



Centraal Bureau  
voor de Statistiek

**Folder**

# **Nikkel 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](http://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 nikkel op verschillende plekken in de afvalwaterketen. Met deze informatie zijn plekken in de afvalwaterketen aan te wijzen die mogelijk geschikt zijn om nikkel 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 nikkel

Het basismetaal nikkel is een zilverwit/grijs overgangsmateriaal. Het is een scheikundig element met symbool Ni<sup>1</sup>.

### *Verschijningsvorm*

In de natuur komt nikkel niet als vrij metaal voor. De belangrijkste bronnen van nikkel zijn de mineralen limoniet, garnieriet en pentlandiet. De laatste komt alleen voor in magma dat in vulkanen naar de oppervlakte komt. In 2013 is wereldwijd 2,5 miljoen ton nikkel gedolven (tabel 2.1). Delving van nikkelerts vindt vooral plaats in Indonesië, de Filippijnen, Rusland, Australië en Canada. In Australië en Nieuw-Caledonië zijn grote reserves aanwezig. De totale reserves zijn naar schatting meer dan 130 miljoen ton op land, uitgaande van een concentratie van ten minste 1 procent nikkel. Verder liggen er nog onbekende hoeveelheden nikkel op de zeebodem<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> <https://nl.wikipedia.org/wiki/Nikkel>

<sup>2</sup> <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/nickel/mcs-2014-nicke.pdf>

Tabel 2.1 De wereldproductie en Nederlandse invoer en uitvoer van nikkel

	Wereldproductie		Nederland			
	2012	2013	Invoer		Uitvoer	
			2012	2013	2012	2013
<i>miljoen kg</i>						
Mijnbouw <sup>1</sup>	2 360	2 548	.	.	.	.
Raffinage/smelterij <sup>2</sup>	1 760	1 946	.	.	.	.
Metaal nikkel	.	.	.	.	.	.
Mattes, sinters <sup>3</sup>	.	.	.	.	1,4	1,0
Schroot	.	.	2,6	2,8	1,4	2,9
Erts en concentraten	.	.	0,7	0,0	3,8	1,1
Onbewerkt nikkel <sup>4</sup>	.	.	33,0	43,0	46,9	45,6
Oxiden	.	.	0,2	0,3	1,4	1,4

1) Nikkelgehalte in erts.

2) Geraffineerd nikkel plus nikkel uit ferro-nikkel, nikkeloxiden en nikkelzouten.

3) Schatting BGS op basis van importcijfers.

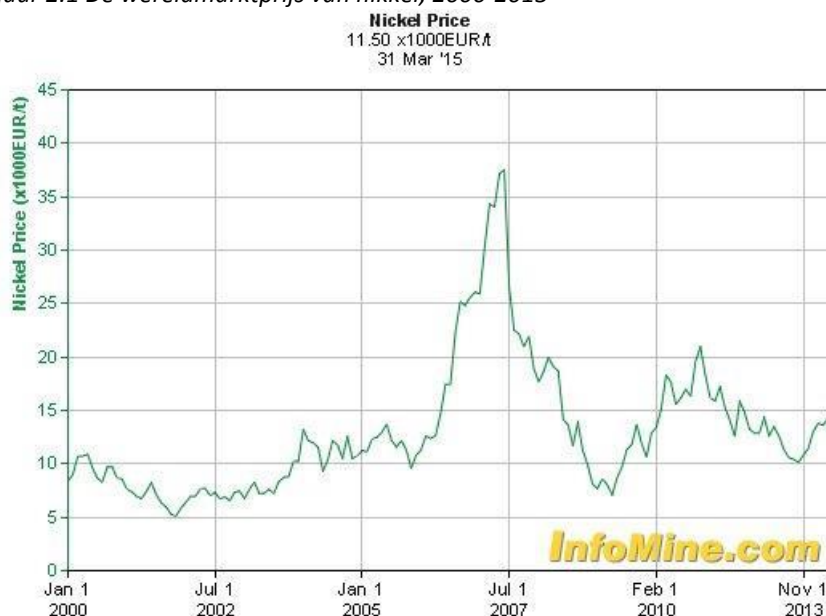
4) Inclusief legeringen.

Bron: British Geological Survey.

#### Waarde nikkel

De prijs fluctueert sterk en bedraagt circa 12 euro per kilogram in 2015. Zie figuur 2.1 van InfoMine<sup>3</sup>.

Figuur 2.1 De wereldmarktprijs van nikkel, 2000-2013



#### Toepassingen

Nikkel wordt voornamelijk (voor 65%) gebruikt bij de productie van roestvrij staal. Daarnaast wordt het gebruikt in allerlei legeringen die vaak als bescherm laag op metalen voorwerpen worden gebruikt. De vliegtuigindustrie is een belangrijke afnemer van deze legeringen. In de elektronica wordt nikkel vaak gebruikt in combinatie met andere metalen voor bijvoorbeeld het

<sup>3</sup><http://www.infomine.com/investment/metal-prices/nickel/all/>

fabriceren van weerstandsdraad en thermokoppels. Andere toepassingen van nikkel zijn: turbines, keukenapparaten, sieraden, muntgeld, oplaadbare batterijen, accu's, katalysatoren voor de harding van plantaardige vetten, andere chemicaliën voor o.a. textiel- en verfindustrie<sup>4</sup>. Nikkel komt ook in planten voor en is kleine hoeveelheid onmisbaar voor de mens. Nikkel is een vrij duur metaal en er voor verschillende toepassingen zijn substituten beschikbaar als nikkelvrij staal, titaniumlegeringen en lithium in batterijen.

#### *Hergebruik nikkel*

Er zijn wereldwijd vier of vijf bedrijven die zich bezig houden met de recycling van roestvrij staal en andere nikkelhoudende materialen. Deze bedrijven produceren ongeveer 350 duizend ton nikkel per jaar, wat overeenkomt met ongeveer een kwart van de totale jaarlijkse vraag naar nikkel<sup>5</sup>.

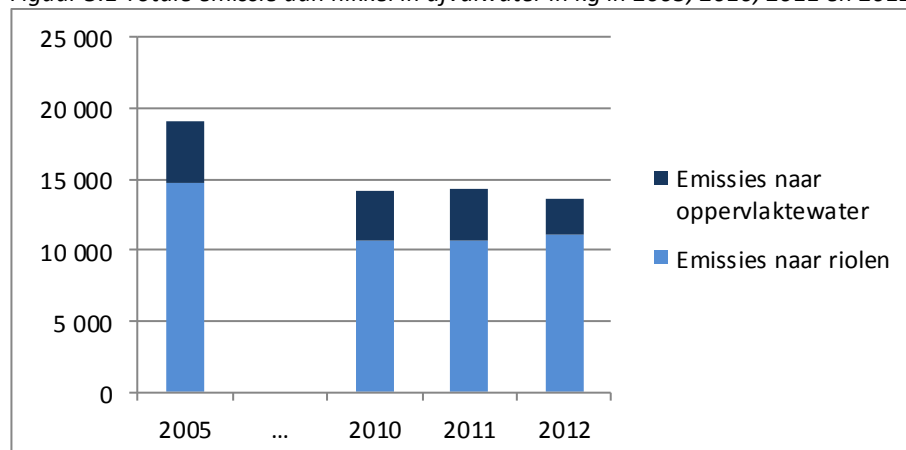
Membraanelektrolyse kan leiden tot metaaldepositie, zoals bij nikkelvloeistoffen. De elektrolyse kan worden toegepast op halfconcentraten, zoals spaarbadvloeistoffen en regeneraten van ionenwisselaars. Voor het verkrijgen van nikkel moet het restant aan opgeloste metalen een tweede zuiveringstechniek ondergaan, zoals ONO, ionenwisseling of verdamping<sup>6</sup>.

### 3. Nikkel in afvalwater

#### *Totale emissie aan nikkel in afvalwater*

De totale Nederlandse emissie aan nikkel in afvalwater bedroeg circa 13,6 ton in 2012, waarvan 82 procent op het riool geloosd is. Consumenten lozen het meeste nikkel via onder andere de corrosie van roestvrijstaal wat wordt toegepast in huishoudapparatuur en aanrechtbladen, gevolgd door de bedrijfstakken vervaardiging van basischemicaliën, metaalproductenindustrie, afvalbehandeling en raffinaderijen. De bedrijfstakken vervaardiging van basischemicaliën en raffinaderijen lozen vooral nikkel op het oppervlaktewater. Een belangrijke bron voor emissie naar het riool is ook de atmosferische depositie van nikkel op verhard oppervlak. Een wat kleinere bron is de aanvoer op het riool door slijtage van autobanden en remvoeringen. Beide bronnen bevatten een klein gehalte aan nikkel. Zie de volgende drie figuren.

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

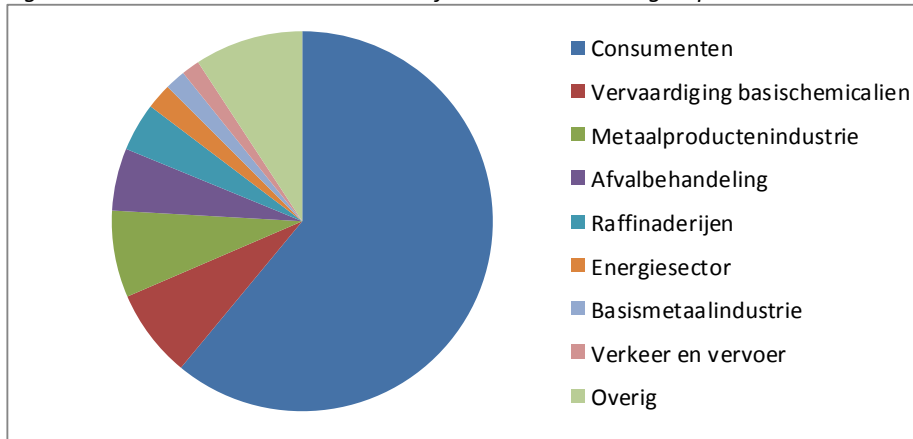


<sup>4</sup> <http://www.insg.org/whatnickel.aspx>

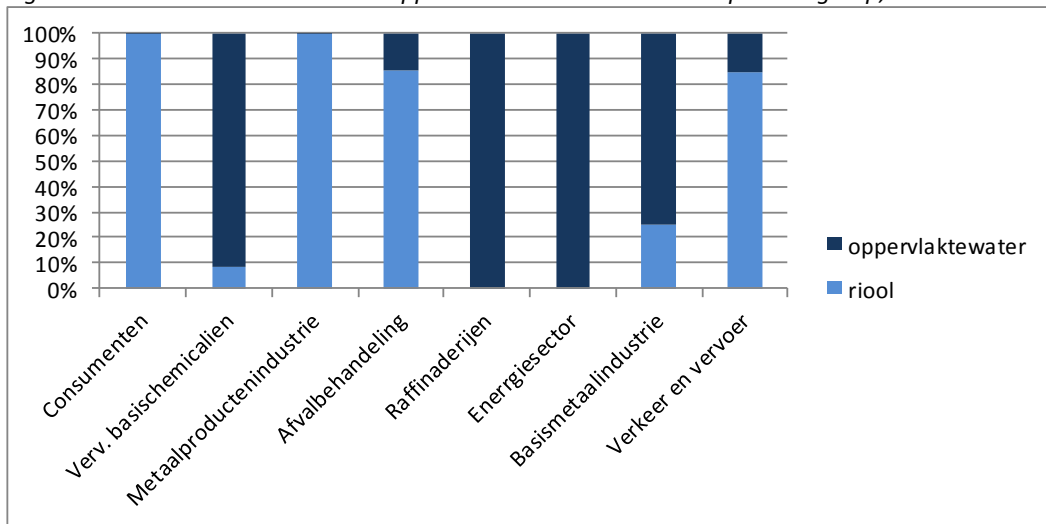
<sup>5</sup> <http://www.insg.org/recycling.aspx>

<sup>6</sup> <http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/afvalwater/milieumaatregelen-0/milieumaatregelen/@113637/membraanelektrolyse/>

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



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



*Gehaltes aan nikkel in afvalwater bij industriële bedrijven*

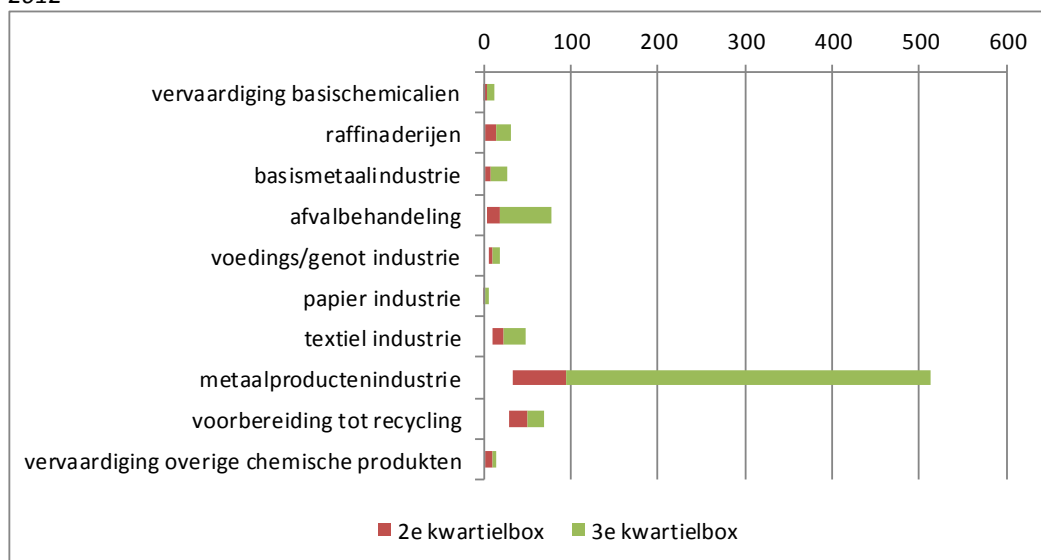
Bedrijven in de bedrijfstakken B Winning van delfstoffen, C Industrie, D Energievoorziening en E Waterbedrijven & afvalbeheer (SBI2008) hebben met circa 38 procent een redelijk aandeel in de emissie van nikkel in afvalwater.

Van de bedrijfstakken met de hoogste emissies geeft figuur 3.4 een beeld van de gehalten aan nikkel 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 nikkel een drempelwaarde van 20 kg per jaar. In 2012 is circa 24 procent van de totale emissie aan nikkel waargenomen via individuele registratie door industriële bedrijven. Er zijn dat jaar 26 bedrijven met een emissie aan nikkel boven de drempelwaarde. Naast deze bedrijven die verplicht zijn de emissie op te geven, zijn er nog 125 bedrijven bekend in de Emissieregistratie met een uitstoot lager dan de drempelwaarde (tabel 3.1). Over 2008, 2010 en 2012 zijn 540 waarnemingen over de emissie

van nikkel in afvalwater. Deze gegevens zijn afkomstig van 223 verschillende industriële bedrijven (tabel 3.2).

*Figuur 3.4 Gehalte aan nikkel in afvalwater in µg (microgram) per liter (alle stromen) voor de 10 industriële bedrijfstakken met de grootste geregistreerde emissie aan nikkel in 2008, 2010 en 2012<sup>7</sup>*



Het gehalte aan nikkel in het afvalwater is relatief hoog in de bedrijfstakken metaalproductenindustrie en voorbereiding tot recycling. In de metaalproductenindustrie loost de helft van de bedrijven in de registratie 0,03 tot 0,51 mg Ni per liter afvalwater. De mediaan ligt binnen deze bedrijfstak op 0,09 mg Ni per liter en het gemiddelde ligt op 0,67 mg Ni per liter afvalwater. Het gehalte aan nikkel in het afvalwater verschilt dus behoorlijk tussen de bedrijven in deze bedrijfstakgroep.

De bedrijven die basischemicaliën vervaardigen hebben wel een hoge emissie aan nikkel, maar het gehalte aan nikkel in het afvalwater is laag.

Ter vergelijking: het gemiddelde gehalte aan nikkel in het influent (aangevoerd afvalwater) bij rioolwaterzuiveringsinstallaties bedraagt de laatste jaren circa 0,01 mg Ni per liter. Dit influent is een mix van huishoudelijk afvalwater, bedrijfsafvalwater, via straatkolken afgevoerd hemelwater en rioolvreemd water. Een deel van de bedrijven binnen de genoemde bedrijfstakken loost dus afvalwater op het riool met een hoger nikkelgehalte dan dat in het ruwe rioolwater.

Enkele bedrijfstakgroepen met een relatief hoge emissie en/of een hoog gehalte aan nikkel in het afvalwater en met voldoende waarnemingen zijn nader beschreven, namelijk de vervaardiging van basischemicaliën, de metaalproductenindustrie, de afvalbehandeling en raffinaderijen.

In tabel 3.1 staan het aantal industriële bedrijven en het aantal waarnemingen bij deze bedrijfstakken waarop de emissies van nikkel 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.

<sup>7</sup> De bedrijfstak Winning van overige niet energiedragers (6<sup>de</sup> plek) is door te weinig waarnemingen niet weergegeven, maar behoort wel tot de top 10.

Tabel 3.1 Waarnemingen van nikkelemissie in afvalwater door bedrijven in 2012

	Bedrijven in Emissieregistratie		Emissies in afvalwater		
	Totaal	w.v. emissie > 20 kg/jaar	Totaal	w.v.	
				Waargenomen	Geschat
	<i>aantal</i>		<i>kg</i>	<i>%</i>	
Totaal industrie <sup>1</sup>	151	26	5 180	64	36
w.o.					
Vervaardiging basischemicaliën	31	6	1 022	100	0
Metaalproductenindustrie	23	0	1 003	5	95
Afvalbehandeling	23	6	722	62	38
Raffinaderijen	3	3	559	100	0

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

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

	Bedrijven in Emissie- registratie	Gerapporteerde waarden		Gehaltes in afvalwater			
		Totaal	w.v. emissie > 20 kg/jaar	Q1	Q2	Q3	Gemiddelde
Totaal industrie <sup>1</sup>	223	540	81	2	10	36	>Q3
w.o.							
Vervaardiging basischemicaliën	40	104	20	0	5	13	>Q3
w.o. organische basischemicaliën <sup>2</sup>	18	30	9	5	10	21	>Q3
Metaalproductenindustrie	34	66	1	33	95	513	>Q3
Afvalbehandeling	36	85	17	4	19	78	>Q3
Raffinaderijen	3	8	8	1	14	32	Q2-Q3

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

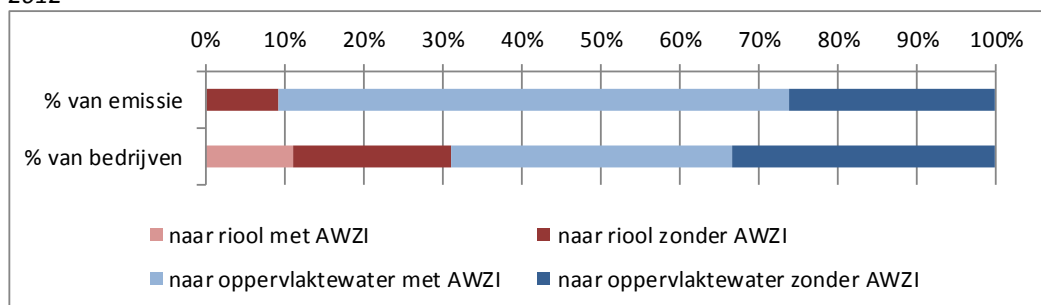
2) SBI 20.14 Vervaardiging van petrochemische producten en overige organische basischemicaliën, in 2010 en 2012.

### Vervaardiging van basischemicaliën

Met een emissie-aandeel van 7,5 procent (1022 kg Ni) in 2012 is dit de bedrijfstak met de hoogste nikkelemissie in water. Het gehalte aan nikkel in het afvalwater bij de vervaardiging van basischemicaliën is in vergelijking met andere bedrijfstakken wel vrij laag.

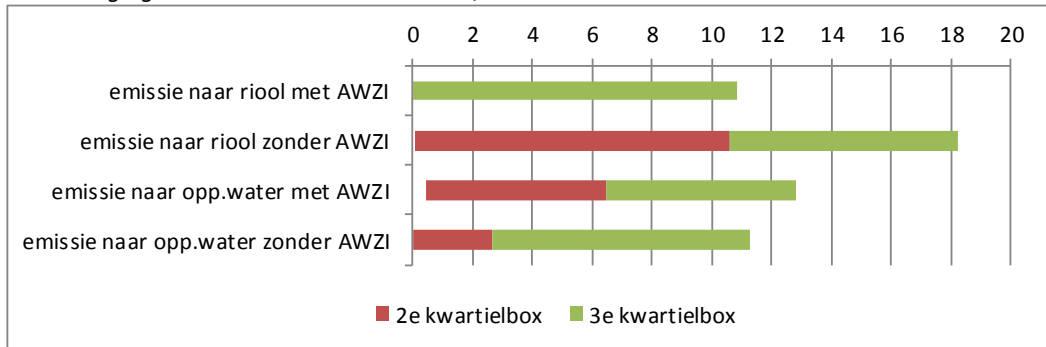
Bij bedrijven die lozen op het riool zonder eigen AWZI, zoals te zien in figuur 3.6, is het gehalte aan nikkel in afvalwater het hoogst is. Deze afvalwaterstroom betreft 20 procent van het aantal bedrijven en 9 procent van de totale emissie aan nikkel van de bedrijven in de registratie (figuur 3.5).

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





Figuur 3.6 Gehalte aan nikkel in afvalwater in  $\mu\text{g}$  per liter per afvalwaterstroom in de vervaardiging van basischemicaliën in 2008, 2010 en 2012



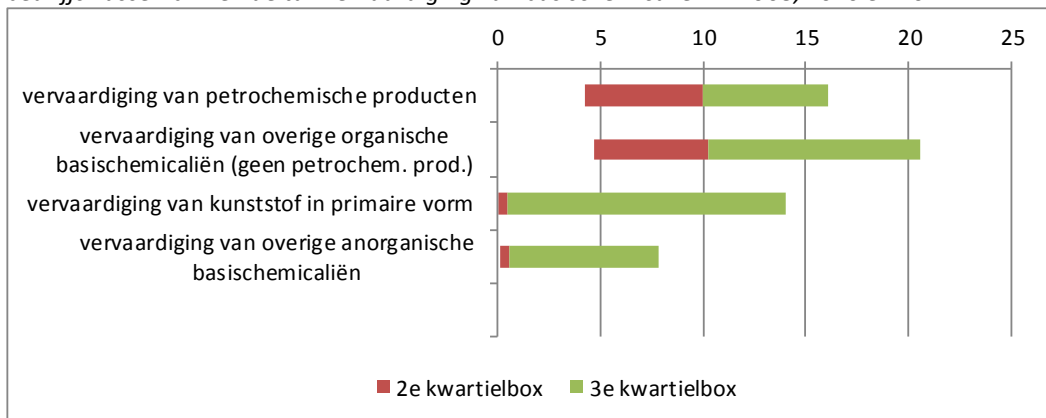
Bij uitsplitsing naar bedrijfsklasse zien we vooral hoge emissies en/of hoge gehalten bij de vervaardiging van:

- overige anorganische basischemicaliën (SBI 20.13);
- petrochemische producten (SBI 20.14.1);
- overige organische basischemicaliën (SBI 20.14.9);
- kunststof in primaire vorm (20.16).

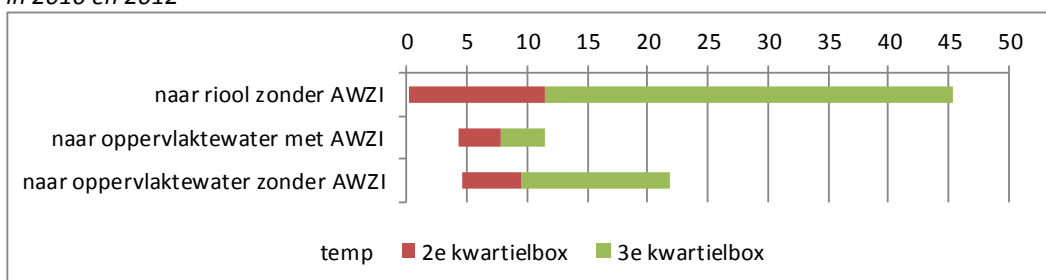
De emissies van nikkel in afvalwater bij de vervaardiging van overige anorganische basischemicaliën, petrochemische producten, overige organische basischemicaliën en kunststof in primaire vorm zijn in 2012 respectievelijk 334, 154, 44 en 473 kilogram.

De bedrijven die organische basischemicaliën vervaardigen laten vooral bij lozing op het riool zonder eigen AWZI hoge gehalten aan nikkel in het afvalwater zien. Zie figuren 3.7 en 3.8.

Figuur 3.7 Gehalte aan nikkel in afvalwater in  $\mu\text{g}$  per liter (alle stromen) voor enkele bedrijfsklassen binnen de tak vervaardiging van basischemicaliën in 2008, 2010 en 2012



Figuur 3.8 Gehalte aan nikkel in afvalwater in  $\mu\text{g}$  per liter per afvalwaterstroom in de bedrijfsklasse vervaardiging van organische basischemicaliën (w.o. petrochemische producten) in 2010 en 2012

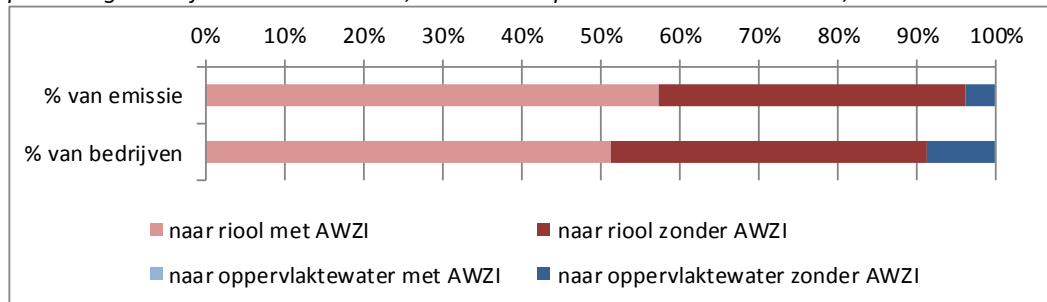


### Metaalproductenindustrie

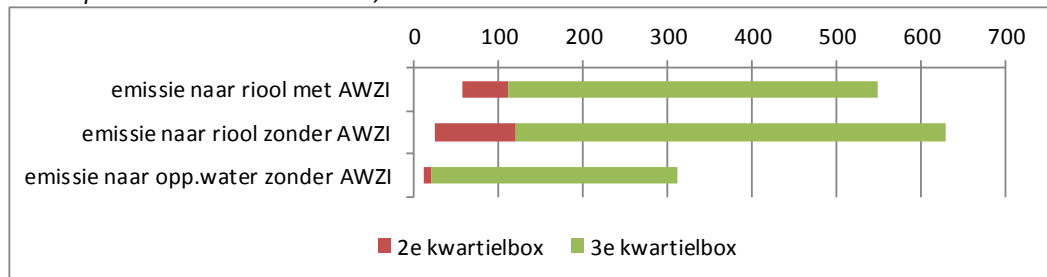
De bedrijfsgroep metaalproductenindustrie laat de hoogste gehalten aan nikkel in het afvalwater zien. Wel is in de Emissieregistratie in 2012 de nikkelemissie in deze bedrijfsgroep maar voor circa 5 procent waargenomen via de milieujarverslagen. De totale emissie bedraagt 1 003 kg per jaar.

In figuur 3.10 is te zien dat het gehalte aan nikkel in afvalwater het hoogst is bij bedrijven die lozen op het riool. Daarbij is er weinig verschil in gehalte tussen bedrijven met en zonder eigen AWZI. De bedrijven in de Emissieregistratie in de metaalproductenindustrie, lozen vrijwel al het afvalwater op het riool (figuur 3.9).

*Figuur 3.9 Procentuele verdeling van emissiestromen van nikkel in afvalwater met het percentage bedrijven met die stroom, in de metaalproductenindustrie in 2008, 2010 en 2012*



*Figuur 3.10 Gehalte aan nikkel in afvalwater in µg per liter per afvalwaterstroom in de metaalproductenindustrie in 2008, 2010 en 2012*

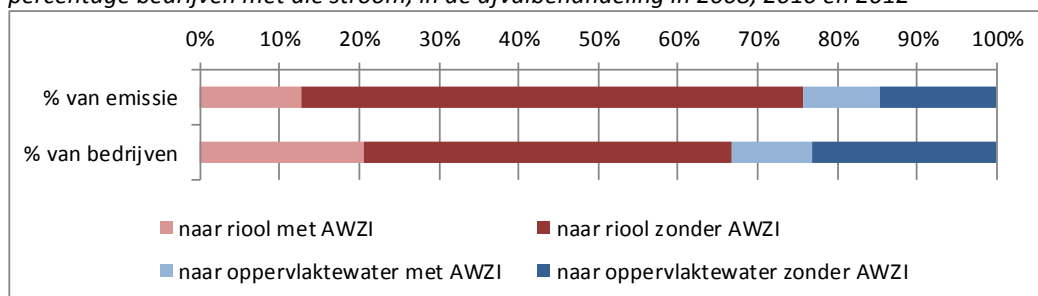


### Afvalbehandeling

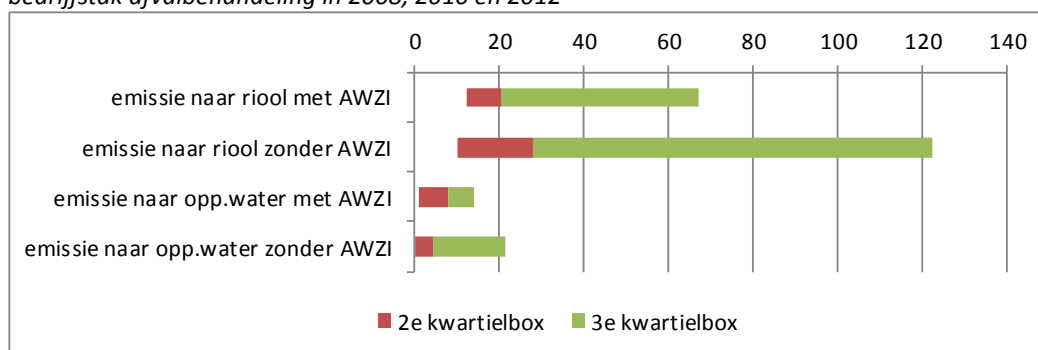
De bedrijfsgroep afvalbehandeling heeft een lager gehalte aan nikkel in het afvalwater dan de metaalproductenindustrie, maar heeft door meer afvalwater wel een hogere emissie aan nikkel, namelijk 722 kg nikkel per jaar.

In figuur 3.12 is te zien dat het gehalte aan nikkel in afvalwater het hoogst is bij bedrijven die lozen op het riool zonder eigen AWZI. Deze afvalwaterstroom betreft 46 procent van het aantal bedrijven en 63 procent van de totale emissie aan nikkel van de bedrijven in de registratie (figuur 3.11).

Figuur 3.11 Procentuele verdeling van emissiestromen van nikkel in afvalwater met het percentage bedrijven met die stroom, in de afvalbehandeling in 2008, 2010 en 2012



Figuur 3.12 Gehalte aan nikkel in afvalwater in  $\mu\text{g}$  per liter per afvalwaterstroom in de bedrijfstak afvalbehandeling in 2008, 2010 en 2012

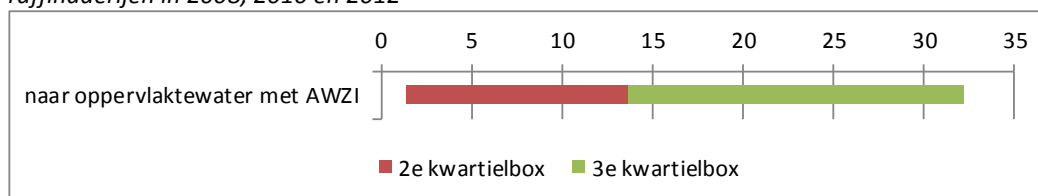


De nikkelemissie betreft vooral bedrijven die onschadelijk afval behandelen (SBI 38.21).

#### Raffinaderijen

De bedrijfstgroep raffinaderijen kenmerkt zich door een vrij hoog gehalte aan nikkel wat op het oppervlaktewater wordt geloosd (figuur 3.13). Alle bedrijven hebben een eigen AWZI.

Figuur 3.13 Gehalte aan nikkel in afvalwater in  $\mu\text{g}$  per liter per afvalwaterstroom in raffinaderijen in 2008, 2010 en 2012



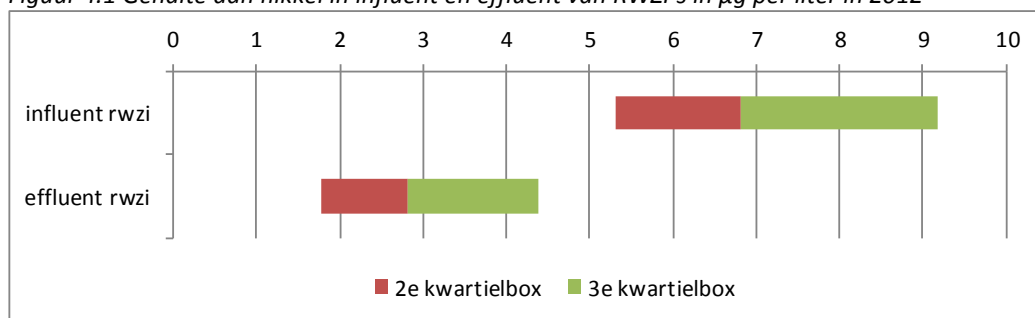
## 4. Nikkel in slib

#### Bij RWZI's

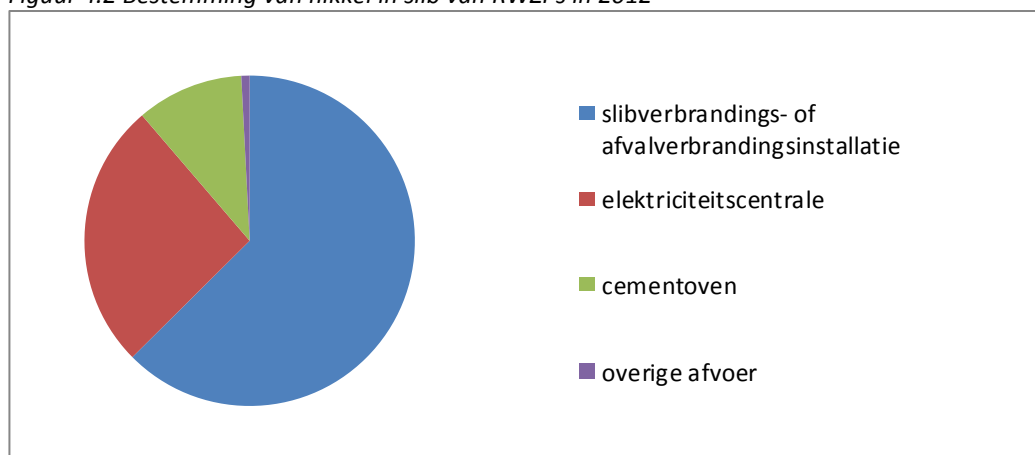
De rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) zuiveren het afvalwater van huishoudens, bedrijven e.d. dat via het openbaar riool wordt aangevoerd. Het influent bestaat voor gemiddeld  $8,2 \mu\text{g}$  Ni per liter; in totaal 18,6 ton nikkel in 2012. Na zuivering is het gehalte lager met gemiddeld  $3,5 \mu\text{g}$  per liter in het effluent (zie figuur 4.1). Het zuiveringsrendement bedraagt daarmee 57 procent. De rest komt terecht in het zuiverings-slib. Door onnauwkeurigheden in de metingen komt de hoeveelheid in het influent niet exact overeen met die in het effluent plus slib.

Het slib van de RWZI's bevat in 2012 10,0 ton nikkel. Bijna twee derde van het nikkel in het slib belandt in een slibverbrandings- of afvalverbrandingsinstallatie (figuur 4.2). De resterende hoeveelheid wordt ook verbrand maar dan in cementovens of elektriciteitscentrales.

Figuur 4.1 Gehalte aan nikkel in influent en effluent van RWZI's in  $\mu\text{g}$  per liter in 2012



Figuur 4.2 Bestemming van nikkel in slib van RWZI's in 2012

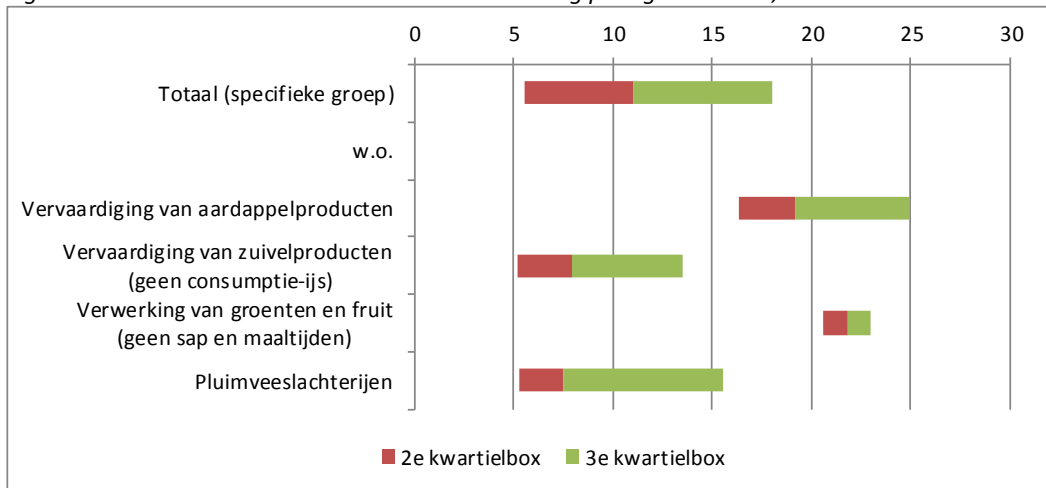


#### Bij AWZI's

Van 44 bedrijven in de slibregistratie zijn waarnemingen over gehalten aan stoffen in het slib bekend. Het is een enigszins specifieke groep, want het zijn bedrijven in de voedingsmiddelenindustrie met een eigen AWZI die voor een groot deel hun slib afzetten in de landbouw. In totaal zijn er 218 waarnemingen over zink in 2008, 2010 en 2012. De AWZI's halen een groot deel van het nikkel uit het afvalwater. Van de hoeveelheid nikkel na zuivering zit circa 90 procent in het slib en 10 procent in het effluent. Dit resultaat is wel opmerkelijk. Bij RWZI's worden slechts rendementen gehaald tot maximaal 60 procent. Het is mogelijk dat de industriële AWZI's gebruikmaken van aanvullende waterzuiveringstechnieken waardoor de verwijdering van nikkel hoger wordt en er meer in het slib terecht komt.

Het gemiddelde gehalte aan nikkel in het zuiveringsslib van deze specifieke groep bedrijven bedraagt 13 mg per kg droge stof. De gehalten aan nikkel in het slib verschillen behoorlijk tussen bedrijfstakken en ook binnen een bedrijfstak. De bedrijfstak verwerking van groenten en fruit laat in figuur 4.3 de hoogste gehalten aan nikkel in het slib zien.

Figuur 4.3 Gehalte aan nikkel in slib van AWZI's in mg per kg ds in 2008, 2010 en 2012



Van 21 bedrijven in de mini-enquête zijn 51 waarnemingen bekend over het zinkgehalte in het slib. De gehalten liggen tussen de 3 en 158 mg per kg droge stof, met een gemiddelde van 23 mg per kg droge stof (ongewogen naar volume). Dit gemiddelde is beduidend hoger dan die van de bedrijven in de slibregistratie. Hoge gehalten zijn aangetroffen in de bedrijfspgroep vervaardiging basischemicaliën. Het aantal bedrijven is te beperkt om de gehalten per bedrijfspgroep weer te geven.

*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 5,3 ton nikkel. In de verbrandingsas zit 4,4 ton nikkel (83 procent). Gemiddeld over de jaren 2012, 2013 en 2014 is dat 5,6 ton nikkel in het slib en 4,9 ton nikkel 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 nikkel in het slib bedraagt 31 mg/kg ds en in de as 84 mg/kg ds. Dit zijn de gewogen gemiddelde gehalten over 2012, 2013 en 2014.

## 5. Samenvatting nikkel

De consumenten zijn de belangrijkste emissiebron van nikkel in het afvalwater. Belangrijke industriële emissiebronnen zijn de basischemicaliënindustrie, de metaalproductenindustrie, de afvalbehandeling en raffinaderijen. Hoge gehalten aan nikkel in het afvalwater zijn aangetroffen in de metaalproductenindustrie en bij de bedrijven die voorbereiden tot recycling.

Relatief hoge gehalten in het slib zijn aangetroffen bij bedrijven met een eigen AWZI die basischemicaliën vervaardigen, die groente en fruit verwerken en bedrijven die aardappelproducten vervaardigen.