



Centraal Bureau  
voor de Statistiek

**Folder**

# **Koper 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 koper op verschillende plekken in de afvalwaterketen. Met deze informatie zijn plekken in de afvalwaterketen aan te wijzen die mogelijk geschikt zijn om koper 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 koper

Koper is een rood/geel overgangsmetaal met het symbool Cu<sup>1</sup>.

### *Verschijningsvorm*

De belangrijkste bronnen van koper zijn de mineralen chalcopryiet, chalcociet, covelliet, azuriet, malachiet en borniet. Deze worden in ruime mate in de aardkorst aangetroffen. Belangrijke vindplaatsen van kopererts zijn Chili, Peru en de Verenigde Staten. In Chili wordt ongeveer een derde van alle koper gemijnd. Indonesië heeft het afgelopen decennium de sterkste groei van de koperproductie laten zien en was in 2009 de op drie na grootste producent.

*Tabel 2.1 De wereldproductie en Nederlandse in- en uitvoer van koper*

	Wereldproductie		Nederland			
	2012	2013	Invoer		Uitvoer	
			2012	2013	2012	2013
	<i>miljoen kg</i>					
Mijnbouw <sup>1</sup>	16 900	18 100	.	.	.	.
Smelterij <sup>2</sup>	13 300	13 800	.	.	.	.
Raffinage <sup>3</sup>	20 200	21 000	.	.	.	.
Metaal koper	.	.	.	.	.	.
Erts en concentraten <sup>4</sup>	.	.	3	66	6,5	56,6
Schroot	.	.	214,2	166,1	328,5	295,1
Onbewerkt koper	.	.	25,4	21,7	59,3	27,7
Onbewerkte legeringen	.	.	1,9	3,0	2,4	2,5

1) Kopergehalte in erts.

2) Primair koper geproduceerd vanuit concentraten; kan ook productie vanuit schroot bevatten.

3) Primair en secundair geraffineerde koper geproduceerd door elektrolyse of smelten.

Exclusief secundair koper herwonnen door smelten.

4) Schatting BGS op basis van importcijfers voor 2013.

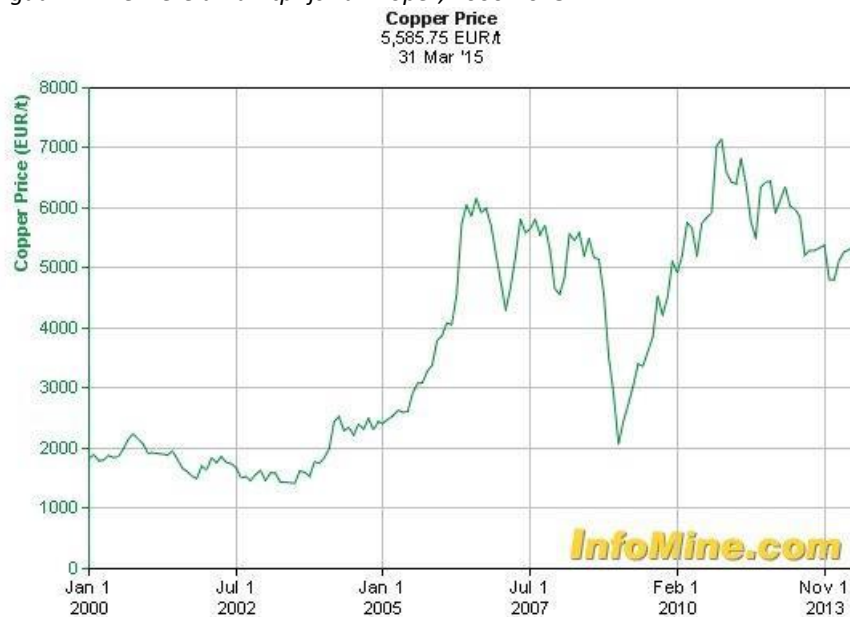
<sup>1</sup> [https://nl.wikipedia.org/wiki/Koper\\_\(element\)](https://nl.wikipedia.org/wiki/Koper_(element))

Koper komt zowel via natuurlijke bronnen (bijvoorbeeld via vegetatie en zeedamp), als via menselijke activiteiten (denk aan mijnbouw, metaalproductie, bosbouw en de productie van fosfaatmeststoffen) in het milieu. Door de stijgende productie van koper is ook het gehalte aan koper in het milieu toegenomen. Daarnaast zorgt de corrosie van waterleidingen voor hogere kopergehalten in het slib van RWZI's<sup>2</sup>.

#### Waarde

De vraag naar koper neemt sneller toe dan het aanbod, waarmee de voorraden afnemen en de prijzen stijgen. Het hedendaagse koperverbruik is zo hoog, dat volgens schattingen over 35 jaar alle koperreserves zijn uitgeput.

Figuur 2.1 De wereldmarktprijs van koper, 2000-2013



#### Toepassingen

Koper wordt vanwege de hoge elektrische geleidbaarheid vooral toegepast in de elektrische industrie, bijvoorbeeld in de vorm van koperdraad. Daarnaast wordt het vanwege zijn corrosiebestendigheid veel gebruikt voor munten, waterleidingen, dakbedekkingen, werktuigen en juwelen. Koper wordt ook verwerkt in de remvoeringen van voertuigen. Specifiek voor de Nederlandse situatie is ook het gebruik van koper in siervuurwerk wat in grote hoeveelheden wordt afgestoken rond de jaarwisseling.

Puur koper is te zacht voor de meeste toepassingen, waardoor legeringen met tin (brons) en zink (messing) veel worden toegepast. De bekendste koperverbinding is blauw vitriol, gehydrateerd koper sulfaat, wat wordt gebruikt als landbouwbestrijdingsmiddel, bij de waterzuivering en als blauw pigment in inkt.

#### Hergebruik koper

Koper kan voor een deel worden gerecycled. Vaak belandt het koper echter in afvalverbrandingsinstallatie, waaruit het voor een deel in het milieu terecht komt. Er zijn diverse onderzoeken geweest naar herwinning van koper:

<sup>2</sup> <http://www.lenntech.nl/periodiek/elementen/cu.htm#ixzz3SINd25Td>

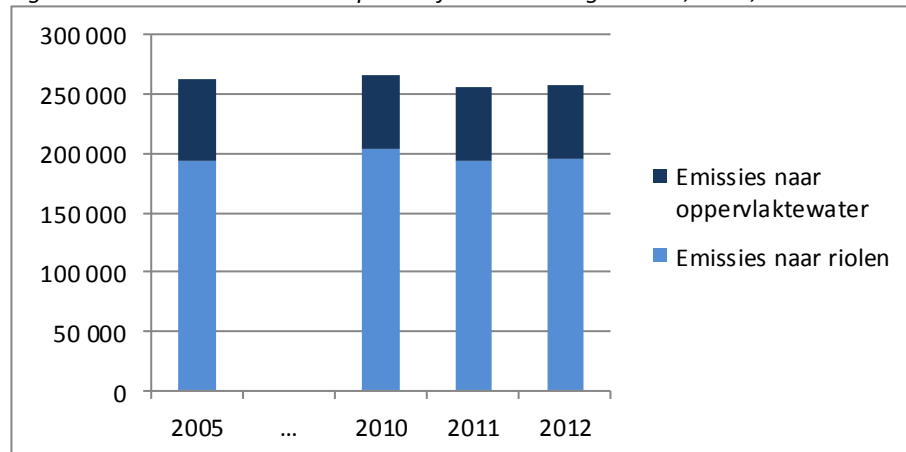
- Er bestaat een chemisch proces (ECR-proces<sup>3</sup>) waarbij koper in pure toestand kan worden herwonnen uit de as van afvalverbranders. Dit proces zou 85 procent minder energie kosten dan de delving van koper uit de mijnen.
- Het terugwinnen van koper uit het afvalwater door middel van bioreactoren met bacteriën<sup>4</sup>.
- Het terugwinnen van koper uit afvalwater in de elektro-industrie door het koper op te lossen met een zwavelzuur- of ammonia-ammonium-oplossing. Met de ammonia-oplossing kan een hogere productzuiverheid behaald worden dan met zwavelzuur<sup>5</sup>.
- De biobrandstofcel<sup>6</sup> kan naast de productie van energie ook koper terugwinnen uit afvalwater. Op de anode van de brandstofcel groeien bacteriën die organisch afval in het water afbreken en elektronen opleveren, die op hun beurt weer de aan de kathode positief geladen koperionen omzetten in vast koper. In principe kunnen met deze methode alle metaalionen worden teruggewonnen die in een waterig milieu kunnen worden neergeslagen, denk aan als koper, nikkel, cadmium, kobalt, lood en zink. Verder onderzoek is nog wel nodig.

### 3. Koper in afvalwater

#### *Totale emissie aan koper*

De totale emissie aan koper in Nederland in afvalwater bedroeg circa 258 ton in 2012, waarvan 76 procent op het riool geloosd is. Consumenten lozen het meeste koper door corrosie van koperen waterleidingen<sup>7</sup>. Een tweede belangrijke maar diffuse bron is de afspoeling van koper vanaf verharde oppervlakten naar het riool. Het koper is dan afkomstig van voornamelijk slijtage van remvoeringen van voertuigen, slijtage van bovenleidingen van trams (doelgroep Verkeer en vervoer), het afsteken van siervuurwerk (Consumenten) en de atmosferische depositie<sup>8</sup>. Andere belangrijke bronnen zijn de bedrijfstakken handel, diensten en overheid, de scheepsbouw en de chemische industrie. De consumenten en de handel, diensten en overheid lozen het koper volledig op het riool. Zie de volgende drie figuren.

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



<sup>3</sup> <http://www.elemetal.eu/technology/ecr>

<sup>4</sup> <http://www.nrc.nl/handelsblad/2012/02/24/krioelen-met-paques-12264632>

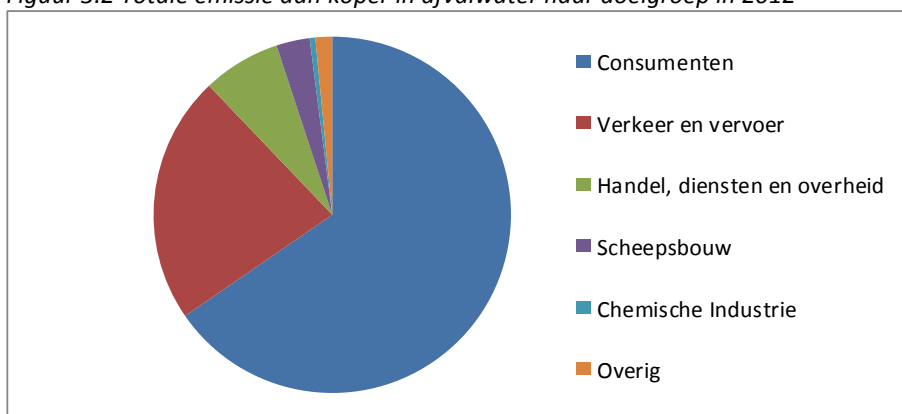
<sup>5</sup> <http://www.plusbusiness.nl/GerritBoersma.php>

<sup>6</sup> <http://resource.wageningenur.nl/show/Biobrandstofcel-wint-koper-terug.htm>

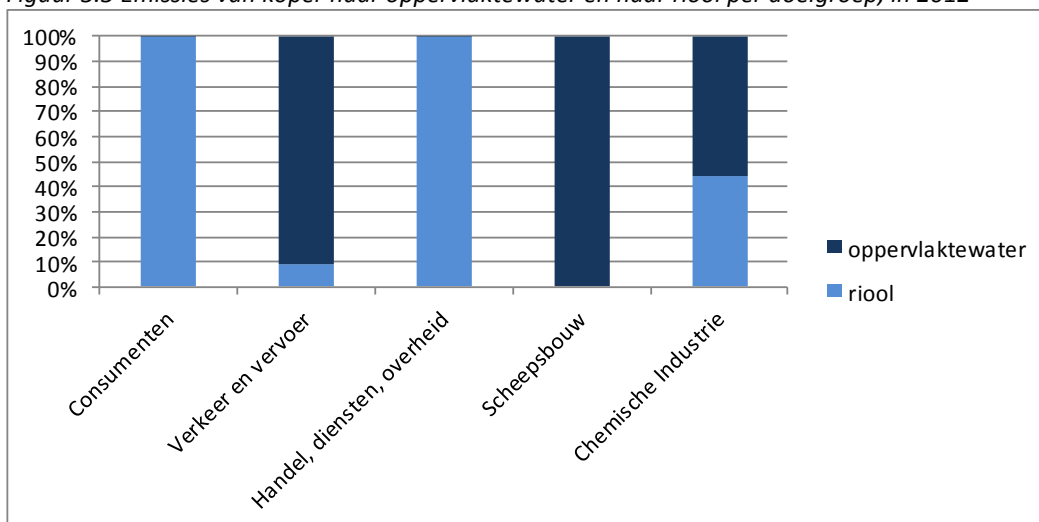
<sup>7</sup> Wortmann, E., Nieuwe sanitatie Westland, STOWA, 2010-10

<sup>8</sup> Depositie is het neerslaan van minerale stoffen en gassen op een vaste ondergrond.

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



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



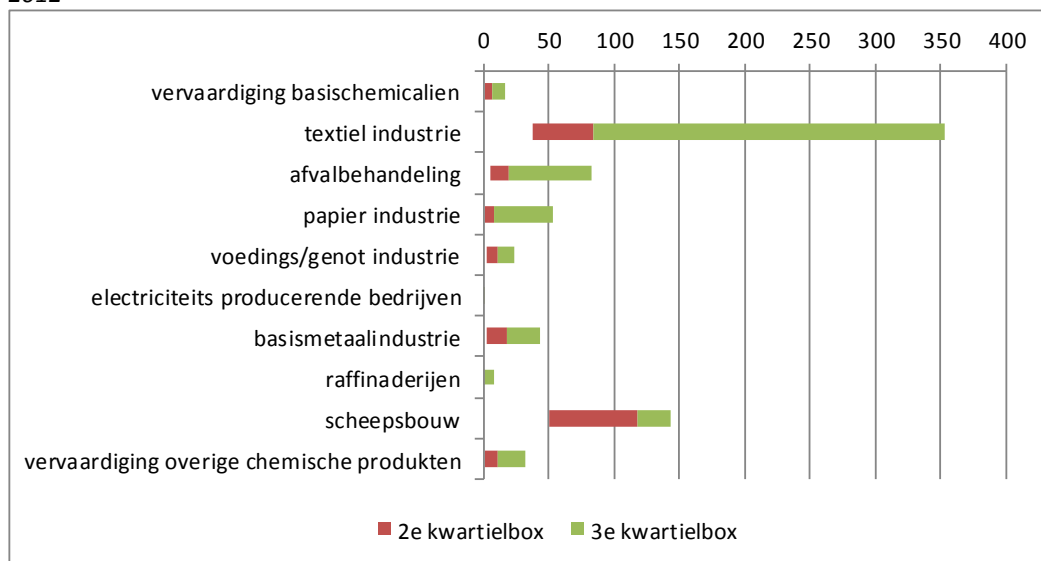
#### Gehalte aan koper in afvalwater bij industriële bedrijven

Bedrijven in de bedrijfstakken B Winning van delfstoffen, C Industrie, D Energievoorziening en E Waterbedrijven & afvalbeheer (SBI2008) hebben met circa 5 procent een klein aandeel in de emissie van fosfor in afvalwater.

Van de bedrijfstakken met de hoogste emissies geeft figuur 3.4 een beeld van de gehalten aan koper 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 koper een drempelwaarde van 50 kg per jaar. In 2012 is circa 4 procent van de totale emissie aan koper waargenomen via individuele registratie door industriële bedrijven. Er zijn dat jaar 12 bedrijven met een emissie aan koper boven de drempelwaarde. Naast deze bedrijven die verplicht zijn de emissie op te geven, zijn er nog 153 bedrijven bekend in de Emissieregistratie met een uitstoot lager dan de drempelwaarde (tabel 3.1). Over 2008, 2010 en 2012 zijn 615 waarnemingen over de emissie van koper in afvalwater. Deze gegevens zijn afkomstig van 247 verschillende industriële bedrijven (tabel 3.2).

Figuur 3.4 Gehalte aan koper in afvalwater in  $\mu\text{g}$  (microgram) per liter (alle stromen) voor de 10 industriële bedrijfstakken met de grootste geregistreerde emissie aan koper in 2008, 2010 en 2012



Het gehalte aan koper in het afvalwater is relatief hoog in de bedrijfstakken textielindustrie en scheepsbouw. In de textielindustrie loost de helft van de bedrijven in de registratie 38 tot 354  $\mu\text{g}$  Cu per liter afvalwater. De mediaan ligt binnen deze bedrijfstak op 85  $\mu\text{g}$  Cu per liter en het gemiddelde ligt op 579  $\mu\text{g}$  Cu per liter afvalwater. Het gehalte aan koper in het afvalwater verschilt dus behoorlijk tussen de bedrijven in deze bedrijfstak. De bedrijfstak vervaardiging basischemicaliën heeft wel een hoge emissie aan koper, maar het gehalte aan koper in het afvalwater is laag.

Enkele bedrijfstakken met een relatief hoge emissie en/of een hoog gehalte aan koper in het afvalwater zijn nader beschreven, namelijk de vervaardiging basischemicaliën, textielindustrie en afvalbehandeling.

In tabel 3.1 staan het aantal bedrijven en het aantal waarnemingen bij deze bedrijfstakken waarop de emissies van koper 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 koperemissie in afvalwater door bedrijven in 2012

	Bedrijven in Emissieregistratie		Emissies in afvalwater		
	Totaal	w.v. emissie > 50 kg/jaar	Totaal	w.v. Waargenomen Geschat	
	<i>aantal</i>		<i>kg</i>	<i>%</i>	
Totaal industrie <sup>1</sup>	165	12	13 001	82	18
w.o.					
Vervaardiging basischemicaliën	36	5	1 137	72	28
Textielindustrie	2	1	1 008	75	25
Afvalbehandeling	23	1	437	64	36

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

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

	Bedrijven in Emissie- registratie	Gerapporteerde waarden		Gehaltes in afvalwater			
		Totaal	w.v. emissie > 50 kg/jaar	Q1	Q2	Q3	Gemiddelde
	<i>aantal</i>			<i>µg/liter</i>			
Totaal industrie <sup>1</sup>	247	615	50	3	15	57	>Q3
w.o.							
Vervaardiging basischemicaliën	40	107	14	1	7	17	>Q3
w.o. organische chemicaliën <sup>2</sup>	15	28	7	2	10	25	>Q3
Textielindustrie	7	13	4	38	85	354	>Q3
Afvalbehandeling	40	90	4	5	20	82	>Q3

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

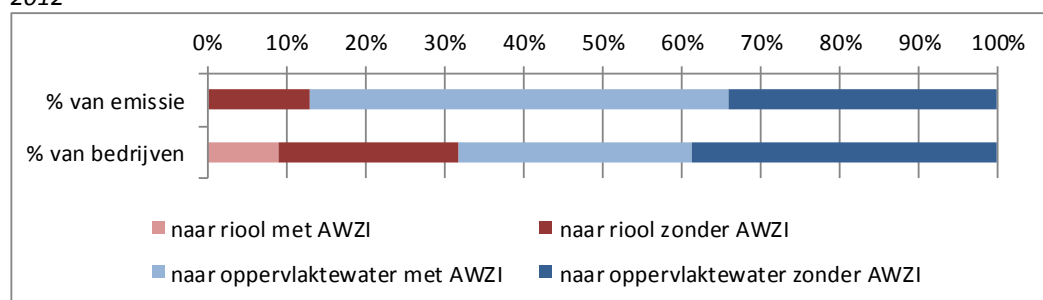
2) SBI 20.14 Vervaardiging van petrochemische producten en overige organische basischemicaliën, in 2010 en 2012.

### Vervaardiging van basischemicaliën

Met een emissie-aandeel van 0,4 procent (1137 kg Cu) in 2012 is de bedrijfstak vervaardiging van basischemicaliën de groep met de hoogste koperemissie in water. Deze bedrijfstak heeft een laag gehalte aan koper in het afvalwater in vergelijking met sommige andere bedrijfstakken. In de Emissieregistratie is in 2012 naar schatting 72 procent van de emissie in de bedrijfstak basischemicaliën waargenomen. De hierna volgende analyses zijn gebaseerd op deze waarnemingen.

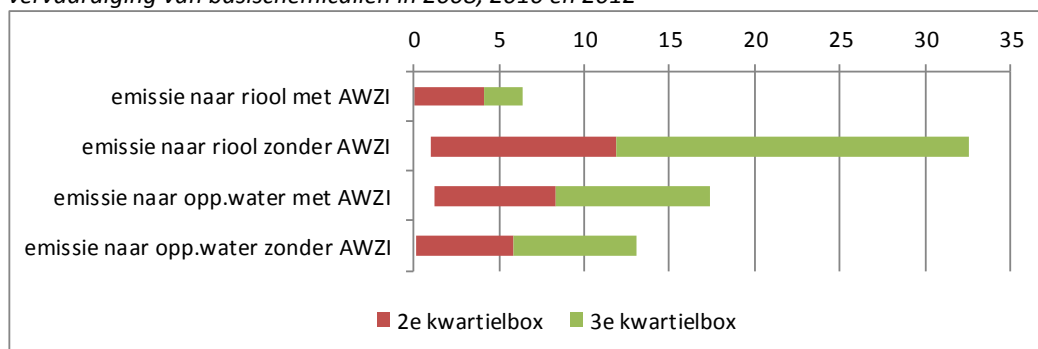
In figuur 3.6 is te zien dat het gehalte aan koper in afvalwater het hoogst is bij bedrijven zonder een eigen AWZI die lozen op het riool. Deze afvalwaterstroom betreft 23 procent van het aantal bedrijven en 13 procent van de totale emissie aan koper van de bedrijven in de registratie (figuur 3.5).

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





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



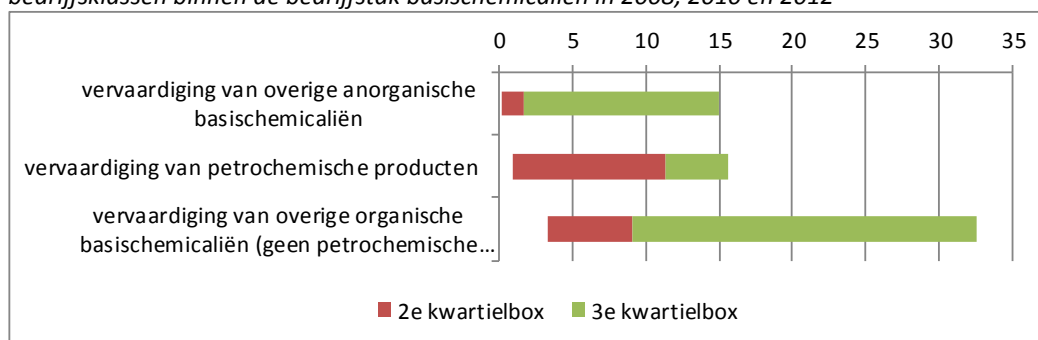
Bij uitsplitsing naar bedrijfsklasse zien we vooral hoge emissies en/of hoge gehalten bij de vervaardiging van:

- overige anorganische basischemicaliën (SBI 20.13);
- petrochemische producten (SBI 20.14.1);
- overige organische basischemicaliën (SBI 20.14.9).

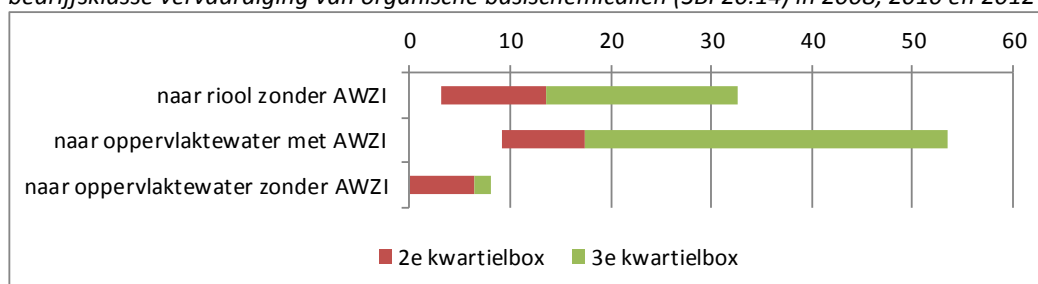
De waargenomen emissies van koper in afvalwater bij de vervaardiging van overige anorganische basischemicaliën, petrochemische producten en overige organische basischemicaliën zijn in 2012 respectievelijk 356, 258 en 29 kilogram.

De bedrijven die organische basischemicaliën (SBI 20.14) vervaardigen, hebben de hoogste emissies aan koper in afvalwater en laten, vooral bij lozing naar oppervlaktewater met eigen AWZI, hoge gehalten aan koper in het afvalwater zien. Zie figuren 3.7 en 3.8.

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



Figuur 3.8 Gehalte aan koper in afvalwater in  $\mu\text{g}$  per liter per afvalwaterstroom in de bedrijfsklasse vervaardiging van organische basischemicaliën (SBI 20.14) in 2008, 2010 en 2012

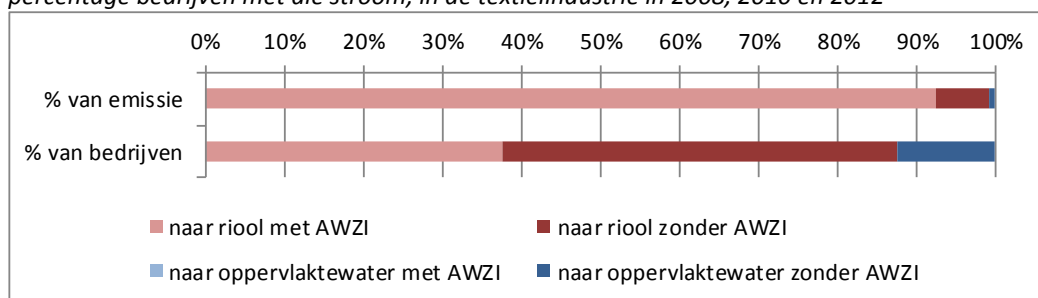


### Textielindustrie

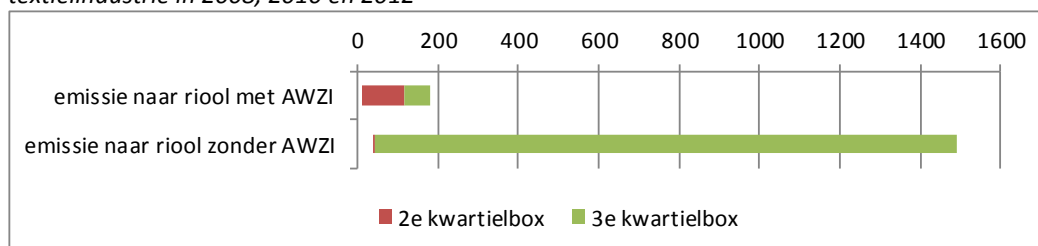
De textielindustrie kenmerkt zich door hoge emissiegehalten van koper in het afvalwater. De belangrijkste bron binnen deze bedrijfstak is de textielverdelingsindustrie. In 2012 heeft de textielindustrie een aandeel van 0,4 procent (1008 kg Cu) in de totale emissie van koper.

In figuur 3.10 is te zien dat het gehalte aan koper in afvalwater de minste spreiding vertoont bij bedrijven met een eigen AWZI die lozen op het riool. Deze afvalwaterstroom betreft 38 procent van het aantal bedrijven en 92 procent van de totale emissie aan koper van de bedrijven in de registratie (figuur 3.9).

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



*Figuur 3.10 Gehalte aan koper in afvalwater in  $\mu\text{g}$  per liter per afvalwaterstroom in de textielindustrie in 2008, 2010 en 2012*

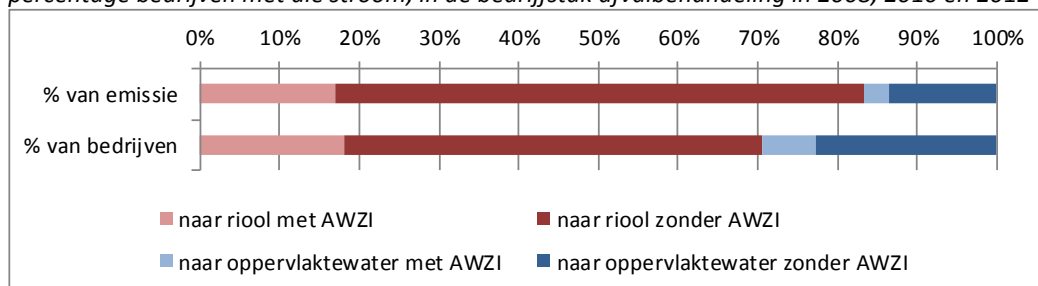


### Afvalbehandeling

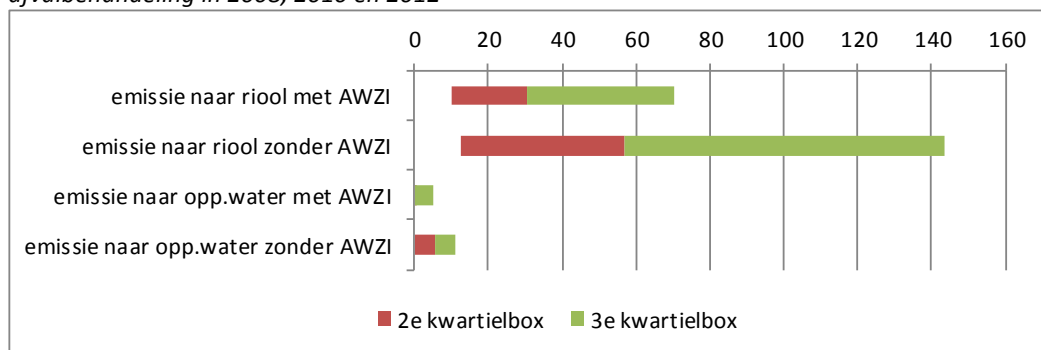
Bij de afvalbehandeling komen vrij hoge emissiegehalten van koper in het afvalwater voor. In 2012 heeft deze bedrijfstak een aandeel van 0,2 procent (437 kg Cr) in de totale emissie van koper in afvalwater. In de Emissieregistratie is in 2012 naar schatting 64 procent van de koperemissie in de afvalbehandeling waargenomen.

In figuur 3.12 is te zien dat het gehalte aan koper in afvalwater het hoogst is bij bedrijven zonder eigen AWZI die lozen op het riool. Deze afvalwaterstroom betreft 52 procent van het aantal bedrijven en 66 procent van de totale emissie aan koper van de bedrijven in de registratie (figuur 3.11).

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



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



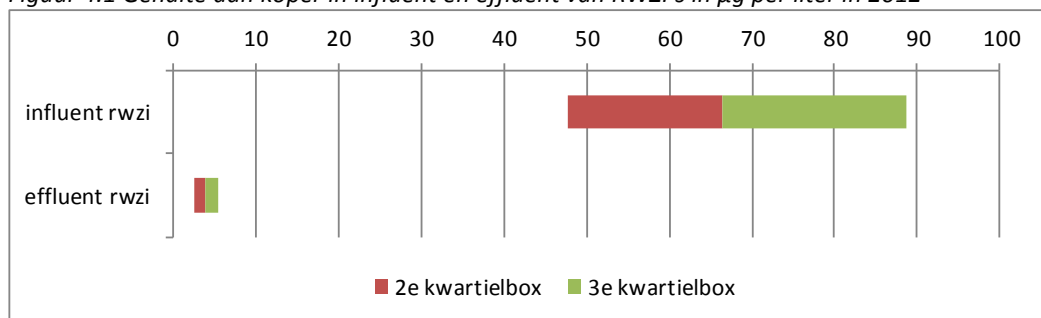
## 4. Koper in slib

### Bij RWZI's

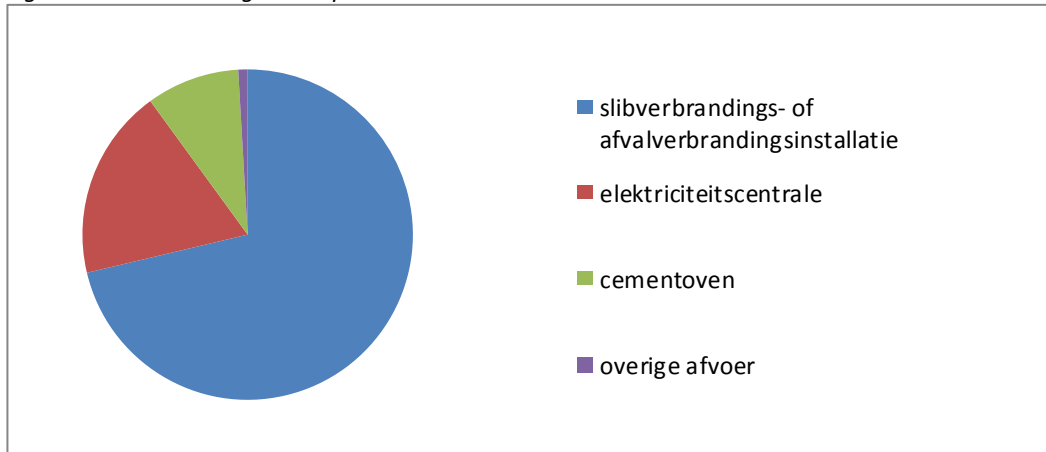
De rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) zuiveren het afvalwater van huishoudens, bedrijven en ander afvalwater dat via het openbaar riool wordt aangevoerd. Het influent bestaat voor gemiddeld  $77 \mu\text{g}$  Cu per liter; in totaal 150,1 ton koper in 2012. Na zuivering is het gehalte omlaag gebracht tot gemiddelde  $5 \mu\text{g}$  per liter in het effluent (figuur 4.1). Het zuiveringsrendement bedraagt daarmee 94 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 130,8 ton koper. Circa 70 procent van 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 koper in influent en effluent van RWZI's in  $\mu\text{g}$  per liter in 2012



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

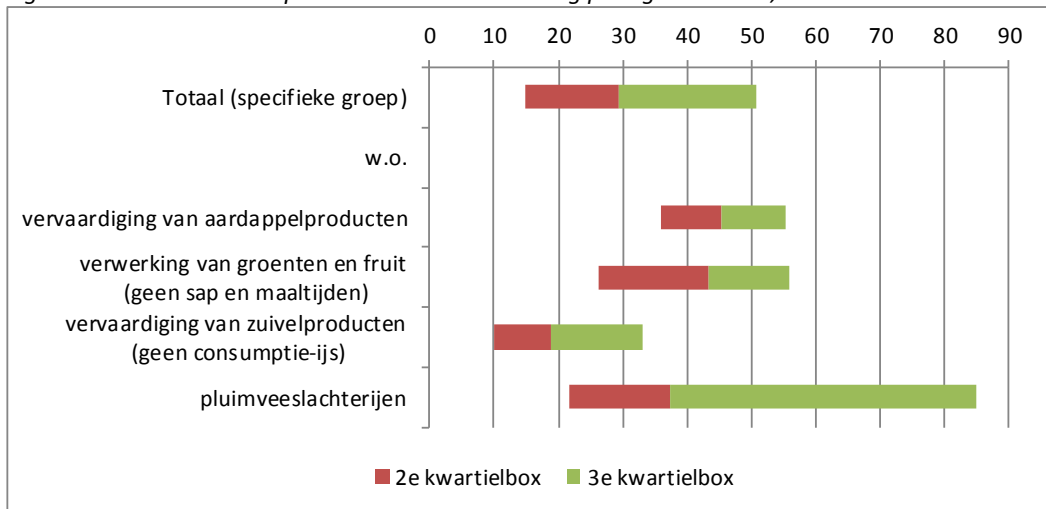


**Bij AWZI's**

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 voedingsmiddelen-industrie met een eigen AWZI die voor een groot deel hun slib afzetten in de landbouw. In totaal zijn er 218 waarnemingen over koper in 2008, 2010 en 2012. De AWZI's halen een groot deel van het koper uit het afvalwater. Van de hoeveelheid koper na zuivering zit circa 96 procent in het slib en 4 procent in het effluent.

Het gemiddelde gehalte aan koper in het zuiveringsslib van deze specifieke groep bedrijven bedraagt 41 mg per kg droge stof. De gehalten aan koper in het slib verschillen behoorlijk tussen bedrijfstakken en ook binnen een bedrijfstak. De bedrijfstak vervaardiging van aardappelproducten laat in figuur 4.3 de hoogste gehalten aan koper in het slib zien.

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



Van 21 bedrijven in de mini-enquête zijn 52 waarnemingen bekend over het kopergehalte in het slib. De gehalten liggen tussen de 0 en 6700 mg per kg droge stof, met een gemiddelde van 441 mg per kg droge stof (ongewogen naar volume). Dit gemiddelde is veel hoger dan die van de bedrijven in de slibregistratie. Hoge gehalten zijn aangetroffen in de bedrijfstakken vervaardiging van overige anorganische basischemicaliën en vervaardiging van golfpapier en -karton. Het aantal bedrijven is te beperkt om de gehalten per bedrijfstak 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 75,6 ton koper. In de verbrandingsas zit 61,3 ton koper (81 procent). Gemiddeld over de jaren 2012, 2013 en 2014 is dat 76,4 ton koper in het slib en 64,2 ton koper in de as (84 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 koper in het slib bedraagt 425 mg/kg ds en in de as 1 101 mg/kg ds. Dit zijn de gewogen gemiddelde gehalten over 2012, 2013 en 2014.

#### **4.1.1 Samenvatting koper**

Consumenten en verkeer & vervoer zijn de belangrijkste emissiebronnen van koper in het afvalwater. Andere belangrijke industriële emissiebronnen zijn de scheepsbouw, de bedrijven die basischemicaliën vervaardigen, de voedings- en genotmiddelenindustrie en de textielindustrie. Hoge gehalten aan koper in het afvalwater zijn aangetroffen in de scheepsbouw en de textielindustrie. In het slib zijn hoge gehalten aan koper aangetroffen bij bedrijven met een eigen AWZI die aardappelproducten, overige anorganische basischemicaliën en golfpapier en -karton vervaardigen.