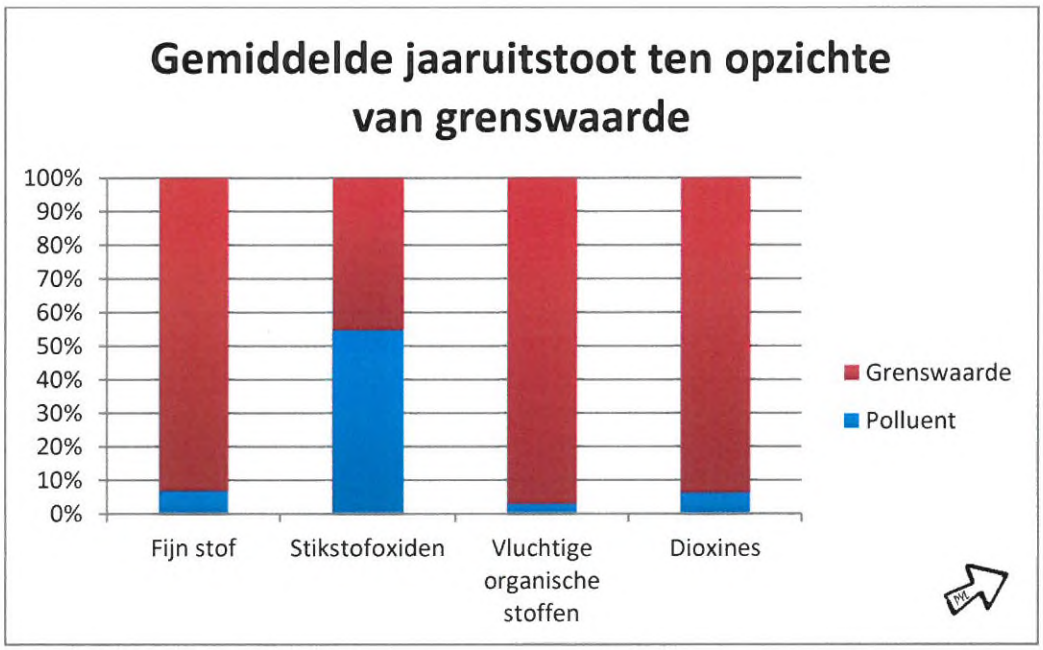
Sustainable Energy, Air & Water Technology
University of Antwerp

VERGELIJKENDE STUDIE VAN DE LUCHTEMISSIES VAN ISVAG

INLEIDING

In deze studie wordt de uitstoot van fijn stof, stikstofoxiden, vluchtige organische stoffen en dioxines van ISVAG gekaderd en vergeleken met de uitstoot van deze polluenten door het verkeer en door huishoudens. De uitstoot van bedrijven en zeker afvalverbrandingsinstallaties is streng gereguleerd. Er zijn voor de verschillende groepen aan polluenten grenswaarden waaronder het bedrijf of de installatie moet blijven. Voor afvalverbrandingsinstallaties zoals ISVAG zijn de grenswaarden voor de polluenten die in dit rapport besproken worden: 10 milligram per normaal kubieke meter voor fijn stof, 200 milligram per normaal kubieke meter voor stikstofoxiden, 10 milligram per normaal kubieke meter voor vluchtige organische stoffen en 0,1 nanogram toxische equivalenten (TEQ) dioxine per normaal kubieke meter. In 2014 waren de gemiddelde waarden voor de uitstoot van deze polluenten door ISVAG respectievelijk 0,7 milligram per normaal kubieke meter (7 % van de grenswaarde), 109,7 milligram per normaal kubieke meter (54,85 % van de grenswaarde), 0,3 milligram per normaal kubieke meter (3 % van de grenswaarde) en 0,0064 nanogram TEQ dioxine per normaal kubieke meter (6,4 % van de grenswaarde) (Figuur 1). De grenswaarden en de meetwaarden afkomstig van ISVAG zijn uitgedrukt in "normaal kubieke meter", dit is bij omstandigheden van 0° C en een druk van 1 atmosfeer. Andere volumes zijn gemeten in kubieke meter, zonder specificaties van de omstandigheden.



FIGUUR 1: VERGELIJKING VAN DE GEMIDDELDE JAARUITSTOOT VAN ISVAG TEN OPZICHTE VAN DE OPGELEGDE GRENSWAARDEN VOOR FIJN STOF, STIKSTOFOXIDEN, VLUCHTIGE ORGANISCHE STOFFEN EN DIOXINES.

Het is ook interessant om de richtlijnen die de World Health Organization (WHO) heeft bepaald te vermelden voor omgevingsconcentraties. Voor fijn stof zijn de volgende waarden gekozen: een jaargemiddelde concentratie onder 20 microgram per kubieke meter voor PM_{10} en onder 10 microgram per kubieke meter voor

$PM_{2,5}$. De daggemiddelde concentraties moeten onder 50 microgram per kubieke meter blijven voor PM_{10} en onder 25 microgram per kubieke meter voor $PM_{2,5}$ [1].
Voor stikstofoxiden zijn de richtlijnen van WHO waaronder men moet blijven gelijk aan 40 microgram per kubieke meter voor het jaargemiddelde, en 200 microgram per kubieke meter voor de uurgemiddelde concentratie [1].
Voor vluchtige organische componenten en dioxines heeft de WHO geen richtlijnen opgesteld. De bovenstaande waarden zijn niet verbonden aan de uitstootgrenzen voor afvalverbrandingsinstallaties of andere emissiebronnen. Ze zijn puur bedoeld als maatstaf voor de polluentconcentraties die voorkomen op een bepaalde locatie, en mogen dus geenszins toegepast worden op de uitstootwaarden van ISVAG.

Per afvalzak die bij ISVAG wordt verbrand en omgezet in elektriciteit komt er een kleine hoeveelheid aan polluenten vrij in de buitenlucht via de schoorsteen. Eén afvalzak weegt gemiddeld 6,5 kilogram en zorgt voor een uitstoot van 30,55 milligram fijn stof, van 4,92 gram stikstofoxiden, van 11,05 milligram vluchtige organische stoffen en van 0,26 nanogram TEQ dioxines. De energie die hierbij vrijkomt is gelijk aan 57,2 megajoule oftewel 15,89 kilowattuur. De gemiddelde energie die uit een kilo afval kan worden gehaald is namelijk 8,8 megajoule. **Met de energie uit één afvalzak heeft een gemiddeld gezin in Vlaanderen genoeg elektriciteit voor ruim een anderhalve dag** (bij een verbruik van 3500 kWh per jaar) [2]. Deze energie moet zo ook niet komen van andere bronnen als steenkool of olie van bij energiecentrales. **Per afvalzak die omgezet wordt** in energie wordt zo **voorkomen dat er 1,95 kilogram steenkool wordt verbruikt, of 1,59 liter stookolie, of 1,47 m^3 rijk aardgas** [3].

Doorheen het jaar zorgt ISVAG voor elektriciteit voor meer dan 25.000 gezinnen, wat overeenkomt met een continue output van meer dan 10 MW (bij een gemiddeld elektriciteitsverbruik per gezin van 3.500 kWh per jaar). Een gemiddelde windturbine op land heeft een capaciteit van 2,5-3 MW en kan meer dan 6 miljoen kWh produceren per jaar. Dit zorgt voor elektriciteit voor meer dan 1.714 gezinnen per jaar. Omdat een windturbine niet continu energie kan produceren, bereikt een dergelijke windturbine dus een jaargemiddelde output van 0,68 MW. **De elektriciteit die ISVAG opwekt is vergelijkbaar met gemiddeld 14,58 windturbines** [4].

Andere polluenten die niet besproken worden in dit rapport zijn onder andere:

- Zware metalen: Door menselijke activiteit komen zware metalen in het milieu terecht, die bij hogere concentraties schadelijk kunnen zijn voor de mens en andere organismen. Afhankelijk van het metaal zijn de belangrijkste bronnen het verkeer, de huishoudens of de industrie. Handel en diensten, de sector waarin huisvuilverbranding wordt opgenomen, heeft een beperkte impact [5].
- Zwaveldioxide (SO_2): Zwaveldioxide zorgt voor verzuring van het milieu. Dit heeft een ontregelend effect en zorgt voor uitspoeling van zware metalen naar het grondwater. De voornaamste bronnen zijn de industrie, raffinaderijen, en in mindere mate het verkeer en de huishoudens. Het is niet verduidelijkt binnen welke sector de huisvuilverbrandingsinstallaties zijn opgenomen. ISVAG had in 2014 een totale uitstoot van 199 kilogram SO_2 [5].
- Waterstofchloride (HCl): Net als SO_2 zorgt HCl voor verzuring. In 2014 had ISVAG een totale uitstoot van 125 kilogram HCl. In het rapport van de totale emissies aan polluenten in de lucht in Vlaanderen van VMM, "Lozingen in de lucht 2000-2013", is HCl niet opgenomen.
- Koolstofmonoxide (CO): CO is giftig voor de mens en andere organismen. Het verhindert zuurstof om opgenomen te worden in het bloed. Dit kan zorgen voor onder andere hoofdpijn en duizeligheid. Bij hoge concentraties kan het gas zelfs dodelijk zijn (bij concentraties van vele honderden milligram per

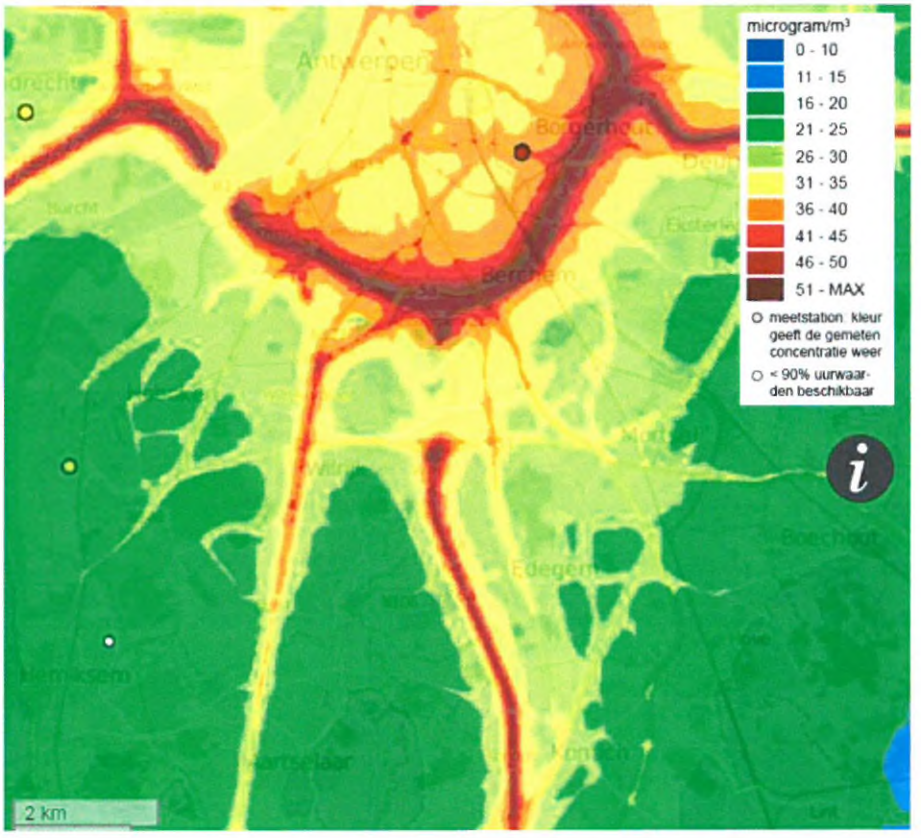
kubieke meter. Dit is in praktijk zo goed als onmogelijk haalbaar in buitenlucht, tenzij zéér dicht bij de bron). In 2014 had ISVAG een uitstoot van 11,59 ton CO. De gemiddelde concentratie aan CO in 2014 in de schoorsteen van ISVAG was 11,5 milligram per kubieke meter. Dit betekent dat op grondniveau de bijdrage van ISVAG zeker onder de richtlijn van de WHO van 7 milligram per kubieke meter voor 24 uur is. De belangrijkste bronnen van CO zijn de industrie, de huishoudens en het verkeer. Het is niet gespecificeerd binnen welke sector de huisvuilverbrandingsinstallaties zijn opgenomen in het rapport van VMM [5].

1 STIKSTOFOXIDEN (NO_X)

a. ALGEMEEN

NO_x is een verzamelterm voor de monostikstofoxiden NO en NO_2. Deze gassen ontstaan bij verbrandingsprocessen op hoge temperatuur. NO_x speelt een rol bij verzuring, smog en ozonvorming. Het kan zich over grote afstanden verspreiden en dus ook gevolgen hebben in verder afgelegen gebieden [6].

Volgens de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) ligt het jaargemiddelde aan NO_2[I] in 2014 in de buurt van ISVAG rond 21-30 microgram per kubieke meter (µg/m³). Aan de A12 piekt het gemiddelde tot 40 µg/m³. De grenswaarde per jaar is 40 µg/m³. Enkel al door naar de kaart van de jaargemiddelde waardes in Vlaanderen voor NO_2 te kijken, valt het op dat de concentraties veel hoger liggen aan drukke wegen (Figuur 2)[7]. Dit doet meteen vermoeden dat het verkeer een grote impact heeft op de NO_2-concentraties in de lucht.

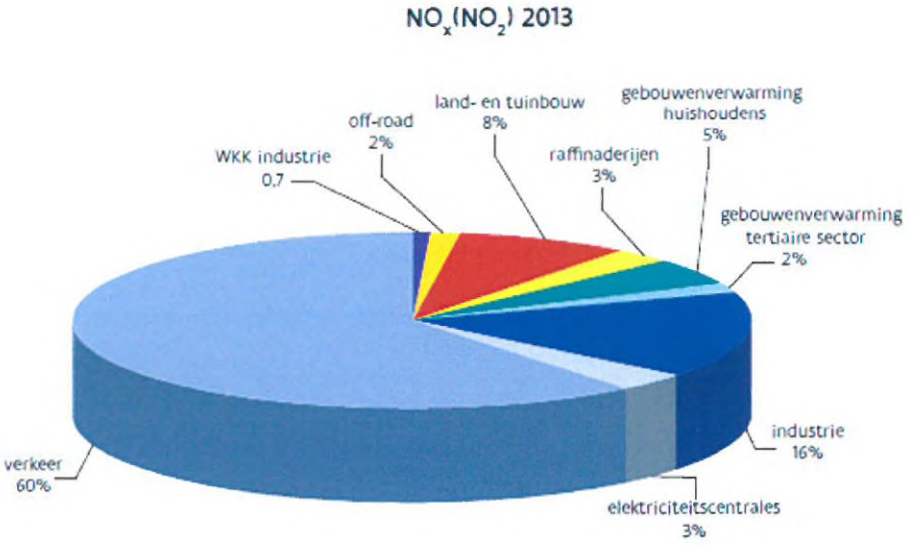


FIGUUR 2: KAART VAN ZUID-ANTWERPEN, MET INTERPOLATIE VAN DE JAARGEMIDDELDE NO_2-CONCENTRATIE.

Dit vermoeden wordt bevestigd als we naar de onderstaande grafiek kijken die het aandeel van verschillende sectoren in NO_x-emissies weergeeft voor 2013 (Figuur 3). Het is duidelijk dat het verkeer verantwoordelijk is voor meer dan de helft van de totale uitstoot van NO_x. De afvalverbrandingsinstallaties zijn opgenomen in de industriesector. Vuilverwerking (dit kan ook industrieel afval zijn) zorgde voor 5,5 % van de uitstoot van de

[I] VMM gebruikt voor deze kaart de term NO_2 en niet NO_x. De meetgegevens zijn afkomstig van toestellen die enkel NO_2 meten. Aangezien het merendeel van de NO al na enkele minuten in de lucht is omgezet tot NO_2, komt dit bij benadering overeen met de NO_x-waarden.

industrie in 2013. De industrie was verantwoordelijk voor 16 % van de totale uitstoot. Vuilverwerking heeft dus een aandeel van 0,88 % in het totaal. Vuilverwerking kan ook de verbranding van industrieel afval omvatten; dit is niet verduidelijkt in het rapport van VMM [5].

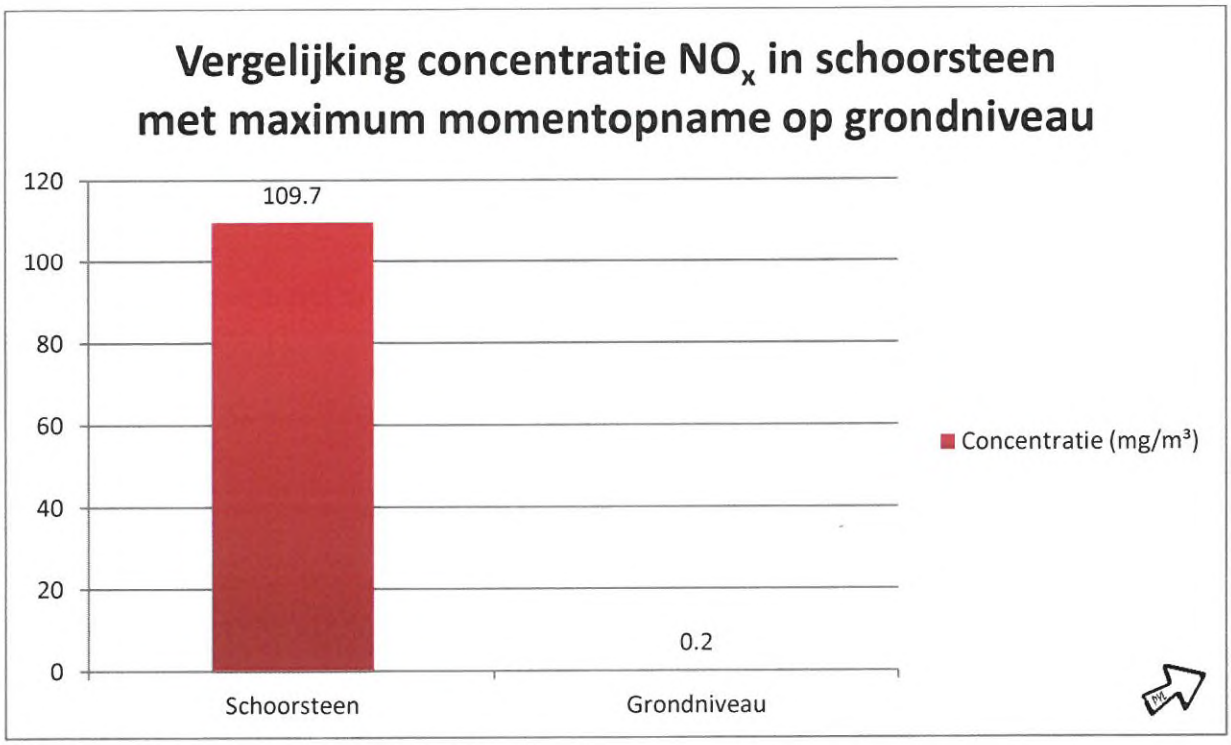


FIGUUR 3: AANDEEL VAN DE VERSCHILLENDE SECTOREN IN NO_X-EMISSIES VOOR 2013 [5].

b. ISVAG SPECIFIEK

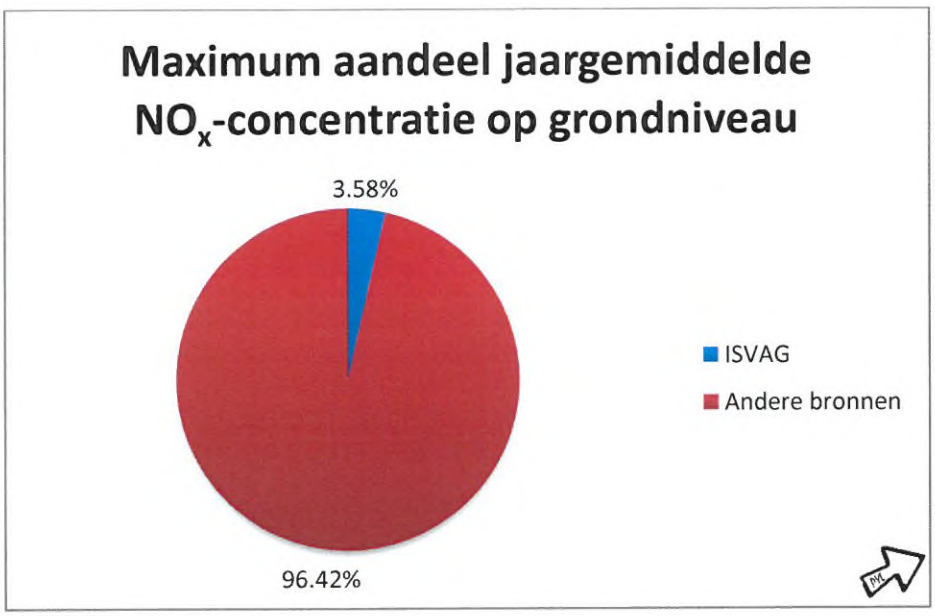
ISVAG had in 2014 een totale uitstoot aan NO_x van 110,16 ton. Dit lijkt veel, maar een belangrijke voetnoot is dat de emissies via een 60 meter hoge schoorsteen worden uitgestoten. Door het mengen met de buitenlucht daalt de concentratie aan NO_x aanzienlijk alvorens er een deel op grondniveau raakt [8]. Dit betekent dat terwijl de concentratie aan NO_x aan de top van de schoorsteen vrij hoog is, namelijk 109,7 milligram per kubieke meter (mg/m³), de bijdrage aan NO_x van ISVAG op grondniveau beperkt is. Dit wordt ook bevestigd in de dispersiemodellering die gebruikt werd in het Milieueffectrapport (MER) dat werd opgemaakt naar aanleiding van de milieuvergunningsaanvraag voor ISVAG in 2010. In een simulatie met het programma ALOHA[II] werd gekeken naar verschillende scenario's en hun invloed op de concentratie NO_x op grondniveau. De hoogste concentraties komen voor wanneer het bewolkt is, en bij heel lage windsnelheden. De concentraties dalen snel bij toenemende windsnelheid. De maximumconcentratie bij ongunstige weersomstandigheden is 0,2 mg/m³ (Figuur 4). Dit gaat om een momentopname, en zoals berekend door SGS (bedrijf voor inspectie, controle, analyse en certificering) is de maximumconcentratie aan NO_x op grondniveau door ISVAG 0,01419 mg/m³ per uur. Dit is lager omdat onder andere de windrichting en windsnelheid variëren, en de concentraties op een bepaalde plaats dus continu schommelen.

[II] ALOHA is een modelleerprogramma voor risicoanalyse ontwikkeld door de National Oceanic and Atmospheric Administration en de Environmental Protection Agency.



FIGUUR 4: VERGELIJKING VAN DE CONCENTRATIE AAN NO_x IN DE SCHOORSTEEN VAN ISVAG TEN OPZICHTE VAN DE MAXIMUMCONCENTRATIE DIE DOOR MIDDEL VAN SIMULATIES OP GRONDNIVEAU TERUG TE VINDEN IS. HET GAAT HIERBIJ OM EEN MOMENTOPNAME BIJ ONGUNSTIGE WEERSOMSTANDIGHEDEN.

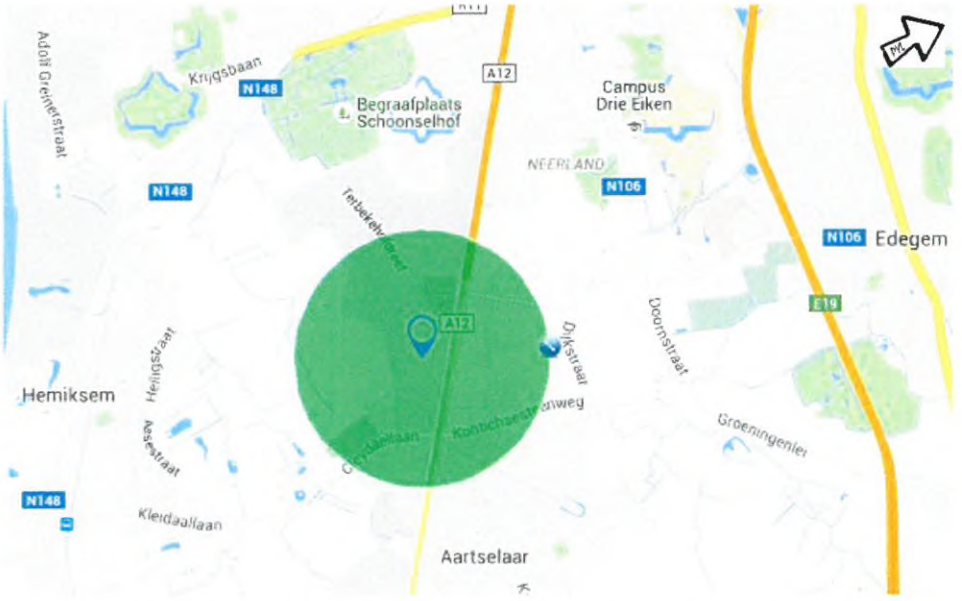
Het berekend maximum jaargemiddelde aan NO_x op grondniveau dat afkomstig is van ISVAG is volgens SGS [9] 0,000896 mg/m³. Het totale jaargemiddelde aan NO_x (dus afkomstig van alle verschillende bronnen) ligt op deze plaats volgens de meetgegevens van VMM rond 0,025 mg/m³. ISVAG draagt hier dus voor ongeveer 3,6 % bij (Figuur 5).



FIGUUR 5: SCHATTING VAN HET AANDEEL VAN ISVAG IN DE GEMIDDELDE JAARCONCENTRATIE AAN NO_x OP GRONDNIVEAU.

Het aandeel aan polluenten die niet in de buurt op grondniveau komen wordt voor NO_x en ook de andere polluenten buiten beschouwing gelaten. Het is belangrijk om in gedachten te houden dat dit aandeel wel mee bijdraagt aan de globale uitstoot in Vlaanderen en op wereldschaal. Voor Vlaanderen kan men terugkijken naar de grafieken in Figuur 3, Figuur 7, Figuur 11 en Figuur 12.

Het is interessant om een vergelijking te maken met auto's, die in grote aantallen aanwezig zijn, en wél op grondniveau uitstoten. Als we in een straal van 1 km rond ISVAG kijken, komt het meeste verkeer voor op de 2 km van de A12 die langs het bedrijf is gesitueerd (Figuur 6).



FIGUUR 6: LOKATIE VAN ISVAG MET DAARROND EEN CIRKEL MET EEN STRAAL VAN EEN KILOMETER. DOORHEEN DEZE CIRKEL LOOPT BIJ BENADERING 2 KILOMETER VAN DE A12.

Volgens Febiac (de Belgische federatie van de auto- en tweewielerindustrie) bestaat het wagenpark voor 62,3 % uit dieselwagens [10]. Met cijfers uit de literatuur van de gemiddelde uitstoot van NO_x voor benzinewagens en voor dieselwagens is het mogelijk om een waarde te berekenen voor de NO_x-uitstoot voor de gemiddelde wagen in België. Verschillende onderzoeken [11–13] werden voor elke polluent doorgenomen, om zeker te zijn dat de gekozen waarden representatief zijn en niet overschat worden. Voor NO_x komt dit ongeveer op 0,4 gram NO_x per kilometer [14]. Uit gegevens van *Vlaamse Regionale Indicatoren* [15] en van de verkeerstellingen van 2006 [16] kunnen we stellen dat er dagelijks ongeveer 50.000 auto's op de A12 passeren (45.000 tussen 6 en 22 uur in 2006). In een straal van 1 km rond ISVAG wordt dus enkel door de auto's op de A12 al dagelijks rond 40 kilogram NO_x uitgestoten op grondniveau. ISVAG stoot gemiddeld per dag 301,8 kilogram NO_x uit op 60 m hoogte. Het aandeel hiervan dat op grondniveau terechtkomt in de nabije buurt is moeilijk in te schatten, maar met de verhouding in de concentratie op hoogte tegenover de maximumconcentratie op grondniveau is het mogelijk om een waarde te bekomen in de juiste grootteorde. In dit geval bekomen we dagelijks 550 gram op grondniveau afkomstig van ISVAG. Dit geeft aan dat de impact van het verkeer waarschijnlijk ongeveer 73 keer groter is dan de impact van ISVAG. **De uitstoot van ISVAG zou in dat geval gelijk aan 687,5 extra auto's per dag in een straal van 1 km rond ISVAG.** Dit is 1,38% van de dagelijkse verkeersstroom op de A12. In werkelijkheid zijn tussen 8 en 15 % van de 50.000 voertuigen vrachtwagens, waardoor de eigenlijke uitstoot door het verkeer hoger ligt dan bovenstaande waarden [15].

Een andere manier om de impact van het verkeer op vlak van NO_x te schatten, is door bij benadering de concentratie te berekenen in de lucht na het uitstoten van 40 kilogram NO_x. Als we het volume aan lucht berekenen die er in een halve bol met een straal van een kilometer is, kunnen we ruwweg schatten wat de bijdrage is van het verkeer aan NO_x in deze zone. Het volume is gelijk aan 2,09 km^3, dus uitgemiddeld over dit volume krijgen we een concentratie aan NO_x van 0,0191 mg/m^3. Deze berekeningen zijn niet te gebruiken als referentie, maar geven wel een idee van de bijdrage van plaatselijk verkeer aan de luchtkwaliteit. Aangezien het jaargemiddelde op 0,025 mg/m^3 ligt, is het duidelijk dat een groot aandeel (76%) afkomstig is van het verkeer.

Het verbruik van hout voor verwarming door huishoudens heeft een belangrijke impact op de uitstoot van verschillende polluenten, maar de uitstoot aan NO_x door huishoudens is in verhouding met de uitstoot door het verkeer heel beperkt. Het gaat om gemiddeld 2-4 kilogram NO_x per jaar per huishouden, terwijl zoals hierboven besproken in een kleine zone al snel het tienvoud élke dag wordt uitgestoten door verkeer. Om deze reden wordt de uitstoot van NO_x door huishoudens verder niet vergeleken.

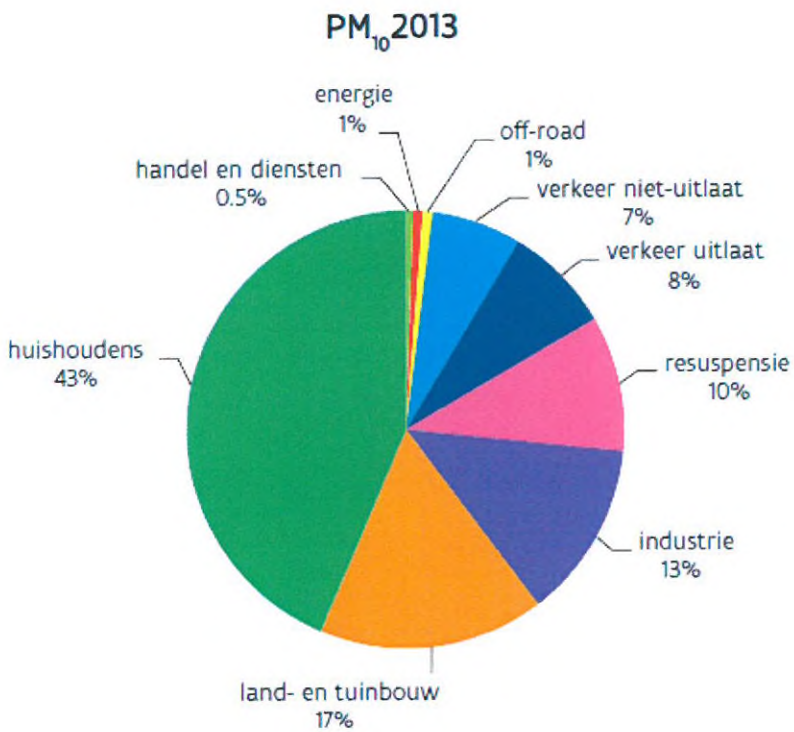
2 Fijn Stof

a. Algemeen

VMM beschrijft fijn stof als volgt: "Fijn stof bestaat uit zeer kleine deeltjes die aanwezig zijn in de lucht. We spreken meestal over PM_{10} en $PM_{2,5}$. Dat staat voor deeltjes die kleiner zijn dan 10 of 2,5 micrometer. Doordat ze zo klein zijn, kunnen ze diep doordringen in de longen en schadelijk zijn voor de gezondheid." [17]

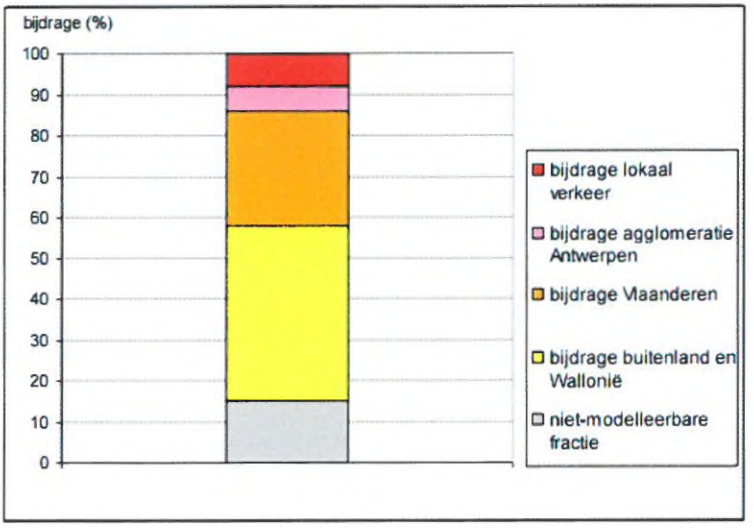
Volgens VMM ligt het jaargemiddelde aan fijn stof in 2014 in de buurt van ISVAG rond 13-15 µg/m³ voor $PM_{2,5}$ en rond 16-25 µg/m³ voor PM_{10}. De grenswaarde per jaar is 40 µg/m³ voor PM_{10} en 25 µg/m³ voor $PM_{2,5}$ [18,19].

Onderstaande grafiek (Figuur 7) geeft het aandeel van de verschillende sectoren weer in de uitstoot van fijn stof. Vooral huishoudens dragen veel bij aan het totaal fijn stof, dit door het stijgend gebruik van hout en pellets voor het verwarmen van woningen. Ook het verkeer zorgt voor een relatief grote uitstoot, mede doordat het verkeer ook deeltjes die op de grond zijn terechtgekomen opnieuw doet opwaaien en dus in re-suspensie brengt. Voor PM_{10} is ongeveer 25 % veroorzaakt door het verkeer. Het is ook belangrijk er op te wijzen dat afvalverwerkingsinstallaties binnen de groep "handel en diensten" zijn opgenomen, en daarin voor minder dan 4 % bijdragen. Het aandeel van verbrandingsinstallaties in de PM_{10} emissie is dus zeer klein (0,02 %) [5].



FIGUUR 7: AANDEEL VAN DE VERSCHILLENDE SECTOREN IN PM_{10}-EMISSIES VOOR 2013.

Kijken we specifiek naar de waarden gemeten door het meetstation in Borgerhout, dan valt op dat de bijdrage van het buitenland het hoogst is met 43 %, wat goed illustreert dat fijn stof ver kan reizen alvorens neer te vallen (Figuur 8). De meetgegevens voor deze grafiek dateren wel van 2002 [20].



FIGUUR 8: DE BIJDRAGE VAN VERSCHILLENDE BRONNEN AAN DE TOTALE PM_{10}-CONCENTRATIE IN BORGERHOUT (MEETGEGEVENS DATEREN VAN 2002).

b. ISVAG SPECIFIEK

In 2014 heeft ISVAG 679 kilogram fijn stof uitgestoten. Net zoals bij NO_x is het belangrijk te vermelden dat aangezien de polluenten op hoogte worden uitgestoten, de concentratie sterk gedaald is op grondniveau. De exacte verhouding die zal terechtkomen op grondniveau in de buurt van ISVAG is moeilijker te simuleren dan NO_x omdat afhankelijk van de grootte van de stofdeeltjes deze langer of korter in de lucht blijven. Grote deeltjes zullen sneller zakken, dus zullen deze meer voorkomen rondom ISVAG. Hoe groter het deeltje, hoe minder diep het kan doordringen in de longen, en dus hoe minder gevaarlijk voor de gezondheid. In het Milieurapport "Zwevend stof" van 2013 wordt beschreven hoe de afstand die de deeltjes afleggen ook afhangt van de snelheid van vorming: "Naargelang de snelheid van de omzetting, liggen lozingsgebied en impactgebied zeer dicht bij elkaar of enkele honderden kilometers van elkaar verwijderd. Nitraat wordt zo bijna 'onmiddellijk' uit ammoniak en salpeterzuur (een omzettingsproduct van NO_x) gevormd en komt dus zeer dicht bij de bronnen voor. De omzetting van SO_2 in de atmosfeer verloopt echter veel trager. Daarom neemt de vorming van sulfaataerosolen meestal veel meer tijd in beslag en kan SO_2 over grote afstanden getransporteerd worden voordat er sulfaatdeeltjes ontstaan."

Om een idee te krijgen van hoe het fijn stof afkomstig van ISVAG zich verhoudt tot het verkeer in de buurt, kunnen we een gedachte-experiment doen: met cijfers uit de literatuur kan bepaald worden wat de uitstoot is van fijn stof door de gemiddelde Belgische auto [12,14,21]. Door opnieuw de waarde voor benzinewagens en voor dieselwagens te combineren volgens de verhouding van het wagenpark van België [10] bekomen we 0,116 gram fijn stof per kilometer [14]. Dit gaat om de uitlaatemissies. De emissie afkomstig van banden, remmen en het wegdek zorgt ruwweg voor een verdubbeling van deze waarde [5]. De uitstoot voor één auto is dan 0,232 gram per kilometer. Binnen een straal van 1 kilometer rond ISVAG loopt ongeveer 2 kilometer van de A12, dus één passerende auto stoot 0,464 gram fijn stof uit. De 50.000 auto's die gemiddeld dagelijks passeren op de A12 zorgen zo voor ongeveer 23,2 kilogram fijn stof per dag in een straal van 1 km rond ISVAG. De gemiddelde dagelijkse uitstoot van ISVAG was in 2014 gelijk aan 1.860,3 gram. Ten slotte stellen we dat de helft van het uitgestoten fijn stof van ISVAG binnen een straal van een kilometer op grondniveau komt, wat op basis van de

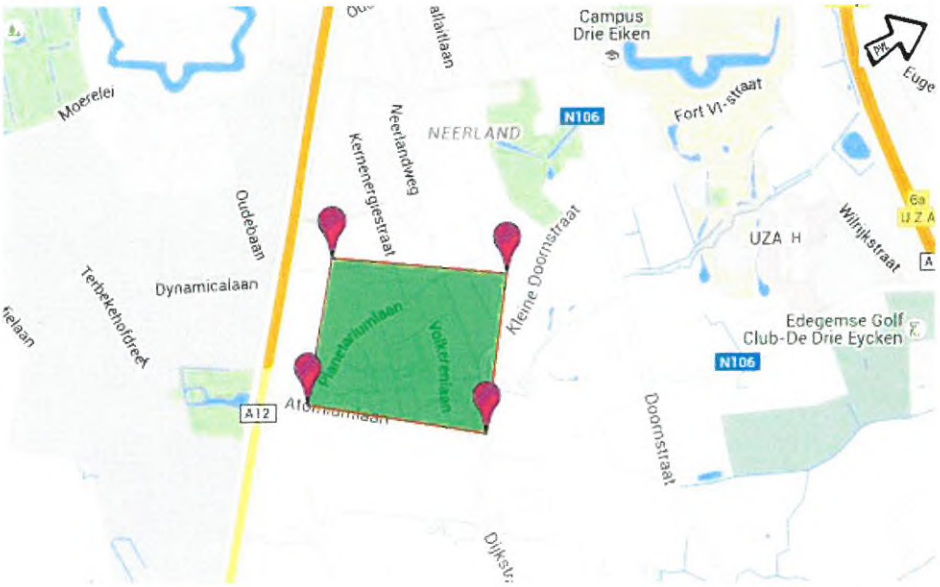
vorige gegevens een overschatting zou moeten zijn (net als NO_x wordt de concentratie aan fijn stof sterk verdund alvorens het op grondniveau komt. Een simulatie met ALOHA was echter niet mogelijk door de verschillen in grootte en samenstelling van het fijn stof). **De bijdrage aan fijn stof van ISVAG in de buurt staat dan ongeveer gelijk aan 2.004 extra auto's die dagelijks langskomen op de A12.** Gezien er gemiddeld 50.000 auto's per dag passeren, is dit in verhouding met het reële verkeer zeer weinig (4 %). Net zoals voor NO_x zal de werkelijke uitstoot van het verkeer hoger liggen omdat tussen 8 en 15 % van het verkeer bestaat uit vrachtwagens [15].

Zoals hierboven aangehaald, zorgt ook het verbruik van brandhout voor verwarming van huishoudens voor een aanzienlijke uitstoot van fijn stof. In het actieplan fijn stof van 2008 van minister Crevits, staat dat Antwerpen de tweede grootste verbruiker van brandhout is in Vlaanderen, na Aalst. Hoewel houtverbranding (als hoofdverwarming) slechts 4,9 % van het energieverbruik voor zich neemt, is ze verantwoordelijk voor 76,5 % van de huishoudelijke stookemissies [22].

Een enquête uit 2012 door Eurostat heeft volgende cijfers voor het gebruik van hout in Vlaanderen: 20,5 % van de huishoudens gebruikt hout voor verwarming. 18,5 % gebruikt hout als secundaire verwarmingsbron, 2 % als primaire verwarmingsbron. Er is dus een relatief grote groep huishoudens die hout voor bijverwarming gebruikt [23].

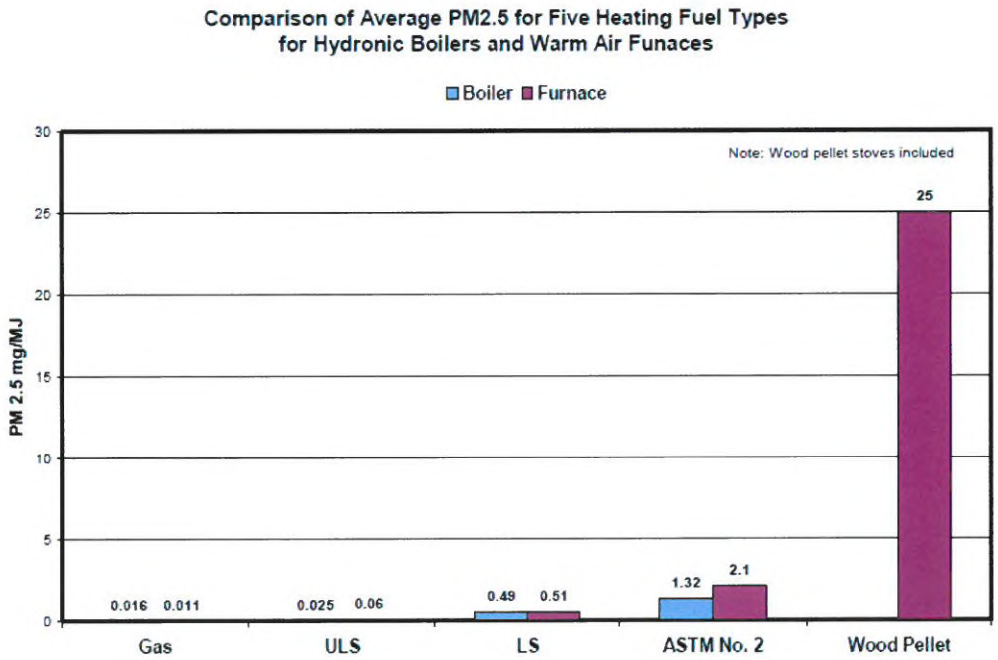
De uitstoot door verwarming op hout is afhankelijk van het type kachel of haard, van de manier van stoken en van de kwaliteit van de brandstof. Voor fijn stof zijn de volgende waarden terug te vinden in de literatuur: voor kachels en haarden waar de brandstof manueel wordt toegevoegd, is de gemiddelde uitstoot 254 gram per gigajoule (GJ) (een eenheid voor warmteverbruik), voor automatische pelletkachels is de gemiddelde uitstoot gelijk aan 85 gram per gigajoule [24]. Gemiddeld verbruikt een huishouden jaarlijks 41,7 GJ aan hout indien dit de primaire verwarmingsbron is, en 23,4 GJ indien dit een secundaire verwarmingsbron is [23]. Als we er arbitrair van uitgaan dat 50 % van de gebruikers een manueel systeem heeft, en 50 % een automatisch systeem, komen we uit op een gemiddelde uitstoot per huishouden van 7,07 kilogram fijn stof per jaar bij primair gebruik en van 3,97 kilogram fijn stof per jaar bij secundair gebruik. Voor een vergelijking met de uitstoot van ISVAG, maken we opnieuw de veronderstelling dat 50 % van het uitgestoten fijn stof op grondniveau terechtkomt in de buurt (zoals voorheen vermeld zou dit een overschatting moeten zijn). In dat geval komt er jaarlijks 339,5 kilogram fijn stof in de buurt door ISVAG. Dit komt overeen met de **uitstoot van gemiddeld 388 Vlaamse huishoudens.** Dit terwijl er elektriciteit geproduceerd wordt door ISVAG voor meer dan 20.000 gezinnen (de meeste gezinnen verwarmen echter niet op elektriciteit, dus dit is niet als directe vergelijking te gebruiken). Het gaat niet om 388 huishoudens die hout verbruiken, enkel 20,5 % binnen deze groep is houtverbruiker. In vergelijking met enkel huishoudens die primair verwarmen met hout is de uitstoot van ISVAG gelijk aan 48 dergelijke huishoudens.

Volgens een onderzoeksrapport van de Vlaamse overheid uit 2007 [25] zijn er in een woonwijk gemiddeld 10 huishoudens per hectare. Een gebied van 38,8 hectare zou dus gemiddeld gezien het aantal huishoudens moeten bevatten waaraan de uitstoot van ISVAG gelijk is. Onderstaande kaart toont een dergelijk gebied, in een deel van de buurt Neerland in Wilrijk geplaatst (Figuur 9).



FIGUUR 9: GEBIED VAN 38,8 HECTARE. DIT GEBIED ZOU GEMIDDELD 388 HUISHOUDENS MOETEN BEVATTEN, WAT OVEREENKOMT MET HET AANTAL HUISHOUDENS DIE SAMEN DE UITSTOOT VAN ISVAG EVENAREN VOOR FIJN STOF.

In werkelijkheid zal een kleiner aantal huishoudens al de uitstoot van ISVAG evenaren, omdat het gebruik van stookolie (en gas) in kleinere mate ook zorgt voor uitstoot van fijn stof. De exacte hoeveelheid hangt af van het toestel en van de stookolie. Onderstaande grafiek (Figuur 10) vergelijkt de uitstoot van $PM_{2,5}$ van: gas, olie met zeer weinig zwavel, olie met weinig zwavel, de standaardolie die in de Verenigde Staten wordt gebruikt en houtpellets [26]. Omdat het enkel gaat om $PM_{2,5}$ zijn deze gegevens niet te gebruiken voor verdere berekeningen. Ze geven echter wel een indicatie van hoe de uitstoot van hout zich verhoudt tot de uitstoot van stookolie. 27 % van de huishoudens in Vlaanderen gebruikt stookolie als hoofdverwarming [23].



FIGUUR 10: VERGELIJKING VAN DE $PM_{2,5}$-UITSTOOT VAN BOILERS EN KACHELS OP GAS, STOOKOLIE MET VERSCHILLENDE ZWAVELCONCENTRATIES EN HOUTPELLETS.

3 DIOXINES

a. ALGEMEEN

Dioxines zijn heel toxische en kankerverwekkende stoffen. Er zijn twee subgroepen binnen de dioxines: de polygechloreerde dibenzo-p-dioxinen (PCDD) en polygechloreerde dibenzofuranen (PCDF). Er wordt daarom soms naar de gehele groep verwezen met PCDD/F. VMM beschrijft dioxines als volgt:

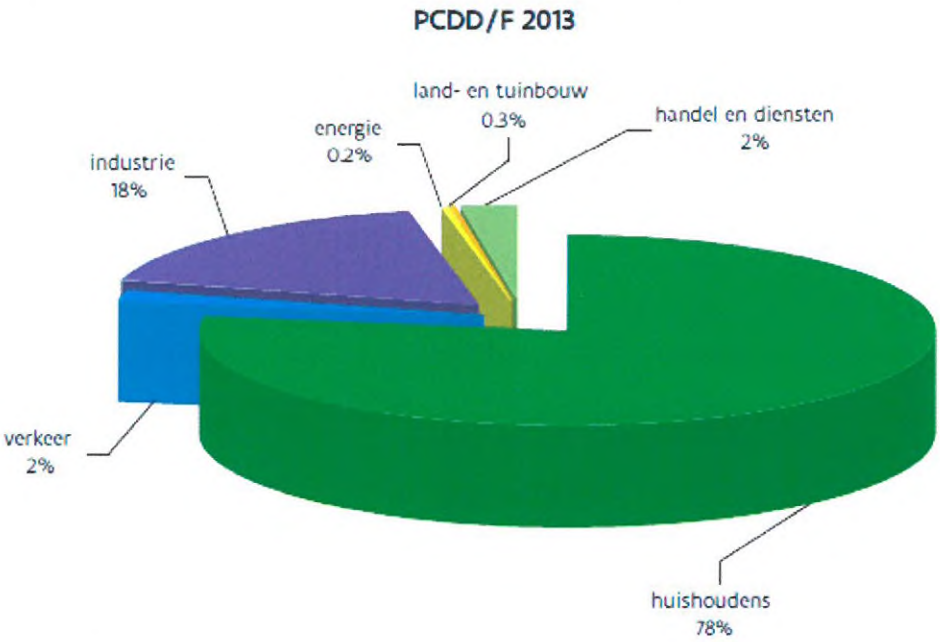
> "Dioxines zijn stoffen die nauwelijks worden afgebroken in onze leefomgeving. Verschillende bronnen stoten deze stoffen uit in de lucht waarna ze binden op stofdeeltjes. Deze stoffen vallen op hun beurt neer op gewassen die als voedsel dienen voor mens en dier. De mens neemt dioxines vooral op via de consumptie van dierlijke producten (vette voeding). Net omdat de opname van dioxines vooral gebeurt via voeding, is het belangrijk dat er geen dioxines in agrarische gebieden en woonzones terechtkomen.
>
> Dioxines zijn een ongewenst bijproduct van onvolledige verbrandingsprocessen. Dioxines ontstaan zowel bij natuurlijke processen zoals vulkaanuitbarstingen, als door menselijke activiteiten. Een voorname humane bron was de verbranding van huisvuil en van medisch of industrieel afval. Ook crematoria, de staalindustrie, recyclage-installaties voor non-ferrometalen, thermische elektriciteitscentrales en cementovens kunnen dioxines vrijgeven. Als de verbrandingstemperatuur hoog genoeg is (minimum 850°C), worden de gevormde dioxines weer vernietigd. Toch kunnen ze zich opnieuw vormen in de schoorsteen wanneer de rookgassen afkoelen tot 200 à 400°C. Daarom zijn moderne afvalverbrandingsinstallaties uitgerust met gesofisticeerde filters die de rookgassen zuiveren.
>
> Doordat de schoorsteenemissies van grote bronnen, zoals de afvalverbrandingssector, ferro- en non-ferroindustrie het voorbije decennium gesaneerd zijn, neemt het belang van diffuse bronnen in de dioxineproblematiek toe. Voor de diffuse dioxine-uitstoot is de gewone burger in grote mate verantwoordelijk. Houtkachels en verwarmingsinstallaties leveren dioxines als bijproduct, ook al worden ze goed gebruikt. Daarnaast ontstaan er dioxines bij het verbranden van groenafval al dan niet vermengd met huishoudelijk afval, activiteiten die trouwens verboden zijn. Ook bevatten sigaren- en sigarettenrook dioxines." [27]

Milieurapport Vlaanderen bespreekt ook welke sectoren de voornaamste bronnen zijn van dioxines (Figuur 11): "Huishoudens hebben de laatste jaren het grootste aandeel in de dioxine-emissie (78 % in 2013). 39 % van de huishoudelijke dioxine-emissie in 2013 is afkomstig van de particuliere illegale verbranding van diverse soorten afval in open vuurtjes en tonnetjes. 61 % van de emissie is afkomstig van de gebouwenverwarming op vaste brandstoffen (kolen maar vooral hout). Deze emissie door de verwarming van woningen ligt in 2013 11 % hoger dan in 2012. Mogelijke reden hiervoor is de toename van het stoken van behandeld hout in zogenaamde allesbranders voor gebouwenverwarming. Dit laatste ongecontroleerd verbranden door een zeer klein deel van de particulieren doet een deel van het gunstige effect – op vlak van emissiereductie – door de overschakeling van vaste op vloeibare en gasvormige brandstoffen teniet.

De industrie is de tweede belangrijkste bron voor dioxine-emissie (een aandeel van 18 % in 2013). Nagenoeg de volledige industriële dioxine-emissie is afkomstig van de ferro-nijverheid." [28]

De afvalverbrandingssector is opgenomen binnen de sector handel en diensten en vormt daar de belangrijkste bron aan dioxines. 89 % van de uitstoot door de sector handel en diensten was afkomstig van afvalverbranding.

Daarentegen zorgde de sector handel en diensten in totaal maar voor 2 % van de dioxine-uitstoot in 2013. De afvalverbrandingssector had in 2013 dus een aandeel van 1,78 % in het totaal.



FIGUUR 11: AANDEEL VAN DE VERSCHILLENDE SECTOREN IN DIOXINE-EMISSIES VOOR 2013.

Er zijn weinig relevante meetgegevens terug te vinden in de buurt van ISVAG voor dioxines. De dichtstbijzijnde gegevens komen van metingen in Borgerhout. De afstand van het meetpunt tot ISVAG is te groot om relevant te zijn. Meetgegevens gaan over depositie van dioxines, en niet om dioxines die in de lucht aanwezig zijn.

b. ISVAG SPECIFIEK

ISVAG stootte in 2014 6,4 milligram aan toxische equivalenten (TEQ) dioxine uit. De reden waarvoor deze eenheid gebruikt wordt is dat dioxines bestaan uit een grote groep van moleculen, die verschillende toxiciteiten hebben. Door de meest toxische molecule van de groep als eenheid te gebruiken, kan men één waarde geven voor de totale groep. Voor een bepaalde molecule uit de groep zal 1 gram bijvoorbeeld gelijk zijn qua toxiciteit aan 0,01 gram van de meeste toxische molecule uit de groep.

Zoals te zien in Figuur 11 is verkeer voor deze polluent geen belangrijke bron, maar net als fijn stof komen dioxines vrij bij het verbranden van hout, en zijn huishoudens (die brandhout gebruiken) dus wel een heel belangrijke bron. De VMM rapporteerde dat alle huishoudens in Vlaanderen in 2013 instonden voor 21 g TEQ dioxine [5]. Rekening houdend met het aantal huishoudens in Vlaanderen in 2013 (2.691.276) [29] komt dit overeen met een gemiddelde jaarlijkse uitstoot van 7,8 µg TEQ dioxine per huishouden. Als we er van uit gaan dat 50 % van de uitgestoten dioxines van ISVAG op grondniveau terechtkomt in een straal van 1 kilometer (naar alle waarschijnlijkheid een overschatting), **zullen gemiddeld 410 huishoudens tezamen de dioxine-uitstoot van ISVAG evenaren op grondniveau.**

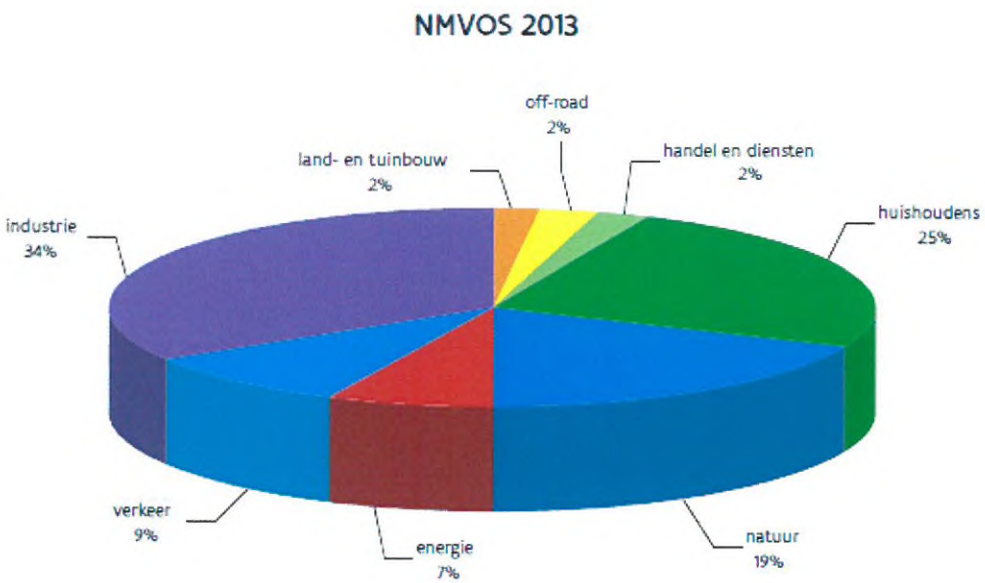
4 VLUCHTIGE ORGANISCHE STOFFEN (VOS)

a. ALGEMEEN

VMM beschrijft VOS als volgt: "Vluchtige organische stoffen is een verzamelnaam voor een groep van gasvormige stoffen. Ze bestaan voornamelijk uit stoffen die opgebouwd zijn uit koolstof- en waterstofatomen. Vluchtige organische stoffen zijn vaak slecht voor de gezondheid en/of het milieu. Sommige VOS (bv. benzeen) zijn kankerverwekkend, andere bedreigen dan weer de ozonlaag."

Meestal wordt de groep van VOS zonder methaan bekeken. De reden hiervoor is de volgende: de concentratie van methaan in de lucht is honderden malen hoger dan die van andere VOS, maar de reactiviteit, uitgedrukt als ozonvormend vermogen, ligt 20 tot 100 maal lager. Daarom maakt men een onderscheid tussen methaan- en niet-methaan-VOS (NMVOS) [30].

Onderstaande grafiek geeft het aandeel weer voor de verschillende sectoren (Figuur 12). Hoewel het aandeel van de industrie net als die van het verkeer sterk is gedaald in de laatste jaren, is en blijft de industrie de grootste bron van NMVOS. Door het dalen van de emissies van de industrie en het stijgen van de emissies van de huishoudens is het aandeel van de huishoudens sterk gegroeid. Het is nu de tweede grootste bron van NMVOS (25 % in 2013). Net als fijn stof komen er veel NMVOS vrij door het verwarmen van huishoudens met hout. Ook veel huishoudelijke producten als verf, lijm, detergent en cosmetica zorgen voor een belangrijk aandeel aan de uitstoot. Een andere belangrijke bron van NMVOS is het verkeer, bijvoorbeeld wanneer brandstof onverbrand de uitlaat uitkomt. Er komt echter ook bijna 20 % (in 2013) van het totale aantal NMVOS vrij door de natuur. Bijvoorbeeld in naaldbossen komen er terpenen vrij, een soort VOS. Voor NMVOS is afvalverwerking gedetailleerd en zijn er cijfers beschikbaar specifiek voor het verbranden van huishoudelijk afval. In 2013 was de uitstoot door deze sector gelijk aan 1 % van de sector handel en diensten, dat zelf een aandeel had van 2 % in het totaal. Het verbranden van huishoudelijk afval door bedrijven als ISVAG zorgde dus voor een minieme bijdrage aan de totale uitstoot van NMVOS in Vlaanderen in 2013, namelijk 0,02 % [5].

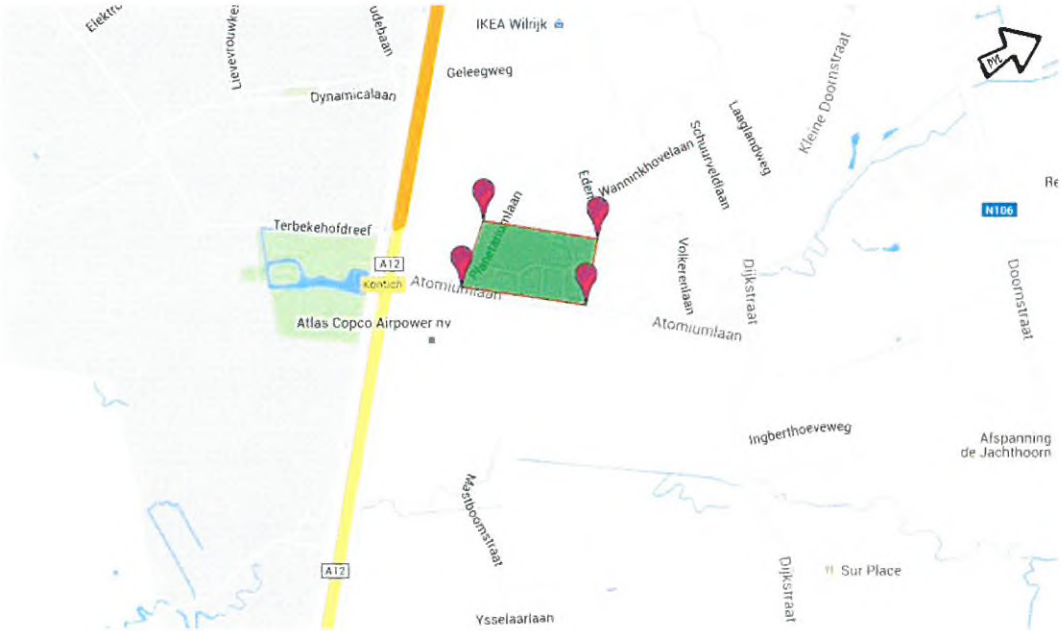


FIGUUR 12: AANDEEL VAN DE VERSCHILLENDE SECTOREN IN NMVOS-EMISSIES VOOR 2013.

b. ISVAG SPECIFIEK

ISVAG stootte in 2014 246 kilogram aan VOS uit. Net als voor NO_x is het interessant om dit met het verkeer op de A12 te vergelijken. Er wordt opnieuw gekeken naar de twee kilometer van de A12 die zich in een straal van een kilometer rond ISVAG bevinden. In de literatuur [14] werden de gemiddelde waarden opgezocht voor benzine- en dieselwagens, waarna opnieuw een gemiddelde waarde werd gemaakt voor het wagenpark in België volgens de data van Febiac. De VOS worden vaak gelijkgesteld aan de gemeten koolwaterstoffen, en dit is ook het geval voor de paper die hier werd gebruikt. Zo is de gemiddelde waarde van 0,042 g/km bekomen. Zoals voor NO_x gaat men uit van 50.000 auto's die elke dag passeren op de A12. In dat geval zorgen deze auto's dagelijks voor een uitstoot op grondniveau van gemiddeld 4,2 kilogram aan VOS. ISVAG stoot dagelijks gemiddeld 674 gram aan VOS uit op hoogte. Als we bij gebrek aan gegevens wederom de overschatting maken dat 50 % hiervan in de buurt van ISVAG op grondniveau komt, dan is **de uitstoot van ISVAG gelijk aan 4.012 extra auto's per dag in een straal van 1 km rond ISVAG.** Dit is 8 % van het dagelijks verkeer. Aangezien 8 tot 15 % van het verkeer in werkelijkheid bestaat uit vrachtwagens, zal de reële uitstoot van het verkeer aan VOS hoger liggen dan de bovenstaande waarde.

Voor de huishoudens kunnen we ook een vergelijking maken. Allereerst gebruiken we de waarden uit Jespers en collega's en Ozgen en collega's [23,24]. We gebruiken dezelfde gemiddelde verbruikswaarden en hetzelfde percentage aan huishoudens dat gebruik maakt van hout voor verwarming als voor fijn stof. Voor 50 % van de houtverbruikers die een manueel te laden systeem hebben, en 50 % een automatisch systeem, bekomen we een uitstoot van 273,5 gram niet-methaan koolwaterstoffen (NMHC) per gigajoule aan energie. Een primaire verbruiker heeft dan een jaarlijkse uitstoot van 11,41 kilogram NMHC; een secundaire verbruiker heeft een uitstoot van 6,40 kilogram NMHC. Voor een vergelijking met de uitstoot van ISVAG, maken we opnieuw de veronderstelling dat 50 % van het uitgestoten fijn stof op grondniveau terechtkomt in de buurt (zoals voorheen vermeld zou dit een overschatting moeten zijn). In dat geval is de jaarlijkse uitstoot van ISVAG op grondniveau gemiddeld gelijk aan 87 huishoudens (waarvan dus 20,5 % hout verbruikt). Maar, zoals terug te vinden in het rapport van VMM van 2013, "Lozingen in de lucht" [5] was er in 2013 door huishoudens een uitstoot van NMVOS afkomstig van verf en andere huishoudelijke producten (9.301 ton), die bijna gelijk was aan de uitstoot door gebouwenverwarming (9.918 ton). Deze fractie moet dus ook in rekening gebracht worden. **De uitstoot van ISVAG op grondniveau is dan vergelijkbaar met 45 Vlaamse huishoudens**. Onderstaande kaart toont een gebied van 4,5 hectare, wat ongeveer overeenkomt met de oppervlakte die 45 huishoudens in een woonwijk innemen (Figuur 13)[25].



FIGUUR 13: GEBIED VAN 4,5 HECTARE. DIT GEBIED ZOU GEMIDDELD 45 HUISHOUDENS MOETEN BEVATTEN, WAT OVEREENKOMT MET HET AANTAL HUISHOUDENS DIE SAMEN DE UITSTOOT VAN ISVAG EVENAREN VOOR VOS.

5 BESLUIT

De emissies van afvalverbrandingsinstallaties als ISVAG zijn streng gereguleerd. De uitstoot ligt bij ISVAG ver onder de toegelaten normen. Toch is ISVAG dicht bij verschillende woonbuurten gelegen, en is het belangrijk om na te gaan wat de impact op de buurt is. De uitstoot van ISVAG wordt vergeleken met de uitstoot afkomstig van het verkeer en van huishoudens. Het wagenpark in België groeit gestaag, zodat een deel van de vooruitgang die wordt geboekt dankzij schonere en efficiëntere technologie wordt tenietgedaan. **Het verkeer is vooral voor NO_x, maar ook voor fijn stof en VOS nog altijd een grote, zo niet de grootste, vervuiler**. Huishoudens zijn op hun beurt de belangrijkste bron van dioxines, en dragen ook sterk bij aan de uitstoot van fijn stof en van VOS. Een kleine groep binnen de huishoudens zorgt voor het merendeel van de vervuiling door het verbruik van **hout als brandstof** voor het verwarmen van de gebouwen. Het feit dat de uitstoot van ISVAG via een 60 m hoge schoorsteen gebeurt, terwijl de uitstoot door huishoudens en vooral van het verkeer veel dichter bij de grond gebeurt, zorgt er ook voor dat het aandeel van ISVAG aan de luchtvervuiling in de buurt nog sterker vermindert. **ISVAG maakt gebruik van de best beschikbare technieken volgens VITO [31] voor de behandeling van bodemas, en streeft er voortdurend naar om dit te doen voor alle onderdelen van het verbrandingsproces. Vergeleken met de uitstoot van verkeer en huishoudens is de impact van ISVAG op de leefomgeving klein**. Het blijft echter altijd mogelijk om zelf verder te gaan en nog minder vervuilende stoffen uit te stoten. Dit geldt niet alleen voor ISVAG; het is van groot belang om samen naar alternatieven en oplossingen te zoeken om als individu minder te vervuilen. Het openbaar vervoer of de fiets nemen in plaats van de auto, of een oude kachel vervangen door een zuiniger en schoner model heeft wel degelijk impact op de leefomgeving voor ons allen.

6 REFERENTIES

1. *WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: Global update 2005*. (2005). doi:10.1016/0004-6981(88)90109-6

2. gemiddeld energieverbruik van een Vlaams gezin. at <http://www.vreg.be/nl/gemiddeld-energieverbruik-van-een-gezin>

3. Brussels instituut voor Milieubeheer. Energiebronnen Voor Warmwaterproductie (Ww 02). *Infofiches - energie* 4–7 at <http://documentatie.leefmilieubrussel.be/documents/IF_Energie_ECS02_part_NL.PDF>

4. Wind Energy Basics. at <http://www.ewea.org/wind-energy-basics/faq/>

5. Vlaamse Milieumaatschappij. Lozingen in de lucht 2000-2013. 288 (2014).

6. VMM: Stikstofoxiden. at <https://www.vmm.be/lucht/stikstofoxiden>

7. VMM: NO2 jaargemiddelde. at <http://www.vmm.be/data/stikstofdioxide-no2-jaargemiddelde>

8. EEA. *Air quality in Europe - 2015 report (EEA Report N° 5/2015)*. (2015). doi:10.2800/62459

9. Wyloeck, B. Evaluatie stikstofoxide- emissies 2014 verbrandingsoven. (2014).

10. Febiac. Verdieseling wagenpark gestopt in 2013. (2014). at <http://www.febiac.be/public/pressreleases.aspx?ID=791&lang=NL>

11. Rexeis, M., Hausberger, S., Kühlwein, J. & Luz, R. Update of Emission Factors for EURO 5 and EURO 6 vehicles for the HBEFA Version 3 . 2. **43,** 74 (2013).

12. Fontaras, G., Franco, V., Dilara, P., Martini, G. & Manfredi, U. Development and review of Euro 5 passenger car emission factors based on experimental results over various driving cycles. *Sci. Total Environ.* **468-469,** 1034–1042 (2014).

13. Franco, V., Fontaras, G. & Dilara, P. Towards Improved Vehicle Emissions Estimation in Europe. *Procedia - Soc. Behav. Sci.* **48,** 1304–1313 (2012).

14. Huang, C. *et al.* A PEMS study of the emissions of gaseous pollutants and ultrafine particles from gasoline- and diesel-fueled vehicles. *Atmos. Environ.* **77,** 703–710 (2013).

15. *Vlaamse Regionale Indicatoren*. (2015).

16. *Verkeerstellingen 2006 in Vlaanderen met automatische telapparaten: Iedereen telt mee*. (2006). doi:10.1017/CBO9781107415324.004

17. VMM: fijn stof. at <https://www.vmm.be/lucht/fijn-stof>

18. VMM: fijn stof pm10 jaargemiddelde. at <http://www.vmm.be/data/fijn-stof-pm10-jaargemiddelde>

19. VMM: fijn stof pm2,5 jaargemiddelde. at <http://www.vmm.be/data/fijn-stof-pm2-5-jaargemiddelde>

20. Brouwers, J. Milieurapport Vlaanderen MIRA. 107 (2012). at <http://www.milieurapport.be/upload/main/themabeschrijvingen/Themabeschrijving_klimaatverandering_30-11-2012_TW_gecomp.pdf>

21. *Air pollution XV*. (WIT Press, 2007).

22. Crevits, H. Actieplan fijn stof en NO 2 in de Antwerpse haven en de stad Antwerpen. (2008).

23. Jespers, K. *et al. Energy Consumption Survey for Belgian households*. (2012).

24. Ozgen, S. *et al.* Emission factors from small scale appliances burning wood and pellets. *Atmos. Environ.* **94,** 144–153 (2014).

25. Cneut, C., Houthaeve, R., Durgun, S. & De Rycke, P. *(Her)gebruik van de bestaande woningvoorraad in de klassieke woonwijken uit de jaren 1960-1980*. (2007).

26. Mcdonald, R. Evaluation of Gas, Oil and Wood Pellet Fueled Residential Heating System Emissions Characteristics. (2009).

27. *Dioxine- en PCB-depositiemetingen periode: april 2014 - april 2015*. (2015).

28. Emissie van dioxines naar lucht. at <www.milieurapport.be/nl/feitencijfers/milieuthemas/verspreiding-van-persistente-organische-polluenten-povs-pcbs-en-vlamvertragers/emissie-van-pops-naar-lucht/emissie-van-dioxines-naar-lucht/>

29. Statbel. aantal huishoudens in België.

30. Luchtkwaliteit: verspreiding van niet-methaan vluchtige organische stoffen. at <http://www.milieurapport.be/nl/feitencijfers/milieuthemas/luchtkwaliteit-verspreiding-van-niet-methaan-vluchtige-organische-stoffen-nmvos/>

31. Nielsen, P., Kenis, C., Vanassche, S. & Vrancken, K. *Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor behandeling van bodemas van huisvuilverbranding*. (2008).