



Bodembelasting van metalen in infiltratievoorzieningen is gering

M. OOSTERHUIS, WATERSCHAP REGGE EN DINKEL
E. FOEKEMA, TNO MILIEU, ENERGIE EN PROCESINNOVATIE

De bodemvervuiling als gevolg van regenwaterinfiltratie is gering. Tot deze conclusie komt TNO na een studie naar de emissie van bouwmetalen door afkoppelen en infiltreren van regenwater. De studie was gericht op de verspreiding van bouwmetalen door infiltratie en het gedrag van deze metalen in de bodem. Eveneens zijn toxiciteitsmetingen gedaan aan infiltrerend regenwater.

Over infiltratie van regenwater wordt veel gediscussieerd. Vooral de verspreiding van metalen is een heikel punt. In het verleden heeft deze discussie geleid tot het opzetten van afkoppelbeslisbomen door adviesbureaus. Met een dergelijke beslisboom kon een gemeente vaststellen of bepaalde oppervlakken wel of niet afgekoppeld konden worden. Criteria hierbij zijn veelal de verkeersdichtheid, het voorkomen van zinken en loden dakdelen en de aard van het gebruik van verharde oppervlakken (marktterreinen, parkeerplaatsen en winkelstraten). Momenteel komt men terug van deze beslisbomen, omdat nog geen algemene criteria gevonden zijn voor wel of niet afkoppelen. Van gemeentes en adviesbureaus wordt tot nog toe eigenlijk verwacht dat ze per situatie zelf inschatten of regenwaterinfiltratie verantwoord is. Deze inschatting is echter moeilijk te maken door gemeenten, omdat weinig bekend is over de risico's van afkoppelen. Desondanks gaat het afkoppelen van regenwater gestaag door. Vooral de 'basis-inspanning', waarbij gemeentes verplicht worden de vuiluitstoot uit het rioolstelsel te verminderen, vormt een belangrijke motivatie

voor gemeentes om regenwater af te koppelen. Van de hoeveelheid verhard oppervlak die in Nederland is afgekoppeld, bestaat nog geen volledig beeld. Stichting RIONED brengt deze momenteel wel in kaart.

Het doel van deze studie was inzicht krijgen in de mogelijke milieurisico's van metalen bij regenwaterinfiltratie in wadi's. Voor de studie is een aantal onderzoeksvragen geformuleerd:

- Wat is de metaalbelasting van een gemiddeld infiltratiesysteem?
- Wat is er bekend over het gedrag van de metalen in grond en in infiltratiesystemen?
- Treedt doorslag van metalen op naar de ondergrond en/of het grondwater?
- Wat is de toxiciteit van afstromend regenwater?

In een deskstudie is aan de hand van emissiegegevens van de bouwmetalen koper, lood en zink een metaalbalans opgesteld voor een gemiddeld infiltratiesysteem. De metaalbalans is vergeleken met andere studies naar de effecten

van regenwaterinfiltratie. Vervolgens is aan de hand van literatuuronderzoek het adsorptiegedrag van metalen geïnventariseerd. Zowel algemene literatuur als specifieke onderzoeken naar infiltratie van regenwater zijn bekeken. Berekeningen zijn uitgevoerd om de doorslagtermijn van zink door de toplaag van een wadi in te schatten. Monsters van infiltrerend regenwater zijn gemeten op aquatische toxiciteit. Hiervoor is gebruik gemaakt van twee acute bioassays met respectievelijk watervlooien en bacteriën.

Metaalbelasting van een infiltratiesysteem

Om een schatting te maken van de metaalbelasting van een infiltratiesysteem zijn een aantal aannames gedaan. In tabel 1 zijn gegevens opgenomen van het aangesloten verharde oppervlak van een infiltratievoorziening.

De emissie van metalen wordt vooral bepaald door de bronnen verkeer, atmosferische depositie en bouwmetalen, blijkt uit de emissie jaarrapportage van de CCDM (Coördinatie Commissie Doelgroep Monitoring). In tabel 2 staan actuele afspoelsnelheden van bouwmetalen vermeld.

De metaalemissies door de bronnen verkeer en atmosferische depositie zijn afgeleid uit gegevens van de emissiejaarrapportage en neerslaggegevens van het RIVM. Op basis van bovengenoemde aannames en kengetallen is een metaalbelasting van een gemiddeld infiltratiesysteem uitgerekend (zie tabel 3).

Tabel 2. Afspoelsnelheden van metalen.

	(g/m ² .jr)	(g/woning.jr)
koper	1,5	-
lood	-	9
zink	2-5	-

* De afspoelsnelheden van blootgesteld verzinkt oppervlak variëren van twee tot vijf gram per vierkante meter per jaar. Het zinkoppervlak per woning varieert van vijf tot tien vierkante meter.

Koper afspoelsnelheden zijn wel bekend uit de literatuur, maar het gebruik van koper in dakbedekkingen is voornamelijk beperkt tot monumentale gebouwen. In woonwijken zal de koperemissie door dakbedekking te verwaarlozen zijn.

Voor lood is een afspoelsnelheid afgeleid uit de emissiejaarrapportage van CCDM. De totale emissie van 60.000 kg is gedeeld op 6,6 miljoen woningen in Nederland.

Tabel 1. Aannames voor de berekening van de metaalemissie bij regenwaterinfiltratie.

dimensionering van infiltratiesystemen	10% van aangesloten verhard oppervlak
afstroming van regenwater	50%
bebouwingsdichtheid en	55 woningen per hectare verhard oppervlak
percentage verhard oppervlak	40%
bronnen van metalen	bouwmetalen, verkeer en atmosferische depositie

Uit de tabel blijkt dat de emissie het hoogst is voor zink. De zink- en koperemissie door verkeer (o.a. bandenslijtage) is hoger dan door bouwmaterialen (dakgoten). Loodemissie wordt wel voornamelijk bepaald door bouwmaterialen (daklood). Het aandeel atmosferische depositie van zink-, koper- en lood-emissies naar infiltratiesystemen bedraagt ongeveer twaalf procent.

Adsorptiegedrag van metalen

Om zicht te krijgen op het adsorptiegedrag van metalen in de bodems van infiltratiesystemen is gebruik gemaakt van literatuuronderzoek. Uit de literatuur komt een algemeen beeld naar voren dat metalen sterk adsorberen aan de vaste fase van de bodem. De adsorptie wordt voornamelijk positief beïnvloed door een hoge pH en de fractie organische stof in de bodem. Daarnaast spelen opgeloste organische componenten (DOC) en de redoxpotentiaal een rol. Binding van onder andere zink en koper aan DOC werkt mobiliserend en onder anaërobe omstandigheden slaan metalen neer als metaalsulfide. In het algemeen kan gesteld worden dat problemen met verspreiding van metalen door de grond het snelst optreden bij zanderige grond met een lage pH en weinig organisch materiaal.

Doorslag van metalen

Naast algemene literatuur zijn enkele bodemonderzoeken bij infiltratievoorzieningen bestudeerd. Metaalvervuiling in de bodems van infiltratievoorzieningen is onder andere onderzocht door Grontmij, RIZA¹⁾ en Özgen²⁾. In het eerste onderzoek is een wadi in Houten onderzocht op metaalvervuiling. Dit onderzoek is interessant vanwege de grote hoeveelheid meetdata. Analyse van het afstromende regenwater wees uit dat metalen slechts in zeer lage concentraties voorkwamen (1-17 µg/l) en de pH ongeveer neutraal was (pH 7,4). Voor een kolomproef in dit onderzoek is infiltraat kunstmatig verontreinigd tot 5 mg/l zink. In vergelijking met gangbare concentraties zink in afstromend regenwater is deze concentratie ongeveer 15 keer te hoog. Het is onduidelijk waarom voor zo'n hoge zinkconcentratie gekozen is. Ondanks de hoge zinkconcentratie in het infiltraat kon geen doorslag gemeten worden in de kolomproef na infiltratie van een hoeveelheid water die overeenkwam met een periode van 80 jaar. De metalen bleken zeer langzaam getransporteerd te worden door de toplaag en zink drong nauwelijks verder door dan 15 cm diepte.

In het tweede onderzoek is een aantal infiltratieputten in Berlijn onderzocht op bodem-

vervuiling. Deze infiltratieputten waren meerdere jaren in gebruik (tot 18 jaar). Ook hier bleek sprake van een zeer geringe vervuiling en langzame verspreiding van de metalen. Verhoogde metaalgehalten in de ondergrond onder de infiltratieputten werden gevonden tot 33 cm diep met een maximum van 116 mg/kg zink. Vergeleken met een theoretische streefwaarde voor zink van 140 mg/kg (bij een standaard grond met tien procent organische stof en 25 procent lutum) kan nauwelijks van een verhoogde zinkconcentratie gesproken worden. De pH van de ondergrond varieerde van 6,3 tot 6,9.

Andere onderzoeken naar de vervuiling door regenwaterinfiltratie door andere andere Tauw zijn niet in detail bestudeerd, maar geven globaal hetzelfde beeld.

Het zal duidelijk zijn dat beide onderzoeken niet direct te vertalen zijn naar elke situatie in Nederland. Wel is het zinkprofiel uit de kolomproef in het Grontmij onderzoek geëxtrapoleerd naar een zinkdoorslag voor een gemiddelde zinkbelasting, zoals weergegeven in tabel 3. Op grond van deze berekeningen wordt een zinkdoorslagtermijn door de bovenste 30 cm van circa 2400 jaar berekend. Een 'worst case'-berekening met een zinkbelasting van vier gram per vierkante meter per jaar geeft een doorslagtermijn van 660 jaar. Bij de 'worst case'-berekening is rekening gehouden met een aanzienlijke extra zinkbelasting door bouwmaterialen.

Toxiciteit van regenwater in een wadi

De aquatische toxiciteit van afstromend regenwater, zoals dat de wadi binnenkomt, is bepaald in een vijftal verschillende regenwatermonsters (tabel 4). De monsters zijn genomen op een regenachtige dag in oktober 2002 en zijn in afgesloten polypropyleen potten bewaard bij 3 à 5°C. Binnen vier weken na monsternamen zijn toxiciteitstesten uitgevoerd.

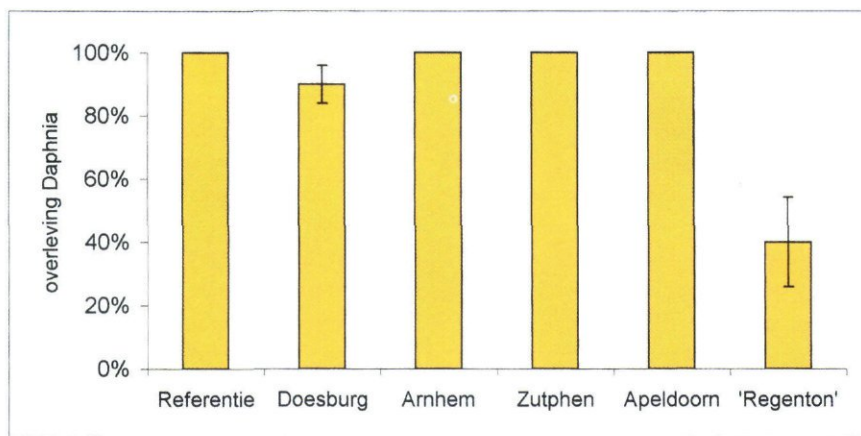
De toxiciteit van de monsters is onderzocht met twee acute bioassays met respectievelijk watervlooien (*Daphnia magna*) en bacteriën (*Vibrio fischeri*). De gebruikte *Daphnia magna*-immobilisatietoets is gebaseerd op OECD-richtlijn 202³⁾. Jonge watervlooien van maximaal 24 uur oud werden blootgesteld aan het monster in een verdunningsreeks van 100, 50 en 25 procent. De gebruikte bacterietest is gestandaardiseerd en commercieel beschikbaar onder de naam Microtox. De toxiciteit van een monster wordt bepaald aan de hand van de meting van de bioluminescentie van de bacterie *Vibrio fischeri*, hetgeen een maat is voor de respiratie. Aan de monsters waarbij toxiciteit werd geconstateerd, is 50 mg EDTA (ethyleen

Tabel 3. Metaalbelasting van een model infiltratiesysteem van 1000 m² (g/jr).

	zink	%	koper	%	lood	%
bouwmetaal	344	37	0	0	248	84
verkeer	475	51	34	89	14	5
atmosfeer	120	12	4	11	33	11
TOTAAL	939		38		295	

Tabel 4. Beschrijving van de locaties waar de monsters voor het toxiciteitsonderzoek werden genomen.

Doesburg	Oude vooroorlogse volkswijk, waarin relatief veel zink en lood is gebruikt. Het water in deze wijk wordt ondergronds verzameld in een put, waaruit het water overloopt in een wadi. Uit deze put is het monster genomen.
Arnhem	Luxe woonwijk met onder meer zinken dakgoten en een trolleybus (koperen bovenleiding). Het water wordt via een ondergronds leidingnetwerk verzameld in wadi's in 't Craneveld, waar het monster is genomen.
Zutphen	Recent gebouwde woonwijk (Eme), waarin geen lood en zink zijn verwerkt. Het water wordt bovengronds afgevoerd naar wadi's en vijvers. Uit één van de vijvers waarnaar regenwater afstroomt, is het monster genomen.
Apeldoorn	Parkeerplaats tegenover het 'Business Park Apeldoorn'. Het afstromende hemelwater van deze parkeerplaats wordt ondergronds verzameld en afgevoerd naar een 'zakvijver' met kiezelstenen. Uit een verzamelput aan het begin van deze vijver is het monster genomen.
regenton	Dit monster is genomen uit een regenton, waarin het hemelwater wordt opvangen van een huis uit 1935, dat is voorzien van zinken dakgoten en daklood.



Overleving van de watervlooien (*Daphnia magna*; $n=20$) na 48 uur blootstelling aan de onverdunde monsters regenwater.

diamine tetra-azijnzuur) per liter toegevoegd. Met het behandelde en het onbehandelde monster werd vervolgens de bioassay nogmaals uitgevoerd. Op deze wijze kan de rol van metalen in de waargenomen toxiciteit worden onderzocht. EDTA is een ligand dat complexen aangaat met positief geladen metaalionen. Indien de toxiciteit van een monster verdwijnt of substantieel vermindert door toevoeging van EDTA, is dit een aanwijzing dat de waargenomen effecten door metalen worden veroorzaakt.

De resultaten van de bioassays met de onbehandelde monsters waren eenduidig. Zowel in de test met de watervlooien als in de bacterietest werden geen effecten aangetoond met de monsters die afkomstig waren uit de wadi's. Het enige monster dat bij beide testorganismen een effect veroorzaakte, was direct uit de regenton afkomstig. In de test met de watervlooien werd 60 procent immobilisatie geconstateerd in het onverdunde monster. De verdunde monsters veroorzaakten geen effecten. Met de bacterietest werd 50 procent effect gevonden bij een verdunning van 74 procent.

Omdat het monster uit de regenton het enige monster was dat effecten te zien gaf, werd alleen dit monster gebruikt voor de toxiciteitidentificatie met behulp van EDTA. In de *Daphnia*-test was de invloed van het EDTA duidelijk; de effecten die bij het onbehandelde monster werden waargenomen verdwenen volledig. In de bacterietest was de invloed van het EDTA minder duidelijk, maar nog wel zichtbaar.

Discussie

De emissieberekeningen voor bouwmetalen duiden op een geringe metaalbelasting van de bodem in een gemiddelde infiltratievoorziening. Het gaat vooral om zink en lood, die als gevolg van emissies door verkeer, bouwmetalen en atmosferische depositie met het

regenwater in de bodem komen. Gekeken is naar een gemiddelde emissie vanuit een woonwijk naar een wadi. In hoeverre extreme situaties met bijvoorbeeld veel meer bouwmetaal en andersoortige infiltratiesystemen (ondergrondse infiltratie) voorkomen en een ander beeld geven is niet duidelijk. De literatuurgegevens over het gedrag van metalen in grond wijzen uit dat metalen sterk de neiging hebben om zich te binden aan de vaste fase van de bodem waarbij een hoge pH en een hoog gehalte organisch stof het adsorptiegedrag versterken. Dit wordt door de praktijkonderzoeken en de berekeningen bevestigd. Doorslag van metalen door een waditoplaag is niet bekend uit de praktijk en berekeningen wijzen op zeer lange doorslagtermijnen. Aangezien continu slib wordt meegevoerd met het infiltrerende regenwater, neemt de adsorptiecapaciteit alleen maar toe. Doorslag van metalen naar het grondwater is daarom onder normale omstandigheden onwaarschijnlijk. Bovendien wordt bij een wadi in zijn gebruikelijke constructie een adsorptielaag aangebracht die rijk is aan organisch materiaal. Dit adsorptiemateriaal zal in de regel eerder vervangen moeten worden vanwege andere redenen dan verzadiging dan dat er doorslag van metalen naar de bodem of het grondwater optreedt.

Toxiciteit werd alleen geconstateerd in het monster dat rechtstreeks uit een regenton genomen is. Metalen zijn hiervan de oorzaak, blijkt uit toxiciteitsidentificatie. Andere regenwatermonsters uit infiltratievoorzieningen veroorzaakten geen effecten in de bioassays. Blijkbaar verdwijnt de toxiciteit van het afspoelende regenwater onderweg naar de infiltratievoorziening. Dit kan veroorzaakt worden door binding aan organisch materiaal, waardoor de metalen niet meer biologisch beschikbaar zijn. Ook is het mogelijk dat onderweg verdunning optreedt met water dat minder metalen bevat. Het alternatief voor regenwaterinfiltratie is afvoer via de riolering

en een rwzi. Koper, lood en zink worden voor respectievelijk 88, 82 en 72 procent verwijderd in een rwzi. De metaalemissie naar het grondwater als gevolg van regenwaterinfiltratie is dus lager dan de metaalemissie naar het oppervlaktewater door afvoer via het riool.

Conclusies

- Extra maatregelen om metalen vast te leggen in infiltratievoorzieningen zijn in veel gevallen overbodig gezien de hoge adsorptiecapaciteit van de grond en het geringe transport van metalen;
- De metaalemissie naar het grondwater door regenwaterinfiltratie is te verwaarlozen;
- Metalen in afstromend regenwater blijken geen toxische effecten te veroorzaken in acute bioassays met watervlooien en bacteriën.

LITERATUUR

- 1) Grontmij (2001). Kwaliteitsaspecten bij infiltratie van hemelwater. In opdracht van het RIZA.
- 2) Özgen A. (2001). Untersuchung der versickerung von niederschlagswasser von dachflächen über sickerschächte. Afstuderverslag Technische Universiteit Berlijn.
- 3) OECD (2000). OECD guidelines for the testing of chemicals; guideline 202: *Daphnia* sp.
- 4) Odnevall W. (2000). Effects of exposure direction and inclination on the runoff rates of zinc and copper roofs. Corrosion science nr. 8.
- 5) Korenromp R. en J. Hollander (1999). Diffusive emission of zinc due to atmospheric corrosion of zinc and zinc coated (galvanised) materials. TNO-rapport R99/441.
- 6) Vervuiling van infiltratievoorzieningen. TNO-rapport R2002/618.
- 7) De toxiciteit van afspoelend regenwater en de rol van metalen hierin. TNO-rapport R2003/035.