

## PDF hosted at the Radboud Repository of the Radboud University Nijmegen

The following full text is a publisher's version.

For additional information about this publication click this link.

<http://hdl.handle.net/2066/72629>

Please be advised that this information was generated on 2021-09-27 and may be subject to change.

## **LAMPI-rapport**

Rapportnummer: 01/08

### **Stichting Los Amigos del Pilcomayo**

Calle la Paz 167

Postbus 47

Villa Montes – Tarija

Bolivia

Tel. (+591) (0) 4672 21 18.

[www.pilcomayo.info](http://www.pilcomayo.info)

De Blazer 10

5247 LD

Rosmalen

Nederland

Tel. (+31) (0)73 522 0926

## **Onderzoek naar metaalconcentraties in haren van kinderen uit Beverwijk, Wijk aan Zee en de Rijkp**

Datum: Mei 2008.

Auteurs: M.J.M. Stassen MSc., N.L. Preeker, Drs. H. Groenewoud,  
Dr. A.M.J. Ragas en Dr. A.J.P. Smolders.

Opdrachtgever: stichting Natuur en Milieu, Utrecht.

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
	1.1 Aanleiding	3
	1.2 Leeswijzer	3
<b>2</b>	<b>Methoden</b>	<b>4</b>
	2.1 Onderzoeksgebied en algemene aanpak	4
	2.2 Metaanalyses	5
	2.3 Statistische analyses	5
<b>3</b>	<b>Resultaten en discussie</b>	<b>6</b>
	3.1 Algemeen	6
	3.2 Verschillen tussen de schoollocaties	7
	3.3 Confounding factoren	7
	3.4 Chroom	8
	3.5 Zink	8
	3.6 Molybdeen	10
<b>4</b>	<b>Conclusies</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Verklarende woordenlijst</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>Referenties</b>	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>Bijlagen</b>	<b>14</b>
<b>8</b>	<b>Verantwoording</b>	<b>17</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Corus Staal produceert en distribueert staal en verschaft daarnaast ook ontwerp-, technologie- en consultancyservices. Het primaire productieproces begint bij de aanvoer van de voornaamste grondstoffen ijzererts en kolen en opslag ervan. Vervolgens wordt van erts ruwijzer gemaakt. Dit gebeurt door ontgassing van steenkool tot cokes. Vervolgens wordt ijzererts vorgebakken tot sinter (brokken) en pellets (knikkers). Hiervan wordt uiteindelijk vloeibaar ruwijzer gemaakt. Dit ruwijzer wordt door middel van zuurstof ontdaan van koolstof en wordt ruwstaal. Ruwstaal wordt vervolgens gewalst in de warmbandwalserij, om daarna in de gewenste dikte in de koudbandwalserij gewalst te worden. Eventueel kan het koudgewalste staal nog voorzien worden van een laagje metaal (Tin of Chroom) tegen roest of een laagje Zink al dan niet met een laagje verf voor de auto-industrie.

Bij dit productieproces komen uiteraard schadelijke stoffen vrij, waaronder dioxines, Cadmium, Lood en Kwik, die deels naar de lucht worden geëmitteerd. Het is nog onduidelijk in welke mate de omwonende bevolking wordt blootgesteld aan de emissie van zware metalen.

Het doel van het onderhavige onderzoek is om vast te stellen of kinderen die in de omgeving van Corus (regio IJmond) naar school gaan meer zware metalen in hun haar hebben dan kinderen die in een relatief schoon gebied naar school gaan. De concentratie zware metalen in haar is een indicator voor de mate van blootstelling aan zware metalen.

## 1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de gebruikte onderzoeksmethoden beschreven. In paragraaf 2.1 wordt de selectie van het onderzoeksgebied onderbouwd en het gebied in kaart gebracht. Daarnaast wordt de aanpak kort beschreven. In paragraaf 2.2 wordt de (voor)analyse van de haren op metalen beschreven. In paragraaf 2.3 worden de gekozen statistische analyses beschreven.

In hoofdstuk 3 worden de resultaten weergegeven en bediscussieerd. In paragraaf 3.1 wordt de metaalblootstelling van het gehele onderzoeksgebied vergeleken met de literatuur. In paragraaf 3.2 komen de verschillen tussen de drie groepen/schoollocaties aan bod. In paragraaf 3.3 wordt nagegaan in hoeverre confounding factoren/externe factoren van invloed zouden kunnen hebben op de metaalblootstelling. In paragraaf 3.4, 3.5 en 3.6 worden drie metalen respectievelijk Chroom, Zink en Molybdeen verder uitgediept.

In hoofdstuk 4 komen de belangrijkste conclusies beschreven van dit onderzoek naar de humane metaalblootstelling.

In hoofdstuk 5 is een verklarende woordenlijst opgenomen. Het gebruikte jargon in dit rapport wordt hier nader toegelicht.

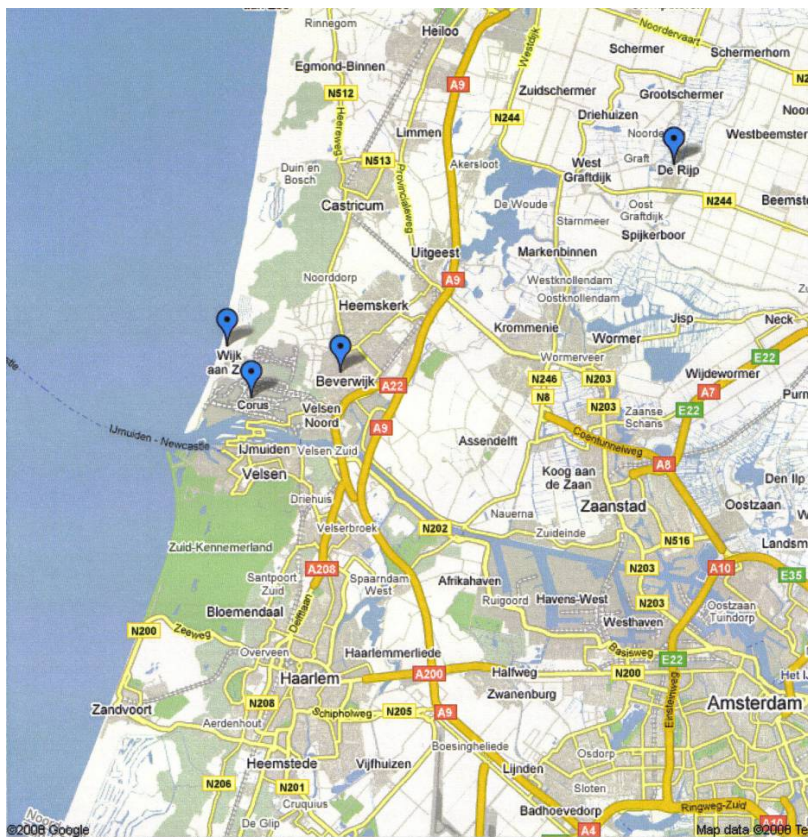
In hoofdstuk 6 is een bijlage opgenomen met de gedetailleerde verschillen in metaalblootstelling tussen de drie schoollocaties en de literatuur. Tevens is een bijlage opgenomen die de verschillen in metaalblootstelling tussen de drie schoollocaties visualiseert.

## 2 Methoden

### 2.1 Onderzoeksgebied en algemene aanpak

Er zijn drie gebieden in de omgeving van Corus geselecteerd, namelijk Beverwijk, Wijk aan Zee en de Rijk (zie figuur 1). De selectie van het referentiegebied heeft plaatsgevonden op basis van het TNO rapport Fijn Stof in IJmond (Keuken en Jonkers, 2007). De Rijk wordt in dit rapport gezien als de achtergrond windroos op basis van fijn stof metingen van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit door het RIVM. De windrozen die in dit onderzoek zijn opgesteld, wijzen erop dat er mogelijk een hogere metaalblootstelling in Beverwijk te verwachten is dan in Wijk aan Zee.

Van elk gebied is respectievelijk van 39, 33 en 33 kinderen (leeftijd 10-13 jaar) een haarmonster genomen. Het is algemeen erkend in de literatuur dat spoorelementen in haren accumuleren en gebruikt kunnen worden voor de detectie van de meeste zware metalen die de biosfeer penetreren (Al-Hashimi *et al.*, 1992). Tevens werd een kort vragenlijstje afgenomen. In het vragenlijstje zijn vragen toegevoegd om mogelijke vertekening van de uitkomsten op het spoor te komen als gevolg van confounding factoren/externe factoren. Uiteindelijk wordt er gecorrigeerd op de invloed van statistisch significante confounding factoren of worden individuen met een bepaalde factor geëxcludeerd.



Figuur 1: De drie onderzoekslocaties (Beverwijk, Wijk aan Zee en de Rijk) en de ligging van Corus.  
Bron: Google maps.

## 2.2 Metaanalyses

De haarmonsters zijn verzameld in april 2008. Haarmonsters werden genomen uit de nek, waarbij een haarband werd gebruikt zodat de onderliggende haren bemonsterd konden worden. Een roestvrij stalen schaar werd gebruikt om de jongste 1 tot 3 cm (afhankelijk van de beschikbaarheid) van het haar te knippen. Aangezien haar gemiddeld 1 tot 1.5 cm per maand groeit representeren de metaalconcentraties idealiter de blootstelling van de afgelopen 3 weken tot 3 maanden. Het gewicht van de monsters lag over het algemeen tussen de 50 en de 200 milligram. De haarmonsters werden in polyethyleen reageerbuizen vervoerd naar het laboratorium.

In het laboratorium werden de haarmonsters gewassen met een verdunde zoutzuuroplossing. Na deze wasprocedure werden de haarmonsters 48 uur gedroogd in een geventileerde oven bij 40°C. Vervolgens werden de haarmonsters ontsloten in een destructiemagnetron (Ethos D Microwave Labstation, Milestone) in salpeterzuur en waterstofperoxide (Rodushkin and Axelsson, 2000 (I)). Na ontsluiting werden de monsters verdund met MiliQ water waarna de monsters werden geanalyseerd.

De monsters werden geanalyseerd op ICP-MS (Inductively Coupled Mass Spectrometry) op de volgende elementen: Lood, Cadmium, Zink, Koper, Arsenicum, Kwik, Nikkel, Chroom en Tin. Voor de metalen werden de steeds de totaalwaarden bepaald. Er werd niet apart geanalyseerd op bijvoorbeeld Cr (III) en Cr (VI) of organisch Arseen en anorganisch Arseen.

## 2.3 Statistische analyses

Alle statistische analyses zijn uitgevoerd in SPSS versie 15.0.

We hebben een Oneway ANOVA uitgevoerd om te toetsen of de gemiddelden van de drie groepen de Rijk, Wijk aan Zee en Beverwijk statistisch significant van elkaar verschillen met een betrouwbaarheidsinterval van 95%. Aangezien de concentratie van de metalen redelijk log-normaal verdeeld bleek te zijn hebben we logtransformatie toegepast om de afhankelijke variabele normaal verdeeld te krijgen.

Box-plots zijn gebruikt om de verschillen in de metaalblootstelling tussen de drie groepen te visualiseren.

Er is per confounding factor gekeken of deze een statistisch significante invloed heeft op metaalconcentratie in haren, waarbij naar elk metaal apart is gekeken. Hiertoe hebben we non-parametrische testen (tweezijdig) voor onafhankelijke monsters, type Mann-Whitney U uitgevoerd. Voor een paar confounding factors is gekozen voor een non-parametrische Spearman correlatie: leeftijd, aantal jaren elders gewoond en het aantal jaren op de huidige school.

Wanneer een non-parametrische test of een correlatie ertoe aanleiding gaven, hebben we de betreffende confounding factoren meegenomen in een algemeen lineair regressie model (univariaat). Op deze wijze kan er een inschatting gemaakt worden van de invloed van de schoollocatie en externe factoren op de metaalconcentratie in haren.

### 3 Resultaten en discussie

#### 3.1 Algemeen

In tabel 1 en de bijlagen worden de resultaten van de analyses gegeven. Opvallend is dat de Cobalt-, Koper-, Zink-, Arseen-, Seleen-, Kwik- en Loodwaarden lager zijn dan de literatuurwaarden voor niet belaste gebieden (tabel 1). De mediane Nikkel- en Cadmiumwaarden liggen 1 tot 3 maal hoger dan de literatuurwaarden. De Chroom-, Tin- en Molybdeenwaarden liggen beduidend hoger dan de literatuurwaarden (5 tot 14 maal hoger).

Een mogelijke verklaring voor de gevonden verschillen in metaalconcentraties, zijn de verschillen in geologische en mineralogische condities in de referentiegebieden ten opzichte van Nederland. In een relatief onbelast gebied verwacht je namelijk dat de metaalconcentraties in haar een weerspiegeling zijn van de metaalconcentraties in de bodem en het grondwater. Omdat Nederland een sedimentatiegebied is zou het mogelijk zijn dat de metaalconcentraties in de bodem en het grondwater voor een aantal metalen aanzienlijk verschillen van die van Zweden en Korea.

Op grond van de gemeten concentraties is het zeer onwaarschijnlijk dat de belasting met deze metalen aanleiding zou kunnen geven tot gezondheidsklachten. Alleen voor Chroom, Molybdeen en Tin lijkt er sprake te zijn van een verhoogde belasting t.o.v. de bekende literatuurwaarden.

Tabel 1: De mediane metaalconcentraties in ppm van de drie schoollocaties, respectievelijk de Rijk, Wijk aan Zee en Beverwijk. In de literatuur is gezocht naar referentiewaarden van de algemene bevolking. Tevens is erop gelet dat er een soortgelijke haarwasprocedure is gebruikt als de onze en dat er is gemeten met een ICP-MS. Referenties:

1. Park *et al.*, 2007.
2. Rodushkin & Axelsson, 2000 (II).

In groen gekleurd zijn de metalen die een lagere concentratie hebben dan de literatuurreferenties.

Bij referentie 1 betreft het een groep kinderen uit kleine steden in Korea tussen de 3 en de 6 jaar oud. Bij referentie 2 betreft het een urbane populatie uit noordoost Zweden.

<i>mediane metaalconcentraties</i>	Chroom	Cobalt	Nikkel	Koper	Zink	Arseen	Seleen	Molybdeen	Cadmium	Tin	Kwik	Lood
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
DE RIJP	1,66	0,02	0,58	8,99	5,29	0,05	0,36	0,28	0,09	1,73	0,00	0,14
WIJK AAN ZEE	1,73	0,02	0,57	11,77	3,46	0,04	0,43	0,34	0,09	1,93	0,00	0,14
BEVERWIJK	1,95	0,02	0,61	10,53	8,04	0,06	0,36	0,39	0,11	2,17	0,00	0,13
LITERATUUR 1)	0,35	0,01		12,18	64,72	0,11	0,77	0,06	0,07		0,41	1,44
LITERATUUR 2)	0,13	0,01	0,29	18,00	144,00	0,07	0,79	0,04	0,03	0,20	0,25	0,66

De vervuilingstrend van de drie onderzochte gebieden zoals verondersteld in de inleiding gaat alleen op voor Chroom, Molybdeen en Tin (tabel 2). Hierbij moet opgemerkt worden dat de Chromconcentratie in Beverwijk 18 % hoger ligt dan in de Rijk. Voor Molybdeen bedraagt dit verschil 39 % en voor Tin bedraagt dit verschil 26 %. De verschillen zijn dus niet erg groot.

Tabel 2: De verhoogde factor is berekend door de mediaan van Wijk aan Zee en Beverwijk te vergelijken met de mediaan van de Rijk. De laatste verhoogde factor is berekend door de mediaan van Beverwijk Wijk te vergelijken met de mediaan van Wijk aan Zee. Bij een negatieve waarde ligt de concentratie in de referentie (de Rijk of Wijk aan Zee) hoger.

<i>factor verhoogd</i>	Chroom	Cobalt	Nikkel	Koper	Zink	Arseen	Seleen	Molybdeen	Cadmium	Tin	Kwik	Lood
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Wijk aan Zee t.o.v. de Rijk	0,04	-0,07	-0,03	0,31	-0,35	-0,25	0,19	0,21	0,05	0,12	0,00	0,03
Beverwijk t.o.v. de Rijk	0,18	0,03	0,05	0,17	0,52	0,18	0,00	0,39	0,23	0,26	0,00	-0,05
Beverwijk t.o.v. Wijk aan Zee	0,13	0,11	0,08	-0,11	1,32	0,58	-0,16	0,14	0,17	0,12	0,00	-0,08

### 3.2 Verschillen tussen de schoollocaties

We hebben een Oneway ANOVA uitgevoerd om te toetsen of de gemiddelden van de drie groepen de Rijk, Wijk aan Zee en Beverwijk statistisch significant van elkaar verschillen. In tabel 3 staan de post-hoc resultaten weergegeven.

De statistische analyses laten zien dat er nauwelijks verschillen worden gevonden tussen de drie scholen (tabel 3). Alleen voor Chroom en Molybdeen worden statistisch significante hogere waarden gevonden in Beverwijk ten opzichte van de Rijk. Aangezien de concentraties slechts matig verhoogd zijn is er vrijwel zeker geen sprake van een verhoogd gezondheidsrisico (tabel 2).

Verder valt op dat er een sterk statistisch significant verschil is tussen de Zinkconcentratie in haren van Wijk aan Zee en Beverwijk. De school in Beverwijk laat duidelijk hogere Zinkconcentraties zien (132 % zie tabel 2). Gezien het feit dat de concentraties lager zijn dan de literatuurwaarden en Zink bovendien een essentieel metaal is zal Zink echter geen problemen voor de gezondheid opleveren.

Tabel 3: In deze tabel staan de significanties weergegeven van de verschillen tussen de drie groepen. In oranje staan de statistisch significante verschillen weergegeven (betrouwbaarheidsinterval <0,05).

One way ANOVA	Chroom	Cobalt	Nikkel	Koper	Zink	Arseen	Seleen	Molybdeen	Cadmium	Tin	Kwik	Lood
De Rijk en Wijk aan Zee	0,605	0,463	0,833	0,284	0,094	0,796	0,363	0,384	0,991	0,998	0,522	0,938
Wijk aan Zee en Beverwijk	0,270	0,943	0,516	0,904	0,000	0,204	0,987	0,409	0,118	0,095	0,998	0,950
Beverwijk en de Rijk	0,032	0,266	0,872	0,480	0,073	0,551	0,417	0,024	0,088	0,108	0,533	0,787

### 3.3 Confounding factoren

Om het rapport leesbaar te houden is er een selectie gemaakt van de getoonde resultaten. Alleen Chroom, Zink en Molybdeen worden behandeld aangezien deze metalen statistisch significante verschillen opleverden tussen de drie onderzoeksgebieden.

Uit de non-parametrische testen kwam naar voren dat er qua Chroom- en Molybdeenblootstelling statistisch significante verschillen waren tussen kinderen uit Beverwijk en kinderen uit Heemskerk. Andere statistisch significante verschillen voor Chroom, Zink en Molybdeen betrof de haarkleur. Tot slot werden er statistisch significante verschillen gevonden met betrekking tot de visconsumptie, maar dit gold alleen voor Chroom. Kinderen die vaker dan 1 keer per week vis eten verschillen van kinderen die minder dan 1 keer per week vis eten. Ook kinderen die minder dan 1 keer per week vis eten verschillen van kinderen die 1 keer per week vis eten.

De reden waarom haarkleur van invloed zou kunnen zijn op de metaalconcentratie, is dat metalen binden aan de haarstructuur via melanine, het pigment dat de haarkleur veroorzaakt (Larsson, 1993).

Met de non-parametrische testen hebben we geen statistisch significante verschillen gevonden met de volgende confounding factoren: geslacht, leeftijd, wel/niet roken ouders, aantal jaren elders gewoond, aantal jaren op huidige school, nabijheid benzinepomp/garage, huis geveerd voor/na 1979, aanwezigheid moestuin, wel/niet haren geveerd, frequentie haren wassen, beroep ouders, aantal buitenspeeluren, verschil tussen scholen van dezelfde locatie, schaaldierconsumptie en lever- of nierconsumptie.



### 3.4 Chroom

Om de invloed van bovenstaande confounding factoren op de Chroomconcentratie in haar te bepalen hebben we een lineair regressie model gebruikt (zie tabel 4). Na correctie voor haarkleur en visconsumptie blijft er een statistisch significant verschil in concentratie tussen de schoollocaties Beverwijk en Rijk. Ook blijkt er een relatie met haarkleur te zijn (zie tabel 4).

Verder blijkt de woonplaats een belangrijk effect te hebben op de Chroomconcentratie. De inwoners van Heemskerk blijken een relatief hoge concentratie Chroom te hebben. Indien deze uit de Oneway ANOVA (tabel 3) werden weggelaten (geëxcludeerd) bleken er geen statistisch significante verschillen meer op te treden tussen de drie schoollocaties. De P-waarde voor het verschil tussen Beverwijk en de Rijk was namelijk voorheen 0.032 maar na weglating nog slechts 0,180.

Tabel 4: Afhankelijke variabele: Cr log normaal getransformeerd. De B-waarden zijn een maat voor de bijdrage van deze parameter aan de totale Chroomconcentratie in haar. De t-waarden worden gebruikt om de boven- en ondergrens van de B-waarden binnen het betrouwbaarheidsinterval te bepalen.

Parameter	B	SD	t	Significante (P-waarde)	95% Betrouwbaarheidsinterval	
					Ondergrens	Bovengrens
Intercept	1,120	,210	5,325	,000	,703	1,537
Beverwijk	,272	,104	2,615	,010	,066	,479
Wijk aan Zee	,116	,107	1,086	,280	-,096	,328
De Rijk	0(a)	.	.	.	.	.
Lichtblond	-,731	,228	-3,205	,002	-1,184	-,278
Donkerblond	-,708	,221	-3,203	,002	-1,147	-,269
Bruin	-,513	,230	-2,231	,028	-,970	-,057
Zwart	-,777	,328	-2,368	,020	-1,429	-,126
Rood	0(a)	.	.	.	.	.

a Deze parameter is op nul gezet omdat hij overbodig is. Roodharigen worden namelijk als referentieset gebruikt voor de overige haarkleuren en kinderen uit de Rijk worden als referentieset gebruikt voor de overige schoollocaties.

### 3.5 Zink

Uit de non-parametrische testen bleek alleen de haarkleur statistisch significante verschillen op te leveren tussen individuen van alle onderzoeksgebieden te samen. Er waren veel statistisch significante verschillen met betrekking tot haarkleur, namelijk tussen lichtblondigen en donkerblondigen, tussen lichtblondigen en bruinharigen, tussen donkerblondigen en zwartharigen en tot slot tussen lichtblondigen en roodharigen.

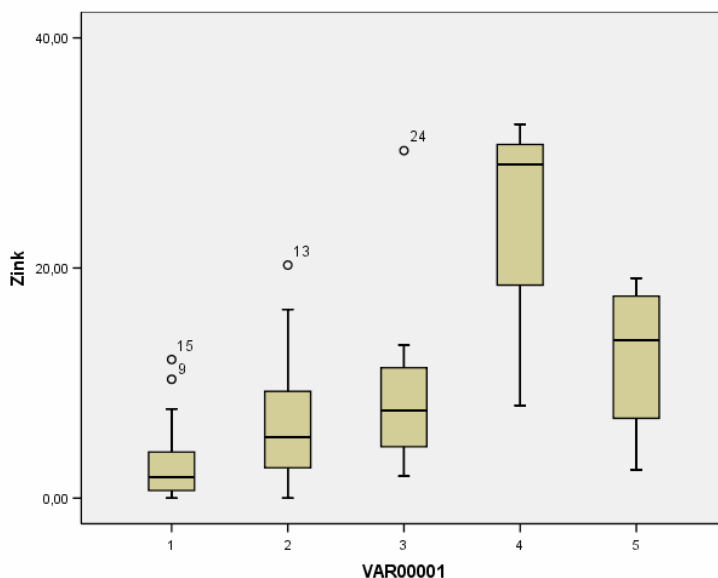
Uit de lineaire regressie blijkt tevens dat haarkleur een statistisch significante rol speelt, zie tabel 5 en ook figuur 2. Zo is er een verschil tussen de verdeling van het aantal lichtblondigen ten opzichte van roodharigen in Beverwijk enerzijds en Wijk aan Zee en de Rijk anderzijds. Indien gecorrigeerd wordt op haarkleur blijven de gevonden verschillen in Zink concentratie echter statistisch significant (tabel 5 en 6).

Tevens blijkt uit de Oneway Anova dat Beverwijk statistisch significant van Wijk aan Zee verschilt (tabel 3). Ook na het weglaten van inwoners uit Heemskerk blijft de P-waarde 0,000.

Tabel 5: Afhankelijke variabele: Zn log normaal getransformeerd. De B-waarden zijn een maat voor de bijdrage van deze parameter aan de totale Zinkconcentratie in haar. De t-waarden worden gebruikt om de boven- en ondergrens van de B-waarden binnen het betrouwbaarheidsinterval te bepalen.

Parameter	B	SD	t	Significante (P-waarde)	95% Betrouwbaarheidsinterval	
					Ondergrens	Bovengrens
Intercept	2,215	,490	4,519	,000	1,242	3,188
Beverwijk	,196	,248	,793	,430	-,295	,688
Wijk aan Zee	-,949	,253	-3,754	,000	-1,451	-,447
De Rijp	0(a)	.	.	.	.	.
Lichtblond	-1,403	,537	-2,612	,010	-2,469	-,337
Donkerblond	-,465	,516	-,902	,370	-1,488	,559
Bruin	,022	,537	,042	,967	-1,043	1,088
Zwart	,566	,766	,739	,462	-,954	2,086
Rood	0(a)	.	.	.	.	.

a Deze parameter is op nul gezet omdat hij overbodig is. Roodharigen worden namelijk als referentieset gebruikt voor de overige haarkleuren.



Figuur 2: Effect van haarkleur op de Zinkconcentratie, waarbij lichtblond =1), donkerblond =2), bruin =3), zwart =4) en rood =5). In tegenstelling tot Beverwijk en de Rijp werd in Wijk aan Zee alleen leerlingen geknipt met de haarkleur 1), 2) en 3).

Tabel 6: In de deze tabel staan de significanties van de verschillen in Zinkconcentraties tussen de drie groepen na het excluseren van haarkleuren. In oranje staan de statistisch significante verschillen weergegeven (betrouwbaarheidsinterval <0,05).

Oneway ANOVA	Zonder zwart- en roodharigen	Zonder lichtblondigen, zwart- en roodharigen
de Rijp en Wijk aan Zee	0,235	0,156
Wijk aan Zee en Beverwijk	0,001	0,016
Beverwijk en de Rijp	0,159	0,741

### 3.6 Molybdeen

Zowel uit de Oneway ANOVA (tabel 3) als uit de lineaire regressie blijkt er een statistisch significant verschil te bestaan tussen de kinderen uit Wijk aan Zee en de Rijk (P=0,015 zie tabel 7).

Statistische significante verschillen uit de non-parametrische testen betrof de haarkleur namelijk tussen lichtblondigen en bruinharigen en tussen donkerblondigen en bruinharigen. Deze verschillen hebben een statistisch significante invloed op de Molybdeenconcentratie. Echter na correctie op de haarkleur in het lineaire model, blijft de schoollocatie nog steeds een statistisch significante rol spelen (tabel 6).

De woonplaats blijkt een belangrijk effect te hebben op de Molybdeenconcentratie. De inwoners van Heemskerk blijken een relatief hoge concentratie Molybdeen te hebben. Indien deze uit de Oneway ANOVA (tabel 3) werden weggelaten (geëxcludeerd) bleken er geen statistische significante verschillen meer op te treden tussen de drie schoollocaties. De P-waarde voor het verschil tussen Beverwijk en de Rijk was namelijk voorheen 0,024 maar na weglating 0,099.

Tabel 7: Afhankelijke variabele: Mo log normaal getransformeerd. De B-waarden zijn een maat voor de bijdrage van deze parameter aan de totale Molybdeenconcentratie in haar. De t-waarden worden gebruikt om de boven- en ondergrens van de B-waarden binnen het betrouwbaarheidsinterval te bepalen.

Parameter	B	SD	t	Significante (P-waarde)	95% Betrouwbaarheidsinterval	
					Ondergrens	Bovengrens
Intercept	-,675	,194	-3,485	,001	-1,060	-,291
Beverwijk	,238	,096	2,479	,015	,047	,428
Wijk aan Zee	,146	,098	1,480	,142	-,050	,341
De Rijk	0(a)	.	.	.	.	.
Lichtblond	-,580	,210	-2,756	,007	-,997	-,162
Donkerblond	-,598	,204	-2,938	,004	-1,003	-,194
Bruin	-,405	,212	-1,910	,059	-,826	,016
Zwart	-,411	,302	-1,360	,177	-1,012	,189
Rood	0(a)	.	.	.	.	.

a Deze parameter is op nul gezet omdat hij overbodig is. Roodharigen worden namelijk als referentieset gebruikt voor de overige haarkleuren en kinderen uit de Rijk worden als referentieset gebruikt voor de overige schoollocaties.

## 4 Conclusies

De Chroom-, Tin- en Molybdeenwaarden in haren liggen beduidend hoger dan de literatuurwaarden (5 tot 14 maal hoger). Opvallend is dat de vervuilingstrend van hoog naar laag (Beverwijk - Wijk aan Zee - de Rijk) van de drie onderzochte gebieden voor dezelfde metalen opgaat. De inwoners van Heemskerk blijken het statistische verschil in Chroom- en Molybdeenconcentraties te verklaren. Aangezien de concentraties slechts matig verhoogd zijn ten opzichte van de Rijk is er vrijwel zeker geen sprake van een verhoogd gezondheidsrisico. Over de bron en mate van de blootstelling van inwoners van Heemskerk is naar aanleiding van dit onderzoek onvoldoende te concluderen, mede omdat de steekproef slechts 7 was. De Chroom- en Molybdeenblootstelling in Heemskerk hangt mogelijk samen met het drinkwater. Hier zou nader onderzoek naar moeten plaatsvinden.

Opvallend is het relatief grote en sterk statistisch significante verschil tussen de Zinkconcentratie in haren van kinderen uit Wijk aan Zee en Beverwijk. Zink volgt niet de veronderstelde vervuilingstrend; mogelijk hebben de kinderen uit de Rijk nog een andere bron van Zinkblootstelling. Gezien het feit dat de concentraties lager zijn dan de literatuurwaarden en Zink bovendien een essentieel metaal is zal Zink echter geen problemen voor de gezondheid opleveren. Na correctie op haarkleur blijven de gevonden verschillen in Zinkconcentratie statistisch significant. Het is op grond van deze data niet uit te sluiten dat de emissies van Corus een verhoogde Zinkblootstelling veroorzaakt, maar dit kan op basis van het onderhavige onderzoek niet worden bewezen. Dit zou dan betekenen dat de kinderen uit Wijk en Zee minder worden blootgesteld dan de kinderen uit Beverwijk en de Rijk. Ook hier zou echter de drinkwaterkwaliteit de verschillen kunnen verklaren. Van Zink is ook bekend dat de blootstelling vaak sterk samenhangt met voedingsgewoonten.

## 5 Verklarende woordenlijst

### Confounding factoren

Externe factoren die de metaalconcentratie in haren beïnvloeden, maar niet samenhangen met de emissies van de hoogovens.

### Mediaan

De mediaan is de middelste waarde uit de onderzochte groep, waarbij 50% van de individuen erboven valt en 50% van de individuen eronder valt.

### Metalen

Koper en Zink zijn essentiële metalen, die iedereen nodig heeft voor een goede gezondheid. De overige metalen hebben geen biologische functie voor de menselijke gezondheid, maar in lage concentraties leveren ze ook geen gezondheidsproblemen op.

### Min/max

De minimale waarde en de maximale waarde uit de onderzochte groep.

### n

Het aantal onderzochte individuen in de onderzochte groep.

### P-waarde

De waarde van de kans dat het verschil op toeval duidt (zie ook statistische significantie).

### Percentielen

Bij het 75<sup>e</sup> percentiel 25% van de individuen erboven valt en 75% van de individuen eronder valt. Bij het 25<sup>e</sup> percentiel valt juist 75% van de individuen erboven en 25% eronder.

### ppm

Parts per million is hetzelfde als microgram per gram. Het aantal microgram van het betreffende metaal per gram drooggewicht van het haar.

### SD

De standaarddeviatie is een maat voor de variabiliteit in de onderzochte groep. De statistische definitie van de standaarddeviatie is het gemiddelde verschil van de individuen in het kwadraat ten opzichte van het groepsgemiddelde.

### Statistisch significant

Er wordt in de statistiek gesproken van statistisch significant wanneer een verschil tussen bepaalde groepen of individuen onwaarschijnlijk het gevolg is van toeval. Statistisch significant betekent dat er statistisch bewijs is voor een verschil, het betekent niet dat het verschil groot, belangrijk of significant is in de gewone betekenis van het woord. Het betrouwbaarheidsinterval is in dit rapport op 95% gezet, dat betekent dat de P-waarde  $\leq 0,05$  is.

## 6 Referenties

Al-Hashimi, A., S.S. Krishnan, R.E. Jervis, 1992. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry **161 (1)**: 171-180.

Keuken, M., S. Jonkers, 2007. Fijn Stof in IJmond. TNO rapport 2007-A-R0955/B, Apeldoorn.

Larsson, B.S., 1993. Interaction between chemicals and melanin. Pigment Cell Research **6**: 127-133.

Park, H, K. Shin & J. Kim, 2007. Assessment of Reference Values for Hair Minerals of Korean Preschool Children. Biological Trace Element Research **116**: 119-130.

Rodushkin I., M.D. Axelsson, 2000 (I). Application of double focusing sector field ICP-MS for multielemental characterization of human hair and nails. Part I. Analytical methodology. The Science of the Total Environment **250**: 83-100.

Rodushkin, I. & M.D. Axelsson, 2000 (II). Application of double focusing sector field ICP-MS for multielemental characterization of human hair and nails. Part II. A study of the inhabitants of northern Sweden. The Science of the Total Environment **262**: 21-36.

## 7 Bijlagen

De onderstaande tabel geeft dezelfde gegevens weer als in tabel 1 en 2 uit paragraaf 3.1. De data is uitgebreid met de minimale en maximale waarden, de standaarddeviaties en de steekproefgrootte.

Tabel 8: In de literatuur is gezocht naar referentiewaarden van de algemene bevolking. Tevens is erop gelet dat er een soortgelijke haarwasprocedure is gebruikt als de onze en dat er is gemeten met een ICP-MS. Referenties:

1. Park *et al.*, 2007.
2. Rodushkin & Axelsson, 2000 (II).

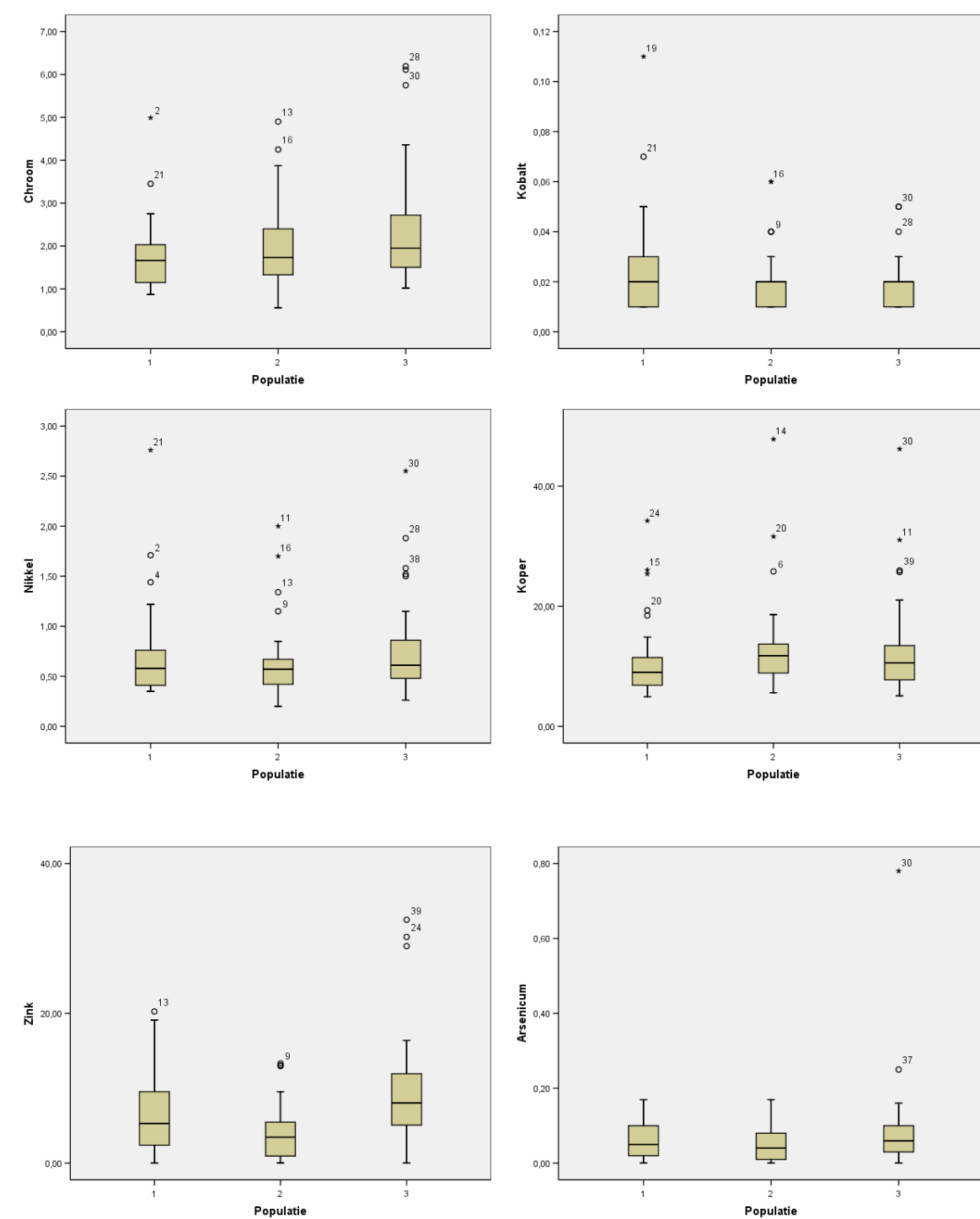
In groen gekleurd zijn de metalen die een lagere concentratie hebben dan de literatuurreferenties.

Bij referentie 1 betreft het een groep kinderen uit kleine steden in Korea tussen de 3 en de 6 jaar oud. Bij referentie 2 betreft het een urbane populatie uit noordoost Zweden.

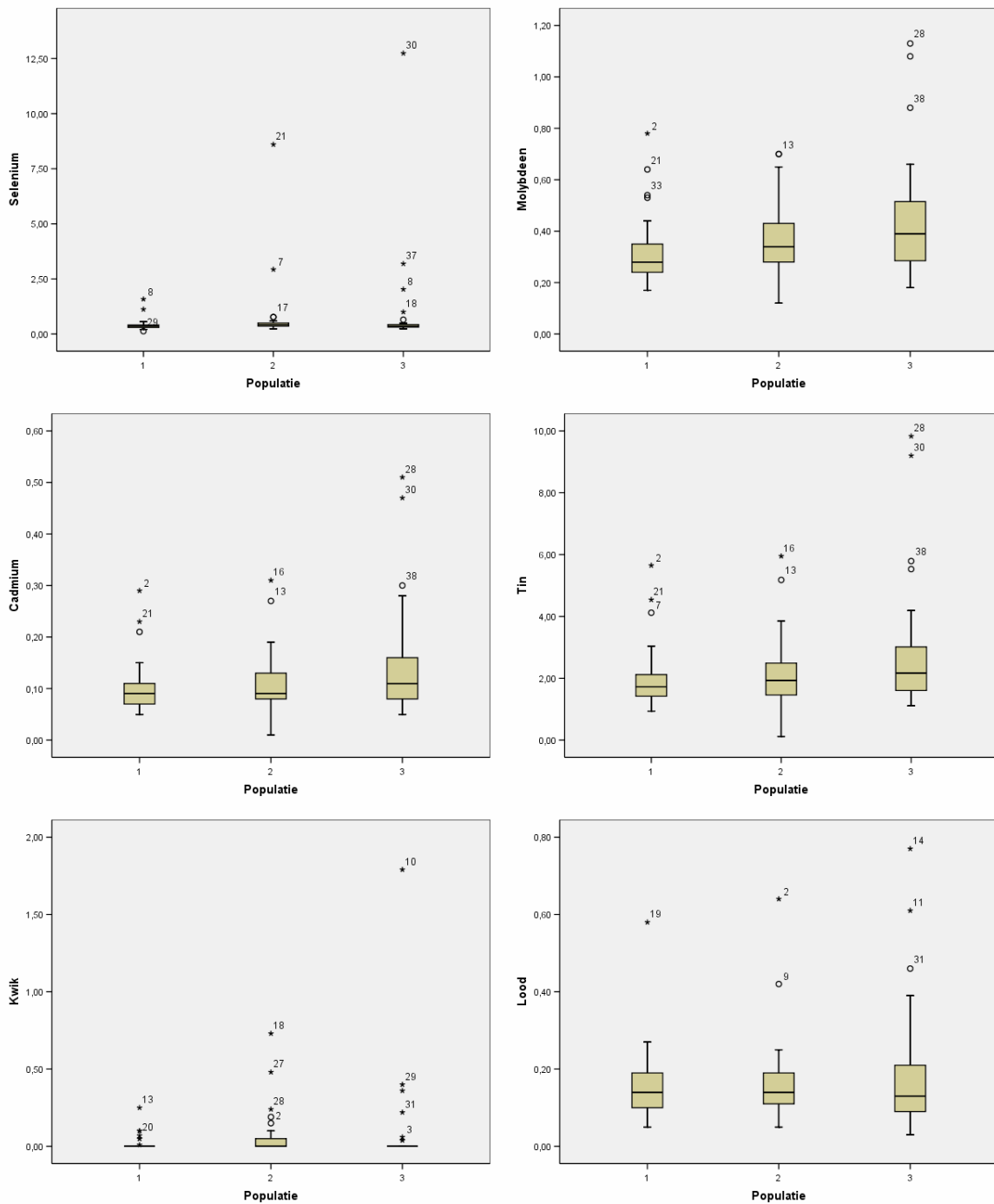
De verhoogde factor A) is berekend door de mediaan van de Rijk te vergelijken met de mediaan van respectievelijk Wijk aan Zee en Beverwijk. De verhoogde factor B) is berekend door de mediaan van Wijk aan Zee te vergelijken met de mediaan van Beverwijk. Bij een negatieve waarde ligt de concentratie in de referentie (de Rijk of Wijk aan Zee) hoger).

	Chroom ppm	Cobalt ppm	Nikkel ppm	Koper ppm	Zink ppm	Arseen ppm	Seleen ppm	Molybdeen ppm	Cadmium ppm	Tin ppm	Kwik ppm	Lood ppm
<b>DE RIJK</b>												
min	0,87	0,01	0,35	4,96	0,00	0,00	0,13	0,17	0,05	0,94	0,00	0,05
max	4,99	0,11	2,76	34,23	20,25	0,17	1,58	0,78	0,29	5,65	0,25	0,58
mediaan	1,66	0,02	0,58	8,99	5,29	0,05	0,36	0,28	0,09	1,73	0,00	0,14
SD	0,83	0,02	0,48	6,73	5,66	0,05	0,27	0,13	0,05	1,02	0,05	0,10
n	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
<b>WIJK AAN ZEE</b>												
min	0,56	0,01	0,20	5,62	0,01	0,00	0,24	0,12	0,01	0,12	0,00	0,05
max	4,90	0,06	2,00	47,82	13,31	0,17	8,60	0,70	0,31	5,95	0,73	0,64
mediaan	1,73	0,02	0,57	11,77	3,46	0,04	0,43	0,34	0,09	1,93	0,00	0,14
SD	0,97	0,01	0,39	8,26	3,88	0,05	1,48	0,15	0,07	1,28	0,16	0,11
n	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
factor verhoogd A	0,04	-0,07	-0,03	0,31	-0,35	-0,25	0,19	0,21	0,05	0,12	0,00	0,03
<b>BEVERWIJK</b>												
min	1,02	0,01	0,26	5,10	0,00	0,00	0,24	0,18	0,05	1,11	0,00	0,03
max	6,19	0,05	2,55	46,18	32,49	0,78	12,74	1,13	0,51	9,83	1,79	0,77
mediaan	1,95	0,02	0,61	10,53	8,04	0,06	0,36	0,39	0,11	2,17	0,00	0,13
SD	1,31	0,01	0,48	8,01	7,36	0,13	2,03	0,22	0,10	1,95	0,30	0,15
n	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
factor verhoogd A	0,18	0,03	0,05	0,17	0,52	0,18	0,00	0,39	0,23	0,26	0,00	-0,05
factor verhoogd B	0,13	0,11	0,08	-0,11	1,32	0,58	-0,16	0,14	0,17	0,12	0,00	-0,08
<b>LITERATUUR 1)</b>												
min	0,14	0,00		5,82	13,82	0,01	0,45	0,02	0,00		0,05	0,10
max	1,09	0,07		104,70	168,30	0,91	1,82	0,71	2,21		1,77	6,63
mediaan	0,35	0,01		12,18	64,72	0,11	0,77	0,06	0,07		0,41	1,44
SD	0,21	0,01		10,52	29,87	0,05	0,14	0,05	0,12		0,25	1,10
n	568	568		568	568	568	568	568	568		568	568
<b>LITERATUUR 2)</b>												
min	0,05	0,00	0,11	8,50	68,00	0,03	0,48	0,02	0,01	0,06	0,05	0,22
max	0,53	0,06	1,60	96,00	198,00	0,32	1,84	0,17	0,36	1,41	0,93	7,26
mediaan	0,13	0,01	0,29	18,00	144,00	0,07	0,79	0,04	0,03	0,20	0,25	0,66
SD	0,12	0,01	0,40	21,00	29,00	0,05	0,28	0,02	0,06	0,39	0,15	0,85
n	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114

In onderstaande box plots staan de verschillen in metaalblootstelling tussen de drie schoollocaties gevisualiseerd (figuur 3). Populatie 1 = de Rijk, populatie 2 = Wijk aan Zee en Populatie 3 = Beverwijk.







Figuur 3: Box-plots van respectievelijk Chroom, Cobalt, Nikkel, Koper, Zink, Arseen, Seleen, Molybdeen, Cadmium, Tin, Kwik en Lood. De concentraties in ppm staan op de verticale as. De groepen staan op de horizontale as waarbij 1= de Rijk, 2= Wijk aan Zee en 3=Beverwijk. De bovenste rand van de box is het 75<sup>e</sup> percentiel, de onderste rand het 25<sup>e</sup> percentiel. De zwarte band in het midden is het 50<sup>e</sup> percentiel oftewel de mediaan. De onderste en bovenste verticale strepen geven respectievelijk de minimale en maximale waarden. De bolletjes bovenin geven de uitschieters weer.

## 8 Verantwoording

Het in dit onderzoek beschreven onderzoek is uitgevoerd door stichting Los Amigos del Pilcomayo (LAMPI) in opdracht van de stichting Natuur en Milieu.

LAMPI doet onderzoek naar vervuiling met zware metalen in het stroomgebied van de Zuid-Amerikaanse Pilcomayo rivier en werkt nauw samen met de Radboud Universiteit Nijmegen (afdeling Milieukunde, afdeling Milieubiologie en afdeling Epidemiologie en Biostatistiek). Hierbij wordt onder andere analyses van haarmonsters uitgevoerd die verzameld worden in de omgeving van mijnbouwcentra en vissersgemeenschappen langs de rivier.

Namen en functies van de projectmedewerkers:

M.J.M. Stassen, MSc.	projectleider
Dr. A.J.P. Smolders	wetenschappelijk adviseur
Dr. A.M.J. Ragas	wetenschappelijk adviseur
Drs. H. Groenewoud	statistisch adviseur
N.L. Preeker	projectmedewerker
R. Roes	veldmedewerker

Met dank aan participatie van de kinderen, leraren en leraressen van de volgende basisscholen: De Zeester te Beverwijk, de Sterrenkijker te Beverwijk, de Tweemaster te de Rijp, St Jozef te de Rijp en de Vrijheit te Wijk aan Zee.

Daarnaast willen we Ton van der Ham (VARA-Zembla) bedanken voor zijn betrokkenheid bij dit project. Voor de logistieke hulp en gezelligheid willen we Martin Versteeg (Aquatische Ecologie en Milieubiologie) en Rick Kuiperij (onderzoekscentrum B-Ware) bedanken.

Verder willen we Jelle Eygensteyn (Gemeenschappelijk Instrumentarium van de FNWI Radboud Universiteit Nijmegen) hartelijk bedanken voor het uitvoeren van de metaanalyses op de ICP-MS en zijn advies over deze analyses.

Tot slot willen we Hans van Dijk (VARA-Zembla) bedanken voor de contacten en afspraken die hij geregeld heeft met de betreffende basisscholen.