



Vanadium in afvalwater en slib

Kathleen Geertjes

Kees Baas

Stephan Verschuren

Remco Kaashoek

Cor Graveland

CBS Den Haag
Henri Faasdreef 312
2492 JP Den Haag
Postbus 24500
2490 HA Den Haag
+31 70 337 38 00
www.cbs.nl

Projectnummer: 14159

Datum: 22 maart 2016

Kennisgeving: De in dit rapport weergegeven opvattingen zijn die van de auteur(s) en komen niet noodzakelijk overeen met het beleid van het Centraal Bureau voor de Statistiek.

1. Inleiding

Deze informatiefolder beoogt een indicatie te geven van de hoeveelheden en gehalten van vanadium op verschillende plekken in de afvalwaterketen. Met deze informatie zijn plekken in de afvalwaterketen aan te wijzen die mogelijk geschikt zijn om vanadium terug te winnen.

Deze folder is tevens opgenomen als hoofdstuk in het rapport "*Kritische materialen in afvalwater en slib*" dat het Centraal Bureau voor de Statistiek in opdracht van het Ministerie van Economisch Zaken heeft gepubliceerd <link>. In het rapport kan met terecht voor meer informatie over de gehanteerde methoden en bronnen bij de totstandkoming van de cijfers in deze folder. Naast deze folder zijn er folders over andere kritische materialen.

De folder is als volgt samengesteld. In hoofdstuk 2 staat algemene informatie over de verschijningsvorm, de waarde van de stof en het wereldproductie- en importvolume. Hoofdstuk 3 geeft de hoeveelheden en gehalten van de stof in het *afvalwater* weer, al dan niet uitgesplitst naar bedrijfstak. De hoeveelheden en gehalten van de stof in het *slib* worden in hoofdstuk 4 behandeld. Tot slot volgt een korte samenvatting.

2. Kenmerken vanadium

Vanadium is een zilvergrijs overgangsmetaal. Het is een scheikundig element met symbool V¹.

Verschijningsvorm

Vanadium komt in ongebonden toestand niet in de natuur voor. Er zijn ongeveer 65 mineralen bekend waarin vanadium voorkomt, waarvan patroniet, vanadinit, bauxiet en carnotiet de meest voorkomende zijn. Bij de winning van deze grondstoffen wordt vanadium als bijproduct gewonnen. Ook bevat aardolie, steenkool en oliehoudende leisteen vaak wat vanadium, maar het vanadium wordt hier niet uit gewonnen.

Het metaal beschikt over sterke stabiele kristalstructuur en is corrosie vast voor zuren en basen. In 2013 is 96 duizend ton vanadium gewonnen (tabel 2.1). China is de belangrijkste leverancier met 40 duizend ton in 2013, gevolgd door Rusland en Zuid-Afrika².

Tabel 2.1 De wereldproductie en Nederlandse invoer en uitvoer van vanadium, 2012-2013

	Wereldproductie		Nederland			
	2012	2013	Invoer		Uitvoer	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
	<i>1 000 kg</i>					
Mijnbouw ¹	75 000	96 000
Vanadium pentoxide	.	.	558,0	1240,0	328,0	492,0

1) Vanadiumgehalte in erts; inclusief vanadium in slakken; exclusief vanadium uit olieraffinage.

Bron: British Geological Survey.

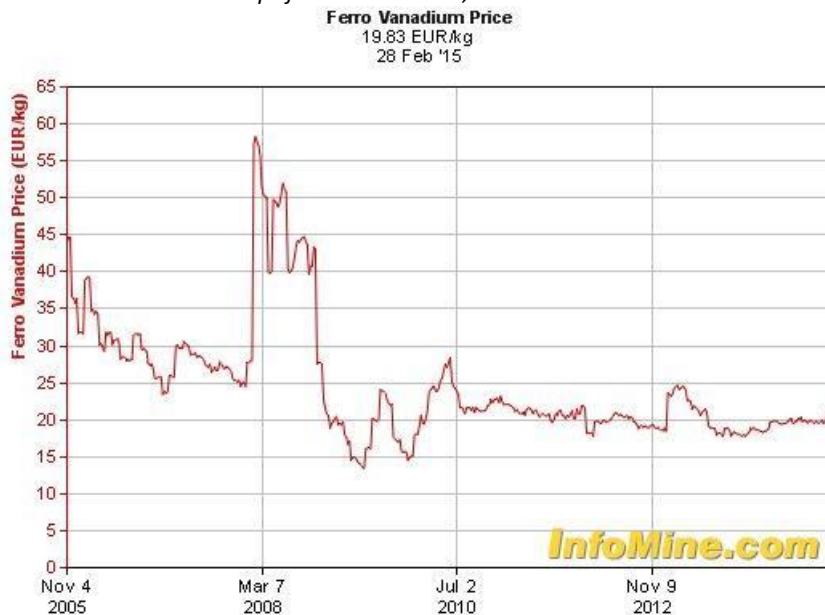
¹ <https://nl.wikipedia.org/wiki/Vanadium>

² BGS 2015. World Mineral Production, 2009-2013.

Waarde

De wereldmarktprijs van ferrovanadium, de legering waarin vanadium het meest wordt toegepast, bedraagt 20 euro per kilogram en is de afgelopen jaren vrij stabiel (figuur 2.1).

Figuur 2.1 De wereldmarktprijs van vanadium, 2005-2015



Toepassingen

Bijna 80 procent van alle vanadium dat wordt geproduceerd, wordt gebruikt voor ferrovanadium of als staaladditief³. Ferrovanadium, dat voor 1 tot 6 procent uit vanadium bestaat, is een sterke ijzerlegering die tegen schokken en corrosie kan. Ferrovanadium en vanadium staallegeringen worden gebruikt voor onderdelen in voertuigen die zwaar belast worden (wielassen, krukassen, auto-onderdelen), in straalmotoren van vliegtuigen, in (snij)gereedschap en kernreactoren⁴.

Vanadium pentoxide (V_2O_5) is de nuttigste vanadiumverbinding. Het wordt gebruikt als beits, een materiaal dat verf permanent aan textiel hecht. Vanadium pentoxide wordt ook gebruikt als katalysator bij verschillende chemische reacties tijdens de fabricage van keramiek. Verder wordt het vermengd met gallium voor de productie van supergeleidende magneten.

Vanadiumoxide levert als elektrolyt een stabiel opslagsysteem. Accu's zijn daardoor goedkoper en gaan langer mee.

Hergebruik vanadium

Vanadium kan teruggewonnen worden uit vliegass, olieslib en mijnafval. Een Amerikaans bedrijf dat brandstofcellen produceert haalt na recycling een pure vorm van 98 procent. Dit vanadium kan in accu's verwerkt worden⁵.

³ <http://www.lenntech.nl/periodiek/elementen/v.htm>

⁴ <http://wetenschap.infonu.nl/techniek/115664-vanadium-het-element.html>

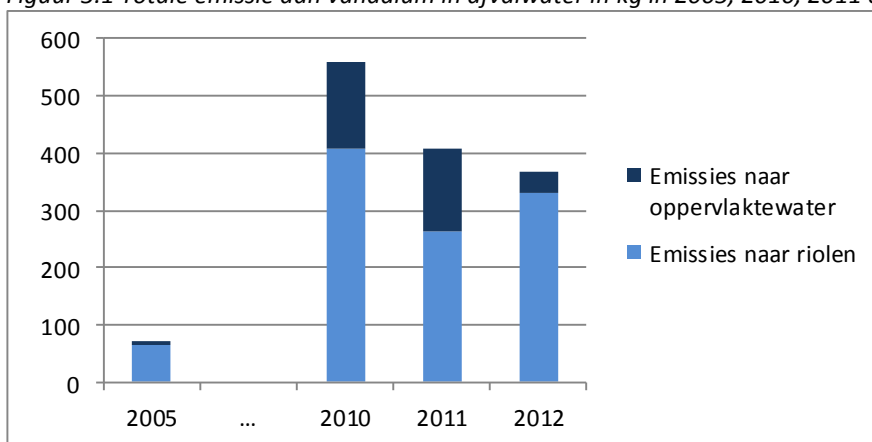
⁵ <http://www.duurzaambedrijfsleven.nl/energie/2905/accus-goedkoper-met-vanadium-uit-mijnafval>

3. Vanadium in afvalwater

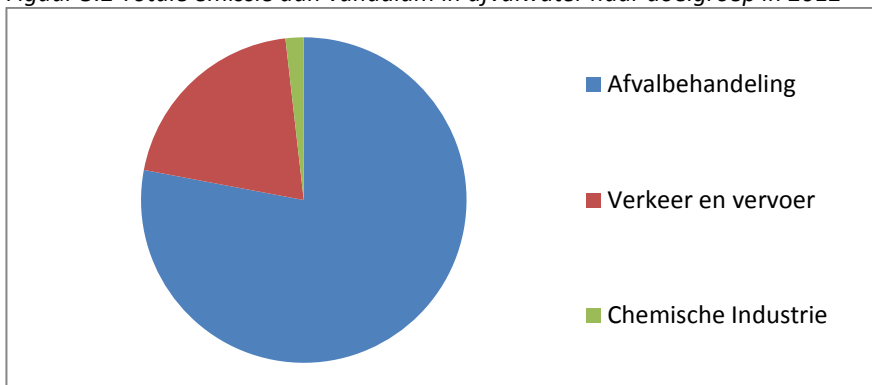
Totale emissie aan vanadium

De totale emissie aan vanadium in Nederland in afvalwater bedroeg 366 kg in 2012, waarvan 90 procent op het riool geloosd is. De bedrijfstak afvalbehandeling loost verreweg het meeste vanadium, gevolgd door verkeer & vervoer (slijtage remvoeringen) en de chemische industrie. De afvalbehandeling en verkeer & vervoer lozen voor het grootste gedeelte het vanadium op het riool, terwijl de chemische industrie dit vooral op het oppervlaktewater loost. Zie de volgende drie figuren. Een belangrijke bron van aanvoer van vanadium op het riool is voorts het inspoelen van hemelwater vanaf verhard oppervlak door atmosferische depositie. Deze bron is niet in onderstaande figuren opgenomen.

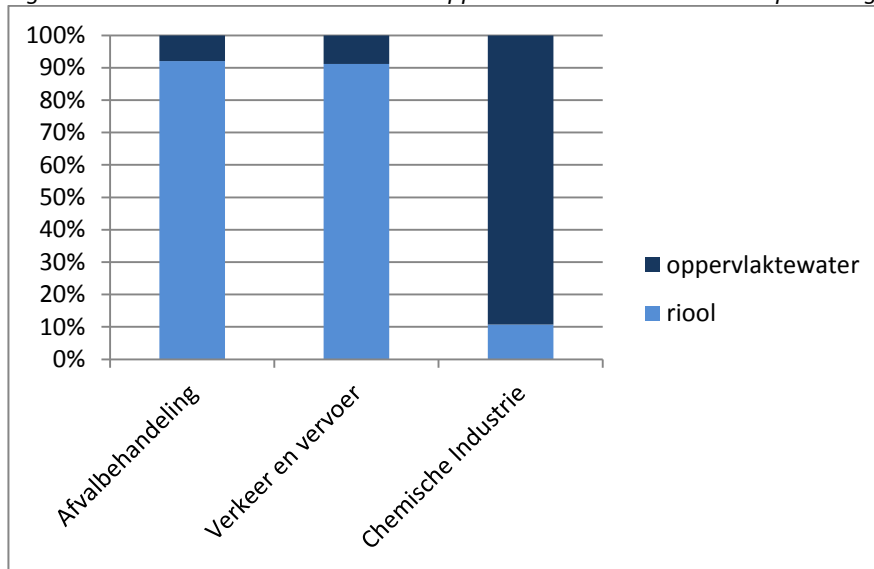
Figuur 3.1 Totale emissie aan vanadium in afvalwater in kg in 2005, 2010, 2011 en 2012



Figuur 3.2 Totale emissie aan vanadium in afvalwater naar doelgroep in 2012



Figuur 3.3 Emissies van vanadium naar oppervlaktewater en naar riool per doelgroep, in 2012



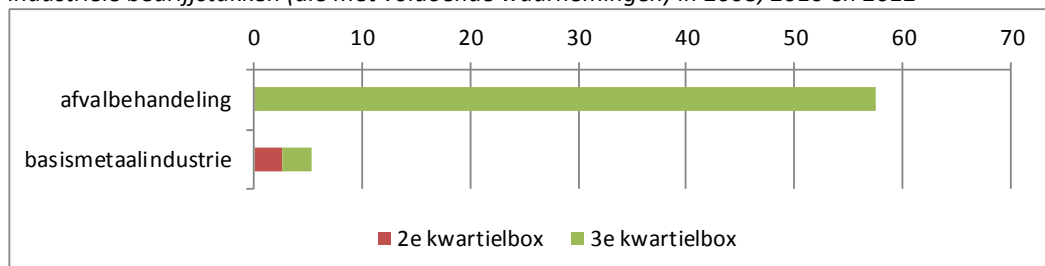
Gehalte aan vanadium in afvalwater bij industriële bedrijven

Bedrijven in de bedrijfstakken B Winning van delfstoffen, C Industrie, D Energievoorziening en E Waterbedrijven & afvalbeheer (SBI2008) hebben met circa 80 procent een groot aandeel in de emissie van vanadium in afvalwater.

Van de bedrijfstakken met de hoogste emissies geeft figuur 3.4 een beeld van de gehalten aan vanadium in het afvalwater. Hierbij is geen onderscheid gemaakt naar lozing op riool of oppervlaktewater en wel/geen eigen AWZI (afvalwaterzuiveringsinstallatie). Door de grote verschillen in gehalten tussen bedrijven geven we, na sortering op gehalte, de gehalten van de middelste helft van de waarnemingen weer: tweede en derde kwartielbox. De mediaan (middelste waarneming) is ook weergegeven en is de overgang van het tweede naar derde kwartiel.

Niet van alle bedrijven zijn de emissies in afvalwater en daarmee de gehalten bekend. Voor opgave aan de Emissieregistratie geldt voor vanadium geen drempelwaarde. In 2012 is circa 49 procent van de totale emissie aan vanadium waargenomen via individuele registratie door industriële bedrijven. Er zijn dat jaar 10 bedrijven in de Emissieregistratie bekend met een emissie aan vanadium (tabel 3.1). Over 2008, 2010 en 2012 zijn 31 waarnemingen over de emissie van vanadium in afvalwater bekend. Deze gegevens zijn afkomstig van 11 verschillende industriële bedrijven (tabel 3.2).

Figuur 3.4 Gehalte aan vanadium in afvalwater in µg (microgram) per liter (alle stromen) in twee industriële bedrijfstakken (die met voldoende waarnemingen) in 2008, 2010 en 2012



Het gehalte aan vanadium in het afvalwater is het hoogst in de afvalbehandeling. In de bedrijfstak afvalwater loost de helft van de bedrijven in de registratie 0 tot 58 µg V per liter afvalwater. De mediaan ligt binnen deze bedrijfstak op 0,1 µg V per liter en het gemiddelde ligt op 6,1 µg V per liter afvalwater.

De bedrijfsgroep afvalbehandeling is nader beschreven voor zover er voldoende waarnemingen zijn.

In tabel 3.1 staan het aantal industriële bedrijven en het aantal waarnemingen bij deze bedrijfstakken waarop de emissies van vanadium in afvalwater in 2012 zijn gebaseerd. Voor de gehalten is uitgegaan van de waarnemingen in 2008, 2010 en 2012 en die staan in tabel 3.2.

Tabel 3.1 Waarnemingen van vanadiumemissie in afvalwater door bedrijven in 2012

	Bedrijven in Emissie- registratie	Emissies in afvalwater		
		Totaal	w.v.	
			Waargenomen	Geschat
	<i>aantal</i>	<i>kg</i>	<i>%</i>	
Totaal industrie ¹	10	292	61	39
w.o.				
Afvalbehandeling	4	285	60	40

1) SBI bedrijfstakken B Delfstoffen, C Industrie, D Energievoorziening en E Waterbedrijven & afvalbeheer.

Tabel 3.2 Waarnemingen van vanadiumgehalten in afvalwater door bedrijven in 2008, 2010 en 2012

	Bedrijven in Emissie- registratie	Gerapporteerde waarden	Gehaltes in afvalwater			
			Q1	Q2	Q3	Gemiddelde
	<i>aantal</i>		<i>µg/liter</i>			
Totaal industrie ¹	11	31	0	0	17	>Q3
w.o.						
Afvalbehandeling	4	15	0	0	58	>Q3

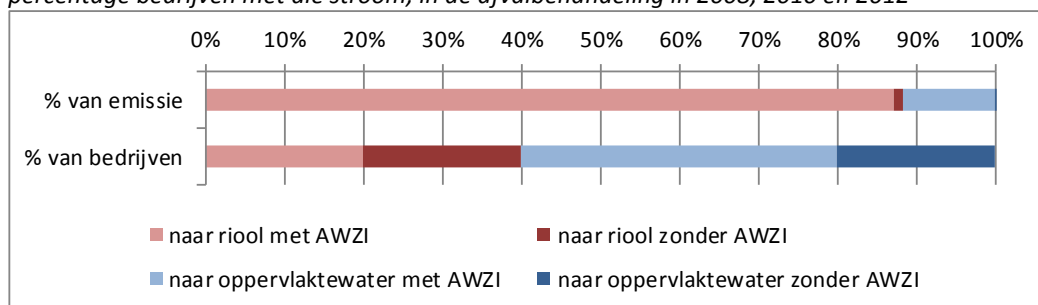
1) SBI bedrijfstakken B Delfstoffen, C Industrie, D Energievoorziening en E Waterbedrijven & afvalbeheer.

Afvalbehandeling

Met een emissie-aandeel van 78 procent in 2012 (285 kg V) heeft de bedrijfsgroep afvalbehandeling de hoogste vanadiumemissie in water. In de Emissieregistratie is in 2012 is de emissie in de bedrijfstak afvalbehandeling voor 60 procent waargenomen. De hierna volgende analyses zijn gebaseerd op deze waarnemingen en die in 2008 en 2010.

Eén van de vier bedrijven met een emissie aan vanadium in de Emissieregistratie loost 87 procent van de totale geregistreerde emissie aan vanadium in het afvalwater naar het riool met een eigen AWZI. Het afvalwater van dit bedrijf heet ook de hoogste gehalten aan vanadium.

Figuur 3.5 Procentuele verdeling van emissiestromen van vanadium in afvalwater met het percentage bedrijven met die stroom, in de afvalbehandeling in 2008, 2010 en 2012



4. Vanadium in slib

Van 7 bedrijven in de mini-enquête zijn 15 waarnemingen bekend over het vanadiumgehalte in het slib. De gehalten liggen tussen de 0 en 13 mg per kg droge stof, met een gemiddelde van 4 mg per kg droge stof (ongewogen naar volume). Bedrijven in de papierindustrie laten de hoogste gehalten zien. Andere waarnemingen van vanadium in slib zijn aangetroffen in de voedingsmiddelenindustrie.

In de slibregistratie zijn geen gegevens bekend over vanadium.

Bij slibverbranders

In 2012 is 66 procent van het slib van RWZI's verbrand in een slibverbrandings- of afvalverbrandingsinstallatie. Het slib bij SVI Dordrecht en SNB, de twee bedrijven waar CBS gegevens van heeft ontvangen, bevat in 2012 in totaal 3,2 ton vanadium. In de verbrandingsas zit 2,8 ton vanadium (90 procent). Gemiddeld over de jaren 2012, 2013 en 2014 is dat 2,8 ton vanadium in het slib en 2,4 ton vanadium in de as (88 procent). De verschillen tussen de hoeveelheden in het aangevoerde slib en in de as zijn voornamelijk toe te schrijven aan onnauwkeurigheden in de metingen.

Het gehalte aan vanadium in de as bedraagt 43 mg per kg ds. Dit is het gewogen gemiddelde gehalte over 2012, 2013 en 2014. Het gehalte in het inkomende slib is onbekend.

5. Samenvatting vanadium

De afvalverwijdering en verkeer & vervoer zijn de belangrijkste emissiebronnen van vanadium in het afvalwater. Vooral bij bedrijven die afval behandelen zijn relatief hoge gehalten aan vanadium in het afvalwater aangetroffen. De hoogste gehalten aan vanadium in het slib zijn aangetroffen bij bedrijven in de papierindustrie.