

**Milieu-impactstudie afvoeren
contrastmiddelen via riool of
plaszak**

30 november 2016

Verantwoording

Titel	Milieu-impactstudie afvoeren contrastmiddelen via riool of plaszak
Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Projectleider	Jurgen Ooms
Auteur(s)	Jurgen Ooms, Jaap Steketee en Juliane Kupfernagel
Projectnummer	1244410
Aantal pagina's	20 (exclusief bijlagen)
Datum	30 november 2016
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

Tauw bv
BU Industry
Handelskade 37
Postbus 133
7400 AC Deventer
Telefoon +31 57 06 99 91 1

Dit document is eigendom van de opdrachtgever en mag door hem worden gebruikt voor het doel waarvoor het is vervaardigd met inachtneming van de rechten die voortvloeien uit de wetgeving op het gebied van het intellectuele eigendom. De auteursrechten van dit document blijven berusten bij Tauw. Kwaliteit en verbetering van product en proces hebben bij Tauw hoge prioriteit. Tauw hanteert daartoe een managementsysteem dat is gecertificeerd dan wel geaccrediteerd volgens:

- NEN-EN-ISO 9001

Inhoud

Verantwoording en colofon	3
1 Inleiding.....	7
1.1 Gebruik contrastmiddelen en verspreiding in het milieu.....	7
1.2 Gebruik van plaszakken is mogelijk een oplossing	7
1.3 Is de milieu-impact lager bij afvoer via een plaszak?	7
1.4 Aanpak van het project en leeswijzer.....	7
2 Hoeveel contrastmiddelen komen er vrij?	9
2.1 Vrijkomen van joodhoudende contrastmiddelen	9
2.2 Vrijkomen van bariumhoudende contrastmiddelen	9
2.3 Vrijkomen van gadolinium houdende contrastmiddelen.....	10
3 Wat is de milieuimpact van contrastmiddelen bij afvoer via de RWZI?	10
3.1 Milieu-impact van joodhoudende contrastmiddelen	10
3.2 Milieu-impact van gadoliniumhoudende contrastmiddelen.....	11
4 Wat is de milieuimpact van contrastmiddelen bij afvoer via de AEC?	11
4.1 Residuen en gedrag van stoffen bij afvalverbranding	11
4.2 Wat gebeurt er met jodiumhoudende contrastmiddelen?.....	13
4.3 Wat gebeurt er met gadoliniumhoudende contrastmiddelen?.....	13
4.4 Samenvatting en conclusies.....	14
5 Afweging van de gewenste route: AEC of RWZI	15
6 Verbranden in een gewone AEC of bij ZAVIN?.....	16
7 Is gescheiden inzameling nodig?	17
8 Conclusies	18
8.1 Eindconclusie	19
9 Referenties	19

Bijlage(n)

- 1 Grafische weergave van de verschillende verwerkingsmethoden en de bijbehorende emissies

1 Inleiding

1.1 Gebruik contrastmiddelen en verspreiding in het milieu

Contrastmiddelen worden in een ziekenhuis gebruikt om betere röntgenfoto's of scans te maken. Deze middelen worden kort voor de foto of scan in het lichaam van de patiënt gebracht en worden binnen 24 uur na de foto of scan weer via de urine uitgescheiden. Deze urine komt via toilet en riolering in de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI). De contrastmiddelen worden in de RWZI maar beperkt uit het water verwijderd. Hierdoor komen deze stoffen in het oppervlaktewater. Omdat de middelen niet snel afbreken kunnen ze zich ophopen in het oppervlaktewater en omdat ze zeer mobiel zijn kunnen ze ook in het grondwater terecht komen. Rivierwater wordt direct of indirect (na infiltratie) gebruikt voor de productie van drinkwater en zodoende kunnen de contrastmiddelen in het drinkwater terecht komen. Dit is in de praktijk al aangetoond en is uiteraard ongewenst.

1.2 Gebruik van plaszakken is mogelijk een oplossing

De gehele keten van het gebruik van de contrastmiddelen is geëvalueerd en er is een praktische oplossing geïdentificeerd om verspreiding in het milieu te voorkomen. Wanneer patiënten na het maken van een scan gedurende 24 uur hun urine opvangen in een plaszak dan komen de contrastmiddelen niet in het riool, RWZI en oppervlaktewater. Daardoor zal ook het drinkwater niet verontreinigd worden. In het Deventerziekenhuis is een proef gedaan met plaszakken. Daarbij zijn de plaszakken met het gemengd restafval afgevoerd.

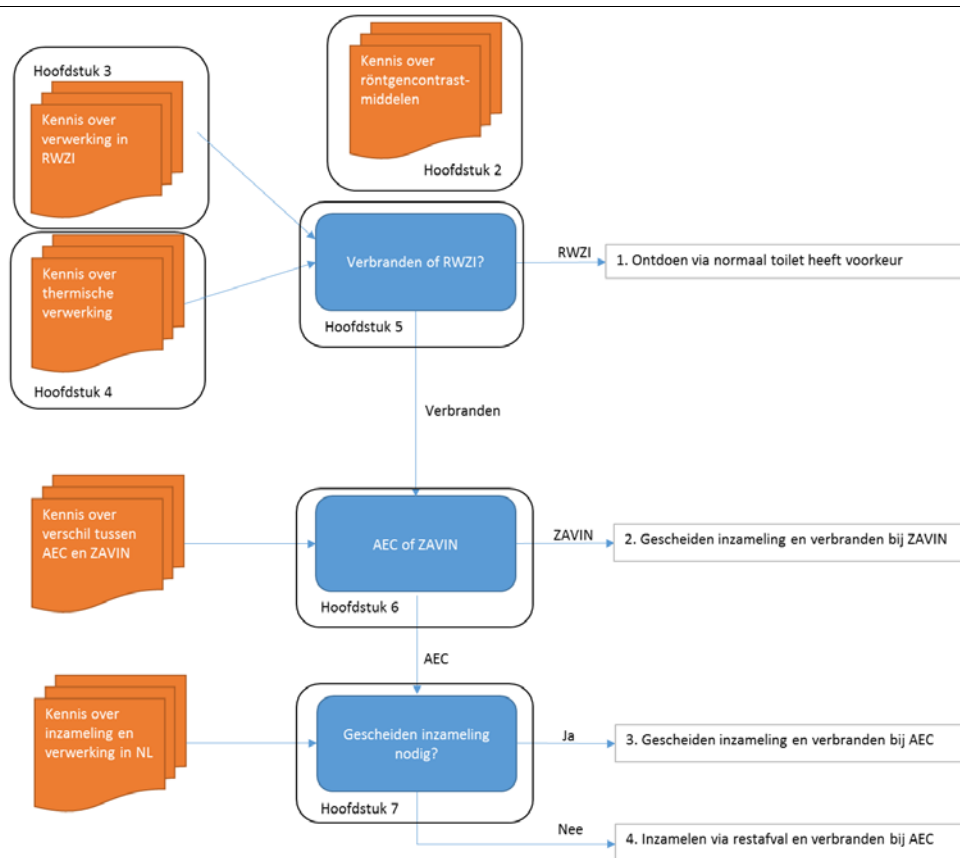
1.3 Is de milieu-impact lager bij afvoer via een plaszak?

Na communicatie over de proef in Deventer rees de vraag of de milieu-impact van verwerken van de urine met daarin de contrastmiddelen in een AfvalEnergieCentrale (AEC) kleiner is dan bij verwerking via de RWZI aangezien ook via de reststromen van een AEC verspreiding in het milieu kan optreden. Het Ministerie van Infrastructuur en Milieu heeft deze vraag gesteld aan Tauw.

1.4 Aanpak van het project en leeswijzer

In dit rapport wordt deze vraag zo goed mogelijk beantwoord op basis van literatuur en expert judgement. De beschouwing van de milieu-impact is beperkt tot de verspreidingsrisico's. Dit project is uitgevoerd en gerapporteerd zoals weergegeven in figuur 1.1. Eerst is informatie over contrastmiddelen verzameld (hoofdstuk 2) dit is gecombineerd met de kennis van Tauw over RWZI's (hoofdstuk 3) en verbrandingsinstallaties (hoofdstuk 4). Daarmee kon de vraag worden beantwoord of verbranden beter is dan verwerken via de RWZI (Hoofdstuk 5).

Omdat het mogelijk is om afval uit de medische hoek in een speciale installatie voor ziekenhuisafval te verbranden is gekeken wat de verschillen zijn tussen deze installatie (ZAVIN) en een normale verbrandingsinstallatie (AEC). Dit is beschreven in hoofdstuk 6. In hoofdstuk 7 is beschreven of de inzameling van de plaszakken via het gemengd restafval plaats kan vinden of dat dit beter via een gescheiden inzameling plaats kan vinden. In hoofdstuk 8 worden conclusies getrokken.



Figuur 1.1 Schematisch overzicht van de vragen die zijn beantwoord in dit project met verwijzing naar hoofdstuknummers

2 Hoeveel contrastmiddelen komen er vrij?

Deze studie richt zich op drie verschillende contrastmiddelen die ieder een eigen contrasterend element bevatten, namelijk jood, barium en gadolinium. In het contrastmiddel is jood onderdeel van een groot organisch molecuul. Barium wordt in de vorm van bariumsulfaat toegediend. Gadolinium is in een contrastmiddel in ionische vorm gebonden aan een complexvormer, een complex organische molecuul.

In totaal wordt er in de literatuur gesproken over het gebruik van 55,5 ton contrastmiddelen per jaar in Nederland (Incompany2006).

2.1 Vrijkomen van joodhoudende contrastmiddelen

Er zijn verschillende joodhoudende contrastmiddelen. In de praktijk worden vijf à zes contrastmiddelen regelmatig gebruikt. De concentratie van jodiumhoudende contrastmiddelen in de urine van een patiënt die het contrastmiddel heeft toegediend gekregen ligt tussen de 20 en 60 mg/l (IAWR2014). In een rioolwaterzuivering worden de joodhoudende contrastmiddelen slecht verwijderd. Van de vijf belangrijkste joodhoudende contrastmiddelen worden twee niet verwijderd en drie slechts gedeeltelijk (RHDHV2016).

Geschat wordt dat er in totaal ongeveer 33,5 ton aan joodhoudende contrastmiddelen worden gebruikt in Nederland. Hiervan komt naar schatting 28,6 ton via de RWZI's in het oppervlaktewater terecht. (RHDHV2016). In de contrastmiddelen zoals zij worden toegepast ligt het joodgehalte in de regel op ongeveer 30 % m/m.

2.2 Vrijkomen van bariumhoudende contrastmiddelen

Bariumhoudende contrastmiddelen worden vooral gebruikt om het maag-darmkanaal zichtbaar te maken. Barium wordt vooral gebruikt in de vorm van bariumsulfaat. Deze stof is vrijwel niet oplosbaar in water waardoor het nauwelijks in het lichaam wordt opgenomen. Het grootste gedeelte van het bariumsulfaat (90 %) wordt daarom uitgescheiden via de feces, slechts 3 % wordt via de urine uitgescheiden (Handbook1979). Het lijkt daarom niet zinnig om patiënten die bariumsulfaat toegediend hebben gekregen hun urine te laten opvangen in een plaszak.

Slechts een klein gedeelte van al het geproduceerde barium wordt toegepast als contrastmiddel. Het grootste deel wordt gebruik in drilling mud, daarna volgt gebruik als vulstof en pigment. Verder is barium van nature aanwezig in cement en allerlei steenachtige materialen. Het ligt daarom voor de hand om eerst te kijken naar andere bronnen als het bariumgehalte in water moet worden verlaagd. Omdat de bariumsulfaatresten niet in de plaszakken terecht komen is in de rest van deze studie bariumsulfaat niet meegenomen.

2.3 Vrijkomen van gadolinium houdende contrastmiddelen

In Nederland komt jaarlijks naar schatting tussen de 300 en 450 kg gadolinium vrij via de RWZI's (RIWA2013). Aangenomen mag worden dat dit afkomstig is van medische onderzoeken waar het gadolinium als contrastmiddel wordt gebruikt. Deze hoeveelheid is fors lager dan de geschatte hoeveelheid gadolinium in de verkochte gadolinium houdende contrastmiddelen. In 2011 bedroeg deze ongeveer 833 kg (RIWA2013). Men mag aannemen dat de rest van het gadolinium uit de contrastmiddelen in het ziekenhuis als medicijnafval wordt afgevoerd dan wel achterblijft op de RWZI.

Het aantal MRI scans en daarmee het gebruik van gadolinium houdende contrastmiddelen neemt sterk toe. Over de periode 2006 tot en met 2011 nam het gebruik van deze middelen toe met ongeveer 50 kg gadolinium per jaar (RIWA2013).

Per MRI-onderzoek ligt het gebruik rond 1 gram (RIWA2013). Ongeveer 95 % van deze hoeveelheid wordt door de patiënt uitgescheiden, het grootste deel hiervan binnen 24 uur na toedienen. Een gezond persoon produceert in 24 uur 1 tot 1,5 liter urine. De concentratie gadolinium in de urine komt hiermee op 0,7 - 1 gram/liter.

3 Wat is de milieupact van contrastmiddelen bij afvoer via de RWZI?

3.1 Milieu-impact van joodhoudende contrastmiddelen

Bij afvoer van joodhoudende contrastmiddelen via de RWZI ontstaan geen directe gevaren voor de volksgezondheid of het milieu. Joodhoudende contrastmiddelen zijn niet direct giftig. De middelen hopen zich niet op in de voedselketen want zij worden door de meeste organismen snel uitgescheiden. Dat is ook de reden dat deze stoffen in hoge dosis bij een patiënt ingebracht kunnen worden als contrastmiddel.

Omdat de joodhoudende contrastmiddelen niet gemakkelijk reageren met andere stoffen of levende cellen worden zij nauwelijks afgebroken en zal er bij blijvend gebruik een ophoping ontstaan in het milieu. In rivieren neemt de concentratie van de bron tot aan de monding toe naarmate er meer afvalwater in de rivier terecht komt. De middelen komen uiteindelijk ook in drinkwater terecht. Deze situatie is niet gewenst.

3.2 Milieu-impact van gadoliniumhoudende contrastmiddelen

Bij afvoer van gadoliniumhoudende contrastmiddelen via een RWZI ontstaan geen directe gevaren voor de volksgezondheid of het milieu. In de toedieningsvorm is het gadolinium niet giftig. Dit geldt niet voor het gadolinium-ion zelf, dat in het contrastmiddel ingekapseld (gecomplexed) zit in organische liganden, een soort schil. Deze schil zorgt er voor dat het gadolinium zeer goed oplost in water en dat het niet reageert met cellen in het lichaam. Door deze eigenschappen breekt het contrastmiddel niet af en verlaat het gadolinium samen met de schil het menselijk lichaam. In de RWZI wordt het contrastmiddel slechts in beperkte mate verwijderd zodat het in het oppervlaktewater terecht komt. De schil zorgt er voor dat er weinig reacties optreden met planten, dieren en bodem. Daarom breekt het contrastmiddel nauwelijks af. Er zijn echter omstandigheden waarin het gadolinium vrij kan komen uit de schil. Het vrijgekomen gadolinium zal dan naar verwachting voor het grootste deel aan slibdeeltjes binden die in het water aanwezig zijn of hechten aan de (water)bodem. Alleen onder specifieke condities, zoals verzuring, kan gadolinium mobiel worden.

In Nederland zijn gadoliniumconcentraties van 1 µg/l in grondwater aangetoond (RIWA2013). Daarmee zit gadolinium soms boven de streefwaarde voor zoetwater. In de regel zijn gadoliniumconcentraties in rivierwater ver beneden de maximaal toelaatbare concentratie en ook onder de streefwaarde. Gadolinium wordt echter in steeds toenemende mate gevonden in oppervlaktewater, grondwater en drinkwater (RIWA2013). De oorzaak van de toenemende concentraties zijn lozingen van (gezuiverd) afvalwater. Het is dus gewenst dat gadolinium uit het afvalwater wordt gehouden of beter wordt verwijderd.

4 Wat is de milieuimpact van contrastmiddelen bij afvoer via de AEC?

4.1 Residuen en gedrag van stoffen bij afvalverbranding

Als restafval in een AEC wordt verbrand, wordt het organische materiaal omgezet in CO₂ en H₂O, stoffen die via het rookgas worden geëmitteerd. Anorganische stoffen kunnen, afhankelijk van de vluchtigheid, belanden in de:

- Bodemas: niet of weinig vluchtige stoffen en onbrandbaar materiaal (zoals keramiek, glas) blijven achter in de bodemas. Dit is qua massa de belangrijkste reststof (circa 25 % van de input)
- Vlieggas: fijne asdeeltjes die met het rookgas worden meegevoerd en in filters worden afgescheiden. De meer vluchtige metalen zoals cadmium komen voor een groot deel in de vlieggas terecht. De hoeveelheid vlieggas is circa 1,5 % van de input

- Rookgasreinigingsresiduen / afvalwater: de meest vluchtige elementen (vooral halogenen) zijn voor een groot deel in het rookgas aanwezig. In Nederland hebben de meeste AEC's een droge rookgasreiniging, dat wil zeggen dat zouten die in het rookgas aanwezig zijn in een zout residu terecht komen. Een deel heeft een natte rookgasreiniging, waarbij het scrubberwater na zuivering wordt geloosd. Zouten zoals chloride en bromide en waarschijnlijk ook jodide blijven grotendeels in oplossing en worden dus geloosd. Op basis van de verwerkingscapaciteit is het aandeel van AEC's met een natte rookgasreiniging iets groter dan de droge variant

Behalve de mogelijke emissie via gezuiverd water uit de rookgasreiniging, kunnen stoffen vrij komen via uitloging. Als een materiaal in contact komt met water kunnen stoffen uit de AEC-residuen in oplossing gaan en uitlogen. De mate waarin stoffen uitlogen is afhankelijk van diverse factoren zoals sterkte van de binding in het residu, oplosbaarheid onder materiaalrelevante condities en de mate waarin het materiaal in contact komt met water.

AEC-bodemas wordt nuttig toegepast, voornamelijk als ophoogmateriaal. Momenteel wordt bodemas nog als IBC-bouwstof toegepast maar gezien de afspraken in de Green Deal AEC-bodemas vanaf 2020 als vrij toepasbare (NVG) bouwstof. Een IBC-bouwstof heeft door de aanwezigheid van een afdichting nauwelijks contact met regenwater zodat de emissies gering zijn. Bij een NVG-bouwstof wordt geen afdichting toegepast en is intensiever contact met regenwater of oppervlaktewater mogelijk. Een NVG-bouwstof moet aan strengere emissie-eisen voldoen dan een IBC-bouwstof, waardoor opwerking noodzakelijk is. Veelal omvat deze opwerking een wasstap om zouten te verwijderen. Het waswater wordt na zuivering geloosd of met de slibfractie gestort. In het laatste geval kunnen oplosbare stoffen in het percolatiewater terecht komen en alsnog worden geloosd.

Voor de andere residuen geldt dat deze grotendeels worden gestort in Duitse zoutmijnen of (na immobilisatie) op Nederlandse stortplaatsen. Een deel van de vliegafval wordt nuttig toegepast in asfaltvulstoffen. Uitloogonderzoek aan asfaltkernen laat zien dat er (door omhulling met bitumen) nauwelijks uitloging optreedt. Bij storten na immobilisatie of bij verwerking in zoutmijnen zijn emissies naar het oppervlaktewater eveneens te verwaarlozen.

Samengevat zijn er een drietal routes waarbij potentieel significante emissies op kunnen treden:

1. Bij de lozing van gezuiverd water uit de rookgasreiniging
2. Bij de opwerking van bodemas via wasprocessen
3. Bij de toepassing van bodemas

4.2 Wat gebeurt er met jodiumhoudende contrastmiddelen?

Jodium wordt normaliter niet gemeten in AEC's omdat het slechts in zeer geringe hoeveelheden aanwezig is in het afval. Het is echter aannemelijk dat het zich gedraagt als verwante halogenen, zoals broom. Bij verbranding van broomhoudende kunststoffen komt het broom vrij. Uit Zwitsers onderzoek (Belevi e.a., 2000) blijkt dat minder dan 20 % van het broom achterblijft in de bodemas en ruim 80 % terecht komt in vlieggas en rookgasreinigingsresidu. Uit onderzoek aan Nederlandse AEC-residuen (niet gepubliceerd) blijkt dat minder dan 10 % van het broom in de bodemas achterblijft, globaal 15 – 40 % in de vlieggas terecht komt en 60 – 80 % in het rookgasreinigingszout. Broom en naar verwachting ook jood zijn dus maar voor een klein deel in de bodemas aanwezig, het grootste deel komt in de rookgasreiniging terecht. Bij een natte rookgasreiniging kan meer dan de helft van het jood met het afvalwater worden geloosd. Hoewel het rendement van de inzameling in dat geval een stuk lager wordt, geldt wel dat het organische deel van het contrastmiddel is vernietigd. Alleen het jodide-ion blijft over en dit is (in lage concentraties) een natuurlijk bestanddeel van water.

Naar schatting wordt per jaar 33,5 ton jodiumhoudende contrastmiddelen gebruikt. Hiervan is ongeveer 10 ton jood. Hiervan komt gemiddeld 70% in de rookgasreiniging terecht, de rest blijft achter in de bodemassen of vlieggas. Vlieggas is geen significante bron, bodemas bevat minder dan 10 % van de vracht en die zou bij nuttige toepassing kunnen vrij komen. Omdat dit zeer diffuus gebeurt en jood een natuurlijk voorkomende stof is zal dit geen milieueffecten hebben. Iets meer dan de helft (geschat ongeveer 55%) van de verbrandingscapaciteit heeft een natte rookgasreiniger. De overige AEC's hebben een droge reiniger waarvan de reststoffen worden gestort op een stortplaats waar de verontreinigingen niet of nauwelijks uit kunnen komen. Globaal zal er bij verbranding van al de joodhoudende contrastmiddelen in een AEC ongeveer $10 \text{ ton} \times 55 \% \times 70 \% = 3,9 \text{ ton}$ jood per jaar via het afvalwater worden geloosd.

Ter vergelijking: In rivierwater is normaal ongeveer 5 ppb jood aanwezig. Bij die concentraties en de gemiddelde waterafvoeren in Rijn, Maas, Schelde en Eems, totaal $2.620 \text{ m}^3/\text{s}$ komt een vracht van 3,9 ton in 3 dagen ons land binnen stromen. Totaal is de bijdrage van het jood uit contrastmiddelen dan ongeveer 0,8% van het jood dat normaal ons land via de grote rivieren binnen komt. Dit zal geen milieueffecten hebben.

4.3 Wat gebeurt er met gadoliniumhoudende contrastmiddelen?

Gadolinium wordt normaliter niet gemeten in AEC's maar uit Zwitsers onderzoek (Morf2013) blijkt dat 96 % van dit element in bodemas en metaalfracties terecht komt en 4 % in de vlieggas. Dit is volgens verwachting, gadolinium is een element met een zeer hoog smelt- en kookpunt. Een beschouwing van eventuele risico's voor verspreiding in het milieu kan dus beperkt blijven tot de bodemas.

Er zijn geen specifieke gegevens over de uitloogbaarheid van gadolinium bekend maar de uitloogbaarheid van metalen die als kationen aanwezig zijn is in het algemeen minder dan 1 % van het gehalte in de vaste stof. De rest loogt niet uit door binding in de asmatrix, door adsorptie of door beperking van de oplosbaarheid.

Een groot pluspunt van de behandeling in een AEC is dat de complexerende liganden van gadolinium worden vernietigd. In de toegediende vorm is gadolinium zeer mobiel en kan het gemakkelijk door de bodem migreren en zo in drinkwaterbronnen terecht komen. Mocht het al uitlogen uit bodemas, dan is het als positief geladen ion aanwezig en dergelijke ionen worden door adsorptie aan de bodem in belangrijke mate vastgelegd.

In Nederland wordt jaarlijks ongeveer 833 kg gadolinium gebruikt. Wanneer dit allemaal via een AEC wordt verwerkt komt het grootste deel (ongeveer 800 kg) in de bodemassen terecht. Hiervan kan naar verwachting in totaal ongeveer 8 kg uitlogen wanneer de bodemassen worden toegepast als bouwstof. Omdat de vrijkomende gadolinium ionen zich sterk binden aan bodemdeeltjes is de verwachting dat het gadolinium dat uit de bodemassen vrijkomt zich niet door de bodem zal gaan bewegen maar direct onder de bodemas weer vastgelegd wordt. Er is daarmee nauwelijks risico dat het gadolinium in grondwater en drinkwater terecht komt. Als de bodemas voorafgaand aan de toepassing met een wasproces wordt opgewerkt, kan er gadolinium in het waswater terecht komen. Bij een gebruikelijke fysisch-chemische zuivering van het afvalwater wordt gadolinium naar verwachting met een hoog rendement verwijderd. Dit vormt daarom geen risico terwijl de emissies in de toepassing zullen dalen.

4.4 Samenvatting en conclusies

Zowel voor jodium- als voor gadoliniumhoudende contrastmiddelen is het een groot pluspunt dat bij verbranding in een AEC de organische complexen worden vernietigd. Er resteren dan het jodide- en het gadolinium-ion. In deze vorm komen de elementen van nature voor en is met name gadolinium veel minder mobiel in het milieu.

Jodium is een vluchtige stof en komt hoofdzakelijk in vlieggas en rookgasreinigingsresidu terecht. Als er sprake is van een natte rookgasreiniging zal globaal de helft van het jodium alsnog via het afvalwater in het milieu terecht komen, echter wel in de vorm van jodide en niet als het oorspronkelijke complex, zoals bij lozing via een RWZI. Als er sprake is van een droge rookgasreiniging zal verreweg het meeste jodium niet in het aquatische milieu terecht komen. Globaal 10 % zou via uitloging van bodemas nog wel kunnen emitteren maar gezien de verspreide toepassing van bodemas zal dit weinig invloed hebben op de waterkwaliteit. Bovendien gaat het zoals gezegd om de emissie van jodide, een stof die van nature voorkomt.

Gadolinium wordt geconcentreerd in de bodemas en is naar verwachting weinig mobiel, een uitloging van 1 % is voor dit type metalen normaal. Mocht het al uitlogen dan is het als positief geladen ion aanwezig en dergelijke ionen worden door adsorptie aan de bodem vastgelegd.

5 Afweging van de gewenste route: AEC of RWZI

In hoofdstuk 3 is de milieu-impact van verwerking via de RWZI beschreven. Het grootste bezwaar hiertegen is dat oppervlakte-, grond-, en drinkwater verontreinigd raken met de contrastmiddelen. Er lijkt geen direct risico te zijn voor mens en milieu omdat de giftigheid van de middelen laag is. Geschat wordt dat jaarlijks ongeveer 28,6 ton jodiumhoudende middelen en tussen de 300 en 450 kg gadolinium in het oppervlaktewater terecht komen.

In hoofdstuk 4 is de milieu-impact van verwerking via de AEC beschreven. Het voordeel van verwerken via een AEC is dat de organische delen van de contrastmiddelen worden vernietigd. In het geval van jodiumhoudende middelen ontstaat er in natte rookgasreinigingen een emissie van ongeveer 55% van het jodium. Dit jodium komt vrij in de vorm van het jodide-ion. Dit is een in de natuur voorkomende stof die we als mens nodig hebben. In het geval van gadolinium houdende middelen blijft het gadolinium als ion achter in de bodemmassen. De verwachting is dat maximaal slechts 1% van de gadolinium-ionen uit de bodemmassen zal emitteren. Dit gadolinium is zonder de organische schil nauwelijks mobiel en zal zich hechten aan bodemdeeltjes. Het gadolinium-ion is ongeveer 100 keer giftiger dan het gadolinium in de contrastmiddelen, waar het ingepakt is in een organische schil. Echter, onder bepaalde condities kan gadolinium vrij komen uit het complex en bovendien kan deze organische stof, hoewel stabiel, op (zeer) lange termijn worden afgebroken. Het complex-gebonden gadolinium is dus niet onder alle omstandigheden onschadelijk.

Wanneer de verwerking via een RWZI en AEC met elkaar wordt vergeleken dan blijkt dat bij verwerken via een AEC in totaal veel minder emissies optreden. Daarnaast zijn de emissies van jodide onschadelijk. Eventuele emissies van gadolinium worden gebonden aan de bodem en zullen niet in grond- of drinkwater terecht komen. De milieu-impact van verwerken via een AEC is dus lager dan bij verwerking via een RWZI. Verwerken via een AEC heeft daarom vanuit milieuoogpunt de voorkeur.

Deze afweging is in bijlage 1 grafisch weergegeven. In schematische weergave is de verhouding tussen de verwerkingsmethoden weergegeven voor de twee typen contrastmiddelen.

6 Verbranden in een gewone AEC of bij ZAVIN?

Uit het voorgaande blijkt dat het afvoeren van de contrastmiddelen via een AEC de voorkeur heeft boven afvoer via een RWZI. Omdat het over materialen gaat die in de geneesmiddelenhoek zitten is het een optie om contrastmiddelen bij de ZAVIN (Ziekenhuis Afval VerwerkingsInstallatie Nederland) te laten verwerken. De installatie van de ZAVIN wijkt af van andere AEC's in twee opzichten:

1. De verbrandingstemperatuur van de ZAVIN (1100 °C) is hoger dan in een AEC (850 °C)
2. De bodemassen van de ZAVIN gaan naar een stortplaats waar ze veilig worden opgeborgen. De bodemassen van een gewone AEC worden opgewerkt voor een nuttige toepassing

De hogere verbrandingstemperatuur bij de ZAVIN zal naar verwachting voor deze stoffen geen duidelijk verschil maken. Het organische deel zal ook bij de temperaturen die in een normale AEC heersen verbranden. Het jood en het gadolinium zal zich op vergelijkbare wijze verdelen over bodemas, vlieggas en rookgasreinigingsresidu.

Het gadolinium komt in de bodemassen terecht. Omdat de bodemassen van de ZAVIN op een stortplaats terecht komen zijn emissies van gadolinium naar het milieu vrijwel uitgesloten. Bodemassen van andere AEC's worden na behandeling toegepast als bouwstof en een klein deel van het gadolinium kan uitloggen. Hoewel verbranding bij ZAVIN in principe meer garanties biedt voor het controleren van de eventuele gadoliniumemissies is het verschil dermate klein dat het te verwaarlozen valt.

Verder is het belangrijk te weten dat de rookgaszuivering van de ZAVIN bestaat uit zowel natte als droge stappen. Bij de ZAVIN zal van al het jood globaal 70% weer vrijkomen in de vorm van het jodide-ion. Omdat bij verbranding in de ZAVIN alle joodhoudende contrastmiddelen op één plek worden verwerkt zou dit lokaal tot hogere jodide concentraties kunnen leiden.

Op basis van de voorgaande afweging is het niet noodzakelijk om de contrastmiddelen te laten verbranden bij de ZAVIN. Verbranden bij een andere AEC zal leiden tot vrijwel vergelijkbare resultaten.

Ook vanuit kosten oogpunt is het gewenst om de plaszakken te verwerken in een normale AEC. De verwerkingskosten daarvoor lagen de afgelopen jaren tussen EUR 60 en EUR 100 per ton exclusief vervoer. Verwerking bij de ZAVIN is veel duurder, onder andere door de eisen aan verpakking en vervoer. Maar ook de poorttarieven van ZAVIN liggen hoger dan bij andere AEC's. In (AgentschapNL2011) wordt melding gemaakt van verwerkingskosten boven EUR 1.800 per ton voor totale verwerking van het ziekenhuisafval en gevaarlijk afval.

7 Is gescheiden inzameling nodig?

Aangezien verwerking bij de ZAVIN niet noodzakelijk is (zie vorige hoofdstuk) is er vrijheid om de inzamelmethode te kiezen. Bij de ZAVIN wordt namelijk alleen gescheiden ingezameld afval geaccepteerd. Voor andere AEC's kan ook een gemengde inzameling van plaszakken samen met het restafval worden gebruikt. Bij de inzameling en verwerking van het restafval kunnen in theorie emissies optreden. Om de eventuele emissies in kaart te brengen zijn alle stappen die worden doorlopen van inzameling tot verwerking bekeken. Om de sterkte van de zak te beoordelen zijn enkele plaszakken zoals deze zijn gebruikt in de test in Deventer ontvangen van leverancier Vedeve. Deze zakken zijn gevuld met warm water en zijn onderworpen aan een mechanische belasting. De verwachting is dat de plaszakken voldoende sterk zijn om met het restafval te worden ingezameld en verwerkt in een AEC.

In Nederland wordt een klein deel van het gemengde restafval gescheiden voordat het wordt verbrand. Een relatief fijne fractie met veel biologisch materiaal wordt afgescheiden en vergist. In de scheidingsinstallatie zou een gedeelte van de inhoud van de plaszak vrij kunnen komen in de zeefstap. In dat geval kan de inhoud van de plaszak in de vergister terecht komen. In de vergister kan vervolgens een deel van de contrastmiddelen oplossen in de waterfase. Dit water wordt na reiniging op het oppervlaktewater geloosd waardoor een emissie zou ontstaan. Naar verwachting is dit slechts een beperkt deel van de contrastmiddelen die afgevangen worden met plaszakken, waardoor het verwijderingsrendement weliswaar afneemt maar niet teniet wordt gedaan. Behalve nascheiding voor vergisting vindt soms ook nascheiding plaats voor de terugwinning van kunststof verpakkingsmaterialen. Wanneer een plaszak die uit het materiaal PE bestaat wordt uitgesorteerd en bij het PE verpakkingsmateriaal terecht komt dan zou de inhoud bij het persen van de PE verpakkingen vrij kunnen komen. Ook in de vervolgerverwerking zou het contrastmiddel vrij kunnen komen. Ook in dit geval zal slechts een beperkt deel vrij komen. Om het risico op sortering bij verpakkingsafval te verkleinen zou het toepassen van zwarte plaszakken overwogen kunnen worden. Deze worden in een nascheidingsinstallatie niet herkend en daardoor niet uitgesorteerd. Daardoor zullen zij direct naar verbranding gaan.

De eventuele emissies bij nascheiding kunnen worden voorkomen door een gescheiden inzameling. Dit brengt echter wel kosten met zich mee. Wij schatten dat de kosten van inzameling en verwerking in het gunstigste geval tussen de EUR 250 en EUR 300 per ton liggen als de plaszakken naar een centraal punt (ziekenhuis) worden gebracht door de patiënten. Opstartkosten en handling in het ziekenhuis zijn hierbij niet meegerekend. Als de plaszakken niet door de patiënt naar een centraal punt wordt gebracht zullen de inzamel- en verwerkingskosten veel hoger liggen. Deze kosten moeten worden vergeleken met kosten voor inzameling en verwerken van restafval die onder de EUR 100 zitten.

8 Conclusies

In dit rapport zijn de volgende vragen beantwoord:

Vraag

Is de milieu-impact van verwerking van urine met daarin contrastmiddelen lager bij verwerking in een AEC of in een RWZI?

Antwoord

De milieu-impact bij verwerking in een AEC is lager. Het organische deel van de contrastmiddelen zal in de AEC verbranden en komt dus niet vrij in het milieu. Daarnaast komt minder jood vrij bij verwerking in een AEC, globaal 40 % kan vrijkomen via lozingen van afvalwater. Echter, het jood dat vrijkomt, is in een vorm die ook van nature in water voorkomt. Er komt naar verwachting hooguit 1 % van het gadolinium vrij in het milieu als ion, dat sterk kan binden aan bodemdeeltjes. De mobiliteit is daarmee zo beperkt dat blootstelling aan het gadolinium verwaarloosbaar zal zijn.

Vraag

Moeten de plaszakken met inhoud in een speciale ziekenhuisafvalverbrandingsinstallatie (ZAVIN) worden verwerkt of kan dat ook in een normale AEC?

Antwoord

Verschillen in condities en verwerking van residuen in een normale AEC respectievelijk in de ZAVIN leiden er niet toe dat de ZAVIN de voorkeur heeft boven een normale AEC.

De belangrijkste verschillen zijn:

Bodemas van de ZAVIN wordt gestort, die van AEC's wordt als bouwstof toegepast. Bodemas geeft echter maar geringe emissies. Bij verbranden in de ZAVIN zal meer jood vrijkomen omdat de ZAVIN een natte rookgasreiniging heeft, ten opzichte van 55 % van de verbrandingscapaciteit van de normale AEC's. Dit jood komt vrij in een vorm die ook in de natuur aanwezig is maar kan wellicht door verbranding bij alleen de ZAVIN lokaal tot hogere concentraties leiden.

Vraag

Is gescheiden inzameling van de plaszakken nodig?

Antwoord

Gescheiden inzameling is zeker niet nodig bij directe verbranding. De kans op emissies is dan zeer beperkt. Wanneer nascheiding van het restafval plaats vindt voor de verbranding dan kunnen beperkte emissies optreden. Deze emissies zullen in alle gevallen kleiner zijn dan bij verwerking via de RWZI. Directe gevaren voor mens en/of milieu zijn niet aanwezig.

8.1 Eindconclusie

In dit onderzoek is de milieu-impact van het verwerken van urine met daarin contrastmiddelen onderzocht. Het inzamelen in plaszakken en verwerken in een AEC geeft veel lagere emissies van schadelijke stoffen naar het milieu dan het verwerken in een RWZI. Daarnaast zijn de stoffen die na verwerking in een AEC resteren aanwezig in vormen die van nature voorkomen, ze zijn veel minder mobiel dan de oorspronkelijke middelen en ze hechten goed aan de bodem (vooral gadolinium). De verwerking van de gevulde plaszakken in de installatie van de ZAVIN heeft geen meerwaarde ten opzichte van verbranding in de normale AEC's in Nederland. Gescheiden inzameling is niet nodig omdat tijdens de inzameling weinig risico's worden verwacht. Organisatorische of kostenafwegingen zijn in deze studie niet uitgewerkt. Alleen op basis van milieuaspecten concluderen wij dat de inzameling en verwerking van urine met daarin contrastvloeistoffen het beste kan verlopen via plaszakken en AEC's.

9 Referenties

(AgentschapNL2011) S. Hogewoning et al., Onderzoek "Energie uit Ziekenhuis afval", februari 2011

Belevi, H. & H. Moench (2000): Factors determining the element behavior in municipal solid waste incinerators. 1. Field studies. Environ. Sci. Technol., 34, p. 2501-2506.

(H2O2009) H. Timmer et al. Bronaanpak geneesmiddelen: voorkomen beter dan genezen. H₂O 9/2009

(Handbook1979) G. F. Nordberg et al. Handbook on the Toxicology of Metals, Fourth edition,

(IAWR2014) H.-J. Brauch, Aantasting van de toestand van het water van de Rijn door jodiumhoudende röntgencontrastmiddelen in cijfers, oktober 2015

(Incompany2006) C. van Boheemen, et al. Emissiereductie van geneesmiddelen in ziekenhuizen naar het watermilieu: onderzoek naar maatregelen

(RHDHV2016) H. Evenblij et al, Inventarisatie Röntgencontrastmiddelen, mei 2016

(RIWA2013) S.A.E. Kools et al. MRI contrast media Magnetic Resonance Imaging (MRI) contrast media in het aquatisch milieu, oktober 2013

(Morf2013) L.S. Morf et al. Precious metals and rare earth elements in municipal solid waste – Sources and fate in a Swiss incineration plant. Waste Management 33, p.634-644.

Bijlage

1

Grafische weergave van de verschillende verwerkingsmethoden en de bijbehorende emissies

