

## Bodemzoneringskaart Bedijkte Maas

Projectcode : RWS.S23.20  
Rapportnummer : 99.419  
Datum : 23 februari 2000  
Status : definitief  
Opdrachtgevers : **Rijkswaterstaat Directie Limburg**  
Afdeling ANW  
**Provincie Gelderland**  
Dienst Milieu & Water onderafdeling Afvalverwerking  
**Provincie Noord-Brabant**  
Afdeling Bodem & Afvalstoffen

Contactpersonen CSO : drs. M.C. Hoogvliet  
drs. M.C. Rang

 **Adviesbureau voor milieuonderzoek**  
Regulierenring 20  
3981 LB Bunnik  
telefoon : 030-6594321  
telefax : 030-6571792  
E-mail : [cbunnik@csq.nl](mailto:cbunnik@csq.nl)  
Internet : [www.csq.nl](http://www.csq.nl)



## Inhoudsopgave

	blz.
<b>1 Inleiding</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Doelstelling Bodemzoneringskaart</b> .....	<b>2</b>
<b>3 Achtergronden en probleemstelling</b> .....	<b>3</b>
<b>4 Werkwijze</b> .....	<b>6</b>
4.1 Beschikbare gegevens en gereedschappen .....	6
4.2 Voorbewerking van basisgegevens .....	7
4.2.1 Ordenen van kaartmateriaal.....	7
4.2.2 Voorbewerking van bodemkwaliteitsgegevens .....	7
4.3 Onderscheiden van hoofdzones.....	8
4.3.1 Longitudinale variatie .....	8
4.3.2 Dynamisch en statisch stroomgebied .....	9
4.4 Nadere ruimtelijke indeling van Riviervlakte .....	10
4.4.1 Voorgedefinieerde deelgebieden .....	10
4.4.2 Met behulp van statistiek onderscheiden van deelgebieden binnen Riviervlakte .....	11
4.4.3 Oeverzone .....	12
4.5 Karakteriseren van bodemkwaliteit .....	13
4.5.1 Riviervlakte .....	13
4.5.2 Oeverzone .....	14
<b>5 Resultaten</b> .....	<b>15</b>
5.1 Voorbewerking van basisgegevens .....	15
5.1.1 Ordenen en bewerken van digitaal kaartmateriaal.....	15
5.1.2 Installatie Nazca database .....	15
5.1.3 Invoer van extra waarnemingen .....	15
5.1.4 Voorbewerking van bodemkwaliteitsgegevens .....	17
5.1.5 Verwerking van hoogwaterslib bemonsteringen .....	18
5.2 Longitudinale indeling van onderzoeksgebied .....	18
5.3 Scheiding van Oeverzone en Riviervlakte .....	20
5.4 Onderscheiden deelgebieden binnen Riviervlakte.....	21
5.4.1 Voorgedefinieerde deelgebieden .....	21
5.4.2 Met statistische technieken onderscheiden deelgebieden.....	21
5.5 Bodemkwaliteit Riviervlakte.....	28
5.6 Bodemkwaliteit Oeverzone.....	30
5.6.1 Actuele bodemkwaliteit.....	30
5.6.2 Niveau van herverontreiniging.....	32
5.6.3 Bodemkwaliteitsdoelstelling Oeverzone.....	33
<b>6 Doel, functies en gebruik van de Bodemzoneringskaart</b> .....	<b>34</b>
6.1 Doel van de Bodemzoneringskaart .....	34
6.2 Gebruik van de Bodemzoneringskaart.....	34
6.3 Identificeren van locaties met een niet zone-eigen bodemkwaliteit ...	35
6.3.1 Inleiding .....	35
6.3.2 Beoordelingsmethode .....	36
6.4 kwantificeren van de minimaal gewenste bodemkwaliteit.....	36
6.5 Beoordeling mogelijkheid tot terugplaatsing .....	38
6.5.1 Inleiding .....	38
6.5.2 Beoordelingsmethode op zone-niveau.....	39
6.5.3 Beoordelingsmethode op locatieniveau .....	40
<b>7 Samenvatting en conclusies</b> .....	<b>41</b>
<b>8 Aanbevelingen en opmerkingen</b> .....	<b>43</b>
<b>9 Geraadpleegde literatuur</b> .....	<b>44</b>

## Lijst van figuren

- Figuur 4.1: Voorbeeld van een frequentie verdeling. Gehalten uitgezet tegen het aantal keer dat deze zijn waargenomen. De 90-percentiel ligt in de staart van de verdeling.
- Figuur 5.1: ligging van analyseresultaten uit Nazca database.
- Figuur 5.2: ligging van totaal aantal beschikbare analyseresultaten.
- Figuur 5.3: ligging van in onderzoek gebruikte analyseresultaten.
- Figuur 5.4: Zinkgehalten in hoogwaterslib.
- Figuur 5.5: Zinkgehalten in bovengrond (0 – 0.5m-mv).
- Figuur 5.6: Zinkgehalten in geomorfologische eenheden.
- Figuur 5.7: Zinkgehalten in geomorfologische eenheden.

## Lijst van tabellen

- Tabel 5.1: Uit dataset met analyseresultaten verwijderde uitbijters
- Tabel 5.2: Uitbijters in dataset Riviervlakte.
- Tabel 5.3: Oppervlaktes van onderscheiden gebieden [hectare].
- Tabel 5.4: Bodemkwaliteitsparameters voor **bovengrond** (0 - 0.5m-mv) in **Riviervlakte** [gehalten in mg/kg, behalve \* in µg/kg].
- Tabel 5.5: Bodemkwaliteitsparameters voor **ondergrond** (> 0.5m-mv) in **Riviervlakte** [gehalten in mg/kg, behalve \* in µg/kg].
- Tabel 5.6: Bodemkwaliteitsparameters voor **bovengrond** (0 - 0.5m-mv) in **Oeverzone** [gehalten in mg/kg, behalve \* in µg/kg].
- Tabel 5.7: Bodemkwaliteitsparameters voor **ondergrond** (> 0.5m-mv) in **Oeverzone** [gehalten in mg/kg, behalve \* in µg/kg].
- Tabel 5.8: Kwaliteitsparameters voor **hoogwaterslib** uit 1993 en 1995 [gehalten in mg/kg].
- Tabel 5.9: gemiddelde gehalten in bovengrond Oeverzone (0 t/m 0.5 m-mv) en hoogwaterslib ( $\pm$  0 – 0.05 m-mv) uit 1993 en 1995 [gehalten in mg/kg].
- Tabel 5.10: Gemiddelde gehalten in bovengrond (0 t/m 0.5 m-mv) Oeverzone uit verschillende trajecten en hoogwaterslib ( $\pm$  0 – 0.05 m-mv) uit 1993 en 1995 [gehalten in mg/kg].
-

**Bijlagen:**

- Bijlage A: Statistische technieken
- Bijlage B: Bij vaststellen van grens tussen Oeverzone en Riviervlakte gebruikte kaarten
- Bijlage C: Definitie van Oeverzone, Riviervlakte en deelgebieden binnen Riviervlakte
- Bijlage D: Stroomdiagram gevolgde werkwijze
- Bijlage E: Kans op voorkomen van ENW-klassen
- Bijlage F: Overzicht bronnen van aanvullende analyseresultaten
- Bijlage G: Individuele stoffen binnen de som-parameters
- Bijlage H: Toetsing van risico's
-

## 1 Inleiding

Door een ambtelijke werkgroep bestaande uit vertegenwoordigers van Rijkswaterstaat, de Provincie Limburg, de Provincie Gelderland, de Provincie Noord-Brabant en het Zuiveringsschap Limburg is een ontwerp-beleidsnota opgesteld betreffende Actief Bodembeheer in het Maasdal (ABM, Werkgroep Actief Bodembeheer Maasdal, januari 1999). Deze ontwerp-beleidsnota geeft aan hoe om te gaan met verontreinigd sediment dat vrijkomt bij de uitvoering van werken in het Maasdal. Tevens wordt in de nota een aantal bouwstenen aangedragen om Actief Bodembeheer te concretiseren en te operationaliseren. Eén van deze bouwstenen omvat een methodiek ter vervaardiging van een kaart waarop zones met een gelijksoortige bodemkwaliteit zijn begrensd, de zogenaamde Bodemzoneringskaart. In opdracht van de Provincie Limburg en Rijkswaterstaat Directie Limburg werd een Bodemzoneringskaart voor het Maasdal (traject Eijsden - Heumen) reeds vervaardigd (Hoogvliet & Rang, december 1999). Voorliggend rapport beschrijft de totstandkoming en functie van een Bodemzoneringskaart voor het resterende deel van de Maas binnen het beheersgebied van Rijkswaterstaat Directie Limburg. Dit gebied wordt in deze rapportage aangeduid met de naam "Bedijkte Maas" (traject Heumen - Hedel).

## 2 Doelstelling Bodemzoneringskaart

Het hoofddoel van het project omvatte de vervaardiging van een Bodemzoneringskaart voor de "droge" waterbodem van het landelijke gebied van de Bedijkte Maas (dit is het winterbed exclusief de plassen, het zomerbed en het stedelijk gebied). In deze kaart zijn zones met karakteristieke bodemkwaliteitskenmerken gedefinieerd. De kaart vormt een belangrijk instrument binnen het Actief Bodembeheer en zal hierbij voor de volgende activiteiten als hulpmiddel kunnen worden ingezet:

- identificeren van locaties met een niet gebiedseigen kwaliteit, hetgeen kan wijzen op de aanwezigheid van lokale bronnen van verontreiniging;
- kwantificeren van terugsaneerwaarden bij de aanwezigheid van lokale verontreinigingen;
- beoordelen van de mogelijkheid tot het terugplaatsen van verontreinigde sedimenten in de waterbodem;

De kaart geeft tevens informatie over potentiële risico's aan de hand van totaal-gehalten in de bodem. Bij het ABM wordt in eerste instantie uitgegaan van de actuele risico's. Voor het bepalen van deze actuele risico's is naast de Bodemzoneringskaart aanvullende informatie benodigd.

Binnen het WVO-beheersgebied van de Bedijkte Maas is de Vrijstellingsregeling grondverzet (Vrijstellingsregeling bij het Bouwstoffenbesluit bodem- en oppervlaktewaterenbescherming) niet van toepassing. Voor deze vrijstellingsregeling is een interim-richtlijn "Opstellen en toepassen van bodemkwaliteitskaarten in het kader van de Vrijstellingsregeling Grondverzet" (TNO, juli 1999) opgesteld. Waar mogelijk en zinvol is bij het opstellen van de Bodemzoneringskaart gebruik gemaakt van deze interim-richtlijn. Daarnaast is gebruik gemaakt van de IPO-handreiking achtergrondgehalten (TNO, juli 1998).

NB. In de ontwerp-beleidsnota ABM is beschreven op welke wijze onderscheid wordt gemaakt tussen waterbodem en bodem in het Maasdal. Ook het onderscheid tussen baggerspecie en grond is in de ontwerp-beleidsnota beschreven. Het onderscheid is gemaakt op basis van beleidsmatige keuzes. In deze rapportage voor het opstellen van de Bodemzoneringskaart worden de begrippen bodem en grond gebruikt. Bij het toepassen van de kaart moet worden uitgegaan van het onderscheid zoals dat is gemaakt in de ontwerp-beleidsnota.

### 3 Achtergronden en probleemstelling

De in het vorige hoofdstuk vermelde functies van de Bodemzoneringskaart komen grotendeels overeen met het gebruik van bodemkwaliteitskaarten bij Actief Bodembeheer in stedelijk gebied. Hierbij wordt er veelal vanuit gegaan dat bronnen van diffuse bodemverontreiniging zijn weggenomen en dat de bodemkwaliteit derhalve niet verder achteruitgaat. Riviersystemen zijn echter met betrekking tot bodemverontreiniging dynamisch, dit wil zeggen dat de diffuse bronnen die verantwoordelijk zijn voor bodemverontreiniging nog steeds actief zijn. Na elke overstroming zet de rivier immers in haar overstromingsgebied potentieel verontreinigd sediment af, dat de bodemkwaliteit ter plaatse beïnvloedt. Doorgaans zal dit leiden tot een verslechtering van de bodemkwaliteit. Wanneer de gehalten aan verontreinigingen in de bodem echter hoger zijn dan in het afgezette sediment kan er sprake zijn van een verbetering van de bodemkwaliteit, althans van een daling van de gehalten aan verontreinigingen in de bovengrond. Deze laatste situatie doet zich vooral voor in de sterkst verontreinigde zones met een hoge overstromingsfrequentie.

De dynamiek van de verontreinigingsproblematiek in riviersystemen komt tevens op een andere wijze tot uiting en wel door de bijdrage die de bodems in het overstromingsgebied zelf leveren aan de verdere verspreiding van de verontreiniging. Tijdens inundaties zal binnen het overstromingsgebied namelijk niet alleen sedimentatie kunnen plaatsvinden, maar plaatselijk ook erosie. Het geërodeerde bodemmateriaal kan tijdens hetzelfde hoogwater benedenstrooms weer in de overstromingsvlakte worden afgezet. Hierdoor bestaat er een relatie tussen de kwaliteit van de bovengrond in de overstromingsgebieden en de mate van herverontreiniging aldaar. Bij het vervaardigen van een bodemkwaliteitskaart ten behoeve van het uitvoeren van Actief Bodembeheer in uiterwaarden dient met dit verschijnsel "herverontreiniging" rekening te worden gehouden.

Het dynamische mechanisme van herverontreiniging heeft als praktische consequentie dat voor de vervaardiging van een Bodemzoneringskaart een andere onderzoeksmethodiek moet worden gebruikt dan voor de vervaardiging van een reguliere gemeentelijke/stedelijke bodemkwaliteitskaart. In deze methodiek speelt de vertaling van rivierprocessen naar zonegrenzen een belangrijke rol. Tevens dient men zich te realiseren dat zonegrenzen in de kaart ook dynamisch zijn. Rivierkundige ingrepen hebben immers invloed op erosie- en sedimentatiepatronen en daarmee op het proces van herverontreiniging. Naast veranderingen in rivierprocessen wordt de dynamiek van de Bodemzoneringskaart ook bepaald door de hoeveelheid en ruimtelijke spreiding van de beschikbare metingen. Doordat in de toekomst steeds meer metingen (boringen en monsteranalyses) beschikbaar komen zal elke herziening van de kaart nauwkeuriger grenzen en achtergrondgehalten opleveren.

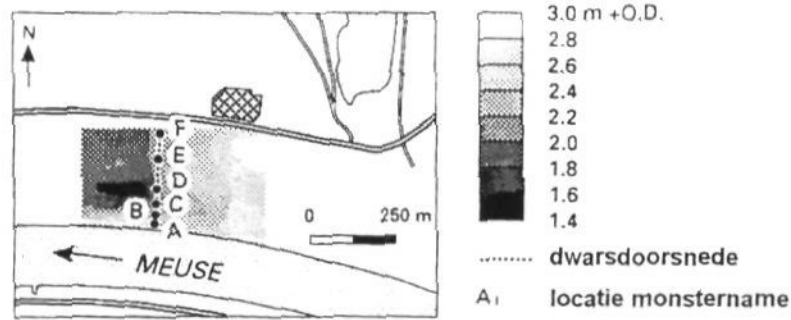
De onderzoeksmethodiek die is gevolgd bij het bepalen van zonegrenzen in het gebied van de Bedijkte Maas verschilt van de methodiek die is gevolgd voor het Maasdal. De reden hiervoor ligt bij een verschil in rivierkundige eigenschappen. In het Maasdal snijdt de Maas zich in. Hierbij erodeert de Maas met name sediment dat in het verleden door de rivier zelf is gedeponneerd. Op deze wijze ontstaat een "terrassen landschap" dat globaal genomen een V-vormig hoogteverloop heeft. In het areaal van de Bedijkte Maas snijdt de rivier zich niet meer in. Het zomerbed wordt hier niet omgeven door hoger gelegen terrassen, maar door relatief laag gelegen overstromingsvlaktes waarin sedimentatie plaatsvindt. Door het aanbrengen van bedijking is het areaal van de natuurlijke overstromingsvlaktes gereduceerd tot de huidige uiterwaarden. In onverstoorde omstandigheden is in de uiterwaarden echter het natuurlijke hoogteprofiel van de overstromingsvlakte nog terug te vinden; het maaiveld van de oeverafzettingen nabij het zomerbed ligt hoger dan bij de dijken. Het maaiveld heeft hier dus een bolvormig hoogteprofiel.

Het verschil in rivierkundige eigenschappen en hoogteverloop uit zich onder meer in verschillen in inundatiepatronen. In het Maasdal vinden kleine inundaties met een geringe herhalingsstijd voornamelijk in de oeverzone, dicht bij het zomerbed plaats. Binnen het winterbed van de Bedijkte Maas kunnen kleine inundaties veel verder landinwaarts reiken, waar vervolgens met name fijn sediment bezinkt wat voor hoge concentraties aan verontreinigende stoffen zorgt. In onverstoorde omstandigheden blijven bij kleine inundaties de hoger gelegen oevers langs het zomerbed zelfs droog, terwijl de lager gelegen gebieden nabij de dijken onder water komen te staan. Doordat in voorgaande onderzoeken is aangetoond dat kleine inundaties de belangrijkste bijdrage leveren aan de opbouw van het verontreinigde sedimentpakket, is het noodzakelijk om het overstromingspatroon dat bij kleine inundaties optreedt bij het maken van de Bodemzoneringskaart goed te interpreteren. Deze interpretatie moest in het gebied van de Bedijkte Maas vanwege bovengenoemde verschillen met het Maasdal op een andere wijze plaatsvinden.

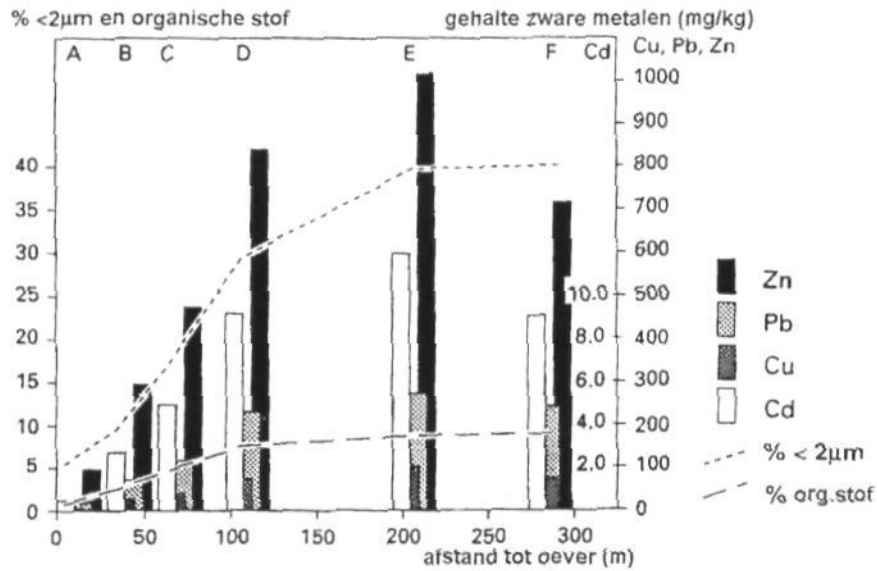
In de interpretatie spelen landschapselementen als kades, zomerdijken, wegen en ontgrondingen een belangrijke rol. Deze elementen verstoren namelijk het "natuurlijke overstromingspatroon" binnen de uiterwaarden. Overstroming van een uiterwaard kan hoofdzakelijk op twee manieren plaatsvinden. In een uiterwaard zonder blokkerende elementen volgt het water bij inundatie "de weg van de minste weerstand" richting de laagst gelegen plaatsen. Wanneer (een gedeelte van) de uiterwaard echter van het zomerbed van de rivier wordt gescheiden door een blokkerend element, overstroomt de uiterwaard via "inlaten". Dit zijn (al dan niet natuurlijke) plaatselijke verlagingen in de blokkerende elementen. De uiterwaard overstroomt dan pas nadat de rivierstand tot boven de hoogte van de inlaat is gestegen. Vanaf dat moment overstroomt een groot deel van de uiterwaard in één keer. Welke delen van de uiterwaard vervolgens overstromen hangt af van de terreinhoogte. Tussen zomerdijken en winterdijken zijn ook plaatselijk verhogingen en laagtes (bijvoorbeeld schutdammen en oeverwallen van oude kronkelwaarden) aanwezig zodat plaatselijke "overstromingsbassins" kunnen ontstaan. De uiterwaarden overstromen dan via de inlaten in gecompartmenteerde bassins. Al deze factoren zijn beschouwd in de totstandkoming van de Bodemzoneringskaart.

In de figuur op de volgende pagina wordt het "karakteristieke" sedimentatie en verontreinigingspatroon, dat binnen een uiterwaard in onverstoorde omstandigheden optreedt, geïllustreerd (bron: H. Middelkoop 1997, Embanked floodplains in the Netherlands). De figuur toont dat de bulk van de sedimentatie (in kg/m<sup>2</sup>) direct langs de oever plaatsvindt in de vorm van grofkorrelig materiaal. De concentratie zware metalen (in mg/kg) is in dit materiaal echter gering. Naarmate de afstand tot het zomerbed toeneemt wordt steeds fijner sediment afgezet dat tevens hogere concentraties zware metalen bevat. Ook op plaatsen waar het maaiveld lager ligt neemt de sedimentatie van fijner materiaal toe, wat ter plekke voor hogere concentraties zware metalen zorgt.

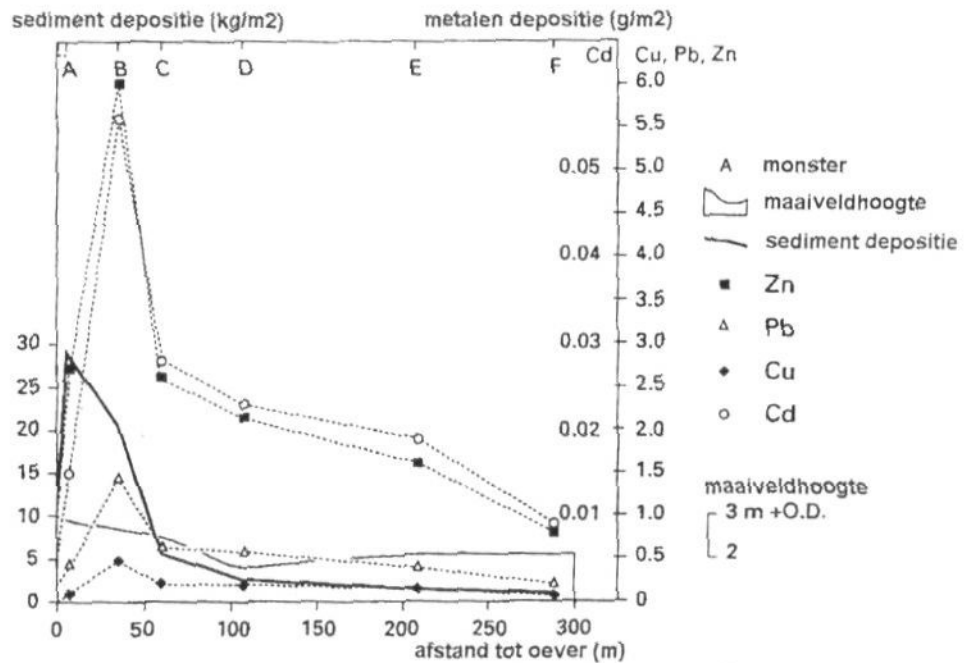
In het volgende hoofdstuk zal de totstandkoming van de Bodemzoneringskaart stapsgewijs worden besproken en de gevolge methodiek worden toegelicht.



A. maaiveldhoogte en monsternamelocaties



B. dwarsdoorsnede: sediment samenstelling en gehalte zware metalen



C. dwarsdoorsnede: maaiveldhoogte en depositie van sediment en metalen

## 4 Werkwijze

### 4.1 Beschikbare gegevens en gereedschappen

De werkwijze die in het onderzoek is gevolgd is vanzelfsprekend afgestemd op de aard van de beschikbare gegevens. Door de omvangrijke projecten die momenteel worden uitgevoerd (De Maaswerken) zijn de afgelopen jaren zeer veel gegevens van goede kwaliteit beschikbaar gekomen. Het onderstaande overzicht beschrijft de belangrijkste gegevens die in het onderzoek zijn gebruikt:

- rapporten en artikelen over rivierprocessen en bodemkwaliteit in de uiterwaarden van de Maas (Waal, IJssel en Neder-Rijn);
- boringen en monsteranalyses uit het bodeminformatiesysteem van De Maaswerken;
- analysesresultaten van hoogwaterslibbemonsteringen uit 1993 en 1995;
- locatie en aard van (potentiële) puntverontreinigingsbronnen;
- reconstructie van rivierloop in verschillende historische fasen;
- ligging van en geschatte kleipakkediktes in fossiele geulen;
- gedetailleerd hoogtemodel maaiveld (opname circa 1995);
- voorgaande versies van bodemkwaliteitsverwachtingenkaarten;
- Bodem- en Geomorfologische kaarten van Nederland 1:50.000;
- ecotopenkaart;
- ligging ontgroningen, kleiwingebieden en stortplaatsen;
- inzichten uit bemonsteringsstrategie De Maaswerken;
- topografische kaarten 1:5.000.

In tegenstelling tot het onderzoek dat voor het Maasdal is verricht, spelen voor de Bedijkte Maas overstromingsfrequentiekaarten geen belangrijke rol. De oorzaak hiervoor ligt bij de hoge overstromingsfrequentie van de uiterwaarden: bij de hoogste frequentie die in de legenda van de kaarten is verwerkt, staan de uiterwaarden reeds volledig onder water. Aan de hand van de kaarten kunnen binnen het areaal van de Bedijkte Maas dus geen gebieden met verschillende overstromingsfrequenties worden onderscheiden. Binnen de uiterwaarden wordt ook geen onderscheid gemaakt tussen stroomvoerend en bergend winterbed. Het gehele winterbed is stroomvoerend (bron: Rivierenwetbelijning, RIVWT98A).

Alle hierboven genoemde gegevens zijn in de vorm van digitaal kaartmateriaal door Rijkswaterstaat Directie Limburg of De Maaswerken voor het onderzoek beschikbaar gesteld. De kaarten konden daarom gemakkelijk met behulp van een Geografisch Informatie Systeem (GIS) worden geanalyseerd. Het GIS vormde een onmisbaar instrument binnen het onderzoek. De informatie uit bovengenoemde kaarten en databases kon in het GIS namelijk op allerlei manieren worden benaderd of met elkaar worden gecombineerd om zo nieuwe informatie te genereren. Hierdoor werd het mogelijk om snel een volledig beeld te krijgen van de verschillende eigenschappen van een specifieke locatie of overzicht te krijgen van het totaal aan eigenschappen binnen grote gebieden.

## 4.2 Voorbewerking van basisgegevens

### 4.2.1 Ordenen van kaartmateriaal

Als topografische basis is het Digitaal Topografisch Bestand Rivieren (DTB Rivieren) van Rijkswaterstaat gebruikt. Dit bestand bevat onder meer de informatie die in de Rijkswaterstaat Rivierenkaarten 1:5.000 wordt weergegeven. Om al het beschikbare kaartmateriaal ruimtelijk te standaardiseren zijn deze kaarten afgestemd op de belangrijkste grenzen in de digitale rivierkaarten. Met name de ligging van de grenzen tussen zomerbed en winterbed en tussen plassen en winterbed zijn daarom in een aantal digitale thematische kaarten bijgesteld.

De buitengrens van het onderzoeksgebied komt overeen met de begrenzingen van het winterbed in de Rivierenwet (GIS bestand: RIVWT98A). Alle kaarten die in het onderzoek worden gebruikt zijn daarom in de startfase afgestemd op deze begrenzingen.

### 4.2.2 Voorbewerking van bodemkwaliteitsgegevens

Voor de vervaardiging van de Bodemzoneringskaart zijn hoofdzakelijk gegevens uit het Bodem Informatie Systeem Nazca van De Maaswerken gebruikt. Om deze gegevens geschikt te maken voor het onderzoek was een aantal bewerkingen noodzakelijk.

#### ***Selecteren van monsters binnen het onderzoeksgebied***

De Bodemzoneringskaart heeft alleen betrekking op het winterbed van de Bedijkte Maas. Monsternames uit het zomerbed en overige permanent watervoerende elementen (m.n. plassen) zijn daarom uit de dataset verwijderd.

#### ***Beoordelen van gegevenshoeveelheid en -dichtheid***

Voor de vervaardiging van de Bodemzoneringskaart moest worden uitgegaan van de beschikbare hoeveelheid bodemkwaliteitsgegevens. Het was dus niet mogelijk om aanvullend bodemonderzoek te doen. Voorafgaand aan de data-analyse is onderzocht of het aantal van De Maaswerken verkregen waarnemingen toereikend was voor de constructie van de kaart. Hierbij is met name gelet op de spreiding van de waarnemingen over het onderzoeksgebied. Uit de analyse bleek dat voor grote delen van het onderzoeksgebied geen bodemkwaliteitsgegevens in de dataset beschikbaar waren (zie paragraaf 5.1.3). Daarom is besloten gegevens aan de dataset toe te voegen. Hiertoe is een inventarisatie uitgevoerd van in de Maasuitwaarden uitgevoerde onderzoeken. Bruikbare gegevens (=relevante stoffen geanalyseerd en locatie niet gedekt door reeds beschikbare gegevens uit Nazca database) uit deze onderzoeken zijn aan de dataset toegevoegd. De gegevens zijn afkomstig uit de archieven van Waterschap De Maaskant en Polderdistrict Groot Maas en Waal. Het gaat hierbij voornamelijk om monsters uit dijkverbeteringsprojecten.

#### ***Samenvoegen van meng- en puntmonsters***

De Nazca database bevat zowel puntmonsters als mengmonsters. Vanuit statistische overwegingen is het samenvoegen van punt- en mengmonsters niet gewenst. Voor elk mengmonster is daarom het geometrische zwaartepunt bepaald van de individuele monsternames waaruit het mengmonster werd samengesteld. Aan dit zwaartepunt is vervolgens het analyseresultaat van het mengmonster gekoppeld. Door deze bewerking zijn de mengmonsters in feite gelijk gesteld aan puntmonsters. De analyseresultaten van een mengmonster worden nu slechts éénmaal meegenomen. Hierdoor is het geoorloofd om de analyseresultaten van beide monstersoorten in een totale dataset te verenigen.

- NB. Wanneer een zwaartepunt in een landschappelijke eenheid bleek te vallen die niet overeen kwam met de eenheid waaruit de individuele monsternames afkomstig waren (bv. winterbed/zomerbed; bebouwing/landelijk gebied; restgeul/oever), is dit zwaartepunt naar de dichtstbijzijnde locatie binnen de juiste landschappelijke eenheid verplaatst.

#### ***Selecteren van monsters uit de boven- en ondergrond***

De dataset is verdeeld in monsters uit de bovengrond en monsters uit de ondergrond. De dataset van de bovengrond bestaat uit monsters waarvan minimaal de helft van het monsternametraject binnen een diepte van 0 t/m 0.5 m-mv ligt. De overige monsters zijn tot de ondergrond gerekend (> 0.5 m-mv). Bij mengmonsters is het "overall"-traject beschouwd om te bepalen of een monster behoort tot de boven- of ondergrond.

#### ***Vervangen van waarden beneden de detectielimiet***

Bij analyses van de bodemkwaliteit komt het vaak voor dat een bepaalde stof in concentraties wordt aangetroffen die met de gangbare analyse-apparatuur niet kan worden gedetecteerd, de zogenaamde waarnemingen beneden de detectielimiet. Hoewel de werkelijke waarde onbekend is (deze ligt tussen de waarde nul en de detectielimiet) leveren deze monsters wel waardevolle informatie. Waarnemingen beneden de detectielimiet zijn vervangen door de detectielimiet vermenigvuldigd met een factor 0.7 om tot een rekenwaarde te kunnen komen (TNO, juli 1999).

#### ***Opsporen van uitbijters***

Uitbijters in een dataset kunnen het gevolg zijn van bijvoorbeeld invoerfouten of door de aanwezigheid van nabij de monsternamelocaties gelegen puntverontreinigingsbronnen. Invoerfouten omvatten meestal gehalten die als  $\mu\text{g}/\text{kg}$  in plaats van  $\text{mg}/\text{kg}$  in de dataset zijn verwerkt (of vice versa). Deze fouten kunnen gemakkelijk worden gesignaleerd en worden verbeterd. De Bodemzoneringskaart geeft alleen informatie over de aan diffuse verontreiniging gerelateerde bodemkwaliteit. Het is dus van belang om analyseresultaten die door puntbronnen beïnvloede gehalten laten zien uit de database te verwijderen. Hiertoe is door middel van exploratieve statistische technieken een analyse uitgevoerd op de aanwezigheid van uitbijters in de dataset. Tevens is een controle uitgevoerd met de kaart van puntverontreinigingsbronnen die voor het project Zandmaas/Maasroute werd samengesteld. De analyse op uitbijters is voor de boven- en ondergrond apart uitgevoerd.

### **4.3 Onderscheiden van hoofdzones**

#### **4.3.1 Longitudinale variatie**

Uit meerdere onderzoeken is bekend dat langs de Maas sprake is van een longitudinale trend in de bodemkwaliteit. Deze trend omvat een stroomafwaartse afname van de verontreinigingsgraad. Indien concentratieverschillen tussen boven- en benedenstroomse gebieden groot zijn, is het van belang in longitudinale richting trajecten te onderscheiden. Bij het karakteriseren van de bodemkwaliteit van een zone zijn de lagere gehalten stroomafwaarts dan niet van invloed op het karakter van stroomopwaarts gelegen gebieden.

Inzicht in de ruimtelijke verdeling van de longitudinale trend is reeds verkregen binnen het onderzoek dat voor het Maasdal is uitgevoerd (Hoogvliet & Rang, december 1999). Hierin zijn ook de monsternames binnen het areaal van de Bedijkte Maas betrokken. Conclusies uit dit voorgaandeonderzoek zijn in het huidige project overgenomen.

#### 4.3.2 Dynamisch en statisch stroomgebied

De in hoofdstuk 3 geschetste problematiek rondom herverontreiniging is niet voor de gehele overstromingsvlakte van de Maas relevant. Zones die slechts incidenteel inunderen zullen een zeer trage verandering in bodemkwaliteit te zien geven en zullen ook maar incidenteel bijdragen aan de kwaliteit van het rivierslib. Uit voorgaande onderzoeken van CSO en de Universiteit Utrecht is tevens gebleken dat zones met een lage overstromingsfrequentie doorgaans een veel betere bodemkwaliteit bezitten dan frequenter overstroomde zones. Erosie van bodemmateriaal in deze zones gedurende de zelden optredende inundaties zal hierdoor slechts een gering nadelig effect hebben op de kwaliteit van het slib dat benedenstrooms wordt afgezet, of hier mogelijk zelfs enig positief effect op hebben.

Om dit belangrijke mechanisme in de Bodemzoneringskaart te verwerken is in de kaart op het hoogste niveau onderscheid gemaakt tussen gebieden waar frequent erosie- en sedimentatieprocessen optreden (=dynamisch stroomgebied) en gebieden waar deze processen slechts incidenteel of ten dele plaatsvinden (in de laagtes nabij de dijken vindt bijvoorbeeld voornamelijk sedimentatie plaats en slechts in incidenteel erosie). Deze laatste categorie gebieden vormt het zgn **statisch stroomgebied**.

NB. Bij Actief Bodembeheer is het onderscheid tussen het dynamische en statische gebied van belang, omdat in het dynamische gebied relatief snelle veranderingen in bodemkwaliteit optreden. In principe is daarom alleen in het statische gebied het begrip "actuele bodemkwaliteit" toepasbaar.

De grenzen tussen het dynamisch en statisch stroomgebied zijn in het onderzoek bepaald door een projectspecialist riviermorphologie op basis van rivierkundige kennis. Hierbij is gebruik gemaakt van de informatie uit door Directie Limburg en De Maaswerken aangeleverde GIS bestanden, literatuur en diverse GIS-analyse methoden. De informatie uit de thematische kaarten was sturend voor de morfoloog. Belangrijke rivierkundige en landschappelijke kenmerken voor het identificeren van het dynamisch stroomgebied zijn:

- De ligging van gebieden waarin sinds 1850 aanwas van de oever heeft plaatsgevonden. Uit voorgaande onderzoeken is gebleken dat sediment dat voor circa 1850 in de uiterwaarden is afgezet een significant betere kwaliteit heeft dan sediment dat na 1850 in het uiterwaarddek terecht is gekomen. Met name in de textureel complexe oeverafzettingen heeft dit tot veel kwalitatieve heterogeniteit geleid.
- De locatie van laaggelegen gebieden, grenzend aan of in verbinding staand met het zomerbed, waarin de overstromingsfrequentie hoog en/of overstromingsduur lang is. Watervoerende restgeulen of afgesneden meanders behoren tot deze gebieden. De dynamiek van deze landschapselementen komt op 2 wijzen tot uiting. Enerzijds kan gemakkelijk sediment vanuit het zomerbed naar de geulen worden getransporteerd, wat vervolgens met name bij kleine inundaties in de geulen en op de oevers van de geulen wordt afgezet. Anderzijds zal bij grote inundaties de stroomsnelheid binnen de geulen hoger zijn dan boven het rondom de geulen gelegen overstroomde gebied. Hierdoor zal in de geulen en direct langs de geulen relatief meer erosie plaatsvinden.
- De locatie van blokkerende elementen die het 'natuurlijke' stroompatroon (en daarmee stroomsnelheden en sedimentatiepatronen) gedurende inundatie van de uiterwaarden verstoren, zoals zomerdijken, kaden en wegen. Achter deze elementen en in de gebieden tussen deze elementen en de winterdijk wordt over het algemeen fijner materiaal afgezet. De hoeveelheid sedimentatie die in deze gebieden plaatsvindt is echter gering, aangezien de gebieden zijn afgeschermd van de invloed van kleine inundaties.

Naast het bestuderen van thematische kaarten is ook gekeken naar de dikte, textuur en heterogeniteit/homogeniteit van het uiterwaarddek. In de dynamische zone is het sedimentpakket ten aanzien van textuur en kwaliteit namelijk heterogeen: verontreinigde en

schone zand-, klei- en zavelagen wisselen elkaar tot op relatief grote diepte af. In de statische zone is de bodemopbouw beter geordend en zijn de verontreinigde sedimenten in de top van het pakket geconcentreerd. De textuur van het uiterwaarddek in de statische zone wordt gekenmerkt door zwaardere/fijnere fracties. In de dynamische zone worden relatief meer zavelen en zandige lagen aangetroffen. Ook dit verschil in textuur tussen de dynamische en statische zone is van belang voor het Actief Bodembeheer.

Om het morfologische karakter van de dynamische en statische zones te benadrukken en de ruimtelijke ligging van de zones te verduidelijken wordt de dynamische zone in het vervolg van dit rapport aangeduid met de term "**Oeverzone**" en de statische zone met de term "**Riviervlakte**".

De ligging van de grens tussen Oeverzone en Riviervlakte is in eerste instantie via een aantal GIS analyses bepaald. Vervolgens heeft de morfoloog het gehele onderzoeksgebied nauwkeurig doorlopen en afhankelijk van de specifieke situatie op een bepaalde plaats wijzigingen aangebracht in de ligging van de grens.

## 4.4 Nadere ruimtelijke indeling van Riviervlakte

### 4.4.1 Voorgedefinieerde deelgebieden

Binnen de Riviervlakte is een eerste gebiedsindeling gemaakt op basis van antropogene invloeden en significante morfologie. De volgende "Voorgedefinieerde deelgebieden" zijn hierbij onderscheiden:

- **antropogeen beïnvloede gebieden**

Dit zijn met name ontgroningen ten behoeve van klei-, zand- en grindwinning, stortplaatsen en zeer sterk vergraven gebieden (bijv. bij stuwconstructies). Wanneer na ontgroning de roofoog is teruggezet, is zowel de horizontale als verticale variatie in bodemkwaliteit tussen vergraven en onvergraven gebieden groot. Indien een ontgroning is opgevuld met puin of ander bodemvreemd materiaal (stortplaatsen) kan de ontgroning worden beschouwd als een puntverontreiniging. Doordat er grote verschillen zijn tussen ontgroningen is het niet mogelijk om deze gebieden als eenheid met een homogene, karakteristieke bodemkwaliteit in de Bodemzoneringskaart te verwerken. Antropogeen beïnvloede gebieden zijn daarom buiten de onderscheiden bodemzones gehouden. De gebieden zijn apart in de kaart aangegeven en niet gekarakteriseerd op bodemkwaliteit. De betreffende gebieden zijn geïdentificeerd op basis van:

1. De ontgroningenkaart die is vervaardigd in het project Inventarisatie Historische Rivierlopen (van Hout en Hoogerwerf, 1997). Deze kaart bevat uit de archieven van de Provincies Noord-Brabant en Gelderland verkregen locaties van ontgroningen en stortplaatsen.
2. De Geomorfologische Kaart van Nederland 1:50.000. Het gaat hierbij om gebieden die als "storthoop en/of opgehoogd terrein" zijn aangemerkt en niet zijn opgenomen in de ontgroningenkaart uit het onderzoek Inventarisatie Historische Rivierlopen.
3. Hoogtemodel uit het Digitaal Topografisch Bestand Rivieren van Rijkswaterstaat (de zgn. "DTB Rivierkaarten" of "digitale rivierkaarten", opname 1995/1996). In het hoogtemodel zijn ontgroningen duidelijk waarneembaar als geëgaliseerde laagtes die begrensd worden door steilranden.

Door de grenzen van de ontgroningen in de kaarten te vergelijken met het hoogtemodel van het onderzoeksgebied zijn grote onnauwkeurigheden (> 100m) in de begrenzing van ontgroningen zo veel mogelijk gecorrigeerd.

- **verlandde geulen**

Verlandde geulen van de Maas zijn in het landschap waarneembaar als langwerpige depressies. Gedurende een inundatie is de waterdiepte hier vergeleken met het omliggende terrein groot, blijft water langer staan en kunnen verontreinigde slibdeeltjes relatief gemakkelijk sedimenteren. Onderzoek door de Universiteit Utrecht heeft aangetoond dat de sedimentatie in depressies 50 tot 100% hoger kan liggen vergeleken met de hoger gelegen gebieden. De mate van verontreiniging in een geul hangt af van de periode waarin het verlandingsproces ("het opvullen van de depressie") voornamelijk heeft plaatsgevonden. De mate van verontreiniging zal daarom in voor 1850 verlandde geulen geringer zijn dan in na 1850 verlandde geulen. Op basis van de verwachte relatief hoge verontreinigingsgraad van de na 1850 verlandde geulen zijn deze bij voorbaat uitgekarteerd en als aparte eenheid binnen de Riviervlakte van de Bodemzoneringskaart verwerkt.

De ligging van geulen en delen van geulen die na 1850 zijn verland is verkregen uit de Verschilkaart die is gemaakt in het project Inventarisatie Historische Rivierlopen (van Hout en Hoogerwerf, 1997). Kartering van de geulen heeft in dit project plaatsgevonden aan de hand van topografische informatie en hoogte informatie uit historische rivierkaarten. Met behulp van het recente hoogtemodel uit de DTB Rivierkaarten zijn de geulen uit de Verschilkaart in het onderhavige project nauwkeuriger begrensd.

In de Geomorfologische Kaart van Nederland 1:50.000 is de eenheid "Geul van meanderend stelsel" aanwezig. Deze eenheid valt grotendeels binnen de geulen die afgeleid zijn uit de historische rivierkaarten. Voor de geulen uit de Geomorfologische Kaart die buiten de uit de historische kaarten afgeleide geulen vallen, is aangenomen dat deze voor 1850 zijn verland en daarom minder verontreinigd sediment bevatten. De geulen uit de Geomorfologische Kaart zijn daarom niet in het Voorgedefinieerde deelgebied "Geulen" binnen de Riviervlakte verwerkt.

- **bebouwde gebieden**

Stedelijke en overige bebouwde gebieden vallen buiten het toepassingsareaal van de Bodemzoneringskaart. Deze gebieden zijn daarom als een aparte legenda eenheid in de kaart verwerkt. De ligging van bebouwde gebieden is verkregen uit de Bodem en Geomorfologische Kaarten van Nederland 1:50.000.

#### 4.4.2 Met behulp van statistiek onderscheiden van deelgebieden binnen Riviervlakte

Buiten de hierboven genoemde Voorgedefinieerde deelgebieden is de bodemopbouw en bodemkwaliteit van de Riviervlakte in de diepterichting minder heterogeen en speelt herverontreiniging geen relevante rol. Hiermee komt de situatie in dit gebied met het oog op de richtlijnen die gelden voor de vervaardiging van bodemkwaliteitskaarten feitelijk overeen met stedelijke gebieden. De bodemkwaliteitskaarten ten behoeve van Actief Bodembeheer in deze gebieden zijn gebaseerd op ruimtelijke eenheden die homogeen zijn met betrekking tot de actuele bodemkwaliteit.

De "Handreiking achtergrondgehalten" (TNO, juli 1998), die in opdracht van het Inter Provinciaal Overleg is samengesteld en de interim-richtlijn "Opstellen en toepassen van bodemkwaliteitskaarten in het kader van de Vrijstellingsregeling Grondverzet" (TNO, juli 1999) bevatten beschrijvingen van methodieken die kunnen worden toegepast om tot een bodemkwaliteitskaart te komen. De methodieken die zinvol kunnen worden ingezet binnen het stroomgebied van een rivier zijn binnen het onderhavige onderzoek gevolgd om tot een nadere gebiedsindeling binnen de Riviervlakte te komen. Centraal in beide documenten staat het met statistische technieken onderzoeken van relaties tussen landschappelijke

kenmerken en de bodemkwaliteit. Wanneer significante relaties worden gevonden kunnen de begrenzings van de landschappelijke kenmerken worden gebruikt in de samenstelling van de bodemkwaliteitskaart. Bijlage A geeft een toelichting op de statistische techniek die in de vervaardiging van de Bodemzoneringskaart is toegepast.

In het statistisch onderzoek is gebruik gemaakt van de beschikbare, niet naar een standaard bodem omgerekende analysesresultaten en twee thematische kaarten:

- Geomorfologische Kaart van Nederland 1:50.000;
- Bodemkaart van Nederland 1:50.000.

Deze kaarten bevatten legenda eenheden die verband houden met of zijn gebaseerd op texturele en mineralogische verschillen in de bodem. In de Bodemzoneringskaart zijn dus zowel onderscheidende kenmerken ten aanzien van bodemkwaliteit als bodemopbouw in de resulterende zones verdisconteerd.

NB. Bij het onderverdelen van de Riviervlakte is geen gebruik gemaakt van een landgebruikskaart. Wanneer de zone-indeling afhankelijk wordt gemaakt van het landgebruik zou dit namelijk betekenen dat bij een gebruiksverandering (bv. van grasland in akker) een perceel in een andere zone komt te liggen, terwijl de bodemkwaliteit van dat perceel feitelijk hetzelfde is gebleven. Dit zou de inzet van de Bodemzoneringskaart bij het bepalen van terugsaneerwaarden en hergebruiksmogelijkheden in het Actief Bodembeheer in grote mate compliceren.

Voorgaande bodemonderzoeken in de Maasuitwaarden hebben aangetoond dat binnen de Riviervlakte de verontreiniging is geconcentreerd in de bovengrond ( $\leq 0.5$  m-mv). Het onderzoek naar mogelijke deelgebieden heeft zich daarom geconcentreerd op verschillen in bodemkwaliteitskenmerken binnen dit traject. Hiernaast is ook een analyse uitgevoerd met behulp van de bodemkwaliteitsgegevens uit de dieper gelegen bodem ( $> 0.5$  m-mv). Met behulp van deze analyse is onderzocht of er significante verschillen bestaan tussen de dieptes waarop in mogelijke deelgebieden nog verontreinigingen kunnen worden aangetroffen.

Het onderzoek is uitgevoerd met behulp van de gemeten concentraties van de stoffen cadmium, chroom, koper, kwik, nikkel, zink, lood, arseen, EOX, som PCB, som DDT en som PAK (10 VROM). Deze stoffen vormen het "basispakket" binnen het onderzoeksgebied (TNO, juli 1999). Binnen dit basispakket vormen zink, cadmium, lood en in mindere mate PAK en koper de zgn. "kritische stoffen". Deze kritische stoffen dienen als gidsparameters en zijn in veel gevallen bepalend voor de klasse-indeling van het monster op basis van de Evaluatie Nota Water (V&W, 1995). Gebieden zijn significant verschillend geacht wanneer zij voor geen van de kritische stoffen en voor maximaal 3 van de 7 overige stoffen uit het basispakket gelijke gehalten bevatten.

#### 4.4.3 Oeverzone

Binnen de Oeverzone is geen statistisch onderzoek verricht naar een mogelijke indeling in homogene deelgebieden met karakteristieke bodemkwaliteitskenmerken. Het heterogene karakter van de bodemopbouw en bodemkwaliteit (veroorzaakt door het proces van herverontreiniging) in deze zone maakt een onderverdeling zowel in het horizontale vlak als in de diepte onmogelijk.

In de Oeverzone zijn wel de Antropogeen Beïnvloede gebieden apart gekarteerd op basis van ontgrondingskaarten en maaiveldhoogten (zie werkwijze paragraaf 4.4.1). Deze aanvullende informatie kan behulpzaam zijn indien binnen het kader van Actief Bodembeheer op een gebied wordt ingezoomd.

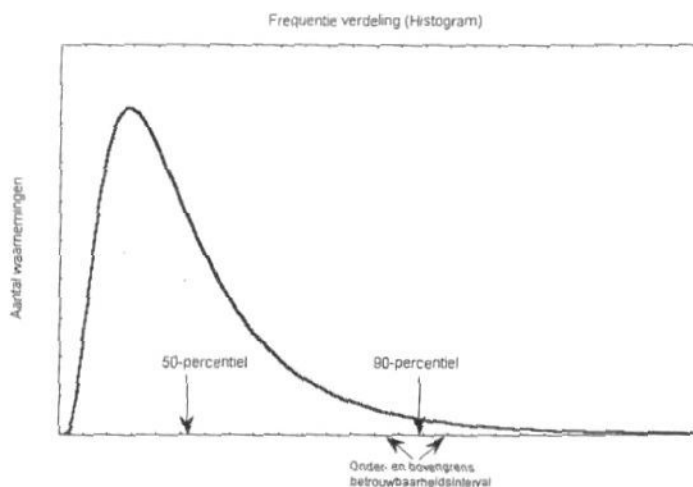
## 4.5 Karakteriseren van bodemkwaliteit

### 4.5.1 Riviervlakte

De bodemkwaliteit van de Riviervlakte is voor de meest relevante stoffen (zware metalen, OCB's, PCB's, minerale olie en PAK) met een aantal statistische parameters gekarakteriseerd:

- het aantal beschikbare waarnemingen;
- gemeten minimale gehalte;
- 25-percentiel gehalte (het gehalte waar 25% van de waarnemingen beneden ligt);
- mediane gehalte (het gehalte waar 50% van de waarnemingen beneden ligt);
- 75-percentiel gehalte (het gehalte waar 75% van de waarnemingen beneden ligt);
- 95-percentiel gehalte (het gehalte waar 95% van de waarnemingen beneden ligt);
- gemeten maximale gehalte;
- rekenkundig gemiddelde gehalte;
- standaard deviatie (de wortel uit het gemiddelde van de som van de gekwadeerde verschillen tussen de individuele waarnemingen en het rekenkundig gemiddelde, de standaard deviatie is een maat voor de gemiddelde afwijking van de gehalten rond het rekenkundig gemiddelde);
- achtergrondgrenswaarde (ondergrens van het 80% betrouwbaarheidsinterval rond de 90-percentiel).

*Figuur 4.1: Voorbeeld van een frequentie verdeling. Gehalten uitgezet tegen het aantal keer dat deze zijn waargenomen. De 90-percentiel ligt in de staart van de verdeling.*



De vervaardigde Bodemzoneringskaart geeft de **verwachte** achtergrondgrenswaarden in het onderzoeksgebied weer. Als de Bodemzoneringskaart bijvoorbeeld voor een deelgebied aangeeft dat de 90-percentiel voor Zink in de bovengrond 250 mg/kg bedraagt met een marge van plus of min 45 mg/kg bij een betrouwbaarheidsniveau van 80%, dan betekent dit dat, wanneer er in dat deelgebied meerdere malen nieuwe monsters worden genomen, de 90-percentiel voor Zink, in 80% van het aantal keren dat er nieuwe monsters worden geanalyseerd, tussen de 205 en 295 mg/kg zal liggen. Het betekent overigens ook dat er een kans van 20% overblijft dat de 90-percentiel buiten deze range komt te liggen.

Als extra informatie is voor de deelgebieden in de Riviervlakte en de Oeverzone de procentuele kans op het voorkomen van de verschillende ENW-klassen bepaald. Hierbij is uitgegaan van het eindoordeel van de bodemonsters. Tevens is het 90% betrouwbaarheidsinterval berekend. Dit interval geeft aan waar de procentuele kans op het voorkomen van een bepaalde klasse met een betrouwbaarheid van 90% tussen zal liggen.

Door de grote variatie in verontreinigingen binnen de Antropogeen beïnvloede gebieden is het onmogelijk om voor deze gebieden een karakteristieke bodemkwaliteit vast te stellen. Voor deze legenda-eenheid zijn daarom geen kwaliteitsparameters in de rapportage opgenomen.

#### 4.5.2 Oeverzone

De bodemopbouw en bodemkwaliteit van de Oeverzone is heterogeen en aan verandering onderhevig (dynamisch). Hierdoor is het niet mogelijk om de actuele bodemkwaliteit van deze zone met eenzelfde nauwkeurigheid vast te stellen als voor de statische Riviervlakte. Een voor de Oeverzone bepaalde achtergrondgrenswaarde is dus minder betrouwbaar dan een achtergrondgrenswaarde die voor de Riviervlakte is bepaald.

Naast het gebruik van de achtergrondgrenswaarde is het ook mogelijk om de bodemkwaliteitsdoelstelling van de Oeverzone te baseren op het niveau van herverontreiniging. Deze kan namelijk worden afgeleid uit de analysesresultaten van hoogwaterslib bemonsteringen. De volgende redenering ligt hieraan ten grondslag:

1. het in de Oeverzone nastreven van een bodemkwaliteit die beter is dan de kwaliteit van het tijdens hoogwater meegevoerd sediment is op grond van de optredende herverontreiniging over het algemeen niet doelmatig (tenzij de kwaliteit van de bovengrond in de zone beter is dan de kwaliteit van het slib en invulling wordt gegeven aan het "stand-still" principe);
2. een bodemkwaliteitsdoelstelling die slechter is dan de kwaliteit van dit sediment is evenmin wenselijk, omdat dit bij erosie kan leiden tot een afname in de kwaliteit van het sediment dat benedenstrooms wordt afgezet;
3. binnen de Oeverzone komt de bodemkwaliteitsdoelstelling daarom overeen met de kwaliteit van het tijdens hoogwater meegevoerde sediment.

Beide opties voor het vaststellen van de bodemkwaliteitsdoelstelling voor de Oeverzone zijn uitgewerkt. Hiertoe zijn voor de boven- en ondergrond in deze zone dezelfde statistische parameters berekend als voor de deelgebieden in de Riviervlakte. Tevens is de kans op het aantreffen van de verschillende ENW-klassen in deze zone bepaald. Bruikbare informatie voor het vaststellen van het niveau van herverontreiniging is afgeleid uit de analysesresultaten van hoogwaterslibbemonsteringen uit 1993 en 1995. Hiertoe zijn voor zoveel mogelijk stoffen (zware metalen, minerale olie, PAK) op basis van de geanalyseerde ongestandaardiseerde gehalten een aantal statistische parameters berekend (minimum, maximum, percentielen, gemiddelde, STD).

## 5 Resultaten

### 5.1 Voorbewerking van basisgegevens

#### 5.1.1 Ordenen en bewerken van digitaal kaartmateriaal

Voor het begrenzen van het onderzoeksgebied zijn de lijnen uit het GIS bestand "Rivierenwetbelijning" gebruikt (RIVWT98A, bron: Directie Limburg). Het onderzoeksgebied beslaat het gebied dat in dit bestand is benoemd als winterbed. Om combinatie van de verschillende overige GIS bestanden mogelijk te maken (het over elkaar leggen van kaarten m.b.v. overlay-technieken) zijn de buitengrenzen in deze bestanden zoveel mogelijk afgestemd op de grenzen van het onderzoeksgebied. Aangezien de lijnen uit de Rivierenwetbelijning aansluiten op de digitale Rivierkaart van Rijkswaterstaat 1:5.000, kan de Bodemzoneringskaart ook naadloos op de digitale Rivierkaart worden aangesloten.

Naast het afstemmen van de verschillende GIS bestanden op de grenzen van het onderzoeksgebied zijn uit de bestanden tevens de voor het onderzoek niet relevante legenda eenheden verwijderd. Hierdoor zijn de bestanden overzichtelijker geworden, wat de GIS analyses aanzienlijk heeft vergemakkelijkt.

#### 5.1.2 Installatie Nazca database

Voor het onderzoek zijn onder meer de gegevens uit het bodeminformatiesysteem (Nazca) van De Maaswerken gebruikt. De Nazca database van De Maaswerken wordt voortdurend bijgewerkt met nieuwe analyseresultaten en boorbeschrijvingen. In dit onderzoek is de Nazca database gebruikt zoals die op 24 juli 1999 bij De Maaswerken beschikbaar was.

De aan de ENW getoetste analyseresultaten en boorbeschrijvingen zijn met behulp van SQL queries uit de Oracle database van Nazca gehaald en in Dbase IV tabellen opgeslagen. Op basis van deze tabellen is het onderzoek uitgevoerd.

#### 5.1.3 Invoer van extra waarnemingen

Nadat de analyseresultaten waren onttrokken aan de Nazca database, is beoordeeld of de hoeveelheid waarnemingen en de spreiding van de waarnemingen toereikend was voor het onderzoek. Dit bleek niet het geval. De Nazca database bevatte 787 analyseresultaten. Deze monsters zijn voornamelijk genomen in een aantal "natuurvriendelijke oever" onderzoeken en 1 grootschalig uiterwaard onderzoek nabij Megen. De ligging van de monsternamenpunten is in figuur 5.1 door zwarte stipjes weergegeven. De figuur maakt duidelijk dat de spreiding van de beschikbare punten veel te wensen over laat. Ook de hoeveelheid punten is gering. Ter vergelijking: terwijl voor de constructie van een Bodemzoneringskaart van het Maasdal 0.28 analyses per hectare beschikbaar was, zijn dit voor de Bedijkte Maas slechts 0.16 analyses per hectare. Er is daarom besloten aanvullende analyseresultaten te verzamelen. Hiertoe zijn de archieven van CSO Adviesbureau, Waterschap De Maaskant en Polderdistrict Groot Maas en Waal geraadpleegd. Uit het archief van CSO zijn 50 analyseresultaten verkregen die zijn verzameld binnen het project "Kartering van de bodemkwaliteit in het winterbed van de Maas" (Hendriks & Hoogerwerf, 1995) dat in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Limburg is uitgevoerd. In de archieven van het Waterschap en het Polderdistrict zijn voornamelijk (90%) analyseresultaten aangetroffen die zijn verzameld in het kader van dijkverbeteringsprojecten, uitgevoerd door de Grontmij, DHV en Arcadis. De monsternamenpunten uit deze onderzoeken liggen dan ook dichtbij of in de winterdijken. Daarnaast is een enkel onderzoek uitgevoerd in het kader van

compensatiemaatregelen en/of natuurontwikkeling. Monsternamepunten uit dit soort onderzoeken liggen over een uiterwaard verspreid. Na invoer van de extra monsternames waren in totaal 1157 analyseresultaten voor het onderzoek beschikbaar. De ligging van deze monsters is weergegeven in figuur 5.2.

*Figuur 5.1: ligging van analyseresultaten uit Nazca database.*



*Figuur 5.2: ligging van totaal aantal beschikbare analyseresultaten*

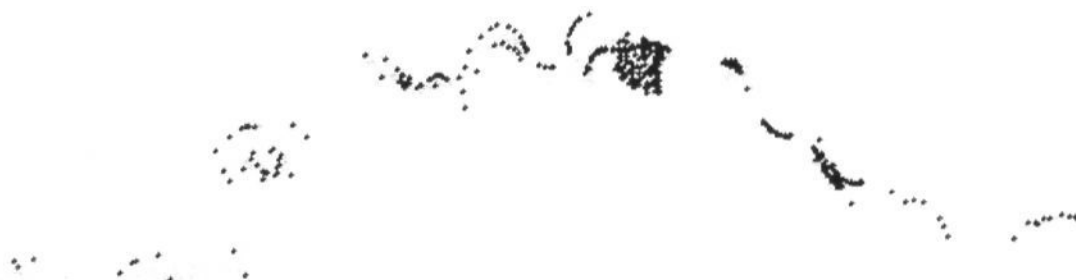


Hoewel het aantal waarnemingen is vergroot en de spreiding van de waarnemingen is verbeterd, laat de dataset nog te wensen over. De aanvullende gegevens liggen voornamelijk langs de winterdijk, waardoor grote delen van de uiterwaarden nog steeds niet gedekt worden met monsternamepunten. Tevens zijn een groot aantal (151) monsternames afkomstig uit het talud van de dijken, waardoor zij onbruikbaar zijn voor het karakteriseren van het uiterwaarddek. Deze monsters zijn geïdentificeerd door het GIS bestand met de ligging van de monsternamepunten te combineren met de laag "Taluds" uit de DTB rivieren van Rijkswaterstaat en kaarten van het Waterschap en het Polderdistrict.

Een overzicht van de onderzoeken die aan de dataset zijn toegevoegd wordt gegeven in bijlage F.

De ligging van de analyseresultaten die uiteindelijk in het onderzoek zijn gebruikt wordt door figuur 5.3 weergegeven.

Figuur 5.3: ligging van in onderzoek gebruikte analyseresultaten.



#### 5.1.4 Vorbewerking van bodemkwaliteitsgegevens

Analoog aan de in paragraaf 4.2.2 beschreven werkwijze is de dataset met bodemkwaliteitsgegevens bewerkt en onderverdeeld in boven- en ondergrond. Mogelijke uitbijters zijn in eerste instantie opgespoord met behulp van statistische exploratieve data analyse en door het tekenen van Box-Whisker plots en scatterplots. Uitbijters die het gevolg waren van typfouten (het gaat hierbij om mg/kg concentraties OCB's en PCB's die als µg/kg in de database werden verwerkt) zijn gecorrigeerd door deze gehalten door 1000 te delen. De detectielimieten uit de verschillende onderzoeken lagen voor de individuele stoffen ongeveer op hetzelfde niveau: er zijn geen extreem hoge of extreem lage detectielimieten aangetroffen. De ligging van de uitbijters die niet konden toegeschreven aan typfouten is opgezocht in de kaart met monsternamepunten. Indien voor éénzelfde stof meerdere uitbijters op zeer korte afstand van elkaar werden aangetroffen, zijn deze gehalten beschouwd als een puntverontreiniging en uit de dataset verwijderd. Met behulp van een kaart van Puntverontreinigingsbronnen van De Maaswerken is tevens gekeken of uitbijters nabij bekende verontreinigingsbronnen lagen. Uitbijters waarvoor dit het geval was zijn uit de dataset verwijderd. De volgende uitbijters zijn uit de dataset verwijderd:

Tabel 5.1: Uit dataset met analyseresultaten verwijderde uitbijters.

stof	gehalte [mg/kg]	bovenkant	onderkant	X	Y
cadmium	22	0	0,25	154283	422816
cadmium	20	0	0,5	176777	421221
cadmium	20	2,2	2,5	166197	425586
cadmium	18	0	0,4	177403	420836
cadmium	17,5	2,5	3	166188	425593
eox	8,9	2	2,2	166197	425586
eox	7,8	0	0,5	166678	426369
koper	830	1,1	2	152534	421339
koper	670	0	0,5	151791	423314
kwik	210	0	0,8	167558	426755
minerale olie (gc)	2900	1,1	2	152534	421339
sulfaat	2000	0,9	1,5	177233	420926
zink	3800	0,9	1,5	174608	422803

Na het uitvoeren van de bewerkingen bleven 1006 geschikte analyseresultaten over. Deze dataset kon worden onderverdeeld in 583 analyses van de bovengrond (0 – 0.5 m-mv) en 423 analyses van de ondergrond (> 0.5 m-mv).

### 5.1.5 Verwerking van hoogwaterslib bemonsteringen

In opdracht van Rijkswaterstaat Directie Limburg zijn door CSO Adviesbureau in 1994 en 1995 binnen het winterbed van de Maas monsters genomen van het in 1993 en 1995 afgezette hoogwaterslib. De analyseresultaten van deze monsters en de ligging van de monsternamelocaties zijn destijds schriftelijk gerapporteerd (Hoogerwerf en van Hout, 16 maart 1994; Hoogerwerf en van Hout, 24 april 1995). Om deze informatie binnen het onderhavige onderzoek optimaal te kunnen gebruiken zijn de monsternamelocaties verwerkt in GIS bestanden.

## 5.2 Longitudinale indeling van onderzoeksgebied

In het project Bodemzoneringskaart Maasdal (Hoogvliet & Rang, december 1999) zijn bij het onderzoek naar een mogelijke longitudinale indeling van het stroomgebied van de Maas binnen het volledige beheersgebied van Directie Limburg de volgende gegevens gebruikt:

- Analyses van slib dat bij het hoogwater van 1993 werd afgezet. De 26 punten waarop deze slibmonsters zijn genomen liggen regelmatig verspreid over het beheersgebied van Directie Limburg, overwegend nabij het zomerbed.
- Analyses van de bovengrond (circa 0 – 10 cm-mv) op dezelfde punten waar hoogwaterslib uit 1993 is bemonsterd.
- Analyses van slib dat bij het hoogwater van 1995 werd afgezet. Het gaat hierbij om 41 monsternames, regelmatig verspreid over het beheersgebied van Directie Limburg, overwegend nabij het zomerbed en op dezelfde locaties als waar hoogwaterslib uit 1993 is bemonsterd.
- Analyses uit de Nazca database van De Maaswerken. Hierbij zijn alleen de monsters geselecteerd die binnen een afstand van 400 meter vanaf het zomerbed zijn genomen. Deze afstand is een globale benadering van het gebied waarbinnen inundaties met een relatief hoge frequentie optreden. Tevens is onderscheid gemaakt tussen monsters uit de bovengrond (0 – 0.5 m-mv) en monsters uit de ondergrond (> 0.5 m-mv).

Op basis van het uitgevoerde onderzoek werd geconcludeerd dat het volledige stroomgebied van de Maas binnen het beheersgebied van Rijkswaterstaat Directie Limburg in drie trajecten met een verschillende bodemkwaliteit kan worden verdeeld:

- Traject Eijsden – Peelrandbreuk (kilometer 0 – 90);
- Traject Peelrandbreuk – Heumen (kilometer 90 – 166);
- Traject Heumen – Hedel (kilometer 166 – 226 = de Bedijkte Maas).

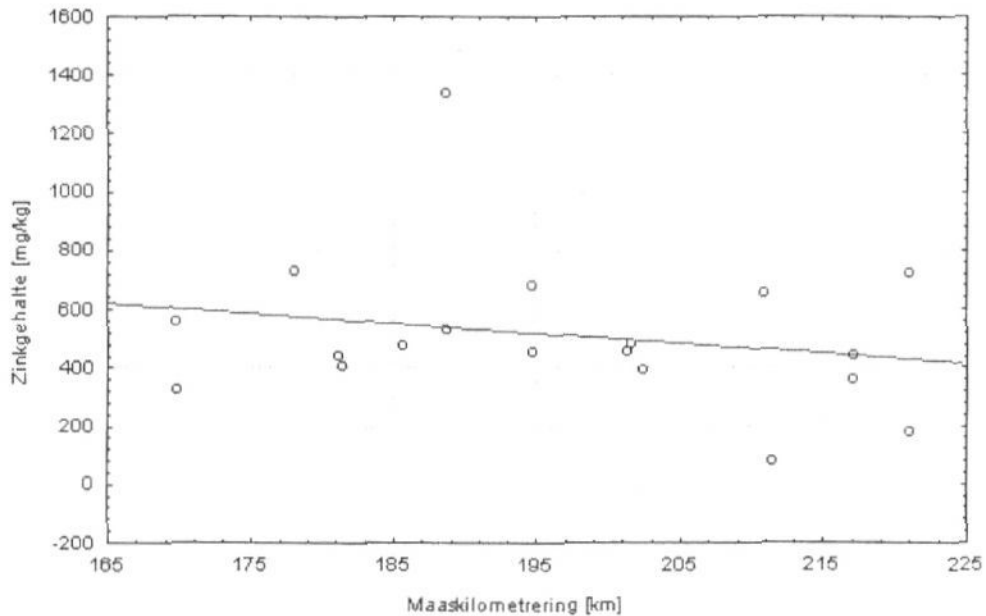
Bij het maken van de driedeling is primair gebruik gemaakt van de analyseresultaten van slibmonsters. Een verdere onderverdeling van de trajecten bleek niet mogelijk op basis van de beschikbare datasets met slibanalyses en analyseresultaten van de bovengrond.

Met behulp van de dataset van de bovengrond waarin de aanvullende gegevens van het Waterschap en Polderdistrict zijn verwerkt, is nogmaals onderzocht of binnen het traject van

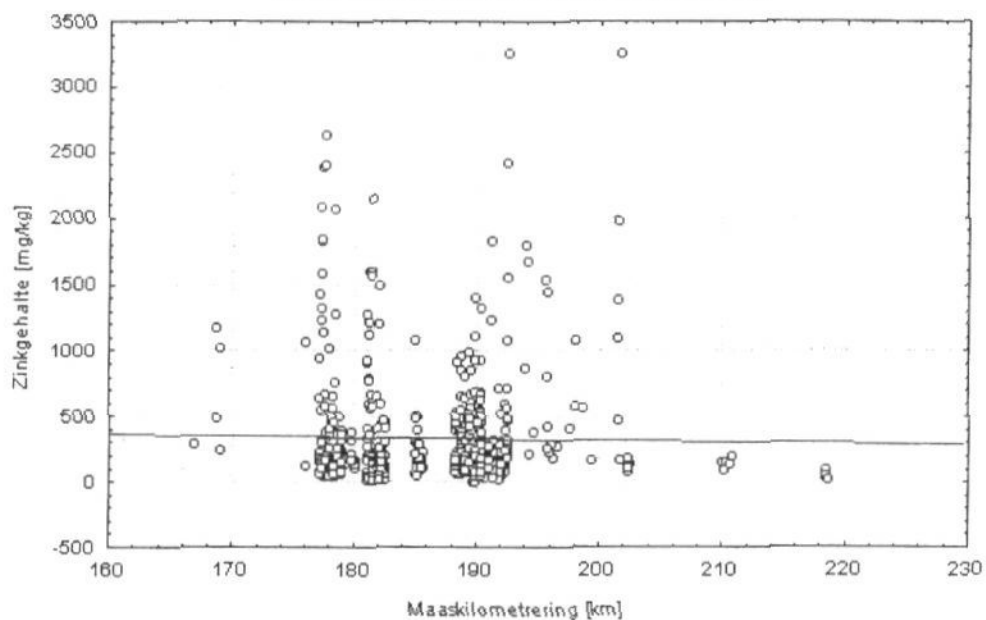
de Bedijkte Maas een onderverdeling kan worden gemaakt. Ook op basis van deze uitgebreidere dataset is het niet mogelijk gebleken verder onderscheid te maken. Er is daarom geconcludeerd dat gebieden met een significant verschillende bodemkwaliteit over de lengte van de Bedijkte Maas niet aanwezig zijn, of dat met de beschikbare datasets een dergelijke onderverdeling niet kan worden gedetecteerd.

De datasets laten wel een afname van gehalten zien in stroomafwaartse richting. In de figuren 5.4 en 5.5 wordt dit met behulp van een lineaire fit door de waargenomen zinkgehalten in het hoogwaterslib en de bovengrond geïllustreerd.

Figuur 5.4: Zinkgehalten in hoogwaterslib



Figuur 5.5: Zinkgehalten in bovengrond (0-0.5m-mv)



### 5.3 Scheiding van Oeverzone en Riviervlakte

In paragraaf 4.3.2 is de Oeverzone gedefinieerd als het gebied waarin relatief frequent erosie- en sedimentatie optreedt (dynamisch stroomgebied) waardoor de bodem in deze zone zowel kwalitatief als textureel een grote variabiliteit op relatief korte afstand bezit. Binnen de Riviervlakte doen deze processen zich minder frequent en met een geringere intensiteit voor. De bodemopbouw is hierdoor beter geordend en het sediment waarin verhoogde gehalten kunnen worden aangetroffen ligt dicht aan het oppervlak. De grens die deze zones van elkaar onderscheid is niet eerder gekarteerd. Er bestaan echter wel kaarten die als leidraad kunnen worden gebruikt bij het definiëren van de grens.

De grens tussen Oeverzone en Riviervlakte is door een geomorfoloog met behulp van een Geografisch Informatie Systeem getekend. Binnen het GIS zijn alle kaarten die relevante informatie bieden over elkaar gelegd en op het beeldscherm weergegeven. Een overzicht van deze kaarten wordt gegeven in bijlage B. De kaart die bovenaan de lijst staat heeft het zwaarst gewogen in het bepalen van de grens. Het gewicht van de kaarten neemt in de lijst naar beneden toe af. Door de informatie uit alle kaarten aan elkaar te relateren en te combineren met gegevens uit de literatuur is vastgesteld wat de meest waarschijnlijke ligging van de grens is. Aan het definiëren van de grens is binnen het onderzoek veel aandacht besteed. In bijlage C wordt de totstandkoming van de grens tussen Oeverzone en Riviervlakte met behulp van een aantal vereenvoudigde kaarten van een voorbeeldgebied gevisualiseerd.

Bij het definiëren van de grens is gebruik gemaakt van een aantal regels die ervoor hebben gezorgd dat de ligging van de grens in complexe gebieden op een consequente wijze is vastgesteld:

- Gebieden die na 1850 zijn aangeslibd of verland en grenzen aan het zomerbed, behoren altijd tot de Oeverzone. Binnen ontgravingen zijn deze gebieden als "Antropogeen in Oeverzone" gekarteerd.
- Aan het zomerbed grenzende gebieden waar de bodemkwaliteit van de ondergrond slechter is dan de bodemkwaliteit van de bovengrond en gebieden waarin de bodemkwaliteit over relatief korte afstand zeer variabel is, worden tot de Oeverzone gerekend.
- Wanneer een antropogeen beïnvloed terrein direct aan het zomerbed grenst en het terrein gemakkelijk kan inunderen (door het ontbreken van kades e.d.) volgt de grens van de Oeverzone de hoogtecontouren binnen dit terrein of, in het geval van kleinschalige terreinen, de steilranden die het terrein omgrenzen. Deze gebieden zijn als "Antropogeen in Oeverzone" gekarteerd.
- Indien een gebied dusdanig sterk is vergraven dat het niet meer mogelijk is om de Oeverzone in het terrein goed te begrenzen, dan wordt dit gebied volledig als Antropogeen beïnvloed gekarteerd.
- In stedelijke gebieden is het areaal Oeverzone niet bepaald. De grens van de Oeverzone volgt hier de grens van het stedelijke gebied. De ligging van de grens is in deze gebieden bepaald aan de hand van de topografische informatie uit de DTB rivieren kaart.

Gedurende het definiëren van de grens is gelet op de nauwkeurigheid van de thematische kaarten die als informatiebronnen zijn gebruikt. Er is getracht om lijnen uit kaarten met een relatief gering schaalniveau (zoals bijvoorbeeld de Geomorfologische Kaart met 1:50.000) met behulp van andere beschikbare grootschaliger informatiebronnen (zoals het hoogtemodel van de RWS Rivierkaart met 1:5.000 of boringen uit de Nazca database) beter te positioneren. Hierdoor is het mogelijk gebleken om de informatie uit de thematische

basiskaarten betrouwbaarder te maken en de ligging van de grens tussen Oeverzone en Riviervlakte nauwkeuriger te definiëren.

## 5.4 Onderscheiden deelgebieden binnen Riviervlakte

### 5.4.1 Voorgedefinieerde deelgebieden

Analoog aan de in paragraaf 4.4.1 beschreven werkwijze zijn binnen de Riviervlakte in eerste instantie op basis van antropogene invloeden en significante morfologische kenmerken de volgende "Voorgedefinieerde deelgebieden" begreep:

- **Antropogeen beïnvloede gebieden;**
- **Na 1850 verlandde geulen;**

Deze deelgebieden zijn in de kaart als aparte legenda eenheden weergegeven.

Stedelijke en overige bebouwde gebieden binnen de Riviervlakte zijn gekarteerd met behulp van de grenzen uit de Bodemkaart van Nederland 1:50.000 en de Geomorfologische Kaart van Nederland 1:50.000. Aangezien de Bedijkte Maas in beide kaarten meerdere kaartbladen doorloopt, kan de opnamedatum van het bebouwde gebied in de kaarten variëren tussen 1960 en 1990. Door het verschil in opnamedata verschilt het areaal van het stedelijk gebied ook tussen de Bodem en Geomorfologische kaarten. Tevens zijn recente stadsuitbreidingen niet in de kaarten terug te vinden. Met behulp van de Topografische atlas van Nederland 1:25.000 is bepaald welke polygoenen (die uit de Bodem- of Geomorfologische Kaart of een combinatie van beide) het areaal van de stedelijke gebieden het nauwkeurigst beschrijven. De beste polygoenen zijn verwerkt in de Bodemzoneringskaart.

### 5.4.2 Met statistische technieken onderscheiden deelgebieden

Analoog aan de methodieken uit de "Handreiking achtergrondgehalten" (TNO, juli 1998) en de interim-richtlijn "Opstellen en toepassen van bodemkwaliteitskaarten in het kader van de Vrijstellingsregeling Grondverzet" (TNO, juli 1999) is onderzocht of binnen het overige areaal van de Riviervlakte homogene deelgebieden bestaan.

In een eerste stap is nogmaals een uitbijteranalyse uitgevoerd. Hierbij zijn alleen de analyseresultaten betrokken die zich binnen de Riviervlakte bevinden en buiten de Voorgedefinieerde deelgebieden. Deze nieuwe analyse was noodzakelijk omdat door het niet meenemen van analyses uit de Oeverzone en de Voorgedefinieerde deelgebieden, de statistische verdeling van waarden in de dataset werd veranderd. De analyse is voor de boven- en ondergrond apart uitgevoerd.

Tabel 5.2: Uitbijters in dataset Riviervlakte.

stof	gehalte [mg/kg]	bovenkant	onderkant	X	Y
<b>bovengrond</b>					
lood	1100	0,00	0,50	165481	427252
lood	830	0,00	0,70	159070	424941
zink	2600	0,00	0,50	165481	427252
zink	2100	0,00	0,50	165712	427582
zink	2000	0,00	0,70	159070	424941
zink	2000	0,00	0,25	154283	422816
zink	1800	0,00	0,40	165604	427475
som DDT	0,463	0,00	0,25	156784	426280
<b>ondergrond</b>					
lood	600	0,00	1,00	154283	422816
lood	490	0,40	1,00	165412	426477
lood	390	0,50	1,00	159073	424936
chrom	170	1,10	2,00	152534	421339
cadmium	9,9	0,00	1,00	154283	422816
kwik	2,2	0,00	1,00	154283	422816
kwik	1,7	1,10	2,00	152534	421339
koper	130	0,00	1,00	154283	422816
koper	83	0,50	1,00	159073	424936
nikkel	82	1,10	2,00	152534	421339
zink	2800	0,70	1,50	159001	424910
zink	1850	0,00	1,00	154283	422816

Vervolgens is met behulp van de Mann-Whitney toets (zie bijlage A) onderzocht of er relaties bestaan tussen bodemkwaliteit en eenheden uit de Bodemkaart van Nederland 1:50.000 en Geomorfologische Kaart van Nederland 1:50.000. In het hierna volgende rapportonderdeel worden de resultaten van dit onderzoek stapsgewijs besproken.

### Analyse op bodemtypen

De volgende bodemtypen zijn hoofdzakelijk in het gebied aanwezig:

- Ooivaaggronden (kalkloos en kalkhoudend);
- Poldervaaggronden (kalkloos en kalkhoudend).

Een uitvoerige beschrijving van deze bodemtypen kan worden gevonden in de "Toelichting bij Bodemkaart van Nederland 1:50.000".

In een eerste analyse is de bodemkwaliteit van de twee bodemtypen met elkaar vergeleken. Hierbij werden in de bovengrond voor alle zware metalen, behalve koper, in de ooivaaggronden significant hogere gehalten aangetroffen. De gehalten PAK en PCB's bleken juist in de poldervaaggronden iets hoger te liggen. In de ondergrond zijn geen duidelijke verschillen aangetroffen. Het aantal beschikbare waarnemingen bleek in de ondergrond van de poldervaaggronden ook zeer gering (ca. 16 per stof).

Bij een vergelijk van de ligging van de bodemtypen bleek dat in het traject tot St.Andries vrijwel alleen ooivaaggronden aanwezig zijn. Binnen dit traject komen alleen in de strangen poldervaaggronden voor. Voorbij St.Andries wordt het areaal poldervaaggronden groter, maar blijven de ooivaaggronden het belangrijkste bodemtype vormen. Poldervaaggronden bevinden zich hier voornamelijk op ontgrondingslocaties en kleiwinningen.

De twee bodemtypen zijn dus onevenwichtig over het onderzoeksgebied verdeeld. Hierdoor kan het in de bovengrond aangetroffen kwaliteitsverschil grotendeels worden toegeschreven aan de longitudinale variatie in gehalten (de gehalten nemen stroomafwaarts in geringe mate af, zie paragraaf 5.2). Deze variatie is niet gerelateerd aan bodemkenmerken. De in de ooivaaggronden aangetroffen hogere gehalten zware metalen worden dus primair veroorzaakt door de lokatie van het bodemtype binnen het onderzoeksgebied en niet door de specifieke bodemkenmerken van dit type.

De poldervaaggronden zijn hoofdzakelijk gelegen in landschapselementen die deel uitmaken van de voorgedefinieerde deelgebieden (antropogeen beïnvloed gebied) of beter zijn gekarteerd in de Geomorfologische Kaart (strangen, laagtes ontstaan door afgraving/egalitatie). Hierdoor is de toegevoegde waarde van de Bodemkaart voor het begrenzen van deze landschapselementen gering.

Op basis van bovenstaande conclusies ten aanzien van de lokatie van de bodemtypen en het gebrek aan onderscheidend vermogen in de ondergrond, is besloten dat de Riviervlakte niet zinvol kan worden onderverdeeld in ooi- en poldervaaggronden.

Een analyse waarin de ooi- en poldervaaggronden verder waren opgesplitst naar kalkhoudende en kalkloze gebieden leverde zowel voor de boven- als ondergrond geen verschillen op. Hetzelfde geldt voor een analyse waarin de ooi- en poldervaaggronden op basis van profiel- en textuurkenmerken (zware zavel / zavel / lichte klei) nader waren onderverdeeld.

Concluderend kan worden gesteld dat de Bodemkaart van Nederland niet kan worden gebruikt voor het opsplitsen van de Riviervlakte in homogene deelgebieden.

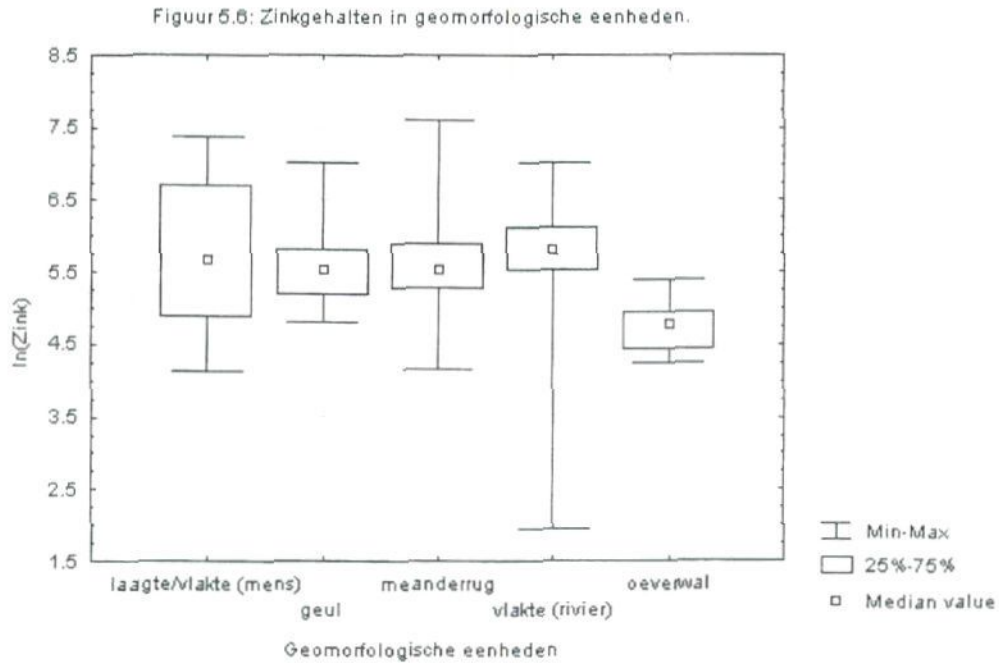
#### **Analyse op geomorfologische eenheden**

De belangrijkste geomorfologische eenheden in het onderzoeksgebied zijn:

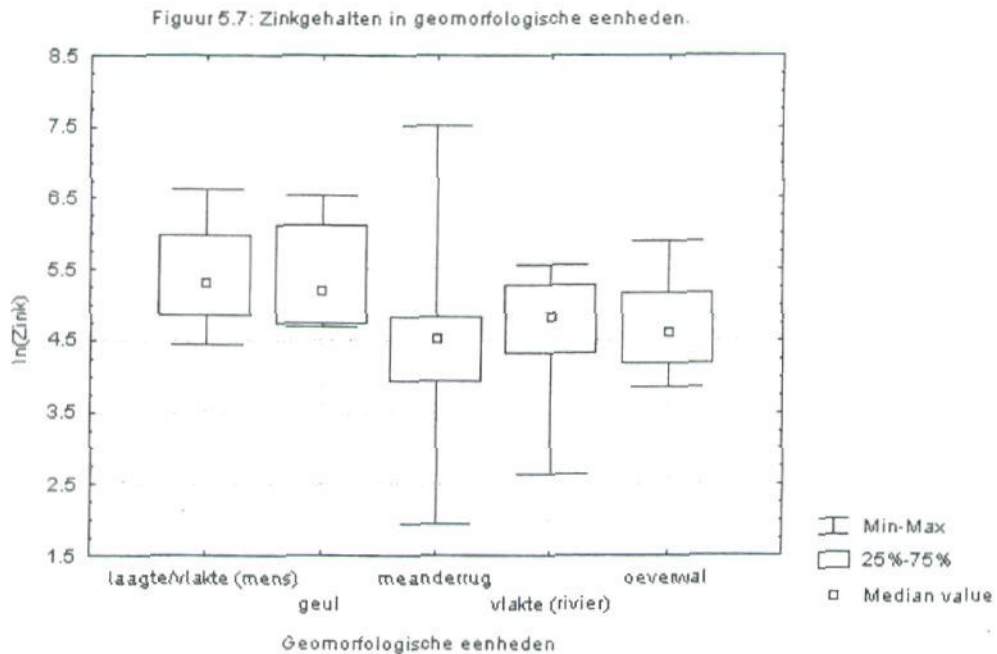
- Meanderruggen en geulen in uiterwaard;
- Geul van meanderend stelsel;
- Oeverwal in uiterwaard;
- Vlake/laagte ontstaan door egalitatie of afgraving (mens is vormbepalende factor);
- Vlake in uiterwaard (rivier is voornaamste vormbepalende factor)

De "Toelichting op de legenda van de Geomorfologische Kaart van Nederland 1:50.000" geeft een nadere beschrijving van deze eenheden.

In de bovengrond zijn de laagste gehalten aangetroffen in de eenheid "Oeverwal in uiterwaard". Voor alle onderzochte stoffen liggen de gehalten in deze eenheid significant lager dan in de overige eenheden. De kwaliteit van de bovengrond in de resterende eenheden is nagenoeg gelijk. Figuur 5.6 geeft een beeld van de relatieve bodemkwaliteitsverschillen door middel van een box-whisker diagram waarin de natuurlijke logaritme van het zinkgehalte is uitgezet.



In de ondergrond is geen enkel significant verschil aanwezig tussen de geomorfologische eenheden. Bij een nadere analyse van de dataset bleek wel dat de gehalten in de eenheden "Vlakte/laagte ontstaan door egalisatie of afgraving" en "Geul van meanderend stelsel" voor het merendeel van de onderzochte stoffen consequent hoger liggen dan in de overige eenheden. Dit komt overeen met de verwachting: in de Geulen zijn de gehalten lutum en organische stof van de bodem hoger en is het potentieel verontreinigd pakket dikker; in de Vlaktes/laagtes is sprake van antropogene invloeden wat de kans op het aantreffen van verontreinigingen op grotere diepte vergroot. De relatieve verschillen tussen de gehalten in de ondergrond worden geïllustreerd door figuur 5.7.



Hoewel het kwaliteitsverschil van de bovengrond tussen "Oeverwal in uiterwaard" en de overige eenheden significant is, heeft deze eenheid slechts een klein oppervlak (3% van onderzoeksgebied) en zijn slechts 17 waarnemingen in de bovengrond van deze eenheid beschikbaar. Daardoor en door het ontbreken van verschillen in de ondergrond, kan "Oeverwal in uiterwaard" niet als apart deelgebied worden onderscheiden.

Op basis van de Geomorfologische Kaart kunnen dus geen significant verschillende homogene deelgebieden worden onderscheiden in de Riviervlakte.

#### ***Combinatie van bodemtypen en geomorfologie***

Hoewel de Bodemkaart en Geomorfologische kaart afzonderlijk geen mogelijkheid bieden om homogene deelgebieden te onderscheiden, is onderzocht of een samenstelling van deze kaarten deze mogelijkheid wel biedt. Hiertoe zijn analyses uit poldervaaggronden, die betrekking hebben op verlandde geulen, samengevoegd met analyses uit de eenheid "Geul van meanderend stelsel". De bodemkwaliteit in deze samengestelde eenheid is vervolgens vergeleken met de bodemkwaliteit in de overige geomorfologische eenheden. Deze bewerking leverde geen duidelijker verschillen op tussen de geulen en de overige eenheden.

#### ***Combinatie van geomorfologie en Voorgedefinieerde eenheid Geulen***

De Voorgedefinieerde eenheid Geulen maakt deel uit van de Riviervlakte en bestaat uit oude Maasgeulen die na 1850 zijn verland. De eenheid is bij voorbaat uitgekarteerd op basis van de aanname dat in deze geulen de verontreinigingsgraad hoog is en het verontreinigde pakket een relatief grotere dikte heeft. Om deze verwachting te toetsen is de dataset met waarnemingen in de eenheid Geulen onderzocht op uitbijters en vervolgens vergeleken met de waarnemingen binnen het overige areaal van de Riviervlakte. Uit deze analyse bleek dat er zowel in de boven- als ondergrond geen significant verschil bestaat tussen de bodemkwaliteit in de Geulen en de rest van de Riviervlakte. De Voorgedefinieerde eenheid Geulen kan daarom niet als een individuele zone worden verwerkt in de Bodemzoneringskaart.

Vervolgens is onderzocht of een dataset waarin analyseresultaten uit de Voorgedefinieerde eenheid Geulen en de geomorfologische eenheid "Geul van meanderend stelsel" samen zijn gevoegd, verschilt van een dataset met de overige analyseresultaten uit de Riviervlakte. Ook dit leverde geen significante verschillen op. Wel bleek dat in de ondergrond de verschillen in gehalten (m.n. van de zware metalen) groter zijn dan in de bovengrond. De verbetering van de bodemkwaliteit met toenemende diepte is in de samengestelde Geul-eenheid namelijk geringer dan in de Riviervlakte.

#### ***Onderverdeling Riviervlakte***

Concluderend kan worden gesteld dat op basis van een 95% betrouwbaarheids grens binnen de Riviervlakte geen deelgebieden kunnen worden onderscheiden met een significant verschillende bodemkwaliteit. Binnen het kader van Actief Bodembeheer moet de Riviervlakte daarom als één zone worden beschouwd. De Riviervlakte kan dus worden gekarakteriseerd met behulp van alle analyseresultaten die in deze zone beschikbaar zijn (zie paragraaf 5.5).

Hoewel geen significante verschillen in bodemkwaliteit zijn aangetroffen binnen de Riviervlakte, bestaat er wel aanleiding om binnen de Riviervlakte een drietal "aandachtsgebieden" te onderscheiden. Het gaat hierbij om voor en na 1850 verlandde geulen van de Maas en gebieden die in de Geomorfologische kaart zijn aangegeven als "Vlakte/laagte ontstaan door egalitatie of afgraving (mens is vormbepalende factor)".

De **na 1850 verlandde geulen** werden reeds gekarteerd als een Voorgedefinieerd deelgebied. In deze geulen is de kans op het aantreffen van dikke pakketten materiaal met een slechte kwaliteit groter dan in de rest van de Riviervlakte (zie paragraaf 4.4.1). De

ligging van **geulen die voor 1850 zijn verland** is verkregen uit de Geomorfologische Kaart van Nederland 1:50.000. Ook grootschalige kronkelwaardgeulen zijn in het areaal van dit gebied verwerkt. Hoewel het verlandingsproces van deze geulen haar hoogtepunt had voordat de mate van verontreiniging van het Maassediment het sterkst was, vormen de geulen nog steeds depressies in het landschap, waarin na een inundatie water achterblijft en kleiig materiaal gemakkelijker kan bezinken. In de statistische analyse zijn geen significante bodemkwaliteitsverschillen gevonden tussen de geulen en de rest van de Riviervlakte. Wel is gebleken dat de concentraties zware metalen in de ondergrond van de geulen iets hoger liggen dan in de bovengrond van de rest van de Riviervlakte. Deze conclusie is gebaseerd op een dataset waarin voor de geulen slechts weinig waarnemingen beschikbaar waren (circa 10). Indien er meer analyseresultaten beschikbaar komen mag worden verwacht dat het kwaliteitsverschil van de ondergrond nadrukkelijker naar voren komt en mogelijk significant blijkt.

De in de Geomorfologische Kaart als "**Vlakte/laagte ontstaan door egalisatie of afgraving**" aangegeven gebieden overlappen grotendeels met de in de provinciale ontgrondingenkaarten begrensde terreinen. De provinciale kaarten beschrijven met name de ligging van grootschalige ontgrondingen. Gedurende het onderzoek "Inventarisatie Historische Rivierlopen" (van Hout & Hoogerwerf, april 1997) bleek dat niet alle kleiwinningen in de provinciale kaarten en archieven zijn geregistreerd. Het gaat hierbij veelal om gebieden waarin het uiterwaarddek circa 1 à 2 meter is afgegraven. Er is aangenomen dat de in de Geomorfologische Kaart als "Vlakte/laagte ontstaan door egalisatie of afgraving" aangegeven gebieden die niet overlappen met de provinciale kaarten, de ligging van de ontbrekende kleiwinningen het beste beschrijven. Hoewel in deze gebieden sprake is van antropogene invloeden zijn zij niet zonder meer als "verdachte locaties" bestempeld en aan de voorgedefinieerde eenheid "Antropogeen" toegevoegd. De geringe schaal van de ingreep en het feit dat de eenheid ook niet ontgraven, alleen geëgaliseerde gebieden bevat, heeft tot deze beslissing geleid. Doordat de bodemopbouw van deze gebieden wel degelijk afwijkt van een "natuurlijk" uiterwaarddek, is er voor gekozen om de ligging van de gebieden als extra informatie in de Bodemzoneringskaart op te nemen.

De bovengenoemde aandachtsgebieden zijn in de Bodemzoneringskaart als afzonderlijke legenda-eenheden verwerkt. Zoals reeds vermeld hebben deze gebieden binnen het kader van Actief Bodembeheer geen individuele status en moet de Riviervlakte, waarvan de aandachtsgebieden deel uitmaken, als één totale zone worden beschouwd met één specifieke Achtergrondgrenswaarde. Bij het "inzoomen" op een bepaalde locatie kan het echter behulpzaam zijn om over de extra gebiedsinformatie te beschikken die door de Aandachtsgebieden wordt geboden.

Om een indruk te geven van het areaal dat door de verschillende legenda-eenheden binnen het onderzoeksgebied wordt ingenomen, zijn de oppervlaktes van alle onderscheiden eenheden verwerkt in tabel 5.3. Het totale oppervlak van het onderzoeksgebied bedraagt circa 4984 hectare.

Tabel 5.3: Oppervlaktes van onderscheiden gebieden [hectare].

gebied	oppervlak [ha]
<b>dynamische zone (Oeverzone)</b>	
Oeverzone (exclusief Antropogeen in Oeverzone)	674
Antropogeen in Overzone	125
<b>statische zone (Riviervlakte)</b>	
na 1850 verlandde geul	499
voor 1850 verlandde geul	129
vlakte/laagte ontstaan door egalisatie/afgraving	418
overig areaal Riviervlakte	2409
<b>overige gebieden</b>	
Antropogeen	630
Bebouwd/stedelijk gebied	99

De Bodemzoneringskaart is verwerkt in de bij deze rapportage behorende kaartbijlage. De kaartbijlage bevat tevens een kaartserie waarop de resultaten zijn weergegeven van de Inventarisatie Puntverontreinigingen Zandmaas (IWACO, 5 september 1996). Op deze kaart zijn actuele en potentiële verontreinigingsbronnen binnen de uiterwaarden met een stip weergegeven.

## 5.5 Bodemkwaliteit Riviervlakte

Op basis van de beschikbare analyseresultaten zijn een aantal statistische parameters berekend voor de boven- en ondergrond van de Riviervlakte. Deze parameters zijn verwerkt in de tabellen 5.4 en 5.5. De stoffen waarvoor de parameters zijn bepaald, zijn het meest relevant voor de verontreinigingssituatie in het onderzoeksgebied.

Met betrekking tot de PCB's moet worden opgemerkt dat voor 1 monster òf een Som PCB6 òf een Som PCB7 waarde beschikbaar was. Voor eenzelfde monster zijn dus nooit de Som PCB6 en tevens de Som PCB7 gehalten verwerkt. Hierdoor komt het voor dat binnen een zone de PCB6 gehalten hoger liggen dan de PCB7 gehalten. In deze gevallen zijn slechts 6 PCB-deelparameters geanalyseerd en zijn hierbij hoge gehalten aangetroffen. Door het ontbreken van de 7<sup>e</sup> deelparameter kon het PCB7 gehalte niet worden berekend en komen de hoge gehalten niet tot uiting in de PCB7 karakteristieken van de zones.

De betekenis van de afkortingen in de kolomhoofden van de tabellen is:

N	aantal beschikbare waarnemingen;
Min	minimale waargenomen gehalte (meestal de detectielimiet);
25-perc	25 percentiel in de frequentieverdeling;
Mediaan	50 percentiel in de frequentieverdeling;
75-perc	75 percentiel in de frequentieverdeling;
95-perc	95 percentiel in de frequentieverdeling;
Max	maximale waargenomen gehalte;
Gem	rekenkundig gemiddelde van alle waargenomen gehaltenes;
STD	standaard deviatie;
AGGW	achtergrondgrenswaarde.

In meerdere gevallen komt het voor dat een groot aantal waarnemingen van een stof onder de detectielimiet ligt. Dit is met name het geval bij de Som-parameters. In de tabellen kunnen deze gevallen worden herkend wanneer de parameters Min, 25-perc, Mediaan en soms ook de 75-perc dezelfde waarde hebben.

Als extra informatie is voor de Riviervlakte en de Oeverzone tevens de procentuele kans op het voorkomen van de verschillende ENW-klassen bepaald. De uitkomsten van deze berekeningen zijn verwerkt in bijlage E.

In Bijlage G is een tabel opgenomen waarin de individuele stoffen worden vermeld waaruit de som-parameters zijn samengesteld.

Tabel 5.4: Bodemkwaliteitsparameters voor **bovengrond** (0 - 0.5m-mv) in **Rivierlakte** [gehalten in mg/kg, behalve \* in µg/kg]

STOF	N	Min	25-perc	Mediaan	75-perc	95-perc	Max	Gem	STD	AGGW
Arseen	145	4,3	7,0	14,0	20,0	45,0	75,0	16,99	13,23	26,0
Cadmium	356	0,1	0,9	1,5	2,5	4,5	14,0	1,85	1,46	3,2
Chroom	147	7	19	32	47	100	170	38,0	29,4	56
Koper	358	4	20	28	35	95	175	32,9	23,7	50
Kwik	147	0,04	0,07	0,17	0,47	1,90	3,50	0,45	0,63	1,10
Lood	361	7	70	101	151	320	650	127,9	98,8	200
Nikkel	147	4	19	28	35	43	54	26,9	10,5	38
Zink	377	7	166	252	367	1100	1600	342,2	297,6	680
min.olie (gc)	56	7	30	35	140	270	340	81,8	83,9	180
PAK 10 Vrom	54	0,10	0,50	1,20	2,30	7,30	9,00	2,05	2,35	4,60
Som PCB(6)*	105	4,0	4,2	4,2	4,6	46,4	110,6	9,70	18,70	7,4
Som PCB(7)*	131	4,0	4,9	4,9	5,3	48,3	121,1	10,10	18,30	9,2
Som HCH*	93	2,8	2,8	2,8	4,7	11,8	18,7	4,43	3,14	7,8
DRINS*	114	1,6	2,1	2,1	2,1	2,1	4,9	2,10	0,30	2,1
Som DDT*	88	1	2	4	4	12	60	4,9	7,6	5
Totaal OCB*	33	18	18	18	18	56	66	23,0	12,4	38
EOX	28	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,5	0,22	0,12	0,4
Lutum	357	3,6	16,0	22,9	27,0	30,0	46,0	21,65	6,83	27,9
Org. Stof	377	0,6	5,9	6,0	10,0	10,0	11,1	6,75	2,65	10,0

Tabel 5.5: Bodemkwaliteitsparameters voor **ondergrond** (> 0.5m-mv) in **Rivierlakte** [gehalten in mg/kg, behalve \* in µg/kg]

STOF	N	Min	25-perc	Mediaan	75-perc	95-perc	Max	Gem	STD	AGGW
Arseen	151	2,8	7,0	8,6	12,5	22,0	38,0	10,33	5,86	15,0
Cadmium	146	0,1	0,1	0,3	0,7	1,7	8,2	0,63	1,03	0,9
Chroom	151	7	14	25	36	50	81	26,6	14,8	41
Koper	148	4	6	14	19	38	66	15,2	11,0	24
Kwik	145	0,04	0,07	0,07	0,10	0,35	0,98	0,12	0,15	0,20
Lood	149	7	22	42	60	135	330	50,6	48,9	90
Nikkel	151	4	15	23	30	39	51	23,0	10,8	35
Zink	156	7	67	108	185	700	1100	157,7	180,4	250
min.olie (gc)	0									
PAK 10 Vrom	105	0,04	0,14	0,14	0,14	0,66	2,70	0,23	0,34	0,14
Som PCB(6)*	49	4,2	4,2	4,2	4,2	19,2	104,2	7,00	14,60	4,2
Som PCB(7)*	139	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	129,2	6,10	10,70	4,9
Som HCH*	128	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	20,6	3,02	1,63	2,8
DRINS*	149	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	4,2	2,10	0,20	2,1
Som DDT*	139	1	4	4	4	4	33	4,4	3,4	4
Totaal OCB*	90	18	18	18	18	18	18	17,5	0,0	18
EOX	96	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,08	0,05	0,1
Lutum	150	1,4	4,6	15,0	23,0	31,0	38,0	15,13	10,53	27,9
Org. Stof	160	0,7	1,1	2,2	4,1	8,9	16,0	3,01	2,68	6,3

## 5.6 Bodemkwaliteit Oeverzone

### 5.6.1 Actuele bodemkwaliteit

Om de voor de Oeverzone beschikbare analyseresultaten te beschrijven, en de actuele bodemkwaliteit binnen de zone in beeld te brengen, zijn voor de boven- en ondergrond in deze zone dezelfde statistische parameters berekend als voor de Riviervlakte. Deze zijn opgenomen in de tabellen 5.6 en 5.7.

Tabel 5.6: Bodemkwaliteitsparameters voor **bovengrond** (0 - 0.5m-mv) in **Oeverzone** [gehalten in mg/kg, behalve \* in µg/kg]

STOF	N	Min	25-perc	Mediaan	75-perc	95-perc	Max	Gem	STD	AGGW
Arseen	123	3,5	10,0	13,5	19,0	30,0	36,0	14,74	7,30	21,0
Cadmium	141	0,1	0,7	1,8	3,3	8,3	12,0	2,52	2,49	5,4
Chroom	123	7	24	34	45	64	71	35,0	15,3	54
Koper	143	4	21	30	53	105	165	40,8	32,7	75
Kwik	122	0,07	0,13	0,33	0,55	1,75	2,70	0,49	0,54	0,91
Lood	143	7	63	110	177	460	960	144,6	141,6	260
Nikkel	123	4	21	27	32	39	47	26,2	8,7	36
Zink	143	7	190	327	534	1150	2700	453,2	455,7	800
min.olie (gc)	0									
PAK 10 Vrom	97	0,14	0,61	1,40	3,40	8,40	21,00	2,52	3,05	5,40
Som PCB(6)*	32	4,2	4,2	6,6	9,0	19,2	30,5	7,80	5,50	9,6
Som PCB(7)*	121	4,9	4,9	9,2	21,0	120,0	180,0	22,10	34,50	36,0
Som HCH*	118	2,8	2,8	2,8	3,9	8,8	37,1	4,03	3,63	5,7
DRINS*	119	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	4,8	2,20	0,40	2,1
Som DDT*	98	1	4	5	7	25	79	7,6	9,5	10
Totaal OCB*	92	18	18	18	18	58	120	22,3	17,6	18
EOX	93	0,1	0,2	0,3	0,4	1,3	1,9	0,37	0,38	0,6
Lutum	141	1,4	14,5	20,0	27,0	48,0	85,0	22,58	13,50	36,0
Org. Stof	143	0,7	3,7	5,4	7,2	10,0	12,6	5,57	2,74	9,3

Tabel 5.7: Bodemkwaliteitsparameters voor **ondergrond** (>0.5m-mv) in **Oeverzone** [gehalten in mg/kg, behalve \* in µg/kg]

STOF	N	Min	25-perc	Mediaan	75-perc	95-perc	Max	Gem	STD	AGGW
Arseen	232	3,5	3,5	7,7	12,5	22,0	51,0	9,84	7,81	15,5
Cadmium	230	0,1	0,1	0,2	0,4	3,2	13,0	0,66	1,59	0,8
Chroom	232	7	7	20	37	54	92	24,1	17,2	43
Koper	232	4	4	11	18	57	290	19,8	40,1	23
Kwik	232	0,07	0,07	0,07	0,07	0,77	4,40	0,22	0,63	0,18
Lood	232	7	12	31	56	310	1150	69,1	148,1	82
Nikkel	232	4	11	19	31	42	68	21,0	12,1	35
Zink	231	7	44	98	150	650	2400	182,7	348,1	230
min.olie (gc)	0									
PAK 10 Vrom	219	0,14	0,14	0,14	0,14	5,30	13,50	0,66	1,93	0,50
Som PCB(6)*	14	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,20	0,00	4,2
Som PCB(7)*	232	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	38,0	5,20	2,40	4,9
Som HCH*	232	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	16,6	2,88	0,94	2,8
DRINS*	234	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,10	0,00	2,1
Som DDT*	223	4	4	4	4	4	14	4,3	0,8	4
Totaal OCB*	219	18	18	18	18	18	18	17,5	0,0	18
EOX	218	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,9	0,10	0,11	0,1
Lutum	255	1,4	3,2	11,0	22,0	39,0	92,0	14,15	13,22	31,0
Org. Stof	232	0,7	0,7	1,5	2,8	6,4	20,0	2,32	2,62	4,2

Uit de tabellen blijkt dat de gehalten in de Oeverzone niet voor alle stoffen consequent boven de gehalten in de Rivierlakte liggen. Dit is voor het Maasdal wel het geval. Variërend per stof worden in het areaal van de Bedijkte Maas de hoogste waarden voor de verschillende bodemkwaliteitsparameters of in de Oeverzone of in de Rivierlakte aangetroffen. De gehalten van de Maas "belangrijkste" gids-stoffen liggen in de boven- en ondergrond van de Oeverzone overigens wel consequent hoger (cadmium, koper, lood, zink, PAK10). In de ondergrond van de Maasdal-Oeverzone zijn voor een aantal stoffen hogere gehalten aangetroffen dan in de bovengrond. In de Oeverzone van de Bedijkte Maas is dit voor geen van de onderzochte stoffen het geval.

Belangrijke eigenschappen van de Oeverzone in het Maasdal (relatief hogere verontreinigingsgraad; heterogeniteit, dus slechte(re) bodemkwaliteit op grotere diepte is mogelijk) komen op basis van de beschikbare analyseresultaten niet duidelijk naar voren. Dit kan veroorzaakt worden door een gebrek aan voldoende waarnemingen en spreiding van de waarnemingen over het onderzoeksgebied. Het is echter waarschijnlijker dat de oorzaak ligt bij de aard van de sedimentatieprocessen in het onderzoeksgebied (zie hoofdstuk 3). De tabellen 5.4 t/m 5.7 laten gemeten concentraties zien, zonder dat omrekening voor lutum- en organische stofgehalten heeft plaatsgevonden. De serie figuren uit hoofdstuk 3 toont dat hoewel het bulkgewicht van de metalensedimentatie nabij het zomerbed (in de Oeverzone) zeer groot is (figuur c), de hoogste concentraties metalen in de Rivierlakte worden aangetroffen (figuur b). Hier wordt namelijk (met name in de laagtes) fijner sediment met een hoger lutum- en organische stofgehalte afgezet. Dit is de reden waarom het duidelijke concentratieverschil tussen de Oeverzone en Rivierlakte uit het Maasdal niet in het gebied van de Bedijkte Maas wordt aangetroffen.

## 5.6.2 Niveau van herverontreiniging

Op basis van analysesresultaten van slibmonsters die na de hoogwaters van 1993 en 1995 zijn genomen, zijn een aantal statistische parameters berekend die het niveau van herverontreiniging in de Oeverzone beschrijven. De uitkomsten van deze berekeningen zijn verwerkt in tabel 5.8. Gehalten OCB's en PCB's zijn in de tabellen niet opgenomen aangezien het slib van 1995 op deze stoffen niet is geanalyseerd.

Tabel 5.8 : kwaliteitsparameters voor **hoogwaterslib** uit 1993 en 1995 [gehalten in mg/kg]

Stof	N	Min	25-perc	Mediaan	75-perc	90-perc	Max	Gem	STD
Arseen	19	7,0	14,0	19,0	23,0	27,0	28,0	18,11	6,46
Cadmium	19	0,3	1,2	2,7	3,5	6,5	6,7	2,62	1,87
Chroom	19	7	31	50	65	220	350	72,7	80,3
Koper	19	8	46	62	83	99	130	63,5	28,1
Kwik	19	0,07	0,37	0,43	0,55	0,90	0,93	0,47	0,23
Lood	19	19	115	210	240	420	510	208,4	116,7
Nikkel	19	8	28	42	53	155	230	55,7	51,9
Zink	19	64	450	590	740	1000	1400	619,7	305,8
min.olie (gc)	19	35	125	175	220	380	430	189,5	97,9
PAK10 Vrom	19	0,41	1,76	2,48	4,01	8,01	8,05	3,11	2,15
lutum	19	12,0	24,0	35,0	43,0	50,0	52,0	34,26	12,02
org.stof	19	2,1	6,8	10,5	12,5	17,0	19,5	10,32	4,07

De snelheid waarmee de bodemkwaliteit op een bepaalde plaats zal veranderen is afhankelijk van de sedimentatiesnelheid op deze plaats en van de kwaliteit van het slib dat wordt afgezet. Om het huidige niveau van herverontreiniging te kunnen vergelijken met de herverontreiniging die in het verleden is opgetreden zijn in tabel 5.9 de gemiddelde gehalten uit de bovengrond van de Oeverzone naast de gemiddelde slibgehalten gezet.

Tabel 5.9 : *gemiddelde gehalten in bovengrond Oeverzone (0 t/m 0.5 m-mv) en hoogwaterslib ( $\pm 0 - 0.05$  m-mv) uit 1993 en 1995 [gehalten in mg/kg]*

Stof	Oeverzone	Slib
Arseen	14,74	18,11
Cadmium	2,52	2,62
Chroom	35,0	72,7
Koper	40,8	63,5
Kwik	0,49	0,47
Lood	144,6	208,4
Nikkel	26,2	55,7
Zink	453,2	619,7
lutum	22,6	34,3
org.stof	5,6	10,3

In tegenstelling tot de situatie in het Maasdal, liggen de gehalten in het slib voor vrijwel alle stoffen boven die van de bovengrond. De hoge gehalten in het slib kunnen aan twee factoren worden toegeschreven:

1. in het gebied van de Bedijkte Maas vindt sedimentatie plaats van materiaal dat is geërodeerd in het Maasdal. Dit materiaal is voornamelijk afkomstig uit de aan erosie onderhevige Oeverzone. In deze zone zijn de diverse stoffen in zeer hoge concentraties aanwezig.

2. Bedrijfsactiviteiten nabij Gennep, Cuijk en Ravenstein dragen bij aan de verontreinigingen in het hoogwaterslib (Hoogerwerf & van Hout, maart 1994).

Om factor 1 toe te lichten, zijn de in de bovengrond van de Maasdal-Oeverzone aangetroffen gehalten verwerkt in tabel 5.10.

Tabel 5.10: Gemiddelde gehalten in bovengrond (0 t/m 0.5 m-mv) Oeverzone uit verschillende trajecten en hoogwaterslib ( $\pm 0 - 0.05$  m-mv) uit 1993 en 1995 [gehalten in mg/kg]

Stof	Oeverzone Bedijkte Maas	Slib	Oeverzone Maasdal	
			Eijsden - Peelrandbreuk	Peelrandbreuk - Heumen
Arseen	14,74	18,11	19,21	16,66
Cadmium	2,52	2,62	8,13	5,58
Chroom	35,0	72,7	44,6	36,8
Koper	40,8	63,5	72,8	54,9
Kwik	0,49	0,47	0,76	0,72
Lood	144,6	208,4	252,5	180,8
Nikkel	26,2	55,7	30,0	23,8
Zink	453,2	619,7	869,4	597,7
Iutum	22,6	34,3	13,3	14,4
org.stof	5,6	10,3	10,2	6,8

### 5.6.3 Bodemkwaliteitsdoelstelling Oeverzone

In de voorgaande paragraaf is gebleken dat de kwaliteit van het hoogwaterslib slechter is dan de kwaliteit van de huidige bovengrond. Omdat invulling moet worden gegeven aan het "stand-still" principe kan de bodemkwaliteitsdoelstelling voor de Oeverzone niet worden gebaseerd op de kwaliteit van het hoogwaterslib. Immers, wanneer wordt uitgegaan van het niveau van herverontreiniging als bodemkwaliteitsdoelstelling, zou binnen het Actief Bodembeheer een verslechtering in bodemkwaliteit van de Oeverzone toelaatbaar worden geacht.

De bodemkwaliteitsdoelstelling voor de Oeverzone is daarom gelijk aan de actuele bodemkwaliteit van deze zone (zie tabellen 5.6 en 5.7).

Aangezien zowel in de Riviervlakte als Oeverzone de actuele bodemkwaliteit maatgevend is voor de bodemkwaliteitsdoelstelling, zal in beide gebieden dezelfde beoordelingsmethode voor terugplaatsing van bodemmateriaal moeten worden gehanteerd. Tevens is in paragraaf 5.6.1 geconstateerd dat de bodemkwaliteit in de Oeverzone niet veel verschilt van de bodemkwaliteit in de Riviervlakte. Deze overeenkomsten in beoordelingsmethode en bodemkwaliteit pleiten ervoor om de Riviervlakte en Oeverzone samen te voegen. Er is echter besloten om de onderverdeling in Riviervlakte en Oeverzone te behouden omdat:

- er wel degelijk een verschil in dynamiek bestaat tussen de Oeverzone en Riviervlakte (hoewel in de Riviervlakte bij kleine inundaties onder rustige omstandigheden frequenter sedimentatie van fijn, potentieel verontreinigd materiaal plaatsvindt, treedt in de Oeverzone frequenter erosie op).
- er ten gevolge van bovengenoemde processen sprake is van verschillen in textuur en bodemopbouw (Oeverzone: heterogeen uiterwaarddek, relatief grovere fracties; Riviervlakte: opbouw uiterwaarddek is beter geordend, relatief fijnere fracties).

## 6 Doel, functies en gebruik van de Bodemzoneringskaart

### 6.1 Doel van de Bodemzoneringskaart

Doel van de Bodemzoneringskaart is het op basis van een statistische analyse van de beschikbare bodemkwaliteitsgegevens beschrijven van de bestaande bodemkwaliteit in het areaal van de Bedijkte Maas. Op grond van deze beschrijving en op grond van de karakteristieken van het riviersysteem geeft de Bodemzoneringskaart kaders voor de beoordeling van de kwaliteit van het bodemmateriaal dat per zone en per locatie mag worden teruggeplaatst. Uitgangspunt hierbij is dat na elke ingreep de bodemkwaliteit minimaal gelijk en zo mogelijk beter moet zijn dan voorafgaand aan de ingreep. Hiermee wordt invulling gegeven aan het stand-still beginsel en aan het ALARA-principe. De bodemkwaliteitskaart geeft daarmee tevens een streefbeeld van de minimale toekomstige kwaliteit van de waterbodem in de Bedijkte Maas.

### 6.2 Gebruik van de Bodemzoneringskaart

Het toetsingskader voor Actief Bodembeheer en de verwerkingsopties voor gebiedseigen materiaal zijn beschreven in de ontwerp-beleidsnota Actief Bodembeheer in het Maasdal. De Bodemzoneringskaart is een belangrijk hulpmiddel voor de technisch inhoudelijke toetsing van de mogelijkheden voor Actief Bodembeheer. Naast deze technisch-inhoudelijke toetsing spelen ook bestuurlijk-juridische randvoorwaarden een rol. Dit betekent dat nooit op basis van alleen de Bodemzoneringskaart kan worden geconcludeerd dat een bepaalde toepassing wel/niet is toegestaan.

De Bodemzoneringskaart heeft binnen Actief Bodembeheer de volgende functies:

1. het identificeren van locaties met een niet zone-eigen kwaliteit, hetgeen kan wijzen op de aanwezigheid van lokale bronnen van verontreiniging;
2. het kwantificeren van de minimale bodemkwaliteit die moet worden gerealiseerd op *locaties met een niet-zone-eigen bodemkwaliteit*;
3. het beoordelen van de kwaliteit van terug te plaatsen bodemmateriaal in relatie tot de gebiedseigen kwaliteit van de zone waarin terugplaatsing geschiedt.

De bovenstaande punten worden verder uitgewerkt in paragrafen 6.3, 6.4 en 6.5.

De Bodemzoneringskaart is niet bedoeld om de volgende uitspraken te doen:

- De afweging en keuze van de verwerkingsoptie voor materiaal uit het zomerbed en winterbed van de Maas, dat vrijkomt bij ingrepen in het gebied;
- De karakterisering van de humane en ecologische risico's die optreden ten gevolge van de bodemverontreiniging;
- De karakterisering van de kwaliteit van de grond die vrijkomt bij ingrepen in het gebied.

De Bodemzoneringskaart kan bij deze afweging en bij de karakterisering wel een eerste indruk geven, met name in het stadium van de planvorming van projecten. Wanneer echter concrete afwegingen van ingrepen en verwerkingsvarianten worden gemaakt, zal aanvullende informatie en aanvullend onderzoek op het gebied van verwerkings- en stortmogelijkheden, risico's en de bodemkwaliteit ter plaatse noodzakelijk zijn.

De Bodemzoneringskaart dient niet ter vervanging van het lokale bodemonderzoek dat vooraf gaat aan nieuwe activiteiten. Op grond van de Bodemzoneringskaart kunnen dus geen uitspraken worden gedaan over de kwaliteit van individuele partijen grond die bij ingrepen vrijkomen. Voor een dergelijke functie moet de Bodemzoneringskaart aan zeer hoge eisen ten aanzien van betrouwbaarheid en nauwkeurigheid voldoen, hetgeen veel aanvullend bodemonderzoek noodzakelijk maakt. De kosten van dit aanvullende, gebiedsbedekkende bodemonderzoek zijn veel hoger dan de totale kosten van de lokale bodemonderzoeken voorafgaand aan nieuwe activiteiten. Daarnaast bestaat tegen een dergelijk gebruik nog een bezwaar van meer principiële aard. Uit de definitie van gebiedseigen kwaliteit volgt dat op elke locatie de kans om grond met een niet-gebiedseigen kwaliteit aan te treffen ten minste 10% is. Door de grote ruimtelijke variabiliteit van de gebiedseigen verontreinigingen kan nooit met voldoende zekerheid worden voorspeld of op een locatie daadwerkelijk sprake is van een gebiedseigen kwaliteit. Alleen in gebieden waar volgens de Bodemzoneringskaart de bodem slechts licht is verontreinigd en de variabiliteit in de bodemkwaliteit klein is, zou in bepaalde situaties kunnen worden afgezien van het verrichten van lokaal bodemonderzoek.

De Bodemzoneringskaart speelt een belangrijke rol bij het formuleren van de minimale bodemkwaliteitseisen die bij ingrepen worden gesteld aan de waterbodem. Zoals reeds is gesteld spelen ook de grootte van humane en ecologische risico's, alsmede de grootte van de verspreidingsrisico's een rol bij het formuleren van deze kwaliteitseisen. De Bodemzoneringskaart geeft geen direct inzicht in de grootte van deze risico's, mede omdat het feitelijke gebruik van de bodem hierbij een bepalende factor is. De Bodemzoneringskaart kan wel een functie hebben bij risicobeoordeling, omdat veel van de informatie die gebruikt is voor het indelen van de Bedijkte Maas in ruimtelijke eenheden relevant is voor de beoordeling van risico's. Hierbij kan onder andere worden gedacht aan het onderscheid tussen de Oeverzone en de Riviervlakte, dat bepalend is voor de grootte van de verspreidingsrisico's als gevolg van erosie. Binnen de Riviervlakte zijn "aandachtsgebieden" onderscheiden op basis van bodemkenmerken. Deze bodemkenmerken (zoals textuur, pH en kalkgehalte) zijn bepalend voor de biologische beschikbaarheid en de mobiliteit van de verontreiniging en hiermee dus ook voor de humane en ecologische risico's van de verontreinigingen.

In bijlage H wordt nader ingegaan op de wijze waarop toetsing van risico's binnen de uiterwaarden van de Maas kan plaatsvinden.

In de volgende paragrafen zal nader worden ingegaan op de drie belangrijkste functies van de Bodemzoneringskaart.

## 6.3 Identificeren van locaties met een niet zone-eigen bodemkwaliteit

### 6.3.1 Inleiding

Wanneer uit onderzoek blijkt dat de gehalten op de onderzoekslocatie de achtergrondgrenswaarde (AGGW) behorende bij de zone waarin deze locatie is gelegen overschrijden, dan is op deze locatie geen sprake van een zone-eigen bodemkwaliteit. Dit kan, maar hoeft niet veroorzaakt te zijn door een lokale verontreinigingsbron. Doordat bij een geval van diffuse verontreiniging altijd sprake is van een zekere variabiliteit is het niet mogelijk om de achtergrondgrenswaarde te definiëren als het hoogste gehalte van de betreffende stof die in een zone is aangetroffen, omdat deze slechts sporadisch voorkomt en dus geen goed beeld geeft van de bodemkwaliteit binnen de betreffende zone. Uit de definitie van de achtergrondgrenswaarde volgt al dat ten minste 10% van de waarnemingen als niet zone-eigen moeten worden beschouwd, waarvan een groot deel behoort tot de rechterstaart van de verdelingsfunctie die de diffuse verontreiniging beschrijft (zie figuur 4.1). Slechts een klein deel van deze waarnemingen moet worden toegeschreven aan een (nog) niet geïdentificeerde lokale bron van verontreiniging.

Aangezien Actief Bodembeheer alleen betrekking heeft op de diffuse, gebiedseigen verontreiniging en op de aanpak van puntverontreinigingen het reguliere saneringsbeleid van toepassing is, is het van belang om vast te stellen of bij overschrijding van de achtergrondgrenswaarde daadwerkelijk sprake is van een lokale verontreiniging. Dit is ook belangrijk voor het bepalen van de hergebruiksmogelijkheden van bij ingrepen vrijkomende grond, omdat in beginsel alleen grond die niet is beïnvloed door lokale bronnen van verontreiniging voor hergebruik in aanmerking komt. Is de kwaliteit van vrijkomende grond wél beïnvloed door een puntbron dan moet worden nagegaan of de hoedanigheden van deze grond, waaronder de samenstelling, uitloogbaarheid en de bio-beschikbaarheid van de verontreiniging hierdoor ongunstig zijn beïnvloed.

### 6.3.2 Beoordelingsmethode

De beoordeling of een locatie sprake is van een lokale bron van verontreiniging bestaat uit twee stappen:

1. moet de bodemkwaliteit op de locatie als niet zone-eigen worden beschouwd?;
2. zo ja: wordt deze "slechtere" bodemkwaliteit veroorzaakt door een lokale verontreinigingsbron ?

Bij de beantwoording van de vraag of de bodemkwaliteit op een bepaalde locatie als zone-eigen kan worden aangemerkt, wordt gebruik gemaakt van de achtergrondgrenswaarde. Hierbij wordt naar analogie van de definitie van 'gevallen van ernstige bodemverontreiniging' in de Circulaire interventiewaarden een hoeveelheidscriterium toegepast:

*er is op een locatie sprake van een niet-zone-eigen kwaliteit indien in meer dan 25 m<sup>3</sup> grond de achtergrondgrenswaarde wordt overschreden.*

Om de oorzaak van de aanwezigheid van een niet zone-eigen bodemkwaliteit vast te stellen wordt in eerste instantie gekeken of de locatie voorkomt in het overzicht van (potentiële/actuele) puntverontreinigingen (zie kaartbijlage, kaartserie 2). Indien de locatie voorkomt op deze kaart, dan is bodemonderzoek noodzakelijk om de omvang en risico's van deze puntverontreiniging vast te stellen. Indien de locatie niet voorkomt op deze kaart, is aanvullend historisch onderzoek noodzakelijk om uit te sluiten dat er sprake is van een puntverontreiniging. Indien dit onderzoek en de veldwaarnemingen geen aanwijzingen opleveren voor de aanwezigheid van een lokale verontreinigingsbron, dan wordt ervan uitgegaan dat er uitsluitend sprake is van diffuse verontreiniging. Het is hierbij van groot belang dat het bevoegd gezag waakt over de kwaliteit van het uitgevoerde onderzoek, omdat op basis van slecht of onvolledig onderzoek al snel tot deze slotsom wordt gekomen.

### 6.4 kwantificeren van de minimaal gewenste bodemkwaliteit

Bij het formuleren van de minimale eisen waaraan de bodemkwaliteit in het areaal van de Bedijkte Maas moet voldoen, wordt onderscheid gemaakt tussen die delen van het rivierbed waar herverontreiniging van de bodem door erosie en sedimentatie van verontreinigd slib verwaarloosbaar is en de delen waar deze niet verwaarloosbaar is. Hoewel in het Maasdal herverontreiniging door slib bepalend wordt geacht voor de minimaal gewenste bodemkwaliteit van de Oeverzone, is dit in het gebied van de Bedijkte Maas niet het geval (zie paragraaf 5.6.3). In het gebied van de Bedijkte Maas bepaalt herverontreiniging door slib alleen binnen bepaalde delen van het zomerbed en de plassen, de minimaal gewenste bodemkwaliteit.

In die delen van het winterbed waar het niveau van herverontreiniging niet, of in geringe mate bepalend is voor de toekomstige bodemkwaliteit (= Riviervlakte en Oeverzone) gelden de volgende bodemkwaliteitseisen:

- 1a) de bodem heeft minimaal een gebiedseigen kwaliteit, tenzij het realiseren van deze kwaliteit op grond van de verhouding tussen milieuverdienste en risicoreductie enerzijds en kosten anderzijds als niet-doelmatig wordt beschouwd;
- 1b) de humane risico's, uitgaande van het toekomstige gebruik van de bodem als gevolg van blootstelling aan de verontreinigingen in de bodem zijn tot onder een aanvaardbaar geacht niveau teruggedrongen;
- 1c) de ecologische risico's zijn zover teruggedrongen als redelijkerwijs mogelijk is;
- 1d) de kans op verspreiding van de verontreiniging naar diepere bodemlagen en het grond- en oppervlaktewater is aanvaardbaar.

In die delen van het riviersysteem waar herverontreiniging niet kan worden verwaarloosd (deze gebieden bevinden zich binnen het zomerbed en de plassen), wordt de volgende eis aan de bodemkwaliteit gesteld:

- 2) de bodemkwaliteit komt overeen met de verwachte kwaliteit van de op natuurlijke wijze nieuw gevormde waterbodem ter plaatse, tenzij het realiseren van deze kwaliteit op grond van de verhouding tussen milieuverdienste en risicoreductie enerzijds en kosten anderzijds als niet-doelmatig wordt beschouwd.

De functie van de Bodemzoneringskaart is het kwantificeren van de bodemkwaliteitseisen 1a en 2.

Het is belangrijk om op te merken dat bij het gebruik van de Bodemzoneringskaart binnen Actief Bodembeheer in de Bedijkte Maas de klasse-indeling van de waterbodem volgens de Evaluatienota water en de Vierde nota waterhuishouding niet relevant is. De beoordeling vindt binnen ABM immers plaats op basis van de zone-eigen kwaliteit en de grootte van de risico's en niet op basis van een toetsing aan generieke klassegrenzen.

#### ***Winterbed exclusief plassen (Oeverzone en Riviervlakte)***

Voor de delen van het winterbed waar herverontreiniging geen, of een verwaarloosbare rol speelt, worden de minimale bodemkwaliteitseisen bepaald door de achtergrondgrenswaarde behorende bij de betreffende zone. De getalsmatige uitwerking hiervan is opgenomen in de kolom "AGGW" van de tabellen 5.4, 5.5, 5.6 en 5.7

De nadere uitwerking van de toets om vast te stellen of sanering tot aan deze waarden doelmatig is, valt buiten het bestek van deze nota.

#### ***Zomerbed inclusief plassen in het winterbed***

Het zomerbed omvat de feitelijke, permanent watervoerende bedding van de Maas (de zomerbedding), alsmede de havens en plassen die in open verbinding met de Maas staan.

In de zomerbedding van de Maas is sprake van het optreden van zowel erosie- als sedimentatieprocessen. Deze processen vinden in de zomerbedding constant plaats. Gedurende perioden met normale en lage afvoeren kan in de zomerbedding slib tot bezinking komen, vooral direct bovenstrooms van kunstwerken en andere opstuwende elementen. Het grootste deel van dit slib zal bij hoge afvoeren opnieuw in suspensie komen en worden afgevoerd. Slechts een beperkt deel van dit slib zal achterblijven en hiermee blijvend de kwaliteit van de waterbodem beïnvloeden.

De kwaliteit van het slib dat tijdens normale en lage afvoeren in de zomerbedding bezinkt, wordt vooral bepaald door bovenstroomse lozingen op de Maas. Indien deze lozingen worden teruggedrongen, zal dit snel tot uiting komen in een verbetering van de slibkwaliteit.

Over de kwaliteit van de nieuw gevormde waterbodem in de zomerbedding kunnen geen betrouwbare uitspraken worden gedaan, omdat deze kwaliteit zich in positieve zin zal ontwikkelen door de voortschrijdende reductie van bovenstroomse lozingen op de Maas. Het is hierdoor niet zonder meer mogelijk om de huidige kwaliteit van het slib dat in de zomerbedding bezinkt als maat te gebruiken voor de minimaal gewenste bodemkwaliteit in de zomerbedding. Daarom is de zomerbedding bij het opstellen van de Bodemzoneringskaart buiten beschouwing gebleven.

Dezelfde redenering geldt voor havens en plassen die in open verbinding staan met de Maas en waarin ook tijdens normale en lage afvoeren van de Maas slib tot bezinking komt. Ook voor deze eenheden geldt dat de kwaliteit van de nieuw gevormde waterbodem afhankelijk is van de voortschrijdende sanering van de lozingen op de Maas.

Voor de plassen waarin alleen tijdens hoge afvoeren van de Maas slib tot bezinking komt, kan wel een uitspraak over de verwachte kwaliteit van de nieuw gevormde waterbodem worden gedaan. Deze zal overeenkomen met het niveau van herverontreiniging omdat de kwaliteit van het hoogwaterslib bepalend is voor de kwaliteit van de nieuw gevormde waterbodem.

Theoretisch is het mogelijk om in kaart te brengen in welke plassen en delen van plassen de waterbodemkwaliteit primair wordt bepaald door de kwaliteit van het hoogwaterslib. Dit zijn in elk geval de plassen in het winterbed die niet in open verbinding met de Maas staan, maar tijdens hoge afvoeren wel maaswater ontvangen. Ook in een deel van de plassen die in open verbinding met de Maas staan zal de waterbodemkwaliteit worden bepaald door de kwaliteit van het hoogwaterslib. Het identificeren van deze plassen vergt echter een diepgaand sedimentologisch en waterloopkundig onderzoek dat buiten het bestek van de Bodemzoneringskaart valt.

## 6.5 Beoordeling mogelijkheid tot terugplaatsing

### 6.5.1 Inleiding

Bij tal van ingrepen in de uiterwaarden zal bodemmateriaal vrijkomen. Op basis van een integrale afweging kan in een aantal gevallen worden geconcludeerd dat het terugplaatsen van dit bodemmateriaal in de waterbodem de meest doelmatige oplossing is. Kenmerk van deze verwerkingswijze is dat het vrijkomende bodemmateriaal weer dezelfde functie krijgt als het voor ontgraving had ("*bodem blijft bodem*"). Hierin wijkt deze vorm van verwerking af van het hergebruik als bouwstof in werken, waarbij het ontgraven materiaal de functie van bouwstof krijgt. Centraal bij de definitie van het begrip "werk" staat de eindigheid van de toepassing en de terugneembaarheid van het toegepaste materiaal. Toepassingen die naar aard en functie niet als eindig kunnen worden beschouwd, worden niet beschouwd als een werk, zodat hierbij gesproken moet worden van hergebruik als bodemmateriaal.

Voorbeelden van deze vorm van verwerken zijn:

- het terugzetten van de oorspronkelijk aanwezige deklaag na ontgraving van een delfstof;
- het egaliseren van een locatie en het opvullen van ondiepe ontgravingen door het verplaatsen van grond binnen deze locatie;
- het aanleggen van natuurvriendelijke oevers;
- het verondiepen van bestaande plassen.

Indien materiaal geconcentreerd wordt geborgen (bv. in depots) is er geen sprake van hergebruik als bodemmateriaal. Voor een eventuele afdeklaag is dit echter wel het geval.

*Bij de gekozen invulling komt het begrip "terugplaatsing" feitelijk overeen met het begrip "verspreiden van baggerspecie", zoals dit in het waterkwaliteitsbeleid wordt gehanteerd. Bij verspreiding verkrijgt het teruggebrachte materiaal de functie van waterbodem, met andere woorden: het teruggebrachte materiaal zal in interactie blijven staan met het oppervlaktewater. Deze verwerkingswijze is dusdanig dat het materiaal onderdeel uit gaat maken van de waterbodem en zich dus ook vrijelijk kan vermengen met de ontvangende waterbodem. Er is dus geen sprake van de mogelijkheid tot het terugnemen van het toegepaste materiaal.*

Bij het terugplaatsen van materiaal in de waterbodem wordt getoetst of het materiaal dat wordt teruggeplaatst gelijk of beter van kwaliteit is dan de kwaliteit van de ontvangende bodem. Deze toetsing vindt eerst plaats op zone-niveau en daarna op locatieniveau. De Bodemzoneringskaart geeft de kwaliteit aan van de ontvangende bodem op zone-niveau. De kaart doet geen uitspraken over de kwaliteit van de ontvangende bodem op locatieniveau.

Overigens zal tevens getoetst moeten worden of de textuur van het materiaal dat wordt teruggeplaatst overeenkomt met de textuur van de ontvangende bodem. Ook ten aanzien van textuur geldt dat met de Bodemzoneringskaart geen uitspraken op locatieniveau kunnen worden gedaan.

#### 6.5.2 Beoordelingsmethode op zone-niveau

Het doel van de beoordeling op zone-niveau is te verhinderen dat bodemmateriaal met een slechtere kwaliteit dan de zone-eigen kwaliteit wordt toegepast en te voorkomen dat terugplaatsing leidt tot een negatieve beïnvloeding van het hoogwaterslib dat benedenstrooms van de hergebruikslocatie wordt afgezet.

Bij de toetsing wordt uitgegaan van de zone-indeling zoals deze zal zijn na uitvoering van de voorgenomen ingrepen. Uitgangspunt bij de uitwerking van de beoordelingsmethode is dat de toetsing aan de bodemkwaliteitseisen moet plaatsvinden voor homogene grondstromen die niet meer doelmatig kunnen worden opgesplitst in afzonderlijke deelpartijen met elk een eigen kwaliteit. Dit uitgangspunt heeft als consequentie dat een partij in zijn geheel getoetst moet worden en dus in zijn geheel wordt afgekeurd of goed gekeurd.

Bij de beoordeling van de mogelijkheid tot terugplaatsing geldt voor de Oeverzone en Riviervlakte als minimale kwaliteitseis:

*het gemiddelde van geen enkele component in de terug te plaatsen partij mag de achtergrondgrenswaarde voor de betreffende zone overschrijden.*

*Voor plassen en delen van plassen waarin de waterbodemkwaliteit primair wordt bepaald voor de kwaliteit van het hoogwaterslib geldt als minimale kwaliteitseis:*

*het gemiddelde gehalte van geen enkele component in de terug te plaatsen partij is hoger dan de op het niveau van de hervontreiniging gebaseerde grenswaarde voor die component.*

Hierbij wordt, analoog aan de landelijke systematiek, uitgegaan van de gemeten, niet naar een standaard bodem omgerekende gehalten.

NB.1) Bij terugplaatsing binnen een gebied dat in de Bodemzoneringskaart is aangegeven als "Antropogeen" (ontgravingen, stortplaatsen e.d.) kan toetsing plaatsvinden aan de achtergrondgrenswaarde die geldt voor de aangrenzende Riviervlakte.

### 6.5.3 Beoordelingsmethode op locatieniveau

Het doel van de beoordeling is te bereiken dat, als gevolg van terugplaatsing ook op locatieniveau geen significante verslechtering van de aanwezige bodemkwaliteit zal optreden.

De beoordeling op locatieniveau vindt plaats op basis van een vergelijking van de gemiddelde gehalten in de toe te passen partij en de gemiddelde gehalten in de bestaande waterbodem ter plaatse van terugplaatsing. Terugplaatsing is toegestaan indien het gemiddelde gehalte van geen enkele component meer dan 20% hoger is dan het gemiddelde gehalte in de waterbodem ter plaatse.

## 7 Samenvatting en conclusies

In opdracht van Rijkswaterstaat Directie Limburg, de Provincies Gelderland en Noord-Brabant is een Bodemzoneringskaart voor de Bedijkte Maas (uiterwaardgebied tussen RWS kilometer 166 en 226) vervaardigd. Deze kaart kan gebruikt worden bij het voeren van Actief Bodembeheer binnen het winterbed, exclusief de plassen en het zomerbed, zoals deze in de Rivierenwet is gedefinieerd.

De Bodemzoneringskaart Bedijkte Maas is vervaardigd op basis van de richtlijnen en aanbevelingen die vermeld zijn in het document Actief Bodembeheer Maasdal. Tevens is bij de vervaardiging gebruik gemaakt van methoden en technieken die worden voorgesteld in de Interim-richtlijn "Opstellen en toepassen bodemkwaliteitskaarten in het kader van de Vrijstellingsregeling grondverzet" (TNO, juli 1999) en de IPO-handreiking achtergrondgehalten (TNO, juli 1998). Een stroomdiagram dat de hoofdpunten in de gevolgde werkwijze beschrijft, is opgenomen in bijlage D.

Voorafgaand aan de constructie van de kaart is onderzocht of het aantal en de ruimtelijke spreiding van de beschikbare analyseresultaten toereikend was. Dit bleek niet het geval. Er zijn daarom aanvullende analyseresultaten verzameld en aan de totale dataset toegevoegd. Het gaat hierbij m.n. om monsternames uit dijkverbeteringsprojecten.

Binnen het areaal van de Bedijkte Maas is het niet mogelijk om in longitudinale richting een onderverdeling te maken tussen gebieden met een significant verschillende bodemkwaliteit. Er is wel een trend van afnemende gehalten waarneembaar in stroomafwaartse richting.

Riviersystemen zijn met betrekking tot bodemverontreiniging dynamisch. Dit wil zeggen dat de diffuse bronnen (de Maas) die verantwoordelijk zijn voor de bodemverontreiniging nog steeds actief zijn. Erosie en sedimentatie van verontreinigd winterbedmateriaal ("herverontreiniging") zorgt voor een grote variabiliteit in de bodemkwaliteit. De problematiek rondom herverontreiniging is echter niet voor de gehele overstromingsvlakte van de Maas relevant. Zones die slechts incidenteel of onder rustige stromingsomstandigheden inunderen zullen door de geringe sedimentatie en erosie aldaar een zeer trage verandering in bodemkwaliteit te zien geven en zullen ook maar incidenteel bijdragen aan de kwaliteit van het rivierslib. Om dit belangrijke mechanisme in de Bodemzoneringskaart te verwerken is in de kaart op het hoogste niveau onderscheid gemaakt tussen gebieden waar frequent zowel erosie- als sedimentatieprocessen optreden (dynamische Oeverzone) en gebieden waar deze processen in mindere mate optreden of waar voornamelijk sedimentatie onder rustige stromingsomstandigheden plaatsvindt (statische Riviervlakte). De grenzen tussen het dynamisch en statisch stroomgebied zijn bepaald door een projectspecialist riviermorfologie op basis van rivierkundige kennis. Hierbij is intensief gebruik gemaakt van informatie uit door Directie Limburg en De Maaswerken aangeleverde digitale kaarten, literatuur en GIS-analyse methodieken.

Doordat er een verschil bestaat tussen de wijze en locatie waarop sedimentatie van potentieel verontreinigd materiaal plaatsvindt in het Maasdal en het gebied van de Bedijkte Maas, wijkt de in het project gevolgde werkwijze enigszins af van de werkwijze die voor de constructie van de Bodemzoneringskaart Maasdal is gevolgd.

Binnen de Riviervlakte is een eerste indeling gemaakt op basis van antropogene invloeden en significante morfologie. Hierbij zijn gebieden die als "verdachte locaties" aangemerkt kunnen worden of een bodemkwaliteit bezitten die niet hoofdzakelijk door de Maas is bepaald, begrensd. Het gaat hierbij om Antropogeen beïnvloede gebieden (stortplaatsen, ontgrondingen, vergraven gebieden) en Bebouwd (stedelijk) gebied. Tevens zijn Geulen die na 1850 zijn verland als apart deelgebied begrensd. De verwachte verontreinigingsgraad in deze gebieden is relatief hoog, waardoor het zinvol is de locatie van deze gebieden te kennen.

Er is onderzocht of binnen de Riviervlakte homogene deelgebieden kunnen worden onderscheiden. Hierbij is met statistische technieken onderzocht of er relaties bestaan tussen bodemtypen, geomorfologie en bodemkwaliteit. Concluderend kan worden gesteld dat op basis van een 95% betrouwbaarheidsgrens binnen de Riviervlakte geen deelgebieden kunnen worden onderscheiden met een significant verschillende bodemkwaliteit. Binnen het kader van Actief Bodembeheer moet de Riviervlakte daarom als één zone worden beschouwd.

Hoewel geen significante verschillen in bodemkwaliteit zijn aangetroffen binnen de Riviervlakte, bestaat er wel aanleiding om binnen de Riviervlakte een drietal "aandachtsgebieden" te onderscheiden. Het gaat hierbij om voor en na 1850 verlandde geulen van de Maas en gebieden die in de Geomorfologische kaart zijn aangegeven als "Vlakte/laagte ontstaan door egalisatie of afgraving (mens is vormbepalende factor)". Deze gebieden zijn in de Bodemzoneringskaart als afzonderlijke legenda-eenheden verwerkt, maar hebben binnen het kader van Actief Bodembeheer geen individuele status. Bij het "inzoomen" op een bepaalde locatie kan het echter behulpzaam zijn om over de extra gebiedsinformatie te beschikken die door de aandachtsgebieden wordt geboden.

Voor de dynamische Oeverzone en statische Riviervlakte is met behulp van een aantal statistische parameters de kwaliteit van de boven- en ondergrond inzichtelijk gemaakt (de actuele bodemkwaliteit). Eén van deze parameters is de Achtergrondgrenswaarde (ondergrens van het 80% betrouwbaarheidsinterval rond de 90-percentiel). Tevens is de kans op het aantreffen van de verschillende ENW-klassen berekend.

Er is geconstateerd dat de kwaliteit van het hoogwaterslib slechter is dan de kwaliteit van de huidige bovengrond in de Oeverzone. Omdat invulling moet worden gegeven aan het "standstill" principe kan de bodemkwaliteitsdoelstelling voor de Oeverzone niet worden gebaseerd op de kwaliteit van het hoogwaterslib. De bodemkwaliteitsdoelstelling voor de Oeverzone is daarom, evenals in de Riviervlakte, gelijk aan de actuele bodemkwaliteit van deze zone. Het is belangrijk op te merken dat deze doelstelling niet gelijk is aan de bodemkwaliteitsdoelstelling die is bepaald voor de Oeverzone in het Maasdal. In het Maasdal is de bodemkwaliteit van de Oeverzone slechter dan de kwaliteit van het hoogwaterslib. Voor het Maasdal is de bodemkwaliteitsdoelstelling voor de Oeverzone daarom gelijk gesteld aan het rekenkundig gemiddelde van alle waarnemingen die ooit aan hoogwaterslib zijn gedaan (= het niveau van herverontreiniging).

## 8 Aanbevelingen en opmerkingen

### Vervaardigen van de kaart

De verschillende documenten die zijn opgesteld voor het vervaardigen van bodemkwaliteitskaarten in stedelijk gebied bevatten richtlijnen waarmee kan worden getoetst of er voldoende gegevens (analyseresultaten) beschikbaar zijn om "het bestaansrecht" van een homogeen deelgebied te onderbouwen. Deze toetsings-richtlijnen zijn niet direct toepasbaar in een gebied als de Bedijkte Maas. De belangrijkste reden hiervoor wordt gevormd door een verschil in verontreinigingsbronnen. Binnen stedelijk gebied is veelal sprake van meerdere bronnen met verschillende karakteristieken. Voor de Bedijkte Maas is slechts één diffuse bron aanwezig met specifieke karakteristieken (= de Maas). De afwezigheid van meerdere bronnen versimpelt het onderzoek naar de verontreinigingssituatie en verkleint de gegevensbehoefte t.o.v. een situatie waarin meerdere bronnen een rol spelen. Eisen betreffende "benodigde hoeveelheden gegevens" die gelden voor stedelijke gebieden worden daarom te streng geacht voor een gebied als de Bedijkte Maas. Een analyse van de exacte gegevensbehoefte voor het onderzoeksgebied viel buiten de doelstelling van dit project. Niettemin is gedurende het onderzoek gebleken dat de beschikbare dataset met analyseresultaten met name ten aanzien van ruimtelijke spreiding te wensen over laat. Een groot deel van de beschikbare gegevens is namelijk geconcentreerd in clusters, terwijl er tevens grote gebieden zijn waarin gegevens ontbreken. Indien in de toekomst analyseresultaten voor deze "witte vlekken" in het gebied beschikbaar komen, kan de karakterisering van de bodemkwaliteit (AGGW) in de onderscheiden zones aanzienlijk worden verbeterd.

Informatie over de locatie van ontgrondingen/stortplaatsen is verkregen uit een voorgaand project waarin de archieven van de Provincies Noord-Brabant en Gelderland zijn onderzocht. In dit project werd geconstateerd dat deze archieven onvolledig zijn. Met name *informatie over (kleinschalige) kleiwinningen ontbreekt. De eenheid "Antropogeen" uit de Bodemzoneringskaart zal beter kunnen worden gekarteerd indien meer informatie over ontgrondingen beschikbaar komt.*

### Gebruik van de kaart

Het bruikbare schaalniveau van de Bodemzoneringskaart bedraagt 1:25.000. Bij de uitvoering van werken kan echter behoefte bestaan aan een nauwkeuriger begrenzing van de in de kaart onderscheiden zones, met name in laterale richting (loodrecht op de rivier). Ter voorbereiding van rivierkundige projecten wordt doorgaans onderzoek verricht met een grote nauwkeurigheid, wat het vervaardigen van een grootschaliger kaart mogelijk maakt. Ten behoeve van het operationaliseren van Actief Bodembeheer bij de uitvoering van dergelijke projecten is het wenselijk dat de Bodemzoneringskaart op basis van deze aanvullende gegevens wordt uitgewerkt op een schaal van 1:5.000 of 1:10.000. Het is hierbij niet de bedoeling om meer, of andere ruimtelijke eenheden (zones) te onderscheiden, maar om de begrenzing hiervan nauwkeuriger vast te stellen (met name de grens tussen het dynamische en statische gebied).

### Beheer en correctie van de kaart

Aangezien regelmatig nieuwe analyseresultaten voor de Bedijkte Maas beschikbaar komen, verdient het aanbeveling om de achtergrondgrenswaarden periodiek opnieuw te berekenen zodat de betrouwbaarheid hiervan steeds zo hoog mogelijk is.

Rivierkundige ingrepen hebben invloed op erosie- en sedimentatiepatronen en daarmee op het proces van herverontreiniging. Na uitvoering van ingrepen binnen de uiterwaarden zullen daarom (lokaal) grenzen uit de Bodemzoneringskaart moeten worden herzien om de bruikbaarheid van de kaart optimaal te houden.

## 9 Geraadpleegde literatuur

Hendriks, L.A.M. en M.R. Hoogerwerf (juni 1995), Kartering van de bodemkwaliteit in het winterbed van de Maas. CSO Adviesbureau, projectcode RWS.S04.00

Hoogerwerf, M.R. en H.R.A. van Hout (16 maart 1994), Bemonstering van het hoogwaterslib van de Maas in het beheersgebied van Rijkswaterstaat Directie Limburg. CSO Adviesbureau, rapnr. 94.017.

Hoogerwerf, M.R. en H.R.A. van Hout (24 april 1995), Bemonstering van het hoogwaterslib 1995 van de Maas in het beheersgebied van Rijkswaterstaat Directie Limburg. CSO Adviesbureau, rapnr. 95.092.

Hoogvliet, M.C. en M.C. Rang (december 1999), Bodemzoneringskaart Maasdal. CSO Adviesbureau, rapnr. 99.364.

Van Hout, H.R.A. en M.R. Hoogerwerf (7 april 1997), Inventarisatie Historische Rivierlopen. CSO Adviesbureau, rapnr. 97.051.

Min. Verkeer & Waterstaat (1995), Evaluatienota Water.

Min. Verkeer & Waterstaat (1998), Vierde Nota Waterhuishouding, Waterkader, regeringsbeslissing.

Pons, L.J. (1957), De geologie, de bodemvorming en de waterstaatkundige ontwikkeling van het Land van Maas en Waal en een gedeelte van het Rijk van Nijmegen. Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 63.11, Bodemkundige Studies 3.

Provincie Limburg (mei 1998), MER Grensmaas, deelrapport 5 Bodem.

Rang, M.C. (april 1998), Bouwstenen voor de operationalisering van Actief Bodembeheer in het Maasdal. CSO Adviesbureau, rapnr. RS014.97

TNO (juli 1998), Handreiking achtergrondgehalten.

TNO (juli 1999), Interim-richtlijn Opstellen en toepassen bodemkwaliteitskaarten in het kader van de Vrijstellingsregeling grondverzet (Concept).

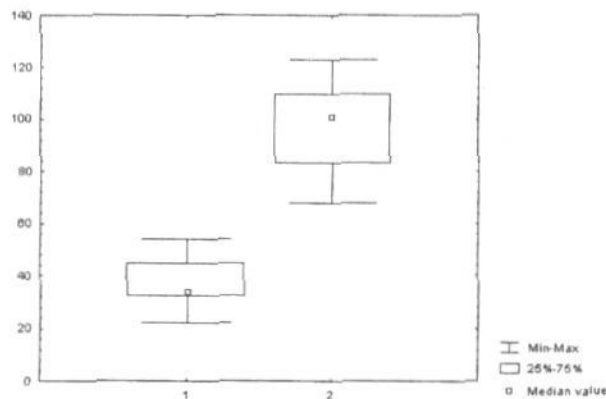
Werkgroep Actief Bodembeheer Maasdal (januari 1999), Actief bodembeheer in het Maasdal.

## Bijlage A: Statistische technieken

Omdat de gegevens die worden verzameld bij bodemonderzoek in de praktijk bijna nooit een 'Normale verdeling' kennen, wordt gebruik gemaakt van niet-parametrische toetsen, i.e. toetsen die geen veronderstelling doen over de onderliggende kansverdeling (Conover, 1971). De Mann-Whitney U-test is gebruikt om de nul-hypothese dat de medianen van twee kaarteenheden hetzelfde zijn, te toetsen aan de alternatieve hypothese dat de mediaan uit één van de kaarteenheden significant verschilt. Voor iedere combinatie van kaarteenheden is getoetst of de mediaan van de ene kaarteenheid significant verschilt van de mediaan van de andere. De toets is uitgevoerd met een betrouwbaarheidsdrempel van 95% ( $p=0.05$ ). Een betrouwbaarheidsdrempel van 95% houdt in dat er een kans van 95% is, dat een gevonden verschil *niet* berust op toeval (het verschil is dan "significant"). Er is dus een kans van 5% dat het gevonden verschil wel op toeval is gebaseerd.

Een hulpmiddel bij het inzichtelijk maken van de relatie tussen waarnemingen en gebiedskenmerken zijn de zogenaamde Box- en Whiskerplots. In Box- en Whiskerplots kunnen de uitkomsten van statistische toetsen gevisualiseerd worden. De onderstaande figuur geeft een voorbeeld van een Box- en Whiskerplot en vat een aantal statistische parameters samen in één figuur. De 25- en 75-percentielwaarden zijn weergegeven als een rechthoek (Box). De mediaan is als een vierkantje binnen deze rechthoek aangegeven. De uiteinden (Whiskers) geven het bereik aan van waarden weer: het minimum en het maximum.

Voorbeeld van Box-en Whiskerplot met twee groepen waarnemingen (1 en 2) die significant van elkaar verschillen.



## Bijlage B: Bij vaststellen van grens tussen Oeverzone en Riviervlakte gebruikte kaarten

1. **Gebieden die na 1850 zijn aangeslibd of verland.** Resultaat uit de Inventarisatie van Historische Rivierlopen langs de Maas (van Hout & Hoogerwerf, 7 april 1997). Hierin is informatie over de ligging van de Maasoever uit rivierkaarten van omstreeks 1850, 1900, 1950 en 1995 verwerkt.
2. **Hoogtemodel uit DTB Rivieren (= digitale Rivierkaart van Rijkswaterstaat).** De nauwkeurigheid van dit hoogtemodel bedraagt  $\pm 10$  centimeter. De gegevens zijn omstreeks 1995 ingewonnen (luchtfoto's en landmeting).
3. **Ligging van hoogteverschillijnen (steilranden, kades) en breuklijnen uit DTB Rivieren.** Deze kaarten zijn bruikbaar tot een maximale schaal van 1:1.000 (standaard afwijking in XY bedraagt 5 centimeter). De gegevens zijn omstreeks 1995 ingewonnen (luchtfoto's en landmeting).
4. **Analyseresultaten en boorbeschrijvingen.** Deze gegevens zijn afkomstig uit verschillende bodemkwaliteitsonderzoeken die in de afgelopen 10 jaar binnen de uiterwaarden zijn uitgevoerd.
5. **Topografie uit DTB Rivieren** (identificeren van wegen, bebouwde gebieden, industrieterreinen, kunstwerken e.d.). Deze kaarten zijn bruikbaar tot een maximale schaal van 1:1.000 (standaard afwijking in XY bedraagt 5 centimeter). De gegevens zijn omstreeks 1995 ingewonnen (luchtfoto's en landmeting).
6. **Ligging van ontgrondingen en vergraven terreinen.** Informatie over de ligging van deze gebieden is verkregen uit de Inventarisatie van Historische Rivierlopen langs de Maas (van Hout & Hoogerwerf, 7 april 1997). Hierbij zijn gegevens verwerkt uit de archieven en ontgrondingenkaarten van de Provincies Gelderland en Noord-Brabant en de Geomorfologische Kaart van Nederland 1:50.000.
7. **Ligging van verlandde geulen.** Resultaat uit de Inventarisatie van Historische Rivierlopen langs de Maas (van Hout & Hoogerwerf, 7 april 1997). Hierin is informatie over de ligging van geulen uit rivierkaarten van omstreeks 1850, 1900, 1950 en 1995 verwerkt. Tevens is gebruik gemaakt van informatie uit de Geomorfologische Kaart van Nederland 1:50.000.
8. **Ligging beekdalen.** Resultaat uit de Inventarisatie van Historische Rivierlopen langs de Maas (van Hout & Hoogerwerf, 7 april 1997). Hierin is informatie over de ligging van beeklopen en beekdalen uit rivierkaarten van omstreeks 1850, 1900, 1950 en 1995 verwerkt. Tevens is gebruik gemaakt van informatie uit de Geomorfologische Kaart van Nederland 1:50.000.
9. **Ligging van puntverontreinigingsbronnen.** Bron: Inventarisatie puntverontreinigingen Zandmaas, IWACO, 5 september 1996.
10. **Aardkundige Waarden Trajectnota/MER Zandmaas/Maasroute (januari 1999, schaal 1:50.000 tot 1:100.000).** ligging terrassenlandschap, terrasrestanten, terrasranden, oeverwalcomplexen, stroomgeulen, beekdalen
11. **Landschapsbeeld Trajectnota/MER Zandmaas/Maasroute (januari 1999, schaal 1:50.000 tot 1:100.000).** ligging oude Maaslopen, kades, terrasranden
12. **Historische Geografie Trajectnota/MER Zandmaas/Maasroute (januari 1999, schaal 1:50.000 tot 1:100.000).** ligging oude Maaslopen, kades, bebouwing
13. **Ecotopenkaart Trajectnota/MER Zandmaas/Maasroute.** (ligging strangen, natuurlijke oevers, natte/droge uiterwaardgraslanden, bebouwde terreinen)

## Bijlage C: Definitie van Oeverzone, Riviervlakte en Voorgedefinieerde deelgebieden binnen Riviervlakte

Deze bijlage geeft een globale indruk van de werkwijze die gevolgd is bij het begrenzen van zones en voorgedefinieerde deelgebieden aan de hand van een drietal figuren (zie volgende bladzijde).

Figuur C.1 geeft de hoogteverschillen in het terrein weer met behulp van isolijnen uit het hoogtemodel van de DTB rivieren. In de figuur komen steilranden van geulen en ontgrondingen duidelijk naar voren als rechte elementen waarlangs de isolijnen zeer dicht bij elkaar liggen en een grote sprong in terreinhoogte plaatsvindt.

Figuur C.2 toont de begrenzing van ontgrondingen zoals deze in de Provinciale archieven zijn opgenomen. Met behulp van het DTM zijn de grenzen van deze ontgrondingen gecontroleerd en zondig aangepast aan de contouren (steilranden) die in het hoogtemodel waarneembaar zijn. Na correctie zijn de ontgrondingen verwerkt in de eenheid Antropogeen. Kleinschalige, geringe hoogteverschillen (perceelsniveau) komen in het hoogtemodel eveneens naar voren (zie figuur C.1). Indien deze gebieden niet zijn verwerkt in de Provinciale archieven of de "vergraven" eenheden van de Geomorfologische Kaart, maken zij geen deel uit van de eenheid Antropogeen en behoren zij tot de Riviervlakte.

In figuur C.2 zijn tevens de gebieden aangegeven die na 1850 zijn verland. Indien dergelijke gebieden momenteel aan het zomerbed grenzen, zijn zij verwerkt in de Oeverzone. Indien zij geïsoleerd binnen de uiterwaard liggen betreffen het oude geulen van de Maas die volledig zijn dichtgeslibd. Deze geulrestanten zijn verwerkt in de Voorgedefinieerde eenheid Geulen. Langs het zomerbed gelegen gebieden die na 1850 zijn verland en nu binnen een ontgraving liggen zijn opgenomen in de eenheid Antropogeen in Oeverzone.

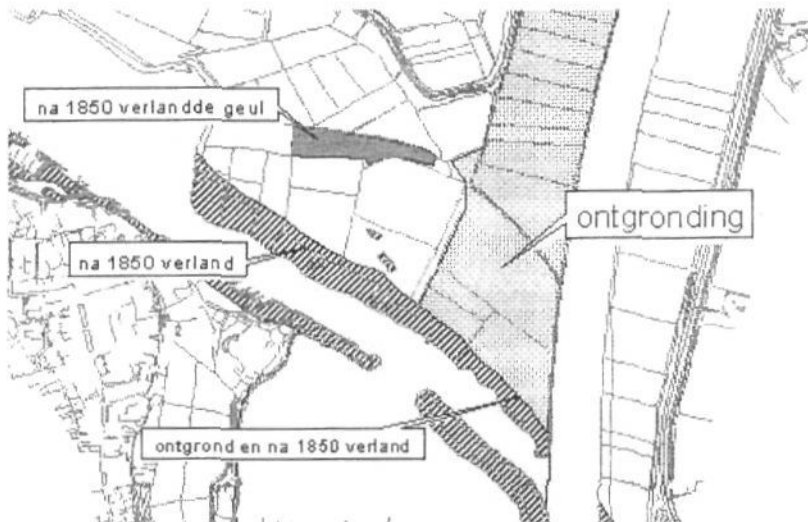
Buiten de gebieden die na 1850 zijn verland is de grens tussen de Oeverzone en de overige eenheden getrokken op basis van informatie uit de in bijlage B vermelde bronnen. Het hoogtemodel vormt hierin de belangrijkste bron. De grens van de Oeverzone volgt daarom veelal de contouren uit het Hoogtemodel (zie figuur C.1 en C.3).

Figuur C.3 toont tevens de ligging van een gebied dat in de Geomorfologische Kaart is opgenomen als "Geul van meanderend stelsel" en niet is verwerkt binnen de Voorgedefinieerde eenheid Geulen. Er is aangenomen dat deze geulen voor 1850 zijn verland (zie paragraaf 4.4.1). Ook deze geulen komen in het hoogtemodel tot uiting als langwerpige laagtes (zie figuur C.1). Voor 1850 verlandde geulen zijn als "aandachtsgebied" in legenda van de Bodemzoneringskaart opgenomen (zie paragraaf 5.4.2).

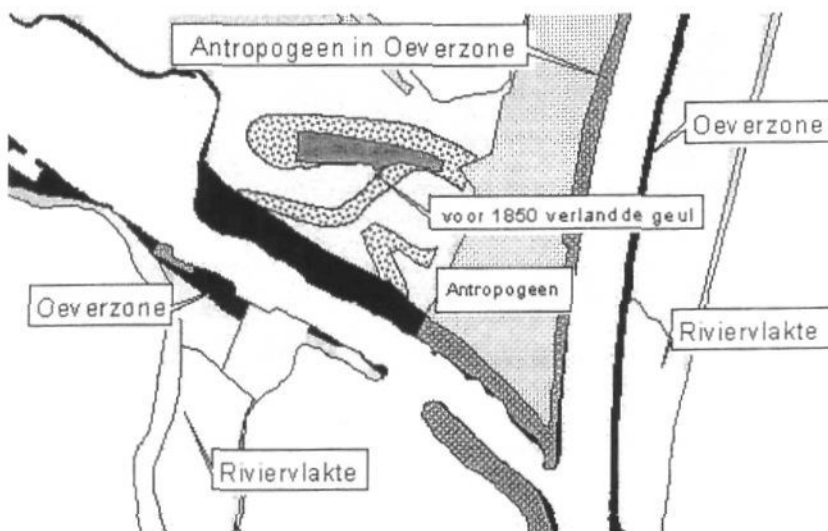
Figuur C1: hoogtelijnen uit DTB hoogtemodel.



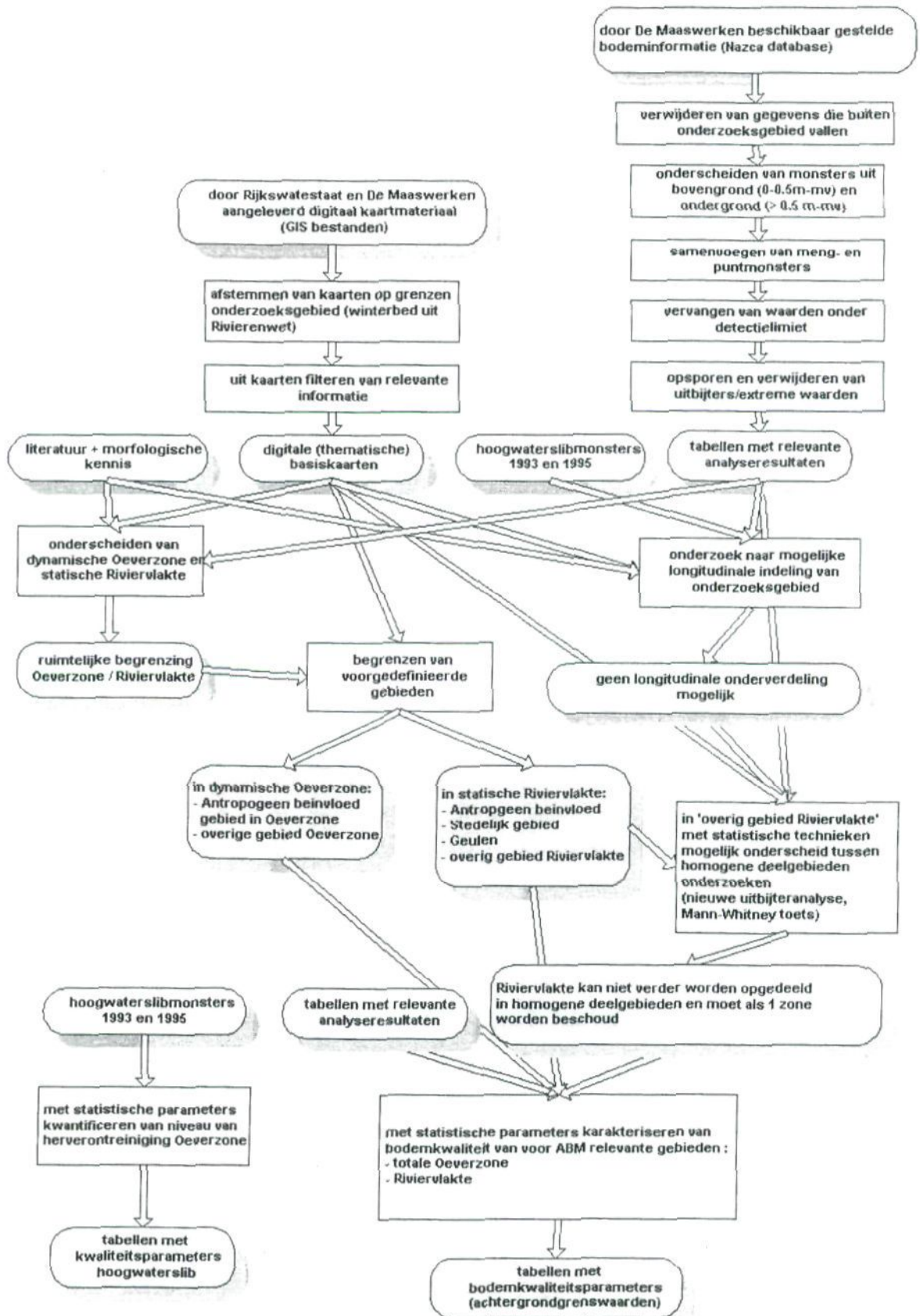
Figuur C2: gebieden die na 1850 zijn verland en ontgroningen uit Provinciale archieven



Figuur C3: uiteindelijke grenzen in Bodemzoneringskaart



### Bijlage D: stroomdiagram gevolgde werkwijze



## Bijlage E: Kans op voorkomen van ENW-klassen

In de 4<sup>e</sup> Nota Waterhuishouding is een aantal kwaliteitsnormen voor de waterbodem gewijzigd. De belangrijkste wijziging is dat de grenswaarden (de grens tussen klasse 1 en klasse 2) zijn vervangen door MTR's (Maximaal Toelaatbare Risico's). Voor de beoordeling van de potentiële risico's ten gevolge van waterbodemonverontreiniging worden deze nieuwe normen gebruikt. Voor de beoordeling van de verwerking van baggerspecie wordt voorsnog gebruikt gemaakt van de ENW-normering, aangezien een nieuw beoordelingsstelsel voor de verwerking van baggerspecie nog moet worden opgesteld. In dit onderzoek is daarom vastgehouden aan de ENW-klassen indeling.

In de tabellen E.1 en E.2 is voor de boven- en ondergrond van de Oeverzone en Rivierlakte de procentuele kans op voorkomen van de verschillende ENW-klassen verwerkt. Hierbij is uitgegaan van het eindoordeel van de bodemonsters. In de tabellen zijn tevens de 90% betrouwbaarheidsonder- en bovengrenzen bij de kans op voorkomen weergegeven. Deze grenzen geven aan waar de kans op voorkomen van een bepaalde klasse met een betrouwbaarheidsniveau van 90% tussen zal liggen.

Tabel E.1: Procentuele kansen op het voorkomen van de ENW-klassen in de **bovengrond** van de **Oeverzone en Rivierlakte** en 90%- betrouwbaarheidsonder- en bovengrenzen voor deze kansen.

Zone/Deelgebied	ENW klasse	N	Ondergrens %	% kans	Bovengrens %
Oeverzone	0	14	6	10	15
	1	22	11	15	21
	2	78	47	55	62
	3	2	0	1	5
	4	27	14	19	25
Rivierlakte	0	56	12	15	18
	1	165	40	44	49
	2	100	23	27	31
	3	7	1	2	4
	4	45	9	12	15

Tabel E.2: Procentuele kansen op het voorkomen van de ENW-klassen in de **ondergrond** van de **Oeverzone en Rivierlakte** en 90%- betrouwbaarheidsonder- en bovengrenzen voor deze kansen.

Zone/Deelgebied	ENW klasse	N	Ondergrens %	% kans	Bovengrens %
Oeverzone	0	146	57	63	68
	1	35	11	15	20
	2	28	9	12	16
	3	8	2	3	6
	4	15	4	6	10
Rivierlakte	0	88	49	56	63
	1	26	12	17	22
	2	21	9	13	19
	3	14	6	9	14
	4	8	3	5	9

## Bijlage F: Overzicht bronnen van aanvullende analyseresultaten

Kartering van de bodemkwaliteit in het winterbed van de Maas: subsysteem Heumen – Hedel. CSO Adviesbureau, 10 juni 1995, rapportnr. 95.184. **50 analyseresultaten**

Bodemonderzoek Locatie Het Scheel te Oijen. Arcadis, 24 november 1998, rapportnr. 632/ZF98/3384/37071. **4 analyseresultaten**

Verbetering Maasbandijk Molenhoek – Dreumel, Milieukundig bodemonderzoek Traject Heumen (dp 0 – dp 127). DHV, dossier K2000-31-003. **21 analyseresultaten**

Verbetering Maasbandijk Molenhoek – Dreumel, Aanvullend milieukundig bodemonderzoek Munseweg Appeltern (dp 290 – dp 300). DHV, dossier K2000-33-003. **1 analyseresultaat**

Dijkverbetering Maasbandijken (west Maas en Waal oost), DHV januari/april 1998. **118 analyseresultaten**

Grondonderzoek Maasbandijk, Traject Hedel – Dronkaardswiel. Grontmij, september 1997. **16 analyseresultaten**

Maasbandijk Bommelerwaard, Hoenzadriel. Grontmij, september 1997. **7 analyseresultaten**

Maasbandijk Bommelerwaard, Dronkaardswiel - Well. Grontmij, september 1997. **7 analyseresultaten**

Maasbandijk Bommelerwaard, Kloosterdijk – Van Heemstra. Grontmij, september 1997. **23 analyseresultaten**

Maasbandijk Bommelerwaard, Alem. Grontmij, september 1997. **27 analyseresultaten**

Maasbandijk Bommelerwaard, Ronde - Kerkdriel. Grontmij, september 1997. **70 analyseresultaten**

Dijkverbetering Keent – Grave, Bodemonderzoek Haven Grave en perceel Kromme Hoek. Grontmij, 3 november 1998. **26 analyseresultaten**

**Bijlage G: individuele stoffen binnen de som-parameters**

PAK10	Som PCB6	Som PCB7	Som HCH	DRINS	Som DDT	Totaal OCB	minerale olie (gc)
antraceen	PCB 28	PCB 28	alfa-HCH	aldrin	o,p-DDD	1,3-hexachloorbutadieen	C10-C12
benzo(a)antraceen	PCB 52	PCB 52	beta-HCH	dieldrin	p,p-DDD	pentachloorbenzeen	C12-C22
benzo(k)fluoranteen	PCB 101	PCB 101	gamma-HCH	endrin	o,p-DDE	alfa-HCH	C22-C30
benzo(a)pyreen	PCB 138	PCB 118	delta-HCH		p,p-DDE	beta-HCH	C30-C40
chryseen	PCB 153	PCB 138			o,p-DDT	gamma-HCH	
fenantreen	PCB 180	PCB 153			p,p-DDT	delta-HCH	
fluoranteen		PCB 180				hexachloorbenzeen	
indeno(1,2,3-cd)pyreen						heptachloor	
naftaleen						cis-heptachloorepoxide	
benzo(ghi)peryleen						aldrin	
						dieldrin	
						endrin	
						telodrin	
						o,p-DDD	
						p,p-DDD	
						o,p-DDE	
						p,p-DDE	
						o,p-DDT	
						p,p-DDT	
						cis-Chloordaan	
						trans-Chloordaan	
						alfa-Endosulfan	
						beta-Endosulfan	

## Bijlage H: toetsing van risico's

### risico's voor de mens

Er worden twee uitgangspunten gehanteerd voor de risico's voor de mens:

- het aanvaardbare risiconiveau mag niet worden overschreden;
- de risico's moeten worden teruggedrongen tot het laagste niveau dat redelijkerwijs haalbaar is (ALARA).

Voor de humane risico's zijn voor verschillende gebruiksfuncties aanvaardbare risiconiveaus opgesteld (zie tabel G.1). Voor PAK is het aanvaardbaar risiconiveau gelijk aan 7 BAP-equivalenten, zonder verdere differentiatie naar functie.

In tabel G.1 zijn de maximaal toelaatbare risico's voor de betreffende functie opgenomen. Dit zijn de gehalten waarbij geen rekening wordt gehouden met de "basisinname" van stoffen, dat wil zeggen de inname die gerelateerd is aan b.v. het voedselpakket en niet gerelateerd is aan de aanwezige bodemverontreiniging. Voor de toetsing in het kader van Actief Bodembeheer Maas wordt uitgegaan van de ARN's (Aanvaardbaar Risiconiveau). De ARN's houden wel rekening met de basisinname van stoffen.

Er is sprake van overschrijding van het aanvaardbaar risiconiveau wanneer het gemiddelde gehalte in de leeflaag van de bodem het aanvaardbaar risiconiveau overschrijdt. Hierbij is het toekomstige gebruik van de bodem (na herinrichting) maatgevend. Bij grootschalige herinrichtingsprojecten is het mogelijk om een meer gebiedsspecifieke risico-beoordeling uit te voeren. Hierbij kunnen gemeten gehalten in de contactmedia, zoals gewassen of drinkwater, worden meegenomen in plaats van de generieke aannames die zijn gebruikt voor het afleiden van de aanvaardbare risiconiveaus.

### risico's via de teelt van consumptiegewassen

In het winterbed van de Maas geldt dat het loof van suikerbieten ongeschikt is voor het gebruik als veevoeder, dit gebruik moet daarom worden vermeden.

Voor de risico's bij de teelt van consumptiegewassen is gebleken dat alleen de stof cadmium kritisch is. Voor deze risico's is daarom uitsluitend een aanvaardbaar risiconiveau voor cadmium ingevuld:

- voor kalkrijke en kalkhoudende bodems geldt een maximaal cadmiumgehalte van 4,0 mg/kg;
- voor kalkarme en kalkloze bodems geldt een maximaal cadmiumgehalte van 2,5 mg/kg.

### **risico's voor het ecosysteem**

Voor de ecotoxicologische risico's wordt per project een afweging en beoordeling van de risico's voor het ecosysteem gemaakt. De beoordeling en toetsing vindt plaats op basis van het ALARA-beginsel. Op basis van vuistregels voor het omgaan met verontreinigd riviersediment wordt er naar gestreefd de risico's voor natuur zo veel mogelijk te reduceren. De minimum-optie daarbij is stand-still: de risico's voor het ecosysteem moeten ten minste gelijk blijven en mogen niet toenemen.

Voor natuurontwikkelingsprojecten wordt de voorwaarde gesteld dat bij de gegeven (water)bodemkwaliteit de gewenste natuurdoelstellingen kunnen worden bereikt. Dit zal moeten worden aangetoond met behulp van onderzoeksresultaten. Hiervoor kan bijvoorbeeld de Triade-benadering worden gebruikt, waarbij zowel chemische analyses, bio-assays en veldinventarisaties worden uitgevoerd die tezamen een ecotoxicologisch eindoordeel geven.

### **risico's voor de verspreiding van verontreinigende stoffen naar het grondwater of oppervlaktewater.**

Bij het beoordelen van de toelaatbaarheid van nieuwe activiteiten (ingrepen in het plan gebied) wordt allereerst getoetst aan eventuele normen die zijn gesteld aan de absolute grootte van de verspreiding. Ook mogen er geen onaanvaardbare risico's voor mens of ecosysteem optreden.

In de tweede plaats wordt volgens het ALARA-principe gestreefd naar het zover mogelijk terugdringen van de verspreidingsrisico's, voor zover dit redelijkerwijs mogelijk is. Bij deze ALARA-afweging wordt niet alleen naar de absolute grootte van de verspreiding, maar ook naar het relatieve effect hiervan op de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater gekeken.

Tabel G.1: Gebruikspecifieke bodemtoetsingswaarde [mg/kg] voor het aanvaardbaar risiconiveau ( $C_{am}$ ) en voor het maximaal toelaatbaar risiconiveau ( $C_{mitr}$ )

Gebruiksvorm	Cadmium		Lood		Kwik		Arseen		Koper		Zink			
	$C_{mitr}$	$C_{am}$	$C_{mitr}^1)$	$C_{am}^1)$	$C_{mitr}^2)$	$C_{am}^2)$	$C_{mitr}$	$C_{am}$	$C_{mitr}$	$C_{am}$	$C_{mitr}$	$C_{am}$		
Agrarisch gebruik	35	18,6	-	-	1.450	1.070	200	152	680	419	16.000	13.800	56.000	46.000
Agrarisch gebruik met 100% gewasconsumptie	4,2	2,4	-	-	330	255	44	36	150	93	2.600	2.390	7.100	5.930
Droge recreatie	660	360	360	294	2.370	1.750	407	313	1.400	867	>	>	>	>
Zwemwater	430	231	232	170	1.540	1.117	261	201	2.270	1.405	>	>	>	>
Viswater	430	230	157	95	1.490	1.074	254	194	1.024	634	1.872	1.645	622	516
Zwemwater en viswater	430	230	157	95	1.490	1.074	254	194	706	437	1.847	1.623	622	516
Zwemwater met beperkte visvangst	430	231	229	167	1.520	1.104	260	201	2.085	1.291	35.167	30.897	15.000	12.500

1) specifieke blootstelling kind

2) levenslange blootstelling

> normstelling niet relevant

