



Afspoeling van bestrijdingsmiddelen vanaf verhardingen

M. DE ROOY, RIZA
W. BELTMAN, ALTERRA

In een veldproef is de afspoeling van drie herbiciden vanaf een betonklinkerverharding gemeten. Een deel van de afspoelingsroutes is gekwantificeerd. Daardoor ontstond inzicht in het afspoelingsproces. Een belangrijk deel van de gedoseerde herbicide verdwijnt naar de ondergrond. De grootte van deze flux hangt af van de grootte van de voeg, de vochttoestand van de bodem en de intensiteit van de neerslag. De oplosbaarheid van een herbicide blijkt belangrijker te zijn voor de mate van afspoeling dan de adsorptiecoëfficiënt.

Gemeenten, bedrijven en particulieren gebruiken herbiciden om bestratingen vrij te houden van onkruid. Bij regen spoelen deze herbiciden rechtstreeks of via de riolering af naar het oppervlaktewater^{3),5)}. Daar vormen ze een risico voor waterorganismen en veroorzaken ze problemen bij de bereiding van drinkwater. De verontreiniging van het oppervlaktewater door het gebruik van herbiciden op verhardingen is tot nu toe slechts globaal geschat en incidenteel gemeten. Voor het waterkwaliteitsbeleid is inzicht nodig in de hoeveelheid en manier waarop herbicide afspoelt na een bespuiting van een verharding. Met dat inzicht kunnen doelgerichter maatregelen worden genomen om de emissies te beperken*. Daarnaast is inzicht nodig in hoe de stoffeigenschaften de afspoeling bepalen voor de toelating van bestrijdingsmiddelen.

Onderzoekopzet

Eerder onderzoek wijst erop dat een groot deel van de toegediende herbiciden afspoelt

Tabel 1: Adsorptiecoëfficiënten (K_{om}) en oplosbaarheid van bromide, amitrol, atrazin en glyfosaat.

	K_{om} (l/kg)	oplosbaarheid (g/l)
kaliumbromide	0	678
amitrol	75	360
atrazin	70	0,033
glyfosaat	3200	12

met de eerste millimeters neerslag, dat na de initiële piek het verharde oppervlak een lange periode van nalevering vertoont en dat de verdeling van de afspoeling van herbiciden in de tijd wordt bepaald door de fysisch-chemische eigenschappen van een herbicide^{3),4)}.

In een veldproef^{1),2)} is 100 m² betonklinkerverharding bespoten met de drie herbiciden, amitrol, atrazin** en glyfosaat, die verschillen in chemisch-fysische eigenschappen, samen met de tracer kaliumbromide (zie ook tabel 1). Vervolgens is het proefveld beregend, waarbij het afspoelende water werd opgevangen voor analyse. Ook zijn na elke proef enkele stenen uit het proefveld genomen om de daarin achtergebleven hoeveelheid herbicide te bepalen.

Beregening van het proefveld.



Beregenen

In twee series van twee proeven is verschillend beregend: in de eerste serie startte de berekening direct na het bespuiten, in de tweede serie werd drie uur gewacht na de bespuiting zodat het water van de spuitoplossing zeker volledig was verdampt. Bij alle proeven is beregend met een constante neerslagintensiteit van 10 mm per uur, die in Nederland in buien gemiddeld tien keer per jaar voorkomt. Tijdens de proeven is beregend tot ongeveer 14 mm neerslag was afgespoeld. Van de eerste twee millimeter afgespoeld water is per 0,25 mm een monster genomen om de initiële piek goed in beeld te brengen. Daarna is van elke afgespoelde millimeter een monster genomen.

Bij de start van het onderzoek werd verondersteld dat de infiltratie van regenwater naar de ondergrond beperkt zou zijn, zodat bij de eerste twee proeven niet is geprobeerd die route te onderzoeken. Omdat veel meer water bleek te infiltreren dan was voorzien, zijn voor en na de derde en vierde beregeningsproef grondmonsters genomen van onder de bestrating.

Uitkomsten

Op basis van de waarnemingen is duidelijkheid ontstaan in het afspoelproces en kon de volgende beschrijving van zes fasen in de afspoeling worden opgesteld:

Fase 1: De verharding is bespoten en de spuitvloeistof is verdampt. In de proef is gestart met beregenen na een kwartier (nodig om de installatie op te bouwen) en na drie uur. Dit tijdsverschil bleek niet van invloed op de hoeveelheid afgespoeld middel.

Fase 2: Start van de beregening. De eerste druppels water verdampen direct; het oppervlak van de steen is nog relatief warm.

Fase 3: Het herbicide lost op. Water met daarin opgelost herbicide dringt in de steen (route a): absorptie (opgezogen als een spons), niet te verwarren met adsorptie (hechting aan het steenoppervlak in de steen). De grootte van a is afhankelijk van de beschikbaarheid van opgelost herbicide en de porositeit van de steen. Afhankelijk van de soort bui zal deze fase kort (hoosbui) of lang (motregen) duren en zal meer of minder herbicide in de steen worden opgeslagen.

Fase 4: Regenwater stroomt van de steen in de voeg. Voordat water van de verharding begint af te stromen, raakt eerst de voeg verzadigd (route b). De grootte van b hangt af van de beschikbaarheid van opgelost herbicide, de oppervlakte van de voeg, de doordringbaarheid van het voegmateriaal en het vochtgehalte van de voeg. Bij een verharding met brede voegen (bijvoorbeeld kinderkopjes) zal stroom b groter zijn dan bij smalle voegen. Wanneer de voeg verzadigd is, hangt de grootte van b rechtstreeks af van de uitstroom aan de onderzijde van de voeg (route c). Deze route is op zijn beurt weer afhankelijk van de doorlaatbaarheid en verzadiging van de ondergrond. De hoeveelheid infiltrerend regenwater was groter dan vooraf op basis van literatuurgegevens was verwacht. In de proeven infiltreerde 38 tot 54 procent van het beregende water, waar de literatuur 10 tot 30 procent aangaf. Reden voor dit verschil is waarschijnlijk dat de meeste onderzoekers redeneren vanuit het ontwerp van rioeringen waarbij men wil weten hoeveel water minimaal infiltreert bij langdurige buien. Voor het inschatten van de afspoeling van herbiciden zijn juist de eerste minuten van de bui van groot belang vanwege de piekconcentraties die dan worden gevonden. In de initiële fase van een regenbui is de infiltratie het grootst, waarna deze afneemt tot een constante infiltratie. De infiltratie wordt mede bepaald door de totale oppervlakte van voegen op het stuk bestrating. Bij bestratingen met meer (sierbestrating van kleine klinkers) of minder voegen (tegels) zal ook de infiltratie meer respectievelijk minder zijn.

De grondmonsters, genomen voor en na de derde en vierde proef, lieten zien dat bij een hogere vochtigheid van de ondergrond, de afspoeling van herbicide aanzienlijk groter is.

Fase 5: De voeg is verzadigd; het regenwater stroomt van de verharding.

Wanneer de neerslagintensiteit groter is dan steen en voeg kunnen opnemen, stroomt het water van de bestrating af (route e). De grootte van e is een resultante van de hoeveelheid neerslag minus het water opgenomen door de steen (a), minus water infiltrerend via de voeg (c). Na verzadiging van de steen is route a gelijk aan nul. De hoeveelheid herbicide in

het afspoelende water (e) hangt af van de beschikbaarheid van herbicide aan het oppervlak van de steen.

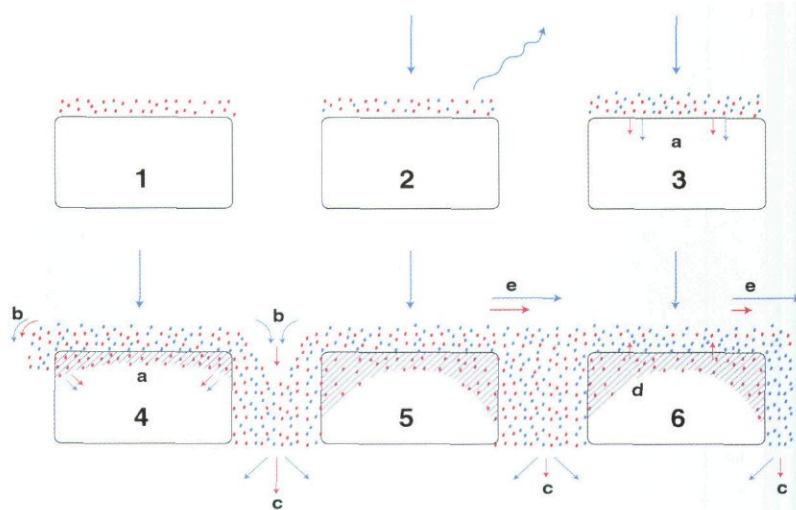
De afspoeling van bromide, amitrol, atrazin, glyfosaat en AMPA is bepaald aan de hand van de concentraties in het afgespoelde water. Afbeelding 2 toont het relatieve verloop van de totale hoeveelheid afgespoeld middel ten opzichte van de totale hoeveelheid opgebracht middel in proef 1 respectievelijk proef 4. De resultaten voor proef 2 en 3 zijn vergelijkbaar met die van proef 1. De AMPA-concentraties waren zoveel lager dan de overige, dat ze niet weergegeven zijn in de grafieken.

De afspoeling van atrazin (slecht oplosbaar) geeft grofweg hetzelfde beeld gedurende de proeven (30 tot 50 procent afspoeling, met een onverklaarde lagere afspoeling van 18 procent in proef 3). De afspoeling van de goed oplosbare middelen amitrol, bromide en glyfosaat vertoont echter een groot verschil tussen de eerste proef (afbeelding 2a) en de vierde (afbeelding 2b). De afspoelingpercentages van amitrol gaan van zeven tot negen procent naar 22 procent, bromide van zes tot negen procent naar 23 procent, en glyfosaat van elf of twaalf procent naar 23 procent in de vierde proef. De

verklaring hiervoor kan worden gevonden in het hogere vochtgehalte van de bestrating en de ondergrond. Daardoor absorbeert en infiltreert minder water en spoelt een groter deel van de initiële piek af in plaats van tussen de voegen te verdwijnen. Voor atrazin is het vochtgehalte van de ondergrond van minder belang, omdat in de eerste minuten van de berekening nog niet al het middel in oplossing is gegaan (concentratie in eerste monster was 26 mg/l, dicht bij de oplosbaarheid). De initiële piek is door de slechte oplosbaarheid van het middel als het ware 'breder' dan van de andere middelen. Het belang van infiltratie betekent dat vooral de goed oplosbare middelen meer zullen afspoelen bij een verharding met een lage infiltratiecapaciteit (door bodemeigenschappen of hoger vochtgehalte).

Fase 6: Het straatoppervlak is 'schoon'; de steen levert na.

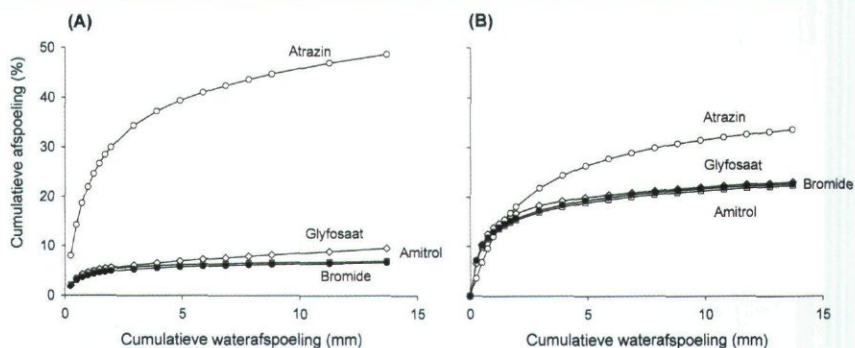
Na enige tijd afspoelen is het oppervlak van de steen 'schoon' en diffundeert het herbicide uit de steen naar boven (route d). De grootte van d hangt af van de mate van adsorptie en het concentratieverschil tussen het water op de steen en in de steen.



Afb. 1: Afspoeling van herbiciden van een verharding met voegen.

Afb. 2: Cumulatieve afspoeling van bromide, amitrol, glyfosaat en atrazin in procenten van de dosering als functie van het aantal mm afgespoelde water.

A: proef 1 (droge uitgangssituatie), B: proef 4 (vochtige uitgangssituatie).





Bespuiting van het proefveld.

De gehalten in de steen van het - niet afbreekbare - bromide bedroegen 20 procent of meer van de dosering. Na de eerste proef was het precies 20 procent, wat meteen het meest harde getal is. Door problemen met de beoogde extractiemethode hebben de stenen twee tot drie maanden in de koeling gelegen voordat ze werden geëxtraheerd. De gehalten aan amitrol, atrazin en glyfosaat gemeten in de steen waren klein, te wijten aan niet optimale extractie van de middelen uit de steen en mogelijke afbraak gedurende de opslag in de koeling. De gehalten bromide en van de drie herbiciden, gemeten in de grond, tonen de aanwezigheid van de middelen; door de grote variatie is geen goede kwantitatieve uitspraak te doen over de grootte van deze route in de proeven.

Shepherd heeft in afspoelproeven met verhardingen zonder voegen (dus alleen absorptie en adsorptie speelden een rol) afspoelpercentages van glyfosaat gevonden van 45 procent van de dosering. Het geadsorbeerde deel van de dosering komt in de loop der tijd langzaam vrij, zoals ook bleek uit bevindingen van het Waterschap Zuiderzeeland, dat nog maanden na de toediening glyfosaat aantrof in het regenwaterrioel³⁾.

Discussie Rol infiltratie

Het onderzoek was gericht op het kwantificeren van de afspoeling van herbiciden van een verharding in een praktijk experiment. Het is duidelijk dat de route 'infiltratie' door de onderzoekers vooraf is onderschat. Dit is vooral gebeurd, doordat de bekende infiltratiecijfers zijn opgesteld ten behoeve van het ontwerp van rioleringen, waarbij men wil weten hoeveel water met zekerheid zal infiltreren. Verder is tot nu toe in het algemeen de aandacht bij verhardingen meer gericht op de afspoeling dan op de infiltratie, getuige onder meer het percentage van 100 procent dat het College Toelating Bestrijdingsmiddelen han-

teert voor de 'realistic worst-case' voor oppervlaktewater.

De proeven zijn uitgevoerd met betonklinkers van 10 x 20 centimeter. Uitgaande van gemiddelde betontegels (30 x 30 cm) of grote betontegels (40 x 60 cm) mag men aannemen dat de adsorptie gelijk blijft, maar dat de infiltratie vermindert met een afnemend percentage voegoppervlak. Tegelijkertijd zal de afspoeling toenemen. Ten opzichte van de klinkers neemt de voegengte bij tegels (30 x 30 cm) af met 50 procent en bij grote tegels (40 x 60 cm) met 75 procent.

Conclusies

Verharding, ondergrond en neerslagintensiteit bepalen afspoeling

Het onderzoek wijst uit dat de combinatie ondergrond en verharding bepalen hoe de verdeling tussen afspoeling en infiltratie ligt. Een ondergrond die al veel vocht heeft opgeslagen, leidt tot grotere afspoeling dan een droge ondergrond. Een open verharding met grote voegen zorgt voor minder afspoeling dan een verharding met weinig en/of kleine voegen. Tot slot is de neerslagintensiteit van belang. Indien de neerslag valt als korte 'buien' van motregen, komt de verharding niet tot afspoeling en infiltreert de volledige dosering op termijn. In het geval van intensieve buien zal meer middel afspelen.

Niet adsorptiecoëfficiënt, maar oplosbaarheid

De onderzoeken van Shepherd en de bevindingen van Waterschap Zuiderzeeland deden vermoeden dat de adsorptie van herbiciden aan de verharding een belangrijke bepalende factor zou zijn voor de afspoeling van middelen. Dit onderzoek laat zien dat meer aandacht aan de oplosbaarheid van middelen moet worden geschonken; goed oplosbare middelen infiltren beter en spoelen minder af, slecht oplosbare middelen infiltren minder en spoelen meer af.

Gevolgen voor afspoelingspercentage bij toelating bestrijdingsmiddelen?

Het is evident dat het cijfer dat het College Toelating Bestrijdingsmiddelen nu hanteert voor afspoeling van verhardingen (100%) te hoog ligt. Het zou echter wat kort door de bocht zijn om in het vervolg klakkeloos de cijfers te hanteren die in dit onderzoek voor bijvoorbeeld het goed oplosbare glyfosaat zijn gevonden (12 à 23%). Wanneer niet wordt uitgegaan van een verharding van klinkers maar van tegels, neemt de voegengte met een factor 2 tot 3 af, zodat de afspoeling toe neemt met eenzelfde factor. In een 'realistic worst case'-scenario*** zou dit betekenen dat met 50 procent afspoeling moet worden gerekend. Verder verdient het aanbeveling in de toelating ook rekening te houden met infiltratie door verhardingen, wat kan leiden tot hoge concentraties in het grondwater of tot emissie naar het oppervlaktewater in het geval van gedraineerde verhardingen. ☘

NOTEN

- * Emissieschattingen worden door beter inzicht in het afspoelingsproces niet beïnvloed, omdat die rekening houden met bijvoorbeeld een verdunning van water afkomstig van (niet-bespoten) daken. Daarom gaan emissieschattingen tot nu toe meestal uit van praktijkwaarden op basis van metingen.
- ** Atrazin wordt niet meer toegelaten in Nederland. Vanwege de verschillen in stoffeïenschappen met de andere gemiddelden is het wel meegenomen.
- *** Uitgaande van een vochtige ondergrond, een neerslagintensiteit van 10 mm per uur als in de experimenten en tegels van 30 x 30 cm.

LITERATUUR

- 1) Beltman W., H. Wieggers en M. de Rooy (2002). Runoff of herbicides from hard surfaces. Proceedings 6th International IWA conference on diffuse pollution in Amsterdam 30 Sep - 4 Oct 2002, pag. 591-592.
- 2) Beltman W., H. Wieggers, M. de Rooy en A. Matser (2001). Afspoeling van amitrol, atrazin en glyfosaat vanaf een betonklinkerverharding; Veldproeven en modelsimulaties. Alterra-rapport 319.
- 3) Dekker C., T. Brijder en K. Kroon (2000). Chemische onkruidbestrijding op straatverharding, Onderzoek naar de gevolgen voor de oppervlaktewaterkwaliteit in de periode 1994 - 2000. Waterschap Zuiderzeeland.
- 4) Shepherd A. en A. Heather (1999). Factors affecting the loss of six herbicides from hard surfaces. In: A. Del Re, C. Brown, E. Capri, G. Errera, S. Evans en M. Trevisan (Eds). XI Symposium Pesticide Chemistry, Human and environmental exposure to xenobiotics, September 11-15, 1999. Cremona, pag. 777-784.
- 5) Withagen A., C. van der Horst, W. Beltman en C. Kempenaar (2002). Resultaten monitoring afspoeling glyfosaat in 2002 in 3 proefgemeenten. Rapportage in het kader van DOB-project, projectonderdeel 4. Nota 4. Plant Research International.