



# Water- en stoffenbalans voor drie 3 beken in het grensgebied van de Vlaamse en Nederlandse Kempen

## Hoofdrapport

# Water- en stoffenbalans voor drie beken in het grensgebied van de Vlaamse en Nederlandse Kempen

## Hoofdrapport

### Opdrachtgever



### Opdrachthouder



© Soresma 2006

Zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van Soresma mag geen enkel onderdeel of uittreksel uit deze tekst worden weergegeven of in een elektronische databank worden gevoegd, noch gefotokopieerd of op een andere manier vermenigvuldigd.

---

# Inhoud

<b>Lijst van Figuren .....</b>	<b>4</b>
<b>Lijst van Tabellen .....</b>	<b>5</b>
<b>Lijst van kaarten .....</b>	<b>6</b>
<b>Verklarende lijst van afkortingen .....</b>	<b>7</b>
<b>1 Inleiding .....</b>	<b>11</b>
<b>2 Aanpak .....</b>	<b>13</b>
2.1 Algemeen .....	13
2.2 De werkstappen .....	14
<b>3 Gebiedsbeschrijving .....</b>	<b>16</b>
3.1 Topografie .....	16
3.2 Hydrografie .....	16
3.3 Geologie .....	18
3.4 Grondwater .....	20
3.5 Pedologie .....	22
3.6 Landgebruik .....	23
3.7 Beheer .....	26
<b>4 Bouwstenen .....</b>	<b>29</b>
4.1 Bronnen .....	29
4.2 Processen .....	35
<b>5 Analyse .....</b>	<b>39</b>
5.1 Dommel .....	39
5.2 Beekloop-Keersop .....	49
5.3 Tongelreep – Warmbeek .....	52
5.4 Vergelijking beeksystemen .....	57
5.5 Historische aspecten .....	57
5.6 Waterkwaliteit in relatie tot de doelstellingen .....	59
<b>6 Maatregelen .....</b>	<b>61</b>
6.1 Maatregelen .....	61

<b>7</b>	<b>Conclusie en aanbevelingen .....</b>	<b>64</b>
7.1	Hydrologische karakterisering van de beeksystemen .....	64
7.2	Bronnen.....	64
7.3	Transportprocessen .....	65
7.4	Maatregelen .....	66
7.5	Kennislacunes.....	66

## Bijlagen

Bijlage 1	Lijst met bouwstenen
Bijlage 2	Interpretatie van de meetgegevens
Bijlage 3	Totaalvracht vanuit Umicore

## Lijst van Figuren

Figuur 1: Algemene situering (Pieterse et al., 1998, gewijzigd).....	11
Figuur 2: werkstappen binnen het project .....	13
Figuur 3: Geohydrologische dwarsdoorsnede (DinoLoket, 2006) .....	19
Figuur 4: Grondwaterstanden zomer in raai 1 (Beekloop-Keersop) .....	20
Figuur 5: Grondwaterstanden zomer in raai 2 (Dommel).....	20
Figuur 6: Grondwaterstanden winter in raai 1 (Beekloop-Keersop).....	20
Figuur 7: Grondwaterstanden winter in raai 2 (Dommel) .....	20
Figuur 8: Ligging raaien.....	21
Figuur 9: Lozingen door Umicore (Cd en Zn).....	30
Figuur 10 jaarlijkse fluctuatie waterkwaliteit bovenstrooms .....	34
Figuur 11 jaarlijkse fluctuatie waterkwaliteit benedenstrooms .....	34
Figuur 12: waterbodemkwaliteit afhankelijk van grondwaterconcentratie en organisch stofgehalte .....	43
Figuur 13: Afzet van slib bij gemiddelde jaarafvoer .....	44
Figuur 14: Opwoeling van slib bij gemiddelde jaarafvoer .....	45
Figuur 15 Thalliumconcentratie in de Dommel en Eindergatloop .....	48

## Lijst van Tabellen

Tabel 1: Conversietabel Vlaamse-Nederlandse Lithologie van het Pleistoceen .....	19
Tabel 2: Definitie bodemtextuurklassen .....	22
Tabel 3: Verdeling bodemtextuurklassen (%) .....	22
Tabel 4: Definitie bodemvochtigheidsklassen .....	23
Tabel 5: Verdeling bodemvochtigheidsklassen (%) .....	23
Tabel 6: Definitie landgebruiksklassen .....	25
Tabel 7: Verdeling landgebruiksklassen (%) .....	26
Tabel 8: Debietverdeling Dommel te Neerpelt (langjarig gemiddelde) .....	30
Tabel 9: Effluent van de RWZI's .....	31
Tabel 10: Depositie van zware metalen in g/ha/jr .....	32
Tabel 11: Waterbalans Dommel (incl. Beekloop-Keersop en Run) .....	39
Tabel 12: verloop van de zink en cadmium concentratie in de Dommel .....	39
Tabel 13: Berekende jaarlijkse vracht voor cadmium in de Dommel .....	46
Tabel 14: Berekende jaarlijkse vracht voor zink in de Dommel .....	47
Tabel 15: Waterbalans Beekloop-Keersop (m <sup>3</sup> /s) .....	49
Tabel 16: verloop van de zink en cadmium concentratie in de Beekloop-Keersop .....	49
Tabel 17: Berekende jaarlijkse cadmiumvracht in de Beekloop-Keersop .....	50
Tabel 18: Berekende jaarlijkse zinkvracht in de Beekloop-Keersop .....	51
Tabel 19: Waterbalans Tongelreep-Warmbeek (m <sup>3</sup> /s) .....	52
Tabel 20: verloop van de zink en cadmium concentratie in de Tongelreep-Warmbeek .....	54
Tabel 21: Berekende jaarlijkse cadmiumvracht in de Tongelreep-Warmbeek .....	55
Tabel 22: Berekende jaarlijkse zinkvracht in de Tongelreep-Warmbeek .....	56
Tabel 23: Ruwe schatting van de zink en cadmium vrachten in 1980 in de Dommel .....	58
Tabel 24: Kwaliteitsnormen in het oppervlaktewater en de waterbodem .....	59
Tabel 25: MTR-waarden voor zink en cadmium .....	60
Tabel 26: Lijst met haalbare maatregelen .....	61

## Lijst van kaarten

- Kaart 1. Topografie**
- Kaart 2. Hoogteligging**
- Kaart 3. Waterlopen**
- Kaart 4. Inundatiegebieden**
- Kaart 5. Waterzuivering**
- Kaart 6. Bodemtextuur**
- Kaart 7. Bodemvochtigheid**
- Kaart 8. Landgebruik**
- Kaart 9. Beheer**
- Kaart 10. Meetnet Waterkwantiteit**
- Kaart 11. Meetnet Waterkwaliteit**
- Kaart 12. Waterbalans**
- Kaart 13. Stoffenbalans**



## Verklarende lijst van afkortingen

AHN	Actueel Hoogtebestand Nederland
DHM	Digitaal Hoogte Model
LGN	Landgebruikkaart Nederland
NAP	Normaal Amsterdams Peil
ROG	Recent Overstroomde Gebieden
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
STOWA	Stichting Toegepast Oppervlakte WATERbeheer
TAW	Tweede Algemene Waterpassing
VHA	Vlaamse Hydrografische Atlas

## Samenvatting

De bodem van De Kempen is op grote schaal verontreinigd met cadmium en zink, als gevolg van de zinkindustrie in Nederland en België. Om tot een effectieve aanpak van de verontreinigingsproblematiek te komen zijn de Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij (OVAM) en het projectbureau Actief Bodembeheer de Kempen (ABdK) een samenwerkingsverband aangegaan binnen het Interreg project BeNeKempen. Binnen dit samenwerkingsverband is in de periode mei 2006 – augustus 2007 de studie “Water- en stoffenbalans voor drie beken in het grensgebied van de Vlaamse en Nederlandse Kempen” uitgevoerd door het consortium Soresma-Oranjewoud-Alterra. Het studiegebied omvat de stroomgebieden van de Dommel, de Tongelreep-Warmbeek en de Beekloop-Keersop ten zuiden van Eindhoven.

Het doel van de studie is het verkrijgen van inzicht in de invloed van de verontreiniging in het gebied op de waterkwaliteit. De belangrijkste vragen die hierbij beantwoord moesten worden zijn: wat zijn de belangrijkste verontreinigingsbronnen, hoe functioneert het beekstelsel, hoe gaat dit om met de verontreiniging en wat betekent dit voor de waterkwaliteit?

De resultaten van de studie vormen de basis voor maatregelen waarmee de waterkwaliteit verbeterd en de verontreiniging verminderd kan worden. De grondwaterstromen en de verspreiding van de verontreinigingen via het grondwatertransport vormt geen onderdeel van dit project.

Om de onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden is een integrale aanpak gebruikt waarbij het watersysteem, de inrichting van het beekstelsel, het gebruik en de functie (incl. het landgebruik in de directe omgeving van de beken) gezamenlijk zijn meegenomen. Binnen de aanpak kunnen vier hoofdthema's onderscheiden worden. Het eerste thema omvat het bepalen van de zogenoemde karakteristieken van het beekstelsel. Om te begrijpen wat in de beken gebeurt, is het van groot belang te weten wat de herkomst is van het water, welke afvoerpieken in het beekstelsel kunnen optreden, wat de stroomsnelheid van het water is en de betekenis hiervan voor het sedimenttransport door de beek. De kwantificering van de verontreinigingsbronnen vormt het tweede hoofdthema. Om inzicht te krijgen van het aandeel van de verschillende bronnen in de totale zink- en cadmiumvracht en een stofbalans op te kunnen stellen moeten de verontreinigingsbronnen bekend zijn. Hoe groot zijn deze bronnen en vormen zij een continue of periodieke verontreiniging? Het derde thema betreft de integrale analyse van het transport van de zink- en cadmiumverontreiniging door het beekstelsel. Op basis van een uitgebreide inventarisatie, een aanvullende meetcampagne en de resultaten uit de eerder genoemde thema's is het transport van de verontreiniging door de beeksystemen beschreven. Hierbij is enerzijds een stoffenbalans opgesteld voor de hoeveelheden zink en cadmium die jaarlijks door het beekstelsel heen gaan. Anderzijds is de water- en waterbodemkwaliteit in het beekstelsel geanalyseerd en zijn de invloeden van bovenstrooms naar benedenstrooms beschreven. De vertaling van deze kennis in mogelijke maatregelen om de water- en waterbodemkwaliteit te verbeteren vormt het vierde thema. Bij het bepalen van mogelijke en effectieve maatregelen bleek de het gedrag van de beeksystemen en het transport van de verontreinigingen een bepalende rol te spelen.

De beken kunnen gekarakteriseerd worden als grondwater gestuurde beken. In alle drie de beeksystemen is de grondwateraanvoer meer dan 50 % van de totale afvoer. De snelle afvoer ten gevolge van de neerslag heeft een aandeel van 25 % in de Dommel en de Beekloop-Keersop tot 30 % in de Tongelreep-Warmbeek. Het overige water komt vanuit het Kanaal Bocholt-Herentals, de rioolwaterzuiveringen en Umicore. De volumes vanuit de rioolwaterzuiveringen, het effluent, zijn relatief beperkt maar kunnen lokaal van groot belang zijn. Ter hoogte van Lommel vormt het effluent van de rioolwaterzuivering bijna 50 % van de totale afvoer in de Eindergatloop en ter hoogte van Overpelt is de het aandeel van het effluent 25 % van de totale afvoer in de Dommel.

Bij de studie zijn de beeksystemen onderverdeeld in kleinere subsystemen. Bij het opstellen van de water- en massabalans is gebleken dat in geen van de subsystemen netto infiltratie optreedt. Op het onderzoeksniveau van deze studie treedt dus in alle drie de beken en over de gehele lengte kwel op. Lokaal zal afhankelijk van de droogte tijdens de zomer wel infiltratie vanuit de beken plaatsvinden. Netto over het jaar blijft kwel echter het belangrijkste proces.

De beken hebben tot aan Eindhoven relatief hoge stroomsnelheden en hebben bij zowel gemiddelde afvoer als de hogere maatgevende afvoer een erosief karakter. Zelfs bij de lagere zomerafvoer blijkt in 70 % van de beken nog erosie op te treden. Dit betekent dat alleen 's zomers of bij stuwen tijdelijke sedimentatie optreedt. Bij hogere afvoeren wordt dit sediment weer afgevoerd. Jaarlijks bedraagt de erosie gemiddeld 0,5 cm in de watergangen.

Bij het bepalen van de verontreinigingsbronnen is gewerkt vanuit een groslijst van 25 mogelijke bronnen of verwijderingsprocessen, bouwstenen genoemd. Per bouwsteen is het belang van iedere verontreinigingsbron bepaald en berekend. Uiteindelijk zijn in de studie 8 bronnen meegenomen vanwege hun belang voor de waterkwaliteit. Als de lozing van Umicore en de rioolwaterzuivering buiten beschouwing worden gelaten wordt het regionale beeld, gebaseerd op de natuurlijke achtergrondwaarden, zichtbaar. Voor cadmium en zink zijn er dan slechts 2 verontreinigingsbronnen van belang. Enerzijds wordt de vracht bepaald door de aanvoer vanuit het grondwater (ca 70 %) en anderzijds door het vrijkomen van cadmium bij erosie van de bodem (ca 20 %). Voor zink is het beeld genuanceerder dan voor cadmium. Voor zink bestaan verschillende antropogene verontreinigingsbronnen. Zink wordt veel toegepast in de bouw en komt ook als diffusie verontreiniging vrij in o.a. het verkeer. Het belang van deze bronnen hangt af van de mate van verharding in het gebied. Desondanks blijft in alle drie de beeksystemen de aanvoer vanuit het grondwater de belangrijkste bron voor zink gevolgd door de erosie. Het regionale beeld is goed herkenbaar in de beeksystemen van de Beekloop-Keersop en de Tongelreep-Warmbeek, waar geen grote lozingen van afvalwater plaatsvinden.

In de Dommel is het hierboven geschetste beeld ernstig verstoord door de lozingen van Umicore en de rioolwaterzuiveringen. Umicore lost enerzijds afvalwater uit de afvalwaterzuivering, maar blijkt anderzijds ook via het grondwater een grote aanvoer van zink en cadmium naar de Dommel te veroorzaken. Hiermee vormt Umicore voor zowel zink (42 % van de totale vracht) als voor cadmium (70 % van de totale vracht) de belangrijkste verontreinigingsbron voor de Dommel. Naast Umicore lozen ook 4 rioolwaterzuiveringen (Lommel, Overpelt, Eksel en Peer) hun afvalwater op de Dommel. Het afvalwater van de rioolwaterzuiveringen bevat weinig cadmium en het aandeel in de totale cadmiumvracht blijft onder de 1 %. Voor zink vormen de rioolwaterzuiveringen de twee na grootste verontreinigingsbron, na Umicore en de grondwateraanvoer. Het aandeel van het effluent vanuit de rioolwaterzuiveringen is zowel voor de Dommel als de Tongelreep-Warmbeek 17 % van de totale vracht. Hiernaast wordt nog 3 % (Dommel) tot 10 % (Tongelreep-Warmbeek) via de overstorten op het oppervlaktewater geloosd. De afvalwaterlozingen van Umicore en de rioolwaterzuiveringen zijn duidelijk zichtbaar in de waterkwaliteitsgegevens van de Dommel.

De lozing van Umicore is de enige lozing in het gebied die een significante invloed heeft op de waterbodempkwaliteit. Over een grotere lengte van de beek, stroomafwaarts van de lozing van Umicore, komen hogere concentratie van zowel zink als cadmium in de waterbodem voor. Op locaties met sedimentatie of locaties met historische afzettingen leidt dit tot ernstige verontreiniging.

De twee processen die een verbeterende werking hebben op de waterkwaliteit zijn de opname door planten en de afzetting op overstromingsvlakten, tijdens hoge afvoeren. De opname door planten blijkt niet van belang en omvat minder dan 1 procent van de totale vracht aan cadmium of zink. Voor de afzet van slib op overstromingsvlakten zijn schattingen gemaakt. Ondanks dat de afzet alleen in extreme afvoersituaties optreedt, kan deze voor zink oplopen tot 4,5 % en voor cadmium tot 7,4 %. Alle overige vrachten aan zink en cadmium worden afgevoerd naar de zand- en slibvangen De Klotputten in de Dommel en De Vleut in de Tongelreep-Warmbeek.

Bij analyse van de water(bodem)kwaliteit blijken 2 fenomenen van belang te zijn voor de beoordeling van de water(bodem)kwaliteit. Het eerste fenomeen is het waterkwaliteitsverschil tussen het ondiepe verontreinigde en het diepe schone grondwater. Bij hogere grondwaterstanden komt ondiep verontreinigd grondwater in de beken terwijl tijdens droge periode in de zomer deze aanvoer afneemt en het diepere schone grondwater belangrijker wordt. Dit leidt tot een periodieke fluctuatie in de waterkwaliteit waarbij de kwaliteit in de winter slechter is dan in de zomer. Dit verschil in grondwaterkwaliteit is tevens zichtbaar in de waterkwaliteit in de verschillende delen van het beekstelsel. In de kleine, door ondiep grondwater gevoede, watergangen is de waterkwaliteit slechter dan in de hoofdwatgang van de beek, welke ook gevoed wordt door dieper schoner grondwater.

Het tweede fenomeen dat van belang is voor de waterkwaliteit is het landgebruik langs de beek. Door het type grondgebruik, b.v. bos of landbouw, is de bodemverontreiniging aan het oppervlak nog groot (landbouw) of is de verontreiniging al naar diepere lagen gestroomd (onder bos). Dit verschil in oppervlakkige verontreiniging beïnvloedt de waterkwaliteit van het ondiepe grondwater en zodoende ook van de watergangen ter plaatse. In bos gebieden is de kwel in de kleinere watergangen schoner dan in de landbouwgebieden. Dit fenomeen is duidelijk herkenbaar bij de bovenlopen van de Beekloop en de Keersop. De bovenloop van de Beekloop heeft een goede waterkwaliteit en wordt vooral gevoed in een bos/natuurrijk gebied, terwijl langs de Keersop veel landbouw plaatsvindt en de waterkwaliteit duidelijk slechter is.

De zink- en cadmiumverontreiniging bevinden zich voor 80-90 % in de opgeloste fase of gebonden aan zwevend (organisch) stof. De transportsnelheid is derhalve gelijk aan de stroomsnelheid van de beken waardoor de verontreiniging binnen 18-36 uur wordt afgevoerd naar de benedenstroomse delen van de Dommel en uiteindelijk naar de Maas. Het transport via het grof zwevend en het langs de bodem bewegende sediment is slechts 10-20 %. Door het erosieve karakter van de beken blijft deze verontreiniging niet in het beekstelsel en wordt ook deze afgevoerd. Het transport over de afstand tussen Umicore en de Klotputten duurt ongeveer 20 jaar. Uiteindelijk wordt al de verontreiniging dus afgevoerd. Het beekstelsel schoont zichzelf op.

Historische verontreinigingen door Umicore, van voor 1987, zijn al afgevoerd en bevinden zich ten noorden van Eindhoven of verder. Lokaal kunnen in het beekstelsel van de Dommel nog wel historische verontreinigingen aanwezig zijn door afzet op plaatsen waar geen erosie meer kan optreden of door zinkaswegen. Veel aanpassingen in het productieproces van Umicore en maatregelen in de lozing van het afvalwater waren al voor 1987 doorgevoerd. Het beekstelsel, met name de waterbodem, is dan ook al redelijk schoon en vertoont weinig grote verontreinigingslocaties tot aan de Klotputten.

Uitgaande van de achtergrondwaarden zullen op den duur de beeksystemen in de regio een evenwicht bereiken waarbij de waterkwaliteit voor zink jaarlijks varieert tussen de 40 µg/l tot 200 µg/l en de waterbodem gemiddeld niet meer dan 190 mg/kg d.s. aan zink bevat. Het beekstelsel Beekloop-Keersop is relatief kort en wordt niet door industriële lozingen beïnvloed. Dit systeem is schoon en voldoet al aan deze waarden. Het beekstelsel van de Tongelreep is ook in evenwicht maar kent nog enkele waterbodemplaatjes die hogere zinkwaarden hebben. Deze zullen op termijn door erosie of gerichte sanering opgeheven worden waarmee het beekstelsel in evenwicht komt met de achtergrondwaarden. Voor de Dommel blijven de lozingen van Umicore en de rioolwaterzuiveringen de water(bodem)kwaliteit bepalen. Bovenstrooms van de Eindergatloop zijn de rioolwaterzuiveringen bepalend voor de waterkwaliteit, terwijl vanaf de Eindergatloop de lozing door Umicore het beeld bepaalt.

Maatregelen om de water- en waterbodemkwaliteit in de beeksystemen verder te verbeteren zijn beperkt en richten zich sterk op de nog bestaande lozingen en de sanering van enkele historisch vervuilde locaties. De belangrijkste maatregelen om met name de waterkwaliteit in de Dommel te verbeteren moeten zich richten op het aanscherpen van de lozingsvergunningen voor Umicore en de rioolwaterzuiveringen. Hiernaast kan een grote verbetering optreden als de kwel vanaf het Umicore-terrein gestopt kan worden. Verdere kunnen in alle drie de beeksystemen lokale verbeteringen verkregen worden door het saneren van de historische verontreinigde waterbodems in bestaande zandvangen en opwaarts van enkele stuwen.

# 1 Inleiding

## Aanleiding

De bodem van De Kempen is op grote schaal verontreinigd met cadmium en zink, als gevolg van de zinkindustrie in Nederland en België. Via lozing van afvalwater op oppervlaktewater, uitstoot via schoorstenen, de verwerking van zinkassen in wegen en opgehoogde terreinen heeft de verontreiniging zich kunnen verspreiden over een groot gebied.

De omvang van de bodemverontreiniging is zodanig groot dat de oplossing niet alleen een technisch probleem vormt maar ook belangrijke procesmatige, bestuurlijke en financiële aspecten heeft. Voor de aanpak van deze bodemverontreiniging zijn de Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij (OVAM) en het projectbureau Actief Bodembeheer de Kempen (ABdK) een samenwerkingsverband aangegaan binnen het Interreg project BeNeKempen.

Het voorliggende rapport werd opgemaakt in het kader van de studie "Water- en stoffenbalans voor drie beken in het grensgebied van de Vlaamse en Nederlandse Kempen". Deze studie wordt uitgevoerd door het consortium Soresma-Oranjewoud-Alterra, in opdracht van het projectbureau Actief Bodembeheer de Kempen, als zijnde een onderdeel van het Europese Interreg project "BeNeKempen".



*Figuur 1: Algemene situering (Pieterse et al., 1998, gewijzigd)*

### Doelstelling

De studie heeft tot doel een inzicht te verwerven in de omvang en herkomst van zware metaalverontreiniging in een drietal grensoverschrijdende beeksystemen in de Kempen. Met de resultaten van het onderzoek dienen beheersmaatregelen benoemd te worden om de verontreiniging te verminderen. De grondwaterstromen en het grondwatertransport van verontreinigingen vormt, met uitzondering van de aanvoer te plekke van de beek, geen onderdeel van dit project.

### Het studiegebied

Het studiegebied is gelegen in het grensgebied van de Vlaamse en Nederlandse Kempen, ten zuiden van Eindhoven. Het omvat de stroomgebieden van de Dommel (opwaarts Eindhoven), de Tongelreep-Warmbeek en de Beekloop-Keersop. De algemene ligging wordt weergegeven in Figuur 1.

### Leeswijzer

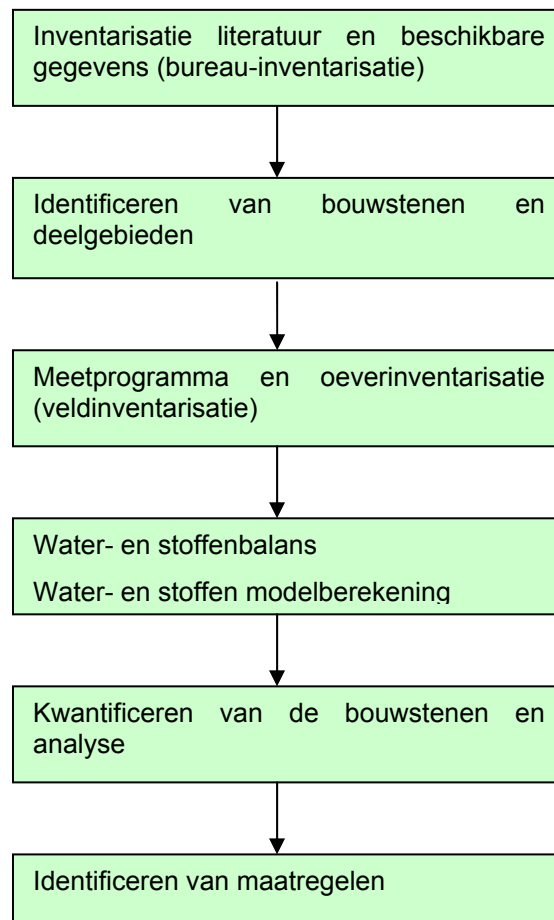
Het voorliggende rapport, het hoofdrapport, is één van de 4 rapporten die deze studie heeft opgeleverd. Naast het hoofdrapport zijn er nog 3 deelrapporten opgesteld; 'Balans- en modelberekening', 'Inventarisatie en meetcampagne' en 'oeverinventarisatie'. De gegevens uit de inventarisatie en meetcampagne vormen, samen met de resultaten van de oeverinventarisatie, de basis voor de stroomanalyses binnen dit project. Deze stromen zijn in detail opgenomen in het deelrapport 'Balans- en modelberekeningen'.

Dit hoofdrapport omvat de resultaten van deze studie. De uitgevoerde werkstappen worden in de deelrapporten toegelicht. In hoofdstuk 2 wordt voorafgaand aan de beschrijving van de resultaten de aanpak in het project kort toegelicht. Hiermee krijgt de lezer inzicht in de herkomst van de gepresenteerde resultaten. Hoofdstuk 3 geeft een uitgebreide beschrijving van het gebied. De beschrijving geeft veel achtergrondinformatie die een goede aanvulling zijn waarmee de lezer de overige delen van het rapport beter kan plaatsen en begrijpen. Na de algemene beschrijving geeft hoofdstuk 4 de beschrijving van de hydrologische en sedimentologische processen. In dit hoofdstuk zijn de interpretaties en resultaten van de analyses binnen dit project per bouwsteen weergegeven. Hoofdstuk 5 combineert de informatie van hoofdstuk 4 per beekstelsysteem waarna een vergelijking van de beeksystemen kan plaatsvinden. Met de kennis van de verschillende beeksystemen zijn vervolgens in hoofdstuk 6 maatregelen voorgesteld om de verontreiniging van het oppervlaktewater te verkleinen. Hoofdstuk 7 geeft de conclusies en aanbevelingen die uit dit rapport voortkomen.

## 2 Aanpak

### 2.1 Algemeen

Het project omvat in de eerste plaats een onderzoeksvraag om de verschillende processen die bij het transport van zware metalen een rol spelen inzichtelijk te maken. Als de processen bekend zijn en de stofstromen inzichtelijk zijn kunnen vervolgens maatregelen worden opgesteld om het stoftransport te verminderen. Om de werkzaamheden te structureren en tot de gewenste resultaten te komen is een aanpak opgesteld die bestaat uit 6 stappen. De stappen die in deze studie zijn gevolgd zijn in Figuur 2 weergegeven.



*Figuur 2: werkstappen binnen het project*

## 2.2 De werkstappen

### 2.2.1 Stap 1: Inventarisatie

Ten aanzien van de cadmium- en zinkproblematiek in de Vlaamse en Nederlandse Kempen is veel informatie bekend, ook wat betreft het watersysteem. In de inventarisatiestap is de voor dit onderzoek relevante informatie verzameld. Hierbij is ondermeer gebruik gemaakt van het overzicht van de beschikbare kennis en data zoals verzameld in het project “Data- en kennisinventarisatie BeNeKempen”. In het project is een veelheid aan beschikbare informatie verzameld. Deze informatie kan grofweg worden verdeeld in:

- Beleidsmatige documenten (incl. uitvoeringsplannen)
- Gegevens over het water(keten)systeem
- Literatuur
- Rekenmodellen van de beeksystemen
- Kaarten en GIS-bestanden

De resultaten van de inventarisatie zijn opgenomen in het deelrapport ‘Inventarisatie en meetcampagne’.

### 2.2.2 Stap 2: indeling in bouwstenen en deelgebieden

Om te komen tot (beheer)maatregelen van de zink- en cadmiumverontreiniging in de beeksystemen is inzicht in het water- en stoftransport nodig. Des te gedetailleerder de kennis des te effectiever de gekozen maatregelen zijn. Voor de beeksystemen in de Kempen zijn vooral gegevens beschikbaar over enkele aspecten in de hoofdwaterlopen. Weinig is bekend over de lozingen en aanvoer vanuit de secundaire en tertiaire watergangen (de haarvaten<sup>1</sup>) noch van de aanvoer via het grondwater. In deze studie is daarom gekozen tot het opstellen van een water- en stoffenbalansen en deze te detailleren met modelstudies (simulaties). Om het nodige detail te krijgen is de balansstudie opgedeeld op basis van ruimtelijke aspecten (subsystemen) en waterbalansparameters (de ‘bouwstenen’).

De subsystemen zijn deelgebieden binnen de beeksystemen die zijn onderscheiden op basis van de meetlocaties voor waterkwantiteit en – kwaliteit, de aanwezigheid van zand/slibvangen en het landgebruik. Voor de waterbalans zijn 9 subsystemen gebruikt, gekoppeld aan de aanwezige meetlocaties. Voor de waterkwaliteit zijn in totaal 22 subsystemen onderscheiden, waarbij de subsystemen weer een verdere opdeling is van de subsystemen voor de waterkwantiteit. Een kaart met de subsystemen is opgenomen in Kaart 10 en Kaart 11.

Een water- of stoffenbalans is een overzicht van de verschillende inkomende en uitgaande volumes water of stofvrachten. In formulevorm wordt dit:

$$\text{Afvoer} = \text{aanvoer} - \text{berging}$$

Zowel voor water als verontreinigende stoffen is een balans opgesteld waarbij de termen ‘afvoer’ en ‘aanvoer’ in zogenoemde ‘bouwstenen’ zijn opgedeeld. Voor de stoffenbalans zijn 25 bouwstenen onderscheiden variërend van lozingen, afstroming van verhard oppervlak, sedimentatie en resuspensie, tot fyto-remediatie. Een volledig overzicht is gegeven in bijlage 1.

---

<sup>1</sup> De haarvaten omvatten alle watergangen buiten de hoofdwaterlopen zoals aangegeven in Kaart 12 en 13.



### **2.2.3 Stap 3: Meetprogramma en oeverinventarisatie**

Om de bouwstenen te kunnen kwantificeren wordt een meetprogramma uitgevoerd waarmee bestaande lacunes in de kennis worden opgevuld. Het meetprogramma is beperkt in tijd en omvang en richt zich op het aanvullen van de bestaande informatie. Het meetprogramma is in het deelrapport 'Inventarisatie en meetcampagne' uitgebreid toegelicht.

Naast de meetcampagne is een oeverinventarisatie uitgevoerd om inzicht te krijgen in de watergangen en het landgebruik direct langs de watergangen. De begroeiing en fysische eigenschappen van de watergangen geven informatie over de hydrologische omstandigheden. Het landgebruik en de inrichting van de oever is van groot belang om de beïnvloeding van de waterkwaliteit door de omliggende functies in beeld te brengen. De resultaten van de oeverinventarisatie zijn opgenomen in het deelrapport 'Oeverinventarisatie'.

### **2.2.4 Stap 4: Waterbalans en modelberekeningen**

Het doel van de berekeningen is het verkrijgen van een stoffenbalans per beekstelsel. Om deze te verkrijgen worden een drietal berekeningstappen uitgevoerd. Om inzicht te krijgen in de werking van de drie beeksystemen wordt eerst een waterbalans opgesteld. De waterbalans geeft o.a. de jaarlijkse afvoer in volume-eenheden en de effectieve neerslag per beekstelsel.

In de tweede plaats is een rekenmodel opgesteld met het programma Sobek. Hiermee kunnen afvoerpieken gesimuleerd worden waarmee inzicht wordt verkregen in het gedrag van de beeksystemen. Dit rekenmodel biedt de mogelijkheid om te kijken naar het gedrag van afvoerpieken, stroomsnelheden en het gedrag bij samenkomsten van de beken en ter hoogte van kunstwerken.

Als derde rekenstap is vervolgens een sedimentatie en erosieanalyse uitgevoerd voor zowel fijn als grof sediment. Hierbij is gebruik gemaakt van het eerder opgestelde rekenmodel en is gekeken naar het gedrag van het sediment in de beek. De drie berekeningsstappen zijn uitgebreid behandeld in het deelrapport 'Balans- en modelberekeningen'.

### **2.2.5 Kwantificeren van de bouwstenen**

Na het uitvoeren van de berekeningen zijn de bouwstenen gekwantificeerd. Voor iedere bouwsteen is de vracht (hoeveelheid aan verontreinigende stoffen die per jaar aan- of afgevoerd worden) bepaald.

Na het bepalen van de bouwstenen is duidelijk welke bouwstenen van belang zijn en welke verwaarloosbaar zijn. Gekeken is welke bouwstenen nog aangepast moeten worden en waar mogelijk gegevens nog ontbreken. Tevens worden de processen van het stoftransport door de beken beschreven.

Met de bouwstenen kan de stoffenbalans worden opgesteld (zie deelrapport 'balans- en modelberekeningen').

### **2.2.6 Identificeren maatregelen**

Met het inzicht in de afvoer- en stoftransportprocessen is het mogelijk om gerichte maatregelen voor te stellen. Bij het identificeren van maatregelen is gekeken naar de belangrijkste verontreinigingsbronnen en transportprocessen om de effectiviteit van de maatregelen zo groot mogelijk te maken.

## 3 Gebiedsbeschrijving

### 3.1 Topografie

#### 3.1.1 Ligging

Het te bestuderen gebied is afgebakend op basis van beschikbare stroomgebiedsgrenzen. De omtrekken zijn weergegeven op Kaart 1.

Het studiegebied omvat delen van de Vlaamse gemeenten Hamont-Achel, Neerpelt, Overpelt, Lommel, Hechtel-Eksel, Peer, Bocholt, Meeuwen-Gruitrode en Houthalen-Helchteren en van de Nederlandse gemeenten Bergeijk, Eersel, Veldhoven, Waalre, Valkenswaard en Eindhoven. Het heeft een totale oppervlakte van 478 km<sup>2</sup>, waarvan 261 km<sup>2</sup> (55 %) in Vlaanderen en 217 km<sup>2</sup> (45 %) in Nederland.

Het deelbekken van de Dommel beslaat 191 km<sup>2</sup> (40 %), dat van de Tongelreep-Warmbeek 135 km<sup>2</sup> (28 %) en dat van de Beekloop-Keersop 89 km<sup>2</sup> (19 %). De rest bestaat uit de deelbekkens van de Run (45 km<sup>2</sup> of 9 %) en het bekken van het kanaal Bocholt-Herentals (18 km<sup>2</sup> of 4 %).

#### 3.1.2 Hoogteligging

De hoogte van het studiegebied neemt geleidelijk af van zuid naar noord. Het hoogste punt ligt op ongeveer 80 m TAW<sup>2</sup> (of 78 m NAP) en het laagste op ongeveer 18 m TAW (of 16 m NAP). Het verloop van de hoogte wordt weergegeven op Kaart 2. Deze kaart werd opgebouwd aan de hand van het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen (DHM-Vlaanderen) en het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN5).

### 3.2 Hydrografie

#### 3.2.1 Waterlopen

Het studiegebied omvat de stroomgebieden van de Dommel (opwaarts Eindhoven), de Tongelreep-Warmbeek en de Beekloop-Keersop. De grenzen van deze stroomgebieden werden afgeleid uit de hydrografische zones van de Vlaamse Hydrografische Atlas (versie 2005) en de afwateringseenheden van het waterschap De Dommel. De stroomgebieden en de waterlopen zijn weergegeven op Kaart 3. De volgende waterlopen vormen het specifieke voorwerp van deze studie:

- Dommel (inclusief Eindergatloop) van de bovenloop tot Eindhoven
- Tongelreep-Warmbeek van de bovenloop tot Eindhoven
- Beekloop-Keersop van de bovenloop tot aan de samenvloeiing met de Dommel

Het studiegebied wordt in oost-west richting doorkruist door het kanaal van Bocholt naar Herentals. Dit kanaal werd aangelegd rond het midden van de 19<sup>e</sup> eeuw en had oorspronkelijk een dubbele functie: transport (scheepvaart) en landbouw (irrigatie).

De Dommel en de Warmbeek kruisen het kanaal door middel van een duiker. Na de bouw van het kanaal werd de Eindergatloop verlegd. Deze loopt nu parallel aan de zuidelijke oever van het kanaal en mondt

---

<sup>2</sup> In Vlaanderen en Nederland wordt gebruik gemaakt van verschillende coördinatenstelsels. In Vlaanderen hanteert men het TAW (Tweede Algemene Waterpassing) en in Nederland het NAP (Normaal Amsterdams Peil). Het TAW-referentiepeil stemt ongeveer overeen met het gemiddelde zeeniveau bij eb te Oostende. Het NAP-referentiepeil is ongeveer gelijk aan het gemiddelde zeeniveau te Amsterdam. Het verschil tussen beide referentiepeilen bedraagt ongeveer 2,3 m.

uit in de Dommel, net ten zuiden van het kanaal. De Prinsenloop werd op gelijkaardige wijze verlegd. Net voor het kanaal buigt hij af in oostelijke richting, om vervolgens uit te monden in de Warmbeek.

De bovenlopen van de Beekloop-Keersop, die ten zuiden van het kanaal gelegen zijn, monden tegenwoordig uit in het kanaal. Strikt gesproken maakt het stroomgebied van deze bovenlopen dan ook geen deel meer uit van het studiegebied. Aangezien een deel van het (afval)water uit dit gebied via de collectoren en de RWZI van Lommel in de Eindergatloop terecht komt, werd dit gebied toch meegenomen bij de inventarisatie.

Een van de oorspronkelijke doelstellingen bij de aanleg van de Kempische kanalen bestond eruit de aanpalende gronden te verbeteren door ze te irrigeren met kalkrijk Maaswater, dat aangevoerd werd langs de Zuid-Willemsvaart. Alhoewel deze functie momenteel op de achtergrond geraakt is, wordt een aantal percelen ten noorden van het kanaal ook nu nog bevoeid met kalkrijk water. Dit gebeurt door middel van een 7-tal watervangen. De ligging van deze watervangen is aangeduid op Kaart 3 (bron: Waterloopkundig Laboratorium).

Langsheen de waterlopen bevinden zich een aantal hydraulische structuren. Hiertoe behoren stuwen, bodemvallen, molens en zandvangen. De ligging van de structuren is eveneens weergegeven op Kaart 3. Momenteel wordt een nieuwe zandvang aangelegd op de Eindergatloop. Deze zal tegen het najaar van 2007 operationeel zijn.

Op de Oude Dommel, opwaarts Neerpelt, werd in 1995 een wachtbekken aangelegd om het centrum van Neerpelt tegen wateroverlast te beschermen (zie Kaart 3). De vulling en lediging van het wachtbekken wordt geregeld door een aantal stuwen. Om een snelle aanslibbing te vermijden en een goede werking van de stuwen te verzekeren, werd aan de ingang van het wachtbekken een zandvang aangelegd.

Net ten zuiden van Eindhoven bevindt zich een verdeelwerk dat toelaat een deel van het debiet van de Dommel af te leiden naar het Beatrixkanaal. Op die wijze kan het centrum van Eindhoven tegen wateroverlast beschermd worden.

Binnen het studiegebied komen een aantal inundatiegebieden voor. De ligging van de inundatiegebieden wordt weergegeven op Kaart 4. Deze kaart werd opgebouwd aan de hand van de Recent Overstroomde Gebieden (ROG 2006) voor Vlaanderen en de historische inundatiegebieden van het waterschap De Dommel voor Nederland. Tegen 2050 zullen op Nederlands grondgebied bijkomende inundatiezones aangelegd worden. Deze zijn eveneens op de kaart weergegeven. Voor Vlaanderen is momenteel geen informatie met betrekking tot geplande inundatiezones beschikbaar.

### **3.2.2 Waterzuiveringsinfrastructuur**

Het studiegebied omvat delen van de zuiveringsgebieden Lommel, Overpelt, Achel, Hamont, Eksel, Bocholt en Peer in Vlaanderen en Eindhoven in Nederland. De grenzen van de zuiveringsgebieden zijn weergegeven op Kaart 5 en vallen niet volledig samen met die van de natuurlijke stroomgebieden.

In Vlaanderen zijn de rioleringsstelsels voornamelijk van het gemengde type. Het afvalwater en een deel van het regenwater worden door middel van collectoren en pompstations afgevoerd naar een zuiveringsinstallatie. Het overtollige regenwater wordt door middel van overstorten geloosd op de waterlopen.

In Nederland is in de bebouwingskernen (met name Valkenswaard, Bergeijk, Eersel, Waalre en Asten) overwegend een gemengd riool aanwezig. Het afvalwater en de neerslag van verharding wordt naar de zuiveringsinstallaties afgevoerd. Bij zware neerslag kan de riolering niet alle toevoer verwerken en treedt overstort van het rioolwater op naar oppervlaktewater. De locaties van de overstorten zijn weergegeven op Kaart 5. In het buitengebied wordt het afvalwater hoofdzakelijk via persleidingen afgevoerd naar de zuiveringsinstallaties. Hemelwater wordt hier op de waterlopen geloosd. Incidenteel zijn huizen niet aangesloten op een persleiding, maar op een individuele behandelingsunit voor afvalwater. Hierbij wordt het water na zuivering in de bodem geïnfiltrerd.

In het stroomgebied van de Dommel liggen vier RWZI's (Lommel, Overpelt, Eksel en Peer) en in dat van de Warmbeek één RWZI (Achel). Het effluent van de RWZI van Lommel wordt geloosd op de Eindergatloop, dat van de RWZI's van Peer, Eksel en Overpelt op de Dommel en dat van de RWZI Achel op de Prinsenloop.

De ligging van de hoofdwaterzuiveringsinfrastructuur (RWZI, pompstations, overstorten en collectoren/transportleidingen) wordt getoond op Kaart 5. Deze kaart werd opgemaakt aan de hand van informatie aangereikt door de Vlaamse Milieumaatschappij en het waterschap De Dommel.

### 3.3 Geologie

#### 3.3.1 Situering

Het onderzoeksgebied ligt geologisch gezien in de Centrale Slenk, ook wel de Roerdal Slenk genoemd. De oostelijke begrenzing van de Centrale Slenk is de Peelrandbreuk, en aan de westzijde de Gilze-Rijen storing / Beringen storing. Het grootste deel van het plangebied ligt op het hoger gelegen Kempisch Plateau op de westelijke rand van de Centrale Slenk.

#### 3.3.2 Stratigrafie

Het gebied van de Centrale Slenk is in de geologische historie afwisselend een dalingsgebied en een opheffingsgebied geweest, waarin sedimentatie werd afgewisseld met erosie.

In Figuur 3 is een geohydrologische doorsnede opgenomen. De ligging van de doorsneden is oost-west, en juist in Nederland genomen.

Zichtbaar is de grote variatie in de bodemopbouw, samenhangend met het intensieve breukenpatroon. In het studiegebied zelf, het Kempisch Plateau, is voor dit onderzoek vooral sprake van twee watervoerende pakketten, gescheiden door een relatief dunne slecht doorlatende laag. Het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket bestaat uit de Formatie van Sterksel / Maasterrassen, de ondoorlatende laag door de kleiige lagen van de Formatie van Waalre/klei van Turnhout en Rijkevorsel; het onderste pakket betreft de Kiezeloöliet Formatie / zand van Mol. In tabel 1 is een conversietabel opgenomen van de gebruikte namen voor de belangrijkste geologische Formaties.

De diepteligging van de pakketten loopt af in noordelijke richting, evenals het maaiveld. Ter hoogte van de grens ligt de onderzijde van het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket op ca. TAW/NAP<sup>3</sup> +20 m, bij Eindhoven is het pakket gedaald tot ca. TAW/NAP -10 m. De onderzijde van het 2<sup>e</sup> watervoerende pakket daalt iets minder sterk, van ca. NAP -20 m tot NAP -40 m.

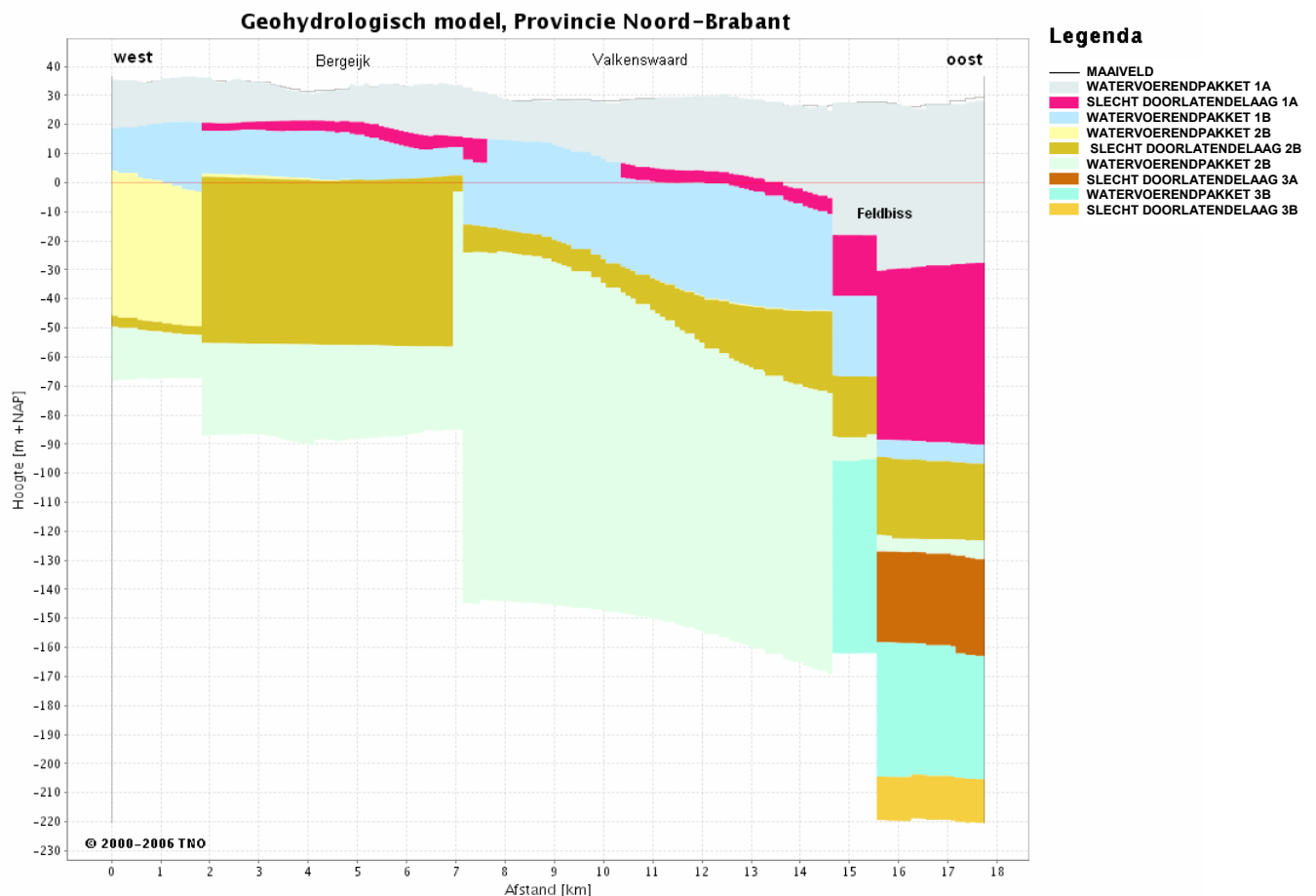
Ook in oostelijke richting is er een daling van de pakketten. Het verschil in diepteligging wordt hier echter in sterkere mate beïnvloed door kleinere breuken.

---

<sup>3</sup> Tussen TAW en NAP is een verschil van 2,5m

Tabel 1: Conversietabel Vlaamse-Nederlandse Lithologie van het Pleistoceen

Vlaamse Lithostratigrafie	Nederlandse Lithostratigrafie - oude indeling	Nederlandse Lithostratigrafie - nieuwe indeling
Maasterrassen	Nuenengroep	Nuene Supergroep
	Formatie van Kreftenheye	Formatie van Kreftenheye
	Formatie van Veghel	Formatie van Beegden
	Formatie van Sterksel	Formatie van Sterksel
Klei van Turnhout	Formatie van Kedichem	Formatie van Stramproy
Zand van Beerse	Formatie van Tegelen	Formatie van Waalre
Klei van Rijkevorsel		
Zand Van Mol	Kiezeloöliet Formatie	Kiezeloöliet Formatie

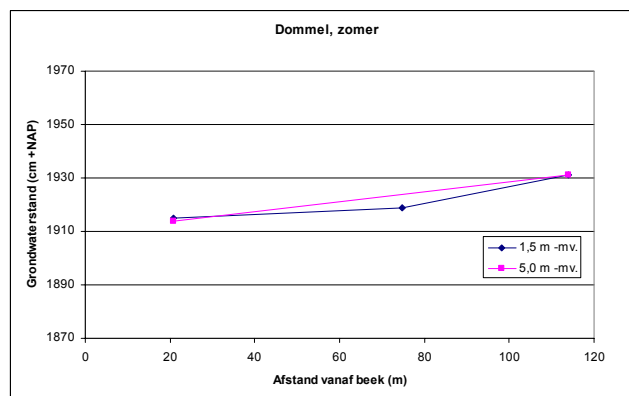
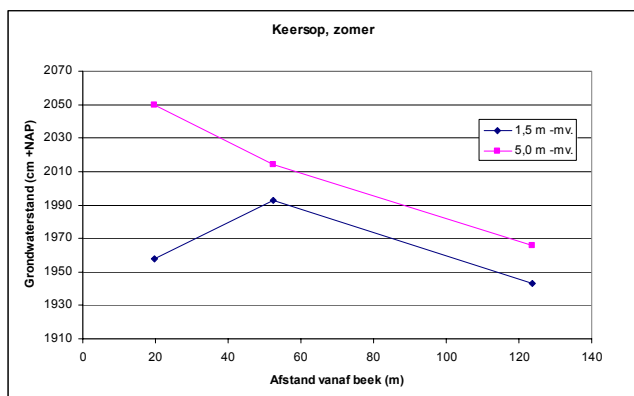


Figuur 3: Geohydrologische dwarsdoorsnede (DinoLoket, 2006)

### 3.4 Grondwater

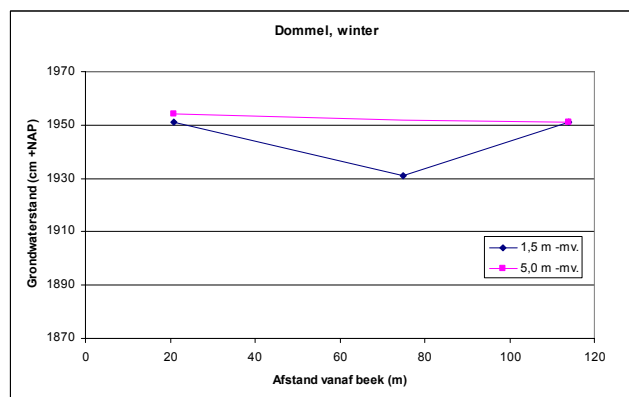
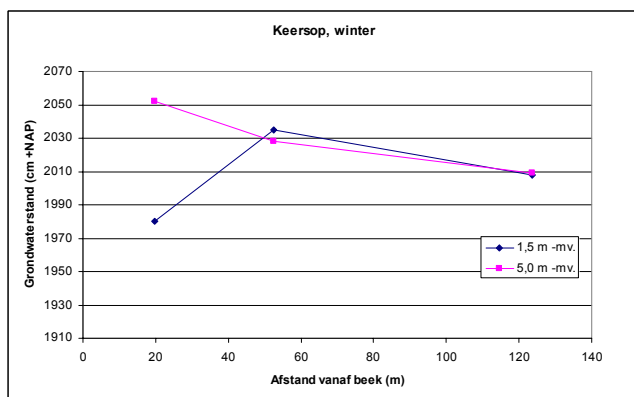
#### 3.4.1 Grondwaterstroming

De grondwaterstroming in de watervoerende pakketten is globaal noordelijk gericht. De ondiepe stroming wordt sterk beïnvloed door de drainerende werking van de beken. In Figuur 4 t/m Figuur 7 zijn de grondwaterstanden op ca. 1,5 en 5,0 m -mv. weergegeven voor twee raaien peilbuizen op de Beekloop-Keersop en de Dommel. De ligging van de raaien is weergegeven in Figuur 8.



Figuur 4: Grondwaterstanden zomer in raai 1 (Beekloop-Keersop)

Figuur 5: Grondwaterstanden zomer in raai 2 (Dommel)



Figuur 6: Grondwaterstanden winter in raai 1 (Beekloop-Keersop)

Figuur 7: Grondwaterstanden winter in raai 2 (Dommel)

Bron gegevens: DinoLoket, 2006

Het beeld blijkt sterk te variëren. Bij het ondiepe grondwater is er afwisselend een infiltratie- en kwelsituatie bij de beek, wanneer alleen naar de peilbuis het dichtst bij de beek en het verst af wordt gekeken. De peilbuis die er tussenin staat, ligt in raai 1 echter altijd hoger dan de beide andere peilbuizen, en in raai 2 altijd lager. Mogelijk ligt de oorzaak hiervoor in detailontwatering.

In het diepere grondwater is er bij beide raaien wel een duidelijk beeld. Bij de Beekloop-Keersop is sprake van een infiltratiesituatie, en bij de Dommel is er 's zomers een drainerende werking van de beek en 's winters een infiltratiesituatie.

Met name op intermediaire schaal is er sprake van kwel naar de beken. De infiltratie treedt op in de hoger gelegen zone tussen de beken.





Figuur 8: Ligging raaien

### 3.4.2 Grondwateronttrekkingen

In het onderzoeksgebied liggen enkele belangrijke grondwateronttrekkingen. Nabij Neerpelt zijn enkele kleinere onttrekkingen aanwezig, met een diepte tussen 48 en 88 m -mv. Tevens ligt hier een drinkwaterwinning (VMW) met een vergund debiet van 5,2 mln. m<sup>3</sup>/jaar op 150 tot 200 m -mv. Nabij Lommel bevindt zich een tweede drinkwaterwinning (VMW) met een vergund debiet van 4,6 mln m<sup>3</sup>/jaar op ongeveer 200 m -mv. Ook juist onder Eindhoven ligt een omvangrijke winning voor de drinkwaterproductie, Aalsterweg. Deze winning is deels diep (180-280 m -mv.) en deels ondieper (30-60 m -mv.) gelegen. Het vergunde debiet is 5,0 mln. m<sup>3</sup>/jaar voor de ondiepe ontzekking en 7,0 mln. m<sup>3</sup>/jaar voor de diepe. Halverwege Bergeijk en Valkenswaard ligt nog een kleinere waterwinning, Luijkggestel, (0,45 mln. m<sup>3</sup>/jaar) op een diepte van 15 tot 26 m -mv.

## 3.5 Pedologie

### 3.5.1 Textuur

Het studiegebied maakt deel uit van de Kempen. De bodems in deze regio zijn voornamelijk zanderig van aard, met hier en daar een beperkte bijmenging van leem. In de valleien van de waterlopen komen soms ook veenafzettingen voor. Een beperkte oppervlakte bestaat uit landduinen of moerige gronden en een deel van de natuurlijke bodems werd verstoord door menselijke activiteiten.

De Belgische en Nederlandse bodemclassificaties maken gebruik van verschillende textuurklassen. Na onderlinge vergelijking, werden de gemeenschappelijke textuurklassen vermeld in Tabel 2 onderscheiden.

Tabel 2: Definitie bodemtextuurklassen

Textuur	Belgische klasse	Nederlandse klasse
Zand	Z	21, 30
Lemig zand	S, P, L	23
Associatie zand – lemig zand	-	21, 23, 30
Landduin	X	-
Veen	V	- (V)
Moerig	-	- (W)
Water	-	- (Water)
Antropogeen	O	- (Bebouw, Ophoog)

De verspreiding van deze textuurklassen wordt getoond op Kaart 6. Deze kaart werd samengesteld op basis van de digitale bodemkaarten van België (oorspronkelijke schaal 1/20.000) en Nederland (oorspronkelijke schaal 1/50.000). Tabel 3 geeft een overzicht van de relatieve frequentie waarmee de verschillende textuurklassen aangetroffen worden in de verschillende deelbekkens.

Tabel 3: Verdeling bodemtextuurklassen (%)

Textuur	Dommel	Tongelreep	Keersop	Run	Kanaal B-H
Zand	50,5	75,9	53,1	57,9	50,1
Lemig zand	32,7	12,1	24,6	36,9	4,4
Associatie	0,0	0,0	14,9	0,5	0,0
Landduin	0,1	0,7	0,2	0,0	22,6
Veen	2,8	0,6	0,0	1,0	0,0
Moerig	0,1	0,0	2,0	0,9	0,0
Water	0,2	0,8	0,6	0,0	0,0
Antropogeen	13,5	10,0	4,5	2,8	22,9



### 3.5.2 Vochtigheid

De bodems in het studiegebied vertonen sterk uiteenlopende vochtigheidsgraden: van zeer nat in de beekvalleien tot zeer droog op zandige heuvelruggen.

Zowel de Nederlandse “grondwatertrappen” als de Belgische “drainageklassen” zijn gebaseerd op de bewegingen van de grondwatertafel, zodat een ruw verband tussen beiden gevonden kan worden. Dit leidt tot de vereenvoudigde vochtigheidsklassen uit Tabel 4.

Tabel 4: Definitie bodemvochtigheidsklassen

Vochtigheid	Drainageklasse	Grondwatertrap
Droog	a, b, B	VII*, VII
Vochtig	c, d	VI, IV
Nat	e, f, g, h, i	V*, V, III*, III, II*, II, I
Associatie droog-vochtig	A	-
Onbekend	-	-

Het bodemvochtgehalte wordt aangegeven op Kaart 7. Deze kaart werd eveneens afgeleid van de digitale bodemkaarten van België en Nederland. De relatieve frequentie waarmee de verschillende klassen voorkomen wordt samengevat in Tabel 5.

Tabel 5: Verdeling bodemvochtigheidsklassen (%)

Vochtigheid	Dommel	Tongelreep	Keersop	Run	Kanaal B-H
Droog	20,3	27,0	28,4	41,0	6,3
Vochtig	40,1	38,8	20,7	17,8	9,2
Nat	18,3	20,0	32,7	38,4	1,8
Associatie	3,8	1,1	2,2	0,0	5,2
Onbekend	17,6	13,1	16,0	2,8	18,7

## 3.6 Landgebruik

### 3.6.1 Landgebruik

Het landgebruik in het studiegebied werd afgeleid van digitale landgebruikskaarten. Voor het Vlaamse deel werd gebruik gemaakt van de Bodemgebruikskaart (versie 2002). Deze kaart is gebaseerd op satellietbeelden uit 2001. Voor het Nederlandse deel werd de Landgebruikskaart Nederland (versie LGN4) gebruikt. Deze is gebaseerd op satellietbeelden uit 1999. Bij de opmaak van beide kaarten werd voor de interpretatie van de satellietbeelden gebruik gemaakt van informatie uit andere bronnen.

De landgebruiksklassen voor Vlaanderen en Nederland stemmen niet helemaal overeen. Na onderlinge

vergelijking werden een aantal vereenvoudigde landgebruiksklassen gedefinieerd. Deze worden weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6: Definitie landgebruiksklassen

<b>Gebruik</b>	<b>Belgische klasse</b>	<b>Nederlandse klasse</b>
Wegen	Gewestweg Autosnelweg	Hoofdwegen en Spoorwegen
Bebouwing	Kernstadbebouwing Andere bebouwing Industrie- en handel Haveninfrastructuur Luchthaveninfrastructuur Andere infrastructuur	Stedelijk bebouwd gebied Bebouwing in buitengebied Bebouwing in agrarisch gebied Bos met dichte bebouwing
Akkerbouw	Akkerbouw	Maïs Aardappelen Bieten Granen Overige gewassen
Weiland	Weiland Alluviaal weiland	Gras Gras in bebouwd gebied
Boomgaard	Boomgaard	Boomgaard
Naaldbos	Naaldbos	Naaldbos Naaldbos in bebouwd gebied
Loofbos	Loofbos	Loofbos Loofbos in bebouwd gebied
Gemengd bos	Gemengd bos	-
Heide	Heide	Heide Matig vergraste heide Sterk vergraste heide
Natuur	-	Open begroeid natuurgebied
Braak	-	Kale grond in natuurgebied Kale grond in bebouwd buitengebied Open stuifzand
Water	Water	Zoet water

Het landgebruik in het studiegebied wordt weergegeven op Kaart 8 en het voorkomen van de verschillende landgebruikstypes wordt samengevat in Tabel 7.

Tabel 7: Verdeling landgebruiksklassen (%)

Gebruik	Dommel	Tongelreep	Keersop	Run	Kanaal B-H
Wegen	0,9	1,1	0,5	0,9	0,3
Bebouwing	18,0	13,3	10,9	10,7	44,8
Akkerbouw	29,9	24,7	34,5	31,2	21,8
Weiland	26,4	20,8	28,1	27,8	9,4
Boomgaard	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Naaldbos	15,0	24,6	18,3	23,3	13,6
Loofbos	5,7	6,8	3,9	4,1	1,4
Gemengd bos	0,8	2,6	0,0	0,0	0,0
Heide	1,6	2,4	0,7	0,0	3,6
Natuur	0,4	1,8	1,3	1,2	0,0
Braak	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
Water	1,3	1,8	1,7	0,7	5,1

## 3.7 Beheer

### 3.7.1 Beheerders

In Vlaanderen gebeurt het beheer van de waterlopen door verschillende openbare instellingen, naargelang de grootte van de waterloop. De bevaarbare waterlopen vallen onder de bevoegdheid van de NV De Scheepvaart. De onbevaarbare waterlopen worden ingedeeld in drie categorieën volgens de bepalingen van de "Wet van 28 december 1967 betreffende de onbevaarbare waterlopen". De categorie is gebaseerd op een combinatie van de grootte van het stroomgebied en de ligging van de administratieve grenzen (en eventueel ook nog debiet en vervuilingsgraad). De grootste waterlopen zijn van eerste categorie, de kleinste van derde categorie. De waterlopen van eerste categorie worden beheerd door de VMM, die van tweede categorie door de provincie Limburg en die van derde categorie door de gemeenten. Het onderhoud van waterlopen van tweede en derde categorie die binnen een watering gelegen zijn, wordt uitgevoerd door de watering. Binnen het studiegebied zijn twee wateringen actief: "De Dommelvallei" en "De Vreenebeek".

In Nederland gebeurt het beheer van zowel de hoofdwatgangen als de zijwatgangen door het waterschap "De Dommel". De beheerders van de verschillende waterlopen worden weergegeven op Kaart 9.

### 3.7.2 Functietoekenning

#### Vlaanderen

De waterkwaliteitsdoelstellingen werden vastgelegd door de Vlaamse Regering in het "Besluit van de Vlaamse Regering van 8 december 1998 tot aanduiding van de oppervlaktewateren bestemd voor de productie van drinkwater categorie A1, A2 en A3, zwemwater, viswater en schelpdierwater (B.S. 29 januari 1999)". De Dommel, de Warmbeek en de Bollisenloop kregen de kwaliteitsdoelstelling "viswater". Een van de bovenlopen van de Beekloop-Keersop (Schouwloop) kreeg als kwaliteitsdoelstelling "drinkwaterproductie". Het kanaal van Bocholt naar Herentals heeft een dubbele kwaliteitsdoelstelling: "viswater" en "drinkwaterproductie". Voor alle andere waterlopen wordt een "basiskwaliteit" nagestreefd.

In het kader van de opmaak van het bekkenbeheerplan Maasbekken (ter uitvoering van het decreet Integraal Waterbeheer) worden aan de hoofdwaterlopen functies toegekend. In de ontwerpversie van mei 2006 kreeg de Dommel over de volledige lengte de hoofdfuncties ecologie en waterkwantiteitsbeheer. Het wachtbekken opwaarts van Neerpelt heeft vanzelfsprekend een waterkwantiteitsbeheerfunctie. De Warmbeek afwaarts van het kanaal Bocholt-Herentals heeft de hoofdfuncties ecologie en waterkwantiteitsbeheer. Het kanaal Bocholt-Herentals heeft de hoofdfuncties scheepvaart en waterverbruik. De sluizen spelen ook nog een rol bij het waterkwantiteitsbeheer.

Bij de opmaak van deelbekkenbeheerplannen zullen ook aan de zijwaterlopen specifieke functies toegekend worden. Deze functies behoren tot de functiegroepen waterverbruik, waterkwantiteitsbeheer, scheepvaart, landschap en cultuurhistorie, recreatie, ecologie en economische activiteit. Voor het deelbekken Dommel en Warmbeek is deze functietoekenning momenteel nog niet beschikbaar.

#### Nederland

In Nederland zijn de functies van de waterlopen beschreven in het Waterbeheerplan van waterschap De Dommel. De waterlopen liggen deels in de Agrarische Hoofdstructuur en deels in de Groene Hoofdstructuur, die aangewezen zijn door de provincie Noord-Brabant. De hoofdwaterlopen van de Tongelreep-Warmbeek, Boven-Dommel, Beekloop-Keersop en Run hebben allen de deelfunctie waternatuur. De Tongelreep-Warmbeek, Boven-Dommel en delen van de Beekloop-Keersop en Run hebben tevens de functie viswater. Twee trajecten van de Beekloop-Keersop hebben deelfunctie Ecologische Verbindingszone.

Voor de inrichting en de waterkwaliteit zijn algemene doelstellingen opgesteld. Dit houdt in dat op de middellange termijn de MTR-waarden (Maximaal Toelaatbaar Risico) nagestreefd worden en dat inrichting, peilbeheer en onderhoud zodanig zijn dat in de waterlopen veel algemeen voorkomende soorten planten en dieren aanwezig zijn (middelste niveau Stowa). Voor water in de Groene Hoofdstructuur en viswater gelden aanvullende eisen voor de biologische kwaliteit, de fysisch-chemische kwaliteit en beheer en inrichting. Voor ecologische verbindingszones gelden alleen aanvullende eisen voor de biologische kwaliteit en beheer en inrichting.

### 3.7.3 Onderhoud

Het gedeelte van de Dommel opwaarts van het kanaal Bocholt-Herentals wordt elk jaar één maal gemaaid in de periode augustus-oktober. Het maaisel wordt van het talud verwijderd, maar niet afgevoerd. Het slib, in de watergangen ten zuiden van Neerpelt, is lange tijd niet meer geruimd. Het gedeelte van de Dommel tussen het kanaal Bocholt-Herentals en de Nederlandse grens doorkruist het natuurgebied "Hageven" en wordt daarom niet gemaaid. In dit deel van de Dommel is het slib in het voorjaar 2007 geruimd. De dijken van het wachtbekken opwaarts Neerpelt worden jaarlijks gemaaid. Daarnaast wordt ook het slib rondom de stuwen verwijderd om de goede werking van deze stuwen te verzekeren. De zandvang nabij de inlaat werd aangelegd in 1996 en voor het eerst volledig geruimd in mei 2003. Hierbij werd ongeveer 5000 m<sup>3</sup> sediment verwijderd. Bij een aantal kleinere ruimingen in de periode 1996-2003 werd ook een 1000-tal m<sup>3</sup> sediment verwijderd.

Het gedeelte van de Warmbeek tussen het kanaal Bocholt-Herentals en de Nederlandse grens bevindt zich eveneens in ecologisch waardevol gebied en wordt bijgevolg niet gemaaid en het slib wordt niet geruimd. De onderhoudswerken blijven beperkt tot het occasioneel verwijderen van obstructies (bv. omgevallen boom).

De waterlopen onder het beheer van de provincie of de wateringeng worden één maal per jaar gemaaid. Het slib wordt zelden of nooit geruimd.

Het waterschap De Dommel stelt gedifferentieerde onderhoudsplannen op voor alle stroomgebieden in haar beheergebied. Het onderhoud wordt zo efficiënt mogelijk uitgevoerd, rekening houdend met de toegekende functies. De normale aanpak is twee maal per jaar maaien. Op locaties waar regelmatig overstortingen van de riolering plaatsvinden, wordt drie maal per jaar gemaaid. Waar de aan- en afvoersituatie het toelaat, wordt echter minder vaak gemaaid omdat dit de biologische waterkwaliteit ten goede komt. In beginsel wordt het maaisel op de kant gezet. De eigenaar van de aanliggende gronden heeft ontvangstplicht en kan naar wens het maaisel verwerken. Periodiek worden de waterlopen gebaggerd. Bij schone bagger of lichte verontreinigingen (klasse 0, 1 en 2) geldt eveneens een ontvangstplicht voor de aanliggende eigenaren. Ernstige verontreinigingen (klasse 3 en 4) worden door het waterschap afgevoerd. Het waterschap leegt verder periodiek de zandvangen, om doorslaan en wateroverlast te voorkomen.

#### **3.7.4 Meetnetten**

Ter ondersteuning van het beheer zijn zowel in Vlaanderen als in Nederland meetnetten voor waterkwantiteit en waterkwaliteit aangelegd. In Vlaanderen gebeuren de metingen door de VMM en in Nederland door het waterschap De Dommel. De ligging van de meetpunten wordt weergegeven op Kaart 10 en Kaart 11.

## 4 Bouwstenen

Om inzicht te krijgen in de factoren die voor de water- en stoffenbalans van belang zijn, zijn de mogelijke bronnen en processen in beeld gebracht. Tijdens een werkatelier zijn in totaal 26 zogenoemde 'bouwstenen' geïdentificeerd (zie bijlage 1). Van de 26 bouwstenen zijn er uiteindelijk 14 gebruikt in de stoffenbalans. De karakteristieken en het gedrag van de belangrijkste bouwstenen zijn hieronder kort toegelicht.

### 4.1 Bronnen

Om te weten welke de bronnen van de zink- en cadmiumverontreiniging zijn is een uitgebreide bronnenanalyse uitgevoerd. Binnen de 17 opgenomen bouwstenen zijn 7 bronnen van zink en cadmium opgenomen. Deze zijn hieronder kort beschreven.

#### Lozing Umicore

In Overpelt staat de zinkverwerkende fabriek van Umicore waar onder andere bouwmaterialen en metaalpoeders worden geproduceerd. De fabriek staat aan de Eindergatloop en gebruikt en loost water op deze watergang. Bij de bouwsteen 'lozing Umicore' gaat het om de lozingen van de zinkverwerkende industrie. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt in een viertal stromen:

- lozing proceswater
- afstromend hemelwater
- lozing grondwater
- drainage van verontreinigd grondwater naar de beek

Het proceswater wordt via een waterzuivering geleid alvorens het wordt geloosd op de Eindergatloop.

Het neerslagwater dat op de bedrijfsterreinen valt, wordt via de riolering naar een buffertank geleid en daar tijdelijk geborgen. Na de regenbui wordt het water uit de buffertank door de waterzuivering geleid alvorens geloosd te worden. Alle vervuiling die van het oppervlak van de bedrijfsterreinen afspoelt, gaat dus door de waterzuivering.

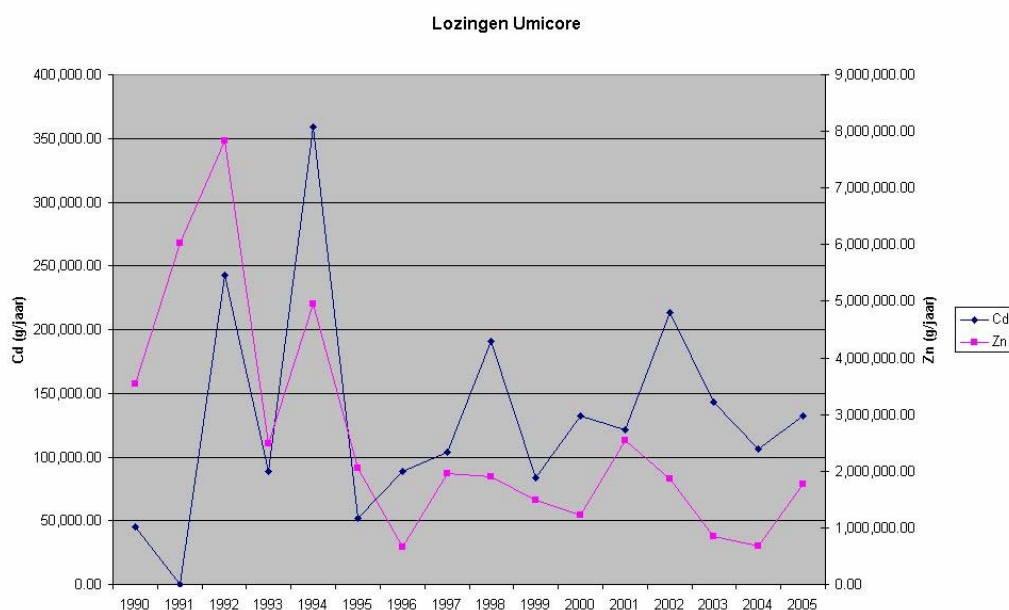
Naast het proces- en hemelwater is er ook nog grondwater. Umicore pompt, in een deel van haar terrein, grondwater op (een zgn. grondwaterscherm) om verspreiding van in de grond aanwezige verontreinigingen te beheren. Ook dit grondwater wordt via de waterzuivering op het oppervlaktewater geloosd. Vanuit de rest van het Umicore-terrein stroomt het grondwater ondergronds naar de watergang van de Eindergatloop en Dommel toe. Dit water kwelt op in de watergang en wordt niet gecontroleerd of gezuiverd.

De lozing vanuit de waterzuivering van Umicore is bekend. In figuur 9 is de lozing vanaf 1990 gegeven. De laatste jaren is de lozing stabiel, maar in de periode 1990-1994 zijn grote variaties aanwezig.

De laatste jaren is de gemiddelde lozing aan zink ca 1771 kg per jaar en ca 132 kg voor cadmium. Deze vracht levert bij een langjarig gemiddelde basisafvoer van de Dommel van ca. 1,3 m<sup>3</sup>/s ter hoogte van Neerpelt (zie Tabel 8) een toename op van de zink en cadmium concentratie van resp. 43 µg/l en 3 µg/l. Deze toename in concentratie komt niet overeen met de metingen van de VMM. Hier wordt verder op ingegaan in hoofdstuk 5.1.

Tabel 8: Debietverdeling Dommel te Neerpelt (langjarig gemiddelde)

Bron	Gemiddeld debiet (m <sup>3</sup> /s)
RWZI's op Dommel	0,238
Afvoer Dommel	0,749
RWZI Lommel	0,171
Lozing Umicore	0,020
Afvoer Eindergatloop	0,106
Totaal te Neerpelt	1,284



Figuur 9: Lozingen door Umicore (Cd en Zn)

### Lozing RWZI

De gezamenlijke RWZI's in Vlaanderen lozen het afvalwater van ruim 78.000 inwoner equivalenten (i.e.) of 0,50 m<sup>3</sup>/s. Van dit afvalwater wordt ca 55.000 i.e. (0,41 m<sup>3</sup>/s) geloosd op de Dommel en 12.600 i.e. of 0,09 m<sup>3</sup>/s op de Tongelreep-Warmbeek. In het afvalwater komen zink en cadmium in relatief hoge concentraties voor, van resp. 114-371 µg/l en 0,02 – 0,44 µg/l.



Tabel 9: Effluent van de RWZI's

RWZI	Gemiddeld debiet (m <sup>3</sup> /s)	Zink conc. (µg/l)	Cadmium conc. (µg/l)
Lommel	0,171	144,2	0,06
Overpelt	0,098	371,4	0,44
Eksel	0,078	232,4	0,06
Peer	0,062	169,2	0,02
Achel	0,091	175,8	0,0

De totale vracht voor de Dommel wordt hiermee 2666 kg/jaar zink en 1,88 kg/jaar cadmium en voor de Tongelreep-Warmbeek 505 kg/jaar zink en 0 kg/jaar cadmium. De concentraties in het effluent te Achel zijn zo laag dat deze nihil zijn gesteld.

Opvallend aan de lozingen van de RWZI's is het grote belang ten opzicht van het basisdebiet van de Dommel. Ter hoogte van Overpelt is de afvalwaterstroom 0,24 m<sup>3</sup>/s op een totaal debiet van 0,98 m<sup>3</sup>/s. De lozing op de Eindergatloop bestaat zelfs voor meer dan 50 % uit afvalwater vanuit de RWZI, zie Tabel 8.

Het grote belang van de afvalwaterzuiveringen geldt ook voor de verontreiniging door het zink in het afvalwater. De zinkconcentratie in de beken neemt toe ten gevolge van de RWZI's. De verontreiniging door de afvalwaterlozingen is duidelijk zichtbaar in de metingen van de waterkwaliteit (zie hoofdstuk 5) en zorgt lokaal in de Dommel voor hoge zinkconcentratie in het oppervlaktewater. De cadmiumconcentratie in het afvalwater van de RWZI's is laag en de invloed ten gevolge van de afvalwaterlozing is beperkt. De cadmiumconcentratie in de watergangen wordt niet merkbaar beïnvloed en blijft met 0,06 µg/l laag.

In de Tongelreep-Warmbeek is het basisdebiet 0,25 m<sup>3</sup>/s, ter hoogte van meetpunt P03, waarvan de RWZI lozing 36 % uit maakt. De RWZI van Achel loost 'geen' cadmium maar is verantwoordelijk voor een toename in de zinkconcentratie ter hoogte van het meetpunt P03.

Uit deze getallen blijkt het belang van de afvalwaterlozingen in de bovenloop van zowel de Dommel als de Tongelreep. Verder stroomafwaarts neemt het debiet toe en wordt de invloed van de afvalwaterlozingen kleiner ten opzichte van de andere bronnen.

#### Afstroming van wegen (buiten de bebouwde kom)

Bij de afstroming van regenwater vanaf het verhard oppervlak worden de aanwezige verontreinigende stoffen meegevoerd. Een klein deel hiervan komt ook in de waterlopen. Bij de afstroming van de niet op riolering aangesloten verharde oppervlakten blijkt het verkeer de belangrijkste factor te zijn. Voor de Dommel, Beekloop-Keersop en Tongelreep-Warmbeek stromen resp. 60,7 kg, 14,4 kg en 47,6 kg zink per jaar en 6 gram, 1 gram en 4 gram cadmium per jaar naar de waterlopen. Voor cadmium is deze bron verwaarloosbaar ten opzichte van de overige bronnen. Voor zink is deze bron echter vergelijkbaar of zelf groter (ca 2 maal groter) dan de aanvoer van zink via het grondwater.

Deze bouwsteen heeft een karakteristiek gedrag waarbij de afstroming geconcentreerd is tijdens hevige neerslag. Tijdens 'droogweer'periodes treedt geen aanvoer naar de watergangen op. Desondanks vormt deze bouwsteen voor zink een belangrijke bron. De afstroming vanaf de wegen is bij alle drie beken belangrijker dan de afspoeling vanuit het agrarisch gebied of de directe atmosferische depositie.

### Atmosferische depositie

Met de zinkindustrie in de regio is de atmosferische depositie van zink en cadmium in de Kempen van oudsher zeer hoog. Door maatregelen om de uitstoot te beperken en de invoering van nieuwe productietechnieken zijn de deposities sinds de jaren '80 sterk afgenomen. In Tabel 10 is de depositie in 1980 en nu gepresenteerd. De metingen bij Maatheide (gemeente Lommel) geeft aan hoe hoog de depositie direct rond de zinkfabriek was. De kolom 'overig' geeft de waarde die voor het studiegebied toentertijd gold. De huidige atmosferische depositie is laag en binnen het projectgebied redelijk homogeen.

Tabel 10: Depositie van zware metalen in g/ha/jr

metaal	huidig	1980 "Maatheide"	1980 "Overig"
Cd	0,33	420	21
Cu	4,0	1070	54
Pb	18,6	7000	350
Zn	43	21300	1065

Als directe verontreinigingsbron is de atmosferische depositie in de huidige situatie beperkt met voor de Dommel, Beekloop-Keersop en Tongelreep-Warmbeek resp. 6, 3,6 en 2,6 kg zink per jaar en 47, 21 en 28 gram cadmium per jaar. In de jaren 80 was de depositie van cadmium en zink 63 keer zo hoog. Desondanks was de directe atmosferische depositie op de waterlopen, zelfs in de jaren 80, hiermee een beperkte parameter in de totale stoffenbalans.

### Afspoeling neerslag onverharde oppervlakken

Indien de neerslagintensiteit de infiltratiecapaciteit van de bodem tijdelijk overschrijdt zal het overtollige regenwater over het bodemoppervlak wegstromen. Hierbij zullen bodemdeeltjes met daaraan gesorbeerde zware metalen meegevoerd worden. Een grotere helling zal een snellere afvoer en daarmee grotere afspoeling tot gevolg hebben. Vegetatie zal de stroomsnelheid beperken en zorgt er tevens voor dat de bodem beter wordt vastgehouden. Oppervlakkige afspoeling treedt met name op indien de bovengrond bestaat uit niet-cohesief materiaal (zand en lössgrond) en veel minder bij cohesief materiaal (veen- en kleigrond).

De afspoeling tijdens neerslag is verantwoordelijk voor aanvoer naar de Dommel, Beekloop-Keersop en Tongelreep-Warmbeek van resp. 27,2, 8,0 en 3,8 kg zink per jaar en 453, 100 en 54 gram cadmium per jaar. De hoeveelheden zink zijn vergeleken met andere gebieden hoog vanwege de verontreiniging van de bodems. Binnen deze beeksystemen vormt de afspoeling slechts een kleine bron. Zelfs op de Beekloop-Keersop, waar geen industriële of RWZI-lozing plaats vindt is deze bron van verontreiniging procentueel van weinig belang (minder dan 1 %).

De vrachten in de Tongelreep-Warmbeek zijn lager dan voor de Beekloop-Keersop ondanks het grotere stroomgebied van de Tongelreep-Warmbeek. Dit is het gevolg van de bodemgesteldheid, de oeverinrichting langs de beek en het functiegebruik.

De afspoeling vindt alleen plaats tijdens intensieve neerslag. Net als bij de bouwsteen 'afzet op verhard oppervlak' is de aanvoer naar de beek incidenteel en treedt grote verdunning op.

### Afstroming hemelwater verhard oppervlak (binnen de bebouwde kom)

De neerslag die op verhard oppervlak valt wordt direct, bouwsteen 5, of indirect, via de riolering, afgevoerd naar het oppervlaktewater. In het studiegebied van de drie beeksystemen komen vooral gemengde rioolstelsels voor. Het gemengde rioolstelsel voert naast het afvalwater ook de neerslag af dat op daken en delen van het wegensysteem in de woonkernen valt. Bij overbelasting van het rioolstelsel kan het water niet worden afgevoerd naar de rioolwaterzuivering. Het water wordt dan via 'overstorten' ongezuiverd op het oppervlaktewater geloosd. Deze bouwsteen omvat de lozingen via de overstorten. In het studiegebied, zowel in Vlaanderen als in Nederland, bevinden zich een groot aantal overstorten, zoals weergegeven op Kaart 5.

De riolering werkt als een directe afvoer van het verharde oppervlak naar de watergang. Hierdoor kunnen grote hoeveelheden water snel worden afgevoerd. Dit water heeft afhankelijk van de menging met het afvalwater een zeer slechte tot matige kwaliteit. De combinatie van volume en verontreiniging leidt snel tot grote vrachten. Deze bouwsteen is met name van belang voor de zinkverontreiniging door het gebruik van bouwmaterialen en verkeer. Het aandeel van deze bron van zinkverontreiniging varieert van 3 % in de Dommel tot 10 % in de Tongelreep. Voor cadmium is het beeld anders. Cadmium komt veel minder voor in afvalwater en op verharde oppervlakken. Het aandeel in de cadmiumvracht is dan ook nihil.

Binnen de groep incidentele lozingen, die alleen tijdens hevige neerslag plaatsvinden, is de lozing via de overstort de belangrijkste.

### Lokale grondwaterstroming

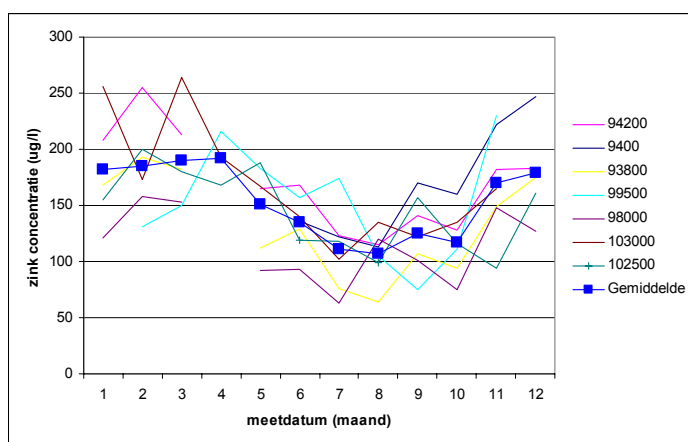
De kwel vormt een belangrijk deel van de totale afvoer van de beeksystemen. De kwel vormt voor de Tongelreep-Warmbeek, Dommel en Beekloop-Keersop respectievelijk 50 %, 51 % en 64 % van de totale afvoer. Door de verontreiniging van de bodem die heeft plaats gevonden in de laatste 100 jaar is het grondwater ook verontreinigd. De verontreiniging van het grondwater is ernstig. Afhankelijk van de locatie en de diepte kunnen zinkconcentratie optreden tot ca 8000 µg/l en cadmiumconcentraties tot ca 40 µg/l. Alleen direct rondom het Umicore-terrein komen nog hogere concentraties van beide stoffen voor.

De verontreiniging toont in het agrarische gebied een ander gedrag dan in de natuurgebieden. Door bekalking van de grond spoelt de verontreiniging slecht uit en komen de hoogste concentraties voor in het bovenste deel van de bodem. In natuurgebieden heeft de bodem een lagere pH (zuurder) en verloopt het transport sneller. In natuurgebieden bevindt de verontreiniging zich op een diepte van ca 10 meter. Behalve ruimtelijke verschillen is er ook nog een verschil tussen de stoffen cadmium en zink. Cadmium absorbeert minder goed en spoelt sneller uit naar diepere bodemlagen (ca 2 keer zo snel). Het is duidelijk dat de verontreiniging zich nog niet op grote diepte bevindt en slechts langzaam verplaatst.

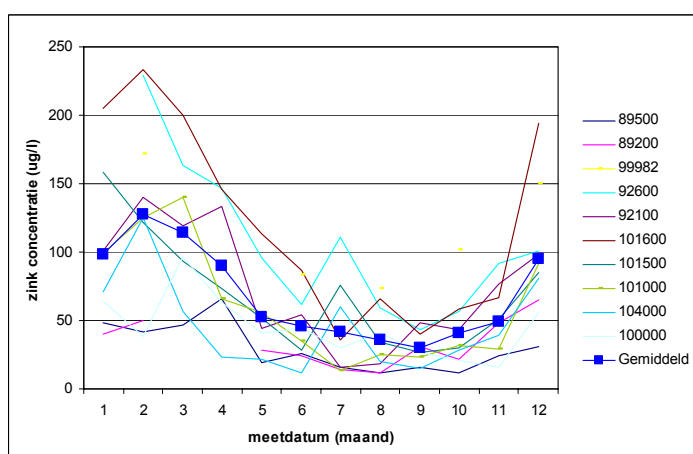
Deze eigenschappen van het grondwatertransport geven aan dat het grondwater dat vanaf grotere afstand naar de beek stroomt nog niet verontreinigd is. Alleen het lokale grondwater dat een afstand van enkele tientallen meters aflegt is een bron van verontreiniging met zink en cadmium voor het oppervlaktewater. Het grondwater dat via langere stroombanen (grotere afstand) de beek in stroomt is schoon en heeft lage concentraties aan zink en cadmium.

Indicatief voor de kwaliteit van het instromende lokale grondwater is de kwaliteit van het poriewater in de waterbodem en het grondwater direct langs de beek. De gemiddelde gemeten concentraties in het poriewater zijn respectievelijk 616 µg/l en 3 µg/l voor zink en cadmium. De gemiddelde concentratie voor zink en cadmium in het grondwater zijn resp. 426 µg/l en 1,6 µg/l. Met uitsluiting van de extreme waarden van meetpunt 1 (MP1 – ABdK1) komen de waardes voor het grondwater en poriewater op respectievelijk 164 µg/l en 1,8 µg/l en 148 µg/l en 1,15 µg/l voor de stoffen zink en cadmium. De concentraties variëren sterk per locatie en met de diepte.

In de meetreeksen van de oppervlaktewaterkwaliteit is een duidelijke jaarlijkse periodiciteit te zien. In figuur 10 en 11 zijn voor verschillende waterkwaliteitsmeetpunten (locatie van de meetpunten is opgenomen in Kaart 11) de beschikbare meetreeksen voor zink opgenomen van de meest recente jaren. De reeksen zijn afkomstig van alle 3 de beeksystemen die geen grote onderlinge verschillen lijken te vertonen. De verschillen tussen winter en zomer zijn goed herkenbaar. Dit is het gevolg van de beïnvloeding door lokale grondwaterstromen. In de winter is het grondwaterpeil hoog en is het aandeel van het ondiepe verontreinigde grondwater (lokale grondwaterstroming) naar de beken groot. In de zomer zakt de grondwaterspiegel en neemt het belang van de instroom van het diepere grondwater (intermediaire grondwaterstroming) relatief toe. Aan het eind van de zomer, als het grondwaterpeil het laagst is en de beken vooral gevoed worden met schoon dieper grondwater is de kwaliteit van het oppervlaktewater het best. Het verschil tussen de instroom van lokaal en intermediair grondwater verschilt ook over de lengte van de beek. Bovenstrooms, in de haarvaten, is het aandeel van de lokale grondwaterstroom groot. Verder benedenstrooms wordt de voeding door intermediaire grondwaterstromen belangrijker en is de waterkwaliteit beter. Analyse van deze curves geeft aan dat de concentraties zink en cadmium in de lokale grondwaterstroming ongeveer 200 µg/l en 1,0 µg/l is. In het diepere grondwater zijn de concentraties respectievelijk 40 µg/l en < 0,6 µg/l. Deze concentraties zijn gemiddelden voor de 3 beken. In de figuren zijn alleen de complete jaarreeksen zichtbaar en hier blijkt al de grote variatie tussen de meetpunten.



*Figuur 10 jaarlijkse fluctuatie waterkwaliteit bovenstrooms*



*Figuur 11 jaarlijkse fluctuatie waterkwaliteit benedenstrooms*

De aanvoer van verontreiniging via het grondwater is voor de Beekloop-Keersop en Tongelreep-Warmbeek de belangrijkste cadmiumbron, resp. 13,2 en 9,9 kilogram per jaar. In de Dommel is het grondwater de twee na grootste bron met 25,3 kilogram per jaar. Voor de Beekloop-Keersop, die verder geen lozingen kent, is de grondwaterinstroom 75 % van de totale uitgaande vracht. Voor de Tongelreep-Warmbeek en de Dommel is dit respectievelijk 53 % en 8 %.

Ook voor zink is de aanvoer met het grondwater groot. In de Beekloop-Keersop is de zinkvracht vanuit het grondwater goed voor 1684 kilogram per jaar of 82 % van de totale uitgaande vracht. Voor de Tongelreep-Warmbeek is de vracht vanuit het grondwater 1542 kilogram per jaar, zijnde 53 % van de totale vracht. De Dommel ontvangt 3217 kilogram zink vanuit het grondwater per jaar. Door de aanwezige overige lozingen vormt dit slechts een belang ca 21 % van de uitgaande vracht.

## 4.2 Processen

Naast de geïdentificeerde bronnen zijn ook drie processen bekeken die de zink- en cadmiumconcentratie in het water beïnvloeden. Deze processen zijn:

- Sedimentatie en resuspensie inundatievlakken
- Fytoremediatie – vegetatie wateroever
- Sedimentatie en resuspensie waterbodems

### 4.2.1 Sedimentatie en resuspensie inundatievlakken

Bij piekafvoeren in het beekstelsel lopen laag gelegen gebieden onder water, de inundatievlakken. Op deze inundatievlakken vinden net al in de rest van de beek sedimentatie en erosie/resuspensie plaats. Uit onderzoek door Alterra (2004) en Haskoning (2005) is gebleken dat er netto sedimentatie plaats vindt. Of te wel het sediment met de hieraan gebonden verontreinigingen worden afgezet op de inundatievlakken. Dit heeft een positief effect op de concentraties in het water, omdat de vastgelegde verontreiniging niet snel vrijkomt en als definitief verwijderd beschouwd kan worden.

De berekende waarden voor de bouwsteen sedimentatie op inundatievlakken zijn hoog in verhouding met de korte periode dat inundatie optreedt. Dit is het gevolg van de hoge concentraties aan zink en cadmium die tijdens piekafvoeren in het water aanwezig lijken te zijn. Voor zink blijkt dat 0,8 – 4,5 % van de totale vracht afgezet wordt op de inundatie vlakken. Voor cadmium ligt het percentage tussen de 2,6 tot 7,4 %.

De overstroming van de inundatievlakken vindt incidenteel plaats. Hiernaast is er nog de variatie in de grootte van de inundatievlakken. Als het water in de beek hoger komt zullen grotere gebieden overstroomd. De aangegeven waarde is een gemiddelde dat jaarlijks kan worden aangehouden in een balans. De fluctuatie kan jaarlijks echter zeer groot zijn.

### 4.2.2 Fytoremediatie – vegetatie wateroever

Zink en koper zijn essentiële micronutriënten voor planten en worden door alle planten opgenomen. Cadmium en lood zijn geen nutriënten en worden dus in geringere mate opgenomen. Onder verhoogde concentraties en gehalten van zware metalen zullen sommige planten zware metalen versterkt opnemen, terwijl andere planten de metalen proberen uit te sluiten. De opname van zware metalen door planten is van een groot aantal factoren afhankelijk, met als belangrijkste: de soort plant, de eigenschappen van de (water)bodem waarin de plant wortelt en de samenstelling van het water waarin de plant staat. Indien de planten verwijderd worden uit het systeem worden ook de zware metalen verwijderd uit het systeem.

De planten staan langs de oevers en voeden zich vooral met ondiep grondwater dat langs de wortels stroomt. In hoeverre dit zuiverend werkt op de kwel of slechts de kwelstroom vermindert is niet bekend. Duidelijk is dat de verontreiniging niet in de watergang komt en bij onderhoud op de kant wordt teruggezet. Na afbraak van de biomassa komt de verontreiniging weer vrij en zal via het ondiepe grondwater weer naar de beekstromen. De vertraging is echter zo groot (meerdere jaren) dat van

verwijdering gesproken kan worden.

Om een schatting te kunnen maken van deze bouwsteen zijn monsters van de vegetatie geanalyseerd. Bij terugrekening naar de totaal verwijderde biomassa blijkt deze bouwsteen slechts een klein aandeel in de verwijdering van zink en cadmium uit het beekstelsysteem te vertegenwoordigen. Alleen voor de zinkvastlegging in de Tongelreep-Warmbeek wordt een percentage gehaald van 1,5 %. Voor de Beekloop-Keersop en Tongelreep-Warmbeek is het aandeel van de verwijdering van zink en cadmium uit het beekstelsysteem tussen de 0,1 % en 0,3 % van de totale vrachten. In de Dommel blijft het belang voor beide stoffen zelfs kleiner dan 0,1 %.

#### 4.2.3 Sedimentatie en resuspensie waterbodems

In de beeksystemen vindt een continu proces plaats van afzetting en erosie van de waterbodem. Bij lage stroomsnelheden zetten deeltjes zich af en bij hogere snelheden kunnen deze weer opgenomen worden en verder stroomafwaarts afgevoerd worden. Het sedimenttransport is uitgebreid onderzocht in deze studie en heeft nieuwe inzichten opgeleverd.

De berekeningen tonen aan dat in de gehele Dommel, Beekloop-Keersop en Tongelreep-Warmbeek over het algemeen erosie plaats vindt. Lokaal kan tijdelijk sedimentatie plaatsvinden maar de afgezette sedimenten worden tijdens afvoerpieken weer opgenomen en verder stroomafwaarts getransporteerd. De berekeningen zijn in overeenstemming met de ervaring van de beheerders, de ervaring met de vulling van de zand/slib vangen en eerdere studies.

Bij het transport van de sedimentdeeltjes kan onderscheid worden gemaakt tussen het zwevend materiaal, het in suspensie zijnde bezinkbare materiaal en de grovere sedimenten die langs de bodem getransporteerd worden.

De scheiding tussen opgeloste 'metalen' en metalen gebonden aan het zwevend materiaal kan niet duidelijk worden gemaakt (zie bijlage 2 Interpretatie analyses). Uit de analyses blijkt tevens dat het zwevend materiaal 'volledig' uit organisch materiaal bestaat. Het organisch materiaal is licht en sedimenteert niet. Hiermee vertoont het hetzelfde gedrag als het opgeloste materiaal. Omdat het gedrag overeenstemt zijn deze twee 'fasen' samengenomen bij de balansberekeningen.

De metingen, die afzonderlijk zijn genomen van de sedimenten en de onderliggende vaste bodem, tonen aan dat de bovenste laag van de waterbodem weinig organisch materiaal bevat en hierdoor lagere concentraties aan verontreinigende stoffen. De onderliggende bodem toont normale percentages organisch materiaal en concentraties zink en cadmium die overeenkomen met de grondwater concentraties (zie bijlage 2). Dit is een zeer sterke indicatie dat het transport (sedimentatie-erosie proces) dat in de sedimenten plaatsvindt het organisch materiaal van de minerale delen scheidt. Na resuspensie van het bodemmateriaal wordt het organisch materiaal afgevoerd en de zwaardere minerale deeltjes sedimenteren weer.

Uit berekeningen voor zink en cadmium is tevens gebleken dat zink en cadmium een grote voorkeur hebben voor binding aan het organisch materiaal en niet voor de klei/silt fracties. Bij aanwezigheid van beide fracties blijkt dat meer dan 95 % van het zink en al het cadmium zich aan de organische fractie binden.

De bovengenoemde constatering hebben grote implicaties voor het transport van de verontreiniging door het beekstelsysteem.

- Deze inzichten duiden er op dat er geen grootschalige berging van zink en cadmium in de beeksystemen plaats vindt. Bezinking treedt alleen lokaal op (bij b.v. kunstwerken, door vegetatiegroei) en is tijdelijk van aard.
- Door het erosieve regime van de beeksystemen en het telkens verder eroderen van de beekbodem terwijl in het sediment geen berging van verontreinigingen op treedt vormt de geërodeerde waterbodem zelf een bron voor verontreiniging.
- De lozingen door de directe bronnen hebben een beperkte invloed op de waterbodem. Dit komt ten eerste omdat de waterbodem vooral bestaat uit minerale fracties en ten tweede door het

overheersende erosieve regime in de watergangen.



- Het transport van zink en cadmium door het beekstelsel gaat snel. De fracties die aan het organische materiaal gebonden zijn worden met een snelheid van 15 tot 40 kilometer per dag getransporteerd, de afstand tussen Umicore en Eindhoven. Het grovere sediment wordt gemiddeld 1-2 kilometer per jaar te worden getransporteerd. Dit betekent dat de afstand van Umicore naar b.v. zandvang de Klotputten in 20 jaar wordt afgelegd. Het 'geheugen' van het beekstelsel is beperkt en de sedimenten in de hoofdwatervaningen zijn allen van de laatste decennia (ca. na 1980).

De verhouding opgelost zink – gebonden zink (zwevend stof) toont een afhankelijkheid met de afvoersituatie. Als de verhouding per meetcampagne wordt bekeken dan blijkt deze per meetcampagne binnen smalle ranges te vallen. Tijdens meetcampagne 1 is het percentage opgelost zink 48 – 61 % van het totaal aan zink, in meetcampagne 2 tussen 76 en 83 % in meetcampagne 3 tussen 58 en 68 %. Bij cadmium worden vergelijkbare getallen gevonden. Een gemiddelde verhouding van opgelost metaal – gebonden metaal van 2, kan als vuistregel gehanteerd worden tijdens lagere afvoeren. De situatie tijdens piekafvoeren kan hiervan verschillen. Hiervan zijn geen gegevens beschikbaar. Om het transport in de huidige situatie te ramen is een stoffenbalans opgesteld uitgaande van een verhouding tussen opgeloste en gebonden (zwevend stof) verontreinigingen van 2 op 1 in het oppervlaktewater. Voor de opgeloste stof en het grof sediment zijn de aannames uit de bouwstenen aangehouden.

De bovengestelde inzichten gelden algemeen voor het studiegebied. Lokaal komen andere processen voor en / of veel hogere concentraties waardoor de verontreiniging toch 'tijdelijk' in de waterbodem wordt opgeslagen. Onduidelijk zijn de processen in de kleinere watervaningen omdat hier geen stroomsnelheden bekend zijn en dus de verhouding tussen sedimentatie en resuspensie anders ligt. Ook is onduidelijk hoeveel mineraal of organisch gebonden zink en cadmium bij de RWZI's, Umicore of de overstorten geloosd wordt. Naar verwachting zal er bij de RWZI's en de overstorten voldoende organisch materiaal aanwezig zijn om het grootste deel van de verontreiniging te binden waardoor deze snel wordt afgevoerd. Bij Umicore is dit niet duidelijk. In de buurt van het lozingspunt kunnen daarom andere sedimentatie en uitwisselingsprocessen een rol spelen.

Het sedimentatie- en resuspensieproces heeft vooral een rol als bron van verontreiniging door het eroderen en afvoeren van de waterbodem. In de beeksystemen van de Dommel, Keersop en Tongelreep-Warmbeek vindt een continu erosieproces plaats. Deze erosie wordt geschat op 0,5 cm per jaar voor de hoofd- en zijwatervaningen. Uitgaande van de bekende waterlopen en een gemiddelde waterbodembreedte voor de hoofd- en zijwatervaningen is een raming van de vrijkomende verontreiniging gedaan. Als basis voor de vrachtberekening is de gemiddelde waarde uit de analyses van de onderliggende waterbodems gebruikt uit de 2<sup>e</sup> meetcampagne.

Met de bovenvermelde uitgangspunten komt er in de Dommel, Beekloop-Keersop en Tongelreep-Warmbeek resp. 2542, 212 en 565 kilogram zink per jaar vrij. Hiernaast zijn de vrachten voor cadmium resp. 74, 4 en 8 kilogram per jaar. Hiermee vormt dit een grote bron die voor zink vergelijkbaar is met de lozingen van de RWZI's of de grondwaterstroming. Voor cadmium vormt erosie de één na grootste bron van verontreiniging na de grondwaterstroming (op de lozing van Umicore na).



## 5 Analyse

### 5.1 Dommel

#### 5.1.1 Inleiding

De Dommel is het grootste beekstelsel in het studiegebied met een totaal oppervlak van 322 km<sup>2</sup> en een lengte van 48 km tot aan de zandvang De Klotputten. Het verval over de lengte van de beek is 62 m. Het stroomgebied bestaat voor 59 % uit landbouw gebied (akkerbouw en veeteelt), voor 28 % uit bos en heide en voor ca 11 % uit bebouwd gebied. Het debiet voor Eindhoven is gemiddeld 2,93 m<sup>3</sup>/s waarvan 0,3 m<sup>3</sup>/s afkomstig van de Run en 0,9 m<sup>3</sup>/s vanuit de Beekloop-Keersop afkomstig is. De herkomst van het water is gegeven in de waterbalans van de Dommel in Tabel 11.

Tabel 11: Waterbalans Dommel (incl. Beekloop-Keersop en Run)

Subsysteem	Totale Afvoer (m <sup>3</sup> /s)	Runoff* (m <sup>3</sup> /s)	Basis-afvoer (m <sup>3</sup> /s)	Lozing industrie (m <sup>3</sup> /s)	Effluent RWZI (m <sup>3</sup> /s)	Instroom kanaal (m <sup>3</sup> /s)	Kwel-infiltratie (m <sup>3</sup> /s)
Totaal	3,34	0,84	2,51	0,02	0,41	0,20	1,87

\* Runoff: Snelle afvoercomponent, bestaande uit neerslag die over het grondoppervlak afstroomt.

#### 5.1.2 Stoffenverloop in de Dommel

Met de instroom van de kwel, zijwatergangen en lozingen komen ook zink en cadmium in de waterloop terecht. Hierdoor kan de concentratie aan zink en cadmium over het lengteprofiel van de Dommel variëren. In Tabel 12 is de concentratie voor verschillende punten gegeven. Hierin is het gemiddelde van het jaar 2005 weergegeven, aangevuld waarnodig met de laatst uitgevoerde meting of het gemiddelde over het eerstvolgende jaar. De locatie van de meetpunten is gepresenteerd op Kaart 11.

Tabel 12: verloop van de zink en cadmium concentratie in de Dommel

Meetpunt* (nummer)	Conc. Zn (µg/l)	Conc. Cd (µg/l)	Jaar	Opmerkingen
Bovenstroom Dommel tot Eindergatloop				
94600	195	0,9	2005	stroomopwaarts
94500	176	0,87	2005	
94200	165	0,8	2005	
94000	167		1996	
93800	141	0,75	2005	
93200	102	0,78	2005	
93000	91	0,73	2005	
92800	102		1997	

92600	105		1997	
92100	92	0,73	2005	
92050	120		2005	
92000	185		2004	
91900	199	0,72	2006	20m opwaarts monding Eindergatloop
Inkomende zijlopen				
99550	207	1,3	2005	Bolissenbeek
99500	175		2005	Bolissenbeek
99000	79	0,84	2006	Bolissenbeek
99700	93		1997	
99900	112		2004	
Eindergatloop				
98400	167	1,0	2005	
98000	151	0,86	2005	
97500	274		1996	
97000	112	0,51	2005	
96000	256	0,8	2005	
95500	969	36,5	2005	
95000	1432	53	2006	
Na samenkomst Dommel en Eindergatloop				
91700	503	12,9	2005	
91000	384	9,15	2005	
240011	318		2006	
240013	191		2006	Ter hoogte van De Klotputten

\* De locatie van de meetpunten is weergegeven in Kaart 11

Uit de gegevens van de VMM blijkt dat de zink- en cadmiumconcentratie in de bovenstroom van de Dommel, vlak na het ontspringen van de waterlopen de zink- en cadmiumconcentratie hoger zijn dan 180 resp. 0,8 µg/l. De concentraties dalen vervolgens tot vlak voor de RWZI van Overpelt (meetpunt 92100) tot resp. 90 µg/l en 0,7 µg/l. De laagste concentraties komen voor in de zomerperiode als er geen neerslag is en vooral sprake is van basisafvoer. Veel voorkomende waarden voor de zinkconcentratie in de zomers vallen in de range 40 – 50 µg/l. Alleen in zeer droge zomers, b.v. in 2006 (juni en juli), kunnen de waarden teruglopen tot resp. ca 16 µg/l. Deze concentraties worden volledige veroorzaakt door de kwel in het beekstelsysteem waarbij de hoogte wordt bepaald door het aandeel van de lokale grondwaterstroom. Als de lokale grondwaterkwel afneemt bij grote droogte dan krijgt de intermediaire grondwaterstroming de overhand en kan de zinkconcentratie verder dalen. De meting van 16 µg/l lijkt een minimum waarde in de gehele reeks en kan als concentratie voor het diepere grondwater worden gehanteerd. Dit verklaart tevens waarom in de uiteinden van de waterlopen de concentraties hoger zijn.

Deze uitlopers worden namelijk vooral gevoed door lokale grondwaterstromen.

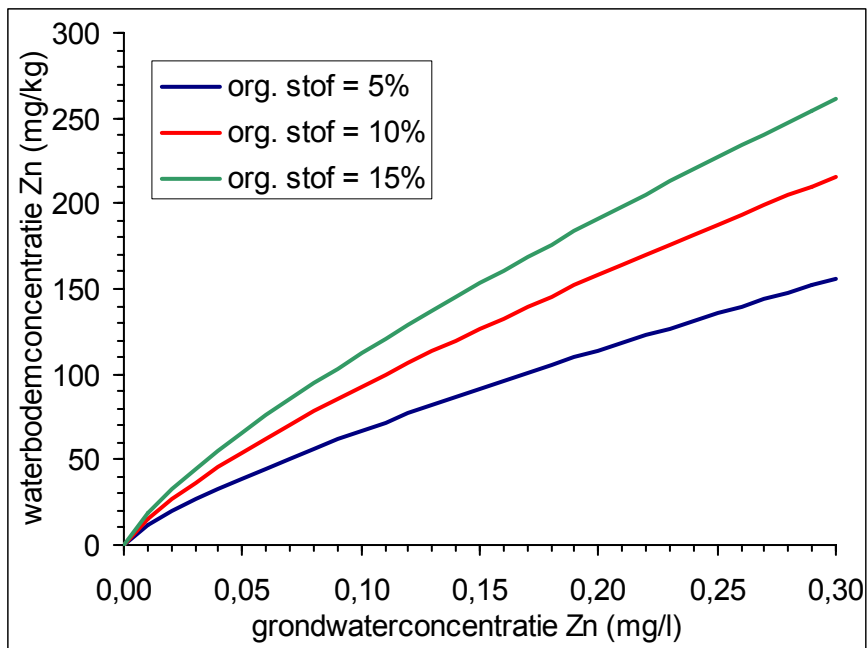
In de tabel is de invloed van de RWZI lozingen en de zinkfabriek Umicore duidelijk zichtbaar. De RWZI's op de Dommel lozen stroomopwaarts van de meetpunten 94000 (Peer), 93000 (Eksel) en 92050 (Overpelt) in de Dommel. Bij de lozingen van Peer en Eksel lijkt het alsof er verdunning plaatsvindt in plaats van verdere toename van de verontreiniging. Dit is mogelijk maar kan niet worden onderbouwd noch tegengesproken gezien het beperkt aantal gegevens. Bij de RWZI Overpelt is een toename van de zinkconcentratie zichtbaar naar bijna 200 µg/l zink. De cadmiumconcentratie in het effluent van de RWZI is over het algemeen lager dan van het oppervlaktewater. De gemiddelde afvoer op het meetpunt O22 is 0,987 m<sup>3</sup>/s. Het debiet dat door de RWZI's stroomopwaarts is geloosd is 0,41 m<sup>3</sup>/s waarmee het effluent 42 % van de totale beekafvoer uitmaakt.

Umicore loost op de Eindergatloop, een zijwatergang van de Dommel. De Eindergatloop heeft een langjarig gemiddelde afvoer van c.a. 0,3 m<sup>3</sup>/s, gebaseerd op het stroomgebied en de aanvoer van de RWZI Lommel. De lozing van Umicore doet de concentraties zink en cadmium in de Eindergatloop stijgen tot gemiddelden van 1432 resp. 53 µg/l. Na samenkomst van de Eindergatloop met de Dommel neemt de zink- en cadmiumconcentratie door menging af met een factor 3 resp. 4 zoals op basis van conservatieve menging verwacht kan worden. In stroomafwaartse richting neemt de concentratie verder af zoals conform de verwachte mengverhoudingen verwacht kan worden. De concentratietoename voor zink en cadmium met ca 300 µg/l en 12 µg/l in de Dommel zijn enkele malen groter dan op basis van de lozing door Umicore vanuit de afvalwaterzuivering verwacht wordt. Ter hoogte van Neerpelt zou de concentratie ten gevolge van de lozingen slechts met 43 µg/l en 3 µg/l toe mogen nemen (zie hoofdstuk 4.1).

Om inzicht te krijgen in de invloed van Umicore is een analyse uitgevoerd voor de jaren 2002-2007. Op basis van de concentraties is de jaarlijkse vracht berekend. De uit de meetanalyses naar voren komende aanvoer vanuit het Umicore-terrein is ca. 6300 kg zink en 230 kg cadmium per jaar (zie bijlage 3). Dit is beduidend hoger dan de 1771 kg zink en 132 kg cadmium die als lozing vanuit de waterzuivering zijn opgegeven. Aangenomen wordt dat deze discrepantie het gevolg is van grootschalige aanvoer via het grondwater. Opvallend zijn de grote fluctuaties die jaarlijks kunnen optreden. Deze zijn niet verklaarbaar met de beschikbare gegevens en worden mogelijk sterk bepaald door de beheersmaatregelen op het Umicore-terrein, door het verschil tussen droge en natte jaren en de beschikbare metingen. Deze fluctuatie zijn gemiddeld door een meerjarige reeks te nemen.

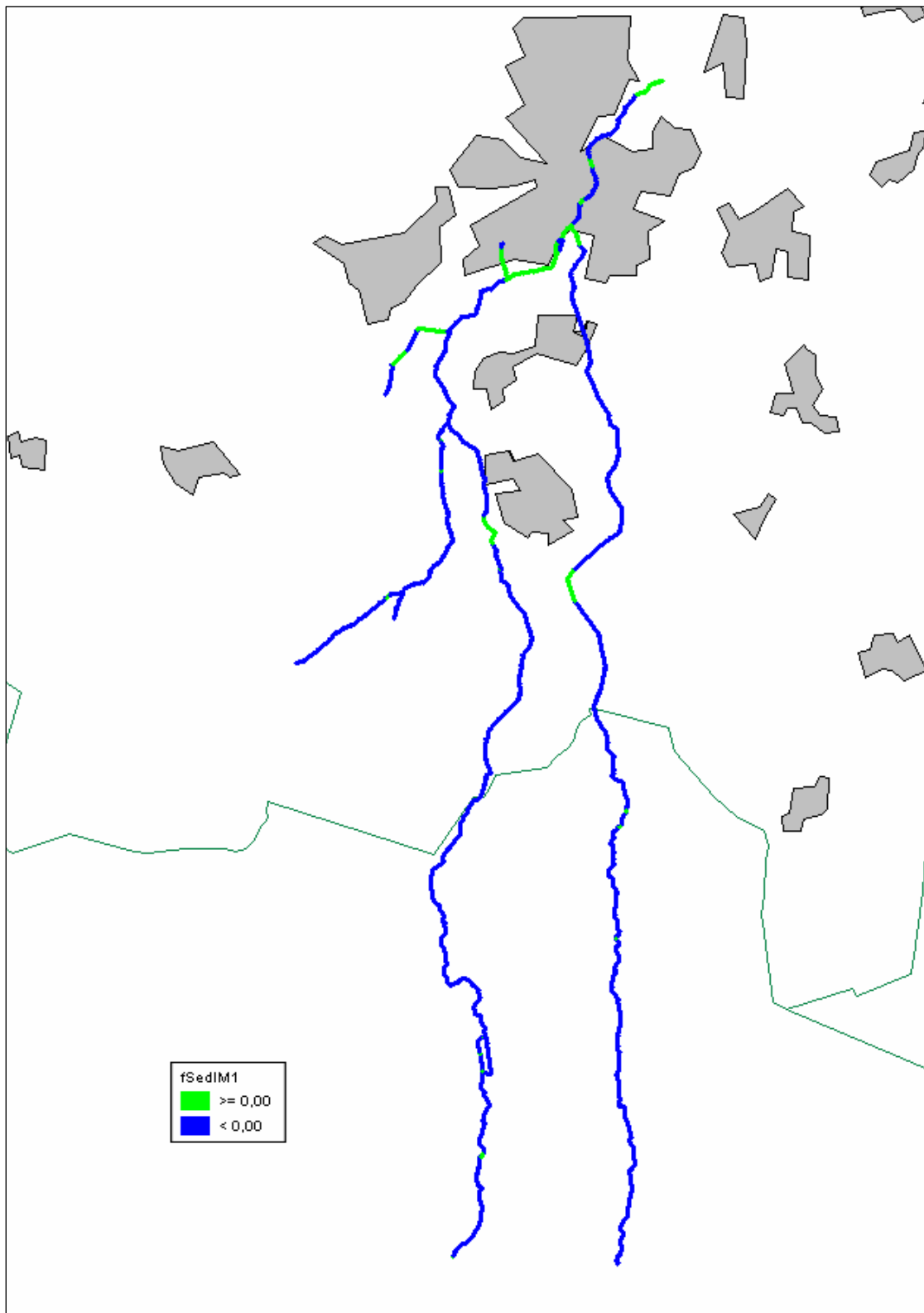
De kwaliteit van de waterbodem wordt beïnvloed door een groot aantal processen. De belangrijkste factoren zijn het gehalte organisch stof in de bodem en de 'bepalende waterkwaliteit'. Het gehalte organisch materiaal wordt bepaald door de erosie-sedimentatie. Zoals eerder besproken kan lokaal of tijdelijk wel sedimentatie optreden, maar erosie is het algemeen optredende proces, zie figuur 13 en 14. De bepalende waterkwaliteit is de grondwaterkwaliteit. Alle subsystemen hebben een positieve grondwaterbijdrage aan de waterbalans, dus er vindt geen grootschalige infiltratie plaats. Hieruit kan de conclusie worden getrokken dat de kwaliteit van het grondwater de 'bepalende waterkwaliteit' voor de bodemkwaliteit vormt. In figuur 12 is de verwachte waterbodemconcentratie aan zink weergegeven bij een evenwichtssituatie met verschillende organische stofgehalten en grondwaterconcentraties aan zink. De organisch stofgehalten in de waterbodem variëren in de metingen over het algemeen tussen de 4 en 12 % (uitzonderingen treden op, zie ook de resultaten in het deelrapport 'Inventarisatie en meetcampagne'). Uitgaande van een grondwaterconcentratie van 40 – 200 µg/l varieert de zinkconcentratie in de waterbodem van 30 – 190 mg/kg d.s. Dit komt overeen met de gemeten waterbodemconcentraties door het gebied.

De variatie die ook binnen de gemeten waterbodemconcentraties voorkomen kunnen deels uit lokale verschillen worden verklaard. Lokaal kunnen hogere concentraties voorkomen in het ondiepe grondwater of vindt sedimentatie van vuiler organisch materiaal plaats ten tijde van de meetperiode. Dit kan dan lokaal tot hogere zink- of cadmiumconcentraties leiden. In de beeksystemen komt een schijnbaar natuurlijk maximum voor van de gemeten zink- en cadmiumconcentraties in de waterbodem. Aan de hand van de metingen lijken zinkconcentratie in de waterbodems tot 350 mg/kg d.s. voor te kunnen komen door lokale variatie in de omstandigheden. Voor cadmium lijken concentraties tot ca 4 mg/kg d.s. te kunnen voorkomen. De waterbodemanalyses die hogere gemiddelde concentraties tonen kunnen vanuit specifieke oorzaken worden verklaard.

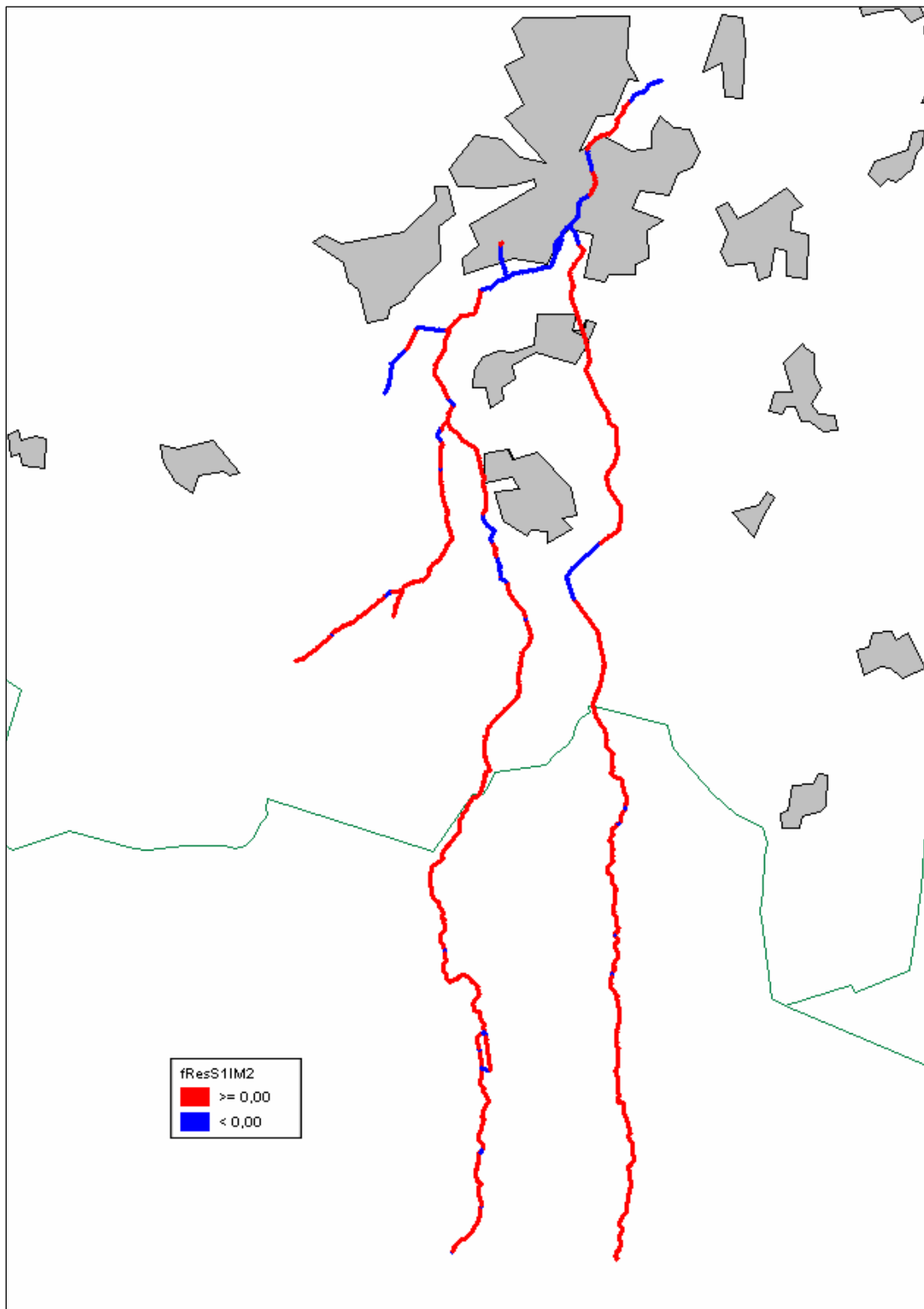


Figuur 12: waterbodempkwaliteit afhankelijk van grondwaterconcentratie en organisch stofgehalte

De concentraties zink en cadmium die zijn gevonden bij de structuren (S3 en S4) zijn extreem hoog met resp. 560 en 1600 mg/kg d.s. en 43 en 45 mg/kg d.s.. Deze hoge waarden zijn niet te verklaren vanuit de sorptie aan het organisch stof (resp. 2,5 en 5 %). In eerdere studies is gekeken naar de aanwezigheid van zinkasdeeltjes in het sediment. Dat zou een verklaring voor deze hoge waarden kunnen zijn. Bij microscopisch onderzoek van de sedimentmonsters in deze studie zijn deze zinkasdeeltjes niet als zodanig herkenbaar gevonden. Andere manieren van analyse zijn nodig om hier uitsluitel over te geven. Opvallend is dat in het sediment en de waterbodem in de watergangen de concentraties veel lager zijn. De zinkasdeeltjes die zich hebben opgehoopt stroomopwaarts van de structuren zijn mogelijk al van oudere herkomst.



Figuur 13: Afzet van slib bij gemiddelde jaarafvoer



*Figuur 14: Opwoeling van slib bij gemiddelde jaarafvoer*

### 5.1.3 Stoffenbalans Dommel

#### Cadmium

De stoffenbalans van de Dommel geeft aan dat er in de huidige situatie een totale cadmiumvracht (inkomende bronnen) is van 332 kilogram per jaar, waarvan 230 kilogram direct of indirect door Umicore wordt geloosd.

De uitgaande cadmiumvracht is berekend op ca. 618 kg cadmium per jaar. Dit is bijna 2 keer meer dan de berekende bronnen. De getallen zijn opgenomen in Tabel 13.

Tabel 13: Berekende jaarlijkse vracht voor cadmium in de Dommel

Bouwsteen	Vracht (kg/jaar)
<b>Directe bronnen</b>	
2 Directe lozingen Umicore	132,0
3 Overige directe lozingen (RWZI)	1,9
5 Afzet stoffen op verhard oppervlak	0,0
6 Atmosferische depositie	0,0
<b>Indirecte bronnen / berging</b>	
7 Afspoeling neerslag	0,5
9 Afstroming hemelwater verhard oppervlak+overstort	0,3
10 Sedimentatie en resuspensie op inundatievlakken	-25,2
11 Lokale grondwaterstroming	25,3
11a* Grondwaterinstroom vanaf Umicore terrein	98,0
14 Fytoremediatie - vegetatie wateroever	-0,3
17 Sedimentatie en resuspensie waterbodems	73,9
<b>Transport</b>	
21 Opgeloste stoffen afvoer	-268,0
23 Fijn zwevende stof afvoer	-134,0
25 Grof zwevend/salterend stof afvoer	-216,9

\* Berekende aanvoer volgens bijlage 3

#### Zink

De stoffenbalans van de Dommel voor zink toont dat er in de huidige situatie een vracht van 5.015 kilogram zink op het oppervlakte water wordt geloosd. Atmosferische depositie, grondwater en erosie voeren vervolgens nog 5.765 kilogram aan naar het oppervlaktewater. Hiernaast wordt nog 4.530 kg zink per jaar via het grondwater vanuit Umicore aangevoerd. De totale inkomende vracht bedraagt hiermee 15.310 kilogram zink per jaar. Hier tegenover staat een afvoer van 21.442 kg en een sedimentatie op inundatievlakken van 1000 kilogram per jaar. De totale afvoer van zink bedraagt hiermee 22.442 kilogram per jaar. In Tabel 14 zijn de getallen gepresenteerd.



Tabel 14: Berekende jaarlijkse vracht voor zink in de Dommel

Bouwsteen	Vracht kg/jaar
<b>Directe bronnen</b>	
2 Directe lozingen Umicore	1.771
3 Overige directe lozingen (RWZI)	2.666
5 Afzet stoffen op verhard oppervlak	61
6 Atmosferische depositie	6
<b>Indirecte bronnen / berging</b>	
7 Afspoeling neerslag	27
9 Afstroming hemelwater verhard oppervlak	491
10 Sedimentatie en resuspensie op inundatievlakken	-1.000
11 Lokale grondwaterstroming	3.217
11a* Grondwaterinstroom vanaf Umicore terrein	4.530
14 Fytoremediatie - vegetatie wateroever	-14
17 Sedimentatie en resuspensie waterbodems	2.542
<b>Transport</b>	
21 Opgeloste stoffen afvoer	-12.244
23 Fijn zwevende stof afvoer	-6.122
25 Grof zwevend/salterend stof afvoer	-3.062

### Analyse stoffenbalans

De stoffenbalansen voor zink en cadmium laten een verschil zien tussen de berekende bronnen en de afvoer. Zowel voor cadmium als zink is de vracht die het systeem uit gaat 1,4 – 1,8 keer zo groot als de berekende beschikbare vracht vanuit de bronnen.

Het balansverschil tussen de bronnen en de uitgaande vracht kan verschillende oorzaken hebben. Ten eerste is de grondwateraanvoer vanuit Umicore erg gevoelig voor fouten. Bij de berekening hiervan is gebruik gemaakt van de jaargemiddelde concentraties aan zink en cadmium over de periode 2002 – 2007 en het langjarig gemiddelde debiet. De variatie per jaar zijn echter groot (zie bijlage 3). Ten tweede is de aanvoer vanuit de haarvaten van het watersysteem tijdens hevige neerslag niet bekend. Deze twee factoren kunnen tot onderschatting van de bronnen leiden.

Ook bij de uitgaande vracht kunnen opmerkingen worden geplaatst. De bouwstenen 21 en 23 zijn gebaseerd op het jaar 2006 en geven een representatief beeld voor de huidige situatie. Bij de berekening van cadmium moet rekening worden gehouden met de analysefouten. Bij lagere concentraties (< 0,6 µg/l) is de aangegeven waarde (0,6 µg/l) aangehouden wat tot overschatting van de afvoer kan leiden. De zinkconcentraties zijn te allen tijde zo hoog dat de detectiegrens niet relevant is. De berekening voor het transport via het grof zwevend/salterend stof is gebaseerd op de concentraties van de waterbodem. In de bodem is nog historische verontreiniging aanwezig gezien de transporttijd van 10-20 jaar voor het zandige bodemmateriaal. De concentraties in de bodem zijn daarom mogelijk beïnvloed door historische lozingen en kunnen leiden tot een overschatting van de uitgaande vracht.

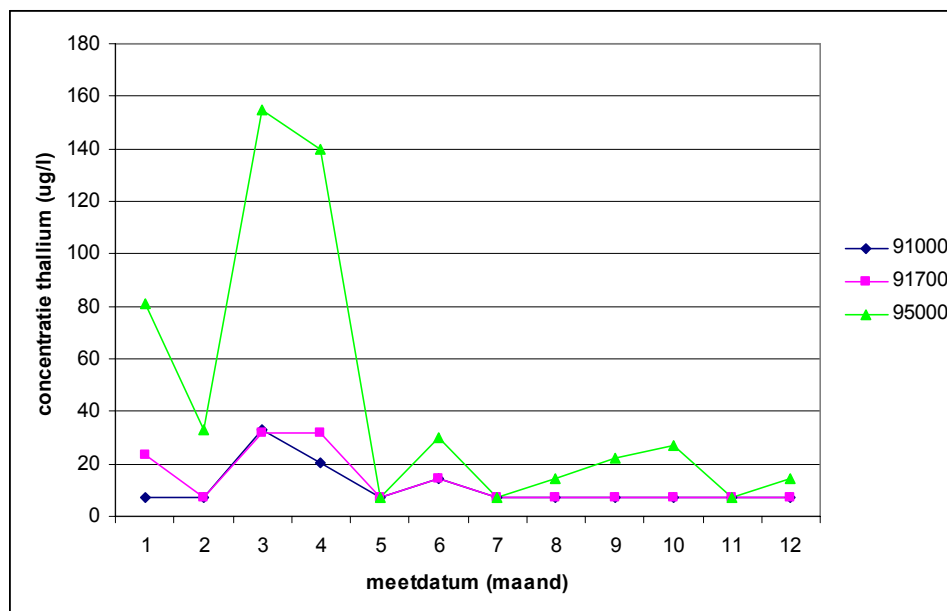
De verontreiniging vanuit de 'natuurlijke' bronnen (grondwater, afspoeling van onverhard oppervlak en resuspensie) is in de Dommel beperkt. Slechts 38 % van het zink en 30 % van het cadmium komen uit deze bronnen. De rest van de zink- en cadmiumverontreiniging komt vanuit Umicore (resp. 42 en 70 %), de riolering ( resp. 20 en < 1 %) en het afstromend verhard oppervlak (resp. < 1 en < 1 %).

## Thallium

Aanvullend aan het meetprogramma voor zink en cadmium is de aanwezigheid van thallium in het oppervlaktewater bekeken in de Eindergatloop en de Dommel tussen Eindergatloop en het Hageven (meetpunt 91000). Opvallend is de grote variatie in de gemeten thalliumconcentraties in de tijd. De concentraties fluctueren van onder de detectiegrens (7,2 µg/l is gebruikelijk bij de analyses door de VMM) tot bijna 600 µg/l. In de door het project uitgevoerde metingen is geen thallium aangetroffen (onder de detectielimiet). In de gegevens van de VMM zijn concentraties gemeten tot 176 µg/l (2006, meetpunt 95500) en TNO heeft tijdens haar meetcampagne enkele metingen met hoge concentraties gevonden. In Figuur 15 is het verloop van de thalliumconcentratie (gegevens VMM) voor 2006 tegen de tijd uitgezet voor de Dommel (meetpunten 91700 en 91000) en de Eindergatloop (meetpunt 95000). Metingen in de grafiek met concentraties lager dan 15 µg/l zijn vaak onder de detectiegrens (< 7,2 µg/l of < 14,4 µg/l).

De MTR waarde die in Nederland wordt aangehouden is 1,7 µg/l thallium. Deze waarde wordt in de Dommel tijdens de concentratiepieken met een factor 20 overschreden. In de overige periode is de overschrijding waarschijnlijk beperkt. Om dit zeker te weten zijn analyses met een lagere detectiegrens nodig.

Figuur 15 Thalliumconcentratie in de Dommel en Eindergatloop



Alle waarnemingen wijzen op incidentele lozingen. Thallium komt voor in de opgeloste fase en bindt zich mogelijk aan het zwevend organisch materiaal en/of ijzerhydroxides. De binding met minerale delen is minimaal. Dit betekent dat het thallium snel door het beekstelsel wordt getransporteerd en vanaf de Eindergatloop binnen een etmaal voorbij Eindhoven is.

Deze theorie wordt ondersteund door de afwezigheid van thallium in de waterbodem. In de projectmetingen is slechts op 1 locatie is thallium in meetbare concentraties (ca 5 mg/kg d.s. (ca. 2 keer MTR-waarde)) aangetroffen.

Het voorkomen van thallium kan alleen verklaard worden vanuit de lozing door Umicore. Voor de Eindergatloop komt geen thallium voor en de onregelmatigheid wijst eveneens op menselijke invloeden. Het karakteristieke gedrag, de grote fluctuaties, zijn mogelijk terug te voeren op het productieproces binnen Umicore of het lozen van onttrokken grondwater. Hierover is momenteel geen informatie

beschikbaar.

## 5.2 Beekloop-Keersop

De Beekloop-Keersop is het kleinste beekstelsel in het studiegebied met een oppervlak van 88 km<sup>2</sup> en een lengte van iets meer dan 22 km. Het stroomgebied van de Beekloop-Keersop wordt beperkt door het kanaal Bocholt-Herentals. Vanaf het kanaal stroomt het via twee hoofdtakken, die onderling nog via watergangen zijn verbonden af naar de Keersoppermolen waar het uitstroomt in de Dommel. Het stroomgebied van de Beekloop-Keersop bestaat voor 63 % uit landbouwgebied en 24 % uit bos en heide. Ongeveer 11 % van het gebied is bebouwd. Het debiet ter hoogte van de Keersoppermolen is 0,896 m<sup>3</sup>/s waarvan 0,1 m<sup>3</sup>/s afkomstig is vanuit het kanaal Bocholt-Herentals. De waterbalans is gegeven in Tabel 15.

Tabel 15: Waterbalans Beekloop-Keersop (m<sup>3</sup>/s)

Subsysteem	Totale Afvoer (m <sup>3</sup> /s)	Runoff (m <sup>3</sup> /s)	Basis-afvoer (m <sup>3</sup> /s)	Lozing industrie (m <sup>3</sup> /s)	Effluent RWZI (m <sup>3</sup> /s)	Instroom kanaal (m <sup>3</sup> /s)	Kwel-infiltratie (m <sup>3</sup> /s)
Totaal	0,896	0,224	0,672	0,000	0,000	0,100	0,572

### 5.2.1 Stoffenverloop in de Beekloop-Keersop

Tabel 16: verloop van de zink en cadmium concentratie in de Beekloop-Keersop

Meetpunt (nummer)	Conc, Zn (µg/l)	Conc, Cd (µg/l)	Conc, BZV(mg/l)	Conc, CZV (mg/l)	Jaar	Opmerkingen
Bovenstroom Beekloop						
240030	40	0,29			2006	
240031	40	<0,23			2006	
89500	30	0,6			2005	
89200	33,6	0,7			2005	
90000	37,7	0,6			2006	
MP3		<0,4				
Kanaal Bocholt - Herentals						
848300	50,5	0,9			2005	
K1	17	0,54			2006	
Bovenloop Keersop						
89600	298	1,3			2005	Meting in maart
240039	157	1,03			2006	
240038	112	0,56			2006	
MP2	57	0,43			2006	Opwaarts samenloop met Beekloop
Na samenkomst Keersop en Beekloop						
240036	89	<0,45			2006	

MP1	49	0,46			2006	
-----	----	------	--	--	------	--

De zinkconcentraties in de bovenloop van de Keersop variëren tussen de 100 en 300 µg/l. Het water bestaat voornamelijk uit lokale kwel vanuit een agrarisch gebied en de waarde komt overeen met de concentraties uit de bovenloop van de Dommel. De concentraties in de Keersop staan in schril contrast met de zinkconcentraties in de Beekloop, De Beekloop begint in een bebost gebied met vennen en visvijvers en heeft een concentratie van 40 µg/l of lager. De lage zinkconcentraties kunnen deels veroorzaakt zijn door de inlaat van het kanaalwater, maar er blijkt geen toename in de verontreiniging door lokale kwel.

Ook in de Beekloop-Keersop blijkt dat de concentraties in de winter hoger zijn dan in de zomer. De afspoeling en ondiepe kwel zorgen voor zinkconcentraties boven de 200 µg/l in de Keersop en boven de 50 µg/l in de Beekloop. In de zomer kunnen de concentraties terugvallen tot waarden van 12 µg/l in de Beekloop.

Na samenkomst van de Keersop en Beekloop mengt ook de waterkwaliteit en blijven de zinkconcentraties variëren tussen de 20 µg/l in de zomer tot even boven de 100 µg/l in de winter. De samenstelling van het kanaalwater lijkt geen bepalende invloed op de waterkwaliteit te hebben.

De cadmium- en zinkconcentraties in de waterbodem zijn momenteel ca 0,4 mg/kg d.s. en 10-28 mg/kg d.s.. De oudere gegevens uit de 90'er jaren laten waarden zien die oplopen tot 2 mg/kg en 120 mg/kg voor cadmium en zink. Hieruit blijkt duidelijk de snelle zuiverende werking van het erosieve karakter van de beek.

Een uitzondering op de schone waterbodems is de waterbodem stroomopwaarts van de stuw S5. Hier wordt de relatief hoge concentraties van 1 mg/kg cadmium en 130 mg/kg zink aangetroffen. Ook dit duidt op een historische verontreiniging en mogelijk lange verblijftijd net stroomopwaarts van de stuwen.

## 5.2.2 Stoffenbalans Beekloop –Keersop

### Cadmium

In de huidige situatie is de jaarlijkse cadmiumvracht in de Beekloop-Keersop 17,6 kilogram per jaar op basis van de berekende cadmiumbronnen. De berekende afvoer uit het beeksysteem is 16,4 kilogram per jaar. De vrachten per bouwsteen zijn gepresenteerd in Tabel 17.

*Tabel 17: Berekende jaarlijkse cadmiumvracht in de Beekloop-Keersop*

Bouwsteen	Vracht (kg/jaar)
Directe bronnen	
2 Directe lozingen Umicore	0,0
3 Overige directe lozingen (RWZI)	0,0
5 Afzet stoffen op verhard oppervlak	0,0
6 Atmosferische depositie	0,0
Indirecte bronnen / berging	
7 Afspoeling neerslag	0,1
9 Afstroming hemelwater verhard oppervlak+overstort	0,1
10 Sedimentatie en resuspensie op inundatievlakken	-0,4
11 Lokale grondwaterstroming	13,2
14 Fytoremediatie - vegetatie wateroever	0,0
17 Sedimentatie en resuspensie waterbodems	4,2
Transport	
21 Opgeloste stoffen afvoer	-8,5
23 Fijn zwevende stof afvoer	-4,2
25 Grof zwevend/salterend stof afvoer	-3,3

### Zink

De stoffenbalans voor de Beekloop-Keersop geeft aan dat er in de huidige situatie 2062 kilogram zink per jaar vrijkomt. Hiertegenover staat een berekende uitgaande vracht van 2708 kilogram per jaar. De vrachten per bouwsteen zijn gepresenteerd in Tabel 18.

Tabel 18: Berekende jaarlijkse zinkvracht in de Beekloop-Keersop

Bouwsteen	Vracht kg/jaar
Directe bronnen	
2 Directe lozingen Umicore	0
3 Overige directe lozingen (RWZI)	0
5 Afzet stoffen op verhard oppervlak	14
6 Atmosferische depositie	3
Indirecte bronnen / berging	
7 Afspoeling neerslag	8
9 Afstroming hemelwater verhard oppervlak	141
10 Sedimentatie en resuspensie op inundatievlakken	-21
11 Lokale grondwaterstroming	1.684
14 Fytoremediatie - vegetatie wateroever	-6
17 Sedimentatie en resuspensie waterbodems	212
Transport	
21 Opgeloste stoffen afvoer	-1.677
23 Fijn zwevende stof afvoer	-838
25 Grof zwevend/salterend stof afvoer	-166

### Analyse stoffenbalans

Zowel de stoffenbalans voor cadmium als zink laten een beperkt verschil zien in de berekende bronnen en de berekende afvoer. De verschillen kunnen niet eenduidig verklaard worden maar zijn het gevolg van

de onzekerheden in de berekeningen. Het beekstelsysteem lijkt al 'schoon' te zijn en de fout in de berekening van het 'grof zwevend/salterend stof' zal beperkt zijn. De belangrijkste bron is de lokale grondwaterstroming. De gebruikte gemiddelde concentraties voor de lokale en intermediaire grondwaterstromen lijken met de meetgegevens overeen te komen. Alleen lijkt het aandeel van de lokale grondwaterstroming groter te zijn. De cadmium en zinkconcentraties blijven gedurende het voorjaar hoog. Als grote onzekerheid blijft over de bouwsteen 'sedimentatie en resuspensie' (nummer 17) en dan met name buiten de hoofd- en zijwaterlopen. De metingen in de haarvaten (HV1) geeft aan dat de cadmiumconcentratie in het oppervlakte water daar 1,6 µg/l is en de zinkconcentratie 230 µg/l. Deze waarden in het oppervlaktewater zijn, net als de waterbodemconcentraties, beduidend hoger dan de waarden in de hoofdwatgang. Om de aanvoer uit de haarvaten inzichtelijk te maken is verdere studie noodzakelijk.

De verontreiniging vanuit de 'natuurlijke' bronnen (grondwater, afspoeling van onverhard oppervlak en resuspensie) is in de Beekloop-Keersop is groot. 92 % van het zink en 99 % van het cadmium komen uit deze bronnen. De rest van de zinkverontreiniging komt vanuit een enkele overstort die in het stroomgebied uitkomt (7 %) en het afstromend water vanaf de wegen (1%). De menselijke beïnvloeding van de waterkwaliteit van de beek is dus minimaal.

## 5.3 Tongelreep – Warmbeek

### 5.3.1 Inleiding

De Tongelreep-Warmbeek heeft vanaf de bron tot aan de zandvang de Vleut een lengte van bijna 36 kilometer. Het stroomgebied heeft een oppervlak van 130 km<sup>2</sup> en het verval over de lengte is ca 64 m. Het stroomgebied bestaat voor 45 % uit landbouwgebied, voor 38 % uit bos- en heidegebied en is voor 14 % bebouwd. Het debiet te Aalst bij de zandvang 'De Vleut' is 1,038 m<sup>3</sup>/s met een verdeling zoals gegeven in de waterbalans in Tabel 19.

Tabel 19: Waterbalans Tongelreep-Warmbeek (m<sup>3</sup>/s)

Meetpunt	Totale Afvoer (m <sup>3</sup> /s)	Runoff (m <sup>3</sup> /s)	Basis-afvoer (m <sup>3</sup> /s)	Lozing industrie (m <sup>3</sup> /s)	Effluent RWZI (m <sup>3</sup> /s)	Instroom kanaal (m <sup>3</sup> /s)	Kwel-infiltratie (m <sup>3</sup> /s)
S08	1,038	0,311	0,727	0,000	0,091	0,175	0,461

### 5.3.2 Stoffenverloop in de Tongelreep-Warmbeek

Bovenstrooms in de uitlopers van de Tongelreep-Warmbeek komen hogere concentraties aan zink voor in het oppervlaktewater (134 – 194 µg/l) vergelijkbaar met de concentratie in de uitlopers in de Dommel en de Keersop. Vervolgens neemt de concentratie stroomafwaarts telkens verder af tot een waarde van 47 µg/l zink en ca 0,3 µg/l cadmium. De enige echte significante toename in de zink concentratie treedt op in het stuk tussen de Achelse kluis en Valkenswaard. Hiervoor is geen goede reden aan te wijzen en kan de toename beïnvloed zijn door het beperkt aantal metingen.

In de zijbeken worden ook veel lage zink- en cadmium concentraties aangetroffen. Juist in de buurt van de RWZI bij Achel treedt de laatste jaren een sterke verbetering van de waterkwaliteit op. In de punten 103700 en 103500 is de concentratie zink sinds 2002 sterk gedaald van ca 120 µg/l, naar 70 µg/l in 2005 en 40 µg/l in 2006. Mogelijk dat de werking van de RWZI veranderd is maar hier is geen bevestiging voor gevonden.

De Tongelreep-Warmbeek wordt ook gevoed vanuit het kanaal Bocholt-Herentals. De zinkconcentraties in het kanaal zijn ca 50 µg/l. De instroom vanuit het kanaal gebeurt tussen de meetpunten 102500 en

101800. Tussen deze punten vindt een afname plaats van gemiddeld 150 µg/l naar 86 µg/l. Een groot deel van de kwaliteitsverbetering is waarschijnlijk tengevolge van menging met het kanaal water. Hiervoor zou de instroom van kanaal water groter moeten zijn dan de geschatte instroom. Dit kan niet geverifieerd worden door het gebrek aan kennis over het beheer van de inlaten. Opvallend is dat hierna stroomafwaarts de waterkwaliteit alleen nog verbeterd.

Tabel 20: verloop van de zink en cadmium concentratie in de Tongelreep-Warmbeek

Meetpunt (nummer)	Conc. Zn (µg/l)	Conc. Cd (µg.l)	Jaar	Opmerkingen
Tongelreep-Warmbeek				
103300	194	0,47	2004	
103200				
MP9	134	0,62	2006	
103000	156			
102500	175			
102000				
101800	86			
101600	80			
101500	37.637	0,6	2006	
101000	66	<0,4		
100400	69	<1	2006	
100300				
MP8	46	<0,4	2006	
100000	75	<0,32	2006	
240014	74	0,41	2006	
240018	92	<0,55	2006	
MP7	50	<0,4	2006	
240015	47	<0,24	2006	
Zijlopen				
104700	242	1,5	2005	
104600	183	1,6	2005	
103800				
104400				
104200			2006	
104100	70	<0,12	2005	Meting 15-03-2005
104000	53			
103900	124	0,56	2005	
103700	40,9	0,6	2006	
103500	41,7	0,6		
240014				



### 5.3.3 Stoffenbalans Tongelbeek-Warmbeek

#### Cadmium

In de huidige situatie is de jaarlijkse cadmium vracht in de Tongelreep-Warmbeek 18,6 kilogram per jaar op basis van de berekende cadmiumbronnen. De berekende uitgaande vracht uit het beekstelsel is 17,8 kilogram per jaar. De vrachten per bouwsteen zijn gepresenteerd in Tabel 21.

Tabel 21: Berekende jaarlijkse cadmiumvracht in de Tongelreep-Warmbeek

Bouwsteen	Vracht (kg/jaar)
Directe bronnen	
2 Directe lozingen Umicore	0,0
3 Overige directe lozingen (RWZI)	0,0
5 Afzet stoffen op verhard oppervlak	0,0
6 Atmosferische depositie	0,0
Indirecte bronnen / berging	
7 Afspoeling neerslag	0,1
9 Afstroming hemelwater verhard oppervlak+overstort	0,2
10 Sedimentatie en resuspensie op inundatievlakken	-1,3
11 Lokale grondwaterstroming	9,9
14 Fytoremediatie - vegetatie wateroever	-0,1
17 Sedimentatie en resuspensie waterbodems	8,4
Transport	
21 Opgeloste stoffen afvoer	-8,7
23 Fijn zwevende stof afvoer	-4,4
25 Grof zwevend/salterend stof afvoer	-3,3

#### Zink

De stoffenbalans voor de Tongelreep-Warmbeek geeft aan dat er in de huidige situatie 2,950 kilogram zink per jaar vrijkomt. Hiertegenover staat een berekende afvoer van 1,892 kilogram per jaar. De sedimentatie in de zandvang De Vleut is berekend op 2494 kilogram zink per jaar. De vrachten per bouwsteen zijn gepresenteerd in Tabel 22

Tabel 22: Berekende jaarlijkse zinkvracht in de Tongelreep-Warmbeek

Bouwsteen	Vracht kg/jaar
Directe bronnen	
2 Directe lozingen Umicore	0
3 Overige directe lozingen (RWZI)	505
5 Afzet stoffen op verhard oppervlak	48
6 Atmosferische depositie	4
Indirecte bronnen / berging	
7 Afspoeling neerslag	4
9 Afstroming hemelwater verhard oppervlak	282
10 Sedimentatie en resuspensie op inundatievlakken	-40
11 Lokale grondwaterstroming	1.542
14 Fytoremediatie - vegetatie wateroever	-29
17 Sedimentatie en resuspensie waterbodems	565
Transport	
21 Opgeloste stoffen afvoer	-1.069
23 Fijn zwevende stof afvoer	-535
25 Grof zwevend/salterend stof afvoer	-219

### Analyse stoffenbalans

De stoffenbalans voor cadmium voor de Tongelreep-Warmbeek toont een minimaal verschil tussen de berekende bronnen en afvoer. Voor de zinkvrachten is het verschil in de balans nog redelijk groot. De belangrijkste zinkbron is de lokale grondwaterstroming gevolgd door de resuspensie en de lozing van de RWZI Achel. De grondwaterstroming lijkt te hoog te zijn geraamd. Een indicatie hiervoor is de lage zink en cadmium concentratie ten noorden van het kanaal Bocholt-Herentals. De vracht aan zink en cadmium is voor de balans geraamd op basis van de in paragraaf 4.1 genoemde concentraties in het toestromende grondwater (lokale grondwaterstroom is 200 µg/l en intermediaire grondwaterstroom is 40 µg/l). Met name de concentraties in de lokale grondwaterstroom lijken te hoog voor de situatie van de Tongelreep-Warmbeek, want de waarde van 200 µg/l wordt nergens in het beekstelsysteem bereikt.

Een andere onzekerheid treedt op bij de afvoer van de zwevende stof en de trend in de beek bij de RWZI. De concentraties cadmium en zink aan de zwevende stof zijn laag vergeleken met de Dommel. De concentraties liggen in de buurt van de waarden in de Beekloop-Keersop. Hierdoor is een zeer groot deel van de verontreiniging schijnbaar opgelost aanwezig. De sterke verbetering van de waterkwaliteit in de beek ter hoogte van de RWZI Achel kan met de verzamelde kennis niet worden verklaard.

De metingen in de haarvaten (HV3) geeft aan dat de cadmiumconcentratie in het oppervlakte water daar 2,8 µg/l is en de zinkconcentratie 490 µg/l. Deze waarden in het oppervlaktewater zijn, net als de waterbodemconcentraties, beduidend hoger dan de waarden in de hoofdwatergang. De invloed vanuit de haarvaten kan met de huidige kennis niet inzichtelijk worden gemaakt.

De aanvoer van zink en cadmium vanuit de 'natuurlijke' bronnen (grondwater, afspoeling van onverhard oppervlak en resuspensie) is in de Tongelreep is hoog, 72 % van het zink en 98 % van het cadmium komen uit deze bronnen. De rest van de zinkverontreiniging komt vanuit de riolering (27 %) en het afstromend verhard oppervlak (2 %).

## 5.4 Vergelijking beeksystemen

Bij vergelijking van de beeksystemen vallen een aantal zaken op. De Dommel is onmiskenbaar het meest vervuilde beekstelsysteem van de 3 onder studie. De vrachten zijn meer dan tien keer groter dan in de andere twee beeksystemen en de zinkconcentraties zijn 2 tot 5 keer hoger dan in de Beekloop-Keersop of de Tongelreep-Warmbeek.

Alleen in de Dommel komen nog waterbodems voor met zeer hoge concentraties aan cadmium en zink. Deze hoge concentraties worden met name aangetroffen op locaties stroomopwaarts van kunstwerken (stuwen). De verontreiniging wordt vermoedelijk veroorzaakt door de aanwezigheid van zinkasdeeltjes die bij de zinkverwerking zijn vrijgekomen en in de beek zijn geloosd. Boven een stuw kunnen deze langere tijd in de waterbodem blijven. De overige waterbodems worden snel schoner nadat de lozingen zijn gestopt.

De beeksystemen Beekloop-Keersop en Tongelreep-Warmbeek zijn goed vergelijkbaar. Zowel de Beekloop-Keersop als de Tongelreep-Warmbeek zijn sterk afhankelijk van grondwater aanvoer en worden hiernaast gevoed door water uit het kanaal Bocholt-Herentals. Doordat het kanaalwater niet direct in de beeksystemen komt maar gebruikt wordt in het aanliggende gebied lijkt de grondwaterkwaliteit hier ook te verbeteren. De kwel ten noorden van het kanaal schijnt dan ook van betere kwaliteit te zijn.

De kwaliteit van het water en de waterbodems zijn overeenkomstig. Het grote verschil tussen de waterkwaliteit van de Beekloop en de Keersop kan het gevolg zijn van de landgebruikfunctie en de aanvoer van kanaal water. De Beekloop is opvallend veel schoner dan de overige beeksystemen.

De menselijke beïnvloeding is bij de Beekloop-Keersop het kleinst (vrijwel nihil). In de Tongelreep-Warmbeek is de beïnvloeding voor zink vanuit de RWZI merkbaar maar deze blijft beperkt. In de Dommel is de menselijke verontreiniging de belangrijkste bron. De aanvoer van cadmium en zink vanuit de natuurlijke bronnen is ca 30 %. De invloed van Umicore drukt een groot stempel op de waterkwaliteit van de Dommel.

## 5.5 Historische aspecten

### De Dommel

De hoeveelheden verontreiniging die in de kunstwerken (zand- en slibvangen) zijn aangetroffen is indicatief voor de historische water(bodem)kwaliteit. De ingevangen verontreiniging is slechts een deel van de totale vracht, omdat de opgeloste verontreiniging niet kan worden afgevangen. De totale vracht kan daarom nog een factor 2 hoger hebben gelegen. De ingevangen verontreiniging geeft echter wel een indicatie voor de toenmalige water(bodem)kwaliteit. Voor de Dommel is de verontreiniging in de zand- en slibvang De Klotputten teruggerekend naar de vracht, die in de jaren 80 per jaar is afgevoerd. De afzetting in de Klotputten was in die periode van vulling 3427 kg cadmium en 74,053 kg zink per jaar. Dit is voor cadmium ongeveer 6 keer de berekende uitgaande vracht in de huidige situatie en voor zink 3,5 keer. Dit verschil kan alleen verklaard worden door de historische situatie van de lozingen. In de jaren 80 waren de lozingsbronnen anders. Een kwalitatieve beschrijving geeft aan op welke wijze de verschillende bouwstenen zijn veranderd.

De regionale grondwatersituatie was vergelijkbaar met de huidige situatie en de aanvoer via het grondwater was ongeveer gelijk aan tegenwoordig. Alle overige bronnen waren echter vele malen groter. De atmosferische depositie in 1980 was 63 keer zo hoog als in de huidige situatie. Hierdoor werd niet alleen de directe atmosferische depositie op het wateroppervlak van belang maar speelt deze ook een belangrijke rol bij de afstroming van wegen en overig verhard oppervlak. De RWZI's waren in 1980 nog niet gerealiseerd. Een RWZI heeft een zuiveringsrendement voor cadmium en zink van resp. 75 % en 80 % (gemiddelde voor Nederland). Van Umicore zijn geen gegevens beschikbaar uit de 80'er jaren maar deze waren, conform de grafiek in paragraaf 4.1., toch zeker enkele malen hoger dan nu. In de tabel is het gemiddelde van de gegevens uit 92-94 aangehouden, maar toen waren er al maatregelen tegen de

zink en cadmiumlozingen genomen. De grondwater aanvoer vanuit het Umicore-terrein kan niet worden geschat noch de invloed van de zinkasdeeltjes die in de lozing zijn meegekomen.

Als de kwaliteit van de waterbodems in de structuren representatief is voor die periode dan was de cadmiumconcentratie ca 45 mg/kg d.s. en de zinkconcentratie ca. 1200 mg/kg d.s., Dit is respectievelijk 50 en 10 keer hoger dan in de huidige situatie. Als deze invloeden worden gecombineerd geeft dit het beeld zoals gepresenteerd in Tabel 23.

Tabel 23: Ruwe schatting van de zink en cadmium vrachten in 1980 in de Dommel

Bouwsteen	cadmium (kg/jaar)	Zink (kg/jaar)
<b>Directe bronnen</b>		
2 Directe lozingen Umicore	230	5.000
3 Overige directe lozingen (RWZI)	5	15.000
4 Landbouw 1980	0	29
5 Afzet stoffen op verhard oppervlak	0	61
6 Atmosferische depositie	3	377
<b>Indirecte bronnen / berging</b>		
7 Afspoeling neerslag	0	27
9 Afstroming hemelwater verhard oppervlak+overstort	0	491
10 Sedimentatie en resuspensie op inundatievlakken	-151	-6.000
11 Lokale grondwaterstroming	35	2.754
11a Grondwaterinstroom vanaf Umicore-terrein	?	?
14 Fytoremediatie - vegetatie wateroever	0	-14
17 Sedimentatie en resuspensie waterbodems	3.694	25.420
<b>Uitgaande vracht</b>		
19 Zand- slibvang	-3.427	-74.053

Uit deze raming blijkt dat de cadmiumvracht verklaard kan worden vanuit de lokale grondwaterstroming, de resuspensie van de waterbodems en de rioolwaterzuiveringen. Het bebouwde en verharde gebied is geen belangrijke bron voor cadmium. De overige vracht kan daarom worden toegerekend aan de industriële lozing van Umicore.

Voor zink is het beeld iets anders. De lokale grondwaterstroming en de resuspensie van de waterbodems leveren ook hier ongeveer 38 % van de gevonden vracht in de kunstwerken. Voor zink spelen de rioolwaterlozingen echter een belangrijke rol. De lozingen vanuit de riolering leverden ca 20 % van de vracht. De lozing vanuit Umicore was dus zeker 30 ton per jaar (via directe lozing, afspoeling en grondwater) waarmee deze een factor 5 groter was dan nu.

### Tongelreep-Warmbeek

In zandvang De Vleut sedimenteert vooral het grof zwevend materiaal en een deel van het fijn zwevend materiaal. De sedimentatie in de zandvang De Vleut is berekend op 23,9 kilogram cadmium per jaar en 2.494 kilogram zink per jaar. Dit is 30-40 % boven de huidige geraamde uitgaande vracht voor cadmium en zink. Omdat de opgeloste stoffen niet sedimenteren is de historische vracht mogelijk nog 2 keer zo groot geweest. ca. 48 kg aan cadmium en 5000 kg aan zink per jaar. Vooral voor kwaliteitsverbetering ten opzichte van de zink verontreiniging speelt de RWZI een belangrijke rol. Uitgaande van een zuiveringsrendement van 80 % was de lozing vanuit de riolering namelijk al 4000 kg zink per jaar. De waterkwaliteitsverbetering kan dus bijna volledig worden toegeschreven aan de realisatie van de RWZI. De verandering in de overige bouwstenen lijkt beperkt.

## 5.6 Waterkwaliteit in relatie tot de doelstellingen

### Vlaanderen

In Vlaanderen zijn in het Vlareem, bijlage titel II geldig per 1 juli 1995, waterkwaliteitsnormen opgenomen. De toegekende waarde is afhankelijk van de waterkwaliteitsdoelstelling van de watergang. Van de drie onderzochte beeksystemen hebben de Dommel, de Warmbeek en de Bollisenloop de kwaliteitsdoelstelling "viswater" gekregen. Aan de overige watergangen is geen specifieke kwaliteitsdoelstelling toegekend. In principe moeten alle watergangen voldoen aan de basismilieukwaliteitsnormen. Een overzicht van de waterkwaliteitsnormen is gegeven in Tabel 24. De basismilieukwaliteitsnorm voor zink is als absolute waarde gegeven waaraan het oppervlaktewater moet voldoen. Voor cadmium is een gemiddelde concentratie gegeven. Voor oppervlaktewateren met de bestemming viswater zijn extra randvoorwaarden opgenomen die betrekking hebben op de voor vis relevante parameters (o.a. temperatuur, pH, zuurstof). Alleen voor het metaal zink is nog een norm opgenomen. Deze is echter minder strikt dan de basismilieukwaliteitsnormen. De hier uitgevoerde toetsing kijkt alleen naar de basismilieukwaliteitsnormen.

Tabel 24 Kwaliteitsnormen in het oppervlaktewater en de waterbodern

Stof	Oppervlaktewater (µg/l)	Sediment* (mg/kg d.s.)
<i>Basiskwaliteit</i>		
Zink	< 200	167
Cadmium	< 1	1
<i>Viswater</i>		
Zink	1000 (bij 100 mg/l CaCO <sub>3</sub> )	

\* norm voor waterbodernklasse 1 volgens Triadesysteem

Bij toetsing op de basismilieukwaliteitsnormen voldoet geen van de watergangen in deze studie. Door de periodiciteit in de waterkwaliteit komen in alle watergangen waarden voor die voor zink en cadmium hoger liggen dan de basismilieukwaliteitsnormen. Met name in het voorjaar komen veel overschrijdingen voor. In de zomer en het najaar voldoen de Warmbeek en de Dommel, bovenstrooms van Umicore, aan de normen.

In de Dommel tussen de lozing van Umicore in de Eindergatsloop en de Nederlandse grens voldoet het water nooit aan de basismilieukwaliteitsnormen, enkele uitzonderingen daargelaten. Voor zink zijn de gemiddelde concentratie in het oppervlakte water 1,5 tot 2 keer de basismilieukwaliteitsnormen en voor cadmium is de gemiddelde concentratie 10 keer zo hoog.

Voor waterboderns is het Triadesysteem ontwikkeld om de saneringsurgentie van de waterboderns aan te geven. Er wordt gekeken naar zowel fysisch-chemisch, ecotoxicologische als biologische parameters. Hier toetsen wij alleen op de fysisch-chemische parameter waarbij is uitgegaan van de normen die voor waterboderns in klasse 1 vallen. De waterboderns in de bovenstroom van de Dommel en de Warmbeek voldoen voor zink aan de norm voor waterbodernklasse 1. Alleen de oudere metingen uit 1995 en 1999 laten hogere concentraties zien tot 2 keer de norm. Voor cadmium is een vergelijkbaar beeld zichtbaar. Benedenstrooms van Umicore voldoet de waterbodern nergens aan de normen voor waterbodern klasse 1. Tussen Umicore en de Nederlandse grens is de concentratie zink ca. twee keer de norm. met enkele uitschieters tot 7 keer de waarde in de Eindergatloop en ter hoogte van het Hageven. Cadmium laat in dit deel van de Dommel hoge overschrijdingen zien met gemiddelde ca 15 keer de norm. In de Eindergatloop zelf komen zeer hoge overschrijdingen voor tot 100 keer de norm.

## Nederland

De waterbeheerders in Nederland streven naar een minimumkwaliteit voor het oppervlaktewater en de waterbodem. Deze norm-waarden of MTR-waarden (MTR = maximum toelaatbaar risico) zijn vastgelegd in de Vierde Nota Waterhuishouding (1998) en de latere wijziging zoals vastgesteld door de Ministerraad op 12 mei 2000. Voor de stoffen zink en cadmium vormen de MTR-waarden het toetsingskader voor de huidige water- en waterbodempkwaliteit. De MTR waarde is 'een wetenschappelijk afgeleide waarde voor een stof, die aangeeft bij welke concentratie óf geen negatief effect te verwachten is op het milieu óf een kans van  $10^{-6}$  op sterfte voor de mens kan worden voorspeld' (naar 'Gebruiksprotocol INS' (INS = (Inter)nationale Normstelling Stoffen), 2005). De MTR-norm heeft een beleidsmatige status en wordt als uitgangspunt gebruikt bij de uitvoering van het beleid. Er geldt een inspanningsverplichting. De MTR-waarden zijn in Tabel 25 weergegeven.

Tabel 25: MTR-waarden voor zink en cadmium

Stof	Oppervlaktewater ( $\mu\text{g/l}$ )	Sediment ( $\text{mg/kg d.s.}$ )
Zink	40	620
Cadmium	2	12

De Dommel voldoet voor de waterkwaliteit nergens aan de opgegeven MTR-waarde voor zink. Afhankelijk van de locatie varieert de zinkconcentratie in de Dommel sterk waarbij waarden van 2 tot 35 keer (in de Eindergatloop) de MTR waarden worden gemeten. De Beekloop Keersop vertoont een afwisselend beeld. De Beekloop voldoet overal aan de MTR-waarde voor oppervlaktewater tot aan de samenkomst met de Keersop. De Keersop vertoont concentraties die 2 tot 8 keer hoger liggen dan de MTR-waarden. Na samenkomst blijft de waterkwaliteit ongeveer 2 keer de MTR-waarde. De Tongelreep-Warmbeek vertoont een eenduidig beeld. In de bovenstroomse kleinere takken is de concentratie hoog met ongeveer 5 keer de MTR-waarde. De zinkconcentratie neemt benedenstrooms langzaam af tot ongeveer de MTR-waarde in het laatste deel vlak voor de zand- en slibvang De Vleut.

Voor cadmium voldoen alle watergangen met uitzondering van de Eindergatloop en de Dommel benedenstrooms van Umicore. Tot aan de slibvang De Klotputten komt de cadmiumconcentratie niet meer onder het MTR niveau (5 tot 25 keer MTR-waarde).

De waterbodems laten een gunstiger beeld zien. Alleen benedenstrooms van Umicore komen in de Dommel waterbodems voor die niet voldoen aan de MTR-waarden voor zink en cadmium. Voor zink voldoen ook benedenstrooms van Umicore nog veel van de waterbodemmetingen. De overschrijdingen vormen meteen uitschieters waarbij de zinkconcentratie kan oplopen tot 2,5 keer de MTR-waarde. Voor Cadmium is het vooral het beektrace tussen Umicore en de grens met Nederland dat hoge concentraties vertoont met uitschieters tot 3 keer de MTR waarde. In Nederland voldoet de waterbodempkwaliteit soms wel en soms niet aan de MTR. Een aantal van de overschrijdingen kan gerelateerd worden aan de sedimentatie bovenstrooms van stuwen (mogelijk historische verontreiniging).

Voor zink is een schatting van de toekomstig haalbare waterbodempkwaliteit gedaan op basis van de grondwaterkwaliteit (30 tot 190  $\text{mg/kg d.s.}$ ). De kwaliteit van het sediment zal met deze waarde voldoen aan de MTR voor zink. De oppervlaktewaterkwaliteit zal met waarden van 40 – 200  $\mu\text{g/l}$  niet aan de MTR-waarde voldoen. In bosgebieden kan de zinkconcentratie lager zijn zoals aangetoond in de Beekloop, waar het oppervlaktewater wel aan de MTR voldoet.

## 6 Maatregelen

### 6.1 Maatregelen

#### 6.1.1 Identificatie

De beeksystemen hebben allen een ecologische functie, die al dan niet is vastgelegd in beleidsdocumenten. De water(bodem)kwaliteit is van groot belang voor de potentiële ecologische ontwikkeling van het beekstelsel. De gezamenlijke overheden streven daarom naar een zo hoog mogelijk ecologisch potentieel. Hierbij hoort een waterkwaliteit die minimaal gelijk is aan de waarden zoals opgenomen in de Nederlandse Vierde Nota Waterhuishouding en de lijst voor prioritair stoffen zoals voorgesteld door de Europese commissie.

Op de beeksystemen vinden relatief veel lozingen plaats. De afvoer door de beken is beperkt, maar er lozen 6 RWZI's en een grote zinkverwerkende industrie op. Dit in combinatie met het afstromende water van verhard oppervlak leidt ertoe dat de normen gemakkelijk overschreden worden.

Voor het identificeren van maatregelen is uitgegaan van het streven naar een maximale waterkwaliteit. Wat kan er worden verbeterd, waar kunnen maatregelen verbetering brengen? Hierbij is het inzicht dat in deze studie verkregen is in het functioneren van de beeksystemen cruciaal. Tijdens een werksessie in maart 2007 met betrokken experts en beleidsmedewerkers is gekeken waar verbeteringen mogelijk zijn. Hierbij zijn groepen maatregelen geïdentificeerd op basis van de bouwstenen en enkele eerder beschreven processen:

- Vermindering van lozingen
- Verbetering van de kwel
- Saneren van waterbodems
- Afvangen van verontreinigingen in transportfase
- Inzichtelijk maken van onbekende bronnen

Uitgangspunt van de maatregelen is dat de waterkwaliteitsproblemen niet afgewenteld mogen worden naar lager gelegen stroomgebieden. De oplossing moet zo veel mogelijk lokaal worden gevonden.

Uiteindelijk zijn de in Tabel 26 opgenomen maatregelen als haalbaar overgebleven:

Tabel 26: Lijst met haalbare maatregelen

Maatregel
<p><i>Verminderen lozingen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lozingvergunning Umicore aanscherpen</li> <li>Lozingsvergunning RWZI's aanscherpen</li> <li>Rioleringstelsel aanpassing/overstort verminderen</li> </ul>
<p><i>Verbetering van de kwel</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grondwaterstroming (kwel) vanuit het Umicoreterrein beperken</li> </ul>
<p><i>Saneren van waterbodems</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Saneren van zandvangen</li> <li>Saneren sedimenten opwaarts van structuren</li> </ul>



<i>Afvangen van verontreinigingen in transportfase</i>
--------------------------------------------------------

Aanleg van zand/slibvang
--------------------------

<i>Onbekende bronnen</i>
--------------------------

Aanvoer vanuit haarvaten verminderen
--------------------------------------

## 6.1.2 Beschrijving van de maatregelen

### Verminderen lozingen

De zinklozingen in de Dommel en in de Tongelreep-Warmbeek vormen 70 en 28 % van de totale vracht. De belangrijkste lozingen voor de zinkvracht zijn de lozingen van Umicore, de lozingen van de RWZI's en de overstort van hemelwater uit de riolen. Om de lozing vanuit Umicore te verkleinen is extra zuivering van het geloosde afvalwater nodig. Dit kan door gezamenlijk als overheden op te treden, de ontwikkeling van gescheiden rioolssystemen te ondersteunen en de lozingsvergunning van Umicore aan te scherpen.

De RWZI's lozen vooral zink. De zuiveringsprocessen zijn niet primair gericht op het zuiveren van de zware metalen maar op de afbraak van de organische stoffen. Door bij het bedrijfsproces en de afvalwaterbehandeling gericht te kijken naar de zware metalen kan mogelijk een hoger rendement worden verkregen. Hierbij is mogelijk een extra zuiveringstrap nodig. Met name in de Kempen waar de zink- en cadmiumproblematiek hoog is, is dit van belang. Als volgens de beschikbare technieken een betere zuivering mogelijk is kan een aanscherping van de lozingsvergunningen voor de RWZI's plaats vinden.

Het afstromend hemelwater van het verhard oppervlak neemt veel verontreinigingen mee. Dit zijn zowel de atmosferische depositie, de afzet door verkeer in bebouwd gebied, door bouwmaterialen etc. Vooral door het grootschalige gebruik van gemengd rioolstelsel is de lozing via de overstorten hoog. De rioolssystemen komen snel tot overstort en het relatief schonere hemelwater wordt gemengd met het afvalwater. Bij gebruik van een (verbeterd)gescheiden rioolstelsel kan het kwalitatief goede water (van daken, etc.) worden gescheiden van het afstromend water van wegen en het overige afvalwater. Hierdoor kan de lozing worden verbeterd of kunnen alternatieven als 'nazuivering' makkelijker worden gerealiseerd.

### Verbetering van de kwel

De kwel uit het gebied is beïnvloed door de grootschalige verontreiniging van het oppervlak. Aan deze verontreiniging kan weinig worden gedaan. Het Umicoreterrein is echter een uitzondering hierop. Dit terrein is sterk verontreinigd en in grote delen van het terrein zijn nog geen grondwaterbeschermende maatregelen getroffen. Door de hoge concentraties heeft de kwel naar de omliggende watergangen (Eindergatloop) een groot effect op de oppervlaktewaterkwaliteit. Door het grondwater af te pompen en te zuiveren voordat het geloosd wordt kan de lokale verontreiniging vanuit het Umicore-terrein worden beperkt.

### Saneren van waterbodems

In deze studie is duidelijk geworden dat door het erosieve karakter van de beeksystemen de waterbodems slechts beperkt verontreinigd zijn. Alleen als uit onderzoek blijkt dat een locatie zwaarder verontreinigd is dan verwacht mag worden is sanering een optie. In de eerste plaats gaat het dan om bestaande zandvangen waarin ouder en vervuild sediment aanwezig is. In de tweede plaats betreft het de sedimentatiegebieden stroomopwaarts van structuren (stuwen, watermolens) waar het sediment zich in de afgelopen decennia heeft opgehoopt.



### Afvangen van verontreinigingen in transportfase

In deze studie is gebleken dat de verontreiniging in de opgeloste fase, gebonden aan het zwevend stof en gebonden aan minerale sedimenten in evenwicht zijn. Tevens bestaat het zwevend stof, waar de verontreiniging aan zit, grotendeels uit organisch materiaal dat nauwelijks bezinkt. Hierdoor is het niet mogelijk om met zandvangen grote delen van de verontreiniging af te vangen. Desondanks kan het tactisch inzetten en aanleggen van zand- of slibvangen van belang zijn om de verontreiniging niet af te wentelen. Het saneren van waterbodems stroomopwaarts van structuren in combinatie met het creëren van nieuwe sedimentatiegebieden kan effectief zijn.

De aanleg van slibvangen zal, zoals uit de stoffenbalansen blijkt, effectiever zijn dan zandvangen. Dit gezien de minimale binding van cadmium en zink aan de minerale deeltjes, en met name zand. Een zandvang kan wel zeer effectief zijn als in de watergang nog zinkasdeeltjes voorkomen.

### Onbekende bronnen

De stoffenbalansen tonen aan dat er mogelijk nog een onbekende bron van cadmium en zink in het gebied is. Met name bij het schone watersysteem van de Beekloop-Keersop lijkt er een discrepantie te bestaan tussen de aanvoer en afvoer van verontreinigingen (afvoer is ca 2 keer groter dan de geïdentificeerde verontreinigingsbronnen). Uit de analyses van de haarvaten blijkt dat hier nog veel verontreiniging ligt opgeslagen. Het is niet mogelijk gebleken om met de huidige kennis deze bron van verontreiniging te kwantificeren. Hiervoor is aanvullend onderzoek nodig. De water(bodem)kwaliteit van de haarvaten in aanmerking nemende is deze bron groot en kan deze langdurig cadmium en zink blijven naleveren. Om dit te beperken kunnen preventieve maatregelen in het haarvatenstelsel worden genomen. Hierbij hebben de maatregelen tot doel te voorkomen dat de verontreinigde bodem in de watergangen komt en/of verontreinigd sediment op haarvat niveau af te vangen. Dit kan b.v. door aanleg van een slibvang aan het einde van een agrarisch slotenstelsel, waar de verontreiniging wordt afgevangen voordat deze op de hoofd/zijwatergangen loost.

## 7 Conclusie en aanbevelingen

In deze studie zijn nieuwe gegevens verzameld en veel gegevens voor het eerst gecombineerd. Door de beeksystemen integraal te benaderen zijn nieuwe inzichten ontstaan en kunnen maatregelen gericht worden ingezet. Om de resultaten overzichtelijk te presenteren zijn deze geclusterd in categorieën.

### 7.1 Hydrologische karakterisering van de beeksystemen

Hieronder worden de resultaten puntsgewijs gepresenteerd:

De beeksystemen zijn grondwater afhankelijk en reageren niet snel op neerslag. Door de hoge infiltratiecapaciteit van de bodem is de oppervlakkige afstroming laag en bestaat het grootste deel van de afvoer uit kwel. Pas als de grondwaterbuffer gevuld raakt neemt de afvoer in het beekstelsysteem toe. Extreme afvoeren treden pas op na langere regenperiodes en zijn het gevolg van extreme regenbuien. Dit gedrag wordt in de waterbalans teruggevonden.

In de waterkwaliteit komt de invloed van de lokale en grotere grondwatersystemen duidelijk naar voren. In de winter is de grondwaterstand hoog en leveren de lokale grondwatersystemen een belangrijke bijdrage aan de beekafvoer. Dit is terug te vinden in de beekafvoer vanwege de hoge zinkconcentraties (> 150 µg/l zink). In de zomer valt de bijdrage van de lokale grondwatersystemen stil en hebben de intermediaire en regionale grondwatersystemen het belangrijkste aandeel. De waterkwaliteit van dit grondwater is beter, wat zichtbaar wordt in de beek door lage zink- (ca 40 µg/l) en cadmiumconcentraties (< 1 µg/l).

De lozingen op de beeksystemen vanuit de RWZI's zijn groot ten opzichte van de beekafvoer. Ter hoogte van Neerpelt, na de RWZI Overpelt bestaat de basisafvoer van de Dommel zelfs voor 42 % uit effluent.

De beeksystemen hebben alle drie een erosief afvoerregime en slijten hun bedding langzaam in de zandgronden. De erosie bedraagt ca. 0,5 cm per jaar en is hiermee een belangrijke bron voor sediment. Dit heeft tevens tot gevolg dat in alle drie de beeksystemen de sedimenten in de waterbodem schoner zijn dan de onderliggende formatie.

De Beekloop-Keersop is de minst verontreinigde beek van de 3 beken. Er vindt geen lozing van verontreinigd water plaats en de waterkwaliteit wordt bepaald door de kwaliteit van het instromende grondwater. Het lijkt er op dat de water- en waterbodemkwaliteit niet verder zal toenemen. Het verschil in kwaliteit tussen de Beekloop en de Keersop wordt veroorzaakt door de gebruiksfuncties van het omliggende gebied. De kwaliteit van de beek kan hiermee als referentie dienen voor omliggende beken in Brabant en Vlaanderen.

### 7.2 Bronnen

Hieronder worden de resultaten puntsgewijs gepresenteerd:

De (lokale) grondwaterstroming vormt voor zowel zink als cadmium de belangrijkste natuurlijke bron in het gebied. Het is mogelijk onderscheid te maken tussen de lokale ondiepe grondwaterstroming met een hoge zink en cadmium concentratie die in de stroomopwaartse uiteinden optreedt en de schonere intermediaire grondwaterstroming meer stroomafwaarts.

De RWZI's vormen een grote niet natuurlijke bron voor zink. In de Dommel zijn de lozingen goed te traceren (17 % van de totale zinkvracht). In de Tongelreep-Warmbeek (17 % van de totale zinkvracht) is de lozing niet terug te vinden in de meetanalyses. Behalve de lozing door de RWZI's vormt ook de rioolwateroverstort tijdens extreme neerslag een belangrijke bron voor zink (7 tot 10 %).

Umicore is de grootste industriële bron voor cadmium en zink. Als ook de grondwaterinstroom vanaf het Umicore-terrein wordt meegeteld dan vormt Umicore de grootste bron voor zowel zink (42 %) als cadmium (70 %) in het beekstelsysteem van de Dommel.

De resuspensie van waterbodemmateriaal is voor het gehele studiegebied de één na grootste bron van zink en cadmium. Het vrijkomen van de zware metalen is inherent aan het erosieve karakter van de beeksystemen.

De verontreinigingen worden afgezet op inundatievlakken en in zand- of slibvangen. De afzetting in de zand- en slibvangen lijkt zeer omvangrijk maar wordt sterk bepaald door de historische verontreiniging. Zeker in kleinere zandvangen is in de huidige situatie niet veel waterkwaliteitsverbetering te behalen. Het sediment dat zich momenteel in de beeksystemen bevindt is niet ernstig verontreinigd en dit zal de komende jaren nog verder afnemen.

De grondwaterinstroom en de resuspensie van de waterbodems bepalen de achtergrondconcentratie van de beeksystemen. In de huidige situatie wordt de waterkwaliteit in de Dommel, de Beekloop-Keersop en de Tongelreep-Warmbeek voor cadmium voor resp. 30 %, 99 % en 98 % en voor zink voor resp. 38 %, 92 % en 73 % door de 'achtergrondconcentraties' bepaald.

De aanpak van lozingen vanuit de RWZI's kunnen nog leiden tot waterkwaliteitsverbeteringen. Met name de Dommel is nog sterk beïnvloed door lozingen vanuit de industrie en RWZI's. Bij een afname van de RWZI lozingen met 80 % is de kwaliteitsverbetering voor zink voor de Dommel en de Tongelreep-Warmbeek resp. 13 % en 14 %.

Een beperking van de lozing van Umicore heeft direct een groot effect op de waterkwaliteit van de Dommel. Bij een afname van de vracht vanuit de waterzuivering met eveneens 80 % is de kwaliteitsverbetering voor zink en cadmium respectievelijk 9,5 % en 32 %. Het terugbrengen van de grondwaterinstroom vanaf het Umicoreterrein met 80 % leidt tot een verdere vermindering van de vracht voor zowel zink als cadmium met 24 %.

De Beekloop-Keersop voldoet voor cadmium aan de MTR waarden. De Beekloop voldoet ook voor zink aan de MTR.

De Tongelreep-Warmbeek voldoet voor cadmium aan de MTR waarden. De zinkconcentratie neemt af naar het noorden. Ten noorden van het kanaal Bocholt-Herentals is de zinkconcentratie 1 – 2 keer de MTR waarde.

Stroomopwaarts van de Umicorefabriek voldoet de Dommel aan de MTR voor cadmium. Na samenkomst met de Eindergatloop blijft de cadmiumconcentratie hoog (5 tot 25 keer MTR waarde). De Dommel voldoet nergens aan de MTR-waarde voor zink. De zinkconcentraties variëren tussen 2 en 35 keer de MTR waarde voor zink.

### 7.3 Transportprocessen

Hieronder worden de resultaten puntsgewijs gepresenteerd:

Het vuiltransport gebeurt voor een groot deel in de opgeloste fase en gebonden aan zwevend stof. In deze studie is tevens duidelijk geworden dat het cadmium en zink vooral aan het organisch stof gebonden is en nauwelijks aan het minerale deeltjes. Van de totale verontreiniging bevindt 80 – 90 % zich in de opgeloste fase of gebonden aan zwevend stof. Het transport via het grof zwevend/salterend stof vormt slechts 10-20 % van de totale uitgaande vracht.

Omdat organisch zwevend stof nauwelijks bezinkt resulteert dit in een zeer snelle doorstroom van de verontreinigingen door het beekstelsel. De verontreiniging wordt in een periode van 18 – 36 uur afgevoerd naar de rand van het studiegebied bij Eindhoven.

Het erosieve karakter van de beken beperkt de afzetmogelijkheden van nieuw verontreinigd sediment. Zodra sediment in transport komt wordt het organisch zwevend stof uitgespoeld en blijft een schonere waterbodem over. Dit wordt bevestigd door de meetanalyses. Het vuilere organische materiaal komt niet tot bezinking. Er vindt dan ook een continu proces van kwaliteitsverbetering plaats. Dit betekent effectief dat de beeksystemen schoner worden.

Stroomopwaarts van enkele structuren zijn hoge concentraties zink en cadmium gevonden. Deze hoge concentraties kunnen niet gerelateerd worden aan het organisch materiaal. Mogelijk speelt de aanwezigheid van zinkasdeeltjes hier een rol. Als zinkasdeeltjes voorkomen is dit op deze locaties mogelijk omdat het sediment hier voor lange tijd ligt en deze deeltjes de resten zijn van een historische verontreiniging.

De zink- en cadmiumvrachten berekend op basis van de afzetting in de Klotputten en de Vleut zijn veel hoger dan verwacht op basis van de stofvrachten in de huidige situatie. De zandvangen laten duidelijk een ander stofvracht regime zien, een historische situatie waarin de stofvrachten enkele malen hoger waren. In hoeverre er zinkasdeeltjes een rol spelen in de zandvangen is niet duidelijk geworden.

## 7.4 Maatregelen

Hieronder worden de resultaten puntsgewijs gepresenteerd:

Vanwege het grote vrachttransport in de opgeloste en de zwevend stoffase zijn veel maatregelen niet effectief. Uitzondering hierop zijn de brongerichte maatregelen en het verwijderen van historische verontreinigingen. Deze laatste met name om te voorkomen dat de verontreinigingen opnieuw vrij kunnen komen. De vermindering van de verontreinigingsbronnen heeft een direct effect op de kwaliteit van het beekstelsel. De voorkeur gaat daarom uit naar het verbeteren van de zuiveringstechnieken voordat het verontreinigde water geloosd wordt.

Bij de rioolstelsels is nog een waterkwaliteitsverbetering te behalen door de vuile en schone waterstromen beter te scheiden door middel van het slim inzetten van (verbeterd) gescheiden rioolstelsels.

Met de inzet van zand- en slibvangen kan de waterkwaliteit beperkt verbeterd worden. De grootste verbetering is te verwachten van slibvangen waarin de bezinkbare organische deeltjes kunnen worden afgevangen.

## 7.5 Kennislacunes

Hieronder worden de resultaten puntsgewijs gepresenteerd:

De gebruikte gegevens zijn beperkt. Pas in de laatste jaren worden gestructureerd metingen in het gehele gebied uitgevoerd. Door de soms nog beperkte meetreeksen en de grote variatie in de parameters kunnen fouten in de stoffenbalans optreden. Een goede afstemming van de meetinspanningen tussen Nederland en Vlaanderen als ook de meetmethodes, frequentie en analysemethodes kunnen leiden tot nauwkeuriger stoffbalansen in de toekomst.

Er is weinig kennis over het gedrag van de verontreinigingen in de haarvaten. Deze potentiële bron van verontreinigingen is niet opgenomen in de stoffenbalans. Inzicht in het gedrag van de haarvaten is mogelijk van belang om de stoffenbalansen sluitend te maken.

Er is weinig kennis van het gedrag van de overstorten, het overstortvolume en de kwaliteit van het overstortwater. Gezien het belang van deze bron is meer inzicht hierin nodig. Het is belangrijk meer inzicht te krijgen voordat er gedacht wordt aan aanpassing van de rioleringsystemen.

De grondwateraanvoer van verontreiniging vanaf het Umicore-terrein is slecht bekend. De huidige ramingen zijn gedaan op basis van de waterkwaliteitveranderingen in de Dommel. Onderzoek kan bepalen of deze verontreinigingsbron kan worden aangepakt en/of beïnvloed.



## Bijlagen

## Bijlage 1

### Bouwstenen

Nr.	Beschrijving
<b>Directe bronnen</b>	
1	Zinkassen uitspoeling
2	Directe lozingen Umicore
3	Overige directe lozingen
4	Landbouw
5	Afstroming van verhard oppervlak landelijk gebied
6	Atmosferische depositie
<b>Indirecte bronnen</b>	
7	Oppervlakkige afspoeling van bodems
8	Afspoeling bevoeiing en beregening landbouw
9	Afstroming hemelwater stedelijk verhard oppervlak
10	Sedimentatie en resuspensie op inundatievlakken
11	Lokale grondwaterstroming
12	Intermediaire grondwaterstroming
*	Grondwaterinstroom van Umicore-terrein
13	Vegetatie boven waterpeil (T=1), invloed op afspoeling
14	Fytoremediatie - vegetatie wateroever
15	Slibinvang wateroever
16	Aanrijking en uitloging waterbodems
17	Sedimentatie en resuspensie waterbodems
18	Bioturbatie waterbodems
19	Kunstwerken
<b>Transport</b>	
20-21	Opgeloste stoffen aanvoer en afvoer
22-23	Fijn zwevende stof aanvoer en afvoer
24-25	Grof zwevend/salterend stof aanvoer en afvoer

*\* later toegevoegd aan de originele lijst. Heeft geen nummer.*

## Bijlage 2

### Interpretatie van de meetgegevens

Tijdens de meetcampagne en de analyse van de meetgegevens is veel discussie geweest over de interpretatie van de gegevens. In de tekst van dit rapport worden verscheidene conclusies getrokken die niet in de tekst onderbouwd worden. Hieronder zijn enkele van deze discussie/werkzaamheden kort besproken zodat u, als lezer, de gemaakte stappen kunt begrijpen en volgen.

- zwevend stof

Een algemene vuistregel voor het omrekenen van opgelost organisch koolstof (DOC) naar opgelost organisch materiaal (DOM) is:  $DOM = 2 \times DOC$ . Uit de metingen van de meetcampagne blijkt dan dat voor de meeste metingen DOM ongeveer gelijk is aan de totale hoeveelheid zwevend of opgelost materiaal. Dit betekent dat het zwevend materiaal met name organisch materiaal is.

- Bindingsvoorkeur van cadmium en Zink voor org.mat. t.o.v. minerale deeltjes

Om de inschatting te kunnen maken van de binding van Zn en Cd aan organisch materiaal tov. de binding van andere sorptie-oppervlakken (m.n. lutum en ijzerhydroxiden) zijn er zogenaamde speciatieberekeningen uitgevoerd. Hierbij is met behulp van mechanistische modellen berekend welk deel van het zink of cadmium aan welk sorptieoppervlak zit en tevens is berekend welk deel in opgelost vorm voorkomt. Deze berekeningen zijn uitgevoerd voor zowel het zwevend stof als de bezinkbare deeltjes. Als input voor de berekeningen zijn de resultaten van de eerste meetcampagne gebruikt. De resultaten van de tweede en derde meetcampagne zullen geen verschillen in berekeningsuitkomsten geven.

Uit de berekeningen voor zwevend stof blijkt dat Cd en Zn voor 20-60% in de vrije opgeloste vorm voorkomen en dus voor 40-80% gebonden zijn aan zwevend of opgelost stof. Hierbij geldt dat het cadmium nagenoeg alleen aan organisch materiaal wordt gebonden en zink voor 95-100% (0-5% aan klei). De berekende verdeling tussen opgeloste vorm en gebonden aan zwevend stof komt aardig overeen met hetgeen gevonden is in de metingen.

Voor de speciatieberekeningen van bezinkbare deeltjes volgt dat de berekende concentraties in oplossing op basis van de gehalten zware metalen aan de bezinkbare deeltjes goed overeenkomen met de gemeten concentraties in de metingen van het oppervlaktewater. Uit de berekeningen blijkt echter wel dat naast sorptie aan organische stof ook sorptie aan ijzerhydroxides een belangrijke rol speelt bij de binding van zink en cadmium.

- Normalisatie op organisch stof:

Omdat de zink en cadmium net name binden aan organisch materiaal is het te verwachten dat er dan ook een relatie bestaat tussen het organisch stofgehalte van een monster en het zink- of cadmiumgehalte. Dit blijkt ondermeer indien gekeken wordt naar de gehalten zink en cadmium in sediment en in zwevend stof. De gehalten in het sediment zijn veel lager dan de gehalten aan het zwevend stof. Indien echter de gehalten in het sediment worden genormaliseerd op organisch stof komen de waardes qua orde-grootte overeen. Dit geldt zowel voor de hoofdwaterlopen als voor de haarvaten.



- Relatie poriewater en grondwater concentraties:

Uit een vergelijking van de concentraties in het grondwater met de concentraties in het porievocht en de concentraties in het bovenliggende oppervlaktewater blijkt dat bij meetpunt 2 er hoge concentraties in het grondwater worden gemeten. Dit geeft aan dat de hoge concentraties in het porievocht afkomstig kunnen zijn via instroom uit het grondwater. Voor meetpunt 4 lijkt er een redelijk evenwicht te zijn tussen concentraties in het grondwater, porievocht en opp.water. Voor meetpunten 5 en 6 zijn er geen poriewatermetingen, maar lijken de concentraties in grondwater en opp. water redelijk overeen te komen.

- De redoxtoestand van het sediment:

Uit metingen van redoxparameters in het sediment volgt dat er relatief hoge concentraties ijzer ( $\text{Fe}^{2+}$ ) en zwavel ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) worden aangetroffen. Dit betekent dat er in het sediment wel ijzerreductie ( $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ ) optreedt, maar geen sulfaatreductie ( $\text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{S}^{2-}$ ). Hieruit volgt dat het niet waarschijnlijk is dat er extra zware metalen in het sediment worden vastgelegd in de vorm van slecht oplosbare metaalsulfides.

- Hogere concentraties metalen in de Klotputten:

Indien de gehalten zink en cadmium in het zwevend stof en de gehalten in de Klotputten worden genormaliseerd op organisch stof dan blijken de gehalten in de Klotputten hoger te zijn dan de gehalten in het zwevend stof. Aangezien het materiaal in de Klotputten met name materiaal is dat in eerdere periodes is afgezet, duidt dit erop dat de Dommel relatief schoner is geworden. Conform verwachting.

- Gebruik Zn-totaal en Cd-totaal in de stoffenbalansen:

In de meetcampagne is in de watermonster met name de concentratie van totaal opgelost organisch koolstof (TOC) bepaald. Dit TOC bestaat deels uit zwevend organisch materiaal en deels uit opgelost organisch materiaal. Omdat het onderscheid tussen zwevend en opgelost niet kan worden gemaakt is het ook niet goed mogelijk in te schatten welk deel van de aan TOC gebonden hoeveelheden Cd en Zn in opgelost vorm dan wel in gesuspendeerde vorm in het oppervlaktewater aanwezig. In de rapportage wordt daarom steeds de totale hoeveelheid Zn en Cd in het oppervlaktewater weergegeven en wordt de opgeloste concentratie niet apart onderscheiden.

## Bijlage 3

### Totaal vracht vanuit Umicore

#### Cadmiumconcentraties (jaargemiddelde)

	meetpunt	Debiet m3/s	2007 µg/l	2006 µg/l	2005 µg/l	2004 µg/l	2003 µg/l	2002 µg/l
Eindergat opw	96000	0,3	0,96	0,43	0,8	0,73	1,92	2,08
Eindergat afwaarts	95000	0,3	7,3	11	53	38,8	52,3	46,675
Dommel opwaarts	91900	1	0,97	0,865	0,72	0,75		1,23
Dommel afwaarts	91700	1,3	2,12	4,06	12,92			
Hageven	91000	1,3	7,87	4,04	9,15	6,37	5,88	5,88

#### Cadmiumvracht per jaar (o.b.v. meerjarig gemiddelde afvoer)

	meetpunt	Debiet m3/s	2007 kg/j	2006 kg/j	2005 kg/j	2004 kg/j	2003 kg/j	2002 kg/j
vracht Eindergatloop opwaarts	96000	0,3	9,1	4,1	7,6	6,9	18,2	19,7
vracht Eindergatloop afwaarts	95000	0,3	69,1	104,1	501,4	367,1	494,8	441,6
vracht Dommel opwaarts	91900	1	30,6	27,3	22,7	23,7	0,0	38,8
vracht Dommel afwaarts	91700	1,3	86,9	166,4	529,7	0,0	0,0	0,0
Hageven	91000	1,3	322,6	165,6	375,1	261,1	241,1	241,1

#### Cadmium vracht gecorrigeerd voor jaarafvoer

	meetpunt	Debiet m3/s	2007 kg/j	2006 kg/j	2005 kg/j	2004 kg/j	2003 kg/j	2002 kg/j
vracht Eindergatloop opwaarts	96000	0,3	9,1	4,1	7,6	6,8	17,8	28,9
vracht Eindergatloop afwaarts	95000	0,3	69,1	104,1	502,6	361,0	483,9	649,3
vracht Dommel opwaarts	91900	1	30,6	27,3	22,8	23,3	0,0	57,0
vracht Dommel afwaarts	91700	1,3	86,9	166,4	530,9	0,0	0,0	0,0
Hageven	91000	1,3	322,6	165,6	376,0	256,9	235,7	354,5
gebruikte correctiefactor (debiet t.o.v. gem debiet) bij berekening jaarvrachten					1,002396	0,983565	0,977875	1,470469

#### Berekende cadmiumvracht vanuit Umicore

	2007 kg/j	2006 kg/j	2005 kg/j	2004 kg/j	2003 kg/j	2002 kg/j	Gemid. kg/j
Umicore: lozing t.o.v. Neerpelt (91700)	47,2	135,1	499,4				227,2
Umicore: lozing t.o.v. Hageven (91000)	283,0	134,3	345,7	226,8	218,0	268,5	246,0

**Zinkconcentraties (jaargemiddelde)**

	meetpunt	Debiet m3/s	2007* µg/l	2006 µg/l	2005 µg/l	2004 µg/l	2003 µg/l	2002 µg/l
Eindergat opw	96000	0,3	183	87,1	256	81,8	325	302
Eindergat afwaarts	95000	0,3	460	409	1433	1032	1305	1079,3
Dommel opwaarts	91900	1	171	125,1	199	140,1		186
Dommel afwaarts	91700	1,3	228	206	503			
Hageven**	91000	1,3	377	202	385	308	298	298

**Zink vracht per jaar (o.b.v. meerjarig gemiddelde afvoer)**

	meetpunt	Debiet m3/s	2007 kg/j	2006 kg/j	2005 kg/j	2004 kg/j	2003 kg/j	2002 kg/j
vracht Eindergatloop opwaarts	96000	0,3	1731	824	2422	774	3075	2857
vracht Eindergatloop afwaarts	95000	0,3	4352	3869	13557	9764	12346	10211
vracht Dommel opwaarts	91900	1	5393	3945	6276	4418	0	5866
vracht Dommel afwaarts	91700	1,3	9347	8445	20621	0	0	0
Hageven	91000	1,3	15456	8281	15784	12627	12217	12217

**Zinkvracht gecorrigeerd voor de jaarafvoer**

	meetpunt	Debiet m3/s	2007 kg/j	2006 kg/j	2005 kg/j	2004 kg/j	2003 kg/j	2002 kg/j
vracht Eindergatloop opwaarts	96000	0,3	1731,3	824,0	2427,8	761,2	3006,7	4201,4
vracht Eindergatloop afwaarts	95000	0,3	4352,0	3869,5	13589,8	9603,1	12073,2	15015,0
vracht Dommel opwaarts	91900	1	5392,7	3945,2	6290,7	4345,6	0,0	8625,3
vracht Dommel afwaarts	91700	1,3	9347,3	8445,3	20670,8	0,0	0,0	0,0
Hageven	91000	1,3	15455,8	8281,4	15821,6	12419,5	11946,7	17964,8
gebruikte correctiefactor (debiet t.o.v. gem debiet) bij berekening jaarvrachten					1,002396	0,983565	0,977875	1,470469

**Berekende zinkvracht vanuit Umicore**

meetpunt	2007 kg/j	2006 kg/j	2005 kg/j	2004 kg/j	2003 kg/j	2002 kg/j	Gemid. kg/j
Umicore: lozing t.o.v. Neerpelt (91700)	2223,3	3676,2	11952,3				5950,6
Umicore: lozing t.o.v. Hageven (91000)	8331,8	3512,2	7103,1	7312,7	8940,0	5138,1	6723,0

\* Ten tijde van de berekening zijn slechts de metingen tot april 2007 bekend.

\*\* In 2007 is voor het Hageven een nieuw meetschema aangehouden (twee-wekelijks i.p.v. maandelijks).

Tevens zijn in maart en begin april extreem hoge waarden gevonden die het beeld sterk vertekenen