

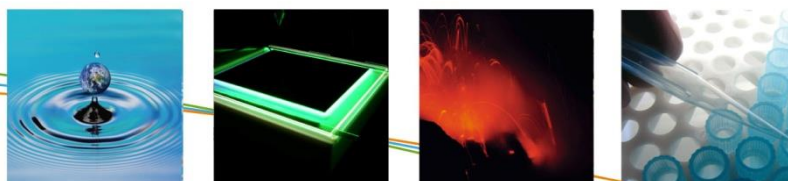
Eindrapport

# F-LEACH 3.0: handleiding bij de software – update 2015

Ingeborg Joris, Stijn Van Looy, Jan Bronders

Studie uitgevoerd in opdracht van: OVAM

December 2015





## VERSPREIDINGSLIJST

Tom Behets, OVAM  
Griet Van Gestel, OVAM  
Stijn Van Looy, VITO  
Ingeborg Joris, VITO

## INHOUD

<b>Verspreidingslijst</b>	<b>I</b>
<b>Inhoud</b>	<b>II</b>
<b>Lijst van tabellen</b>	<b>IV</b>
<b>Lijst van figuren</b>	<b>V</b>
<b>Lijst van symbolen</b>	<b>VI</b>
<b>HOOFDSTUK 1. Inleiding</b>	<b>1</b>
<b>HOOFDSTUK 2. Snelle start</b>	<b>3</b>
2.1. <i>Systeemvereisten / Installatie</i>	3
2.2. <i>Algemene werking</i>	3
2.3. <i>Versie</i>	4
<b>HOOFDSTUK 3. Methodiek uitloging en F-LEACH</b>	<b>5</b>
3.1. <i>Methodiek uitloging</i>	5
3.1.1. Algemeen	5
3.1.2. Minerale olie	6
3.1.3. Wat kan F-LEACH (niet)?	7
3.2. <i>Uitloogmethodiek in F-LEACH</i>	9
3.2.1. Uitloogrisico VLAREBO-stoffen (behalve minerale olie)	9
3.2.2. Uitloogrisico minerale olie	10
<b>HOOFDSTUK 4. Invoer</b>	<b>13</b>
4.1. <i>Opbouw</i>	13
4.1.1. Projecten, runs en basismap	13
4.1.2. Navigatie	13
4.1.3. Hulp bij het invoeren van gegevens	14
4.2. <i>Overzicht van het doorlopen van de schermen</i>	15
4.3. <i>Invoerparameters per scherm</i>	16
4.3.1. Algemeen	16
4.3.2. Zware metalen en andere stoffen	20
4.3.3. Minerale olie	36
<b>HOOFDSTUK 5. Uitvoer</b>	<b>51</b>
5.1. <i>Zware metalen en andere stoffen</i>	51
5.1.1. Basisscenario 1: bron in de onverzadigde zone	51
5.1.2. Basisscenario 2: bron in de onverzadigde en verzadigde zone	53
5.1.3. Voorbeelden	57
5.2. <i>Module minerale olie</i>	63
5.2.1. Resultaten trap 1	63

---

5.2.2.	Resultaten trap 2	64
5.2.3.	Voorbeeld 3: minerale olie in de onverzadigde zone	67
<b>Literatuurlijst</b>		<b>71</b>
<b>Bijlage A: Locatie en versnijding NGI-kaartbladen</b>		<b>72</b>

## LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1: Invoerparameters voor de verschillende scenario's in Stap 5.	21
Tabel 2: Beschrijving van de invoerparameters voor Stap 5.	22
Tabel 3: Invoerparameters voor de verschillende scenario's in Stap 6.	25
Tabel 4: Beschrijving van de invoerparameters voor Stap 6.	25
Tabel 5: Relatie $K_d$ -bodemkenmerken naar Smolders et al. (2000).	26
Tabel 6: Invoerparameters voor de verschillende scenario's in Stap 7.	30
Tabel 7: Invoerparameters voor de verschillende scenario's in Stap 8.	31
Tabel 8: Beschrijving van de invoerparameters voor Stap 8.	32
Tabel 9: Invoerparameters in Stap 4 van de module minerale olie.	37
Tabel 10: Beschrijving van de invoerparameters voor Stap 4 van de module minerale olie.	37
Tabel 11: Parameters in Stap 5 van de module minerale olie.	41
Tabel 12: Beschrijving van de parameters voor Stap 5 van de module minerale olie.	41
Tabel 13: Parameters in Stap 6 van de module minerale olie.	44
Tabel 14: Invoerparameters voor Stap 8 van de module minerale olie.	48
Tabel 15: Beschrijving van de invoerparameters voor Stap 8 van de module minerale olie.	49
Tabel 16: Invoerparameters voor voorbeeld 1.	57
Tabel 17: Invoerparameters voor voorbeeld 2.	59
Tabel 18: Invoerparameters voor voorbeeld 3.	67

---

**LIJST VAN FIGUREN**

Figuur 1: Schematische voorstelling van de getrapte uitloogmethodiek. _____	5
Figuur 2: Schematische voorstelling van de uitloogmethodiek voor minerale olie. _____	7
Figuur 3: Overzicht van de verschillende berekeningen (uitgezonderd minerale olie) in F-LEACH 2.1. _____	10
Figuur 4: Overzicht van de verschillende berekeningen in de module minerale olie in F-LEACH 2.1. _____	11
Figuur 5: Stroomschema voor het doorlopen van de verschillende schermen. _____	15
Figuur 6: Grafiek 'Concentratie aan de receptor' voor voorbeeld 1. _____	58
Figuur 7: Grafiek 'Evolutie bodemkwaliteit' voor voorbeeld 1. _____	58
Figuur 8: Risicotabellen voor voorbeeld 1. _____	59
Figuur 9: Grafieken 'Concentratie aan de receptor' voor een tijdstap van 1,25 j en 10 j voor voorbeeld 2. _____	60
Figuur 10: Grafieken 'Evolutie bodemkwaliteit' en 'Evolutie grondwaterpluim' voor voorbeeld 2. _____	61
Figuur 11: Risicotabellen voor voorbeeld 2. _____	62
Figuur 12: Risicotabel trap 1 voor voorbeeld 3. _____	68
Figuur 13: Grafieken 'EPK-VPK blokken' en 'Totaalconcentratie' voor voorbeeld 3. _____	69
Figuur 14: Risicotabel trap 2 voor voorbeeld 3. _____	70
Figuur 15: Grafiek 'Evolutie verontreinigde laag' voor voorbeeld 3. _____	70

## LIJST VAN SYMBOLEN

CEC	meq/100 g	kationuitwisselingscapaciteit
$C_b$	mg/kg	totaalconcentratie
$C_{gw,0}$	$\mu\text{g/l}$	achtergrondconcentratie in grondwater
$C_{gw}$	$\mu\text{g/l}$	berekende concentratie in grondwater
$C_{gw,max}$	$\mu\text{g/l}$	maximale berekende concentratie in grondwater
$C_{gw,crit}$	$\mu\text{g/l}$	toetsingswaarde/norm in grondwater
$C_w$	$\mu\text{g/l}$	concentratie in de waterfase van de verontreinigde laag
$d$	m	dikte freatische laag
$d_0$	m	diepte waarop de verontreinigde laag start
$d_1$	m	diepte waarop de verontreinigde laag eindigt
$D_1$	$\text{m}^2/\text{j}$	dispersiecoëfficiënt voor de onverzadigde zone
$D_2$	$\text{m}^2/\text{j}$	dispersiecoëfficiënt voor de freatische laag
$D_a$	$\text{m}^2/\text{j}$	moleculaire diffusiecoëfficiënt in lucht
DL	-	verdunningsfactor in grondwater
$f_{oc,1}$	kg/kg	fractie organische koolstof (onverzadigde zone)
$f_{oc,2}$	kg/kg	fractie organische koolstof (freatische laag)
$H'$	-	dimensieloze Henry-coëfficiënt
$i$	m/m	potentiaalgradient
$k$	m/j	verzadigde doorlaatbaarheid
$K_{d,1}$	l/kg	bodem-water verdelingscoëfficiënt voor de onverzadigde zone
$K_{d,2}$	l/kg	bodem-water verdelingscoëfficiënt voor de freatische laag
$K_{OC}$	l/kg	organische koolstof-water verdelingscoëfficiënt
$K_{OW}$	l/kg	octanol-water verdelingscoëfficiënt
L	m	lengte bronzone
MW	mg/mol	moleculuurgewicht van oliecomponent
$M_z$	m	mengdiepte
$q$	m/j	infiltratieflux
S	$\mu\text{g/l}$	maximale oplosbaarheid in water
$S_r^{NAPL}$	%	residuele NAPL-verzadiging
$t_{1/2,1}$	j	halfwaardetijd voor eerste-orde afbraak in de onverzadigde zone
$t_{1/2,2}$	j	halfwaardetijd voor eerste-orde afbraak in de freatische laag
$V_1$	$\mu\text{g/l/j}$	productiesnelheid voor nulde-orde productie in de onverzadigde zone
$V_2$	$\mu\text{g/l/j}$	productiesnelheid voor nulde-orde productie in de freatische laag
X	m	afstand tot receptor
$X_{NAPL}$	-	molaire fractie in de NAPL-fase
z	m	dikte onverzadigde zone
$\lambda$	m	dispersiviteit
$\mu_g$	1/j	eerste-orde afbraakcoëfficiënt voor vervluchtiging
$\theta_1$	$\text{cm}^3/\text{cm}^3$	volumetrisch vochtgehalte in de onverzadigde zone
$\theta_a$	$\text{cm}^3/\text{cm}^3$	volumetrisch bodemluchtgehalte
$\theta_s$	$\text{cm}^3/\text{cm}^3$	porositeit
$\rho_1$	kg/l	bulkdensiteit onverzadigde zone
$\rho_2$	kg/l	bulkdensiteit freatische laag
$\rho_{na}$	mg/l	dichtheid van oliecomponent



## HOOFDSTUK 1. INLEIDING

---

Dit document is een handleiding bij het gebruik van de software F-LEACH versie 3.0 waarmee het risico op uitloging en de evolutie van de bodemkwaliteit ingeschat kunnen worden. In versie 2.x van F-LEACH was er reeds een module voor minerale olie beschikbaar waarmee opgeloste concentraties in evenwicht met de minerale olie berekend kunnen worden en een bron-pad-receptor analyse tot de grondwatertafel uitgevoerd kan worden. Nieuw in versie 3.0 is dat deze module minerale olie nu ook de mogelijkheid biedt om de impact op een receptor stroomafwaarts in het grondwater in te schatten. De tool berekent de verwachte concentratie aan de receptor afkomstig van het in oplossing gaan van een minerale olie verontreiniging in onverzadigde of verzadigde zone. De tool geeft geen inschatting van het risico van verspreiding van de puur product fase.

Deze handleiding dient als hulp voor de geïnformeerde gebruiker om met de software aan de slag te gaan. Voor meer gedetailleerde informatie over de methodiek van risico-inschatting voor risico op uitloging en evolutie bodemkwaliteit en over de invoerparameters wordt verwezen naar de rapporten 'Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie van de bodemkwaliteit: Deel 1 – Opstellen methodiek' (Seuntjens et al., 2005), 'Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie van de bodemkwaliteit: Deel 2 – Handleiding uitloging' (Joris et al., 2005a) en 'Uitloogrisico voor minerale olie: toetsingmethodiek' (Joris et al., 2005b). De berekeningen uit de 'rekenbladen' waarnaar verwezen wordt in deze rapporten kan men uitvoeren met F-LEACH.

Hoofdstuk 2 van deze handleiding legt uit hoe de software geïnstalleerd wordt en geeft enkele tips om snel gestart te geraken. De F-LEACH rekentool is geschreven in Java. Eens een Java omgeving geïnstalleerd is, zijn geen verdere installatiestappen vereist en wordt de toepassing gestart door te dubbelklikken op het bestand 'F-LEACH-3.0.0.exe'. Hoofdstuk 3 geeft een samenvatting van de methodiek uitloging (met een deel specifiek voor minerale olie) en geeft aan hoe de software F-LEACH hierin past. Hier worden ook de randvoorwaarden van de methodiek toegelicht. In Hoofdstuk 4 wordt de gebruiker door de verschillende stappen van de software geleid en wordt er een korte omschrijving van de invoerparameters gegeven. Hoofdstuk 5 beschrijft de uitvoer van de software en geeft aan hoe deze geïnterpreteerd kan worden.

Voor humane risicobeoordeling van bodemverontreiniging wordt in Vlaanderen het S-RISK gebruikt. De F-LEACH software kan complementair gebruikt worden met S-RISK. F-LEACH geeft enkel een inschatting van het verspreidingsrisico terwijl met S-RISK een bredere humane risico-evaluatie uitgevoerd kan worden en de mogelijkheid geboden wordt voor een humane risico-evaluatie en/of (locatie-specifieke) normberekening. Daarbij wordt echter niet expliciet rekening gehouden met uitloging (enkel bij bestemming landbouw wordt er een dilutiefactor in grondwater toegepast voor de route opname van grondwater). In S-RISK wordt er ook met evenwichtsconcentraties gewerkt en niet met een dynamisch concentratieverloop in de tijd. Aangezien F-LEACH verspreiding berekent en concentraties op verschillende tijdstippen levert, kan de uitvoer van F-LEACH gebruikt worden als invoer van S-RISK voor een meer dynamische risico-inschatting.



---

## HOOFDSTUK 2. SNELLE START

---

### 2.1. SYSTEEMVEREISTEN / INSTALLATIE

- De F-Leach rekentool werkt enkel op Microsoft Windows.
- De F-Leach rekentool is geschreven in Java. Om Java programma's te runnen, is een Java Runtime Environment (JRE) nodig. De F-Leach rekentool heeft minstens versie 7 van deze JRE nodig. JRE's kunnen gratis gedownload worden via <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/index.html>.  
Op het moment van schrijven is JRE 8 Update 60 de meest recente versie.  
Indien er reeds een JRE geïnstalleerd is, kan de versie hiervan gecontroleerd worden op volgende manier.
  1. Windows-toets + R
  2. Typ 'cmd' en klik op OK
  3. Typ 'java -version'
  4. Als er een foutmelding verschijnt, dan is Java niet (volledig/correct) geïnstalleerd.  
De eerste lijn van de output heeft de vorm  
'java version "1.8.0\_40"  
In dit voorbeeld is JRE 8 Update 40 geïnstalleerd. Voor de F-Leach rekentool is minstens JRE 7 nodig, dus de versie in dit voorbeeld is OK.
- Eenmaal een geschikte JRE geïnstalleerd is, is de installatie eenvoudig:
  1. Kopieer het bestand 'F-LEACH-x.y.z.exe' naar een map op de harde schijf. (bijvoorbeeld: C:\F-LEACH\)
  2. Dubbelklik op F-LEACH-x.y.z.exe om de toepassing te starten.  
Opmerking: Sommige computers zijn geconfigureerd om de extensies van gekende bestandsformaten te verbergen. In dat geval ziet u 'F-LEACH-x.y.z' in plaats van 'F-LEACH-x.y.z.exe'.

### 2.2. ALGEMENE WERKING

- Met de F-LEACH rekentool kan uitloging gemodelleerd worden voor verschillende scenario's. De berekeningen worden georganiseerd in projecten. Elk project kan verschillende runs bevatten. De configuratie van deze runs komt in een mappenstructuur in een basismap terecht. Deze basismap wordt onderaan elk venster getoond. Zolang nog geen configuratie geopend is, is de 'Wijzig'-knop rechtsonderaan actief. Hiermee kan de basismap gewijzigd worden. De instelling van de basismap wordt onthouden, ook nadat de toepassing wordt afgesloten. Wanneer een rapport aangemaakt wordt, wordt een "bewaars als" dialoogvenster getoond. De default locatie in dit dialoogvenster is de locatie binnen de basismap waar de configuratie van de run bewaard wordt. Het rapport kan echter op eender welke locatie bewaard worden.

- Bij de ontwikkeling van de F-Leach rekentool werd een intuïtieve gebruikersinterface nagestreefd. De rekentool is echter niet bedoeld voor leken in het vakgebied: van de gebruiker wordt enige expertise in het vakgebied verwacht.

### **2.3. VERSIE**

Deze handleiding is geschreven voor de F-Leach rekentool versie 3.0.0.

Het volledige versienummer vindt u in het dialoogvenster dat verschijnt wanneer de toetsencombinatie ctrl-i ingedruwd wordt wanneer F-Leach actief is.

---

## HOOFDSTUK 3. METHODIEK UITLOGING EN F-LEACH

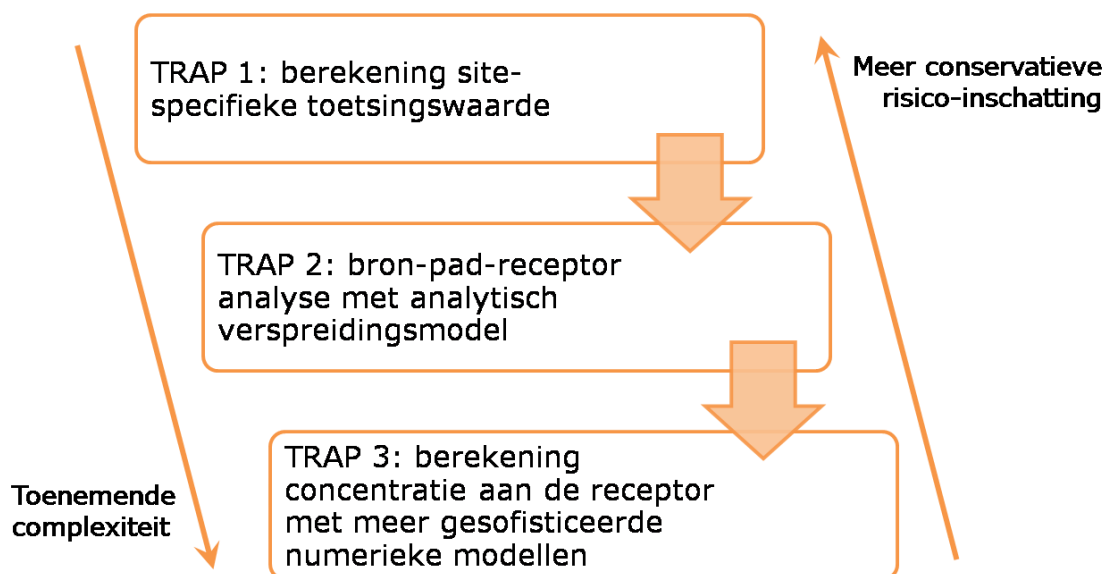
---

### 3.1. METHODIEK UITLOGING

#### 3.1.1. ALGEMEEN

De ontwikkelde software is een rekeninstrument voor de bepaling van de verspreidingsrisico's ten gevolge van uitloging en voor de bepaling van de evolutie van de bodemkwaliteit en past binnen de onderzoeksmethodiek beschreven in 'Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie van de bodemkwaliteit: Deel 1 – Opstellen methodiek' (Seuntjens et al., 2005) en 'Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie van de bodemkwaliteit: Deel 2 – Handleiding uitloging' (Joris et al., 2005a).

De onderzoeksmethodiek uitloging volgt een getrapte opbouw (zie Figuur 1): in eerste instantie wordt voor de bepaling van het risico op uitloging een toetsingswaarde bepaald. De toetsingswaarde is een concentratie in de vaste fase van de bodem die bij overschrijding een indicatie geeft van risico op uitloging. Indien de betreffende site voldoet aan de toetsingswaarde, kan de site in principe uitgesloten worden van verder onderzoek op uitloging.



*Figuur 1: Schematische voorstelling van de getrapte uitloogmethodiek.*

Indien de gemeten bodemconcentraties de toetsingswaarde overschrijden, wordt overgegaan tot de tweede trap waarin een bron-pad-receptor analyse wordt uitgevoerd. Hierin wordt het risico voor een receptor in het grondwater (onder de bronzone of verder stroomafwaarts in het grondwater) gekwantificeerd met een analytisch verspreidingsmodel. 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. Met het verspreidingsmodel is het ook mogelijk om de evolutie van de bodemkwaliteit in te schatten.

In de loop van het verder onderzoek kan de deskundige beslissen al dan niet een doorgedreven modellering (trap 3) 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). 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).

In elke bijkomende trap neemt de complexiteit van de berekeningen en de hoeveelheid benodigde data toe. Daartegenover staat dat het risico op een meer kwantitatieve en realistische manier ingeschat wordt.

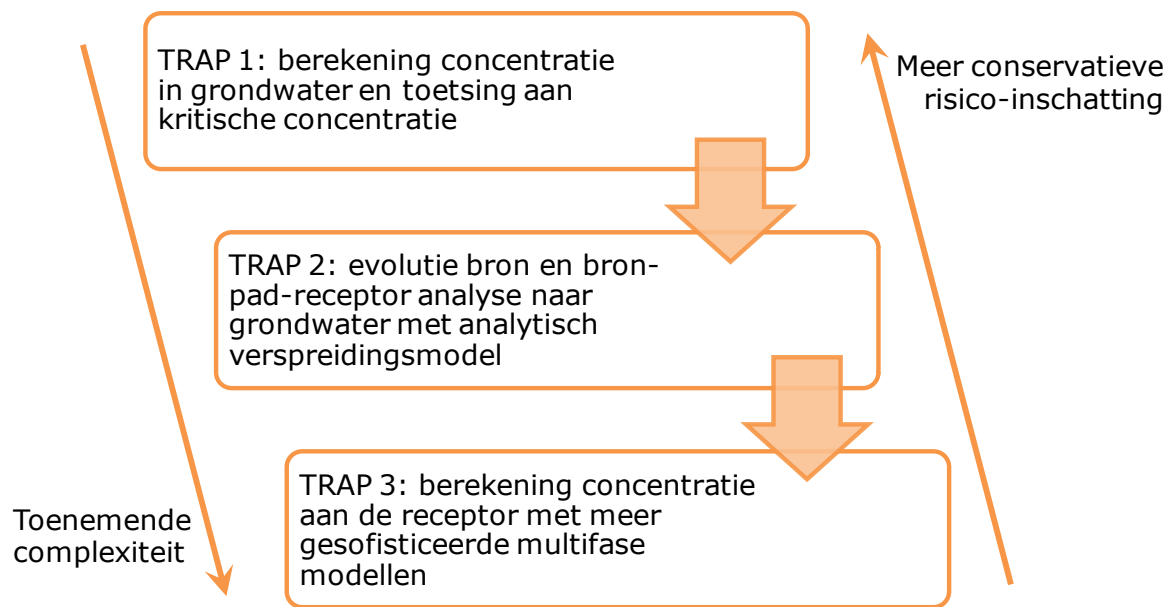
### 3.1.2. MINERALE OLIE

Om deze methodiek te kunnen toepassen voor minerale olie, is er een aparte module specifiek voor minerale olie ontwikkeld. De hierboven ontwikkelde methodiek kan niet zonder meer worden toegepast voor minerale olie omdat:

- (i) minerale olie is een mengsel van verschillende componenten en afhankelijk van de samenstelling kan de oplosbaarheid en mobiliteit zeer sterk verschillen, en
- (ii) in aanwezigheid van een puur product fase is de oplosbaarheid van de verschillende componenten afhankelijk van de molaire fractie in de oliefase en kan dus niet onafhankelijk bepaald kan worden.

De uitwerking van de methodiek is gebaseerd op de indeling in TPH-blokken (CMA/3/R.3 Petroleum koolwaterstoffen), die ook gebruikt is voor het voorstel voor bodemsaneringsnormen voor minerale olie (Nouwen et al., 2002). De module voor minerale olie is opgebouwd volgens dezelfde getrapte methodiek als de methodiek uitloging en staat volledig beschreven in het rapport 'Uitloogrisico voor minerale olie: toetsingmethodiek' (Joris et al., 2005b). Figuur 3 geeft een overzicht van de verschillende trappen.

In de eerste trap wordt de concentratie in de waterfase berekend uit de gemeten totaalconcentraties uitgaande van evenwicht tussen de verschillende fasen. Vervolgens wordt deze concentratie gedeeld door een dilutiefactor, en vergeleken met de toetsingswaarde voor grondwater. Indien de berekende grondwaterconcentratie voor één van de blokken de toetsingswaarde overschrijdt, kan er overgegaan worden tot trap 2. In trap 2 wordt er een bronpad-receptor analyse uitgevoerd waarin rekening wordt gehouden met de geleidelijke uitputting van de bron door uitloging en vervluchtiging (gepaard gaand met verschillende verhoudingen in de opgeloste concentraties van de oliecomponenten door mengselgedrag) en met transport van de opgeloste componenten doorheen de bodem. In deze trap wordt attenuatie door dispersie, diffusie, vervluchtiging, sorptie, afbraak in bodem en verdunning in grondwater mee in rekening gebracht.



Figuur 2: Schematische voorstelling van de uitloogmethodiek voor minerale olie.

In de methodiek wordt enkel rekening gehouden met het in oplossing gaan van oliecomponenten, en niet met beweging van puur product. Indien de olieretentiecapaciteit van de bodem overschreden is en beweging van puur product mee in rekening gebracht moet worden, of indien de berekende concentraties in trap 2 de grondwatercriteria overschrijden, kan de bodemsaneringsdeskundige ervoor kiezen een meer doorgedreven modellering uit te voeren met numerieke modellen die multifase transport beschrijven.

In de methodiek wordt ook geen rekening gehouden met het niet-evenwichtsgedrag van oliecomponenten, waarbij oliecomponenten in (stromend) infiltratiewater trager in oplossing gaan dan in de evenwichtssituatie. De methodiek geeft daardoor een worst-case inschatting van de concentraties die in de bodemoplossing kunnen voorkomen.

### 3.1.3. WAT KAN F-LEACH (NIET)?

De berekeningen in trap 1 en trap 2 van de methodiek zijn gebaseerd op het principe dat een stof zich verdeelt over de verschillende bodemfasen (bodemwater, bodemlucht en de vaste fase en in het geval van minerale olie eventueel een puur product fase) die met elkaar in evenwicht zijn, en dat transport van de stof gebeurt in opgeloste vorm. Daarom dienen enkele randvoorwaarden van de methodiek duidelijk gesteld te worden:

- De methodiek is bedoeld voor risico-analyse van uitloging op het niveau van het kadastrale perceel. De toetsingswaarden zijn beperkt bruikbaar voor grootschalige verontreinigingen.
- De toetsingswaarden (trap 1) zijn niet van toepassing op afvalstoffen. De bron-pad-receptoranalyse (trap 2) kan toegepast worden voor afvalstoffen indien de uitloogkarakteristieken van de betreffende afvalstof bepaald zijn in een kolomproef. Deze proef geeft informatie over uitloging in functie van de tijd en de resultaten kunnen vertaald worden naar concentraties die bovenaan het bodemprofiel toegediend worden.

- De methodiek geeft geen inschatting van de mobiliteit van puur product in het geval van een verontreiniging met minerale olie. Er wordt enkel rekening gehouden met het in oplossing gaan van de verschillende minerale olie blokken en daaropvolgend transport in opgeloste vorm. Indien er aanwijzingen zijn voor de aanwezigheid van een zink- of drijfslaag, geeft F-LEACH geen volledig beeld van het risico.
- 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) (5 l/kg, 'Aanvulling bij basisinformatie risico-evaluaties. Zware metalen en arseen: stofdata').
- 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.
- F-LEACH is ontwikkeld om het risico op uitloging uit de onverzadigde zone in te schatten. In situaties waar de verontreiniging zich enkel in grondwater bevindt, dient er een grondwatermodellering uitgevoerd te worden.

### 3.1.4. AANDACHTSPUNTEN

- Om de  $K_d$  voor organische stoffen te berekenen, vraagt F-LEACH de invoer van organische koolstof. Deze moet ingegeven worden als de fractie organische koolstof (gelijk aan het percentage organische koolstof gedeeld door 100). Theoretisch ligt de fractie organische koolstof tussen 0 en 1, maar in de praktijk kan eerder een waarde verwacht worden tussen 0,001 en 0,1. Hogere waarden kunnen voorkomen maar in dat geval kan men best nagaan of de gemeten organische koolstof niet van antropogene oorsprong is (deel van de verontreiniging).
- F-LEACH is een rekeninstrument dat een inschatting geeft van het risico op uitloging op basis van data verzameld in het kader van een bodemonderzoek. Het is aan de gebruiker om de resultaten kritisch tegen het licht te houden en na te gaan of de conclusies overeen stemmen met andere elementen van het bodemonderzoek. Zo zou bv. een berekening van het tijdstip van doorbraak van een stof in het grondwater aan de perceelsgrens of een andere receptor vergelijkbaar moeten zijn met de handmatige berekening van verspreiding. Indien niet, moeten de ingevoerde parameters kritisch geëvalueerd worden.



- een uitloogproef geeft ook informatie over het risico op uitloging. Terwijl een uitloogproef informatie geeft over de concentraties die vrijgesteld worden uit de verontreinigde/aangerijkte laag (al dan niet in functie van de tijd), geeft F-LEACH het risico aan de receptor en neemt daarbij ook verdunning in het grondwater mee, de bufferende werking van onderliggende bodemlagen en de attenuatie van de concentratie in het grondwater bij een receptor op afstand.

### 3.2. UITLOOGMETHODIEK IN F-LEACH

#### 3.2.1. UITLOOGRISICO VLAREBO-STOFFEN (BEHALVE MINERALE OLIE)

De software F-LEACH kan gebruikt worden voor de berekening van de site-specifieke toetsingswaarde voor uitloging uit trap 1 en het uitvoeren van de bron-pad-receptor-analyse uit trap 2 van de uitloogmethodiek voor de Vlarebo-stoffen (uitgezonderd minerale olie). Met de software kan zowel de concentratie aan de receptor als evolutie van de bodemkwaliteit berekend worden. De software kan ook gebruikt worden indien de toetsingswaarde in trap 1 niet overschreden is, maar er op basis van humaan toxicologische of ecotoxicologische overwegingen toch besloten wordt een beschrijving te geven van de evolutie van de bodemkwaliteit en bijgevolg het risico.

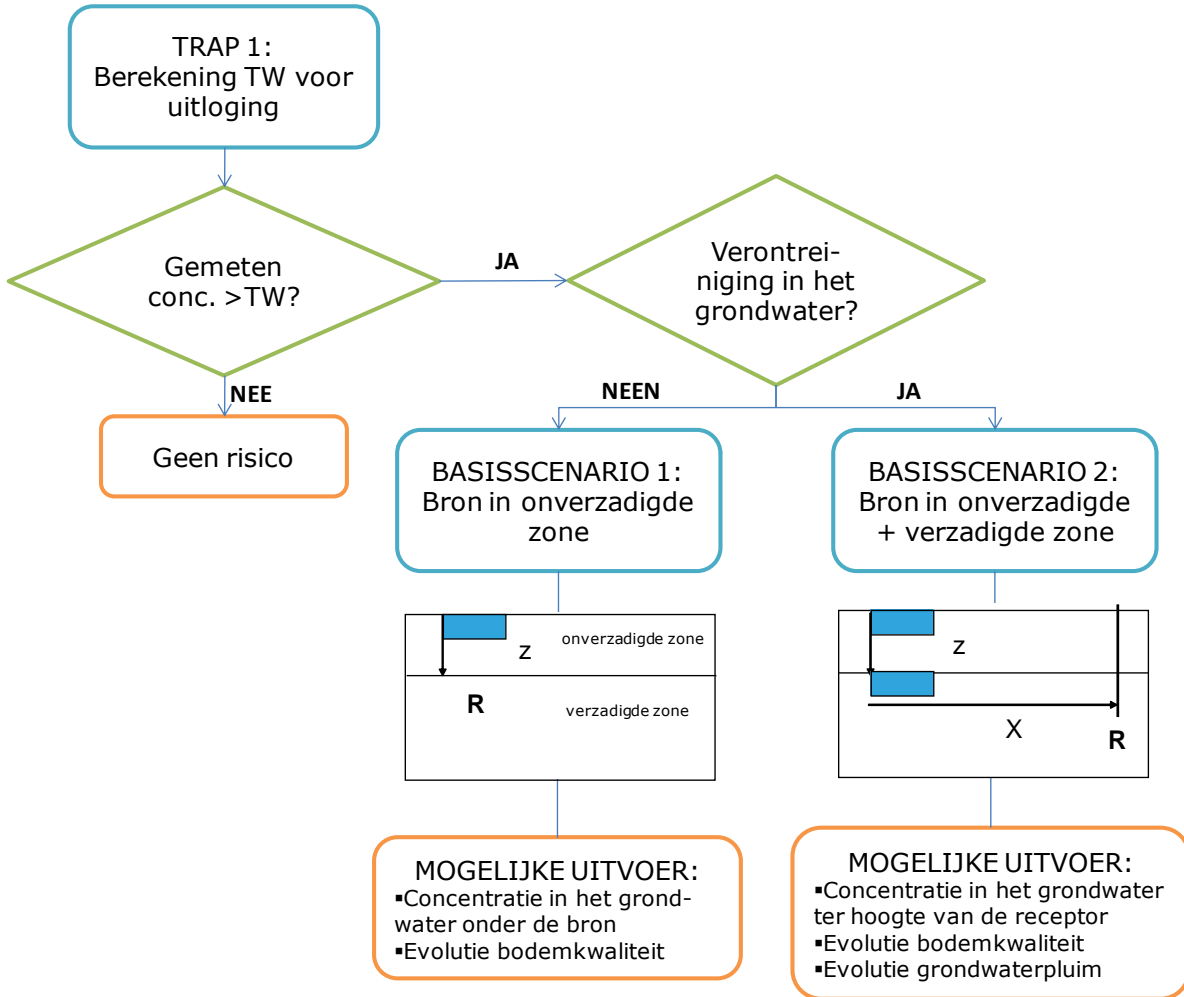
Voor de bron-pad-receptoranalyse gebruikt F-LEACH een analytisch bodem-grondwater transportmodel gebaseerd op de CXTFIT-code (Toride et al., 1999). Het model gebruikt wiskundige oplossingen van de convectie-dispersievergelijking om de reactieprocessen van de stof (sorptie op vaste fase, afbraak, vervluchtiging, ...) op de weg tussen bron en receptor onder stationaire waterstroming te simuleren. Er wordt rekening gehouden met de verdunning van de verontreinigingspluim door dispersie, sorptie, vervluchtiging en afbraak in de onverzadigde zone en door dispersie, sorptie en afbraak in de verzadigde zone. Het model berekent de impact op de receptor en de evolutie van de bodemkwaliteit. De receptor kan zich in het grondwater onmiddellijk onder de verontreinigde site bevinden of verder stroomafwaarts in het grondwater.

Hiervoor kunnen 2 basisscenario's beschouwd worden (zie Figuur 3):

1. er is een verontreiniging aanwezig in de onverzadigde zone maar de concentraties in het onderliggende grondwater zijn niet verhoogd;
2. de verontreiniging is aanwezig in zowel de onverzadigde zone als de freatische laag.

In het eerste geval (basisscenario 1) is de receptor het grondwater onder de bron. F-LEACH voorspelt de onderliggende grondwaterconcentratie na transport, sorptie, vervluchtiging, afbraak in de onverzadigde zone en verdunning in het grondwater. F-LEACH kan ook de evolutie van de bodemkwaliteit berekenen.

In het tweede geval (basisscenario 2) wordt er een receptor stroomafwaarts van de bronzone gekozen. Dit kan het grondwater op een bepaalde afstand, een perceelsgrens, een waterwinning of waterloop zijn. Het receptorcriterium kan de bodemsaneringsnorm in grondwater zijn of een andere milieukwaliteitsnorm. F-LEACH berekent de concentratie in het grondwater ter hoogte van de receptor na transport, sorptie, vervluchtiging, dispersie en eventueel afbraak in de onverzadigde zone, verdunning in het grondwater en transport, sorptie, dispersie en eventueel afbraak in de freatische laag. F-LEACH kan ook de evolutie van de bodemkwaliteit (onverzadigde zone) en de evolutie van de grondwaterpluim (verzadigde zone) berekenen.

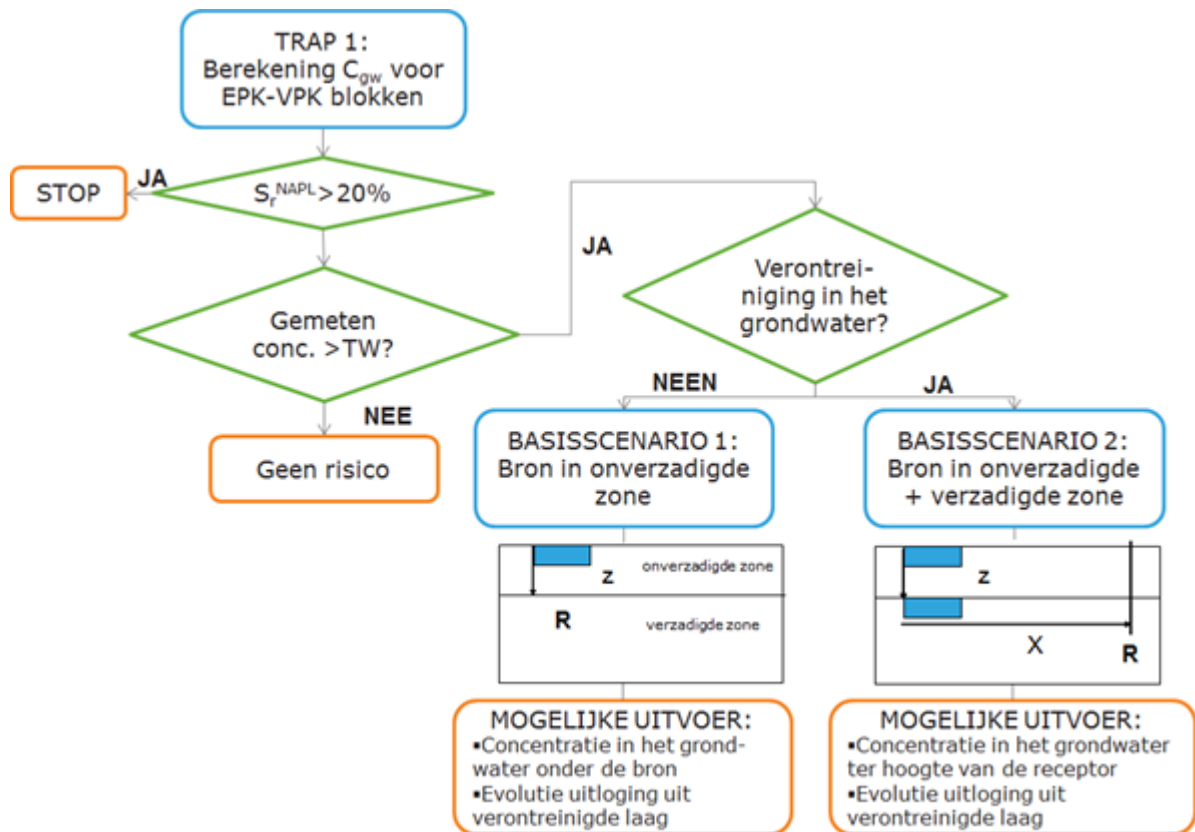


Figuur 3: Overzicht van de verschillende berekeningen (uitgezonderd minerale olie) in F-LEACH 3.0.

### 3.2.2. UITLOGRISICO MINERALE OLIE

In F-LEACH is er een aparte module geprogrammeerd voor het inschatten van risico op uitloging van een minerale olie verontreiniging in de onverzadigde zone. De methodiek bestaat uit verschillende trappen. Een overzicht wordt gegeven in Figuur 4. In de eerste trap wordt de verontreiniging beschouwd als homogeen en in direct contact met het grondwater. De concentraties in de waterfase worden berekend vanuit een evenwichtsverdeling van de verschillende componenten in de minerale olie over de verschillende fasen (water, lucht, vaste fase en eventueel NAPL-fase).

De benodigde invoer voor deze trap is een reeks bodemparameters (organisch koolstofgehalte, vochtgehalte, porositeit en schijnbare droge dichtheid), een oliekaracterisatie (de bulkconcentraties van de verschillende TPH-blokken) en een waarde voor de verdunningsfactor (wordt berekend a.h.v. site kenmerken en geo-hydrologische kenmerken). De uitvoer is een berekende concentratie in grondwater voor elk van de blokken die vervolgens getoetst wordt aan een grondwatercriterium. Als grondwatercriterium worden hier de toetsingswaarden uit het rapport van Nouwen et al. (2002) gebruikt.



Figuur 4: Overzicht van de verschillende berekeningen in de module minerale olie in F-LEACH 3.0.

Om de concentraties in oplossing in evenwicht met de minerale olie te bepalen, wordt er een routine gestart die nagaat of er een vierde fase (puur product) aanwezig is. Indien dat het geval is, wordt er een iteratieve berekening uitgevoerd om de concentraties in oplossing van de verschillende blokken, de molaire fracties in de puur product fase en de volumetrische fractie van lucht en van puur product te berekenen. Het uiteindelijke resultaat van de routine is de concentratie in oplossing  $C_{w,i}$  voor elke component  $i$  (in deze methodiek elk EPK-VPK-blok) in het mengsel, en de volumetrische fractie van de puur product fase. Daarnaast wordt de residuele NAPL-verzadiging  $S_r^{NAPL}$  berekend zodanig dat de gebruiker kan inschatten of de NAPL-fase zelf ook nog mobiel is onder invloed van zwaartekracht en capillaire krachten. Als de residuele verzadiging hoger is dan 20 %, moet hiermee rekening gehouden worden en geeft de methodiek niet het volledige risico op verspreiding.

Indien de berekende concentratie in het grondwater het criterium in grondwater overschrijdt, dient er overgegaan te worden naar trap 2. In trap 2 wordt er rekening gehouden met afstand van de verontreiniging tot het grondwater, de dikte en diepte van de verontreinigde laag in de onverzadigde zone en de verdunning van de verontreinigingspluim door dispersie, sorptie, vervluchtiging en afbraak in de onverzadigde zone en verdunning in het grondwater.

In trap 2 wordt er ook rekening gehouden met de geleidelijke uitputting van de bron door uitloging en vervluchtiging. In aanwezigheid van een NAPL-fase wordt de oplosbaarheid van de verschillende componenten bepaald door hun relatieve aandeel in de NAPL-fase. Makkelijk oplosbare componenten verdwijnen sneller uit de NAPL-fase waardoor de samenstelling van de NAPL-fase verandert en de oplosbaarheid van de zwaardere componenten toeneemt met de tijd. Dat proces

wordt meegenomen in de berekeningen en het verloop van de opgeloste concentraties in de verontreinigde laag kan ook door de gebruiker opgevolgd worden.

In F-LEACH 3.0 kunnen ook voor minerale olie 2 basisscenario's beschouwd worden (zie Figuur 4):

1. er is een verontreiniging aanwezig in de onverzadigde zone maar de concentraties in het onderliggende grondwater zijn niet verhoogd;
2. de verontreiniging is aanwezig in zowel de onverzadigde zone als de freatische laag.

In het eerste geval (basisscenario 1) is de receptor het grondwater onder de bron. Het pad is het transport vanuit de verontreinigde laag doorheen de onverzadigde zone naar het grondwater.

In het tweede geval (basisscenario 2) is er ook een bron aanwezig in de verzadigde zone. Hierbij dient men rekening te houden met het mogelijk voorkomen van drijf-/zinklagen waarvoor F-LEACH het risico op verspreiding niet kan inschatten. Als echter op een andere manier aangetoond wordt (monitoring) dat de drijf laag stabiel is, kan F-LEACH wel een berekening van de grondwaterpluim geven. In basisscenario 2 simuleert F-LEACH het in oplossing gaan van oliecomponenten eventueel gevolgd door verder transport van de opgeloste componenten in de waterfase. F-LEACH kan niet de beweging van een aanwezige oliefase (vorming drijf laag, uitzakken, vorming van 'pools',...) simuleren.

Indien beweging van puur product mee in rekening gebracht moet worden, of indien de berekende concentraties in trap 2 de grondwatercriteria overschrijden, kan de bodemsaneringsdeskundige ervoor kiezen een meer doorgedreven modellering uit te voeren met numerieke modellen die multifase transport beschrijven. Voorbeelden van numerieke modellen die multifase transport beschrijven zijn MOFAT, HSSM, SWANFLOW

---

## HOOFDSTUK 4. INVOER

---

### 4.1. OPBOUW

#### 4.1.1. PROJECTEN, RUNS EN BASISMAP

Met de F-LEACH rekentool kan uitlogging gemodelleerd worden. Voor deze modellering zijn een aantal invoergegevens nodig. Het resultaat van deze modellering is een rapport. Zowel deze invoergegevens als het rapport moeten beschikbaar zijn voor latere raadpleging of als basis voor een nieuwe modelleringsrun.

In de F-LEACH rekentool werd dit als volgt opgevat. Modelleringsruns worden gesitueerd in een project. De F-LEACH rekentool ondersteunt meerdere projecten die elk meerdere runs kunnen omvatten. Het aantal projecten en runs wordt enkel beperkt door de beschikbare opslagruimte. Alle gegevens worden opgeslagen in de basismap. Dit is een map die vrij gekozen kan worden binnen het bestandssysteem van de computer. De gebruiker moet wel volledige schrijfbevoegdheid hebben voor de gekozen map. Deze keuze kan gemaakt worden in stap 1 en stap 2 van het invoerproces (zie verder voor meer details). Binnen deze basismap wordt er een map gemaakt per project. De naam van deze projectmappen is de naam van het betreffende project. Binnen een projectmap bevinden zich opnieuw een aantal mappen: 1 per run binnen het project. De runmap heeft als naam de naam van de betreffende run. De naam die aan projecten en runs gegeven kan worden, wordt dus beperkt tot geldige namen voor mappen binnen de bestandsstructuur<sup>1</sup>.

De runmap bevat een bestand fleach3.cfg. Dit bestand bevat de invoergegevens van de run. Wanneer een eerder bewaarde run wordt geopend, moet dit bestand gekozen worden (zie verder voor meer details). Naast dit bestand bevat de runmap ook de rapporten die de gebruiker aangemaakt heeft van de resultaten van de berekening.

#### 4.1.2. NAVIGATIE

Bij het doorlopen van de verschillende stappen – zie verder voor een overzicht – wordt onderaan een vooruitgangsbalk getoond.

In elk scherm staan onderaan een aantal navigatieknoppen. Deze knoppen zijn in elk scherm identiek maar niet in elk scherm actief. Volgende navigatieknoppen kunnen voorkomen:

- Verder-knop: wanneer op deze knop geklikt wordt, worden de reeds ingevoerde gegevens bewaard en gaat men verder naar de volgende stap.
- Terug-knop: met deze knop kan teruggekeerd worden naar de vorige stap.
- Bewaar-knop: met deze knop kunnen de reeds ingevoerde gegevens bewaard worden, zonder op de verderknop te klikken.
- Rapport-knop: met deze knop kan u van de huidige run een PDF-rapport maken.
- Herbegin-knop: met deze knop kan u snel terug naar het beginscherm springen.

---

<sup>1</sup> toegelaten tekens voor project- en runnaam zijn a-Z 0-9 - \_#\$%&()+,.;=@[]^{}~

- Run-knop: wanneer op deze knop geklikt wordt, wordt de modellering gestart. Na afloop van de modellering, komt men terecht bij het laatste scherm of bij het resultaat van trap 1 in geval van minerale olie.

In de meeste schermen is de default actie op de Verder-knop klikken. De default actie is gekoppeld aan de Enter-toets. Dit heeft als neveneffect dat men ook naar het volgende scherm gaat, wanneer men na het invoeren van een parameter op de Enter-toets duwt. Na het invoeren van een parameter drukt u dus best niet op de Enter-toets.

Wanneer in een scherm meerdere parameters ingevuld moeten worden, kan naar het volgende invoerveld gesprongen worden met de tab-toets. Terugspringen naar het vorige invoerveld kan met de toetsen combinatie shift-tab. Merk op dat hierbij ook de invoervelden gebruikt worden waarvan de waarde niet veranderd kan worden. Om over zo'n veld te springen, zal dus 2 keer de tab-toets gebruikt moeten worden.

Wanneer de inhoud van een scherm niet binnen het venster past, verschijnen er schuifbalken: een horizontale schuifbalk indien het scherm breder is dan het venster, een verticale schuifbalk indien het scherm hoger is dan het venster.

Alle invoer wordt gevalideerd tijdens het typen. Sommige invoervelden kunnen niet leeg blijven, anderen moeten aan bepaalde vereisten voldoen (bvb: groter dan 0). Zolang hieraan niet voldaan is, zal het invoerveld oranje van kleur blijven. Van zodra een geldige waarde ingevoerd werd, zal het invoerveld wit worden. Men kan pas naar de volgende stap gaan wanneer alle invoervelden een geldige waarde bevatten.

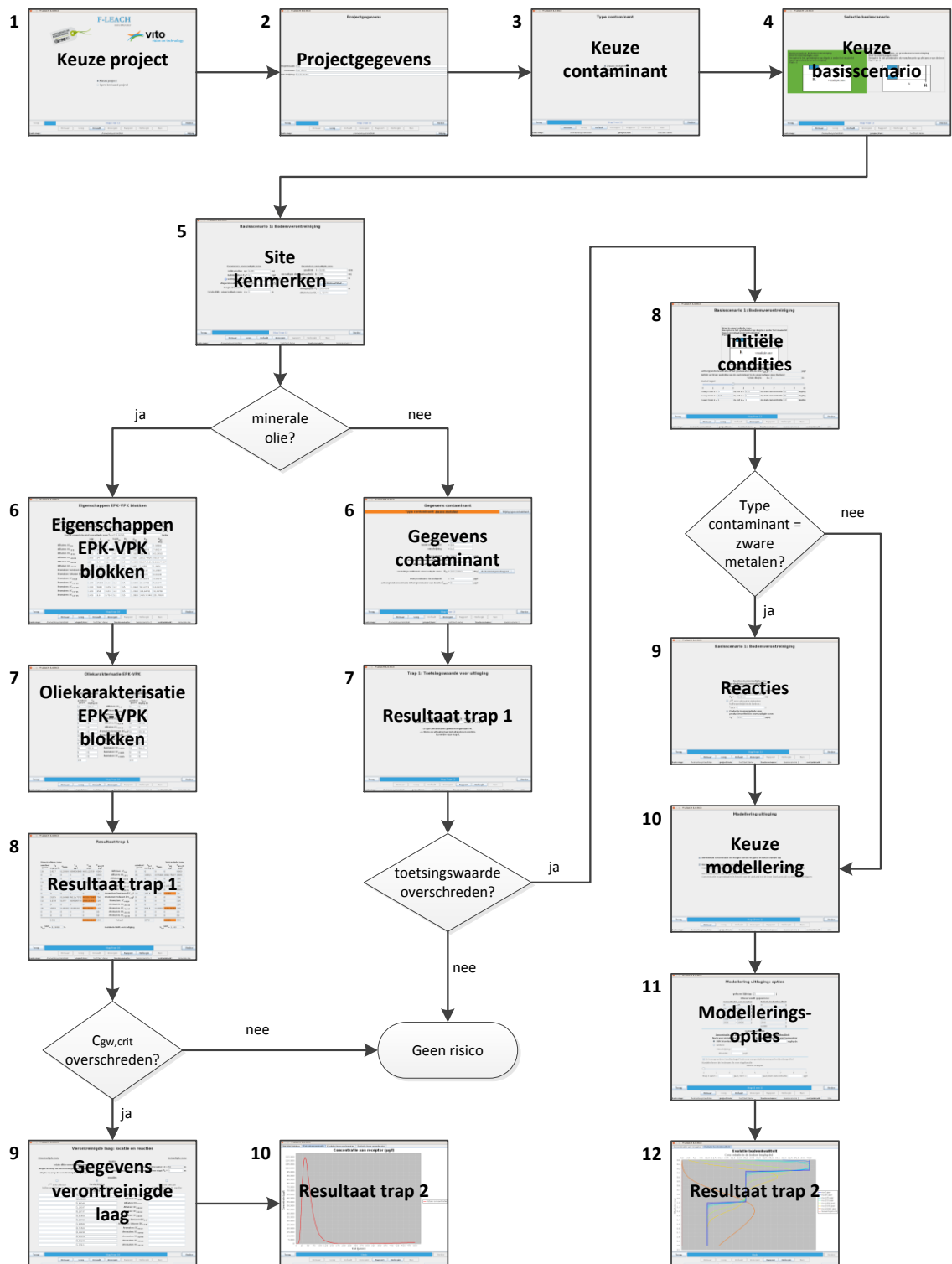
### **4.1.3. HULP BIJ HET INVOEREN VAN GEGEVENS**

Om niet telkens dezelfde of soortgelijke gegevens te moeten invullen, werden een aantal knoppen voorzien om te helpen bij de invoer van gegevens. Deze knoppen zijn niet altijd in alle schermen beschikbaar: enkel daar waar ze relevant zijn. Volgende knoppen kunnen voorkomen.

- Default-knop: wanneer men op deze knop klikt, worden alle gegevens in het scherm ingevuld met defaultwaarden.
- Leeg-knop: wanneer men op deze knop klikt, worden alle invoervelden in het scherm leeg gemaakt.
- Invoegen-knop: wanneer men op deze knop klikt, verschijnt er een dialoogvenster waarin men een configuratiebestand van een andere project/run kan selecteren. Na selectie van een configuratiebestand, worden de gegevens van dit bestand gebruikt om de invoergegevens in het scherm in te vullen.

Merk op dat het gebruik van deze knoppen enkel invloed heeft op het huidige invoerscherm. Bvb.: De defaultknop verandert enkel de gegevens in het huidige scherm naar defaultwaarden. Aan de waarden in de overige schermen wordt niet geraakt.

4.2. OVERZICHT VAN HET DOORLOPEN VAN DE SCHERMEN

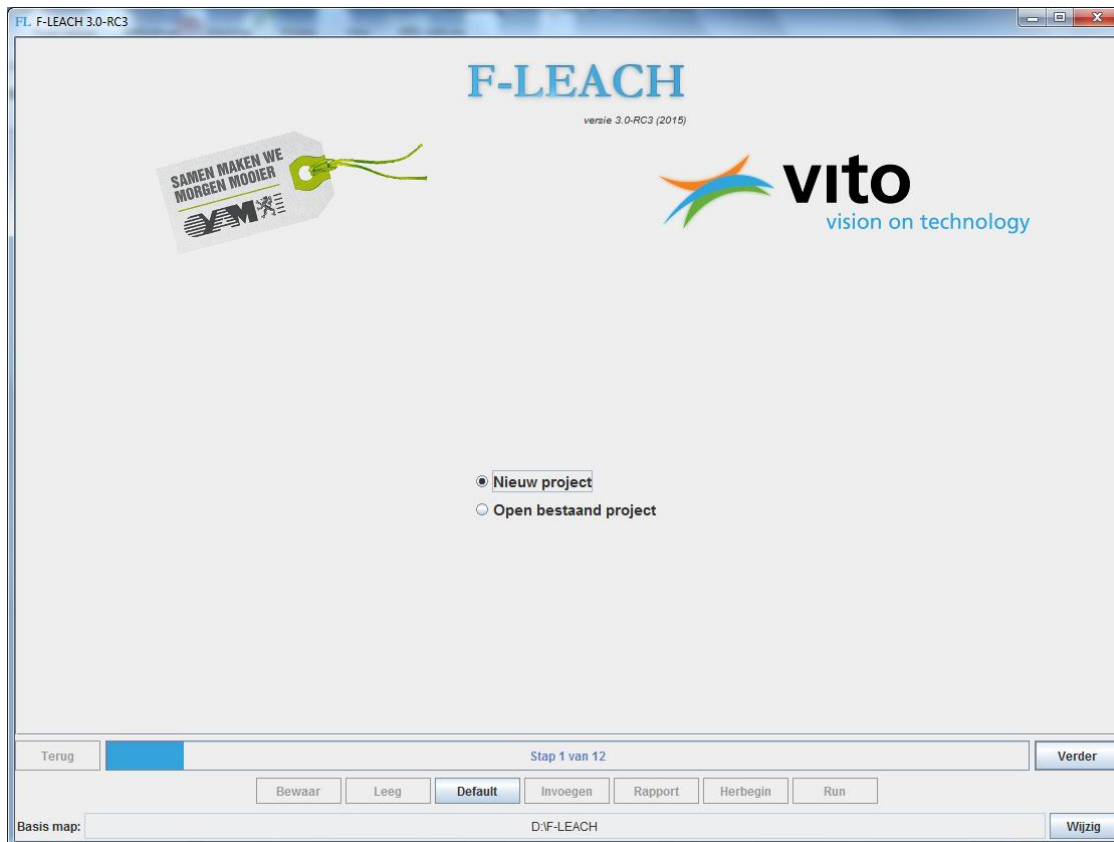


Figuur 5: Stroomschema voor het doorlopen van de verschillende schermen.

### 4.3. INVOERPARAMETERS PER SCHERM

#### 4.3.1. ALGEMEEN

#### STAP 1: KEUZE PROJECT



In dit scherm zijn er 2 mogelijkheden: een nieuw project starten of een bestaand project (her)openen. Indien een nieuw project gestart wordt, zullen alle invoervelden in de volgende stappen leeg zijn. Indien een bestaand project geopend werd, zullen alle invoervelden in de volgende stappen de waarden uit dat project hebben. Uiteraard kunnen alle waarden aangepast worden.

De verder-knop: indien voor een nieuw project gekozen werd, voert deze knop u naar stap 2. Indien ervoor gekozen werd een bestaand project te openen, zal na het klikken op de verder-knop een dialogvenster verschijnen waarin het configuratiebestand van een bestaand project geopend kan worden. Zowel de in F-LEACH 3.x gebruikte fleach3.cfg bestanden als de in F-LEACH 1.x en G-LEACH 2.0 gebruikte config.xml bestanden kunnen geopend worden. Na keuze van dit bestand komt u in stap 2 terecht.

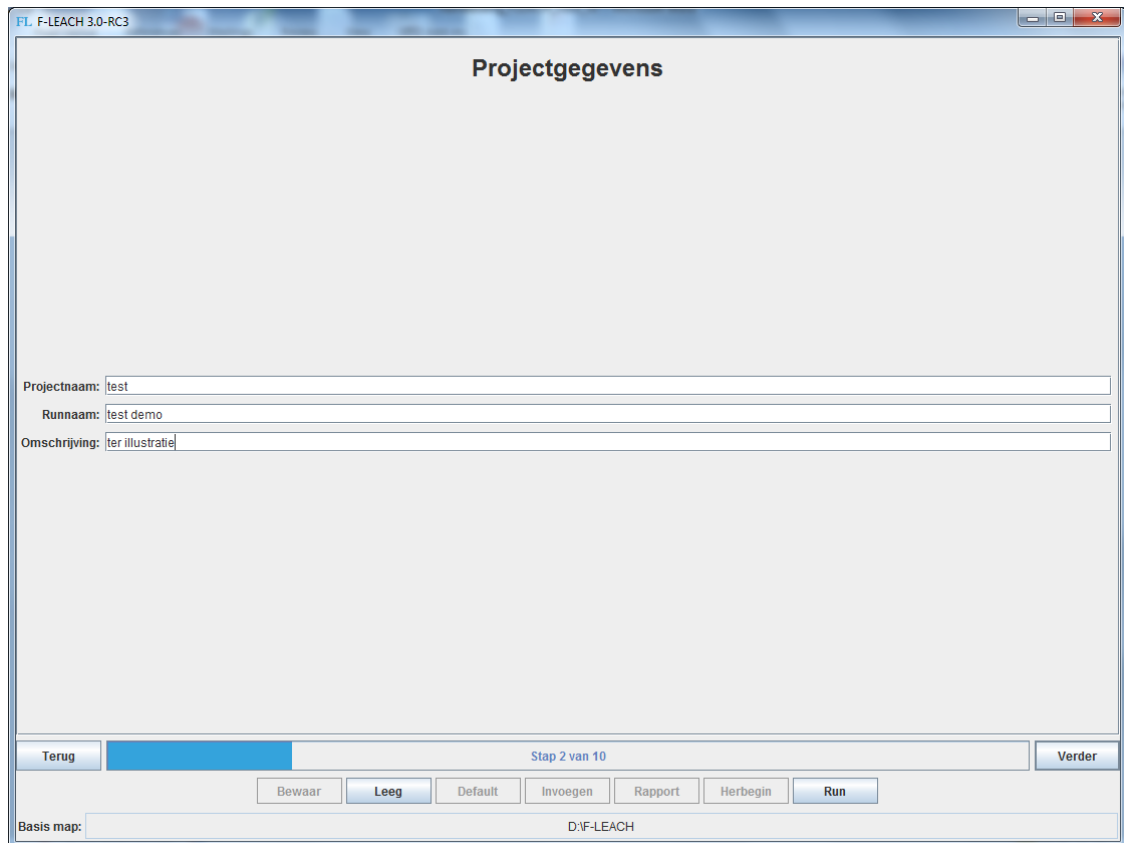
De toepassing kan in alle stappen afgesloten worden met behulp van kruisje in de titelbalk (rood, bovenaan rechts in de figuur).

In de onderste statusbalk wordt de huidige basismap weergegeven. Met de wijzig-knop onderaan rechts kan deze gewijzigd worden. Wanneer erop geklikt wordt, zal een dialogvenster verschijnen waarin u de locatie van de basismap kan selecteren. De gebruikte basismap wordt onthouden. Dat



wil zeggen dat wanneer u de toepassing afsluit, de basismap dezelfde zal zijn als u de toepassing opnieuw opstart.

## STAP 2: PROJECTGEGEVENS



The screenshot shows a software window titled "F-LEACH 3.0-RC3" with a sub-window titled "Projectgegevens". The window contains three text input fields: "Projectnaam" (containing "test"), "Runnaam" (containing "test demo"), and "Omschrijving" (containing "ter illustratie"). Below these fields is a progress bar labeled "Stap 2 van 10". At the bottom of the window, there are several buttons: "Terug", "Bewaar", "Leeg", "Default", "Invoegen", "Rapport", "Herbegin", "Run", and "Verder". The "Run" button is highlighted in blue. At the very bottom, there is a "Basis map:" label followed by the text "D:\F-LEACH".

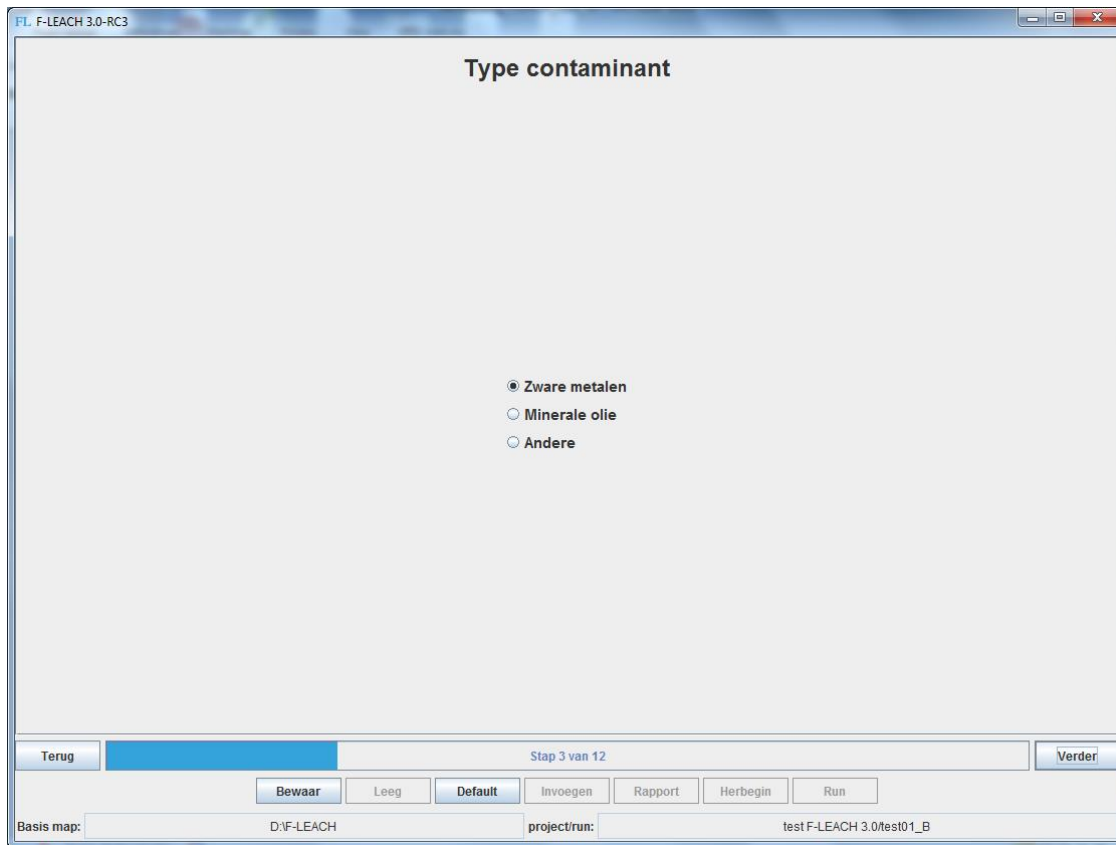
In dit scherm dienen project- en runnaam en optioneel een omschrijving ingevuld te worden. Wanneer een bestaand project geopend werd, zullen deze al ingevuld zijn.

Wanneer een bestaand project geopend werd, is er ook een run-knop aanwezig. In dat geval kan met behulp van deze knop de modellering meteen gestart worden, zonder dat door alle stappen heen gegaan moet worden.

Dit scherm laat toe om een nieuwe project/run te maken op basis van een bestaande project/run. Men gaat hiervoor als volgt te werk. In stap 1 opent u het bestaand project. In stap 2 past u de naam van het project en/of de run aan. Alle gegevens zullen nu op deze nieuwe locatie bewaard worden (basismap\projectnaam\runnaam). Alle schermen zullen echter al wel ingevuld zijn met de waarden uit de geopende project/run.

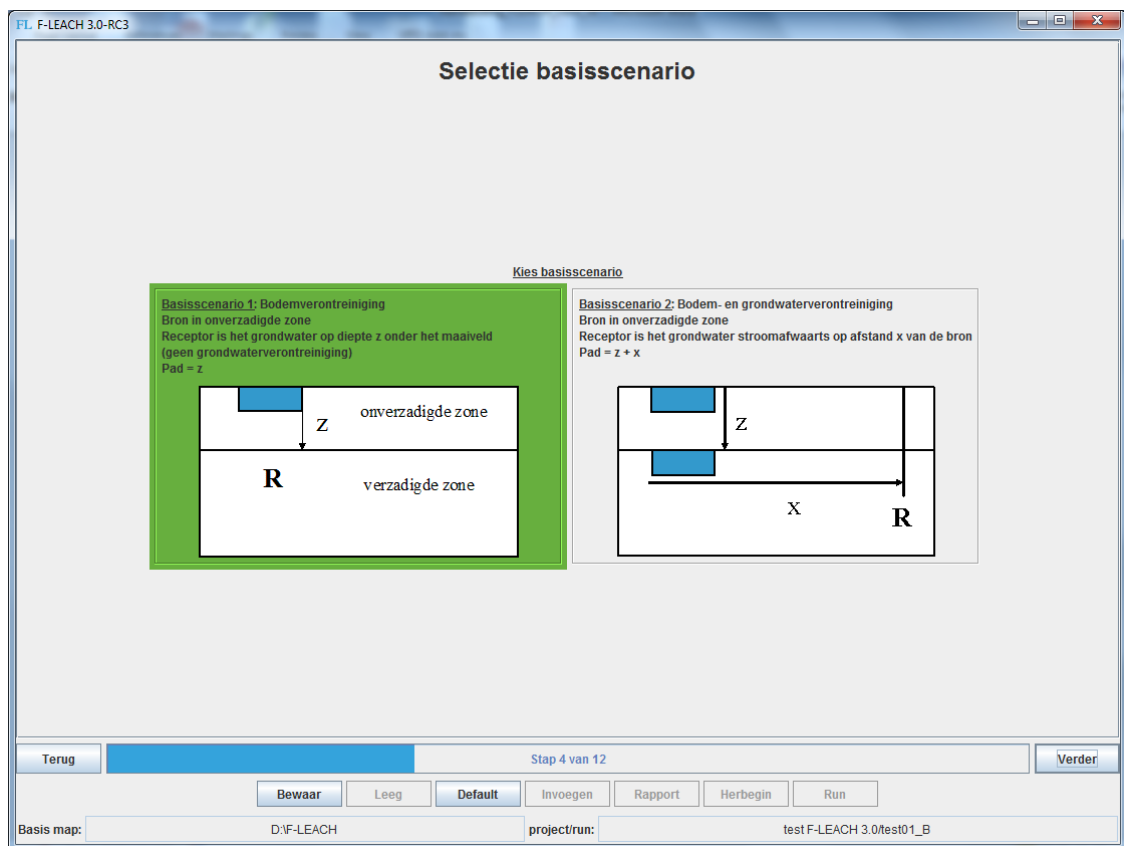
Ook in deze stap kan in het geval van een nieuwe project/run de basismap nog gewijzigd worden m.b.v. de wijzig-knop onderaan rechts.

### STAP 3: KEUZE CONTAMINANT



In dit scherm dient het type contaminant gekozen te worden. Indien zware metalen of andere gekozen wordt, zal de gebruiker door de verschillende stappen van de algemene methodiek uitloging geleid worden. In het andere geval wordt de module uitloogrisico minerale olie uitgevoerd.

## STAP 4: KEUZE BASISSCENARIO



In dit scherm kan het basisscenario geselecteerd worden. In basisscenario 1 is de bron enkel in de onverzadigde zone aanwezig. In basisscenario 2 bevindt de bron zich in onverzadigde en verzadigde zone. Het basisscenario met de groene achtergrond is het geselecteerde basisscenario.

4.3.2. ZWARE METALEN EN ANDERE STOFFEN

STAP 5: SITE KENMERKEN

Naargelang het geselecteerde basisscenario ziet dit scherm er anders uit.

**Basisscenario 1: Bodemverontreiniging**

**Parameters onverzadigde zone**

infiltratieflux  $q = 0.265$  m/j

bulkdensiteit  $P_1 = 1.5$  kg/l

vochtgehalte  $\theta_1 = 0.2$  cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>

dispersiecoëfficiënt  $D_1 = 0.06625$  m<sup>2</sup>/j

lengte bronzone  $L = 500$  m

totale dikte onverzadigde zone  $z = 1$  m

**Parameters verzadigde zone**

gradiënt  $i = 0.001$  m/m

verzadigde doorlaatbaarheid  $k = 36$  m/j

dikte freatische laag  $d = 30$  m

[via NGL-kaartblad ...](#)

mengdiepte  $M_z = 30$  m

dilutiefactor  $DL = 1.00815$

Terug Verder

Stap 5 van 12

Bewaar Leeg Default Invoegen Rapport Herbegin Run

Basis map: D:\F-LEACH project/run: test F-LEACH 3.0/test01\_B basisscenario: basisscenario 1

FL F-LEACH 3.0-RC3

### Basisscenario 2: Bodem- en grondwaterverontreiniging

**Parameters onverzadigde zone**

infiltratieflux  $q = 0,265$  m/j

bulkdensiteit  $\rho_1 = 1,5$  kg/l

vochtgehalte  $\theta_1 = 0,2$  cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>

dispersiecoëfficiënt  $D_1 = 0,06625$  m<sup>2</sup>/j

lengte bronzone  $L = 500$  m

totale dikte onverzadigde zone  $z = 1$  m

**Parameters verzadigde zone**

gradiënt  $i = 0,001$  m/m

verzadigde doorlaatbaarheid  $k = 36$  m/j

dikte freatische laag  $d = 30$  m

[via NGL-kaartblad ...](#)

porositeit  $\theta_{s,2} = 0,3$  cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>

bulkdensiteit  $\rho_2 = 1,5$  kg/l

afstand tot receptor  $X = 50$  m

mengdiepte  $M_z = 30$  m

dilutiefactor  $DL = 1,00815$

dispersiecoëfficiënt  $D_2 = 8,6319$  m<sup>2</sup>/j

Stap 5 van 12

Basis map: D:\F-LEACH projectrun: test-F-LEACH 3.0\test01\_B basisscenario: basisscenario 2

In deze stap worden de parameters van de onverzadigde zone en de verzadigde zone ingevuld door de gebruiker. Een overzicht van de parameters in functie van het gekozen scenario wordt gegeven in onderstaande tabel.

Tabel 1: Invoerparameters voor de verschillende scenario's in Stap 5.

Basisscenario 1		Basisscenario 2	
zware metalen	andere	zware metalen	andere
<b>Onverzadigde zone</b>	<b>Onverzadigde zone</b>	<b>Onverzadigde zone</b>	<b>Onverzadigde zone</b>
infiltratieflux $q$	infiltratieflux $q$	infiltratieflux $q$	infiltratieflux $q$
bulkdensiteit $\rho_1$	bulkdensiteit $\rho_1$	bulkdensiteit $\rho_1$	bulkdensiteit $\rho_1$
vochtgehalte $\theta_1$	vochtgehalte $\theta_1$	vochtgehalte $\theta_1$	vochtgehalte $\theta_1$
dispersiecoëfficiënt $D_1^*$	dispersiecoëfficiënt $D_1^*$	dispersiecoëfficiënt $D_1^*$	dispersiecoëfficiënt $D_1^*$
lengte bronzone $L$	lengte bronzone $L$	lengte bronzone $L$	lengte bronzone $L$
dikte onverzadigde zone $z$	dikte onverzadigde zone $z$	dikte onverzadigde zone $z$	dikte onverzadigde zone $z$
<b>Verzadigde zone</b>	<b>Verzadigde zone</b>	<b>Verzadigde zone</b>	<b>Verzadigde zone</b>
gradiënt $i$	gradiënt $i$	gradiënt $i$	gradiënt $i$
verzadigde doorlaatbaarheid $k$	verzadigde doorlaatbaarheid $k$	verzadigde doorlaatbaarheid $k$	verzadigde doorlaatbaarheid $k$
dikte freatische laag $d$	dikte freatische laag $d$	porositeit $\theta_s$	porositeit $\theta_s$
mengdiepte $M_z^S$	mengdiepte $M_z^S$	bulkdensiteit $\rho_2$	bulkdensiteit $\rho_2$
		dikte freatische laag $d$	dikte freatische laag $d$
		afstand tot de receptor $X$	afstand tot de receptor $X$
		mengdiepte $M_z^S$	mengdiepte $M_z^S$
		dilutiefactor $DL^S$	dilutiefactor $DL^S$
		dispersiecoëfficiënt $D_2^*$	dispersiecoëfficiënt $D_2^*$

\* wordt berekend door het model maar kan door de gebruiker aangepast worden indien een waarde beschikbaar is

<sup>S</sup> wordt berekend door het model en kan niet door de gebruiker aangepast worden

Voor het bodemvochtgehalte in de onverzadigde zone wordt er een tooltip aangeboden die toelaat om de textuur van de bodem volgens de Belgische bodemkaart te bepalen en op basis daarvan het

bodemvochtgehalte overeenstemmend met een netto neerslag van 265 mm/j. Deze is berekend voor de 7 Belgische textuurklassen op basis van Vereecken (1988) die voor een grote set Belgische bodemstalen de hydraulische parameters (vochtretentiecurve en conductiviteitscurve) bepaald heeft.

De parameters voor grondwaterstroming (gradiënt  $i$ , verzadigde doorlaatbaarheid  $k$  en dikte freatische laag  $d$ ) kunnen ook opgevraagd worden op basis van het NGI 1/32<sup>ste</sup> kaartblad met de knop 'via NGI-kaartblad'. Meer info over de versnijding van de kaartbladen en hoe het kaartblad op te vragen via gemeente wordt gegeven in Bijlage A.

Voor een uitvoerige bespreking van de invoerparameters en de manier om ze te meten of te schatten wordt verwezen naar de rapporten 'Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie van de bodemkwaliteit: Deel 1 – Opstellen methodiek' Hoofdstuk 5 en 6 (Seuntjens et al., 2005) en 'Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie van de bodemkwaliteit: Deel 2 – Handleiding uitloging' Hoofdstuk 3 en 4 (Joris et al., 2005a). Hieronder volgt een korte beschrijving.

Tabel 2: Beschrijving van de invoerparameters voor Stap 5.

Invoer-parameter	Beschrijving
$q$ (m/j):	de infiltratieflux of netto-neerslag in de onverzadigde zone; gelijk aan de totale neerslag verminderd met oppervlakkige afstroming en evapotranspiratie; is afhankelijk van bodemtype en –bedekking maar gemiddeld begroot op 0,265 m/j.
$\rho_1$ (kg/l):	bulkdensiteit of droge stofdichtheid van de onverzadigde zone; 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 <sup>3</sup> ).
$\theta_1$ (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> ):	volumetrisch vochtgehalte van de onverzadigde zone; 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 <sup>3</sup> ). Kan op basis van kaartblad afgelezen worden uit tabellen (Bijlage A bij 'Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie van de bodemkwaliteit: Deel 1 – Opstellen methodiek')
$D_1$ (m <sup>2</sup> /j):	dispersiecoëfficiënt voor de onverzadigde zone; wordt door het model berekend als het product van een vaste dispersiviteit $\lambda$ en de poriewatersnelheid ( $=q/\theta_1$ ). Als representatieve waarde voor dispersiviteit is een waarde van 5 cm gekozen (Vanderborgh and Vereecken, 2007). De dispersiecoëfficiënt $D_1$ (m <sup>2</sup> /j) wordt dan: $D_1 = 0.05 * \frac{q}{\theta_1}$ De gebruiker kan deze waarde door een eigen waarde vervangen.
$L$ (m):	lengte van de bronzone gemeten volgens de richting van grondwaterstroming
$z$ (m)	dikte van de onverzadigde zone (afstand van het maaiveld tot grondwatervniveau)
$i$ (m/m):	hydraulische gradiënt in de freatische laag; kan afgelezen worden uit tabellen (Bijlage A bij 'Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie van de bodemkwaliteit: Deel 1 – Opstellen methodiek') of met de knop 'Via NGI-kaartblad'
$k$ (m/j):	verzadigde doorlaatbaarheid van de freatische laag; kan op basis van kaartblad afgelezen worden uit tabellen (Bijlage A bij 'Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie van de bodemkwaliteit: Deel 1 – Opstellen methodiek') of met de knop 'Via NGI-kaartblad'

Invoer-parameter	Beschrijving
$\theta_s$ (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> ):	effectieve porositeit van de freatische laag
$\rho_2$ (kg/l):	bulkdensiteit of droge stofdichtheid van de freatische laag
$d$ (m):	dikte van de freatische laag; kan op basis van kaartblad afgelezen worden uit tabellen (Bijlage A bij 'Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie van de bodemkwaliteit: Deel 1 – Opstellen methodiek') of met de knop 'Via NGI-kaartblad'
$X$ (m)	afstand tot de receptor gemeten volgens de richting van de grondwaterstroming en vanaf de grens van de bronzone het verst van de receptor tot aan de receptor.
$M_z$ (m):	mengdiepte in de freatische laag; wordt door de software berekend volgens (EPA, 1996): $M_z = \sqrt{0.0112 * L^2} + d(1 - e^{-Lq/ki d})$
$DL$ (-):	dilutiefactor; de verhouding van de concentratie in het bodemwater tot de concentratie in het grondwater; wordt door de software berekend.
$D_2$ (m <sup>2</sup> /j):	dispersiecoëfficiënt voor de verzadigde zone; wordt door de software berekend als (Xu and Eckstein, 1995): $D_2 = 0.83(\log_{10} X)^{2.414} \frac{ki}{\theta_s}$ <p>De gebruiker kan deze waarde door een eigen waarde vervangen.</p>

**STAP 6: GEGEVENS CONTAMINANT**

Naargelang het gekozen type contaminant en basisscenario ziet dit scherm er anders uit.

**Gegevens contaminant**

Type contaminant: **zware metalen** Wijzig type contaminant

Stoffenlijst: **zink**

naam contaminant = **zink**

omschrijving =

oplosbaarheid S = **9,81E6** µg/l

dimensieloze Henry-coëfficiënt H' = **0**

diffusiecoëfficiënt in lucht Da = **0** m<sup>2</sup>/j

verdelingscoëfficiënt onverzadigde zone K<sub>d1</sub> = **20** l/kg via bodemeigenschappen ...

BSN grondwater (standaard) = **500** µg/l

achtergrondconcentratie in het grondwater van de site C<sub>gw,0</sub> = **0** µg/l

Terug Stap 6 van 12 Verder

Bewaar Leeg Default **Invoegen** Rapport Herbegin Run

Basis map: D:\F-LEACH project/run: test F-LEACH 3.0/test01\_B basisscenario: basisscenario 1

---

**Gegevens contaminant**

Type contaminant: **andere** Wijzig type contaminant

Stoffenlijst: **nieuwe stof**

naam contaminant = **zink**

omschrijving =

oplosbaarheid S = **1E-6** µg/l

dimensieloze Henry-coëfficiënt H' = **1E-6**

diffusiecoëfficiënt in lucht Da = **1E-6** m<sup>2</sup>/j

koolstof-water verdelingscoëfficiënt K<sub>oc</sub> = **0** l/kg

fractie organische koolstof onverzadigde zone f<sub>oc,1</sub> = **0,0116** kg/kg

verdelingscoëfficiënt onverzadigde zone K<sub>d1</sub> = **0** l/kg

BSN grondwater (standaard) = **0,1** µg/l

achtergrondconcentratie in het grondwater van de site C<sub>gw,0</sub> = **0** µg/l

Terug Stap 6 van 12 Verder

Bewaar Leeg Default **Invoegen** Rapport Herbegin Run

Basis map: D:\F-LEACH project/run: test F-LEACH 3.0/test01\_B basisscenario: basisscenario 1



In deze stap worden de parameters m.b.t. de contaminant ingevuld. Een overzicht van deze parameters wordt gegeven in onderstaande tabel.

Tabel 3: Invoerparameters voor de verschillende scenario's in Stap 6.

Basisscenario 1		Basisscenario 2	
zware metalen	andere	zware metalen	andere
oplosbaarheid $S^*$	oplosbaarheid $S^*$	oplosbaarheid $S^*$	oplosbaarheid $S^*$
dimensieloze Henry-coëfficiënt $H^*$	dimensieloze Henry-coëfficiënt $H^*$	dimensieloze Henry-coëfficiënt $H^*$	dimensieloze Henry-coëfficiënt $H^*$
diffusiecoëfficiënt in lucht $D_a^*$	diffusiecoëfficiënt in lucht $D_a^*$	diffusiecoëfficiënt in lucht $D_a^*$	diffusiecoëfficiënt in lucht $D_a^*$
verdelingscoëfficiënt $K_{oc}^*$	$K_{oc}^*$	verdelingscoëfficiënt $K_{oc}^*$	$K_{oc}^*$
onverzadigde zone $K_{d,1}$	organisch koolstofgehalte	onverzadigde zone $K_{d,1}$	organisch koolstofgehalte
bodemsaneringsnorm	in onverzadigde zone $f_{oc,1}$	verdelingscoëfficiënt	onverzadigde zone $f_{oc,1}$
grondwater BSN <sup>#</sup>	verdelingscoëfficiënt	laag $K_{d,2}$	verdelingscoëfficiënt
achtergrondconcentratie	in onverzadigde zone $K_{d,1}^{\$}$	bodemsaneringsnorm	in onverzadigde zone $K_{d,1}^{\$}$
grondwater $C_{gw,0}$	bodemsaneringsnorm	in grondwater BSN <sup>#</sup>	organisch koolstofgehalte
	grondwater BSN <sup>#</sup>	achtergrondconcentratie	in freatische laag $f_{oc,2}$
	achtergrondconcentratie	in grondwater $C_{gw,0}$	verdelingscoëfficiënt
	grondwater $C_{gw,0}$		laag $K_{d,2}^{\$}$
			bodemsaneringsnorm
			in grondwater BSN <sup>#</sup>
			achtergrondconcentratie
			in grondwater $C_{gw,0}$

\* wordt gegeven door het model behalve voor nieuwe stof; kan door de gebruiker aangepast worden

# wordt gegeven door het model behalve voor nieuwe stof; kan niet door de gebruiker aangepast worden

<sup>\\$</sup> wordt berekend door het model maar kan door de gebruiker aangepast worden indien een waarde beschikbaar is

De gebruiker heeft de mogelijkheid om de  $K_{d,1}$  voor de onverzadigde zone te berekenen a.h.v. bodemeigenschappen door te klikken op 'via bodemeigenschappen'. Dan wordt gevraagd het percentage organische koolstof, percentage klei en pH van de bodem in te geven (en bijkomend de concentratie Pb indien de contaminant lood is) en F-LEACH berekent dan de  $K_{d,1}$  waarde op basis van de relaties gegeven in Tabel 5.

Voor een uitvoerige bespreking van de invoerparameters en de manier om ze te meten of te schatten wordt verwezen naar de rapporten 'Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie van de bodemkwaliteit: Deel 1 – Opstellen methodiek' (Seuntjens et al., 2005) en 'Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie van de bodemkwaliteit: Deel 2 – Handleiding uitloging' (Joris et al., 2005a). Hieronder volgt een korte beschrijving.

Tabel 4: Beschrijving van de invoerparameters voor Stap 6.

Invoer-parameter	Beschrijving
$S$ ( $\mu\text{g/l}$ ):	maximale oplosbaarheid in water; wordt door de software gegeven als de waarde uit 'Basisinformatie voor risico-evaluaties DEEL 4-SN - Stofdata normering' (Provoost et al., 2004)
$H'$ (-):	dimensieloze Henry-coëfficiënt; wordt door de software gegeven als de waarde uit 'Basisinformatie voor risico-evaluaties DEEL 4-SN - Stofdata normering' (Provoost et al., 2004)
$D_a$ ( $\text{m}^2/\text{j}$ ):	diffusiecoëfficiënt in lucht; wordt door de software gegeven als de waarde uit 'Basisinformatie voor risico-evaluaties DEEL 4-SN - Stofdata normering' (Provoost et al., 2004)
$K_{oc}$ ( $\text{l/kg}$ ):	organisch koolstof-water verdelingsfactor; wordt door de software gegeven als de waarde uit

Invoer-parameter	Beschrijving
	'Basisinformatie voor risico-evaluaties DEEL 4-SN - Stofdata normering' (Provoost et al., 2004)
$f_{OC,1}$ (kg/kg):	fractie organische koolstof in de onverzadigde zone; kan berekend worden als fractie organische stof/1.72
$K_{d,1}$ (l/kg):	bodem-water verdelingsfactor in de onverzadigde zone (zie verder)
$f_{OC,2}$ (kg/kg):	fractie organische koolstof in de freatische laag; kan berekend worden als fractie organische stof/1.72
$K_{d,2}$ (l/kg):	bodem-water verdelingsfactor in de freatische laag (zie verder)
BSN	bodemsaneringsnorm in grondwater (VLAREBO bijlage 4); dient door de gebruiker ingevuld te worden voor een nieuwe stof
$C_{gw,0}$	achtergrondconcentratie in grondwater representatief voor de site

De bodem-water verdelingsfactor  $K_d$  voor zware metalen kan gemeten worden of geschat op basis van bodemkenmerken. De bodem-water verdelingsfactor  $K_d$  voor organische stoffen wordt doorgaans berekend uit de fractie organische koolstof in de bodem  $f_{OC}$  en de  $K_{OC}$  van de stof.

→ 1)  $K_{d,1}$  voor zware metalen

a. Schatting a.h.v. bodemkenmerken

De sitespecifieke  $K_{d,1}$  voor zware metalen kan worden berekend uit de gemeten bodemkenmerken (percentage organische stof, %klei, pH en mogelijk CEC) en de gemeten metaalconcentraties in bodem. De relaties in Tabel 5 voor zware metalen zijn in principe geldig voor een onverzadigde bodem. De relaties voor zware metalen zijn niet van toepassing voor de freatische laag.

Tabel 5: Relatie  $K_d$ -bodemkenmerken naar Smolders et al. (2000).

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	$\log K_d = 1,76 + 0,4 \text{pH}$ $\log K_d = 1,76 + 0,4 \text{pH}$ $\log K_d = -1,64 + 0,48 \text{pH} + \log(\text{Pb})$	$\text{pH} \leq 5,5$ $\text{pH} > 5,5$ en $\log \text{Pb}_{\text{tot}} < 3,4 - 0,08 \text{pH}$ $\text{pH} > 5,5$ én $\log \text{Pb}_{\text{tot}} > 3,4 - 0,08 \text{pH}$
Ni	$\log K_d = 1,31 + 0,25 \text{pH}$	
Zn	$\log K_d = -1,09 + 0,61 \text{pH}$	

pH in 0,01 M CaCl<sub>2</sub> (L/S 10/1; 24 u schudden); CEC: bepaling met BaCl<sub>2</sub>; %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.

b. Meting in schudproef

De verdelingsfactor  $K_{d,1}$  in bodem kan worden bepaald door het uitvoeren van een schudproef met 0,01 M CaCl<sub>2</sub>. In eerste instantie wordt de totale metaalconcentratie in de bodem bepaald.

Daarnaast wordt aan 2,5 g bodemstaal 25 ml 0,01 M CaCl<sub>2</sub> 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):

$$\begin{aligned}As_{pw} &= 2As_{Ca} \\Cd_{pw} &= 0.5Cd_{Ca} \\Cu_{pw} &= Cu_{Ca} \\Pb_{pw} &= 0.045 + 0.08Pb_{Ca} \\Cr_{pw} &= 4Cr_{Ca} \\Ni_{pw} &= Ni_{Ca} \\Hg_{pw} &= Hg_{Ca} \\Zn_{pw} &= Zn_{Ca}\end{aligned}$$

met  $M_{Ca}$  (mg/l) de metaalconcentratie in het 0,01M CaCl<sub>2</sub> extract.

### → 2) $K_{d,2}$ voor zware metalen

De verdelingsfactor in aquifers wordt bepaald door kernen te bemonsteren die zowel het aquifer materiaal 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). Pragmatisch kan de  $K_d$  van de freatische laag gekozen worden als de  $K_d$  voor bodem gedeeld door een factor 10.

### → 3) $K_{d,1}$ en $K_{d,2}$ voor organische verbindingen

Voor organische verbindingen kan 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 worden en op basis hiervan en de bepaling van de fractie organische koolstof kan een  $K_d$ -factor worden berekend. De software geeft standaard de berekende  $K_d$ -waarde op basis van de fractie organische koolstof  $f_{oc}$  en de  $K_{oc}$ -factor zoals gegeven in 'Basisinformatie voor risico-evaluaties DEEL 4-SN - Stofdata normering' (Provoost et al., 2004).

## STAP 7: RESULTAAT TRAP 1

Trap 1: Toetsingswaarde voor uitlogging

toetsingswaarde TW = 40,33 mg/kg ds  
hoogste gemeten concentratie = 50 mg/kg ds > TW

Er zijn concentraties gemeten hoger dan TW.  
=> Risico op uitlogging kan niet uitgesloten worden.  
Ga verder naar trap 2.

Terug Stap 7 van 12 Verder

Bewaar Leeg Default Invoegen Rapport Herbegin Run

Basis map: D:\F-LEACH project/run: test F-LEACH 3.0/test01\_B basisscenario: basisscenario 1 contaminant: lood

Dit scherm geeft de berekende toetsingswaarde voor uitlogging TW berekend volgens de formules in 'Bepaling van risico's door uitlogging en beschrijving evolutie van de bodemkwaliteit: Deel 1 – Opstellen methodiek' (Seuntjens et al., 2005). De toetsingswaarde is begrensd: de waarde kan maximaal gelijk zijn aan de concentratie in de vaste stof in evenwicht met de maximale oplosbaarheid van de stof in water. De ondergrens wordt gevormd door de eindigheid van de bron en wordt berekend door uit te gaan van afname van de bron door vervluchting en uitlogging. De software evalueert de berekende waarde, bovengrens en ondergrens en geeft de toetsingswaarde van toepassing.

De gebruiker wordt gevraagd de maximum concentratie gemeten in de bronzone in te geven. Is deze hoger dan de toetsingswaarde voor uitlogging, is het aangewezen verder te gaan met de risico-evaluatie in trap 2 (knop 'Verder'). Is de hoogst gemeten concentratie lager dan de toetsingswaarde voor uitlogging, kan de gebruiker de berekening met F-LEACH beëindigen of de toetsingswaarde voor een andere stof berekenen met de knop 'Terug'.

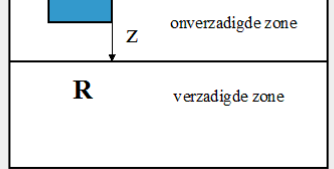
## STAP 8: INITIËLE CONDITIES

Naargelang het gekozen basisscenario ziet dit scherm er anders uit.

FL F-LEACH 3.0-RC3

### Basisscenario 1: Bodemverontreiniging

Bron in onverzadigde zone  
Receptor is het grondwater op diepte z onder het maaiveld (geen grondwaterverontreiniging)  
Pad = z



Initiële condities onverzadigde zone

achtergrondconcentratie in het grondwater van de site  $C_{gw,0} = 0$    $\mu\text{g/l}$

*Initiële verticale verdeling van de contaminant in de onverzadigde zone (bodem):*

Totale diepte  $z = 1$   m

Aantal lagen:

Laag 1 van z = 0 <input type="text" value="0"/>	m, tot z = 0,25 <input type="text" value="0,25"/>	m, met concentratie 50 <input type="text" value="50"/> mg/kg
Laag 2 van z = 0,25 <input type="text" value="0,25"/>	m, tot z = 0,5 <input type="text" value="0,5"/>	m, met concentratie 25 <input type="text" value="25"/> mg/kg
Laag 3 van z = 0,5 <input type="text" value="0,5"/>	m, tot z = 1 <input type="text" value="1"/>	m, met concentratie 10 <input type="text" value="10"/> mg/kg

Terug Stap 8 van 12 Verder

Bewaar Leeg Default Invoegen Rapport Herbegin Run

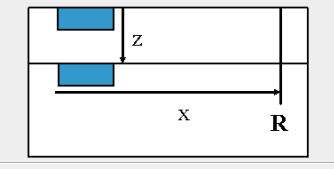
Basis map: D:\F-LEACH project/run: test F-LEACH 3.0/test01\_B basisscenario: basisscenario 1 contaminant: zink

---

FL F-LEACH 3.0-RC3

### Basisscenario 2: Bodem- en grondwaterverontreiniging

Bron in onverzadigde zone  
Receptor is het grondwater stroomafwaarts op afstand x van de bron  
Pad = z + x



Initiële condities onverzadigde zone

achtergrondconcentratie in het grondwater van de site  $C_{gw,0} = 0$    $\mu\text{g/l}$

*Initiële verticale verdeling van de contaminant in de onverzadigde zone (bodem):*

Totale diepte  $z = 1$   m

Aantal lagen:

Laag 1 van z = 0 <input type="text" value="0"/>	m, tot z = 0,25 <input type="text" value="0,25"/>	m, met concentratie 50 <input type="text" value="50"/> mg/kg
Laag 2 van z = 0,25 <input type="text" value="0,25"/>	m, tot z = 0,5 <input type="text" value="0,5"/>	m, met concentratie 25 <input type="text" value="25"/> mg/kg
Laag 3 van z = 0,5 <input type="text" value="0,5"/>	m, tot z = 1 <input type="text" value="1"/>	m, met concentratie 10 <input type="text" value="10"/> mg/kg

Initiële condities verzadigde zone

*Initiële horizontale verdeling van de contaminant in de verzadigde zone (grondwater):*

Aantal stappen over de afstand X = 50 m

Stap 1 van x = 0 <input type="text" value="0"/>	m, tot x = 10 <input type="text" value="10"/>	m, met concentratie 600 <input type="text" value="600"/> $\mu\text{g/l}$
Stap 2 van x = 10 <input type="text" value="10"/>	m, tot x = 50 <input type="text" value="50"/>	m, met concentratie 300 <input type="text" value="300"/> $\mu\text{g/l}$

Terug Stap 8 van 12 Verder

Bewaar Leeg Default Invoegen Rapport Herbegin Run

Basis map: D:\F-LEACH project/run: test F-LEACH 3.0/test01\_B basisscenario: basisscenario 2 contaminant: zink

In deze stap worden de initiële condities van de onverzadigde zone en de verzadigde zone (enkel in geval van basisscenario 2) ingevuld. De schuifbalken dienen gebruikt te worden om het aantal lagen/stappen te selecteren.

Een overzicht van de in te vullen parameters wordt gegeven in onderstaande tabel.

*Tabel 6: Invoerparameters voor de verschillende scenario's in Stap 8.*

Basisscenario 1		Basisscenario 2	
zware metalen	andere	zware metalen	andere
concentratie in onverzadigde zone C(z)	concentratie in onverzadigde zone C(z)	concentratie in onverzadigde zone C(z) concentratie in freatische laag C(X)	concentratie in onverzadigde zone C(z) concentratie in freatische laag C(X)

De initiële concentraties in de onverzadigde zone worden per bodemlaag (maximaal 10) als functie van de diepte ingevoerd. De initiële concentraties in de freatische laag worden als functie van de afstand tot de receptor ingevoerd. De afstand tot de receptor is gedefinieerd als de afstand van de grens van de bronzone het verst van de receptor tot aan de receptor.

## STAP 9: REACTIES

Deze stap wordt overgeslagen in het geval van zware metalen. Dit scherm verschijnt enkel in het geval van andere contaminanten. Hierin kunnen (allen optioneel) reacties in de onverzadigde zone en de verzadigde zone (enkel in geval van basisscenario 2) ingevuld worden. Een overzicht van de in te vullen parameters wordt gegeven in onderstaande tabel.

Tabel 7: Invoerparameters voor de verschillende scenario's in Stap 9.

Basisscenario 1 zware metalen	andere	Basisscenario 2 zware metalen	andere
-	<b>Onverzadigde zone</b> verlichting bodemluchtgehalte $\theta_a^*$ reactie verlichting $\mu_g^*$ <b>afbraak</b> halfwaardetijd $t_{1/2,1}$ <b>productie</b> productiesnelheid $V_1$	-	<b>Onverzadigde zone</b> verlichting bodemluchtgehalte $\theta_a^*$ reactie verlichting $\mu_g^*$ <b>afbraak</b> halfwaardetijd $t_{1/2,1}$ <b>productie</b> productiesnelheid $V_1$ <b>Verzadigde zone</b> <b>afbraak</b> halfwaardetijd $t_{1/2,2}$ <b>productie</b> productiesnelheid $V_2$

\*wordt berekend door het model en kan niet door de gebruiker aangepast worden

Voor een uitvoerige bespreking van de invoerparameters en de manier om ze te meten of te schatten wordt verwezen naar de rapporten 'Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie van de bodemkwaliteit: Deel 1 – Opstellen methodiek' (Seuntjens et al., 2005) en 'Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie van de bodemkwaliteit: Deel 2 – Handleiding

uitloging' (Joris et al., 2005a). Methodes om potentie en snelheid van biodegradatie te bepalen zijn te vinden in 'Code van goede praktijk – Natuurlijke attenuatie' (Gemoets et al., 2003). Indien men niet over informatie over de snelheid van biodegradatie beschikt, krijgt het de voorkeur de optie afbraak niet te gebruiken.

Tabel 8: Beschrijving van de invoerparameters voor Stap 9.

Invoer-parameter	Beschrijving
$\theta_g$ (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> ):	volumetrisch bodemluchtgehalte; wordt door de software bepaald als het verschil tussen porositeit en volumetrisch vochtgehalte en kan niet door de gebruiker gewijzigd worden.
$\mu_g$ (1/j):	reactieconstante voor vervluchtiging (beschreven als eerste-orde reactie); wordt door de software berekend en kan niet door de gebruiker gewijzigd worden.
$t_{1/2,1}$ (j):	halfwaardetijd voor eerste-orde afbraak in de onverzadigde zone
$V_1$ (µg/l/j):	productiesnelheid voor nulde-orde productie in de onverzadigde zone
$t_{1/2,2}$ (j):	halfwaardetijd voor eerste-orde afbraak in de verzadigde zone
$V_2$ (µg/l/j):	productiesnelheid voor nulde-orde productie in de verzadigde zone



**STAP 10: KEUZE MODELLERING**

**Modellering uitloging**

Bereken de concentratie ter hoogte van de receptor in functie van de tijd

Bereken evolutie van de bodemkwaliteit  
Concentratie in bodem en poriewater in functie van de diepte (verticaal) op discrete tijdstippen

Bereken evolutie van de grondwaterpluim  
Concentratie in grondwater in functie van de afstand tot de bron (horizontaal) op discrete tijdstippen

Terug Stap 10 van 12 Verder

Bewaar Leeg Default Invoegen Rapport Herbegin Run

Basis map: D:\F-LEACH project/run: test F-LEACH 3.0/test01\_B basisscenario: basisscenario 2 contaminant: zink

In deze stap kan gekozen worden welk type uitvoer gegenereerd moet worden. Het berekenen van de evolutie van de grondwaterpluim is enkel beschikbaar in het geval van basisscenario 2. Er kan meer dan 1 optie tegelijkertijd geselecteerd worden.

## STAP 11: MODELLERINGSOPTIES

**Modellerings uitloging: opties**

gekozen tijdstap: 1,25 j

Uitvoer wordt gegeven na:

Concentratie aan receptor		Evolutie bodemkwaliteit & grondwaterpluim	
0	- 1,25 j	0	j
1,25	- 6,25 j	1,25	j
6,25	- 12,5 j	6,25	j
12,5	- 62,5 j	12,5	j
62,5	- 125 j	62,5	j
125	- 500 j	125	j
		500	j

---

Contaminant: zink

Concentratie aan receptor & evolutie grondwaterpluim	Evolutie bodemkwaliteit
Norm voor grondwater:	Bodemsaneringsnorm van toepassing:
<input checked="" type="radio"/> BSN (standaard): 500 µg/l	0 mg/kg ds
<input type="radio"/> Andere:	
Omschrijving: <input type="text"/>	
Waarde: <input type="text"/> µg/l	

Er is nog verdere toediening of instroom van pollutie bovenaan het bodemprofiel

Karakteriseer de instroom als een stapfunctie

Aantal stappen

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Stap 1 van t = 0 jaar, tot t = 0,03 jaar, met concentratie 33546 µg/l

Terug Stap 11 van 12 Verder

Bewaar Leeg Default Invoegen Rapport Herbegin Run

Basis map: D:\F-LEACH project/run: test F-LEACH 3.0/testt01\_B basisscenario: basisscenario 2 contaminant: zink

In stap 11 kunnen de opties ingesteld worden voor de modelleringsrun(s).

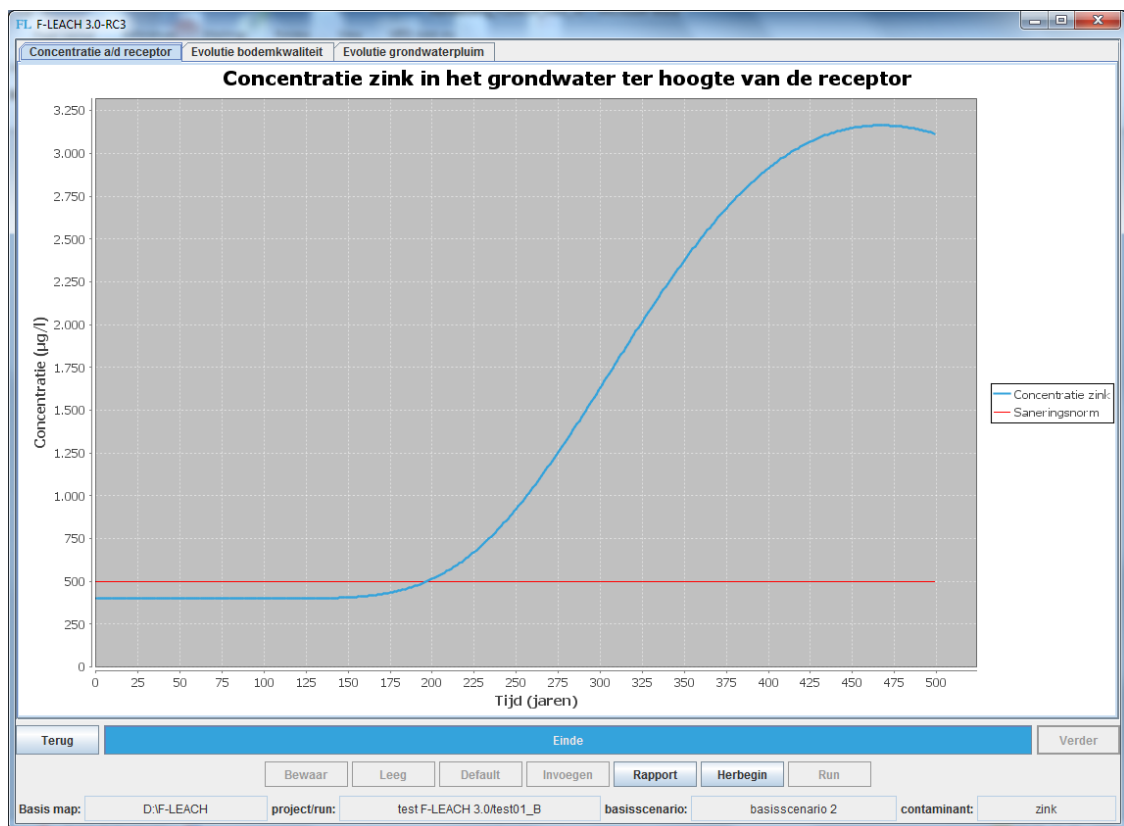
De instelling van de *tijdstap* bepaalt de totale tijd waarover gemodelleerd wordt (400 x de tijdstap) en de tijdstippen waarop uitvoer gegenereerd wordt. Met de default-knop kan teruggekeerd worden naar de berekende indicatieve waarde voor de tijdstap.

De *norm voor grondwater* is standaard de bodemsaneringsnorm (VLAREBO Bijlage 4). De gebruiker kan hier kiezen om een andere norm te nemen (bijv. een bepaald percentage van de bodemsaneringsnorm of een oppervlaktewater norm indien de receptor een oppervlaktewater is) maar dan wordt hij gevraagd een omschrijving en een waarde te geven.

De *bodemsaneringsnorm van toepassing* moet ingevuld worden door de gebruiker op basis van bestemmingstype, pH, klei- en organische stofgehalte (volgens VLAREBO Bijlage 4).

Het is mogelijk om verdere toevoer van de contaminant bovenaan het bodemprofiel te definiëren door deze optie aan te vinken. Dan wordt er gevraagd de tijdsduur en concentratie van toediening in te geven. Er kunnen tot 9 tijdstappen met verschillende concentraties ingegeven worden.

## STAP 12: RESULTAAT TRAP 2



In stap 12 kunnen de grafieken van de verschillende geselecteerde modelleringsruns bekeken worden. In de tabs bovenaan kunnen de grafieken gekozen worden. Naargelang welke opties in stap 10 gekozen werden, zijn deze tabbladen al dan niet aanwezig.

Onderaan staan de navigatieknoppen. De terug-knop keert terug naar stap 11. De rapport-knop zorgt ervoor dat een pdf-rapport aangemaakt wordt dat ook automatisch opent. De herbegint-knop brengt u terug naar stap 1.

De getoonde grafieken komen ook voor in het bijhorende rapport in pdf-formaat.

4.3.3. MINERALE OLIE

STAP 5: SITE KENMERKEN

Naargelang het geselecteerde basisscenario ziet dit scherm er anders uit.

FL F-LEACH 3.0-RC3

### Site kenmerken

<u>Parameters onverzadigde zone</u>		<u>Parameters verzadigde zone</u>	
infiltratieflex $q =$	<input type="text" value="0,265"/> m/j	gradiënt $i =$	<input type="text" value="0,001"/> m/m
bulkdensiteit $\rho_1 =$	<input type="text" value="1,5"/> kg/l	verzadigde doorlaatbaarheid $k =$	<input type="text" value="365"/> m/j
<b>i</b> vochtgehalte $\theta_1 =$	<input type="text" value="0,2"/> cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	dikte freatische laag $d =$	<input type="text" value="30"/> m
dispersiecoëfficiënt $D_1 =$	<input type="text" value="0,06625"/> m <sup>2</sup> /j	<input type="button" value="via NGI-kaartblad ..."/>	
lengte bronzone $L =$	<input type="text" value="50"/> m	mengdiepte $M_z =$	<input type="text" value="26,34599"/> m
totale dikte onverzadigde zone $z =$	<input type="text" value="1"/> m	dilutiefactor $DL =$	<input type="text" value="1,72576"/>
porositeit $\theta_{s,1} =$	<input type="text" value="0,38"/> cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>		

Stap 5 van 10

Basis map: D:\F-LEACH    project/run: test fleach mo/run02    basisscenario: basisscenario 1    contaminant: minerale olie

FL F-LEACH 3.0-RC3

### Site kenmerken

<u>Parameters onverzadigde zone</u>		<u>Parameters verzadigde zone</u>	
infiltratieflex $q =$	<input type="text" value="0,265"/> m/j	gradiënt $i =$	<input type="text" value="0,001"/> m/m
bulkdensiteit $\rho_1 =$	<input type="text" value="1,5"/> kg/l	verzadigde doorlaatbaarheid $k =$	<input type="text" value="365"/> m/j
<b>i</b> vochtgehalte $\theta_1 =$	<input type="text" value="0,2"/> cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	dikte freatische laag $d =$	<input type="text" value="30"/> m
dispersiecoëfficiënt $D_1 =$	<input type="text" value="0,06625"/> m <sup>2</sup> /j	<input type="button" value="via NGI-kaartblad ..."/>	
lengte bronzone $L =$	<input type="text" value="50"/> m	bulkdensiteit $\rho_2 =$	<input type="text" value="1,3"/> kg/l
totale dikte onverzadigde zone $z =$	<input type="text" value="1"/> m	afstand tot receptor $X =$	<input type="text" value="100"/> m
porositeit $\theta_{s,1} =$	<input type="text" value="0,38"/> cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	dispersiecoëfficiënt $D_2 =$	<input type="text" value="12,79745"/> m <sup>2</sup> /j
		porositeit $\theta_{s,2} =$	<input type="text" value="0,3"/> cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>
		mengdiepte $M_z =$	<input type="text" value="26,34599"/> m
		dilutiefactor $DL =$	<input type="text" value="1,72576"/>

Stap 5 van 10

Basis map: D:\F-LEACH    project/run: test fleach mo/run02    basisscenario: basisscenario 2    contaminant: minerale olie

In deze stap worden de site kenmerken (parameters van de onverzadigde zone en de verzadigde zone) ingevuld door de gebruiker. Een overzicht van de parameters wordt gegeven in onderstaande tabel.

Tabel 9: Invoerparameters in Stap 5 van de module minerale olie.

Basisscenario 1	Basisscenario 2
<b>Onverzadigde zone</b>	<b>Onverzadigde zone</b>
infiltratieflux $q$	infiltratieflux $q$
bulkdensiteit $\rho_1$	bulkdensiteit $\rho_1$
vochtgehalte $\theta_1$	vochtgehalte $\theta_1$
dispersiecoëfficiënt $D_1^*$	dispersiecoëfficiënt $D_1^*$
lengte bronzone $L$	lengte bronzone $L$
dikte onverzadigde zone $z$	dikte onverzadigde zone $z$
porositeit $\theta_{s,1}$	porositeit $\theta_{s,1}$
<b>Verzadigde zone</b>	<b>Verzadigde zone</b>
gradiënt $i$	gradiënt $i$
verzadigde doorlaatbaarheid $k$	verzadigde doorlaatbaarheid $k$
dikte freatische laag $d$	dikte freatische laag $d$
dilutiefactor $DL^{\S}$	porositeit $\theta_{s,2}$
mengdiepte $M_z^{\S}$	bulkdensiteit $\rho_2$
	afstand tot de receptor $X$
	mengdiepte $M_z^{\S}$
	dilutiefactor $DL^{\S}$
	dispersiecoëfficiënt $D_2^*$

\*wordt berekend door het model maar kan door de gebruiker aangepast worden indien een waarde beschikbaar is

<sup>§</sup>wordt berekend door het model en kan niet door de gebruiker aangepast worden

Voor het bodemvochtgehalte in de onverzadigde zone wordt er een tooltip aangeboden die toelaat om de textuur van de bodem volgens de Belgische bodemkaart te bepalen en op basis daarvan het bodemvochtgehalte overeenstemmend met een netto neerslag van 265 mm/j. Deze is berekend voor de 7 Belgische textuurklassen op basis van Vereecken (1988) die voor een grote set Belgische bodemstalen de hydraulische parameters (vochtretentiecurve en conductiviteitscurve) bepaald heeft.

De parameters voor grondwaterstroming (gradiënt  $i$ , verzadigde doorlaatbaarheid  $k$  en dikte freatische laag  $d$ ) kunnen ook opgevraagd worden op basis van het NGI 1/32<sup>ste</sup> kaartblad met de knop 'via NGI-kaartblad'. Meer info over de versnijding van de kaartbladen en hoe het kaartblad op te vragen via gemeente wordt gegeven in Bijlage A.

Voor een uitvoerige bespreking van de invoerparameters en de manier om ze te meten of te schatten wordt verwezen naar de rapporten 'Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie van de bodemkwaliteit: Deel 1 – Opstellen methodiek' Hoofdstuk 5 en 6 (Seuntjens et al., 2005) en 'Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie van de bodemkwaliteit: Deel 2 – Handleiding uitloging' Hoofdstuk 3 en 4 (Joris et al., 2005a). Hieronder volgt een korte beschrijving.

Tabel 10: Beschrijving van de invoerparameters voor Stap 5 van de module minerale olie.

Invoer-parameter	Beschrijving
$q$ (m/j):	de infiltratieflux of netto-neerslag in de onverzadigde zone; gelijk aan de totale neerslag verminderd met oppervlakkige afstroming en evapotranspiratie; is afhankelijk van bodemtype en –bedekking

Invoer-parameter	Beschrijving
	maar gemiddeld begroot op 0,265 m/j. Staat voor de waterflux die zorgt voor verspreiding van de contaminant en moet dus groter dan 0 zijn.
$\rho_1$ (kg/l):	bulkdensiteit of droge stofdichtheid van de onverzadigde zone; 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 <sup>3</sup> ).
$\theta_1$ (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> ):	volumetrisch vochtgehalte van de onverzadigde zone; 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 <sup>3</sup> ). Kan op basis van kaartblad afgelezen worden uit tabellen (zie Bijlage A bij dit document en Bijlage A bij 'Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie van de bodemkwaliteit: Deel 1 – Opstellen methodiek')
$D_1$ (m <sup>2</sup> /j):	dispersiecoëfficiënt voor de onverzadigde zone; wordt door het model berekend als het product van een vaste dispersiviteit $\lambda$ en de poriewatersnelheid ( $=q/\theta_1$ ). Als representatieve waarde voor dispersiviteit is een waarde van 5 cm gekozen (Vanderborght and Vereecken, 2007). De dispersiecoëfficiënt $D_1$ (m <sup>2</sup> /j) wordt dan: $D_1 = 0.05 * \frac{q}{\theta_1}$ De gebruiker kan deze waarde door een eigen waarde vervangen.
$L$ (m):	lengte van de bronzone gemeten volgens de richting van grondwaterstroming
$z$ (m)	dikte van de onverzadigde zone (afstand van het maaiveld tot grondwatervniveau)
$\theta_{s,1}$ (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> ):	porositeit van de onverzadigde zone; kan geschat worden op basis van volgende formule: $\theta_s = 1 - \frac{\rho_1}{2.65}$ De porositeit is gelijk aan de som van het volumetrisch vochtgehalte $\theta_1$ , het volumetrisch luchtgehalte $\theta_a$ en eventueel de volumetrische fractie van de puur product fase $\theta_{NAPL}$ en is altijd kleiner dan 1.
$i$ (m/m):	hydraulische gradiënt in de freatische laag; kan afgelezen worden uit tabellen (Bijlage A bij 'Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie van de bodemkwaliteit: Deel 1 – Opstellen methodiek')
$k$ (m/j):	verzadigde doorlaatbaarheid van de freatische laag; kan op basis van kaartblad afgelezen worden uit tabellen (Bijlage A bij 'Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie van de bodemkwaliteit: Deel 1 – Opstellen methodiek')
$d$ (m):	dikte van de freatische laag; kan op basis van kaartblad afgelezen worden uit tabellen (Bijlage A bij 'Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie van de bodemkwaliteit: Deel 1 – Opstellen methodiek')
$\theta_{s,2}$ (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> ):	effectieve porositeit van de freatische laag
$\rho_2$ (kg/l):	bulkdensiteit of droge stofdichtheid van de freatische laag
$X$ (m)	afstand tot de receptor gemeten volgens de richting van de grondwaterstroming en vanaf de grens van de bronzone het verst van de receptor tot aan de receptor.
$D_2$ (m <sup>2</sup> /j):	dispersiecoëfficiënt voor de verzadigde zone; wordt door de software berekend als (Xu and Eckstein, 1995): $D_2 = 0.83(\log_{10}X)^{2.414} \frac{ki}{\theta_s}$

---

Invoer-parameter	Beschrijving
	De gebruiker kan deze waarde door een eigen waarde vervangen.
$M_z$ (m):	mengdiepte in de freatische laag; wordt door de software berekend volgens (EPA, 1996): $M_z = \sqrt{0.0112 * L^2} + d(1 - e^{-Lq/ki d})$
$DL$ (-):	dilutiefactor; de verhouding van de concentratie in het bodemwater tot de concentratie in het grondwater; wordt door de software berekend.

**STAP 6: EIGENSCHAPPEN EPK-VPK BLOKKEN**

Naargelang het geselecteerde basisscenario ziet dit scherm er anders uit.

**Eigenschappen EPK-VPK blokken**

fractie organische koolstof onverzadigde zone  $f_{oc,1} =$   kg/kg

fractie organische stof onverzadigde zone  $f_{os,1} =$   kg/kg

	MW mg/mol	S µg/l	H'	log K <sub>oc</sub> l/kg	Da m <sup>2</sup> /j	ρ <sub>na</sub> mg/l	K <sub>d1</sub> l/kg
Alifaten: EC <sub>&gt;5-6</sub>	81000	36000	33	2,9	315	6,79E5	7,94328
Alifaten: EC <sub>&gt;6-8</sub>	100000	5400	50	3,6	315	7,26E5	39,81072
Alifaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	1,3E5	430	80	4,5	315	7,33E5	316,22777
Alifaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>	1,6E5	34	120	5,4	315	7,6E5	2511,88643
Alifaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>	2E5	0,76	520	6,7	315	7,66E5	50118,72336
Alifaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>	2,7E5	0,0025	4900	8,8	315	7,8E5	6,31E6
Aromaten: benzeen (EC <sub>&gt;5-7</sub> )	78000	1,8E6	0,23	1,9	271,56	8,77E5	0,79433
Aromaten: toluen (EC <sub>&gt;7-8</sub> )	92000	5,2E5	0,27	2,4	253,164	8,67E5	2,51189
Aromaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	1,2E5	65000	0,48	3,2	315	8,71E5	15,84893
Aromaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>	1,3E5	25000	0,14	3,4	315	9,04E5	25,11886
Aromaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>	1,5E5	5800	0,053	3,7	315	1,02E6	50,11872
Aromaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>	1,9E5	650	0,013	4,2	315	1,23E6	158,48932
Aromaten: EC <sub>&gt;21-35</sub>	2,4E5	6,6	6,7E-4	5,1	315	1,28E6	1258,92541

Terug Stap 6 van 10 Verder

Bewaar   Leeg   Default   Invoegen   Rapport   Herbegin   Run

Basis map: D:\F-LEACH   project/run: test fleach mol/run02   basisscenario: basisscenario 1   contaminant: minerale olie

---

**Eigenschappen EPK-VPK blokken**

fractie organische koolstof onverzadigde zone  $f_{oc,1} =$   kg/kg

fractie organische stof onverzadigde zone  $f_{os,1} =$   kg/kg

fractie organische koolstof verzadigde zone  $f_{oc,2} =$   kg/kg

fractie organische stof verzadigde zone  $f_{os,2} =$   kg/kg

	MW mg/mol	S µg/l	H'	log K <sub>oc</sub> l/kg	Da m <sup>2</sup> /j	ρ <sub>na</sub> mg/l	K <sub>d1</sub> l/kg	K <sub>d2</sub> l/kg
Alifaten: EC <sub>&gt;5-6</sub>	81000	36000	33	2,9	315	6,79E5	7,94328	0,79433
Alifaten: EC <sub>&gt;6-8</sub>	100000	5400	50	3,6	315	7,26E5	39,81072	3,98107
Alifaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	1,3E5	430	80	4,5	315	7,33E5	316,22777	31,62278
Alifaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>	1,6E5	34	120	5,4	315	7,6E5	2511,88643	251,18864
Alifaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>	2E5	0,76	520	6,7	315	7,66E5	50118,72336	5011,87234
Alifaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>	2,7E5	0,0025	4900	8,8	315	7,8E5	6,31E6	6,31E5
Aromaten: benzeen (EC <sub>&gt;5-7</sub> )	78000	1,8E6	0,23	1,9	271,56	8,77E5	0,79433	0,07943
Aromaten: toluen (EC <sub>&gt;7-8</sub> )	92000	5,2E5	0,27	2,4	253,164	8,67E5	2,51189	0,25119
Aromaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	1,2E5	65000	0,48	3,2	315	8,71E5	15,84893	1,58489
Aromaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>	1,3E5	25000	0,14	3,4	315	9,04E5	25,11886	2,51189
Aromaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>	1,5E5	5800	0,053	3,7	315	1,02E6	50,11872	5,01187
Aromaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>	1,9E5	650	0,013	4,2	315	1,23E6	158,48932	15,84893
Aromaten: EC <sub>&gt;21-35</sub>	2,4E5	6,6	6,7E-4	5,1	315	1,28E6	1258,92541	125,89254

Terug Stap 6 van 10 Verder

Bewaar   Leeg   Default   Invoegen   Rapport   Herbegin   Run

Basis map: D:\F-LEACH   project/run: test fleach mol/run02   basisscenario: basisscenario 2   contaminant: minerale olie



De berekeningen in de module minerale olie zijn gebaseerd op de karakterisatie van de olie in EPK-VPK blokken (CMA/3/R.3 Petroleum koolwaterstoffen). In Stap 5 worden de belangrijkste fysico-chemische eigenschappen van de verschillende blokken getoond en wordt de gebruiker gevraagd het gehalte natuurlijke organische koolstof of het gehalte natuurlijke organische stof van de site (onverzadigde zone en bijkomend verzadigde zone in basisscenario 2) te geven om de  $K_d$ -waarden van de verschillende blokken te berekenen. Een overzicht van de parameters staat in onderstaande tabel.

Tabel 11: Parameters in Stap 6 van de module minerale olie.

minerale olie
organisch koolstofgehalte onverzadigde zone $f_{OC,1}$
organisch koolstofgehalte verzadigde zone $f_{OC,2}$
molecuulgewicht $MW^S$
oplosbaarheid $S^S$
dimensieloze Henry-coëfficiënt $H'^S$
log $K_{OC}^S$
diffusiecoëfficiënt in lucht $D_a^S$
dichtheid van de NAPL-fase $\rho_{na}^S$
verdelingscoëfficiënt onverzadigde zone $K_{d,1}^S$
verdelingscoëfficiënt verzadigde zone $K_{d,2}^S$

<sup>S</sup> wordt berekend/gegeven door het model en kan niet door de gebruiker aangepast worden

Voor een uitvoerige bespreking van de invoerparameters en de manier om ze te meten of te schatten wordt verwezen naar de rapporten 'Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie van de bodemkwaliteit: Deel 1 – Opstellen methodiek' (Seuntjens et al., 2005) en 'Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie van de bodemkwaliteit: Deel 2 – Handleiding uitloging' (Joris et al., 2005a), en naar de rapporten 'Voorstel voor bodemsaneringsnormen voor minerale olie' (Nouwen et al., 2002) en 'Uitloogrisico voor minerale olie: toetsingsmethodiek' (Joris et al., 2005b). Hieronder volgt een korte beschrijving.

Tabel 12: Beschrijving van de parameters voor Stap 6 van de module minerale olie.

Invoer-parameter	Beschrijving
$MW$ (mg/mol)	molecuulgewicht van oliecomponent; wordt door de software gegeven als de waarde uit 'Voorstel voor bodemsaneringsnormen voor minerale olie' (Nouwen et al., 2002)
$S$ ( $\mu\text{g/l}$ ):	maximale oplosbaarheid in water; wordt door de software gegeven als de waarde uit 'Voorstel voor bodemsaneringsnormen voor minerale olie' (Nouwen et al., 2002)
$H'$ (-):	dimensieloze Henry-coëfficiënt; wordt door de software gegeven als de waarde uit 'Voorstel voor bodemsaneringsnormen voor minerale olie' (Nouwen et al., 2002)
$D_a$ ( $\text{m}^2/\text{j}$ ):	diffusiecoëfficiënt in lucht; wordt door de software gegeven als de waarde uit 'Voorstel voor bodemsaneringsnormen voor minerale olie' (Nouwen et al., 2002)
$\rho_{na}$ (mg/l)	dichtheid van oliecomponent; wordt door de software gegeven als de waarde uit 'Voorstel voor bodemsaneringsnormen voor minerale olie' (Nouwen et al., 2002)
$K_{OC}$ (l/kg):	organisch koolstof-water verdelingsfactor; wordt door de software gegeven als de waarde uit 'Voorstel voor bodemsaneringsnormen voor minerale olie' (Nouwen et al., 2002)

$f_{oc,1}$ (kg/kg):	fractie organische koolstof in de onverzadigde zone (ligt tussen 0 en 1)
$f_{os,1}$ (kg/kg):	fractie organische stof in de onverzadigde zone (ligt tussen 0 en 1)
$K_{d,1}$ (l/kg):	bodem-water verdelingsfactor in de onverzadigde zone; wordt door de software berekend als $K_{d,1} = f_{oc,1}K_{oc}$
$f_{oc,2}$ (kg/kg):	fractie organische koolstof in de verzadigde zone (ligt tussen 0 en 1)
$f_{os,2}$ (kg/kg):	fractie organische stof in de verzadigde zone (ligt tussen 0 en 1)
$K_{d,2}$ (l/kg):	bodem-water verdelingsfactor in de verzadigde zone; wordt door de software berekend als $K_{d,2} = f_{oc,2}K_{oc}$

## STAP 7: OLIEKARAKTERISATIE EPK-VPK

Naargelang het geselecteerde basisscenario ziet dit scherm er anders uit.

FL F-LEACH 3.0-RC3

### Oliekarakterisatie EPK-VPK

Onverzadigde zone

Totaalconcentratie	980,59	mg/kg ds
	aandeel	C <sub>b</sub>
	gew%	mg/kg ds
Alifaten: EC <sub>5-6</sub>	0	0
Alifaten: EC <sub>&gt;6-8</sub>	0	0
Alifaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	1,01877	9,98996
Alifaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>	8,14816	79,90004
Alifaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>	48,95012	479,99998
Alifaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>	22,43547	219,99998
Aromaten: benzeen (EC <sub>5-7</sub> )	0	0
Aromaten: toluen (EC <sub>&gt;7-8</sub> )	0	0
Aromaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	1,29514	12,70001
Aromaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>	0,79544	7,80001
Aromaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>	10,29992	100,99999
Aromaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>	7,05698	69,20004
Aromaten: EC <sub>&gt;21-35</sub>	0	0
	100	

Terug Stap 7 van 10 Verder

Bewaar Leeg Default Invoegen Rapport Herbegin Run

Basis map: D:\F-LEACH project/run: test fleach mo/run02 basisscenario: basisscenario 1 contaminant: minerale olie

---

FL F-LEACH 3.0-RC3

### Oliekarakterisatie EPK-VPK

<u>Onverzadigde zone</u>		<u>Verzadigde zone</u>	
980,59	mg/kg ds	Totaalconcentratie	1500
aandeel	C <sub>b</sub>		mg/kg ds
gew%	mg/kg ds		aandeel
			C <sub>b,2</sub>
			mg/kg ds
0	0	Alifaten: EC <sub>5-6</sub>	0
0	0	Alifaten: EC <sub>&gt;6-8</sub>	0
1,01877	9,98996	Alifaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	1
8,14816	79,90004	Alifaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>	8
48,95012	479,99998	Alifaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>	48
22,43547	219,99998	Alifaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>	22
0	0	Aromaten: benzeen (EC <sub>5-7</sub> )	0
0	0	Aromaten: toluen (EC <sub>&gt;7-8</sub> )	0
1,29514	12,70001	Aromaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	2
0,79544	7,80001	Aromaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>	1
10,29992	100,99999	Aromaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>	11
7,05698	69,20004	Aromaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>	7
0	0	Aromaten: EC <sub>&gt;21-35</sub>	0
100			100

Terug Stap 7 van 10 Verder

Bewaar Leeg Default Invoegen Rapport Herbegin Run

Basis map: D:\F-LEACH project/run: test fleach mo/run02 basisscenario: basisscenario 2 contaminant: minerale olie

In Stap 1 moeten de resultaten van de oliekaracterisatie (volgens CMA/3/R.3) ingegeven worden. De gebruiker wordt gevraagd de totaalconcentratie minerale olie en hetzij de gewichtsfractie of de concentratie van de verschillende EPK-VPK blokken in te geven. In basisscenario 1 gaat dit om een analyse in de onverzadigde zone, in basisscenario 2 een analyse in de onverzadigde en in de verzadigde zone.

De toepassing beschouwt geen blokken zwaarder dan alifaten  $EC_{>16-21}$  en aromaten  $EC_{>21-35}$  in overeenstemming met de methodiek voor risico-evaluatie (Nouwen et al., 2002). De berekeningen gaan er echter wel vanuit dat de som van alle gewichtsfracties 100 % is. Indien er in de oliekaracterisatie concentraties van zwaardere EPK-VPK blokken gemeten zijn die niet rechtstreeks in F-LEACH ingegeven kunnen worden, wordt aangeraden om de concentraties op te tellen bij de blokken alifaten  $EC_{>16-21}$  (voor zwaardere alifaten) en aromaten  $EC_{>21-35}$  (voor zwaardere aromaten). Aangezien de mobiliteit en toxiciteit van de stoffen afneemt naarmate de EPK-VPK blokken zwaarder zijn, wordt op die manier het risico gevormd door deze zwaardere fracties ook op voldoende wijze meegenomen.

De toepassing beschouwt ook de lichtere aromatische fracties  $EC_{5-7}$  en  $EC_{>7-8}$  (overeenstemmend met resp. benzeen en toluen). Indien deze in de resultaten van de oliekaracterisatie mee voorkomen, is het aan te raden om ze in F-LEACH over te nemen om de samenstelling van de minerale olie zo goed mogelijk weer te geven. Indien er echter benzeen of toluen aanwezig is, is het daarnaast ook aan te raden om ze apart in F-LEACH door te rekenen om het risico op uitloging/verspreiding in te schatten.

Op het einde van Stap 7 zijn alle nodige gegevens beschikbaar om de berekeningen van trap 1 uit te voeren en om de opgeloste concentraties in evenwicht met de minerale olie en de verdunning in grondwater te berekenen.

*Tabel 13: Parameters in Stap 7 van de module minerale olie.*

minerale olie
totaalconcentratie
aandeel gew% per blok
totaalconcentratie per blok $C_b$

STAP 8: RESULTAAT TRAP 1

Naargelang het geselecteerde basisscenario ziet dit scherm er anders uit.

FL F-LEACH 3.0-RC3

### Resultaat trap 1

**Onverzadigde zone**

	aandeel gew%	C <sub>b</sub> mg/kg ds	X <sub>NAPL</sub>	C <sub>w</sub> µg/l	C <sub>gw</sub> µg/l	C <sub>gw,crit</sub> µg/l
Alifaten: EC <sub>5-6</sub>	0	0	0	0	0	6000
Alifaten: EC <sub>&gt;6-8</sub>	0	0	0	0	0	6000
Alifaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	1,01877	9,98996	0,01384	5,95299	3,44949	300
Alifaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>	8,14816	79,90004	0,09968	3,38916	1,96387	300
Alifaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>	48,95012	479,99998	0,51463	0,39112	0,22663	300
Alifaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>	22,43547	219,99998	0,17982	4,5E-4	2,6E-4	6000
Aromaten: benzeen (EC <sub>5-7</sub> )	0	0	0	0	0	10
Aromaten: toluen (EC <sub>&gt;7-8</sub> )	0	0	0	0	0	700
Aromaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	1,29514	12,70001	0,00804	522,69938	302,88069	120
Aromaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>	0,79544	7,80001	0,00643	160,73249	93,13722	120
Aromaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>	10,29992	100,99999	0,10494	608,66636	352,69468	120
Aromaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>	7,05698	69,20004	0,07262	47,20059	27,35061	90
Aromaten: EC <sub>&gt;21-35</sub>	0	0	0	0	0	90
<b>Totaal</b>		980,59			781,70345	500

residuele NAPL-verzadiging S<sub>r,1</sub><sup>NAPL</sup> = 0,43917 %

---

Terug Stap 8 van 10 Verder

Bewaar Leeg Default Invoegen **Rapport** Herbegin Run

Basis map: D:\F-LEACH project/run: test fleach mo/run02 basisscenario: basisscenario 1 contaminant: minerale olie

FL F-LEACH 3.0-RC3

### Resultaat trap 1

Onverzadigde zone							Verzadigde zone						
aandeel gew%	C <sub>b</sub> mg/kg ds	X <sub>NAPL</sub>	C <sub>w</sub> µg/l	C <sub>gw</sub> µg/l	C <sub>gw,crit</sub> µg/l		aandeel gew%	C <sub>b,2</sub> mg/kg ds	X <sub>NAPL</sub>	C <sub>w</sub> µg/l	C <sub>gw,crit</sub> µg/l		
0	0	0	0	0	6000	Alifaten: EC <sub>5-6</sub>	0	0	0	0	6000		
0	0	0	0	0	6000	Alifaten: EC <sub>&gt;6-8</sub>	0	0	0	0	6000		
1,01877	9,98996	0,01384	5,95299	3,44949	300	Alifaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	1	15	0,01493	6,42204	300		
8,14816	79,90004	0,09968	3,38916	1,96387	300	Alifaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>	8	120	0,09773	3,32296	300		
48,95012	479,99998	0,51463	0,39112	0,22663	300	Alifaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>	48	720	0,47124	0,35814	300		
22,43547	219,99998	0,17982	4,5E-4	2,6E-4	6000	Alifaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>	22	330	0,16026	4,01E-4	6000		
0	0	0	0	0	10	Aromaten: benzeen (EC <sub>5-7</sub> )	0	0	0	0	10		
0	0	0	0	0	700	Aromaten: toluen (EC <sub>&gt;7-8</sub> )	0	0	0	0	700		
1,29514	12,70001	0,00804	522,69938	302,88069	120	Aromaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	2	30	0,02906	1888,8887	120		
0,79544	7,80001	0,00643	160,73249	93,13722	120	Aromaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>	1	15	0,01416	354,04794	120		
10,29992	100,99999	0,10494	608,66636	352,69468	120	Aromaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>	11	165	0,14061	815,53434	120		
7,05698	69,20004	0,07262	47,20059	27,35061	90	Aromaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>	7	105	0,072	46,79993	90		
0	0	0	0	0	90	Aromaten: EC <sub>&gt;21-35</sub>	0	0	0	0	90		
						<b>Totaal</b>		1500		3115,37444	500		

S<sub>r,1</sub><sup>NAPL</sup> = 0,43917 %      residuele NAPL-verzadiging      S<sub>r,2</sub><sup>NAPL</sup> = 0,79113 %

---

Terug Stap 8 van 10 Verder

Bewaar Leeg Default Invoegen **Rapport** Herbegin Run

Basis map: D:\F-LEACH project/run: test fleach mo/run02 basisscenario: basisscenario 2 contaminant: minerale olie

In Stap 8 wordt de uitvoer van trap 1 in de module minerale olie gegeven. Voor de onverzadigde zone worden de concentraties in oplossing  $C_w$  in evenwicht met de minerale olie gegeven, en de concentraties in grondwater na verdunning  $C_{gw}$ . Voor de verzadigde zone (enkel in basisscenario 2) worden de grondwaterconcentraties  $C_{gw}$  in evenwicht met de minerale olie gegeven. De toetsingswaarden voor concentratie in grondwater  $C_{gw,crit}$  voor de verschillende blokken worden ook gegeven, en indien voor een bepaald blok de berekende concentratie in grondwater  $C_{gw}$  hoger is dan de toetsingswaarde  $C_{gw,crit}$ , licht de berekende concentratie oranje op (in het voorbeeld hierboven voor aromaten  $EC_{>8-10}$  en aromaten  $EC_{>12-16}$ ).

Onderaan wordt de berekende totale opgeloste concentratie minerale olie in grondwater gegeven en vergeleken met de bodemsaneringsnorm in grondwater voor minerale olie. In het voorbeeld hierboven is de totale concentratie hoger dan de bodemsaneringsnorm en licht ze oranje op. Ook de berekende residuele NAPL-verzadiging  $S_r^{NAPL}$  wordt gegeven. Die geeft aan welk percentage van de totale porositeit wordt ingenomen door een puur product fase. Bij een hoge residuele verzadiging kan de olierentecapaciteit van de bodem overschreden zijn en is de puur product fase zelf ook mobiel. Aangezien F-LEACH hiermee geen rekening houdt, geeft de software in dat geval geen volledig beeld van het risico op verspreiding. Als vuistregel kan men stellen dat dit kan optreden vanaf een residuele verzadiging  $S_r^{NAPL}$  van 20%.

Indien voor bepaalde blokken de toetsingswaarde voor de concentratie in grondwater overschreden wordt, kan men overgaan tot een bron-pad-receptor analyse (trap 2). Daarvoor gebruikt met de 'Verder'-knop. Indien men de analyse wil afronden na trap 1, gebruikt men de 'Rapport'-knop om een pdf-rapport te genereren. Indien de gebruiker trap 2 uitvoert, worden de resultaten van trap 1 ook automatisch mee gerapporteerd.

## STAP 9: GEGEVENS VERONTREINIGDE LAAG

Naargelang het geselecteerde basisscenario ziet dit scherm er anders uit.

FL F-LEACH 3.0-RC3

### Verontreinigde laag: locatie en reacties

**Onverzadigde zone**

**locatie**

totale dikte onverzadigde zone  $z = 1$  m

diepte waarop de verontreinigde laag begint  $d_0 = 0$  m

diepte waarop de verontreinigde laag stopt  $d_1 = 0.5$  m

**reacties**

$1^{ste}$  orde afbraak       Vervluchtiging

halfwaardetijd in de bodem  $t_{1/2,1}$  (d)      reactieconstante vervluchtiging  $\mu_g$  (1/d)

Alifaten: EC <sub>5-6</sub>		75.62393
Alifaten: EC <sub>5-8</sub>		30.01859
Alifaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>		6.76977
Alifaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>		1.31016
Alifaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>		0.28583
Alifaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>		0.02142
Aromaten: benzeen (EC <sub>5-7</sub> )		5.72545
Aromaten: toluen (EC <sub>&gt;7-8</sub> )		2.2354
Aromaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>		0.82545
Aromaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>		0.15282
Aromaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>		0.02909
Aromaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>		0.00226
Aromaten: EC <sub>&gt;21-35</sub>		1.47E-5

Terug      Stap 9 van 10      Verder

Bewaar    Leeg    Default    Invoegen    Rapport    Herbegin    Run

Basis map: D:\F-LEACH    project/run: test fleach mo/run02    basisscenario: basisscenario 1    contaminant: minerale olie

---

FL F-LEACH 3.0-RC3

### Verontreinigde laag: locatie en reacties

**Onverzadigde zone**      **Verzadigde zone**

**locatie**

totale dikte onverzadigde zone  $z = 1$  m

diepte waarop de verontreinigde laag begint  $d_0 = 0$  m

diepte waarop de verontreinigde laag stopt  $d_1 = 0.5$  m

afstand tot receptor  $X = 100$  m

afstand waarop de verontreinigde zone stopt  $X_1 = 25$  m

**reacties**

$1^{ste}$  orde afbraak       Vervluchtiging        $1^{ste}$  orde afbraak

halfwaardetijd in de bodem  $t_{1/2,1}$  (d)      reactieconstante vervluchtiging  $\mu_g$  (1/d)      halfwaardetijd in de aquifer  $t_{1/2,2}$  (d)

	75.62393		Alifaten: EC <sub>5-6</sub>	
	30.01859		Alifaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	
	6.76977		Alifaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>	
	1.31016		Alifaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>	
	0.28583		Alifaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>	
	0.02142		Aromaten: benzeen (EC <sub>5-7</sub> )	
	5.72545		Aromaten: toluen (EC <sub>&gt;7-8</sub> )	
	2.2354		Aromaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	
	0.82545		Aromaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>	
	0.15282		Aromaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>	
	0.02909		Aromaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>	
	0.00226		Aromaten: EC <sub>&gt;21-35</sub>	
	1.47E-5			

Terug      Stap 9 van 10      Verder

Bewaar    Leeg    Default    Invoegen    Rapport    Herbegin    Run

Basis map: D:\F-LEACH    project/run: test fleach mo/run02    basisscenario: basisscenario 2    contaminant: minerale olie

In Stap 9 moeten de bijkomende gegevens voor het uitvoeren van een bron-pad-receptor analyse (trap 2) gegeven worden. Daarbij gaat het om de locatie van de verontreinigde zone en reacties in de onverzadigde zone. In basisscenario 2 moet ook bijkomend de lengte van de verontreiniging in de verzadigde zone (gemeten in de richting van de grondwaterstroming) gegeven worden en eventuele halfwaardetijden voor afbraak in grondwater.

Zowel de totale dikte van onverzadigde zone  $z$ , de diepte waarop de verontreinigde laag start  $d_0$  als de diepte waarop de verontreinigde laag stopt  $d_1$  moeten gegeven worden door de gebruiker. De diepte waarop de verontreinigde laag start en de dikte van de laag zijn van belang voor het inschatten van vervluchtiging uit de verontreinigde laag. De diepte waarop de verontreinigde laag stopt geeft de afstand tot de grondwatertafel en dus de lengte van het pad in de bron-pad-receptor analyse.

Tijdens transport van de opgeloste oliecomponenten uit de verontreinigde laag naar de grondwatertafel kunnen vervluchtiging en afbraak in rekening gebracht worden. Als de gebruiker kiest om vervluchtiging in rekening te brengen, moeten er geen extra gegevens aangeleverd worden. Als de gebruiker afbraak in rekening wil brengen, moet er per blok een halfwaardetijd ingegeven worden. Als men die enkel voor bepaalde blokken heeft, kan men afbraak voor de andere blokken verwaarlozen door zeer hoge halfwaardetijden in te geven.

In basisscenario 2 moet ook bijkomend de lengte van de verontreiniging in de verzadigde zone (gemeten in de richting van de grondwaterstroming) gegeven worden en eventuele halfwaardetijden voor afbraak in grondwater.

Tabel 14: Invoerparameters voor Stap 9 van de module minerale olie.

minerale olie
diepte waarop de verontreinigde laag in de onverzadigde zone start $d_0$
diepte waarop de verontreinigde laag in de onverzadigde zone stopt $d_1$
afstand waarop de verontreinigde zone in de verzadigde zone stopt $X_1$
vervluchtiging
reactiecoëfficiënt vervluchtiging $\mu_g^*$
afbraak
halfwaardetijd $t_{1/2,1}$ voor afbraak in onverzadigde zone
halfwaardetijd $t_{1/2,2}$ voor afbraak in verzadigde zone

\*wordt berekend door het model en kan niet door de gebruiker aangepast worden

Afbraak of biodegradatie in de onverzadigde zone is sterk afhankelijk van lokale omstandigheden (vochtgehalte, zuurstof, temperatuur, aanwezigheid van micro-organismen) en het afleiden van halfwaardetijden is daarom niet evident. De EPK-VPK blokken worden voor de verspreidingsberekeningen ook beschouwd als afzonderlijke componenten terwijl ze in werkelijkheid elk een groep van oliecomponenten vertegenwoordigen. Om afbraak in te brengen, zou men voor karakteristieke componenten van de EPK-VPK blokken literatuurwaarden kunnen zoeken en een conservatieve schatting gebruiken in de berekening. Als men echter geen site-specifieke informatie heeft, krijgt het de voorkeur om de optie afbraak niet te gebruiken. Meer informatie over het inschatten van mogelijke biodegradatie van verontreinigingen kan teruggevonden worden in de 'Code van goede praktijk: natuurlijke attenuatie'.

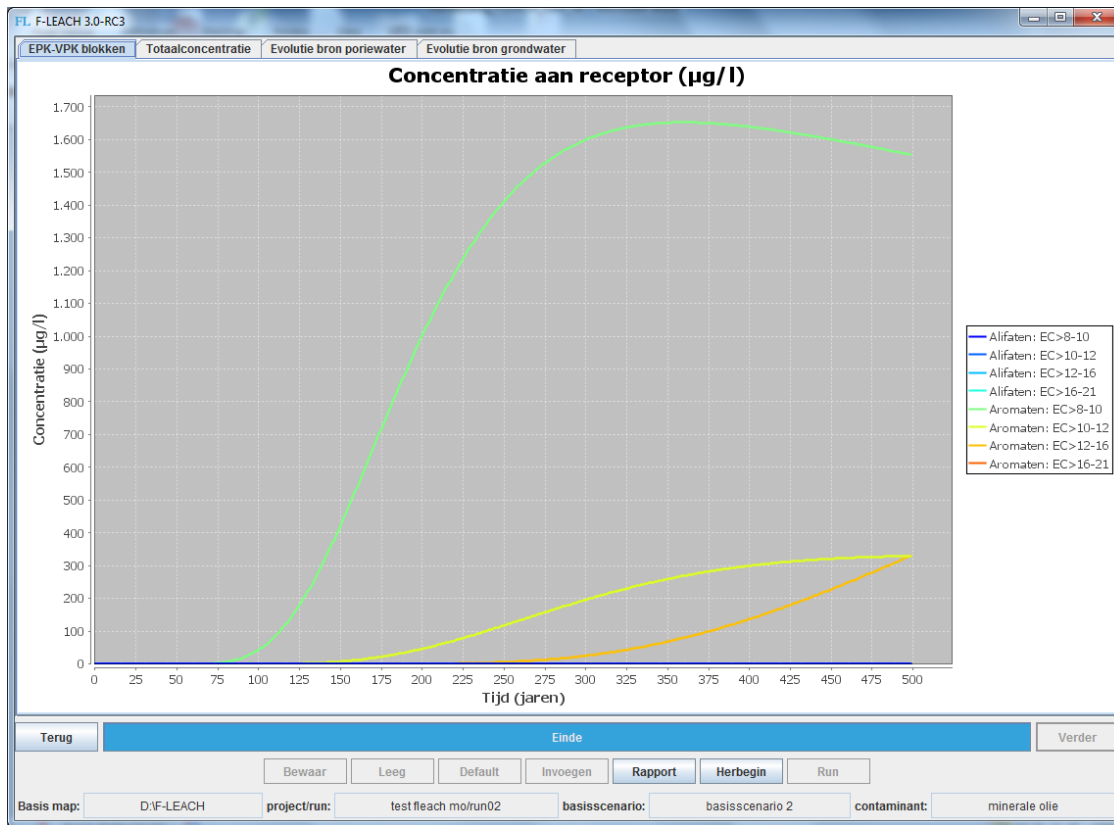


Tabel 15: Beschrijving van de invoerparameters voor Stap 9 van de module minerale olie.

Invoer-parameter	Beschrijving
$\theta_o$ (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> ):	volumetrisch bodemluchtgehalte; wordt door de software bepaald als het verschil tussen porositeit, volumetrisch vochtgehalte en eventueel volumefractie van de NAPL-fase en kan niet door de gebruiker gewijzigd worden.
$\mu_g$ (1/j):	reactieconstante voor vervluchtiging (beschreven als eerste-orde reactie); wordt door de software berekend en kan niet door de gebruiker gewijzigd worden.
$t_{1/2,1}$ (j):	halfwaardetijd voor eerste-orde afbraak in de onverzadigde zone
$t_{1/2,2}$ (j):	halfwaardetijd voor eerste-orde afbraak in de verzadigde zone

Op basis van deze gegevens kan de bron-pad-receptor analyse uitgevoerd worden. De 'Run'-knop start in de achtergrond de berekening van de opgeloste concentraties in de verontreinigde laag (in onverzadigde zone en eventueel verzadigde zone) in functie van de tijd en het analytische verspreidingsmodel dat de concentraties onderaan de onverzadigde zone en eventueel stroomafwaarts aan de receptor berekent.

## STAP 10: RESULTAAT TRAP 2



In stap 10 kunnen de grafieken van de modelleringsrun bekeken worden. In tabs bovenaan kunnen de grafieken gekozen worden. Er zijn (maximaal) 4 grafieken beschikbaar:

- *EPK-VPK blokken* geeft de berekende concentratie aan de receptor in functie van de tijd voor elk van de aanwezige EPK-VPK blokken;
- *Totaalconcentratie* geeft de totale opgeloste concentratie aan de receptor (som van de verschillende EPK-VPK blokken) in functie van de tijd;
- *Evolutie bron poriewater* geeft voor elk van de aanwezige blokken de opgeloste concentratie in de verontreinigde laag (onverzadigde zone) in functie van de tijd en laat toe de evolutie van uitloging uit de verontreinigde laag op te volgen.
- *Evolutie bron grondwater* geeft voor elk van de aanwezige blokken de opgeloste concentratie in de verontreinigde laag (verzadigde zone) in functie van de tijd en laat toe de evolutie van uitloging uit de bron in de verzadigde zone op te volgen. Deze grafiek is enkel aanwezig in basisscenario 2.

Onderaan staan de navigatieknoppen. De terug-knop keert terug naar stap 9. De rapport-knop zorgt ervoor dat een pdf-rapport aangemaakt wordt dat ook automatisch opent. De herbegin-knop brengt u terug naar stap 1.

De getoonde grafieken komen ook voor in het bijhorende rapport in pdf-formaat.

---

## HOOFDSTUK 5. UITVOER

---

De uitvoer bestaat uit enerzijds de grafische uitvoer op het scherm (concentratie in functie van tijd of diepte) en anderzijds rapporten (aangemaakt in de submap 'Rapporten' als pdf-bestanden). In de rapporten is altijd de grafische uitvoer opgenomen, de parameters die ingevoerd zijn door de gebruiker en een risicotabel met concentraties in functie van tijd en/of afstand. Afhankelijk van de gekozen toepassing en het gekozen basisscenario zijn er verschillende types uitvoer mogelijk.

### 5.1. ZWARE METALEN EN ANDERE STOFFEN

#### 5.1.1. BASISSCENARIO 1: BRON IN DE ONVERZADIGDE ZONE

Binnen dit scenario wordt uitloging uit de onverzadigde zone naar het onderliggende grondwater beschouwd en heeft de gebruiker 2 mogelijke berekeningen met elk een type uitvoer:

1. Concentratie in het grondwater onder de bronzone
2. Evolutie bodemkwaliteit

Er wordt per run één pdf-rapport aangemaakt dat bestaat uit grafieken, een samenvatting van de invoerparameters die opgegeven zijn (indien ze afwijken van de standaardwaarden zijn ze onderlijnd) en risicotabellen. De grafieken en risicotabellen verschillen naargelang het type berekening dat gekozen is.

#### → Concentratie ter hoogte van receptor

Wanneer de gebruiker als berekening 'Concentratie ter hoogte van de receptor' gekozen heeft, wordt de concentratie in het grondwater onder de bronzone berekend.

De grafiek die voor deze berekening aangemaakt wordt, geeft het verloop van de concentratie in grondwater in functie van de tijd en de norm voor grondwater. Op basis van deze grafiek kan de gebruiker zien of de norm in grondwater overschreden wordt, in welke mate de norm overschreden wordt en na hoeveel tijd dit (eventueel) gebeurt.

De risicotabel voor de berekening 'Concentratie ter hoogte van de receptor' heeft volgende vorm:

<b>Risicotabel</b>	
tijdsduur berekening: 400.0 jaar	
<b>nikkel</b>	<b>Risico uitloging/verspreiding</b>
	Receptor is het grondwater onder de bron
	$C_{max}$ met uitloging ( $\mu\text{g/l}$ )
0.0 - 1.0 jaar	1566.05
1.0 - 5.0 jaar	1562.21
5.0 - 10.0 jaar	1547.08
10.0 - 50.0 jaar	1528.34
50.0 - 100.0 jaar	1375.93
100.0 - 400.0 jaar	1046.95
BSN ( $\mu\text{g/l}$ )	Tijdstip overschrijding norm (jaar)
40.0	0

Met daarin:

*0-1 j*: tijdsintervallen op basis van gekozen tijdstap (1, 5, 10, 50, 100 en >400 keer tijdstap)

*$C_{max}$  met uitloging*: maximum concentratie in het grondwater in gekozen tijdsinterval

*Tijdstip overschrijding norm*: tijdstip waarop de gekozen norm voor grondwater (default de bodemsaneringsnorm) overschreden wordt

*BSN*: bodemsaneringsnorm grondwater

Uit deze risicotabel kan de gebruiker afleiden of de bron in onverzadigde zone voor een overschrijding van de norm zorgt in het grondwater onder de bronzone. Indien dat het geval is, kan bijkomend ingeschat worden op welke termijn dit verwacht kan worden.

#### → Evolutie bodemkwaliteit

Wanneer de gebruiker als berekening 'Evolutie bodemkwaliteit' gekozen heeft, worden concentratieprofielen in de bronzone (onverzadigde zone) voor de gevraagde tijdstippen berekend.

De grafiek die het resultaat is van deze berekening geeft het verloop van de concentratie in de bodem in functie van de diepte op verschillende tijdstippen. Dit geeft een beeld van het tijdsverloop van de uitloging, van de impact die uitloging op de bodemkwaliteit heeft en van de bron die mogelijk na verloop van tijd aanwezig blijft in de onverzadigde zone.

De risicotabel voor deze berekening heeft volgende vorm:

<b>Risicotabel</b>		
tijdsduur berekening: 400 jaar		
nikkel	Evolutie bodemkwaliteit	
	$C_{max}$ bodem (mg/kg ds)	% uitgeloozd (cumulatief)
na 0.0 jaar	100,00096	0
na 1.0 jaar	100,00096	0,49284
na 5.0 jaar	100,00096	2,00679
na 10.0 jaar	100,00096	3,81659
na 50.0 jaar	100,00096	17,90441
na 100.0 jaar	99,98091	35,36808
	BSN (mg/kg ds)	
	93	

Met daarin:

*na 1.0 j:* tijdstippen op basis van gekozen tijdstap (0, 1, 5, 10, 50 en 100 keer tijdstap)

*$C_{max}$  bodem:* maximum concentratie die berekend is voor dat tijdstip

*BSN:* bodemsaneringsnorm van toepassing voor bodem (opgegeven door gebruiker in Stap 11)

*% uitgeloozd:* het percentage van de initieel aanwezige massa contaminant dat uit de onverzadigde zone verdwenen is. Deze uitvoer wordt niet gegeven indien de gebruiker gekozen heeft voor nog aanvoer van contaminant bovenaan het bodemprofiel.

Uit deze risicotabel kan de gebruiker afleiden of er concentraties in de grond de bodemsaneringsnorm overschrijden en of en op welke termijn hierin verandering verwacht kan worden. De percentages die uitgeloozd zijn, geven de gebruiker ook een indicatie over de termijn waarover de uitloging zich afspeelt.

#### 5.1.2. BASISSCENARIO 2: BRON IN DE ONVERZADIGDE EN VERZADIGDE ZONE

Binnen dit scenario wordt uitloging uit de onverzadigde zone naar het onderliggende grondwater en transport van de contaminant in de freatische laag naar de gekozen receptor beschouwd. De gebruiker kan 3 mogelijke berekeningen uitvoeren met elk een type uitvoer:

1. Concentratie in het grondwater onder de bronzone
2. Evolutie bodemkwaliteit
3. Evolutie grondwaterpluim

Ook hier wordt er per run één pdf-rapport aangemaakt dat bestaat uit grafieken, een samenvatting van de invoerparameters die opgegeven zijn (indien ze afwijken van de standaardwaarden zijn ze

onderlijnd) en risicotabellen. De grafieken en risicotabellen verschillen naargelang het type berekening dat gekozen is.

→ **Concentratie ter hoogte van receptor**

Wanneer de gebruiker 'Concentratie ter hoogte van de receptor' gekozen heeft, wordt de concentratie in het grondwater op afstand X van de bron berekend.

De grafiek die bij deze berekening wordt aangemaakt geeft het verloop van de concentratie in grondwater ter hoogte van de receptor in functie van de tijd en de norm voor grondwater die door de gebruiker gekozen is in Stap 11 (standaard de bodemsaneringsnorm). Op basis van deze grafiek kan de gebruiker besluiten of de norm voor grondwater overschreden wordt binnen de rekentermijn en indien dat het geval is, in welke mate en na hoeveel tijd.

De risicotabel voor deze berekening is als volgt opgebouwd:

<b>Risicotabel</b>		
tijdsduur berekening: 14800.0 jaar		
<b>nikkel</b>	<b>Risico uitloging/verspreiding</b>	
	Receptor op afstand 70.0 m	
	$C_{max}$ zonder uitloging ( $\mu\text{g/l}$ )	$C_{max}$ met uitloging ( $\mu\text{g/l}$ )
0.0 - 37.0 jaar	10	10
37.0 - 185.0 jaar	10.55	10.55
185.0 - 370.0 jaar	21.39	21.39
370.0 - 1850.0 jaar	88.22	98.59
1850.0 - 3700.0 jaar	87.26	139.36
3700.0 - 14800.0 jaar	25.72	132.55
	Tijdstip overschrijding norm (jaar)	
BSN ( $\mu\text{g/l}$ )	zonder uitloging	met uitloging
40.0	592	592

Met daarin:

**0-37 j:** tijdsintervallen op basis van gekozen tijdstap (1, 5, 10, 50, 100 en >400 keer tijdstap (in dit voorbeeld 37 jaar))

**$C_{max}$  met uitloging:** maximum concentratie in het grondwater ter hoogte van de receptor na het pad door onverzadigde en verzadigde zone

**$C_{max}$  zonder uitloging:** maximum concentratie in het grondwater ter hoogte van de receptor indien enkel rekening gehouden wordt met de bron in de verzadigde zone en niet met uitloging uit de onverzadigde zone

**Tijdstip overschrijding norm:** tijdstip waarop de gekozen norm voor grondwater (default de bodemsaneringsnorm) overschreden wordt; dit is 0 als de norm van

bij het begin (huidige toestand) overschreden wordt en 'niet binnen berekende tijdsduur' als de norm niet overschreden wordt

Uit deze risicotabel kan de gebruiker afleiden of de bron in onverzadigde en verzadigde zone voor een overschrijding van de norm zorgt in het grondwater ter hoogte van de receptor. Indien dat het geval is, kan door een vergelijking van de kolommen 'C<sub>max</sub> zonder uitloging' en 'C<sub>max</sub> met uitloging' ingeschat worden of uitloging uit de onverzadigde zone hierin een belangrijk aandeel heeft en al dan niet voor een verschuiving in het tijdstip van overschrijding van de norm zorgt.

#### → Evolutie bodemkwaliteit

Wanneer de gebruiker als berekening 'Evolutie bodemkwaliteit' gekozen heeft, worden concentratieprofielen in de bronzone (onverzadigde zone) voor de gevraagde tijdstippen berekend. De uitvoer is dezelfde als in basisscenario 1.

De grafiek die het resultaat is van deze berekening geeft het verloop van de concentratie in de bodem in functie van de diepte op verschillende tijdstippen. Dit geeft een beeld van het tijdsverloop van de uitloging, van de impact die uitloging op de bodemkwaliteit heeft en van de bron die mogelijk na verloop van tijd aanwezig blijft in de onverzadigde zone.

De risicotabel voor deze berekening heeft volgende vorm:

Risicotabel		
tijdsduur berekening: 400 jaar		
nikkel	Evolutie bodemkwaliteit	
	C <sub>max</sub> bodem (mg/kg ds)	% uitgelooft (cumulatief)
na 0.0 jaar	100,00096	0
na 1.0 jaar	100,00096	0,49284
na 5.0 jaar	100,00096	2,00679
na 10.0 jaar	100,00096	3,81659
na 50.0 jaar	100,00096	17,90441
na 100.0 jaar	99,98091	35,36808
	BSN (mg/kg ds)	
	93	

Met daarin:

*na 1.0 j:* tijdstippen op basis van gekozen tijdstap (0, 1, 5, 10, 50 en 100 keer tijdstap)

*C<sub>max</sub> bodem:* maximum concentratie die berekend is voor dat tijdstip

*BSN:* bodemsaneringsnorm van toepassing voor bodem (opgegeven door gebruiker in Stap 11)

*% uitgelooft:* het percentage van de initieel aanwezige massa contaminant dat uit de onverzadigde zone verdwenen is. Deze uitvoer wordt niet gegeven indien de

gebruiker gekozen heeft voor nog aanvoer van contaminant bovenaan het bodemprofiel.

Uit deze risicotabel kan de gebruiker afleiden of er concentraties in de grond de bodemsaneringsnorm overschrijden en of en op welke termijn hierin verandering verwacht kan worden. De percentages die uitgelopen zijn, geven de gebruiker ook een indicatie over de termijn waarover de uitloping zich afspeelt.

→ **Evolutie grondwaterpluim**

Wanneer de gebruiker als berekening ‘Evolutie grondwaterpluim’ gekozen heeft, worden concentratieprofielen over de afstand van bronzone (verzadigde zone) tot receptor voor de gevraagde tijdstippen berekend.

De grafiek die als uitvoer van deze berekening aangemaakt wordt, geeft het verloop van de concentratie in grondwater in functie van de afstand op verschillende tijdstippen. De grafiek start onder de bronzone (de kant het verst van de receptor gelegen), aangeduid door het blauwe balkje, en toont de afstand volgens de stromingsrichting tussen bronzone en receptor. De receptor wordt weergegeven door de rode verticale lijn. Op basis van deze grafiek kan de gebruiker zien hoe de grondwaterpluim evolueert en op welke plaatsen de norm in grondwater overschreden wordt op bepaalde tijdstippen.

De risicotabel voor deze berekening ziet er als volgt uit:

<b>Risicotabel</b>	
tijdsduur berekening: 14800.0 jaar	
<b>nikkel</b>	<b>Evolutie grondwaterpluim</b>
	$C_{max}$ grondwater ( $\mu\text{g/l}$ )
na 0.0 jaar	100
na 37.0 jaar	131.39
na 185.0 jaar	153.85
na 370.0 jaar	162.82
na 1850.0 jaar	164.88
na 3700.0 jaar	134.29
	BSN ( $\mu\text{g/l}$ )
	40.0

Met daarin:

*na 37 j:* Tijdstippen op basis van gekozen tijdstap (0, 1, 5, 10, 50 en 100 keer tijdstap (in dit voorbeeld 37 jaar))

$C_{max}$  grondwater: Maximum concentratie in de pluim berekend voor dat tijdstip



Uit deze risicotabel kan de gebruiker afleiden of er concentraties in het grondwater op het pad tussen bron en receptor de norm overschrijden en wat de evolutie van de maximale concentraties op de verschillende tijdstippen is.

### 5.1.3. VOORBEELDEN

#### → Voorbeeld 1: naftaleen in de onverzadigde zone

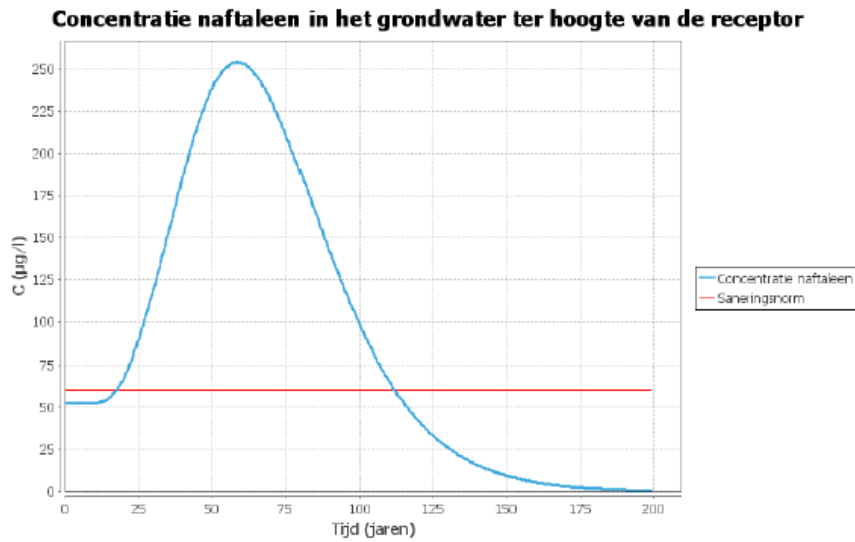
In dit voorbeeld wordt een site met een naftaleen verontreiniging besproken. Er is nog geen naftaleen in het grondwater gemeten, dus het gaat om basisscenario 1. Het diepteprofiel van de verontreiniging is gekend, de bronzone is 50 meter lang in de richting van de grondwaterstroming en het grondwater zit op 1 m onder maaiveld. De toetsingswaarde berekend door F-LEACH is 1,15 mg/kg ds en wordt dus overschreden. De invoerparameters zijn samengevat in volgende tabel:

Tabel 16: Invoerparameters voor voorbeeld 1.

Site kenmerken		Initiële condities	
q (m/j)	0.265	$C_{gw,0}$ (µg/l)	0.02
$\rho_1$ (kg/l)	1.5	<b>z</b>	<b>C</b>
$\theta_1$	0.2	van 0-0.2 m	10 mg/kg ds
z (m)	1	van 0.2-0.5 m	5 mg/kg ds
L (m)	50	van 0.5-1 m	1 mg/kg ds
i (m/m)	0.001		
k (m/j)	365		
d (m)	10		
$f_{oc,1}$	0.01		

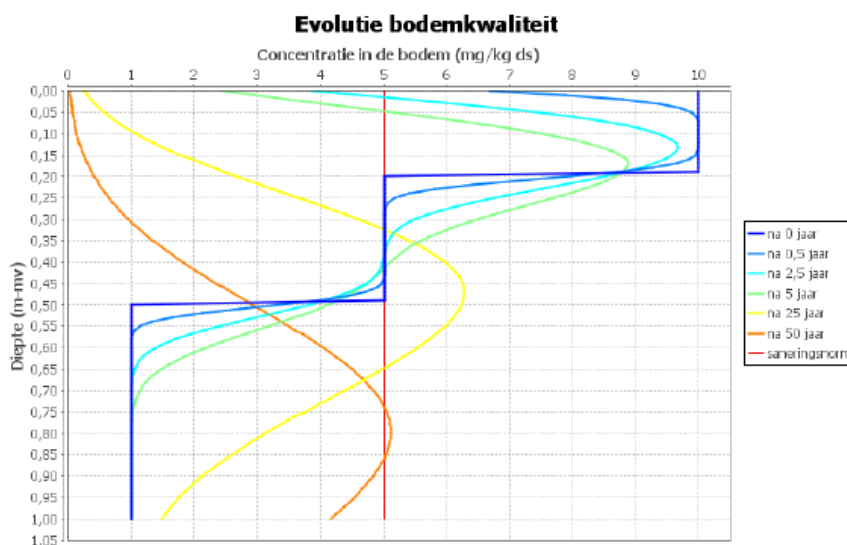
Bij de berekening met F-LEACH worden er 2 grafieken en 2 risicotabellen gegenereerd. De grafiek 'Concentratie in het grondwater ter hoogte van de receptor' toont aan dat, hoewel er nu geen probleem is met naftaleen in grondwater, dit in de toekomst wel verwacht kan worden en dat binnen ongeveer 60 jaar de maximale concentratie verwacht kan worden. De bodemsaneringsnorm wordt met een factor 4 overschreden, maar de berekening is wel gedaan zonder rekening te houden met afbraak. Niettemin kan niet uitgesloten worden dat de naftaleen verontreiniging een risico voor grondwater inhoudt.

Dezelfde informatie kan uit de risicotabel gehaald worden: de bodemsaneringsnorm voor grondwater zal binnen 18 jaar overschreden worden. De hoogste berekende concentratie in grondwater is 254 µg/l en die wordt bereikt in de periode tussen 50 en 100 jaar. De gekozen tijdsduur van berekening van 200 jaar laat toe het hele proces van uitloging naar het grondwater te volgen.



Figuur 6: Grafiek 'Concentratie aan de receptor' voor voorbeeld 1.

De grafiek 'Evolutie bodemkwaliteit' geeft informatie over de toestand in de onverzadigde zone. Op tijdstip 0 wordt het concentratieprofiel getoond dat de gebruiker heeft ingegeven. De andere curves geven het concentratieprofiel op verschillende tijdstippen in de toekomst. Uit deze grafiek kan afgeleid worden dat zonder enige ingreep er geen naftaleen verontreiniging meer aanwezig is in de onverzadigde zone binnen 50 jaar. De maximale concentratie in de bodem is dan afgevlakt tot (net boven) de bodemsaneringsnorm. Hoewel de concentraties in de bodem op dat moment niet meer te hoog zijn, is de vracht aan naftaleen die op dat moment uitloopt wel nog steeds groot genoeg om een risico voor het grondwater te vormen. Uit de risicotabel blijkt dat op dat moment ruim 30% van de aanwezige naftaleen in de onverzadigde zone uitgespoeld is. Na 100 jaar is dat opgelopen tot 87% en zijn de concentraties in het grondwater ook al sterk afgenomen.



Figuur 7: Grafiek 'Evolutie bodemkwaliteit' voor voorbeeld 1.

Risicotabellen		
tijdsduur berekening: 200 jaar		
<b>naftaleen</b>	<b>Risico uitloging/verspreiding</b>	
	Receptor is het grondwater onder de bron	
	$C_{max}$ met uitloging ( $\mu\text{g/l}$ )	
0.0 - 0.5 jaar	52,5292	
0.5 - 2.5 jaar	52,5292	
2.5 - 5.0 jaar	52,5292	
5.0 - 25.0 jaar	90,16704	
25.0 - 50.0 jaar	238,77089	
50.0 - 200.0 jaar	254,19263	
BSN ( $\mu\text{g/l}$ )	Tijdstip overschrijding norm (jaar)	
60	18	
<b>naftaleen</b>	<b>Evolutie bodemkwaliteit</b>	
	$C_{max}$ bodem (mg/kg ds)	% uitgeloozd (cumulatief)
na 0.0 jaar	9,99999	0
na 0.5 jaar	9,99984	0
na 2.5 jaar	9,66235	0,39785
na 5.0 jaar	8,879	1,30351
na 25.0 jaar	6,27399	8,39809
na 50.0 jaar	5,10269	31,67323
	BSN (mg/kg ds)	
	5	

Figuur 8: Risicotabellen voor voorbeeld 1.

→ **Voorbeeld 2: Cu in onverzadigde en verzadigde zone**

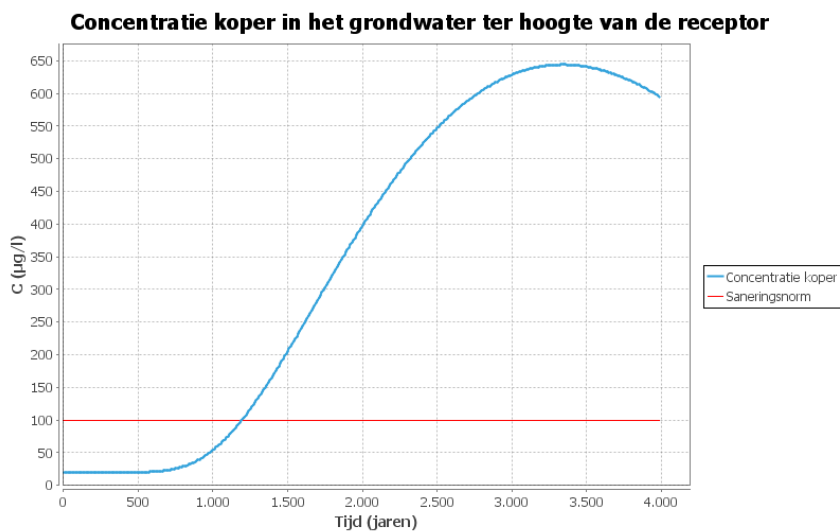
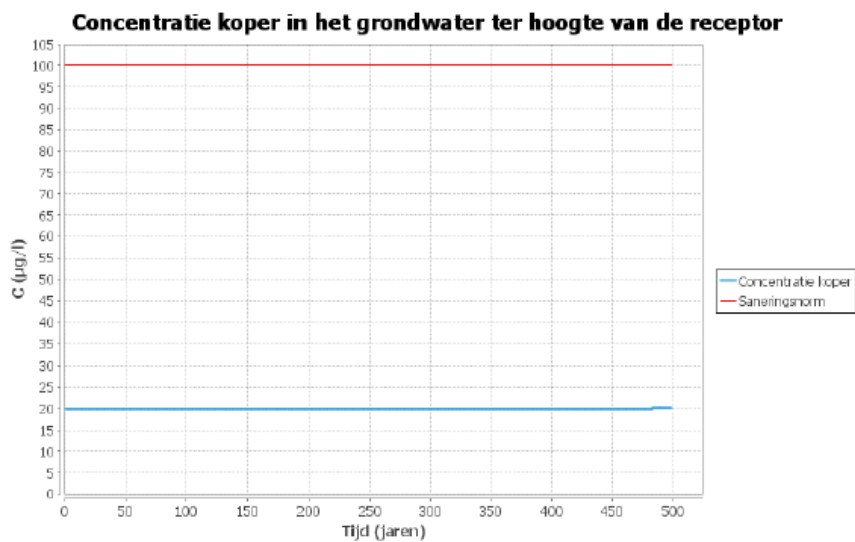
In dit voorbeeld wordt een site met een koper verontreiniging besproken. Er is al een pluim in het grondwater aanwezig en in ook de onverzadigde zone zijn er concentraties die de toetsingswaarde (gelijk aan 30,5 mg/kg) overschrijden. Berekeningen gebeuren volgens basisscenario 2 waarbij de perceelsgrens op 100 m als receptor geselecteerd wordt. De bronzone is 50 meter lang en de grondwaterpluim bevindt zich nog onder de bronzone. Daarbuiten worden concentraties gelijk aan de streefwaarde aangetroffen. De invoerparameters zijn samengevat in volgende tabel:

Tabel 17: Invoerparameters voor voorbeeld 2.

Site kenmerken		initiële condities	
q (m/j)	0.265	$C_{gw,0}$ ( $\mu\text{g/l}$ )	20
$\rho_1$ (kg/l)	1.5		
$\theta_1$	0.2	<b>z</b>	<b>C</b>
z (m)	1	van 0-0.2 m	20 mg/kg ds
L (m)	50	van 0.2-0.5 m	100 mg/kg ds
		van 0.5-1 m	200 mg/kg ds
i (m/m)	0.001		
k (m/j)	365		
d (m)	10	<b>x</b>	<b>C</b>
$K_{d,1}$ (l/kg)	250	van 0-50 m	800 $\mu\text{g/l}$
$K_{d,2}$ (l/kg)	50	van 50-100 m	20 $\mu\text{g/l}$

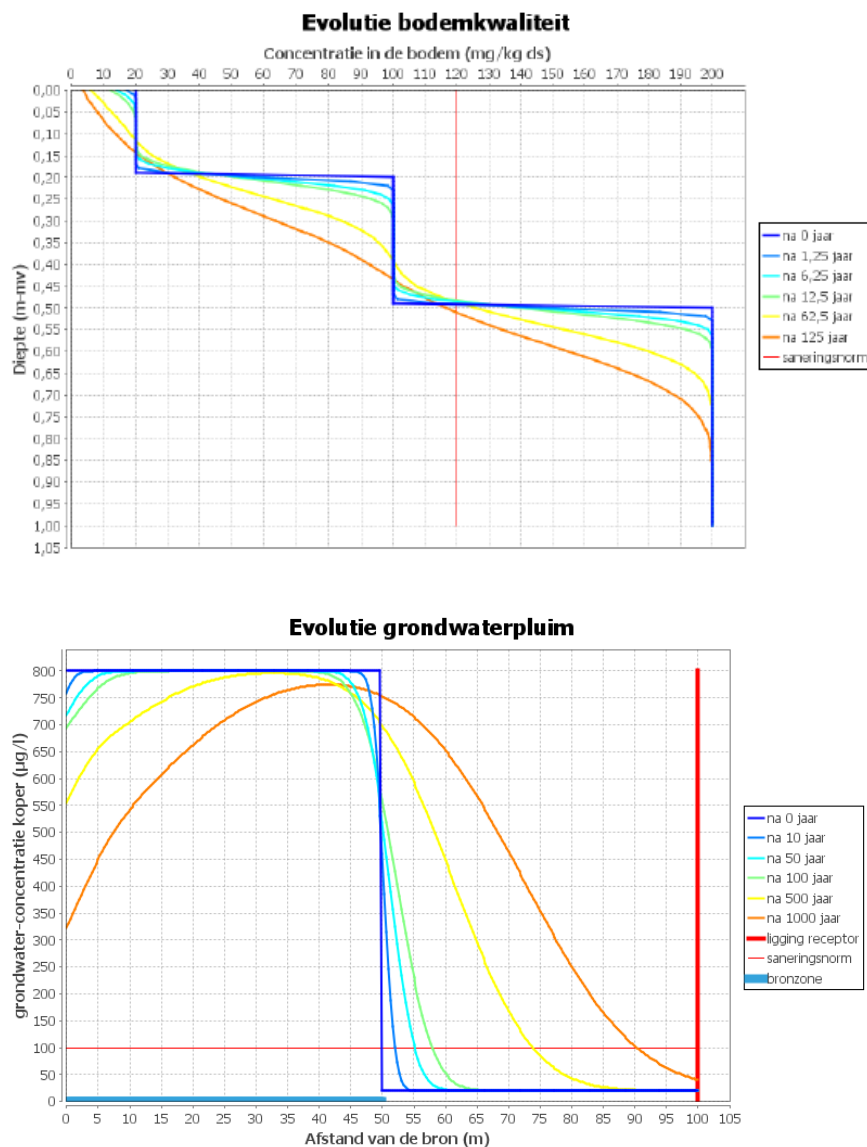
De tijdsduur van de berekening is op 500 jaar en op 4000 jaar gezet. 500 jaar wordt beleidsmatig als een tijdschaal gezien die nog relevant is naar risico-beoordeling van uitloging. Zeker in het geval van zware metalen, kunnen processen nog over langere tijdschalen afspelen, en een berekening over langere tijd geeft hierin meer inzicht.

In de grafiek ‘Concentratie in het grondwater ter hoogte van de receptor’ op 500 jaar, is te zien dat de concentratie aan de receptor gedurende de hele periode gelijk blijft aan de streefwaarde. Als de tijdsduur verlengd wordt, is te zien dat de concentratie aan de receptor wel degelijk hoge waarden bereikt, maar dit slechts na 3000 jaar. De concentratie dan overschrijdt de bodemsaneringsnorm met een factor 6. Vanuit standpunt van risico-beoordeling van verspreiding van de koper verontreiniging kan gesteld worden dat hoewel de concentraties in de onverzadigde zone van de site de toetsingswaarde ruim overschrijden, er geen risico is voor de receptor binnen redelijke termijnen.



Figuur 9: Grafieken ‘Concentratie aan de receptor’ voor een tijdstap van 1,25 j en 10 j voor voorbeeld 2.

De grafiek 'Evolutie bodemkwaliteit' (rekentermijn 500 jaar) toont dat uitloging inderdaad een zeer traag proces is en dat de bodemsaneringsnorm voor de site overschreden blijft voor meer dan 100 jaar. In de grafiek 'Evolutie grondwaterpluim' (rekentermijn 4000 jaar) blijkt dat de pluim (begrensd door de bodemsaneringsnorm) met 5 meter uitbreidt na 50 jaar, met 10 meter na 100 jaar en met 25 meter na 500 jaar.



Figuur 10: Grafieken 'Evolutie bodemkwaliteit' en 'Evolutie grondwaterpluim' voor voorbeeld 2.

De risicotabellen bevestigen dat uitloging van Cu uit de onverzadigde zone binnen de 500 jaar geen impact heeft op de receptor. Na 125 jaar is 14% van de Cu-vracht uit de onverzadigde zone uitgespoeld en de bodemsaneringsnorm in de onverzadigde zone blijft overschreden. De maximale concentraties in de grondwaterpluim blijven even hoog gedurende de hele rekenperiode.

<b>Risicotabellen</b>		
tijdsduur berekening: 500 jaar		
<b>koper</b>	<b>Risico uitloging/verspreiding</b>	
	Receptor op afstand 100 m	
	$C_{\max}$ zonder uitloging ( $\mu\text{g/l}$ )	$C_{\max}$ met uitloging ( $\mu\text{g/l}$ )
0.0 - 1.25 jaar	20	20
1.25 - 6.25 jaar	20	20
6.25 - 12.5 jaar	20	20
12.5 - 62.5 jaar	20	20
62.5 - 125.0 jaar	20	20
125.0 - 500.0 jaar	20,107	20,107
	Tijdstip overschrijding norm (jaar)	
BSN ( $\mu\text{g/l}$ )	zonder uitloging	met uitloging
100	niet binnen berekende tijdsduur	niet binnen berekende tijdsduur
<b>koper</b>	<b>Evolutie bodemkwaliteit</b>	
	$C_{\max}$ bodem (mg/kg ds)	% uitgelooft (cumulatief)
na 0.0 jaar	199,99911	0
na 1.25 jaar	199,99911	0,80411
na 6.25 jaar	199,99911	1,33428
na 12.5 jaar	199,99911	1,99049
na 62.5 jaar	199,99911	7,20516
na 125.0 jaar	199,99911	13,70565
	BSN (mg/kg ds)	
	120	
<b>koper</b>	<b>Evolutie grondwaterpluim</b>	
	$C_{\max}$ grondwater ( $\mu\text{g/l}$ )	
na 0.0 jaar	800	
na 1.25 jaar	800	
na 6.25 jaar	800	
na 12.5 jaar	800	
na 62.5 jaar	800	
na 125.0 jaar	800	
	BSN ( $\mu\text{g/l}$ )	
	100	

Figuur 11: Risicotabellen voor voorbeeld 2.

Uit de F-LEACH berekeningen kan besloten worden dat binnen een termijn van 500 jaar de maximale concentraties in bodem en grondwater niet afnemen. Hoewel de toetsingswaarde in de onverzadigde zone overschreden is, is er binnen deze termijn geen risico voor de receptor. Uit berekeningen met een langere tijdsduur blijkt dat de grondwaterpluim na 500 jaar met 25 meter richting receptor is uitgebreid.

## 5.2. MODULE MINERALE OLIE

### 5.2.1. BASISSCENARIO 1: BRON IN ONVERZADIGDE ZONE

Voor elke run wordt een pdf-rapport aangemaakt dat een samenvatting van de invoer, de resultaten van trap 1 en (indien uitgevoerd) de resultaten van trap 2 geeft. De uitvoer voor trap 1 wordt in elk geval gegenereerd en bestaat uit 1 risicotabel. De uitvoer voor trap 2 wordt enkel gegenereerd indien de gebruiker ervoor gekozen heeft deze berekening uit te voeren en bestaat uit 3 grafieken en 1 risicotabel.

#### → Resultaten trap 1

De resultaten voor trap 1 worden in het pdf-rapport op dezelfde manier weergegeven als in Stap 8. Voor elk EPK-VPK blok wordt de molaire fractie in de puur product fase  $x_{NAPL}$ , de berekende concentratie in oplossing  $C_w$ , de berekende concentratie in grondwater (na verdunning)  $C_{gw}$  en de toetsingswaarde in grondwater  $C_{gw,crit}$  gegeven. Indien de berekende concentratie in grondwater voor een bepaald blok de toetsingswaarde overschrijdt, wordt ze onderlijnd (in het voorbeeld voor aromaten  $EC_{>8-10}$ , aromaten  $EC_{>10-12}$ , aromaten  $EC_{>12-16}$ ). Ook de totale berekende concentratie in grondwater voor minerale olie wordt getoond. Indien die de bodemsaneringsnorm overschrijdt, wordt ze eveneens onderlijnd.

<b>Resultaat trap 1</b>				
Enkel de EPK-VPK blokken met concentraties groter dan 0 worden gerapporteerd.				
	$x_{NAPL}$	$C_w$ ( $\mu g/l$ )	$C_{gw}$ ( $\mu g/l$ )	$C_{gw,crit}$ ( $\mu g/l$ )
Alifaten: $EC_{5-6}$	0,3316	$1,194 \times 10^4$	<u>6917</u>	6000
Alifaten: $EC_{>6-8}$	0,4332	2339	1355	6000
Alifaten: $EC_{>8-10}$	0,09595	41,26	23,91	300,0
Aromaten: $EC_{>8-10}$	0,09548	6207	<u>3597</u>	120,0
Aromaten: $EC_{>10-12}$	0,04382	1096	<u>634,8</u>	120,0
Totaal			<u><math>1,253 \times 10^4</math></u>	500,0
residuele NAPL-verzadiging		$S_{r,i}^{NAPL} = 0,5178 \%$		

De residuele NAPL-verzadiging  $S_r^{NAPL}$  die getoond wordt, geeft aan welk percentage van de porositeit ingenomen wordt door de puur product fase. Als dit getal hoger is dan 20 %, kan niet uitgesloten worden dat de olieretentiecapaciteit van de bodem overschreden is en dat de oliefase zelf ook mobiel is. In dat geval is er niet enkel verspreiding door het in oplossing gaan en uitlogen van de oplosbare fracties van de minerale olie, maar ook door beweging van de olie zelf en geeft F-LEACH geen volledig beeld van het verspreidingsrisico.

Indien er in de risicotabel onderlijnde waarden zijn, wil dat zeggen dat op basis van deze berekening risico voor het grondwater door deze minerale olie verontreiniging niet kan uitgesloten worden. De gebruiker heeft dan de keuze de berekening te verfijnen door verder te gaan met trap 2. Indien er geen onderlijnde waarden voorkomen wil dat zeggen dat risico voor het grondwater door deze minerale olie verontreiniging kan uitgesloten worden. Verdere berekeningen zijn dan niet nodig voor verspreidingsrisico naar grondwater.

## → Resultaten trap 2

Indien de gebruiker ook de bron-pad-receptor analyse naar het grondwater (trap 2) heeft uitgevoerd, wordt het pdf-rapport uitgebreid met 3 grafieken en 1 risicotabel.

De drie grafieken zijn dezelfde die getoond worden in Stap 10 voor de 3 verschillende tabbladen:

1. *EPK-VPK blokken* toont het verloop van de berekende concentratie in grondwater in functie van de tijd voor elk van de aanwezige EPK-VPK blokken.
2. *Totaalconcentratie* geeft de totale berekende opgeloste concentratie minerale olie in grondwater (som van de verschillende EPK-VPK blokken) in functie van de tijd.
3. *Evolutie bron poriewater* geeft voor elk van de aanwezige blokken de opgeloste concentratie in de verontreinigde laag in functie van de tijd en laat toe de evolutie van uitloging uit de verontreinigde laag op te volgen. In een vier-fasen systeem is de oplosbaarheid van een stof evenredig met de molaire fractie in de puur product fase dus naarmate meer oplosbare componenten uit de puur product fase verdwijnen, neemt de oplosbaarheid van de minder oplosbare componenten toe. Deze evolutie kan met deze grafiek gevolgd worden.

De risicotabel ziet er als volgt uit:

<b>Risicotabel</b>			
Enkel de EPK-VPK blokken met concentraties groter dan 0 worden gerapporteerd.			
	$C_{gw,max}$ ( $\mu\text{g/l}$ )	$C_{gw,crit}$ ( $\mu\text{g/l}$ )	Tijdstip overschrijding (j)
Alifaten: EC <sub>3-6</sub>	6917	6000	0,000
Alifaten: EC <sub>&gt;6-8</sub>	1751	6000	nvt
Alifaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	167,6	300,0	nvt
Aromaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	7109	120,0	0,000
Aromaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>	2005	120,0	0,000
Totaal	$1,253 \times 10^4$	500,0	0,000

*nvt = niet van toepassing = niet binnen de berekende periode*

Voor elk van de EPK-VPK blokken wordt de maximale berekende concentratie in grondwater  $C_{gw,max}$  binnen de berekende termijn getoond. Deze wordt vergeleken met de toetsingswaarde voor dat blok in grondwater  $C_{gw,crit}$ . Indien de maximale concentratie de toetsingswaarde overschrijdt, wordt het tijdstip van overschrijding ook weergegeven. Indien in de kolom tijdstip overschrijding 'nvt' staat, wil dat zeggen dat de toetsingswaarde niet overschreden wordt binnen de termijn van de berekening.

### 5.2.2. BASISSCENARIO 2: BRON IN ONVERZADIGDE ZONE EN IN VERZADIGDE ZONE

Voor elke run wordt een pdf-rapport aangemaakt dat een samenvatting van de invoer, de resultaten van trap 1 en (indien uitgevoerd) de resultaten van trap 2 geeft. De uitvoer voor trap 1 wordt in elk geval gegenereerd en bestaat uit 2 risicotabellen. De uitvoer voor trap 2 wordt enkel gegenereerd indien de gebruiker ervoor gekozen heeft deze berekening uit te voeren en bestaat uit 4 grafieken en 2 risicotabellen.



## → Resultaten trap 1

<b>Resultaat trap 1</b>				
Enkel de EPK-VPK blokken met concentraties groter dan 0 worden gerapporteerd.				
<b>Onverzadigde zone</b>				
	$x_{NAPL}$	$C_w$ ( $\mu\text{g/l}$ )	$C_{gw}$ ( $\mu\text{g/l}$ )	$C_{gw,crit}$ ( $\mu\text{g/l}$ )
Alifaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	0,01384	5,953	3,449	300,0
Alifaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>	0,09968	3,389	1,964	300,0
Alifaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>	0,5146	0,3911	0,2266	300,0
Alifaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>	0,1798	$4,495 \times 10^{-4}$	$2,605 \times 10^{-4}$	6000
Aromaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	0,008042	522,7	<u>302,9</u>	120,0
Aromaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>	0,006429	160,7	93,14	120,0
Aromaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>	0,1049	608,6	<u>352,7</u>	120,0
Aromaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>	0,07262	47,19	27,34	90,00
Totaal			<u>781,7</u>	500,0
residuele NAPL-verzadiging $S_{r,1}^{NAPL} = 0,4392 \%$				
<b>Verzadigde zone</b>				
	$x_{NAPL}$	$C_w$ ( $\mu\text{g/l}$ )	$C_{gw,crit}$ ( $\mu\text{g/l}$ )	
Alifaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	0,01493	6,422	300,0	
Alifaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>	0,09773	3,323	300,0	
Alifaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>	0,4712	0,3581	300,0	
Alifaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>	0,1603	$4,007 \times 10^{-4}$	6000	
Aromaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	0,02906	<u>1889</u>	120,0	
Aromaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>	0,01415	<u>354,0</u>	120,0	
Aromaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>	0,1406	<u>815,4</u>	120,0	
Aromaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>	0,07200	46,80	90,00	
Totaal		<u>3115</u>	500,0	
residuele NAPL-verzadiging $S_{r,2}^{NAPL} = 0,7911 \%$				

De resultaten voor trap 1 worden in het pdf-rapport op dezelfde manier weergegeven als in Stap 8. Voor de onverzadigde zone wordt voor elk EPK-VPK blok de molaire fractie in de puur product fase  $x_{NAPL}$ , de berekende concentratie in oplossing  $C_w$ , de berekende concentratie in grondwater (na verdunning)  $C_{gw}$  en de toetsingswaarde in grondwater  $C_{gw,crit}$  gegeven. Voor de verzadigde zone wordt voor elk EPK-VPK blok de molaire fractie in de puur product fase  $x_{NAPL}$ , de berekende concentratie in grondwater  $C_{gw}$  en de toetsingswaarde in grondwater  $C_{gw,crit}$  gegeven. Indien de berekende concentratie in grondwater voor een bepaald blok de toetsingswaarde overschrijdt, wordt ze onderlijnd. Ook de totale berekende concentratie in grondwater voor minerale olie wordt getoond. Indien die de bodemsaneringsnorm overschrijdt, wordt ze eveneens onderlijnd.

De residuele NAPL-verzadiging  $S_r^{NAPL}$  die getoond wordt, geeft aan welk percentage van de porositeit ingenomen wordt door de puur product fase. Als dit getal hoger is dan 20 %, kan niet uitgesloten worden dat de olieretentiecapaciteit van de bodem overschreden is en dat de oliefase zelf ook mobiel is. In dat geval is er niet enkel verspreiding door het in oplossing gaan en uitlogen van de oplosbare fracties van de minerale olie, maar ook door beweging van de olie zelf en geeft F-LEACH geen volledig beeld van het verspreidingsrisico.

Indien er in de risicotabel onderlijnde waarden zijn, wil dat zeggen dat op basis van deze berekening risico voor het grondwater/de receptor door deze minerale olie verontreiniging niet

kan uitgesloten worden. De gebruiker heeft dan de keuze de berekening te verfijnen door verder te gaan met trap 2. Indien er geen onderlijnde waarden voorkomen wil dat zeggen dat risico voor de receptor door deze minerale olieverontreiniging kan uitgesloten worden. Verdere berekeningen zijn dan niet nodig voor verspreidingsrisico naar de receptor.

### → Resultaten trap 2

Indien de gebruiker ook de bron-pad-receptor analyse naar het grondwater (trap 2) heeft uitgevoerd, wordt het pdf-rapport uitgebreid met 4 grafieken en 2 risicotabellen.

De drie grafieken zijn dezelfde die getoond worden in Stap 10 voor de 4 verschillende tabbladen:

1. *EPK-VPK blokken* toont het verloop van de berekende concentratie in grondwater in functie van de tijd voor elk van de aanwezige EPK-VPK blokken.
2. *Totaalconcentratie* geeft de totale berekende opgeloste concentratie minerale olie in grondwater (som van de verschillende EPK-VPK blokken) in functie van de tijd.
3. *Evolutie bron poriewater* geeft voor elk van de aanwezige blokken de opgeloste concentratie in de verontreinigde laag in de onverzadigde zone in functie van de tijd en laat toe de evolutie van uitloging uit de verontreinigde laag op te volgen. In een vierfasen systeem is de oplosbaarheid van een stof evenredig met de molaire fractie in de puur product fase dus naarmate meer oplosbare componenten uit de puur product fase verdwijnen, neemt de oplosbaarheid van de minder oplosbare componenten toe. Deze evolutie kan met deze grafiek gevolgd worden.
4. *Evolutie bron grondwater* geeft voor elk van de aanwezige blokken de opgeloste concentratie in de verontreinigde zone in het grondwater in functie van de tijd en laat toe de evolutie van uitloging uit de verontreinigde zone op te volgen.

De risicotabellen zien er als volgt uit:

**Risicotabellen**

Enkel de EPK-VPK blokken met concentraties groter dan 0 worden gerapporteerd.

**Onverzadigde zone**

	$C_{gw,max}$ ( $\mu\text{g/l}$ )	$C_{gw,crit}$ ( $\mu\text{g/l}$ )	Tijdstip overschrijding (j)
Alifaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	$1,055 \times 10^{-10}$	300,0	nvt
Alifaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>	0,000	300,0	nvt
Alifaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>	0,000	300,0	nvt
Alifaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>	0,000	6000	nvt
Aromaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	1673	120,0	117,5
Aromaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>	332,8	120,0	251,2
Aromaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>	330,9	120,0	390,0
Aromaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>	0,002214	90,00	nvt
Totaal	2244	500,0	156,2

**Verzadigde zone**

	$C_{gw,max}$ ( $\mu\text{g/l}$ )	$C_{gw,crit}$ ( $\mu\text{g/l}$ )	Tijdstip overschrijding (j)
Alifaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	6,501	300,0	nvt
Alifaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>	3,372	300,0	nvt
Alifaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>	0,3635	300,0	nvt
Alifaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>	$4,067 \times 10^{-4}$	6000	nvt
Aromaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	1889	120,0	0,000
Aromaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>	354,0	120,0	0,000
Aromaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>	815,4	120,0	0,000
Aromaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>	47,38	90,00	nvt
Totaal	3115	500,0	0,000

*nvt = niet van toepassing = niet binnen de berekende periode*

Voor elk van de EPK-VPK blokken wordt de maximale berekende concentratie in grondwater  $C_{gw,max}$  binnen de berekende termijn getoond. Deze wordt vergeleken met de toetsingswaarde voor dat blok in grondwater  $C_{gw,crit}$ . Indien de maximale concentratie de toetsingswaarde overschrijdt, wordt het tijdstip van overschrijding ook weergegeven. Indien in de kolom tijdstip overschrijding 'nvt' staat, wil dat zeggen dat de toetsingswaarde niet overschreden wordt binnen de termijn van de berekening.

**5.2.3. VOORBEELD 3: MINERALE OLIE IN DE ONVERZADIGDE ZONE**

Als voorbeeld van hoe een analyse voor minerale olie uitgevoerd kan worden, bespreken we hier een verontreiniging in de onverzadigde zone van aan het maaiveld tot 0,75 meter diepte terwijl de grondwatertafel op 1,5 m diepte zit. De concentratie minerale olie in de verontreinigde laag is 1200 mg/kg ds en er is een EPK-VPK analyse op uitgevoerd. De invoerparameters staan samengevat in onderstaande tabel. Er wordt geen rekening gehouden met vervluchtiging of afbraak in de onverzadigde zone.

Tabel 18: Invoerparameters voor voorbeeld 3.

Site kenmerken		oliekarakterisatie	
q (m/j)	0.265	Alifaten EC <sub>5-6</sub>	gew %
$\rho_1$ (kg/l)	1.5		0.00

$\theta_1$	0.2	Alifaten EC <sub>&gt;6-8</sub>	12.32
L (m)	20	Alifaten EC <sub>&gt;8-10</sub>	19.64
$\theta_s$	0.43	Alifaten EC <sub>&gt;10-12</sub>	27.86
i (m/m)	0.001	Alifaten EC <sub>&gt;12-16</sub>	20.24
k (m/j)	365	Alifaten EC <sub>&gt;16-21</sub>	0.00
d (m)	30	Aromaten EC <sub>&gt;8-10</sub>	3.71
$f_{OC,1}$	0.02	Aromaten EC <sub>&gt;10-12</sub>	3.02
z (m)	1.5	Aromaten EC <sub>&gt;12-16</sub>	4.91
$d_0$ (m)	0	Aromaten EC <sub>&gt;16-21</sub>	8.30
$d_1$ (m)	0.75	Aromaten EC <sub>&gt;21-35</sub>	0.00

## → Trap 1

Eerst wordt de berekening voor trap 1 uitgevoerd. De opgeloste concentratie in evenwicht met de minerale olie en verdund in grondwater wordt berekend. Uit het resultaat (tijdens de berekening ook zichtbaar in Stap 7) blijkt dat voor 2 blokken (aromaten EC<sub>>8-10</sub> en aromaten EC<sub>>10-12</sub>) de toetsingswaarde in grondwater overschreden wordt. Voor aromaten EC<sub>>12-16</sub> is de berekende concentratie gelijk aan de toetsingswaarde. Ook de totale berekende opgeloste concentratie overschrijdt de bodemsaneringsnorm met een factor 2,7. De residuele NAPL-verzadiging is slechts 0,4% dus er kan vanuit gegaan worden dat de oliefase zelf in dit geval niet mobiel is en dat F-LEACH geschikt is voor de risico-evaluatie. **Op basis van dit resultaat kan verspreidingsrisico voor deze minerale olie verontreiniging niet uitgesloten worden.**

De resultaten uit de risicotabel tonen ook aan dat de verhoudingen in de opgeloste fase helemaal anders liggen dan in de totaalconcentraties. Terwijl de oliekaracterisatie aangeeft dat de minerale olie voornamelijk uit alifatische fracties bestaat (79%), zijn de opgeloste fracties vooral aromatisch (67%). De 2 blokken die samen bijna de helft van het gewicht van de minerale olie in de vaste fase uitmaken, geven amper concentraties in oplossing (0,4%). Dat geeft aan hoe belangrijk het is om de samenstelling van de minerale olie te kennen om een uitspraak te kunnen doen over risico op verspreiding.

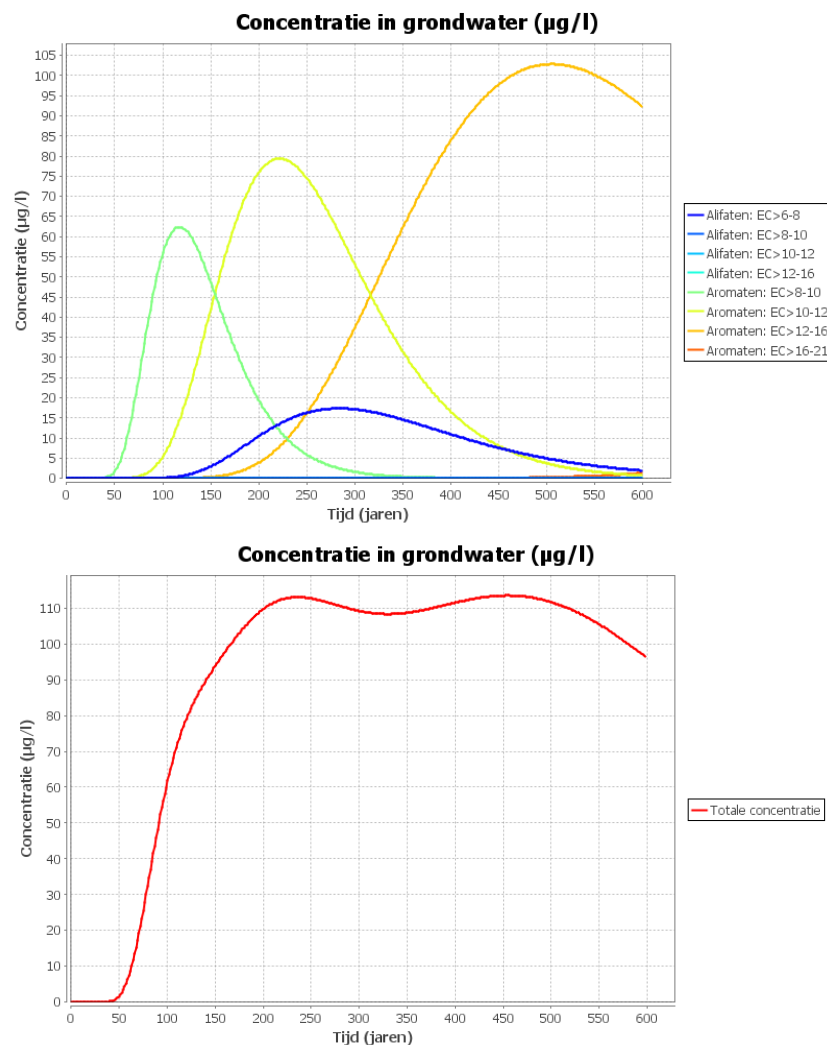
Resultaat trap 1				
	$x_{NAPL}$	$C_w$ ( $\mu\text{g/l}$ )	$C_{gw}$ ( $\mu\text{g/l}$ )	$C_{gw,crit}$ ( $\mu\text{g/l}$ )
Alifaten: EC <sub>3-6</sub>	0	0	0	6000
Alifaten: EC <sub>&gt;6-8</sub>	0,13853	748,07606	385,90448	6000
Alifaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	0,22418	96,3976	49,72792	300
Alifaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>	0,29741	10,11191	5,21636	300
Alifaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>	0,19168	0,14568	0,07515	300
Alifaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>	0	0	0	6000
Aromaten: benzèen (EC <sub>3-7</sub> )	0	0	0	10
Aromaten: toluèen (EC <sub>&gt;7-8</sub> )	0	0	0	700
Aromaten: EC <sub>&gt;8-10</sub>	0,01597	1037,8424	<u>535,38411</u>	120
Aromaten: EC <sub>&gt;10-12</sub>	0,01782	445,45854	<u>229,79541</u>	120
Aromaten: EC <sub>&gt;12-16</sub>	0,03994	231,63372	119,49118	120
Aromaten: EC <sub>&gt;16-21</sub>	0,07447	48,40645	24,97108	90
Aromaten: EC <sub>&gt;21-35</sub>	0	0	0	90
		Totaal:	<u>1350,56569</u>	500
residuele NAPL-verzadiging		$S_r^{NAPL} = 0,4022 \%$		

Figuur 12: Risicotabel trap 1 voor voorbeeld 3.

## → Trap 2

Er wordt overgegaan naar trap 2, waar de dikte en de positie van de verontreinigde laag en de afname in concentraties bij transport doorheen de onderliggende bodem in rekening worden gebracht. De grafieken voor de concentraties in grondwater en de risicotabel staan in Figuur 13 en Figuur 14.

Op basis van de eerste grafiek kan afgeleid worden dat piekconcentraties in grondwater voor de blokken aromaten  $EC_{>8-10}$ , aromaten  $EC_{>10-12}$ , aromaten  $EC_{>12-16}$  en alifaten  $EC_{>6-8}$  bereikt worden na resp. 110, 220, 500 en 290 jaar maar voor geen van de blokken wordt de toetsingswaarde voor grondwater bereikt of overschreden (zie ook de risicotabel). Ook de totale berekende opgeloste concentratie in grondwater (2de grafiek) blijft ruim onder de bodemsaneringsnorm voor minerale olie van 500  $\mu\text{g/l}$ . Het transport doorheen de bodem zorgt voor voldoende attenuatie van de concentraties vooraleer het grondwater bereikt wordt. **Op basis van deze berekening kan besloten worden dat de minerale olie verontreiniging geen risico vormt voor verspreiding naar grondwater.**

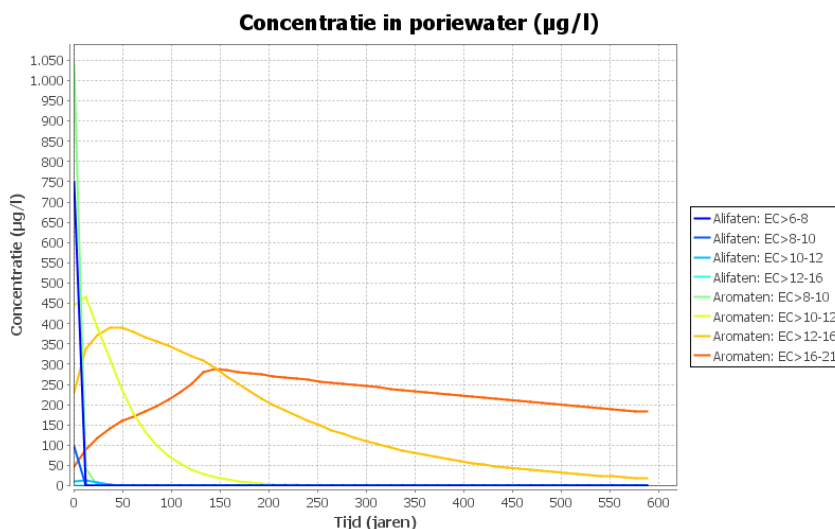


Figuur 13: Grafieken 'EPK-VPK blokken' en 'Totaalconcentratie' voor voorbeeld 3.

Risicotabel			
	$C_{gw,max}$ ( $\mu\text{g/l}$ )	$C_{gw,crit}$ ( $\mu\text{g/l}$ )	Tijdstip overschrijding (jaar)
Alifaten: $EC_{5-6}$	0	6000	nvt
Alifaten: $EC_{>6-8}$	17,34227	6000	nvt
Alifaten: $EC_{>8-10}$	7,71E-5	300	nvt
Alifaten: $EC_{>10-12}$	0	300	nvt
Alifaten: $EC_{>12-16}$	0	300	nvt
Alifaten: $EC_{>16-21}$	0	6000	nvt
Aromaten: benzeen ( $EC_{5,7}$ )	0	10	nvt
Aromaten: toluen ( $EC_{>7,8}$ )	0	700	nvt
Aromaten: $EC_{>8-10}$	62,37811	120	nvt
Aromaten: $EC_{>10-12}$	79,36031	120	nvt
Aromaten: $EC_{>12-16}$	102,84237	120	nvt
Aromaten: $EC_{>16-21}$	1,28316	90	nvt
Aromaten: $EC_{>21-33}$	0	90	nvt
Totaal	113,52007	500	nvt

Figuur 14: Risicotabel trap 2 voor voorbeeld 3.

Als bijkomende informatie wordt de evolutie van de uitloging uit de verontreinigde laag gegeven (Figuur 15). Deze is niet strikt nodig voor de risico-analyse uitloging maar geeft bijkomend inzicht in het oplossingsgedrag van de minerale olie. De grafiek toont de opgeloste concentraties in de verontreinigde laag in functie van de tijd. Duidelijk te zien is dat de concentraties van de lichtere en meer oplosbare fracties snel afnemen. Daardoor verandert de samenstelling van de NAPL-fase, het aandeel van de zwaardere fracties wordt groter en evenredig daarmee neemt hun oplosbaarheid toe. Dat is te zien in de initieel stijgende concentraties van de aromaten  $EC_{>12-16}$  (de eerste 50 jaar) en aromaten  $EC_{>16-21}$  (de eerste 150 jaar).



Figuur 15: Grafiek 'Evolutie verontreinigde laag' voor voorbeeld 3.

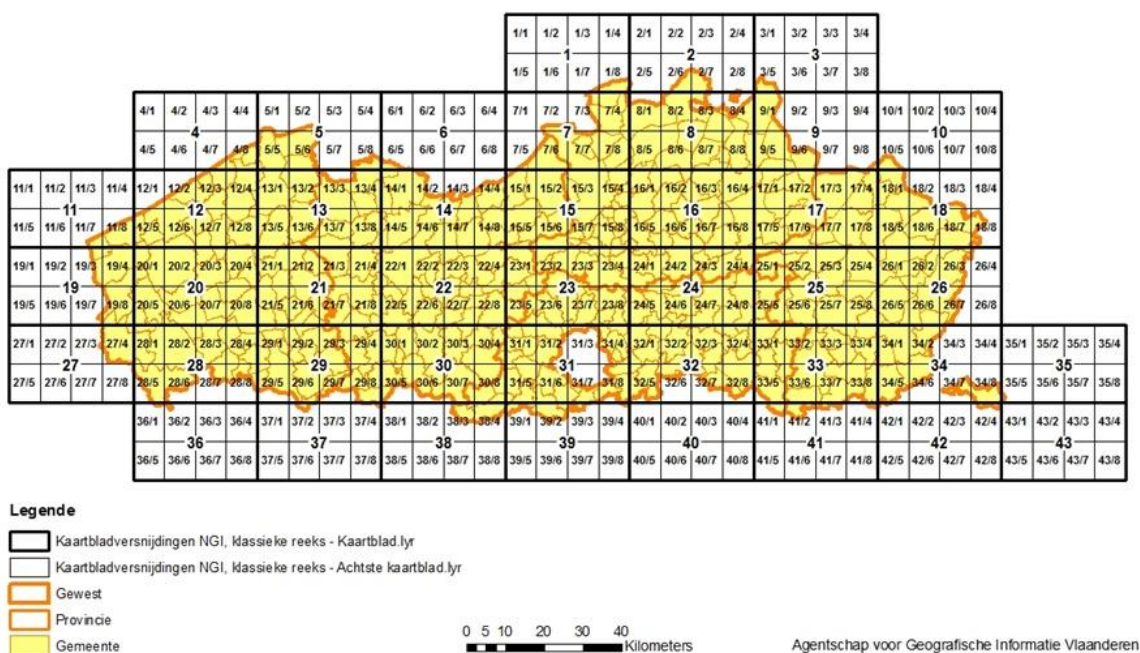
## LITERATUURLIJST

- 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. PAO-cursus, Delft, 10 oktober 2003.
- EPA, 1996. Soil Screening Guidance: Technical Background Document. EPA Document Number: EPA/540/R-95/128.
- Joris, I., P. Seuntjens, C. Cornelis, J. Bronders, K. Tirez, R. Lookman, J. Gemoets, 2005a. Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie bodemkwaliteit - Deel 2: Handleiding uitloging. 2005/IMS/R/0122. Beschikbaar op de OVAM-website: [www.ovam.be](http://www.ovam.be)
- Joris, I., P. Seuntjens, R. Lookman, 2005b. Uitloogrisico voor minerale olie: toetsingmethodiek. 2005/IMS/R/0249.
- Nouwen, J., Cornelis, C., Olivier, I., Provoost, J., 2002. Voorstel voor bodemsaneringsnormen voor minerale olie. Beschikbaar op de OVAM-website: [www.ovam.be](http://www.ovam.be)
- Provoost, J., C. Cornelis, G. Van Gestel, R. Engels, 2004. Basisinformatie voor risico-evaluaties DEEL 4-SN - Stofdata normering. 2004/IMS/R/0288. Beschikbaar op de OVAM-website: [www.ovam.be](http://www.ovam.be)
- Seuntjens, P., I. Joris, J. Patyn, J. Bronders, C. Cornelis, 2005. Bepaling van risico's door uitloging en beschrijving evolutie bodemkwaliteit - Deel 1: opstellen methodiek. 2005/IMS/R/0124. Beschikbaar op de OVAM-website: [www.ovam.be](http://www.ovam.be)
- Smolders, E., Degryse, F., De Brouwere, K., Van den brande, K., Cornelis, C., en P. Seuntjens. 2000. Bepaling van veldgemeten verdelingsfactoren van zware metalen bij bodemverontreiniging in Vlaanderen. Beschikbaar op de OVAM-website: [www.ovam.be](http://www.ovam.be)
- Toride, N., F. J. Leij, and M. Th. van Genuchten. 1995. The CXTFIT Code for Estimating Transport Parameters from Laboratory or Field Tracer Experiments, Version 2.0. Research Report No. 137, U.S. Salinity Laboratory, USDA, ARS, Riverside, California.
- Vanderborght, J., Vereecken, H., 2007. Review of dispersivities for transport modeling in soils. *Vadose Zone Journal* 6:29-52.
- Xu, M.J., Y. Eckstein. 1995. Use of weighted least-squares method in evaluation of the relationship between dispersivity and field-scale. *Ground Water* 33(6): 905-908.

**BIJLAGE A: LOCATIE EN VERSNIJDING NGI-KAARTBLADEN**

F-LEACH berekent de dilutiefactor DL op basis van site-specifieke informatie (infiltratieflux q, lengte bronzone L, gradiënt i, verzadigde doorlaatbaarheid k, dikte freatische laag d). Een schatting van deze parameters en de dilutiefactor op basis van geo-hydrologische informatie is ook beschikbaar in Bijlage A van het rapport 'Deel 2 – Handleiding uitloging'. Om deze tabel te kunnen gebruiken, is het nodig het NGI-kaartblad waarin de site ligt te kennen. Onderstaande figuur toont de versnijding van de topografische kaartbladen van het NGI in Vlaanderen. Het NGI biedt via zijn website ook een toepassing aan waarmee opgevraagd kan worden in welk kaartblad een bepaalde gemeente ligt (<http://www.ngi.be/images/1/disp/NLloc.shtm>).

**Kaartbladversnijdingen NGI, klassieke reeks**



Een kaartblad is verder ingedeeld in 1/8 kaartbladen volgens volgend schema:

1	2	3	4
5	6	7	8

Een 1/8 kaartblad is nog verder onderverdeeld in 1/32 kaartbladen volgens:

1	2		
3	4		

Dat is de eenheid waarvoor op basis van geo-hydrologische informatie de dilutiefactor en het bodemvochtgehalte zijn afgeleid (zie Bijlage A bij Deel 2 – Handleiding uitloging).