

Bepaling emissiekental voor fijnstof (PM₁₀) bij overslag van S3 agribulk producten

E.P. Weijers
R. Rodink
G.P.A. Kos
A. Hensen
M.J. Blom
W.C.M. van der Bulk

April 2015
ECN-E--14-057



Verantwoording

Dit project is uitgevoerd onder ECN projectnummer 6.00849. Contactpersonen namens het Havenbedrijf Amsterdam zijn Marit Hooijboer, Constans van Munster en Ton van Breemen. Verder is dank verschuldigd aan Manja Toubert (NZKG), Kees Peek (RIVM), Floris Lakeman (IGMA) en John Gielen (Cargill) voor inhoudelijk overleg en praktische hulp tijdens de uitgevoerde meetcampagne.

“Hoewel de informatie in dit rapport afkomstig is van betrouwbare bronnen en de nodige zorgvuldigheid is betracht bij de totstandkoming daarvan kan ECN geen aansprakelijkheid aanvaarden jegens de gebruiker voor fouten, onnauwkeurigheden en/of omissies, ongeacht de oorzaak daarvan, en voor schade als gevolg daarvan. Gebruik van de informatie in het rapport en beslissingen van de gebruiker gebaseerd daarop zijn voor rekening en risico van de gebruiker. In geen enkel geval zijn ECN, zijn bestuurders, directeuren en/of medewerkers aansprakelijk ten aanzien van indirecte, immateriële of gevolgschade met inbegrip van gederfde winst of inkomsten en verlies van contracten of orders.”



Inhoudsopgave

	Samenvatting	4
1	Inleiding	5
2	Meetopzet	7
2.1	Apparatuur	7
2.2	Locatiekeuze	8
2.3	Emissieberekening	10
2.4	Meetperiode	11
2.5	Activiteitgegevens	11
3	Resultaten	13
3.1	Verplaatsing locatie 5	13
3.2	Validatie fijnstofsensoren	14
3.3	Bepaling kental	16
4	Samenvattende conclusies	19
	Referenties	20
Bijlagen		
A.	Windrichting en –snelheid tijdens meetcampagne	21
B.	Rol meetonzekerheid in bepaling emissiekental	22

Samenvatting

In opdracht van het Havenbedrijf Amsterdam heeft ECN (afdeling Environmental Assessment) een verificatieonderzoek uitgevoerd van het emissiekental van PM10 voor de overslag van S3 producten op de bedrijfslocatie van IGMA in het havengebied van Amsterdam. Dit product komt vrij bij het lossen van zeeschepen met een kraan/weegtoren combinatie. Bij het openen van de grijper in de trechter van de weegtoren komt fijnstof vrij dat kan worden gekarakteriseerd als een PM10 emissie. In 1999 is dit kental vastgesteld op 24 g/ton (Vrins, 1999).

Door de recente ontwikkeling van nieuwe, relatief goedkope, apparatuur is een nieuwe en verbeterde vaststelling van het kental mogelijk geworden. Een luchtkwaliteitsonderzoek is uitgevoerd met behulp van een zevental fijnstofsensoren. Daarnaast is PM10 op één locatie gemeten met een (equivalente) PM10 monitor en is ter plekke windsnelheid en windrichting bepaald (eveneens elke 10 minuten). Door zowel boven- als benedenwinds van de kraan/weegtoren combinatie te meten is de bijdrage aan PM10 als gevolg van het lossen en laden vast te stellen. Een verdere verbetering ten opzichte van eerder onderzoek is de tijdsresolutie van 10 minuten. Het lossen en laden is een sterk discontinue activiteit. Door elke 10 minuten te meten wordt deze activiteit nauwkeuriger gevolgd.

Voorafgaand aan het onderzoek hebben ECN, IGMA en de Havendienst het terrein verkend teneinde de meest optimale meetlocaties vast te stellen, waarbij rekening is gehouden met de meest voorkomende windrichtingen. Door modelberekeningen te vergelijken met de metingen is het mogelijk de bronsterkte te bepalen.

De meetcampagne vond plaats tussen 1 september tot 14 november 2014. In deze periode vonden 12 verladingsen plaats. Het kental is gemiddeld over deze verladingsen en vastgesteld op 12 g/ton.

1

Inleiding

In opdracht van het Havenbedrijf Amsterdam heeft het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN; afdeling Environmental Assessment) een verificatieonderzoek uitgevoerd naar het emissiekental van PM10 voor de overslag van Agri-bulkgoed. De bijbehorende meetcampagne vond plaats op de bedrijfslocatie van het IGMA te Amsterdam. Dit project is uitgevoerd in nauw overleg met de Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied (NZKG). De gekozen methode is vooraf ter goedkeuring voorgelegd aan de leden van de betrokken NTA8029 commissie ('Bepaling en Registratie van industriële fijnstofemissies':

<http://www.e-mjv.nl/documenten/database-fijn-stof/nta/>).

De op deze wijze verkregen emissiefactor kan in de toekomst als kental voor overslagactiviteiten gebruikt worden (en opgenomen worden in de NTA8029 database: <http://www.e-mjv.nl/documenten/database-fijn-stof/>).

In het geval van IGMA is veelal sprake van overslag van de volgende S3 producten: sojaproducten als sojahuilen, sojameel, sojabonen, etc. Om een beeld te krijgen van de luchtkwaliteit rondom inrichtingen als die van IGMA wordt een vast kental voor de PM10 emissie gebruikt voor dergelijke S3 stoffen. In het onderzoek naar emissies bij open overslag door Vries (1999) is een kental van 24 g/ton vastgesteld (standaarddeviatie wordt niet vermeld). In deze en andere studies (zoals ProMonitoring, 2009) bedroeg het gemeten tijdsinterval minimaal een uur (TEOM, PM10), of zelfs een dag (LVS, PM10; HVS, TSP). Dit heeft als nadeel dat kortdurende gebeurtenissen met hoge stofconcentratie weggemiddeld worden. Vooral als de windrichting gedurende een dag varieert, verdwijnt met een dergelijk lange middeling belangrijke informatie. Het doel van dit onderzoek is te komen tot een verbeterde vaststelling van het kental.

Bij IGMA wordt gebruik gemaakt van lemniscaat kranen en weegtorens om de bulkproducten vanuit de zeeboten in de binnenvaartschepen te transporteren (zie **Figuur 1**). De zeeboten bevatten gemiddeld 60.000 ton aan product dat zich bevindt in circa 7 ruimten. IGMA heeft een viertal kranen en weegtorens waarvan er drie betrokken waren in deze studie (K5/WT5, capaciteit: 1300 megaton/uur; K3/WT3 en K4/WT4, capaciteit: 900 megaton/uur). Door middel van een dichte graangrijper van ca. 30 m³ wordt het bulkproduct via een draaiende beweging (¼ slag) naar de weegtoren

getransporteerd. In de weegtoren wordt de grijper onder de rand van de trechter van de weegbunker gebracht alvorens te worden geopend. De kraan zwenkt vervolgens terug in het ruim en herhaalt deze actie. Net onder de rand van de trechter van de weegtoren zitten stofafzuig units die het merendeel van het vrijgekomen stof afzuigen. Dit stof wordt opnieuw in het weegsysteem gebracht. Mogelijke andere bronnen van stof zijn de mobiele machines die in het ruim rijden om de lading zoveel mogelijk los te maken voor de grijper van de kraan.

In de bunker wordt het bulkmateriaal gewogen, via een gesloten systeem door een elevator omhoog getransporteerd en komt via een stortpijp in het binnenvaartschip of Coaster terecht. Aan het einde van de stortpijp zit een cellenrad waarmee gedoseerd kan worden beladen. Rondom de stortpijp zit een flexibele kunststofflap die op de lading wordt gehouden om zoveel mogelijk stofproductie te voorkomen. Tevens is er een stofafzuiging aanwezig. De luiken van het binnenvaartschip worden zoveel mogelijk dichtgehouden om verwaaiend stof te voorkomen. Bij windkracht 6 worden deze werkzaamheden gestaakt. Het product dat tijdens al deze losactiviteiten vrijkomt wordt als PM10 emissie aangemerkt.

In het onderhavige onderzoek is de factor bepaald op basis van overslag van voornamelijk soja en soja gerelateerde producten. In totaal is gemeten over een periode van 10 weken. Het aantal schepen dat binnen deze periode is 'bemeten' bedraagt 12. De lading was in bijna alle gevallen S3 product.



Figuur 1: IGMA silo's en belading binnenschip: Overslag boord-boord met inkomend zeeschip (rechts), kraan/weegcombinatie (midden) en binnenvaartschip (rechts).

2

Meetopzet

2.1 Apparatuur

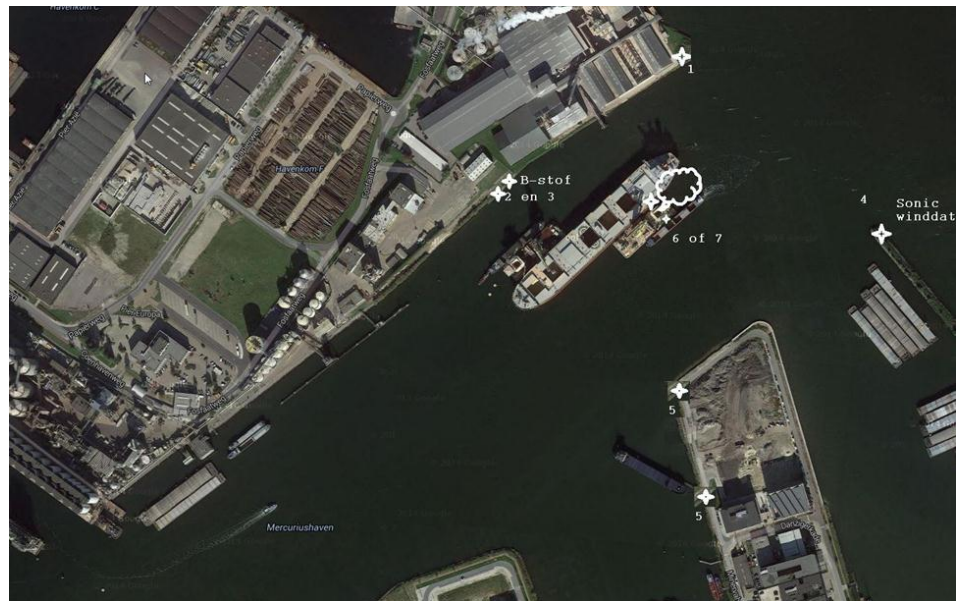
In het recente verleden heeft ECN sensoren ontwikkeld (hierna FSS genoemd) voor het direct meten van fijnstof in de lucht. Deze kunnen met een hoge tijdsresolutie PM10-concentratieniveaus bepalen. Omdat de los- en laadactiviteiten zeer onregelmatig in de tijd optreden (binnen een uur), is een snellere meting nodig voor het precies bemeten van deze activiteiten. In deze opzet is gekozen voor 10 minuten zodat de data goed gekoppeld kan worden aan de gegevens van laden en lossen zoals die door IGMA ter beschikking zijn gesteld.

Voor validatie van het sensornetwerk is op één van de locaties een β -stofmonitor ingezet die voorzien is van een PM10-monsternametekop. Het apparaat is equivalent aan de apparatuur ('Leckel') die gebruikt wordt voor immissiemetingen volgens EU-standaard (NEN-EN 12341). De door ECN als absolute referentie ingezette β -stofmonitor is model FH 62 I-R (fabrikant is ESM-Andersen, Erlangen, Duitsland). Het meetprincipe is gebaseerd op verzwakking van ioniserende straling door een filter en het fijnstof aanwezig op het filter. Een radioactieve bron is gemonteerd onder het filter; een opnemer voor ioniserende straling hangt boven het filter. Het filtersysteem (een rol) wordt automatisch doorgeschakeld rond middernacht. Er wordt dan gestart met een nulmeting van het filter waarna gedurende 24 uur stof verzameld wordt. De gegevens van de optische sensoren worden over dezelfde periode gemiddeld als de β -stofmonitor (1 uur). Zo wordt een kalibratie verkregen voor het stof (zoals typische deeltjesgrootte en samenstelling) ter plekke van het IGMA terrein.

Het Havenbedrijf Amsterdam heeft de stroomvoorziening voor de FSS'en, β -stofmonitor en meteo-apparatuur gefaciliteerd. Verder verzorgde het Havenbedrijf alle andere randvoorwaarden voor plaatsing van de apparatuur (in nauw overleg met ECN).

2.2 Locatiekeuze

Om de pluimen van verwaaiend materiaal semi-continu in beeld te brengen is op de IGMA-locatie ('Mercuriusboei') een netwerk gebouwd. Voorafgaand aan de meetcampagne hebben personeel van het Havenbedrijf Amsterdam, IGMA en ECN samen het terrein verkend om inzicht te krijgen in de losactiviteiten en de potentiële locaties voor de meetopstelling te bepalen. Na deze inspectie zijn op basis van de te verwachten - meest voorkomende - windrichtingen, de afstand van de losactiviteiten tot de meetopstellingen én praktische overwegingen, een zevental locaties geselecteerd. Deze zijn gemarkeerd in onderstaande overzichtsfoto (**Figuur 2**).



Figuur 2: Locaties van de meetapparatuur

De benaming en verdere apparatuur van de meetlocaties is als volgt:

Tabel 1: Namen locaties en beschikbare apparatuur

Plaatsing	Aanduiding	verdere apparatuur	positie t.o.v. lospunt
1	ICL		Noord
2	Cargill	β -stofmonitor (PM10)	West
3	Cargill	"	West
4	Landtong	sonische anemometer (meteo)	Oost
5	Bouwput		Zuid
6	Weegtoren no. 4 (h=19,7 m)		
7	Weegtoren no. 3 (h=19,2 m)		

De overslagactiviteiten worden bemonsterd door een 'vierkant' om het schip heen: 'ICL', Cargill (2x) (zie **Figuur 3**), Landtong Noordzeekanaal (hier wordt ook de meteorologie gemeten, zie **Figuur 4**), Bouwput, en FSS'en geplaatst op de weegtoren.

De FSS'en op de hoekpunten van het vierkant vormen het eigenlijke meetnet. Met deze keuze voor de locaties is meting bij de meeste windrichtingen mogelijk en kan de in- en uitgaande luchtstroom over het brongebied vergeleken worden. Afhankelijk van de windrichting geven de FSS'en een bepaling van een lokaal achtergrondniveau (bovenwindse meting) of een concentratie na belasting (benedenwindse meting). Door bovenwindse concentraties af te trekken van de concentraties benedenwinds kan de bijdrage van de bron geschat worden.



Figuur 3: Het Cargill meetpunt ('2') met de β -stofmonitor (rechts) en FSS ('AirBox'; 2x)

De meteorologische parameters werden gemeten op Landtong Noordzeekanaal vanwege de relatief ongestoorde aanstroming. De windrichting bepaalt in belangrijke mate de aanstroming van de lucht over een meetpunt. Op meetpunt 2 vond de validatiemeting plaats met de β -stofmonitor; tevens waren hier twee FSS'en geplaatst.

Op het bordes van de laad/loskraan zijn eveneens twee sensoren geplaatst. Deze geven een indicatie voor de verladingsactiviteit: een hoog/laag signaal betekent 'activiteit aan/uit'. Een tweede reden voor plaatsing van deze twee sensoren is het stand-by houden van reserve-exemplaren van de FSS'en in geval van uitval op één van de locaties. In zijn algemeenheid was er een goede overeenkomst met de activiteitgegevens zoals verstrekt door IGMA en was aanpassing niet nodig. Wel was sprake van een flinke vervuiling, veel meer dan op de grondlocaties. Tijdens de campagne is geen van de sensoren uitgevallen dus vervanging was niet nodig.



Figuur 4: Landtong Noordzeekanaal: FSS en meteorologie

2.3 Emissieberekening

Er is gekozen voor een tijdsresolutie van 10 minuten, waardoor de emissiefactor eveneens wordt bepaald voor elke 10 minuten. Het emissiekental is de verhouding tussen de bronsterkte en de verladingssnelheid. De verladingssnelheid is bepaald met behulp van de verladingssloten die door IGMA ter beschikking zijn gesteld. Middeling over alle 10-minuten-waarden geeft dan het gemiddelde emissiekental voor de meetperiode.

De bronsterkte wordt bepaald door de modelresultaten en de gemeten waarden op de sensorposities met elkaar te vergelijken. Het model berekent de concentratie van het verwaaiende stof. Gevalideerde modellen (zoals Stacks) berekenen ook de bijdrage van transport over grotere afstanden (100 m tot enkele kilometers). Dit vereist een minimale tijdsduur van 1 uur. Uurgemiddelde waarden doen echter geen recht aan de dynamiek van de verladingssloten. Onder de aanname dat bij de relatief kleine afstanden van enkele honderden meters tussen bron en meetpunten het probleem van een grootschaliger transport minder relevant is, is gekozen voor 10-min-waarden en is een door ECN geïmplementeerde versie van het Gaussisch pluimmodel met een hoge tijdsresolutie gebruikt. De implementatie van dit verspreidingsmodel is gebaseerd op: Pasquill, F. 1974 *Atmospheric diffusion, second ed.* J Wiley and sons, New York, en de deeltjesdynamica op Chamberlain, A.C., *Aspects of travel and deposition of aerosol and vapour clouds, Report AERE-HP/R-1261, 1953.*

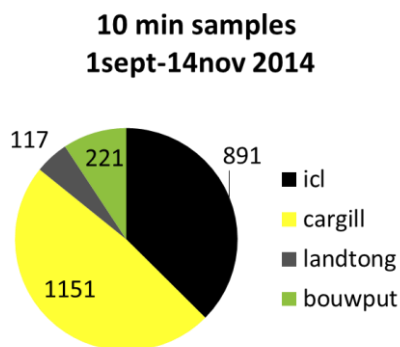
Een samenvatting hiervan is te vinden in een publicatie van het KNMI, *KNMI, Luchtverontreiniging en Weer, Staatsuitgeverij 's-Gravenhage (1974).*

Op de posities die de weegtoeren en kranen aannemen ten opzichte van het schip worden bronnen met een bepaalde emissiesterkte aangenomen. Tijdens de ontladingsactiviteiten ontstaan hier pluimen van verwaaiend stof die zich windafwaarts uitstrekken en die door één van de sensoren worden gedetecteerd. Voor deze meetpositie berekent het model de sensorbelasting die hierdoor ontstaat ten gevolge van deze verwaaiing. Het is mogelijk dat een pluim zich tussen twee meetposities bevindt en dus niet gedetecteerd wordt. Een andere mogelijkheid is dat de pluim de sensor niet bereikt bij (heel) lage windsnelheden. In beide gevallen wordt de data dus niet meegenomen. Daarnaast is het nodig dat zowel de gemeten als gemodelleerde concentratiewaarden niet te laag zijn op de plaats van de sensor (zoals het geval is aan de rand van een pluim) omdat deze dan niet heel betrouwbaar te bepalen zijn. Uit de berekeningen is gebleken dat de variatie in het emissiekental (per 10 minuten) niet meer significant verandert als een ondergrens van $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gekozen wordt.

2.4 Meetperiode

De meetcampagne vond plaats tussen 29 augustus 2014 en 14 november 2014 (74 dagen). De windrichting en windsnelheid ten tijde van de hele meetcampagne is afgebeeld in Appendix A.

Zoals hierboven uitgelegd bepaalt de windrichting welk van de vier meetstations gebruikt wordt voor de bepaling van de bronsterkte. In onderstaande **Figuur 5** is weergegeven hoe vaak (aantallen 10-minutenperiodes) dit gebeurd is per station. Te zien is dat meetstation Cargill het meest wordt meegenomen, gevolgd door meetstation ICL. Dit is vooral het geval voor de periode vanaf begin oktober, als de wind vooral uit het zuiden en zuidwesten komt.



Figuur 5: Aantal 10-minutenperiodes per station voor de berekening van het kental

2.5 Activiteitgegevens

Optimalisatie van de modelberekening wordt mogelijk door gebruik te maken van activiteitgegevens (lossen en laden). Deze zijn door IGMA ter beschikking gesteld. Het gaat daarbij om laad/los-overzichten met locatie en tijdsinformatie over starten en stoppen van verladen alsmede een classificatie van het materiaal. Een overzicht van alle hier meegenomen activiteiten en productkenmerken is te vinden in **Tabel 2**.

Tabel 2: Overzicht van de 12 gebruikte verladings. Tijdens een verlading zijn 1 tot 3 kranen betrokken geweest.

van	tot		Wat gelost?	Specificatie/ opmerking	verladingsnelheid kg/s
01-sep-14 09:34	04-sep-14 17:17	Jin Fan	Soja en citruspulp	Sojameel, sojapellels, soyapass, citruspellels	143.5
05-sep-14 07:33	08-sep-14 22:25	LBC Earth	Soja	Soja-HULL-Pellels en sojameel	216.5
10-sep-14 07:16	11-sep-14 08:01	NBA van Gogh	Soja	Sojapellels	276
13-sep-14 00:04	16-sep-14 08:05	Clymene	Soja	Sojabonen en sojapellels	210.5
17-sep-14 16:50	20-sep-14 22:10	NBC Vermeer	Soja	Sojameel, sojapellels, soyapass	190
24-sep-14 22:10	30-sep-14 04:53	Sun Vill	Palm kernel expellers	Palmmeel, mineralen (24-26 sept)	181.5
10-okt-14 00:40	15-okt-14 13:00	NS Yakutia	Soja	Sojameel	204
15-okt-14 23:37	18-okt-14 02:58	UNITED GALAXY	Soja	Soja-pellels	236
22-okt-14 23:31	25-okt-14 18:02	JI MAY	Soja	Sojameel en soja-HULL-Pellels	241
29-okt-14 01:32	01-nov-14 21:04	Mehmet Aksoy	Maïs	Alleen maïs	289
04-nov-14 09:50	06-nov-14 18:25	Kydonia	Soja	Soyapass, sojapellels	241
11-nov-14 02:55	13-nov-14 08:25	Navios Harmony	Soja	Sojameel, soja-HULL-Pellels, maïs	178.5

3

Resultaten

3.1 Verplaatsing locatie 5

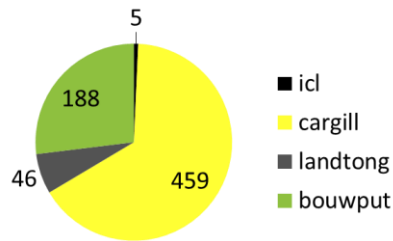
Op vrijdag 29 augustus 2014 is alle apparatuur geplaatst. Na enige tijd bleek dat op locatie 5 ('Bouwput') opwervend stof aanwezig was als gevolg van werkzaamheden op het belendende perceel (**Figuur 6**). Om die reden is op 23 september 2014 de FSS verplaatst naar een punt ten noorden van de oorspronkelijke locatie (**Figuur 2**).



Figuur 6: Voorbeeld van opwervend stof naast de (oorspronkelijke) meetlocatie 5.

In **Figuur 7** is weergegeven welk station bepalend is voor de berekening van het kental in de periode van 1 september tot 23 september. Uit deze figuur blijkt dat meetstation bouwput in ca. 25% van de tijd meegenomen wordt in de berekening van de bronsterkte. Het blijkt dat weglaten van dit station (in deze periode) nauwelijks een verschil gaf in het uiteindelijke resultaat. De conclusie is dat het opwervende stof in deze beginperiode geen rol heeft gespeeld in de berekening van het kental.

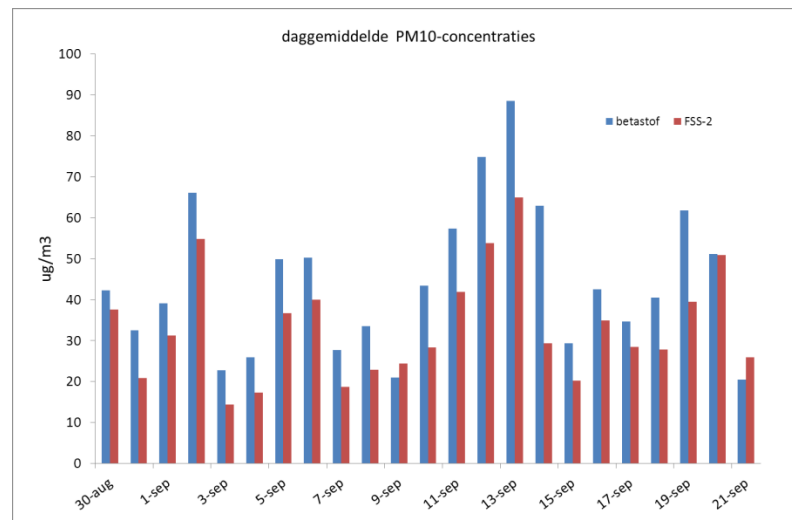
10 min samples 1sept-24sept 2014



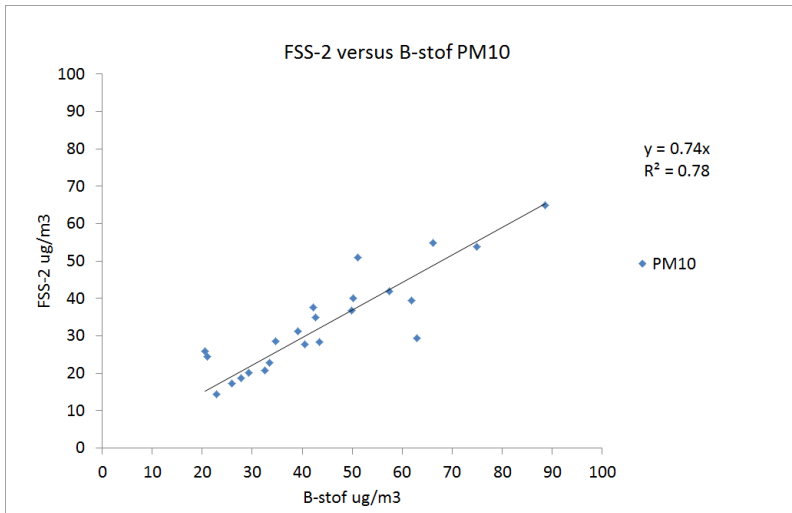
Figuur 7: Aantal 10-minutenperiodes per station voor de berekening van het kental voor de periode 1-24 september

3.2 Validatie fijnstofsensoren

Voor validatie van het sensornetwerk is op de 'Cargill-locatie' een β -stofmonitor ingezet die voorzien is van een PM10-monsternamekop. Dit instrument meet volgens NEN-EN 12341. De gegevens van de optische sensoren worden op tijdsresolutie van de β -stofmonitor (1 uur) gemiddeld om een kalibratie te verkrijgen die recht doet aan de eigenschappen van het stof (zoals typische deeltjesgrootte en samenstelling) ter plekke van het IGMA-terrein. De vergelijking vond plaats gedurende 3 weken. Het resultaat is hieronder afgebeeld in de vorm van de tijdreeks (**Figuur 8**) en XY-plot (**Figuur 9**).



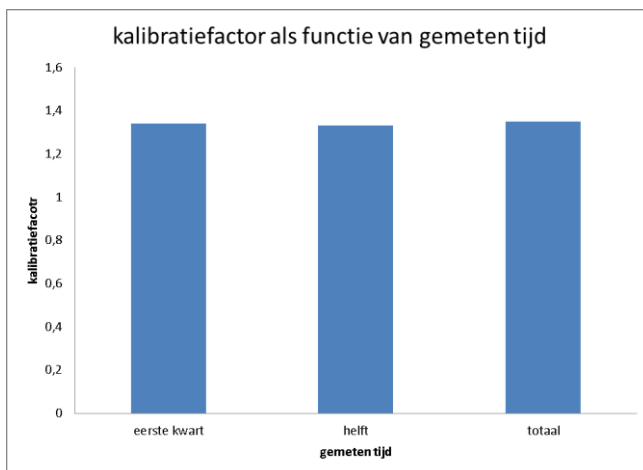
Figuur 8: Daggemiddelde PM10-concentraties van de β -stofmonitor (blauw) en de FSS (rood) op locatie 'Cargill' (no.2)



Figuur 9: XY-verband tussen de FSS en de β -stofmonitor daggemiddelde concentraties op de 'Cargill' locatie (no. 2)

Zoals in **Figuur 8** en **Figuur 9** te zien is, zijn de daggemiddelde concentraties van de β -stofmonitor vergeleken met de FSS'en die naast de β -stofmonitor stonden. Omdat FSS-2 en -3 geen verschil ten opzichte van elkaar te zien gaven is hier alleen FSS-2 met de β -stofmonitordata vergeleken. De dagelijkse gang is identiek en ook de correlatiecoëfficiënt is hoog zodat we met de reciproke waarde van de richtingscoëfficiënt een correctiefactor van 1.35 voor de FSS-concentraties hebben om tot de gewenste absolute concentraties fijnstof te komen. Deze factor is gebruikt in de verdere berekening.

De kalibratiefactor is bepaald over een periode van 23 dagen (30 augustus – 21 september). De factor is berekend na 6, 12 en 23 dagen. In het resultaat (**Figuur 10**) zijn geen variaties gevonden die langer doormeten motiveren.



Figuur 10: Verloop kalibratiefactor als functie van meettijd

3.3 Bepaling kental

Voor de totale meetperiode (1 september tot 14 november 2014) zijn voor de Mercuriusboei bij IGMA 12 zeeschepen gelost. Hierbij is een gemiddeld emissiekental gevonden van:

$$\text{Emissiekental (EK)} = 12 \text{ g/ton}$$

Deze bepaling is gebaseerd op waarnemingen over een totaal van 312 uur in intervallen van 10 minuten.

Na een inmeetperiode is de meettermijn gestart op 1 september 2014 en heeft 74 dagen geduurd, in totaal 1776 uren. Op 14 november 2014 werd de meetperiode afgesloten. Tijdens de meetperiode hebben de vier fijnstofsensoren gedurende 1418 uren gelijktijdig data verzameld die beschikbaar is voor de evaluatie. Dit betekent dat de datadekking 80% van de totale meetperiode bedraagt.

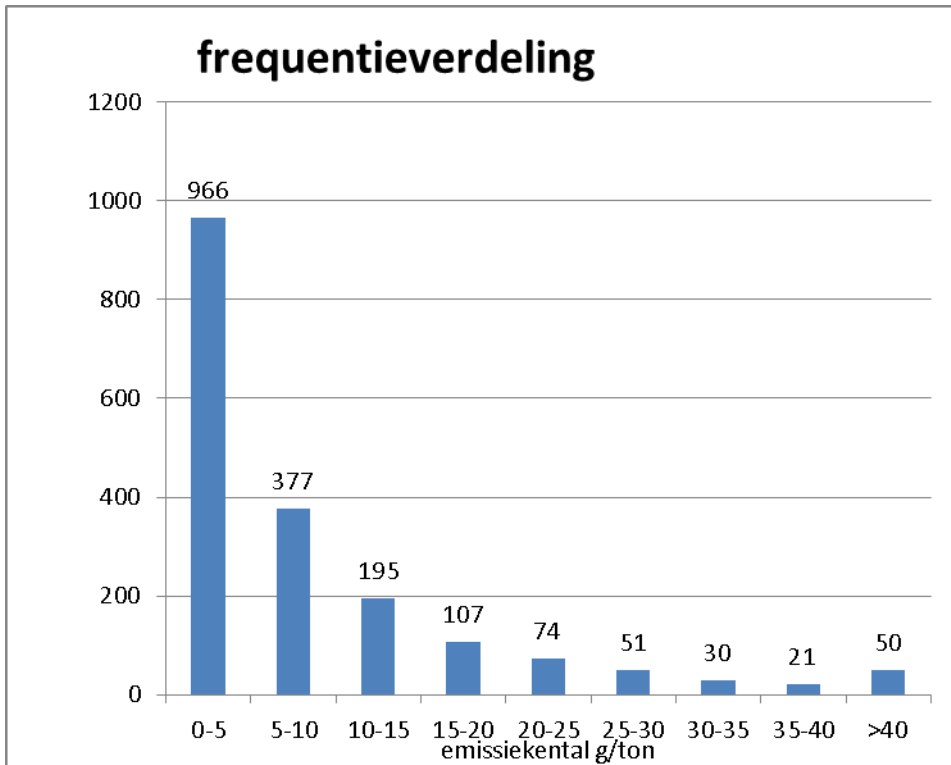
Het emissiekental is berekend voor de uren dat actief verlading plaatsvond. De totale verlaadduur van de 12 schepen, waarin tenminste één van de kranen actief was, bedraagt 565 uren. Met de niet complete datadekking (80%) en de meteorologische randvoorwaarde (windrichting; zie Paragraaf 2.4) geeft dit uiteindelijk een totaal van 312 uren waarvoor een emissiekental werd berekend (voor elke 10 minuten). In onderstaande figuur (**Figuur 11**) is de frequentieverdeling van alle kentallen per 10 minuten gegeven. Hieruit kan geconcludeerd worden dat kentallen hoger dan 25 g/ton optreedt in 8% van de tijd. Alleen al op basis van dit resultaat lijkt een kental van 24 g/ton te hoog.

Bij dit emissiekental is een standaarddeviatie vastgesteld van 11g/ton voor de 10 minuten waarden. Meerdere factoren in de methodiek dragen bij aan de grootte van de standaarddeviatie:

- Meetnauwkeurigheid
- Modelbeschrijving van de pluim
- Mogelijke variatie in verladingstechniek (bijvoorbeeld aantal en soort kranen)
- Mogelijke variatie in de stuifgevoeligheid (als functie van luchtvochtigheid)

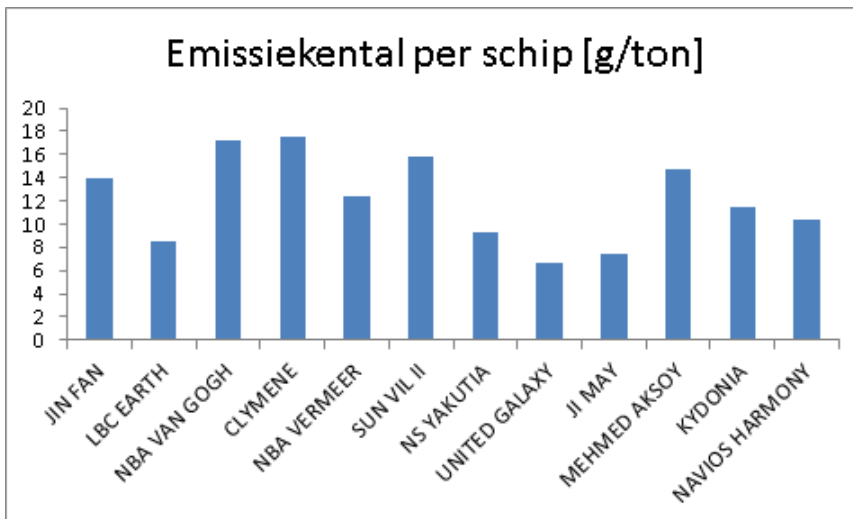
De eerste geeft een toevallige fout die gereduceerd wordt door de meettermijn te verlengen. Uit een analyse van de data is gebleken dat de invloed van meetnauwkeurigheid relatief gering is (zie Appendix B). Onvolkomenheden in het model kunnen al dan niet een systematische fout veroorzaken. De overige factoren zijn verantwoordelijk voor optredende werkelijke variaties in het gevonden kental.

De stuifgevoeligheid wordt mede bepaald door de luchtvochtigheid in de lucht. Bij een hogere vochtigheid hechten de deeltjes meer aan elkaar. Ten tijde van de metingen was de luchtvochtigheid 83%. Dit wijkt nauwelijks af van het jaargemiddelde van 84% (klimaatgemiddelde 1981-2010).



Figuur 11: Frequentieverdeling emissiekental per 10 minuten voor de hele meetperiode.

In **Figuur 12** is het emissiekental per schip getoond. Deze ligt tussen 6 en 18 g/ton. De variaties kennen diverse oorzaken zoals hiervoor is toegelicht. Het aantal 10-minutenwaarden per schip (bepaald door de duur van de verlading) verschilt.



Figuur 12: Emissiekental per schip.

In **Tabel 2** viel af te lezen dat het overgrote deel van de ladingen soja producten bevat. De enige uitzonderingen zijn Sunvill (palmmeel, mineralen) en Mehmet Aksoy (maïskorrels). Palmmeel en maïskorrels behoren tot de S3 producten. Het emissiekental van de Sunvill (**Figuur 12**) wijkt niet opvallend af van de overige kentallen. Gezien de

beperkte statistiek (slechts één schip heeft deels een andere lading dan S3- product), is een zinvolle uitspraak over verwaaiing beïnvloed door het type product niet mogelijk.

Vrins (1999) bevat tevens een opsomming van methoden die aangeven hoe de fijnstofemissie geschat kan worden op basis van meet- en bedrijfsgegevens. Terecht wordt opgemerkt dat bij metingen boven- en benedenwinds gecorrigeerd wordt voor verder weg gelegen bronnen. In het geval van dichtbij gelegen fijnstofbronnen wordt deze correctie lastiger. Indien verkeer en andere industrie (niet op- en overslag) de bronnen zijn is de massabijdrage aan het grove stofdeel verwaarloosbaar in de omgeving van IGMA. Het gaat dus om bronnen die stof emitteren van vergelijkbare deeltjesgrootte. In het geval van IGMA is die kans aanwezig. Deze kans is verkleind omdat bij de windrichtingen van belang er meerdere sensoren als bovenwindse sensor kunnen optreden. Door die sensor met de laagste concentratiewaarde te nemen, wordt een eventuele invloed van een versturende nabijgelegen bron op de bovenwindse verkleind. Het is echter nog steeds denkbaar dat de benedenwindse meting beïnvloed is door een dichtbijgelegen bron. In dat geval zal een hogere bronsterkte c.q. emissiekental berekend worden.

4

Samenvattende conclusies

- Op basis van het hier gepresenteerde onderzoek is voor de verladingsactiviteiten van IGMA een emissiekental berekend van 12 g/ton.
- Analyse van de data laat zien dat de invloed van meeton nauwkeurigheid in de onzekerheid van het emissiekental gering is. Onvolkomenheden in het model kunnen zorgen voor een systematische fout. Andere factoren kunnen leiden tot in werkelijkheid optredende variaties in het kental.
- De frequentieverdeling (**Figuur 11**) toont dat er nogal wat hoge waarden zijn die het gemiddelde emissiekental “omhoogtrekken”. Een oorzaak kan zijn dat bronnen in de nabije omgeving bijdragen aan de gemeten verwaaiing. De situatie bij de Bouwput liet dat overigens niet zien. Een andere reden is de uitstoot die afkomstig is van de (diesel)aandrijving van kraan en schip betrokken bij de verladingsactiviteit. Deze factoren kunnen leiden tot een overschatting van het kental.
- Het in dit rapport gepresenteerde onderzoek is gebaseerd op moderne meettechniek. Het gebruik van snelle sensoren maakt het mogelijk over veel kortere periodes informatie te verzamelen dan met (meer traditionele) apparatuur mogelijk was. Door elke 10 minuten te meten, is het mogelijk die periodes mee te nemen waarin de kranen daadwerkelijk actief zijn geweest. Op deze wijze is een meer representatieve (verbeterde) schatting gemaakt.
- Het overgrote deel van de ladingen bestond uit soja en S3-gerelateerde producten. Omdat slechts één van de twaalf schepen deels een andere lading had die niet S3 is, is onderzoek naar de invloed van een ander type product op het kental niet mogelijk.



Referenties

Vrins E. (1999). *Fijnstofemissies bij op- en overslag*. Vrins Luchtonderzoek rapport Vr008. In opdracht van Ministerie van VROM, Directoraat Generaal Milieubeheer.

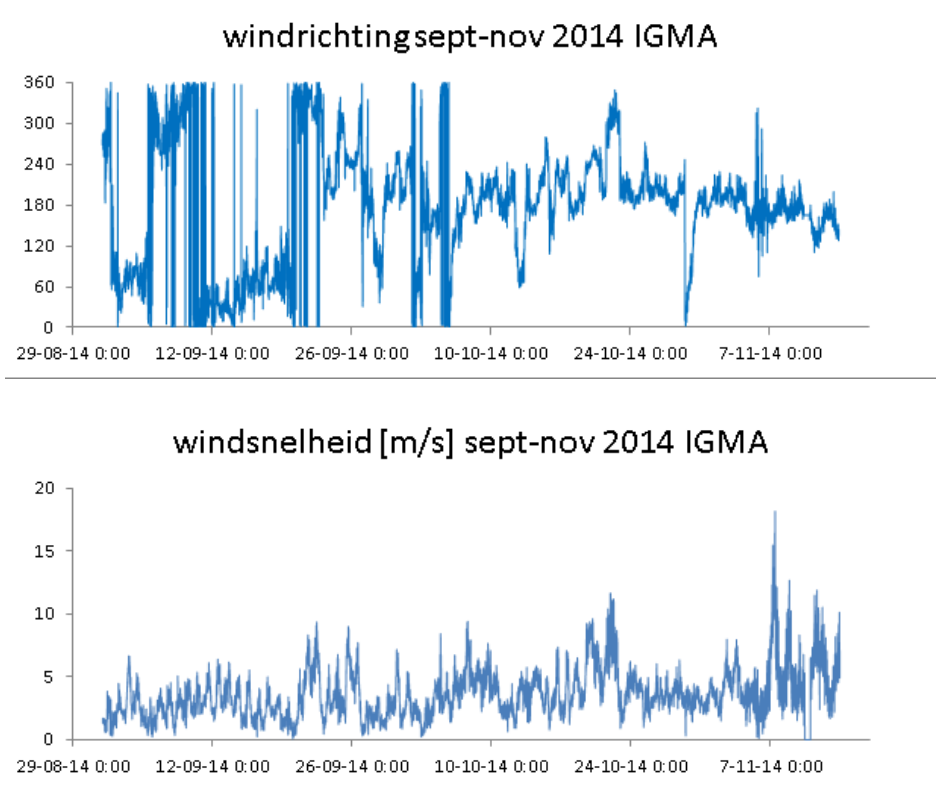
ProMonitoring (2010), *Rapportage betreffende verificatiemetingen kental PM10 voor overslag agri-bulkgoed*.

Pasquill, F. (1974) *Atmospheric diffusion, second ed. J Wiley and sons, New York*.

Chamberlain, A.C.,(1953) *Aspects of travel and deposition of aerosol and vapour clouds, Report AERE-HP/R-1261, 1953*.

KNMI, *Luchtverontreiniging en Weer, Staatsuitgeverij 's-Gravenhage (1974)*

Bijlage A. Windrichting en –snelheid tijdens meetcampagne

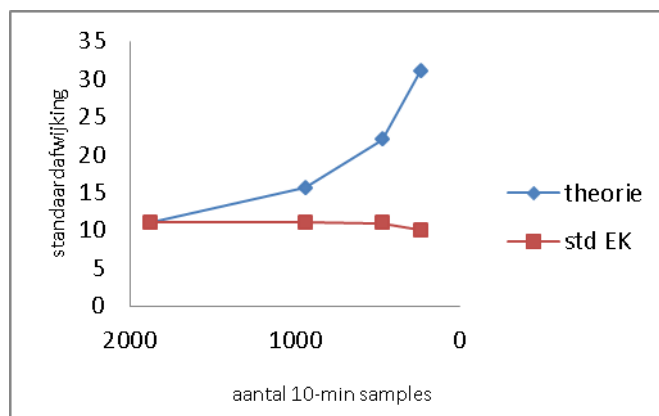


Figuur 13: Windrichting en windsnelheid gedurende de meetperiode

Bijlage B. Rol meetonzekerheid in bepaling emissiekental

In het algemeen wordt de meetonzekerheid van een grootheid onderscheiden in systematische en in toevallige fouten. De toevallige fouten werken door in de standaardafwijking van de grootheid, zoals de in dit rapport gevonden standaardafwijking van het emissiekental (EK) van 11g/ton, met 1870 waarnemingen. Een resultaat uit de statistiek is dat deze meetonzekerheid afneemt met de wortel uit het aantal waarnemingen. Dit resultaat kan toegepast worden op de gevonden 10-min resultaten van het emissiekental om hiermee te bepalen of de meetonzekerheid ten gevolge van toevallige fouten dominant aanwezig is in het kental.

In **Figuur 14** is in blauw weergegeven hoe de onzekerheid van 11 g/ton zou toenemen als het aantal 10-min intervallen ('samples') afneemt van 1870 tot de halve resp. kwart en achtste waarde, indien de meetonzekerheid dominant is. De gevonden standaardafwijking van het emissiekental voor deze waarnemingen is gegeven in rood. Te zien is dat de standaardafwijking nauwelijks varieert voor lagere waarnemingsaantallen, waaruit geconcludeerd kan worden dat de meetonzekerheid door toevallige fouten slechts een kleine rol speelt ten opzichte van de andere factoren die in **Paragraaf 2.3** zijn genoemd.



Figuur 14: Gedrag standaardafwijking van het emissiekental theoretisch berekend en zoals in deze studie gevonden



ECN

Westerduinweg 3
1755 LE Petten

Postbus 1
1755 LG Petten

T 088 515 4949
F 088 515 8338
info@ecn.nl
www.ecn.nl