



Vrije Universiteit Brussel



concept

TNO-rapport

Princetonlaan 6
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T 030 256 42 56
F 030 256 44 75
info-BenO@tno.nl

Een grondwatermodel voor de Vlaamse en Nederlandse Kempen Fase 3: Scenario's

Datum	17 januari 2008
Auteur(s)	B. van der Grift, I. Joris, G. Janssen, J. Bronders, F. De Smedt, P. Seuntjens
Opdrachtgever	Actief Bodembeheer de Kempen
Projectnummer	034.79144
Rubricering rapport	
Titel	
Samenvatting	
Rapporttekst	
Bijlagen	
Aantal pagina's	70 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2008 TNO

Samenvatting

concept

Inleiding

De bodem in het Vlaamse en Nederlandse gebied van de Kempen is diffuus verontreinigd geraakt door de uitstoot van zink en cadmium van enkele lokale zinkverwerkende industrieën. Om de impact op bodem en grondwater beter te kunnen inschatten en begroten werd een grensoverschrijdend model opgesteld voor de simulatie van stoftransport in onverzadigde en verzadigde zone en uitspoeling naar het oppervlaktewater.

De studie omvatte verschillende fasen. De opbouw van het basismodel en de berekeningen voor de referentiesituatie (nulscenario) werden uitgewerkt in fase 2 (zie rapportering fase 2). De berekeningen van de autonome ontwikkeling en de maatregelen scenario's (zijnde fase 3) wordt in onderhavig rapport beschreven. De conclusies m.b.t. de evolutie en de effecten van de verontreiniging op de bedreigde objecten laten toe om een aantal finale besluiten m.b.t. de evolutie van de metaalverontreiniging in de Kempen regio te formuleren.

Autonome ontwikkeling

Bij de berekeningen voor de autonome ontwikkeling is rekening gehouden met een aantal mogelijke veranderingen die los van de verontreinigingsproblematiek, naar alle waarschijnlijkheid, zullen plaatsvinden en die een effect kunnen hebben op de verspreiding van zware metalen in het bodem-watersysteem. Deze ontwikkelingen hebben betrekking op: i) verandering in landgebruik; ii) verandering in waterbeheer en klimaat. Al de naar modelinvoer vertaalde ontwikkelingen werden vanaf 2010 in het model in rekening gebracht.

In rekening gebrachte veranderingen:

- nieuwe natte natuur in het Nederlandse deel van het studiegebied, waarvoor de bodem pH met een halve eenheid is verlaagd en het drainageniveau wordt verhoogd naar 30 cm-mv;
- mestbelasting gebaseerd op de aangepaste mestwetgeving in Nederland en Vlaanderen;
- vernatting van bestaande natuur in het Nederlandse deel van het studiegebied, waarvoor het drainageniveau wordt verhoogd naar 30 cm-mv;
- grondwateronttrekking waarvoor er in Nederland geen verandering van de huidige situatie ingevoerd werd en waarbij er voor Vlaanderen een lichte stijging geraamd werd;
- klimaat, waarbij er gerekend wordt met één van de vier KNMI'06 klimaatscenario's. Er werd geselecteerd om bij de berekening van de autonome ontwikkeling voor het meest natte scenario (scenario "W") te werken daar dit naar verwachting het grootste effect heeft op de uitspoeling van cadmium en zink naar het grond- en oppervlaktewater.

Resultaten

Grondwaterstanden:

Met behulp van de Wetspass tool werden de veranderingen in de netto grondwateraanvulling als gevolg van het veranderende landgebruik en klimaat in het autonome scenario berekend. In verreweg het grootste gedeelte van het modelgebied wordt een matige toename in de grondwateraanvulling berekend van tussen de 10 en 50 mm/jaar. Voor

grote gebieden heeft dit een stijging van de grondwaterstand in de orde van 10 tot 30 cm als gevolg.

Om inzicht te krijgen in het effect van het klimaatscenario op de verandering in grondwaterstanden ten opzichte van het verhogen van het drainagepeil in natuurgebieden is met het stromingsmodel een scenario voor de autonome ontwikkeling doorgerekend zonder het gekozen KNMI'06 scenario. Het is duidelijk gebleken dat de toename in grondwaterstanden dan veel kleiner is en alleen in Nederland plaatsvindt omdat de natuurgebieden alleen in het Nederlandse deel van het modelgebied worden vernet.

Concentraties in het bovenste grondwater (bovenste 1.5 m van de verzadigde zone):

Het is opvallend dat er zowel gebieden met een verbetering van de bovenste grondwaterkwaliteit als een verslechtering van de bovenste grondwaterkwaliteit zijn aan te wijzen. In Nederland is een verslechtering van de bovenste grondwaterkwaliteit het overheersende patroon terwijl in Vlaanderen op veel plekken een verbetering aangegeven wordt. In grotere gebieden in Vlaanderen liggen de maximale concentraties dus niet meer bovenin het bodemprofiel maar beneden de grondwaterstanden. Met andere woorden: het maximum in uitspoeling vanuit de bodem naar het grondwater al is voorbij. In Nederland is in veel gebieden de maximale uitspoeling vanuit de onverzadigde naar de verzadigde zone nog niet voorbij.

Uitspoeling naar bedreigde oppervlaktewaterlichamen:

Op basis van de modelberekeningen wordt aangegeven dat als gevolg van een toename in netto neerslag en een toename van grondwaterstanden er een toename ontstaat van de belasting van het oppervlaktewater vanuit (verontreinigd) grondwater. Op te merken valt dat door de toename in afvoer de fluxen vanaf 2010 berekend voor de autonome ontwikkeling, in de decennia daarna sterker dalen dan deze bepaald voor de referentie situatie (nulscenario). De oorzaak hiervan is dat er geen verschil is in de hoeveelheid zware metalen in de bodem in 2010 tussen de autonome ontwikkeling en het nulscenario. Bij een toename in afvoer naar het oppervlaktewater blijft er dus minder metaal in de bodem achter waardoor in de daarop volgende jaren de afvoer sneller afneemt.

Bovenste grondwaterconcentraties in natuurgebieden:

Voor een selectie van natuurgebieden wordt aangegeven dat in de Nederlandse natuurgebieden voor 2020 een toename van de cadmium- en zinkconcentratie in het bovenste grondwater (tot 1,5 m-gwsp) wordt berekend als gevolg van de autonome ontwikkeling. Dit verschilt wel behoorlijk per natuurgebied en per stof. Zo wordt in 2020 voor de Malpiebeemden een relatief forse cadmiumtoename van 10 µg/l berekend en voor zink een toename van slechts 38 µg/l. Voor de Plateaux is een cadmiumtoename van 14 µg/l berekend terwijl de zinkconcentraties afnemen met 805 µg/l. In de meeste Vlaamse natuurgebieden wordt een geringe afname van de concentratie berekend. Enkele natuurgebieden geven een forse afname. Zo neemt in het Hagerven de zinkconcentratie af van 1479 naar 533 µg/l. Dit ligt in de lijn van de effecten van de autonome ontwikkeling op de concentraties het bovenste grondwater.

Maatregelen scenario's

De maatregelen scenario's bestaan uit operationele maatregelen die specifiek gericht zijn op het beheersen c.q. verkleinen van nalevering en/of verspreidingsrisico's. Er werden drie scenario's opgesteld en doorgerekend met operationele maatregelen. Deze maatregelen werden bepaald aan de hand van het volgende:

1. Het huidige programma van ABdK;
2. Het Vlaams Actieplan Cadmium;
3. Verwijdering van zinkassenwegen.

In rekening gebrachte maatregelen

Programma ABdK: Voor het door te rekenen scenario gaat het met name om verwijdering van verwijderbare vracht zoals zinkassen en verontreinigde grond uit tuinen o.a. in de directe omgeving van de smelter te Budel.

Cadmium plan Vlaanderen: In de Noorderkempen zijn volgens het actieplan 3 sites gesitueerd waar een metaalverontreiniging in de bodem aanwezig is, zijnde Balen, Overpelt en Lommel-Maatheide. Voor alle sites is er een opsplitsing gemaakt tussen maatregelen die te maken hebben met de sanering op het fabrieksterrein zelf en de sanering van de nabije omgeving (woonwijken). Vanaf 2010 kan ervan uitgegaan worden dat de saneringsmaatregelen van de sites en de woonwijken uitgevoerd zijn. Dit betekent dat de bijdrage m.b.t. uitloog voor deze locaties niet meer zal meespelen zodat er bij de berekening van de uitloog er voor deze zones (vanaf 2010) geen uitloog meer bepaald wordt gezien deze gelijk is aan nul.

Verwijdering van zinkassewegen: Dit voor het Vlaamse deelgebied is voorzien ter hoogte van de particuliere bewoning. Er wordt aangegeven dat deze actie in Vlaanderen 20 jaar in beslag zal nemen. Voor de berekening van de uitloog (historisch) werd voor de Vlaamse zinkassewegen aangenomen dat 50% van de zinkassen binnen een straal van 10 km rond de sites verwijderd wordt. Voor de zinkassen in het Nederlandse deelgebied werd een gelijke aanpak, zijnde een verwijdering van 50 % van de gekende zinkassewegen aangenomen, maar dan voor het totale Nederlandse deelgebied. Omdat het moeilijk is rekening te houden met de dynamiek van de verwijdering, wordt in het model zowel in Nederland als in Vlaanderen met deze verwijdering gerekend vanaf 2010.

Resultaten

Grondwaterstanden

De hydrodynamische maatregelen die rond de sites voorzien zijn hebben een duidelijk effect op de grondwaterstanden in het gebied. De geplande onttrekkingen op en rondom de sites te Balen en Overpelt resulteren in een verlaging van de grondwaterstanden.

Concentraties in grondwater

Als gevolg van de sanering van de bovengrond en de verwijdering van zinkassenwegen wordt een vermindering van cadmium- en zinkuitspoeling aangetoond. De bijdrage van uitspoeling vanuit de zinkassenwegen op de totale verontreiniging van het grondwater in het gehele modelgebied is relatief gering. Maar dit heeft te maken met schaalaspecten, een relatief klein deel van het totale oppervlak in het modelgebied is momenteel bedekt met zinkassenwegen. De verwijdering van zinkassenwegen kan dus nooit een heel erg groot effect hebben op de totale regionale uitspoeling van metalen naar het grondwater. De effecten van zinkassenverwijdering zijn altijd lokaal. Dit betekent niet dat verwijdering niet belangrijk is. Uit oogpunt van blootstelling en risico's is verwijdering van zinkassenwegen wel degelijk belangrijk en noodzakelijk.

De sanering van de woonwijken "Glasfabriek" en "Balen-Wezel" nabij de site te Balen, "Cité Overpelt" en "Budel Dorplein" is in de bovenste grondwaterconcentraties terug te zien. Het effect op de concentraties in het bovenste grondwater ligt op enkele tientallen tot honderden µg/l voor cadmium en enkele duizenden tot meer dan tienduizend µg/l voor zink. Deze afname is lokaal dus aanzienlijk.

Hoewel de concentraties in het grondwater onder en rondom de sites hoog blijven hebben de grondwateronttrekkingen t.b.v. de sanering ter hoogte van de sites duidelijk een positief effect op de concentraties, de omvang van de pluimen worden kleiner en de concentraties lager. Op de locatie Balen loopt de afname in cadmiumconcentraties nabij de locaties van de onttrekkingsputten op tot boven 5000 µg/l en voor zink boven de

500000 µg/l.

Uitspoeling naar bedreigde oppervlaktewaterlichamen

Aan de hand van de berekeningen werd aangetoond dat het maatregelenpakket een groot effect heeft op de uitspoeling naar een aantal waterlopen die dicht bij de sites gelegen zijn waaronder de Eindergatloop en Molse Nete. Er wordt een sterk gereduceerde uitspoeling aangetoond. De oorzaken voor dit zijn: i) door de installatie van de grondwateronttrekkingsputten op en rondom de sites is er een afname van de grondwater afvoer naar de beken en ii) als gevolg van de onttrekking nemen de metaalconcentraties in het grondwater af waardoor de uitspoeling verminderd. Op de overige beken in het modelgebied die niet direct onder invloed van de verontreinigingspluimen onder de sites staan, wordt nauwelijks een effect berekend. De maatregelen zijn hier dan ook niet op gericht.

Conclusies

Ten aanzien van de autonome ontwikkeling kan geconcludeerd worden dat:

- De autonome ontwikkeling resulteert in een stijging van grondwaterstanden, dit is het effect van het gekozen KNMI'06 klimaatscenario en de verondieping van het drainagesysteem in natuurgebieden in Nederland naar 30 cm-mv.
- Gemiddeld wordt over het gehele modelgebied een stijging van de grondwaterstand van 14 cm berekend. Zonder het gekozen KNMI'06 klimaatscenario wordt gemiddeld een geringe daling van 0,6 cm berekend. Dit is het gevolg van de daling in grondwaterstanden rondom zandwinning bij Maatheide en de daling in grondwaterstanden als gevolg van de geraamde toename van de grondwateronttrekking in Vlaanderen die ook in de autonome ontwikkeling zijn meegenomen
- Het gekozen KNMI'06 klimaatscenario is de meest natte variant van de vier door het KNMI gepresenteerde klimaatscenario's. De andere scenario's zullen resulteren in een geringere stijging van grondwaterstanden of mogelijk zelf een daling.
- De vernatting van natuurgebieden in Nederland is voor het model geparаметeriseerd door de drainagebasis in deze te verhogen naar 30 cm-mv. Het is niet waarschijnlijk dat deze maatregel ook daadwerkelijk op deze wijze overall wordt geïmplementeerd. Dit betekent dat de gemodelleerde verandering van grondwaterstanden in werkelijkheid niet als zodanig zullen plaatsvinden.
- Als gevolg van de stijging van grondwaterstanden nemen de metaalconcentraties in het bovenste grondwater over het algemeen toe. Dit is niet het geval in gebieden waar de piek van de metaalverontreiniging in 2010 onder de grondwaterspiegel van het nulscenario ligt. In grotere gebieden in Vlaanderen is dit volgens het model momenteel het geval.
- Algemeen kan op basis van de modelberekeningen geconcludeerd worden dat als gevolg van een toename in netto neerslag en een toename van grondwaterstanden, er een toename ontstaat van de belasting van het oppervlaktewater vanuit (verontreinigd) grondwater.

Ten aanzien van de maatregelenpakketten kan geconcludeerd worden dat:

- De verwijdering van zinkassenwegen op de schaal van het gehele modelgebied een gering effect heeft op de kwaliteit van het grondwater maar lokaal wel een duidelijke verbetering betekenen. Met het toenemen van de afstand tot de site worden deze lokale verbeteringen relatief groter, het grondwater is daar immers minder verontreinigd als door de atmosferische depositie.
- De geplande grondwateronttrekkingen op de sites te Balen en Overpelt in combinatie met het stoppen van de uitlogging vanuit de onverzadigde zone een

positief effect hebben op de grondwaterkwaliteit onder en rondom de sites en een zeer positief effect hebben op de berekende metaaluitspoeling vanuit het grondwater naar de waterlopen rondom deze sites. Het is dan wel belangrijk dat het opgepompte grondwater voor lozing op het oppervlaktewater grondig gezuiverd wordt.

- De resultaten van het maatregelenscenario voor de situatie rondom de Vlaamse sites sterk afhankelijk is van de parametrisatie van de sedimentgeochemie en het direct hieraan gekoppelde sorptiemodel voor cadmium en zink

Een verbetering van de modelresultaten voor de autonome ontwikkeling en het maatregelenpakket waardoor deze meer in overeenstemming zullen komen met hetgeen in werkelijkheid is mogelijk door tijdsafhankelijk aanpassing van de modelinvoer.

Wanneer de wens bestaat om het model te gebruiken voor het dimensioneren van de onttrekkingen op de Vlaamse sites is meer detaillering in initiële concentratie en optimalisatie van metaaladsorptie onder en rondom deze sites noodzakelijk.

Inhoudsopgave

concept

1	Inleiding	8
1.1	Doelstelling modelstudie	8
2	Autonome ontwikkeling	10
2.1	Inleiding	10
2.2	Modelinvoer.....	10
2.3	Samenvatting modelinvoer Autonome ontwikkeling.....	19
2.4	Resultaten	19
3	Maatregelen scenario's	34
3.1	Inleiding	34
3.2	Het huidige programma van ABdK:	34
3.3	Cadmiumplan Vlaanderen	34
3.4	Samenvattend overzicht van de maatregelen	41
3.5	Resultaten	43
4	Evaluatie	54
5	Conclusies	Error! Bookmark not defined.
6	Referenties	68

1 Inleiding

concept

De bodem in het Vlaamse en Nederlandse gebied van de Kempen is diffuus verontreinigd geraakt door de uitstoot van zink en cadmium van enkele lokale zinkverwerkende industrieën. Deze verontreiniging is ook geconcentreerd aanwezig als lijnbron omdat er vele landelijke zinkassenwegen zijn aangelegd. Tevens zijn er een aantal hot spots die gelegen zijn ter hoogte van de terreinen van metallurgische industriële activiteiten.

Vanuit de zandige bodem (de bovenste decimeters) en zinkassenwegen logen de metalen uit naar het bovenste grondwater (1,5 m-gwsp) en verspreidt de verontreiniging zich langzaam naar het ondiepe grondwater (tussen 1,5 en 10 m-gwsp) en diepere grondwater (> 10 m-gwsp) en drainerende oppervlaktewateren. Daar waar intensieve ontwatering aanwezig is (drainbuizen, greppels en sloten) wordt de verspreiding naar het oppervlaktewater vergroot en versneld.

In het verleden zijn modelstudies verricht om de grondwaterstroming te simuleren en de verspreiding van zware metalen via het grondwater in beeld te brengen. De gedane studies waarbij ook het stoftransport met zware metalen is gemodelleerd, zijn vooral gericht geweest op het Nederlandse deel van de Kempen. Voor het onderhavige project wordt nu gevraagd om een grensoverschrijdend model op te stellen voor simulatie van stoftransport in onverzadigde en verzadigde zone en uitspoeling naar het oppervlaktewater.

1.1 Doelstelling modelstudie

Het doel van de modelstudie is om met behulp van een grondwatermodel transparant inzicht te verkrijgen in:

- de regionale grondwaterstroming (Vlaams en Nederlands deel van de Kempen),
- de daaraan gerelateerde verspreiding van zware metalen in tijd en ruimte (nu en toekomst),
- de factoren die het meest bepalend zijn voor deze verspreiding,
- het effect van mogelijke verspreiding op bedreigde objecten,
- effecten autonome ontwikkelingen (m.n. veranderingen landgebruik, waterbeheer, klimaat),
- de effecten van maatregelen om risico's van de verspreiding te verkleinen.

De modelstudie is gefaseerd uitgevoerd. Fase 1 betreft de inventarisatie van data en het opstellen van conceptuele modellen. Fase 2 is de ontwikkeling van het modelinstrument inclusief het opstellen en doorrekenen van een nulscenario. In Fase 3 worden scenario's voor autonome ontwikkeling en maatregelen opgesteld en doorgerekend.

Dit rapport beschrijft de resultaten van Fase 3 van het project. In deze fase worden scenario's opgesteld, met het modelinstrumentarium doorgerekend en de resultaten beschreven.

Dit rapport bouwt voor op de rapportage van Fase 2 van dit project. De rapportage van fase 2 beschrijft de opzet van het model, alle gebruikte data en de wijze waarop de data tot modelinvoer is verwerkt. In dit rapport is tevens een nulscenario opgesteld en doorgerekend. Het beschrijft de validatie van de modelresultaten voor de bodem, het bovenste grondwater, het ondiepe en diepe grondwater en het oppervlaktewater. Het nulscenario houdt in dat de modelinvoer voor de periode 2005 – 2010 zonder verandering is voortgezet tot 2100. De resultaten van de autonome ontwikkeling en de maatregelen

scenario's in het voorliggende rapport worden beschouwd ten opzichte van de resultaten van het nulscenario. Waar nodig worden er resultaten van fase 2 in dit rapport herhaald.

Voor de scenario's is een onderscheid gemaakt tussen autonome ontwikkelingen en operationele maatregelen die specifiek gericht zijn op het beheersen c.q. het verkleinen van verspreidingsrisico's voor cadmium en zink. Het maatregelenscenario is een optelsom van de autonome ontwikkeling en de operationele maatregelen. Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving en resultaten van de autonome ontwikkeling en hoofdstuk 3 van de maatregelen scenario's. In deze hoofdstukken wordt uitgebreid ingegaan op mogelijke veranderingen die in het gebied kunnen optreden en wordt beargumenteerd welke veranderingen in het model worden ingevoerd en hoe deze veranderingen naar wijzigingen in modelinvoer worden vertaald. In een aparte paragraaf is een samenvatting gegeven van de maatregelen die in het model worden ingebracht.

De veranderingen in modelinvoer voor het autonoom scenario alsmede de maatregelen scenario's zijn allen om pragmatische redenen op één tijdstap in het model ingevoerd, namelijk in 2010. In de inleidingen van hoofdstuk 2 en 3 is deze keuze verder toegelicht.

2 Autonome ontwikkeling

concept

2.1 Inleiding

In het gebied zijn een aantal ontwikkelingen gaande die los van de verontreinigingproblematiek zullen plaatsvinden en effect kunnen hebben op de verspreiding van zware metalen in het bodem-watersysteem. Deze ontwikkelingen hebben betrekking op:

1. Verandering in landgebruik
2. Verandering in waterbeheer en klimaat

Verandering in waterbeheer heeft vooral betrekking op vergroting van de retentiewerking met als doel zowel verdroging te bestrijden als piekafvoeren te reduceren maar ook op verandering van grondwateronttrekkingen. Bij verandering in landgebruik speelt vooral de omzetting van landbouwpercelen naar natuur, eventueel in combinatie met het afplaggen van de bovengrond, of het aanleggen van nieuwe industriezones. Hieronder verstaan we echter ook effecten van generiek mestbeleid op de zware metalenbelasting van landbouwgronden.

Tijdstip implementatie autonome ontwikkeling

Verschillende veranderingen binnen de autonome ontwikkeling hebben hun eigen temporele dynamiek zowel voor implementatie van de verandering als op het effect op de verspreiding van zware metalen. Zo zullen de komende decennia landbouwgronden worden aangekocht voor omzetting naar natuur. Het effect op de bodem pH en de grondwaterstand kan echter veel langer duren. Klimaatverandering is een langjarige continue verandering. Het is binnen het huidige project niet wenselijk en tevens niet mogelijk om deze veranderingen dynamische in het model te implementeren. Dit vraagt in deze fase van de modelontwikkeling namelijk om een onevenredige tijdsinspanning met het risico dat veel aandacht wordt besteed aan modelinvoer waarvoor de uiteindelijke resultaten weinig gevoelig blijken te zijn. Alle naar modelinvoer vertaalde ontwikkelingen zullen daarom in één keer 2010 in het model worden gebracht. In een later stadium is op weloverwogen aspecten optimalisatie van dergelijke modelinvoer altijd mogelijk.

2.2 Modelinvoer

2.2.1 *Nieuwe natte natuur*

Omzetting van landbouw naar (natte) natuur heeft twee belangrijke gevolgen: een verandering in bodemeigenschappen en vaak ook een verandering in ontwatering. Het omzetten van landbouw naar natuur leidt in het algemeen tot een daling van de pH en afname van het organisch stofgehalte in de minerale bodemhorizonten. Tengevolge hiervan zal de bindingscapaciteit voor zware metalen afnemen. De afname van de pH is dominant.

Figuur 2.1 geeft de ligging van nieuwe geplande natuurgebieden. Deze zijn allen gelegen in het Nederlands deel van het studiegebied. Te zien is dat deze vaak in de beekdalen liggen. De nieuwe natuurfunctie wordt dan gecombineerd met vernatting. Bodems in beekdalen zijn van nature meer pH neutraal dan de bodems op de hooggelegen infiltratiegebieden. De verwachte pH daling zal daarom niet meer dan 0,5 pH eenheden bedragen.

In Vlaanderen bestaan er geen plannen voor ontwikkeling van nieuwe natte natuurgebieden.

Vertaling naar modelinvoer

Om de waterretentie te verhogen is in dergelijke gebieden het drainage niveau in Modflow worden verhoogd tot 30 cm beneden maaiveld en is de bodem pH in Hydrus met 0,5 pH eenheid worden verlaagd. De pH verlaging vertaalt zich in een verlaagde sorptie via de transferfuncties voor sorptie-isothermen van Römken et al. (2004). De met Modflow berekende grondwaterstand wordt weer als invoer voor Hydrus gebruikt.



Nieuwe natuur



Figuur 2.1: Nieuwe geplande natuur

2.2.2 Uitbereiding bebouwd gebied

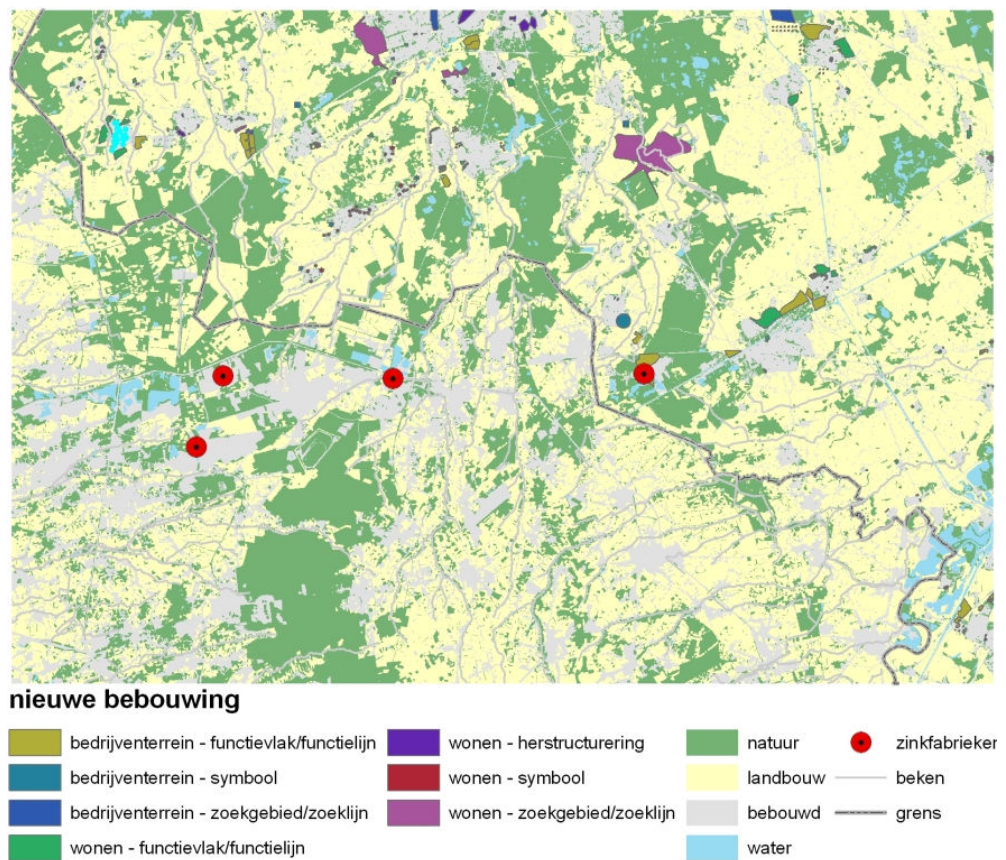
2.2.2.1 Vlaanderen

De toekomstige evolutie voor uitbereiding van het bebouwd gebied werd afgeleid aan de hand van de atlas van woonuitbreidings-gebieden (<http://www2.vlaanderen.be/ned/sites/ruimtelijk/wugatlas/index.html>). Bijlage A geeft een analyse van de te verwachten uitbereiding van bebouwd gebied volgens deze atlas. Hieruit kunnen we afleiden dat 11,2 % van de totale oppervlakte voor Antwerpen en Limburg (528953 ha) bestemd is voor woongebied (59125 ha). De verhouding voor de 26 gemeenten, gelegen in het Vlaamse deel van het studiegebied, is ongeveer gelijkwaardig (10,2%). De oppervlakte van de onbebouwde woonuitbreidings-gebieden die mogelijk nog bebouwd kunnen worden, bedraagt 4392 ha (som van de groene vakken in

Tabel 6.2 van Bijlage A). Dit is 7,43 % van de oppervlakte bestemd voor woongebied. Dus voor de 26 gemeenten wordt geschat dat 1263 ha van de onbebouwde woonuitbreidingsgebieden nog bebouwd kan worden gedurende de volgende 30 jaar.

2.2.2.2 Nederland

Plannen voor nieuwe bebouwing in Nederland zijn weergegeven in Figuur 2.2 (<http://www.nieuwekaart.nl>). Hieruit blijkt dat er nogal wat plannen zijn in verschillende aard en omvang waarvan de meeste op de rand van of buiten het modelgebied vallen. Het aantal geplande uitbreidingswijken lijkt in het gebied mee te vallen. Voor de zoekgebieden bedrijventerreinen en wonen geldt dat het nog zeer onzeker is of deze worden aangelegd. Ook blijkt dat aan aantal locaties met bestemming bedrijventerrein nu al als bebouwd gebied in het model zitten.



Figuur 2.2: Nieuwe bebouwing

Vertaling naar modelinvoer

Een toename van de bebouwing zal zeker voor Vlaanderen en Nederland aan de orde zijn. Kijkend naar het gedrag van zware metalen in de ondergrond zal de vermindering van de infiltratie van neerslagwater een potentieel effect hebben op het transport van metalen. In Batelaan en De Smedt (1996) wordt geconcludeerd dat als gevolg van de toename in verhard oppervlak zoals vermeld in het Structuurplan Vlaanderen de oppervlakkige afvoer stijgt met 10-20% en de grondwatervoeding daalt met 5-15%. Tegenwoordig is er echter een ontwikkeling gaande dat uitbreidingswijken en bedrijventerreinen qua waterbeheer steeds natuurlijker worden aangelegd. Batelaan en De Smedt (2007) melden ook dat er veel maatregelen in ontwikkeling zijn voor compensatie van het negatieve effect op de grondwatervoeding van de bestaande ondoorlatende opper-

vlakken in de toekomst groot is. Beter waterbeheer in de toekomst zal naar verwachting ook in het bestaande bebouwde gebied verminderde infiltratie deels gaan compenseren. Voor de toekomstscenario's wordt daarom netto slechts een zeer geringe reductie van de grondweraanvulling verwacht.

Bovendien blijkt uit een aantal uitloogberekeringen dat het aandeel bebouwing een gering effect zal hebben op de regionale toekomstige uitloging van zware metalen. Voor het bebouwd gebied wordt daarom voorgesteld om voor de toekomstscenario's te werken met hetzelfde bodemgebruik als gehanteerd voor de historische berekeningen in het nulscenario (met uitzondering van de nieuwe natuurgebieden in Nederland).

2.2.3 Mestbelasting

Van der Grift en Griffioen (2006) hebben op basis van gegevens over de mestwetgeving de toekomstige cadmium- en zinkbelasting van landbouwgronden berekend. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Tabel 2.1. Voor Vlaanderen is de belasting berekend bij invoering van het Mest Actieplan 2007, uitgaande van een maximale toepassing van dierlijke mest en een gelijk blijvende toepassing van kunstmest (zie Tabel 2.2). Ter vergelijking: voor het nulscenario in Nederland wordt in de periode 2002 - 2100 uitgegaan van een cadmium belasting via mest van 3 gr/ha/jr en een zinkbelasting van 2500 gr/ha/jr. Voor Vlaanderen worden uitgegaan van 2,5 gr/ha/jr en 1600 gr/ha/jr.

Tabel 2.1: Belasting landbouwgronden Nederland na invoering van het mestbeleid (Van der Grift en Griffioen, 2006)

	depositie gr/ha/jr	mest gr/ha/jr	kunstmest gr/ha/jr	overige bronnen gr/ha/jr	gewas opname gr/ha/jr	totaal gr/ha/jr
Zink	33	717	27	86	288	575
Cadmium	0.25	2.55	0.97	0.12	1.33	2.56

Tabel 2.2: Belasting landbouwgronden Vlaanderen bij invoering MAP 2007.

	mest gr/ha/jr	kunstmest gr/ha/jr	Totaal gr/ha/jr
Zink	1198	59	1258
Cadmium	1,2	0,9	2,1

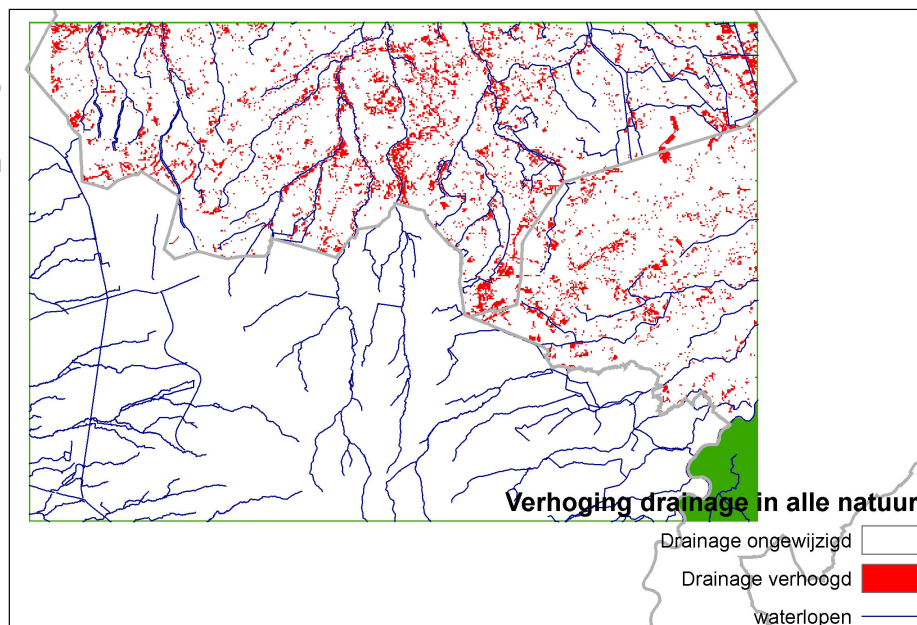
Vertaling naar modelinvoer

De totale belasting zoals weergegeven in Tabel 2.1 en Tabel 2.2 worden in Hydrus als bovenrandvoorwaarde gebruikt.

2.2.4 Vernatting bestaande Natuur

Voor veel bestaande natuurgebieden in Nederland bestaan er plannen voor vernatting. Uitgewerkte plannen voor welke maatregelen nu precies op welke locatie zijn voorzien zijn echter niet beschikbaar. Voor de autonome ontwikkeling is daarom in alle natuurgebieden in Nederland het drainageniveau verhoogd naar 30 cm-mv. Figuur 2.3 geeft een overzicht van deze gebieden.

conc



Figuur 2.3: Locatie waar voor de autonome ontwikkeling het drainageniveau in natuurgebieden wordt verhoogd naar 30 cm-mv

Vertaling naar modelinvoer

In alle natuurgebieden in Nederland het drainageniveau in Modflow verhoogd naar 30 cm-mv. De berekende grondwaterstand wordt weer gebruik in Hydrus.

2.2.4.1 *Waterberging*

Verandering in waterbeheer heeft vooral betrekking op vergroting van de retentiewerking met als doel zowel verdroging te bestrijden en piekafvoeren te reduceren. Voor zover bekend zijn er alleen in de Nederlandse provincie Noord-Brabant binnen dergelijke plannen gebieden aangewezen. Volgens de huidige reconstructieplannen (De Peel, Boven Dommel en Beerze Reusel) zijn er gebieden aangewezen als waterberginggebied.

De plannen voor de zoekgebieden zijn het minst concreet uitgewerkt waardoor het niet zeker is of deze daadwerkelijk worden aangelegd. Deze gebieden kunnen zowel een landbouw als natuurfunctie hebben of zijn aangewezen als nieuw natuurgebied. Maatregelen zullen vooral genomen worden in de in te richten waterberginggebieden. Deze veranderingen zullen echter weinig effect hebben op het gedrag van cadmium en zink in het bodem- en watersysteem. Het gaat immers om het vasthouden van water gedurende periodes van piekafvoer en niet om structurele veranderingen in het watersysteem. Er is dus een duidelijk verschil tussen waterberginggebieden en vernattinggebieden. De inrichting van waterberginggebieden wordt daarom niet meegenomen in de autonome ontwikkeling.

Vertaling naar modelinvoer

De inrichting van waterberginggebieden wordt om redenen zoals beschreven in de bovenstaande paragraaf niet meegenomen in de autonome ontwikkeling.

2.2.5 Grondwateronttrekking

2.2.5.1 Vlaanderen

In het studiegebied worden verschillende belangrijke (o.a. drinkwater) winningen aangetroffen. Deze winningen vormen een mogelijk bedreigt object. Zij zullen tevens een duidelijk effect hebben op de grondwaterstroming (zeker op een meer lokale schaal).

In Vlaanderen wordt een stijging van het grondwaterverbruik¹ verwacht. Bij de bepaling van een stijgingsritme wordt vertrokken van het totaal vergunde debiet anno 1990² en de debieten die onttrokken werden in 2000³.

Het jaarlijkse stijgingspercentage kan dan berekend worden uit:

$$Y = X + (1 + p)^n$$

$$\log Y = \log X + n \log (1 + p)$$

$$1/n \log(Y/X) = \log (1 + p)$$

voor een periode van 10 jaar:

$$Q_v2000 = Q_v1990 (1 + p)^{10}$$

$$282274214 = 264073165 (1 + p)^{10}$$

$$p \sim 0,01$$

Prognoses op middellange termijn kunnen gedaan worden met een jaarlijks stijgingspercentage in de orde van 1%. Aangenomen wordt dat het stijgingsritme ook gelijk is voor de watervoerende lagen die in het Vlaamse deel van het BeNeKempens studiegebied voorkomen. Als het stijgingsritme 1% bedraagt, zou na 25 jaar, het volume opgepompt grondwater zijn gestegen met een factor 1,28.

2.2.5.2 Nederland

Volgens Tabel 2.3 wordt in Nederland geen toename van het drinkwatergebruik verwacht (Baggelaar en Geudens, 2005). Volgens de basisprognose zal het totale drinkwatergebruik afnemen van 1152 miljoen m³ in 2004 tot 1106 miljoen m³ in 2020. Bij extreme ontwikkelingen kan het hooguit 180 miljoen m³ lager of 245 miljoen m³ hoger uitvallen. De kans op realisatie van deze twee extremen is echter zeer gering (Baggelaar en Geudens, 2005).

Omdat in Nederland een ruime meerderheid van het drinkwater uit grondwater wordt gemaakt zal de grondwateronttrekking voor drinkwaterbereiding landelijk gezien ook niet stijgen.

Brabant Water onderzoekt momenteel de mogelijkheden voor optimalisatie waterwinningen Budel, Eindhoven en Nuland (Brabant Water, 2007). Het idee is om de huidige middeldiepe winning Budel, die aan renovatie toe is en waarvan de kwaliteit van het gewonnen water niet optimaal onder andere door gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in het gebied rondom de winning te reduceren of te beëindigen. Om dan toch aan de watervraag in de regio te voldoen kan de winning Eindhoven worden uitgebreid wat dan tevens helpt bij het terugdringen van de grondwateroverlast in Eindhoven. Bij het

¹ Prognoses door Aminal i.v.m. stijgend waterverbruik, hebben vooral betrekking op drinkwater. Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt tussen het aandeel grond- of oppervlaktewater (o.a. Aminal, richtnota 92).

² Milieu- en natuurrapport Vlaanderen, 1996, Wetenschappelijke rapporten, II.4 Grondwater.

³ Gegevens AMINAL Water (nu VMM Afdeling Water)

opstellen van de autonome ontwikkeling waren deze plannen nog niet bekend en zijn daarom niet in de autonome ontwikkeling meegenomen.

Tabel 2.3: Prognose van het landelijke drinkwatergebruik, volgens drie scenario's (miljoen m³). Tevens zijn de realisaties van 2000 t/m 2004 vermeld (VEWIN-Waterleidingstatistieken).

Jaar	Totaal drinkwatergebruik		
	[miljoen m ³]		
2000	1181		
2001	1176		
2002	1168		
2003	1191		
2004	1152		
	Ondergrens	Basisprognose	Bovengrens
2010	1022	1114	1193
2015	973	1107	1266
2020	927	1106	1349

Vertaling naar modelinvoer

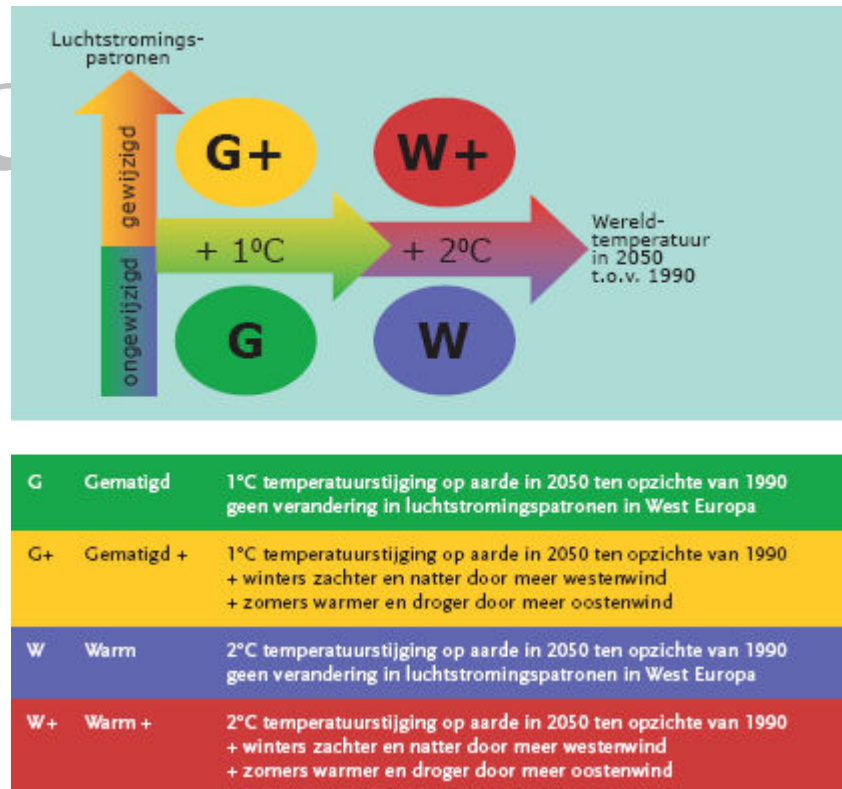
Bij de uitwerking van de scenario's voor de autonome ontwikkeling wordt voorgesteld om de prognose waarbij een toename van 1% per jaar voor het grondwatergebruik vastgesteld werd te weerhouden en dit voor de periode tot 2025. Omdat de toename van de onttrekking niet dynamisch kan worden ingevoerd wordt vanaf 2010 de totale grondwateronttrekking in Vlaanderen met een factor 1,28 te vermenigvuldigen (in Modflow)

Voor Nederland worden geen veranderingen ingevoerd.

2.2.6 *Klimaat*

Eind mei 2006 heeft het KNMI vier nieuwe algemene klimaatscenario's voor Nederland gepresenteerd (zie Figuur 2.4). Deze scenario's zijn samengesteld op basis van de meest recente resultaten van klimaatonderzoek. Voor klimaatverandering in het model wordt gerekend met dit KNMI'06 klimaatscenario.

conco



Figuur 2.4: KNMI'06 klimaatscenario's (KNMI 2007)

Tabel 2.4; Verandering in Neerslag en verdamping volgens KNMI '06 klimaatscenario's

	G	G+	W	W+
Neerslag winter	+4%	+7%	+7%	+14%
Neerslag zomer	3%	-10%	+6%	-19%
Verdamping winter	geen verandering			
Verdamping zomer	+3%	+18%	+7%	+15%

W is natste en W+ is droogste klimaatscenario. We opteren bij de berekening van de autonome ontwikkeling voor het meest natte scenario (W) omdat dit naar verwachting het grootste effect heeft op de uitspoeling van cadmium en zink naar het grond- en oppervlaktewater.

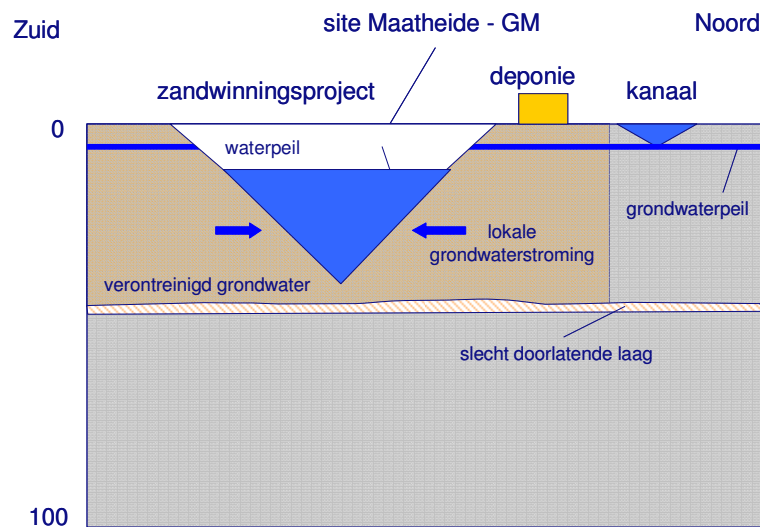
Op basis van de veranderingen in neerslag en verdamping (door veranderingen in temperatuur) berekenen we een gewijzigde grondwateraanvulling met als gevolg een gewijzigde grondwaterstand en met implicaties voor de uitloging van Cd en Zn naar het grondwater en het oppervlaktewater. Bij de stationaire hydrodynamische modelbenadering van het regionale model zal de extra neerslag in de winter voor een groot deel gecompenseerd worden door een reductie van neerslag en toename van de verdamping in de zomer.

Vertaling naar modelinvoer

De grondwateraanvulling is met Wetspass op jaarbasis berekend uitgaande van het W scenario. Deze veranderde grondwateraanvulling wordt zowel voor Hydrus (OZ) en Modflow (VZ) gebruikt.

2.2.7 Zandwinning Maatheide

Op een groot deel van de voormalige fabrieksterreinen te Maatheide werd vanaf 2005 gestart met een zandwinning (zie rapport fase 2 paragraaf 3.2.2.3). Deze activiteiten werden gestart nadat er een sanering op het terrein uitgevoerd werd. De waterplas die door de zandwinning ontstaat wordt ook gebruikt om transportwater voor het zand in de persleidingen te leveren. Een voldoende toevoer van grondwater wordt daarom vereist. Dit wordt bekomen door het waterpeil van de plas, waaruit de zandwinning gebeurt, op een peil te houden zodat een dergelijke toevoer gegarandeerd blijft. Deze toestand blijft behouden tot het einde van de voorziene zandwinning, d.i. 2040. Nadien wordt er aangenomen dat het waterpeil terug in evenwicht komt met het grondwater. Daarna wordt de grondwaterkwaliteit terug beïnvloed door de in de bodemachtergebleven vuilvrucht.



Figuur 2.5: Schematisatie zandwinning op de voormalige site te Maatheide

Vertaling naar modelinvoer

De zandwinningen werden in het Modflow model gebracht als vaste stijghoogtes. Ter plaatse van de zandwinningen werden in de betreffende lagen (10 in totaal) daarom de stijghoogtes vast gezet op de volgende waarden:

Op basis van bestaande plannen is voorgesteld de peilen in de westelijke put gelijk te stellen aan de grondwaterstand en die in de oostelijke put een halve meter dieper. Een voorwaarde was namelijk dat er een toestroming van grondwater richting de oostelijke put plaats zou vinden.

In eerste instantie zijn daarom de peilen in de westelijke put gelijk gesteld aan de berekende grondwaterstand uit het nulscenario, en die in de oostelijke put een halve meter lager. Voor de westelijke plas zijn we uitgegaan van de laagste berekende grondwaterstand ter plaatse van deze plas (deze was in de ruimte namelijk niet overal gelijk).

Na een testrun bleek dit niet te resulteren in een eenduidige toestroming van de westput naar de oost-put of überhaupt richting de gehele zandwinning. Er is daarom voor gekozen in de westput de head -0.5 m beneden bovengenoemd peil te leggen en die van de oostput daar weer 0.5 meter onder. In het scenario zit op deze manier de westelijke plas er nu met een opgelegde stijghoogte van 37.88 m in, en de oostelijke plas met een opgelegde stijghoogte van 37.38 m. Het is om te zeggen hoeveel beneden maaiveld dat is omdat dat maaiveld ter plaatse van de fabrieksplassen nogal varieert, maar grofweg is dat 2.5 m-mv voor de westplas en 7.0 m-mv voor de oostplas (volgens het AHN is het

maaiveld ter plaatse van de oostplas zo'n 4 meter hoger dan ter plaatse van de westplas. Dat maakte het verkrijgen van toestroming richting de oostplas waarschijnlijk ook lastig). Dit peil is gedurende de gehele modelrun tot 2100 aangehouden.

2.3 Samenvatting modelinvoer Autonome ontwikkeling

Tabel 2.5 geeft een samenvatting van de veranderingen als gevolg van autonome ontwikkeling die in het model zijn geïmplementeerd.

Tabel 2.5: Samenvatting implementatie autonome ontwikkeling

ontwikkeling	Maatregel	vanaf	In
nieuwe natuur	in gebieden bodem pH – 0,5; verondieping drainagesysteem	2010	Hydus/ Modflow
vernating bestaande natuur	verondieping drainagesysteem naar 30 cm-mv	2010	Modflow
uitbereiding bebouwing	Geen verandering	2010	
mestbeleid	Cd en Zn belasting volgens nieuwe mestnorm	2010	Hydrus
waterberginggebieden	Geen	2010	
grondwateronttrekking	Vlaanderen x 1,28 / Nederland geen	2010	Modflow
klimaat	Nieuw zomer en winter neerslag en verdamping volgens KNMI '06 scenario – berekening gw aanvulling met Wetspass	2010	Wetspass
zandwinning Maatheide	vaste stijghoogtes	2010	Modflow

2.4 Resultaten

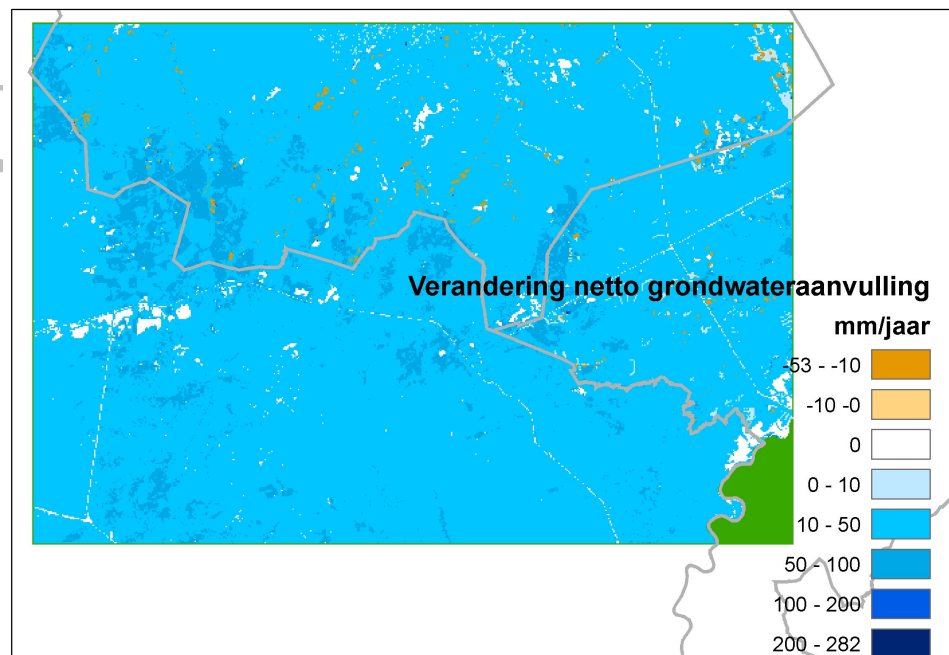
2.4.1 Grondwaterstanden

Figuur 2.7 laat de met Wetspass berekende verandering zien in de netto grondwateraanvulling als gevolg van het veranderende landgebruik en klimaat in het autonome scenario. In verreweg het grootste gedeelte van het modelgebied wordt een matige toename in de grondwateraanvulling berekend van tussen de 10 en 50 mm/jaar. Vooral in de natuurgebieden is de toename van de grondwateraanvulling groter dan gemiddeld. Dit heeft te maken met het feit dat de verdamping in deze natuurgebieden minder zal toenemen dan in landbouwgebieden. In natuurgebieden is veel van het verdamppte water afkomstig van grotere diepte dan in landbouwgebieden. Op deze diepte grijpt de in het klimaatscenario verwachte toename in de verdampingswarmte minder in dan op het water bovenin het profiel. Transpiratie neemt daardoor relatief minder toe in natuurgebieden.

Er zijn ook kleine gebieden waar de netto grondwateraanvulling afneemt in het autonome scenario. Deze zones liggen in de gebieden waar nieuwe natuur ontwikkeld wordt (voornamelijk in de beekdalen, zie figuur 2.1). Afhankelijk van het huidige landgebruik kan toenemende verdamping als gevolg van bebouwing sterk genoeg zijn om toenemende neerslag te compenseren of zelfs te overstijgen.

Voor open water is geen klimaatscenario geïmplementeerd, daar open water in het stationaire grondwaterstromingsmodel met andere randvoorwaarden is ingebracht, waar netto grondwateraanvulling geen effect op heeft.

conc



Figuur 2.6: Effect van autonome ontwikkeling op berekende grondwateraanvulling

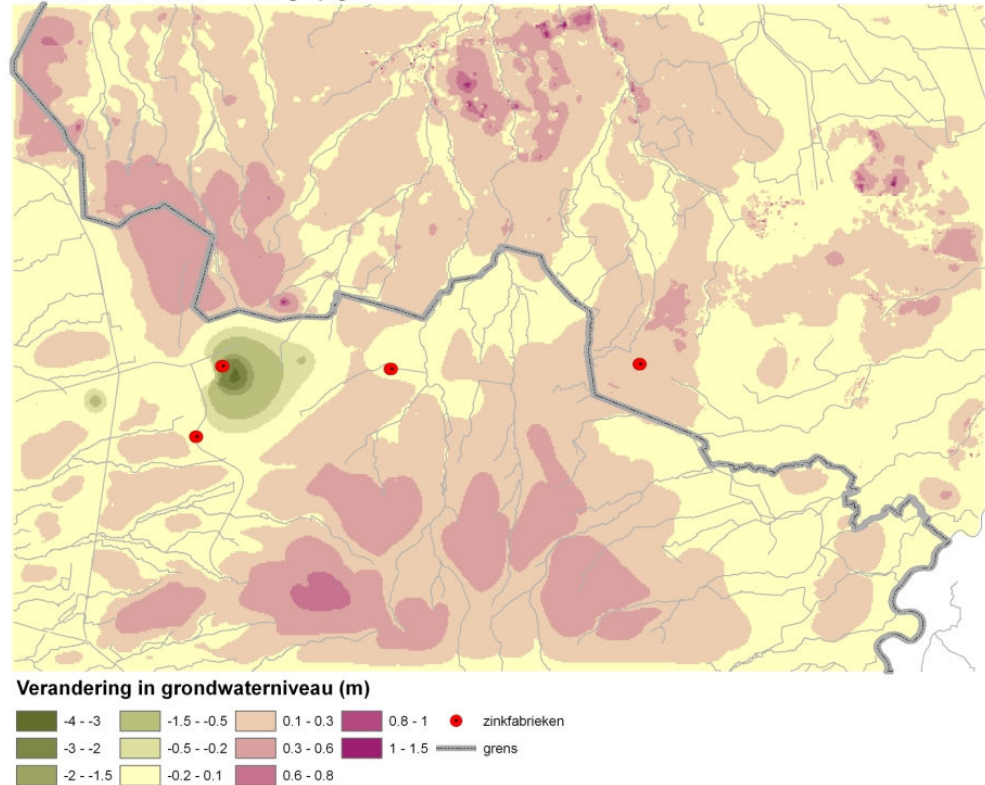
Figuur 2.7 geeft het effect van de autonome ontwikkeling op de berekende grondwaterstand. Voor grote gebieden wordt vooral als gevolg van het klimaatscenario een stijging van de grondwaterstand berekend (10 tot 30 cm). Grotere stijgingen komen ook voor. De gemiddelde stijging in het gehele modelgebied is 14 cm (inclusief de verlaging als gevolg van de zandwinning bij Maatheide). De maximale verhoging van de grondwaterstand is 1,7 meter. Uiteraard moet gerealiseerd worden dat slechts één van de vier KNMI'06 scenario's is doorgerekend en wel de meest natte variant. De andere scenario's zullen andere veranderingen in grondwaterstand tot gevolg hebben. Het W+ scenario zal bijvoorbeeld in (veel) lagere grondwaterstanden resulteren.

De aan te leggen zandwinning ter hoogte van de voormalige site te Maatheide heeft een verlaging van de grondwaterstanden als gevolg. Er wordt een maximale verlaging van 3,7 meter berekend. Uit de berekeningen blijkt dat er netto 12407 m³/d water richting de zandwinningen bij Maatheide stroomt, dit is ruim 4,5 miljoen m³/jaar, vergelijkbaar met de omvang van een flinke drinkwaterwinning. Ten westen van de zandwinning bij Maatheide is ook een geringe daling van de grondwaterstand te zien. Dit is het gevolg van de toename van de grondwateronttrekking in Vlaanderen.

Om inzicht te krijgen in het effect van het klimaatscenario op de verandering in grondwaterstanden ten opzichte van het verhogen van het drainagepeil in natuurgebieden is met het stromingsmodel een scenario voor de autonome ontwikkeling doorgerekend zonder het KNMI'06 W scenario. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Figuur 2.8. Het is duidelijk dat de toename in grondwaterstanden nu kleiner is en alleen in Nederland plaatsvindt. Dit uiteraard omdat de verhoging van het drainagepeil alleen in de Nederlandse natuurgebieden wordt ingevoerd. In plaats van een gemiddelde stijging van de grondwaterstand van 14 cm over het gehele modelgebied is er nu sprake van een geringe daling van 0,6 cm (dit is ook weer inclusief de verlaging als gevolg van de zandwinning bij Maatheide). De maximale verhoging van de grondwaterstand is nu 1,4 meter. Dit wijkt niet heel erg veel af van de maximale verhoging zoals berekend met het

klimateenario van 1,7 meter. Hieruit kan geconcludeerd worden dat grotere verhogingen van de grondwaterstand het gevolg is van de aanpassing van het drainageniveau in natuurgebieden maar dat tegelijk in grotere gebieden een geringere toename van de grondwaterstanden van één tot enkele dm wordt berekend als gevolg van het klimaat-scenario. Ook hier moet gerealiseerd worden dat de vernatting in natuurgebieden is voor het model geparameteriseerd door de drainagebasis in deze gebieden te verhogen naar 30 cm-mv. Het is niet waarschijnlijk dat deze maatregel in werkelijkheid ook op de wijze wordt uitgevoerd. Dit betekent dus een onzekerheid op de modeluitkomsten.

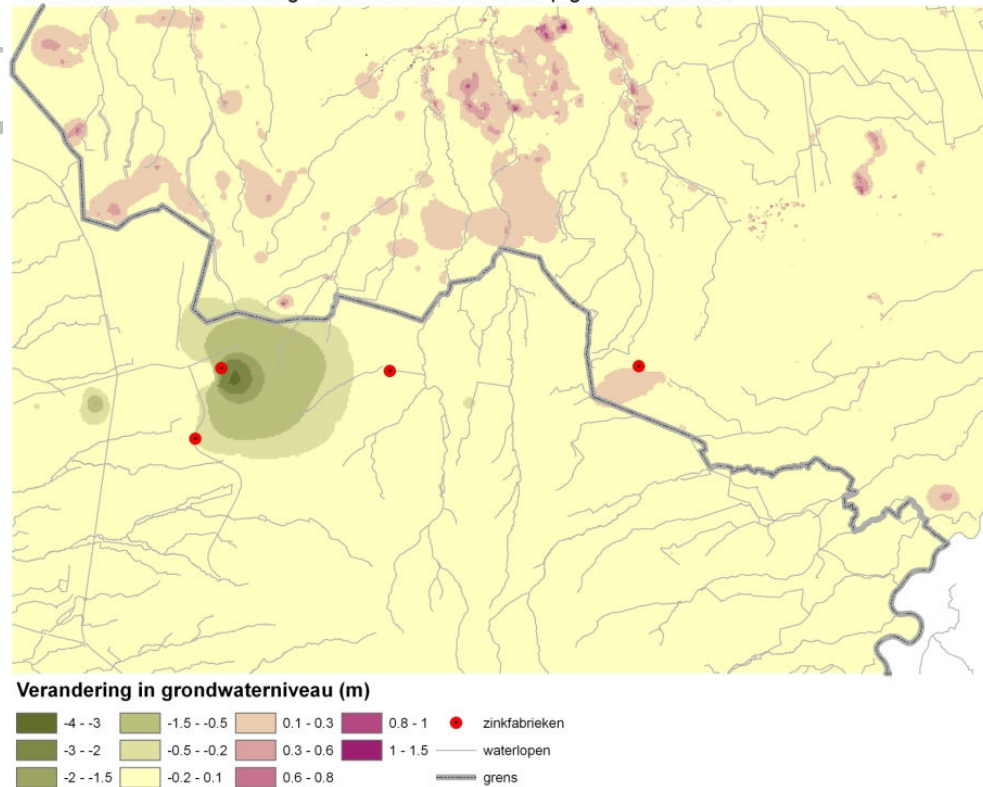
Effect autonome ontwikkeling op grondwaterstand



Figuur 2.7: Effect van autonome ontwikkeling op berekende grondwaterstand

conc

Effect autonome ontwikkeling zonder klimaatscenario op grondwaterstand



Figuur 2.8: Effect van autonome ontwikkeling zonder klimaatscenario op de berekende grondwaterstand

2.4.2 Concentraties in het bovenste grondwater

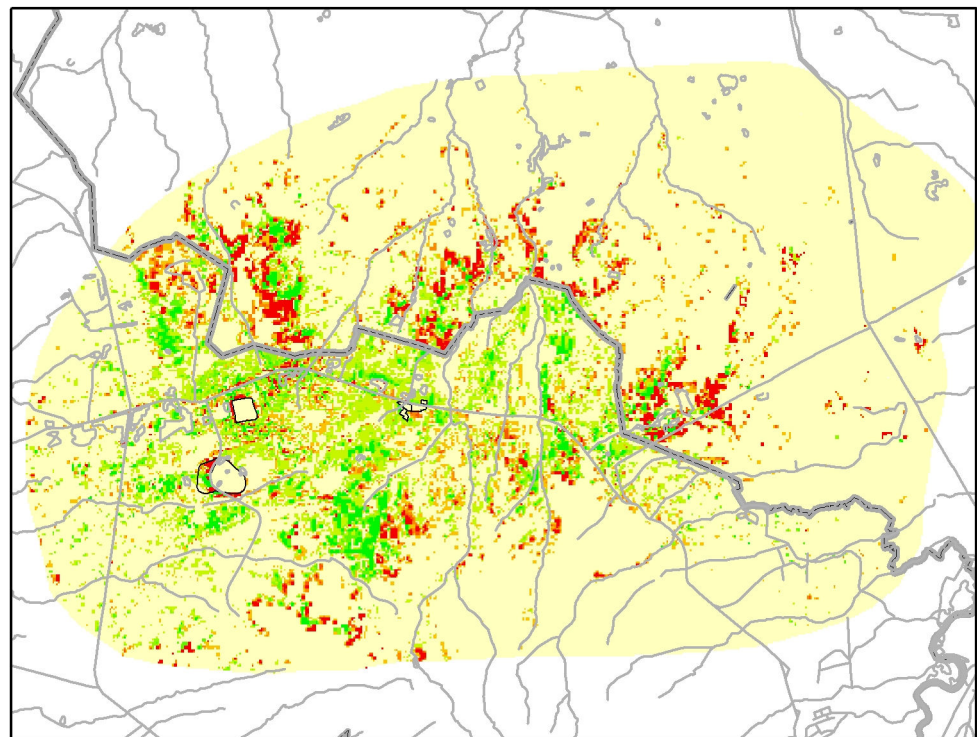
Figuur 2.9 en Figuur 2.10 geven voor cadmium en zink het effect van de autonome ontwikkeling op de concentraties in het bovenste grondwater in 2015. Onder het bovenste grondwater verstaan we de eerst 1,5 meter water in de verzadigde zone onder de grondwaterspiegel. Het is opvallend dat er zowel gebieden met een verbetering van de bovenste grondwaterkwaliteit als een verslechtering van de bovenste grondwaterkwaliteit zijn aan te wijzen. In Nederland is een verslechtering van de bovenste grondwaterkwaliteit het overheersende patroon (overwegend rode kleuren). In Vlaanderen zien we op veel plekken juist een verbetering (meer groene kleuren).

Een verklaring voor dit verschil kan gezocht worden in de plotselinge verandering van de grondwaterstand als gevolg van de autonome ontwikkeling die in 2010 is geïmplementeerd in combinatie met het concentratie-diepteprofiel van de metalen in de onverzadigde zone. Immers, op het niveau van de berekende grondwaterstand worden de metaalconcentratie uit bodemprofiel van het onverzadigde zone model als invoer voor het verzadigde zone model gebruikt. In Vlaanderen is door een combinatie van factoren (met name dominant bodemtype, afstand tot zinkfabrieken) de bodem gevoeliger voor uitspoeling dan in Nederland. In de rapportage van fase 2 is dit al duidelijk naar voren gekomen. Figuur 4.21 en 4.22 in dit rapport geven op verschillende tijdstippen de uitspoeling van metalen naar het bovenste grondwater. Het is duidelijk te zien dat de concentraties in Vlaanderen in het verleden hoger waren dan in Nederland. In grotere gebieden in Vlaanderen liggen de huidige maximale concentraties dus niet meer bovenin het bodemprofiel maar ergens beneden de grondwaterstand van het historische model

concept

(nulsceario). Met andere woorden: het maximum in uitspoeling vanuit de bodem naar het grondwater al is voorbij. Als in deze situatie de grondwaterstand stijgt, is het gevolg dat de uitspoeling vanuit bodem naar het grondwater afneemt. Hoger in het bodemprofiel zijn de concentraties immers lager. Dit heeft dus een verlaging van de concentraties in het bovenste grondwater tot gevolg.

In Nederland is in veel gebieden de maximale uitspoeling vanuit de onverzadigde naar de verzadigde zone nog niet geweest. De hoogste concentraties liggen nog boven de berekende grondwaterstand van het historische model. Dit heeft tot gevolg dat als de grondwaterstand stijgt de uitspoeling van metalen vanuit de bodem naar het bovenste grondwater toeneemt.



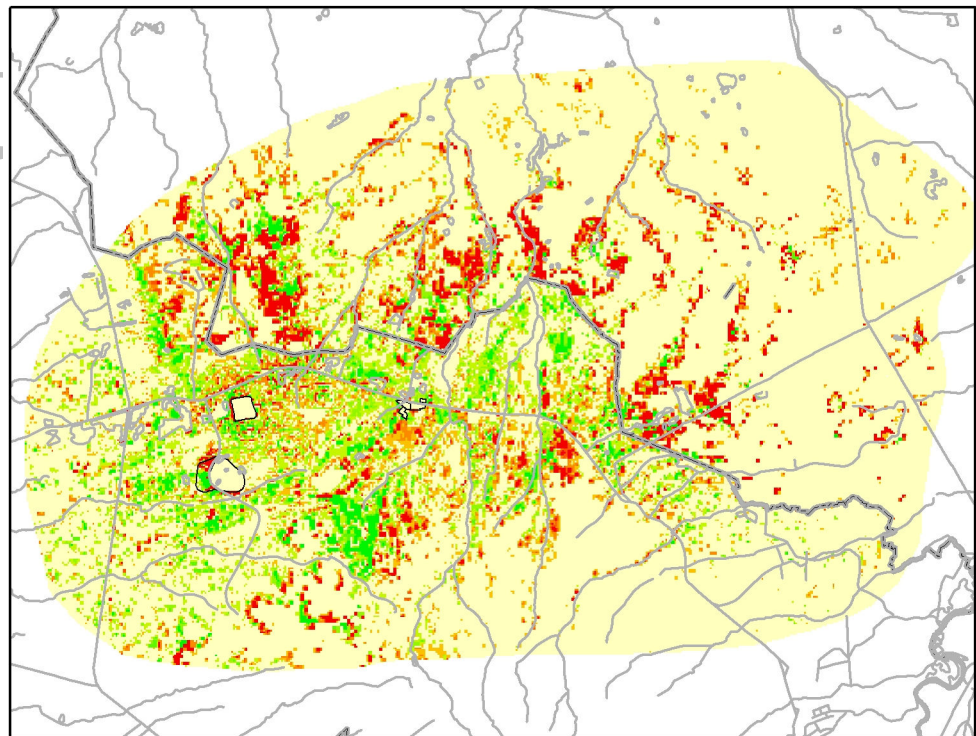
Effect autonome ontwikkeling op cadmiumconcentratie ($\mu\text{g/l}$) bovenste grondwater - 2015



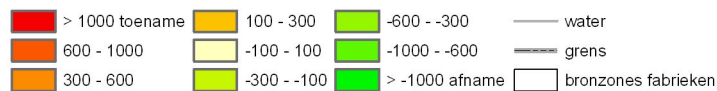
Project: Benekempen Fase 2
 Opdrachtgever: Actief Bodembeheer de Kempen & Openbare Vlaamse Afvalstoffen-Maatschappij
 Datum: Januari 2008
 Schaal: 1:425000

Figuur 2.9: Effect van het plotse starten van de autonome ontwikkeling in 2010 op cadmiumconcentraties in het bovenste grondwater in 2015

conc



**Effect autonome ontwikkeling op zinkconcentratie ($\mu\text{g/l}$)
bovenste grondwater - 2015**



Project: Benekempen Fase 2
Opdrachtgever: Actief Bodembeheer de Kempen & Openbare Vlaamse Afvalstoffen-Maatschappij
Datum: Januari 2008
Schaal: 1:425000

Figuur 2.10: Effect van het plotse starten van de autonome ontwikkeling in 2010 op zinkconcentraties in het bovenste grondwater in 2015

Tabel 2.6 en Tabel 2.7 geven de gemiddelde cadmium- en zinkconcentraties in het bovenste grondwater in Nederland en Vlaanderen volgens nulscenario en autonome ontwikkeling in 2015, vijf jaar na implementatie van de autonome ontwikkeling. Te zien is dat de gemiddelde concentraties in Nederland volgens de autonome ontwikkeling flink toenemen terwijl deze in Vlaanderen gelijk blijven of een geringe afname geven. De grootste toename, met meer dan 50% wordt in de natuurgebieden in Nederland berekend. Voor het geheel in Nederlands gelegen deelgebied berekent het model in 2015 30% toename van de cadmiumconcentratie en 45% van zinkconcentratie. De combinatie van het klimaatscenario met de verondieping van de drainage heeft hier het grootste effect. Ook is hier een beperkte invloed van pH verlaging van de bodem in nieuwe natuurgebieden. Voor het gehele in Vlaanderen gelegen deelgebied berekent het model in 2015 voor zowel cadmium als zink een afname van 3%.

Tabel 2.6: Gemiddelde cadmium- en zinkconcentraties in het bovenste grondwater in Nederland, volgens nulscenario en autonome ontwikkeling in 2015

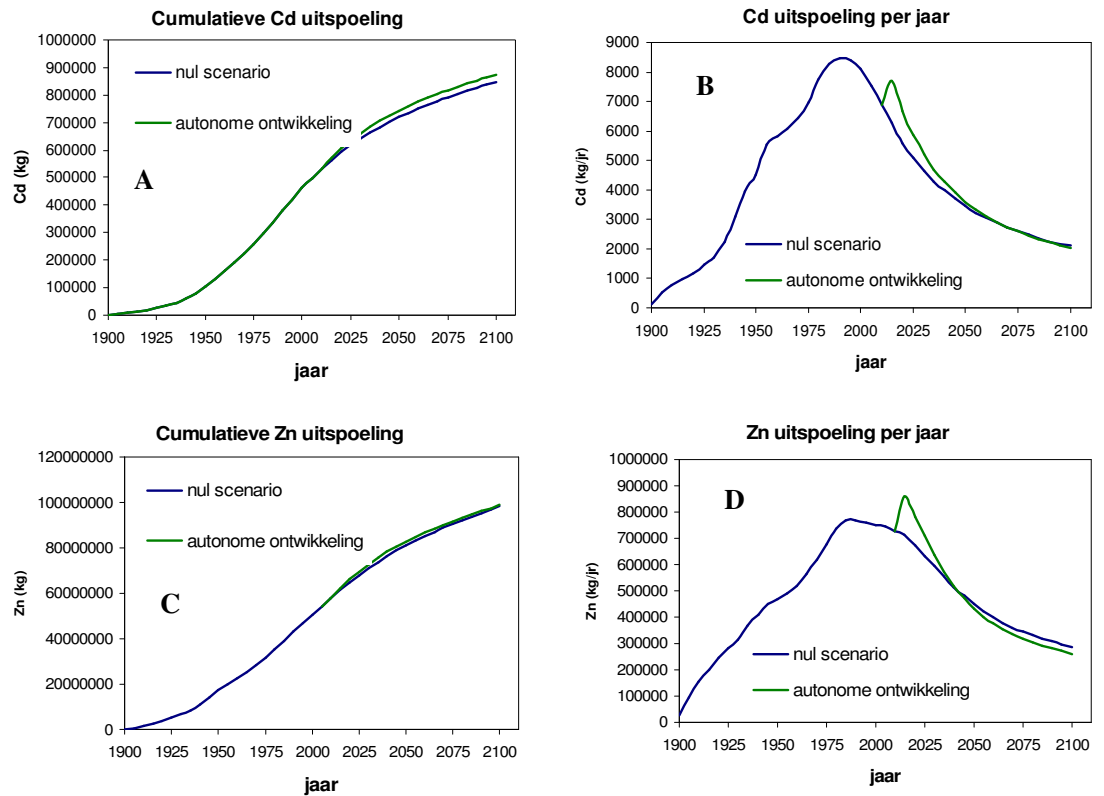
2015	nulscenario Nederland Cd (ug/l)	autonoom Nederland Cd (ug/l)	nulscenario Nederland Zn (ug/l)	autonoom Nederland Zn (ug/l)
natuur-infiltratie	11.2	17.4	960	1654
natuur-intermediar	9.3	14.1	828	1314
landbouw-infiltratie	5.9	7.3	695	997
landbouw-intermediar	7.1	7.7	800	1024
kwel	7.4	8.5	899	1317
bebouwd	5.6	6.3	451	574

Tabel 2.7: Gemiddelde cadmium- en zinkconcentraties in het bovenste grondwater (tot 1,5 m-gwsp) in Vlaanderen volgens nulscenario en autonome ontwikkeling in 2015

2015	nulscenario Vlaanderen Cd (ug/l)	autonoom Vlaanderen Cd (ug/l)	nulscenario Vlaanderen Zn (ug/l)	autonoom Vlaanderen Zn (ug/l)
natuur-infiltratie	32.9	31.5	3511	3419
natuur-intermediar	26.0	24.4	2587	2478
landbouw-infiltratie	19.1	18.5	2050	2002
landbouw-intermediar	11.3	10.8	1156	1085
kwel	7.2	6.8	801	759
bebouwd	27.8	27.4	2866	2874

Figuur 2.11 geeft het effect van de autonome ontwikkeling op de uitspoeling van cadmium en zink vanuit de bodem naar het grondwater in het gehele modelgebied. Hieruit blijkt dat er een netto toename is van de uitspoeling als gevolg van de invoering van de autonome ontwikkeling. Dit is het gevolg van de toename in netto neerslag en de hieraan gerelateerde verhoging van de grondwaterstanden. Direct na implementatie van de veranderingen in modelinvoer is dit effect het grootst. Omdat de autonome ontwikkeling in één keer is ingevoerd zal de piek zoals te zien in het Figuur 2.11 B en D in werkelijkheid niet optreden. Wel zal bij een verhoging van de netto neerslag in werkelijkheid ook een verhoging van de uitspoeling naar de beken plaatsvinden. Een jaargemiddelde verhoging van de grondwaterstand zal echter wel zeer geleidelijk gaan.

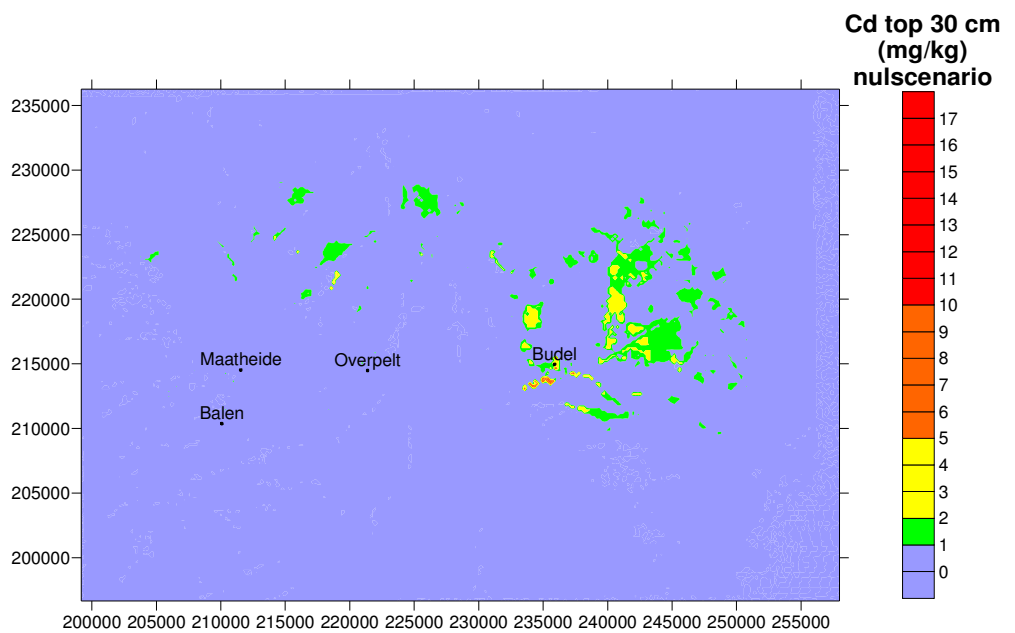
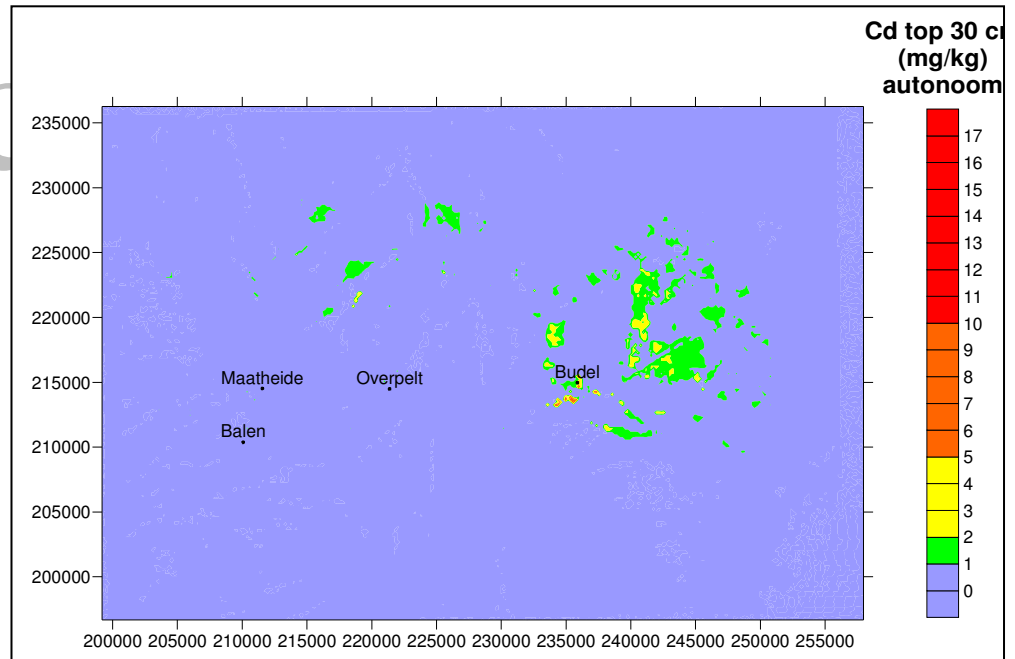
con



Figuur 2.11: Effect van het plotse starten van de autonome ontwikkeling in 2010 op totale cadmium en zink uitspoeling in het modelgebied, A als cumulatieve cadmium uitspoeling, B als uitspoeling cadmium per jaar, C als cumulatieve zink uitspoeling, D als uitspoeling zink per jaar

Het effect van de (gemiddeld gezien) verhoogde netto-neerslag is ook te zien in Figuur 2.12, waar de bodemgehalten in de bovenste 30 cm getoond worden voor Cd in 2050. Onder het autonome scenario nemen de bodemgehalten in de toplaag sneller af dan onder het nulscenario (onder het nulscenario wordt de Cd-vracht in de toplaag in 2050 begroot op 245 ton terwijl dat voor het autonoom scenario nog 223 ton bedraagt), waaruit blijkt dat niet enkel de verandering in grondwaterstand maar ook de verandering in netto-neerslag aan de basis ligt van de verhoogde netto-uitspoeling van Cd. Deze verschillen zijn voornamelijk in het Nederlandse deel van het modelgebied te zien. Voor het Vlaamse deel geldt dat de piek in uitspoeling naar het bovenste als is opgetreden (zie rapport fase 2 en de alinea's hierboven) waardoor de bodemgehalten als gevolg van de extra netto neerslag op de schaal van dit figuur niet nog extra afnemen.

conc



Figuur 2.12: Effect van autonome ontwikkeling (bovenaan) op bodemgehalten van Cd in de toplaag t.o.v. het nulscenario (onderaan) in 2050.

Uiteraard zijn de effecten van de autonome ontwikkeling op de concentratieverandering in het bovenste grondwater gevoelig de modelparametrisatie van deze autonome ontwikkeling. Hierboven is al beschreven dat de plotselinge start van de autonome ontwikkeling niet in overeenstemming is met de werkelijkheid waardoor er in werkelijkheid geen kortdurende piek in uitspoeling te verwachten valt. Daarnaast bestaat er in werkelijkheid onzekerheid over het gekozen klimaatscenario en de vernatting van natuurgebieden.

2.4.3 *Uitspoeling naar bedreigde oppervlaktewaterlichamen*

De geografische ligging van de verschillende bedreigde oppervlaktewaterlichamen zijn in weergegeven in Figuur 2.13, Figuur 2.14 en Figuur 2.15 geven de cadmium- en zinkbelasting van de bedreigde oppervlaktewaterlichamen vanuit het grondwater volgens de autonome ontwikkeling als fluxen in kg/jr. Voor vergelijking zijn ook de resultaten van het nulscenario weergegeven. In de rapportage van fase 2 zijn de huidige berekende vrachten voor verschillende beken vergeleken met gemeten vrachten. De meeste oppervlaktewaterlichamen laten een piek in uitspoeling zien op het moment van implementatie van de autonome ontwikkeling (2010 – 2015). Voor deze beken is er als gevolg van de plotselinge extra grondwateraanvulling en de hogere grondwaterstanden een netto verhoogde uitspoeling naar het oppervlaktewater. Dit geldt ook voor de geheel in Vlaanderen gelegen stroomgebieden van de Dommel tot de Eindergatloop en de Warmbeek, waar de kwaliteit van het bovenste grondwater water als gevolg van de autonome ontwikkeling in 2015 ligt is verbeterd. Wel zijn er grote verschillen tussen beken in de toename van de metaalflux vanuit het grondwater naar het oppervlaktewater. Bij de piek in 2015 varieert de toename in de cadmiumflux ten opzichte van het nulscenario tussen 16% voor de Eindergatloop en 56% voor de Kleine Dommel. Gemiddeld over alle bedreigde oppervlaktewaterlichamen ligt de cadmiumflux vanuit het grondwater naar het oppervlaktewater in 2015 volgens de autonome ontwikkeling 28% hoger dan volgens het nulscenario. Voor zink is dit 30%.

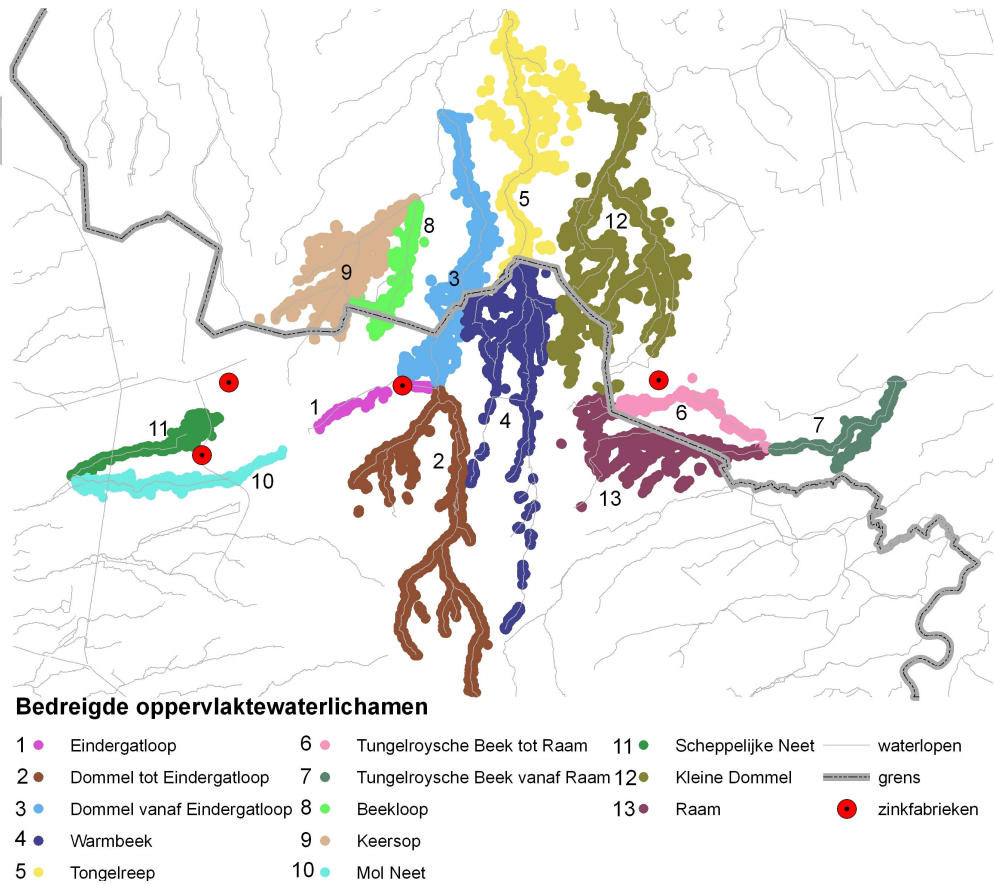
Opgemerkt moet worden dat de snelle toename en de piek van de oppervlaktewaterbelasting in 2015 het gevolg is van de plotse start van de maatregelen. Dit is dus een consequentie van de modelbenadering en komt niet één op één overeen met hetgeen in werkelijkheid te verwachten is. In werkelijkheid zal bij een toename van netto neerslag en grondwaterstanden wel een toename van de uitspoeling naar het oppervlaktewater plaatsvinden.

Door de toename in afvoer vanaf 2010 dalen de fluxen van de autonome ontwikkeling in de decennia na circa 2020 sterker dan de fluxen van het nul scenario. Voor een aantal stroomgebieden wordt de flux volgens de autonome ontwikkeling binnen het tijdstraject van de modelberekeningen (tot 2100) zelf lager dan het nulscenario. De oorzaak hiervan is dat er geen verschil is in de hoeveelheid zware metalen in de bodem in 2010 tussen de autonome ontwikkeling en het nulscenario. Bij een toename in afvoer naar het oppervlaktewater direct na 2010 blijft er dus minder metaal in de bodem achter waardoor in de daarop volgende jaren de afvoer sneller afneemt.

Ook hier moet gerealiseerd worden dat de verhoogde uitspoeling naar het oppervlaktewater voornamelijk het gevolg is van het klimaatscenario. Er is gekozen om de meest natte variant van de KNMI'06 scenario's door te rekenen om een zo duidelijk mogelijk effect op de uitspoeling van Cd en Zn naar het oppervlaktewater te krijgen. Doorrekenen van het W+ (meest droge scenario) zal een heel ander beeld opleveren, waarschijnlijk zal de uitspoeling naar het oppervlaktewater in dit geval afnemen. Daarnaast moet gerealiseerd worden dat het klimaatscenario is om praktische redenen in 2010 geïmplementeerd terwijl het voor 2050 is opgesteld.

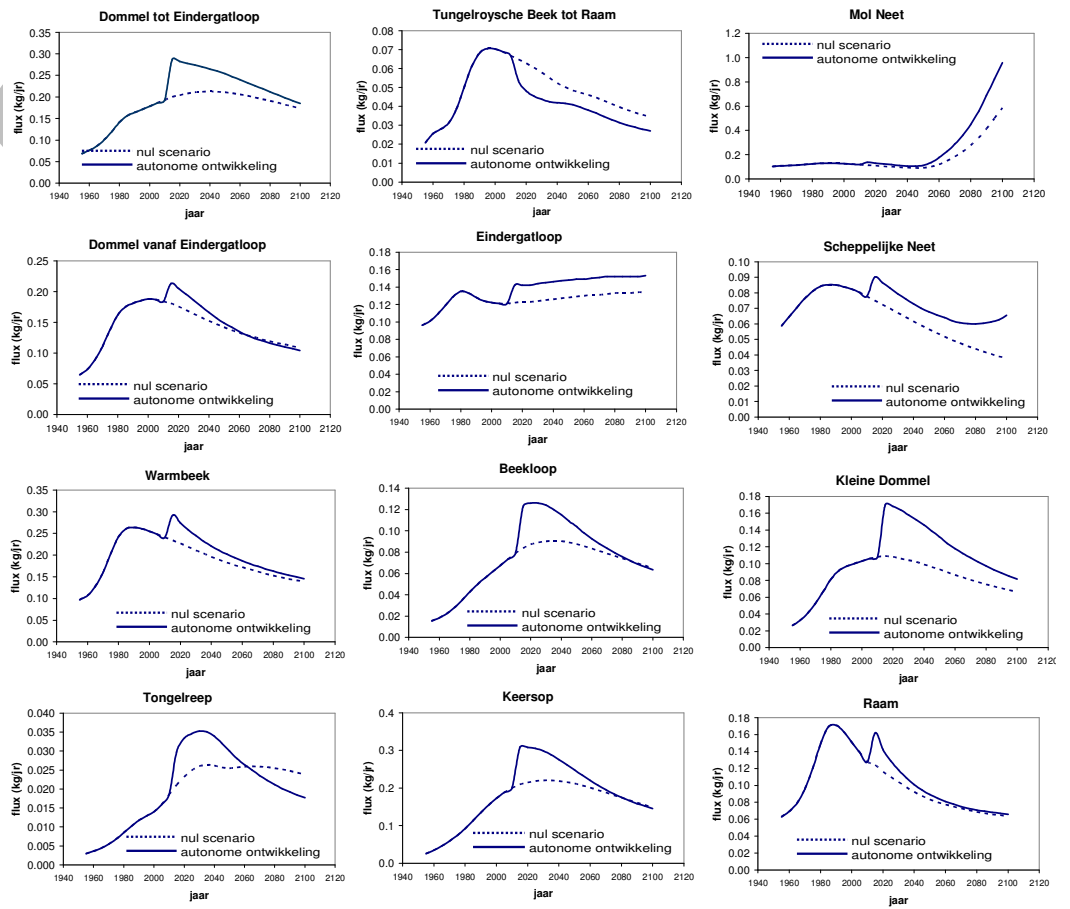
Algemeen kan op basis van de modelberekeningen geconcludeerd worden dat als gevolg van een toename in netto neerslag en een stijging van grondwaterstanden (die hieraan gekoppeld kan zijn maar ook door vernattingsmaatregelen kan worden veroorzaakt) er een toename ontstaat van de belasting van het oppervlaktewater vanuit (verontreinigd) grondwater.

con



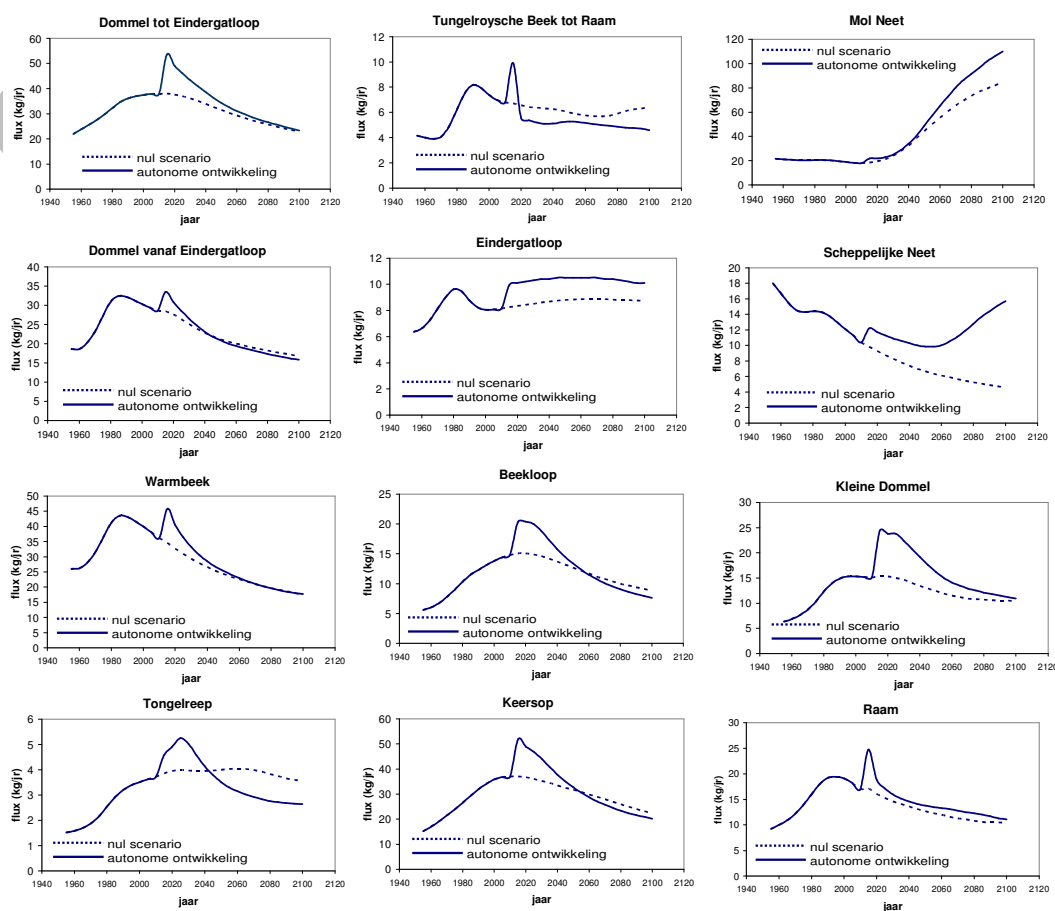
Figuur 2.13: Ligging van de eindpunten stroombanen de onderscheiden bedreigde beektrajecten

con



Figuur 2.14: Cadmiumbelasting beektrajecten vanuit grondwater als gevolg van het plotse starten van de autonomen ontwikkeling in 2010 (kg/jr)

con



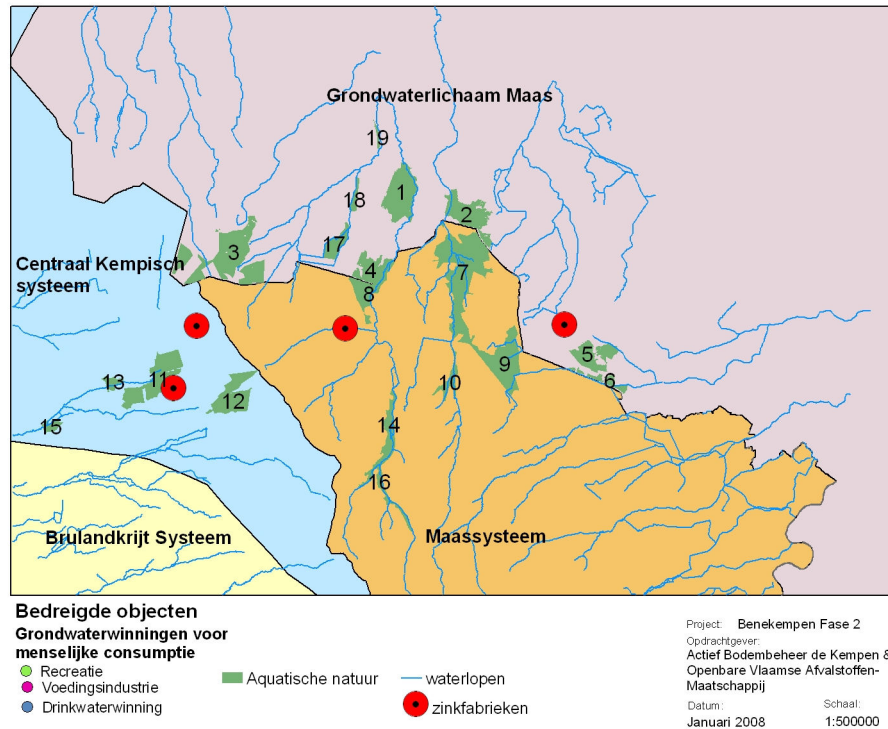
Figuur 2.15: Zinkbelasting beektrajecten vanuit grondwater als gevolg van het plotse starten van de autonome ontwikkeling in 2010 (kg/jr)

2.4.4 *Effect op natuurgebieden*

In fase 2 van dit project zijn de volgende specifieke natuurgebieden vastgelegd voor evaluatie van de modelresultaten (zie Figuur 2.16):

1. Malpiebeemden
2. Grote Heide / Gastelsche Heide
3. Rietbos / Venakkerbosch
4. De Plateaux
5. Kruispeel
6. Wijffelterbroek
7. Haarterheide / Binnenheide / Beverbeekse Heide
8. Hagerven
9. Broekkant/Lozenbos
10. Kolosbos
11. Bankei
12. Kattebossenheide
13. Berkenbossen
14. Park Heesakker/Eikelbos
15. natuurgebied
16. natuurgebied
17. Maaij
18. Koolblijks ven
19. Keersopperbeemden

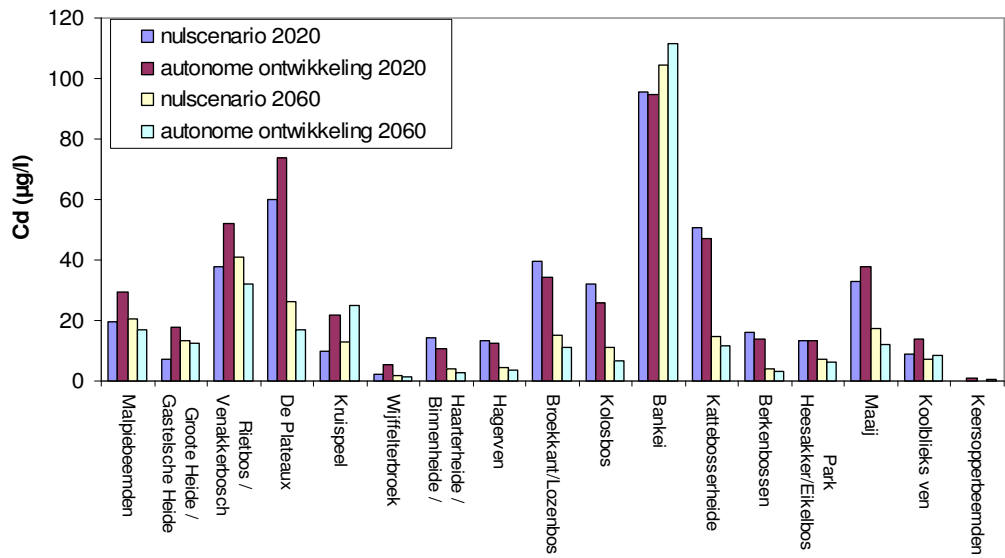
conc



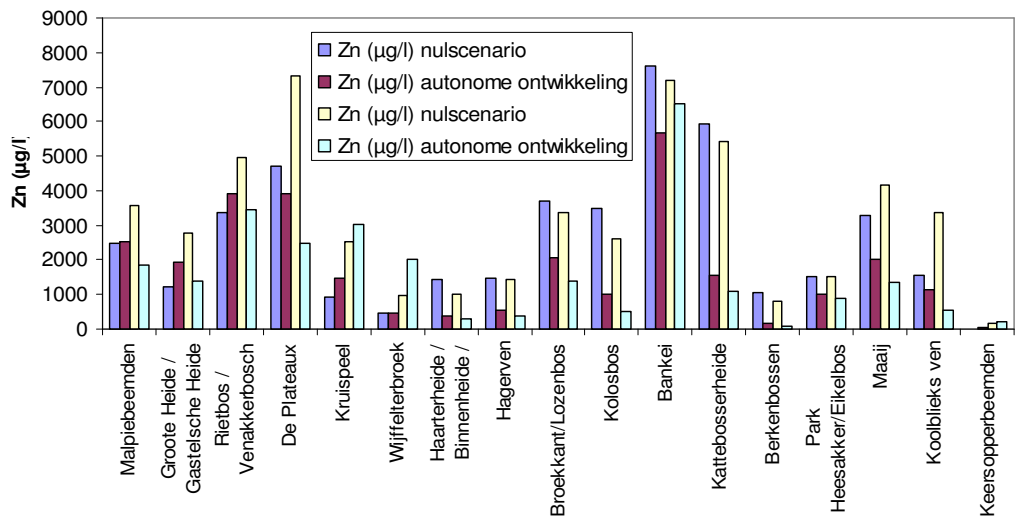
Figuur 2.16: Natuurgebieden

Figuur 2.17 en Figuur 2.18 geven de gemiddelde cadmium- en zinkconcentratie in het bovenste grondwater (0-1,5 m-gwsp) in deze natuurgebieden volgens het nulscenario en de autonome ontwikkeling in 2020 en 2060. Te zien is dat in de Nederlandse natuurgebieden voor 2020 een toename van de cadmium- en zinkconcentratie wordt berekend als gevolg van de autonome ontwikkeling. Zo wordt in 2020 voor de Malpiebeemden een relatief forse cadmiumtoename van 10 $\mu\text{g/l}$ tot 29 $\mu\text{g/l}$ berekend en voor zink een toename van slechts 38 $\mu\text{g/l}$ tot 2500 $\mu\text{g/l}$. Voor de Plateaux is een cadmiumtoename van 14 $\mu\text{g/l}$ berekend terwijl de zinkconcentratie afneemt met 800 $\mu\text{g/l}$. In de meeste Vlaamse natuurgebieden wordt een geringe afname van de concentratie berekend. Enkele natuurgebieden geven een forse afname. Zo neemt in het Hagerven de zinkconcentratie af van 1500 naar 500 $\mu\text{g/l}$. Dit verschil tussen Nederland en Vlaanderen is in overeenstemming met eerdere conclusies over effecten de autonome ontwikkeling. In Nederland is er als gevolg van de extra grondwateraanvulling en hogere grondwaterstanden een versnelde uitspoeling van cadmium en zink vanuit de bodem naar het grondwater optreedt. Omdat in Vlaanderen de piek in uitspoeling naar het bovenste grondwater als is geweest geven effecten van de autonome ontwikkeling geen verhoging van concentraties in het bovenste grondwater.

con



Figuur 2.17: Gemiddelde cadmiumconcentratie in het bovenste grondwater in natuurgebieden volgens het nulscenario en de autonome ontwikkeling in 2020 en 2060



Figuur 2.18: Gemiddelde zinkconcentratie in het bovenste grondwater in natuurgebieden volgens het nulscenario en de autonome ontwikkeling in 2020 en 2060

3 Maatregelen scenario

concept

3.1 Inleiding

Het maatregelen scenario bestaan uit operationele maatregelen die specifiek gericht zijn op het beheersen c.q. verkleinen van verspreidingsrisico's. Er worden drie scenario's met operationele maatregelen opgesteld en doorgerekend die specifiek gericht zijn op het beheersen c.q. verkleinen van verspreidingsrisico's. Dit zijn:

1. Het huidige programma van ABdK
2. Het Vlaams Actieplan Cadmium
3. Verwijdering van zinkassenwegen

De maatregelen worden opgeteld bij de wijzigingen in modelinvoer voor de autonome ontwikkeling. De resultaten van het maatregelenscenario zijn dus een optelsom van de autonome ontwikkeling en de maatregelen die specifiek gericht zijn op het beheersen c.q. verkleinen van nalevering en/of verspreidingsrisico's.

Tijdstip implementatie maatregelen

Verschillende maatregelen hebben hun eigen temporele dynamiek. Dit geldt zowel voor implementatie van de maatregel als voor het effect op de verspreiding van zware metalen. Zo zullen de komende decennia zinkassenwegen worden gesaneerd en staat het momenteel niet vast wanneer grondwateronttrekkingen op de Vlaamse sites worden geïmplementeerd. Binnen het huidige project is niet wenselijk en tevens niet mogelijk om deze maatregelen dynamische in het model te implementeren. Alle naar modelinvoer vertaalde maatregelen zullen daarom in 2010 in het model worden gebracht (zie ook tijdstip implementatie autonome ontwikkeling).

3.2 Het huidige programma van ABdK:

Actief Bodembeheer de Kempen is een milieuprogramma met verschillende uitvoeringspakketten. Het programma is op initiatief van de provincies Noord-Brabant en Limburg, het ministerie van VROM, gemeenten en waterschappen in het projectgebied in 2001 tot stand gekomen.

De uitvoering van het programma is gericht op een maatschappelijk verantwoorde manier van beheer van de met zware metalen verontreinigde bodem in en rond de Nederlandse Kempen. Per periode van vijf jaar wordt in een meerjarenprogramma aangegeven welke maatregelen worden getroffen. Grofweg gaat het om het saneren van verontreinigde bodem en waterbodems en het vinden van oplossingen voor meer diffuse verontreinigingen. Voor het door te rekenen scenario gaat het met name om verwijdering van verwijderbare vracht zoals zinkassen en verontreinigde grond uit tuinen o.a. in de directe omgeving van de fabriek te Budel (Budel Dorplein).

3.3 Cadmiumplan Vlaanderen

In de Noorderkempen zijn volgens het actieplan cadmium (Actieplan cadmium, Kris Peeters, Vlaams Minister van Openbare Werken, Energie en Leefmilieu en natuur, versie 21 februari 2006) 3 sites gesitueerd waar een cadmiumverontreiniging in de bodem aanwezig is, zijnde Balen, Overpelt en Lommel-Maatheide. Voor alle sites is er een op-

splitsing gemaakt tussen de sanering op het fabrieksterrein zelf en de sanering van de nabije omgeving (woonwijken). Een samengevat overzicht van de maatregelen wordt gegeven in tabel 1.

De ligging van de locaties wordt weergegeven op figuur 2.6.

Tabel 3.1: Overzicht van maatregelen vastgelegd in het Vlaamse cadmiumplan

Locatie	Verontreinigingskenmerken	Maatregelen
Balen fabrieksterrein	grotendeels opgehoogd met slakken / bodemvreemde materialen slakken vaak aanwezig tot grondwatervniveau	- bodem - ontgraven: 800.000 ton (af te graven in de periode tot 08/2004) 200.000 ton (af te graven in de periode vanaf 2005) - heropvulling - grondwater - bemaling rond stortplaatsen - oppompen aan de bedrijfs grens / woonwijk en aan de bedrijfs grens / Balim - ifv resultaten optimalisatie grondwateronttrekking waarbij er aangegeven wordt dat: de verontreiniging minstens ter plaatse blijft en dat in elk geval verdere verticale verspreiding onaanvaardbaar is.
nabije omgeving	aantal percelen waarvoor BSP bodem en grondwater: 1700	
- woonwijk glasfabriek	- bodemverontreiniging: bovenste 30 - 50 cm t.g.v stofopwaai - atmosferische depositie - grondwaterverontreiniging (pluimzone)	- ont ruiming en afbraak - bodem: ontgraven
- woonwijk Balen Wezel	- bodemverontreiniging: bovenste 30 - 50 cm - grondwaterverontreiniging (pluimzone)	- bodem: afgraven privé assewegen
ruimere omgeving		- inventarisatie prioritare gebieden en bijhorende te ondernemen acties - verwijzing naar project BENEKempen
Lommel - Maatheide	bodemverontreiniging geraamd volume: 380.000 m ³	ontgraven: 638.960 m ³ (gemiddelde diepte (0,49 m)
Locatie	Verontreinigingskenmerken	Maatregelen
Overpelt fabrieksterrein	grotendeels opgehoogd met slakken / bodemvreemde materialen slakken vaak aanwezig tot grondwatervniveau	bodem - ontgraving - heropvulling en begroeiing grondwater - opstellen BSP - pre-engineering: nieuwe waterzuivering - opvang Kwel thv Eindergatloop met pompen - bemaling thv stortplaatsen - active sanering van met VOC's en As verontreinigde spots - invloed sanering op / in zandwinningsputten onderzoeken - ifv resultaten optimalisatie grondwateronttrekking (verdere verticale verspreiding = onaanvaardbaar)
nabije omgeving - Cité	- aantal percelen waarvoor BSP bodem en grondwater: 270 - zinkassen in privétuinen (opritten en paden) - 200 percelen - Volume: (48.000 m ² X 0,40 m) 20.000 m ³	- bodem en grondwater: opstellen BSP - afgraven privé assewegen
ruimere omgeving		- inventarisatie prioritare gebieden en bijhorende te ondernemen acties - verwijzing naar project BENEKempen

3.3.1 Site Balen

Fabrieksterrein

Het fabrieksterrein van Umicore Balen werd opgehoogd met slakken en bodemvreemde materialen. Op deze met slakken verontreinigde bodem werd nadien gebouwd. De slakken werden tot aan het grondwater waargenomen en vormen dus niet alleen een bodemverontreiniging maar tevens een belangrijke bron naar grondwaterverontreiniging.

In het bodemsaneringsproject zijn volgende acties op het fabrieksterrein (grond en afvalstoffen) opgenomen:

- verwijdering van alle bodem met bodemvreemde materialen op niet duurzaam verharde terreingedeelten;
- het afvoeren van verwijderde bodem met bodemvreemde materialen naar een daartoe vergunde bestemming;
- het verwijderen van gronden verontreinigd met minerale olie;
- het heraanvullen en begroeien van ontgraven zones.

concept

In het kader van de bodemsanering van het fabrieksterrein te Balen werd in totaal een volume van 1000000 ton (800000 ton en 200000 ton) ontgraven en vond vervolgens een heropvulling plaats (gestart op 25/03/2005).

In het kader van de grondwatersanering van het fabrieksterrein te Balen zal de dimensionering van de maatregelen moeten voldoen aan de volgende opgelegde voorwaarden: i) de aanwezige verontreiniging moet minstens ter plaatste blijven en ii) verdere verticale verspreiding is onaanvaardbaar. Dit omvat tevens het in rekening brengen van de op het terrein aanwezige diepe bemaling. De verdere dimensionering maakt deel uit van het saneringsproject dat voor de verschillende sites uitgewerkt wordt

De aanwezige stortplaats, het oude goethietbekken, is volgestort en afgedekt waarbij de gebruikte druklaag bestaat uit bodem en bodemvreemde materialen afkomstig van bodemsaneringsprojecten. Het nieuwe goethietbekken was in gebruik tot 10/05/2007. Het flotatiebekken was vergund tot 10/11/2006. Een vergunning werd aangevraagd waarbij het goethietlib ontwaterd zal worden en droog gestort zal worden in de stortplaats voor flotatieslib.

Nabije omgeving Balen (woonwijken “Glasfabriek” en “Balen-Wezel”):

Ten gevolge van stofopwaai en atmosferische depositie vanuit het bedrijfsterrein werd de bovenste 30-50 cm van de bodem in de nabije woonwijken verontreinigd met zware metalen. Naast de bodemverontreiniging ten gevolge van atmosferische depositie is er tevens de grondwaterverontreiniging (pluim) die zich reeds verspreid heeft tot buiten het fabrieksterrein in de richting van de woonwijken. Aan de hand van deze informatie werden voor Umicore Balen 2 woonwijken opgenomen in de sanering van de nabije omgeving zijnde de woonwijken “Glasfabriek” en “Balen-Wezel”. De sanering van beide woonwijken zal een 1700 tal percelen bevatten.

- Woonwijk “Glasfabriek”

Voor de woonwijk “Glasfabriek” is het bodemsaneringsproject reeds conform verklaard. Deze woonwijk zal ontruimd en afgebroken worden en er zal vervolgens uitgraving plaatsvinden.

- Woonwijk “Balen-Wezel”

In de woonwijk “Balen-Wezel”, zullen de zinkasseweden (zeker deze op privéterreinen) afgegraven worden. Inventarisatie van de zinkasseweden is in uitvoering. Al de verwijderde zinkassen kunnen gestort worden op de stortplaats van Umicore te Overpelt (vergunning in aanvraag) voor zover de capaciteit voldoende is. Als eventueel bijkomende maatregel kan na onderzoek het ontstoffen van woningen (na verwijdering van zinkasseweden) in overweging genomen worden.

Voor het verfijnen van de risico-evaluatie en voor het opstellen van iso-concentratielijnen worden nog bijkomende metingen uitgevoerd. De aanpak van de sanering van het vaste deel van de bodem zal besproken worden in het bodemsaneringsproject (in opmaak). De grens van de afgraving zal bepaald worden aan de hand van het risico volgend uit hand/mond gedrag. In de af te graven zone zal de bovenste dertig centimeter onder maaiveld afgegraven worden en met propere grond aangevuld worden. Na de heraanvulling wordt er gras (of boomschors) aangebracht zodat de grond niet bloot komt te liggen en de kans op opwaai van uitgedroogde grond nihil is. Er zal tevens worden nagegaan naar waar de verontreinigde grond kan afgevoerd worden. Indien er geen risi-

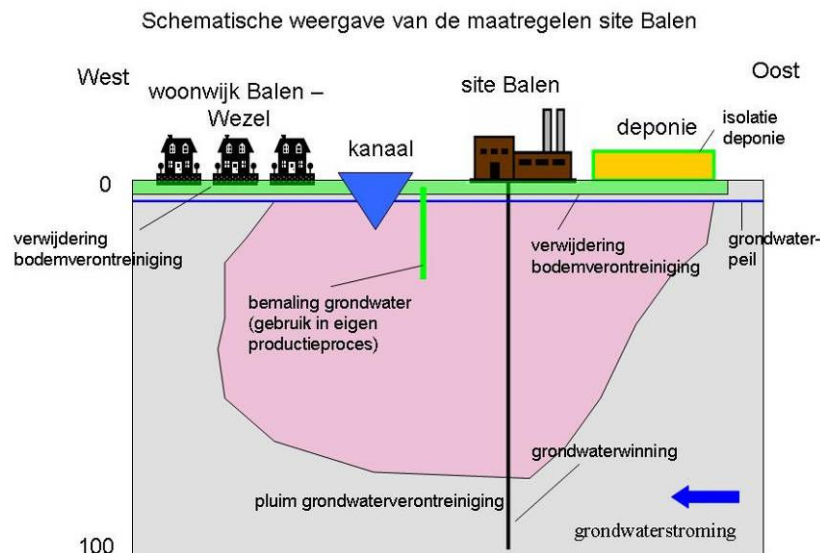
concept

co is volgend uit hand/mond gedrag worden in afwachting van definitieve beheersmaatregelen voorzorgsmaatregelen opgelegd zijnde een verbod op het telen van groenten en het gebruik van grondwater. Als definitieve beheersmaatregelen wordt immobilisatie voorgesteld of andere maatregelen ter voorkoming van uitloging (vb. bekalken), zoniet worden gebruiksbepalingen opgelegd.

Ruimere omgeving Balen:

Ten gevolge van het voorkomen van zinkasewegen en ten gevolge van atmosferische depositie wordt er ook in de ruimere omgeving een verontreiniging met zware metalen van de bodem vastgesteld. Naarmate de afstand tot het bedrijfsterrein groter wordt, neemt de verontreinigingsgraad af. Momenteel zijn er nog geen concrete maatregelen. Een studie betreffende de inventarisatie van de prioritair gebieden en bijhorende acties is in uitvoering. Verder zal het project BeNeKempen de verdere wetenschappelijke onderbouwing leveren van zowel risico's als mogelijke saneringsalternatieven.

Een schema van de te nemen maatregelen wordt gegeven in Figuur 3.1



Figuur 3.1: Maatregel Balen

3.3.2 Site Overpelt

Fabrieksterrein Umicore Overpelt

Het fabrieksterrein van Umicore Overpelt werd opgehoogd met slakken/bodemvreemde materialen. Op deze met slakken verontreinigde bodem werd nadien gebouwd. De slakken werden tot aan het grondwater waargenomen en vormen dus niet alleen een bodemverontreiniging maar tevens een belangrijke bron naar grondwaterverontreiniging.

In het bodemsaneringsproject zijn volgende acties op het fabrieksterrein (grond en afvalstoffen) opgenomen:

- verwijdering van alle bodem met bodemvreemde materialen op niet duurzaam verharde terreingedeelten;

concept

- het afvoeren van verwijderde bodem met bodemvreemde materialen naar een daartoe vergunde bestemming;
- het verwijderen van gronden verontreinigd met minerale olie;
- het heraanvullen en begroeien van ontgraven zones.

In het kader van de bodemsanering van het fabrieksterrein te Overpelt vond reeds een ontgraving plaats. De heropvulling is gestart op 08/06/2005.

In het kader van de grondwatersanering van het fabrieksterrein te Overpelt zal de dimensionering van de maatregelen moeten voldoen aan de volgende opgelegde voorwaarden: i) de aanwezige verontreiniging moet minstens ter plaatste blijven en ii) verdere verticale verspreiding is onaanvaardbaar. Dit omvat tevens het in rekening brengen van de op het terrein aanwezige diepe bemaling. De verdere dimensionering maakt deel uit van het saneringsproject dat voor de verschillende sites uitgewerkt wordt.

Er zijn twee stortplaatsen aanwezig, het "Oud Goethiet Bekken" en het "Nieuw Goethiet Bekken". In het "Oude Goethiet Bekken" werd goethiet als filterkoecken gestort (202 385 ton). In het "Nieuwe Goethiet Bekken" werd eerst goethiet gestort en daarna werd het bekken verder aangevuld met neutralisatiegipsen en waterzuiverings-slib (i.e. gipsen bekomen bij de fysico-chemische behandeling van afvalwaters). De afwerking en eindafdek van dit bekken is lopende. In principe zou de druklaag bestaan uit bodem en bodemvreemde materialen afkomstig van bodemsaneringsprojecten op het fabrieksterrein Umicore Overpelt, maar momenteel is een procedure "wijzigingen voorwaarden" lopende ter verlening van de afwerkingstermijn van deze stortplaats, en ter uitbreiding van de herkomst van de toegelaten materialen voor de constructie van de eindafwerking. Daarin wordt voorgesteld om naast het gebruik van bodem en bodemvreemde materialen (zinkassen en loodslakken) uitgegraven in het kader van bodemsaneringsprojecten voor de fabrieksterreinen van Umicore Overpelt ook de uitgegraven bodem en bodemvreemde materialen afkomstig van de bodemsaneringsprojecten voor Umicore Balen en voor de regio rondom beide sites te gebruiken voor de druklaag.

Nabije omgeving Overpelt (woonwijk "Cité Overpelt"):

Voor de vestiging in Overpelt werd één woonwijk opgenomen in de sanering van de nabije omgeving zijnde de woonwijk "Cité Overpelt". Ten gevolge van stofopwaai en atmosferische depositie vanuit het bedrijfsterrein werd de bovenste 30-50 cm van de bodem in de nabije woonwijk "Cité Overpelt" (een 270 percelen) verontreinigd met zware metalen.

Naast de bodemverontreiniging ten gevolge van atmosferische depositie werden tevens zinkassen aangetroffen in de privé-tuinen ten gevolge van het gebruik van zinkassen voor de aanleg van opritten/paden. Uit een inventarisatiestudie uitgevoerd door UMICORE blijkt dat op een oppervlakte van 30 ha (200 percelen) ongeveer 48000 m² niet verharde zinkassen aanwezig zijn. Met een gemiddelde dikte van de zinklaag van 40 cm komt dit neer op ongeveer 20000 m³ zinkassen.

In de woonwijk "Cité Overpelt", zullen de privé-assewegen afgegraven worden. Al de verwijderde zinkassen kunnen gestort worden op de stortplaats van Umicore te Overpelt (vergunning in aanvraag) voor zover de capaciteit voldoende is. Als eventueel bijkomende maatregel kan na onderzoek het ontstoffen van woningen (na verwijdering van zinkassewegen) in overweging genomen worden.

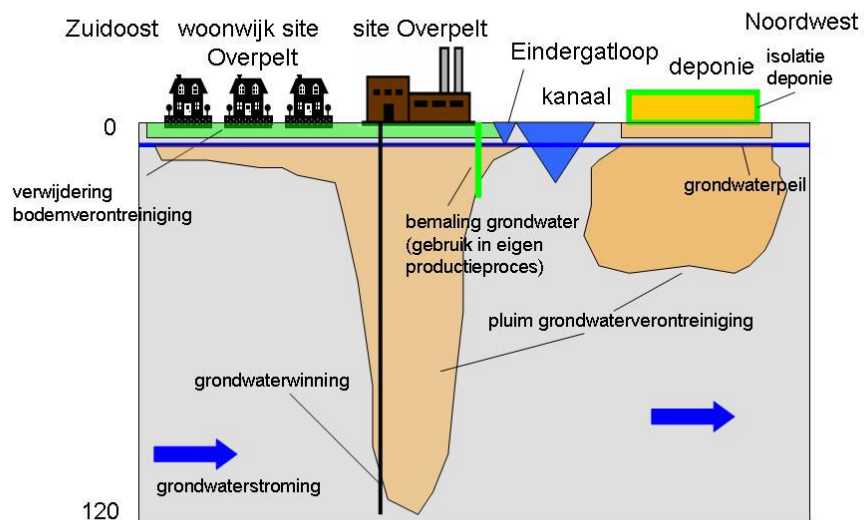
Voor het verfijnen van de risico-evaluatie en voor het opstellen van isoconcentratielijnen worden nog bijkomende metingen uitgevoerd. De aanpak van de sanering van het vaste deel van de bodem zal besproken worden in het bodemsaneringsproject. De grens van de afgraving zal bepaald worden aan de hand van het risico volgend uit hand/mond gedrag. In de af te graven zone zal de bovenste dertig centimeter onder maaiveld afgegraven worden en met propere grond aangevuld worden. Na de heraanvulling wordt er gras (of boomschors) aangebracht zodat de grond niet bloot komt te liggen en de kans op opwaai van uitgedroogde grond nihil is. Er zal tevens worden nagegaan naar waar de verontreinigde grond kan afgevoerd worden. Indien er geen risico is volgend uit hand/mond gedrag worden in afwachting van definitieve beheersmaatregelen voorzorgsmaatregelen opgelegd zijnde een verbod op het telen van groenten en het gebruik van grondwater. Als definitieve beheersmaatregelen wordt immobilisatie voorgesteld of andere maatregelen ter voorkoming van uitloging (vb. bekalken), zoniet worden gebruiksbeperkingen opgelegd.

Ruimere omgeving Overpelt:

Ten gevolge van het voorkomen van zinkassewegen en ten gevolge van atmosferische depositie wordt er ook in de ruimere omgeving een verontreiniging met zware metalen van de bodem vastgesteld. Naarmate de afstand tot het bedrijfsterrein groter wordt, neemt de verontreinigingsgraad af. Momenteel zijn er nog geen concrete maatregelen. Een studie betreffende de inventarisatie van de prioritare gebieden en bijhorende acties is in uitvoering. Verder zal het project BeNeKempen de verdere wetenschappelijke onderbouwing leveren van zowel risico's als mogelijke saneringsalternatieven.

Een schema van de te nemen maatregelen wordt gegeven in Figuur 3.2.

Schematische weergave van de verontreinigingsproblematiek site Overpelt



Figuur 3.2: Maatregelen Overpelt

3.3.3 *Site Lommel-Maatheide*

Fabrieksterrein voormalige Zinkfabriek

Ter hoogte van het terrein werd reeds een sanering uitgevoerd waarbij de bovenste sterk verontreinigde grond (bovenste 0,49 m) werd weggenomen. Het ontgraven volume bedraagt 638960 m³. Voor het vaste deel van de aarde zijn er geen verdere bodemsaneringswerken nodig. Door het wegnemen van de verontreinigingsbronnen, zal de verdere uitlozing van zware metalen naar het grondwater sterk afnemen.

Nabije omgeving Maatheide (woonwijk “Werkplaats Lommel”):

Voor de voormalige fabriek ter hoogte van de Maatheide werd één woonwijk “Werkplaats Lommel” opgenomen in de sanering van de nabije omgeving. De woonwijk is gelegen tussen het voormalige fabrieksterrein aan de Maatheide en het huidige fabrieksterrein van Balen/Lommel, en volgens de overheersende windrichting telkens windafwaarts gelegen ten opzichte van beide fabrieksterreinen.

In de woonwijk “Werkplaats Lommel” zullen de privé-zinkassewegen afgegraven worden. Inventarisatie van de zinkassewegen is in uitvoering. Al de verwijderde zinkassen kunnen gestort worden op de stortplaats van Umicore te Overpelt (vergunning in aanvraag) voor zover de capaciteit voldoende is. Als eventueel bijkomende maatregelen kan na onderzoek het ontstoffen van woningen (na verwijdering van zinkassewegen) in overweging genomen worden.

3.3.4 *Verwijdering zinkassenwegen - Vlaanderen*

Voor de aanpak van de problematiek van de zinkassenwegen worden door de OVAM de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- verwijdering;
- hergebruik;

Verwijdering wordt voornamelijk voorzien ter hoogte van particuliere bewoning. Er zijn afspraken dat dit zeker zal gebeuren voor een zone van minstens 9 km straal rond de verschillende fabrieksterreinen. Het uitgegraven materiaal wordt voornamelijk gestort. Hergebruik moet voldoen aan een aantal voorwaarden waaronder:

- in openbare wegen (permanent karakter in beheer van overheid);
- onder beton of asfalt;
- na behandeling.

Er is op dit ogenblik geen idee over de hoeveelheid assenwegen. Dit wordt verder geïnventariseerd.

Een specifieke planning voor de uitvoering van de verwijdering / hergebruik van de zinkassenwegen bestaat nog niet (?). Er wordt vooropgesteld dat de verwijdering van assenwegen bij de particulieren binnen een periode van 20 jaar moet uitgevoerd zijn.

Bij de uitwerking van scenario's zal rekening gehouden worden met een verwijdering van de zinkassewegen.

3.4 Samenvattend overzicht van de maatregelen

Programma ABdK:

- Verwijding 50% van de geïnventariseerde zinkassenwegen die in het gebied rond Budel aanwezig zijn (in Hydrus);
- Sanering tuinen Budel-Dorplein – hiervoor wordt de uitloping vanuit de bodem naar het grondwater van 2010 op nul gezet (in Hydrus)

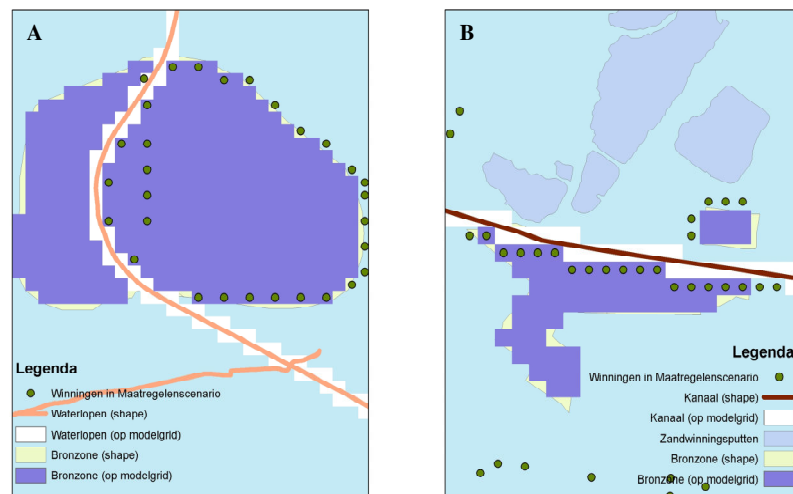
Cadmiumplan Vlaanderen:

Fabrieksterreinen en woonzones:

Vanaf 2010 kan ervan uitgegaan worden dat de saneringsmaatregelen van de sites en de woonwijken uitgevoerd zijn. Dit betekent dat de bijdrage m.b.t. uitloog voor deze locaties niet meer zal meespelen. Bij de berekening van de uitloog wordt er voor deze zones (vanaf 2010) geen uitloog meer bepaald gezien deze gelijk is aan nul (in Hydrus).

Grondwater:

Ter hoogte van de sites Balen en Overpelt wordt een grondwaterbemaling voorzien die ervoor zal zorgen dat er geen verontreinigd grondwater de grens van de site zal verlaten (zie Figuur 3.3) (in Modflow).



Figuur 3.3: Locaties van grondwateronttrekkingen in het model. A: locatie Balen. B: locatie Overpelt

Op de site te Balen worden stroomafwaarts van het fabrieksterrein (langs het aanwezige kanaal) bemalingen voorzien, evenals stroomopwaarts van de site en op de site zelf ter hoogte van een aantal bronzones. Een overzicht van de voorziene onttrekkingen bij Balen staat in Tabel 3.2. De exacte liggingen van de te plaatsen onttrekkingen zijn nog niet bekend, en ook de gegeven debieten zijn slechts ramingen. Desondanks zijn in het model exact de gegeven debieten aangehouden en zijn ook de filterdieptes overgenomen. Figuur 3.3a geeft aan op welke locaties de extra gewonnen water op deze site in het model zijn gebracht. Per in Tabel 3.2 vermelde groep zijn de aantallen en debieten gelijkmatig over deze locaties verdeeld. Tenslotte geldt nog dat een diepe winning, welke wel aanwezig is in het nulscenario, is verwijderd, omdat het volume water dat onttrokken wordt

in de voorziene bemaling groter is dan het volume water dat nodig is voor de productie, waardoor de bestaande winning overbodig zal worden.

Eenzelfde verhaal geldt voor de site van Overpelt. Hier worden bemalingen voorzien op de volgende locaties: stroomafwaarts van het fabrieksterrein (tussen het terrein en de Eindergatloop), stroomafwaarts van het nieuwe goethietbekken en aan de westzijde van het nieuwe goethietbekken. Een overzicht van de geplande onttrekkingen op de site van Overpelt is gegeven in Tabel 3.3. Ook hier zijn alle kwantitatieve gegevens ramingen, maar zijn ze wel exact in het model overgenomen. De locaties waar de winningen in het model zijn gezet zijn getoond in Figuur 3.3b. Per in Tabel 3.3 vermelde groep zijn de aantallen en debieten weer gelijkmatig over deze locaties verspreid. Ook voor Overpelt geldt dat de nu aanwezige diepe winning in de maatregelenscenario's is verwijderd, gezien de voor het productieproces toereikende hoeveelheid water die onttrokken wordt in het voorziene beheerssysteem.

Voor de site Maatheide werd er reeds een sanering uitgevoerd (zie paragraaf 3.2.3 rapport fase 2 en paragraaf 2.2.7 van dit rapport) en is de bijdrage al niet in rekening gebracht vanaf de uitvoering van de sanering aldaar.

Tabel 3.2: Overzicht van de geplande onttrekkingen ter hoogte van de site Balen (bron: ontwerp bodemsaneringsproject, BSP opgemaakt door TAUW, augustus 2006)

<i>Aantal</i>	<i>Raming filterdiepte (m-mv)</i>	<i>Max. debiet (m3/dag)</i>
Fabrieksterrein – stroomafwaartse kant van de site		
1	15	150
1	15	180
1	15	250
1	50	200
2	50	400
1	50	500
1	50	500
Fabrieksterrein – kernzones		
1	15	60
1	15	120
1	15	140
1	15	240
Fabrieksterrein – stroomopwaartse kant van de site		
20	15	70
Maximaal geraamd debiet voor de stroomopwaartse putten: 1400 m3/dag		
Maximaal geraamd debiet voor de stroomafwaartse putten: 3190 m3/dag		

Tabel 3.3: Overzicht van de geplande onttrekkingen ter hoogte van de site Overpelt (bron: ontwerp bodemsaneringsproject, BSP opgemaakt door TAUW, augustus 2006)

<i>Aantal</i>	<i>Raming filterdiepte (m-mv)</i>	<i>Max. debiet (m3/dag)</i>
Fabrieksterrein (stroomafwaartse zijde van de site)		
76	10 – 20	3283
4	40 – 50	384
3	65 – 75	288
1	90 – 100	96
Nieuw goethietbekken - stroomafwaarts		
16	15 – 25	768

Nieuw goethietbekken - westzijde		
4	15 – 25	192
4	25 – 35	384
1	40 – 50	96
Maximaal geraamd debiet voor de totale onttrekking: 5500 m3/dag		

3.4.1 Zinkassewegen

De verwijdering van zinkassewegen is voorzien ter hoogte van de particuliere bewoning. Er wordt aangegeven dat deze actie in Vlaanderen 20 jaar in beslag zal nemen. Voor de berekening van de uitloging (historisch) werd er rekening gehouden met de aanwezigheid van de zinkassewegen. Er wordt voorgesteld om aan te nemen dat 50% van de zinkassen binnen een straal van 10 km rond de sites verwijderd wordt. Omdat het moeilijk is rekening te houden met de dynamiek van de verwijdering, wordt in het model met deze verwijdering gerekend vanaf 2010.

Tabel 3.4: Samenvatting implementatie autonome ontwikkeling

Programma	maatregel	vanaf	In
Programma ABdK	verwijdering 50% geïnventariseerde zinkassen	2010	Hydrus
Programma ABdK	woonwijk Budel-Dorplein – uitloging op nul	2010	Hydrus
Cadmiumplan Vlaanderen	fabrieksterrein en woonwijken – uitloging op nul	2010	Hydrus
Cadmiumplan Vlaanderen	grondwater – implementeren grondwaterbemaling Balen en Overpelt	2010	Modflow
Zinkassenwegen	halvering zinkassenwegen in zone van 10 km rond fabrieken tov historische modellering	2010	Hydrus

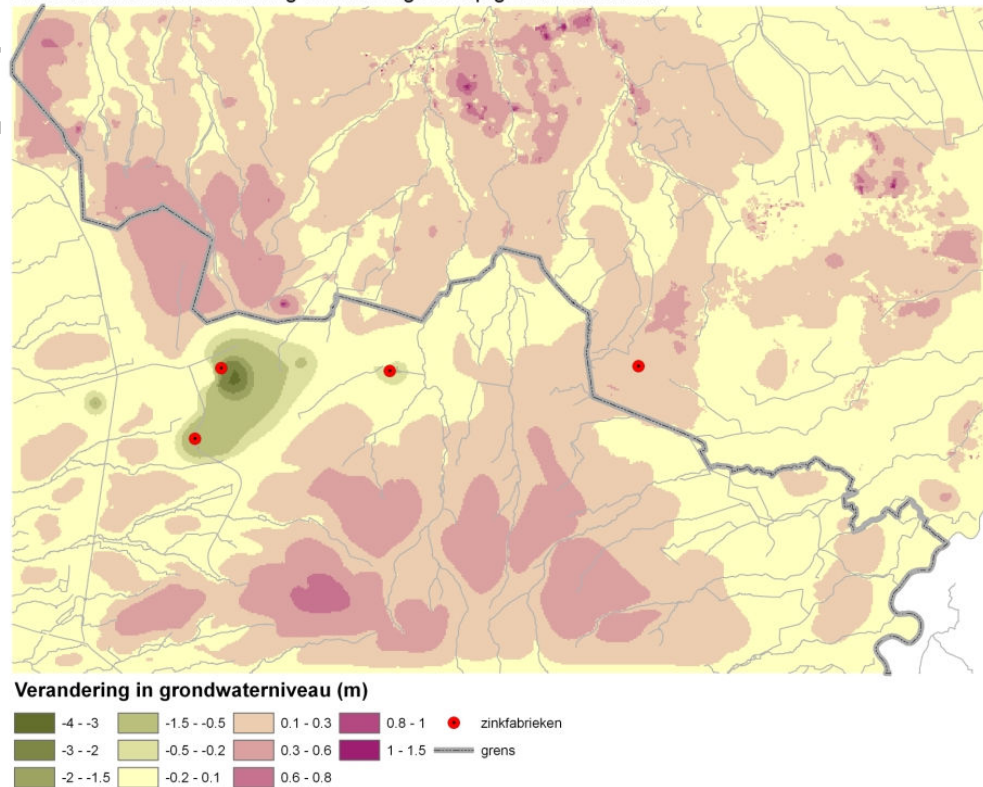
3.5 Resultaten

3.5.1 Effect op Grondwaterstanden

Figuur 3.4 geeft het effect van de maatregelen en autonome ontwikkeling op de grondwaterstanden in het gebied. De geplande grondwateronttrekkingen op en rondom de sites te Balen en Overpelt resulteren in een verlaging van de grondwaterstanden zoals in het figuur is aangegeven. De onttrekking rondom de site te Balen resulteert erin dat er één gebied ontstaat met verlagingen van grondwaterstanden samen met de zandwinning te Maatheide. Deze laatste was al in de autonome ontwikkeling meegenomen.

conc

Effect autonome ontwikkeling en maatregelen op grondwaterstand



Figuur 3.4: Effect van maatregelen en autonome ontwikkeling op berekende grondwaterstanden.

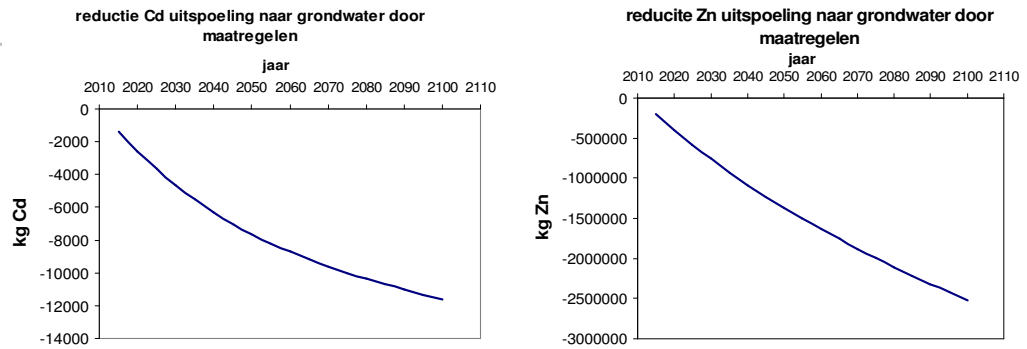
3.5.2 *Effect op uitloging en bovenste grondwater*

Figuur 3.5 geeft de vermindering van cadmium- en zinkuitspoeling als gevolg van sanering bovengrond en verwijdering zinkassenwegen. Dit is dus het effectief verwijderde cadmium als gevolg van sanering van zinkassenwegen. In 2100 is het als gevolg van de maatregelen effectief verwijderde opgelopen tot bijna 12 ton cadmium en 2500 ton zink.

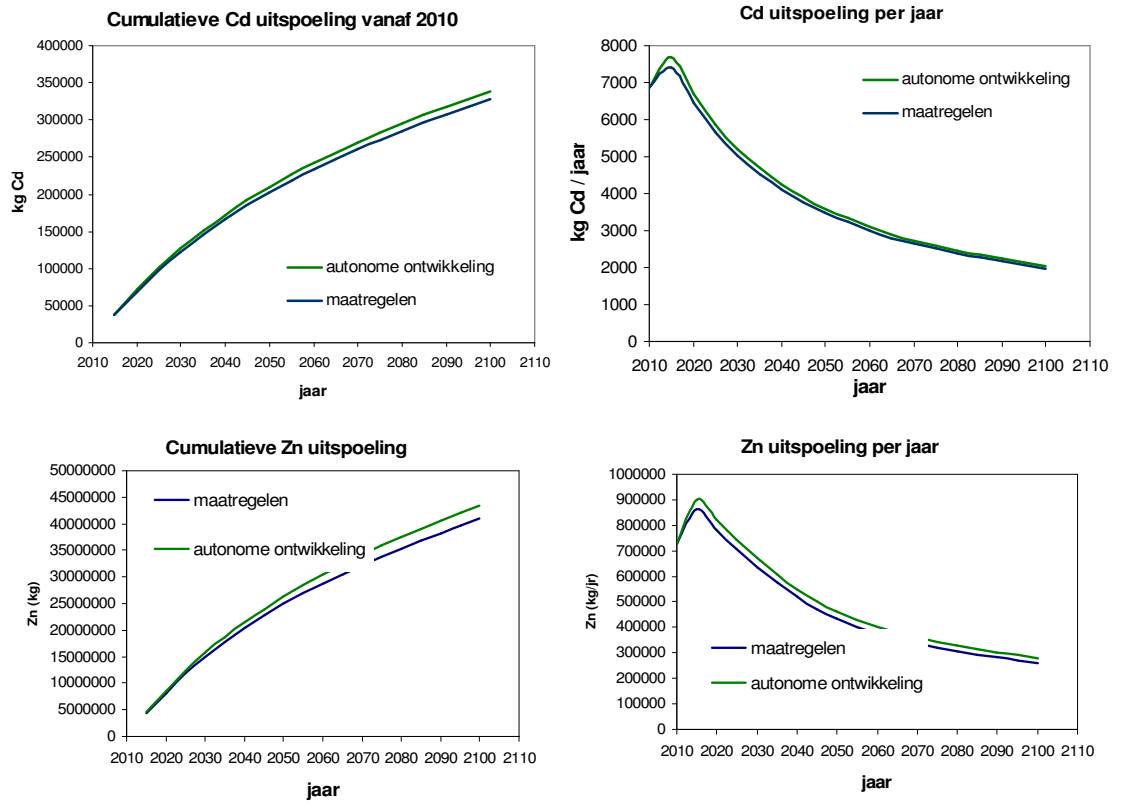
Figuur 3.6 geeft het effect op de totale cadmium- en zinkuitspoeling in het modelgebied ten opzicht van de autonome ontwikkeling. De situatie in 2010 is hier als 0 verondersteld, het figuur geeft dus het verschil in uitspoeling met de autonome ontwikkeling vanaf 2010. Hierbij moet wel gerealiseerd worden dat in 2010 in het gehele modelgebied al ruim 500 ton cadmium naar het grondwater is uitgespoeld (zie Figuur 2.11) tot 2100 komt daar nog zo'n 350 ton bij. Deze 350 ton wordt met 12 ton verminderd als de maatregelen zijn uitgevoerd. Het is dus duidelijk dat de bijdrage van uitspoeling vanuit de zinkassenwegen op de totale verontreiniging van het grondwater in het gehele modelgebied relatief gering is. Uiteraard hebben we hier wel te maken met schaalaspecten, een relatief klein deel van het totale oppervlak in het modelgebied is momenteel bedekt met zinkassenwegen. De verwijdering van zinkassenwegen kan dus nooit een heel erg groot effect hebben op de totale uitspoeling van metalen naar het grondwater. De effecten van zinkassenverwijdering zijn altijd lokaal. De effectiviteit neemt toe met de afstand tot de sites. Immers, rondom de sites is de bodem en het grondwater al sterk verontreinigd als gevolg van de atmosferische depositie. De zinkassen hebben dan een relatief geringe bijdrage op de totaalconcentraties. Op grotere afstand tot de sites wordt de bijdrage groter omdat de verontreiniging als gevolg van atmosferische lager wordt. Dit

betekend niet dat verwijdering niet belangrijk is. Uit oogpunt van blootstelling en risico's is verwijdering van zinkassenwegen wel degelijk belangrijk.

concent



Figuur 3.5: Cumulatieve vermindering van cadmium- en zinkuitspoeling in het hele modelgebied als gevolg van sanering bovengrond en verwijdering zinkassenwegen in 2010.



Figuur 3.6: Effect van sanering bovengrond en verwijdering zinkassenwegen in 2010 op totale cadmium- en zinkuitspoeling in het modelgebied. De situatie in 2010 is hier al 0 verondersteld.

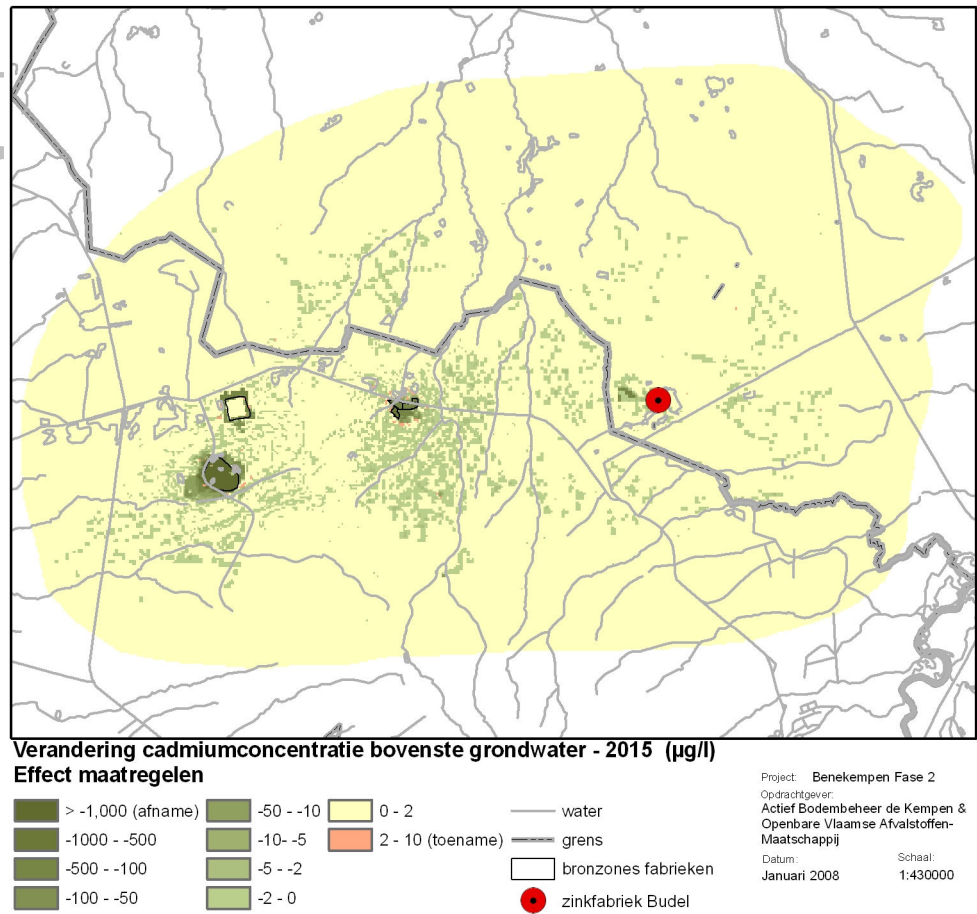
Het effect van alle maatregelen op de cadmium- en zinkconcentraties in het bovenste grondwater in 2015 is ruimtelijk weergegeven in Figuur 3.7. Op enkele locaties wordt een geringe concentratie toename berekend. Dit is het gevolg van een veranderend stromingspatroon waardoor modelcellen in het maatregelscenario een hogere belasting vanuit naburige modelcellen kunnen krijgen. De locaties van verwijdering van zinkas-

senweg is duidelijk in dit figuur terug te zien. Onder zinkassenwegen is uitgegaan van een extra concentratie op het niveau van het bovenste grondwater 30 µg/l voor cadmium en 15 µg/l voor zink. Deze concentratie is vanaf 1950 tot 2010 als constant verondersteld. De afname van concentraties in een 200 x 200 m modelcel (= resolutie van onverzadigde zone model) na sanering van de zinkassenweg ligt in de orde van enkele µg/l voor cadmium en enkele tientallen tot honderden µg/l voor zink. Met name in de nabijheid van de sites is deze afname is gering ten opzichte van de absolute concentraties. Op grotere afstand is deze afname ten opzichte van de absolute concentraties groter (zie resultaten in rapport fase 2).

De sanering van de woonwijken “Glasfabriek” en “Balen-Wezel” nabij de site te Balen, “Cité Overpelt” en “Budel Dorplein” is ook in de bovenste grondwaterconcentraties terug te zien. Het effect op de concentraties in het bovenste grondwater ligt op enkele tientallen tot honderden µg/l voor cadmium en enkele duizenden tot meer dan tienduizend µg/l voor zink. Deze afname is lokaal dus aanzienlijk.

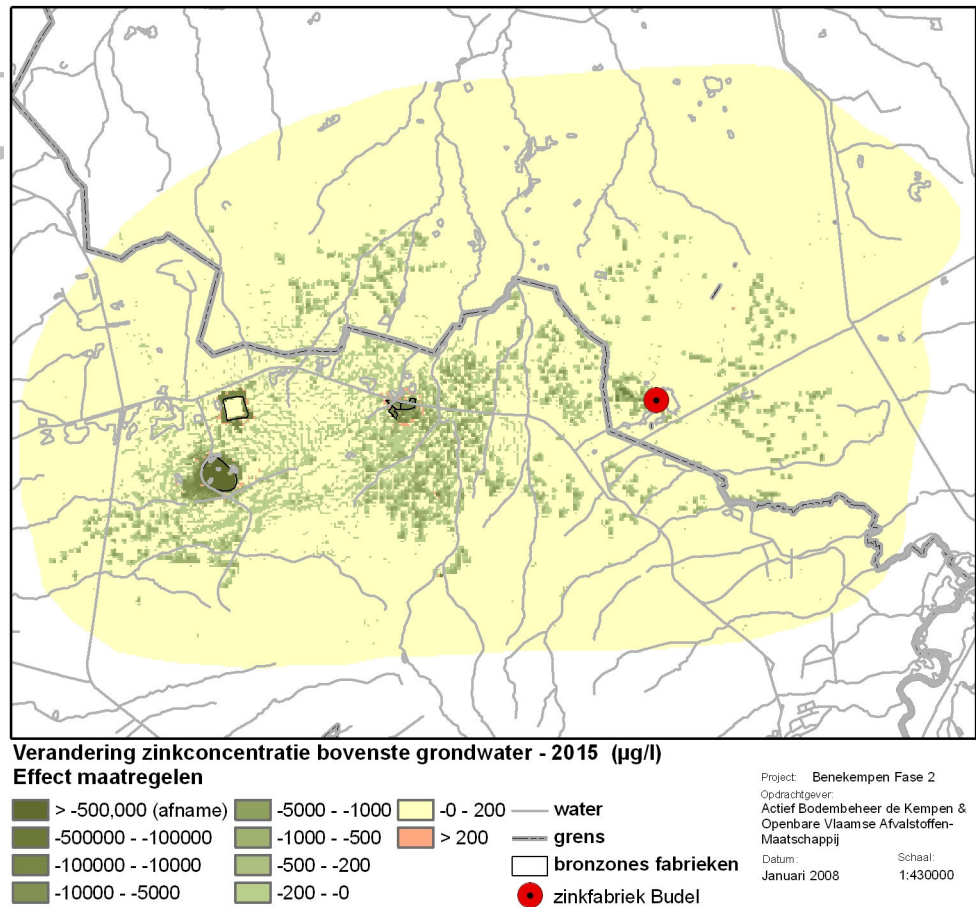
Het effect van de sanering van de bovengrond grondwateronttrekkingen op de sites te Balen en Overpelt op de concentraties in het bovenste grondwater is nog veel groter en kan 5 jaar na implementatie van de maatregelen oplopen tot een afname boven de 1000 µg/l voor cadmium en boven de 500000 µg/l voor zink.

conc



Figuur 3.7: Effect van maatregelen op de cadmiumconcentratie in het bovenste grondwater in 2015 ten opzicht van de autonome ontwikkeling.

conc



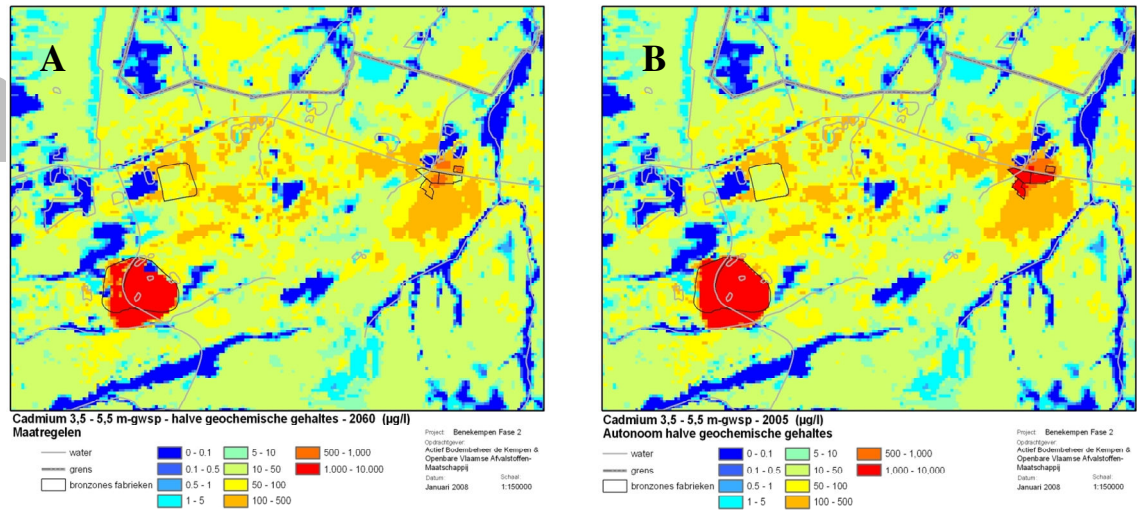
Figuur 3.8: Effect van maatregelen op de zinkconcentratie in het bovenste grondwater in 2015 ten opzichte van de autonome ontwikkeling.

Een onzekerheid bij de modellering van effecten van sanering van de zinkassenwegen is de parametrisatie van de cadmium- en zinkconcentraties onder zinkassenwegen. Deze is gebaseerd op mediaanwaarden van gemeten concentraties in het grondwater onder zinkassenwegen (zie rapport fase 2, paragraaf 3.2.1). Voor cadmium is uitgegaan van 30 µg/l en voor zink van 15 mg/l. De metaalconcentraties onder zinkassenwegen is in werkelijkheid ruimtelijk zeer variabel en de spreiding in gemeten concentraties is erg hoog. Het is hierdoor moeilijk om een uitspraak te doen over de betrouwbaarheid op lokale schaal van de 30 µg/l cadmium en 15 mg/l zink.

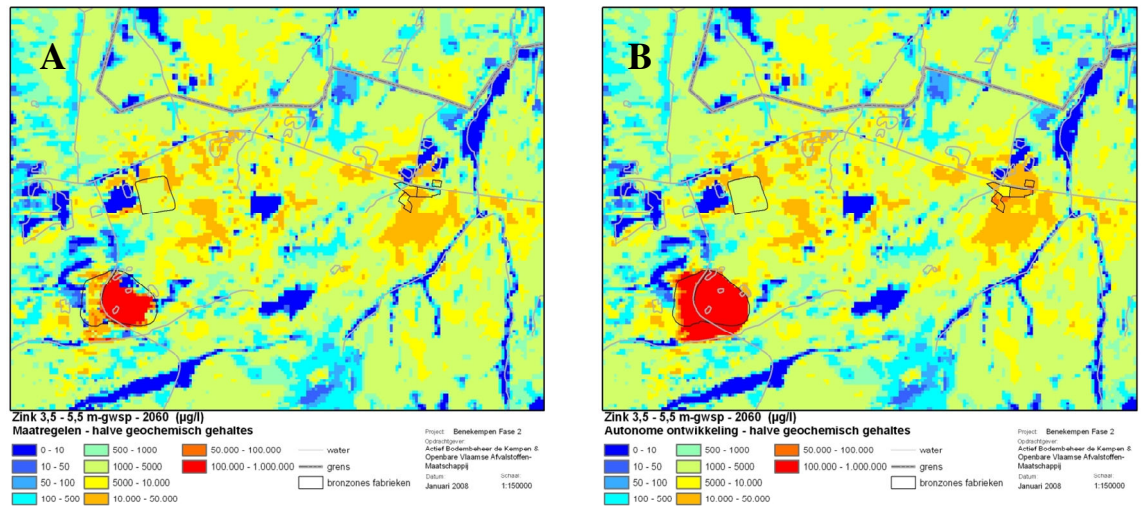
3.5.3 Effect op verontreinigpluim sites

Figuur 3.9 en Figuur 3.10 geven de cadmium- en zinkpluimen in het grondwater op 3,5 – 5,5 m-gwsp in 2060 volgens het maatregelenscenario (A) en de autonome ontwikkeling (B). Het maatregelenscenario in deze figuren gebaseerd op het model met 50% sorptiecapaciteit. In de rapportage van fase 2 is beschreven dat dit het meest overeenkomt met gemeten verontreinigpluimen. Hoewel de concentraties in het grondwater onder en rondom de sites hoog blijven hebben de grondwateronttrekkingen duidelijk een positief effect op de verspreiding van de verontreiniging. De omvang van de pluimen worden kleiner en de concentraties lager. Het effect op zink is groter dan het effect op cadmium. Dit wordt veroorzaakt doordat zink een mobieler stof is waardoor het in grotere hoeveelheden door de grondwateronttrekkingen wordt afgevoerd.

com



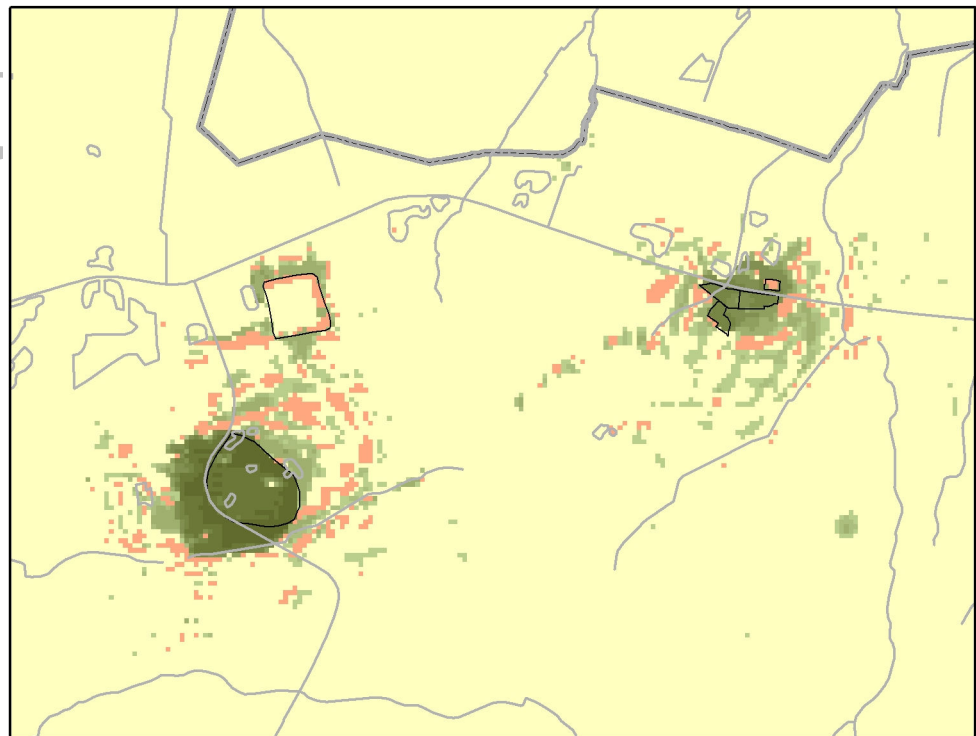
Figuur 3.9: Cadmiumpuilen in grondwater op 3,5 – 5,5 m-gwsp in 2060 volgens het maatregelen-scenario (A) en de autonome ontwikkeling (B) met 50% sorptiecapaciteit



Figuur 3.10: Zinkpuilen in grondwater op 3,5 – 5,5 m-gwsp in 2060 volgens het maatregelenscenario (A) en de autonome ontwikkeling (B) met 50% sorptiecapaciteit

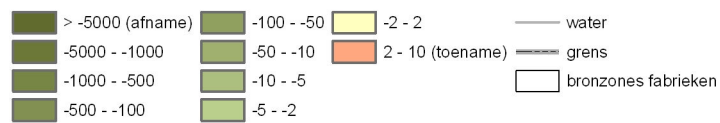
Om meer kwantitatief het effect de maatregelen op de concentraties in het grondwater te beoordelen is in Figuur 3.11 en Figuur 3.12 de verandering van de cadmium- en zinkconcentraties als gevolg van het maatregelenscenario ten opzichte van de autonome ontwikkeling weergegeven. Op de site te Balen loopt de afname in cadmiumconcentraties nabij de locaties van de onttrekkingsputten op tot boven de 5000 µg/l en voor zink tot boven de 500000 µg/l. De reikwijdte van de grondwateronttrekkingen op de cadmiumpuim is hierin duidelijk zichtbaar en bedraagt ongeveer 3,5 km. Door een veranderend stromingsveld worden er hier en daar ook lichte verhogingen van concentraties berekend. Modelcellen kunnen door deze verandering in het maatregelenscenario een hogere belasting vanuit naburige modelcellen kunnen krijgen. Omdat zink mobieler is dan cadmium is dit effect bij zink groter.

conc



Verandering cadmiumconcentratie 3,5 -5,5 m-gwsp - 2060 ($\mu\text{g/l}$)

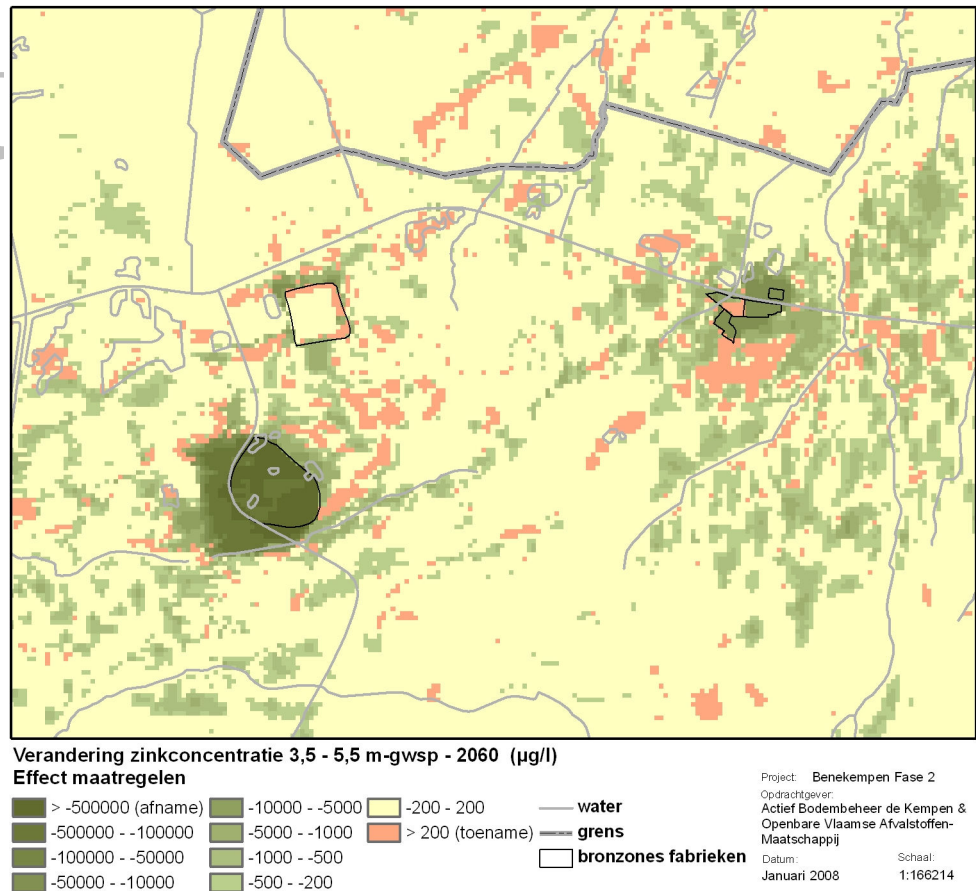
Effect maatregelen



Project: Benekempen Fase 2
 Opdrachtgever: Actief Bodembeheer de Kempen & Openbare Vlaamse Afvalstoffen-Maatschappij
 Datum: Januari 2008
 Schaal: 1:160318

Figuur 3.11: Effect maatregelen op cadmiumconcentraties in grondwater in 2060 op 3,5 – 5,5 m-gwsp rondom Vlaamse sites ten opzichte van autonome ontwikkeling.

conc



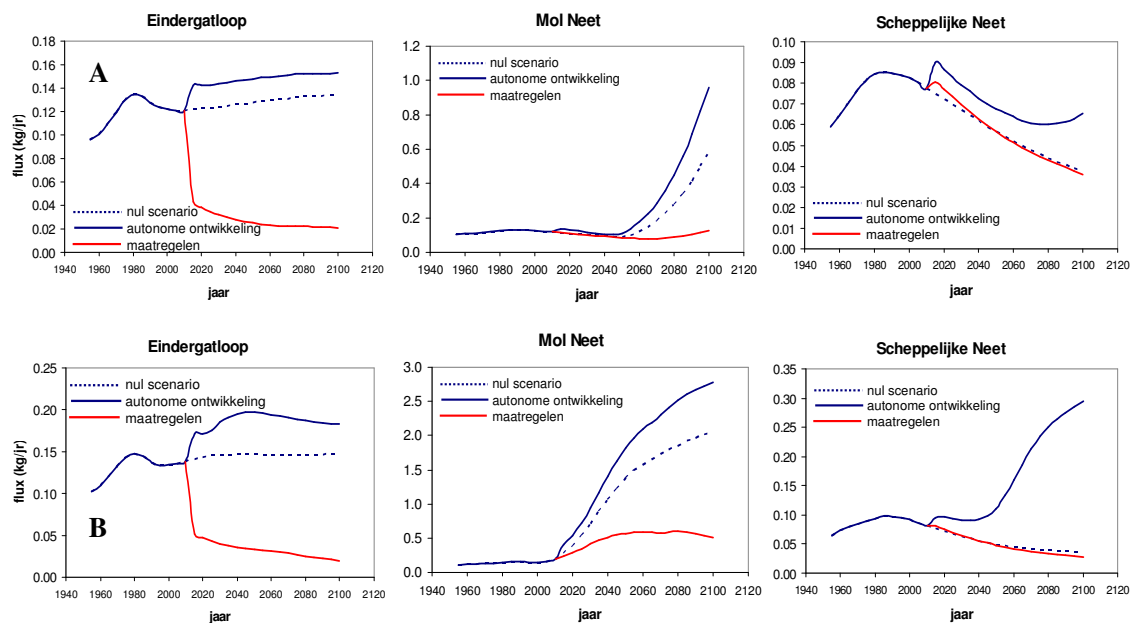
Figuur 3.12: Effect maatregelen op zinkconcentraties in grondwater in 2060 op 3,5 – 5,5 m-gwsp rondom Vlaamse sites ten opzichte van autonome ontwikkeling.

Figuur 3.13 en Figuur 3.14 geven de uitspoeling vanuit het grondwater naar de Eindergatloop, Molse Nete en Scheppelijke Nete volgens het nulscenario, de autonome ontwikkeling en het maatregelen scenario. Deze beken liggen vrij direct langs de sites te Balen (Molse Nete en Scheppelijke Nete) en Overpelt (Eindergatloop). Op de overige beken in het modelgebied die niet direct onder invloed van de verontreinigingspluimen onder de sites staan, wordt nauwelijks een effect berekend. De maatregelen zijn hier dan ook niet op gericht. Het betreffen resultaten met het basis sorptiecapaciteit model (A) en het 50% sorptiecapaciteit model (B) (waarvan de resultaten ook in de alinea's hierboven zijn beschreven) (zie rapport fase 2 voor de beschrijving van beide modellen). Uit deze figuren blijkt dat het maatregelenpakket een groot effect hebben op de uitspoeling naar de Eindergatloop en Molse Nete. Volgens beide modellen wordt de belasting van deze beken sterk gereduceerd. Er zijn twee oorzaken waardoor de belasting afneemt: 1) door de installatie van de grondwateronttrekkingsputten op en rondom de sites is er een afname van de grondwater afvoer naar de beken en 2) als gevolg van de onttrekking nemen de metaalconcentraties in het grondwater af waardoor de uitspoeling verminderd. De effecten van het model met 50% sorptiecapaciteit model zijn groter dan bij het basis sorptiecapaciteit model. Dit is het directe gevolg van een hogere mobiliteit van de metalen in het 50% sorptiecapaciteit model.

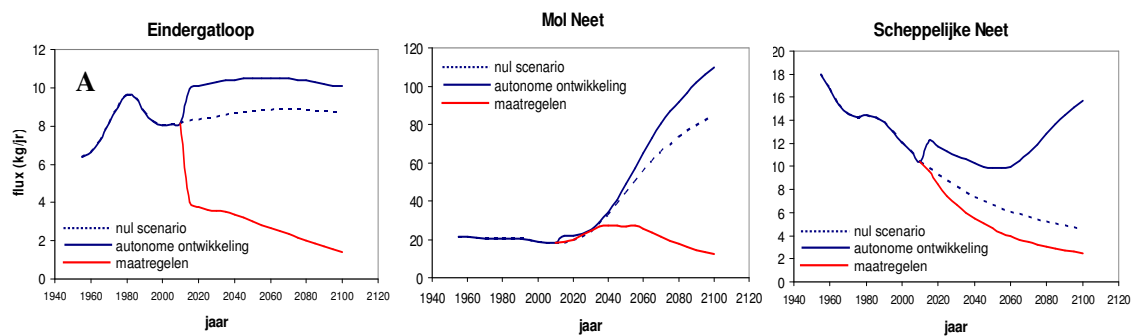
De sterke afname van de metaalflux naar de Eindergatloop tussen 2010 en 2015 is deels het gevolg van de verminderde grondwaterafvoer als gevolg van de onttrekkingsputten. Dit is immers een plotselinge ingreep die een direct effect heeft op de grondwaterflux

naar deze beek. Volgens het nulscenario is de grondwaterafvoer naar de Eindergatloop 1400 m³/dag, bij de autonome ontwikkeling neemt deze toe tot 1900 m³/dag om vervolgens als gevolg van het maatregelenpakket weer af te nemen tot 1275 m³/dag. De veel minder sterke afname in de 85 jaar daarna is het gevolg van afname van metaalconcentratie in het grondwater.

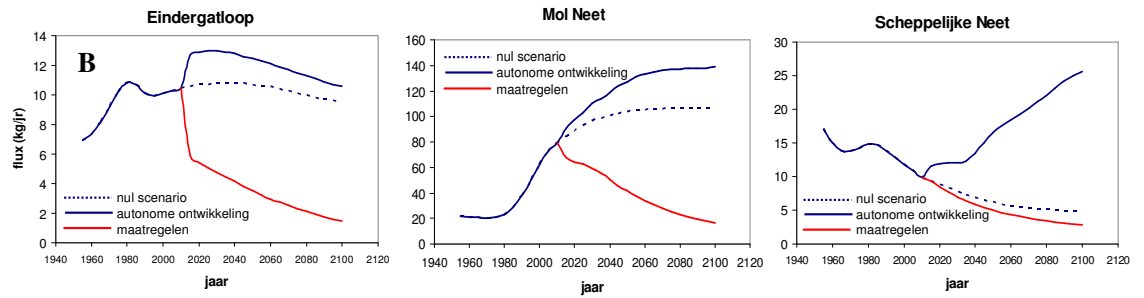
Voor de Scheppelijke Nete is te zien dat het maatregelenpakket geen sterke verbetering geeft van de metaalflux naar de beek ten opzichte van het nulscenario. In het model wordt de Scheppelijke Nete niet direct beïnvloed door de verontreinigingspluim onder de site te Balen. Een verklaring hiervoor is in rapport fase 2 gegeven. Dit geldt vooral voor cadmium maar in mindere mate ook voor zink. Hierbij moet wel gerealiseerd worden dat het maatregulenscenario een optelsom is van de autonome ontwikkeling en de maatregelenpakketten. Wanneer de autonome ontwikkeling niet in het maatscenario zou worden meegenomen geeft het maatregulenscenario waarschijnlijk een lager metaalflux naar de Scheppelijke Nete dan het nulscenario.



Figuur 3.13: Effect maatregelen op cadmiumuitspoeling naar beektrajecten rondom Vlaamse sites; A = basismodel, B = 50% sorptiecapaciteit model



con



Figuur 3.14: Effect maatregelen op zinkuitspoeling naar beektrajecten rondom Vlaamse sites; A = basismodel, B = 50% sorptiecapaciteit model

In de rapportage van fase 2 van deze studie is al beschreven dat voor de extreem hoge metaalconcentraties onder de sites in Vlaanderen de regionale modelbenadering niet optimaal is. In het huidige 'basismodel' wordt de sorptie waarschijnlijk overschat. Het model met 50% sorptiecapaciteit geeft een meer representatieve weergave van de huidige pluimen maar dit is een tamelijk arbitraire keuze. Het probleem is dat er geen thermodynamische database bestaat om de sorptie van cadmium en zink aan bodemdeeltjes onder dergelijke condities goed te beschrijven. Een modelparameterisatie gebaseerd op gemeten verdelingscoëfficiënten van cadmium en zink over de waterfase en vaste fase voldoet mogelijk beter. Deze moeten dan wel zodanig niet-lineair zijn dat er een natuurlijke overgang ontstaat naar het omliggende gebied waar veel lagere concentraties voorkomen.

4 Evaluatie

concept

4.1 Nieuwe inzichten

Het huidige regionale modelinstrument is het derde grondwatermodel dat voor de Kempen is ontwikkeld. Het eerste betrof 3 modellen voor aparte stroomgebiedjes in Nederland (Beekloop-Keersop, Groote Aa en Sterkselse Aa en Tungelroysche beek) en is in opdracht van ABdK ontwikkeld (Van der Grift *et. al*, 2004). Het tweede model is een regionaal vlakdekkend model voor het Nederlandse deelgebied van de Kempen (Heerdink *et al*, 2007). Dit is binnen het STROMON project ontwikkeld en gefinancierd door TNO, EU FP6, provincie Noord-Brabant, waterschap De Dommel, waterschap Brabantse Delta en waterschap Aa en Maas. De kennis, data en ervaring opgedaan bij de ontwikkeling van deze modellen heeft een belangrijke rol gespeeld bij de realisatie van het huidige regionale modelinstrument.

Het huidige modelinstrument is het eerste grensoverschrijdende grondwatermodel dat het gehele door atmosferische depositie verontreinigde gebied in de Kempen dekt. Dit grensoverschrijdende aspect heeft bij de ontwikkeling van het instrument een belangrijke rol gespeeld. Dit betekent namelijk een vergaande afstemming van gegevens aan beide zijde van de grens. Waar het voor visualisatie van kaartmateriaal afkomstig van beide zijden van de grens nog mogelijk is om deze tegen elkaar te plakken zonder dat deze daadwerkelijk op elkaar zijn afgestemd kan dit voor modelinvoer niet meer. Bij het bewerken van de modelinvoer is dus een volledig op elkaar afgestemde kaartenbak ontstaan met landgebruik, maaiveldhoogtes bodemtypes ect.

Het modelinstrument heeft (voor het Nederlandse deel) ten opzichte van het STROMON model verder ontwikkelde concepten en betere data. Enkele voorbeelden hiervan zijn:

- een sterk verbeterd van het historische atmosferische depositie model
- een volledige gedistribueerde benadering van het onverzadigde zone model met 200 x 200 m gridcellen, voorheen was dit een gebiedstypen benadering waarin de invoer was geclassificeerd;
- de inbreng van een ploeglaag en gewasopname in het onverzadigde zone model;
- de beschikbaarheid van geochemische data van de verzadigde zone en de wijze van parametrisatie van de geochemie in de verzadigde zone;
- een direct koppeling tussen grondwaterstand zoals berekend met het verzadigde zone model en de dikte van de bodemkolom van het onverzadigde zone model;
- de verticale schematisatie verzadigde zone model.

In vergelijking met het STROMON model komen de modeluitkomsten hierdoor nu beter overeen met de werkelijkheid.

Naast deze 'generieke' verbeteringen en het feit dat er nu een gebiedsdekkend model voor de gehele Kempen is ontwikkeld heeft dit project geleid tot een aantal nieuwe inzichten over de metaalverontreiniging in de Kempen:

- De atmosferische depositie is veel eerder op gang gekomen dan dat we tot nu toe hadden aangenomen. Voor de voorgaande modellen is, op basis van RIVM gegevens uitgegaan van een stabiele atmosferische depositie tot 1950 waarna deze lineair in de tijd toeneemt tot 1975. Nu is de atmosferische depositie gelijk gesteld aan de productie van de zinksmelterijen, voor de smelter te Budel blijkt deze voor

concept

- de tweede wereldoorlog al twee pieken te hebben gehad. Er is dus een veel hogere bodem belasting in eerste helft 20-ste eeuw dan tot nu toe werd aangenomen.
- De afstand vanaf de fabrieken tot waar er sprake is van een verhoogde atmosferische depositie als gevolg van deze fabriek is 10 tot 15 km. Buiten deze 15 km berekent het model cadmium- en zinkconcentraties die in landbouwgebieden overeenkomen met gemeten regionale achtergrondconcentraties. Voor natuurgebieden buiten deze 15 km zijn de berekende concentratie aan de lage kant.
 - Er is een groot verschil in de uitloging van metalen vanuit de bovengrond naar het bovenste grondwater tussen Vlaanderen en Nederland. In de periode 1950-1955 is er al een aanzienlijke uitloging in de wijde omgeving van de sites van Balen, Maatheide en Overpelt terwijl dit voor het Nederlandse deel van het modelgebied nog niet het geval is. In de huidige situatie (2010) begint de uitloging rond de Vlaamse sites al gedeeltelijk af te nemen terwijl de uitloging rond Budel nog steeds toeneemt. Dit is het gevolg van verschillen in bodemtypes, netto-neerslag grondwaterstanden en tijdstip en niveau van de metaalbelasting aan maaiveld tussen Vlaanderen en Nederland. De verschillen in bodemtypes zijn het gevolg de geologische grens tussen het Kempisch plateau en de Centrale Slenk.
 - De cadmium- en zinkconcentraties in het bovenste grondwater zijn momenteel in Vlaanderen een stuk hoger dan in Nederland gemiddeld scheelt dit ongeveer een factor 4.
 - Met het huidige modelinstrument is het mogelijk om gemiddelde concentratie-diepteprofielen per gebiedstype te valideren aan gemeten concentratie diepteprofielen per gebiedstype. Uit de STOMON studie bleek dat validatie aan concentratie diepteprofielen erg waardevol is om inzicht te krijgen in de prestaties van een grondwatertransportmodel. De overeenkomst tussen de berekende en gemeten concentratie diepteprofielen blijkt goed te zijn.
 - De concentratie-diepteprofielen van vergelijkbare gebiedstypes op verschillende afstanden tot de sites van de zinkfabrieken verschillen uiteraard sterk in niveau van concentraties maar de diepte tot waarop de metalen zijn doorgedrongen is wel vergelijkbaar. Hieruit blijkt dat de transportsnelheid van de metalen in de verzadigde zone niet erg afhangt van de concentratie.
 - Er is geen sprake van een grensoverschrijdende grondwaterproblematiek. De grondwaterpluimen van de Vlaamse fabrieken zullen de grens niet passeren. De diffuse grondwaterverontreiniging als gevolg van de atmosferische depositie is ook niet grensoverschrijdend. Voor de korte ondiepe stroombanen geldt immers dat de concentraties aan beide zijde van de grens vergelijkbaar is. Stroombanen van meer regionale grondwatersystemen zijn zo lang en gaan zo diep dat er geen sprake van een flux over de grens kan zijn. Lozing van gedraineerd verontreinigd grondwater op het oppervlaktewater kan wel een grensoverschrijdend (oppervlaktewater) probleem zijn.
 - Zowel in Nederland als Vlaanderen is er voor nu en de komende 90 jaar geen sprake van bedreiging van grondwaterwinningen voor menselijke consumptie door de metalenproblematiek in de Kempen.
 - Holocene beekdalafzettingen hebben een grote invloed op de grondwater-oppervlaktewater interactie. De berekende belasting van het oppervlaktewater vanuit het grondwater is namelijk hoger dan de gemeten concentraties terwijl voor het bovenste en diepere grondwater de gemeten en berekende concentratie vergelijkbaar zijn. Veel beken in het gebied hebben geen sterk ontwikkelde waterbodem maar liggen wel in een beekdal dat van nature hogere gehalten organisch materiaal en lutum bevat. De beekdalafzettingen zijn niet als aparte entiteit in het model opgenomen.

- Verhoging van grondwaterstanden (als gevolg van bijvoorbeeld klimaatverandering of vernatting) leidt in Nederland tot hogere concentraties in het bovenste grondwater in landbouw en natuurgebieden en een hogere metaalflux naar het oppervlaktewater. In Vlaanderen is dit effect veel kleiner of zelf omgekeerd. Dit is het gevolg van de veel snellere uitspoeling van metalen naar het bovenste grondwater in Vlaanderen waardoor de hoogste gehalten zich niet meer in de bovengrond bevinden.
- De maatregelen rondom de sites in Vlaanderen hebben een grote invloed op de uitspoeling van verontreinigd grondwater naar het oppervlaktewater.
- Uit het STROMON project bleek dat de uitspoeling van metalen naar het oppervlaktewater afhankelijk is van de dynamiek in neerslag en afvoer. Hierdoor zijn er verschillen tussen droge en natte jaren te verwachten. Binnen dit project is dit modelmatig onderbouwd. Voor de Beekloop-Keersop bleek dat de waterafvoer in een nat jaar circa 3 maal hoger is dan in een droog jaar. De berekende cadmium- en zinkbelasting van het oppervlaktewater is in een nat jaar respectievelijk 6,5 en 6,0 maal zo hoog als de belasting in een droog jaar.

4.2 Beleidsvragen

Het modelinstrument geeft op een groot aantal beleidsvragen rondom het beheer van verontreinigd grondwater. In samenspraak met de opdrachtgever en stuurgroep is een lijst samengesteld van alle mogelijke beleidsvragen waarop het modelinstrument antwoord (kan) geven. Deze beleidsvragen zijn onderverdeeld naar de verschillende compartimenten van het bodem-watersysteem:

1. Belasting van de bodem
2. Belasting van het ondiepe grondwater
3. Diep grondwater en grondwaterwinningen voor menselijke consumptie
4. Natuurgebieden
5. Oppervlaktewater
6. Overige vragen

Alle beleidsvragen zijn vervolgens in drie categorieën ingedeeld:

1. Vragen die met het instrument beantwoordt kunnen worden en het antwoord ook binnen dit project is geformuleerd
2. Vragen die met het instrument beantwoordt kunnen worden maar het antwoord buiten de opdracht van dit project valt
3. Vragen die niet of pas na aanpassing van het modelinstrument beantwoord kunnen worden

Per vraag is de categorie aangegeven waartoe deze behoort, is kort een antwoord geformuleerd en is een verwijzing opgenomen naar de paragraaf waarin het antwoord uitgebreider is beschreven.

1) Belasting bodem

Vraag: hoe valide is de berekende bodembelasting? (I)

De berekende bodembelasting door bemesting en atmosferische depositie is de best mogelijke schatting op basis van beschikbare gegevens en bestaande studies. Voor de atmosferische depositie is een reconstructie van de depositie in functie van de tijd, afstand tot de fabriek en windrichting uitgeoefend. De ruimtelijke patronen (afstandsrela-

ties) zijn gevalideerd met bodemgehaltenes (Mohammadi, 1997) (zie rapport fase 2, paragraaf 3.1.1 en Figuur 3.3). De totale berekende belasting door atmosferische depositie (over de hele productieperiode van de bedrijven) komt goed overeen met schattingen uit andere studies. De uitkomst uit de berekening in deze studie geeft voor Cd depositie binnen 15 km van de fabrieken tussen 17-825 g/ha.j, terwijl van der Grift et al (2008) met waarden 15-642 g/ha.j hebben gewerkt en Sonke et al. (2002) 1600 g/ha.j berekend heeft voor ongestoorde vennen. De in deze studie berekende waarden liggen dus in dezelfde orde van grootte als andere schattingen. De variatie in de tijd is gelinkt aan productiecijfers en is gekend voor Balen en Budel, voor Overpelt en Lommel zit daar iets meer onzekerheid op maar het productieproces op deze sites was zeer gelijklopend met Budel.

Vraag: welke nieuwe inzichten over de belasting van de bodem (t.o.v. voorgaande studies) zijn verkregen door deze studie? (1)

Voor de historische atmosferische depositie is een meer gedetailleerde en onderbouwde reconstructie uitgevoerd die voor elke locatie in het modelgebied in functie van de afstand tot de fabrieken en de dominante windrichting een depositie geeft vanaf de start van de productie in de fabrieken tot nu (zie rapport fase 2, 3.1.1). Dit model laat toe de verschillende bronnen van belasting onderling te vergelijken zowel voor verschillende locaties als voor verschillende periodes. Uit het model blijkt duidelijk dat de bodembelasting in het Vlaamse deel van het modelgebied veel hoger is dan in het Nederlandse deel.

In het model voor uitspoeling van metalen uit de onverzadigde zone is een betere beschrijving opgenomen van de processen in landbouwgronden, met een model voor de ploeglaag dat plantopname en uitspoeling in rekening brengt (zie rapport fase 2, 4.2).

Vraag: hoeveel is totaal op de bodem terechtgekomen en hoeveel zit er nu nog in de bodem? (1)

Voor cadmium is er in totaal (van 1890 tot nu) 1737 ton op de bodem terecht gekomen door depositie en 26 ton door bemesting. Daarvan is 566 ton intussen verdwenen door uitloging (of 32,1%). Onder het nulscenario zou in 2100 bijkomend nog eens 328 ton (18,9 %) verdwijnen door uitloging. Voor zink is er in totaal 159303 ton afgezet door depositie en 8347 ton door bemesting en daarvan is 54199 ton al uitgelooft (32,3%). Onder het nulscenario zal er in 2100 nog eens (27,0 %) uitgespoeld zijn (zie rapport fase 2, paragraaf 4.5).

Vraag: Hoe verhoudt de huidige belasting zich tot historische bodembelasting? (1)

De atmosferische depositie in de periode 1890-1975 bedroeg voor Cd gemiddeld 78,4 g/(ha.j), voor de periode 1975-2010 gemiddeld 2 g/(ha.j) en vanaf 2010 1,1 g/(ha.j). Voor Zn is de depositie in de periode 1890-1975 gemiddeld 7243 g/(ha.j), voor de periode 1975-2010 211 g/(ha.j) en vanaf 2010 77,3 g/(ha.j).

Vraag: geven concentraties in de vaste fase risico's bodemgebruik? (3)

Daar kan met het ontwikkelde model geen antwoord op gegeven worden. Het is wel mogelijk de berekende bodemconcentraties te gebruiken in een blootstellings- of risicomodel.

Vraag: welke bronmaatregelen zijn effectief ter bescherming van het (ondiep en diep) grondwater? (1)

Als maatregelen zijn in de berekeningen volgende maatregelen bekeken:

- Verwijderen van verontreinigde grond op de sites en ter hoogte van zones rond de fabrieken.
- Verwijdering van (een deel van) de zinkassen.

Deze maatregelen hebben een duidelijk effect op lokaal niveau aangezien de bron in de onverzadigde zone verdwijnt en uitspoeling naar het ondiep grondwater op die manier gestopt wordt. Op regionale schaal is het effect minder uitgesproken.

Vraag: tot welke afstand van de fabrieken is historische bodembelasting tgv de fabrieken nog dominant? (1)

Over de ganse simulatieperiode is de gemiddelde bodembelasting met Cd afkomstig van mest gelijk aan 3,4 g/ha.j of 2,5 g/ha.j voor resp. Nederlandse of Vlaamse landbouwbodems. Dit is ongeveer gelijk aan de achtergronddepositie (voor locaties meer dan 15 km van de sites) die 3,4 g/ha.j bedraagt. Voor Zn is de belasting door mest gelijk aan 1235 g/ha.j of 812 g/ha.j voor resp. Nederlandse of Vlaamse landbouwbodems. Dat is hoger dan de achtergronddepositie (gelijk aan 312 g/ha.j) maar lager dan de waarden berekend voor het gebied binnen 15 km van de fabrieken (daar worden waarden tussen 1564 en 75587 g/ha.j bekomen). Binnen de hele invloedszone van de fabrieken (een straal van 15 km) is de historische atmosferische depositie dus dominant. Vanaf 1975, wanneer de emissie van de fabrieken terugvalt, verandert het beeld: voor Cd is de belasting door mest gemiddeld 3,8 of 2,7 g/ha.j (voor resp. Nederlandse of Vlaamse landbouwgrond) terwijl de depositie terugvalt naar 2,2 g/ha.j. Voor Zn stijgt de belasting door mest naar 2534 of 1706 g/ha.j (voor resp. Nederlandse of Vlaamse landbouwgrond) terwijl de depositie terugvalt naar 210 g/ha.j voor het hele modelgebied (zie rapport fase 2, Figuur 3.10).

2) Belasting ondiep grondwater (nu en 2100)

Vraag: hoe valide is de berekende belasting ondiep grondwater? (1)

De berekende gemiddelde cadmium- en zinkconcentraties in de bovenste meter grondwater in verschillende gebiedstypen in Nederland komen goed tot zeer goed overeen met gemiddelde gemeten concentraties. In kwelgebieden worden te hoge concentraties berekend. De oorzaak hiervan ligt waarschijnlijk in het feit dat de holocene organisch stof- en ijzerrijke beekdalafzettingen niet als aparte eenheden in het ondergrondmodel opgenomen zijn. In Vlaanderen zijn er geen representatieve meetreeksen in de bovenste meter van het grondwater en kan dus geen vergelijking worden gemaakt (rapport fase 2 paragraaf 6.4.2). Oo is vergeleken met gemeten bodemgehalten, en de overeenstemming is goed (rapport fase 2, paragraaf 4.4).

Vraag: welke nieuwe inzichten over de belasting van het ondiepe grondwater (t.o.v. voorgaande studies) zijn verkregen door deze studie? (1)

Het grensoverschrijdend karakter van de studie heeft tot nieuwe inzichten geleid, meer bepaald over het verschil in snelheid van uitloging tussen Nederland en Vlaanderen. De modelresultaten geven aan dat uitspoeling van metalen in Vlaanderen reeds ver gevorderd is maar in Nederland nog voor een groot deel de komende eeuw zal plaats vinden. Het verschil tussen beide regio's is voornamelijk toe te schrijven aan de verschillende bodemgesteldheid (zie rapport fase 2, paragraaf 4.5).

Vraag: waar nemen conform de nulsituatie concentraties sterk toe en af? (1)

De maximale uitspoeling in Vlaanderen is inmiddels bereikt, de metaalflux naar het ondiep grondwater zal hier in de toekomst afnemen. In Nederland is dit nog niet het geval, in grote gebieden neemt de concentratie in het bovenste grondwater toe. Bij vergelijking van de 2060 met de 2010 resultaten valt op dat in het bovenste grondwater de hoogste

concentraties ($Cd > 50 \mu\text{g/l}$ en $Zn > 5000 \mu\text{g/l}$) uit het kaartbeeld verdwijnen maar dat tegelijk het oppervlak met licht verhoogde concentraties ($Cd > 1 \mu\text{g/l}$ en $Zn > 100 \mu\text{g/l}$) toeneemt (rapport fase 2, paragraaf 6.5)

Vraag: wat is het effect van de klimaatverandering op de belasting van het ondiep grondwater? (1 / 2)

De klimaatverandering vertaalt zich in het model in een (gemiddeld) hogere netto-neerslag en een stijging van het waterpeil. Door de hogere netto-neerslag zal de uitspoeling sneller verlopen en door de stijging van het grondwaterpeil wordt het proces nog verder versneld. Dat heeft tot gevolg dat er hogere concentraties aan cadmium en zink in grondwater berekend worden onder het autonoom scenario in vergelijking met het nulscenario. In gebieden waar de uitspoeling al ver gevorderd is worden geen hogere concentraties berekend.

Het effect van alleen klimaatverandering op concentraties in het bovenste grondwater is niet doorgerekend. Er is een scenario doorgerekend met de autonome ontwikkeling waar klimaat een onderdeel van is. Hierdoor is er binnen het huidige project alleen heel globaal iets zeggen over effecten van klimaatverandering (rapport fase 3 paragraaf 2.4.2).

Wat is het (lokaal-regionaal) effect ten gevolge van omzetting van landbouw naar natuur? (1 / 2)

Door de omzetting van landbouw naar natuur zal er in de bodem een pH-verlaging optreden en zal de drainagebasis verhogen. Dat heeft tot effect dat de sorptie in de bodem verlaagt en dat uitspoeling versneld zal optreden. Dit effect is zeer uitgesproken op lokale schaal maar speelt een minder belangrijke rol op regionale schaal aangezien de oppervlakte landbouwgrond die omgezet wordt naar natuur in de modelopzet (autonoom scenario) eerder beperkt is. Het effect van omzetting landbouw naar natuur is niet kwantificeerbaar op basis van de modelresultaten aangezien in het autonoom scenario tegelijkertijd ook de klimaatsverandering in rekening is gebracht en beide effecten niet te onderscheiden zijn.

Vraag: wat is het effect van verstedelijking? (3)

Door verstedelijking zal de netto-neerslag in het gebied verlagen en zal het uitloogproces vertragen of onder verharde oppervlaktes zelfs stoppen. Dit effect is echter niet meegenomen in de modelberekeningen omdat op basis van de prognoses geen duidelijke trend van verstedelijking kon worden afgeleid. Daarnaast is er tegenwoordig een ontwikkeling gaande dat de uitbereidingswijken en bedrijventerreinen qua waterbeheer steeds natuurlijker worden aangelegd waardoor de afname van netto-neerslag gedeeltelijk zal worden gecompenseerd (rapport fase 3 paragraaf 2.2.2).

Vraag: wat is het effect van maatregelen ter hoogte van de sites op het ondiep grondwater? (1)

Het effect van het weghalen van de verontreinigde grond op de sites zorgt ervoor dat de bron in de onverzadigde zone wordt weggenomen en dat het ondiepe grondwater niet verder wordt belast. De grondwateronttrekkingen op de sites zorgen ervoor dat de verontreiniging geohydrologisch wordt beheerst. Het effect van de sanering van de bovengrond en grondwateronttrekkingen op de sites te Balen en Overpelt op de concentraties in het bovenste grondwater is groot en kan 5 jaar na implementatie van de maatregelen oplopen tot een afname van meer dan $1000 \mu\text{g/l}$ voor cadmium en meer dan $500000 \mu\text{g/l}$ voor zink (rapport fase 3 paragraaf 3.5.2).

Welke gebieden zijn het meest belast en waarom? (I)

Er kan afgeleid worden dat de huidige cadmium- en zinkconcentraties in het bovenste grondwater in Vlaanderen hoger zijn dan in Nederland. Dit verschil is ongeveer een factor vier. De hoogste concentraties worden gevonden in de driehoek rondom de Vlaamse sites. Dit is in overeenstemming met meetresultaten in het grondwater. De oorzaak van dit verschil ligt in een combinatie van een hogere bodembelasting als gevolg van atmosferische depositie, een bodem die gevoeliger is voor uitspoeling en een hogere netto neerslag. In droge natuurgebieden zijn de bodems het meest gevoelig voor uitspoeling. Hier worden dan ook de hoogste concentraties berekend en gemeten (rapport fase 2 paragraaf 6.5.1).

Vraag: tot welke afstand van de sites kunnen Cd en Zn gehalten verhoogd worden aangetroffen tov het achtergrondniveau? Wordt dit ondersteund door (meet)data? (I)

In de zone met een afstand groter dan 15 km tot de sites berekent het model cadmium- en zinkconcentraties die in landbouwgebieden behoorlijk goed overeenkomen met gemeten regionale achtergrondconcentraties. Hier is dus geen invloed meer van de verhoogde atmosferische depositie veroorzaakt door de zinksmelterijen. Voor natuurgebieden buiten deze 15 km zijn de berekende concentratie aan de lage kant in vergelijking met gemeten regionale achtergrondconcentraties (rapport fase 2 paragraaf 6.5.1).

Vraag: welke kwaliteitsverbetering, lokaal vs. regionaal, wordt gerealiseerd door saneren zinkassen? (I)

Onder zinkassenwegen is uitgegaan van een extra concentratie op het niveau van het bovenste grondwater 30 µg/l voor cadmium en 15 µg/l voor zink. Deze concentratie is vanaf 1950 tot 2010 als constant verondersteld. De afname van concentraties in een 200 x 200 m modelcel (= resolutie van onverzadigde zone model) na sanering van de zinkassenweg ligt in de orde van enkele µg/l voor cadmium en enkele tientallen tot honderden µg/l voor zink. Met name in de nabijheid van de sites is deze afname gering ten opzichte van de absolute concentraties. Op grotere afstand is deze afname ten opzichte van de absolute concentraties groter (rapport fase 3 paragraaf 3.5.2)

3) Diep grondwater en grondwater voor menselijke consumptie

Vraag: hoe valide is de berekende verspreiding naar diep grondwater en winningen? (I)

Voor de beschouwde gebiedstypen komen berekende diepteprofielen van gemiddelde concentraties behoorlijk goed overeen met gemeten concentratie-diepteprofielen (rapport fase 2 paragraaf 6.4.3). Geen van de drinkwaterwinningen in het gebied hebben volgens het modelinstrument een cadmium of zinkprobleem. Dit wordt bevestigd door metingen (rapport fase 2 paragraaf 6.5.2.4)

Vraag: Welke nieuwe inzichten (t.o.v. voorgaande studies) zijn verkregen door deze studie? (I)

Er zijn geen grensoverschrijdende aspecten voor grondwater en er is geen bedreiging voor de grondwaterwinningen in het gebied (rapport fase 3 paragraaf 4.1)

iii 1 Tot welke diepte worden Zn en Cd verspreid (significante toename tov achtergrondgehalte) en klopt dit met de huidige data? In infiltratiegebieden worden tot circa 10 m-gwsp gemiddelde verhoogde concentraties in het grondwater berekend. Hieronder kunnen er lokaal nog verhoogde concentraties voorkomen maar dit komt dermate weinig voor dat dit de gemiddelde concentratie per gebiedstype niet meer beïnvloed. Dit

klopt met gemiddelde gemeten concentraties. Beneden 10 m-gwsp worden hier en daar wel verhoogde concentraties gemeten (6.4.3).

Vraag: kan een uitspraak gedaan worden of de situatie 2200 veel verschilt van 2100? (2)

Dit valt buiten de opdracht van het project. Om hierop antwoord te geven moet het model nog 100 jaar verder worden doorgerekend

Vraag: wat is effect sanering bij sites op verspreiding naar diep grondwater? (1)

De metaalconcentraties in het grondwater onder en rondom de sites blijven hoog maar de grondwateronttrekkingen hebben duidelijk een positief effect op de verspreiding van de verontreiniging. De omvang van de pluimen worden kleiner en de concentraties lager. Op de site te Balen loopt de afname in cadmiumconcentraties nabij de locaties van de onttrekkingsputten op tot boven de 5000 µg/l en voor zink tot boven de 500000 µg/l. De reikwijdte van de grondwateronttrekkingen op de cadmiumpluim is hierin duidelijk zichtbaar en bedraagt ongeveer 3,5 km. Het effect op zink is groter dan het effect op cadmium (rapport fase 3.5.3).

4) Natuurgebieden

Vraag: hoe en in welke mate wordt ondiep grondwater in de natuurgebieden anno 2005 belast? en wanneer piekt de concentratie (1)

Wanneer piek in concentraties? De berekende gemiddelde metaalconcentraties in het bovenste grondwater (0 tot 1,5 m-gwsp) zijn in een aantal natuurgebieden, met name degene die dichtbij de Vlaamse sites liggen, met enkele tientallen microgrammen per liter cadmium en enkele duizenden microgrammen per liter zink hoog. Dit kan een bedreiging zijn voor terrestrische natuurwaarden. Dergelijke hoge concentraties zijn ook geregeld in het bovenste grondwater in (Nederlandse) natuurgebieden gemeten. Wel zijn de bovenste grondwater concentraties in de natte delen van het natuurgebied vaak lager dan op de hoger gelegen infiltratiegebieden. Tussen 2005 en 2060 laten veel in Nederland gelegen natuurgebieden een toename van de concentraties in het bovenste grondwater zien terwijl de in Vlaanderen over het algemeen een afname van de concentraties in op dit diepteniveau geven. Dit wordt veroorzaakt doordat de bodem in Vlaanderen gevoeliger is voor uitspoeling waardoor de piek eerder is bereikt (rapport fase 2 paragraaf 6.5.2.2).

Vraag: hoe en in welke mate wordt lokaal oppervlaktewater in natuurgebieden anno 2005 belast? Wanneer piek concentraties (1)

De oppervlaktewaterconcentraties in natuurgebieden is van belang voor inschatting van de risico's voor aquatische natuurwaarden. Voor verschillende natuurgebieden dalen of stijgen de concentraties in de periode 1950-2010. Belasting van het oppervlaktewater vanuit het grondwater is daarmee een complex proces. Het is afhankelijk van een combinatie van de ligging van het natuurgebied ten opzichte van de bronzones (sites), de gevoeligheid van de bodem voor uitspoeling en de snelheid van het hydrologische systeem. De Nederlandse norm (MTR-totaal) voor cadmium in oppervlaktewater is 2 µg/l en voor zink 40 µg/l. In alle natuurgebieden wordt de zinknorm overschreden terwijl dit voor cadmium niet altijd het geval is bereikt (rapport fase 2 paragraaf 6.5.2.3).

Vraag: wat is effect peilverhoging? En wat het effect van klimaatverandering? (1 / 2)

Verhogingen van de grondwaterstand van meer dan 1 meter zijn het gevolg van de aanpassing van het drainageniveau in natuurgebieden. Het klimaatscenario berekent in gro-

tere gebieden een geringere toename van de grondwaterstanden van één tot enkele decimeters (rapport fase 2 paragraaf 2.4.1). De combinatie van deze twee verandering levert in Nederland een toename van de gemiddelde concentraties in het bovenste grondwater. In Vlaanderen nemen de concentraties iets af (rapport fase 3 paragraaf 2.4.2). De veranderingen in het bovenste grondwater zijn ruimtelijk sterk heterogeen. Deze is namelijk direct afhankelijk van het concentratie-diepteprofiel van het metaal in de ondiepe ondergrond. Hoe sterker het metaal in de bovenin het bodemprofiel is blijven plakken, hoe groter de toename in concentratie in het bovenste grondwater bij een stijging van de grondwaterstand. Ook geven de toename in grondwaterstanden een grotere waterflux en stofflux naar het oppervlaktewater (rapport fase 3 paragraaf 2.4.3). Dit effect is ruimtelijk ook zeer heterogeen en dit heeft dezelfde oorzaak als het effect op verandering van concentraties in het bovenste grondwater.

Vraag: worden de berekende verhoogde gehalten bevestigd door metingen?

BvdG: wat wordt hier nu mee bedoeld, de huidige hoge concentraties in natuurgebieden of de effecten van verhoging van grondwaterstanden? Dit laatste zijn scenario's en kunnen per definitie niet getoetst worden aan metingen. Of wordt hier de relatie tussen neerslag- en afvoerpatronen bedoeld. Deze zijn wel uit metingen van oppervlaktewaterkwaliteit te halen. In het bovenste grondwater in Nederlandse natuurgebieden zijn concentraties gemeten in dezelfde orde als de gemiddelde berekende concentraties (rapport fase 2, paragraaf 6.5.2.2). Metingen van lokaal oppervlaktewater binnen de natuurgebieden zijn niet beschikbaar.

5) Oppervlaktewater (nu en 2100)

Vraag: hoe valide is de berekende belasting oppervlaktewater? (1)

In een meerderheid van de beschouwde bedreigde beektrajecten worden hogere concentraties berekend dan gemeten, tot maximaal een factor 10. In 3 van de 14 beektrajecten waarin berekende en gemeten concentraties vergeleken zijn, is er geen verschil (rapport fase 2, paragraaf 6.5.2.1)

Vraag: Welke nieuwe inzichten (t.o.v. voorgaande studies) zijn verkregen door deze studie? (1)

Holocene beekdalafzettingen hebben een grote invloed op de grondwater-oppervlaktewater interactie. De berekende belasting van het oppervlaktewater vanuit het grondwater is namelijk hoger dan de gemeten concentraties terwijl voor het bovenste en diepere grondwater de gemeten en berekende concentratie vergelijkbaar zijn. Veel beken in het gebied hebben geen sterk ontwikkelde waterbodemplakken maar liggen wel in een beekdal dat van nature hogere gehalten organisch materiaal, ijzeroxides en lutum bevat. De beekdalafzettingen zijn niet als aparte entiteit in het model opgenomen.

Uit eerder onderzoek van TNO is gebleken dat de uitspoeling van metalen naar het oppervlaktewater afhankelijk is van de dynamiek in neerslag en afvoer. Hierdoor zijn er verschillen tussen droge en natte jaren te verwachten. Binnen dit project is dit modelmatig onderbouwd. Voor de Beekloop-Keersop bleek dat de waterafvoer in een nat jaar circa 3 maal hoger is dan in een droog jaar. De berekende cadmium- en zinkbelasting van het oppervlaktewater is in een nat jaar respectievelijk 6,5 en 6,0 maal zo hoog als de belasting in een droog jaar.

De maatregelen rondom de sites in Vlaanderen hebben een grote invloed op de uitspoeling van verontreinigd grondwater naar het oppervlaktewater.

Vraag: Welke factoren kunnen de (veel) hogere belasting t.a.v. metingen verklaren?

Vastlegging van metalen in holocene beekdalafzetting waterbodemp en chemische en fysische processen in het oppervlaktewater zelf (rapport fase 2 paragraaf 6.5.2.1).

Vraag: welke beektrajecten worden sterk door grondwater belast? (1)

Beektrajecten met bovenstromen in het gebied met de hoogste maaiveldbelasting, een bodemp die gevoelig is voor uitspoeling en hydrologisch als snel (en dus kwetsbaar) worden gekenmerkt zijn het meest gevoelig voor verontreiniging vanuit het grondwater. De meest kwetsbare beken in het modelgebied zijn: Scheppelijke Nete, Molse Nete, Eindergatloop en Beekloop-Keersop (rapport fase 2 paragraaf 6.5.2.1).

Vraag: komen de vuilpluimen (zonder sanering) bij de sites in de beektrajecten terecht? En zo ja wanneer? (1)

Volgens het modelinstrument hebben de grondwaterverontreinigingspluimen een grote invloed op de stofbelasting van de Molse Nete (bij site Balen) en Eindergatloop (bij site Overpelt). Het modelinstrument heeft te weinig lokaal detail om de gemeten invloed op de Scheppelijke Nete (bij site Balen) te berekenen (rapport fase 2 paragraaf 6.5.2.5).

Vraag: Welke bijdrage heeft het grondwater in de verschillende beektrajecten? (3)

Dit kan op basis van het huidige modelinstrument niet worden bepaald. Voor een meerderheid van de beektrajecten is de berekende concentratie groter dan de gemeten concentratie.

Vraag: Wat is effect seizoenale dynamiek? (1)

De afvoer van water en de belasting met zware metalen vertoont een dynamiek die sterk door de weersomstandigheden wordt bepaald. De belasting van het oppervlaktewater met Cd en Zn vindt vooral plaats in de wintermaanden als de waterafvoer het grootst is. Dit effect is groter naarmate de metalen minder naar de ondergrond zijn uitgespoeld (dus de metaalgehalten sterker afnemen met de diepte). In zowel metingen van concentraties als berekeningen van concentraties is deze dynamiek duidelijk zichtbaar. De waterafvoer in het stroomgebied van de Keersop is in een nat jaar circa 3 maal hoger dan de waterafvoer in een droog jaar. Echter, de berekende cadmium en zinkbelasting van het oppervlaktewater is in een nat jaar respectievelijk 6,5 en 6,0 maal zo hoog als de belasting in een droog jaar. (rapport fase 2 hoofdstuk 7)

Vraag: Worden door belasting via grondwater milieukwaliteitsdoelen in oppervlaktewater belemmerd? (3)

Vraag: wat is effect autonome ontwikkelingen op belasting? Door welke ontwikkelingen komt dit vooral? (1)

Uit de modelberekeningen blijkt dat als gevolg van een toename in netto neerslag en een stijging van grondwaterstanden er een toename ontstaat van de belasting van het oppervlaktewater vanuit (verontreinigd) grondwater. Er blijkt een duidelijk een relatie te bestaan tussen metaalprofiel in de bodemp en de verandering in grondwaterstand enerzijds en de uitspoeling van verontreinigd grondwater naar het oppervlaktewater anderzijds. Met andere woorden de uitspoeling van metalen naar het oppervlaktewater is sterk afhankelijk van de diepte van de gemiddelde grondwaterstand en mogelijke veranderingen hierin (rapport fase 3 paragraaf 2.4.3).

Vraag Wat is effect saneringsmaatregel op belasting beken nabij sites? (1)

Aan de hand van de berekeningen is aangetoond dat de saneringsmaatregelen een groot effect hebben op de uitspoeling naar een aantal waterlopen die dicht bij de sites liggen waaronder de Eindergatloop en Molse Nete. Er wordt een sterk gereduceerde uitspoeling aangetoond. De oorzaken voor dit zijn: i) door de installatie van de grondwateronttrekkingsputten op en rondom de sites is er een afname van de grondwater afvoer naar de beken en ii) als gevolg van de onttrekking nemen de metaalconcentraties in het grondwater af waardoor de uitspoeling verminderd (rapport fase 3 paragraaf 3.5.3).

6) Overige vragen

Vraag: wat is het grensoverschrijdende karakter grondwaterverontreiniging? (1)

Er is geen sprake van een grensoverschrijdende grondwaterproblematiek. De grondwaterpluimen van de Vlaamse fabrieken zullen de grens niet passeren. De diffuse grondwaterverontreiniging als gevolg van de atmosferische depositie is ook niet grensoverschrijdend. Voor de korte ondiepe stroombanen geldt immers dat de concentraties aan beide zijde van de grens vergelijkbaar is. Stroombanen van meer regionale grondwatersystemen zijn zo lang en gaan zo diep dat er geen sprake van een flux over de grens kan zijn.

Vraag: wat is grensoverschrijdend karakter belasting (door grondwater) oppervlaktewater? (2 / 3)

Lozing van gedraineerd verontreinigd grondwater op het oppervlaktewater is wel een grensoverschrijdend oppervlaktewater probleem zijn. Dit is geen onderwerp van deze studie

Vraag: Welk gebruiksadvies (of adviezen) voor het (on)diep grondwater kan op basis van de modeluitkomsten worden gegeven (2)

Is geen onderwerp van deze studie.

5 Conclusies

concept

De autonome ontwikkeling en het maatregelenpakket die met het modelinstrument als scenario's zijn doorgerekend hebben een effect op de berekende grondwaterstanden, metaalconcentraties in het bovenste grondwater en de uitspoeling van metalen naar het oppervlaktewater en de metaalconcentraties in natuurgebieden. Het effect op de grondwaterwinningen is verwaarloosbaar. Hiervoor is in fase 2 van deze studie al geconcludeerd dat deze nauwelijks bedreigd worden.

In de volgende paragrafen worden conclusies getrokken over de berekende effecten. Tot slot zijn enkele verbeterpunten voor de scenario's aangegeven.

Effect autonome ontwikkeling op grondwateraanvulling en grondwaterstanden:

In verreweg het grootste gedeelte van een modelgebied wordt volgens de autonome ontwikkeling een matige toename in de grondwateraanvulling berekend van tussen de 10 en 50 mm/jaar. Voor grote gebieden heeft dit een stijging van de grondwaterstand in de orde van 10 tot 30 cm als gevolg. De maximaal berekende verhoging is 1,7 meter.

De maximale verhoging van de grondwaterstand in het autonome ontwikkeling scenario zonder het klimaatscenario is 1,4 meter. Dit wijkt niet heel erg veel af van de maximale verhoging zoals berekend met het klimaatscenario van 1,7 meter. Dat grotere verhogingen van de grondwaterstand zijn dus het gevolg van de aanpassing van het drainageniveau in natuurgebieden. Het klimaatscenario voorspelt in grotere gebieden een geringere toename van de grondwaterstanden van één tot enkele dm.

Effect autonome ontwikkeling op concentraties in het bovenste grondwater (bovenste 1.5 m van de verzadigde zone):

Er zijn zowel gebieden met een verbetering van de bovenste grondwaterkwaliteit als een verslechtering van de bovenste grondwaterkwaliteit. In Nederland is een verslechtering van de bovenste grondwaterkwaliteit het overheersende patroon terwijl in Vlaanderen op veel plekken een verbetering aangegeven wordt. Volgens de autonome ontwikkeling neemt de gemiddelde cadmium en zinkconcentraties in natuurgebieden in Nederland in 2015 met een factor 1,5 toe. In de landbouwgebieden ligt dit tussen een factor 1,1 en 1,4. In Vlaanderen nemen de gemiddelde concentraties niet toe maar juist licht af. In grotere gebieden in Vlaanderen liggen de maximale concentraties niet meer bovenin het bodemprofiel maar ergens beneden de grondwaterspiegel. Het maximum in uitspoeling vanuit de bodem naar het grondwater al is voorbij. Bij verhoging van de grondwaterstand neemt de concentratie in het bovenste grondwater dan af. In Nederland is in veel gebieden de maximale uitspoeling vanuit de onverzadigde naar de verzadigde zone nog niet voorbij waardoor de concentratie in het bovenste grondwater toeneemt.

Effecten autonome ontwikkeling op uitspoeling naar bedreigde beektrajecten:

Op basis van de modelberekeningen kan wordt geconcludeerd dat als gevolg van een toename in netto neerslag en een stijging van grondwaterstanden er een toename ontstaat van de belasting van het oppervlaktewater vanuit (verontreinigd) grondwater. Er blijkt een duidelijk een relatie te bestaan tussen metaalprofiel in de bodem en de verandering in grondwaterstand enerzijds en de uitspoeling van verontreinigd grondwater naar het oppervlaktewater anderzijds. Met andere woorden de uitspoeling van metalen naar het oppervlaktewater is sterk afhankelijk van de diepte van de gemiddelde grondwaterstand en mogelijke veranderingen hierin.

Op te merken valt dat door de toename in afvoer vanaf 2010 en hieraan gerelateerd piek in metaalflux in 2015 de metaalfluxen in de decennia na 2020 sterker dalen dan in de referentie situatie (nulscenario).

Effect autonome ontwikkeling op metaalconcentraties in natuurgebieden:

Er kan worden geconcludeerd dat de Nederlandse natuurgebieden een met toename van de cadmium- en zinkconcentratie te maken krijgen als gevolg van de autonome ontwikkeling. In de meeste Vlaamse natuurgebieden wordt een geringe afname van de concentratie berekend. Dit ligt in de lijn van de effecten van de autonome ontwikkeling op de concentraties het bovenste grondwater.

Effect van maatregelen scenario op grondwaterstanden

De grondwateronttrekkingen die rond de sites voorzien zijn hebben een duidelijk effect op de grondwaterstanden in het gebied. De geplande onttrekkingen op en rondom de sites te Balen en Overpelt resulteren in een verlaging van de grondwaterstanden.

Effect van maatregelen scenario concentraties in grondwater

Als gevolg van de sanering van de bovengrond en de verwijdering van zinkassenwegen wordt een vermindering van cadmium- en zinkuitspoeling aangetoond. De bijdrage van uitspoeling vanuit de zinkassenwegen op de totale verontreiniging van het grondwater in het gehele modelgebied is relatief gering. Dit is het gevolg van schaalaspecten, een relatief klein deel van het totale oppervlak in het modelgebied is momenteel bedekt met zinkassenwegen. Met name in de nabijheid van de sites is deze afname is gering ten opzichte van de absolute concentraties. Op grotere afstand is deze afname ten opzichte van de absolute concentraties groter. De effecten van zinkassenverwijdering zijn altijd lokaal. Dit betekent niet dat verwijdering niet belangrijk is. Uit oogpunt van blootstelling en risico's is verwijdering van zinkassenwegen wel degelijk belangrijk en noodzakelijk.

De sanering van de woonwijken "Glasfabriek" en "Balen-Wezel" nabij de site te Balen, "Cité Overpelt" en "Budel Dorplein" is duidelijk in de bovenste grondwaterconcentraties terug te zien. Het effect op de concentraties in het bovenste grondwater ligt op enkele tientallen tot honderden µg/l voor cadmium en enkele duizenden tot meer dan tienduizend µg/l voor zink. Deze afname is lokaal dus aanzienlijk.

Hoewel de concentraties in het grondwater onder en rondom de sites hoog blijven hebben de grondwateronttrekkingen ter hoogte van de sites duidelijk een positief effect op de concentraties, de omvang van de pluimen worden kleiner en de concentraties lager.

Effect maatregelen scenario op uitspoeling naar bedreigde beektrajecten

Aan de hand van de berekeningen kan worden geconcludeerd dat het maatregelenpakket een groot effect heeft op de uitspoeling naar een aantal waterlopen die dicht bij de sites gelegen zijn waaronder de Eindergatloop en Molse Nete. Er wordt een sterk gereduceerde uitspoeling aangetoond. De oorzaken voor dit zijn: i) door de installatie van de grondwateronttrekkingsputten op en rondom de sites is er een afname van de grondwater afvoer naar de beken en ii) als gevolg van de onttrekking nemen de metaalconcentraties in het grondwater af waardoor de uitspoeling verminderd.

In de Scheppelijke Nete wordt een gering effect berekend. Dit komt vooral doordat volgens het model er nog geen doorbraak van de verontreinigingspluim naar deze beek heeft plaatsgevonden. In werkelijkheid worden wel verhoogde concentraties gemeten. Het grondwatermodel heeft hier te weinig lokaal detail (zie rapportage fase 2).

Verbetering in scenario's

Naast algemene verbetering van het modelinstrument (zie rapport fase 2 hoofdstuk 8) kunnen natuurlijk ook de scenario's die in dit rapport zijn beschreven verbeterd worden waardoor de resultaten meer met de werkelijkheid overeen zullen komen. Hierin kan een onderscheid worden gemaakt tussen de onzekerheid van het scenario zelf (wat is bijvoorbeeld het realistische gehalte van het KNMI'06 W klimaatscenario) en onzekerheid die het gevolg is van de wijze waarop het scenario tot modelinvoer wordt omgezet. Toekomstige verbeteringen van het model liggen met name in dit tweede aspect. Vooral de tijdsafhankelijke invoer van de autonome ontwikkeling en het maatregelenpakket levert een verbetering van de modelresultaten voor de autonome ontwikkeling en het maatregelenpakket waardoor deze meer in overeenstemming zullen komen met de werkelijkheid. Dit is in de praktijk vaak wel tijdroven en moet dus alleen worden overwogen wanneer dit een belangrijke verbetering geeft van het voorspellende karakter. Onzekerheid in het scenario zelf zijn vaak het gevolg van leemtes in kennis. We weten gewoonweg niet wat er gaat gebeuren. Dit kan worden ondervangen door meerdere scenario's te draaien, bijvoorbeeld alle vier de KNMI'06 klimaatscenario's.

Wanneer de wens bestaat om het model te gebruiken voor het dimensioneren van de grondwateronttrekkingen op de Vlaamse sites is meer detaillering in initiële concentratie en optimalisatie van metaaladsorptie onder en rondom deze sites noodzakelijk.

6 Referenties

concept

- Baggelaar P.K. en P.J.J.G. Geudens (2005) Prognose landelijke drinkwatervraag tot 2020, opgesteld oktober 2005. VEWIN Nummer ~ 2005/58/6259.
- Brabant Water (2007): Optimalisatie waterwinningen Budel, Eindhoven en Nuland, Startnotitie Milieu Effect Rapportage.
- Batelaan, O. en F. De Smedt, 1996. Onderzoek naar de impact van opties in het Structuurplan Vlaanderen op grondwatervoeding en naar de haalbaarheid van ingrepen met het oog op integrale waterbeheersing. Onderzoeksopdracht voor het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, AMINAL afdeling Water, 81 pag.
- Batelaan, O., and F. De Smedt, 2007. GIS-based recharge estimation by coupling surface-subsurface water balances. *Journal of Hydrology*, 337(3-4), 337-355. (IF 2006: 1.745) doi:10.1016/j.jhydrol.2007.02.001.
- Heerdink, R., H.P. Broers, B. van der Grift, A. Marsman en F.J. Roelofsen (2008) Modellering van de grondwaterbijdrage aan de kwaliteit van het oppervalktewater in zuidoost Brabant; Deelrapport II van het Aquaterra/Stromonproject. TNO-rapport
- KNMI (2007) KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands KNMI Scientific Report WR 2006-01
- Van der Grift, B., J.C. Rozemeijer, F.J. Roelofsen en J. Griffioen (2004) Pilot systeemgericht grondwaterbeheer De Kempen; Deelrapport 1b: Modelopzet en eerste berekeningen. TNO-rapport NITG 04-033-B.

A Bebouwing in Vlaanderen

concept

De Atlas van de woonuitbreidingsgebieden geeft voor elk woonuitbreidingsgebied in Vlaanderen aan of het vanuit beleidsmatig en planologisch oogpunt kan ontwikkeld worden voor woningbouw. De Atlas houdt rekening met de opties van de op dit moment gekende plannen (algemeen plan van aanleg (APA), bijzonder plan van Aanleg (BPA), ruimtelijk uitvoeringsplan (RUP), gemeentelijk ruimtelijk structuurplan (GRS), afbakeningsprocessen stedelijke gebieden, duinendecreet, habitatrictlijngebieden, goedgekeurde niet-vervallen verkavelingen, woningbehoeftestudies, principiële akkoorden, enz.). De Atlas vervangt de genoemde plannen niet. Deze plannen kunnen wijzigen en er kunnen plannen bijkomen. Bijgevolg is de Atlas slechts een momentopname, die regelmatig zal moeten bijgewerkt worden om zijn actualiteitswaarde te behouden.

De 26 gemeenten, gelegen in het Vlaamse deel van het studiegebied, liggen in zowel de provincies Antwerpen als Limburg. In Tabel 6.1 worden voor de provincies Antwerpen en Limburg de oppervlakten bestemd voor woongebied (groen gemarkeerd) aangegeven in ha.

Tabel 6.1 – Bodemgebruik voor de provincies Antwerpen en Limburg (2005; bron: http://statbel.fgov.be/figures/d130_nl.asp#1- bodemgebruik – downloadbaar bestand met gegevens per gemeente van 2005)

Oppervlaktes in hectare	Prov. Antwerpen	Prov. Limburg
Landbouwgronden	141.156.78	128.615.00
Bossen	33.976.10	30.833.07
Bebouwde gronden en aanverwante terreinen	89.702.17	58.839.81
Woongebied	35.551.15	23.573.86
Nijverheidsgebouwen en -terreinen	10.843.72	6.311.28
Steengroeven, putten, mijnen, e.d.	92.23	927.08
Handelsgebouwen en -terreinen	2.207.35	1.310.44
Openbare gebouwen en terreinen (a)	3.286.06	2.870.71
Terreinen voor gemengd gebruik	2.714.92	2.713.24
Terreinen voor vervoer en telecommunicatie	27.339.40	17.291.25
Terreinen voor technische voorzieningen	80.05	76.74
Recreatiegebied en andere open ruimte	7.587.29	3.765.21
Andere	21.903.62	23.926.37
Totale oppervlakte	286.738.67	242.214.24

Volgens de atlas is er voor de regio Antwerpen een oppervlakte van 6229 ha bestemd voor woonuitbreiding, waarvan 61% (3783 ha) onbebouwd is. Van deze oppervlakte kan:

- 1191 à 1363 ha (~ 35 %) nog volledig of deels ontwikkeld worden als woongebied;
- 1221 à 1470 ha totaal niet ontwikkeld worden als woongebied;
- 527 à 744 ha is het onzeker.

Voor de regio Limburg is een oppervlakte van 6249 ha bestemd voor woonuitbreiding, waarvan 70 % (4390 ha) onbebouwd. Van deze oppervlakte kan:

- 1389 à 1576 ha (~ 35 %) nog volledig of deels ontwikkeld worden als woongebied;
- 1648 à 1741 ha totaal niet ontwikkeld worden als woongebied;

- 620 à 709 ha is het onzeker.

Tabel 6.2– Samenvatting oppervlaktes bestemd voor woonuitbreidingsgebieden

Oppervlakte (ha)	Antwerpen	Limburg	TOTAAL	26 gemeenten
Totale oppervlakte	286739	242214	528953	167081
Totale bebouwde oppervlakte	89702	58840	148542	24889
Woongebied	35551	23574	59125	16996
Opp. Te ontwikkelen woonuitbreidingsgebieden	6229	6294	12523	
Bebouwde opp.	2446	1904	4350	
Onbebouwde opp.	3783	4390	8173	
volledig te ontwikkelen opp.	1191	1389	2580	
deels te ontwikkelen opp.*	172	187	359	
niet te ontwikkelen opp.	1221	1648	2869	
deels niet te ontwikkelen opp.*	249	93	342	
volledig onzeker te ontwikkelen opp.	527	620	1147	
deels onzeker te ontwikkelen opp.*	217	89	306	

*deels betekent dat niet precies gekend is welk aandeel van de genoemde oppervlakte wel en niet kan bebouwd worden.