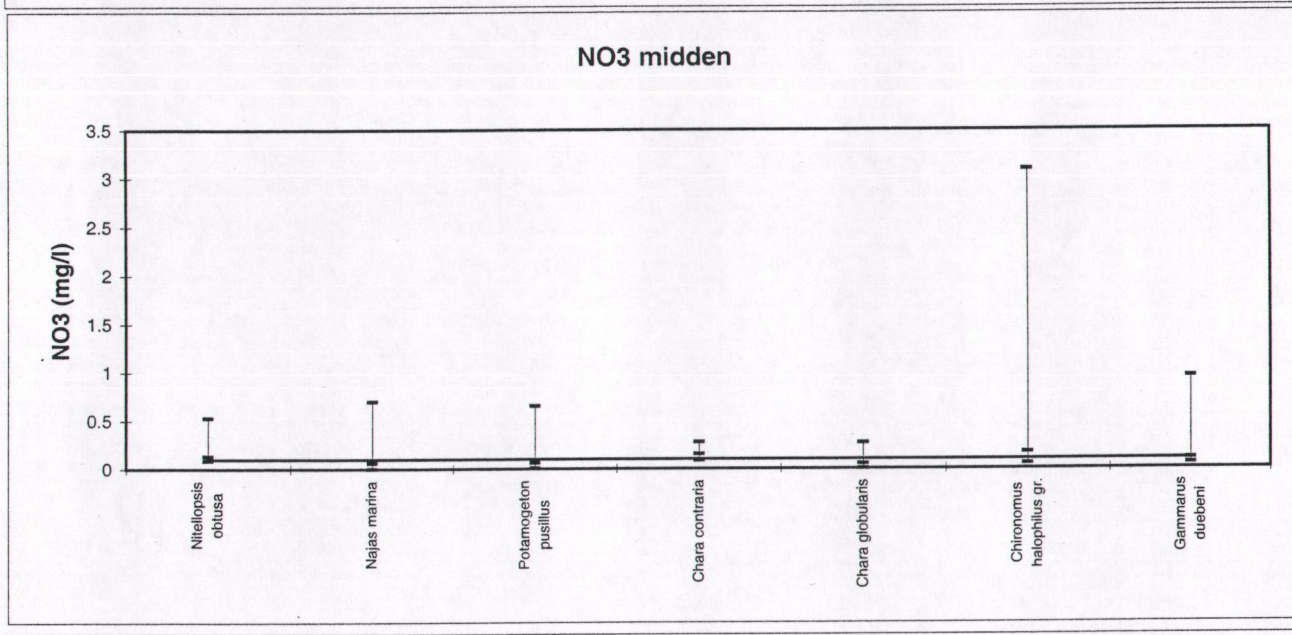
BIJLAGE III Hoog-laaggrafieken van de duinwateren met zee-invloed

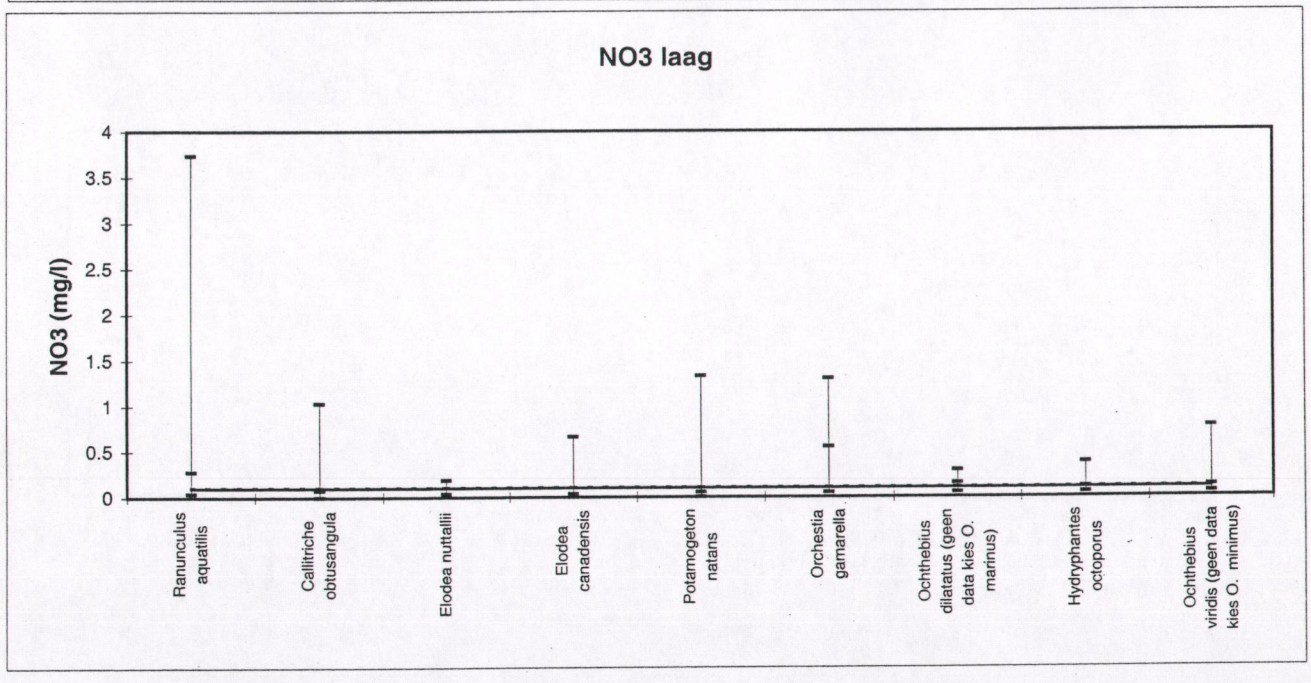
Bijlage III. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter NH4-N voor het subwatertype duinwateren met zeeinvloed.



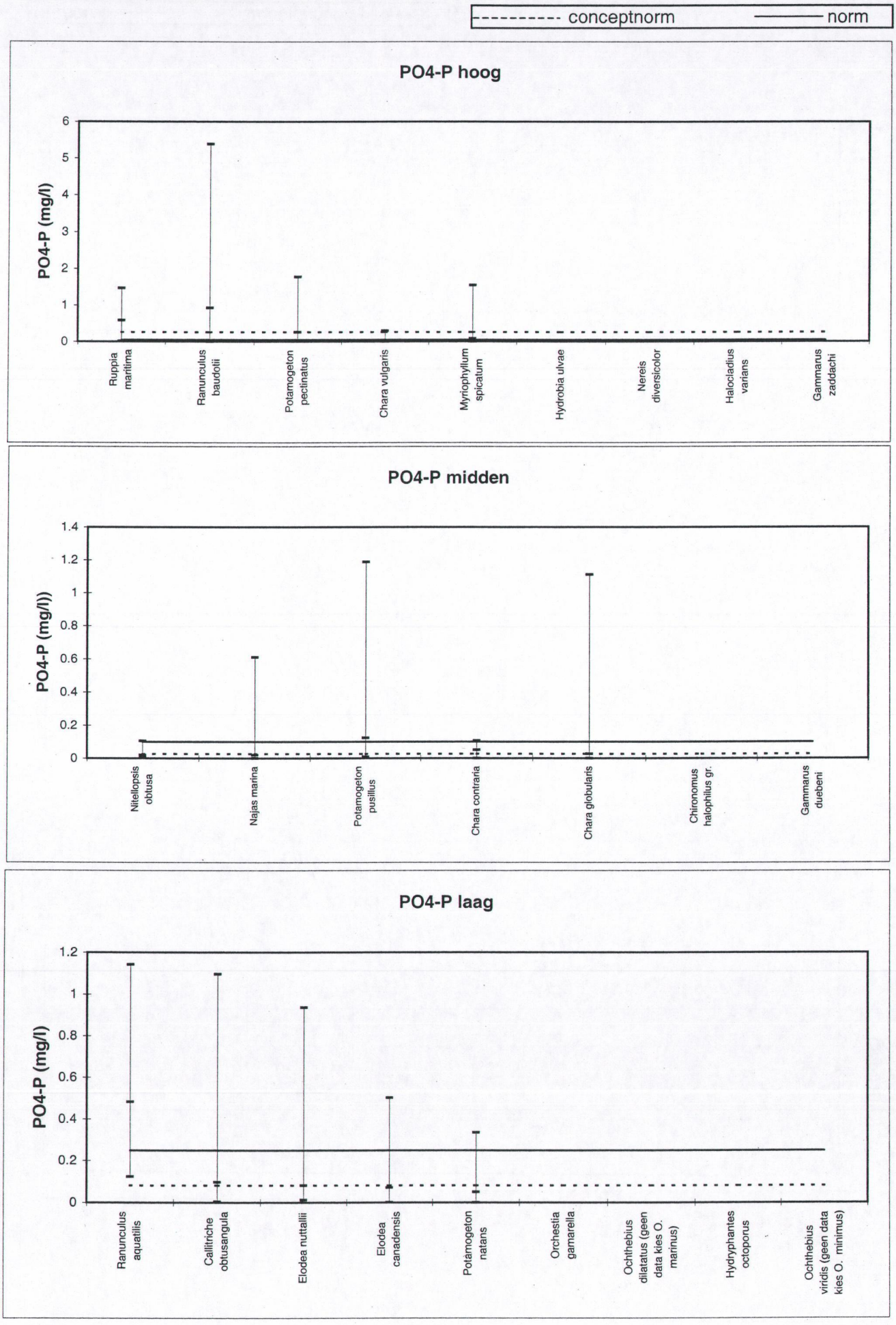
Bijlage III. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter NO3-N voor het subwatertype duinwateren met zeeinvloed.



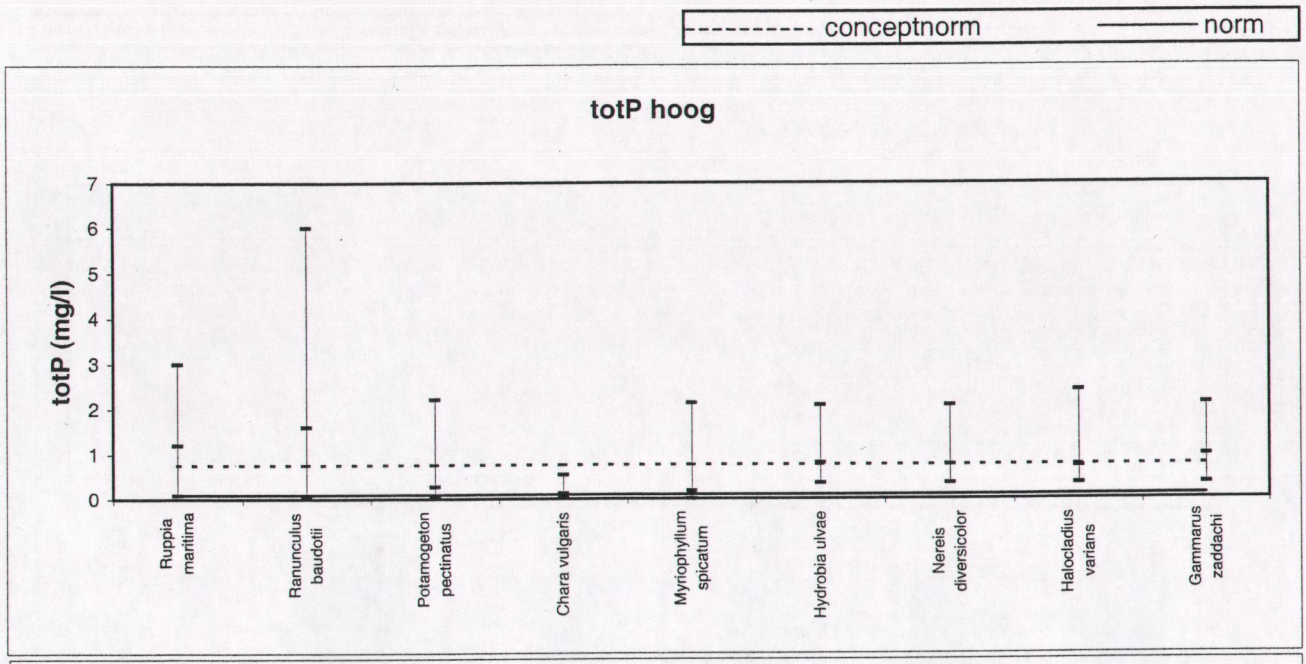


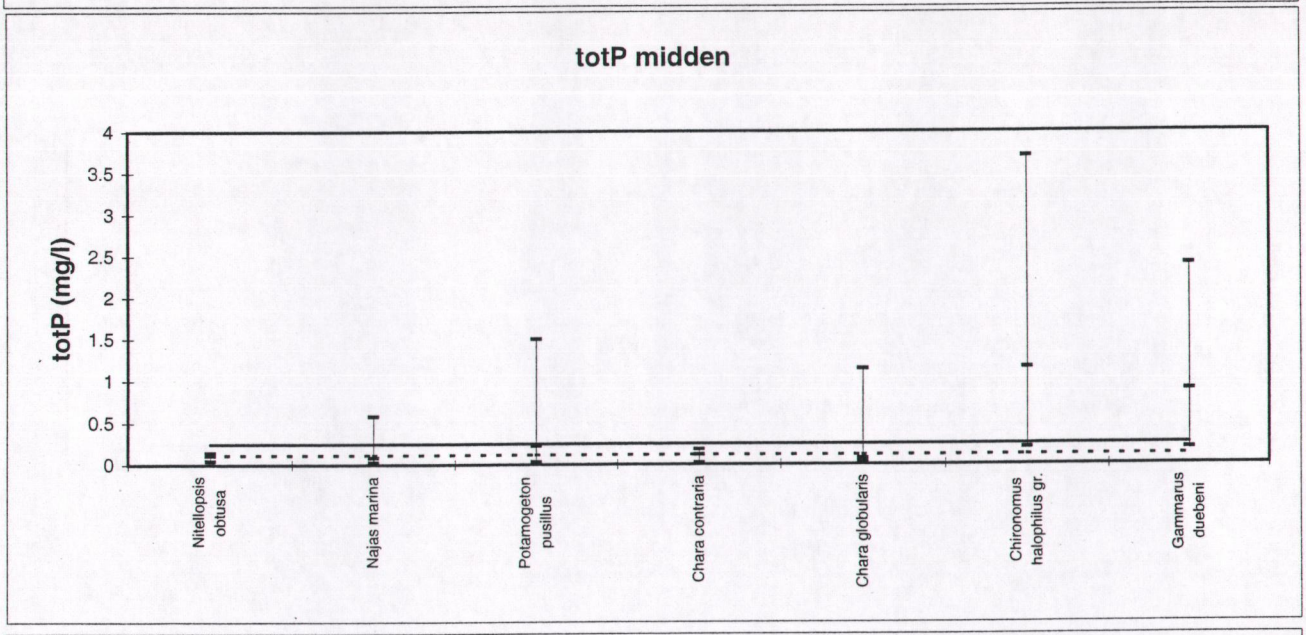


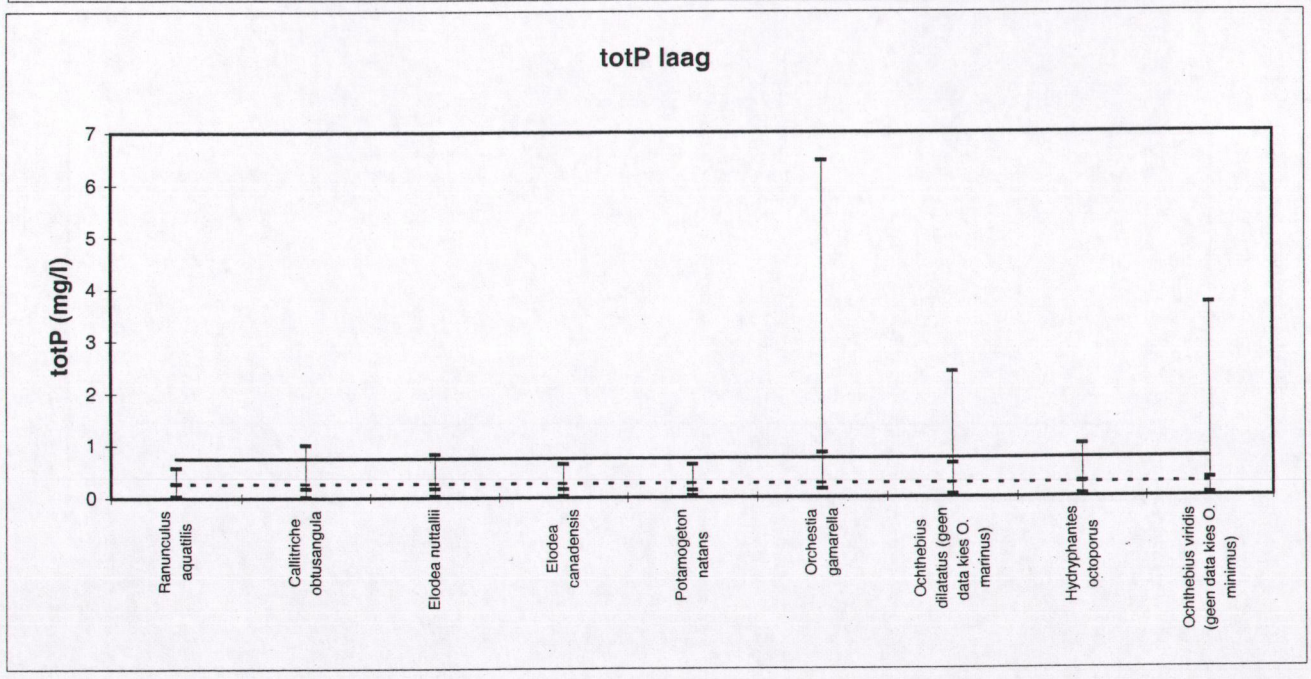
Bijlage III. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter PO4-P voor het subwatertype duinwateren met zeeinvloed.



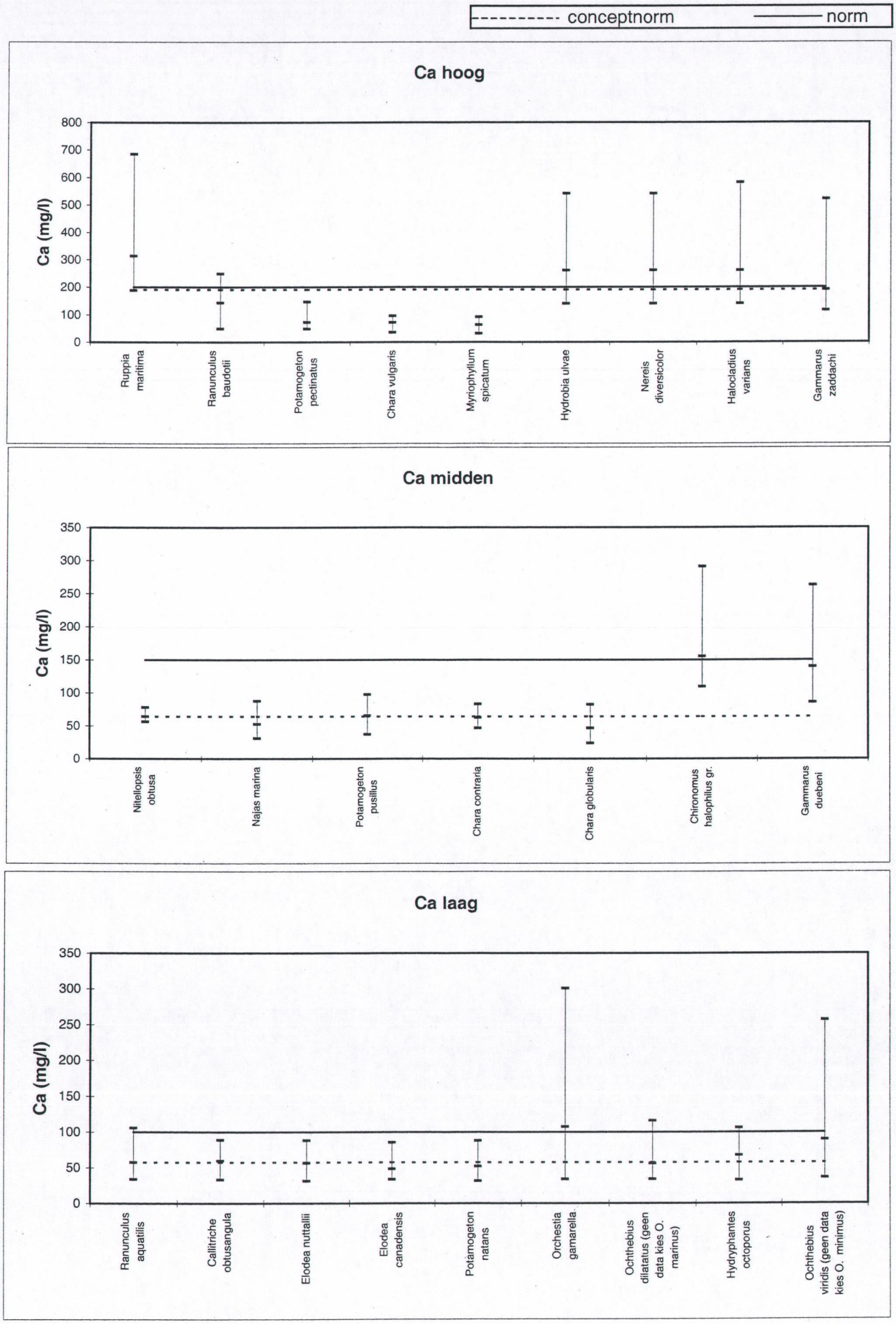
Bijlage III. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter totP voor het subwatertype duinwateren met zeeinvloed.



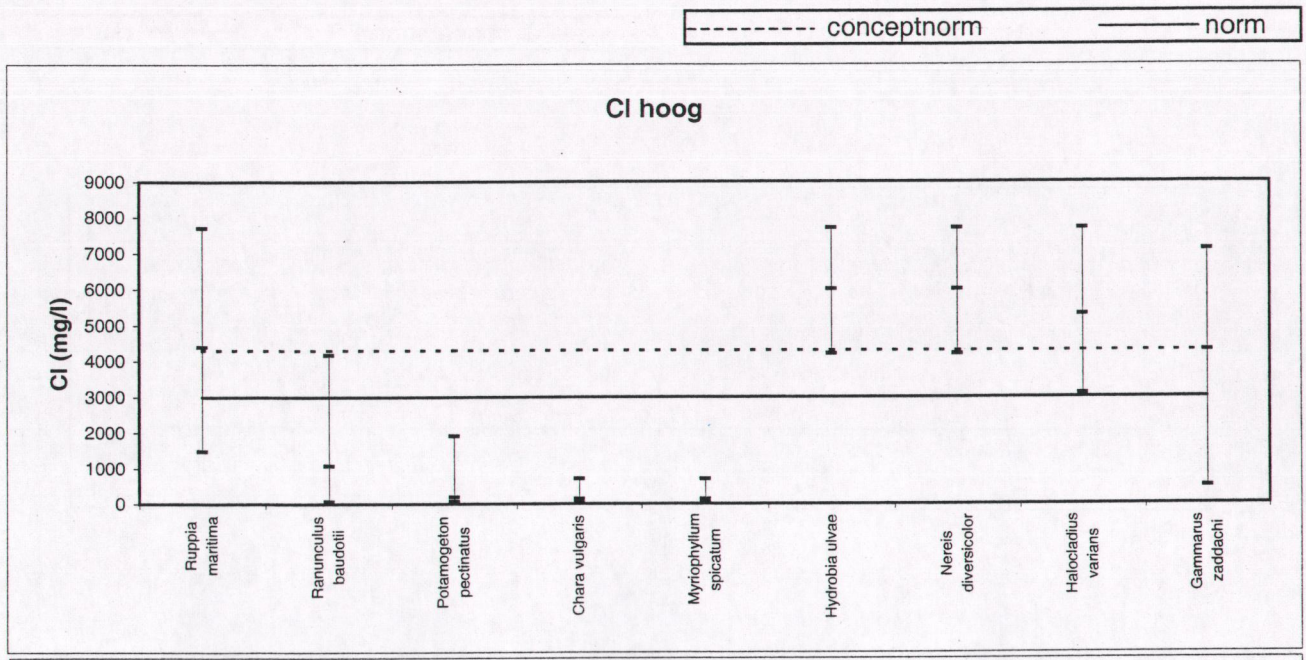


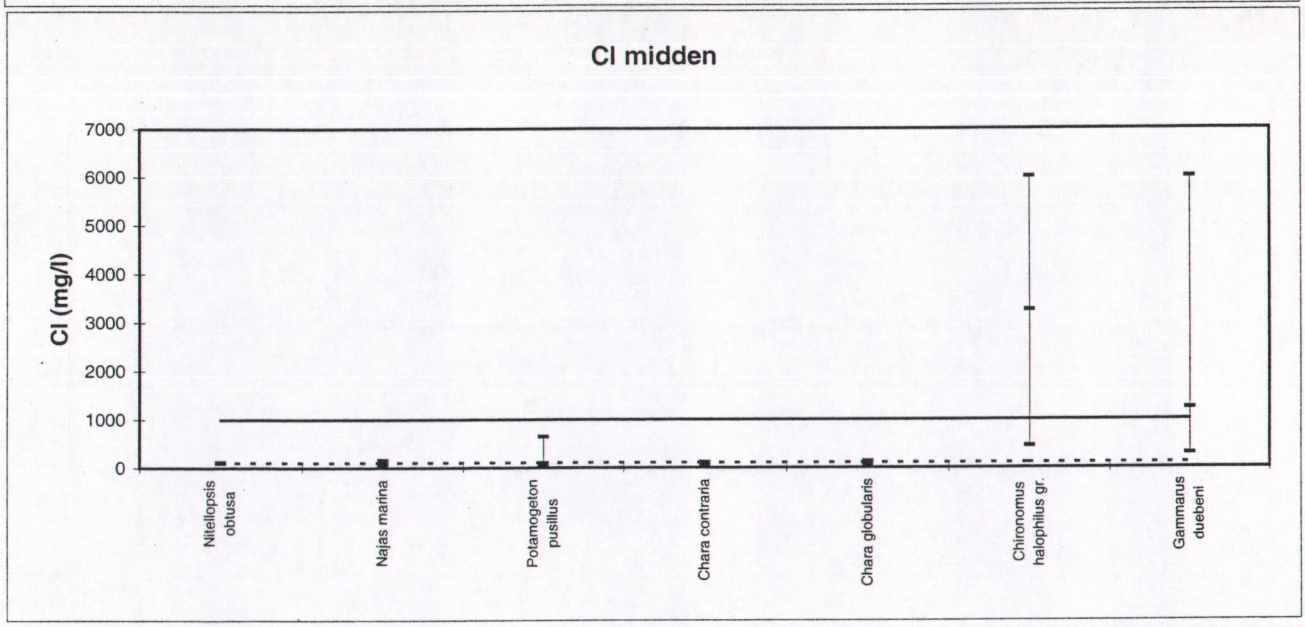


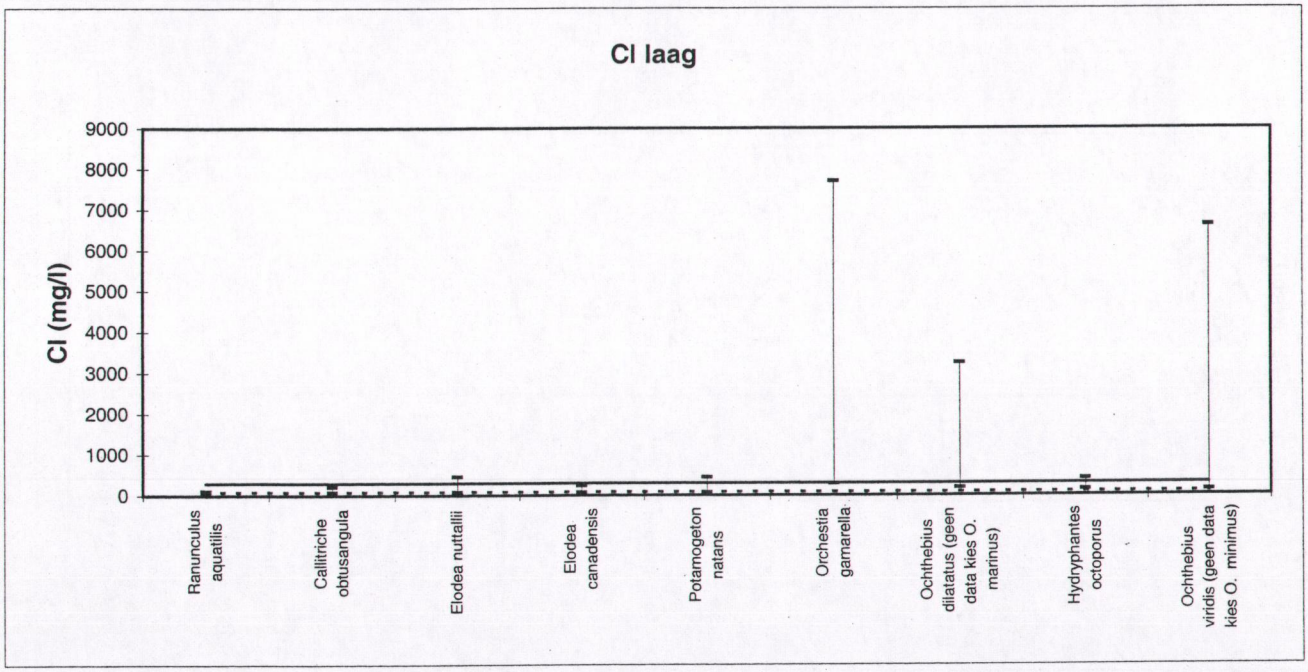
Bijlage III. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter Ca voor het subwatertype duinwateren met zeeinvloed.



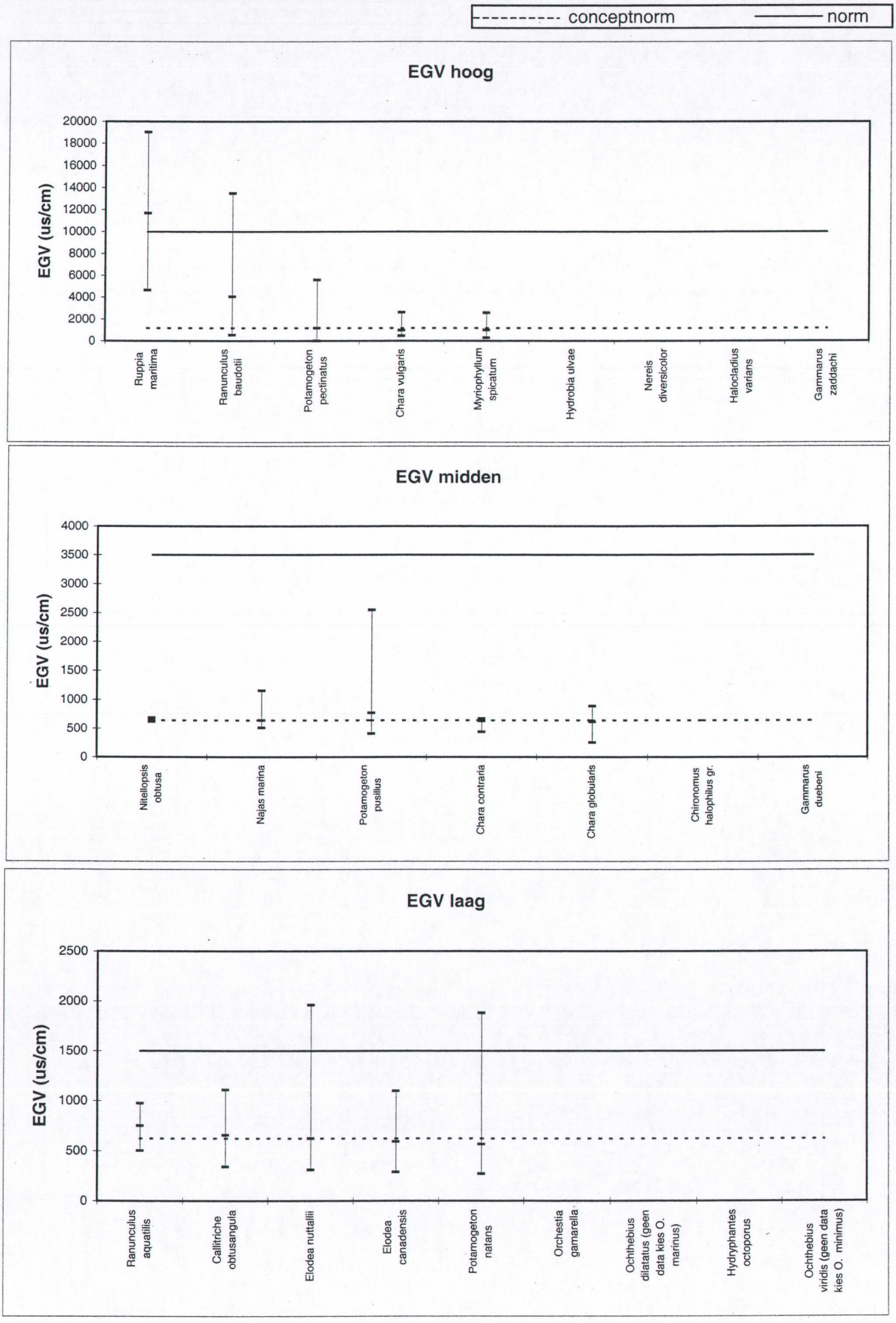
Bijlage III. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter Cl voor het subwatertype duinwateren met zeeinvloed.



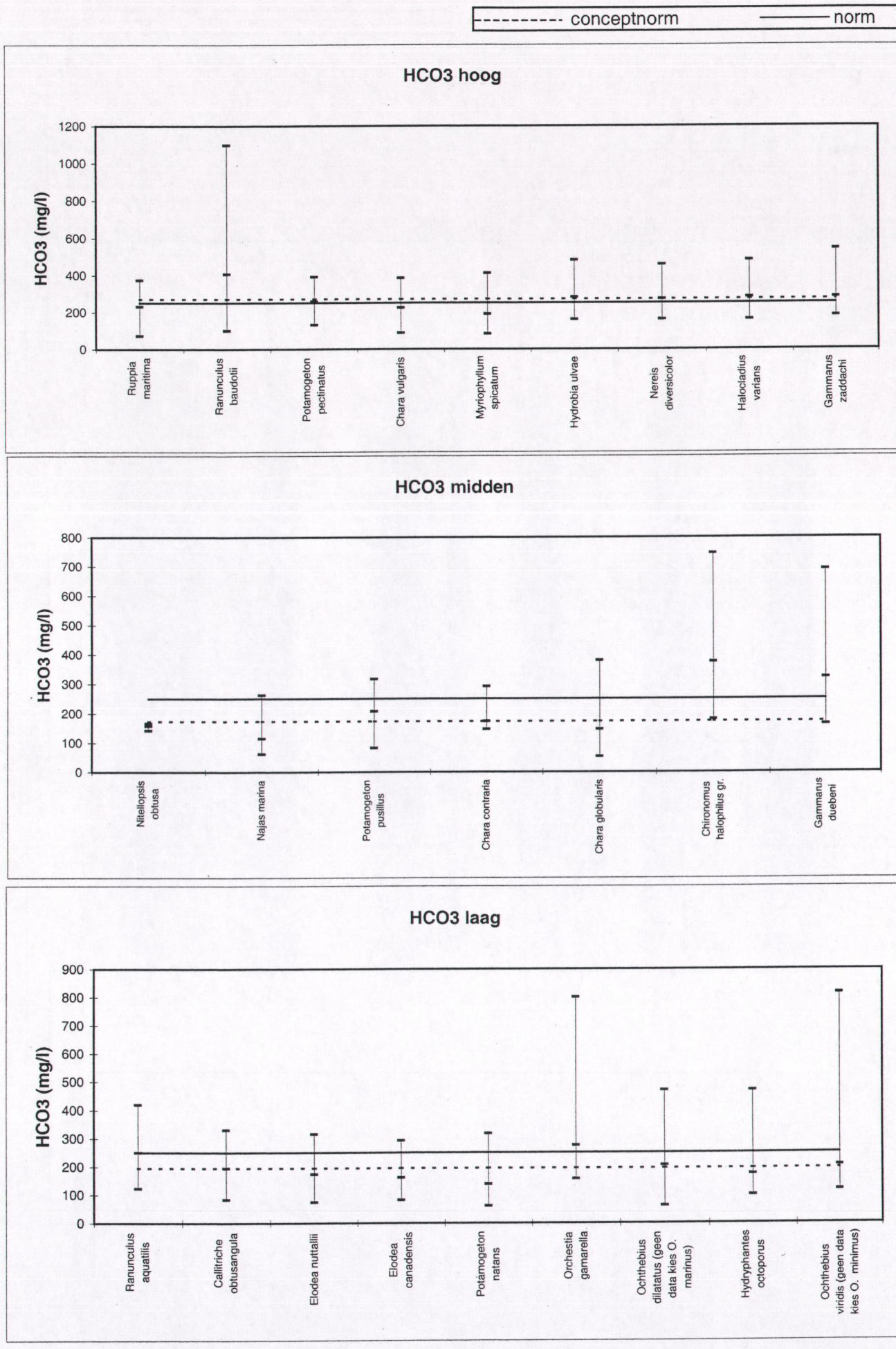




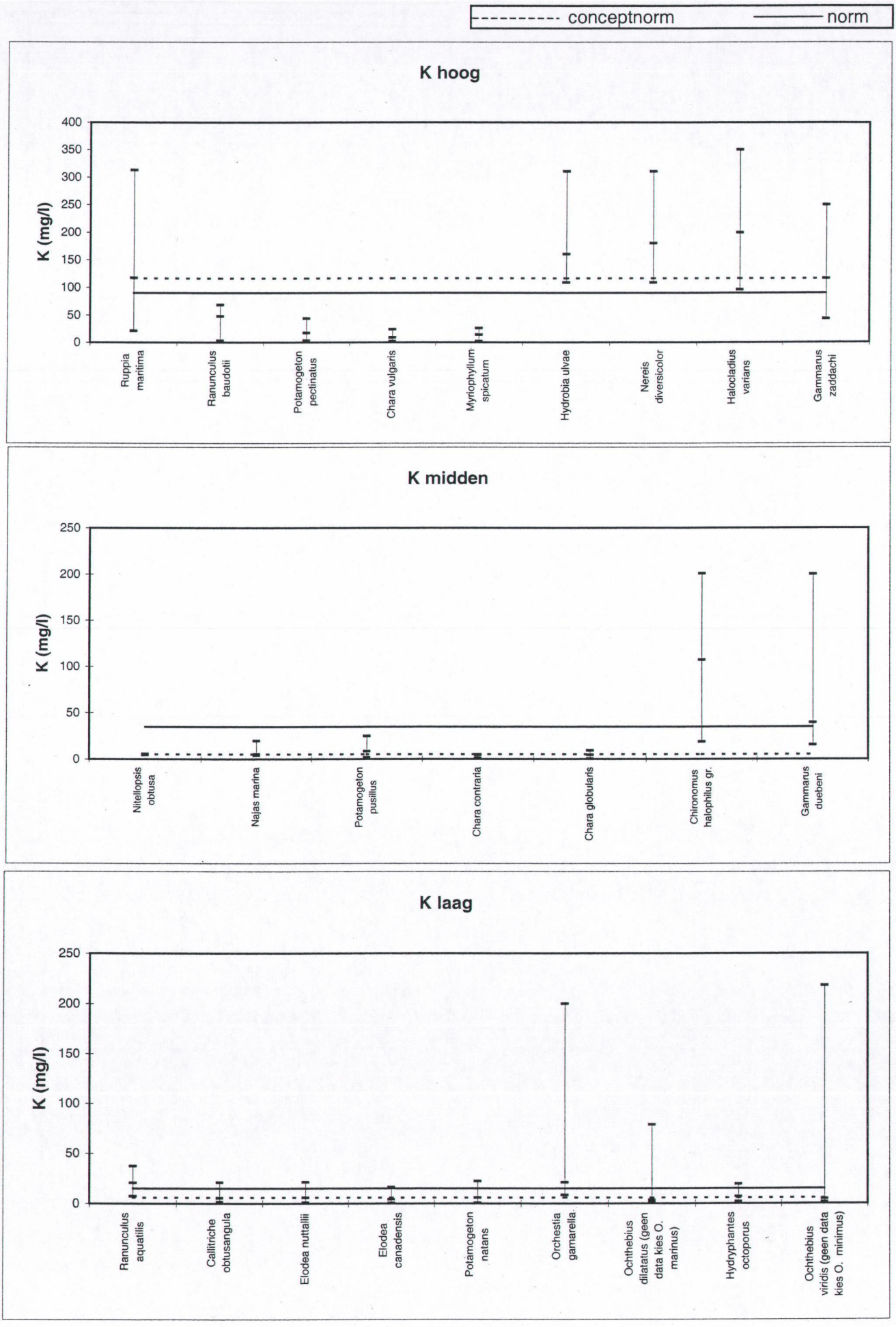
Bijlage III. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter EGV voor het subwatertype duinwateren met zeeinvloed.



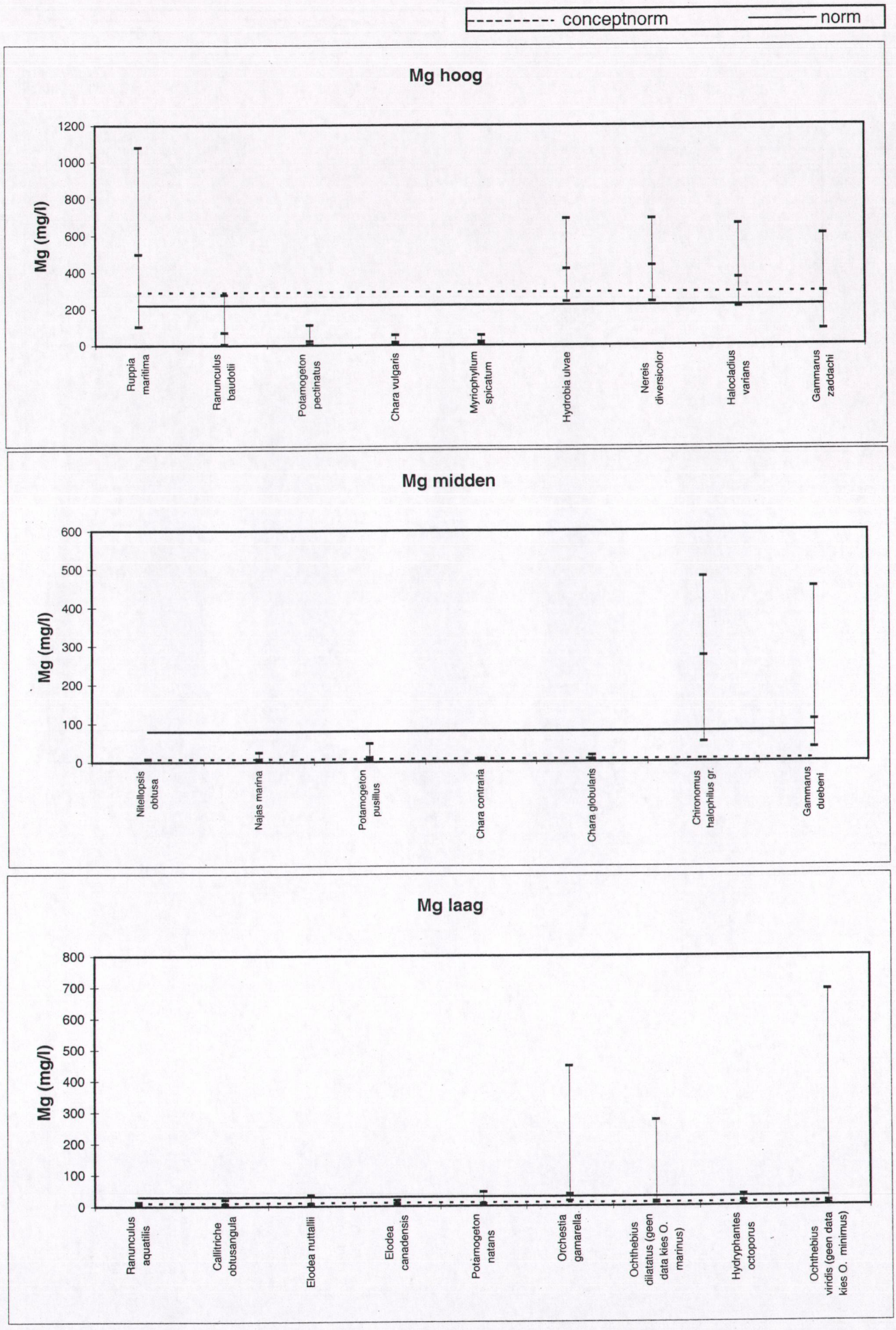
Bijlage III. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter HCO3 voor het subwatertype duinwateren met zeeinvloed.



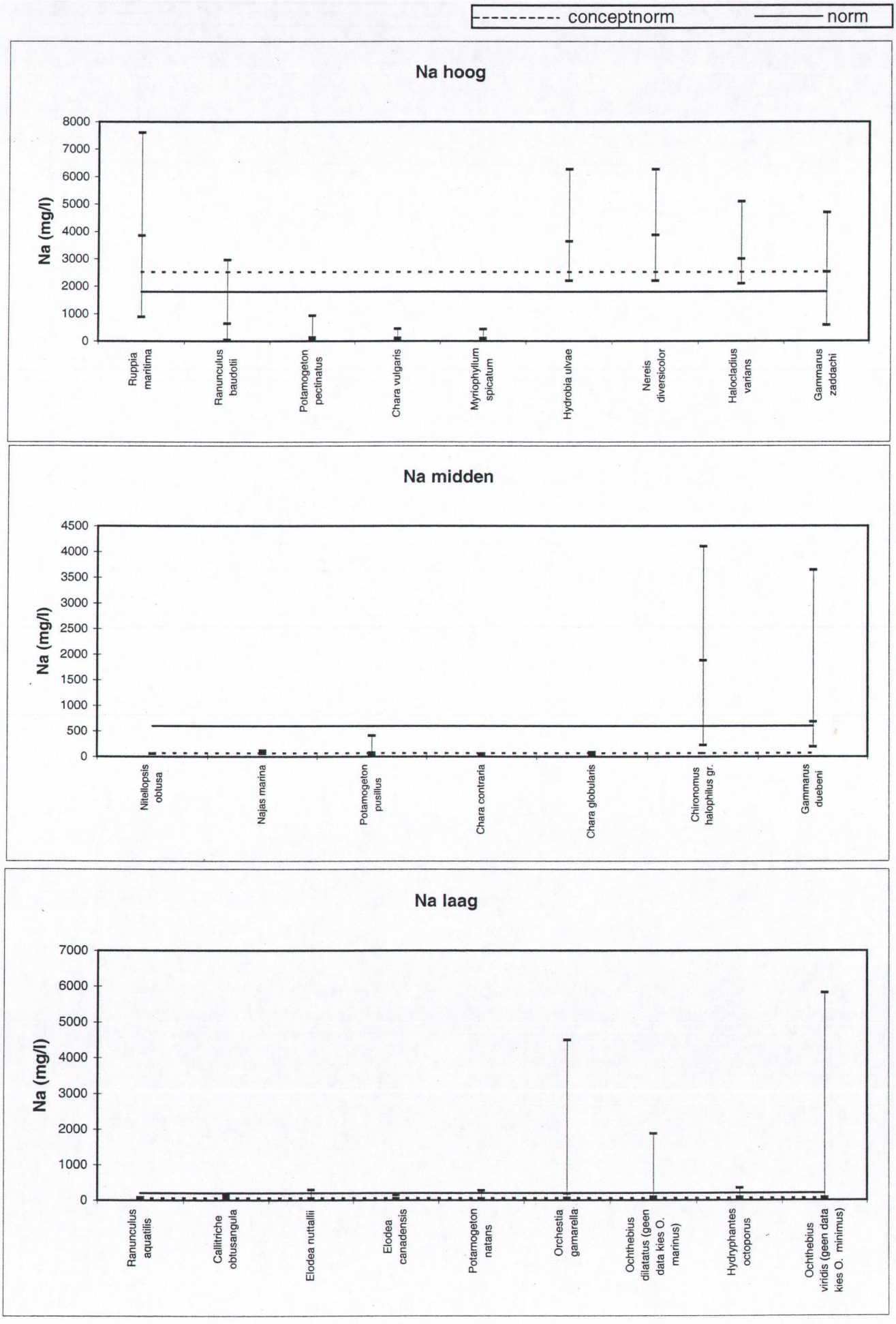
Bijlage III. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter K voor het subwatertype duinwateren met zeeinvloed.



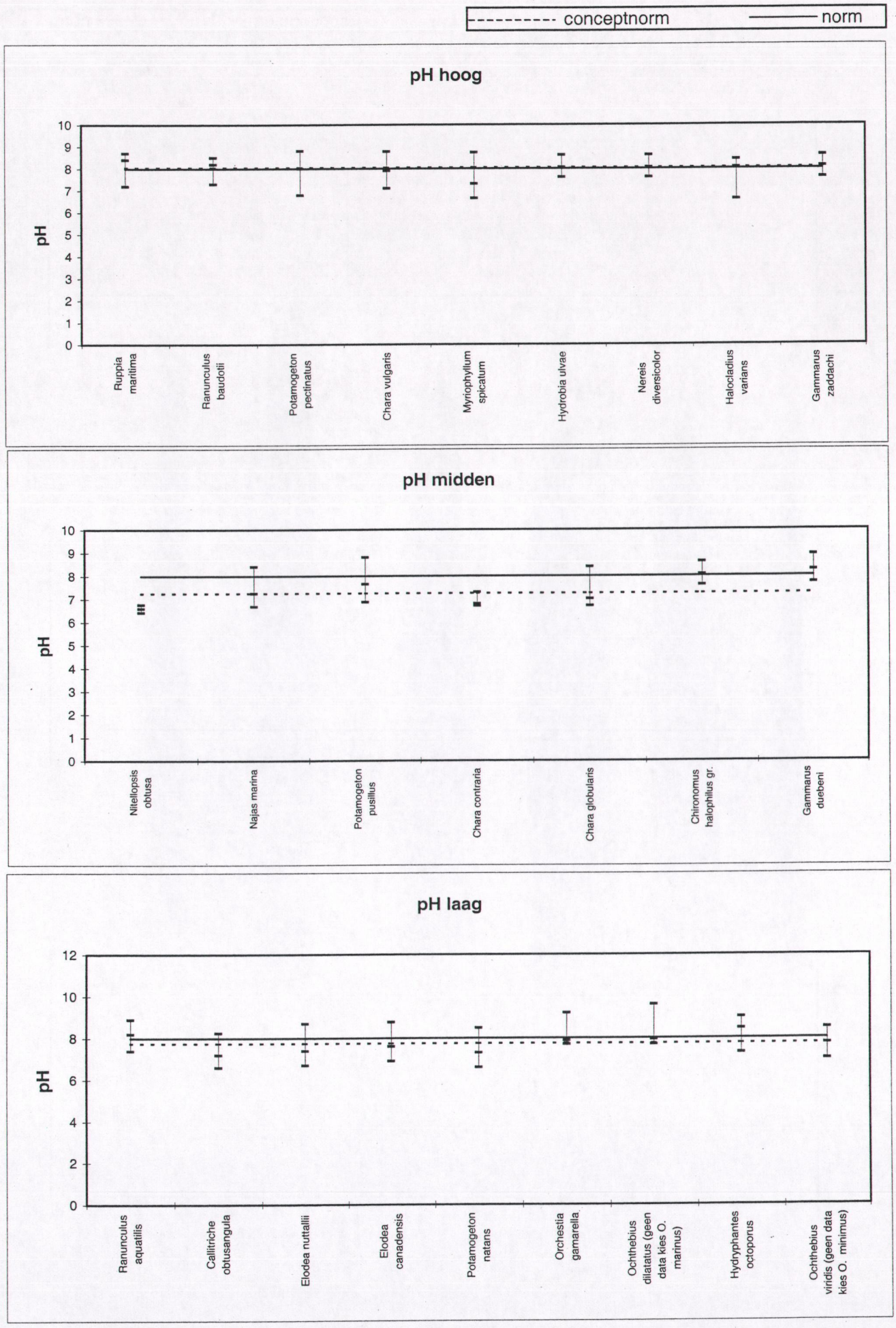
Bijlage III. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter Mg voor het subwatertype duinwateren met zeeinvloed.



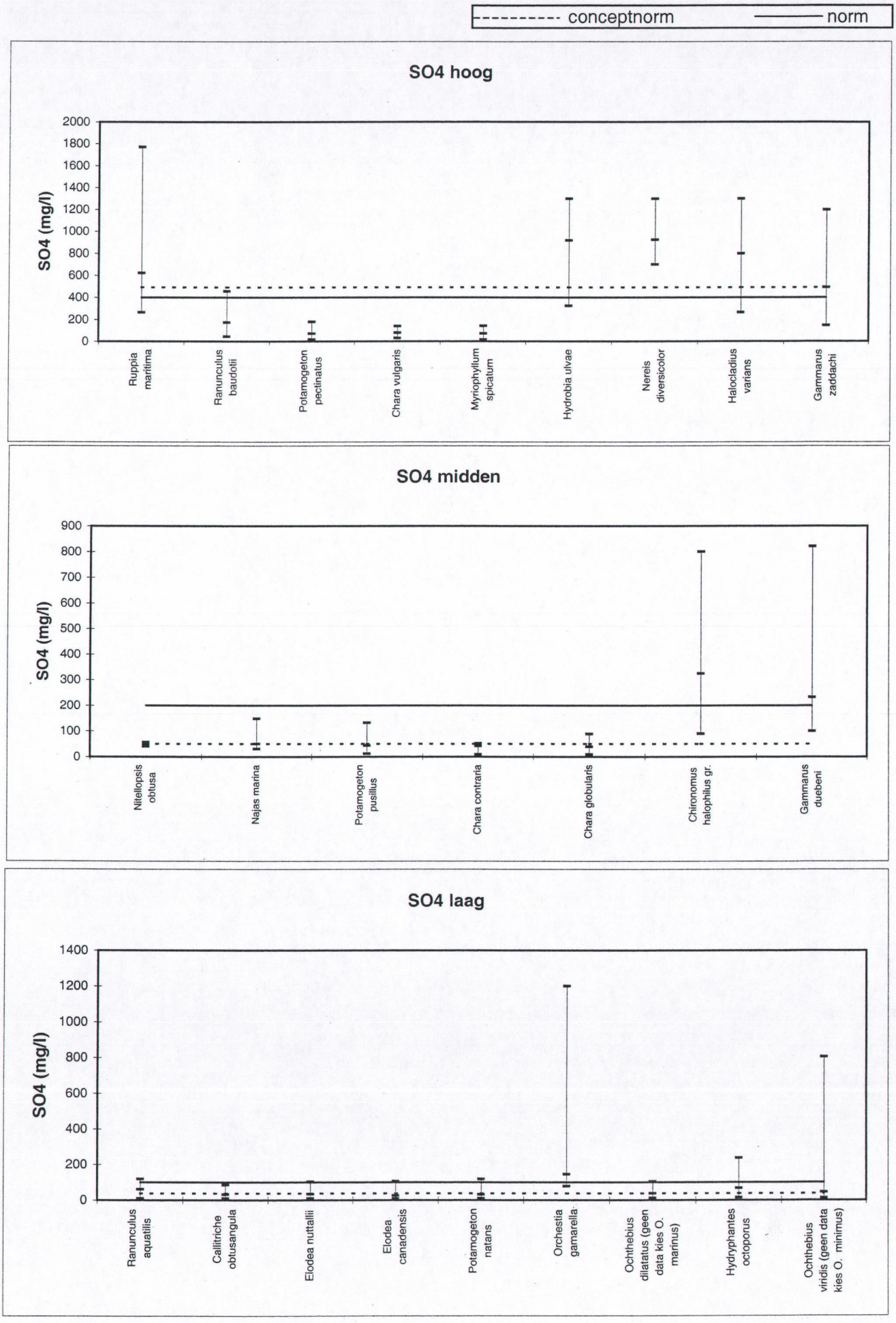
Bijlage III. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter Na voor het subwatertype duinwateren met zeeinvloed.



Bijlage III. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter pH voor het subwatertype duinwateren met zeeinvloed.

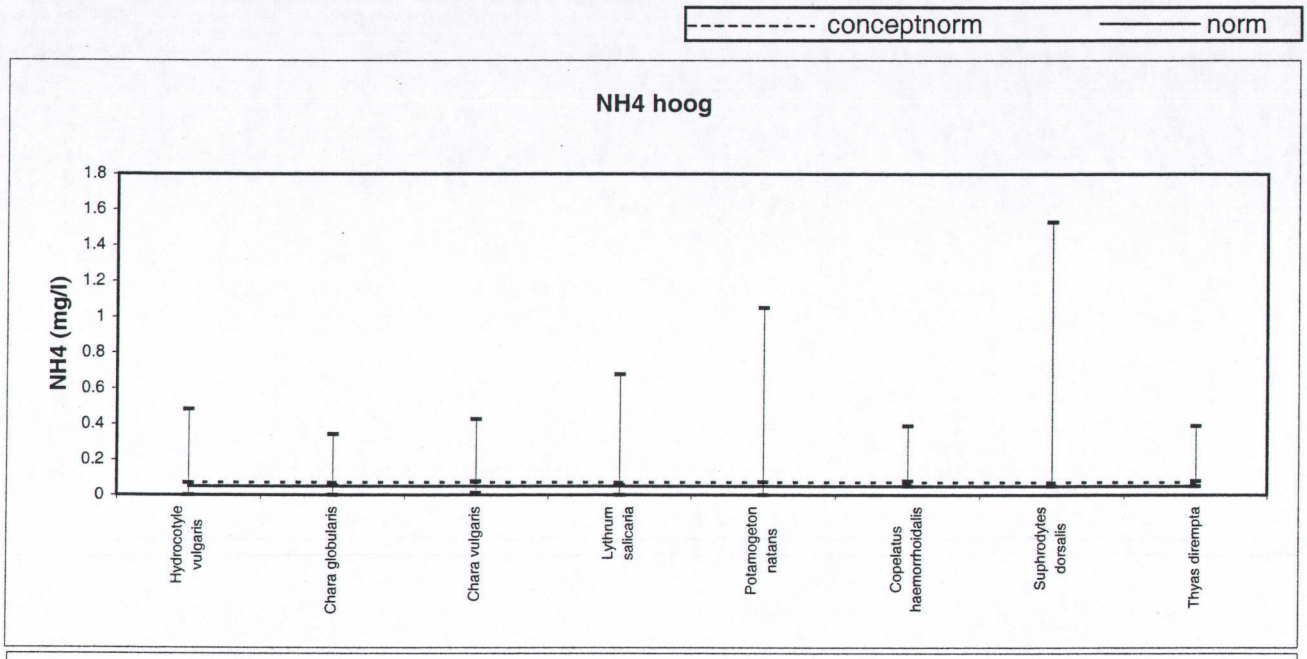


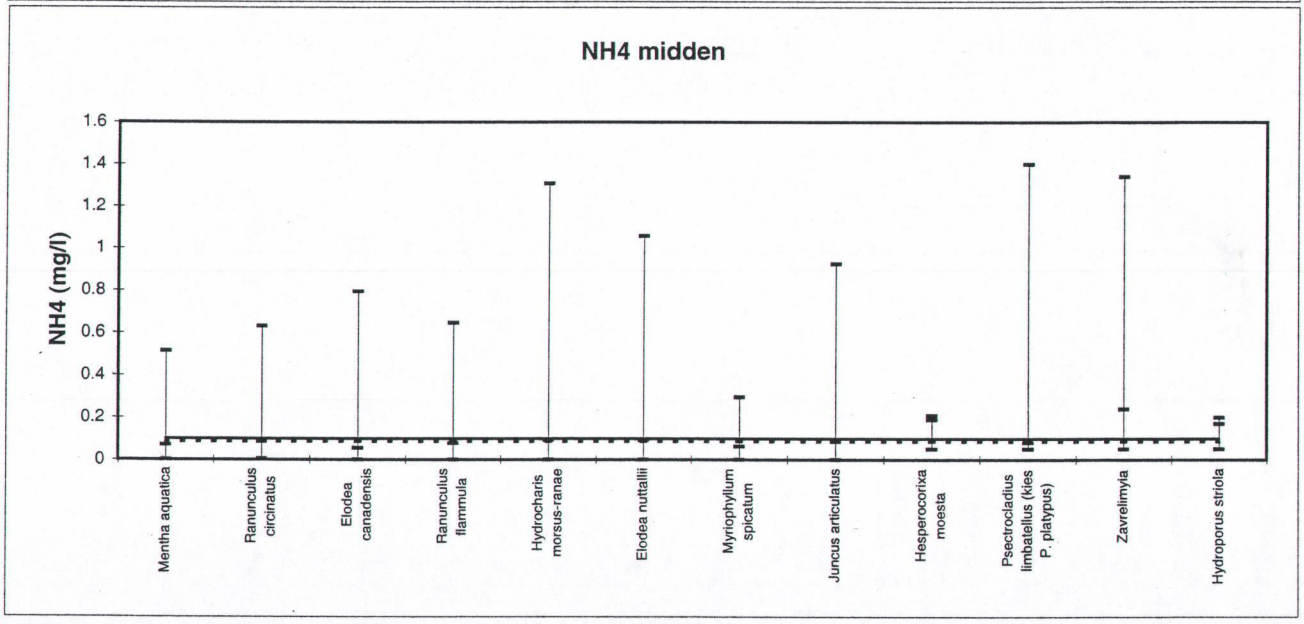
Bijlage III. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter SO4 voor het subwatertype duinwateren met zeeinvloed.

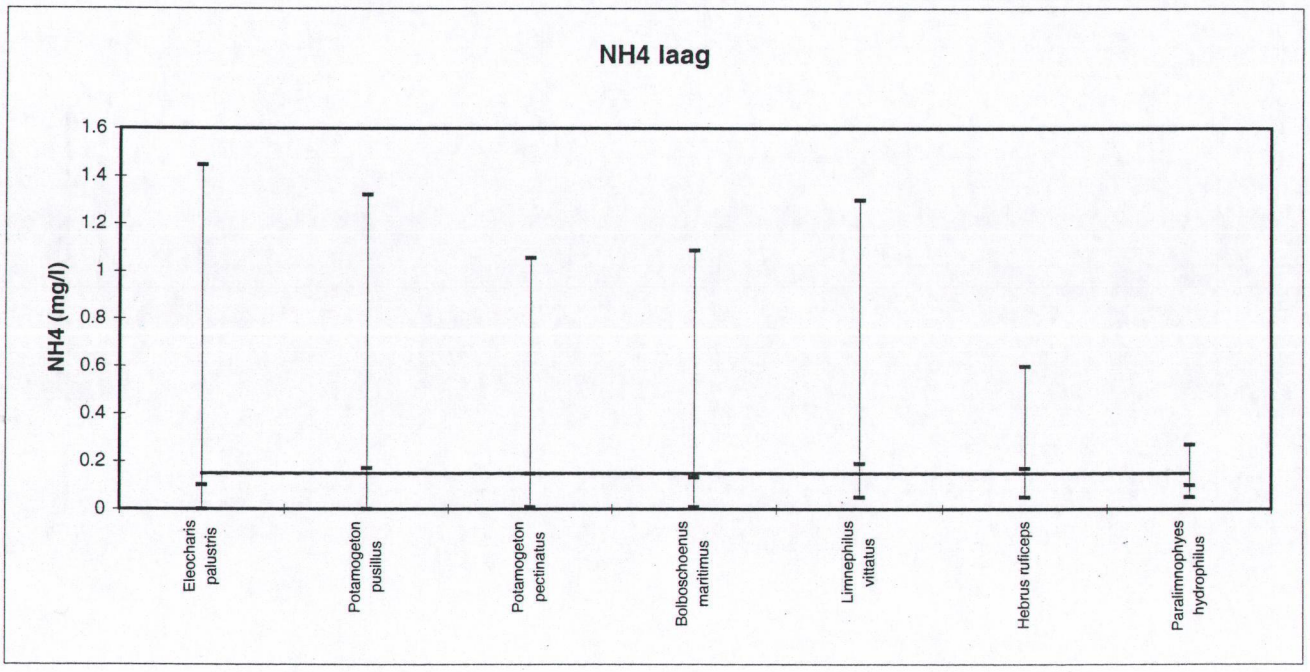


BIJLAGE IV Hoog-laaggrafieken van de geïsoleerde duinwateren met peilfluctuatie

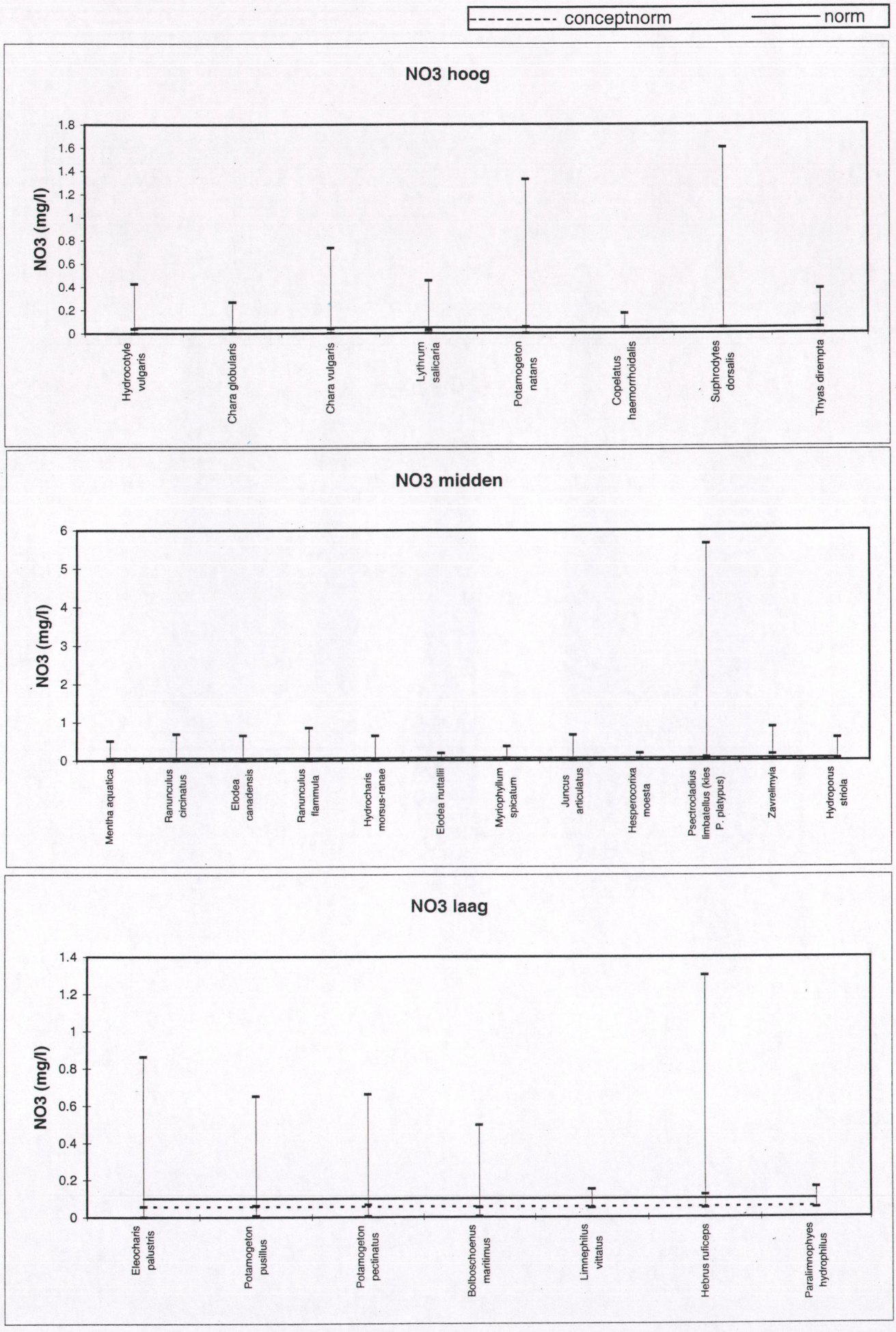
Bijlage IV. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter NH4-N voor het subwatertype geïsoleerde duinwateren.



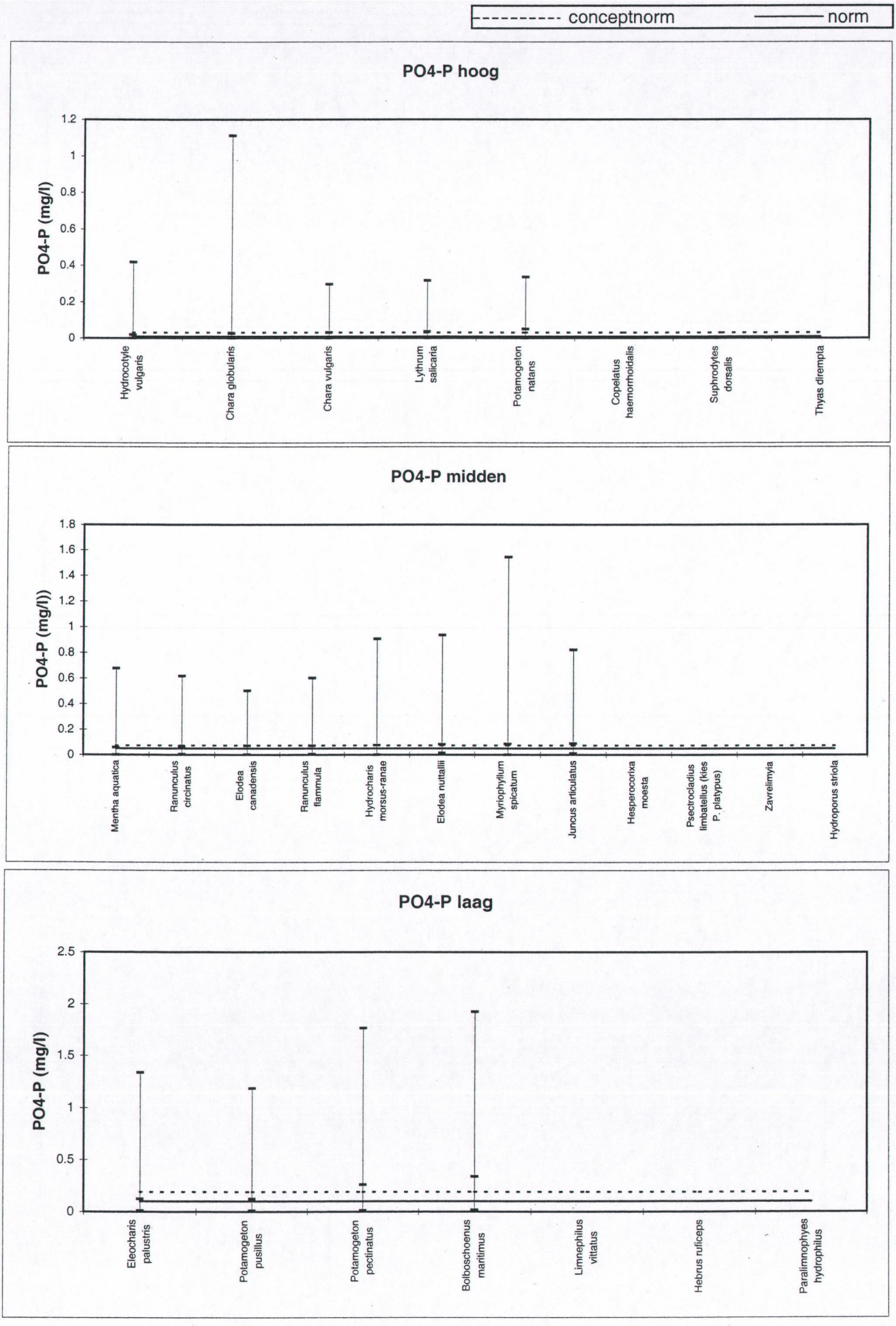




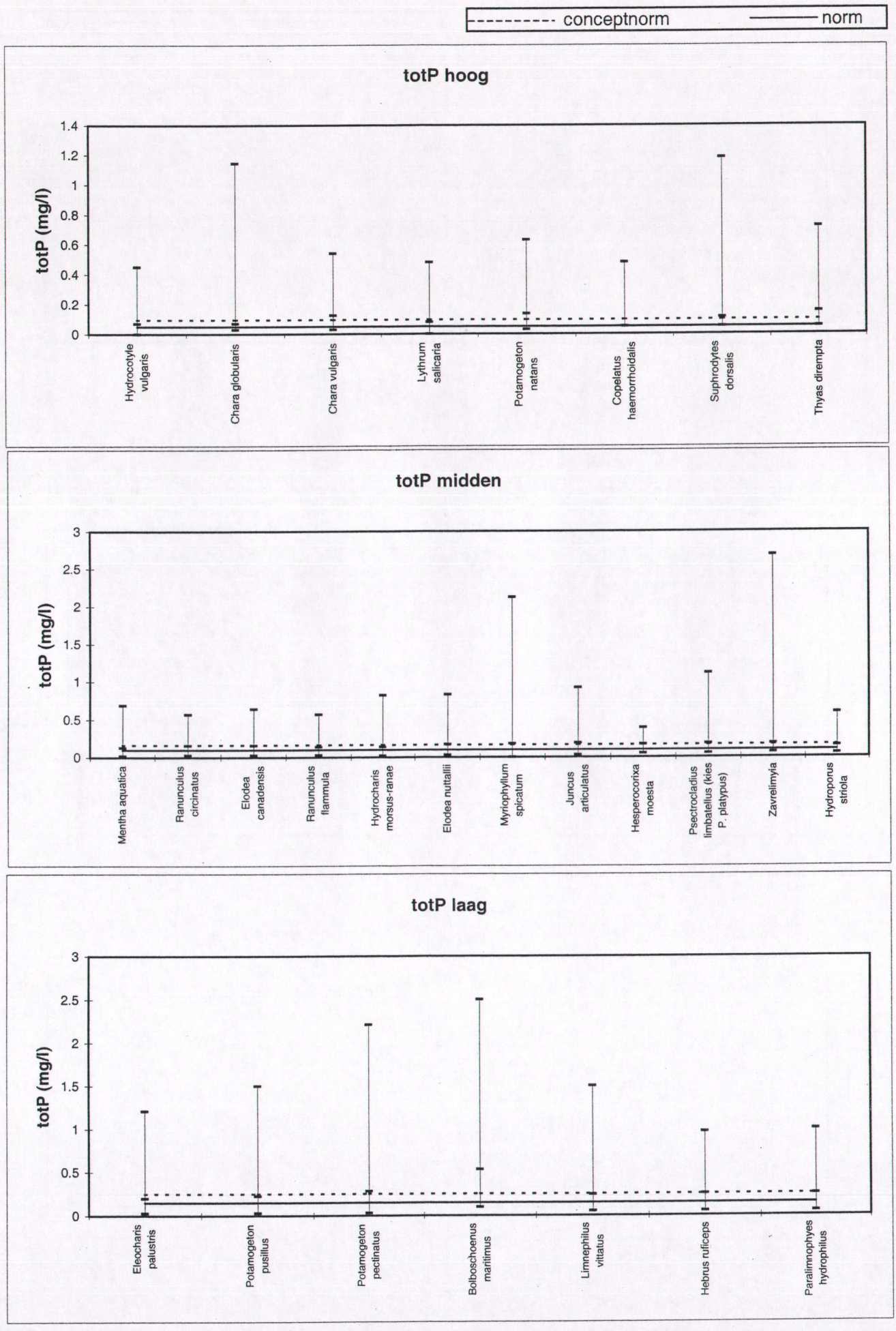
Bijlage IV. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter NO3-N voor het subwatertype geïsoleerde duinwateren.



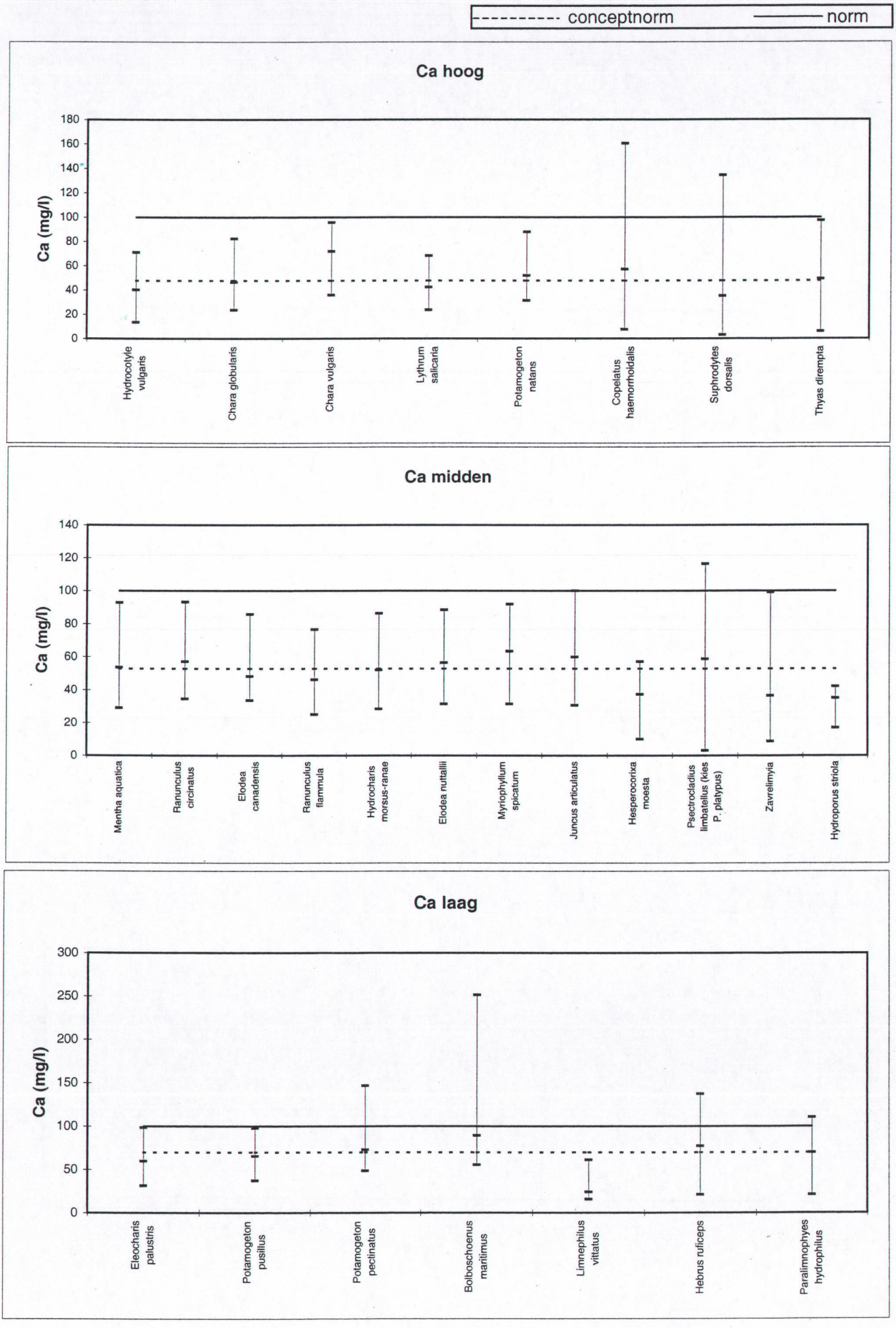
Bijlage IV. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter PO4-P voor het subwatertype geïsoleerde duinwateren.



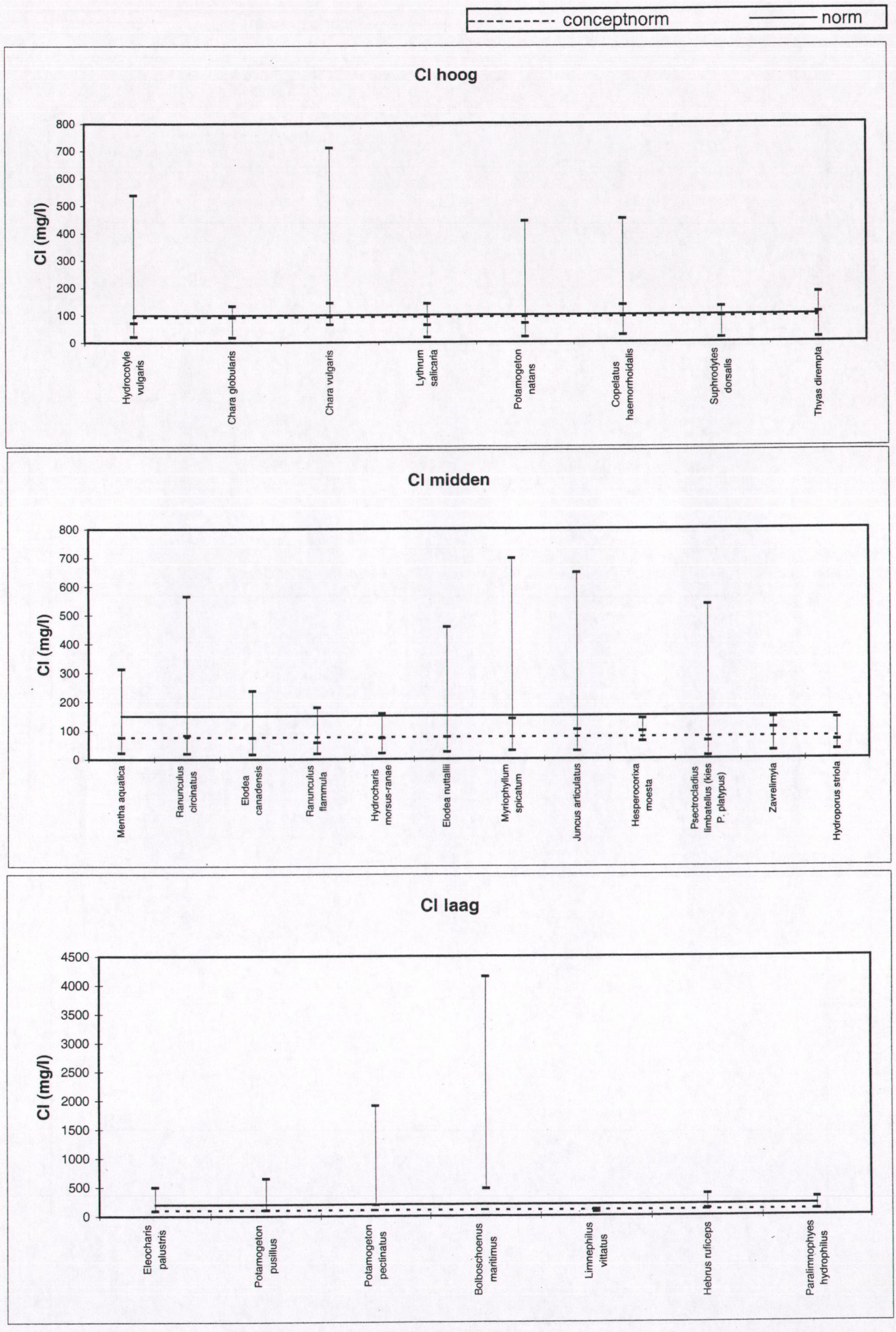
Bijlage IV. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter tP voor het subwatertype geïsoleerde duinwateren.



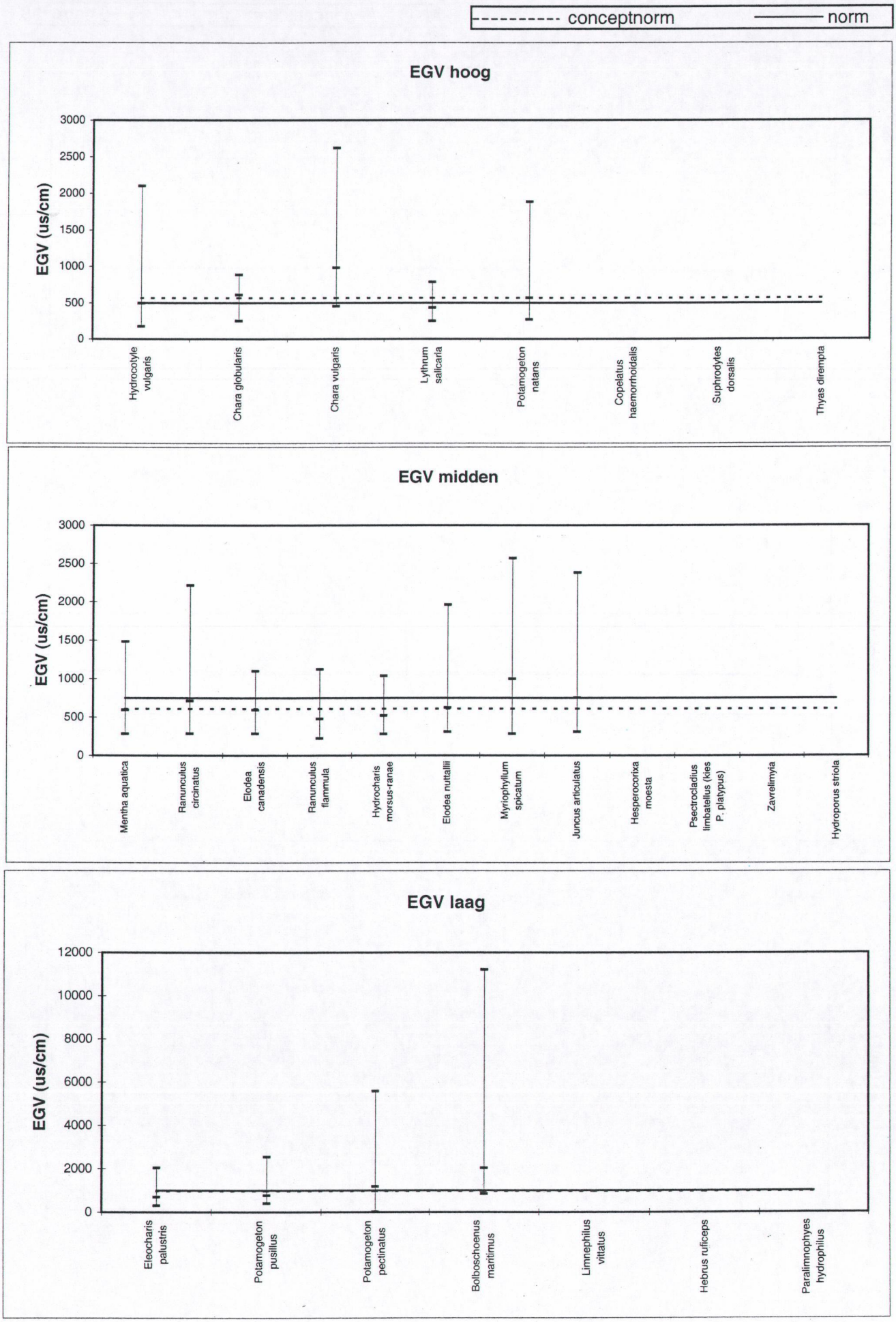
Bijlage IV. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter Ca voor het subwatertype geïsoleerde duinwateren.



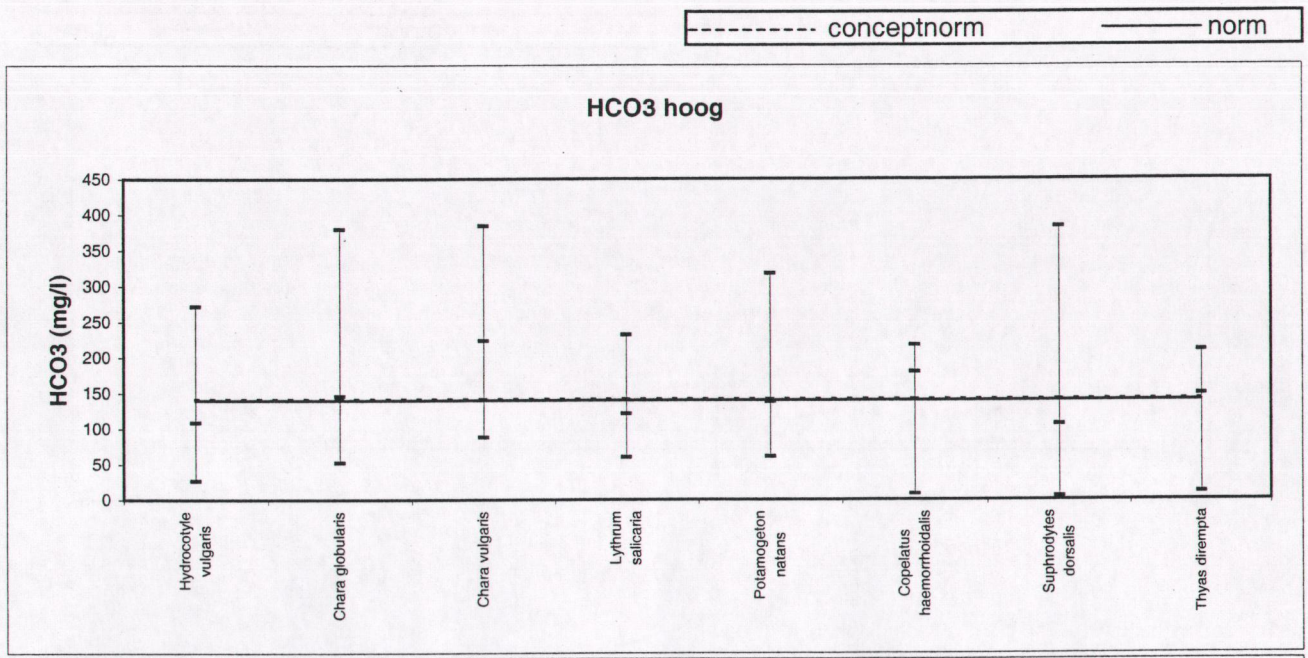
Bijlage IV. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter Cl voor het subwatertype geïsoleerde duinwateren.

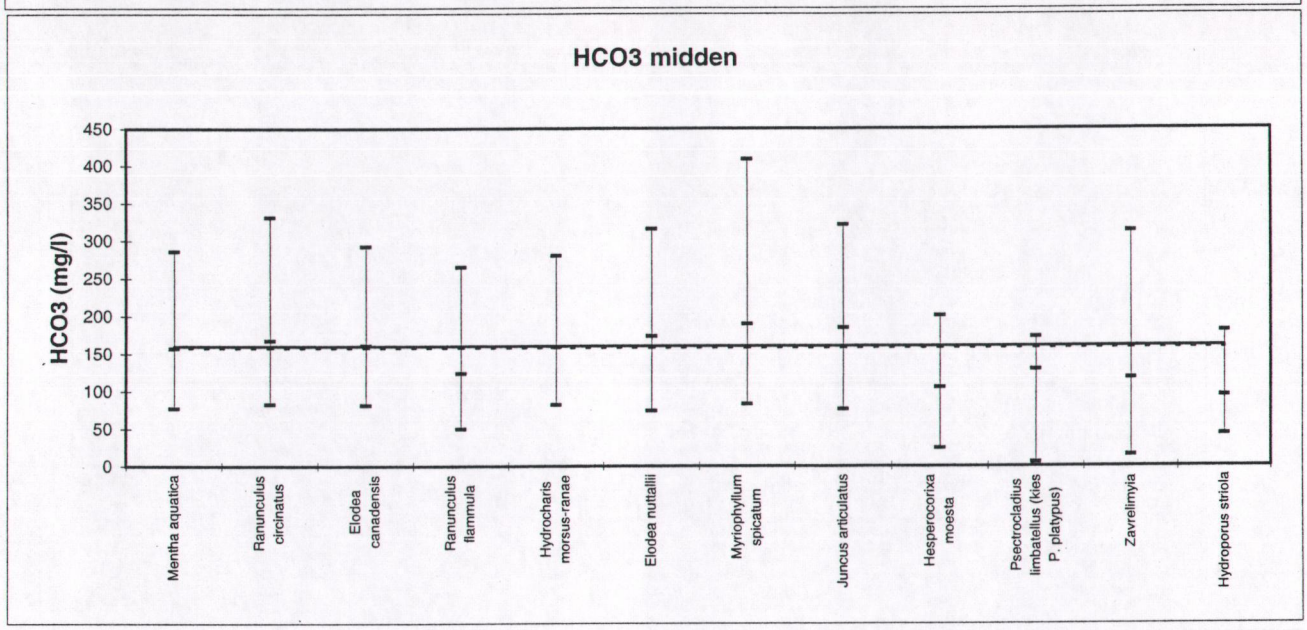


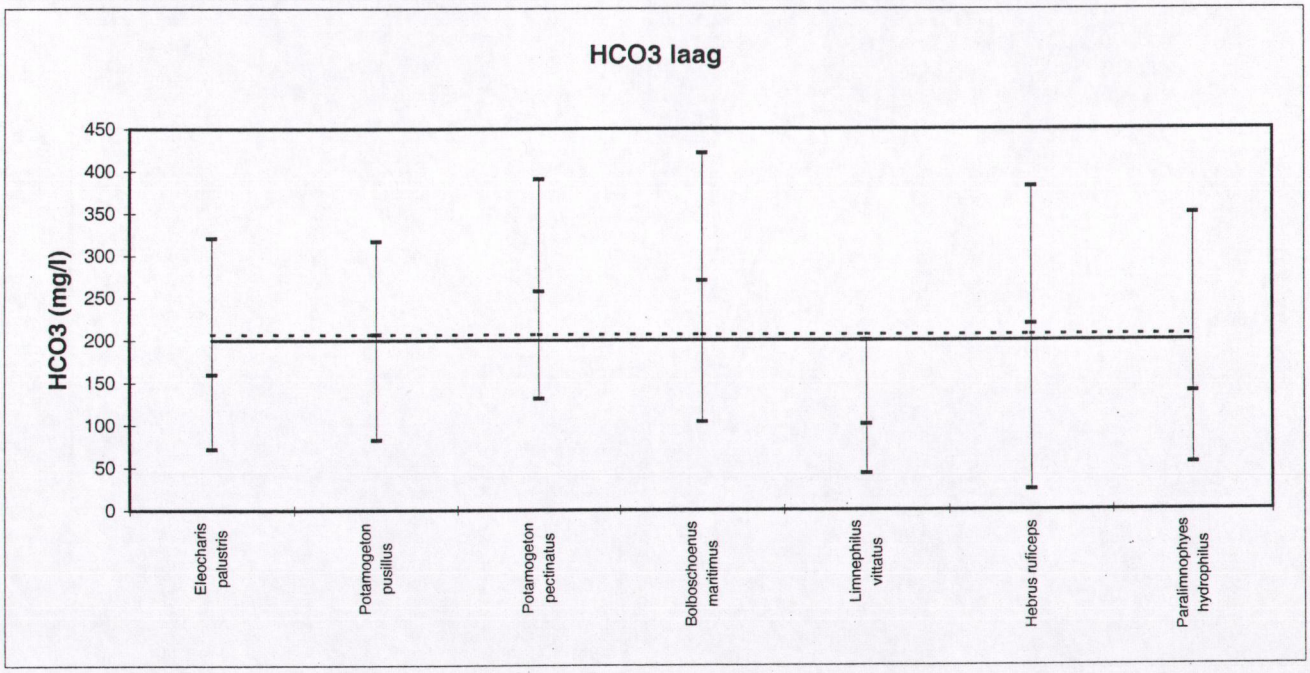
Bijlage IV. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter EGV voor het subwatertype geïsoleerde duinwateren.



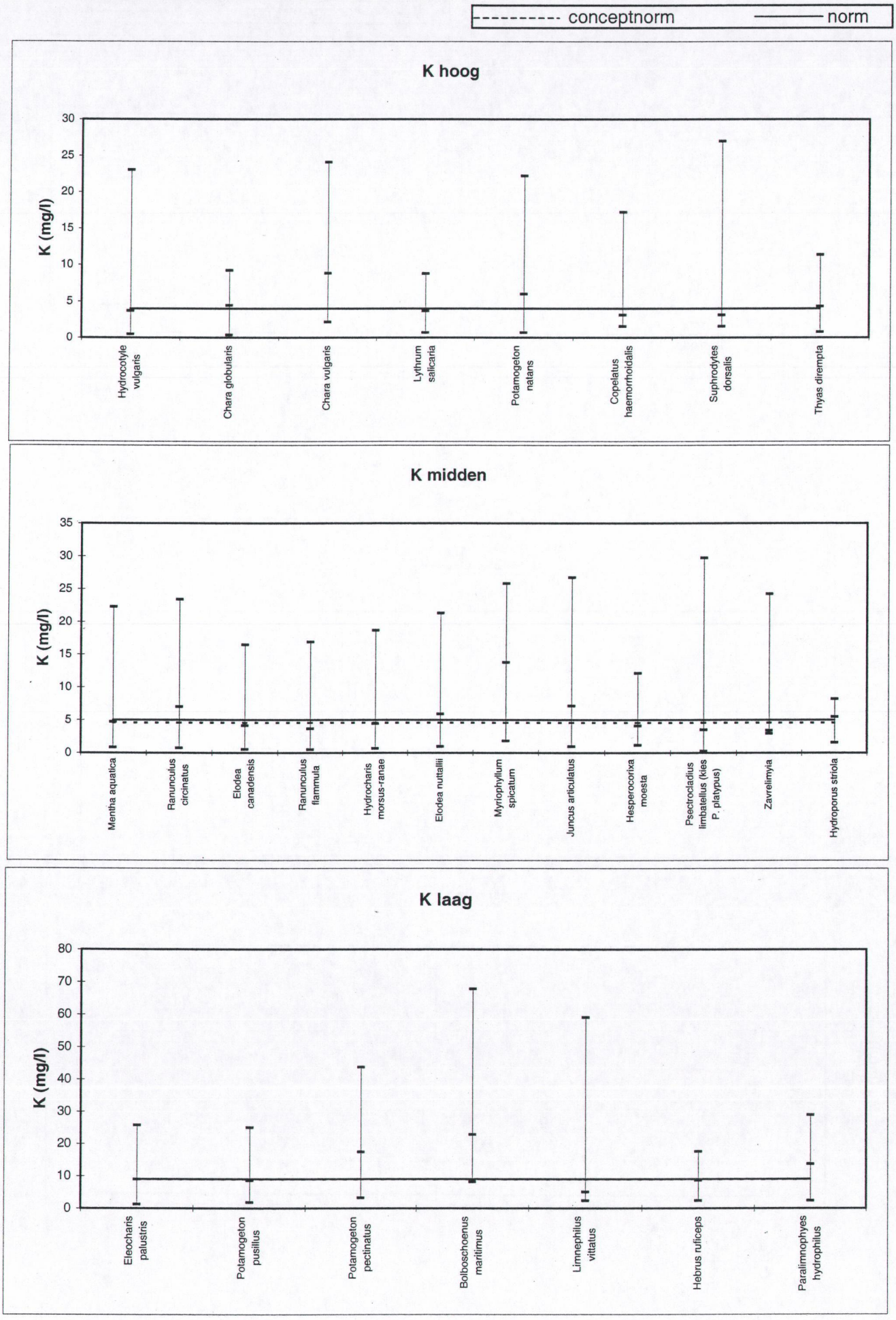
Bijlage IV. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter HCO3 voor het subwatertype geïsoleerde duinwateren.



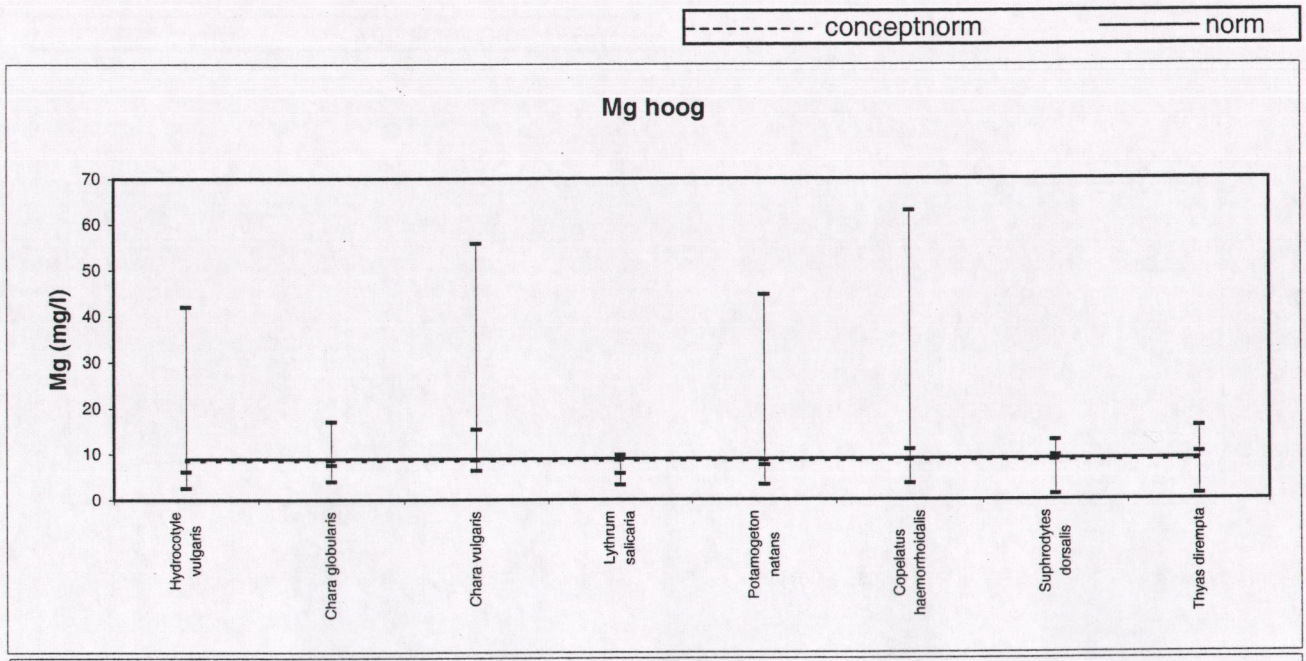


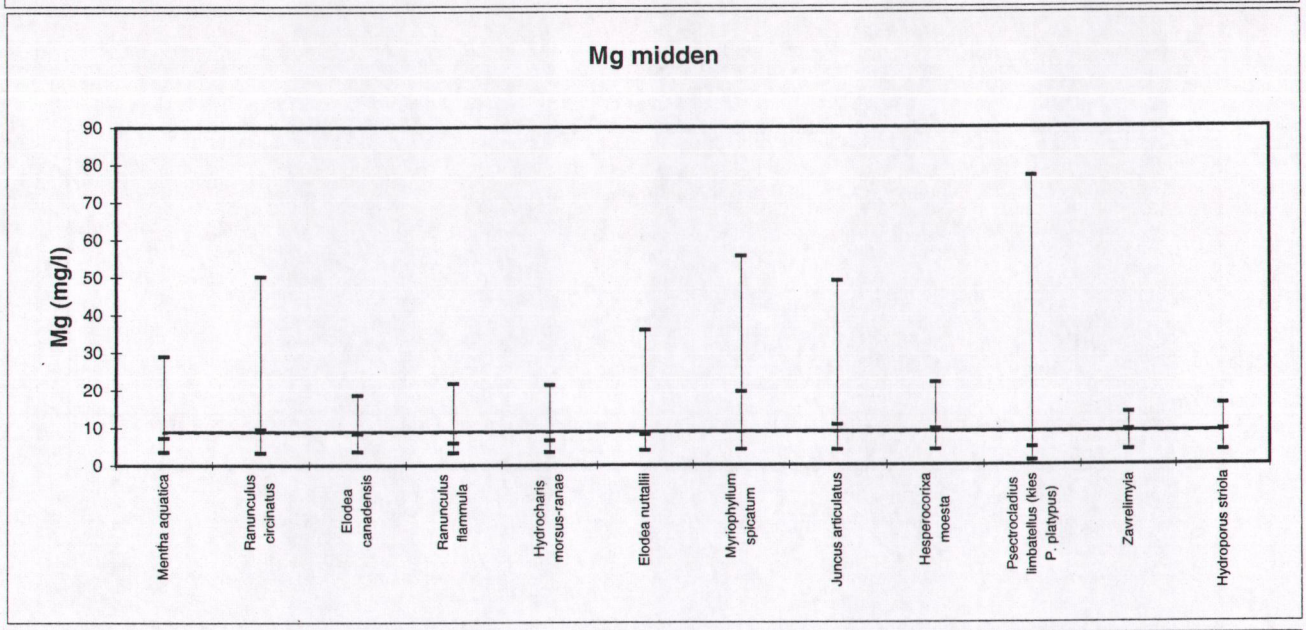


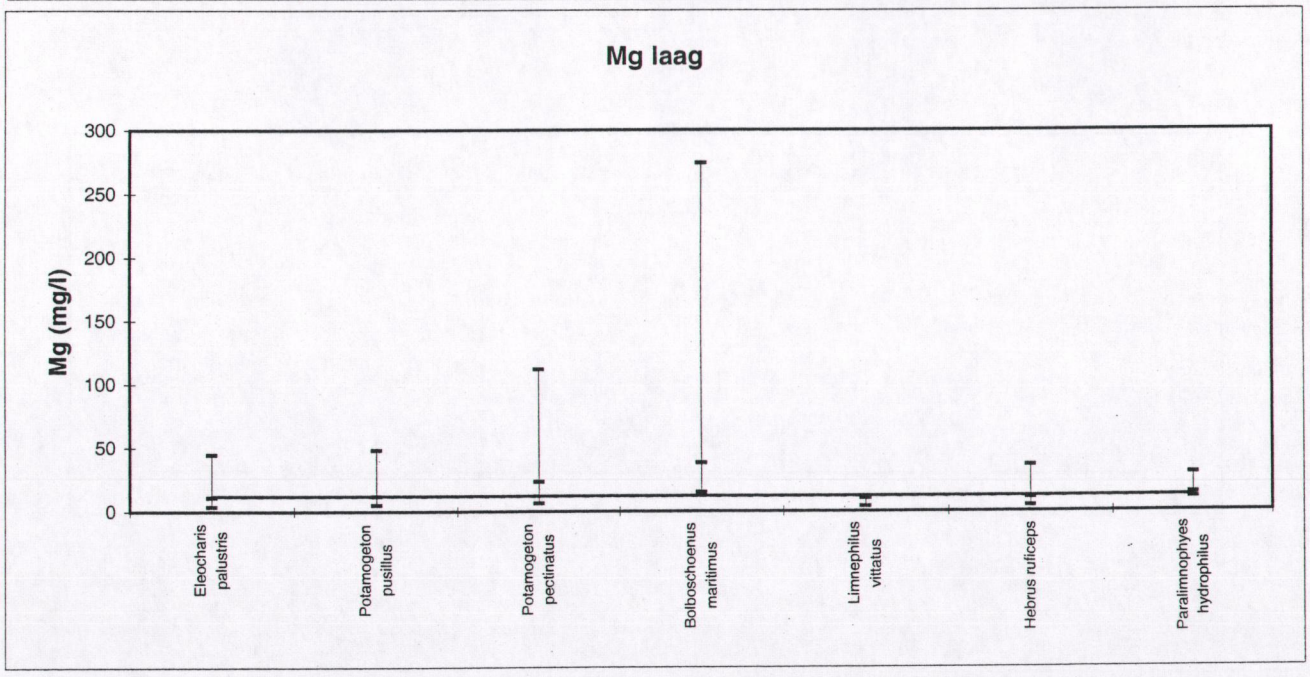
Bijlage IV. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter K voor het subwatertype geïsoleerde duinwateren.



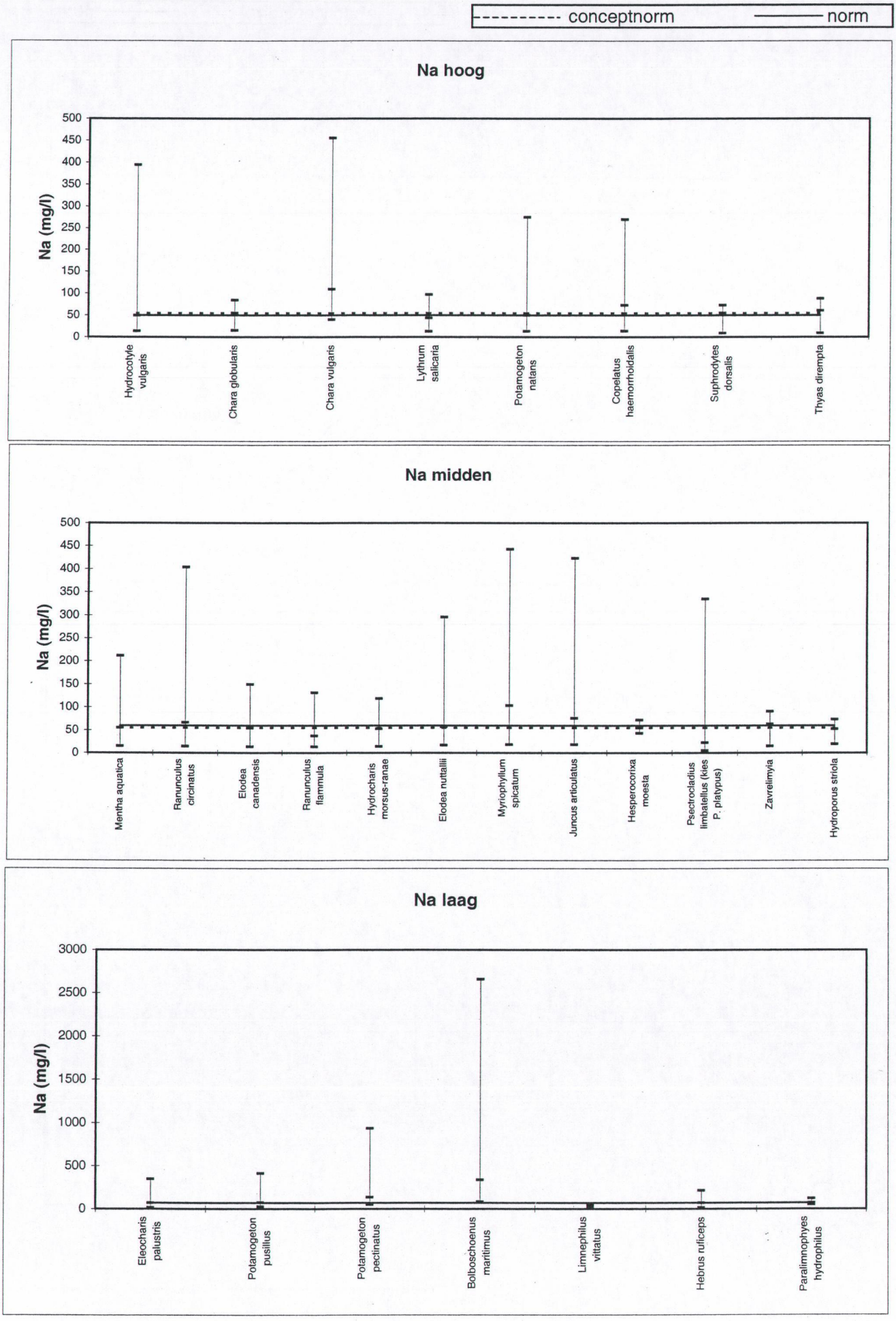
Bijlage IV. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter Mg voor het subwatertype geïsoleerde duinwateren.



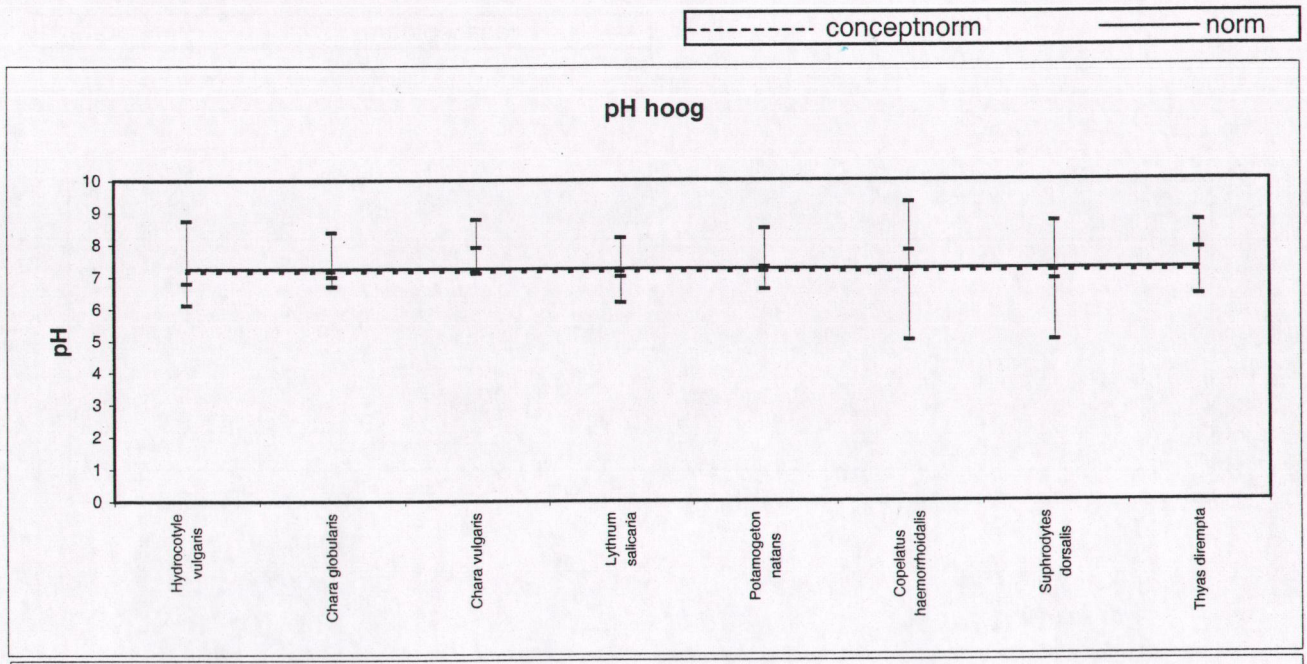


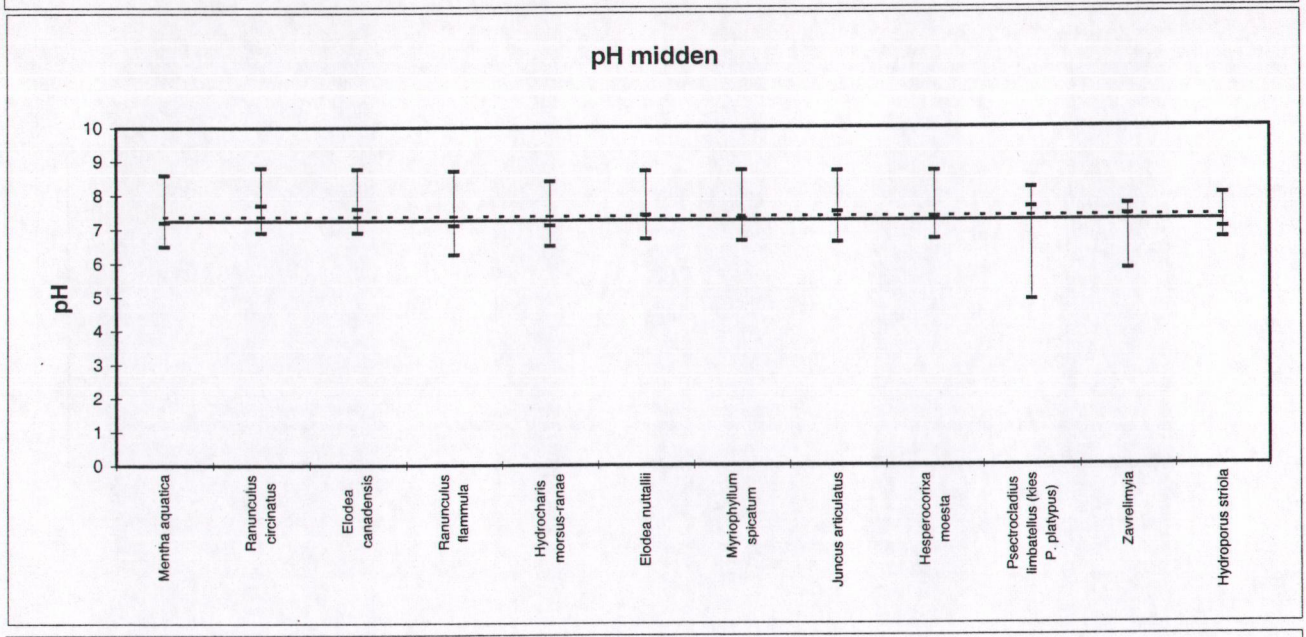


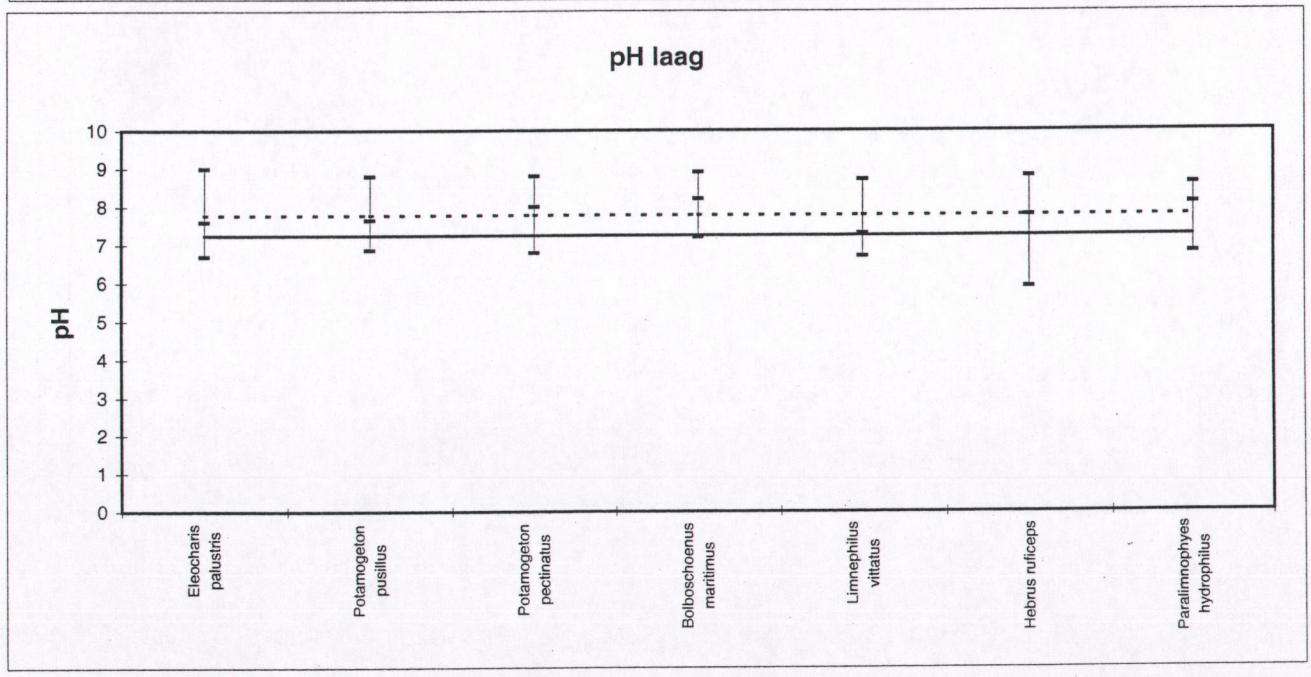
Bijlage IV. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter Na voor het subwatertype geïsoleerde duinwateren.



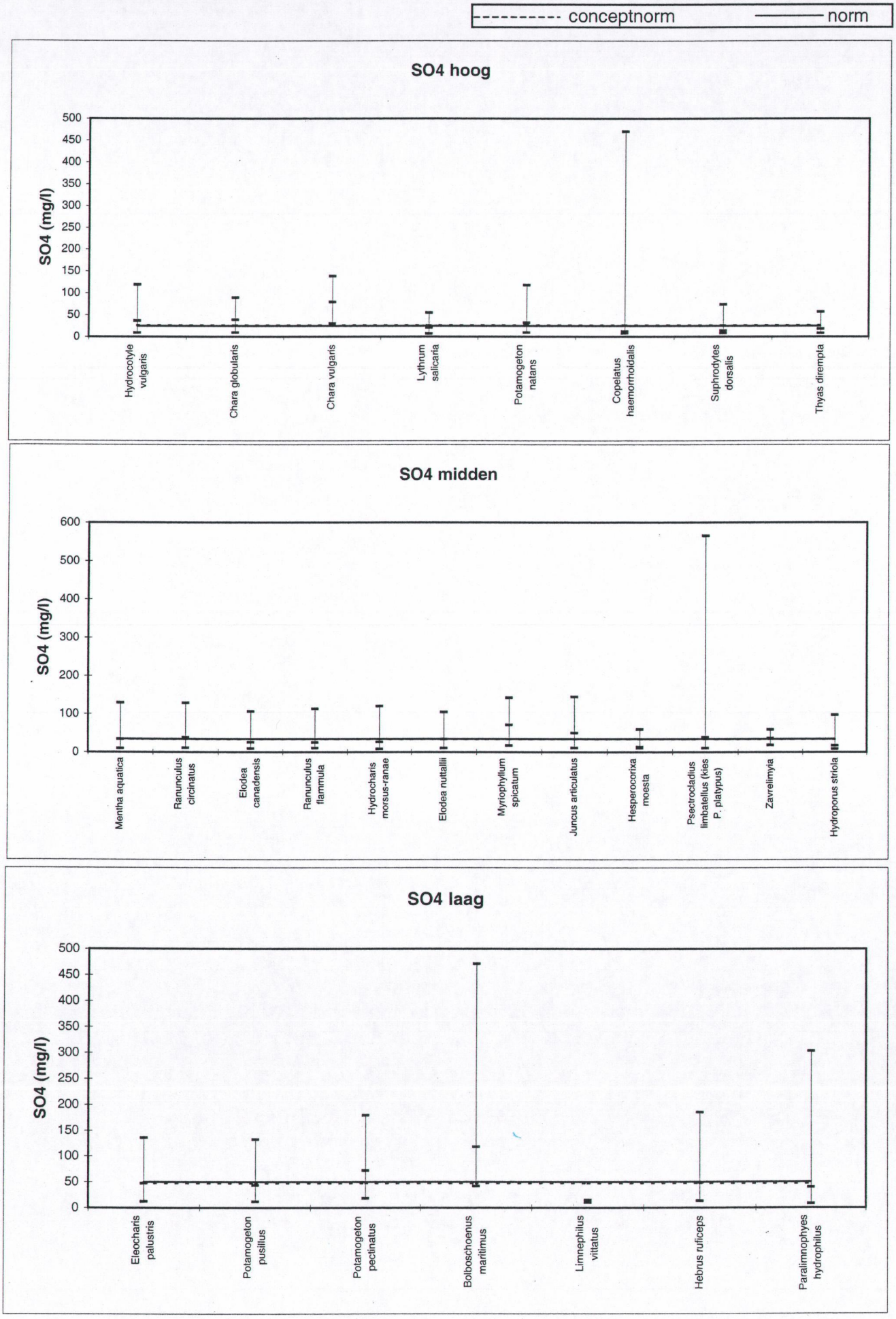
Bijlage IV. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter pH voor het subwatertype geïsoleerde duinwateren.





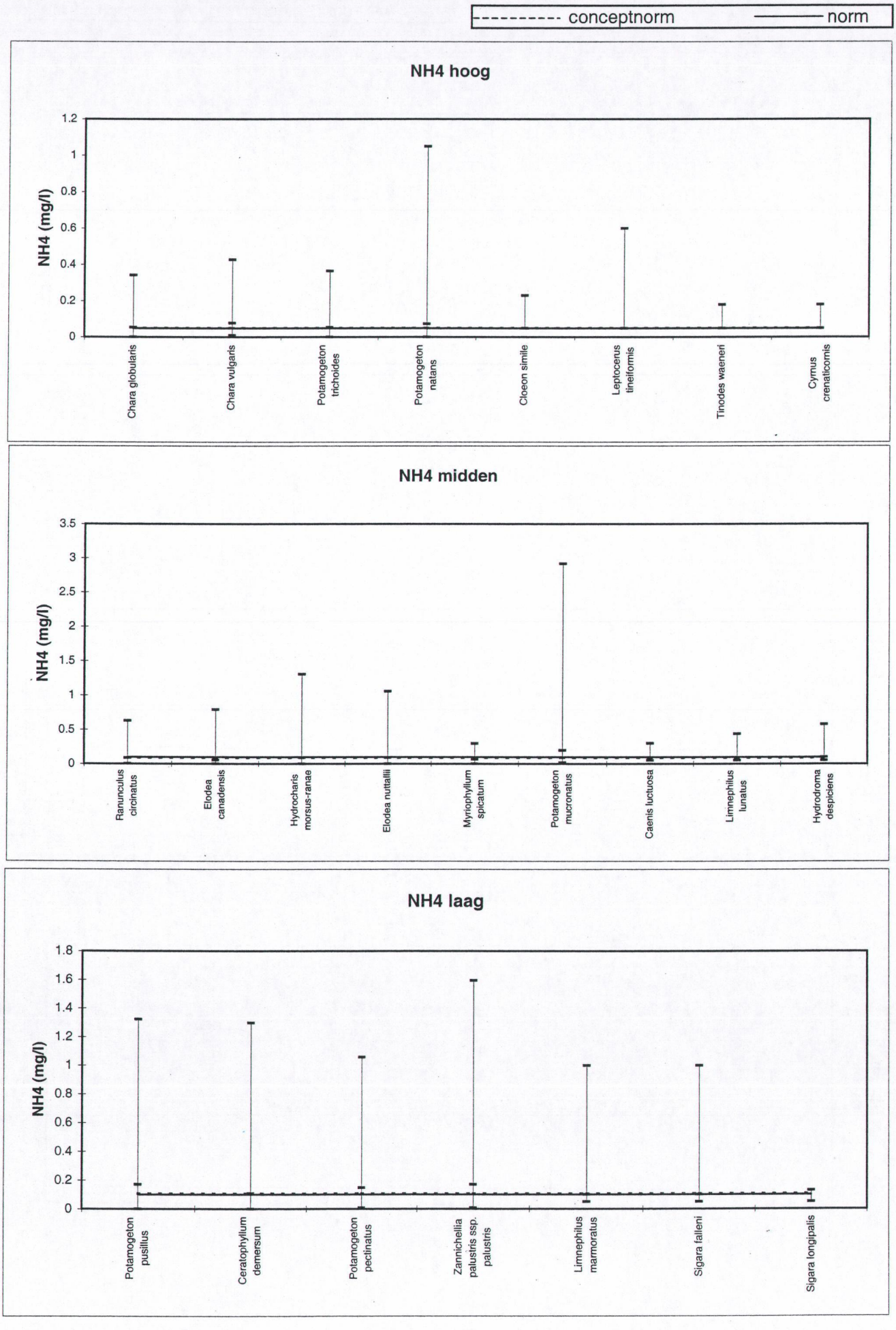


Bijlage IV. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter SO4 voor het subwatertype geïsoleerde duinwateren.

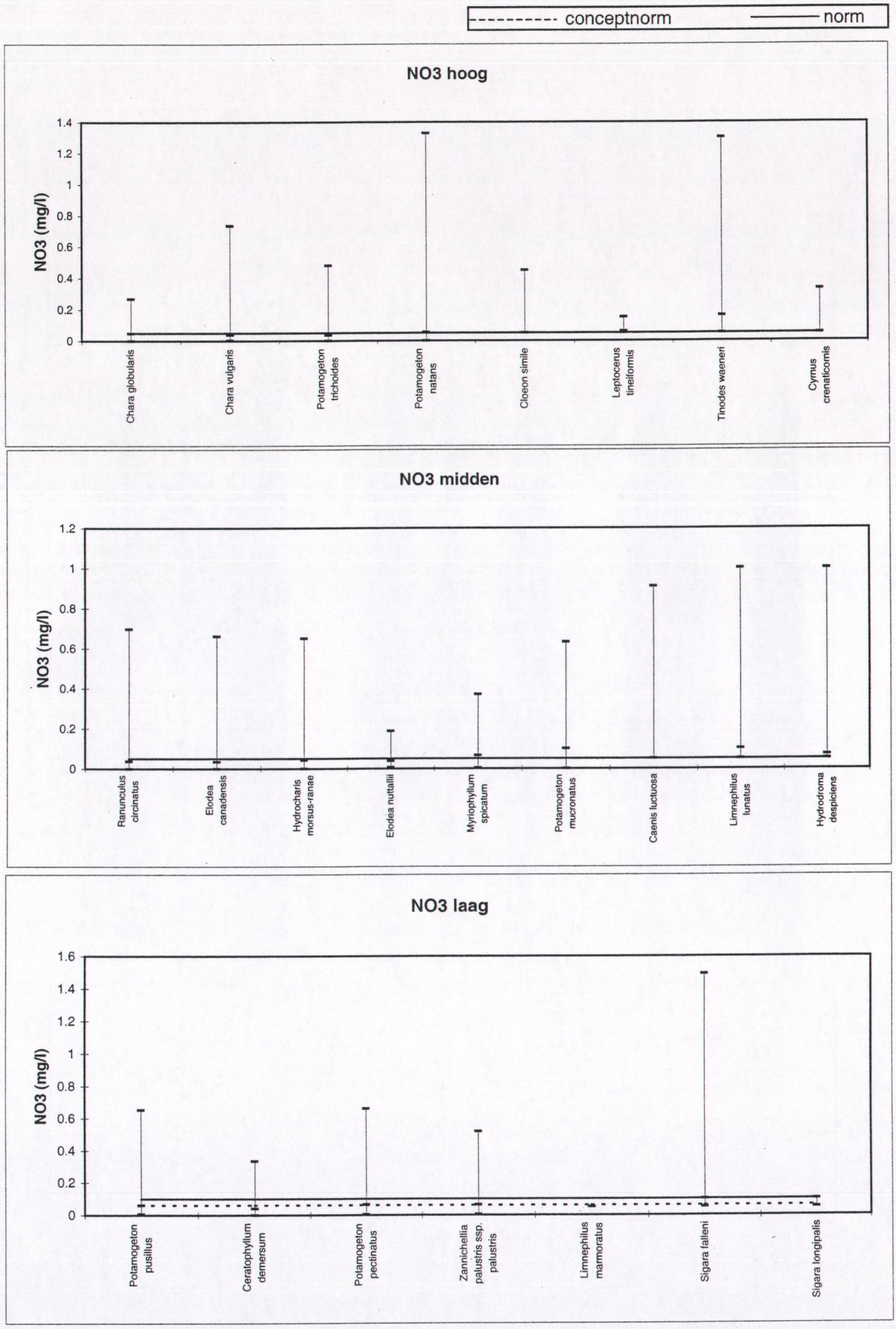


BIJLAGE V Hoog-laaggrafieken van de overige duinwateren

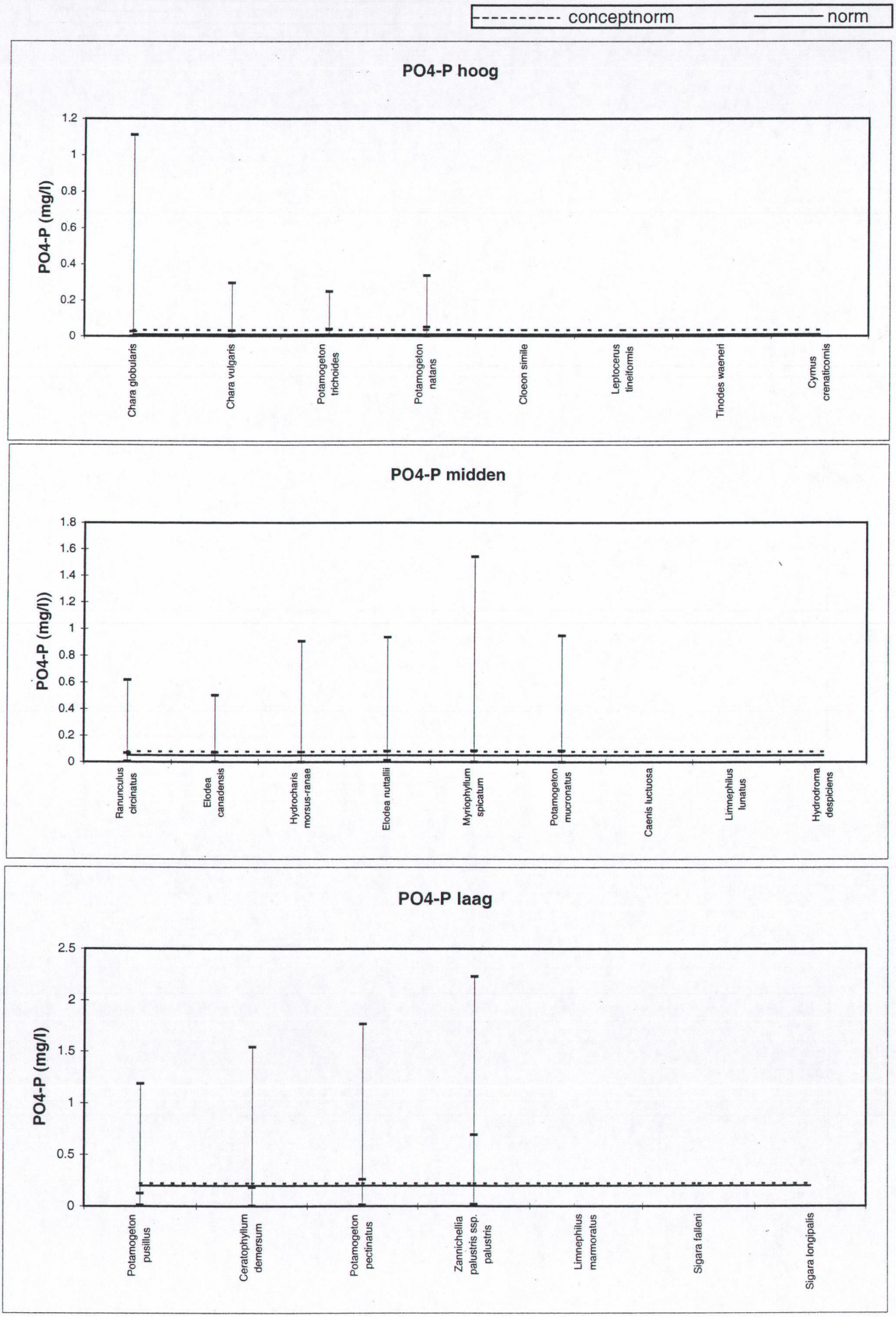
Bijlage V. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter NH4-N voor het subwatertype overige stagnante duinwateren.



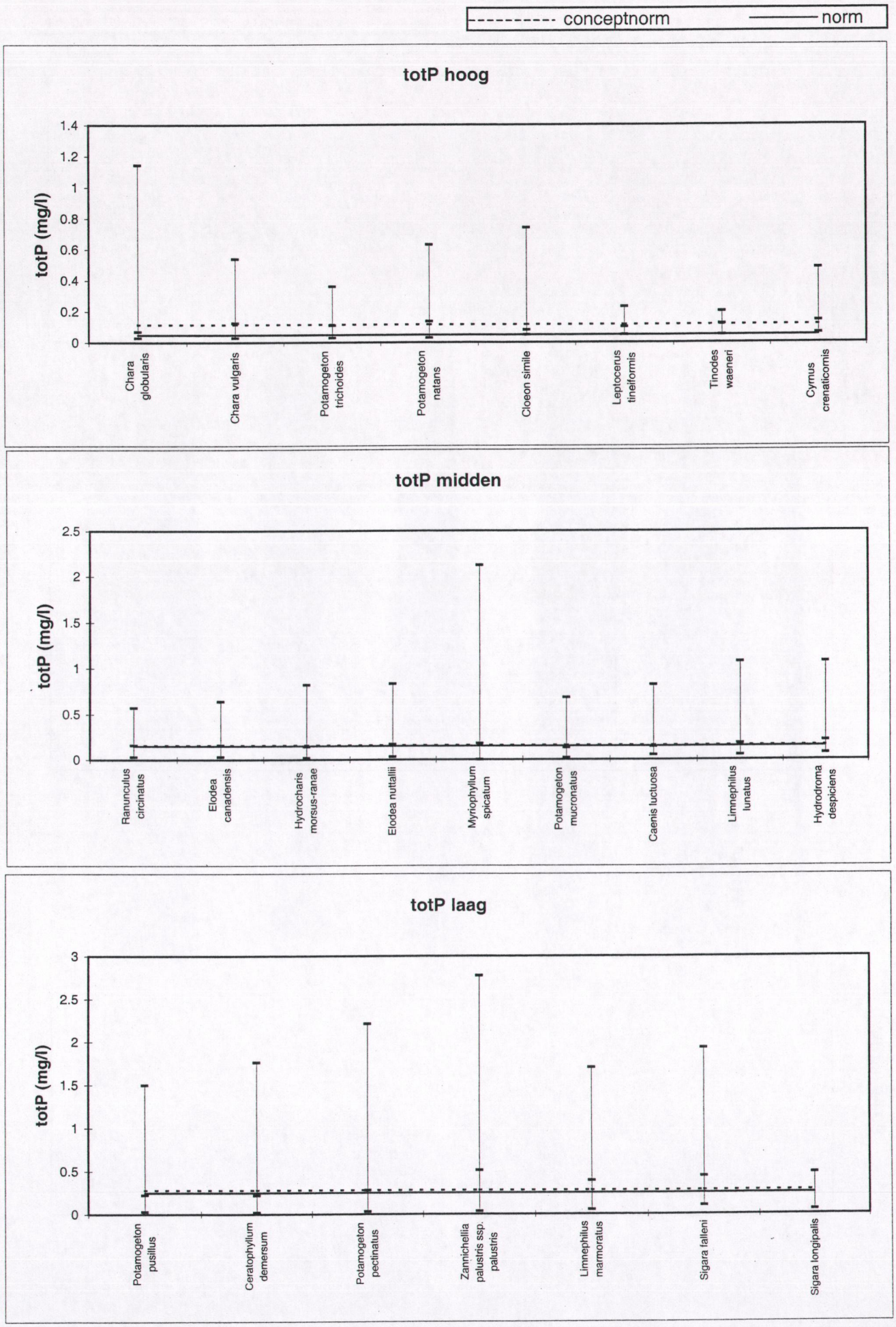
Bijlage V. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter NO3-N voor het subwatertype overige stagnante duinwateren.



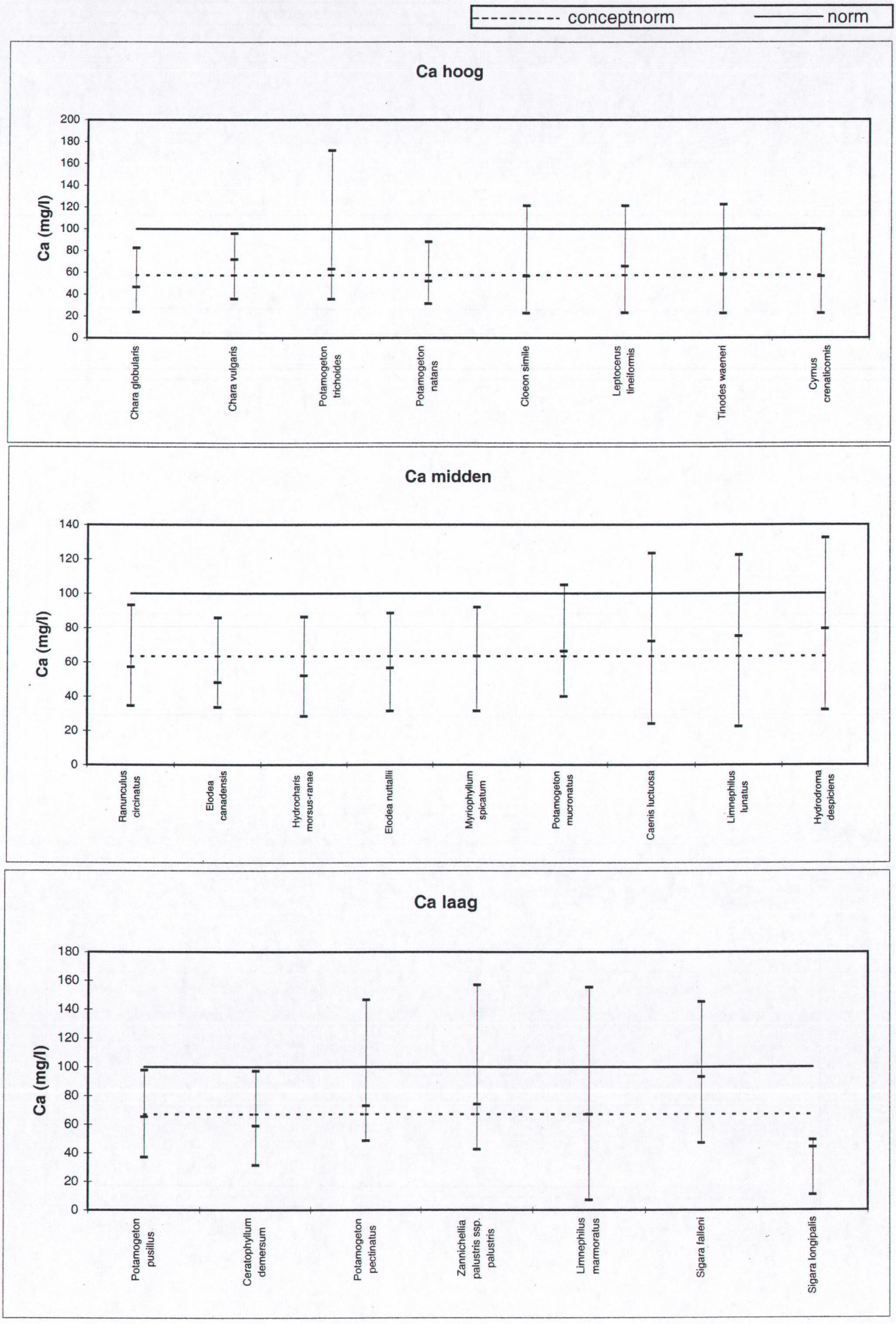
Bijlage V. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter PO4-P voor het subwatertype overige stagnante duinwateren.



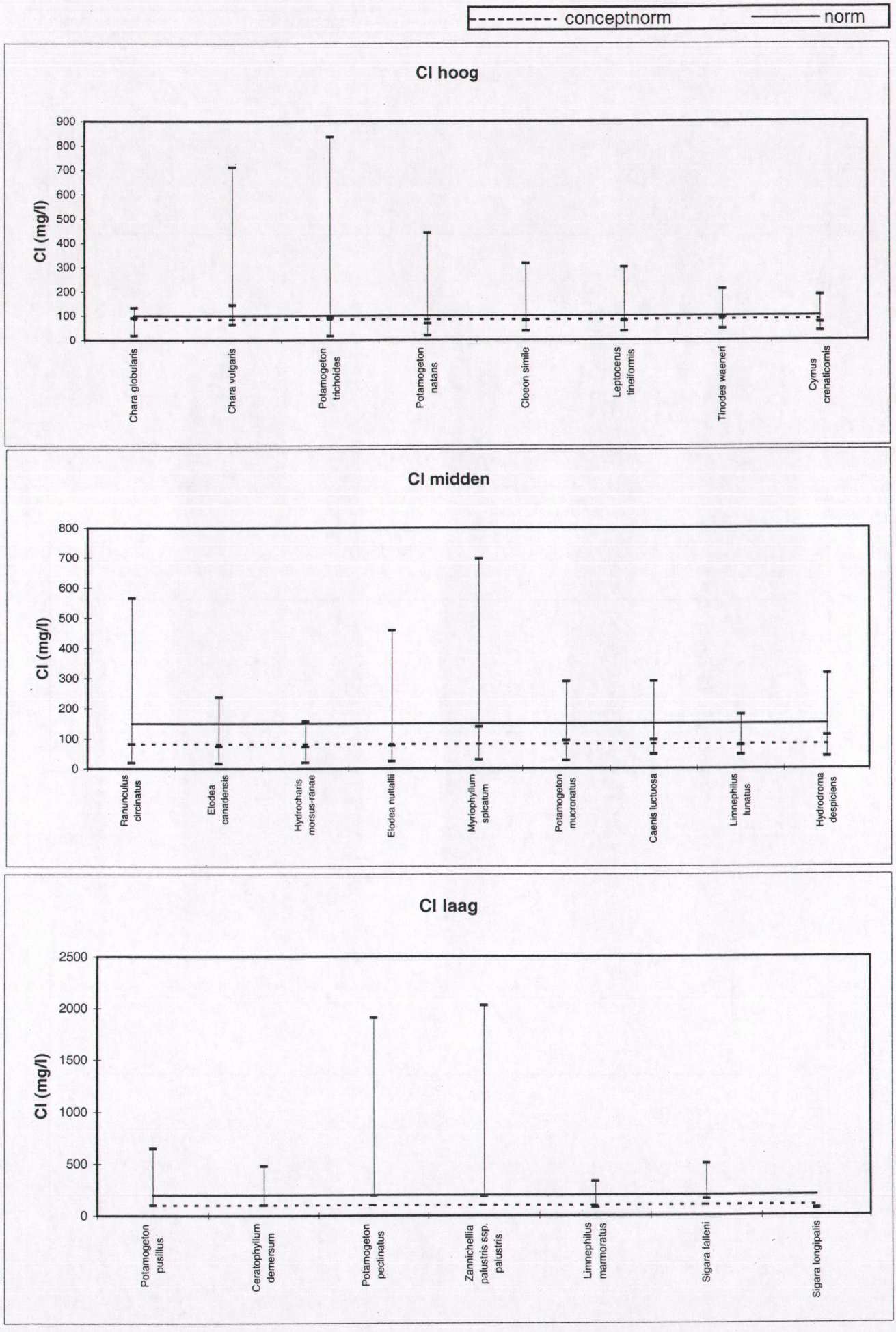
Bijlage V. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter totP voor het subwatertype overige stagnante duinwateren.



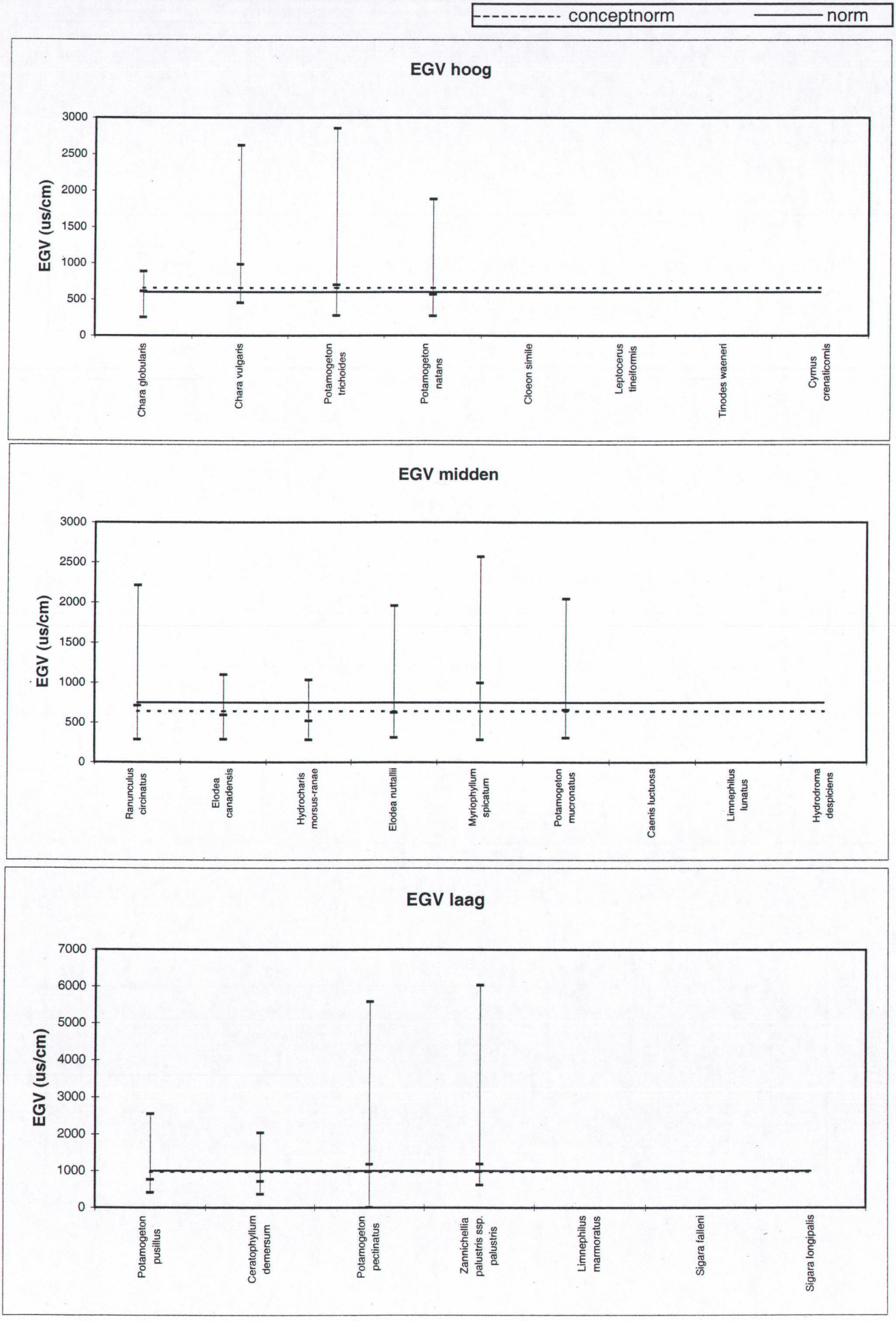
Bijlage V. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter Ca voor het subwatertype overige stagnante duinwateren.



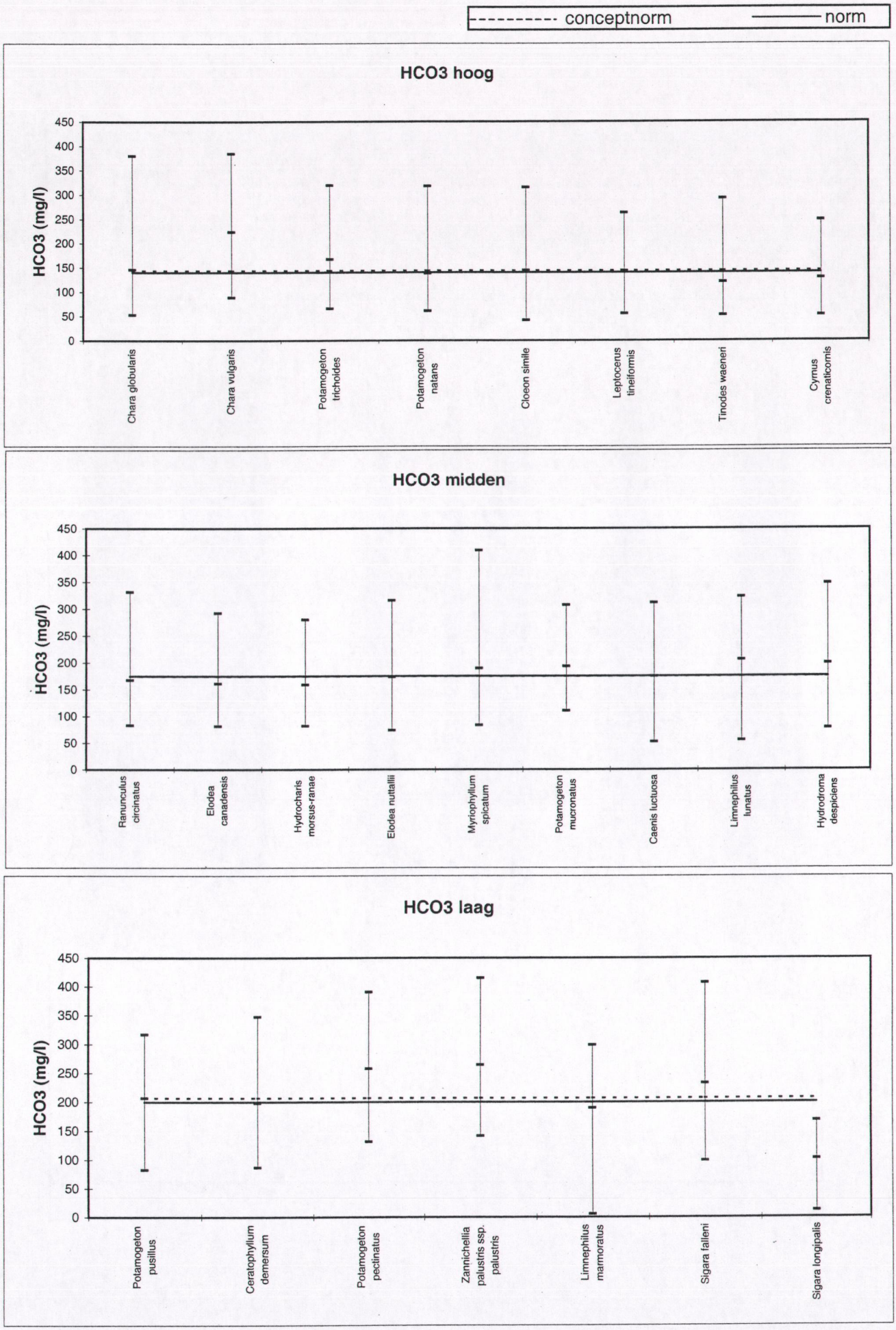
Bijlage V. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter Cl voor het subwatertype overige stagnante duinwateren.



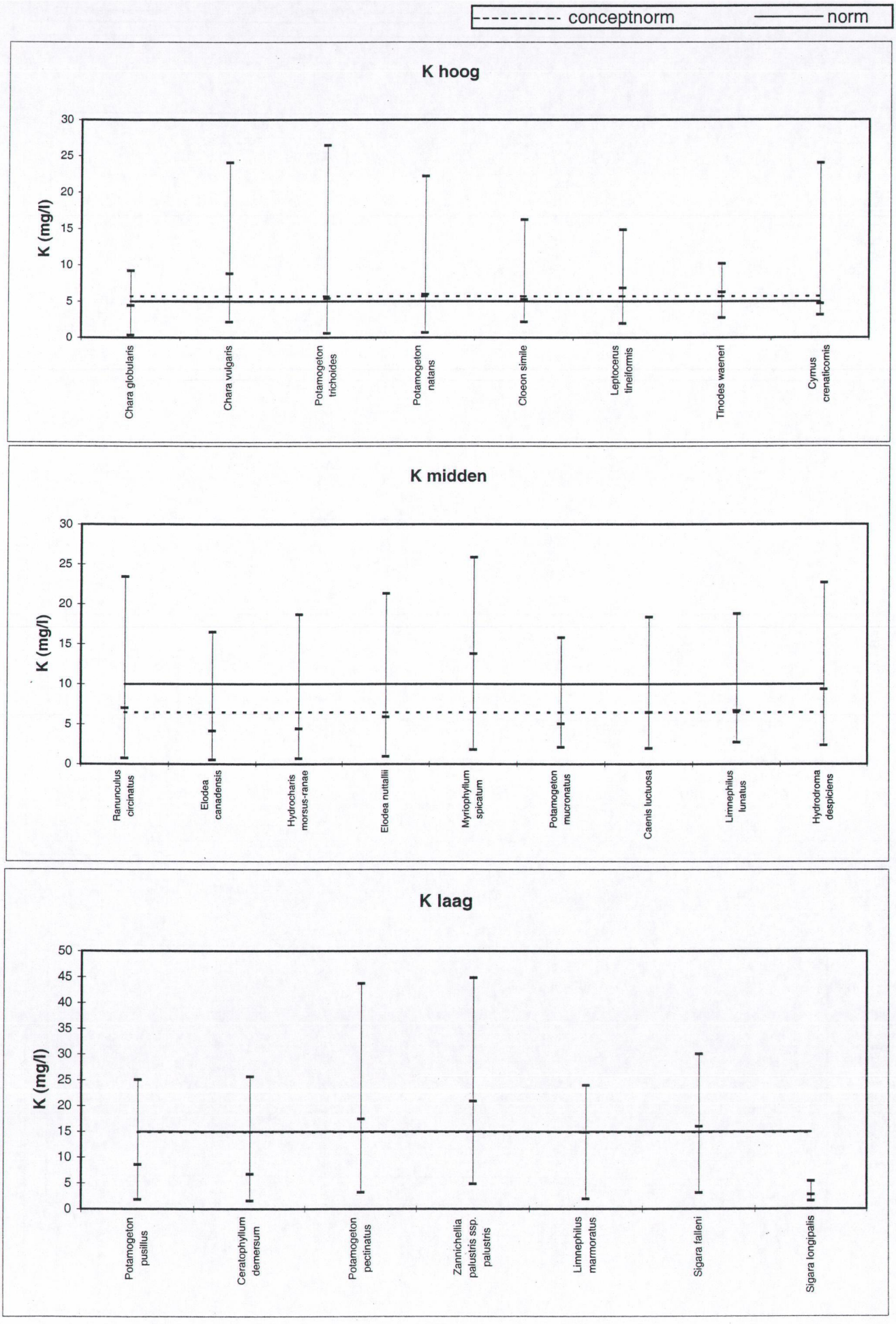
Bijlage V. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter EGV voor het subwatertype overige stagnante duinwateren.



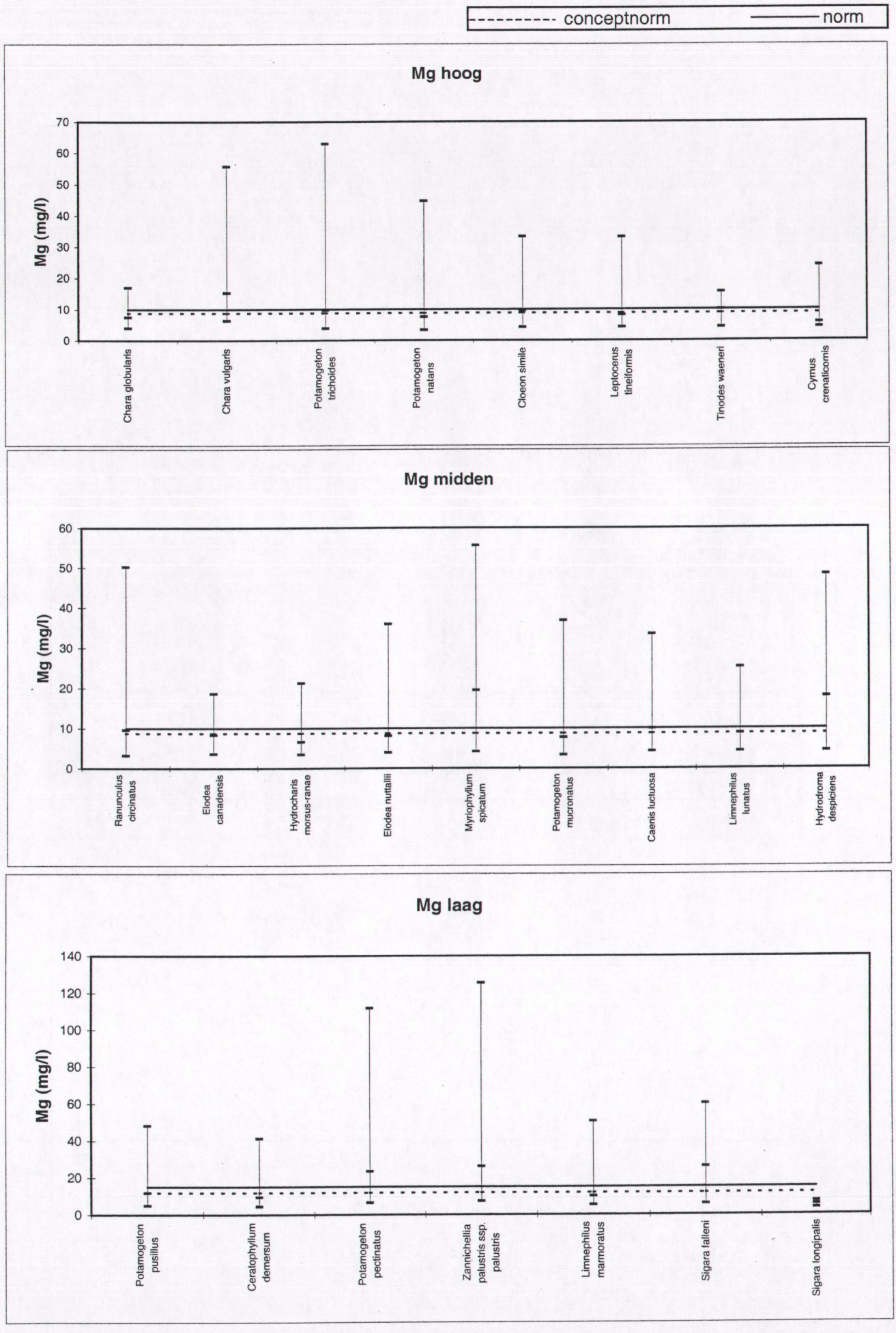
Bijlage V. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter HCO3 voor het subwatertype overige stagnante duinwateren.



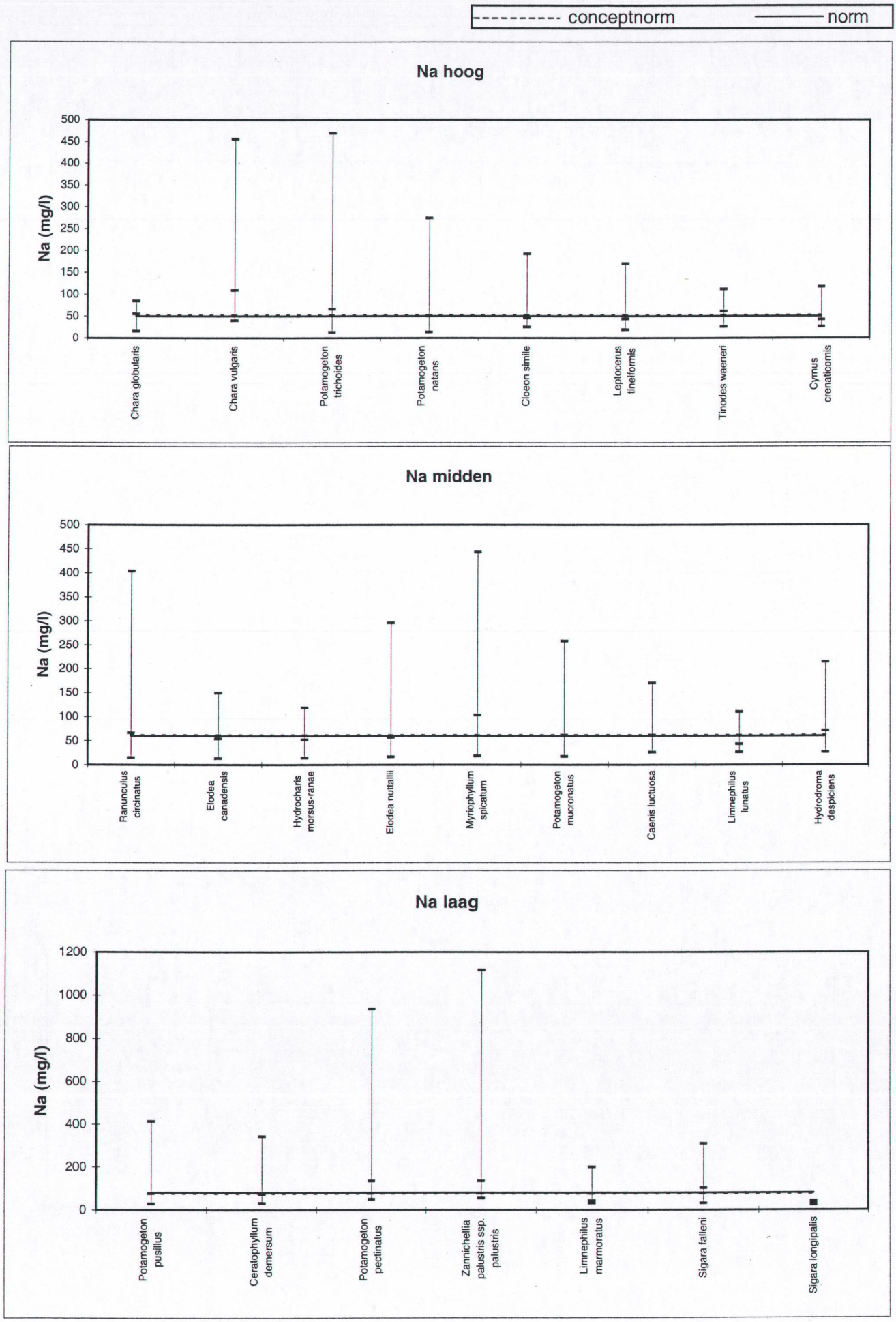
Bijlage V. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter K voor het subwatertype overige stagnante duinwateren.



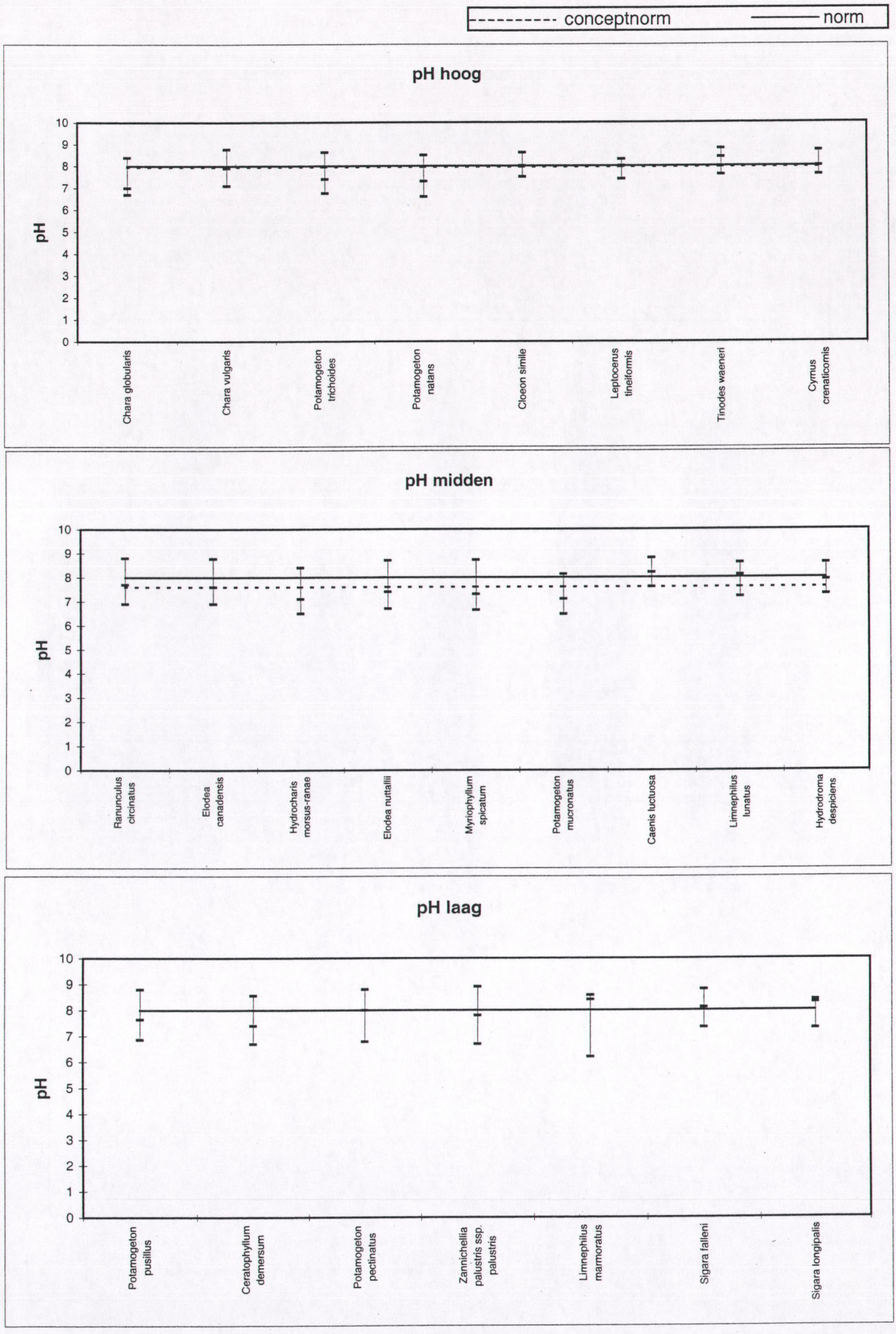
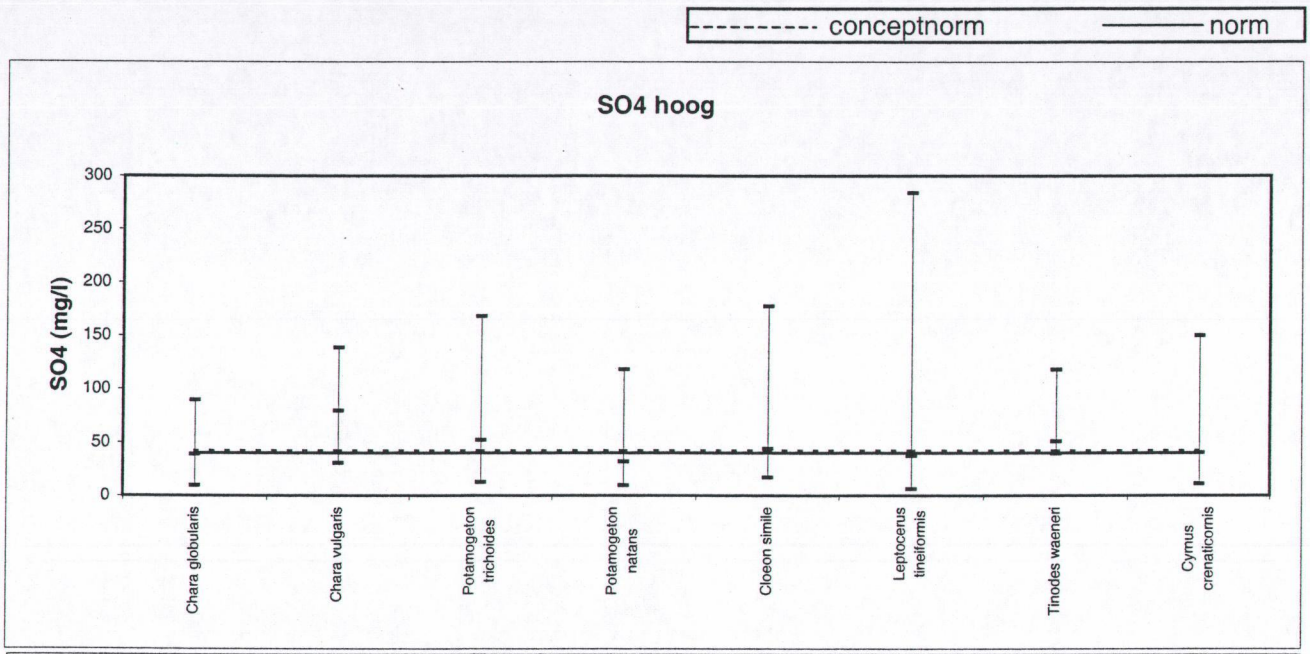
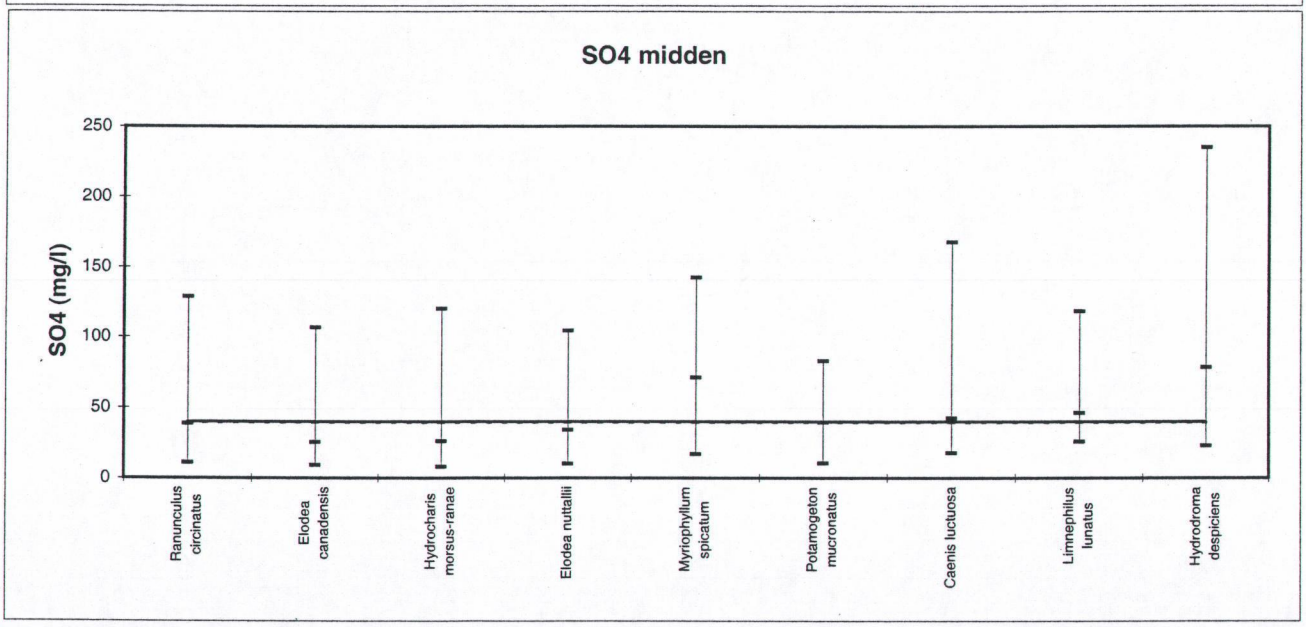
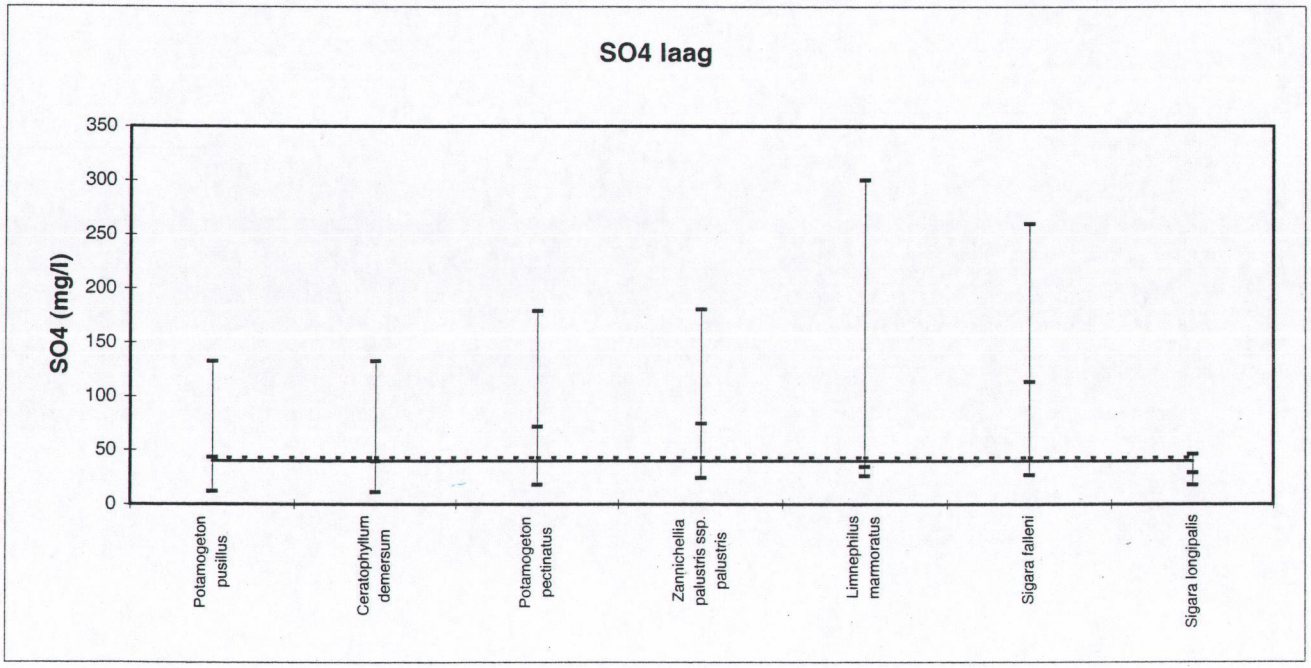
Bijlage V. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter Mg voor het subwatertype overige stagnante duinwateren.



Bijlage V. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter Na voor het subwatertype overige stagnante duinwateren.



Bijlage V. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter pH voor het subwatertype overige stagnante duinwateren.



Bijlage V. Hoog-laaggrafieken voor de ambitieniveaus hoog, midden en laag voor de parameter SO4 voor het subwatertype overige stagnante duinwateren.