



VLAAMSE MILIEUMAATSCHAPPIJ



Milieurapport Vlaanderen MIRA

Themabeschrijving

Verspreiding van pesticiden

Milieurapport Vlaanderen

MIRA **Themabeschrijving** *Verspreiding van pesticiden*



Coördinerend auteur

Bob Peeters, MIRA, VMM

Laatst bijgewerkt: *februari 2013*

Woord vooraf

De doelstellingen van MIRA (Milieurapport Vlaanderen) zijn driedelig: (1) de wetenschappelijke basis verschaffen voor het Vlaamse milieubeleid, (2) het maatschappelijk draagvlak versterken door het verhogen van het milieu-inzicht en (3) de Vlaamse kennisbasis afstemmen op internationale standaarden. Het document Themabeschrijving wil bijdragen aan deze doelstellingen door het ter beschikking stellen van een kernachtige en toegankelijke beschrijving van de milieuthema's die door MIRA behandeld worden. Deze informatie moet de gebruiker de nodige achtergrondinformatie verschaffen bij de raadpleging van de milieu-indicatoren.

De beschrijving is gestructureerd volgens de zogenaamde milieuverstoringsketen of DPSI-R keten die de oorzaak en de gevolgen van de milieuverstoringen in beeld brengt. DPSI-R staat voor Driving Forces (maatschappelijke activiteiten), Pressure (druk), State (toestand), Impact (gevolgen) en Respons (beleidsrespons). Het document bevat zoveel mogelijk de laatste stand van zaken van de wetenschappelijke kennis.

Bronvermelding bij overname informatie

Overname van informatie uit dit document wordt aangemoedigd mits bronvermelding.

Hoe citeren?

Kort: MIRA Themabeschrijving Verspreiding van pesticiden (www.milieurapport.be)

Volledig: MIRA (2013) Milieurapport Vlaanderen, Themabeschrijving Verspreiding van pesticiden. Peeters B., Vlaamse Milieumaatschappij, www.milieurapport.be

Inhoudsopgave

1 Definitie van het thema	5
2 Beschrijving van het thema.....	6
Werking van insecticiden, fungiciden, herbiciden en hulpstoffen	6
Insecticiden	6
Fungiciden.....	6
Herbiciden	6
Hulpstoffen.....	7
Beschrijving van de verstoring.....	7
Inleiding.....	7
Milieueffecten van pesticiden.....	8
Gezondheidseffecten van pesticiden	10
Verspreiding in het milieu	11
Referenties	15
Begrippen	16
Afkortingen.....	18

1 Definitie van het thema

Pesticiden, ook bestrijdingsmiddelen genoemd, zijn chemische of natuurlijke stoffen die gebruikt worden voor de bestrijding van allerlei ongewenste aantastingen (plagen, ziekten, onkruiden) van planten, dieren en materialen. Hoewel de landbouw een belangrijk aandeel heeft in het gebruik van pesticiden, gebruiken ook huishoudens, industrie en overheid aanzienlijke hoeveelheden. Onder pesticiden vallen zowel de gewasbeschermingsmiddelen als de biociden. Deze indeling is in overeenstemming met de Europese richtlijn over duurzaam gebruik van pesticiden (2009/128/EG).

De Europese regelgeving maakt een onderscheid tussen gewasbeschermingsmiddelen (Verordening 1107/2009) en biociden (richtlijn 98/8/EG). Gewasbeschermingsmiddelen zijn preparaten ter bescherming en bewaring van planten of plantaardige producten tegen schadelijke organismen of de werking van dergelijke organismen, ter beïnvloeding van de levensprocessen van planten of de bewaring van plantaardige producten en om ongewenste planten of plantendelen te doden. Deze omvatten gewasbeschermingsmiddelen gebruikt in de landbouw, voor de bescherming van kamerplanten, in tuinen, in openbaar groen en op sportterreinen.

Gewasbeschermingsmiddelen worden over het algemeen ingedeeld volgens het te bestrijden doelorganisme: insecticiden (insecten), herbiciden (planten), fungiciden (schimmels), bactericiden (bacteriën), mollusciciden (slakken), rodenticiden (muizen, ratten en andere knaagdieren), nematiciden (nematoden) en acariciden (mijten). Ook groeiregulatoren, die niet doden maar ingrijpen op de groei van organismen en ontbladerings-, afstotings- en verdrogingsmiddelen worden onder gewasbeschermingsmiddelen gerangschikt.

Onder biociden vallen ontsmettingsmiddelen, houtbeschermingsmiddelen, antiparasitaire middelen ... zowel voor privé- als professioneel gebruik. Het Koninklijk besluit betreffende het op de markt brengen en het gebruiken van biociden en de EU-richtlijn definiëren biociden als werkzame stoffen en preparaten die, in de vorm waarin zij aan de gebruiker worden geleverd, één of meer werkzame stoffen bevatten en bestemd zijn om een schadelijk organisme te vernietigen, af te schrikken, onschadelijk te maken, de effecten daarvan te voorkomen of het op andere wijze langs chemische of biologische weg te bestrijden.

Biociden worden ingedeeld in 4 hoofdgroepen:

- ontsmettingsmiddelen en algemene biociden (behandeling lokalen);
- conserveringsmiddelen (houtbehandeling, behandeling bouwmaterialen, behandeling voedingswaren);
- plaagbestrijding (rodenticiden, algendodende middelen, behandeling van lokalen, insecticiden binnenshuis);
- andere (bv. aangroeiwerende middelen).

2 Beschrijving van het thema

Werking van insecticiden, fungiciden, herbiciden en hulpstoffen

(naar Spanoghe, 2012)

Insecticiden

Insecticiden kunnen ingedeeld worden volgens de wijze van opname door het insect (via de maag, de huid of de ademhaling, dan wordt over maag-, contact- of ademhalingsgiften gesproken) of volgens het stadium van het insect dat ze doden (eidodende, larvendodende of volwassen insecten dodend).

Veel insecticiden werken in op het zenuwstelsel. Daarnaast zijn er de insectengroeiregulatoren en de insecticiden die de remming van het mitochondrisch electronentransport teweegbrengen. Naast natuurlijke en synthetische stoffen worden ook gedragsregulerende stoffen onderscheiden. Deze bevatten de signaalstoffen (feromonen), de beïnvloeders van het voedingsgedrag (antifeedants) en de afweerstoffen (repellants).

Fungiciden

Fungiciden kunnen ingedeeld worden in:

- preventieve fungiciden, die de plant beschermen tegen een infectie door schimmels, deze beschermende fungiciden moeten bijgevolg gebruikt worden vooraleer de infectie is opgetreden;
- curatieve fungiciden, die de ontwikkeling van de schimmel kunnen stoppen nadat een infectie is opgetreden.

Bij fungiciden wordt van een werkingspectrum gesproken. Gezien de grote variatie en verschillen in en tussen de klassen zijn er weinig fungiciden met een brede werking. De werking van fungiciden berust op het verstoren van de celwerking en dit kan aan het oppervlak van de cel of in de cel zelf gebeuren. Er kan gesproken worden van een directe of indirecte werking. De directe werking duidt op interferentie met één of meerdere celbestanddelen waardoor metabolische processen worden verstoord. Specifiek kan de ademhaling geremd worden of de biosynthese van o.a. eiwitten, RNA, DNA, chitine en ergosterol. Beïnvloeding van de membraanstructuur kan leiden tot verandering van de celmembraanpermeabiliteit en leiden tot celdood. Tot slot kan het fungicide ook de mitose en celdeling direct remmen. De indirecte werking duidt op het verhogen van de weerstand van de plant onder invloed van het fungicide, via natuurlijke afweerstoffen, verandering van de groei of sluiten van de huidmondjes zodat de penetratie of de vorming van sporendragers op de plant worden geremd. Ook de pathogeniteit kan worden beïnvloed. Geen vorming van infectiestructuren of remming van pathogene activiteit van enzymen afgescheiden door de fungi wordt bijvoorbeeld bekomen.

Herbiciden

Herbiciden zijn chemische bestrijdingsmiddelen tegen onkruiden. Onkruiden zijn planten die op de plaats waar ze voorkomen niet worden gewenst. Totaalherbiciden worden gebruikt om al de plantengroei volledig te doden. Selectieve herbiciden bestrijden de onkruiden maar sparen de teelten. De selectiviteit berust op de eigenschappen van het product en de plantensoort, maar ook op de dosis, de wijze van toepassing, het tijdstip van de toepassing en de formulering.

De organische herbiciden vormen een verzameling van een 200-tal werkzame stoffen die kunnen inwerken op de fotosynthese, de biosynthese van allerlei stoffen kunnen remmen, de werking van bepaalde hormonen nabootsen, bepaalde celprocessen verstoren ...

Hulpstoffen

Hulpstoffen worden om uiteenlopende redenen aan de spuittank toegevoegd. Samengevat zijn de meest opvallende effecten:

- verbetering van de oplosbaarheid van de werkzame stof en de fysieke compatibiliteit van verschillende pesticidenformuleringen in de spuittankoplossing;
- beïnvloeding van de druppelgrootte van de spuitnevel met eventuele beperking van drift;
- betere hechting of adhesie van de spuitdruppels, bevochtiging en uitvloeiing van het spuitmiddel op het gewas of het onkruid;
- verlenging van de droogtijd van de spuitdruppels en het vasthouden van water in de spuitdruppel op het blad;
- wijziging van de kristalgrootte en kristalvorm van de droge werkzame bestanddelen;
- verbetering van de regenbestendigheid of regenvastheid van het spuitmiddel;
- beïnvloeding van opname en penetratie van de werkzame stof in de plant.

Beschrijving van de verstoring

Inleiding

Het gebruik van pesticiden kan verschillende baten hebben. De productiviteit van de landbouw is toegenomen door de bestrijding van onkruiden, ziektes en insectenplagen. Pesticiden hebben ook hun belang bij de bestrijding van de ziektes die o.a. door insecten overgebracht worden (bv. malaria). Herbiciden worden ingezet om verharde oppervlakte onkruidvrij te houden en sportvelden te onderhouden. Insecticiden beschermen gebouwen en andere houtconstructies (Aktar et al., 2009)

Gewasbeschermingsmiddelen zijn, naast de biociden, de enige stoffen die geproduceerd worden om in het milieu te brengen en om daar gewild en gepland een zeker toxisch effect te veroorzaken bij de doelorganismen. Gewasbeschermingsmiddelen kunnen nadelige neveneffecten hebben voor het milieu door hun toxische invloed op niet-doelorganismen (zoals mens, planten, insecten en aquatisch leven), door verontreiniging van oppervlaktewater, grondwater, waterbodems en bodems en door accumulatie in de voedselketen (bio-accumulatie). Zo worden gewasbeschermingsmiddelen rechtstreeks op de gewassen aangebracht of via de bodem. Ze kunnen bijgevolg een rechtstreekse impact op de bodem (en het grondwater) hebben.

Gewasbeschermingsmiddelen worden sinds de jaren 1940-1950 zeer intensief gebruikt en leverden een belangrijke bijdrage in de verzekering van de voedselvoorziening. Gewasbeschermingsmiddelen van de eerste generatie werden weinig onderzocht op (eco)toxicologisch vlak en vertoonden soms nadelige gevolgen die slechts later werden vastgesteld. De volgende generaties gewasbeschermingsmiddelen zijn minder schadelijk vanwege de geringere persistentie, het beter (eco)toxicologisch profiel en de verminderde accumulatie in de voedselketen. Gewasbeschermingsmiddelen worden daarenboven nu, zeker in Vlaanderen en West-Europa, rationeler gebruikt, wanneer beroepshalve toegepast.

Hoewel gewasbeschermingsmiddelen meestal vrij lokaal toegepast worden, kunnen zowel op korte als op lange afstand van het toepassingsgebied nog aanzienlijke residu's vastgesteld worden door driftverschijnselen, door evaporatie van de behandelde oppervlakken en door depositie via regen en stof. De verblijftijd van gewasbeschermingsmiddelen (persistentie) in het milieu varieert van enkele dagen tot meerdere jaren. Een lange verblijftijd leidt tot een langere nawerking, een langere herstelperiode en een grotere kans voor interacties met andere ecosystemen. Stoffen met een lange verblijftijd en lipofiel karakter hebben bovendien de potentie tot bio-accumulatie. Lage concentraties in het aquatisch milieu kunnen zo uiteindelijk leiden tot sterk verhoogde concentraties bij waterdieren en visetende vogels, omdat zij aan de top van de voedselketen staan.

Ongewenste nevenverschijnselen kunnen optreden doordat de producten opgenomen worden door niet-doelorganismen die in de lucht, het water of de bodem aanwezig zijn. Residu's van gewasbeschermingsmiddelen kunnen worden aangetoond in voedingswaren, bv. fruit, groenten, zuivelproducten, vlees en vleeswaren, vis, eieren, eiproducten ... Ook kan een deel van de actieve bestanddelen terechtkomen in het drinkwater of het water met bestemming drinkwaterproductie, en dit via druppeldrift, afspoeling, uitspoeling of drainage, atmosferische depositie, reinigen en spoelen van sproeitanks ...

Gewasbeschermingsmiddelen kunnen verstorend werken op diverse wijzen. Naast hun invloed op het milieu in zeer diverse aspecten (water, bodem, lucht, fauna & flora) kunnen ze ook een invloed hebben op resistentieontwikkeling (bij bepaalde ziekten, plagen en onkruiden), op de voedselproblematiek (residu's, kwaliteitsbeïnvloeding) en op de volksgezondheid. Het gebruik van sommige gewasbeschermingsmiddelen staat ook ter discussie wegens hun potentiële kankerverwekkende eigenschappen en hun mogelijke pseudo-oestrogene of hormoonverstorende effecten. Zo worden ze wel eens in verband gebracht met een daling van de vruchtbaarheid bij zoogdieren, waaronder de mens.

Samengevat zijn de neveneffecten van gewasbeschermingsmiddelen vooral:

- de acute en chronische toxiciteit voor niet-doelorganismen (aantasting biodiversiteit, volksgezondheid);
- de aanwezigheid van residuen in de voeding;
- het optreden van resistentie bij de behandelde organismen;
- de aanwezigheid van schadelijke stoffen en hun eventuele accumulatie in het milieu.

Bij de biociden vergen de metaalverbindingen en anorganische zouten (koper, chroom, zink, tin, arseen, boor, fluor) die aangewend worden als houtbeschermingsmiddelen de nodige aandacht. Hoewel deze zouten toxisch zijn voor de mens (vooral tijdens de behandeling), zijn ze tijdens de diensttijd van het hout in een stabiel complex in het hout gefixeerd. Toch is de afgifte van metaalzouten uit behandeld hout een reëel risico. Na de diensttijd kan het hout in de afvalfase op verschillende wijzen herbruikt worden (spaanderplaten, hergebruik ...) of verbrand worden. Dit laatste kan aanleiding geven tot vorming van toxische stoffen zowel in de as als in de rook.

Milieueffecten van pesticiden

(naar Vergucht et al., 2006)

Zoals verderop, en slechts in grote lijnen en fragmentarisch in deze tekst beschreven, blijken uit de wetenschappelijke literatuur heel wat verontrustende elementen. Toch zijn er ook positieve evoluties zoals het verbod of restricties op het gebruik van de meest schadelijke stoffen. Er is een trend naar meer ecologische en biologische benaderingen en naar meer geïntegreerde pestbestrijding. Er is ook een evolutie naar meer selectieve pesticiden.

Niet-doelwit organismen kunnen blootgesteld worden aan pesticiden tijdens de toepassing ervan (directe blootstelling) of indirect, via lucht, water, bodem of voedsel. De Europese wetgeving is er echter op gericht de mogelijke effecten te minimaliseren, o.a. door testen op biota te verplichten alvorens een product op de markt mag komen.

Pesticiden in water

Eens pesticiden het oppervlaktewater bereiken vormen ze een potentieel risico voor de omgeving (en de mens). Het risico hangt af van de blootstelling (concentratie) en de toxicologische eigenschappen van de pesticiden. De vervuiling van oppervlaktewater door pesticiden vertoont vaak kortstondige pieken. Die pieken kunnen aanleiding geven tot acute toxiciteit. Daarnaast bestaat het gevaar voor chronische toxiciteit wanneer aquatische organismen gedurende lange tijd aan lagere concentraties blootgesteld worden.

Bioconcentratie en biomagnificatie kunnen optreden in oppervlaktewater. Bioconcentratie is de beweging van een stof vanuit het omgevende medium (bv. water) naar een organisme. Lipofiele pesticiden (bv. DDT) kunnen dan geaccumuleerd worden in vetweefsel. Andere pesticiden zoals glyfosaat kunnen gemetaboliseerd en uitgescheiden worden. Biomagnificatie slaat op de toenemende concentratie van een chemische stof doorheen de voedselketen, met zeer hoge concentraties in toppredatoren tot gevolg.

Vervuiling van grondwater door pesticiden hangt af van de eigenschappen van de pesticiden, de bodemeigenschappen, de drainagesnelheid en de diepte van de watertafel. De combinatie van mobiliteit en persistentie bepaalt of een pesticide afgebroken kan worden alvorens het het grondwater bereikt. In tegenstelling tot de vervuiling van oppervlaktewater met pesticiden, wordt grondwater meer continu vervuild.

Effecten op nuttige arthropoden en andere invertebraten

Het grote probleem bij pesticiden is vaak het onderscheid tussen doelorganismen, die bestreden worden, en niet-doelorganismen, die gespaard moeten worden. Vaak is het niet mogelijk enkel de doelorganismen te doden en worden andere co-existerende soorten ook aangetast. Organismen kunnen pesticiden opnemen door opname van voedsel of water, door ademhaling of door contact met de huid of het exo-skelet. Blootstelling kan mortaliteit veroorzaken maar ook gereduceerde levensduur, ontwikkelingsnelheid of vruchtbaarheid, wijzigingen in seks ratio en gedragsveranderingen.

De directe impact van een insecticide wordt beïnvloed door de stoffeigenschappen (toxiciteit, persistentie ...) en de toepassingswijze. Blootstelling kan gebeuren door direct contact met de spuitwolk, contact met residuen of door verontreinigde prooien te eten. Mortaliteit bij loopkepers is voor deze drie blootstellingswijzen aangetoond. Naast directe effecten van insecticiden zijn ook verschillende sub-lethale effecten waargenomen.

Hoewel sommige herbiciden directe effecten op arthropoden kunnen hebben, geldt dat niet voor het merendeel ervan. Wel kunnen er indirecte effecten zijn door wijzigingen van de vegetatie. Dergelijke interacties worden aangedreven door wijzigingen in de voedselaanbod en/of van het habitat.

Het gebruik van pesticiden kan ook effecten hebben op honingbijen, hun rol in de pollinatie wordt als essentieel beschouwd voor het behoud van terrestrische ecosystemen, inclusief landbouwsystemen. Mogelijk spelen pesticiden een rol in de recente afname van de bijenpopulaties.

Regenwormen vertegenwoordigen een groot deel van de biomassa aan bodeminvertebraten. Ze spelen een belangrijke rol in de verbetering van de bodemstructuur en ze vormen een belangrijk deel van de voedselketen. Er bestaat veel literatuur die de mortaliteit van regenwormen door verschillende pesticiden en blootstellingswijzen beschrijft.

Effecten op vertebraten

Sommige gewasbeschermingsmiddelen, zoals organochloor- en organofosforpesticiden en carbamaten, kunnen een hormoonverstorende werking hebben. Hormoonverstoring werd al waargenomen bij reptielen, vogels en zoogdieren.

Grootschalige sterfte bij zoogdieren is beschreven in verband met grote pestcontroleprogramma's vooral waar organochloorpesticiden gebruikt werden. Perinatale of neonatale blootstelling van zoogdieren aan pesticiden zoals aldrin, atrazine, chloordaan en dieldrin kunnen leiden tot verschillende verstoringen van de seksuele ontwikkeling. Ongewone sterftes en ziektes bij zeezoogdieren werden onder meer in verband gebracht met chemicaliën zoals organochloorpesticiden.

De effecten van pesticiden op vogels zijn uitgebreid bestudeerd. Mortaliteit door secundaire vergiftiging, bv. door het eten van insecten blootgesteld aan DDT of door het eten van met insecticiden behandeld zaaizaad, zijn al lang geleden beschreven. Ook het verlies aan

prooien is goed gedocumenteerd. De verdunning van eischalen door DDE, een metabooliet van DDT, is alomgekend. Het gebruik van dergelijke organochloorpesticiden werd in Noord-Amerika en Europa in de jaren 70 en begin 80 uitgefaseerd waarna de concentraties in het milieu daalden en de eischalen opnieuw dikker werden.

Er zijn weinig observaties in het veld gepubliceerd die het effect van pesticiden op vissen beschrijven. Deze vaststelling wordt ook gemaakt door Åkerblom (2004). Slechts enkele studies tonen aan dat vissen in natuurlijke zoet water ecosystemen aangetast worden door ongewilde verspreiding van pesticiden.

Verschillende studies hebben de negatieve effecten van herbiciden, vooral atrazine, op het voortplantingssysteem van amfibieën aangetoond.

Gezondheidseffecten van pesticiden

(naar Sanborn 2004 en 2012)

Het grootste risico door acute blootstelling aan pesticiden gebeurt tijdens het mengen, opladen en toepassen ervan, niet door accidentele ingestie. De effecten van acute vergiftiging kunnen variëren van zwak tot sterk en symptomen kunnen zich voordoen in verschillende lichaamsdelen (bv. huid, ogen, zenuwstelsel, cardiovasculair systeem, ademhalings- en maagdarmsysteem. In extreme gevallen kan vergiftiging met pesticiden dodelijk zijn (Vergucht et al., 2006). Verderop in deze tekst zal vooral gefocust worden op chronische effecten.

Er zijn zeer veel studies beschikbaar naar het verband tussen pesticiden en menselijke gezondheid, maar toch is er nog steeds controverse over de gezondheidseffecten van pesticiden. Om ethische redenen worden er geen klassieke oorzaak-gevolg-studies (gerandomiseerde, gecontroleerde experimenten) uitgevoerd. Andere studies hebben beperkingen. Vaak worden studies gedaan naar doelgroepen met een hoge blootstelling (boeren, tuinmannen ...) om vervolgens de resultaten te extrapoleren naar de hele bevolking. Bovendien is er meestal sprake van meervoudige blootstelling aan verschillende pesticiden en andere gevaarlijke stoffen. De blootstellingsgeschiedenis wordt vaak niet of indirect gereconstrueerd. Beïnvloedende factoren en andere essentiële informatie worden vaak onvoldoende meegenomen. Ook de effecten van toegevoegde hulpstoffen kunnen moeilijk te onderscheiden zijn van de eigenlijke werkzame stof. Vaak ontbreekt ook een echte controlegroep. Gevolg is dat er wel vaak verbanden aangetoond kunnen worden maar zelden oorzakelijke verbanden.

Positieve verbanden werden aangetoond tussen blootstelling aan pesticiden en:

- harde tumoren;
- niet-Hodgkin lymfeklierkanker;
- leukemie;
- chromosomale afwijkingen (een biomerker voor de carcinogeniteit);
- effecten op het zenuwstelsel;
- stoornissen in neurologische ontwikkeling;
- effecten op het ademhalingsstelsel (bv. astma).

Hoewel er studies zijn die wijzen op een verband tussen blootstelling aan pesticiden en effecten op de reproductiviteit (bv. geboortegewicht, geboortefwijkingen), blijft het moeilijk definitieve conclusies te trekken.

Hoewel het oorzakelijk verband dus zelden aangetoond kon worden, wordt toch aangeraden de blootstelling aan pesticiden zoveel mogelijk te beperken. Dit kan o.a. door geen pesticiden in huis, op huisdieren en in de tuin te gebruiken, de blootstelling via voedsel te beperken en beschermende kledij te dragen wanneer pesticiden toch toegepast moeten worden.

Verspreiding in het milieu

Gewasbeschermingsmiddelen worden teruggevonden in de compartimenten lucht, water en bodem. De meest courante toepassingswijze van gewasbeschermingsmiddelen is het verspuiten van in water verdeelde formuleringen over het gewas of de bodem. Daarbij doet de lucht dienst als voornaamste transportmedium. De kans bestaat dat het product voor een deel zijn doel mist en een milieubelastende stof wordt.

Er wordt aangenomen dat bij behandelingen van gewasbeschermingsmiddelen op planten meer dan 80 % uiteindelijk niet op de bedoelde plaats zoals het bladoppervlak terecht komt en bijgevolg niet effectief is. Forster (2004) stelde het zo: als de totale gespoten hoeveelheid gelijkgesteld wordt aan 100 % is er 80 % depositie, daarvan slechts 50 % retentie, van deze weerhouden hoeveelheid wordt 50 % opgenomen, en 10 % van de opgenomen fractie wordt getransporteerd. Dit betekent dus dat maar 20 % opgenomen wordt en niet meer dan 2 % in het gewas getransporteerd wordt naar de plaats van actie. De 80 % die niet opgenomen wordt gaat verloren en komt op niet-doeloppervlakken of in niet-doelcompartimenten terecht. Daar kan de aanwezigheid nefast zijn en kunnen deze verbindingen schade berokkenen aan de oorspronkelijke habitat .

In vele opzichten vormt de contaminatie van het hydrologisch systeem het grootste risico voor de nadelige effecten van gewasbeschermingsmiddelen. Water is één van de belangrijkste emissieroutes waarlangs gewasbeschermingsmiddelen zich verspreiden in de verschillende milieucompartimenten (bodem, water, lucht, sediment, zwevende stof en water- en bodemleven). Eens de gewasbeschermingsmiddelen in het hydrologisch systeem terecht zijn gekomen, kunnen ze zich wijd verspreiden via stromen, rivieren, meren en oceanen. Er bestaan verschillende potentiële wegen waarlangs gewasbeschermingsmiddelen het milieu contamineren (figuur 1). Deze blijken in hoofdzaak afhankelijk te zijn van de eigenschappen van de actieve stof en de klimatologische omstandigheden. Algemeen worden twee soorten bronnen onderscheiden: punt- of semi-puntbronnen en diffuse bronnen (tabel 1). Een punt of semi-puntbron is een gelocaliseerde bron waarlangs gewasbeschermingsmiddelen in het milieu komen en dit slechts op een beperkt aantal locaties.

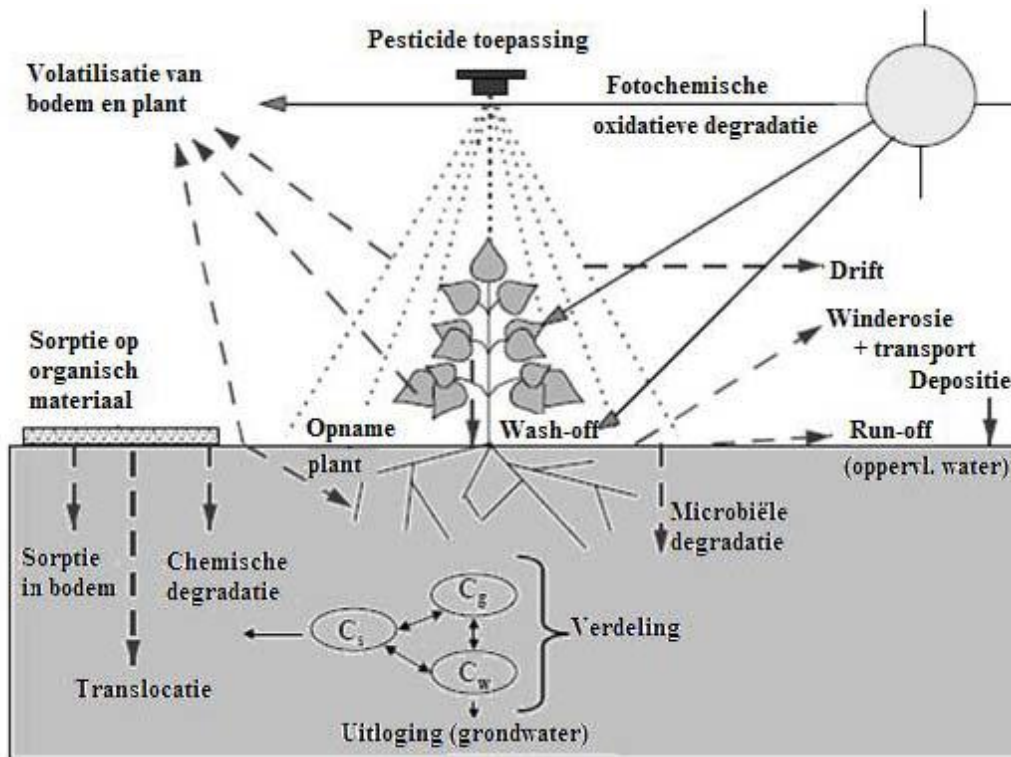
Tabel 1: Bronnen van milieuverontreiniging door gewasbeschermingsmiddelen

diffuse bronnen	punt- en semi-puntbronnen
<ul style="list-style-type: none">• spuittoepassingen en <u>drift</u>	<ul style="list-style-type: none">• <u>vullen en mengen</u> van gewasbeschermingsmiddelentanks• <u>lekkages</u>, verspillingen
<ul style="list-style-type: none">• bodem/sediment <u>accumulatie</u>, opname door gewassen, planten en niet-doelwit organismen• <u>verdamping en depositie</u>• gecontamineerde mest en <u>afval</u>	<ul style="list-style-type: none">• gebrekkig <u>materiaal</u>• <u>reinigingen</u> van tanks en afvalverwerking• <u>afspoeling</u> van behandelde oppervlakten en dieren• directe contaminatie door <u>overbehandeling</u>• moedwillige en onvrijwillige lozingen, <u>incidenten</u> (brand, vandalisme)
<ul style="list-style-type: none">• <u>afspoeling</u> van de bodem en transport via sediment• <u>uitloging</u> (bodem, behandelde oppervlakten en dieren)• <u>depositie</u> vanuit rivieren aan mondingen en in het zeewater, depositie vanuit het grondwater	<ul style="list-style-type: none">• <u>dumpen</u> van containers en recipiënten• <u>lozen</u> van overtollige spuitresten

Bron: Environment Agency (UK), www.environment-agency.gov.uk

Een diffuse bron kan echter niet toegeschreven worden aan een specifieke locatie of persoon, maar is meer alom tegenwoordig. De impact van één diffuse bron kan verwaarloosbaar zijn, maar het cumulatieve effect van meerdere diffuse bronnen is meetbaar en kan leiden tot sterke pollutie van grond- en oppervlaktewater.

Figuur 1: Verspreiding van gewasbeschermingsmiddelen in het milieu en de voeding



Bron: Führ (1998)

Naargelang de toepassingswijze en het beoogde gebruiksdoel variëren de processen die het gedrag van gewasbeschermingsmiddelen in het milieu bepalen. Hierdoor verschillen ook de routes waarlangs gewasbeschermingsmiddelen in het water terechtkomen. Voor de emissie naar het oppervlaktewater zijn vijf belangrijke routes gekend: druppeldrift, spoelen van sproeitanks, afspoeling na overbehandeling, uitspoeling uit behandelde velden en droge of natte depositie over lange afstand.

Spuitsdrift wordt gedefinieerd als de hoeveelheid van een gewasbeschermingsmiddel dat verdwijnt uit de behandelde oppervlakte door luchtstromingen op het moment van of na de spuitbehandeling. Er wordt nog een onderscheid gemaakt tussen druppeldrift van partikels (tijdens de spuitbehandeling) en dampdrift door evaporatie (na de spuitbehandeling) (Spanoghe, 2012). Druppeldrift is veruit de belangrijkste emissieroute naar oppervlaktewater die plaatselijk voor zeer hoge concentraties in het oppervlaktewater kan zorgen. Factoren die de druppeldrift beïnvloeden zijn de grootte-distributie van de druppels, de weersomstandigheden en de omgevingskarakteristieken. De grootte-distributie van de druppels wordt bepaald door type en maat van de spuitdoppen, de spuitdruk en de fysisch-chemische eigenschappen van de spuitvloeistof. Belangrijke weercondities zijn wind, temperatuur en luchtvochtigheid en atmosferische stabiliteit (bv. inversie). Belangrijke omgevingskarakteristieken zijn gewastype en naburige structuren aan de rand van het veld, zoals bufferzones (Spanoghe, 2012). Het grootschalig en gelijktijdig toepassen van dezelfde gewasbeschermingsmiddelen kan leiden tot een cumulatie van kleinere concentratiepieken, waardoor hoge piekconcentraties kunnen optreden in grotere rivieren. Voor Vlaanderen wordt geschat dat in 1 % van de gevallen het pesticide daadwerkelijk in het oppervlaktewater terechtkomt. In het SEPTWA-model (Pussemier & Beernaerts, 1997) wordt namelijk verondersteld dat slechts 1 % van de behandelde velden zich in de onmiddellijke nabijheid van een sloot bevindt (oppervlaktewater/land ratio = 0,01). Het SEPTWA-model rekent bovendien met een wijzigend driftpercentage naargelang de toepassingswijze: 0 % voor gewasbeschermingsmiddelen gebruikt voor zaadbehandeling of als granulen, 0,5 % voor gewasbeschermingsmiddelen die in rijen worden gesproeid, 1 % voor volle veld sproeien van gewassen tot 25 cm (fruitteelt 10-17 %), 2 % voor volle veldspuit op gewassen groter dan

25 cm en 100 % voor vliegtuigsproeien. De afstand tot het oppervlaktewater beïnvloedt ook het driftpercentage (Pussemer & Beernaerts, 1997). Geschat wordt dat bij volveld sproeien naarmate de afstand tot het oppervlaktewater toeneemt van 2 tot 10 meter, het driftpercentage vermindert van 1 % tot 0,3 % (Vercruyssen et al, 1999). De percentages hebben betrekking op de totale hoeveelheid toegepaste pesticiden.

Tot op heden is er weinig gekend over mogelijke drift van stof ("dust") bij de toepassing van granulaten of bij het zaaiproces van behandeld zaaizaad. Het is gebleken dat het gevormde stof tijdens het uitstrooien van de granules of zaden hoge concentraties actieve stof bevat. Ook op Europees gebied het EFSA (European Food Safety Authority) dit probleem.

Afspoeling (run-off) via erosie van percelen en verhardingen kan leiden tot zeer hoge piekconcentraties. De belangrijkste bron ligt echter buiten de landbouw: industrie, gemeenten en particulieren. Een gedeelte van de gewasbeschermingsmiddelen geadsorbeerd aan de bodemdeeltjes wordt meegevoerd naar het oppervlaktewater, vooral bij neerslag vlak na de behandeling. Afspoeling vindt vooral plaats bij toepassingen op verhardingen en percelen. Toepassingen buiten de landbouw zijn de belangrijkste bron in de belasting van het oppervlaktewater via deze route. Het betreft een beperkt aantal herbiciden, zoals glyfosaat, MCPA ...

Uitloging of drainage levert meestal een vrij constante, weliswaar vertraagde en vrij geringe toevoer van gewasbeschermingsmiddelen naar het grondwater. De aangevoerde hoeveelheid is in grote mate afhankelijk van de adsorptie aan en de afbraak (chemisch en microbiel) in de bodem, van de doorlaatbaarheid van de bodem (afhankelijk van het bodemtype) en de grondwaterstand onder het maaiveld. Vooral tijdens het winterseizoen, bij toenemende neerslag, levert ondiepe uitspoeling en afvoer via drainage een belangrijke bijdrage in de belasting van oppervlaktewater. Ondiepe uitspoeling verloopt snel, waardoor de verblijftijd in de bodem voor afbraak vrij kort is. Hierdoor kunnen relatief veel gewasbeschermingsmiddelen via deze route verspreid worden. De diepe uitspoeling verloopt via diepe stroombanen, waarbij gewasbeschermingsmiddelen een lange verblijftijd vertonen (grotere afbraak) en ook het verdunningseffect belangrijk is. De contaminatie via diepe uitspoeling is dus geringer dan via ondiepe uitspoeling.

Via volatiliteit (verdamping) van op de bodem of het bladoppervlak en/of drift en/of winderosie komen actieve stoffen in de lucht terecht. Een deel ervan wordt afgebroken door fotochemische oxidatie, maar persistente actieve stoffen kunnen tot honderden en zelfs duizenden kilometers getransporteerd worden, om dan via natte (regen, sneeuw, hagel) en droge depositie (gasuitwisseling, stofuitval) op de bodem of in het oppervlaktewater terecht te komen. Fijne deeltjes hebben een verblijftijd van enkele uren tot meerdere dagen en kunnen zich verspreiden over grote afstanden, tot enkele honderden km. Deze fijne deeltjes spelen een cruciale rol als drager van een groot aantal gevaarlijke stoffen, waaronder gewasbeschermingsmiddelen. Dit verklaart de aanwezigheid van de stoffen op intercontinentale schaal. Voor het oppervlaktewater in Vlaanderen concludeert Callebaut (2011) dat atmosferische depositie verwaarloosbaar is ten opzichte van de andere transportroutes. Deneer & Kruijne (2010) stellen dat er geen concrete aanwijzingen zijn dat atmosferische depositie van gewasbeschermingsmiddelen in natuurgebieden in Nederland tot een verhoogd risico voor water- en/of bodemleven leidt, maar ook dat de maximale concentraties in regenwater soms zo hoog zijn dat niet te allen tijde kan uitgesloten worden dat er risico's op effecten zijn.

Het reinigen en spoelen van sproeitanken levert een belangrijke bijdrage tot de lokale contaminatie van oppervlaktewateren. Geschat wordt dat 5 % van de spuitoplossing in de tank achterblijft, waarvan 5 % het oppervlaktewater bereikt (tabel 2). Beernaerts et al. (2002) toonden aan dat de zogenaamde puntverliezen op de boerderij misschien wel de belangrijkste route is. Tijdens een project van 2 jaar werden de landbouwers van het Nijlbeekken (Waals Brabant) geïnformeerd en bewust gemaakt van het probleem van de puntverliezen. In deze 2 jaren van overleg vonden de onderzoekers een daling van de hoeveelheid van gewasbeschermingsmiddelen terug van 60 tot 80 % in de Nijl (afhankelijk van de actieve stof).

De grootte van de emissie van een bestrijdingsmiddel naar het oppervlaktewater via de verschillende routes is dus afhankelijk van de stoffeigenschappen, de hoeveelheid gebruikt product, de wijze van toediening, de lokale waterhuishouding en de bodemeigenschappen. Eenmaal terechtgekomen in het oppervlaktewater treden volgende processen op, die nauw samenhangen met de fysico-chemische eigenschappen: verdunning en verspreiding, degradatie naar andere verbindingen, adsorptie, vervluchtiging en opname door water- en waterbodemorganismen.

In het simulatiemodel SEPTWA (System for the Evaluation of Pesticide Transport to Water) voor de evaluatie van de diffuse landbouwemissies naar oppervlakte- en grondwater in België (Pussemier & Beernaerts, 1997) worden de transfers zoals vermeld in tabel 2 gebruikt.

Tabel 2: Verlies naar het oppervlaktewater- en grondwater van gewasbeschermingsmiddelen als % van de toegepaste dosis in de landbouw

emissieroute	criterium	verlies (% van toegepaste dosis)
rechtstreekse contaminatie (spoelen van tanks)	5 % verlies naar oppervlaktewater (d.i. 5 % van totaal oppervlak)	0,25
drift (druppeldrift)	1 % naar nabije oppervlaktewater (d.i. 1 % van totaal oppervlak)	0,01
run-off (afspoeling)	landbouwkundig gebruik	0,40
	niet-landbouwkundig gebruik	2,00
drainage naar oppervlaktewater (ondiepe uitspoeling)	GUS<3	0,01
	3<GUS<4	0,10
	4<GUS<4.5	1,00
uitloging naar grondwater (diepe uitspoeling)	GUS<4	0,05
	4<GUS<5	0,10
	5<GUS<6	0,20
	GUS>6	0,30

GUS = Groundwater Ubiquity Score (maat voor het uitlogingsrisico van gewasbeschermingsmiddelen naar het grondwater of de mobiliteit doorheen de bodem naar het grondwater)

Bron: Pussemier & Beernaerts (1997)

De studie "Bestrijdingsmiddelen: kwantificering en geografische spreiding van de emissies naar het compartiment water" heeft de berekeningswijze voor de verliezen van een aantal pesticiden naar oppervlaktewater veel verder gedetailleerd en geografisch gespreid (Callebaut, 2011).

Om een idee te vormen van de verontreiniging die Vlaanderen, met name via het Scheldebekken, binnenstroomt via Frankrijk, het Waalse en Brussels Hoofdstedelijk gewest, voert de Vlaamse Milieumaatschappij onderzoek uit naar de inkomende grensvrachten op een tiental relevante meetpunten op de Vlaamse gewestgrens. Hieruit blijkt dat dit een niet te verwaarlozen bron is voor de verontreiniging van het Vlaamse oppervlaktewater.

Lege verpakkingen van gewasbeschermingsmiddelen en bepaalde biociden zoals materiaalbeschermingsmiddelen kunnen via de afvalverwerkingsstroom eveneens in het milieu terechtkomen. Vandaar de inzamelacties van Phytofar voor lege verpakkingen van gewasbeschermingsmiddelen bij professionele gebruikers.

Referenties

- Åkerblom N. (2004) Agricultural pesticide toxicity to aquatic organisms - a literature review. Department of Environmental Assessment, Swedish University of Agricultural Sciences, Box 7050 SE 750 07 Uppsala, 31 p.
- Aktar W., Sengupta D. & Showdhury A. (2009) Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisc Toxicol.* 2009; Vol 2(1):1-12.
- Beernaerts S., Debongnie P., De Vleeschouwer C. & Pussemier L. (2002) Het pilootproject voor het Nil bekken. Groenboek Belgaqua-Phytophar 2002, 33-38. Groenboek Belgaqua-Phytofar, 2002. 38 pp.
- Callebaut K. (2011) Bestrijdingsmiddelen: kwantificering en geografische spreiding van de emissies naar het compartiment water. Studie uitgevoerd door Aracadis en UGent in opdracht van VMM. 106 p. + bijlage.
- Deneer J.W. & Keuijne R. (2010) Atmosferische depositie van gewasbeschermingsmiddelen. Wageningen UR. 35 p. + bijlage.
- Forster W. (2004) Foliar uptake and translocation relationships for polar xenobiotics, Proceedings of the 7th International Symposium on adjuvants for agrochemicals, 8-12/11/2004, Cape Town, South Africa, 242-247.
- Führ F., Burauel P., Dust M., Mittelstaedt W., Pütz T., Reinken G. & Stork A. (1998) Comprehensive tracer on environmental behaviour of pesticides: The lysimeter concept. In Führ F., Hance R.J., Plimmer J.R. & Nelson J.O. (eds.), The lysimeter concept, ACS Symposium Series 699, American Chemical Society, Washington DC, USA, 1-20.
- Pussemier L. & Beernaerts S. (1997) Estimation of pesticide emissions to surface and groundwater in Belgium using SEPTWA 95 model, Mededelingen Fac. Landbouw en Toegepaste Biologische Wetenschappen, 62/2a, 157-170.
- Sanborn M., Cole C., Kerr K., Vakil C., Sanin L.H. & Bassil K. (2004) Pesticides literature review. Ontario College of Family Physicians. 177 p.
- Sanborn M., Bassil K., Vakil C., Kerr K. & Ragan K. (2012) Systematic review of pesticide health effects. Ontario College of Family Physicians. 83 p. + bijlage.
- Spanoghe P. (2012). Dynamica en residu's van pesticiden. Cursus UGent.
- Vercruyse F., Steurbaut W., Drieghe S. & Dejonckheere W. (1999) Off-target ground deposits from spraying a semi dwarf orchard, *Crop Protection*, 18, 565-570.
- Vergucht S., de Voghel S., Misson C., Vrancken C., Callebaut K., Steurbaut W., Pussemier L., Marot J., Maraite H. & Vanhaecke, P. (2006) Health and environmental effects of pesticides and type 18 biocides (HEEPEBI) Belgian Science Policy, 455 pp.

Begrippen

Aangroeiwerende middelen: middelen die gebruikt worden om aanwas van waterorganismen op scheepsrompen te voorkomen.

Acariciden: pesticide tegen mijten, teken en spinnen.

Actieve stof: werkzame stof, actief bestanddeel in een bestrijdingsmiddel. Een pesticide, zoals aangeboden in de handel, kan verschillende actieve stoffen bevatten.

Arthropoden: geledpotigen, dit zijn ongewervelde dieren zoals insecten, spinnen ...

Bactericide: pesticide tegen bacteriën.

Benthisch: bodemgebonden.

Bestrijdingsmiddel: synthetische of uit levende organismen gewonnen stof aangewend tegen onkruid (herbiciden), insecten (insecticiden), schimmels (fungiciden) of andere ongewenste organismen of hulpstoffen om deze stoffen te versterken. Er wordt verder onderscheid gemaakt tussen biociden en gewasbeschermingsmiddelen voor landbouwkundig gebruik (gewasbeschermingsmiddelen (actieve stoffen) en hulpstoffen).

Bio-accumulatie: opstapeling van lichaamsvreemde stoffen in plantaardige en dierlijke weefsels.

Biocide: pesticide voor gebruik buiten de landbouw anders dan gewasbeschermingsmiddelen (bv. houtbeschermingsmiddelen, ontsmettingsmiddelen).

Biomagnificatie: verhoging van de concentratie aan chemische stoffen in organismen als gevolg van doorstroming doorheen de verschillende trofische niveaus van de voedselpiramide.

Chitine: polysaccharide dat voorkomt als bouwstof in de celwanden van schimmels en in het exoskelet van geledpotigen, zoals insecten, kreeftachtigen en spinnen, waarbij het zorgt voor de stevigheid, ook van de pantsers.

Depositie: hoeveelheid van een stof of een groep van stoffen die uit de atmosfeer neerkomen in een gebied, uitgedrukt als een hoeveelheid per oppervlakte-eenheid en per tijdseenheid (bv. 10 kg SO₂/ha/j).

Drift: spontane en ongewenste verplaatsing naar lucht en regenwater van een pesticide tijdens het gebruik ervan.

Ecotoxicologisch: betreffende de toxische effecten op organismen of ecosystemen.

Emissie: uitstoot of lozing van stoffen, golven of andere verschijnselen door bronnen, meestal uitgedrukt als een hoeveelheid per tijdseenheid.

Endocrien: met inwendige afscheiding die onmiddellijk in de bloedbaan opgenomen wordt (klierwerking).

Ergosterol: komt voor in de celmembranen van schimmels, gisten en sommige protisten waar het dezelfde functie vervult als cholesterol bij dieren.

Evaporatie: verdamping vanuit bodem of oppervlaktewater.

Fungicide: pesticide tegen schimmels.

Geïntegreerde bestrijding: gewasbescherming waar biologische en synthetische gewasbeschermingsmiddelen worden ingezet.

Geïntegreerde teelt: landbouwproductiemethode met gecombineerde inzet van chemische en biologische gewasbeschermingsmiddelen, zodat het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen daalt, ook conform een specifiek lastenboek.

Geleide bestrijding: gewasbescherming op basis van waarnemingen en/of waarschuwingen.

Gewasbeschermingsmiddel: actieve stof en preparaat ter bescherming en bewaring van planten en plantaardige producten tegen schadelijke organismen, ter beïnvloeding van de levensprocessen van planten en om ongewenste planten of plantendelen te doden. Deze omvatten gewasbeschermingsmiddelen gebruikt in de landbouw, voor de bescherming van kamerplanten, in tuinen, in openbaar groen en op sportterreinen.

Goede landbouwpraktijk: uitvoering van de landbouw met respect voor het milieu, maar die niet verder gaat dan wat wettelijk voorgeschreven is, eventueel vastgelegd in een code.

Herbicide: pesticide tegen onkruid.

Immunotoxiciteit: de toxische werking van stoffen op het immuun- of afweersysteem.

Insecticide: pesticide tegen insecten.

Letaal: dodelijk.

Lipofiel: in vet oplosbaar.

Mitose: of kerndeling is het proces waarbij de chromosomenparen paarsgewijs uit elkaar gaan.

Molluscicide: pesticide tegen slakken.

Nematicide: pesticide tegen nematoden (groep van wormen, bv. aaltjes).

'No Observed Effect Concentration' (NOEC): de hoogste concentratie waarbij geen nadelige effecten worden waargenomen. (toxicologie).

Oppervlaktewater: aquatische ecosystemen: open water, meren, rivieren, sloten, kanalen ...

Organochloor-, organostikstof-, organofosforbestrijdingsmiddel: groep van gewasbeschermingsmiddelen op basis van hun gemeenschappelijke chemische samenstelling.

Persistent: niet of zeer moeilijk afbreekbaar.

Pesticide: synthetische of uit levende organismen gewonnen stof aangewend tegen onkruid (herbiciden), insecten (insecticiden), schimmels (fungiciden) of andere ongewenste organismen of hulpstoffen om deze stoffen te versterken. Er wordt verder onderscheid gemaakt tussen biociden en gewasbeschermingsmiddelen voor landbouwkundig gebruik (gewasbeschermingsmiddelen (actieve stoffen) en hulpstoffen).

Rodenticide: pesticidel tegen knaagdieren (ratten, muizen ...)

Totaalherbicide: niet-selectief herbicide.

Uitspoeling: verdwijning van stoffen uit de bodem doordat ze met het doorsijpelend water worden meegevoerd.

Waterbodem: bodem van een oppervlaktewaterlichaam die altijd of een groot deel van het jaar onder water staat.

Afkortingen

ADI: Aanvaardbare Dagelijkse Inname

EFSA: European Food Safety Authority

GUS: Groundwater Ubiquity Score

IPM: Integrated Pest Management

Koc: Octanol-water partiticoëfficiënt

KRW: Kaderrichtlijn Water

LC50: Letale Concentratie (dodelijke concentratie, 50 % sterfte)

LD50: Letale Dosis (50 % sterfte)

MAC: Maximum Admissable Concentration

MIRA: Milieurapport Vlaanderen

MRL: Maximale ResiduLimiet

MTC: Maximaal Toelaatbare Concentratie

NOEC: No Observable Effect Concentration

OCP: OrganoChloorPesticiden

PEC: Predicted Environmental Concentration

PNEC: Predicted No Effect Concentration

RI: Risico-Index

SEPTWA: System for the Evaluation of Pesticide Transport to WAter

UGent: Universiteit Gent, www.ugent.be

VMM: Vlaamse Milieumaatschappij, www.vmm.be

[Terug naar inhoudsopgave](#)