

RIVM rapport 715651 011

**Een analyse met GIS van de invloed van diffuse
belasting met PAK op de waterbodempkwaliteit
in het Hollands Noorderkwartier: WABOGIS**

P.J.T.M. van Puijenbroek ¹, R. Kampf ²

december1998

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van de Directie van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, in het kader van project 715651, Milieu en Ruimte, deelproject Ruimtelijke Integratie Regionale wateren.

¹) RIVM-LWD, ²) Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen in het Hollands Noorderkwartier

RIVM, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven, telefoon: 030 - 274 91 11; fax: 030 - 274 29 71
Hoogheemraadschap USHN, Postbus 15, 1135 AN Edam, telefoon: 0299-391377; fax: 00299-391180

Abstract

A GIS analysis of the effect of diffuse PAH emissions on the sediment quality in the Hollands Noorderkwartier in the Netherlands using the WABOGIS model

Watercourses have to be dredged once every 5 to 20 years to ensure sufficient depths for water inflow and outflow. Most of the resulting sediment is deposited on the adjacent land where polluting substances contribute to the emissions to the underlying soils. High level of PAHs (10 from VROM) in the sediment usually exceeds the sediment quality standard, putting the level of contamination in the watercourse mostly in class 2. From the survey on sediment quality in the area of the Hoogheemraadschap U.S.H.N. in Noord-Holland, regional differences in the quality of the sediment were observed. These differences could not be explained with local emissions.

The sediment quality is a result of a combination of diffuse emissions. In this study, WABOGIS, the sediment quality was analysed with a geographical information system (GIS) to explain the differences in diffuse emissions. For all the local watercourses, the diffuse emissions from traffic, storm-water overflow or urbanisation are determined using geographical maps. Watercourses not influenced by these emissions are determined as delivering background pollution due to atmospheric deposition and surface runoff from surrounding soil. For background polluted locations with a sandy or clay soil, the sediment class is mostly 0 or 2, while peat soils lead to a class 2 sediment. Where there is an additional load, the greatest effect is seen in sandy soils. Locations where the combination of additional emissions determine the sediment quality mostly have a class 2 or 3 sediment.

Some additional loads were not available for this study, like creosoted campshedding or input of surface water; more detailed information is needed on other loads like storm-water overflows. For further study, it is recommended to have more detailed information. In spite of these limitations, this study signified a first approach in calculating the quality and quantity of sediment in local waters.

Voorwoord

Dit rapport beschrijft de analyse van de waterbodemgegevens van het Hollands Noorderkwartier door het Laboratorium voor Water- en Drinkwateronderzoek van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu en het Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier.

Het gezamenlijk onderzoek is uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in de ontwikkelingen in de waterbodemproblematiek van het regionale water, waarbij het accent lag op de ruimtelijke spreiding van de diffuse belastingen. Het project is onderdeel van het RIVM-project “Ruimtelijke integratie regionale wateren”. Het hier gepresenteerde WABOGIS is gericht op mogelijkheden voor een ruimtelijke uitwerking van de waterbodem- en oppervlaktewaterproblemen. De concrete doelstellingen van dit project zijn:

- diagnose van de ruimtelijke waterbodemkwaliteit aan de hand van omgevingskenmerken op basis van ruimtelijke bestanden.
- prognose van de waterbodemontwikkeling voor regionale toepassingen.

Speciaal willen we K. Beurskens en R. Kramer bedanken voor de uitleg en ondersteuning bij dit project.

Inhoud

Samenvatting 9

1 Inleiding 11

- 1.1 Waterbodemkwaliteit in het Hollands Noorderkwartier 11*
- 1.2 Probabilistische benadering van de waterbodemkwaliteit 14*
- 1.3 WABOGIS 15*
- 1.4 Leeswijzer 15*

2. Baggeren, diffuse bronnen en waterbodems 17

- 2.1 Bagger 17*
- 2.2 Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen 18*
- 2.3 Diffuse bronnen 19*

3. Waterbodemgegevens Hollands Noorderkwartier 21

- 3.1 Beschrijving databestand en selecties meetpunten 21*
- 3.2 Codering "beïnvloeding" in de LAWABO- bestanden 22*
- 3.3 Beschikbare geografische bestanden 24*

4. WABOGIS 27

- 4.1 Aanvoer van gebiedsvreemd water en effluënten rwzi's 27*
- 4.2 Uitloging van gecreosoteerde beschoeiing 27*
- 4.3 Riooloverstorten 28*
- 4.4 Verkeer 28*
- 4.5 Uitspoeling van verhard oppervlak (kassen of bebouwing) 29*
- 4.6 Bepaling bodemtype 30*
- 4.7 Overzicht van de uitvoering van de analyse met WABOGIS 30*

5. Resultaten van de analyses van de waterbodemkwaliteit 33

- 5.1 PAK gehalten in de achtergrond belaste situatie 33*
- 5.2 Effect van additionele belasting op het PAK gehalte 35*
- 5.3 Conclusie over WABOGIS voor grotere eenheden 37*

6. Mogelijkheden WABOGIS bij gebiedsstudies 39

- 6.1 Uitgangspunten bij WABOGIS bij gebiedsstudies 39*
 - 6.1.1 Berekenen oppervlakte oppervlaktewater 39*
 - 6.1.2 Berekenen diffuse belasting 39*
 - 6.1.3 Bepalen van de kwaliteit en kwantiteit per bemalingseenheid 42*
- 6.2 Samenvatting WABOGIS bij gebiedsstudies 44*

7. Discussie en Conclusies 45

7.1 Discussie 45

7.2 Conclusie 46

Literatuur 47

Bijlage A Verzendlijst 49

Bijlage B Geografische basisbestanden 51

Bijlage C Boxplots 55

Bijlage D Aanvoer van water 56

Bijlage E Resultaten IRIS 57

Bijlage F Vergelijking IRIS-model en LAWABO-bestand met WABOGIS methode 59

Samenvatting

De watergangen in het landelijke gebied worden eens in de 5 tot 20 jaar gebaggerd om voldoende diepgang te krijgen en om de aan- en afvoer van water te waarborgen. De vrijkomende baggerspecie wordt grotendeels op het land verspreid, waardoor verontreinigingen kunnen bijdragen aan de diffuse belasting van de landbodem. De Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK) zijn meestal de klassebepalende verontreiniging, waardoor een groot deel van de watergangen op basis van PAK ingedeeld worden in klasse 2.

Uit het overzicht van de waterbodemkwaliteit in het Hollands Noorderkwartier, het beheersgebied van het Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen, was naar voren gekomen dat er een ruimtelijke spreiding van de waterbodemkwaliteit te herkennen was. Naast schone gebieden zijn er vervuilde gebieden. Maar in weinig gebieden is er sprake van een duidelijke lokale vervuiling. In deze studie wordt aangegeven dat een combinatie van de waterbodemgegevens met andere ruimtelijke bestanden mogelijkheden biedt om de ruimtelijke variaties -deels- te verklaren. Hiervoor wordt, in aansluiting van bij het RIVM ontwikkelde modellerings gereedschappen zoals IRIS, WABOGIS gepresenteerd om de regionale waterbodemkwaliteit aan de hand van de ruimtelijke inrichting te analyseren. Hierin zijn zowel kwalitatieve als kwantitatieve aspecten van de waterbodem-problematiek opgenomen. Door aansluiting met de resultaten van modellen over de ontwikkeling van de waterbodems kunnen prognoses uitgevoerd worden naar de ontwikkeling van de waterbodems op lange termijn.

Bij de analyses met behulp van het Geografisch Informatie Systeem (GIS) is voor elk meetpunt vastgesteld wat de mate van beïnvloeding was door verkeer, stedelijke bebouwing en rioolwateroverstorten. De resultaten van deze ruimtelijke analyse zijn gevalideerd met de gegevens van het IRIS-model (Integraal Risico Instrumentarium Sloten; Kramer et al, 1997) en de ruimtelijke informatie uit het LAWABO-bestand (LAWABO, 1994). Bij de validatie is een onderverdeling gemaakt naar zand-, klei- en veenbodems.

De analyse van de ruimtelijke spreiding van PAK in waterbodems in het Hollands Noorderkwartier toont aan dat WABOGIS een bruikbaar instrument is om meer inzicht te verkrijgen in de invloed van diffuse bronnen op de kwaliteit van waterbodems. Uit de ruimtelijke verspreiding kan afgeleid worden wat de kans is op een bepaalde waterbodemkwaliteit aan de hand van omgevingsfactoren, zoals de samenstelling van de naburige landbodem of de aanwezigheid van bebouwing of overstorten.

Bij zand- en kleibodems heeft de waterbodem in de achtergrondbelaste situatie klasse 0 of 2, terwijl veenbodems meestal klasse 2 is. Bij een additionele belasting is het effect bij een zandbodem het grootst. Locaties in de buurt van overstorten en stedelijke gebieden hebben

duidelijker hogere PAK gehalten dan "niet-achtergrond belaste" locaties. Vooral in gevallen, waar een combinatie van belastingen de waterbodempkwaliteit bepaald heeft, is er een grotere kans op klasse 3 waterbodems.

In deze studie is uitgegaan van vrij beperkte datasets van verschillende herkomst. De kennis van de ligging van overstorten was en is nog steeds beperkt, er kon geen rekening gehouden worden met het al dan niet voorkomen van gecreosoteerde beschoeiingen of de inlaat van gebiedsvreemd water. Juist deze beperking toont aan dat een verfijning van de methode een niet onaanzienlijke meerwaarde kan geven. Het verdient aanbeveling om vast te stellen welke ruimtelijke bestanden hiervoor nodig zijn of welke bestanden nauwkeuriger gemaakt moeten worden. Een belangrijk aspect hierbij is dat de databestanden van diverse herkomst met elkaar in verband gebracht moeten kunnen worden. Dit stelt hoge eisen aan de planning en kwaliteit van data-acquisitie. Hoe nauwkeurig de gegevens zijn des te nauwkeuriger zullen de verbanden tussen diverse bronnen van verontreiniging en waterbodempkwaliteit naar voren komen.

De koppeling van de dataset van de waterbodems in het Hollands Noorderkwartier en de landelijke gegevens van het RIVM laten zien dat er veel voordelen te behalen zijn aan een wederzijds aanpassen van de geografische informatiebestanden. De WABOGIS systematiek kan ook gebruikt worden om, na bepaalde aannamen van de aangroei van waterbodems, de waterbodempkwaliteit bij bijvoorbeeld overstorten en wegen te voorspellen. Vooral bij deze modellering wordt de nauwkeurigheid van de voorspelling sterk bepaald door de kwaliteit van de gegevens.

1 Inleiding

De inleiding behandelt achtereenvolgens kort de waterbodempkwaliteit in het Hollands Noorderkwartier, de relatie met het REGWABO onderzoek en RIVM onderzoek naar mogelijkheden en onmogelijkheden om door een probalistische, ruimtelijke benadering meer inzicht te krijgen in de aspecten die de waterbodempkwaliteit beïnvloeden.

1.1 Waterbodempkwaliteit in het Hollands Noorderkwartier

In het beheergebied van het Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier is relatief veel bekend over de kwaliteit van de waterbodems in de grotere watergangen. Er heeft tussen 1986 en 1991 een gebiedsdekkende inventarisatie van de bovenlaag (0-20 cm) plaatsgevonden. De relatieve verdeling van de waterbodempkwaliteit (stand 1 januari 1995) is weergegeven in tabel 1.1.

Het eindoordeel van de waterbodempkwaliteit in het noorderkwartier wordt vrijwel overal bepaald door PAK. Alleen in het Ilperveld, in Alkmaar, rond de polder Westzaan en oostelijk Waterland wordt het eindoordeel voornamelijk bepaald door de metalen. Tabel 1.2 geeft een beschrijving van het voorkomen van metalen en PAK in waterbodems in het noorderkwartier. In het Hollands Noorderkwartier is PAK in 45 % van de monsters dé bepalende component, terwijl bij 43 % van de monsters het eindoordeel zowel door metalen als door PAK bepaald wordt. Door dit belang van PAK richtte dit onderzoek zich op de PAK-verbindingen. Daarnaast speelt mee dat de verontreinigingen met metalen in het Waterland niet afkomstig zijn van diffuse bronnen maar van oude stortplaatsen.

Figuur 1.1 geeft een overzicht van de geografische verspreiding van de gehalten aan PAK in het Noorderkwartier. De klassen zijn niet willekeurig over het gebied verdeeld, er zijn schone gebieden, licht verontreinigde gebieden, of meer vervuilde gebieden, in tabel 1.2 wordt het

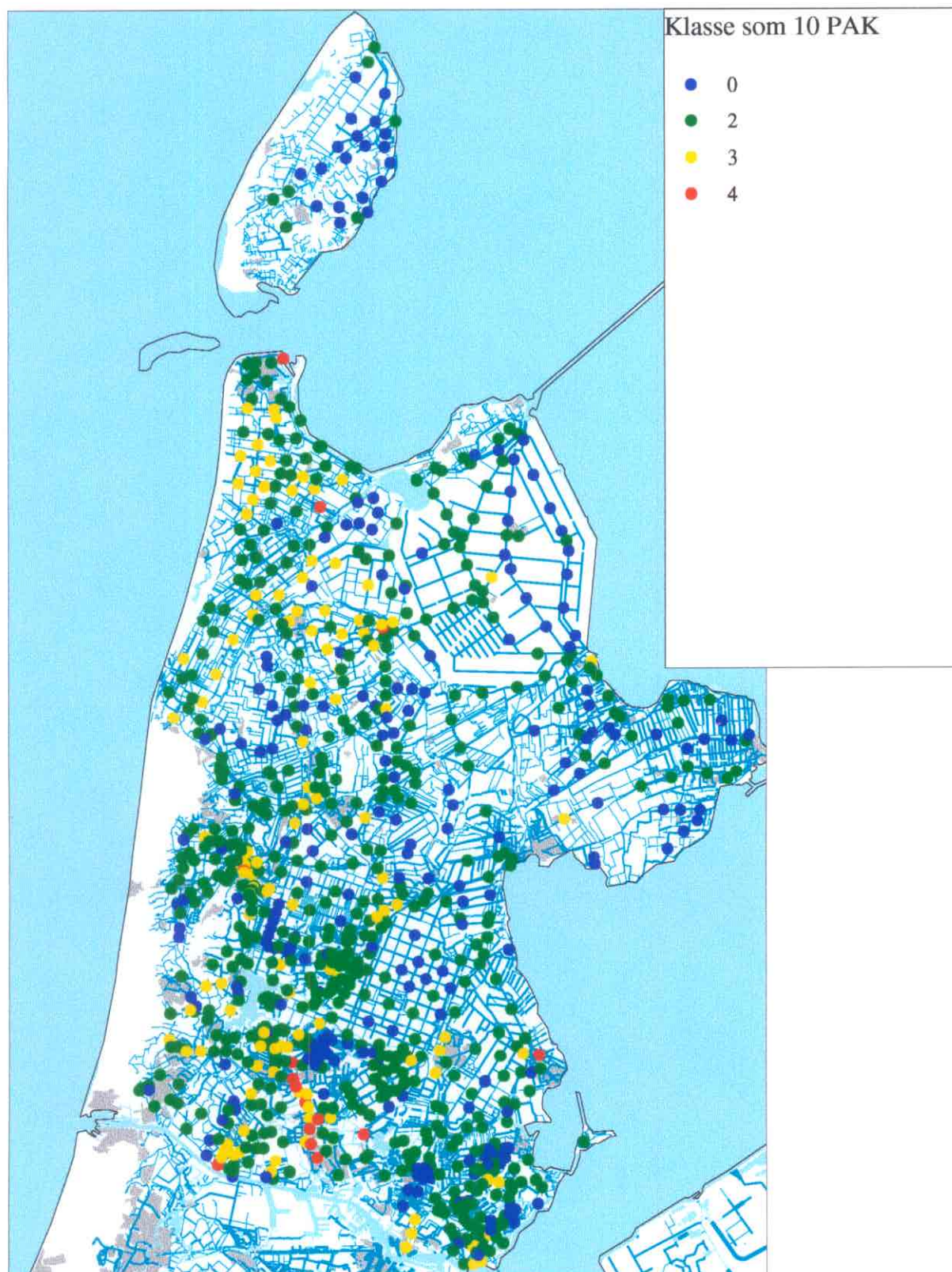
Tabel 1.1 Verdeling van de monsters naar de kwaliteit van de waterbodems in Hollands Noorderkwartier (in %) in klassen ENW.

Gebied	aantal monsters	kl. 0	kl. 1	kl. 2	kl. 3	kl. 4
Boezems	247	3,2	0,4	68,4	17,4	10,5
Hollands Kroon	132	44	1,5	39	14	0,8
Groot-Geestmerambacht	88	43	1,1	40	15	1,1
Lange Rond	251	16	1,6	59	15	8,6
Waterlanden	257	10,5	5,8	71	7,4	5,4
Westfriesland	85	40	4,7	53	2,4	0
totaal Hollands Noorderkwartier	1060	20	3	59	13	6

voorkomen van metalen en PAK beschreven. Hieruit blijkt dat er "patronen" herkenbaar zijn in de verspreiding van verontreinigingen van waterbodems, dat er een zekere regelmaat in de waterbodem kwaliteit te herkennen is. Omdat er nog te weinig bekend is over de omvang en herkomst van de stofstromen, die tot deze verontreinigingen geleid hebben wordt in dit rapport vanuit de omgeving van het monsterpunt via een "Probalistische benadering" de waterbodemkwaliteit verklaard.

Tabel 1.2 Interpretatie van het voorkomen van verontreinigingen in waterbodems in het Hollands Noorderkwartier

Arseen	Vrijwel alle waterbodems zijn in klasse 0. Door de indeling van de klassen bij arseen zijn er geen klassen 2 en 3 voor arseen. In het Ilperveld is klasse 4 waterbodems geconstateerd.
Cadmium	Meeste waterbodems zijn klasse 0 of 1. In de Alkmaar (stad), rond Medemblik en in de Nauernasche vaart werd klasse 2 en 3 aangetroffen en enkele waarnemingen in de polder Assendelft (de veenpolder) en polder Westzaan duiden op klasse 3 en 4.
Chroom	Bijna alle monsters werden ingedeeld in klasse 0 en soms klasse 1. (Ook voor chroom zijn er geen klassen 2 en 3.).
Koper	Tweederde van de monsters was klasse 0 voor koper. Klasse 2 komt <i>diffuus verspreid</i> voor ten zuiden van de lijn Alkmaardermeer-Purmerend en op enkele lokaties in de rest van het gebied. Klasse 3 komt verspreid voor in de polder Wormer, Jisp en Nek, de Nauernasche vaart, de Zaan en in enkele polders in de omgeving daarvan (veenpolder en polder Westzaan) en in het Ilperveld. Klasse 3 komt ook voor in de kern van Alkmaar en plaatselijk in het oostelijke deel van Waterland. Klasse 4 komt op enkele lokaties voor in de Nauernasche vaart, de Zaan en het Ilperveld.
Kwik	Een groot deel van de waterbodems zijn klasse 0 en 1. In het zuidelijke deel van het gebied en in de Noordkop komt <i>diffuus verspreid</i> klasse 2 voor. In Waterland komt in het Ilperveld, oostelijk Waterland en daarnaast in de polder Westzaan klasse 3 voor.
Nikkel	Over het algemeen wordt geen Nikkel in de waterbodems aangetroffen. Klasse 2 en 3 wordt <i>diffuus verspreid</i> aangetroffen in het zuidelijke deel van het gebied.
Lood	Voorname klassen 0 en 1. Ook voor lood zijn er geen klassen 2 en 3. Klasse 4 is aangetroffen in de stad Alkmaar en in het Ilperveld.
Zink	De meeste monsters klasse 0 en 1. Klasse 2 werd aangetroffen in Alkmaar, rond de polder Westzaan, in het Ilperveld en in oostelijk Waterland. (klasse 3 bestaat niet). Klasse 4 werd aangetroffen in enkele lokaties rond de polder Westzaan, in Alkmaar, in Heerhugowaard en in het Ilperveld.
PAK	Meer dan de helft van de verspreid over het gebied liggende meetlokaties valt voor de beoordeling van de PAK in klasse 2. Weinig monsters worden beoordeeld in klasse 0 (en klasse 1 bestaat niet). Klasse 2 en 3 komen <i>diffuus verspreid</i> over het gebied. In de Zaan veel klasse 4.



Figuur 1.1 Meetpunten van het Hoogheemraadschap U.S.H.N. ingedeeld naar waterbodemklasse op basis van som PAK 10.

1.2 Probalistische benadering van de waterbodemkwaliteit

In dit rapport wordt het probleem vanaf de waterbodemkwaliteit benaderd. Het uitgangspunt hierbij is dat de waterbodem over langere tijd is gevormd, waardoor we te maken hebben met een historische belasting die over vele jaren is gevormd. In het Hollands Noorderkwartier zijn de meeste watergangen, zoals zoveel regionale wateren, de afgelopen decennia maar spaarzaam gebaggerd. Als gevolg hiervan is de huidige waterbodem een archief van (diffuse) belastingen van de afgelopen decennia. Het zal dan ook nog geruime tijd duren, voordat emissiereducerende maatregelen effect zullen hebben op de kwaliteit van de waterbodems.

Zowel de waterbodemkwaliteit als de diffuse belastingen hebben een ruimtelijke spreiding. Door de relatie te leggen tussen beide componenten wordt getracht om inzicht te krijgen in het effect van de diffuse belastingen op de waterbodemkwaliteit. In deze studie is nagegaan of het mogelijk is om deze ruimtelijke relatie uit te werken.

Bij het project REGWABO (REGionale WAterBOdem kwaliteit) (Kramer et al, 1997) is de waterbodemkwaliteit verklaard vanuit de processen, die verantwoordelijk zijn voor de vorming van de waterbodem. Hierbij wordt op probalistische wijze de ontwikkeling van de waterbodemkwaliteit gevolgd in een "modelsloot" aan de hand van variatie van factoren als baggerfrequentie, veranderingen in toevoer, depositie, etc. Dit model geeft een inzicht in de kwaliteitsontwikkeling van waterbodem op de middellange termijn (prognose voor het jaar 2040). Bovendien schetst het een generiek beeld voor de situaties in klei-, veen- en zandgebieden. Bij deze studie zijn met het IRIS-model (Kramer et al, 1997) voorspellingen gedaan voor de waterbodemkwaliteit in de achtergrondbelaste situatie en o.i.v. diverse emissieroutes voor zowel zand-, klei als veenbodems. Het IRIS-model is gebaseerd op een modelsloot van vaste afmetingen met bekende hydrologie. De omgekeerde probalistische verkenning, dus de verkennings van diffuse bronnen vanuit de bestaande waterbodemkwaliteit is WABOGIS genoemd.

1.3 WABOGIS

WABOGIS is gericht op mogelijkheden voor een ruimtelijke uitwerking van de waterbodembodem en oppervlaktewaterproblemen. De concrete doelstellingen van dit project zijn:

- diagnose van de ruimtelijke waterbodembodemkwaliteit aan de hand van omgevingskenmerken op basis van ruimtelijke gegevens;
- prognose van de waterbodembodemontwikkeling voor regionale toepassingen.

Bij WABOGIS wordt een geografisch overzicht gemaakt van de kwaliteit van de waterbodembodem en van de ruimtelijke ligging van de (diffuse) belastingen. Van elke diffuse belasting wordt de omgeving bepaald waar de diffuse belasting effect heeft. Locaties die niet in de nabijheid van een diffuse belasting liggen, worden beschouwd als “achtergrond belaste situatie”. Op deze criteria kunnen de meetpunten ingedeeld worden in groepen met een vergelijkbare beïnvloeding. Van elke groep meetpunten wordt de kans op het voorkomen van een waterbodembodemklasse bepaald.

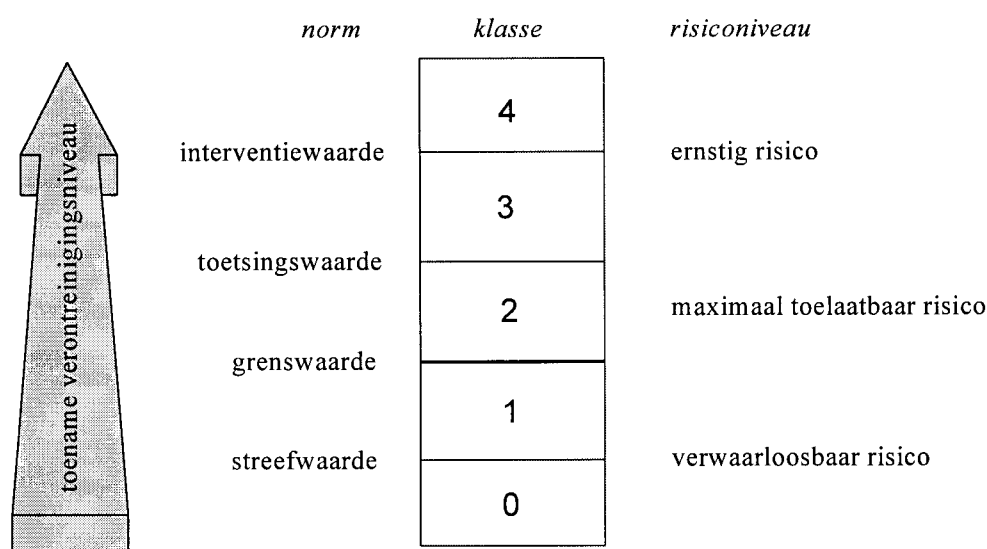
1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de achtergronden van de waterbodembodemproblematiek, toegespitst op PAK. In hoofdstuk 3 wordt een beschrijving gegeven van de situatie in het Hollands Noorderkwartier en de informatie die beschikbaar is in het LAWABO bestand. Hoofdstuk 4 bevat de werkwijze die gevolgd is in het WABOGIS model, waarna in hoofdstuk 5 de resultaten van WABOGIS gegeven worden. De mogelijkheden voor opschaling van WABOGIS naar ruimtelijke overzichten is uiteengezet in hoofdstuk 6.

2. Baggeren, diffuse bronnen en waterbodems

2.1 Bagger

Een groot deel van de watergangen in het landelijk gebied wordt éénmaal per 5 tot 20 jaar gebaggerd om voldoende waterdiepte te behouden en daarmee de af- en aanvoer van water te borgen. Jaarlijks komen hierbij enkele miljoenen m³ baggerspecie vrij die grotendeels op het aangrenzende land worden verspreid (Unie van Waterschappen, 1996). Op basis van vier milieukwaliteitsnormen worden vijf klassen baggerspecie onderscheiden (fig. 2.1). De (eco-)toxicologische risicogrenzen ter onderbouwing van de streef-, grens- en interventiewaarden zijn tevens globaal weergegeven.



Figuur 2.1 Relatie tussen verontreinigingsgraad, normen en klasse-indeling van waterbodems.

De vrijkomende specie mag op de aangrenzende landbodem verspreid worden als het klasse 0, 1 of 2 specie betreft. Voor klasse 2 specie geldt de beperking dat verspreiding alleen in een strook van 20 meter aan weerszijden van de watergang is toegestaan (Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie, 1993). Het verspreiden van klasse 1 en 2 specie kan bijdragen aan een diffuse belasting van de landbodem. Volgens het beleidsvoornemen is het na het jaar 2000 niet meer toegestaan klasse 2 specie op het land te verspreiden. In 2010 zou het verbod voor klasse 1 moeten volgen. De mogelijkheid om deze beleidslijn te realiseren is afhankelijk gesteld van:

- voldoende voortgang van het preventieve beleid; m.a.w. is het haalbaar dat de nieuw af te zetten waterbodem na 2000 voornamelijk in klasse 1 valt;
- de beschikbaarheid van de mogelijkheid voor het toepassen, storten en verwerken van vrijkomende specie.

De onlangs verschenen evaluatierapportage (Min. van VROM, 1998) gaat nader in op de verwachting dat ook na het jaar 2000 nog klasse 2 specie zal blijven ontstaan. De rapportage gaat tevens in op het feit dat de huidige klasse-indeling te ongenueanceerd is voor de beoordeling

van verspreiding, gelet op de milieurisico's en kosteneffectiviteit. Vóór het jaar 2000 wordt besloten welke kwaliteit baggerspecie in dit kader kan blijven worden verspreid.

2.2 Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen

Binnen de stofgroep van Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK) kunnen enige honderden verbindingen worden onderscheiden die als gemeenschappelijk kenmerk tenminste twee gefuseerde aromatische ringen bezitten. Van een aantal PAK is bekend dat zij van nature gevormd kunnen worden in sediment, zoals bijvoorbeeld peryleen. De natuurlijke achtergrond-niveaus van dergelijke PAK zijn echter zeer laag (Wakeham et al., 1980). De gehalten van PAK in het milieu zijn sterk verhoogd sinds midden vorige eeuw onder meer als gevolg van de toegenomen verbranding van fossiele brandstoffen (Jones et al., 1989). Naast deze vorming van PAK als ongewenst bijproduct bij onvolledige verbranding van fossiele brandstoffen kunnen PAK ook in het milieu terecht komen door de toepassing van olie- en teerhoudende produkten, zoals bijvoorbeeld creosoot dat lange tijd is gebruikt voor de verduurzaming van hout. Zie voor een overzicht van de PAK-verbindingen tabel 2.1. Aan het einde van de tachtiger jaren zijn tien verbindingen uit deze stofgroep geselecteerd teneinde de veelheid aan componenten voor evaluatie en normering in te perken, "PAK-10 van VROM" (Basisdocument PAK, 1989). Op deze tien componenten wordt de aandacht in het beleid toegespitst en veelal worden in monitoringsprogramma's deze tien PAK

Tabel 2.1 Overzicht van PAK-verbindingen

naam	Lawabo afkorting	aantal gecond. ringen	PAK 10 VROM	PAK deze inventarisatie	PAK16 LAWABO
Benzo(b)fluorantheen	BBF	4		X	x
Fluorantheen	FLU	3	x	X	x
Benzo(k)fluorantheen	BKF	4	x	X	x
Benzo(a)pyreen	BAP	5	x	x	x
Benzo(ghi)peryleen	BGHIPE	5	x	x	x
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	INP	5	x	x	x
Naftaleen	NAF	2	x		x
Benzo(a)antraceen	BAA	4	x	x	x
Fenantreen	FEN	3	x		
Antraceen	ANT	3	x		x
Chryseen	CHRYS	4	x	x	x
Acenaftyleen	ACNY	2			x
Acenaften	ACNE	2			x
Fluoreen	FLE	2			x
Pyreen	PYR	4		x	x
Dibenz(a,h)antraceen	DBAHA	5		x	x

bestudeerd. In deze studie zijn echter niet consequent de PAK-10 van VROM bepaald, hierop wordt later in dit rapport in gegaan.

De waterbodemkwaliteit wordt voor een belangrijk deel bepaald door de Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK) (Kramer et al, 1997). De klasse grenzen voor PAK zijn gebaseerd op de som tien van PAK (MILBOWA, 1991; Evaluatie Nota Water, 1993):

- < 1 mg /kg: klasse 0 / 1
- 1 - 10 mg/kg: klasse 2
- 10 - 40 mg/kg: klasse 3
- > 40 mg/kg: klasse 4

De streef- en grenswaarden zijn voor de som tien PAK gelijk, vandaar dat er geen onderscheid is tussen klasse 0 en 1. Dit heeft tot gevolg dat er geen klasse 1 voor PAK is. Bij de bepaling van de klasse wordt het PAK-gehalte omgerekend naar een PAK-gehalte in een standaardwaterbodem door middel van een correctie voor het organisch materiaal.

2.3 Diffuse bronnen

De kwaliteit van de waterbodem wordt bepaald door een mix van achtergrondbelasting en verschillende additionele belastingen (Kramer et al, 1997). De achtergrondbelasting wordt vooral veroorzaakt door directe en indirecte atmosferische depositie. Metingen aan atmosferische depositie worden niet regulier uitgevoerd en zijn maar schaars aanwezig. Uit onderzoek van TNO en RIVM (Baart et al, 1995) blijkt dat de som 10 PAK van VROM ongeveer $2,5 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{jaar}^{-1}$ bedraagt. De indirecte achtergrondbelasting is afkomstig van afkalving, verwaaiing en landbewerking van de omliggende landbodem. Het belang van deze bron wordt sterk bepaald door de gehalten in deze bodem.

De belangrijkste eigenschap van diffuse bronnen lijkt het feit dat deze bronnen “ongrijpbaar” zijn of lijken. Dit geldt vooral voor de achtergrondbelasting. Minder ongrijpbare bronnen zijn aanvoer van vreemd water, effluent van rwzi's, uitloging van gecreosoteerde beschoeiing, riooloverstorten, etc (Kramer et al, 1997). Deze, al dan niet grijpbare, belastingen noemen wij, in aansluiting op dit rapport, additionele belasting.

3. Waterbodemegegevens Hollands Noorderkwartier

3.1 Beschrijving databestand en selecties meetpunten

Het beheergebied van het Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen in het Hollands Noorderkwartier is het gebied van Noord-Holland ten noorden van het Noordzeekanaal inclusief Texel. In het Hollands Noorderkwartier liggen vijf “kwantiteitwaterschappen”: Het Lange Rond, Groot-Geesterambacht, Westfriesland, De Waterlanden en Hollands Kroon. De waterschappen zijn verantwoordelijk voor het kwantiteitsbeheer. Het hoogheemraadschap gaat over het kwaliteitbeheer van het hele gebied en over het kwantiteitsbeheer van de boezem. Andere taken van de waterschappen in het Hollands Noorderkwartier zijn onderhoud van wegen en zeekeringen.

De waterbodemegegevens, die in de periode 1986-1995 door het Hoogheemraadschap en de provincie Noord-Holland, in nauwe samenwerking met de overige waterschappen in het Hollands Noorderkwartier zijn verzameld, zijn in een LAWABO-datafile opgeslagen. Inclusief de nadere onderzoeken gaat het om ruim 2000 monsters. Na schifting bleven 763 locaties in regionale wateren over. Elk monster is een mengmonster over een bepaald vak. In het algemeen werden over een 0.5 tot 2 km lang vak 10 monsters samengevoegd tot een mengmonster. Bij bredere watergangen werden mengmonsters uit maximaal 30 monsters samengesteld. Over het algemeen is de bovenste laag (0-20 cm) genomen.

Bij veel waterbodemanalyses zijn, i.p.v. tien PAK, slechts zeven PAK geanalyseerd. De ontbrekende PAK zijn antracene, fenantreen en naftaleen. In de monsters waarvan alle 10 de PAK gemeten zijn, droegen deze drie PAK voor gemiddeld 15 % bij in het totaal gehalte. De resulterende som tien PAK kan dus in een aantal gevallen te laag zijn. Hiervoor is niet gecorrigeerd. Monsters waarvan minder dan zeven PAK geanalyseerd zijn, of waarvan de correctie voor organisch stof niet uitgevoerd kon worden, zijn niet meegenomen in de analyse.

In de uitwerking van WABOGIS zijn de boezems van Uitwaterende Sluizen niet meegenomen, de analyse is beperkt gebleven tot de “regionale wateren”. De belangrijkste reden hiervoor was dat de hydrologische situatie in de boezems verschillend is van de meeste polderwateren. Ook is de samenstelling van de waterbodems van de boezem anders, zie tabel 1.1. Vrijwel alle waterbodems in de boezems van USHN zijn klasse 2, 3 of 4 door een hoog gehalte aan PAK.

Voor de analyse is gebruik gemaakt van de 763 locaties, hiervan was op basis van PAK 10 de verdeling naar waterbodemklassen 32 % klasse 0/1, 57 % in klasse 2, 10 % in klasse 3 en 1 % in klasse 4.

3.2 Codering “beïnvloeding” in de LAWABO- bestanden

Het LAWABO-bestand biedt de mogelijkheid om informatie over het oppervlaktewater en de beïnvloeding van het oppervlaktewater in te voeren. Bij de code "beïnvloeding" worden de monsterpunten onderscheiden naar herkomst van water en omgevingsinvloeden. Naast de inrichting van het gebied, zoals “akkerbouw”, “veeteelt” en “natuurgebied” kunnen ook additioneel belaste situaties weergegeven worden, zoals “aanvoer gebiedsvreemd water”, “effluent RWZI”, “jachthaven”, “kas- en tuinbouwgebieden”, “lokale lozing”, “scheepvaart” en “stedelijk gebied”. De resultaten van deze code beïnvloeding zijn weergegeven in figuur 3.1 en figuur 3.2.

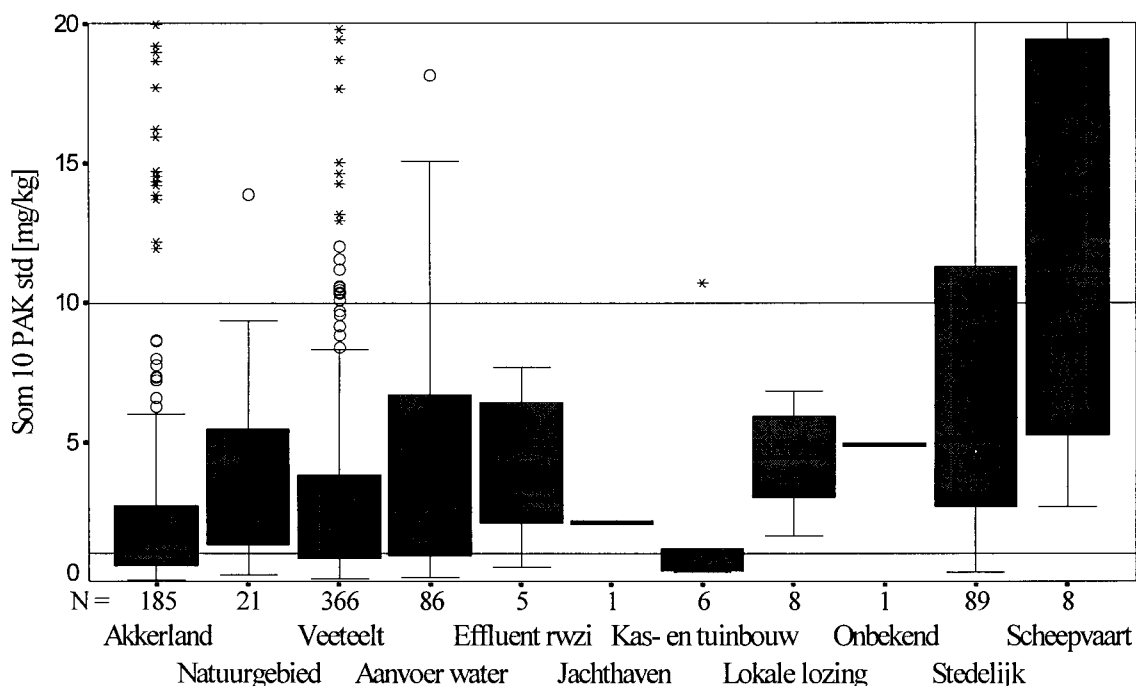


Fig. 3.1 De ranges van Som 10 PAK standaardbodem ten opzichte van de code beïnvloeding uit het LAWABO bestand voor de geselecteerde meetpunten. Zie voor de betrouwbaarheid van de codes de tekst. In bijlage C wordt uitleg gegeven over boxplots.

Van de achtergrondbelaste locaties zijn van de categorie “Natuurgebied” weinig gegevens beschikbaar, en bovendien hebben deze locaties een hoog gehalte aan som tien PAK. De additioneel belaste situaties geven een hoger gehalte aan PAK. De acht locaties met scheepvaart (Noord-Hollands kanaal bij het Ilperveld) hebben een hoog PAK-gehalte, de mediaan ligt in klasse 3. De groep van stedelijk beïnvloedde meetpunten hebben hoge gehalten PAK, voornamelijk klasse 2, maar de 75 % percentiel ligt in klasse 3. De meetpunten die beïnvloedt zijn door “aanvoer van water”, “effluent rwzi” en “lokale lozing” geven voornamelijk klasse 2 waterbodems.

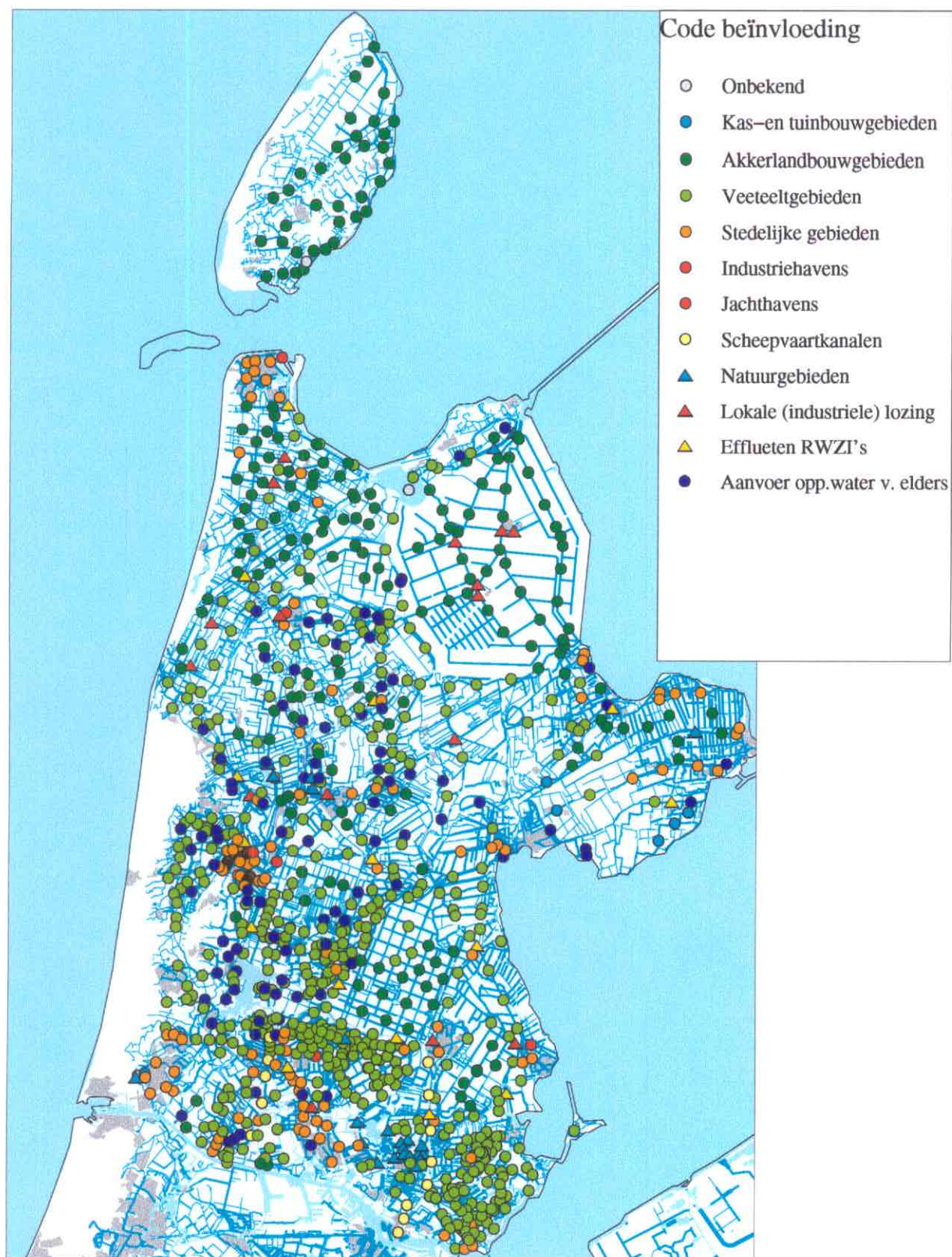


Fig. 3.2 LAWABO Code beïnvloeding van de meetpunten.

Het gebruik van deze codering wordt beperkt door:

- De codes werden niet in elk waterschap op dezelfde wijze ingevuld;
- Slechts één beïnvloeding kan ingevuld worden;
- Niet alle additionele bronnen zijn aanwezig in het bestand.

Door deze beperkingen is het moeilijk om uitspraken te doen voor de ontwikkeling van de waterbodempkwaliteit in het landelijk gebied. Het ontbreken van een codering voor gecreosoteerde beschoeiing en andere oevers is een gemis.

3.3 Beschikbare geografische bestanden

Zoals beschreven in de inleiding is het databestand voor een uitgebreide analyse van de invloed van diffuse bronnen op de waterbodempkwaliteit vrij beperkt. In deze paragraaf worden de beschikbare kaarten en geografische bestanden beschreven.

Bij de ruimtelijke analyse is gebruik gemaakt van het Waterstaatkundig Informatie Systeem (WIS, 1995), de landgebruikskaart (LGN-2; Noordman et al, 1997), een kaart met de lokatie van de overstorten (ERC, 1991), een bodemkaart (de Vries, 1993) en een verkeerswegenkaart (AVV, 1993).

Waterstaatkundig Informatie Systeem

Het WIS (WIS, 1995) is een informatiesysteem bestaande uit Arc/Info-coverages (GIS-kaarten) waarin de geografische informatie over oppervlaktewater en afwateringstructuur is opgenomen (bijlage B.a).

De belangrijkste bouwstenen van het WIS zijn de ligging van de afwateringseenheden of peilgebieden (in het WIS “element” genoemd) en de ligging van het oppervlaktewater. Een afwateringselement is een gebied met inliggende wateren dat langs één punt loost op het hoofd- of buitenwater of een gebied waar het (zomer- of winter-) peil beheerst kan worden. Alle peilgebieden die groter zijn dan 25 hectare zijn in het WIS opgenomen. In dit deel van Nederland komen de afwateringselementen voornamelijk overeen met de peilgebieden. Enkele afwateringselementen zijn inliggende boezemwateren, waarbij de grens van het afwateringselement de grens van de boezemdijk is. Langs de duinrand komen afwateringssystemen voor die direct op het hoofdwater lozen. Peilgebieden kunnen geaggregeerd worden tot bemalingseenheden. Van het aanwezige oppervlaktewater zijn alle, volgens waterschap, provincie of particuliere organisatie, watergangen gedigitaliseerd. De waterlopen die voor de afwatering en de watervoorziening van belang zijn, zijn tevens opgenomen. Oppervlaktewater dat breder is dan 50 meter, is als polygoon gedigitaliseerd. Het overige oppervlaktewater is als lijn gedigitaliseerd, waarbij de breedte in klassen is vermeld (<3 m, >3 m en <6 m, >6 m en <25 m, >25 m en <50 m).

De informatie van het WIS bestand is voor het gebied van het waterschap het Lange Rond (Het Lange Rond, 1992) gedetailleerd vergeleken met de informatie die verkregen is van het waterschap. De grenzen van de afwateringselementen kwamen voor de polders en

droogmakerijen goed overeen, voor de hoger gelegen gronden en stadsuitbreidingen waren wel afwijkingen met de informatie van het waterschap. Bij het WIS zijn niet alle oppervlaktewateren opgenomen. De oppervlaktewaterbestanden zijn vergeleken met de kaarten van het Lange Rond. In het algemeen zijn alleen die wateren opgenomen die van belang zijn voor de afwatering van het gebied. Kleinere watergangen, die voor de afvoer van water onbelangrijk zijn of in onderhoud zijn bij derden, zijn niet altijd opgenomen in het bestand. Per polder kan dit leiden tot onder- of overschatting van het wateroppervlakte ten opzichte van de bemalingsplannen van de waterschappen. Voor landelijke toepassingen is het WIS bestand geschikt voor deze studie. Voor lokale toepassingen, bv. voor een waterschap, is een actuelere en meer nauwkeuriger kaart gewenst.

Bodemkaart

In deze studie is de bodemkaart van Nederland met schaal 1:250.000 (de Vries, 1993; zie bijlage 2.b) gebruikt. Hierbij is alleen de hoofdclassificatie gebruikt voor het onderscheid, dit is de eerste letter uit de bodemclassificatie:

- M zeekleigronden
- K oude kleigronden
- R jonge rivierkleigronden
- V veengronden en moerige gronden
- Z zandgronden
- L leemgronden
- S stenige gronden
- A overige gronden (ingedeeld op basis van lutum en org.materiaal in bovenlaag).

Landgebruikskaart

De landgebruikskaart (LGN-1992; Noordman et al, 1997) is een zeer nauwkeurige grid-kaart van Nederland met een resolutie van 25 X 25 meter (bijlage B.c). Deze kaart bevat ongeveer 50 klassen voor verschillende landgebruik, b.v. voor landbouw zijn een aantal categorieën voor combinatieteelt. De landgebruikskaart is gebruikt om de beïnvloeding door verkeer en stedelijke bebouwing te bepalen. Hierbij zijn de klassen “stedelijk bebouwd gebied”, “bebouwing in buitengebied”, “loofbos, naaldbos, gras of kale grond in bebouwd gebied” samengevat als zijnde stedelijke beïnvloeding. Medio 1998 wordt een nieuwe versie van deze landgebruikskaart opgeleverd.

Overstorten kaart

Voor de lokatie van de overstorten is gebruik gemaakt van de overstortenkaart van de Emissie Registratie Collectief (1991). De gegevens voor deze inventarisatie bij de gemeenten en de waterschappen naar de locatie en de frequentie van overstorten (bijlage B.d) zijn verzameld in de periode 1987 - 1991 met als gemiddelde basisjaar 1990. Ondanks dat deze gegevens gedateerd en niet volledig zijn, zijn ze toch gebruikt. De data zijn immers in dezelfde periode

verzameld als de waterbodemegevens. Het waren ten tijde van de analyse van de gegevens ook de enige die beschikbaar waren.

Verkeerswegenkaart

Voor de locatie van de verkeerswegen is gebruik gemaakt van de BASISNET-kaart van de Adviesdienst voor Verkeer en Vervoer. Dit is een geografisch nauwkeurige kaart met de ligging van de wegen. De intensiteit van het verkeer is overgenomen van kaarten van de Provincie Noord-Holland. De kleinere wegen zijn niet op deze kaart gedigitaliseerd, maar de ligging hiervan is betrokken uit de LGN-2 kaart.

4. WABOGIS

De ruimtelijke invloed is bepaald door van elk meetpunt te bepalen of het meetpunt beïnvloed wordt door een van deze bronnen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van overlay-techniek en grid-analyses om de locaties van de meetpunten te relateren aan de locaties welke beïnvloed worden door resp. verkeer, riooloverstorten of bebouwing. Elk meetpunt valt hierdoor in een categorie:

- alleen achtergrond belast (atmosferische depositie en uit- en afspoeling van landbodem);
- achtergrond belasting met beïnvloeding door wegen;
- achtergrond belasting met beïnvloeding door verkeer;
- achtergrond belasting met beïnvloeding door overstort;
- achtergrond belasting met beïnvloeding door een combinatie van meerdere invloeden.

In de volgende paragrafen worden de additionele belastingen behandeld met uitleg welke additionele belastingen gebruikt zijn.

4.1 Aanvoer van gebiedsvreemd water en effluenten rwzi's

In het Noordhollandse watersysteem worden aanzienlijke vrachten van al dan niet diffuse bronnen door waterstromen verplaatst. Er wordt water vanuit het Markermeer en het IJsselmeer ingelaten, bij droogte laat elke polder water in vanuit de boezem, dit boezemwater kan op een eerder punt van de weg als effluent uit een rwzi gekomen zijn. Voor de kwaliteit van water en waterbodems is dit een belangrijk aspect. Informatie over de plaatsen waar water ingelaten wordt, wat de hoeveelheden, de kwaliteit en de verspreiding van het gebiedsvreemde water is, was nog nauwelijks voorhanden. In bijlage D wordt ingegaan op de mogelijkheden voor berekening van de aanvoer van gebiedsvreemd water. Aangezien de ruimtelijke uitwerking voor deze beïnvloeding niet mogelijk was, is inlaat gebiedsvreemd water niet als een aparte groep meegenomen. Te meer daar het PAK-gehalte van inlaatwater gewoonlijk erg laag is.

4.2 Uitloging van gecreosoteerde beschoeiing

Uitloging van gecreosoteerde beschoeiing is een belangrijke bron van emissies van PAK naar het oppervlaktewater. Volgens de REGWABO modellering bestaat bij gecreosoteerde beschoeiing een grote kans op klasse 3 specie: voor zandsloten 86%, kleislotten 79% en veensloten 45 % (Kramer et al, 1997). Evaluatie van de dataset op het effect van gecreosoteerde beschoeiing is niet mogelijk, aangezien niet bekend is welke watergangen een gecreosoteerde beschoeiing hebben. Ook het LAWABO-bestand levert hierover geen informatie. Deze vorm van beïnvloeding is daarom helaas niet meegenomen. Het is zeer goed

mogelijk dat een nadere analyse van het voorkomen van de beschoeiingen, uitschieters van PAK-gehalten in de WABOGIS analyse kunnen verklaren. Het wordt aanbevolen, bij de meetpunten informatie over de beschoeiing op te nemen.

4.3 Riolverstorten

Riolverstorten leveren een lokale verontreiniging met PAK op. Afhankelijk van de frequentie van overstorten en de hoeveelheid verontreinigd slib dat in het oppervlaktewater geloosd wordt, is er sprake van meer of minder belasting van het oppervlaktewater. Voor dit proefgebied is een GIS-kaart met de locaties van de overstorten voor Noord-Holland in combinatie met het Waterstaatkundig Informatie Systeem (WIS) gebruikt. Dit bestand had voor elke overstort de locatie en het aantal overstorten per jaar. Aangezien de verhouding tussen het aantal overstorten en de mate van verontreiniging niet bekend is, is bij de verdere uitwerking het onderscheid in frequentie niet meegenomen.

Bij de geografische analyse zijn de volgende stappen uitgevoerd:

- De afstand tussen elk meetpunt en het overstort moet minder dan 500 meter zijn. Hiervoor zijn de kaart met de locaties van de meetpunten en de kaart met de riolverzuiveringsinstallaties aan elkaar gerelateerd. Meetpunten die binnen 500 meter afstand van een overstort lagen zijn geklassificeerd als zijnde beïnvloed door een overstort.
- De volgende beperking betreft de hydrologische situatie. Vaarten of weteringen die dicht bij elkaar, maar in een ander afwateringselement of peilgebied liggen, staan vaak niet met elkaar in verbinding. Het waterpeil wordt nauwkeurig op peil gehouden door stuwen of gemalen, waardoor van vrije stroming niet altijd sprake is. Voor de beïnvloeding door overstorten geldt daarom tevens de eis, dat het overstort in hetzelfde peilgebied ligt als het meetpunt.

Het resultaat van deze analyse is te zien in figuur 4.1. Van de 763 meetpunten zijn op deze wijze 108 meetpunten geselecteerd die beïnvloed worden door een riolverstort. Hierbij is geen onderscheid gemaakt in de mate van beïnvloeding. Ook hier geldt dat er veel verfijningen in de methode zijn aan te brengen, dit heeft echter alleen zin als er meer kennis over de overstorten beschikbaar is.

4.4 Verkeer

Voor het effect van verkeer op de waterbodempkwaliteit moet onderscheid gemaakt worden naar verwaaiing en runoff van wegen en het effect van wegriolering op de emissie naar de sloten. De invloed van verwaaiing en runoff wordt verondersteld beperkt te zijn tot de eerste 15 meter vanaf de weg. De verspreiding via de lucht is verder een deel van de "atmosferische depositie". Onder wegriolering wordt verstaan de riolering van kunstwerken

zoals bruggen en viaducten die via een riolering op het oppervlaktewater lozen. Hiervan kan het effect op de sloten over een grotere afstand gelden.

Om te bepalen welke meetpunten wel of niet beïnvloed worden door wegverkeer, is gebruik gemaakt van twee bestanden. De landgebruikskaart (Noordman et al, 1992) is een grid-kaart van Nederland met een resolutie van 25 x 25 meter met o.a. wegen. De volgende geografische berekeningen zijn uitgevoerd op het LGN-2 bestand:

- selectie maken met alleen de gridcellen met wegen;
- een bufferzone van 100 meter om de weg;
- bepalen welke meetpunten binnen de bufferzone lagen.

Aangezien lang niet alle wegen bij deze landgebruikskaart als zodanig geïnclassificeerd zijn, is tevens gebruik gemaakt van het Basisnet-bestand (Rijksdienst voor Verkeer en Vervoer), een geografisch nauwkeurige wegenkaart zonder informatie over de verkeersintensiteit. De wegen zijn in dit bestand gedigitaliseerd als lijnen. Dit bestand is aangepast door voor elke weg het onderscheid aan te brengen naar snelwegen, provinciale wegen en overige wegen. Met het onderscheid van het type weg kan dan een bufferzone om de weg gemaakt worden, waarbij de breedte van de bufferzone afhankelijk is van het type weg. Voor snelwegen is een bufferzone aangelegd van 100 meter aan weerszijde van de weg, voor provinciale wegen 50 meter en voor overige wegen 25 meter. Door dit bestand naast het LGN-bestand te gebruiken, is ook de beïnvloeding door kleinere wegen meegenomen. Het effect van deze buffering is te zien in figuur 4.2.

4.5 Uitspoeling van verhard oppervlak (kassen of bebouwing)

In gebieden met kassen of bebouwing is een groot percentage verhard oppervlak. Door dit grote percentage verhard oppervlak is de atmosferische depositie van een groot gebied geconcentreerd op een lokatie, waardoor een verhoogde concentratie van de PAK gehalten te verwachten valt. Bij veel kassen zijn spaarbekkens aangelegd voor de opvang van hemelwater, dat gebruikt kan worden als gietwater in de kassen. Alleen bij hoge neerslag wordt het regenwater op het oppervlaktewater geloosd (Braak et al, 1997). Onduidelijk is wat het effect van een spaarbekken voor opvang van hemelwater bij de glastuinbouw is op de PAK emissie naar het oppervlaktewater. Met het LGN2-Grondgebruiksbestand Nederland (Noordman, 1992) zijn de meetpunten geselecteerd die in de nabijheid van glastuinbouw lagen. Slechts enkele meetpunten van dit bestand zijn gesitueerd in de omgeving van glastuinbouw. Bij kleinere glastuinbouwgebieden is de nauwkeurigheid van het LGN2-bestand beperkt. Van deze glastuinbouw is niet bekend of gebruik gemaakt werd van een spaarbekken. Door dit geringe aantal meetpunten en de onduidelijkheid over de aanwezigheid van een spaarbekken, kon geen relatie gelegd worden tussen glastuinbouw en waterbodembodemkwaliteit. Het mogelijk effect van glastuinbouw is daarom niet berekend.

Bij bebouwing in het landelijk gebied is ook sprake van verhoogde afspoeling door verhard oppervlak naar het oppervlakte water. Tevens kunnen hier andere diffuse processen plaatsvinden. Voor de relatie met bebouwing is gebruik gemaakt van de LGN2-Grondgebruiksbestand Nederland (Noordman, 1992). Hierbij zijn alle meetpunten geselecteerd die binnen 100 meter afstand van bebouwing lagen. Op deze wijze zijn 208 meetpunten geklassificeerd als “stedelijke beïnvloed”.

4.6 Bepaling bodemtype

De meetpunten zijn op de volgende wijze onderscheiden in zand, veen en klei waterbodems op grond van het gehalte aan organische stof en lutum in de waterbodem (Locher et al, 1987):

- Het onderscheid tussen zand en klei is afhankelijk van het percentage “korrelgrootte $< 2 \mu\text{m}$ ” (kgv2). Is dit minder dan 8 %, dan betreft het zand, anders wordt het ingedeeld in klei;
- Venige en moerige gronden zijn samengevat als venige grond. Het onderscheid met zand en kleigronden is afhankelijk van het percentage organisch materiaal in relatie tot het percentage zand. Indien geen lutum aanwezig is, levert een percentage organisch materiaal van 15 % een veenbodem op. Indien klei in de bodem aanwezig is, wordt de bodem pas bij een organisch materiaalgehalte van 30% als veen geklassificeerd.

Deze indeling leverde 115 meetpunten met een zandbodem op, 497 meetpunten met kleibodem en 162 meetpunten met een veenbodem.

4.7 Overzicht van de uitvoering van de analyse met WABOGIS

Van de dataset van het Hollands Noorderkwartier is een selectie gemaakt van meetpunten die betrekking hebben op het regionale water. De boezemwateren zijn in deze analyse niet beschouwd i.v.m. een andere hydrologie en meer diffuse verontreiniging. Aan de hand van het organisch materiaal en het lutumgehalte zijn de meetpunten verdeeld naar zand, klei en veenbodems. De waterbodemkwaliteit op basis van PAK wordt bepaald door een aantal diffuse belastingen, waarbij per diffuse belasting aangegeven is wat de mogelijkheden zijn voor de ruimtelijke integratie. Met de ruimtelijke bestanden (oppervlaktewater: WIS, landgebruik: LGN, overstorten: ERC, verkeerswegen: Basisnet) zijn ruimtelijke overlays gemaakt voor de ruimtelijke integratie van de meetpunten.

Ondanks het ontbreken van enkele diffuse belastingen en onnauwkeurigheden in het basismateriaal is toch een begin gemaakt met de analyse. Het bleek dat voor de ontwikkeling van de methode voldoende bekend was. Tevens waren de eerste resultaten bemoedigend.



Links figuur 4.1 Ruimtelijke analyse van overstorten, waarbij aangegeven is welke meetpunten wel of niet beïnvloed worden door overstorten.

Rechts figuur 4.2 Ruimtelijke analyse van beïnvloeding door verkeer, waarbij aangegeven is welke meetpunten wel of niet beïnvloed worden door verkeer.

5. Resultaten van de analyses van de waterbodempkwaliteit

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de WABOGIS-analyse behandeld. Allereerst wordt de achtergrondbelaste situatie behandeld in absolute gehalten en omgerekend naar standaard bodem, vervolgens het effect van additionele bronnen op het PAK gehalte. Bij de analyse van de waterbodemgegevens moet een keuze gemaakt worden tussen de absolute concentratie en de concentratie gecorrigeerd voor standaard bodem (LAWABO, 1994). Voor het effect van de diffuse belasting verdienen de absolute gehalten de voorkeur, terwijl voor de bepaling van het (eco-)toxicologisch risico de correctie naar standaardbodem belangrijk is. Van beide gehalten worden resultaten gegeven, maar voor de berekening naar waterbodempklassen (hoofdstuk 6) worden naar standaardbodem omgerekende waarden gebruikt.

5.1 PAK gehalten in de achtergrond belaste situatie

De achtergrondbelaste situaties betreffen de locaties, welke volgens de WABOGIS methode, niet in de nabijheid van bebouwing, riooloverstorten en verkeer liggen. Deze meetpunten zijn op basis van organisch stof gehalte en lutum gehalte ingedeeld naar bodemtype. In figuur 5.1 zijn de gehalten van de som 10 PAK zowel gecorrigeerd naar standaard bodem als in niet-gecorrigeerde gehalten weergegeven. In bijlage C is uitleg over de boxplot gegeven.

Zowel voor de absolute gehalten als voor de standaard bodem geldt dat de achtergrondbelaste situatie voor zand en klei bodems rond de 1 mg/kg is. De gehalten in de veen bodem zijn in beide situaties hoger. Bij veen bodems heeft de correctie een veel grotere invloed op de klasseindeling dan bij zand en klei. De achtergrondbelaste situatie leidt bij klei en zandbodems al voor ongeveer de helft van de locaties tot een klasse 2 waterbodemp. Bij veenbodems is er vrijwel altijd sprake van een klasse 2 waterbodemp. In hoeverre de analysemethode van PAK hierop invloed heeft is nog onduidelijk. Recent onderzoek (Fermont et al, in prep.) heeft aangetoond dat vooral in veen natuurlijke stoffen geïdentificeerd kunnen worden als PAK-verbindingen.

De uitschieters naar boven duiden op een additionele belasting die met deze werkwijze niet te traceren valt, bijvoorbeeld gecreosoteerde beschoeiing. Bij het interpreteren van deze resultaten moet daarom op de 25- en 75-procent percentiel (de grenzen van de box) en op de mediaan gelet worden, i.p.v. op de uitschieters.

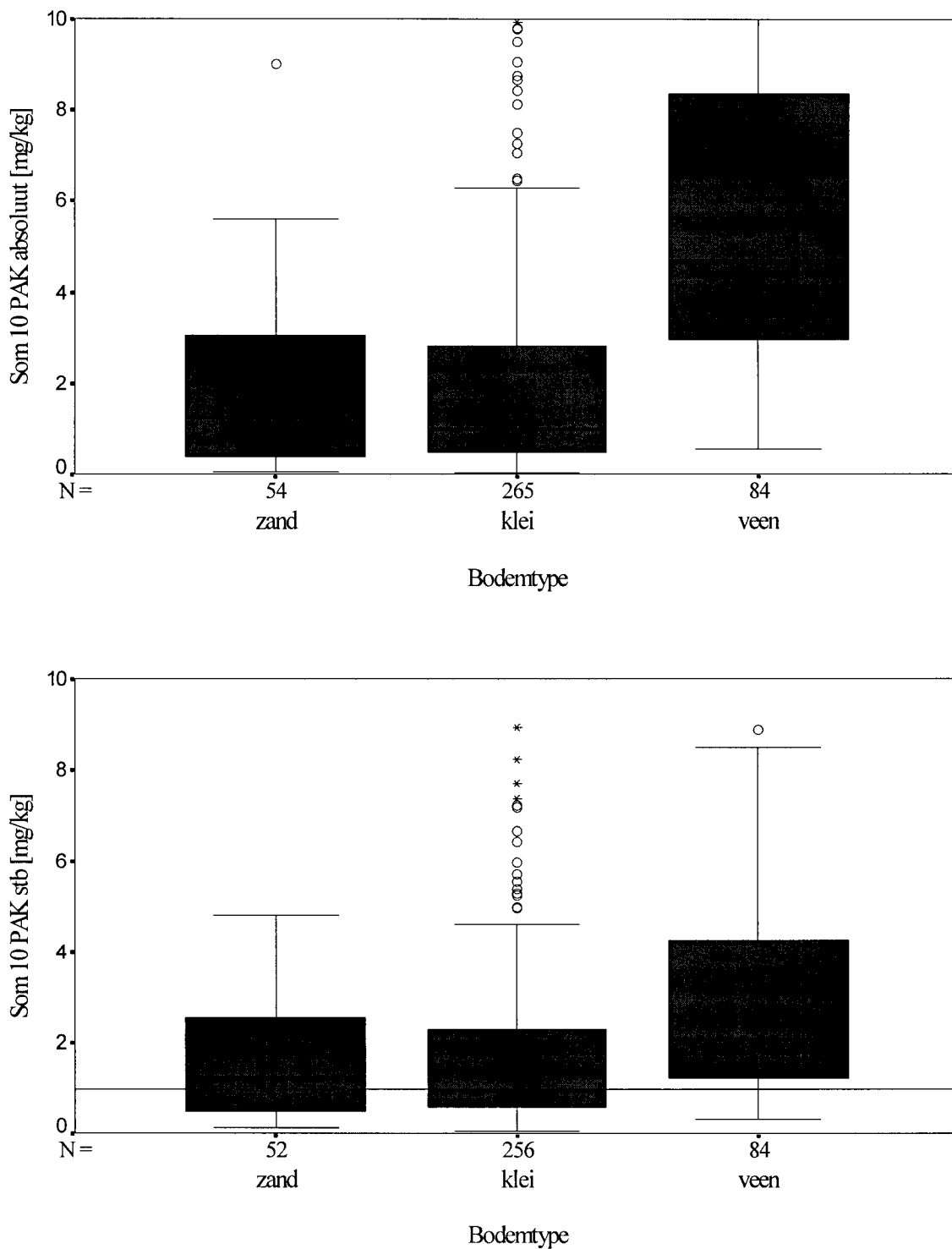


Fig. 5.1. PAK gehalten bij achtergrondbelaste locaties onderverdeeld naar bodemtype. De bovenste boxplot geeft de verdeling in absolute gehalten, de onderste boxplot met gecorrigeerde waarden (standaardbodem). Zie bijlage C voor uitleg over de boxplots.

5.2 Effect van additionele belasting op het PAK gehalte

Bij een additionele belasting is de verwachting dat het PAK-gehalte toeneemt afhankelijk van de mate waarin het meetpunt bloot staat aan de additionele belasting. Door de ruimtelijke relaties met GIS te bepalen is onderscheid te maken in combinaties van één of meerdere additionele belastingen. Hierbij is het mogelijk om cumulatieve effecten van diffuse belastingen in kaart te brengen. In figuur 5.2 en figuur 5.3 zijn boxplots weergegeven waarin de invloed van additionele belastingen ten opzichte van de achtergrondbelasting aangetoond wordt. De eerste figuur geeft de absolute gehalten weer, de tweede de naar standaardbodem gecorrigeerde waarden. Hierin is een duidelijke toename van de absolute gehalten te zien van de achtergrondbelaste situatie naar één additionele belasting, twee of meer additionele belastingen zijn samengevat in een groep omdat hierbij het aantal meetpunten per combinatie sterk verschilde, bij voorbeeld de combinatie "+weg +overstort" bevatte slechts een kleine dataset.

In tabel 5.1 is het percentage meetpunten per klasse voor de mate van beïnvloeding weergegeven. Hieruit blijkt een duidelijke toename van de PAK gehalten bij additionele belastingen.

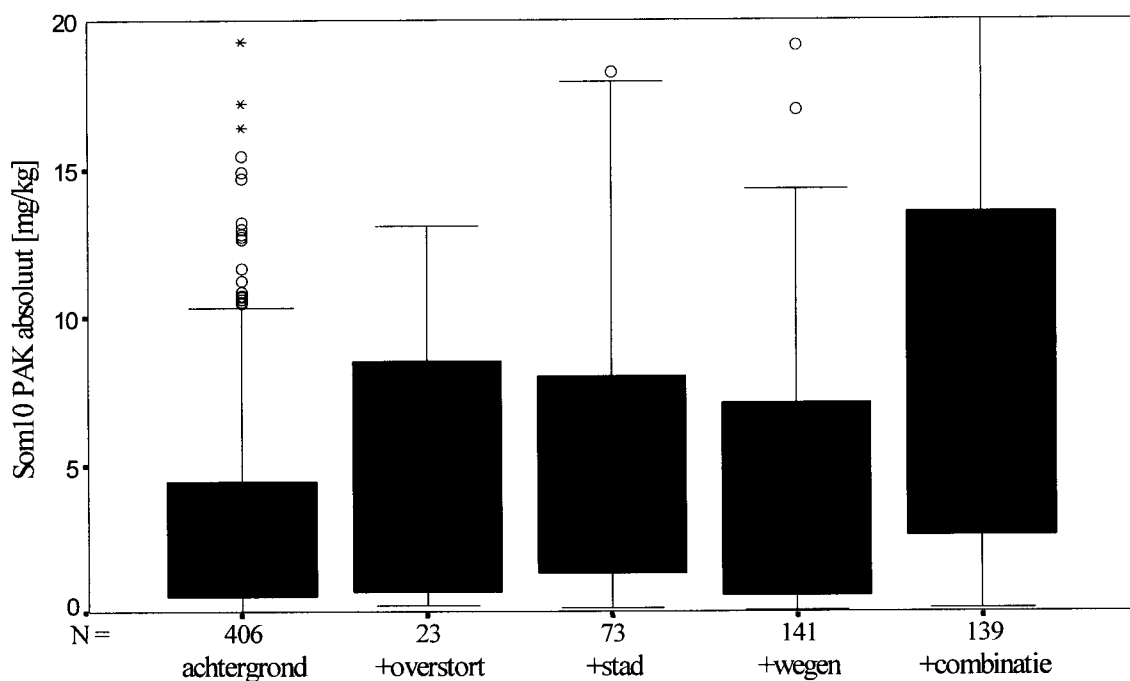


Fig 5.2 Meetpunten ingedeeld naar beïnvloeding bepaald met WABOGIS, weergegeven in som 10 PAK in absolute gehalten.

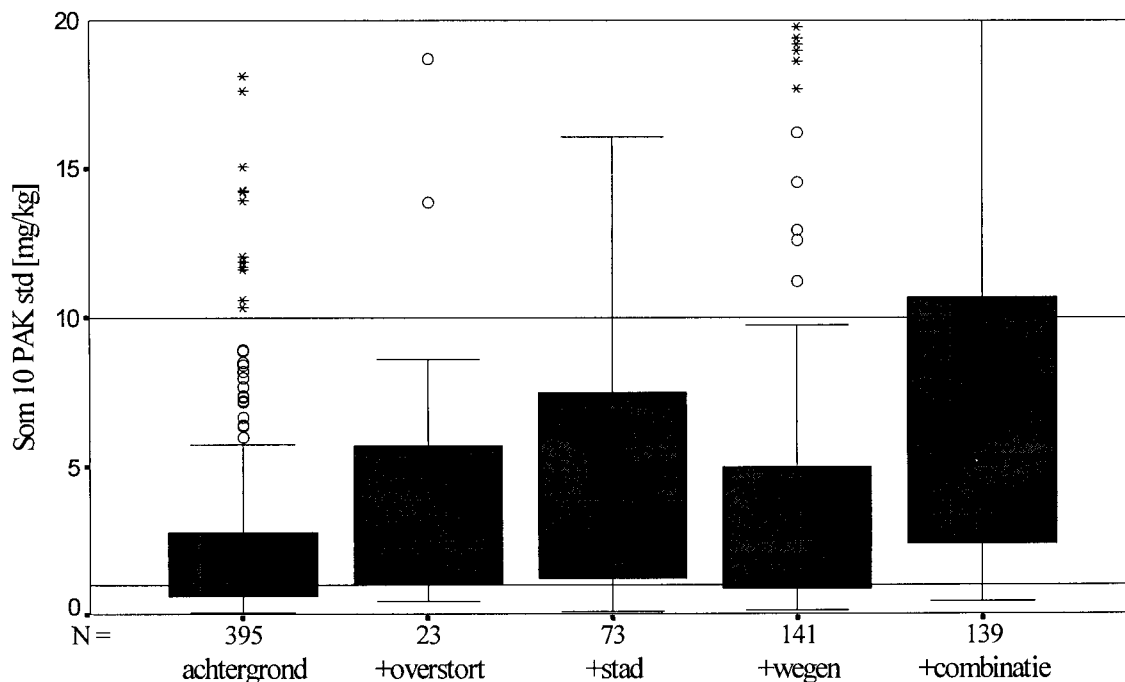


Fig 5.3 Meetpunten ingedeeld naar beïnvloeding bepaald met WABOGIS, weergegeven in som 10 PAK omgerekend naar standaard bodem.

Tabel 5.1 Procentuele verdeling van de locaties naar klasse van de som 10 PAK standaardbodem en de mate van beïnvloeding.

Klasse	0	2	3	4
Achtergrond	43	52	4	1
+overstort	26	61	9	4
+stad	22	60	9	4
+wegen	30	58	12	0
+combinatie additionele belastingen	4	67	25	3

Bij de omrekening naar standaardbodem wordt het onderscheid naar bodemtype belangrijk. Immers de absolute gehalten worden verhoogd of verlaagd afhankelijk van het organisch stofgehalte van de bodem. Een gelijke belasting geeft bij een zand, klei of veenbodem een ander gehalte in de standaard bodem. In figuur 5.4 staat per bodemtype de achtergrondbelaste situatie en de additioneel belaste situatie weergegeven.

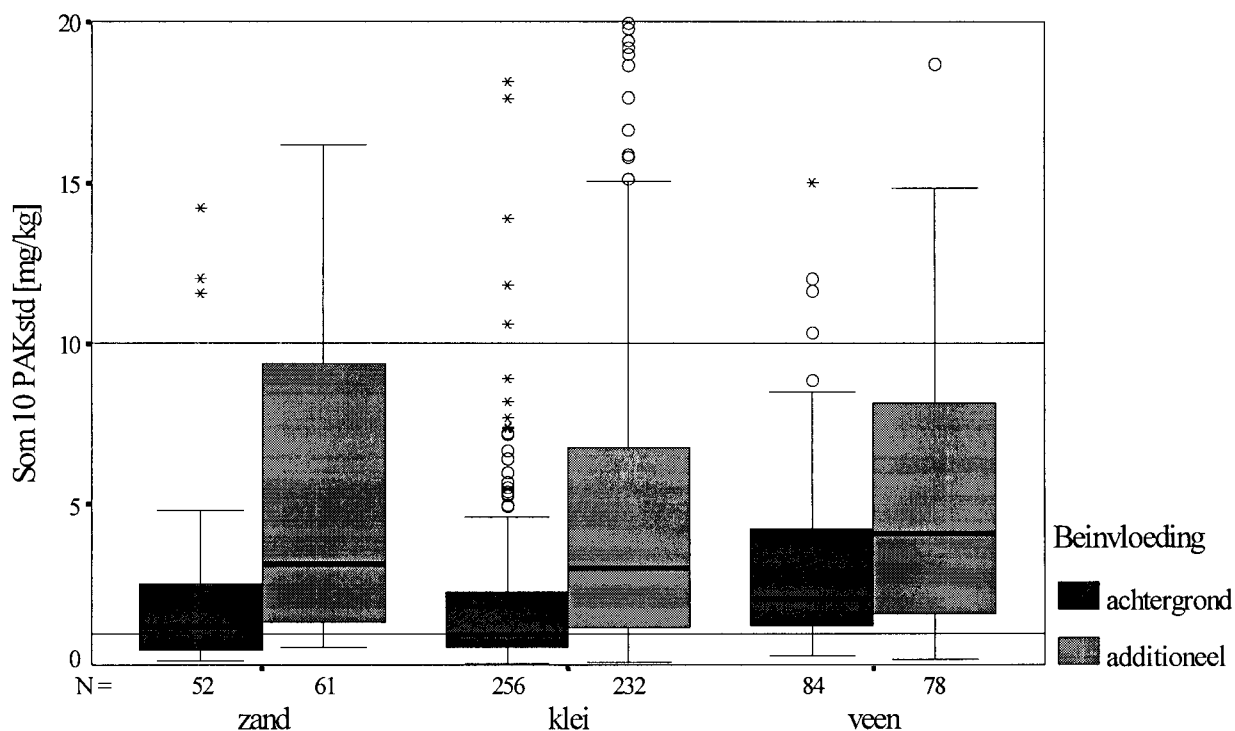


Fig. 5.4 Het gehalte van de som 10 PAK standaardbodem onderverdeeld naar bodemtype en wel of geen additionele belasting bepaald met WABOGIS.

- Bij zandbodems treedt de grootste stijging op van het som 10 PAK gehalte t.o.v. de andere bodems. Bij een achtergrondbelaste situatie is ongeveer de helft van de zandbodems ingedeeld in klasse 0/1. Bij een additionele belasting is dit bijna volledig klasse 2. Ook het 75% percentiel van de zandbodems is in de additioneel belaste situatie het hoogst, bijna klasse 3 waterbodem;
- De veenbodems hebben zowel in de achtergrond- als de additioneelbelaste situatie bijna altijd een klasse 2 waterbodem. Bij veenbodems is de stijging van het PAK-gehalte het minste in vergelijking met de andere waterbodems;
- Het effect van een additionele bron bij een kleibodem is tussen het effect bij zand- en veenbodems.

In bovenstaand overzicht is geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende additionele bronnen en de mate waarin een meetpunt door één of meerdere bronnen beïnvloed wordt.

5.3 Conclusie over WABOGIS voor grotere eenheden

Uit het voorgaande blijkt dat als de gegevens van een vrij groot gebied op basis van geografische bestanden ingedeeld worden in groepen met een gelijksoortige beïnvloeding, de uitkomsten hoopgevend zijn. Het generieke beeld is duidelijk, er zijn wel degelijk beïnvloedingen aan te wijzen door overstorten, wegen en bebouwing in vergelijking met de achtergrondbelasting. Op deze wijze zijn een aantal bronnen van verontreiniging in kaart te brengen, maar enkele belangrijke bronnen ontbreken. Voor deze methode is de beschikbaar-

heid van goede (geografische) bestanden op een voldoende kleine schaal en de mogelijkheid om deze bestanden te koppelen vereist. Bij deze analyse is gebruikt gemaakt van meetpunten van waterbodemegevens en van de WIS kaart voor de ligging van de watergangen. De relatie tussen deze bestanden is niet duidelijk te leggen. Het ontbreken van informatie over de watergangen met gecreosoteerde beschoeiing is een belangrijk gemis. Naast de beschikbaarheid van geografische data is meer onderzoek naar de criteria voor toekenning van een meetpunt aan een diffuse bron belangrijk.

De resultaten uit deze analyse geven wel een duidelijk beeld van het effect van de diffuse belasting door wegen, overstorten en bebouwing op de waterkwaliteit met een onderscheid naar verschillende bodemtypes.

6. Mogelijkheden WABOGIS bij gebiedsstudies

In dit hoofdstuk wordt getracht om de WABOGIS methode toe te passen op kleinere gebieden, maar met meer gedetailleerde informatie. Voor de ruimtelijke eenheid waarmee de gegevens gepresenteerd en geaggregeerd worden is gekozen voor bemalingseenheden. Dit zijn polders die met een of meer gemalen lozen. Eén bemalingseenheid kan uit meerdere peilgebieden bestaan. Enkele bemalingseenheden die in het landelijk gebied liggen en voornamelijk een klei of veen bodem, alsmede een minimale omvang hebben, zijn geselecteerd om een beeld te geven van de waterbodemkwaliteit ontwikkeling in het landelijk gebied. De kaart met de bemalingseenheid is samengesteld uit de WIS-afwateringseenheden kaart, waarbij de peilgebieden die binnen dezelfde bemalingseenheid liggen samengevoegd zijn. Om de waterbodemkwaliteit te berekenen zijn twee aspecten van belang:

- de oppervlakte van het oppervlaktewater binnen een bemalingseenheid om de hoeveelheid bagger te berekenen;
- de mate van diffuse belasting van het oppervlaktewater om de kwaliteit te berekenen;
- de aggregatie naar totalen per bemalingseenheid.

6.1 Uitgangspunten bij WABOGIS bij gebiedsstudies

6.1.1 Berekenen oppervlakte oppervlaktewater

Voor de ligging en de hoeveelheid oppervlaktewater is uitgegaan van de WIS kaart (1995). Hierin zijn alle oppervlaktewateren, als polygoon of als lijnstuk gedigitaliseerd, m.u.v. de kavelsloten. Van elk waterschap is de breedte aangegeven in klassen van smaller dan 3 meter, tussen de 3 en 6 meter, tussen 6 en 25 meter en tussen 25 en 50 meter. Voor het berekenen van de oppervlakte is uitgegaan van de gemiddelde breedte van elke klasse en voor de eerste klasse van 2 meter breed.

Daar niet alle wateren gedigitaliseerd zijn, kan dit een overschatting of een onderschatting opleveren t.o.v. informatie van waterschappen. Bij de polder de Schermer zijn hierdoor veel meer oppervlaktewateren gedigitaliseerd dan wat het waterschap in beheer heeft (ongeveer een factor 4) (Oranjewoud, 1997), terwijl bij de Eilandspolder op deze wijze de hoeveelheid oppervlaktewater onderschat wordt (factor 0.8).

6.1.2 Berekenen diffuse belasting

Voor elk oppervlaktewater wordt de mate van additionele beïnvloeding vastgesteld. Hierbi worden de volgende stappen doorlopen:

- Met de landgebruikskaart word de stedelijke gebieden geselecteerd, vervolgens wordt om de stedelijke gebieden een bufferzone gemaakt van 100 meter. Deze kaart wordt omgezet naar een polygonenkaart. De polygonenkaart met stedelijke beïnvloeding wordt over de oppervlaktewaterkaart gelegd (overlay). Het resultaat is een lijnenkaart waarbij per lijnstuk is aangegeven of er wel of niet stedelijke beïnvloeding is;
- De beïnvloeding door wegen wordt bepaald uit de wegenkaart(Basisnet) en de LGN-kaart. De beide gebufferde kaarten (zie par. 4.4) worden met een overlay over de oppervlaktewaterkaart gelegd. Het resultaat is een kaart met per lijnstuk de informatie of het oppervlaktewater naast een weg ligt of niet;
- Van de overstortenkaart is een selectie gemaakt van de overstorten die in polders liggen; de overstorten in het boezemgebied zijn niet direct van belang voor de waterbodempkwaliteit in de polder maar indirect via inlaat gebiedsvreemd water. Vervolgens wordt een bufferzone om de punten van de overstorten gemaakt (een kaart met cirkels om elk punt), waarbij geldt dat de overstort binnen dezelfde bemalingseenheid moet liggen. Deze kaart wordt gerelateerd aan de bemalingsgebiedenkaart (overlay) zodat het gebied met effect van een overstort begrensd wordt door het afwateringsgebied. Deze kaart wordt gekoppeld aan de oppervlaktekaart, zodat van elk oppervlaktewater per lijnstuk bekend is, of het water wel of niet beïnvloed wordt door een overstort;
- Voor de waterbodempkwaliteit is het bodemtype van belang. Voor deze analyse is een indeling in zand, klei of veen bodem belangrijk. Uit de bodemkaart (de Vries, 1993) is het onderscheid naar zand, veen of klei gemaakt aan de hand van de hoofdclassificatie. De hoofdklasse “overige gronden” zijn per bodemsoort ingedeeld naar zand, veen of klei a.d.h.v. het lutumgehalte en het organisch stofgehalte. Op sommige plaatsen zijn er sterke verschillen in de bodemsamenstelling in de diepte. Bij zand op veen (waardveengronden) of bij klei op zand (beekeerdgronden e.d.) treedt in de diepte een verschil op in de bodemsamenstelling voor het organisch materiaal en het lutumgehalte. Bij de aanleg van sloten worden deze bodemprofielen dan sterk doorsneden. Bijvoorbeeld, de bodem van de sloot is dan een zandbodem, de zijkanten bestaan voor een deel uit kleigrond. Voor de aangroei van de waterbodem is uitgegaan van de bovenste bodemlaag;
- De bodemkaart wordt weer met een overlay gekoppeld met de binnenwatercoverage, zodat van elk lijnstuk bekend is wat de bodemsoort is.

Door deze overlay's zijn de lijnen in de oorspronkelijke overstorten kaart gesplitst in een groot aantal nieuwe lijntjes met per lijntje informatie over de beïnvloeding en de bodemsoort. Het resultaat van de ruimtelijke analyse is te zien in figuur 6.1.

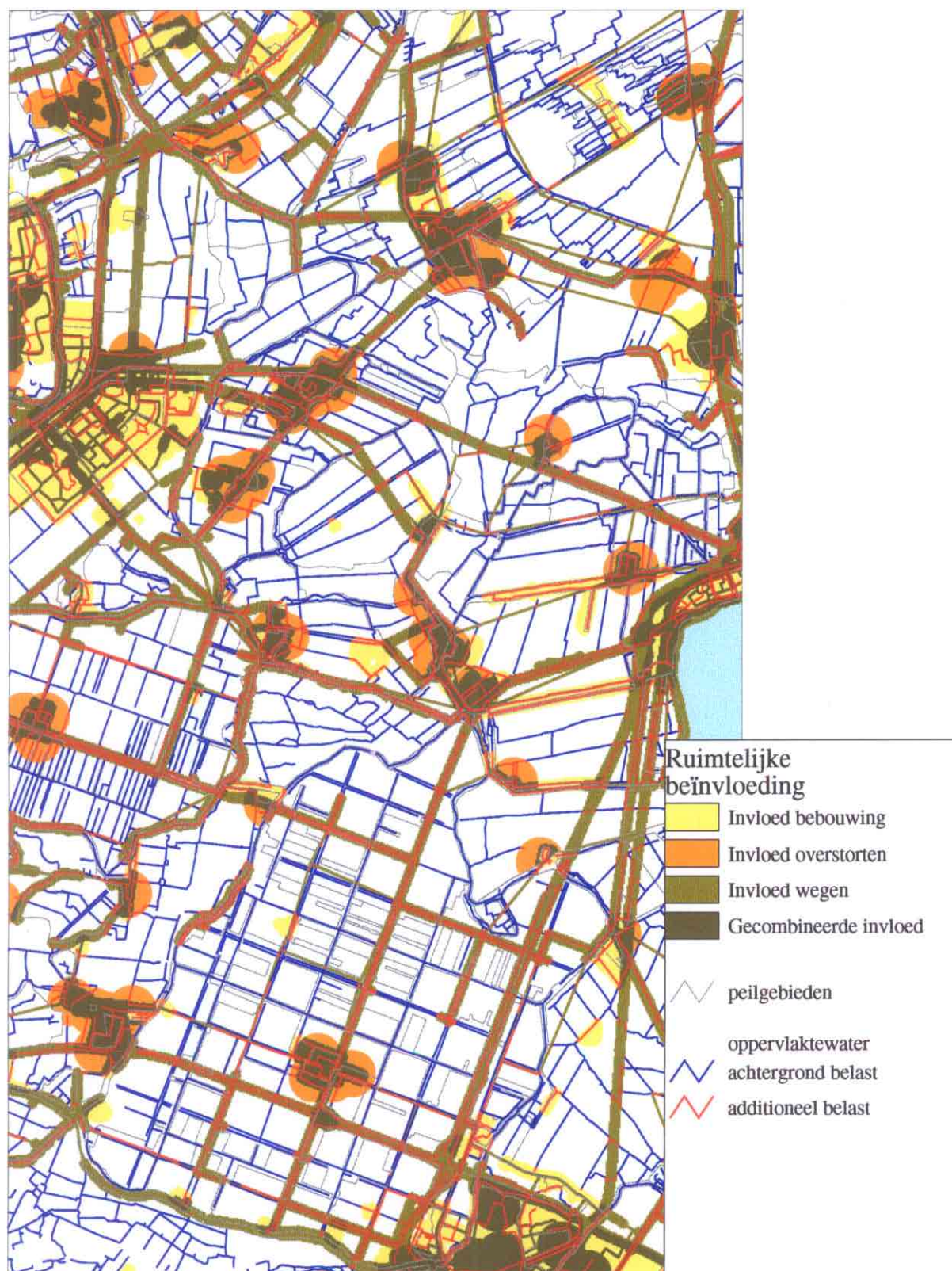


Fig. 6.1 Uitwerking van ruimtelijke beïnvloedingen door wegen, overstorten en bebouwing en indeling van oppervlaktewater in achtergrondbelaste en additioneel belaste oppervlaktewateren.

6.1.3 Bepalen van de kwaliteit en kwantiteit per bemalingseenheid

Uit de bovenstaande GIS berekeningen is voor elk oppervlaktewater (lijnstuk) bekend wat de mate van beïnvloedingen zijn, de bodemsoort, de oppervlakte. De omrekening naar hoeveelheid en klasse gaat met de volgende stappen.

- Een zand of kleibodem heeft een aangroei van 2 cm, terwijl de veenbodems een jaarlijkse aangroei hebben van 3.5 cm (Kramer et al, 1997). De oppervlakte van de waterlopen wordt omgerekend naar een jaarlijkse waterbodemaanwas;
- Per lijnstuk is met de hoeveelheid waterbodembodem aangroei per jaar per klasse waterbodembodemkwaliteit berekend door het wateroppervlakte te vermenigvuldigen met de verwachte aangroei van de waterbodembodem en de kans op een belaste situatie.

De kans op het voorkomen van een waterbodembodemklasse is een extrapolatie van de resultaten van de validatie in hoofdstuk 5 en is een indicatie voor de waterbodembodemkwaliteit (zie tabel 6.1). Bij elk lijnstuk is op deze wijze de hoeveelheid van de 4 klassen bekend. De resultaten hiervan worden gesommeerd per bemalingseenheid, wat de totale hoeveelheid jaarlijkse aangroei bagger onderverdeeld per waterbodembodemklasse per jaar oplevert. Het resultaat van de methode is te zien in figuur 6.2. Het blijkt dat ca. driekwart van de nieuwe waterbodems in klasse 2 of hoger voorspeld wordt.

Tabel 6.1 Voorspelling van de kans (%) op een bepaalde waterbodembodemkwaliteit op grond van enkele additionele belastingen.

Bodemtype klasse	zand				klei				veen			
	0/1	2	3	4	0/1	2	3	4	0/1	2	3	4
achtergrond	44	46	10	0	51	45	3	1	18	76	5	1
+overstort	0	50	50	0	40	53	0	7	0	80	20	0
+weg	14	71	14	0	36	54	10	0	20	70	10	0
+stedelijk	28	44	28	0	21	71	9	0	19	57	19	5
+ meerdere additioneel	5	70	15	10	3	67	27	2	6	66	28	0

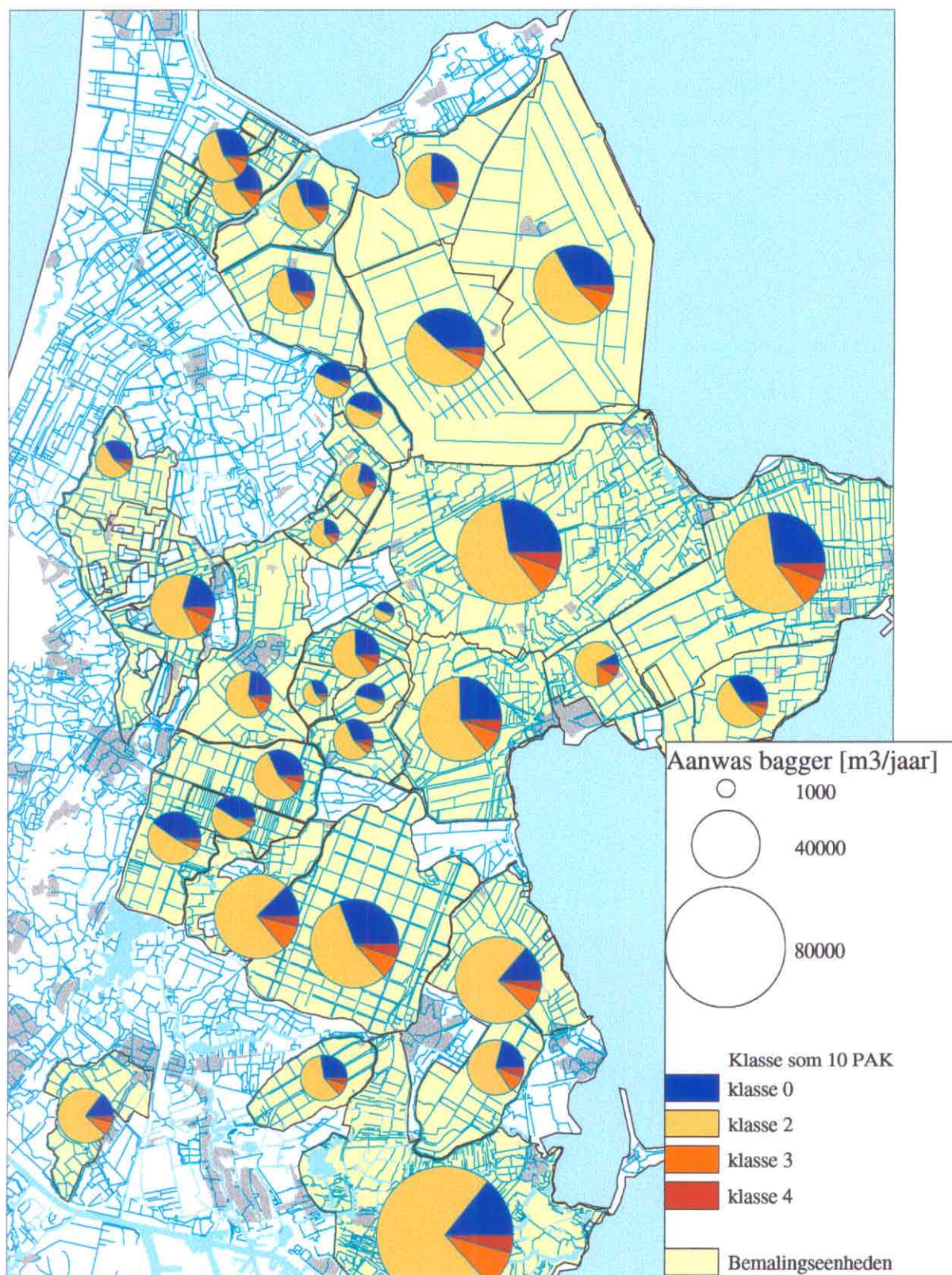


Fig. 6.2 Indicatie jaarlijkse aanwas van waterbodems voor een aantal geselecteerde afwateringseenheden. De aanwas is onderverdeeld naar klasse op basis van de WABOGIS berekeningen. De hoeveelheid is gebaseerd op alle watergangen in de WIS kaart (in de kaart zijn alleen de bredere aangegeven).

6.2 Samenvatting WABOGIS bij gebiedsstudies

Uit de WIS-kaart is de totale hoeveelheid oppervlaktewater bepaald en deze oppervlaktewateren zijn gecombineerd met de bodemkaart om de verschillende aangroei-eenheden bij verschillende bodemsoort te bepalen. Dit geeft een indicatie van de totale jaarlijkse aanwas van de waterbodem per bemalingseenheid. Deze indicatie kan afwijken van de informatie van de waterschappen doordat in de WIS-kaart een selectie van het oppervlaktewater gedigitaliseerd is, wat kan afwijken van het oppervlaktewater wat de waterschappen in beheer hebben.

De kwaliteit van de waterbodem is bepaald door per oppervlaktewater te bepalen in hoeverre het water beïnvloed wordt door stedelijke bebouwing, verkeer of overstorten. Per type beïnvloeding is de kans op een waterbodemklasse (tabel 6.1) geëxtrapoleerd, om een indicatie van de waterbodemklasse te krijgen. Deze informatie wordt geaggregeerd tot totalen per bemalingseenheid.

7. Discussie en Conclusies

Deze studie is een eerste aanzet voor ruimtelijke modellering van de waterbodempromblematiek. Het doel was om een diagnose en een prognose van de waterbodempromblematiek te geven voor het regionale oppervlaktewater. Bij deze studie zijn een aantal beperkingen en tekortkomingen gesignaleerd welke van belang zijn voor een beter inzicht in de effecten van de diffuse belastingen. Ondanks deze beperkingen wordt een beeld gegeven van de waterbodempromblematiek onder invloed van de diffuse belastingen.

7.1 Discussie

De belangrijkste informatie die ontbreekt voor deze analyse is de ligging van de watergangen met gecreosoteerde beschoeiing. De aanwezigheid van gecreosoteerde beschoeiing geeft een hoge kans op klasse 3 waterbodems (Kramer et al, 1997). Het ontbreken van deze informatie verklaart mogelijk de uitschieters in de waterbodempromblematiek. In het LAWABO bestand ontbreekt de mogelijkheid om informatie over het type beschoeiing in te voeren. Een andere bron van diffuse belasting van PAK waarover geen informatie voorhanden was, is de belasting met PAK door de inlaat van gebiedsvreemd water. Uit het LAWABO-bestand blijkt dat op locaties met inlaat gebiedsvreemd water er bijna altijd sprake is van klasse 2 waterbodempromblematiek; een verschil met het IRIS-model waar inlaat water nauwelijks effect heeft.

De bestanden die wel aanwezig zijn, zijn niet altijd toegespitst op dit onderwerp. Voor het effect van overstorten is het belangrijk om onderscheid te maken naar overstorten van een gescheiden stelsel en overstorten van gemengd stelsel, de hoeveelheid rioolslib per overstort en de frequentie van overstorten. Alleen de frequentie van de overstorten was aanwezig in dit bestand. Een betere uitwerking van het effect van riooloverstorten was hierdoor niet mogelijk. De watergangen in de WIS kaart zijn wel voor dit doel gemaakt, maar kunnen soms moeilijk te vergelijken zijn met de hoeveelheid oppervlaktewater die in beheer is bij de waterschappen, bij voorbeeld doordat alleen watergangen breder dan 6 meter opgenomen zijn (Oranjewoud, 1997). De vergelijking met de procesmodellering, zoals het IRIS-model (Kramer et al, 1997), wordt bemoeilijkt door de verschillen tussen de diffuse belastingen zoals die gehanteerd worden bij het IRIS-model en die beschikbaar zijn bij de ruimtelijke bestanden.

De meetpunten die de basis voor deze studie vormen, zijn mengmonsters over een bepaald vak met een lengte van 0.5 tot 2 kilometer, waarbij één x- en y-coördinaat gegeven is. Een koppeling van dit meetpunt met het vak waarop het mengmonster betrekking heeft zou een verbetering zijn. Bij het definiëren van de additionele belastingen met ruimtelijke bestanden moeten keuzes gemaakt worden voor wel of geen beïnvloeding. De afstand waarop bijvoorbeeld een overstort effect heeft, is een bepalende factor.

7.2 Conclusie

De analyse van de ruimtelijke spreiding van PAK in waterbodems in het Hollands Noorderkwartier toont aan dat WABOGIS een bruikbaar instrument is om meer inzicht te verkrijgen in de invloed van diffuse bronnen op de kwaliteit van waterbodems. Uit de ruimtelijke verspreiding kan afgeleid worden wat de kans is op een bepaalde waterbodemkwaliteit aan de hand van omgevingsfactoren, zoals de samenstelling van de naburige landbodem of de aanwezigheid van bebouwing of overstorten..

Bij zand- en kleibodems heeft de waterbodem in de achtergrondbelaste situatie klasse 0 of 2, terwijl veenbodems meestal klasse 2 is. Bij een additionele belasting is het effect bij een zandbodem het grootst. Locaties in de buurt van overstorten en stedelijke gebieden hebben duidelijker hogere PAK gehalten dan "niet-achtergrond belaste" locaties. Vooral in gevallen, waar een combinatie van belastingen de waterbodemkwaliteit bepaald heeft, is er een grote kans op klasse 3 waterbodems.

In deze studie is uitgegaan van vrij beperkte datasets van verschillende herkomst. De kennis van de ligging van overstorten was en is nog steeds beperkt, er kon geen rekening gehouden worden met het al dan niet voorkomen van gecreosoteerde beschoeiingen of de inlaat van gebiedsvreemd water. Juist deze beperking toont aan dat een verfijning van de methode een niet onaanzienlijke meerwaarde kan geven. Het verdient aanbeveling om vast te stellen welke ruimtelijke bestanden hiervoor nodig zijn of welke bestanden nauwkeuriger gemaakt moeten worden. Een belangrijk aspect hierbij is dat de databestanden van diverse herkomst met elkaar in verband gebracht moeten kunnen worden. Dit stelt hoge eisen aan de planning en kwaliteit van data-acquisitie. Hoe nauwkeurig de gegevens zijn des te nauwkeuriger zullen de verbanden tussen diverse bronnen van verontreiniging en waterbodemkwaliteit naar voren komen. Dit geldt ook voor andere stoffen in de waterbodems. Uit de Landgebruikskaart is nu alleen informatie over stedelijke gebieden en wegen gebruikt, het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in waterbodems zou mogelijk voorspeld kunnen worden met de classificaties bloembollen, maïs of graan van de Landgebruikskaart.

De koppeling van de dataset van de waterbodems in het Hollands Noorderkwartier en de landelijke gegevens van het RIVM laten zien dat er veel voordelen te behalen zijn aan een wederzijds aanpassen van de geografische informatiebestanden. DE WABOGIS systematiek kan ook gebruikt worden om, na bepaalde aannamen van de aangroei van waterbodems, de waterbodemkwaliteit bij bijvoorbeeld oversorten en wegen te voorspellen. Vooral bij deze modellering wordt de nauwkeurigheid van de voorspelling sterk bepaald door de kwaliteit van de gegevens.

Literatuur

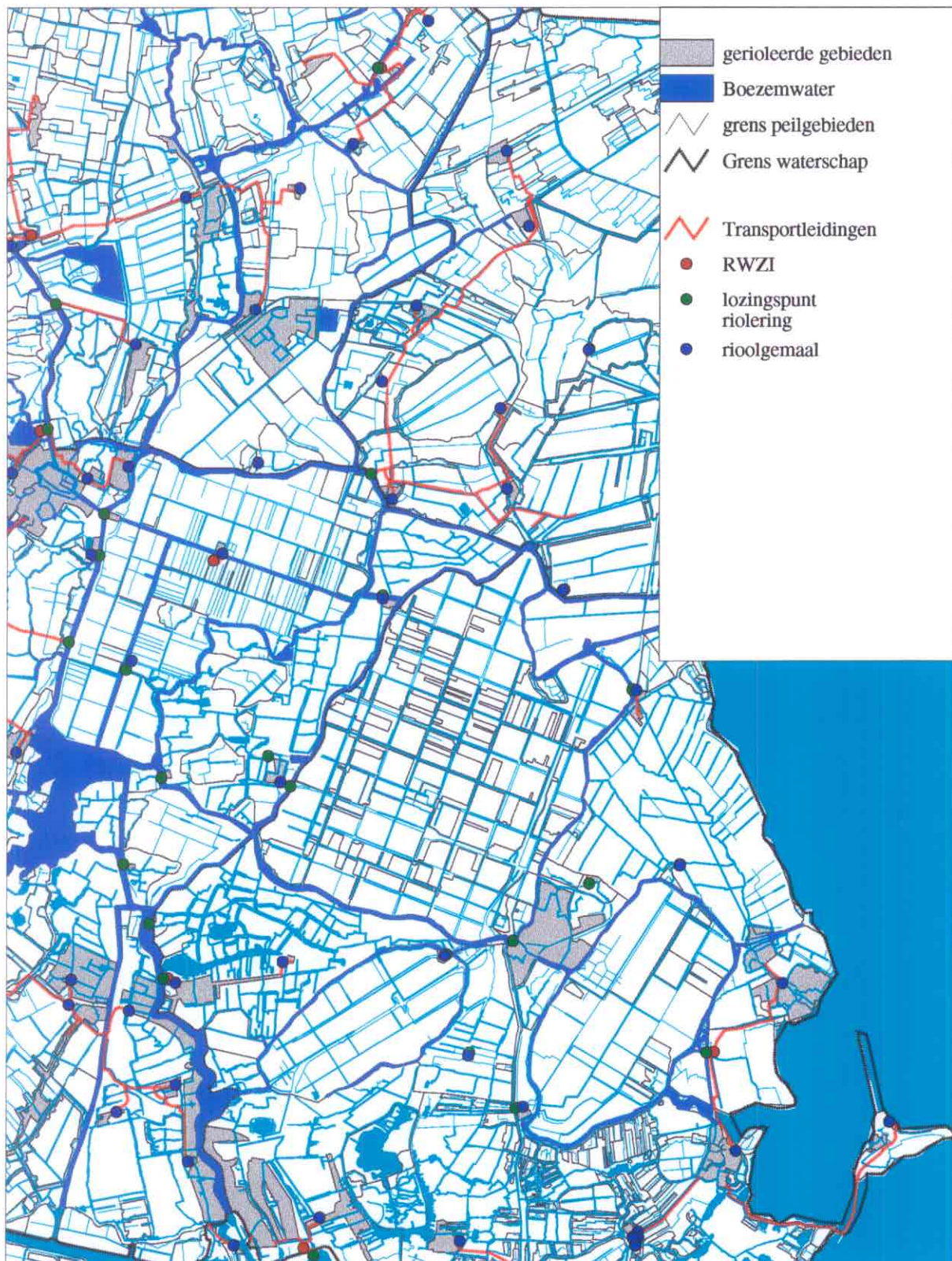
- Adviesdienst voor Verkeer en Vervoer (AVV), 1993. Basisnet. Rijkswaterstaat.
- Baart, A.C., J.J.M. Berdowski, J.A. van Jaarsveld, 1995. Calculation of atmospheric deposition of contaminants on the North Sea. TNO-MW report R95/138.
- Basisdocument PAK, 1989. RIVM/Ministerie VROM.
- Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie, Kamerstukken II, 1993-1994, 23 450, nr 1.
- Braak, H.J. van de, E.P. Querner, Ph. Hamaker, 1997. De invloed van de glastuinbouw op de waterhuishouding. H20, pag 721-725.
- C.B.S, 1992. Enquete rioolwaterzuivingsinstallaties.
- Emissie Registratie Collectief, 1991. Lokaties overstorten.
- Evaluatienota Water, 1993. Aanvullende beleidsmaatregelen en financiering. Min. van V & W, Tweede Kamer 21 250, nrs. 27-28.
- Fermont, W., P. David, A. Bosch, 1997. Polycyclische aromatische koolwaterstoffen in veenprofielen. Concept eindrapport, STOWA (in prep.). Utrecht.
- Groenendijk, P., J.G. Kroes, 1997. Modelling the nitrogen and phosphorus leaching to groundwater and surface water. DLO Winand Staring Centre (in prep). Wageningen.
- Jones, K.C., J.A. Stratford, K.S. Waterhouse, E.T. Furlong, W. Giger, R.A. Hites, C. Schaffner, A.E. Johnston, 1989. Increases in the Polynuclear Hydrocarbon Content of a Agricultural Soil over the last Century. Environ. Sci. Technol., 23, 95-101.
- Kramer, P.R.G., A.M. Huiting, J.E.M. Beurskens, T. Aldenberg, 1997. Verkenning bodemkwaliteit regionale wateren. Huidige en toekomstige gehalten van PAK in slootbodems., RIVM rapport nr. 733007001, STOWA rapport nr. 96-28, Bilthoven.
- LAWABO, 1994. LAWABO 4.0. Gebruikershandleiding. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, RIZA.
- Het Lange Rond, 1993. Waterbeheersplan 1993-1996. Het Lange Rond; Algemeen deel en regionaal deel.
- Locher, W.P., H. de Bakker, 1987. Bodemkunde van Nederland. Deel 1: Algemene bodemkunde. Den Bosch.
- MILBOWA, 1991. Notitie Milieukwaliteitsdoelstellingen bodem en water. Min. VROM.
- Ministerie van VROM, 1998. Evaluatierapportage

- Most, P.F.J. van der, 1998. Min. VROM, Directoraat-Generaal Milieubeheer.
- Noordman, E., H.A.M. Thunissen, H. Kramer, 1997. Vervaardiging en nauwkeurigheid van het LGN2-grondgebruiksbestand. SC-DLO rapport 515, Wageningen.
- Oranjewoud, 1997. Rapport Baggerplan het Lange Rond. Projectnr. 3580-90282
- Vries, F. de, 1993. Een fysisch-chemische karakterisering van de eenheden van de Bodemkaart van Nederlandse schaal 1 : 250 000. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 265.
- Wakeham, S.G., C. Schaffner, W. Giger, 1980. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Recent Lake Sediments. II Compounds Derived from Biogenic Precursors during early Diagenesis. *Geochim. Cosmochim.*, 44, 415-429.
- Unie van waterschappen, 1996. Concept-rapportage unie-enquete waterbodems 1994. Den Haag.
- WIS, Waterstaatkundig Informatie Systeem, 1995. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, Delft.

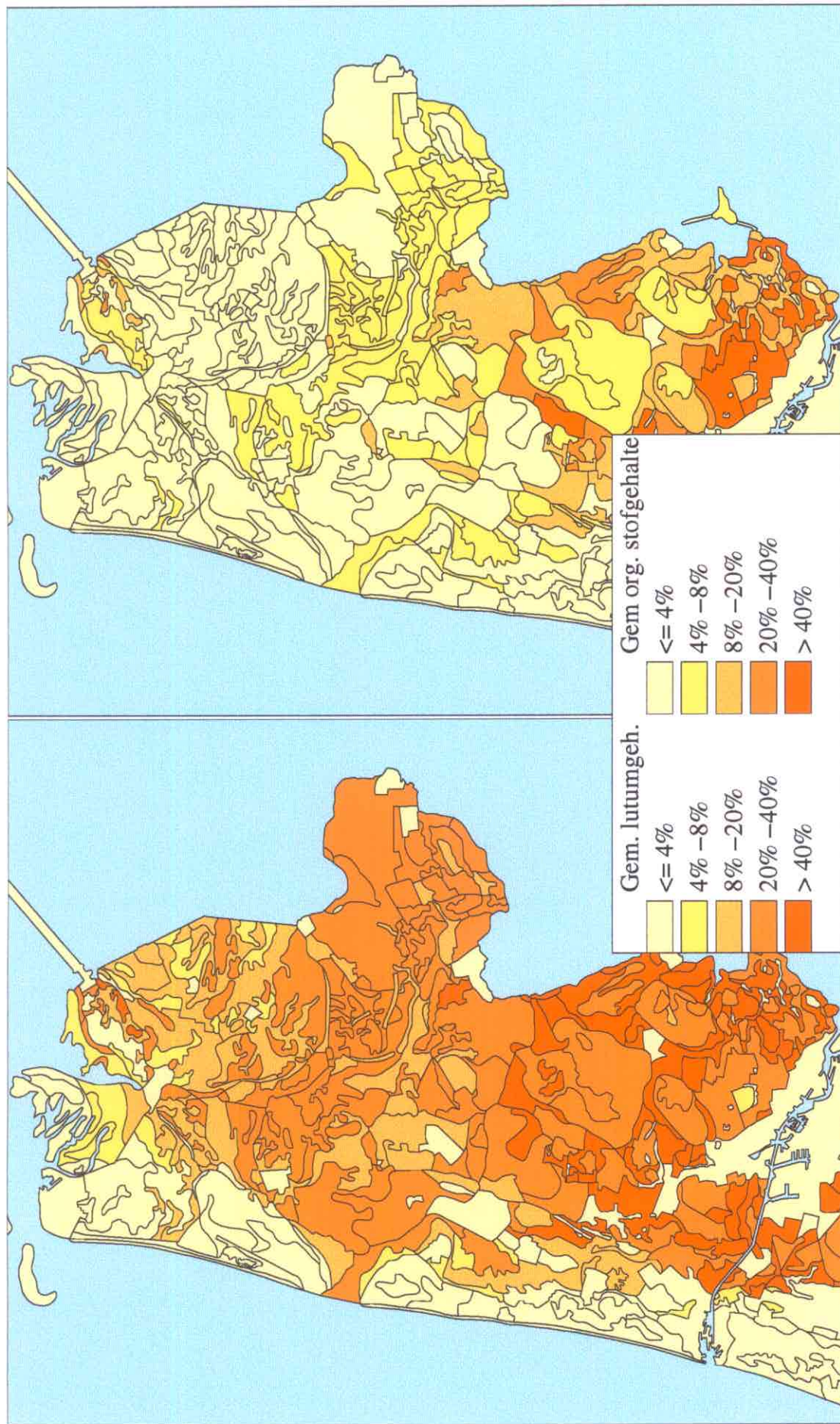
Bijlage A Verzendlijst

- 1-2 Directie Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
- 3 Directoraat-Generaal voor Milieubeheer, Directie Bodem
- 4 W. Munters, VROM-DGM/Bodem, Den Haag
- 5 J.E.M. Beurskens, Waterschap Maaskant, Oss
- 6 P.R.G. Kramer, RWS Directie Limburg, Maastricht
- 7 S. G. Verbeek, Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier, Edam
- 8 C. Roos, Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier, Edam
- 9 W.J. Stuurman, Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier, Edam
- 10-19 Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier, Edam
- 20 B. van der Wal, STOWA, Utrecht
- 21 P. Holdert, LWI, Gouda
- 22 J. Harmsen, Staring Centrum DLO, Wageningen
- 23 N.M. de Rooij, Waterloopkundig Laboratorium, Delft
- 24 M. Zeeman, Waterloopkundig Laboratorium, Delft
- 25 P.F.J. van der Most, Directoraat-Generaal voor Milieubeheer, Hoofdinspectie voor Milieubeheer, Den Haag
- 26 M. de Kroon, Waterschap Het Lange Rond, Alkmaar
- 27 F. de Pater, Provincie Noord-Holland, Haarlem
- 28 H. van Overbeek, Provincie Noord-Holland, Haarlem
- 29 Bibliotheek Staring Centrum - DLO, Wageningen
- 30 Depôt van Nederlandse Publicaties en Nederlandse Bibliografie, Den Haag
- 31 F. Langeweg
- 32 L.H.M. Kohsiek
- 33 A.H.M. Bresser
- 34 H.J.P. Eijsackers
- 35 R. van den Berg
- 36 L.C. Braat
- 37 J.A. van Jaarsveld
- 38 W. van Duijvenbooden
- 39 E.R. Soczó
- 40 L. Posthuma
- 41 R. van de Velde
- 42 A. van Beurden
- 43 M.C.A.P. Dirkx
- 44 R.O.G. Franken
- 45 E.C.M. Rentinck
- 46 M. Witmer
- 47 L. van Liere
- 48 W. Ligtvoet
- 49 Th. Ietswaart
- 50 F.J. Kragt

51	F.W. van Gaalen
52	F. Lips
53	L. Breebaart
54	T. Aldenberg
55	G. van Drecht
56	J. Janse
57-58	Auteurs
59	SBD/Voorlichting en Public Relations
60	Bibliotheek RIVM
61	Bureau Rapporten Registratie
62-76	Bureau Rapportenbeheer
77-100	reserve

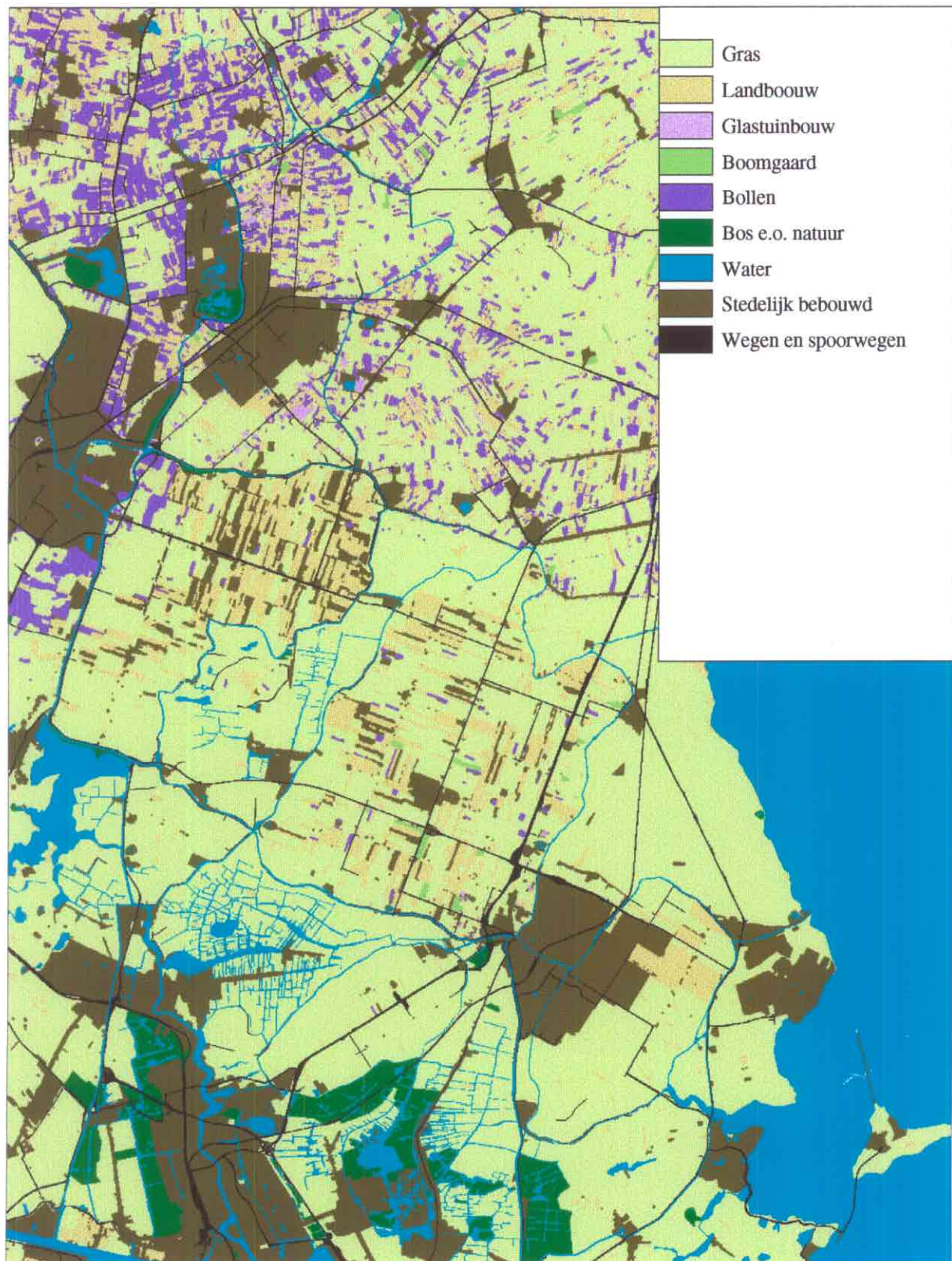


Bijlage B.a Geografische informatie van het Waterstaatkundig Informatie Systeem (WIS). Weergegeven zijn de grenzen van de peilgebieden, de oppervlaktewateren in verschillende breedte klassen, de ligging van de rioolwater zuiveringsinstallaties met evt. de ligging van het lozingspunt en de transportleidingen. Van het oppervlaktewater is het boezemwater donkerder gekleurd. Meetkundige Dienst, 1995.

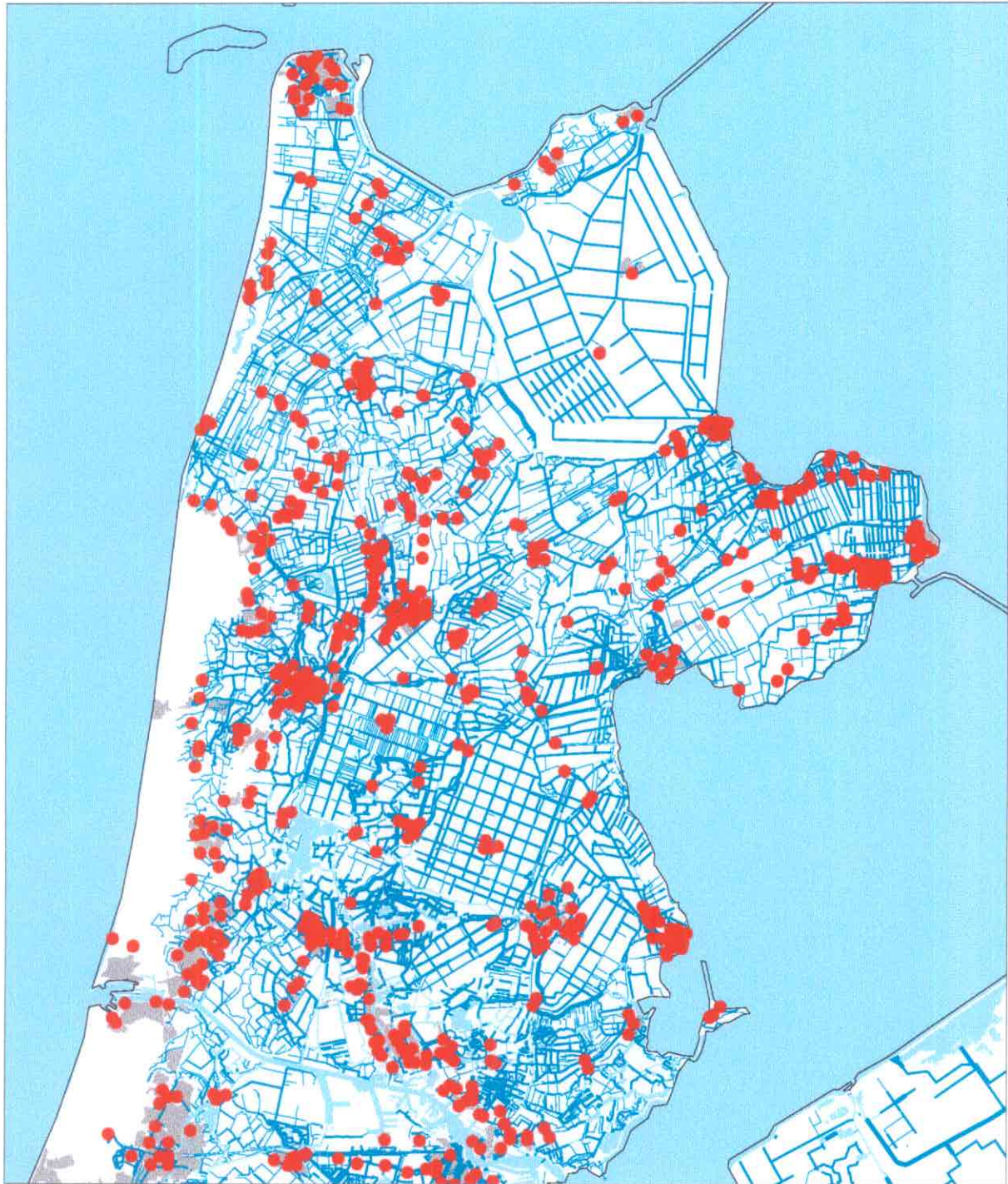


Bijlage B. b Gemiddeld lutumgehalte en organisch stofgehalte van de bodemkaart (de Vries, 1993).

De lijnen geven de verschillende bodemtypes aan.



Bijlage B.c Landgebruik volgens LGN-92 (Noordman, 1997)



Bijlage B.d Lokaties overstorten (Emissie Registratie Collectief)

Bijlage C Boxplots

De resultaten van de analyses zijn weergegeven in boxplots, waarbij enkele karakteristieken van de verdeling van gehalten te zien zijn. De box van de boxplot, weergegeven met het grijze vlak, bevat 50 % van alle waarden. De grenzen van de box markeren de 25- en 75-percentielen. De horizontale lijn in het midden van de box is de mediaan. De verticale lijnen met een horizontale rand (whiskers) laten de range van waarden zien die binnen de grens van 1.5 maal de lengte van de box liggen of tot de hoogste of laagste waarde. Waarden die daar buiten vallen zijn outliers of extremen. Outliers liggen tussen 1.5 en 3 maal de lengte van de box gerekend vanaf de bovenkant of onderkant van de box en worden weergegeven met een rondje. Extreme waarden meer dan 3 maal de lengte van de box van de boven- of onderkant van de box af, deze worden weergegeven met een kruisje. Met deze methode valt snel een beeld te geven van de verdeling van de getallen: de mediaan, de 25- en 75-percentiel, de outliers en of de waarden normaal of scheef verdeeld zijn.

Bijlage D Aanvoer van water

Met de inlaat van water kunnen aanzienlijke hoeveelheden verontreinigingen meekomen. In dit gebied wordt water ingelaten uit het boezemwater, het IJsselmeer en het Markermeer. De lozingen van industrie, scheepvaart en RWZI's die in het boezemwater plaats vinden, kunnen door inlaat van water in het regionale water komen. Voor het effect van inlaat van gebiedsvreemd water op de waterbodemkwaliteit van het regionale water zijn de volgende aspecten van belang:

- locaties van inlaat.
- hoeveelheid inlaatwater.
- menging van gebiedsvreemd water met eigen water
- kwaliteit van het ingelaten water.

Kwantitatieve informatie hierover is moeilijk verkrijgbaar en moet per waterschap opgevraagd worden. Uit de kaarten van de waterschappen kan soms de locaties van de inlaatpunten achterhaald worden, maar deze informatie is niet digitaal beschikbaar. Slechts van enkele grotere inlaatpunten wordt bijgehouden hoeveel water ingelaten wordt, maar meestal is dit niet bekend. Voor de verspreiding van het ingelaten water in het regionale oppervlaktewater is de stroming belangrijk: door welke waterlopen wordt het water geleid. In de WIS kaart is aangegeven welke oppervlaktewateren een wateraanvoerende functie, een -afvoerende functie of beide functies hebben. Voor vrijwel alle oppervlaktewateren geldt dat zij beide functies hebben, waardoor deze informatie geen onderscheidend kenmerk tussen watergangen oplevert. Omdat de hoeveelheid ingelaten water niet bekend is, kan ook niet berekend worden wat de kwaliteitsveranderingen zijn als gevolg van inlaten gebiedsvreemd water. In deze berekeningen is de invloed van gebiedsvreemd water daarom niet uitgewerkt.

De rioolwaterzuiveringsinstallaties in dit gebied lozen hun afvalwater voornamelijk op het oppervlaktewater van de boezem, en in mindere mate op het Noordzeekanaal of het IJsselmeer (WIS, 1995; CBS, 1992). Het regionale water, waar deze studie op gericht is, wordt niet direct, maar wel indirect beïnvloed. Daarom is deze categorie niet apart behandeld. In het LAWABO-bestand zijn een aantal meetpunten met beïnvloeding van een RWZI. Dit betreffen voornamelijk meetpunten in de boezemwateren, die niet meegenomen zijn in de selectie.

Bijlage E Resultaten IRIS

Het IRIS-model beschrijft de kans op het voorkomen van een waterbodempkwaliteit bij een “gemiddelde sloot” (Kramer et al, 1997). Met probabilistische modellering worden de processen die voor de vorming van de waterbodemp zorgen en de processen voor de verspreiding en het gedrag van elk van de 10 PAK gesimuleerd. Uitgegaan wordt van een “gemiddelde sloot”, die 300 meter lang, 2 meter breed en 0.75 m diep is. De modelsloot heeft achtergrondbelasting, veroorzaakt door atmosferische depositie en afspoeling en afkalving van de landbodem. Bij deze achtergrondbelasting kunnen additionele belastingen toegevoegd worden, zoals gebiedsvreemd water, creosoot, overstort, etc., waardoor het effect van deze verontreinigingen duidelijk wordt. Afhankelijk van het gehalte aan organisch materiaal (OM) en lutum (IM) is sprake van een zand-, een klei- of een veensloot (zie tabel E.1)

Tabel E.1 Range van gemeten variabelen in de verschillende typen sloot

	% OM	% IM (=lutum)
zand	1 - 5	3 - 7
klei	5 - 10	15 - 30
veen	15 - 25	20 - 30

Het model rekent voor de 10 PAK van VROM afzonderlijk de gehalten door. De resultaten zijn samengevat voor de 10 PAK en omgerekend naar standaardbodem. Op deze wijze wordt de kans berekend in welke verontreinigingsklasse de waterbodemp valt. De resultaten van het IRIS-model, welke van belang zijn voor de vergelijking met WABOGIS, staan in tabel E.2.

Tabel E.2 Resultaten IRIS-model, alleen de additionele belastingen die relatie hebben met het WABOGIS-model zijn hierin opgenomen.

klasse	Zand				klei				veen			
	0/1	2	3	4	0/1	2	3	4	0/1	2	3	4
achtergrond	44	56	0	0	22	78	0	0	6	94	0	0
+gebiedsvreemd water	38	62	0	0	28	72	0	0	5	95	0	0
+creosoot	0	14	86	0	0	21	79	0	0	55	45	0
+overstort gesch.stelsel	0	0	74	26	0	0	99	1	0	0	100	0
+overstort	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0
+weg	0	100	0	0	0	100	0	0	1	99	0	0
+wegriolering	0	93	7	0	0	100	0	0	0	100	0	0
+effluent RWZI	0	92	8	0	0	77	23	0	0	100	0	0

Bij het IRIS model zijn niet de gegevens van Uitwaterende Sluizen gebruikt, maar veldgegevens van Van der Plicht (Zuiveringsschap Oostelijk Gelderland, 1996), Van der Wal (Hoogheemraadschap van Delfland, 1996) en het rapport van Broer (1995) (Kramer et al, 1997).

Bijlage F Vergelijking IRIS-model en LAWABO- bestand met WABOGIS methode

Een vergelijking tussen de resultaten van IRIS, LAWABO en WABOGIS is niet eenvoudig doordat niet over dezelfde additionele belastingen gesproken wordt. Bij sommige additionele belastingen zijn de definities verschillend of wordt een nadere onderverdeling gemaakt. Bij zandbodems moet rekening gehouden worden met een kleine dataset waarop de indeling in klassen gebaseerd is. Elke methode is ontwikkeld met een bepaald doel. Het IRIS-model is gebaseerd op een andere dataset dan de gegevens die in deze studie zijn gebruikt. Door deze verschillen zijn de drie modellen eigenlijk niet goed met elkaar te vergelijken.

Ondanks deze verschillen zijn er toch overeenkomsten tussen de drie modellen. In tabel F.1 is een overzicht gegeven van de kans op een klasse waterbodem voor zand-, klei- en veenbodems bij verschillende additionele belastingen voor de drie methodes. Hieruit blijkt welke problemen er zijn bij vergelijkingen tussen modellen, maar ook de overeenkomsten.

Hieruit blijkt dat de achtergrond belaste situatie in de drie modellen bij zand- en veenbodems goed overeen komt. Bij kleibodems geeft het IRIS-model een overschatting van klasse 2 aan. De aanvoer van gebiedsvreemd water levert in het LAWABO bestand een verschuiving naar een hogere klasse op, terwijl dit in het IRIS model gelijk blijft.

De additionele belastingen “weg” en “overstort” zijn bij het IRIS-model uitgesplitst, terwijl deze uitsplitsing bij WABOGIS niet mogelijk was. De verschuiving in kwalitatieve zin naar voornamelijk klasse 2 komt bij beide methoden overeen, terwijl bij kleibodems (net als bij de achtergrondbelaste situatie) een hoger percentage klasse 1 gegeven wordt bij het WABOGIS-model t.o.v. het IRIS-model. Bij een stedelijke beïnvloeding geven WABOGIS en LAWABO overeenkomstige resultaten. Het IRIS-model heeft ook berekeningen gedaan voor combinaties van beïnvloedingen, maar deze zijn niet te vergelijken met de resultaten van WABOGIS. In alle drie de modellen geeft een additionele bron bij zandbodems het grootste effect, terwijl bij veenbodems een additionele bron het minste effect geeft.

Uit het bovenstaande blijkt dat de resultaten van LAWABO en IRIS redelijk overeenkomen met de resultaten van WABOGIS, waarbij opgemerkt wordt dat de spreiding bij WABOGIS en LAWABO veel groter is omdat daarbij met veldgegevens gewerkt wordt. De achtergrondbelaste situatie is ook redelijk te voorspellen. Tevens geeft dit overzicht aan wat de mogelijkheden en onmogelijkheden zijn voor de integratie van proces modellen en geografische modellen.

Tabel F.1 Vergelijking tussen de resultaten van de IRIS resultaten, de LAWABO-code beïnvloeding en de WABOGIS resultaten voor zand-, klei- en veenbodems. Bij LAWABO is de groep “achtergrond belast” een combinatie van “akkerbouwgebieden”, “veeteeltgebieden” en “natuurgebieden”. De groep “meerdere additioneel” is een combinatie van beïnvloeding door wegen, stedelijk en/of overstort. De zandbodem indeling is gebaseerd op een kleine dataset.

Zandbodems klasse	IRIS				LAWABO				WABOGIS			
	0/1	2	3	4	0/1	2	3	4	0/1	2	3	4
achtergrond	44	56	0	0	34	44	12	0	44	46	10	0
+gebiedsvreemd water	38	62	0	0	31	61	8	0				
+creosoot	0	14	86	0								
+overstort gesch.stelsel	0	0	74	26								
+overstort	0	100	0	0					0	50	50	0
+weg	0	100	0	0					14	71	14	0
+wegriolering	0	93	7	0								
+effluent RWZI	0	92	8	0								
+stedelijk					6	50	31	13	28	44	28	0
+ meerdere additioneel									5	70	15	10

Kleibodems klasse	IRIS				LAWABO				WABOGIS			
	0/1	2	3	4	0/1	2	3	4	0/1	2	3	4
achtergrond	22	78	0	0	43	48	8	1	51	45	3	1
+gebiedsvreemd water	28	72	0	0	33	55	10	2				
+creosoot	0	21	79	0								
+overstort gesch.stelsel	0	0	99	1								
+overstort	0	100	0	0					40	53	0	7
+weg	0	100	0	0					36	54	10	0
+wegriolering	0	100	0	0								
+effluent RWZI	0	77	23									
+stedelijk					4	80	14	2	21	71	9	0
+ meerdere additioneel									3	67	27	2

Veenbodems klasse	IRIS				LAWABO				WABOGIS			
	0/1	2	3	4	0/1	2	3	4	0/1	2	3	4
achtergrond	6	94	0	0	19	74	6	0	18	76	5	1
+gebiedsvreemd water	5	95	0	0	8	62	23	8				
+creosoot	0	55	45	0								
+overstort gesch.stelsel	0	0	100	0								
+overstort	0	100	0	0					0	80	20	0
+weg	0	100	0	0					20	70	10	0
+wegriolering	0	100	0	0								
+effluent RWZI	0	100	0	0								
+stedelijk					5	59	36	0	19	57	19	5
+ meerdere additioneel									6	66	28	0