



**BEPALING VAN RISICO'S DOOR
UITLOGING EN BESCHRIJVING
EVOLUTIE VAN DE BODEMKWALITEIT
DEEL 2: HANDLEIDING UITLOGING**

Documentbeschrijving



1. *Titel publicatie*

Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie van de bodemkwaliteit – Deel 2: Handleiding uitloging

2. *Verantwoordelijke uitgever*

Henny De Baets, OVAM, Stationsstraat 110, 2800 Mechelen

3. *Aantal blz.*

73

4. *Wettelijk depot nummer*

5. *Aantal tabellen en figuren*

6 tabellen – 9 figuren – 6 vergelijkingen

6. *Publicatiereeks*

Achtergronddocumenten bodemsanering

7. *Datum publicatie*

8. *Trefwoorden*

bodemverontreiniging, grondwater, uitloging, risico-evaluatie, software modellen, bodemonderzoek

9. *Samenvatting*

Dit rapport is een handleiding voor de bodemsaneringsdeskundige ter bepaling van de toetsingswaarden voor uitloging in de onverzadigde zone, het risico door uitloging en de evolutie van de bodemkwaliteit. De toetsingswaarden kunnen worden bepaald in een vroegtijdig stadium van het bodemonderzoek en kunnen verder verfijnd worden op basis van nieuwe informatie die bij verder onderzoek ter beschikking komt. Bij overschrijding van de toetsingswaarde, moet het risico voor de receptor gekwantificeerd worden middels een bron-pad-receptoranalyse voor bodem en grondwater. In het geval de toetsingswaarde overschreden wordt en het grondwater niet verontreinigd is, dient de impact op het grondwater onder de site bepaald te worden door een transportmodel voor de onverzadigde zone. Tevens wordt de evolutie van de bodemkwaliteit berekend met hetzelfde transportmodel. Indien de toetsingswaarde overschreden wordt en het grondwater is reeds verontreinigd, dient het risico voor een receptor stroomafwaarts in het grondwater bepaald te worden met een transportmodel voor bodem én grondwater. Tevens wordt de evolutie van de bodemkwaliteit (onverzadigde+verzadigde zone) berekend met hetzelfde transportmodel.

10. *Begeleidingsgroep en/of auteur*

VITO: Ingeborg Joris, Piet Seuntjens, Christa Cornelis, Jan Bronders, Guy Vanermen, Kristof Tirez, Richard Lookman, Johan Gemoets; OVAM: Griet Van Gestel, Raf Engels, Caroline Van Gool, Daneel Geysen

11. *Contactperso(n)en*

Griet Van Gestel, Raf Engels, Caroline Van Gool

12. *Andere titels over dit onderwerp*

Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving van de bodemkwaliteit - Deel 1: Opstellen methodiek

Gegevens uit dit document mag u overnemen mits duidelijke bronvermelding.

De meeste OVAM-publicaties kan u raadplegen en/of downloaden op de OVAM-website: <http://www.ovam.be>

Inhoudstabel

1	<u>Inleiding</u>	7
2	<u>Algemene werkwijze</u>	8
3	<u>Opstellen toetsingswaarde voor uitloging</u>	11
3.1	<u>Inleiding</u>	11
3.2	<u>Karakterisatie van de bodem en het grondwater</u>	11
3.2.1	<u>Monstername</u>	11
3.2.2	<u>Bepaling benodigde parameters toetsingswaarde</u>	13
3.3	<u>Berekening van de toetsingswaarde</u>	13
3.3.1	<u>Minimale benodigde gegevens voor berekening van de toetsingswaarde</u> ...	13
3.4	<u>Rekenblad voor de berekening van de toetsingswaarde</u>	16
4	<u>Bron-pad-receptor analyse</u>	20
4.1	<u>Inleiding</u>	20
4.2	<u>Karakterisatie van de bodem en het grondwater</u>	20
4.2.1	<u>Monstername</u>	20
4.2.2	<u>Bepaling van benodigde parameters voor bron-pad-receptoranalyse</u>	22
4.3	<u>Verfijnde sitespecifieke toetsingswaarden</u>	24
4.4	<u>Risico-evaluatie</u>	24
4.4.1	<u>Bron-pad-receptor analyse</u>	24
4.4.2	<u>Selectie van receptor</u>	25
4.4.3	<u>Keuze scenario</u>	25
4.4.4	<u>Benodigde gegevens</u>	26
4.4.5	<u>Evolutie bodemkwaliteit</u>	28
4.4.6	<u>Analytische verspreidingsmodellering</u>	28
4.4.7	<u>Numerieke verspreidingsmodellering</u>	31
5	<u>Overzicht benodigde gegevens doorheen de methodiek</u>	33

Bijlage A: Dilutiefactoren en bodemvochtgehalten

Bijlage B: Jaarlijkse infiltratie q (mm) in functie van bodemtype, hellingsgraad en bedekkingstype voor Belgische condities

Bijlage C: Toetsing methodiek aan bestaande dossiers

Figuren

Figuur 1. Stappen in de risico-evaluatie voor uitloging.	10
Figuur 2. Mogelijke verticale verdeling van de contaminatie in een homogene onverzadigde zone (ideale situatie waarbij geen verstoring van het profiel) in relatie tot verontreinigingshistoriek en de eigenschappen van de stof: (a) weinig mobiele (bv. zware metalen, PAKs, PCBs) en (b) mobiele weinig-vluchtige stof (bv. MTBE).	12
Figuur 3. Rekenblad met invoergeedeelte voor de berekening van de sitespecifieke toetsingswaarde.	17
Figuur 4. Tabel met dilutiefactoren per kaartentiteit.	18
Figuur 5. Berekende sitespecifieke toetsingswaarden.	19
Figuur 6. Basisscenario's in de bron-pad-receptoranalyse: (a) bron in de onverzadigde zone (zuiver grondwater is de receptor), (b) bron in de verzadigde zone (receptor ligt stroomafwaarts), (c) bron in onverzadigde en verzadigde zone (receptor ligt stroomafwaarts); afstanden z en x zijn steeds het volledige traject inclusief de bronzone.	26
Figuur 7. Invoerscherm voor het bron-pad-receptormodel.	29
Figuur 8. Overgang onverzadigde zone-verzadigde zone.	29
Figuur 9. Concentratie aan receptor.	30

Tabellen

Tabel 1. Benodigde gegevens voor de berekening van de sitespecifieke toetsingswaarde.	13
Tabel 2. Berekening sitespecifieke K_d voor Vlarebo-genormeerde stoffen.	14
Tabel 3. Fysico-chemische parameters dimensieloze Henry coëfficiënt bij 10°C (H'), organische koolstof-water verdelingscoëfficiënt (K_{oc}) en diffusiecoëfficiënt in lucht (D_a).	15
Tabel 4. Overzicht van de benodigde gegevens voor elke stap in de methodiek.	34
Tabel 5. Aantal sites waarvoor de toetsingswaarden lager liggen dan resp. de achtergrondwaarde, BSN type II en BSN van toepassing voor de geëvalueerde OBO's.	58
Tabel 6. Overzicht van de beschikbare gegevens en uitgevoerde stappen voor alle onderzochte dossiers.	76

Verklarende woordenlijst

Definities

Bodem	Vaste deel van de aarde met inbegrip van het grondwater en de andere bestanddelen en organismen die zich erin bevinden.
Onverzadigde zone	Zone tussen bodemoppervlak en grondwatertafel (gemiddelde hoogste grondwaterstand) met een variabel watergehalte.
Bodemwater	De waterfase in de onverzadigde zone.
Bodemlucht	De luchtfase in de onverzadigde zone.
Vaste fase	De vaste fase in de onverzadigde zone/verzadigde zone.
Verzadigde zone	Zone onder de grondwatertafel onder waterverzadigde condities.
Grondwater	Water in de verzadigde zone.
Verdunningsfactor	Verhouding van de concentratie van een stof in het bodemwater t.o.v. de concentratie van een stof in het grondwater.
Bodem-water verdelingsfactor	Verhouding van de concentratie van een stof in de vaste fase t.o.v. de concentratie van een stof in het bodemwater of grondwater.
Bron	Oorzaak van de verontreiniging die de belasting van de bodem tot gevolg heeft.
Pad	Weg waarlangs een verontreinigende stof zich verspreidt in de bodem.
Receptor (in dit rapport)	Deel van het watersysteem, administratieve grens of gebruiksfunctie die via het pad in contact komt met de verontreiniging (bv. grondwater, waterwinning, perceelsgrens, waterloop, woning, ecotoop).
Uitloging	Uitspoeling en migratie van verontreinigende stoffen in de onverzadigde zone naar diepere lagen en het grondwater .
Toetsingswaarde voor uitloging	Waarde waarbij in geval van overschrijding aanwijzingen zijn van een verspreidingsrisico door uitloging.

Samenvatting

Dit rapport is een handleiding voor de bodemsaneringsdeskundige ter bepaling van de toetsingswaarden voor uitloging in de onverzadigde zone, het risico door uitloging en de evolutie van de bodemkwaliteit. De toetsingswaarden kunnen worden bepaald in een vroegtijdig stadium van het bodemonderzoek en kunnen verder verfijnd worden op basis van nieuwe informatie die bij verder onderzoek ter beschikking komt. Bij overschrijding van de toetsingswaarde, moet het risico voor de receptor gekwantificeerd worden middels een bron-pad-receptoranalyse voor bodem en grondwater. In het geval de toetsingswaarde overschreden wordt en het grondwater niet verontreinigd is, dient de impact op het grondwater onder de site bepaald te worden door een transportmodel voor de onverzadigde zone. Tevens wordt de evolutie van de bodemkwaliteit berekend met hetzelfde transportmodel. Indien de toetsingswaarde overschreden wordt en het grondwater is reeds verontreinigd, dient het risico voor een receptor stroomafwaarts in het grondwater bepaald te worden met een transportmodel voor bodem én grondwater. Tevens wordt de evolutie van de bodemkwaliteit (onverzadigde+verzadigde zone) berekend met hetzelfde transportmodel.

In de handleiding worden aanvullingen gegeven t.o.v. de bestaande protocols OBO en BBO inzake monsternamen en karakterisatie van een verontreinigde site met het oog op de bepaling van het uitloogrisico. Ten behoeve van de bepaling van de toetsingswaarde en de bron-pad-receptor analyse werd een flexibele rekentool ontwikkeld.

Volgende randvoorwaarden van de methodiek dienen te worden beschouwd:

- De methodiek is bedoeld voor risico-analyse van uitloging op het niveau van het kadastrale perceel. De toetsingswaarden zijn beperkt bruikbaar voor diffuse verontreiniging.
- De toetsingswaarden zijn niet van toepassing op afvalstoffen. De bron-pad-receptoranalyse kan toegepast worden voor afvalstoffen, indien de specifieke uitloogkarakteristieken van de betreffende afvalstof bepaald zijn via de standaard uitloogtesten voor afval.
- Er is geen toetsingswaarde voor minerale olie.
- De methodiek is niet van toepassing voor de bepaling van uitloging van componenten in niet-mengbare fasen. De methodiek maakt immers gebruik van de veronderstelling van evenwichtsverdeling tussen de vaste fase van de bodem, het bodemwater en bodemlucht zonder rekening te houden met verdeling in en de beweging van een niet-mengbare (NAPL) fase. Voor richtlijnen inzake de karakterisatie van de mobiliteit van componenten in niet-mengbare fasen wordt verwezen naar de protocols terzake (de Vries et al., 2003). Een aanpassing van de methodiek voor uitloging van niet-mengbare fasen is in ontwikkeling.
- De toetsingswaarden voor cyaniden gelden voor vrije cyaniden. De bron-pad-receptoranalyse via een analytisch transportmodel is niet geschikt om het complexe gedrag van cyaniden in rekening te brengen. Het verdient aanbeveling gebruik te maken van een geochemisch speciatiemodel om verspreiding van cyaniden te berekenen. Richtlijnen inzake de karakterisatie van cyanideverontreinigingen kunnen gevonden worden in de Vries et al. (2002, 2003).
- De toetsingswaarden voor Cr gelden voor Cr(III). De bron-pad-receptoranalyse houdt geen rekening met mogelijke omzetting naar Cr(VI). In geval Cr(VI) voorkomt, dient gerekend te worden met een conservatieve K_d voor Cr(VI) (1 l/kg, EPA, 1999).

- De toetsingswaarden zijn niet van toepassing op waterbodems. De bron-pad-receptoranalyse kan toegepast worden op gebaggerde waterbodems, indien de specifieke uitloogeigenschappen van het slib bepaald werden via geëigende uitloogtesten die rekening houden met de conversie van slib naar bodem.
- Indien het risico op uitloging onder specifieke condities dient te worden bepaald, dienen daarvoor aangepaste dynamische modellen te worden aangewend. Voorbeelden zijn sites met een sterke dynamiek in waterhuishouding (bv. overstromingsgebieden) waarvoor numerieke rekentools nodig zijn die transiënte condities in waterstroming en stoftransport simultaan oplossen.

De methodiek werd in eerste instantie getest op drie sites die tevens verder gekarakteriseerd werden. De methodiek werd in een tweede fase getoetst aan een dertigtal lopende dossiers, die al dan niet in de fase van OBO of BBO zitten.

Uit de toetsing blijkt dat:

- de methodiek globaal goed toepasbaar is en een realistische inschatting van het uitloog- en verspreidingsrisico toelaat;
- in het merendeel van de gevallen werd het eindoordeel voor de dossiers in de fase van OBO niet veranderd, dus lijkt de methodiek werkbaar en toepasbaar;
- de berekende toetsingswaarde voor arseen in bepaalde gevallen onder de achtergrondwaarde ligt; dit is het rechtstreeks gevolg van de lage K_d -waarde, die wordt berekend aan de hand van het kleigehalte van de bodem; Bij overschrijding van de toetsingswaarde (5 gevallen) was er in drie gevallen ook sprake van grondwaterverontreiniging. De berekende toetsingswaarden zijn echter laag en nader onderzoek zou moeten uitwijzen of de K_d -waarde bepaald door regressie (op basis van verontreinigde terreinen) niet te laag is voor toepassing op terreinen waar geen As-verontreiniging aanwezig is;
- De tijdstermijnen waarover uitloging en verspreiding optreedt, kan oplopen tot honderden of zelfs duizenden jaren. De tijdshorizon waarbinnen de risico's dienen afgewogen te worden, wordt daarom vastgelegd op 500 jaar. Deze keuze wordt o.m. ingegeven door bepaalde gevallen van bodem- en grondwaterverontreiniging die reeds meer dan 100 jaar geleden hebben plaatsgehad en waarvan nu de effecten op watersystemen langzaam zichtbaar worden.

1 Inleiding

Het doel van dit deel is een handleiding voor de deskundige ter bepaling van het risico door uitloging. Deze handleiding moet gezien worden als een aanvulling op de bestaande procedures voor oriënterend en beschrijvend bodemonderzoek (OVAM, 2002, 2000) en bevat:

- richtlijnen voor het uitvoeren van een sitekarakterisatie met het oog op uitloging in verschillende fasen van bodemonderzoek (OBO, BBO);
- instrumenten en richtlijnen voor het berekenen van de site-specifieke toetsingswaarde (OBO, BBO);
- instrumenten en richtlijnen voor het bepalen van de risico's voor receptoren (BBO);
- instrumenten en richtlijnen voor de bepaling van de evolutie van de bodemkwaliteit (BBO).

Voor een uitgebreide beschrijving van de theorie, de onderbouwing van de toetsingswaarden en de modellen voor evaluatie van het verspreidingsrisico door uitloging wordt verwezen naar deel 1 van de studie "Opstellen van een methodiek voor bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie van de bodemkwaliteit". In deel 1 werd de methodiek tevens geëvalueerd aan de hand van bijkomende metingen op 3 verontreinigde sites.

Daarnaast werd de methodiek getoetst aan een 30-tal bestaande dossiers, zowel oriënterende en beschrijvende onderzoeken, die ingediend zijn bij OVAM. Deze gegevens werden opgenomen in Bijlage C.

2 Algemene werkwijze

In het kader van de risico-evaluatie voor uitloging dienen een aantal stappen doorlopen te worden. De stappen, die weergegeven zijn in Figuur 1 zijn:

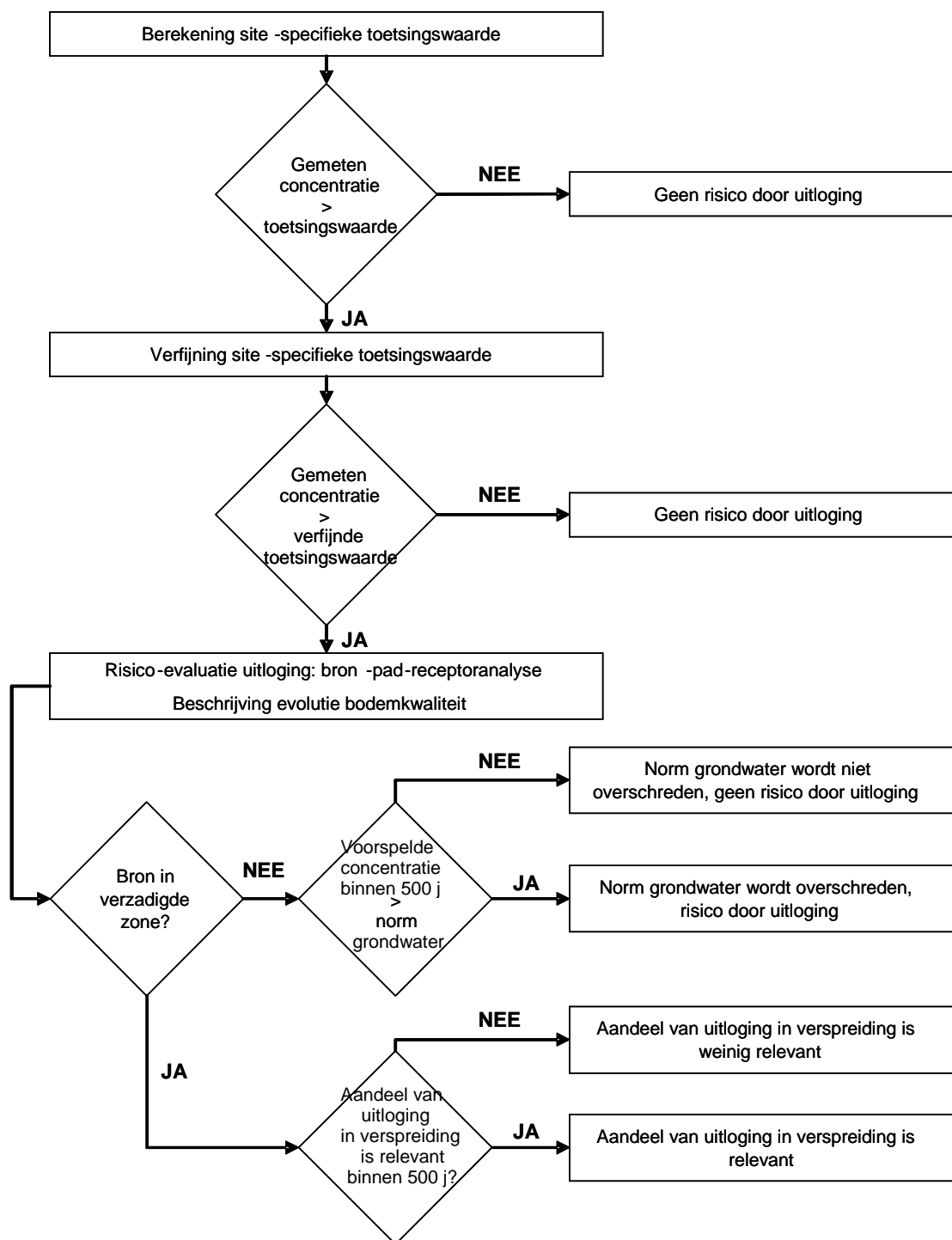
- de berekening van een sitespecifieke toetsingswaarde voor het vaste deel van de bodem in de eerste stadia van het bodemonderzoek op basis van een kaartbladnummer (1/32 van een topografisch kaartblad, Bijlage A), gemeten bodemkenmerken (organische stof, klei, en pH), gemeten bodemconcentraties en de bodemsaneringsnorm voor grondwater (beschermingscriterium);
- de toetsing van de gemeten concentraties voor het vaste deel van de bodem aan de berekende sitespecifieke toetsingswaarde voor de verschillende parameters¹;
- indien de berekende sitespecifieke toetsingswaarde voor de verschillende parameters niet wordt overschreden, kan besloten worden dat er geen risico voor uitloging bestaat. Evenwel kan op basis van humaan toxicologische of ecotoxicologische overwegingen besloten worden toch een beschrijving te geven van de evolutie van de bodemkwaliteit en bijgevolg het risico;
- indien de gemeten concentratie minstens één van de parameters in het vaste deel van de bodem groter is dan de sitespecifieke toetsingswaarde, kan in verder onderzoek een verfijnde sitespecifieke toetsingswaarde worden berekend;
- op basis van nieuwe informatie uit verder bodemonderzoek (gemeten grondwaterstroming, infiltratie (zie Bijlage B), bijkomend gemeten bodemkenmerken) kan de toetsingswaarde worden verfijnd; indien de verfijnde sitespecifieke toetsingswaarde niet wordt overschreden voor de verschillende parameters, kan besloten worden dat er geen risico bestaat voor uitloging. Evenwel kan op basis van humaan toxicologische of ecotoxicologische overwegingen toch besloten worden een beschrijving te geven van de evolutie van de bodemkwaliteit en bijgevolg het risico;
- indien de verfijnde toetsingswaarde wordt overschreden voor minstens één van de parameters, dient het risico voor de receptor bepaald te worden middels een gekoppeld analytisch onverzadigde zone/verzadigde zone verspreidingsmodel, waarbij:
 - de receptor het grondwater is in geval de verontreiniging zich enkel in de onverzadigde zone bevindt;
 - de receptor het grondwater, een perceelsgrens, een waterwinning of waterloop is indien de verontreiniging zich in de onverzadigde zone en de verzadigde zone bevindt;
 - het receptorcriterium de bodemsaneringsnorm voor grondwater is indien de impact op grondwater of een drinkwaterwinning geëvalueerd wordt, het receptorcriterium de milieukwaliteitsnorm voor oppervlaktewater is indien de impact op oppervlaktewater bepaald wordt. Indien geen milieukwaliteitsnorm

¹ Met parameters worden zowel de Vlarebo genormeerde parameters als de niet Vlarebo genormeerde parameters bedoeld. De op te nemen Vlarebo en niet Vlarebo genormeerde stoffen zijn deze die volgens de lijst van de verdachte stoffen op het terrein kunnen voorkomen.

voor handen is, wordt getoetst aan de bodemsaneringsnorm voor grondwater.

- indien er geen grondwaterverontreiniging werd vastgesteld en de verfijnde toetsingswaarde is overschreden voor minstens één van de parameters, wordt via een verspreidingsmodel voor de onverzadigde zone een grondwaterconcentratie voorspeld in het onderliggende grondwater:
 - indien de voorspelde maximale grondwaterconcentratie binnen een periode van 500 jaar voor de verschillende parameters kleiner is dan de bodemsaneringsnorm voor grondwater, is er geen risico door uitloging;
 - indien de voorspelde maximale grondwaterconcentratie binnen een periode van 500 jaar voor minstens één van de parameters groter is dan de bodemsaneringsnorm voor grondwater, is er een risico door uitloging;
- indien er een grondwaterverontreiniging werd vastgesteld en de verfijnde toetsingswaarde is overschreden voor minstens één van de parameters, wordt via een verspreidingsmodel voor de onverzadigde/verzadigde zone het relatieve aandeel van de uitloging op de voorspelde concentratie ter hoogte van de receptor bepaald:
 - indien de voorspelde maximale grondwaterconcentratie ter hoogte van de receptor binnen een periode van 500 jaar voor minstens één parameter groter is dan de bodemsaneringsnorm voor grondwater of de milieukwaliteitsnorm voor oppervlaktewater en aangetoond wordt dat dit uitsluitend het gevolg is van uitloging (m.a.w. de heersende concentraties in het grondwater geven geen aanleiding tot overschrijding van de normen), of,
 - indien de voorspelde maximale grondwaterconcentratie ter hoogte van de receptor binnen een periode van 500 jaar voor minstens één parameter groter is dan de bodemsaneringsnorm voor grondwater of de milieukwaliteitsnorm voor oppervlaktewater en aangetoond wordt dat 10% van de maximale concentratiewaarde het gevolg is van uitloging,
 - is het relatieve aandeel van de uitloging in de verspreiding *relevant*.
 - indien de voorspelde maximale grondwaterconcentratie ter hoogte van de receptor voor de verschillende parameters groter is dan de bodemsaneringsnorm voor grondwater of de milieukwaliteitsnorm voor oppervlaktewater en aangetoond wordt dat uitloging minder dan 10% bijdraagt tot de maximale concentratiewaarde binnen een periode van 500 jaar,
 - is het relatieve aandeel van de uitloging in de verspreiding *weinig of niet relevant*.
- tijdens de bron-pad-receptor analyse (verspreidingsberekening) wordt telkens de evolutie van de bodemkwaliteit en de evolutie ter hoogte van de receptor berekend.

- Tijdens de bron-pad-receptor analyse wordt steeds het potentieel risico berekend.



Figuur 1. Stappen in de risico-evaluatie voor uitloging.

3 Opstellen toetsingswaarde voor uitloging

3.1 Inleiding

In eerste instantie dient- voor de bepaling van het risico op uitloging- een toetsingswaarde bepaald te worden. De toetsingswaarde is een concentratie in de vaste fase van de bodem die bij overschrijding een indicatie geeft van het risico op uitloging. Indien de betreffende site voldoet aan de toetsingswaarde, kan de site in principe uitgesloten worden van verder onderzoek op uitloging. In wat volgt, wordt aangegeven wat de benodigde monstername- en analyse-inspanning is voor de bepaling van de toetsingswaarde.

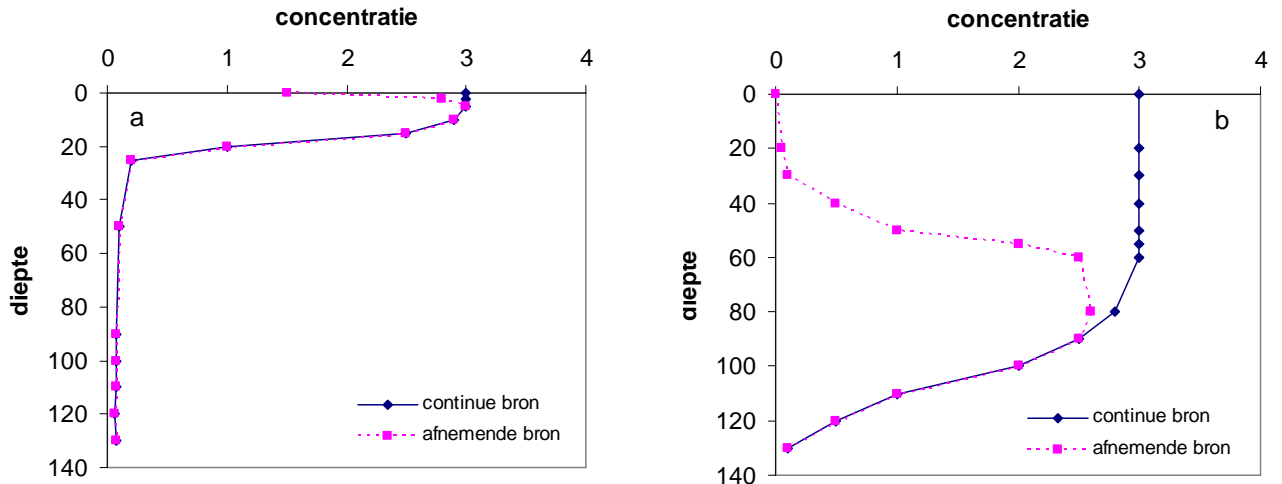
3.2 Karakterisatie van de bodem en het grondwater

De eerste karakterisatie heeft als doel een antwoord te geven op de vraag of de concentraties in het vaste deel van de aarde hoger of lager zijn dan de toetsingswaarde. De toetsingswaarde is geldig voor de verdachte bodemlaag, onafhankelijk van de diepte waarop deze laag zich bevindt en onafhankelijk van de positie t.o.v. de grondwatertafel. *Het volstaat in principe de strategie voor karakterisatie zoals aangegeven in de procedure voor oriënterend bodemonderzoek (OVAM, 2002), te volgen.* Hieronder worden daarbij enkele belangrijke aandachtspunten gegeven.

3.2.1 Monstername

Het komt erop neer de verdachte laag in de onverzadigde zone (het vaste deel van de aarde) te bemonsteren. De monstername van de onverzadigde zone gaat gepaard met de monstername van het grondwater, zoals voorzien in de procedure van OBO. Gecontamineerd grondwater kan immers wijzen op historische of actuele uitloging of op de aanwezigheid van een stroomopwaarts gelegen bron. Aandachtspunten bij de monstername zijn:

- de verontreinigingshistoriek;
- de wijze waarop de verontreiniging op of in de bodem terechtkomt (via atmosferische weg, rechtstreeks door lekkende tanks of door vergraving of bodembewerking, etc...);
- de eigenschappen van de contaminant (mobiliteit);
- de bodemopbouw (lagen met specifieke eigenschappen die de mobiliteit beïnvloeden)



Figuur 2. Mogelijke verticale verdeling van de contaminatie in een homogene onverzadigde zone (ideale situatie waarbij geen verstoring van het profiel) in relatie tot verontreinigingshistoriek en de eigenschappen van de stof: (a) weinig mobiele (bv. zware metalen, PAKs, PCBs) en (b) mobiele weinig-vluchtige stof (bv. MTBE).

De combinatie van de voormelde parameters bepalen waar de verontreinigingspluim zich mogelijk situeert en bijgevolg waar de stalen het best genomen worden. Dit wordt bij wijze van voorbeeld geïllustreerd in Figuur 2.

Indien afgezet op de bodem (bv. door atmosferische depositie), komen weinig mobiele stoffen zoals zware metalen, PAKs, dioxines en PCBs hoofdzakelijk voor in de toplaag (de bovenste 10 tot 20 cm). Slechts in specifieke gevallen, met name in kwetsbare bodems die reeds lang gecontamineerd zijn (bv. zware metalen in de Kempen) kunnen metalen voorkomen op grotere diepte. In het geval verstoring van het bodemprofiel (vergraving, ophoging, ...) is opgetreden, kan de verontreiniging op grotere diepte voorkomen. Mobiele, weinig vluchtige stoffen kunnen sneller uitspoelen. De kern van de verontreiniging kan zich daardoor dieper in het profiel bevinden. De afbakening en definitie van de “verdachte laag” wordt bepaald door:

- een verstoring door menselijke activiteiten (opvulling, ophoging, stortlocatie, ...) waarbij een duidelijke afbakening van de verstoorde laag mogelijk is door vergelijking met de natuurlijke bodemopbouw (bv. onderbroken sequentie van bodemlagen, visuele en zintuigelijke waarnemingen, ...);
- de toplaag (bovenste 20 cm) is een verdachte laag in het geval van verontreiniging door zware metalen of persistente organische verbindingen (dioxines, PCBs, PAKs) die op de bodem worden afgezet.

3.2.2 Bepaling benodigde parameters toetsingswaarde

De benodigde parameters voor de berekening van de toetsingswaarde zijn allen opgenomen in het bestaande standaardanalysepakket (SAP) voor bodem en grondwater. Dit houdt in dat naast contaminantconcentraties ook de relevante bodemkenmerken (pH, percentage klei, percentage organische koolstof) moeten worden bepaald. De meting van de bodemkenmerken is nodig om de toetsingswaarde te berekenen uit het grondwatercriterium via een bodem-water verdelingsfactor of K_d . Dit betekent dus dat voor de berekening van de toetsingswaarden geen bijkomende parameters moeten bepaald worden t.o.v. de bestaande procedures in bodemonderzoek.

3.3 Berekening van de toetsingswaarde

De toetsingswaarden en de overeenkomstige eigenschappen van een *standaardbodem* zijn berekend op basis van de methodiek beschreven in Deel 1 van dit rapport. Hierna wordt beschreven hoe toetsingswaarden moeten worden berekend voor een specifiek terrein.

3.3.1 Minimale benodigde gegevens voor berekening van de toetsingswaarde

De deskundige kan toetsingswaarden bepalen die specifiek zijn voor de site. De minimaal benodigde bodemgegevens staan in Tabel 1. In principe zijn deze gegevens beschikbaar op het niveau van oriënterend bodemonderzoek (maken deel uit van het SAP), met uitzondering van het bodemvochtgehalte en de dilutiefactor. In deze handleiding wordt de mogelijkheid aangereikt om het bodemvochtgehalte en de dilutiefactor van een kaartblad (zie Bijlage A) af te lezen. Indien één van de parameters niet gekend of gemeten is, wordt gerekend met de standaardwaarde van de betreffende parameter (zie Tabel 1).

<i>Parameter</i>	<i>Gegevensbron</i>	<i>Standaardwaarde</i>
<i>fractie organische koolstof</i>	<i>beschikbaar uit meting</i>	<i>0,0016</i>
<i>kleigehalte</i>	<i>beschikbaar uit meting</i>	<i>10%</i>
<i>pH</i>	<i>beschikbaar uit meting[#]</i>	<i>6</i>
<i>volumetrisch vochtgehalte</i>	<i>aflezen van kaartblad bijlage A</i>	<i>0,2</i>
<i>dikte onverzadigde zone</i>	<i>beschikbaar uit meting</i>	<i>2</i>
<i>dilutiefactor</i>	<i>aflezen van kaartblad bijlage A</i>	<i>1,73</i>
<i>contaminantconcentratie</i>	<i>beschikbaar uit meting</i>	
<i>stofparameters organische uit verbindingen</i>	<i>Tabel 3</i>	

[#]de pH wordt bij voorkeur bepaald in een 0,01M CaCl₂ extract omwille van consistentie met de Kd-transferfuncties; extracties met 1M KCl geven een pH die tot 1 pH-eenheid lager kan liggen

Tabel 1. Benodigde gegevens voor de berekening van de sitespecifieke toetsingswaarde.

De sitespecifieke K_d voor zware metalen wordt berekend uit de gemeten bodemkenmerken (percentage organische stof, %klei, pH en mogelijk CEC) en de gemeten metaalconcentraties in bodem. De relaties in Tabel 2 voor zware metalen zijn in principe geldig voor een onverzadigde bodem. De relaties voor zware metalen zijn niet van toepassing voor de verzadigde zone. Voor de berekening van de toetsingswaarde kunnen zij zonder meer gebruikt worden, omdat bij de berekening van de toetsingswaarde enkel verdeling in de onverzadigde zone wordt beschouwd.

Metaal	K_d	
As	$\log K_d = 1,68 + 1,26 \log(\% \text{klei})$ $\log K_d = 0,41 + 1,32 \log(\% \text{klei}) + 0,64 \log(\text{As})$	indien As-gehalte gekend is
Cd	$\log K_d = -0,19 + 0,46 \text{pH}$ $\log K_d = -0,13 + 0,43 \text{pH} + 0,26 \log(\text{CEC})$	indien CEC gekend is
Cr(III)	$\log K_d = 2,25 + 0,28 \text{pH}$	
Cu	$\log K_d = 1,34 + 0,85 \log(\% \text{C}) + 0,24 \text{pH}$	
Hg	5706	
Pb	$\log K_d = 1,76 + 0,4 \text{pH}$ $\log K_d = 1,76 + 0,4 \text{pH}$ $\log K_d = -1,64 + 0,48 \text{pH} + \log(\text{Pb})$	$\text{pH} \leq 5,5$ $\text{pH} > 5,5 \text{ \acute{e}n } \log \text{Pb}_{\text{tot}} < 3,4 - 0,08 \text{pH}$ $\text{pH} > 5,5 \text{ \acute{e}n } \log \text{Pb}_{\text{tot}} > 3,4 - 0,08 \text{pH}$
Ni	$\log K_d = 1,31 + 0,25 \text{pH}$	
Zn	$\log K_d = -1,09 + 0,61 \text{pH}$	
organische verbindingen	$K_d = (\% \text{C}) / 100 \cdot K_{oc}$ $K_d = (\% \text{C}) / 100 \cdot (K_{oc,n} (1 + 10^{\text{pH} - \text{pKa}})^{-1} + K_{oc,i} (1 - (1 + 10^{\text{pH} - \text{pKa}})^{-1}))$	apolaire verbindingen polaire verbindingen

pH in 0,01 M CaCl₂ (L/S 10/1; 24 u schudden); CEC: bepaling met BaCl₂, %c is percentage organische koolstof (het gehalte organisch materiaal vermenigvuldigd met een factor 0,58) en wordt bepaald op een representatief deel van de grond. Voor zuurdissociërende organische verbindingen (vb: fenolen) moet de K_d berekend worden op basis van de bodem-pH, pKa en de K_{oc} waarden van de gedissocieerde ($K_{oc, i}$) en de niet-gedissocieerde fractie ($K_{oc, n}$) uit de literatuur.

Tabel 2. Berekening sitespecifieke K_d voor Vlarebo-genormeerde stoffen.

De dilutiefactor en het bodemvochtgehalte worden per kaartentiteit (op niveau 1/32 NGI kaartblad met een spatiale resolutie van 4 km op 5 km) afgelezen uit een tabel (zie Bijlage A). Indien de site verdeeld is over verschillende kaartentiteiten met verschillende dilutiefactoren, geldt de kaartentiteit met de laagste verdunningsfactor.

Tot slot dienen de stofparameters voor de organische verbindingen (organische koolstof-water verdelingscoëfficiënt en dimensieloze lucht-water verdelingscoëfficiënt H') gekend te zijn. Deze zijn in principe beschikbaar via de Vlier-Humaan stofdatabank, maar worden ook weergegeven in

Tabel 3 (met inbegrip van de herziene parameterwaarden).

Stof	H'	K _{oc}	D _a	Stof	H'	K _{oc}	D _a
	-	l/kg	m ² /h		-	l/kg	m ² /h
zware metalen en metalloïden				Gechloreerde solventen			
Arseen	nvt	nvt	0,00E+00	1,1,1-trichloorethaan	2,43E-01	1,02E+02	2,72E-02
Cadmium	nvt	nvt	0,00E+00	1,1,2-trichloorethaan	2,67E-02	6,31E+01	2,72E-02
chrom	nvt	nvt	0,00E+00	1,1-dichloorethaan	8,32E-02	3,55E+01	3,74E-02
koper	nvt	nvt	0,00E+00	1,2-dichloorbenzeen	7,04E-02	5,17E+02	2,59E-02
kwik	1,84E-06	nvt	0,00E+00	1,2-dichloorethaan	3,28E-02	2,60E+01	3,15E-02
lood	nvt	nvt	0,00E+00	pentachloorbenzeen	1,76E-02	6,37E+04	2,59E-02
nikkel	nvt	nvt	0,00E+00	tetrachloorbenzeen	1,05E-02	1,64E+04	2,59E-02
zink	nvt	nvt	0,00E+00	tetrachlooretheen	2,45E-01	2,64E+02	3,19E-02
Organische verbindingen				tetrachloormethaan	4,51E-01	1,64E+02	3,40E-02
benzeen	1,64E-01	7,94E+01	3,10E-02	trans-1,2-dichlooretheen	1,50E-01	4,79E+01	1,95E-02
ethylbenzeen	2,34E-01	2,00E+02	2,57E-02	trichloorbenzeen	5,67E-02	1,56E+03	2,96E-02
tolueen	1,94E-01	1,32E+02	2,89E-02	trichlooretheen	1,40E-01	8,70E+01	1,98E-02
o-xyleen	1,62E-01	1,41E+02	2,48E-02	trichloormethaan	9,89E-02	6,80E+01	2,14E-02
m-xyleen	2,11E-01	1,95E+02	2,56E-02	vinylchloride	6,23E+00	1,20E+01	2,44E-02
p-xyleen	2,11E-01	2,95E+02	3,10E-02	Chloorfenolen			
styreen	8,04E-02	7,24E+02	2,57E-02	2-chloorfenol	6,03E-04	8,32E+02	1,80E-02
1,2,3-trimethylbenzeen	1,19E-01	6,87E+02	2,86E-02	2,4-dichloorfenol	2,53E-04	6,61E+02	1,25E-02
1,2,4-trimethylbenzeen	1,87E-01	1,28E+03	2,86E-02	2,4,5-dichloorfenol	2,59E-04	1,58E+03	1,05E-02
1,3,5-trimethylbenzeen	2,29E-01	6,80E+02	2,86E-02	2,3,4,6-tetrachloorfenol	2,86E-04	2,69E+03	7,81E-03
hexaan	4,86E+01	8,90E+02	2,33E-02	pentachloorfenol	4,13E-04	1,17E+04	2,00E-02
heptaan	5,24E+01	3,42E+03	2,70E-02	Cyanides			
octaan	8,49E+01	1,13E+04	2,17E-02		1,73E+00	1,00E+03	6,15E-02
MTBE	1,46E-02	6,70E+00	3,34E-02				
PAKS							
acenafteen	4,39E-03	1,78E+04	2,53E-02				
acenaftyleen	3,38E-04	6,17E+03	2,55E-02				
antraceen	2,75E-02	3,89E+05	2,35E-02				
benzo(a)antraceen	2,41E-04	1,10E+06	2,08E-02				
benzo(a)pyreen	1,01E-05	2,04E+06	1,98E-02				
benzo(b)fluoranteen	1,51E-05	5,42E+05	1,98E-02				
benzo(g,h,i)peryleen	9,03E-06	4,11E+05	1,89E-02				
benzo(k)fluoranteen	1,47E-05	4,57E+05	1,98E-02				
chryseen	1,32E-05	5,25E+05	2,08E-02				
dibenz(a,h)antraceen	2,08E-06	2,04E+06	1,88E-02				
fenantreen	1,18E-03	4,07E+04	2,35E-02				
fluoranteen	2,17E-04	1,62E+05	2,21E-02				
fluoreen	2,99E-03	2,45E+04	2,44E-02				
indeno(1,2,3-cd)pyreen	9,70E-06	1,11E+07	1,89E-02				
Naftaleen	1,45E-02	1,48E+03	2,31E-02				
Pyreen	3,26E-04	7,59E+04	2,21E-02				

Tabel 3. Fysico-chemische parameters dimensieloze Henry coëfficiënt bij 10C (H'), organische koolstof-water verdelingscoëfficiënt (K_{oc}) en diffusiecoëfficiënt in lucht (D_a).

3.3.2 Berekening van de sitespecifieke toetsingswaarde

Vergelijking 16 (uit Deel 1 van dit rapport) kan herschreven worden (met $\rho_b=1,5$ kg/l):

$$C_{bc,i} = C_{gwc} \cdot DF \cdot \left[K_d + 0,67\theta_w + \frac{H'(0,434 - \theta_w)}{1,5} \right]$$
$$C_{bc,i} = C_{gwc} \cdot DF \cdot [K_d + 0,67\theta_w + 0,29H' - 0,67H'\theta_w]$$

waarbij:

$C_{bc,i}$	toetsingswaarde voor een oneindige bron	(mg/kg ds)
C_{gwc}	grondwatercriterium	(mg/l)
DF	verduunningsfactor	
K_d	bodem-water verdelingscoëfficiënt	(l/kg)
θ_w	volumetrisch vochtgehalte	(cm ³ /cm ³)
H'	dimensieloze Henry coëfficiënt	(-)

Voor stoffen waarvoor de toetsingswaarde begrensd wordt door uitputting van de bron door vervluchtiging binnen de blootstellingsperiode of door oplosbaarheid, moeten vergelijkingen 10 tot 14 uit Deel 1 van dit rapport gebruikt worden om de toetsingswaarde te berekenen.

3.4 Rekenblad voor de berekening van de toetsingswaarde

Het verdient aanbeveling gebruik te maken van een specifiek rekenblad om de toetsingswaarden te berekenen. In het rekenblad zijn de voormelde vergelijkingen en parameters geprogrammeerd. De gebruiker krijgt na invullen van de terreinparameters een overzicht van de sitespecifieke toetsingswaarden voor Vlarebo genormeerde stoffen. Het rekenblad bevat een invoergedeelte waarin klimatologische parameters, bodemparameters, en grondwaterkenmerken voor de betreffende site kunnen worden ingevoerd en een uitvoergedeelte met de toetsingswaarden voor de Vlarebo-genormeerde stoffen. Het rekenblad werd ten behoeve van deze studie opgesteld, maar is geen afgewerkt software-product.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Berekening uitloogcriteria voor Vlarebo-genormeerde stoffen op basis van grondwatercriteria								
2									
3	KLIMATOLOGIE		Invoer in model	Gegevens locatie*	Opmerkingen				
4									
5	temp	%C	283						
6	neerslag	mfj	0,78						
7	evapotranspiratie	mfj	0,4						
8									
9	TERREIN								
10	kaartblad								
11	lengte terrein	m	50	50					
12	fractie organische koolstof	-	0,034	0,034					
13	volumetrisch vochtgehalte		0,2	0,2					
14	volumetrisch luchtgehalte		0,233962264						
15	porositeit		0,433962264						
16	dichtheid	kg/l	1,5						
17	klei	%	6,67	6,67					
18	pH		4	4	laagste pH grondwater				
19	kationen uitwisselingscapaciteit	meq/100g	10,8						
20	run-off	mfj	0,115						
21	infiltratie	mfj	0,265		standaard				
22	dikte van de verontreinigde laag	m	2	2					
23									
24	GRONDWATER								
25									
26	permeabiliteit	mfj	47,45	47,45	gemeten				
27	verhang	m/m	0,0028	0,0028	gemeten				
28	dikte watervoerende laag	m	10	10	gekend				
29	mengdiepte	m	10						
30									
31	universele gasconstante	R _g	8,3144						
32	blootstellingsduur	j	70						
33	verdunningsfactor (zuiver grondwater)		1,100271698						
34	* indien geen locatiespecifieke gegevens, cellen leeg laten								

Figuur 3. Rekenblad met invoergeedeelte voor de berekening van de sitespecifieke toetsingswaarde.

In het invoergeedeelte van het werkblad kunnen de volgende sitespecifieke parameters opgenomen worden:

-KLIMAAT:

- temperatuur (standaardwaarde)
- neerslag (standaardwaarde)
- evapotranspiratie (standaardwaarde)

-TERREIN:

- kaartblad
- lengte verontreinigde zone (standaard /afgebakend)
- fractie organische koolstof
- volumetrisch vochtgehalte (via kaartblad in Bijlage A)
- volumetrisch luchtgehalte (berekend door model)
- porositeit (berekend door model)
- dichtheid (standaardwaarde)
- klei

-pH

-kationenuitwisselingscapaciteit

-infiltratie (standaardwaarde of via Bijlage B)

GRONDWATER:

-potentiaalgradiënt

-hydraulische geleidbaarheid

-dikte freatische laag

-mengdiepte (berekend)

-dilutiefactor (via kaartblad in Bijlage A of berekend)

Indien geen sitespecifieke gegevens onder het veld "locatie" worden ingegeven, wordt gerekend met de standaardwaarden. In eerste instantie kunnen de dilutiefactor en het bodemvochtgehalte bepaald worden via het kaartblad waarop de site gelegen is. Daartoe is een tweede tabblad voorzien met een indeling van de kaartbladen en de overeenkomstige grondwaterkenmerken. In verder onderzoek kan de dilutiefactor berekend worden aan de hand van de bijkomende gegevens. Het uitvoergedeelte bestaat uit een tabel met de Vlarebo-stofnamen, de ingevoerde bodemconcentraties en de berekende toetsingswaarden.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Kaartblad	1/8	1/4	Mengdiepte (m)	Dilutiefactor	Permeabiliteit (m/d)	Dikte aquifer (m)	Gradient (m/m)	Bodemvocht (cm3/cm3)	Dominante textuur					
395	22	7	2	2	1,17	3	2	0,001	0,22	L					
396	22	7	3	2	1,17	3	2	0,001	0,22	L					
397	22	7	4	2	1,17	3	2	0,001	0,22	L					
398	22	8	1	2	1,17	3	2	0,001	0,22	L					
399	22	8	2	2	1,17	3	2	0,001	0,22	L					
400	22	8	3	2	1,17	3	2	0,001	0,22	L					
401	22	8	4	2	1,17	3	2	0,001	0,22	L					
402	23	1	1	2	1,22	4	2	0,001	0,2						
403	23	1	2	2	1,22	4	2	0,001	0,2						
404	23	1	3	2	1,22	4	2	0,001	0,2						
405	23	1	4	2	1,22	4	2	0,001	0,2						
406	23	2	1	2	1,22	4	2	0,001	0,2	P					
407	23	2	2	2	1,22	4	2	0,001	0,2	P					
408	23	2	3	2	1,22	4	2	0,001	0,2	P					
409	23	2	4	2	1,22	4	2	0,001	0,2	P					
410	23	3	1	2	1,22	4	2	0,001	0,2	P					
411	23	3	2	2	1,22	4	2	0,001	0,2	P					
412	23	3	3	2	1,22	4	2	0,001	0,2	P					
413	23	3	4	2	1,22	4	2	0,001	0,2	P					
414	23	4	1	2	1,22	4	2	0,001	0,2						
415	23	4	2	2	1,22	4	2	0,001	0,2						
416	23	4	3	2	1,22	4	2	0,001	0,2						
417	23	4	4	2	1,22	4	2	0,001	0,2						
418	23	5	1	2	1,22	4	2	0,001	0,22	L					
419	23	5	2	2	1,22	4	2	0,001	0,22	L					
420	23	5	3	2	1,22	4	2	0,001	0,22	L					
421	23	5	4	2	1,22	4	2	0,001	0,22	L					
422	23	6	1	2	1,22	4	2	0,001	0,22	L					
423	23	6	2	2	1,22	4	2	0,001	0,22	L					
424	23	6	3	2	1,22	4	2	0,001	0,22	L					
425	23	6	4	2	1,22	4	2	0,001	0,22	L					
426	23	7	1	2	1,22	4	2	0,001	0,22	L					
427	23	7	2	2	1,22	4	2	0,001	0,22	L					
428	23	7	3	2	1,22	4	2	0,001	0,22	L					
429	23	7	4	2	1,22	4	2	0,001	0,22	L					

Figuur 4. Tabel met dilutiefactoren per kaartentiteit.

Microsoft Excel - Sitespecifieke norm Site 1.xls

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

Type a question for help

100% Arial 10 B I U

Reply with Changes... End Review...

A36	Stof	Gemeten bodemconc (max)	Uitloognorm	Bodemnormen /l/	Achtergrond										
			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg									
36	Stof														
37															
38	zware metalen en metalloïden														
39	arsen	6610	188,6	45	300	19									
40	cadmium	32	0,4	2	30	0,8									
41	chrom(III)	1940	126,6	130	800	37									
42	koper	2180	61,0	200	800	17									
43	kwik	240	6,2	10	30	0,55									
44	lood	17000	696,6	200	2500	40									
45	nikkel	41	8,8	100	700	9									
46	zink	6770	12,3	600	3000	62									
47	organische verbindingen														
48	benzeen		0,2	0,5	1	0,1									
49	ethylbenzeen		6,0	5	200	0,1									
50	tolueen		13,4	1,5	70	0,1									
51	xyleen		9,2	3,5	190	0,1									
52	styreen		0,5	0,5	13	0,1									
53	hexaan		359,3	1	10	0,5									
54	heptaan		373,6	25	25	0,5									
55	octaan		262,9	75	90	0,5									
56	minerale olie			100	1500	50									
57	MTBE			2	140	0,02									
58	PAKS														
59	acenafteen		119,8	9	210	0,2									
60	acenaftyleen		16,2	1	40	0,2									
61	antraceen		992,0	3	4690	0,1									
62	benzo(a)antraceen		287,1	5	30	0,06									
63	benzo(a)pyreen		53,5	0,5	3	0,1									
64	benzo(b)fluoranteen		22,1	2	30	0,2									
65	benzo(g,h,i)peryleen		3,6	160	4690	0,1									
66	benzo(k)fluoranteen		11,8	1	30	0,2									
67	chryseen		26,8	10	320	0,15									
68	dibenz(a,h)antraceen		34,7	0,5	3	0,1									
69	fenantreen		182,9	60	1650	0,09									
70	fluoranteen		24,3	20	270	0,2									
71	fluoreen		110,2	45	4690	0,1									
72	indeno(1,2,3-cd)pyreen		37,6	1	30	0,1									
73	naftaleen		3,3	1,5	160	0,1									

Uitloognorm site / Dilutefactoren

Ready NUM

Figuur 5. Berekende sitespecifieke toetsingswaarden.

4 Bron-pad-receptor analyse

4.1 Inleiding

Indien de gemeten bodemconcentraties de toetsingswaarde overschrijden, wordt overgegaan tot een bron-pad-receptor analyse. Daarnaast kan omwille van humaan- of ecotoxicologische overwegingen (ter bepaling van het potentieel risico) besloten worden om de evolutie van de bodemkwaliteit te bepalen. In beide gevallen wordt daarbij gebruik gemaakt van een verspreidingsmodel.

Voorafgaand aan de bron-pad-receptor analyse kan de toetsingswaarde evenwel verfijnd worden op basis van bijkomende gegevens. Aan de hand van de bron-pad-receptor analyse wordt het risico op een receptor die zich verder stroomafwaarts in het grondwater kan bevinden, bepaald. Er wordt nu expliciet rekening gehouden met afstand van de bron tot receptor en met de tijd die een verontreiniging nodig heeft om de receptor te bereiken. De benodigde monsternamen- en analyse-inspanning is in wat volgt gegeven.

4.2 Karakterisatie van de bodem en het grondwater

Een goede startbasis voor de bron-pad-receptoranalyse is de karakterisatie overeenkomstig de standaardprocedure voor beschrijvend bodemonderzoek (OVAM, 2000). Specifiek aan de karakterisatie in BBO is dat de strategie erop gericht is de verontreiniging verder af te bakenen in horizontale en verticale zin. De afbakening is nodig om het verspreidingsrisico voor de receptor te bepalen, d.w.z., vertrekkende van de (gekende) omvang van de bronzone, de (gekende) omvang van de grondwaterpluim en van de (gekende) afstand tot de receptor. Specifiek voor uitloging en het risico op verdere verspreiding in freatisch grondwater dient de verticale afbakening van de verontreiniging duidelijk in kaart te worden gebracht. De benodigde aanvullingen inzake monsternamen en analyses t.o.v. de bestaande protocols worden in wat volgt gegeven.

4.2.1 Monsternamen

Een monsternamen ter bepaling van het uitloogrisico en de evolutie van de bodemkwaliteit in de fase van het BBO moet de verticale verdeling van de contaminatie en de bodemkenmerken, d.w.z. de zone tussen het bodemoppervlak en de grondwatertafel, integraal karakteriseren. Het aantal stalen dat in de diepte genomen dient te worden, is afhankelijk van de diepte van de grondwatertafel (gegeven door de gemiddelde hoogste grondwaterstand GHG²), de

² Het bepalen van de GHG kan via de gegevens uit de Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV: <http://www.dov.vlaanderen.be>) waarbij voor een groot aantal peilputten zijn meetreeksen beschikbaar van de grondwaterpeilen in Vlaanderen. GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand) is gedefinieerd als het gemiddelde van de HG3 over een aaneengesloten periode van tenminste acht jaar waarin geen ingrepen hebben plaatsgevonden. De HG3 zijn het gemiddelde van de drie hoogste grondwaterstanden die in een hydrologisch jaar (1 april t/m 31 maart) worden gemeten, uitgaande van een halfmaandelijks meetfrequentie.

Indien geen gegevens beschikbaar zijn inzake grondwaterpeilen in de buurt van de site en indien er zich geen significante onttrekkingen bevinden of hebben plaatsgevonden in het gebied, kan de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand ook afgeleid worden uit de bovengrens van het voorkomen van

bodemopbouw, de verontreinigingshistoriek, het type verontreiniging en de wijze waarop de verontreiniging op of in de bodem is terechtgekomen. Er wordt telkens voor gezorgd dat het volledige traject in de onderscheiden lagen wordt bemonsterd. Er kan afgeweken worden van een integrale karakterisatie (bv. bij een grondwaterstand > 5m -mv), indien er geen redenen zijn om aan te nemen dat de verontreiniging zich over een grotere diepte heeft verplaatst. De diepte waarover een verontreiniging zich verplaatst na tijd t wordt gegeven door:

$$z(t) = \frac{j_w t}{\theta_w R}$$

met:

z de diepte waarover de verontreiniging zich verplaatst (m)

j_w is de Darcy waterflux (standaard 0,265 m/j)

t is de tijd sinds start verontreiniging (j)

θ_w is het volumetrisch vochtgehalte (standaard 0,2 m³/m³)

R is de retardatie (dimensieloos): $R = 1 + K_d \frac{\rho_b}{\theta_w}$, met K_d de bodem-water

verdelingscoëfficiënt (Tabel 2) en ρ_b de schijnbare droge dichtheid (standaard 1,5 kg/l)

Voor de verticale afbakening van de verontreinigingspluim in de onverzadigde zone, worden voldoende stalen per boring genomen, waarvan minstens één in de verdachte laag en één in de aangrenzende lagen boven en onder de verdachte laag. Indien er een duidelijke aanwijzing is dat de bodemverontreiniging zich in de bovenste tientallen cm van het bodemprofiel bevindt, worden dunnere lagen (bv. per 10 cm) van de bodem bemonsterd. De afbakening en definitie van de "verdachte laag" wordt bepaald door de principes zoals vermeld onder karakterisatie in fase van OBO.

In het geval de verontreiniging in meerdere kernen op het terrein voorkomt, dient in elke kern de verticale afbakening te gebeuren.

Indien er aanwijzingen zijn dat het grondwater verontreinigd is, dient het grondwater in de zone tussen bronzone en receptor in de richting van de grondwaterstroming bemonsterd te worden. Stalen dienen op meerdere dieptes genomen te worden om te bepalen op welke diepte de maximale concentraties zich bevinden, en op verschillende locaties van bronzone tot receptor.

gleyverschijnselen (oxidatie-reductie zone ten gevolge van schommelingen in grondwaterstand) in de boorkern: roestkleurige en grijze vlekken in de horizonten, die tijdelijk met water verzadigd zijn. Ze komen dus voor in dat gedeelte van de bodem, dat afwisselend verzadigd is met water en vervolgens uitdroogt. In aanwezigheid van zuurstof oxideert (roest) ijzer tot onoplosbaar ijzer (= Fe³⁺) en vormt een bruine neerslag.

4.2.2 Bepaling van benodigde parameters voor bron-pad-receptoranalyse

Te bepalen parameters zijn opgenomen in het SAP voor bodem en grondwater. Het SAP houdt in dat naast contaminantconcentraties ook de relevante bodemkenmerken (pH, percentage klei, percentage organische koolstof) moeten worden bepaald in elke bodemlaag.

In de fase van verder onderzoek moeten de sorptie-eigenschappen (K_d) en hydrogeologische parameters gemeten worden op het terrein.

4.2.2.1 Bepaling van de karakteristieken van het freatisch grondwater

- Hydrogeologie

De dikte van de aquifer is in principe gekend aan de hand van de geologische en hydrogeologische schematisatie van het studiegebied. De hydraulische geleidbaarheid kan worden bepaald d.m.v. piëzometertesten. Indien geen veldgegevens voorhanden zijn, kan een eerste schatting van deze kenmerken gebeuren a.h.v. de tabel in Bijlage A. Voor de bepaling van de stromingsrichting en de hydraulische gradiënt wordt verwezen naar de 'Code van goede praktijk voor het uitvoeren van milieuboringen en het plaatsen van peilbuizen' (OVAM, 2001).

- K_d voor zware metalen

De verdelingsfactor in aquifers wordt bepaald door kernen te bemonsteren die zowel het aquifermateriaal als het grondwater bevatten. De waterfase wordt gescheiden van de vaste fase door centrifugatie of filtratie. Contaminantconcentraties in de waterfase en de vaste fase worden afzonderlijk bepaald. De K_d is de verhouding van de concentratie in de vaste fase en de concentratie in de waterfase (EPA, 1999). In geval van bemonstering van redox-sensitieve species (o.m. As, Cr), moeten de kernen in een inerte atmosfeer (stikstof of argon) gekoeld, bewaard en behandeld worden. De tijd tussen bemonstering en analyse dient kort gehouden te worden (Christensen et al., 2000).

- K_d voor organische verbindingen

Voor organische verbindingen wordt voorzien dat de K_{ow} -factor (octanol-water verdelingscoëfficiënt) of de K_{oc} -factor (verdelingsfactor organische koolstof–water) van de te beschouwen verbindingen uit de literatuur gehaald wordt en dat op basis hiervan en de bepaling van de fractie organische koolstof een K_d -factor berekend wordt. De K_{oc} -factoren voor de Vlarebo-parameters zijn weergegeven in Tabel 3.

4.2.2.2 Bepaling van de eigenschappen van de onverzadigde zone

- K_d voor zware metalen

De verdelingsfactor K_d in bodem wordt bepaald door het uitvoeren van een schudproef met 0,01 M CaCl_2 . In eerste instantie wordt de totale metaalconcentratie in de bodem bepaald. Daarnaast wordt aan 2,5 g bodemstaal 25 ml 0,01 M CaCl_2 toegevoegd en het geheel wordt overnacht geschud (end-over-end shaking). Vervolgens wordt de suspensie gecentrifugeerd (15 min, 6000 g) en

de metaalconcentratie in het supernatans wordt bepaald. De K_d wordt bepaald volgens:

$$K_d = \frac{M_{tot}}{M_{pw}}$$

waarbij K_d = verdelingsfactor (l/kg)
 M_{tot} = totale metaalconcentratie in bodem (mg/kg ds)
 M_{pw} = metaalconcentratie in het poriënwater (mg/l)
 en M_{pw} voor de verschillende metalen en arseen gelijk is aan (Smolders et al., 2000):

$$As_{pw} = 2As_{Ca}$$

$$Cd_{pw} = 0.5Cd_{Ca}$$

$$Cu_{pw} = Cu_{Ca}$$

$$Pb_{pw} = 0.045 + 0.08Pb_{Ca}$$

$$Cr_{pw} = 4Cr_{Ca}$$

$$Ni_{pw} = Ni_{Ca}$$

$$Hg_{pw} = Hg_{Ca}$$

$$Zn_{pw} = Zn_{Ca}$$

met M_{Ca} (mg/l) de metaalconcentratie in het 0,01M $CaCl_2$ extract.

- K_d voor organische verbindingen

Voor organische verbindingen wordt voorzien dat de K_{ow} -factor (octanol-water verdelingscoëfficiënt) of de K_{oc} -factor (verdelingsfactor organische koolstof–water) van de te beschouwen verbindingen uit de literatuur gehaald wordt en dat op basis hiervan een K_d -factor berekend wordt. De K_{oc} -factoren voor de Vlarebo-parameters zijn weergegeven in Tabel 3. Naast de bodem-water verdelingsfactor zijn ook andere fysico-chemische parameters gegeven in Tabel 3 zoals de Henry-coëfficiënt en de diffusiecoëfficiënt in lucht D_a , die nodig zijn om de vervluchtiging te berekenen.

- Infiltratie

De infiltratiewaarden kunnen worden afgelezen uit Bijlage B voor verschillende bodemtypen en landgebruikstypen. De infiltratie-eigenschappen van een bodem kunnen ook worden bepaald in het veld via infiltratiemethoden. Daarvoor wordt verwezen naar de literatuur terzake (o.m. Elrick and Reynolds, 1992).

- Bijkomende bodemparameters

De droge stofdichtheid ρ_b (kg/l) wordt bepaald door een ongeroerd bodemmonster met gekend volume te drogen (24 u bij 105 °C) en het drooggewicht (in gram) te delen door het volume (in cm^3).

Het volumetrisch vochtgehalte θ_w (cm^3/cm^3) bekomt men door een bodemstaal met gekend volume te wegen vóór en na het drogen (24 u bij 105 °C) en het verschil in gewicht (in gram) te delen door het volume (in cm^3). Het volumetrisch vochtgehalte θ_w (cm^3/cm^3) kan ook uit het gravimetrisch vochtgehalte θ_g (= massa water/massa droge grond) (g/g) bepaald worden a.h.v.:

$$\theta_w = \frac{\rho_b}{\rho_w} \theta_g$$

met ρ_w de dichtheid van water (= 1 g/cm^3 of 1 kg/l).

De porositeit θ_s (cm^3/cm^3) kan op twee manieren bepaald worden: ofwel als het volumetrisch vochtgehalte bij volledige verzadiging van een bodemstaal, ofwel benaderend met volgende formule:

$$\theta_s = 1 - \frac{\rho_b}{2,65}$$

waarbij 2,65 g/cm^3 de specifieke dichtheid van kwarts is (N.B. kwarts is gekozen omdat dit het meest voorkomende bodemmineraal is).

4.3 Verfijnde sitespecifieke toetsingswaarden

De sitespecifieke toetsingswaarde zoals opgesteld in een vroeg stadium van het bodemonderzoek kan verder verfijnd worden aan de hand van bijkomende data verzameld in het verder onderzoek zowel inzake bodemkenmerken (infiltratie, pH, organische stof, textuur, CEC, Kd, ...), terreinkenmerken (lengte verontreinigde zone) als hydrogeologische kenmerken (hydraulisch verhang, grondwaterstroming, ..). Bij de berekening van de verfijnde toetsingswaarde kan gebruik gemaakt worden van de software zoals hiervoor beschreven. De benodigde gegevens staan beschreven in Tabel 4.

4.4 Risico-evaluatie

4.4.1 Bron-pad-receptor analyse

Indien de (verfijnde) sitespecifieke toetsingswaarden overschreden zijn, wordt er overgegaan tot een risico-analyse voor uitloging. De risico-analyse bestaat uit verschillende stappen:

- 1) Selectie van de receptor en de norm waaraan de concentraties aan de receptor getoetst worden
- 2) Definiëren van het scenario voor transport en afbraak van de contaminant van bron tot receptor
- 3) Verzamelen van benodigde bijkomende gegevens
- 4) Berekenen van de concentratie ter hoogte van de receptor en toetsing aan het receptorcriterium of bepaling van het aandeel van uitloging in de verspreiding.

4.4.2 Selectie van receptor

Bij de keuze van de receptor dient rekening gehouden met de verontreinigings situatie. Indien de verontreiniging zich nog niet in het grondwater bevindt, is de bescherming van het grondwater prioritair en wordt het grondwater als receptor gekozen. Indien de verontreiniging zich ook in het grondwater bevindt, kan naast het grondwater een andere receptor gekozen worden (grondwater op bepaalde afstand, oppervlaktewater, ...) waar de ernst van de verontreiniging geëvalueerd wordt. Het receptorcriterium is de bodemsaneringsnorm voor grondwater indien de impact op grondwater of een drinkwaterwinning geëvalueerd wordt. Het receptorcriterium is de milieukwaliteitsnorm voor oppervlaktewater indien de impact op het ontvangende oppervlaktewater geëvalueerd wordt. In de bron-pad-receptor analyse wordt de concentratie steeds *ter hoogte van* de receptor voorspeld, d.w.z. *in het grondwater*.

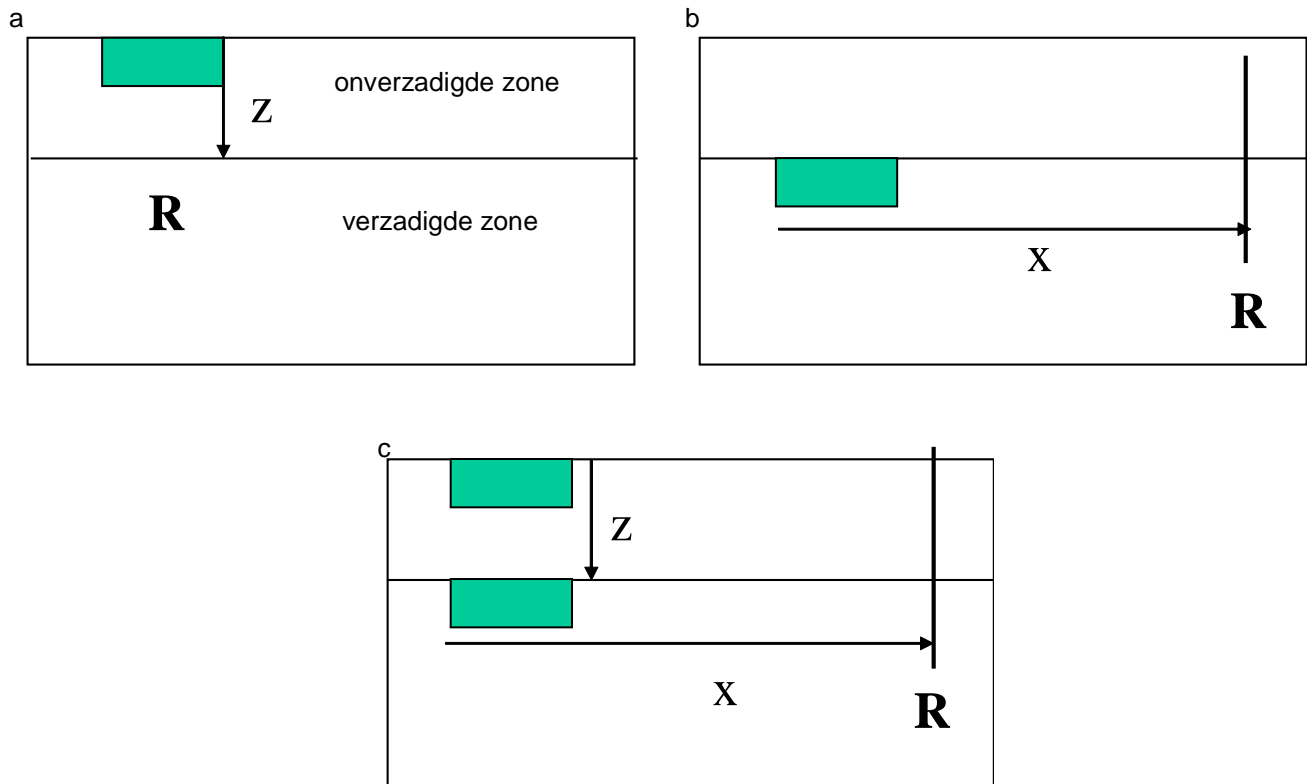
4.4.3 Keuze scenario

Het pad van bron tot receptor kan worden onderverdeeld in verschillende trajecten en processen:

- a) bron in de onverzadigde zone (initiële bodemverontreiniging of nieuwe bron)
- b) bron in de verzadigde zone (initiële grondwaterverontreiniging of nieuwe bron)
- e) afbraak van contaminant in de onverzadigde zone
- f) afbraak van contaminant in de verzadigde zone
- g) transport doorheen de onverzadigde zone naar het grondwater
- h) transport doorheen de verzadigde zone naar de receptor

Voor de bron-pad-receptor analyse worden uit deze lijst de gepaste mogelijkheden geselecteerd en gecombineerd tot een scenario. Indien de verontreiniging zich in de onverzadigde zone bevindt en het grondwater is nog niet verontreinigd (receptor **R** is het grondwater onder de vervuiliingsbron; Figuur 6a), zijn mogelijkheden b, d, f en h niet van toepassing.

Indien er reeds vervuiling aanwezig is in het grondwater, bestaat de bron-pad-receptor analyse uit twee scenario's: in eerste instantie wordt de concentratie aan de receptor geëvalueerd op basis van de grondwatergegevens alleen (Figuur 6b). Vervolgens wordt de berekening herhaald voor een volledige bron-pad-receptor analyse van de onverzadigde zone tot aan de receptor (Figuur 6c). Daarbij wordt rekening gehouden met verdunning van de uitlogende verontreiniging in het grondwater. Dat laat toe na te gaan (a) of de receptor bedreigd wordt door de verontreiniging en (b) wat het relatieve aandeel van de verzadigde en de onverzadigde zone in die bedreiging is.



Figuur 6. Basisscenario's in de bron-pad-receptoranalyse: (a) bron in de onverzadigde zone (zuiver grondwater is de receptor), (b) bron in de verzadigde zone (receptor ligt stroomafwaarts), (c) bron in onverzadigde en verzadigde zone (receptor ligt stroomafwaarts); afstanden z en x zijn steeds het volledige traject inclusief de bronzone.

4.4.4 Benodigde gegevens

Een aantal gegevens zijn nodig voor elke bron-pad-receptor analyse:

-ONVERZADIGDE ZONE

- infiltratie
- dichtheid
- volumetrisch vochtgehalte
- dispersie coëfficiënt
- dikte onverzadigde zone
- lengte verontreinigde zone (in de richting van de grondwaterstroming)

-VERZADIGDE ZONE

- potentiaalgradiënt
- hydraulische geleidbaarheid
- dichtheid
- porositeit

- dispersie coëfficiënt
- afstand tot receptor
- dikte freatische laag
- mengdiepte (berekend)
- dilutiefactor (berekend)

-CONTAMINANT

- K_d
- H'
- K_{oc}

De gegevens die moeten aangeleverd worden en niet in de berekening van site-specifieke toetsingswaarden aan bod kwamen zijn: dikte van de onverzadigde zone, afstand tot receptor en dispersiecoëfficiënt in de onverzadigde en in de verzadigde zone. Voor deze laatste worden waarden berekend door de software (zie verder). In de berekening van de verfijnde site-specifieke toetsingswaarde (Trap 1) is de lengte van de verontreinigde zone bepaald op basis van de afbakening gebeurd in het BBO (criterium is BSN). Op basis van de berekende toetsingswaarden, kan de bronzone voor uitloging opnieuw afgebakend worden en wordt de lengte van de bronzone in de richting van de grondwaterstroming opnieuw bepaald. Door de nieuwe afbakening van de bronzone, kan de lengte van de bronzone in de bron-pad-receptor analyse (Trap 2) verschillen van de lengte van de verontreinigde zone gebruikt in de berekening van de toetsingswaarde (Trap 1).

De infiltratieflex wordt bepaald als de neerslag verminderd met de evapotranspiratie en de oppervlakkige afstroming. Deze berekening is uitgevoerd voor een aantal bodem-helling-bedekkingstype combinaties en de resultaten hiervan zijn weergegeven in Bijlage B. Om de infiltratie van een site te bepalen, moet naargelang de bedekking van de bronzone de gewogen gemiddelde infiltratie bepaald worden. Bv. voor een bronzone (bodem P (licht zandleem), helling 0 %) van 10 m² overgroeid met natuurlijke vegetatie waarvan 2 m² geasfalteerde parking is, is de infiltratie q gelijk aan $0,8 \cdot 0,368 \text{ m/j} + 0,2 \cdot 0 \text{ m/j} = 0,294 \text{ m/j}$.

Afhankelijk van het gedefinieerde scenario, kunnen er bijkomende gegevens nodig zijn:

-ONVERZADIGDE ZONE

- verticale verdeling van de verontreiniging
- afbraakconstante

-VERZADIGDE ZONE

- horizontale spreiding van de verontreiniging
- afbraakconstante
- K_d

Voor de keuze van de parameters wordt er steeds uitgegaan van representatieve waarden voor de bronzone (d.w.z. gewogen gemiddelde infiltratie, gewogen gemiddelde K_d , ...). Voor de bodemconcentraties wordt een profiel samengesteld met voor elke laag de maximaal gemeten concentratie. Indien de receptor niet het grondwater is, en indien er nog een pad doorheen de verzadigde zone met een

bepaalde lengte gedefinieerd wordt, wordt dit 'maximale' profiel gesitueerd aan de grens van het verontreinigde gebied het verst van de receptor. Op die manier wordt een mogelijke pluim van de contaminant in het grondwater meegenomen in de analyse.

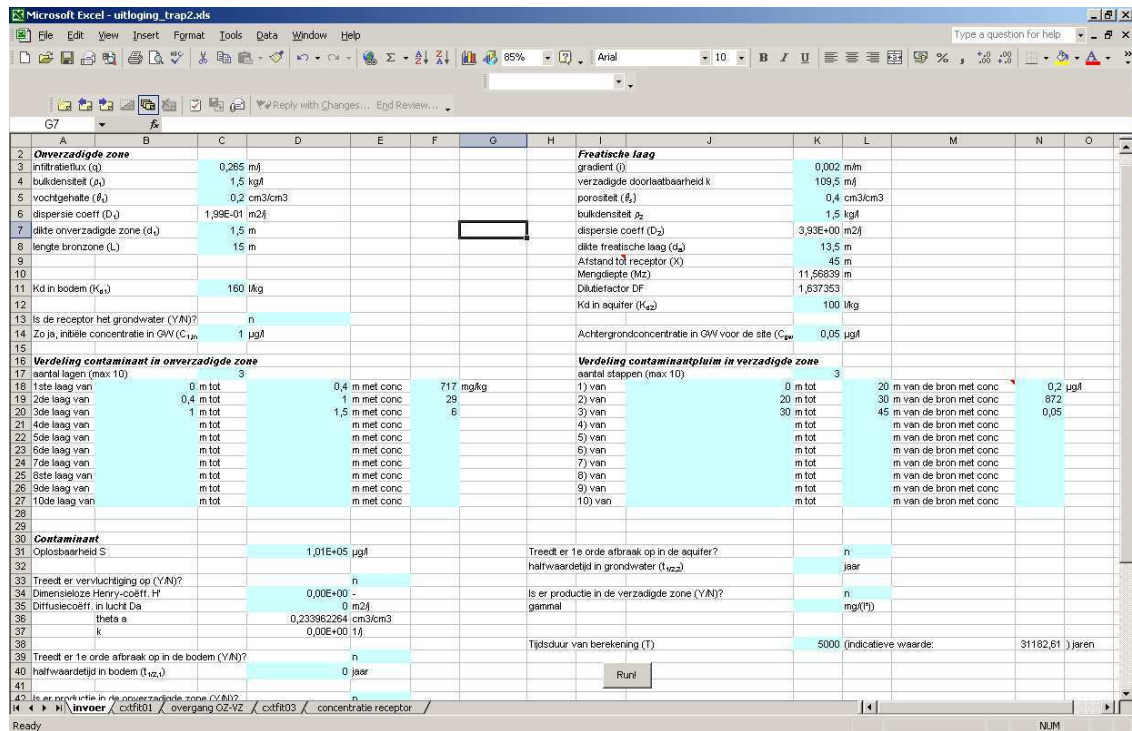
4.4.5 Evolutie bodemkwaliteit

Dezelfde gegevens die nodig zijn voor de berekening van de impact op de receptor in de bron-pad-receptor analyse, worden gebruikt om de evolutie van de bodemkwaliteit te bepalen. Het betreft:

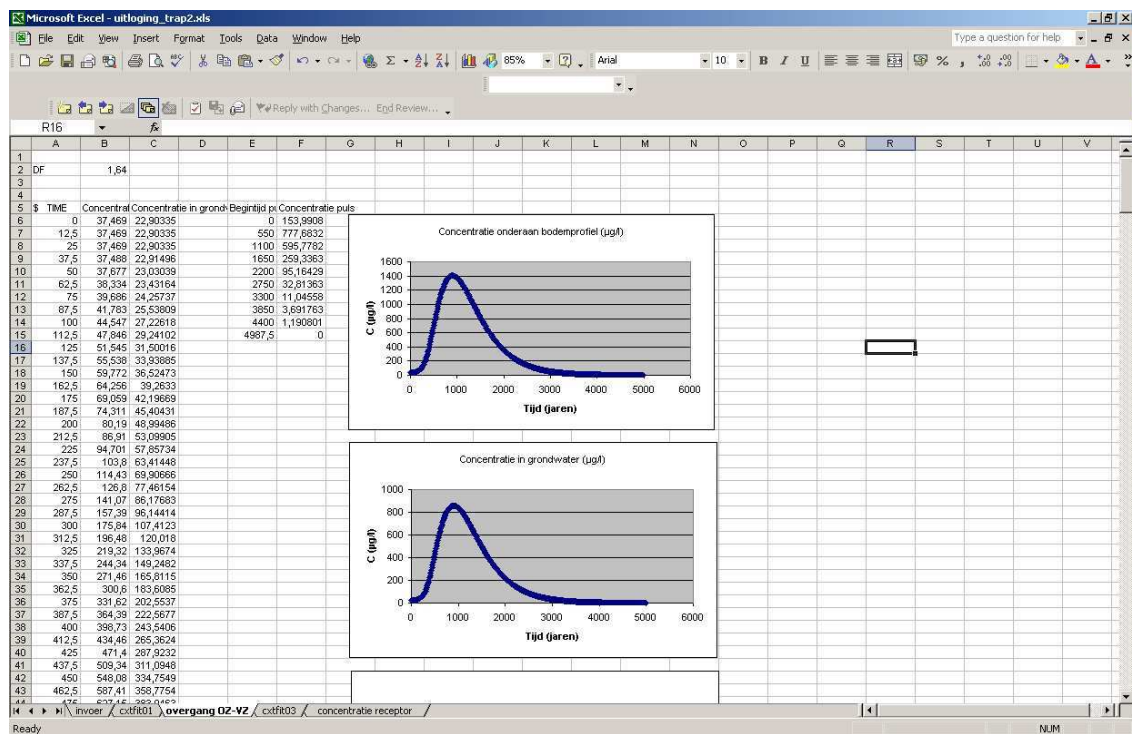
- de initiële verdeling van de verontreiniging in de onverzadigde en de verzadigde zone (de verontreinigingstoestand op tijdstip $t=0$).
- de bodem-, grondwater- en stofkenmerken.

4.4.6 Analytische verspreidingsmodellering

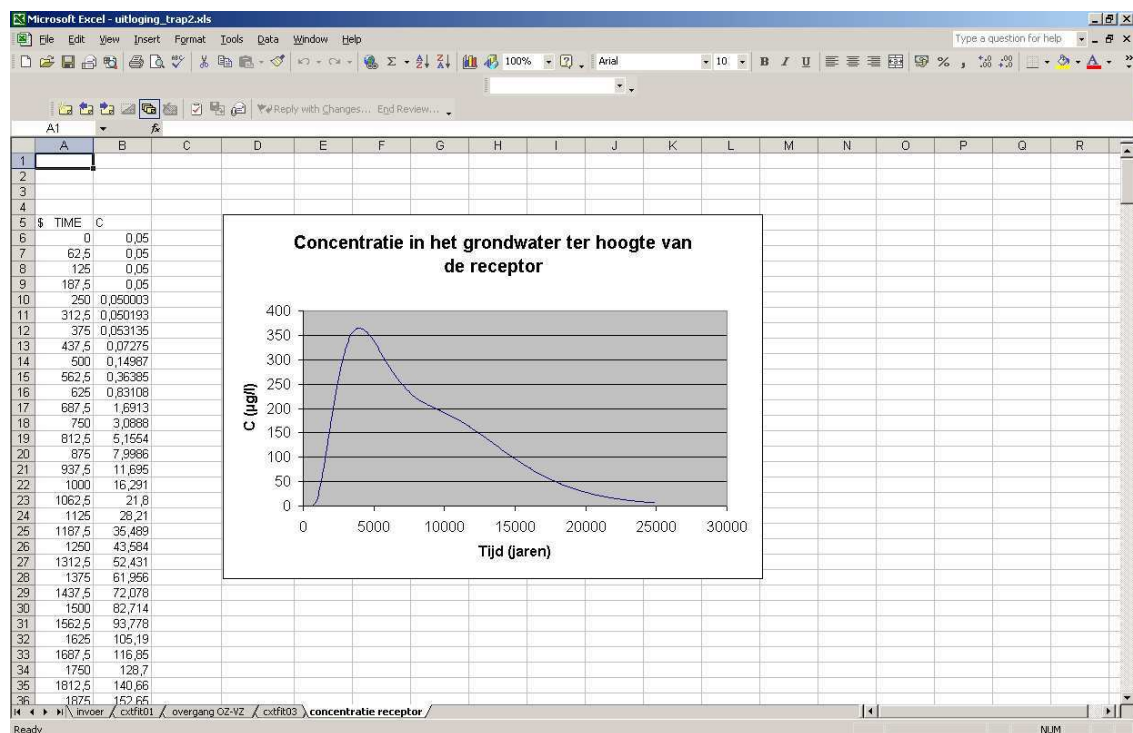
Door Vito is een rekentool in VBA-Excel ontwikkeld die de gebruiker ondersteunt in de keuze van de randvoorwaarden voor de bron-pad-receptor analyse. Deze tool kan worden gebruikt in combinatie met het rekenblad voor de berekening van de toetsingswaarde. De gebruiker kan het probleem modulair samenstellen (enkel onverzadigde zone, enkel verzadigde zone, combinatie van onverzadigde zone + verzadigde zone, externe bron, ...). De code lost in de achtergrond de transportvergelijking op. De benodigde stofdata –met uitzondering van de afbraakparameters- worden uit de Vlier-Humaan stofdatabank betrokken. Alle invoergegevens worden in één en hetzelfde Excel-werkblad ingegeven (Figuur 7). De uitvoer wordt weergegeven op twee aparte werkbladen: op één blad is de overgang van onverzadigde naar verzadigde zone te zien (Figuur 8) en op een tweede blad de concentraties in de verzadigde zone ter hoogte van de receptor (Figuur 9). Verdere verbetering van de tool is nodig voor ze aan de deskundige ter beschikking kan gesteld worden.



Figuur 7. Invoerscherm voor het bron-pad-receptormodel.



Figuur 8. Overgang onverzadigde zone-verzadigde zone.



Figuur 9. Concentratie aan receptor.

Voor de onverzadigde zone wordt de gebruiker gevraagd de infiltratieflex, de dikte van de onverzadigde zone, de droge stofdichtheid, het vochtgehalte, de lengte van de bronzone en de tijdsduur van de berekening in te geven. Het model levert een indicatieve waarde voor de tijdsduur maar de gebruiker kan deze aanpassen a.h.v. de modelresultaten zodanig dat de doorbraak van de contaminant volledig binnen de tijdsduur van de berekening valt.

Voor de verzadigde zone heeft het model het verhang i , de verzadigde conductiviteit k , de droge stofdichtheid en porositeit van de aquifer, de afstand tot de receptor, de dikte van de freatische laag en de tijdsduur van de berekening nodig. De dispersie coëfficiënt wordt berekend volgens vergelijking 31 uit Deel 1 van dit rapport. De dilutiefactor wordt door de software berekend volgens vergelijking 7 uit Deel 1 van dit rapport.

Voor de karakterisatie van de contaminant moet minstens de K_d (voor de onverzadigde zone en indien van toepassing, voor de verzadigde zone) gegeven worden voor zware metalen en de K_{oc} en de dimensieloze Henry coëfficiënt voor organische verbindingen (Tabel 2 en Tabel 3). Indien er afbraak is, moeten de gepaste constanten ook geleverd worden. Afbraak kan voor onverzadigde en verzadigde zone apart gedefinieerd worden. Voor de initiële concentratie van de contaminant wordt de verticale verdeling in de onverzadigde zone gevraagd en/of de initiële horizontale spreiding in het grondwater. Een homogene verdeling van contaminant in de onverzadigde of verzadigde zone kan ingegeven worden als één laag of één stap met als concentratie de initiële concentratie.

Het model lost de eerste keer de transportvergelijking op voor het berekenen van het transport van de contaminant naar de onderzijde van de onverzadigde zone. In

tweede instantie wordt die berekende concentratie aan de onderzijde van het profiel omgezet naar een grondwaterconcentratie door te delen door de dilutiefactor DF. Indien de receptor het grondwater is, is op dit moment het concentratieverloop ter hoogte van de receptor gekend. Indien er een andere receptor gekozen is, wordt de transportvergelijking voor de tweede maal opgelost voor het transport doorheen de verzadigde zone naar de receptor en kan de concentratie ter hoogte van de receptor bekeken worden. Om het aandeel van de uitloging in de verspreiding tot de receptor te bepalen, wordt een eerste keer het volledige traject onverzadigde zone->verzadigde zone->receptor berekend, en dan enkel het traject verzadigde zone->receptor.

De oplossing van de transportvergelijking ($c(z,t)$) bestaat enerzijds uit de impact ter hoogte van de receptor (de concentratie in functie van de tijd op afstand L: $c(L, t)$) en anderzijds uit de evolutie van de verontreinigingspluim (de concentratie in functie van de afstand op tijd T: $c(z, T)$).

In principe kunnen er meerdere verontreinigingskernen behandeld worden in de bron-pad-receptor analyse door de stroombaan op te splitsen in meerdere banen van de verste bronzone naar de dichterbij gelegen bronzone naar de receptor. In eerste instantie wordt de tweede bronzone als receptor gedefinieerd en wordt het effect van de verste bronzone op grondwaterconcentraties ter hoogte van de tweede bronzone berekend. Vervolgens wordt de tijdsafhankelijke concentratie in het grondwater ter hoogte van de tweede bronzone gesuperponeerd op de uitloging uit de tweede bronzone, en dient dit als invoer voor een tweede bron-pad-receptor analyse. In gevallen met meerdere verontreinigingskernen is het echter eerder aangewezen over te stappen naar een numeriek model in twee of drie dimensies.

4.4.7 Numerieke verspreidingsmodellering

In de loop van het verder onderzoek kan de deskundige beslissen al dan niet een doorgedreven modellering uit te voeren. De deskundige kan voor een doorgedreven verspreidingsmodellering gebruik maken van specifieke modellen voor waterbeweging en stoftransport in variabel gesatureerde media (bodem en overgang naar grondwater). Voor een overzicht van de belangrijkste numerieke modellen en benodigde parameters wordt verwezen naar Deel 1 van dit rapport.

De bijkomende toegevoegde waarde van numerieke modellen t.o.v. de analytische modellen is dat een bredere waaier aan randvoorwaarden kan worden opgelegd aan het bodemoppervlak, transiënte condities in waterstroming en stoftransport kunnen worden opgenomen, wortelzones kunnen worden gedefinieerd en een heterogeen stromingsdomein kan worden samengesteld (bv. gelaagdheid waarbij de bodemparameters variëren met de diepte).

Sommige modellen laten reeds bij beperkte beschikbaarheid van data berekeningen toe op basis van goed gevalideerde relaties (transferfuncties, neuraal netwerkmodel) tussen moeilijk meetbare bodem- en grondwaterparameters (hydraulische geleidbaarheid) en makkelijk meetbare of reeds gekende bodemkenmerken (textuur, gehalte organische stof, dichtheid).

Numerieke modellen voor variabel gesatureerde poreuze media zijn een aanvulling op de grondwaterstromingsmodellen waarvoor het toepassingsgebied in de procedure voor BBO is beschreven. In grote lijnen gelden voor numerieke stromings- en verspreidingsmodellen voor variabel gesatureerde media dezelfde

criteria voor gebruik (welke modellen, modelopbouw, evaluatie van modelresultaten, toepassingsvoorwaarden) als voor de grondwaterstromingsmodellen.

5 Overzicht benodigde gegevens doorheen de methodiek

In Tabel 4 wordt een overzicht gegeven van de gegevens die nodig zijn in elke stap van de methodiek.

	TRAP 1		TRAP 2		receptor op afstand		evolutie bodemkwal. onverzadigde zone		evolutie bodemkwal. onverz. zone + verzadigde zone	
	berekening toetsingswaarden	verfijning toetsingswaarden	receptor grondwater	=	receptor op afstand	evolutie bodemkwal. onverzadigde zone	evolutie bodemkwal. onverz. zone + verzadigde zone	evolutie bodemkwal. onverzadigde zone	evolutie bodemkwal. onverz. zone + verzadigde zone	evolutie bodemkwal. onverz. zone + verzadigde zone
onverzadigde zone	bodemeig.: pH o.c. klei	bodemeig.: pH o.c. klei CEC K_d (berekend gemeten)	of	K_d : gemeten (zware met.) berekend uit K_{oc} (andere)	of	K_d : gemeten (zware met.) berekend uit K_{oc} (andere)	of	K_d : gemeten (zware met.) berekend uit K_{oc} (andere)	of	K_d : gemeten (zware met.) berekend uit K_{oc} (andere)
	θ_w (Kaartblad)	θ_w (Kaartblad gemeten)	of	θ_w (Kaartblad gemeten)	of	θ_w (Kaartblad gemeten)	of	θ_w (Kaartblad gemeten)	of	θ_w (Kaartblad gemeten)
	ρ_b (standaard gemeten)	ρ_b (standaard gemeten)	of	ρ_b (standaard gemeten)	of	ρ_b (standaard gemeten)	of	ρ_b (standaard gemeten)	of	ρ_b (standaard gemeten)
		lengte verontreinigde zone L		lengte bronzone L vert. verdeling stof afbraak/prod. par.		lengte bronzone L vert. verdeling stof afbraak/prod. par.		vert. verdeling stof afbraak/prod. par.		lengte bronzone L vert. verdeling stof afbraak/prod. par.
verzadigde zone	-	k i dikte freatische laag d_a		k i dikte freatische laag d_a C_{ag} in grondwater		k i dikte freatische laag d_a K_d : gemeten (zware met.) berekend uit K_{oc} (andere) hor. verdeling stof afbraak/prod. par.		-		k i dikte freatische laag d_a K_d : gemeten (zware met.) berekend uit K_{oc} (andere) hor. verdeling stof afbraak/prod. par.
klimatologische geg.	T	Infiltratie q (Bijlage B) T		Infiltratie q (Bijlage B) T		Infiltratie q (Bijlage B) T		Infiltratie q (Bijlage B) T		Infiltratie q (Bijlage B) T
DF	DF Kaartblad	berekend		berekend		berekend		-		berekend
Stof parameters	Oplosbaarheid S (Tabel 5) Henry H' (Tabel 3)	Oplosbaarheid S (Tabel 5) Henry H' (Tabel 3)		Oplosbaarheid S (Tabel 5) Henry H' (Tabel 3)		Oplosbaarheid S (Tabel 5) Henry H' (Tabel 3)		Oplosbaarheid S (Tabel 5) Henry H' (Tabel 3)		Oplosbaarheid S (Tabel 5) Henry H' (Tabel 3)
receptor	-	-		-		afstand tot receptor		-		afstand tot receptor
tijd	-	-		tijdsduur berekening		tijdsduur berekening		tijdstippen voor evaluatie kwal.		tijdstippen voor evaluatie kwal.

OC is organische koolstof; θ_w is volumetrisch vochtgehalte; ρ_b is dichtheid; CEC is kationenuitwisselingscapaciteit; OZ =:onverzadigde zone; i is potentiaalgradiënt; k is hydraulische geleidbaarheid; C_{ag} is achtergrondconcentratie in grondwater

Tabel 4. Overzicht van de benodigde gegevens voor elke stap in de methodiek.

Referenties

Andersson, S., Nilsson, I., Jennische, P., 2003. Desk study to assess the feasibility of a draft horizontal standard for pH. EU-project HORIZONTAL-15.

Christensen, T.H., Bjerg, P.L., Banwart, S.A., Jakobsen, R., Heron, G., en H. Albrechtsen. 2000. Characterization of redox conditions in groundwater contaminant plumes. *J. Contam., Hydrol.*, 45, 165-241.

De Vries, P.O. van der Sterren, G., Comans, R. en J. Gemoets. 2002. Karakterisering van bronnen van bodemverontreiniging op voormalige gasfabrieksterreinen. SKB SV-318. 103 pp.

De Vries, P.O., M.G. Keizer, en R.J.N.J. Comans. 2003. Cyaniden in de bodem.

Elrick, D.E., and W.D. Reynolds. 1992. Infiltration from constant-head well permeameters and infiltrometers. *Advances in Measurement of Soil Physical Properties: Bringing Theory into Practice*. SSSA special publication No 30.

EPA, 1999. Understanding variation in partition coefficient K_d values. Volume I: the K_d model, methods of measurement, and application of chemical reaction codes. EPA 402-R-99-004A

OVAM, 2000. Beschrijvend bodemonderzoek. Standaardprocedure. 66pp.

OVAM, 2001. Code van goede praktijk voor het uitvoeren van milieuboringen en het plaatsen van peilbuizen.

OVAM, 2002. Oriënterend bodemonderzoek. Standaardprocedure. 155pp.

Bijlage A: Dilutiefactoren en bodemvochtgehalten

per 1/32 kaartblad van de 1:25000 topografische kaarten (spatiale resolutie 5kmx4km)
 (M_z =dikte van de mengzone (m), DF = dilutiefactor, k =verzadigde hydraulische geleidbaarheid grondwater (m/d), d_a =dikte van de freatische laag (m),
 i =potentiaalgradiënt (m/m), θ_w =volumetrisch vochtgehalte bodem (cm^3/cm^3), Z=zand, E=klei, U=zware klei, A=leem, P=licht zandleem, S=lemig zand, L= zandleem)

Kaart- blad	1/8	1/4	M_z m	DF	k m/j	d_a m	i m/m	θ_w cm^3/cm^3	Textuur
1	8	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
1	8	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
2	6	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
2	6	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
2	7	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
3	5	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
3	5	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
4	7	4	2	1,33	2190	2	0,001	0,2	"P"
4	8	2	2	1,33	2190	2	0,001	0,2	"P"
4	8	3	2	1,33	2190	2	0,001	0,2	"P"
4	8	4	2	1,33	2190	2	0,001	0,2	"P"
5	5	1	2	1,33	2190	2	0,001	0,2	"P"
5	5	2	2	1,33	2190	2	0,001	0,2	"P"
5	5	3	2	1,33	2190	2	0,001	0,2	"P"
5	5	4	2	1,33	2190	2	0,001	0,2	"P"
5	6	1	2	1,33	2190	2	0,001	0,2	"P"
5	6	2	2	1,33	2190	2	0,001	0,2	"P"
5	6	3	2	1,33	2190	2	0,001	0,2	"P"
5	6	4	2	1,33	2190	2	0,001	0,2	"P"
5	8	3	2	1,33	2190	2	0,001	0,39	E
5	8	4	2	1,33	2190	2	0,001	0,39	E
6	5	3	10	2,1	1460	10	0,001	0,39	E
7	2	3	9,83	2,62	2190	10	0,001	0,2	"P"
7	2	4	10,67	2,76	2190	25	0,001	0,2	"P"
7	3	2	2	1,33	2190	2	0,001	0,09	Z
7	3	3	10,67	2,76	2190	25	0,001	0,09	Z
7	4	1	2	1,33	2190	2	0,001	0,09	Z
7	4	2	2	1,33	2190	2	0,001	0,09	Z
7	4	3	2	1,33	2190	2	0,001	0,09	Z
7	4	4	2	1,33	2190	2	0,001	0,09	Z
7	5	4	2	1,33	2190	2	0,001	0,39	U
7	6	1	2	1,33	2190	2	0,001	0,39	U
7	6	2	10,67	2,76	2190	25	0,001	0,39	U
7	6	3	2	1,33	2190	2	0,001	0,39	U
7	6	4	9,83	2,62	2190	10	0,001	0,39	U
7	7	1	9,83	2,62	2190	10	0,001	0,09	Z
7	7	2	10,99	2,82	2190	50	0,001	0,09	Z
7	7	3	9,83	2,62	2190	10	0,001	0,09	Z
7	7	4	9,83	2,62	2190	10	0,001	0,09	Z
7	8	1	10,99	2,82	2190	50	0,001	0,09	Z
7	8	2	10,99	2,82	2190	50	0,001	0,09	Z
7	8	3	9,83	2,62	2190	10	0,001	0,09	Z

<i>Kaart- blad</i>	<i>1/8</i>	<i>1/4</i>	<i>M_z</i> <i>m</i>	<i>DF</i>	<i>k</i> <i>m/j</i>	<i>d_a</i> <i>m</i>	<i>i</i> <i>m/m</i>	<i>θ_w</i> <i>cm³/cm³</i>	<i>Textuur</i>
7	8	4	9,83	2,62	2190	10	0,001	0,09	Z
8	1	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
8	1	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
8	1	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
8	1	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
8	2	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S
8	2	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S
8	2	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S
8	2	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S
8	3	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
8	3	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
8	3	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
8	4	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
8	4	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
8	4	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
8	5	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
8	5	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
8	5	3	10	1,83	1095	10	0,001	0,09	Z
8	5	4	10	1,83	1095	10	0,001	0,09	Z
8	6	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S
8	6	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S
8	6	3	10	1,83	1095	10	0,001	0,12	S
8	6	4	10	1,83	1095	10	0,001	0,12	S
8	7	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
8	7	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
8	7	3	10	1,83	1095	10	0,001	0,09	Z
8	7	4	10	1,83	1095	10	0,001	0,09	Z
8	8	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
8	8	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
8	8	3	10	1,83	1095	10	0,001	0,09	Z
8	8	4	10	1,83	1095	10	0,001	0,09	Z
9	1	1	2	1,28	1825	2	0,001	0,09	Z
9	1	2	2	1,28	1825	2	0,001	0,09	Z
9	1	3	2	1,28	1825	2	0,001	0,09	Z
9	1	4	2	1,28	1825	2	0,001	0,09	Z
9	5	1	2	1,28	1825	2	0,001	0,09	Z
9	5	2	2	1,28	1825	2	0,001	0,09	Z
9	5	3	10	2,38	1825	10	0,001	0,09	Z
9	5	4	10	2,38	1825	10	0,001	0,09	Z
9	6	1	10	2,38	1825	10	0,001	0,09	Z
9	6	3	10	2,38	1825	10	0,001	0,09	Z
9	6	4	10	2,38	1825	10	0,001	0,09	Z
10	5	3	9,44	3,08	2920	25	0,001	0,09	Z
10	5	4	9,44	3,08	2920	25	0,001	0,09	Z
11	7	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
11	8	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
11	8	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
11	8	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
12	1	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"

<i>Kaart- blad</i>	<i>1/8</i>	<i>1/4</i>	<i>M_z</i> <i>m</i>	<i>DF</i>	<i>k</i> <i>m/j</i>	<i>d_a</i> <i>m</i>	<i>i</i> <i>m/m</i>	<i>θ_w</i> <i>cm³/cm³</i>	<i>Textuur</i>
12	2	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
12	2	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
12	2	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
12	3	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
12	3	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
12	3	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
12	3	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
12	4	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
12	4	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
12	4	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
12	4	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
12	5	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
12	5	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
12	5	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
12	5	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
12	6	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
12	6	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
12	6	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
12	6	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
12	7	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	Z
12	7	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	Z
12	7	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	Z
12	7	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	Z
12	8	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	Z
12	8	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	Z
12	8	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	Z
12	8	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	Z
13	1	1	10	2,1	1460	10	0,001	0,2	"P"
13	1	2	10	2,1	1460	10	0,001	0,2	"P"
13	1	3	10	2,1	1460	10	0,001	0,2	"P"
13	1	4	10	2,1	1460	10	0,001	0,2	"P"
13	2	1	10	2,1	1460	10	0,001	0,09	Z
13	2	2	10	2,1	1460	10	0,001	0,09	Z
13	2	3	10	2,1	1460	10	0,001	0,09	Z
13	2	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	Z
13	3	1	10	2,1	1460	10	0,001	0,09	Z
13	3	2	10	2,1	1460	10	0,001	0,09	Z
13	3	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	Z
13	3	4	10	2,1	1460	10	0,001	0,09	Z
13	4	1	10	2,1	1460	10	0,001	0,09	Z
13	4	2	10	2,1	1460	10	0,001	0,09	Z
13	4	3	10	2,1	1460	10	0,001	0,09	Z
13	4	4	10	2,1	1460	10	0,001	0,09	Z
13	5	1	10	2,1	1460	10	0,001	0,12	S
13	5	2	10	2,1	1460	10	0,001	0,12	S
13	5	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,12	S
13	5	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,12	S
13	6	1	10	2,1	1460	10	0,001	0,12	S
13	6	2	10	2,1	1460	10	0,001	0,12	S

<i>Kaart- blad</i>	<i>1/8</i>	<i>1/4</i>	<i>M_z</i> <i>m</i>	<i>DF</i>	<i>k</i> <i>m/j</i>	<i>d_a</i> <i>m</i>	<i>i</i> <i>m/m</i>	<i>θ_w</i> <i>cm³/cm³</i>	<i>Textuur</i>
13	6	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,12	S
13	6	4	10	2,1	1460	10	0,001	0,12	S
13	7	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,12	S
13	7	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,12	S
13	7	3	10	2,1	1460	10	0,001	0,12	S
13	7	4	10	2,1	1460	10	0,001	0,12	S
13	8	1	10	2,1	1460	10	0,001	0,12	S
13	8	2	10	2,1	1460	10	0,001	0,12	S
13	8	3	10	2,1	1460	10	0,001	0,12	S
13	8	4	10	2,1	1460	10	0,001	0,12	S
14	1	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	Z
14	1	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	Z
14	1	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	Z
14	1	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	Z
14	2	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	Z
14	2	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	Z
14	2	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	Z
14	3	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	Z
14	3	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	Z
14	4	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	Z
14	4	3	10	2,1	1460	10	0,001	0,09	Z
14	4	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	Z
14	5	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	Z
14	5	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	Z
14	5	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	Z
14	5	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	Z
14	6	1	10	2,1	1460	10	0,001	0,09	Z
14	6	2	10	2,1	1460	10	0,001	0,09	Z
14	6	3	10	2,1	1460	10	0,001	0,09	Z
14	6	4	10	2,1	1460	10	0,001	0,09	Z
14	7	1	10	2,1	1460	10	0,001	0,09	Z
14	7	2	10	2,1	1460	10	0,001	0,09	Z
14	7	3	10	2,1	1460	10	0,001	0,09	Z
14	7	4	10	2,1	1460	10	0,001	0,09	Z
14	8	1	10	2,1	1460	10	0,001	0,09	Z
14	8	2	10	2,1	1460	10	0,001	0,09	Z
14	8	3	10	2,1	1460	10	0,001	0,09	Z
14	8	4	10	2,1	1460	10	0,001	0,09	Z
15	1	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S
15	1	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S
15	1	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S
15	1	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S
15	2	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,2	P
15	2	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,2	P
15	2	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,2	P
15	2	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,2	P
15	3	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,2	"P"
15	3	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,2	"P"
15	3	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,2	"P"

<i>Kaart- blad</i>	<i>1/8</i>	<i>1/4</i>	<i>M_z</i> <i>m</i>	<i>DF</i>	<i>k</i> <i>m/j</i>	<i>d_a</i> <i>m</i>	<i>i</i> <i>m/m</i>	<i>θ_w</i> <i>cm³/cm³</i>	<i>Textuur</i>
15	3	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,2	"P"
15	4	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,2	"P"
15	4	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,2	"P"
15	4	3	10	1,83	1095	10	0,001	0,2	"P"
15	4	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,2	"P"
15	5	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
15	5	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
15	5	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
15	5	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
15	6	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
15	6	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
15	6	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
15	6	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
15	7	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,2	"P"
15	7	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,2	"P"
15	7	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,2	"P"
15	7	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,2	"P"
15	8	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
15	8	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
15	8	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
15	8	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
16	1	1	2	1,44	2920	2	0,001	0,09	Z
16	1	2	2	1,44	2920	2	0,001	0,09	Z
16	1	3	2	1,44	2920	2	0,001	0,09	Z
16	1	4	2	1,44	2920	2	0,001	0,09	Z
16	2	1	2	1,44	2920	2	0,001	0,09	Z
16	2	2	2	1,44	2920	2	0,001	0,09	Z
16	2	3	2	1,44	2920	2	0,001	0,09	Z
16	2	4	2	1,44	2920	2	0,001	0,09	Z
16	3	1	2	1,44	2920	2	0,001	0,09	Z
16	3	2	2	1,44	2920	2	0,001	0,09	Z
16	3	3	2	1,44	2920	2	0,001	0,09	Z
16	3	4	2	1,44	2920	2	0,001	0,09	Z
16	4	1	2	1,44	2920	2	0,001	0,09	Z
16	4	2	2	1,44	2920	2	0,001	0,09	Z
16	4	3	2	1,44	2920	2	0,001	0,09	Z
16	4	4	2	1,44	2920	2	0,001	0,09	Z
16	5	1	2	1,44	2920	2	0,001	0,2	P
16	5	2	2	1,44	2920	2	0,001	0,2	P
16	5	3	2	1,44	2920	2	0,001	0,2	P
16	5	4	2	1,44	2920	2	0,001	0,2	P
16	6	1	8,94	2,97	2920	10	0,001	0,12	S
16	6	2	8,94	2,97	2920	10	0,001	0,12	S
16	6	3	2	1,44	2920	2	0,001	0,12	S
16	6	4	8,94	2,97	2920	10	0,001	0,12	S
16	7	1	9,44	3,08	2920	25	0,001	0,12	S
16	7	2	2	1,44	2920	2	0,001	0,12	S
16	7	3	9,44	3,08	2920	25	0,001	0,12	S
16	7	4	9,44	3,08	2920	25	0,001	0,12	S

<i>Kaart- blad</i>	<i>1/8</i>	<i>1/4</i>	<i>M_z m</i>	<i>DF</i>	<i>k m/j</i>	<i>d_a m</i>	<i>i m/m</i>	<i>θ_w cm³/cm³</i>	<i>Textuur</i>
16	8	1	2	1,44	2920	2	0,001	0,12	S
16	8	2	2	1,44	2920	2	0,001	0,12	S
16	8	3	9,63	3,12	2920	50	0,001	0,12	S
16	8	4	2	1,44	2920	2	0,001	0,12	S
17	1	1	2	1,5	3285	2	0,001	0,09	Z
17	1	2	2	1,5	3285	2	0,001	0,09	Z
17	1	3	2	1,5	3285	2	0,001	0,09	Z
17	1	4	2	1,5	3285	2	0,001	0,09	Z
17	2	1	2	1,5	3285	2	0,001	0,09	Z
17	2	2	2	1,5	3285	2	0,001	0,09	Z
17	2	3	2	1,5	3285	2	0,001	0,09	Z
17	2	4	2	1,5	3285	2	0,001	0,09	Z
17	3	1	9,02	3,24	3285	25	0,001	0,09	Z
17	3	2	9,02	3,24	3285	25	0,001	0,09	Z
17	3	3	9,02	3,24	3285	25	0,001	0,09	Z
17	3	4	9,02	3,24	3285	25	0,001	0,09	Z
17	4	1	9,02	3,24	3285	25	0,001	0,09	Z
17	4	2	9,02	3,24	3285	25	0,001	0,09	Z
17	4	3	9,17	3,27	3285	50	0,001	0,09	Z
17	4	4	9,02	3,24	3285	25	0,001	0,09	Z
17	5	1	9,02	3,24	3285	25	0,001	0,09	Z
17	5	2	9,17	3,27	3285	50	0,001	0,09	Z
17	5	3	9,17	3,27	3285	50	0,001	0,09	Z
17	5	4	9,02	3,24	3285	25	0,001	0,09	Z
17	6	1	9,02	3,24	3285	25	0,001	0,09	Z
17	6	2	9,17	3,27	3285	50	0,001	0,09	Z
17	6	3	9,17	3,27	3285	50	0,001	0,09	Z
17	6	4	9,17	3,27	3285	50	0,001	0,09	Z
17	7	1	2	1,5	3285	2	0,001	0,09	Z
17	7	2	2	1,5	3285	2	0,001	0,09	Z
17	7	3	9,17	3,27	3285	50	0,001	0,09	Z
17	7	4	9,17	3,27	3285	50	0,001	0,09	Z
17	8	1	8,61	3,13	3285	10	0,001	0,09	Z
17	8	2	8,61	3,13	3285	10	0,001	0,09	Z
17	8	3	9,17	3,27	3285	50	0,001	0,09	Z
17	8	4	9,17	3,27	3285	50	0,001	0,09	Z
18	1	1	6,01	9,27	3650	25	0,005	0,12	S
18	1	2	6,01	9,27	3650	25	0,005	0,12	S
18	1	3	6,01	9,28	3650	50	0,005	0,12	S
18	1	4	6,01	9,27	3650	25	0,005	0,12	S
18	2	3	6,01	9,27	3650	25	0,005	0,12	S
18	2	4	6,01	9,27	3650	25	0,005	0,12	S
18	5	1	6,01	9,28	3650	50	0,005	0,12	S
18	5	2	6,01	9,28	3650	50	0,005	0,12	S
18	5	3	6,01	9,28	3650	50	0,005	0,12	S
18	5	4	6,01	9,28	3650	50	0,005	0,12	S
18	6	1	6,01	9,27	3650	25	0,005	0,12	S
18	6	2	6,01	9,27	3650	25	0,005	0,12	S
18	6	3	5,99	9,25	3650	10	0,005	0,12	S

<i>Kaart- blad</i>	<i>1/8</i>	<i>1/4</i>	<i>M_z m</i>	<i>DF</i>	<i>k m/j</i>	<i>d_a m</i>	<i>i m/m</i>	<i>θ_w cm³/cm³</i>	<i>Textuur</i>
18	6	4	6,01	9,27	3650	25	0,005	0,12	S
18	7	1	6,01	9,27	3650	25	0,005	0,12	S
18	7	2	6,01	9,27	3650	25	0,005	0,12	S
18	7	3	6,01	9,27	3650	25	0,005	0,12	S
18	7	4	6,01	9,27	3650	25	0,005	0,12	S
18	8	1	6,01	9,27	3650	25	0,005	0,22	L
18	8	3	6,01	9,27	3650	25	0,005	0,22	L
19	3	2	2	1,11	730	2	0,001	0,2	"P"
19	3	4	2	1,11	730	2	0,001	0,2	"P"
19	4	1	2	1,11	730	2	0,001	0,2	"P"
19	4	2	2	1,11	730	2	0,001	0,2	"P"
19	4	3	2	1,11	730	2	0,001	0,2	"P"
19	4	4	2	1,11	730	2	0,001	0,2	"P"
19	8	1	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
19	8	2	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
19	8	3	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
19	8	4	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
20	1	1	2	1,11	730	2	0,001	0,2	"P"
20	1	2	2	1,11	730	2	0,001	0,2	"P"
20	1	3	2	1,11	730	2	0,001	0,2	"P"
20	1	4	2	1,11	730	2	0,001	0,2	"P"
20	2	1	2	1,11	730	2	0,001	0,2	"P"
20	2	2	2	1,11	730	2	0,001	0,2	"P"
20	2	3	2	1,11	730	2	0,001	0,2	"P"
20	2	4	2	1,11	730	2	0,001	0,2	"P"
20	3	1	2	1,11	730	2	0,001	0,12	S
20	3	2	2	1,11	730	2	0,001	0,12	S
20	3	3	2	1,11	730	2	0,001	0,12	S
20	3	4	2	1,11	730	2	0,001	0,12	S
20	4	1	2	1,11	730	2	0,001	0,12	S
20	4	2	2	1,11	730	2	0,001	0,12	S
20	4	3	2	1,11	730	2	0,001	0,12	S
20	4	4	2	1,11	730	2	0,001	0,12	S
20	5	1	2	1,11	730	2	0,001	0,2	"P"
20	5	2	2	1,11	730	2	0,001	0,2	"P"
20	5	3	2	1,11	730	2	0,001	0,2	"P"
20	5	4	2	1,11	730	2	0,001	0,2	"P"
20	6	1	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
20	6	2	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
20	6	3	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
20	6	4	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
20	7	1	2	1,11	730	2	0,001	0,2	P
20	7	2	2	1,11	730	2	0,001	0,2	P
20	7	3	2	1,11	730	2	0,001	0,2	P
20	7	4	2	1,11	730	2	0,001	0,2	P
20	8	1	2	1,11	730	2	0,001	0,2	P
20	8	2	2	1,11	730	2	0,001	0,2	P
20	8	3	2	1,11	730	2	0,001	0,2	P
20	8	4	2	1,11	730	2	0,001	0,2	P

<i>Kaart- blad</i>	<i>1/8</i>	<i>1/4</i>	<i>M_z m</i>	<i>DF</i>	<i>k m/j</i>	<i>d_a m</i>	<i>i m/m</i>	<i>θ_w cm³/cm³</i>	<i>Textuur</i>
21	1	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S
21	1	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S
21	1	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S
21	1	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S
21	2	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
21	2	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
21	2	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
21	2	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
21	3	1	10	1,83	1095	10	0,001	0,22	L
21	3	2	10	1,83	1095	10	0,001	0,22	L
21	3	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
21	3	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
21	4	1	10	1,83	1095	10	0,001	0,22	L
21	4	2	10	1,83	1095	10	0,001	0,22	L
21	4	3	10	1,83	1095	10	0,001	0,22	L
21	4	4	10	1,83	1095	10	0,001	0,22	L
21	5	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,2	P
21	5	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,2	P
21	5	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,2	P
21	5	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,2	P
21	6	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,2	P
21	6	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,2	P
21	6	3	10	1,83	1095	10	0,001	0,2	P
21	6	4	10	1,83	1095	10	0,001	0,2	P
21	7	1	10	1,83	1095	10	0,001	0,22	L
21	7	2	10	1,83	1095	10	0,001	0,22	L
21	7	3	10	1,83	1095	10	0,001	0,22	L
21	7	4	10	1,83	1095	10	0,001	0,22	L
21	8	1	10	1,83	1095	10	0,001	0,09	Z
21	8	2	10	1,83	1095	10	0,001	0,09	Z
21	8	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,09	Z
21	8	4	10	1,83	1095	10	0,001	0,09	Z
22	1	1	10	1,83	1095	10	0,001	0,2	"P"
22	1	2	10	1,83	1095	10	0,001	0,2	"P"
22	1	3	10	1,83	1095	10	0,001	0,2	"P"
22	1	4	10	1,83	1095	10	0,001	0,2	"P"
22	2	1	10	1,83	1095	10	0,001	0,09	Z
22	2	2	10	1,83	1095	10	0,001	0,09	Z
22	2	3	10	1,83	1095	10	0,001	0,09	Z
22	2	4	10	1,83	1095	10	0,001	0,09	Z
22	3	1	10	1,83	1095	10	0,001	0,09	Z
22	3	2	10	1,83	1095	10	0,001	0,09	Z
22	3	3	10	1,83	1095	10	0,001	0,09	Z
22	3	4	10	1,83	1095	10	0,001	0,09	Z
22	4	1	10	1,83	1095	10	0,001	0,09	Z
22	4	2	10	1,83	1095	10	0,001	0,09	Z
22	4	3	10	1,83	1095	10	0,001	0,09	Z
22	4	4	10	1,83	1095	10	0,001	0,09	Z
22	5	1	10	1,83	1095	10	0,001	0,09	Z

<i>Kaart- blad</i>	<i>1/8</i>	<i>1/4</i>	<i>M_z m</i>	<i>DF</i>	<i>k m/j</i>	<i>d_a m</i>	<i>i m/m</i>	<i>θ_w cm³/cm³</i>	<i>Textuur</i>
22	5	2	10	1,83	1095	10	0,001	0,09	Z
22	5	3	10	1,83	1095	10	0,001	0,09	Z
22	5	4	10	1,83	1095	10	0,001	0,09	Z
22	6	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
22	6	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
22	6	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
22	6	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
22	7	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
22	7	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
22	7	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
22	7	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
22	8	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
22	8	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
22	8	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
22	8	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
23	1	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
23	1	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
23	1	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
23	1	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
23	2	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	P
23	2	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	P
23	2	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	P
23	2	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	P
23	3	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	P
23	3	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	P
23	3	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	P
23	3	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	P
23	4	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
23	4	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
23	4	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
23	4	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,2	"P"
23	5	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,22	L
23	5	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,22	L
23	5	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,22	L
23	5	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,22	L
23	6	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,22	L
23	6	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,22	L
23	6	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,22	L
23	6	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,22	L
23	7	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,22	L
23	7	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,22	L
23	7	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,22	L
23	7	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,22	L
23	8	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,22	L
23	8	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,22	L
23	8	3	10	2,1	1460	10	0,001	0,22	L
23	8	4	10	2,1	1460	10	0,001	0,22	L
24	1	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S
24	1	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S

<i>Kaart- blad</i>	<i>1/8</i>	<i>1/4</i>	<i>M_z m</i>	<i>DF</i>	<i>k m/j</i>	<i>d_a m</i>	<i>i m/m</i>	<i>θ_w cm³/cm³</i>	<i>Textuur</i>
24	1	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S
24	1	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S
24	2	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S
24	2	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S
24	2	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S
24	2	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S
24	3	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S
24	3	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S
24	3	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S
24	3	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,12	S
24	4	1	14,88	2,23	1095	25	0,001	0,09	Z
24	4	2	14,88	2,23	1095	25	0,001	0,09	Z
24	4	3	14,88	2,23	1095	25	0,001	0,09	Z
24	4	4	16,04	2,33	1095	50	0,001	0,09	Z
24	5	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
24	5	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
24	5	3	10	1,83	1095	10	0,001	0,22	L
24	5	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
24	6	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
24	6	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
24	6	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
24	6	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
24	7	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
24	7	2	14,88	2,23	1095	25	0,001	0,22	L
24	7	3	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
24	7	4	2	1,17	1095	2	0,001	0,22	L
24	8	1	14,88	2,23	1095	25	0,001	0,22	L
24	8	2	16,04	2,33	1095	50	0,001	0,22	L
24	8	3	10	1,83	1095	10	0,001	0,22	L
24	8	4	10	1,83	1095	10	0,001	0,22	L
25	1	1	8,14	3,69	2190	25	0,002	0,12	S
25	1	2	8,14	3,69	2190	25	0,002	0,12	S
25	1	3	8,23	3,72	2190	50	0,002	0,12	S
25	1	4	8,23	3,72	2190	50	0,002	0,12	S
25	2	1	8,23	3,72	2190	50	0,002	0,12	S
25	2	2	7,9	3,61	2190	10	0,002	0,12	S
25	2	3	8,23	3,72	2190	50	0,002	0,12	S
25	2	4	8,23	3,72	2190	50	0,002	0,12	S
25	3	1	8,23	3,72	2190	50	0,002	0,09	Z
25	3	2	8,23	3,72	2190	50	0,002	0,09	Z
25	3	3	7,9	3,61	2190	10	0,002	0,09	Z
25	3	4	7,9	3,61	2190	10	0,002	0,09	Z
25	4	1	7,9	3,61	2190	10	0,002	0,09	Z
25	4	2	7,9	3,61	2190	10	0,002	0,09	Z
25	4	3	8,14	3,69	2190	25	0,002	0,09	Z
25	4	4	8,14	3,69	2190	25	0,002	0,09	Z
25	5	1	2	1,66	2190	2	0,002	0,22	L
25	5	2	2	1,66	2190	2	0,002	0,22	L
25	5	3	2	1,66	2190	2	0,002	0,22	L

<i>Kaart- blad</i>	<i>1/8</i>	<i>1/4</i>	<i>M_z</i> <i>m</i>	<i>DF</i>	<i>k</i> <i>m/j</i>	<i>d_a</i> <i>m</i>	<i>i</i> <i>m/m</i>	<i>θ_w</i> <i>cm³/cm³</i>	<i>Textuur</i>
25	5	4	2	1,66	2190	2	0,002	0,22	L
25	6	1	2	1,66	2190	2	0,002	0,22	L
25	6	2	2	1,66	2190	2	0,002	0,22	L
25	6	3	2	1,66	2190	2	0,002	0,22	L
25	6	4	2	1,66	2190	2	0,002	0,22	L
25	7	1	2	1,66	2190	2	0,002	0,09	Z
25	7	2	2	1,66	2190	2	0,002	0,09	Z
25	7	3	2	1,66	2190	2	0,002	0,09	Z
25	7	4	2	1,66	2190	2	0,002	0,09	Z
25	8	1	2	1,66	2190	2	0,002	0,09	Z
25	8	2	2	1,66	2190	2	0,002	0,09	Z
25	8	3	2	1,66	2190	2	0,002	0,09	Z
25	8	4	2	1,66	2190	2	0,002	0,09	Z
26	1	1	6,09	8,55	3285	50	0,005	0,09	Z
26	1	2	6,09	8,55	3285	50	0,005	0,09	Z
26	1	3	6,09	8,55	3285	50	0,005	0,09	Z
26	1	4	6,09	8,55	3285	50	0,005	0,09	Z
26	2	1	6,09	8,55	3285	50	0,005	0,09	Z
26	2	2	6,09	8,55	3285	50	0,005	0,09	Z
26	2	3	6,09	8,55	3285	50	0,005	0,09	Z
26	2	4	6,09	8,55	3285	50	0,005	0,09	Z
26	3	1	6,09	8,55	3285	50	0,005	0,22	L
26	3	2	6,09	8,54	3285	25	0,005	0,22	L
26	3	3	6,09	8,55	3285	50	0,005	0,22	L
26	3	4	6,09	8,55	3285	50	0,005	0,22	L
26	5	1	6,09	8,55	3285	50	0,005	0,09	Z
26	5	2	6,09	8,55	3285	50	0,005	0,09	Z
26	5	3	2	3,48	3285	2	0,005	0,09	Z
26	5	4	2	3,48	3285	2	0,005	0,09	Z
26	6	1	6,09	8,55	3285	50	0,005	0,09	Z
26	6	2	6,09	8,55	3285	50	0,005	0,09	Z
26	6	3	2	3,48	3285	2	0,005	0,09	Z
26	6	4	2	3,48	3285	2	0,005	0,09	Z
26	7	1	2	3,48	3285	2	0,005	0,22	L
26	7	3	2	3,48	3285	2	0,005	0,22	L
27	4	1	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
27	4	2	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
27	4	3	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
27	4	4	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
28	1	1	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
28	1	2	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
28	1	3	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
28	1	4	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
28	2	1	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
28	2	2	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
28	2	3	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
28	2	4	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
28	3	1	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
28	3	2	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L

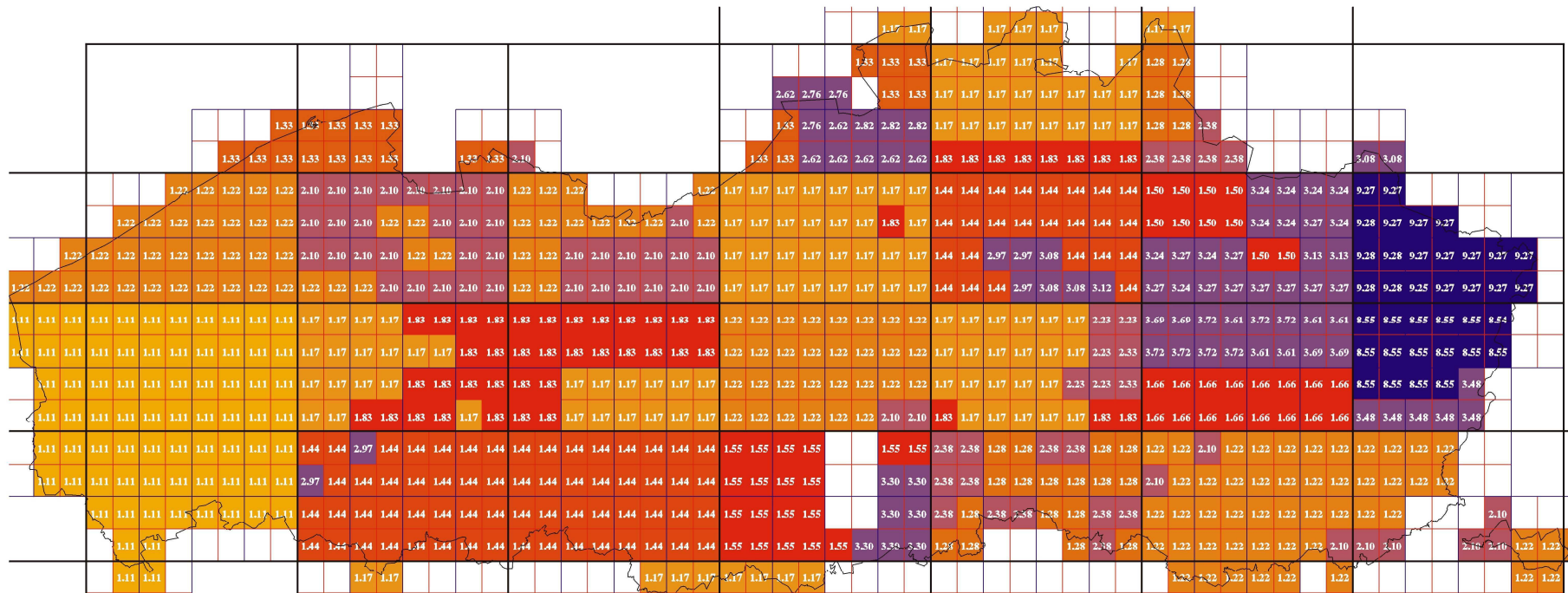
<i>Kaart- blad</i>	<i>1/8</i>	<i>1/4</i>	<i>M_z m</i>	<i>DF</i>	<i>k m/j</i>	<i>d_a m</i>	<i>i m/m</i>	<i>θ_w cm³/cm³</i>	<i>Textuur</i>
28	3	3	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
28	3	4	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
28	4	1	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
28	4	2	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
28	4	3	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
28	4	4	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
28	5	1	2	1,11	730	2	0,001	0,33	A
28	5	2	2	1,11	730	2	0,001	0,33	A
28	5	4	2	1,11	730	2	0,001	0,33	A
28	6	1	2	1,11	730	2	0,001	0,33	A
28	6	2	2	1,11	730	2	0,001	0,33	A
28	6	3	2	1,11	730	2	0,001	0,33	A
28	7	1	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
28	7	2	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
28	8	1	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
28	8	2	2	1,11	730	2	0,001	0,22	L
29	1	1	2	1,44	1460	2	0,002	0,2	P
29	1	2	2	1,44	1460	2	0,002	0,2	P
29	1	3	8,94	2,97	1460	10	0,002	0,2	P
29	1	4	2	1,44	1460	2	0,002	0,2	P
29	2	1	8,94	2,97	1460	10	0,002	0,2	P
29	2	2	2	1,44	1460	2	0,002	0,2	P
29	2	3	2	1,44	1460	2	0,002	0,2	P
29	2	4	2	1,44	1460	2	0,002	0,2	P
29	3	1	2	1,44	1460	2	0,002	0,12	S
29	3	2	2	1,44	1460	2	0,002	0,12	S
29	3	3	2	1,44	1460	2	0,002	0,12	S
29	3	4	2	1,44	1460	2	0,002	0,12	S
29	4	1	2	1,44	1460	2	0,002	0,22	L
29	4	2	2	1,44	1460	2	0,002	0,22	L
29	4	3	2	1,44	1460	2	0,002	0,22	L
29	4	4	2	1,44	1460	2	0,002	0,22	L
29	5	1	2	1,44	1460	2	0,002	0,22	L
29	5	2	2	1,44	1460	2	0,002	0,22	L
29	5	3	2	1,44	1460	2	0,002	0,22	L
29	5	4	2	1,44	1460	2	0,002	0,22	L
29	6	1	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
29	6	2	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
29	6	3	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
29	6	4	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
29	7	1	2	1,44	1460	2	0,002	0,22	L
29	7	2	2	1,44	1460	2	0,002	0,22	L
29	7	3	2	1,44	1460	2	0,002	0,22	L
29	7	4	2	1,44	1460	2	0,002	0,22	L
29	8	1	2	1,44	1460	2	0,002	0,22	L
29	8	2	2	1,44	1460	2	0,002	0,22	L
29	8	3	2	1,44	1460	2	0,002	0,22	L
29	8	4	2	1,44	1460	2	0,002	0,22	L
30	1	1	2	1,44	1460	2	0,002	0,22	L

<i>Kaart- blad</i>	<i>1/8</i>	<i>1/4</i>	<i>M_z m</i>	<i>DF</i>	<i>k m/j</i>	<i>d_a m</i>	<i>i m/m</i>	<i>θ_w cm³/cm³</i>	<i>Textuur</i>
30	1	2	2	1,44	1460	2	0,002	0,22	L
30	1	3	2	1,44	1460	2	0,002	0,22	L
30	1	4	2	1,44	1460	2	0,002	0,22	L
30	2	1	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	2	2	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	2	3	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	2	4	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	3	1	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	3	2	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	3	3	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	3	4	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	4	1	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	4	2	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	4	3	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	4	4	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	5	1	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	5	2	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	5	3	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	5	4	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	6	1	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	6	2	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	6	3	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	6	4	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	7	1	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	7	2	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	7	3	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	7	4	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	8	1	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	8	2	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	8	3	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
30	8	4	2	1,44	1460	2	0,002	0,33	A
31	1	1	2	1,55	1825	2	0,002	0,33	A
31	1	2	2	1,55	1825	2	0,002	0,33	A
31	1	3	2	1,55	1825	2	0,002	0,33	A
31	1	4	2	1,55	1825	2	0,002	0,33	A
31	2	1	2	1,55	1825	2	0,002	0,33	A
31	2	2	2	1,55	1825	2	0,002	0,33	A
31	2	3	2	1,55	1825	2	0,002	0,33	A
31	2	4	2	1,55	1825	2	0,002	0,33	A
31	4	1	2	1,55	1825	2	0,002	0,33	A
31	4	2	2	1,55	1825	2	0,002	0,33	A
31	4	3	8,34	3,3	1825	10	0,002	0,33	A
31	4	4	8,34	3,3	1825	10	0,002	0,33	A
31	5	1	2	1,55	1825	2	0,002	0,33	A
31	5	2	2	1,55	1825	2	0,002	0,33	A
31	5	3	2	1,55	1825	2	0,002	0,33	A
31	5	4	2	1,55	1825	2	0,002	0,33	A
31	6	1	2	1,55	1825	2	0,002	0,33	A
31	6	2	2	1,55	1825	2	0,002	0,33	A

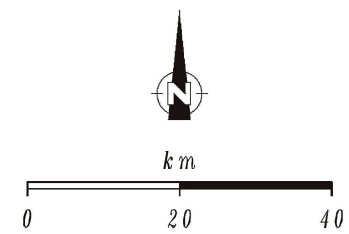
<i>Kaart- blad</i>	<i>1/8</i>	<i>1/4</i>	<i>M_z</i> <i>m</i>	<i>DF</i>	<i>k</i> <i>m/j</i>	<i>d_a</i> <i>m</i>	<i>i</i> <i>m/m</i>	<i>θ_w</i> <i>cm³/cm³</i>	<i>Textuur</i>
31	6	3	2	1,55	1825	2	0,002	0,33	A
31	6	4	2	1,55	1825	2	0,002	0,33	A
31	7	3	2	1,55	1825	2	0,002	0,2	"P"
31	7	4	8,34	3,3	1825	10	0,002	0,2	"P"
31	8	1	8,34	3,3	1825	10	0,002	0,33	A
31	8	2	8,34	3,3	1825	10	0,002	0,33	A
31	8	3	8,34	3,3	1825	10	0,002	0,33	A
31	8	4	8,34	3,3	1825	10	0,002	0,33	A
32	1	1	10	2,38	1825	10	0,001	0,33	A
32	1	2	10	2,38	1825	10	0,001	0,33	A
32	1	3	10	2,38	1825	10	0,001	0,33	A
32	1	4	10	2,38	1825	10	0,001	0,33	A
32	2	1	2	1,28	1825	2	0,001	0,22	L
32	2	2	2	1,28	1825	2	0,001	0,22	L
32	2	3	2	1,28	1825	2	0,001	0,22	L
32	2	4	2	1,28	1825	2	0,001	0,22	L
32	3	1	10	2,38	1825	10	0,001	0,22	L
32	3	2	10	2,38	1825	10	0,001	0,22	L
32	3	3	2	1,28	1825	2	0,001	0,22	L
32	3	4	2	1,28	1825	2	0,001	0,22	L
32	4	1	2	1,28	1825	2	0,001	0,22	L
32	4	2	2	1,28	1825	2	0,001	0,22	L
32	4	3	2	1,28	1825	2	0,001	0,22	L
32	4	4	2	1,28	1825	2	0,001	0,22	L
32	5	1	10	2,38	1825	10	0,001	0,33	A
32	5	2	2	1,28	1825	2	0,001	0,33	A
32	5	3	2	1,28	1825	2	0,001	0,33	A
32	5	4	2	1,28	1825	2	0,001	0,33	A
32	6	1	10	2,38	1825	10	0,001	0,33	A
32	6	2	10	2,38	1825	10	0,001	0,33	A
32	7	1	2	1,28	1825	2	0,001	0,33	A
32	7	2	2	1,28	1825	2	0,001	0,33	A
32	7	4	2	1,28	1825	2	0,001	0,33	A
32	8	1	10	2,38	1825	10	0,001	0,33	A
32	8	2	10	2,38	1825	10	0,001	0,33	A
32	8	3	10	2,38	1825	10	0,001	0,33	A
32	8	4	2	1,28	1825	2	0,001	0,33	A
33	1	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,22	L
33	1	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,22	L
33	1	3	10	2,1	1460	10	0,001	0,22	L
33	1	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,22	L
33	2	1	10	2,1	1460	10	0,001	0,22	L
33	2	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,22	L
33	2	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,22	L
33	2	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,22	L
33	3	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,22	L
33	3	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,22	L
33	3	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,22	L
33	3	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,22	L

<i>Kaart- blad</i>	<i>1/8</i>	<i>1/4</i>	<i>M_z m</i>	<i>DF</i>	<i>k m/j</i>	<i>d_a m</i>	<i>i m/m</i>	<i>θ_w cm³/cm³</i>	<i>Textuur</i>
33	4	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
33	4	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
33	4	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
33	4	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
33	5	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
33	5	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
33	5	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
33	5	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
33	6	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
33	6	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
33	6	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
33	6	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
33	7	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
33	7	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
33	7	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
33	7	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
33	8	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
33	8	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
33	8	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
33	8	4	10	2,1	1460	10	0,001	0,33	A
34	1	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
34	1	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
34	1	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
34	1	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
34	2	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
34	2	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
34	2	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
34	2	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
34	5	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
34	5	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
34	5	3	10	2,1	1460	10	0,001	0,33	A
34	5	4	10	2,1	1460	10	0,001	0,33	A
34	7	2	10	2,1	1460	10	0,001	0,33	A
34	7	3	10	2,1	1460	10	0,001	0,33	A
34	7	4	10	2,1	1460	10	0,001	0,33	A
34	8	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	G
34	8	4	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	G
35	5	3	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	G
36	1	2	2	1,11	730	2	0,001	0,39	E
36	2	1	2	1,11	730	2	0,001	0,39	E
37	2	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,33	A
37	2	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,33	A
38	3	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,33	A
38	4	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,33	A
38	4	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,33	A
39	1	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,33	A
39	1	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,33	A
39	2	1	2	1,17	1095	2	0,001	0,33	A
39	2	2	2	1,17	1095	2	0,001	0,33	A

<i>Kaart- blad</i>	<i>1/8</i>	<i>1/4</i>	<i>M_z</i> <i>m</i>	<i>DF</i>	<i>k</i> <i>m/j</i>	<i>d_a</i> <i>m</i>	<i>i</i> <i>m/m</i>	<i>θ_w</i> <i>cm³/cm³</i>	<i>Textuur</i>
41	1	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
41	2	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
41	2	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
41	3	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
41	3	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
41	4	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,33	A
42	4	1	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	G
42	4	2	2	1,22	1460	2	0,001	0,09	G



Dilutiefactor



Bijlage B: Jaarlijkse infiltratie q (m/j) in functie van bodemtype, hellingsgraad en bedekkingstype voor Belgische condities (voor berekeningsmethode: zie Deel 1)

gras							
<i>helling</i> (%)	<i>Z</i> zand	<i>S</i> lemig zand	<i>P</i> licht zandleem	<i>L</i> zandleem	<i>A</i> leem	<i>E</i> klei	<i>U</i> zware klei
0	0,559	0,475	0,371	0,325	0,271	0,299	0,209
5	0,548	0,464	0,360	0,312	0,258	0,274	0,185
10	0,542	0,458	0,354	0,303	0,249	0,255	0,168
15	0,538	0,454	0,350	0,296	0,242	0,246	0,162
verhard oppervlak (vloeiستofdicht, niet gescheurde beton; gescheurde beton standaard 6 mm)							
<i>helling</i> (%)	<i>Z</i> zand	<i>S</i> lemig zand	<i>P</i> licht zandleem	<i>L</i> zandleem	<i>A</i> leem	<i>E</i> klei	<i>U</i> zware klei
0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0
natuurlijke vegetatie							
<i>helling</i> (%)	<i>Z</i> zand	<i>S</i> lemig zand	<i>P</i> licht zandleem	<i>L</i> zandleem	<i>A</i> leem	<i>E</i> klei	<i>U</i> zware klei
0	0,559	0,475	0,368	0,340	0,292	0,314	0,232
5	0,548	0,464	0,357	0,325	0,277	0,293	0,212
10	0,542	0,458	0,351	0,318	0,271	0,279	0,199
15	0,537	0,454	0,347	0,314	0,267	0,272	0,194
braakliggend (incl. kiezeloppervlakken, ...)							
<i>helling</i> (%)	<i>Z</i> zand	<i>S</i> lemig zand	<i>P</i> licht zandleem	<i>L</i> zandleem	<i>A</i> leem	<i>E</i> klei	<i>U</i> zware klei
0	0,434	0,405	0,296	0,184	0,185	0,116	0,121
5	0,407	0,379	0,270	0,152	0,154	0,087	0,094
10	0,392	0,363	0,255	0,141	0,144	0,070	0,079
15	0,383	0,355	0,246	0,129	0,133	0,070	0,079

bos							
<i>helling</i> (%)	<i>Z</i> <i>zand</i>	<i>S</i> <i>lemig zand</i>	<i>P</i> <i>licht zandleem</i>	<i>L</i> <i>zandleem</i>	<i>A</i> <i>leem</i>	<i>E</i> <i>klei</i>	<i>U</i> <i>zware klei</i>
0	0,513	0,373	0,265	0,236	0,188	0,205	0,140
5	0,502	0,362	0,254	0,224	0,176	0,183	0,117
10	0,496	0,356	0,248	0,217	0,169	0,168	0,101
15	0,492	0,352	0,244	0,211	0,163	0,162	0,094
moestuin							
<i>helling</i> (%)	<i>Z</i> <i>zand</i>	<i>S</i> <i>lemig zand</i>	<i>P</i> <i>licht zandleem</i>	<i>L</i> <i>zandleem</i>	<i>A</i> <i>leem</i>	<i>E</i> <i>klei</i>	<i>U</i> <i>zware klei</i>
0	0,463	0,366	0,258	0,193	0,157	0,145	0,077
5	0,439	0,342	0,237	0,166	0,131	0,119	0,050
10	0,424	0,326	0,223	0,150	0,114	0,096	0,032
15	0,418	0,321	0,219	0,142	0,108	0,096	0,032

Bijlage C: Toetsing methodiek aan bestaande dossiers

De methodiek is getoetst aan een 30-tal dossiers ingediend bij OVAM: 11 dossiers bestaande uit oriënterend en beschrijvend onderzoek, 12 dossiers waarvan enkel oriënterend bodemonderzoek beschikbaar was en 7 dossiers waarvan enkel het beschrijvend bodemonderzoek beschikbaar was.

C1 Berekening toetsingswaarden

C1.1 Beschikbaarheid van gegevens

De gegevens nodig voor het berekenen van de toetsingswaarde voor een stof op het niveau van het OBO zijn (zie Tabel 4):

- ligging van de site (Kaartblad): aflezen DF
- klei en o.s. gehalte
- pH van de bodem

Het Kaartblad waarin de site ligt, was in alle onderzoeken aangegeven of kon afgeleid worden uit de ingesloten kaarten. Klei en organische stofgehalte waren in 21 van de 23 onderzoeken bepaald en de twee onderzoeken waarin dit niet kon teruggevonden worden, dateerden reeds van 1996. Als deze 2 onderzoeken buiten beschouwing gelaten worden, waren er van de resterende 21 onderzoeken 2 waarin de pH van de bodem niet bepaald was. In 10 onderzoeken was de pH bepaald in een KCl-extract, in 3 onderzoeken in water en in 6 onderzoeken was het onduidelijk in welk extract de bepaling uitgevoerd was.

De methode van pH bepaling, het extract dat gebruikt wordt en de vast/vloeistof ratio hebben een grote invloed op de gemeten waarde (Andersson et al., 2003). De verschillen tussen een pH gemeten in een waterige oplossing tegenover een extract in 1 M KCl kunnen een halve pH-eenheid bedragen. Het effect op een berekende K_d kan aanzienlijk zijn, zo leidt een daling in pH van 6,5 naar 6 tot bijna een halvering van de berekende K_d voor Cd (van 631 l/kg naar 372 l/kg). Daarom is het van belang duidelijk aan te geven welke methode gebruikt is, en is het aan te raden een gestandaardiseerde methode te gebruiken in alle bodemonderzoeken. Om de vergelijkingen in Tabel 2 toe te kunnen passen, moet de pH gemeten in 0,01 M CaCl_2 (L/S 1/5) ingevuld worden, en daarom wordt voorgesteld dit als standaard meetmethode voor bodem pH te gebruiken in oriënterende bodemonderzoeken.

Voor de berekening van de toetsingswaarden is de pH zoals die gegeven was in de onderzoeken gebruikt. Daardoor zijn de toetsingswaarden strikt genomen niet in alle gevallen volgens de voorgeschreven methodologie bepaald maar aangezien in de meerderheid van de onderzoeken de pH in KCl bepaald is en dat van de drie extracten (water, 1M KCl, 0,01 M CaCl_2) de laagste pH waarde geeft, zijn de berekende toetsingswaarden eerder streng en kunnen ze beschouwd worden als conservatieve berekeningen.

C1.2 Situering toetsingswaarden t.o.v. BSN

De berekende toetsingswaarden zijn vergeleken met de achtergrondwaarden, de bodemsaneringsnorm type II en de bodemsaneringsnorm van toepassing in het onderzoek. Dit geeft een indicatie van de gevoeligheid van stoffen voor uitloging en van de mate waaring de bodemsaneringsnorm beschermend genoeg is t.o.v. uitloging naar het grondwater. De vergelijking met de BSN II is gedaan omdat bij het afleiden van deze norm rekening gehouden is met de blootstellingsroute 'verbruik van ongezuiverd grondwater'. De DF die daarbij gehanteerd is (DF=10), is hoger dan in dit onderzoek. Daardoor zouden de toetsingswaarden lager kunnen liggen maar een eenduidige vergelijking is niet mogelijk omdat er ook andere blootstellingswegen meegenomen zijn in de normberekening.

De analyse is beperkt tot de zware metalen en de 10 PAK's die in alle oriënterende bodemonderzoeken gemeten zijn. De 2 dossiers waar geen klei en organische stof bepaald waren, zijn ook hier buiten beschouwing gelaten (niet mogelijk om K_d te schatten). In één van de onderzoeken werd de site verdeeld in 3 zones en daar zijn voor elke zone apart toetsingswaarden en bodemsaneringsnormen berekend zodanig dat het totale aantal gevallen waar vergelijking van de normen uitgevoerd is, gelijk is aan 23.

Stof	$TW \leq AW$	$TW \leq BSN II$	$TW \leq BSN$	$TW > BSN$
As	16	7	0	0
Cd	0	2	9	12
Cr	0	0	4	19
Cu	0	10	11	2
Hg	0	20	2	1
Pb	0	0	11	12
Ni	0	17	6	0
Zn	0	6	5	12
benzo(a)antraceen	0	0	2	21
benzo(a)pyreen	0	0	0	23
benzo(a)fluoranteen	0	2	14	7
benzo(g,h,i)peryleen	0	23	0	0
benzo(k)fluoranteen	0	0	20	3
chryseen	0	12	10	1
fenantreen	0	10	7	6
fluoranteen	0	19	3	1
indeno(1,2,3-cd)pyreen	0	0	17	6
naftaleen	0	16	6	1

Tabel 5. Aantal sites waarvoor de toetsingswaarden lager liggen dan resp. de achtergrondwaarde, BSN type II en BSN van toepassing voor de geëvalueerde OBO's

Voor arseen zijn de berekende toetsingswaarden laag en liggen ze altijd lager dan BSN II en zelfs lager dan de achtergrondwaarde in 16 gevallen. Bij overschrijding van de toetsingswaarde (5 gevallen) was er in drie gevallen ook sprake van grondwaterverontreiniging. De berekende toetsingswaarden zijn echter laag en nader onderzoek zou moeten uitwijzen of de berekende K_d -waarde (bepaald op basis van

verontreinigde terreinen) niet te laag is voor toepassing op terreinen waar geen As-verontreiniging aanwezig is.

Voor de andere metalen zijn de toetsingswaarden in de meerderheid van de gevallen strenger dan BSN II voor kwik en nikkel, en strenger dan de BSN van toepassing voor koper. Voor cadmium, chroom, lood en zink zijn de toetsingswaarden in de meerderheid van de gevallen hoger dan de BSN. De lage toetsingswaarden voor kwik zijn waarschijnlijk te wijten aan het lage grondwatercriterium voor dat metaal.

Voor de PAK's zijn de BSN –vanuit het oogpunt van uitloging- nagenoeg altijd beschermend genoeg voor benzo(a)antracene en benzo(a)pyreen. Voor benzo(g,h,i)peryleen, chryseen, fluoranteen en naftaleen liggen de toetsingswaarden meestal lager dan BSN II. Voor de eerste twee heeft dat wellicht te maken met het lage grondwatercriterium (beperkt door lage oplosbaarheid), terwijl voor naftaleen de relatief hoge mobiliteit een rol speelt. Voor fluoranteen ligt een verklaring niet voor de hand, maar het verschil in dilutiefactoren kan aan de basis liggen. Voor de overige vier (benzo(a)fluoranteen, benzo(k)fluoranteen, fenantreen, indeno(1,2,3-cd)pyreen) zijn de toetsingswaarden in de meeste gevallen strenger dan de BSN van toepassing. Hierbij dient opgemerkt te worden dat 12 van de 21 sites in bestemmingstype V lagen, 7 in bestemmingstype III (waaronder de site bestaande uit 3 zones) en 2 in bestemmingstype II.

C1.3 Beoordeling van dossiers

Naast de ligging van de toetsingswaarden t.o.v. de BSN is onderzocht of het toepassen van de uitloogmethodiek de beoordeling van een dossier zou veranderen. Daartoe is eerst nagegaan of het eindoordeel zou veranderen (verder onderzoek in BBO of niet) en in tweede instantie of de aanbeveling voor verder onderzoek voor dezelfde stoffen geldt.

Van de 21 dossiers zijn er 17 verder verwezen naar een BBO en voor 4 gevallen is beslist dat geen verder onderzoek nodig is. Van die 17 dossiers zijn er 3 waarbij (enkel) verder onderzoek naar een VOCl-pluim in het grondwater nodig is en 1 waarbij verder onderzoek naar stikstof, fosfor en aluminium in het grondwater nodig is. In die 4 dossiers is het niet mogelijk om al dan niet overschrijding van de toetsingswaarden vast te stellen ofwel omdat er geen bodemconcentraties van VOCl's beschikbaar zijn, ofwel omdat het niet om Vlarebo-genormeerde stoffen gaat. Dat geeft een totaal van 8 dossiers waarbij in het OBO geen probleem gesignaleerd wordt voor stoffen waarvoor toetsing aan de toetsingswaarden mogelijk is, en 13 dossiers waarbij in het OBO een probleem vastgesteld wordt voor stoffen waarvoor een toetsing aan de toetsingswaarden mogelijk is.

In de 8 gevallen waarin het OBO geen probleem vaststelt, wordt er in 5 gevallen ook geen overschrijding van de toetsingswaarden vastgesteld. In 3 dossiers wordt een overschrijding van de toetsingswaarden vastgesteld en dus een aanbeveling voor verder onderzoek gedaan: 1 keer voor benzo(g,h,i)peryleen, 1 keer voor As en 1 keer voor Cu, Pb, Ni en Zn. Voor benzo(g,h,i)peryleen kon dit verwacht worden omdat de toetsingswaarde streng is in vergelijking met de BSN door het lage grondwatercriterium. Voor het dossier met As zijn er 2 metingen van de 22 die de toetsingswaarde overschrijden en dit zijn tegelijk ook de 2 enige metingen boven de achtergrondwaarde. In het dossier met Cu, Pb, Ni en Zn gaat het om een site in bestemmingstype V (dus hoge BSN) en een lage pH (pH 4,8) zodat een uitloogrisico voor metalen ondanks niet-overschrijding van de BSN kan verwacht worden.

In de 13 dossiers waar in het OBO verder onderzoek wordt aanbevolen naar stoffen waarvoor overschrijding van de toetsingswaarden getoetst kan worden, is er in 4 gevallen een overschrijding van de toetsingswaarde vastgesteld voor dezelfde stoffen. In die 4 gevallen gaat het telkens om dossiers waar een minerale olie en/of BTEXS en naftaleen verontreiniging is vastgesteld, en dan ook een overschrijding optreedt van de toetsingswaarden voor BTEXS en/of naftaleen. Voor minerale olie kan er geen toetsingswaarde berekend worden, maar de evaluatie van het uitloogrisico van een minerale olie verontreiniging wordt verder behandeld in het onderzoek 'Uitloognorm voor minerale olie'.

In 6 gevallen is er een overschrijding van de toetsingswaarde voor andere stoffen dan geïdentificeerd in het OBO. In 2 gevallen gaat het om enkel As, in 1 geval om As, Cu, Ni en benzo(g,h,i)peryleen, in 1 geval om As, Cu en Pb, in 1 geval om Zn en benzo(g,h,i)peryleen en in 1 geval om Cu en Ni. De eerste 5 sites liggen in bestemmingstype V, de laatste in bestemmingstype III. Bij de bodemconcentraties van de metalen behalve As, gaat het telkens om waarden die BSN V weliswaar niet overschrijden, maar wel aangerijkt zijn (>BSN II). Voor As wordt er in 1 van de 3 gevallen ook een verhoogde concentratie in grondwater aangetroffen, in de andere niet. De lage toetsingswaarde voor benzo(g,h,i)peryleen door het lage grondwatercriterium komt ook hier weer aan bod.

In de 3 resterende dossiers is er geen overschrijding van de toetsingswaarde voor stoffen waarvan het OBO aangeeft dat er nader onderzoek nodig is. In 1 geval gaat het om een minerale olie verontreiniging in de bodem waar er geen overschrijding van de toetsingswaarden voor BTEXS of naftaleen wordt vastgesteld. Rechtstreekse toetsing voor minerale olie kon niet uitgevoerd worden omdat er geen toetsingswaarde voor minerale olie berekend kan worden. In de 2 andere dossiers wordt er nader onderzoek aanbevolen op basis van een grondwaterverontreiniging van Pb en minerale olie, en Pb, Zn en VOC's resp.. Er is geen overschrijding van de toetsingswaarden voor de metalen. Daar kunnen twee verklaringen voor zijn: ofwel is de grondwaterverontreiniging niet ontstaan door uitloging maar ligt de bron elders, ofwel is de grondwaterverontreiniging wel ontstaan door uitloging uit de onverzadigde zone maar is de bron gemist in de staalname van het OBO.

C2 Verfijning toetsingswaarden

In het BBO is het mogelijk de toetsingswaarden te verfijnen hetzij door een betere schatting of meting van de K_d , hetzij door het berekenen van de site-specifieke verdunningsfactor. In deze fase kan men zich beperken tot verdachte stoffen en risicozones i.p.v. de toetsingswaarden te gebruiken voor een screening van de hele site. Voor een betere schatting van de K_d is het van belang de bodemeigenschappen (o.s., klei, pH) te gebruiken die representatief zijn voor de risicozone. Om DF te berekenen, is het nodig een (horizontale) afperking te doen van de risicozone omdat de lengte van de bronzone in de richting van de grondwaterstroming gekend moet zijn. Die afperking wordt uitgevoerd op basis van de toetsingswaarde berekend in het OBO. Bij het berekenen van de toetsingswaarde wordt steeds uitgegaan van het potentieel risico op uitloging, d.w.z. dat verharde delen van de risicozones mee in aanmerking genomen worden bij de aflijning van de risicozone.

In 6 van de 7 dossiers waarvan enkel een BBO beschikbaar was, is een toetsingswaarde berekend op basis van de beschikbare data. In één BBO werd enkel een verontreiniging van het grondwater onderzocht en ontbraken de nodige gegevens voor de berekening van een toetsingswaarde. In 2 dossiers werd er geen

overschrijding van de toetsingswaarden vastgesteld maar in beide gevallen was de onverzadigde zone onvoldoende gekarakteriseerd, met resp. 0 en 1 meting in de onverzadigde zone van de eventuele risicozones (waar het grondwaterprobleem vastgesteld werd).

In de 4 andere dossiers werden er overschrijdingen van de toetsingswaarde vastgesteld. In 1 geval waren de overschrijdingen zo talrijk en verspreid (voor Cd, Zn, Cu en Pb werden overschrijdingen teruggevonden in een zone met een doorsnede van meer dan een km), dat men eigenlijk over diffuse verontreiniging kan spreken en de methodiek niet meer toepasbaar was doordat de risicozone niet afgeperkt kon worden. Bij een tweede dossier met overschrijdingen was het niet mogelijk verder te gaan naar een bron-pad-receptor analyse door de onvoldoende karakterisatie van de bronzone (slechts 1 analyseresultaat voor de site) en het ontbreken van gegevens over grondwaterstroming. De ligging van de meting waar de toetsingswaarde overschreden was t.o.v. de vastgestelde grondwaterpluim doet vermoeden dat de eventuele bronzone niet geïdentificeerd werd. Bij de 2 overblijvende dossiers met overschrijding, werd overgegaan tot een verdere analyse in trap 2.

Van de bestudeerde dossiers waren er 11 waarvoor zowel een OBO als BBO beschikbaar was. In 4 gevallen werd de berekende toetsingswaarde niet overschreden in de onverzadigde zone. In 2 gevallen (met een VOCl-verontreiniging in het grondwater) kon de toetsing niet uitgevoerd worden door het ontbreken van metingen in de onverzadigde zone. In de 5 andere gevallen werd de informatie uit het BBO gebruikt om de toetsingswaarden te herrekenen en de risicozone opnieuw af te perken.

De herrekening kan gebeuren door het berekenen van een site-specifieke DF of door een betere schatting of meting van de K_d . In 3 gevallen is de DF berekend op basis van site-specifieke gegevens over infiltratie, verzadigde doorlaatbaarheid, verhang en dikte van de freatische laag en de lengte van de risicozone in de richting van de grondwaterstroming. Twee keer was de site-specifieke DF lager dan degene bepaald op basis van Kaartblad en één keer hoger. In één dossier werd een nieuwe en lagere K_d -waarde berekend op basis van bijkomende informatie uit het BBO (lager o.s. gehalte). In één geval was er geen extra informatie beschikbaar om de toetsingswaarde te herrekenen, en werd enkel de risicozone verder afgelijnd op basis van de bijkomende metingen gedaan in het BBO.

De berekende toetsingswaarden waren in drie gevallen strenger en in één geval hoger dan de toetsingswaarden berekend op basis van gegevens uit het OBO.

Aan het einde van deze fase van evaluatie van de methodiek, bleven er in totaal nog 7 dossiers over waarvoor een bron-pad-receptoranalyse werd uitgevoerd.

C3 Berekening uitloog-/verspreidingsrisico

De bron-pad-receptor analyse wordt kort geschetst voor elk dossier met een beschrijving van de site, het type en het voorkomen van de verontreiniging. In deze analyse kan een onderscheid gemaakt worden tussen potentieel en actueel risico, afhankelijk van de bodembedekking. Een verontreiniging onder asfalt bv. vormt geen actueel risico voor uitlooging maar het is niet onwaarschijnlijk dat de bodembedekking binnen 10 jaar (een relatief korte periode in vergelijking tot de duur van veel uitloogprocessen) gewijzigd is in bv. gras of kiezel en dan wel een risico vormt voor uitlooging. Bij de bron-pad receptor analyse wordt het potentieel risico steeds

berekend. Het resultaat van de analyse wordt voor elk dossier samengevat in een risico-tabel.

C3.1 Dossier 2

Situatie:

Het terrein (bestemmingstype V) kent een Ni-verontreiniging in bodem en grondwater. Daarnaast is er ook een PER-verontreiniging aanwezig in het grondwater, maar door het ontbreken van gegevens voor de onverzadigde zone wordt die verder buiten beschouwing gelaten. Het grondwater zit op 1,7 m-mv en als receptor is de westelijke perceelsgrens gekozen (grondwaterstroming is naar het westen). De pH van de bodem is 7,5 zodat de berekende K_d -waarde voor Ni in de bodem hoog is (1530 l/kg). Voor de freatische laag is de K_d -waarde bepaald a.h.v. metingen in de vaste fase en in het grondwater, en is de waarde 97 l/kg.

Overschrijding: Ni; concentraties tot 38000 mg/kg ds (toetsingswaarde = 63 mg/kg ds)

Aantal bronzones: 1 (L=20 m)

Grondwaterverontreiniging: Ni-concentraties tot 19000 µg/l

Receptor: perceelsgrens, X=45 m

Potentieel/actueel risico: potentieel, bronzone ligt onder beton

Risico-tabel:

Ni	Evolutie bodemkwaliteit		Risico uitloging/verspreiding		
	C_{max} bodem (mg/kg ds)	% uitgeloogd (cumulatief)	OZ C_{max} onderaan OZ (µg/l)	Receptor C_{max} zonder uitloging (µg/l)	C_{max} met uitloging (µg/l)
na 0 j	38000	0	0-10 j	150	27
na 10 j	38000	0,001	10-50 j	150	28
na 50 j	38000	0,004	50-100 j	150	28
na 100 j	38000	0,01	100-500 j	157	1775
na 500 j	37827	0,05	500-1000 j	337	8329
na 1000 j	36402	0,12	>1000 j	12780	9507
				Tijdstip overschrijding norm (j)	
	BSN (mg/kg ds)		BSN (µg/l)	zonder uitloging	met uitloging
	660		40	140	140

De norm voor de receptor wordt overschreden binnen de 500 jaar, maar er is geen relatieve toename in de maximale concentratie binnen de 500 jaar (vergelijk 1175 µg/l vs. 1175 µg/l) dus het aandeel van uitloging in de verspreiding is weinig relevant.

Conclusie BBO: verspreidingsrisico voor de grondwaterverontreiniging (op triviale basis)

Bemerkingen:

- Voor zware metalen moet de K_d -waarde voor de site (voor onverzadigde zone en freatische laag) gemeten worden; voor de onverzadigde zone is dit hier niet het geval.
- Het verticale concentratieprofiel voor de onverzadigde zone is samengesteld uit verschillende metingen op verschillende locaties. Voor de integrale verticale karakterisatie is het aangewezen een verticaal profiel te meten op één of meerdere locaties in de bronzone.
- De ligging van de bronzone en de grondwaterpluim lijken in strijd met de stromingsrichting van het grondwater die bepaald is.

C3.2 Dossier 4

Situatie:

Het terrein (bestemmingstype V) kent een verontreiniging van Cu en Zn in de bodem en Ni in het grondwater. Daarnaast zijn er overschrijdingen van de toetsingswaarden voor Pb en Ni. Het grondwater zit op 2 m-mv en als receptor is het grondwater (Cu, Zn, Pb) of de zuidelijke perceelsgrens (Ni) gekozen. De pH van de bodem is 4,8 zodat de berekende K_d -waarden voor de bodem vrij laag liggen (voor Cu 806 l/kg; voor Pb 9690 l/kg; voor Ni 324 l/kg; voor Zn 69 l/kg). Voor de freatische laag is voor Ni dezelfde waarde gebruikt bij gebrek aan metingen.

Overschrijding:

Cu, concentraties tot 1000 mg/kg ds (toetsingswaarde = 141 mg/kg ds);
Pb, concentraties tot 1200 mg/kg ds (toetsingswaarde = 330 mg/kg ds);
Ni, concentraties tot 66 mg/kg ds (toetsingswaarde = 22 mg/kg ds);
Zn, concentraties tot 39000 mg/kg ds (toetsingswaarde = 60 mg/kg ds).

Aantal bronzones: 1 voor Cu, Pb, Ni (L=5 m) en 2 voor Zn (L=10 en L=25)

Grondwaterverontreiniging: Ni-concentraties tot 55 µg/l

Receptor: grondwater voor Cu, Pb, Zn; perceelsgrens voor Ni (X=100 m)

Potentieel/actueel risico: actueel: bronzone Cu, Pb, Ni +bronzone 1 Zn liggen onder gras en bronzone 2 Zn ligt 50% onder gras en 50% onder gebouw (d.w.z. reductie van infiltratie q met 50% voor de bepaling van actueel risico)

Risico-tabellen:

Cu	Evolutie bodemkwaliteit		Risico uitloging/verspreiding		
	C_{max} bodem (mg/kg ds)	% uitgelooft (cumulatief)	OZ	Receptor	
			C_{max} onderaan OZ (µg/l)	C_{max} zonder uitloging (µg/l)	C_{max} met uitloging (µg/l)
na 0 j	1000	0,0	0-10 j	0	10
na 10 j	997	0,0	10-50 j	0	10
na 50 j	862	0,0	50-100 j	0	10
na 100 j	745	0,0	100-500 j	0,6	10
na 500 j	509	0,0	500-1000 j	33	27
na 1000 j	418	0,5	>1000 j	336	185

		Tijdstip overschrijding norm (j)	
BSN (mg/kg ds)	BSN (µg/l)	zonder uitloging	met uitloging
700	100	-	1750

Pb	Evolutie bodemkwaliteit		Risico uitloging/verspreiding			
	C_{max} bodem (mg/kg ds)	% uitgelooft (cumulatief)	OZ	Receptor		
			C_{max} onderaan OZ (µg/l)	C_{max} zonder uitloging (µg/l)	C_{max} met uitloging (µg/l)	
na 0 j	2100	0,0	0-10 j	0	-	2,4
na 10 j	2100	0,0	10-50 j	0	-	2,4
na 50 j	2100	0,0	50-100 j	0	-	2,4
na 100 j	2097	0,0	100-500 j	0	-	2,4
na 500 j	1805	0,0	500-1000 j	0	-	2,4
na 1000 j	1511	0,0	>1000 j	35	-	21
				Tijdstip overschrijding norm (j)		
BSN (mg/kg ds)	BSN (µg/l)	zonder uitloging	met uitloging			
2836	20	-	37800			

Ni	Evolutie bodemkwaliteit		Risico uitloging/verspreiding			
	C_{max} bodem (mg/kg ds)	% uitgelooft (cumulatief)	OZ	Receptor		
			C_{max} onderaan OZ (µg/l)	C_{max} zonder uitloging (µg/l)	C_{max} met uitloging (µg/l)	
na 0 j	66	0,0	0-10 j	0	5	5
na 10 j	66	0,0	10-50 j	0	5	5
na 50 j	64	0,0	50-100 j	0	5	5
na 100 j	59	0,0	100-500 j	2	5	5
na 500 j	34	0,1	500-1000 j	40	5	5
na 1000 j	25	9,9	>1000 j	62	19	19
				Tijdstip overschrijding norm (j)		
BSN (mg/kg ds)	BSN (µg/l)	zonder uitloging	met uitloging			
667	40	-	-			

Zn zone 1	Evolutie bodemkwaliteit		Risico uitloging/verspreiding			
	C_{max} bodem (mg/kg ds)	% uitgelooft (cumulatief)	OZ	Receptor		
			C_{max} onderaan OZ (µg/l)	C_{max} zonder uitloging (µg/l)	C_{max} met uitloging (µg/l)	
na 0 j	170	0,0	0-10 j	0	-	38
na 10 j	167	0,0	10-50 j	2	-	39
na 50 j	125	0,0	50-100 j	76	-	80
na 100 j	98	0,5	100-500 j	890	-	530
na 500 j	36	78,9	500-1000 j	451	-	287
na 1000 j	1	100,0	>1000 j	14	-	46
				Tijdstip overschrijding norm (j)		
BSN (mg/kg ds)	BSN (µg/l)	zonder uitloging	met uitloging			
	500	-	260			

Zn	Evolutie bodemkwaliteit	Risico uitloging/verspreiding
-----------	--------------------------------	--------------------------------------

zone 2						
	<i>C_{max} bodem (mg/kg ds)</i>		<i>OZ</i>		<i>Receptor</i>	
	<i>C_{max} bodem (mg/kg ds)</i>	<i>% uitgeloofd (cumulatief)</i>	<i>0-10 j</i>	<i>C_{max} onderaan OZ (µg/l)</i>	<i>C_{max} zonder uitloging (µg/l)</i>	<i>C_{max} met uitloging (µg/l)</i>
<i>na 0 j</i>	6777	0,0	0-10 j	0	-	31
<i>na 10 j</i>	6769	0,0	10-50 j	0	-	31
<i>na 50 j</i>	5925	0,0	50-100 j	92	-	82
<i>na 100 j</i>	4963	0,0	100-500 j	31929	-	17721
<i>na 500 j</i>	2664	21,6	500-1000 j	35311	-	19595
<i>na 1000 j</i>	1426	80,4	>1000 j	18178	-	10102
					<i>Tijdstip overschrijding norm (j)</i>	
	<i>BSN (mg/kg ds)</i>			<i>BSN (µg/l)</i>	<i>zonder uitloging</i>	<i>met uitloging</i>
	2508			500		150

Voor Cu en Pb is er geen overschrijding binnen de 500 jaar en is er dus geen risico door uitloging. Voor Zn is er zowel in zone 1 als in zone 2 een overschrijding van de bodemsaneringsnorm voor grondwater binnen de 500 jaar en bestaat er dus een risico door uitloging.

Voor Ni is er ook een bron in de verzadigde zone. De norm voor de receptor (bodemsaneringsnorm voor grondwater) wordt evenwel niet overschreden binnen de 500 jaar noch is er een relatieve toename in de concentratie door uitloging dus het aandeel van uitloging in de verspreiding is niet relevant.

Conclusie BBO: geen relevant verspreidingsrisico voor Zn in het grondwater

Bemerkingen:

- Voor zware metalen moet de K_d -waarde voor de site (voor onverzadigde zone en freatische laag) gemeten worden
- Het verticale concentratieprofiel voor de onverzadigde zone is samengesteld uit verschillende metingen op verschillende locaties. Voor de integrale verticale karakterisatie is het aangewezen een verticaal profiel te meten op één of meerdere locaties in de bronzone.

C3.3 Dossier 8

Situatie:

Op het terrein (bestemmingstype III) bevindt er zich een BTEX-verontreiniging onder een betonvloer. Het profiel bestaat uit 5 cm zand onder een tegel, daaronder 10 cm beton en daaronder een laag zandig leem met puin die verontreinigd is. Het grondwater zit op 2 m-mv. In het BBO wordt aangegeven dat de betonlaag moet lekken aangezien de verontreiniging eronder terecht gekomen is. Daarom wordt in de analyse uitgegaan van een sterk gereduceerde infiltratie van 10 mm/j die aanleiding kan geven tot uitloging van de verontreiniging onder de betonlaag naar het grondwater. Vervluchting wordt buiten beschouwing gelaten omdat verondersteld wordt dat de betonlaag dit zal verhinderen.

Overschrijding:

benzeen, concentraties tot 3,3 mg/kg ds (toetsingswaarde = 0,7 mg/kg ds);
styreen, concentraties tot 3,3 mg/kg ds (toetsingswaarde = 0,7 mg/kg ds);

naftaleen, concentraties tot 2,5 mg/kg ds (toetsingswaarde = 0,7 mg/kg ds).

Aantal bronzones: 1 (L=7)

Grondwaterverontreiniging: geen, maar grondwater is niet bemonsterd in de risicozone

Receptor: grondwater

Potentieel/actueel risico: actueel

Risico-tabellen:

benzeen	Evolutie bodemkwaliteit			Risico uitloging/verspreiding			
	C_{max} bodem (mg/kg ds)	% uitgelooft (cumulatief)		OZ C_{max} onderaan OZ ($\mu\text{g/l}$)	Receptor C_{max} zonder uitloging ($\mu\text{g/l}$)		
na 0 j	3,3	0	0-10 j	7963	-	587	
na 10 j	3,1	35	10-50 j	6954	-	512	
na 50 j	0,7	91	50-100 j	1010	-	74	
na 100 j	0,1	100	100-500 j	120	-	9	
na 500 j			500-1000 j				
na 1000 j			>1000 j				
	BSN (mg/kg ds)			BSN ($\mu\text{g/l}$)	zonder uitloging	Tijdstip overschrijding norm (j) met uitloging	
	0,18			10		0	

styreen	Evolutie bodemkwaliteit			Risico uitloging/verspreiding			
	C_{max} bodem (mg/kg ds)	% uitgelooft (cumulatief)		OZ C_{max} onderaan OZ ($\mu\text{g/l}$)	Receptor C_{max} zonder uitloging ($\mu\text{g/l}$)		
na 0 j	3,3	0,0	0-10 j	0,0	-	0,0	
na 10 j	2,0	0,0	10-50 j	134,6	-	9,9	
na 50 j	0,9	4,5	50-100 j	213,3	-	15,7	
na 100 j	0,6	24,7	100-500 j	212,8	-	15,7	
na 500 j	0,1	97,1	500-1000 j	18,8	-	1,4	
na 1000 j	0,0	100,0	>1000 j				
	BSN (mg/kg ds)			BSN ($\mu\text{g/l}$)	zonder uitloging	Tijdstip overschrijding norm (j) met uitloging	
	0,5			20		-	

naftaleen	Evolutie bodemkwaliteit			Risico uitloging/verspreiding			
	C_{max} bodem (mg/kg ds)	% uitgelooft (cumulatief)		OZ C_{max} onderaan OZ ($\mu\text{g/l}$)	Receptor C_{max} zonder uitloging ($\mu\text{g/l}$)		
na 0 j	2,5	0,0	0-10 j	412	-	30	
na 10 j	2,5	2,4	10-50 j	412	-	30	
na 50 j	2,5	11,8	50-100 j	412	-	30	

na 100 j	2,5	23,4	100-500 j	401	-	30
na 500 j	1,2	80,9	500-1000 j	130	-	10
na 1000 j	0,3	100,0	>1000 j	30	-	2
				<i>Tijdstip overschrijding norm (j)</i>		
<i>BSN (mg/kg ds)</i>			<i>BSN (µg/l)</i>		<i>zonder uitloging</i>	
4,3			60		<i>met uitloging</i> -	

De bodemsaneringsnorm voor grondwater wordt overschreden voor benzeen en er is dus een risico door uitloging. Voor styreen en naftaleen is er geen risico door uitloging.

Conclusie BBO: geen verspreidingsrisico's wegens geringe vuilvracht, betonnen vloer en geen bijkomende verontreiniging (tank buiten gebruik)

C3.4 Dossier 9

Situatie:

Het terrein (bestemmingstype V) kent een Cd-verontreiniging in de bodem. Daarnaast zijn er overschrijdingen van de toetsingswaarden voor Cu en Ni. Het grondwater zit dieper dan 7 m-mv en is niet bemonsterd. De overschrijdingen beperken zich tot een kleine bronzone die goed afgeperkt is. De pH van de bodem is 7,5 en de berekende K_d -waarden zijn 482 l/kg, 1820 l/kg en 1530 l/kg voor Cu, Cd en Ni resp. De bronzone is intussen afgegraven dus de risico-berekening is louter theoretisch.

Overschrijding:

Cd, concentraties tot 97 mg/kg ds (toetsingswaarde = 14 mg/kg ds);
Cu, concentraties tot 660 mg/kg ds (toetsingswaarde = 75 mg/kg ds);
Ni, concentraties tot 240 mg/kg ds (toetsingswaarde = 95 mg/kg ds).

Aantal bronzones: 1 (L=5)

Grondwaterverontreiniging: geen, grondwater is niet onderzocht (>7 m-mv)

Receptor: grondwater

Potentieel/actueel risico: potentieel: bronzone onder asfalt

Risico-tabellen:

Cd	Evolutie bodemkwaliteit		Risico uitloging/verspreiding			
	C_{max} bodem (mg/kg ds)	% uitgelooft (cumulatief)		OZ OZ (µg/l)	Receptor C_{max} zonder uitloging (µg/l)	C_{max} met uitloging (µg/l)
na 0 j	97,0	0,0	0-10 j	0	-	0,7
na 10 j	97,0	0,0	10-50 j	0	-	0,7
na 50 j	97,0	0,0	50-100 j	0	-	0,7
na 100 j	97,0	0,0	100-500 j	0	-	0,7
na 500 j	95,4	0,0	500-1000 j	0	-	0,7
na 1000 j	90,6	0,0	>1000 j	12,8	-	4,5
<i>Tijdstip overschrijding norm (j)</i>						

BSN (mg/kg ds)	BSN µg/l	zonder uitloging	met uitloging
21,8	5		-

Cu	Evolutie bodemkwaliteit		Risico uitloging/verspreiding		
	C_{max} bodem (mg/kg ds)	% uitgelooft (cumulatief)	OZ	Receptor	
			C_{max} onderaan OZ (µg/l)	C_{max} zonder uitloging (µg/l)	C_{max} met uitloging (µg/l)
na 0 j	660	0	0-10 j	0	14
na 10 j	660	0	10-50 j	0	14
na 50 j	660	0	50-100 j	0	14
na 100 j	657	0	100-500 j	0	14
na 500 j	607	0	500-1000 j	0	14
na 1000 j	548	0	>1000 j	376	125
				Tijdstip overschrijding norm (j)	
BSN (mg/kg ds)			BSN µg/l	zonder uitloging	met uitloging
720			100		14500

Ni	Evolutie bodemkwaliteit		Risico uitloging/verspreiding		
	C_{max} bodem (mg/kg ds)	% uitgelooft (cumulatief)	OZ	Receptor	
			C_{max} onderaan OZ (µg/l)	C_{max} zonder uitloging (µg/l)	C_{max} met uitloging (µg/l)
na 0 j	260	0	0-10 j	0	7
na 10 j	260	0	10-50 j	0	7
na 50 j	260	0	50-100 j	0	7
na 100 j	260	0	100-500 j	0	7
na 500 j	256	0	500-1000 j	0	7
na 1000 j	250	0	>1000 j	49	21
				Tijdstip overschrijding norm (j)	
BSN (mg/kg ds)			BSN (µg/l)	zonder uitloging	met uitloging
590			40		-

Er zijn geen overschrijdingen van de bodemsaneringsnorm voor grondwater binnen de 500 jaar dus er bestaat geen risico door uitloging.

Conclusie BBO: geen risico want de verontreiniging is intussen afgegraven

Bemerkingen:

- Voor zware metalen moet de K_d -waarde voor de onverzadigde zone gemeten worden; dit is hier niet het geval.

C3.5 Dossier 21

Situatie:

Het terrein (bestemmingstype II) kent een BTEX-verontreiniging in bodem en grondwater (B en X). Er zijn overschrijdingen van de toetsingswaarden in 2 risicozones (1 met BEX en 1 met BX). Het grondwater zit op 5 m-mv en als receptor is het grondwater of de noordelijke perceelsgrens gekozen (grondwaterstroming is naar

het noordwesten). Vervluchting uit de onverzadigde zone wordt als een verliesterm in rekening gebracht en bij het traject in het grondwater (voor B en X) wordt rekening gehouden met natuurlijke afbraak.

Overschrijding:

benzeen, concentraties tot 4,1 mg/kg ds (toetsingswaarde = 0,1 mg/kg ds);
ethylbenzeen, concentraties tot 19 mg/kg ds (toetsingswaarde = 2,4 mg/kg ds);
xylenen, concentraties tot 82 mg/kg ds (toetsingswaarde = 4 mg/kg ds).

Aantal bronzones: 2: zone 1 met overschrijding voor BEX (L=15 m) en zone 2 met overschrijding voor BX (L=10 m)

Grondwaterverontreiniging: benzeen (tot 26 µg/l) en xyleen (tot 41 µg/l)

Receptor: voor zone 1, BX: perceelsgrens (X= 45 m)

voor zone 1, E + zone 2, BX: grondwater

Potentieel/actueel risico: voor zone 1: actueel (onder gravel)

voor zone 2: potentieel (onder asfalt)

Risico-tabellen:

benzeen zone 1	Evolutie bodemkwaliteit		Risico uitloging/verspreiding			
	C_{max} bodem (mg/kg ds)	% uitgelooqd (cumulatief)	OZ	Receptor		
			C_{max} onderaan OZ (µg/l)	C_{max} zonder uitloging (µg/l)	C_{max} met uitloging (µg/l)	
na 0 j	4,1	0	0-10 j	1718	16	58
na 10 j	3,5	10,8	10-50 j	2714	0,1	311
na 50 j	0,0	100,0	50-100 j	10	0,0	6
na 100 j			100-500 j			
na 500 j			500-1000 j			
na 1000 j			>1000 j			
	<i>BSN</i> (mg/kg ds)		<i>BSN</i> (µg/l)	<i>Tijdstip overschrijding norm (j)</i> zonder uitloging	<i>met uitloging</i>	
	0,25		10	2	2	

ethylben- zeen zone 1	Evolutie bodemkwaliteit		Risico uitloging/verspreiding			
	C_{max} bodem (mg/kg ds)	% uitgelooqd (cumulatief)	OZ	Receptor		
			C_{max} onderaan OZ (µg/l)	C_{max} zonder uitloging (µg/l)	C_{max} met uitloging (µg/l)	
na 0 j	19,0	0,0	0-10 j	64	-	11
na 10 j	18,5	0,0	10-50 j	5744	-	996
na 50 j	7,3	85,7	50-100 j	2647	-	459
na 100 j	0,0	100,0	100-500 j	4	-	1
na 500 j			500-1000 j			
na 1000 j			>1000 j			
				<i>Tijdstip overschrijding norm (j)</i>		

BSN (mg/kg ds)	BSN (µg/l)	zonder uitloging	met uitloging
0,75	300		17

xyleen zone 1	Evolutie bodemkwaliteit		Risico uitloging/verspreiding			
	C_{max} bodem (mg/kg ds)	% uitgelooft (cumulatief)		OZ C_{max} onderaan OZ (µg/l)	Receptor C_{max} zonder uitloging (µg/l)	
na 0 j	82,0	0,0	0-10 j	344	11	17
na 10 j	79,6	0,1	10-50 j	25423	6	2050
na 50 j	28,8	87,1	50-100 j	10636	0	1796
na 100 j	0,0	100,0	100-500 j	13	0	7
na 500 j			500-1000 j			
na 1000 j			>1000 j			
	BSN (mg/kg ds)			BSN (µg/l)	zonder uitloging	met uitloging
	1,8			500	-	22

benzeen zone 2	Evolutie bodemkwaliteit		Risico uitloging/verspreiding			
	C_{max} bodem (mg/kg ds)	% uitgelooft (cumulatief)		OZ C_{max} onderaan OZ (µg/l)	Receptor C_{max} zonder uitloging (µg/l)	
na 0 j	1,4	0,0	0-10 j	136	-	17
na 10 j	1,3	1,1	10-50 j	914	-	117
na 50 j	0,0	99,3	50-100 j	29	-	4
na 100 j	0,0	100,0	100-500 j	0	-	0
na 500 j			500-1000 j			
na 1000 j			>1000 j			
	BSN (mg/kg ds)			BSN (µg/l)	zonder uitloging	met uitloging
	0,3			10		9

xyleen zone 2	Evolutie bodemkwaliteit		Risico uitloging/verspreiding			
	C_{max} bodem (mg/kg ds)	% uitgelooft (cumulatief)		OZ C_{max} onderaan OZ (µg/l)	Receptor C_{max} zonder uitloging (µg/l)	
na 0 j	32,0	0,0	0-10 j	2	-	0,2
na 10 j	31,7	0,0	10-50 j	9855	-	1266
na 50 j	24,4	45,5	50-100 j	9810	-	1260
na 100 j	2,0	98,3	100-500 j	688	-	88
na 500 j	0,0	100,0	500-1000 j	0	-	0
na 1000 j			>1000 j			
	BSN (mg/kg ds)			BSN (µg/l)	zonder uitloging	met uitloging
				500		28

Voor zone 1 bestaat er een risico door uitloging voor ethylbenzeen. Voor benzeen en xyleen is het aandeel van uitloging in de verspreiding relevant (want de relatieve toename in de concentratie door uitloging bedraagt meer dan 10%). Voor zone 2 bestaat er een risico door uitloging want de bodemsaneringsnorm voor grondwater wordt zowel voor benzeen als voor xyleen overschreden.

Conclusie BBO: geen acute of actuele verspreidingsrisico's maar eerder potentiële lange-termijn risico's

C3.6 Dossier 26

Situatie:

Het terrein (bestemmingstype III) kent een bodemverontreiniging met Cr, Zn, Cu, Pb en Cd en een grondwaterverontreiniging met Cr, Ni (tot 60 µg/l) en Zn. Daarnaast is er een overschrijding van de toetsingswaarde voor As. Grondwaterstroming is zuidoostelijk en stroomopwaarts van de site loopt een voormalige beek langs de perceelsgrens in noordoostelijke richting (dwars op de grondwaterstroming). Overschrijdingen van de toetsingswaarden concentreren zich allemaal in twee zones langs de voormalige beek (vroeger gebruikt voor lozingen). De beide zones langs de beek onderscheiden zich door hun pH (zone 1 heeft pH 6 terwijl zone 2 pH 5,1 heeft). De berekende K_d 's voor zone 1 zijn 8511 l/kg, 372 l/kg, 401 l/kg, 1640 l/kg, 133811 l/kg en 372 l/kg voor Cr, Zn, As, Cu, Pb en Cd resp. en 105 l/kg voor Zn in zone 2. Het grondwater zit op 2 m-mv. Voor de freatische laag zijn dezelfde K_d -waarden gebruikt.

Overschrijding:

As, concentraties tot 22 mg/kg ds (toetsingswaarde = 12,6 mg/kg ds);
Cd, concentraties tot 14 mg/kg ds (toetsingswaarde = 3 mg/kg ds);
Cr, concentraties tot 16000 mg/kg ds (toetsingswaarde = 682 mg/kg ds);
Cu, concentraties tot 750 mg/kg ds (toetsingswaarde = 263 mg/kg ds);
Pb, concentraties tot 7700 mg/kg ds (toetsingswaarde = 4190 mg/kg ds);
Zn, concentraties tot 28000 mg/kg ds (toetsingswaarde = 87 mg/kg ds);

Aantal bronzones: 2

zone 1: overschrijding voor As, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn (L=10 m)
zone 2: overschrijding voor Zn (L = 10 m)

Grondwaterverontreiniging: Cr (tot 10000 µg/l) en Zn (tot 530 µg/l)

Receptor: voor zone 1, As, Cd, Cu, Pb + zone 2, Zn: grondwater

voor zone 1, Cr, Zn: perceelsgrens (X= 100 m)

Potentieel/actueel risico: actueel (onder groenbedekking)

Risico-tabellen:

Cr zone 1	Evolutie bodemkwaliteit		Risico uitloging/verspreiding			
	C_{max} bodem (mg/kg ds)	% uitgelooqd (cumulatief)		OZ C_{max} onderaan OZ ($\mu\text{g/l}$)	Receptor C_{max} zonder uitloging ($\mu\text{g/l}$)	C_{max} met uitloging ($\mu\text{g/l}$)
na 0 j	16000	0,0	0-10 j	130	420	420
na 10 j	16000	0,0	10-50 j	130	420	420
na 50 j	16000	0,01	50-100 j	130	420	420
na 100 j	16000	0,05	100-500 j	130	420	420
na 500 j	16000	0,5	500-1000 j	130	420	420
na 1000 j	16000	1,4	>1000 j	1448	2156	2156
	BSN (mg/kg ds)			BSN ($\mu\text{g/l}$)	zonder uitloging	met uitloging
	278			50	0	0
					Tijdstip overschrijding norm (j)	
As zone 1	Evolutie bodemkwaliteit		Risico uitloging/verspreiding			
	C_{max} bodem (mg/kg ds)	% uitgelooqd (cumulatief)		OZ C_{max} onderaan OZ ($\mu\text{g/l}$)	Receptor C_{max} zonder uitloging ($\mu\text{g/l}$)	C_{max} met uitloging ($\mu\text{g/l}$)
na 0 j	22	0	0-10 j	0	-	2
na 10 j	22	0	10-50 j	0	-	2
na 50 j	20	0	50-100 j	0	-	2
na 100 j	18	0	100-500 j	0	-	2
na 500 j	9	0	500-1000 j	0,02	-	2
na 1000 j	7	0	>1000 j	8,36	-	7
	BSN (mg/kg ds)			BSN ($\mu\text{g/l}$)	zonder uitloging	met uitloging
	97			20		-
					Tijdstip overschrijding norm (j)	
Zn zone 1	Evolutie bodemkwaliteit		Risico uitloging/verspreiding			
	C_{max} bodem (mg/kg ds)	% uitgelooqd (cumulatief)		OZ C_{max} onderaan OZ ($\mu\text{g/l}$)	Receptor C_{max} zonder uitloging ($\mu\text{g/l}$)	C_{max} met uitloging ($\mu\text{g/l}$)
na 0 j	28000	0,0	0-10 j	3493	60	60
na 10 j	28000	0,0	10-50 j	3493	60	60
na 50 j	28000	0,1	50-100 j	4064	60	60
na 100 j	27977	0,3	100-500 j	36272	60	60
na 500 j	24358	6,7	500-1000 j	52259	60	60
na 1000 j	20135	24,7	>1000 j	52579	88	1300
	BSN (mg/kg ds)			BSN ($\mu\text{g/l}$)	zonder uitloging	met uitloging
	880			500	-	60000
					Tijdstip overschrijding norm (j)	

Cu zone 1	Evolutie bodemkwaliteit		Risico uitloging/verspreiding			
	C_{max} bodem (mg/kg ds)	% uitgelooqd (cumulatief)		OZ	Receptor	
				C_{max} onderaan OZ ($\mu\text{g/l}$)	C_{max} zonder uitloging ($\mu\text{g/l}$)	C_{max} met uitloging ($\mu\text{g/l}$)
na 0 j	750	0,0	0-10 j	0	-	9
na 10 j	750	0,0	10-50 j	0	-	9
na 50 j	750	0,0	50-100 j	0	-	9
na 100 j	750	0,0	100-500 j	7	-	12
na 500 j	750	0,0	500-1000 j	64	-	45
na 1000 j	750	0,3	>1000 j	403	-	238
	BSN (mg/kg ds)			BSN ($\mu\text{g/l}$)	zonder uitloging	met uitloging
	367			100		1700

Cd zone 1	Evolutie bodemkwaliteit		Risico uitloging/verspreiding			
	C_{max} bodem (mg/kg ds)	% uitgelooqd (cumulatief)		OZ	Receptor	
				C_{max} onderaan OZ ($\mu\text{g/l}$)	C_{max} zonder uitloging ($\mu\text{g/l}$)	C_{max} met uitloging ($\mu\text{g/l}$)
na 0 j	14	0,0	0-10 j	0,0	-	0,4
na 10 j	14	0,0	10-50 j	0,0	-	0,4
na 50 j	14	0,0	50-100 j	0,0	-	0,4
na 100 j	14	0,0	100-500 j	3,4	-	2,4
na 500 j	14	0,4	500-1000 j	15,3	-	9,2
na 1000 j	13	5,3	>1000 j	28,6	-	16,7
	BSN (mg/kg ds)			BSN ($\mu\text{g/l}$)	zonder uitloging	met uitloging
	4,6			5		700

Pb zone 1	Evolutie bodemkwaliteit		Risico uitloging/verspreiding			
	C_{max} bodem (mg/kg ds)	% uitgelooqd (cumulatief)		OZ	Receptor	
				C_{max} onderaan OZ ($\mu\text{g/l}$)	C_{max} zonder uitloging ($\mu\text{g/l}$)	C_{max} met uitloging ($\mu\text{g/l}$)
na 0 j	7700	0	0-10 j	0	-	2
na 10 j	7700	0	10-50 j	0	-	2
na 50 j	7700	0	50-100 j	0	-	2
na 100 j	7700	0	100-500 j	0	-	2
na 500 j	7700	0	500-1000 j	0	-	2
na 1000 j	7700	0	>1000 j	51	-	31
	BSN (mg/kg ds)			BSN ($\mu\text{g/l}$)	zonder uitloging	met uitloging
	637			20		220000

Zn zone 2	Evolutie bodemkwaliteit		Risico uitloging/verspreiding			
	C_{max} bodem (mg/kg ds)	% uitgelooft (cumulatief)		OZ C_{max} onderaan OZ ($\mu\text{g/l}$)	Receptor C_{max} zonder uitloging ($\mu\text{g/l}$)	
na 0 j	1800	0,0	0-10 j	0	-	26
na 10 j	1800	0,0	10-50 j	1	-	27
na 50 j	1797	0,0	50-100 j	240	-	163
na 100 j	1756	0,0	100-500 j	10896	-	6225
na 500 j	1251	24,0	500-1000 j	11260	-	6432
na 1000 j	825	70,7	>1000 j	7152	-	4095
					Tijdstip overschrijding norm (j)	
	BSN (mg/kg ds)			BSN ($\mu\text{g/l}$)	zonder uitloging	met uitloging
	880			500		140

Voor zone 1 vormt uitloging geen risico aangezien de norm voor As, Cu, Cd of Pb niet overschreden wordt binnen 500 jaar. Voor Cr is er een overschrijding van de norm aan de receptor maar het aandeel van uitloging in de verspreiding is weinig relevant. Voor Zn is er geen overschrijding van de norm aan de receptor en geen relatieve toename van de concentratie door uitloging en is het aandeel van uitloging dus niet relevant.

De Zn-verontreiniging in zone 2 vormt een risico door uitloging.

Conclusie BBO: geen actueel verspreidingsrisico voor Zn, Cu, Cr in grondwater op basis van berekening; verspreidingsrisico van bodemverontreiniging voor Zn, Cu, Cr zeer beperkt op basis van uitloogtesten

Bemerkingen:

- Voor zware metalen moet de K_d -waarde voor de site gemeten worden.
- Voor de integrale verticale karakterisatie van de verontreiniging in de onverzadigde zone is het aangewezen een verticaal profiel te meten op één of meerdere locaties in de bronzone.

C3.7 Dossier 28

Situatie:

Op het terrein (bestemmingstype III) is een zware Hg-verontreiniging aanwezig in bodem en grondwater. De verontreiniging in de onverzadigde zone is verspreid over bijna de hele site en is nog niet volledig afgeperkt. De verontreiniging in het grondwater is afgeperkt in het zuidelijke deel van de site. In het noordelijke deel is er een zeer beperkte grondwater verontreiniging (concentratie 1,6 $\mu\text{g/l}$). Het grondwater zit op 1,5 m-mv en als receptor is een beek in de noordoostelijke hoek van het perceel gekozen (grondwaterstroming is naar het noordoosten). Voor de onverzadigde zone is de generieke K_d -waarde voor Hg van 5706 l/kg gebruikt. Voor de freatische laag is de K_d -waarde bepaald a.h.v. metingen in de vaste fase en in het grondwater, en is de waarde 2681 l/kg. In de analyse zijn twee zones beschouwd waar de ergste verontreiniging voorkomt: één in het zuiden waar ook de belangrijkste grondwaterverontreiniging zit en één in het noorden van het perceel.

Overschrijding

Hg, concentraties tot 71727 mg/kg ds (toetsingswaarde = 6 mg/kg ds)

Aantal bronzones: 2

Grondwaterverontreiniging: Hg (tot 3451 µg/l)

Receptor: voor zone 1: Vondelbeek (X=105 m)

voor zone 2: Vondelbeek (X=200 m)

Potentieel/actueel risico:

zone 1: potentieel (onder beton)

zone 2: actueel (60% braak/onder tuin; 40% onder gebouw)

Risico-tabellen:

Hg zone 1	Evolutie bodemkwaliteit		Risico uitloging/verspreiding			
	C_{max} bodem (mg/kg ds)	% uitgeloofd (cumulatief)		OZ C_{max} onderaan OZ (µg/l)	Receptor C_{max} zonder uitloging (µg/l)	C_{max} met uitloging (µg/l)
na 0 j	9090	0,00	0-10 j	11	0,05	0,05
na 10 j	9090	0,00	10-50 j	11	0,05	0,05
na 50 j	9090	0,00	50-100 j	11	0,05	0,05
na 100 j	9090	0,01	100-500 j	11	0,05	0,05
na 500 j	9075	0,03	500-1000 j	11	0,05	0,05
na 1000 j	8885	0,05	>1000 j	481	1,5	111
	BSN (mg/kg ds)			BSN (µg/l)	zonder uitloging	met uitloging
	15,4			1	36000	36000

Hg zone 2	Evolutie bodemkwaliteit		Risico uitloging/verspreiding			
	C_{max} bodem (mg/kg ds)	% uitgeloofd (cumulatief)		OZ C_{max} onderaan OZ (µg/l)	Receptor C_{max} zonder uitloging (µg/l)	C_{max} met uitloging (µg/l)
na 0 j	71725	0,00	0-10 j	645	0,05	0,05
na 10 j	71725	0,00	10-50 j	645	0,05	0,05
na 50 j	71725	0,02	50-100 j	645	0,05	0,05
na 100 j	71725	0,04	100-500 j	645	0,05	0,05
na 500 j	71611	0,19	500-1000 j	645	0,05	0,05
na 1000 j	70105	0,37	>1000 j	3824	433	806
	BSN (mg/kg ds)			BSN (µg/l)	zonder uitloging	met uitloging
	15,4			1	140000	140000

Het aandeel van uitloging in de verspreiding is weinig relevant zowel voor zone 1 als voor zone 2 want binnen een periode van 500 jaar is er geen overschrijding van de

norm ter hoogte van de receptor en is er geen relatieve toename van de concentraties door uitloging.

Conclusie BBO: besluit dat er een verspreidingsrisico bestaat op basis van waarnemingen

Bemerkingen:

- Een betere inschatting van het risico zou mogelijk zijn als de K_d -waarde voor de onverzadigde zone gemeten was.

C4 Besluiten uit de toetsing aan dossiers

De uitgewerkte methodiek werd getoetst aan 30 dossiers. In Tabel 6 staat per dossier welke onderzoeken beschikbaar waren en welke stappen in de methodiek zijn uitgevoerd.

Dossiernr	Beschikbare gegevens		Uitgevoerde stappen			
	OBO	BBO	trap 1a	trap 1b	trap 2	
1	x		x			overschrijding; BBO niet beschikbaar
2	x	x	x	x	x	
3	x	x	x			TCE: onvoldoende metingen in OZ
4	x	x	x	x	x	
5	x		x			overschrijding; BBO niet beschikbaar
6	x		x			overschrijding; BBO niet beschikbaar
7	x	x	x			geen overschrijding
8	x	x	x	x	x	
9	x	x	x	x	x	
10	x		x			overschrijding; geen BBO
11	x	x	x			TCE: geen metingen in OZ
12	x		x			overschrijding; BBO niet beschikbaar
13	x		x			overschrijding; BBO niet beschikbaar
14	x		x			TCE: geen metingen in OZ
15	x		x			overschrijding benzo(g,h,i)peryleen, geen BBO
16	x		x			geen overschrijding; geen BBO
17	x		x			geen overschrijding
18	x	x	x			overschrijding maar niet in OZ
19	x		x			geen overschrijding
20	x	x	x			overschrijding maar niet in OZ
21	x	x		x	x	
22	x	x	x			geen overschrijding; BBO voor Al en P
23	x					geen pH, os of klei
24		x		x		overschrijding; onvoldoende metingen in OZ
25		x		x		geen overschrijding; onvoldoende metingen in OZ
26		x		x	x	
27		x		x		diffuus verontreinigd gebied
28		x		x	x	
29		x		x		geen overschrijding
30		x				enkel gegevens over TCE in grondwater

Tabel 6. Overzicht van de beschikbare gegevens en uitgevoerde stappen voor alle onderzochte dossiers

Voor het toepassen van de methodologie moet de pH van de bodem steeds gemeten worden in het stadium van het OBO. Kennis van de bodem pH is belangrijk omdat de pH-waarde de berekende K_d -waarde en dus de toetsingswaarde (voor zware metalen) beïnvloedt. Aangezien het extract waarin de meting uitgevoerd wordt een belangrijke invloed heeft op de bekomen waarde is het van belang de meetmethode te standaardiseren. De regressie-vergelijkingen in Tabel 2 zijn afgeleid op basis van een pH in 0,01 M CaCl_2 (L/S 10) en daarom wordt deze meting voorgesteld voor de uitvoering van de methodiek.

Uit een vergelijking van de toetsingswaarden met de achtergrondwaarde en bodemsaneringsnormen blijkt dat de toetsingswaarde voor As in de meeste gevallen lager ligt dan de achtergrondwaarde. Bij overschrijding van de toetsingswaarde (5 gevallen) was er in drie gevallen ook sprake van grondwaterverontreiniging. De berekende toetsingswaarden zijn echter laag en nader onderzoek zou moeten uitwijzen of de K_d -waarde bepaald door regressie (op basis van verontreinigde terreinen) niet te laag is voor toepassing op terreinen waar geen As-verontreiniging aanwezig is.

Voor de andere stoffen zijn de toetsingswaarden soms strenger dan BSN type II. Dat geldt voornamelijk voor stoffen met een hoge mobiliteit of een streng grondwatercriterium en kan voor een deel toegeschreven worden aan de hogere DF gebruikt in de normberekening. Uit een vergelijking voor 23 gevallen blijkt echter dat de toetsingswaarden niet systematisch strenger zijn en werkbaar in de praktijk.

Voor VOCl's was er een gebrek aan metingen in de onverzadigde zone waardoor geen toetsing aan de toetsingswaarden mogelijk was. Om in het stadium van een OBO zicht te hebben op mogelijk risico voor uitloging van VOCl's naar het grondwater zouden metingen in de onverzadigde zone beschikbaar moeten zijn.

In het merendeel van de gevallen werd het eindoordeel voor de dossiers in de fase van OBO niet veranderd dus lijkt de methodiek werkbaar en toepasbaar.

Bij verfijning van de toetsingswaarden in de fase van BBO bleken de waarden in drie gevallen strenger te zijn dan de oorspronkelijke en in één geval minder streng. Aangezien er in geen enkel dossier een meting van de K_d beschikbaar was, waren de verschillen vooral afhankelijk van de site-specifieke DF.

De bron-pad-receptor analyse (trap 2) is uitgevoerd voor 7 dossiers. Voor bepaalde data zijn er hiaten in de gegevens vastgesteld die in de toekomst aangevuld zouden moeten worden om de methodologie op een goede manier toe te passen en een inschatting van het risico op uitloging te maken. In de eerste plaats is een goede verticale karakterisatie van de bronzone belangrijk. Daarvoor worden best verticale profielen op één of meerdere locaties in de bronzone opgesteld. In één dossier was dit gebeurd, in de overige is een verticaal profiel samengesteld uit de beschikbare metingen. Voor VOCl's is geen enkele bron-pad-receptor analyse uitgevoerd door het ontbreken van metingen in de onverzadigde zone. Ten tweede is het voor zware metalen van belang om de K_d -waarde in de onverzadigde zone en in de freatische laag (indien de receptor niet het grondwater onder de bronzone is) te meten. De K_d -waarde is sterk afhankelijk van de bodemeigenschappen en zou ook op verschillende dieptes in de bronzone gemeten moeten worden om een goede risico-inschatting toe te laten. De karakterisatie van grondwaterstroming en eventuele grondwaterpluim was in de meeste gevallen voldoende.