



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Verkennde metingen aan ultrafijn stof in het IJmondgebied

RIVM-rapport 2020-0095
E.P. Weijers | J. Vonk



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Verkennde metingen aan ultrafijn stof in het IJmondgebied

RIVM-rapport 2020-0095

Colofon

© RIVM 2020

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2020-0095

E.P. Weijers (auteur), RIVM
J. Vonk (auteur), RIVM

Met medewerking van:
S. van Ratingen, RIVM
G. Verhagen, RIVM
J. Ruijter, RIVM
K. van der Waa, RIVM
GGD Amsterdam

Contact:
Ernie Weijers
Onderzoek en Innovatie Milieukwaliteit
ernie.weijers@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van de provincie Noord-Holland

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Verkennde metingen aan ultrafijn stof in het IJmondgebied

Het RIVM heeft in december 2019 en januari 2020 gemeten hoeveel ultrafijn stof (UFP) in het IJmondgebied in de lucht zit. Ultrafijn stof is het aantal zeer kleine deeltjes in de lucht (kleiner dan 0,1 μm). Ultrafijn stof komt in het algemeen van industrie, weg- en vliegverkeer en scheepvaart. Het onderzoek richtte zich op de hoeveelheid ultrafijn stof in IJmuiden, Wijk aan Zee en Beverwijk. Daarbij keken de onderzoekers of er verschillen zijn tussen plekken, tijdstippen en weersomstandigheden. Omdat dit verkennende metingen zijn geweest, worden er in dit rapport geen uitspraken gedaan over gezondheidseffecten.

Tijdens de meetperiode kwam de wind vooral uit het zuiden en zuidwesten. Dit heeft invloed op de meetresultaten. Gemiddeld zijn in Wijk aan Zee de meeste ultrafijne stofdeeltjes gemeten. De aantallen ultrafijne stofdeeltjes zijn dan bijna vergelijkbaar met een drukke straat in de stad. In IJmuiden is het minste ultrafijn stof gemeten. In Wijk aan Zee en Beverwijk is ten tijde van de metingen meer ultrafijn stof gemeten dan in Ookmeer. Ookmeer is een achtergrondstation in Amsterdam-West.

Voor elk meetpunt is berekend welke windrichtingen meer of minder bijdragen. Daardoor weten we dat het ultrafijn stof komt uit het gebied tussen IJmuiden en Wijk aan Zee. Hier zijn meerdere activiteiten waarbij ultrafijn stof kan vrijkomen: industrie, scheepvaart en zwaar transport. Welke bronnen precies de oorzaak zijn, is niet vast te stellen met de informatie uit dit onderzoek.

Het RIVM heeft het onderzoek uitgevoerd in opdracht van de provincie Noord-Holland.

Kernwoorden: ultrafijn stof, IJmond, meten

Synopsis

Exploratory measurements of ultrafine particulate matter in the IJmond area

In December 2019 and January 2020, RIVM measured the presence of ultrafine particles (UFP) in the air in the IJmond area. Ultrafine particles are extremely small particles (smaller than 0.1 μm) found in the air. They generally originate from industry, road and air traffic, and shipping. This study focused on the levels of ultrafine particles in IJmuiden, Wijk aan Zee and Beverwijk. The researchers looked at whether there were differences between locations, at different times and under varying weather conditions. Because these have been exploratory measurements, no statements are made in this report about (possible) health effects.

The wind came primarily from the south and south-west during the measuring period. This affected the measurement results. On average, most ultrafine particles were measured in Wijk aan Zee. The number of ultrafine particles here were almost as high as in a busy city street. The lowest numbers of ultrafine particles were measured in IJmuiden. More ultrafine particles were measured in Wijk aan Zee and Beverwijk than in Ookmeer, a background station in the Amsterdam-West district.

The wind directions responsible for contributing lower or higher numbers of ultrafine particles were calculated for each measuring point. As a result, we know that the particles originate from the area between IJmuiden and Wijk aan Zee. There are various activities in this area, such as industry, shipping and heavy transport, that can release ultrafine particles. The information resulting from this study is not sufficient to be able to determine the precise sources.

RIVM was commissioned by the Province of North Holland to carry out this study.

Keywords: ultrafine particles, IJmond, measurement.

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 11

2 Experimentele opzet — 13

2.1 Meetlocaties — 13

2.2 Meetapparatuur — 14

2.3 Vergelijkingsmeting — 15

2.4 Windrichting — 17

3 Resultaten en discussie — 19

3.1 Deeltjesaantallen per meetpunt — 19

3.2 Tijdreeksanalyse — 20

3.3 Windrichtingsafhankelijkheid — 21

4 Conclusies — 25

Referenties — 27

Bijlage 1 Overige tijdreeksen van deeltjesaantallen in het IJmondgebied — 29

Samenvatting

In de periode december 2019 – januari 2020 heeft het RIVM 'ultrafijne deeltjes' (UFP) gemeten in het IJmondgebied. Dit gebeurde op verzoek van Gedeputeerde Staten van de provincie Noord-Holland. Ultrafijn stof is de fractie aan zeer kleine deeltjes in de lucht (kleiner dan 0,1 μm). Ze zijn afkomstig van weg- en vliegverkeer, scheepvaart en industrie. De gezondheidseffecten die UFP-deeltjes (mogelijk) veroorzaken zijn nog niet goed bekend. Omdat dit verkennende metingen zijn geweest, worden er in dit rapport geen uitspraken gedaan over gezondheidseffecten. Rondom Schiphol doet het RIVM al langere tijd onderzoek om meer inzicht te krijgen in mogelijke gezondheidseffecten van ultrafijn stof. In 2021 wordt het laatste deel van dit onderzoek gepubliceerd, de studie naar lange-termijn-gezondheidseffecten rondom Schiphol.

Het doel van de studie naar ultrafijn stof in de IJmond was om te weten te komen welk aantal ultrafijne stofdeeltjes er aanwezig is en of er verschillen zijn waar te nemen tussen plekken, tijdstippen en weersomstandigheden. In deze studie zijn niveaus en onderlinge verschillen vastgesteld. Er is daarvoor op drie plekken gemeten gedurende 54 dagen. Ook is er op één plek buiten de IJmond gemeten (Ookmeer, GGD Amsterdam), zodat daarmee vergeleken kon worden.

Tijdens de meetperiode kwam de wind vooral uit het zuiden en zuidwesten. Dit heeft invloed op de meetresultaten. Gemiddeld werd in Wijk aan Zee het meeste ultrafijn stof gemeten. Daarna Beverwijk en in IJmuiden het minste. Ten tijde van de metingen werden op de stations in Wijk aan Zee en Beverwijk meer UFP-deeltjes gemeten dan in Ookmeer. Het aantal ultrafijne stofdeeltjes in Wijk aan Zee is bijna vergelijkbaar met een drukke straat in een stad.

Voor elk meetpunt werd berekend welke windrichtingen meer of minder bijdragen. De meest voorkomende windrichting was zuidzuidwest (290 uur van in totaal ruim 1300 uur). Bij deze windrichting is in Wijk aan Zee bijna vier keer zoveel UFP als in IJmuiden. Bij wind uit het noorden of noordwesten zijn de aantallen deeltjes in Wijk aan Zee veel lager. Het hogere niveau in Beverwijk treedt op als de wind uit het zuidwesten komt.

Het verschil in aantallenconcentraties toont de aanwezigheid van UFP-bronnen in het gebied tussen IJmuiden en Wijk aan Zee aan. De vraag welke van de bekende emissiebronnen (industrie, scheepvaart, zwaar transport) het meest bijdraagt, is niet eenvoudig te beantwoorden. Zo liggen genoemde bronnen dicht bij elkaar, en zijn grootte, continuïteit en precieze locaties van de emissies niet bekend.

Dit zijn metingen geweest over twee maanden. Bij een andere verdeling van windrichtingen zullen niveaus op de stations veranderen. Bijvoorbeeld, bij meer noordwestenwind (met zeer schone lucht van zee), zullen de (gemiddelde) niveaus in Wijk aan Zee en Beverwijk dalen. Dit verandert bovenstaande conclusies overigens niet.

1 Inleiding

Op verzoek van Gedeputeerde Staten van de provincie Noord-Holland heeft het RIVM een meetcampagne uitgevoerd in de regio IJmond met als doel een beeld te krijgen van de concentraties ultrafijn stof in dit gebied. Ultrafijn stof (UFP, 'ultrafines') ontstaat bij verbrandingsprocessen. De belangrijkste bronnen zijn wegverkeer, scheepvaart, luchtvaart, industrie en houtverbranding. In het IJmondgebied is sprake van industriële verbrandingsprocessen, zwaar vrachtverkeer en scheepvaart en daarom zijn hogere niveaus aan UFP wel aannemelijk.

Fijn stof in de lucht bestaat uit deeltjes die verschillen in grootte. De gereguleerde massafracties van fijn stof worden aangeduid met PM₁₀ en PM_{2,5} en bevatten de deeltjes die kleiner zijn dan 10 resp. 2,5 µm. Ultrafijne deeltjes zijn deeltjes met een diameter van minder dan 100 nm (= 0,1 µm, maar deze grens is niet scherp vastgesteld). Omdat ze zo klein zijn, dragen ze nauwelijks bij aan de concentraties van PM_{2,5} en PM₁₀ en wordt hun aanwezigheid uitgedrukt als het aantal deeltjes per volume-eenheid lucht (cm³). Om het onderscheid tussen aantallen en massa te maken, worden de aanduidingen 'deeltjesaantal' of 'aantallenconcentratie' gehanteerd.

Algemeen wordt aangenomen dat ultrafijn stof effect op de gezondheid kan hebben. De huidige stand van de wetenschap laat echter nog niet toe onderbouwde uitspraken te doen over de concentraties waarbij effecten op de gezondheid kunnen optreden (*Thinking outside the box team*, 2019). Er is daarom ook nog geen wettelijke norm of gezondheidkundige advieswaarde.

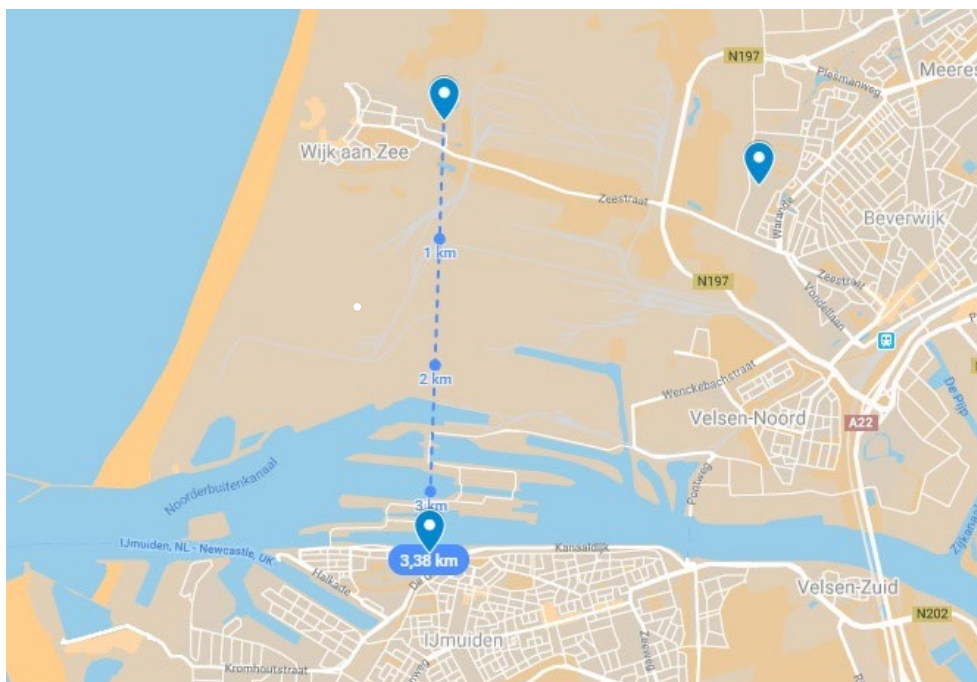
In 2019 heeft het RIVM een onderzoek gepubliceerd naar effecten van kortdurende blootstelling aan UFP rond Schiphol (Janssen et al., 2019). In 2021 verwacht het RIVM het resultaat van het laatste gedeelte van het gezondheidsonderzoek rondom Schiphol te publiceren. Deze studies betreffen wel een ander brontype (vliegtuigemissies) dan in het IJmondgebied. De chemische en fysische eigenschappen (en mogelijk gezondheidsimplicaties) van het UFP zullen naar verwachting anders zijn. De studie zal dus kennis over mogelijke gezondheidseffecten van ultrafijn stof bevatten, maar is niet één op één te vertalen naar de situatie in de IJmond.

De hier gepresenteerde studie richt zich op het meten van de aantallen ultrafijne stofdeeltjes in het IJmondgebied en doet geen uitspraken over gezondheidseffecten.

2 Experimentele opzet

2.1 Meetlocaties

De metingen zijn gelijktijdig uitgevoerd op een drietal meetstations in het IJmondgebied: Wijk aan Zee (De Banjaert), Beverwijk (Creutzberglaan) en IJmuiden (Kanaalstraat). Het betreft hier industrieel beïnvloede stations in bewoonde gebieden. Deze stations worden beheerd door de GGD Amsterdam in opdracht van de provincie Noord-Holland. Op eerstgenoemde locatie werd door plaatsgebrek een meetaanhanger bijgeplaatst. Aangezien deze net als de meetstations voorzien was van airco, waren meetomstandigheden op alle stations gelijkwaardig. In Figuur 1 is de positie van de meetpunten aangegeven en in Tabel 1 staan verdere gegevens met bijbehorende datastatistieken. Er is over een periode van in totaal 54 dagen gemeten (4 december 2019 – 28 januari 2020). De afstand tussen de meetpunten IJmuiden en Wijk aan Zee bedraagt 3,4 km.



Figuur 1 IJmondgebied met de locaties van de meetstations Wijk aan Zee, Beverwijk en IJmuiden.

Tabel 1 Gegevens meetpunten.

Locatie	Stationsnummer	Coördinaten	Periode	Aantal uren	Data-dekking (%)
Wijk aan Zee	553	52°29'38.1"N 4°36'13.0"E	4-12-2019 - 28-1-2020	1312	98
Beverwijk	570	52°29'38.1"N 4°36'13.0"E	4-12-2019 - 28-1-2020	1317	98
IJmuiden	551	52°27'47.2"N 4°36'06.7"E	4-12-2019 - 28-1-2020	1317	98

2.2 Meetapparatuur

De metingen zijn uitgevoerd met drie *Environmental Particle Counters* (EPC's; fabrikant TSI, type 3783; Figuur 2). Ze zijn gebaseerd op de 'oudere' CPC (*Condensation Particle Counter*)-technologie en ontwikkeld voor langdurige monitoring in de buitenlucht. EPC's (en CPC's) zijn deeltjestellers die alle zwevende deeltjes boven een bepaalde diameter kunnen tellen doordat er in een hoog verzadigde atmosfeer eerst druppeltjes van gemaakt worden. Deze druppeltjes worden geteld met een laser, een optisch systeem en een lichtgevoelige cel die van iedere lichtflits een spanningspuls maakt. De kleinste deeltjes die met een efficiëntie van 50 procent gemeten kunnen worden met dit type EPC zijn 7 nm groot (1 nm = 0,001 µm)¹.

Er is geen bovengrens; de EPC's meten dus ook deeltjes groter dan 100 nm. Omdat er daar zoveel minder van zijn, dragen ze maar weinig bij aan de deeltjesaantallen. De meetmethode is vrijwel absoluut tot het niveau waarop de deeltjes niet meer apart (als losse pulsen) geteld kunnen worden. Daarboven wordt de totale lichtverstrooiing gemeten en gekoppeld aan aantallen vastgesteld met kalibratietechnieken.



Figuur 2 *Environmental Particle Counter*, TSI type 3783.

Het instrument geeft als resultaat het aantal stofdeeltjes per cm³ als gemiddelde per tijdseenheid (hier ingesteld op 1 minuut). Er is met deze

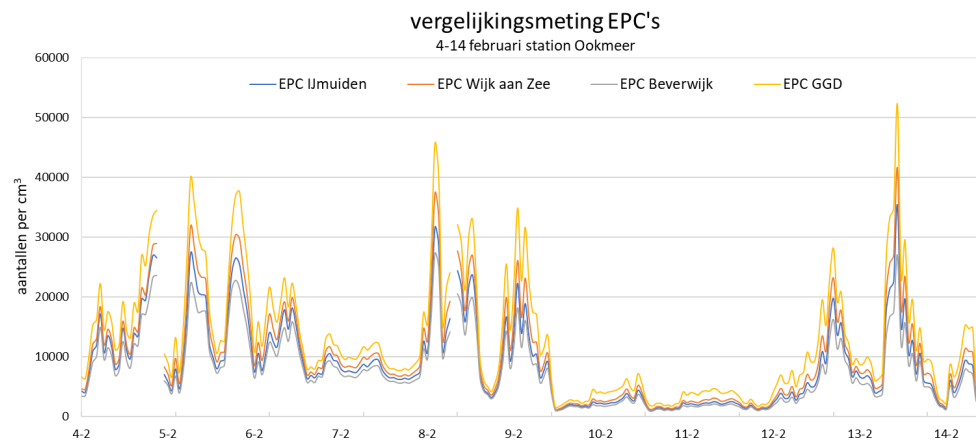
¹ De EPC gebruikt gedemineraliseerd water als werkvloeistof (in plaats van butanol bij de CPC). Verder is de toepassing van een cycloon mogelijk om bijvoorbeeld alleen de PM_{2,5}-fractie te bemonsteren. In deze studie werd het totaal aan stof gemeten, door gebruik te maken van een antistatische slang met een glazen trechter en een bijbehorende flowinstelling van 0,6 liter per minuut.

apparatuur eerder gemeten tijdens de recente Schiphol-meetcampagne (Van Dinther et al., 2019). De ruwe meetdata (minuutwaarden) is gecontroleerd op om technische redenen afwijkende waarden; deze zijn verwijderd. De uurwaarde is berekend als voor minimaal 75% van de minuten (in het betreffende uur) een meetwaarde aanwezig was.

Er bestaan verschillende instrumenten waarmee UFP gemeten kan worden. Het aantal ultrafijne deeltjes dat gemeten wordt, is sterk afhankelijk van een aantal specificaties van de apparatuur: bijvoorbeeld de ondergrens van detecteerbare deeltjes, de grens tot waar individuele deeltjes gedetecteerd kunnen worden en de bovengrens van het aantal deeltjes dat bepaald kan worden. Daarnaast spelen andere keuzen (wel of niet drogen van het monstergas, soort condensatievloeistof) een rol. Het aantal deeltjes dat gemeten wordt, is dus afhankelijk van de gebruikte apparatuur en de instelling. Dit heeft als consequentie dat bij de interpretatie van de gemeten deeltjesaantallen en vergelijking met andere UFP-studies altijd de gebruikte meetapparatuur in acht genomen moet worden (naast de keuze en duur van de meetperiode).

2.3 Vergelijkingsmeting

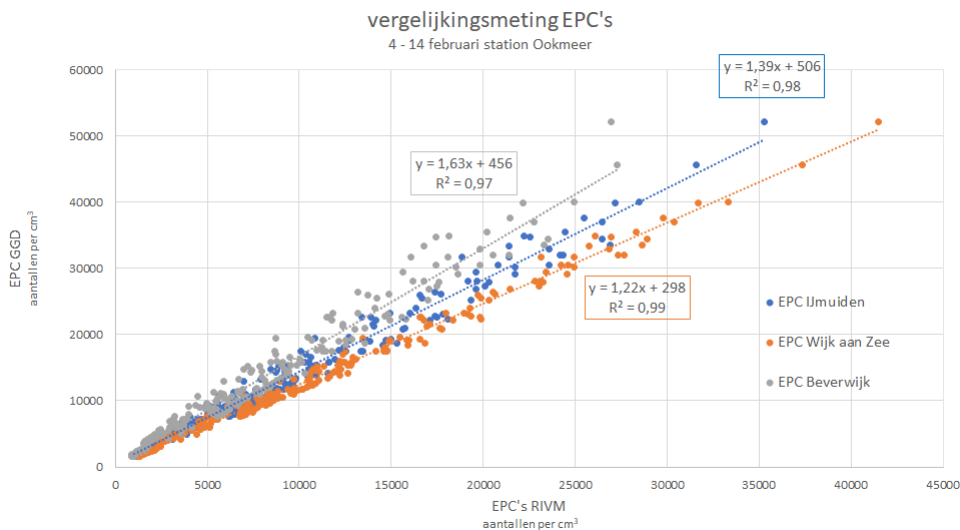
Om meetverschillen tussen de instrumenten (EPC's RIVM) vast te stellen, is een zogenoemde 'vergelijkingsmeting' uitgevoerd. Deze meting vond vooraf en na afloop plaats op het GGD-meetstation Ookmeer. Op dit station staat een EPC van hetzelfde type (EPC GGD); dit instrument diende daarom als referentie voor de EPC's RIVM. Omdat voor de meetcampagne op de drie stations de configuratie gewijzigd moest worden (verandering in de lengte van de aanzuigslangen), is alleen de vergelijkingsmeting na afloop gebruikt. Deze had dezelfde technische configuratie als die tijdens de meetcampagne en vond plaats tussen 4 en 14 februari 2020. De deeltjesaantallen (uurgemiddelden) zoals gemeten tijdens de vergelijkingsperiode door de drie EPC's RIVM en de EPC GGD zijn afgebeeld in Figuur 3.



Figuur 3 Tijdreeksen van de vier EPC's tijdens de vergelijkingsmeting op station Ookmeer (4-14 februari 2020).

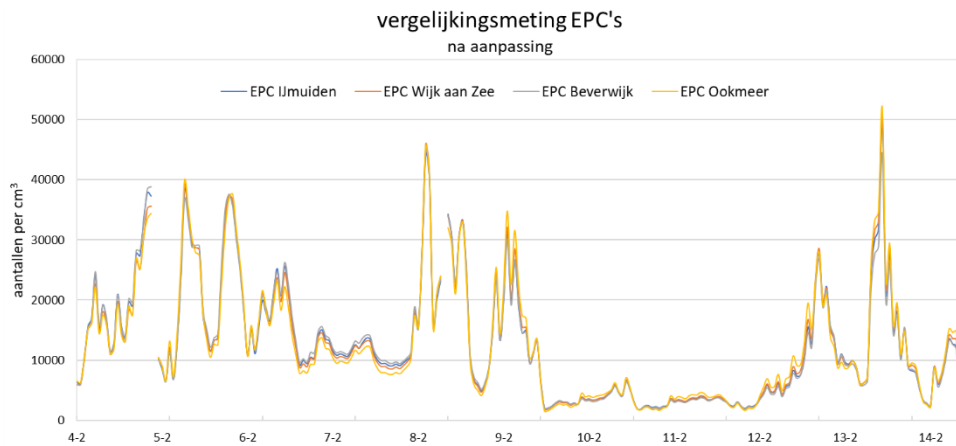
De variaties in de tijd op Ookmeer worden door alle vier de instrumenten goed bemeten. Het meetsignaal van de instrumenten toont onderling (geringe) verschillen door verlies aan deeltjes. Deze 'verliezen' zijn

verklaarbaar uit verschillen in lengte van de aanzuigleidingen en een andere flowinstelling van de EPC GGD (3,0 l/min). Hoe langer de leiding, hoe groter het (diffusie)verlies aan deeltjes. De EPC GGD heeft de kortste aanzuigleiding. Voor dergelijke verliezen kan via een theoretische correctie gecompenseerd worden (onder andere beschreven in de Technische Specificatie 16976, 2016). Hier is gekozen de meetdata onderling vergelijkbaar te maken op basis van de (gelijktijdige) metingen in Ookmeer. De EPC GGD is als referentie gekozen. De EPC's RIVM worden dan gecorrigeerd aan de hand van lineaire regressie: in onderstaande figuur zijn X-Y-plots afgebeeld, met daarin voor elke EPC RIVM een regressievergelijking met als onafhankelijke variabele de data van de EPC GGD op de Y-as (Figuur 4).



Figuur 4 Regressielijn voor de RIVM EPC's op basis van de vergelijkingsmeting op station Ookmeer (4-14 februari 2020).

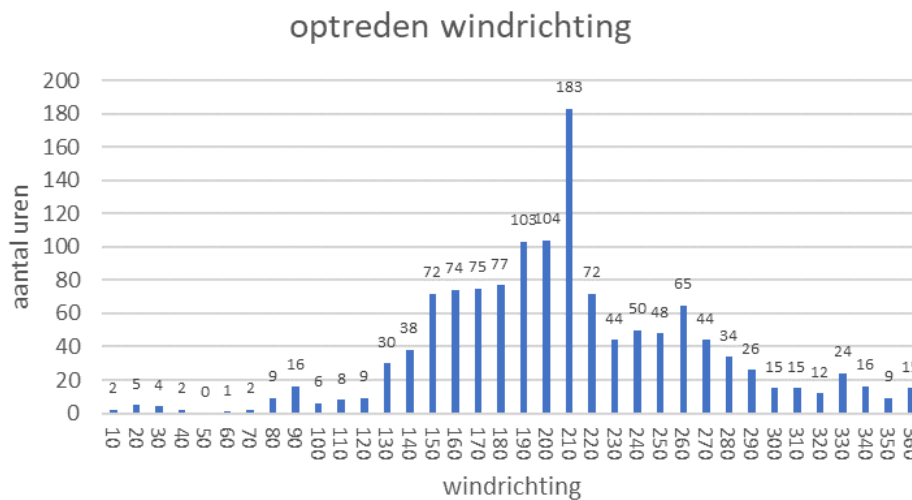
Na toepassing van deze vergelijkingen is de data van de stationsmetingen in de IJmond opnieuw berekend. Met deze aangepaste data (Figuur 5) zijn de verschillen tussen de tijdreeksen in Figuur 3 (vrijwel) verdwenen.



Figuur 5 Tijdreeksen van de vier EPC's tijdens de vergelijkingsmeting na correctie.

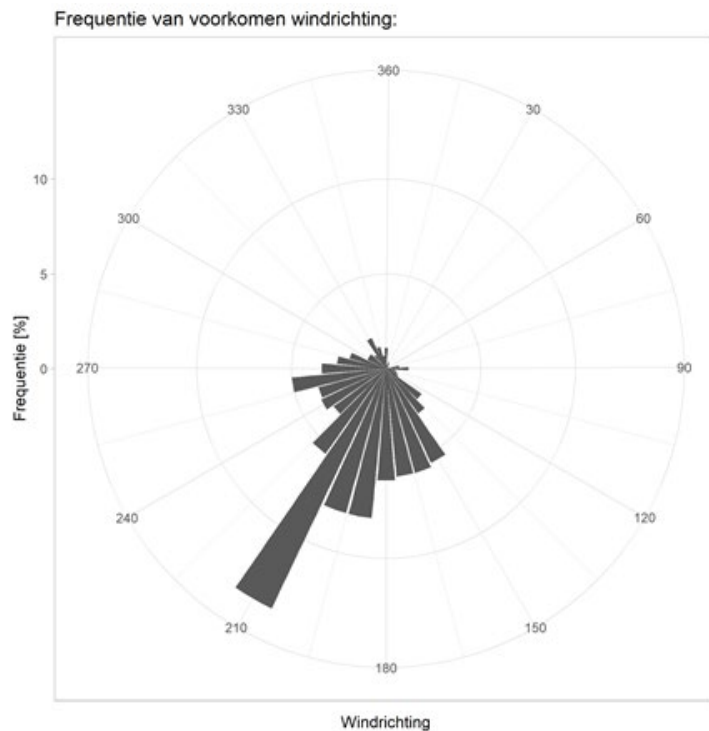
2.4 Windrichting

Gegevens over de windrichting zijn afkomstig van het KNMI-weerstation IJmuiden (no. 225). De KNMI-gegevens van de windrichting (uitgedrukt in sectoren van een tiental graden) zijn opgebouwd uit gemiddelde windrichtingen over de laatste tien minuten van ieder uurvak. De bijbehorende uren aantallen per sector zijn te vinden in Figuur 6.



Figuur 6 Voorkomen van windrichting tijdens de meetcampagne (aantal uren per sector van 10 graden).

In Figuur 7 is dezelfde informatie weergegeven in een windroos. De figuur laat zien hoe vaak de wind uit een bepaalde richting komt (uitgedrukt in percentages). Ook hier zijn de richtingen opgedeeld in zesendertig klassen van 10 graden. Hoe langer een staafje, hoe vaker de wind uit de bijbehorende richting komt.



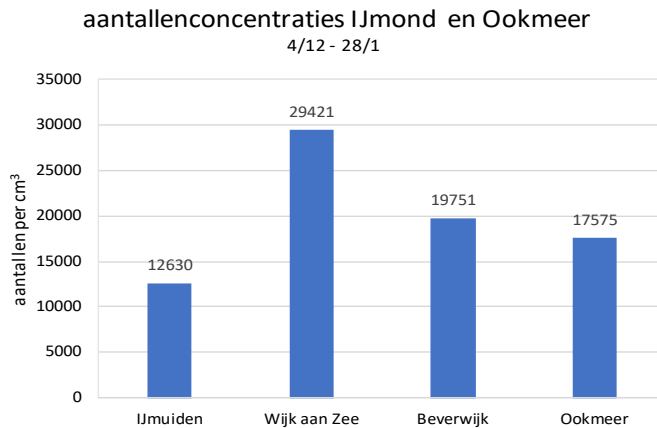
Figuur 7 Windroos voor de periode 4 december 2019 – 28 januari 2020. Linksboven is een schaal weergegeven waarmee de procentuele frequentie kan worden afgelezen.

Tijdens de meetperiode kwam de wind uit richtingen tussen 120° (oostzuidoost) en 290° (westnoordwest). Windrichtingen tussen 190° en 210° zijn het meest frequent (30 procent van de meettijd). Normaal is dit 11 procent (met meer wind uit het oosten en noordwesten). De windrichting 210° is sterk overheersend (14 procent).

3 Resultaten en discussie

3.1 Deeltjesaantallen per meetpunt

De deeltjesaantallen gemiddeld over de meetperiode gemeten op de drie stations in de IJmond zijn afgebeeld in Figuur 8. Ter vergelijking is ook de gemiddelde concentratie voor Ookmeer gegeven (voor dezelfde periode).



Figuur 8 Gemiddelde aantallen deeltjes op de vier stations gedurende de meetperiode.

Op het meetpunt Wijk aan Zee is gemiddeld het hoogste deeltjesaantal gemeten. Het niveau in Beverwijk is lager, maar ligt nog boven Ookmeer. De laagste waarde is te vinden op het meetpunt IJmuiden. Omdat deze niveaus nogal verschillen, is de relatieve standaarddeviatie (RSD = standaarddeviatie uitgedrukt als percentage van het gemiddelde) berekend. Ook deze waarde is het hoogst in Wijk aan Zee: 90 procent, en 80-83 procent voor de overige drie stations. Dit betekent dat relatief gezien de aantallenconcentraties in Wijk aan Zee het sterkst variëren. De hogere waarden voor gemiddelde en RSD op het meetpunt Wijk aan Zee (en in mindere mate Beverwijk) wijzen op een combinatie van overheersende windrichting en bovenwinds gelegen bronnen tijdens de metingen.

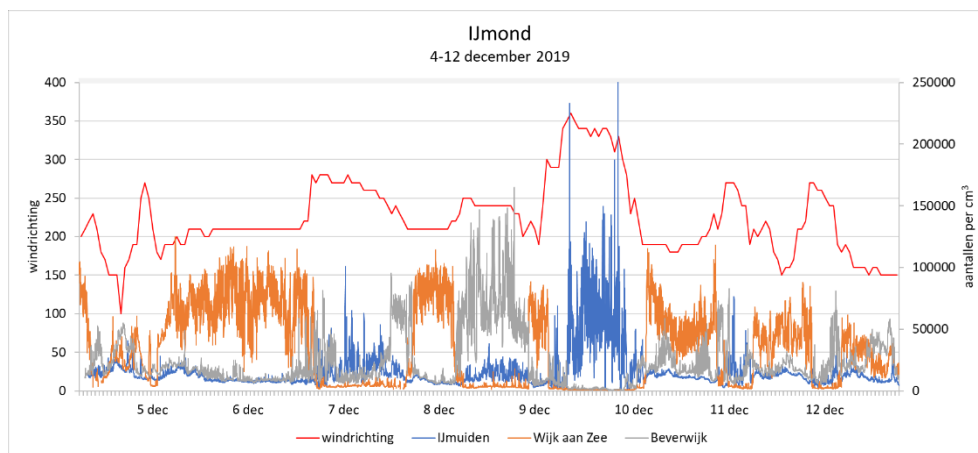
Ookmeer is een stedelijk achtergrondstation, dat wil zeggen in stedelijk gebied, maar niet in de nabijheid van drukke wegen of industrie. Wel wordt hier een bijdrage van Schiphol gemeten (Voogt et al., 2019). Behalve station Ookmeer zijn er geen andere ultrafijne stofmetingen waarmee *gelijktijdig* vergeleken kan worden. De resultaten zijn daarom vergeleken met wat in de literatuur is gerapporteerd. Volgens Kumar et al. (2014) zijn de deeltjesaantallen op verkeersbelaste locaties in Amsterdam en Utrecht 31.000 cm⁻³ respectievelijk 38.600 cm⁻³. Nederlandse studies geven in Rotterdam (Keuken et al., 2012) en Amsterdam (Hoek et al., 2011) aantallen concentraties van ongeveer 40.000 cm⁻³. Het gemeten niveau van Wijk aan Zee (gemiddeld over de twee maanden van deze meetperiode) ligt vergeleken met deze waarden dan iets onder dat van een verkeersbelast meetpunt.

Stedelijke achtergrondconcentraties zijn lager. Metingen uitgevoerd in het kader van het JOAQUIN-project (2015) resulteerden voor Amsterdam in een jaargemiddelde achtergrondconcentratie van rond de 9.500 cm^{-3} . Bij metingen rondom Schiphol bleek dat de achtergrondniveaus op de verschillende meetstations rondom de 10.000 cm^{-3} lagen, tenzij er veel verkeer was in de omgeving van een meetpunt (Voogt et al., 2019).

Zoals al besproken in paragraaf 2.2, wordt het vergelijken met UFP-meetdata uit andere meetcampagnes bemoeilijkt door verschillen in instrumentatie en technische instelling, en verder in meetduur, weersomstandigheden en afstand tot bronnen. Ook zullen eigenschappen (chemisch/fysisch) van het ultrafijn stof in het IJmondgebied anders zijn dan bij bronnen als wegverkeer en vliegtuigen.

3.2 Tijdreeksanalyse

Om inzicht te krijgen in de snelle veranderingen in deeltjesaantallen is hieronder een voorbeeld van de ruwe tijdreeksen (minuutwaarden) afgebeeld, zoals gemeten op de drie stations (Figuur 9); de periode beslaat negen dagen (4-12 december 2019). Ook de windrichting (per uur) is afgebeeld (KNMI-station IJmuiden). De figuur illustreert hoe aantallen deeltjes kunnen variëren en de invloed van de windrichting daarop. Voor de andere tijdreeksen gedurende de meetperiode (opgenomen in bijlage A) gelden soortgelijke analyses.



Figuur 9 Tijdreeksen van deeltjesaantallen en heersende windrichting gemeten op de drie stations in het IJmondgebied (minuutwaarden).

Op elk station variëren de aantallen deeltjes sterk in de tijd. Ook is duidelijk dat het verloop op elk station anders is. Dit is op voorhand te verklaren door dichtbijgelegen bronemissies en een aanvoer van lucht uit verschillende richtingen. Als bronnen verder weg liggen, zou het gedrag in de tijd op de stations veel meer op elkaar lijken.

Verdere bestudering laat enkele opvallende momenten zien:

- Op 5-6 december (en in de avond van 7 en in de nacht op 8 december) is sprake van (bijna) zuidwestenwind (200° - 220°). De niveaus op Wijk aan Zee zijn dan duidelijk verhoogd (ruwweg 50.000 - 100.000 cm^{-3}); stations IJmuiden en Beverwijk laten

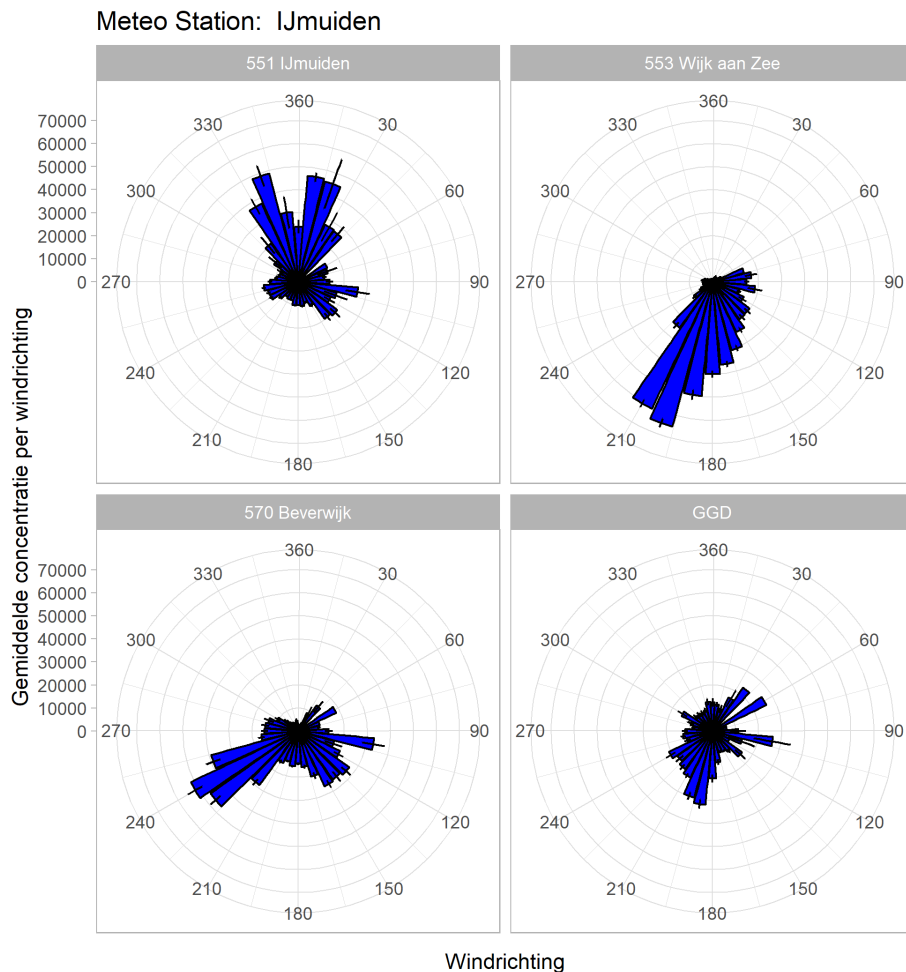
beide juist lage waarden zien (minder dan 16.000 cm^{-3}). Ten zuiden van IJmuiden zijn geen nabijgelegen (sterke) bronnen en wordt er een (lokale) achtergrondbijdrage gemeten. Kennelijk is er bij deze windrichting in Beverwijk evenmin sprake van bronnen dichtbij.

- Later op de dag van 8 december draait de wind (naar 230° - 250° ; west tot zuidwest). Bij deze aanvoer zijn de niveaus in Beverwijk het hoogst (30.000 - 120.000 cm^{-3}) onder invloed van bronemissies gelegen tussen het meetpunt en de zee. In Wijk aan Zee voert de wind nu meer lucht over zee aan met veel lagere UFP-waarden (minder dan 5.000 cm^{-3}).
- Later op de dag van 9 december (vanaf ca. 10:00 tot 04:00 de volgende dag) komt de wind uit het noorden en noordwesten (290° - 360°). Niveaus zijn nu duidelijk verhoogd in IJmuiden. De twee opvallende piekwaarden (boven 200.000 cm^{-3}) zijn waarschijnlijk passerende schepen. De duur is slechts enkele minuten. Het meetpunt ligt op ongeveer 60 m van de rand van het kanaal; de bijbehorende pluimen zijn daar begrensd in omvang en nog niet veel verdund.
- Opvallend deze dag zijn ook de zeer lage concentraties op de stations Wijk aan Zee en Beverwijk. Dit komt door de aanvoer van (zeer) schone zeelucht uit het noordwesten (en de afwezigheid van bronnen).
- Als de wind uit het zuiden komt (ca. 180° ; op 10 december vanaf ca. 6:00) lopen de niveaus in Wijk aan Zee weer op (ongeveer tussen 30.000 en 90.000 cm^{-3}). Beverwijk (20.000 - 50.000 cm^{-3}) is nu hoger dan de gemeten concentraties in IJmuiden (maar nog altijd lager dan die gevonden in Wijk aan Zee).
- Verder opvallend deze dag (en op 11 december) voor de metingen op Wijk aan Zee is de relatief snelle en grote stijging in aantallen deeltjes van laag (om 8:00) naar hoog ($> 100.000 \text{ cm}^{-3}$ om 8:50) bij een draaiende wind (west naar zuid) en later weer de daling van boven de 100.000 cm^{-3} (01:54; 11 december) naar minder dan 5.000 cm^{-3} (02:40) (zuid naar west). Nu hangt de duur van de gemeten concentratieverandering af van de snelheid waarmee de windrichting verandert. De continuïteit van de stijging (en bij terugkeer daling) bij het veranderen van de windrichting duidt op een meetbare begrenzing aan een vervuilde luchtmassa (pluim). Dit kan, als er sprake is van (een) dichtbijgelegen emissiebron(nen) en er (dus) nog relatief weinig verdunning heeft plaatsgevonden.

3.3 Windrichtingsafhankelijkheid

In de vorige paragraaf is het gedrag op de drie stations in detail vergeleken voor een periode van negen dagen (minuutwaarden). In deze paragraaf wordt de afhankelijkheid van de windrichting gepresenteerd na middeling van de (uurgemiddelde) concentraties per windsector (in stappen van 10 graden). Hiervoor zijn de data van de hele meetcampagne gebruikt. Het resultaat is te zien in Figuur 10 met een 'pollutieroos' voor elk meetstation; ter vergelijking is ook het resultaat voor station Ookmeer weergegeven.

Bij de interpretatie van deze figuur is het van belang er rekening mee te houden dat niet elke windrichting even vaak voorkomt (zie Figuur 7). Het resultaat voor minder frequente richtingen kent daarmee een grotere onzekerheid. Het is van belang te constateren dat op basis van enkele maanden meten geen 'jaargemiddeld' beeld wordt verkregen, doordat meteorologie en emissies variëren in de tijd.



Figuur 10 Pollutierozen berekend voor elk van de meetpunten in de IJmond, met ter vergelijking dezelfde periode voor station Ookmeer. De streepjes geven de standaardafwijking voor de gemiddelde concentratie per windrichtingssector.

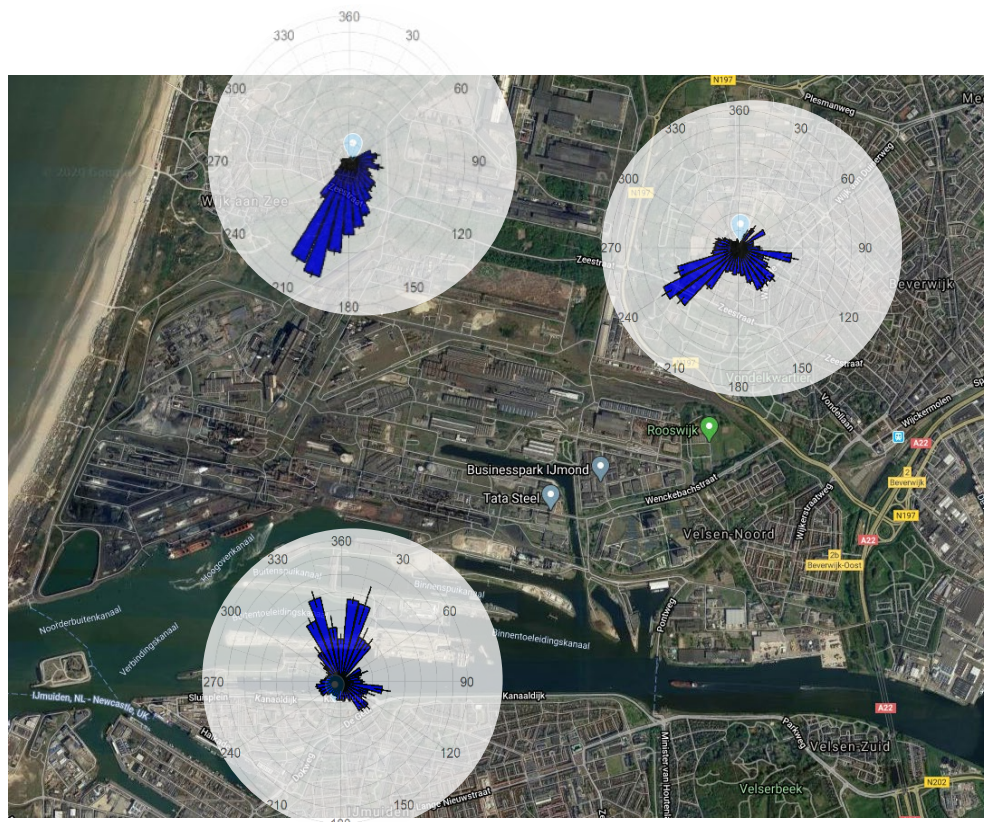
De deeltjesaantallen-verdelingen per windrichting zijn duidelijk verschillend op de drie stations: elke 'pollutieroos' kent andere windrichtingen, met duidelijk hogere aantallen deeltjes. Met een ondergrens van 20.000 cm^{-3} (ongeveer tweemaal de (achtergrond)concentratie op station IJmuiden bij zuidenwind) en een minimaal aantal 'meeturen' van 24 (Figuur 6) zijn er verhoogde niveaus voor:

- Wijk aan Zee: tussen 130° en 220° , maximum bij 200° (65.000 cm^{-3})
- Beverwijk: 130° - 150° en 220° - 250° , maximum bij 240° (52.000 cm^{-3})

- IJmuiden: [330°-350° (49 uur)] en [360°-40° (28)] (gesommeerd over meerdere 10 graden sectoren), maximum bij 340° (49.000 cm⁻³)
- Ookmeer: 180°-240°, maximum bij 190° (32.000 cm⁻³)

De maximale niveaus in Wijk aan Zee (65.000 cm⁻³) worden gevonden bij de windrichting zuidzuidwest. In Beverwijk is de maximale waarde 50.000 cm⁻³ bij een wind uit de richting westzuidwest. Dit zijn windrichtingen met een hoge frequentie in optreden (zie Figuur 7) en de bijbehorende metingen zijn dus relatief betrouwbaar voor het duiden van brongebieden. De pollutieroos in IJmuiden laat twee richtingen zien met hoge aantallen concentraties (noordnoordwest: 50.000 cm⁻³; noordnoordoost: 45.000 cm⁻³). Deze windrichtingen komen (veel) minder vaak voor en de metingen geven dan minder zekerheid over regelmatig voorkomende brongebieden.

Hieronder (Figuur 11) zijn dezelfde pollutierozen op een geografische kaart (satellietfoto) van het gebied geplaatst.



Figuur 11 Pollutierozen op satellietkaart van het IJmondgebied.

Zoals gezegd, de windrichtingsafhankelijke pollutierozen op de drie meetpunten verschillen sterk. Dit wijst op dichtbijgelegen bronnen; bij verder weg gelegen bronnen zouden de 'rozen' meer gelijkvormig zijn. Wat verder opvalt in de figuur is dat de piekwaarden in de rozen naar een bepaald gebied wijzen. Uitgaande van de richting met de maximale waarde wijzen deze naar het zuiden van het industrieterrein. Zo is de maximale concentratie in IJmuiden bij een (zeer) gering aantal uren gemeten (9). In dit gebied bevinden zich naast industrie ook

aangemeerde schepen (Hoogovenkanaal). Het is niet bekend hoe lang die schepen daar verblijven, maar aannemelijk is dat scheepsmotoren meerdere uren zullen blijven draaien in geval van hotelfunctie (en afwezigheid van walstroom). Deze lokalisatie is alleen indicatief te gebruiken.

Voor de windsector 190°-210° is de gemiddelde aantallenconcentratie ca. 59.000 cm⁻³ voor Wijk aan Zee; in het geval van IJmuiden is het gemiddelde dan 9.000 cm⁻³. Deze waarden zijn berekend over 390 uur. Als de wind uit de richting tussen 230° en 250° komt (142 uur), wordt 45.800 cm⁻³ in Beverwijk en 12.500 cm⁻³ in IJmuiden berekend voor gemiddelde aantallen deeltjes. Dergelijke verschillen maken de aanwezigheid van UFP-bronnen in het gebied tussen de stations zeer aannemelijk.

Op station Wijk aan Zee is een snelle toename te zien als de wind draait van 200° naar 210°; deze was al zichtbaar in de tijdreeks (Figuur 9). Op basis van de pollutierozen in Wijk aan Zee en Beverwijk is het aannemelijk dat er ook elders emissies van UFP zullen zijn. Dit is vooral gebaseerd op de langzame afname in niveaus op Wijk aan Zee tussen 200° en 130° en de waarden op Beverwijk bij 250° en 230°.

Bij zuidelijke wind zijn de aantallenconcentraties gemeten in Beverwijk betrekkelijk laag, maar hoger dan IJmuiden (zie ook discussie in paragraaf 3.2). In IJmuiden is een bijdrage van scheepvaart aannemelijk (door de geringe afstand tot het Noordzeekanaal) en worden bij noordenwind ook enkele piekwaarden gemeten; bij een westen- en oostenwind – dus in de lengte van het kanaal – is deze bijdrage verder niet herkenbaar.

In het geval van meetpunt Ookmeer (Figuur 10) worden de hoge waarden (ca. 32.000 cm⁻³) bij een windrichting van 190° toegeschreven aan de ligging van Schiphol (in het zuiden op ca. 5 km). Ter vergelijking, in de periode augustus 2017 – januari 2018 was op dit punt sprake van een gemiddelde van ca. 40.000 cm⁻³ bij deze windrichting. Voor het halfjaar daarna was deze waarde aanzienlijk hoger (Van Dinther et al., 2019).

4 Conclusies

- *Meetperiode:* In deze studie zijn deeltjesaantallen ultrafijn stof gemeten in het IJmondgebied op een drietal locaties (IJmuiden, Beverwijk en Wijk aan Zee). De hier gepresenteerde resultaten zijn representatief voor de meetperiode december 2019 – januari 2020. Voor dezelfde periode is ter vergelijking ook data van het meetstation Ookmeer (Amsterdam-West) gebruikt. Voor elk meetpunt werd berekend welke windrichtingen meer of minder bijdragen.
- *Windrichting:* Tijdens de meetperiode kwam de wind uit de richtingen tussen 120° (oostzuidoost) en 290° (westnoordwest). De meest voorkomende windrichtingen lagen tussen 190° en 210° (zuidzuidwest): 30% van de tijd; normaal treedt dit 11% van de tijd op en komt de wind vaker uit het noordwesten en oosten.
- *UFP-niveaus:* Gemiddeld over de hele meetperiode waren de UFP-niveaus op het meetpunt Wijk aan Zee 29.400 cm⁻³, in Beverwijk 19.600 cm⁻³ en in IJmuiden 12.600 cm⁻³. Het gemiddelde niveau op het station Ookmeer was 17.600 cm⁻³. Ookmeer is een stedelijk achtergrondstation waar een bijdrage van Schiphol gemeten wordt. Gemiddeld over de hele meetperiode waren de niveaus van ultrafijn stof op het meetpunt Wijk aan Zee en Beverwijk dus hoger dan op de meetstations Ookmeer en IJmuiden. Bij vergelijking met wat in de literatuur is gerapporteerd, komt het niveau van Wijk aan Zee gemeten gedurende deze twee maanden bijna overeen met een verkeersbelast meetpunt.
- *Windrichting en bronnen:* Het relatief lage niveau op station IJmuiden kan begrepen worden doordat de dominante windrichting zuidzuidwest was ten tijde van de metingen en er ten zuiden weinig of geen emissiebronnen zijn. Bovenwinds van het meetpunt Wijk aan Zee zijn dergelijke bronnen wel aannemelijk (scheepvaart, industrie en transport), wat het hoge niveau op dit meetpunt verklaart. Voor Beverwijk geldt dat er bij deze windrichtingen bovenwinds weinig (dichtbijgelegen) bronnen zijn. Het hogere niveau hier ontstaat door aanvoer uit de richtingen 230°-250° (11 procent van de tijd). Er is dan sprake van hetzelfde (bovenwinds) gelegen brongebied als voor Wijk aan Zee (bij zuidzuidwesten wind). Het is goed om op te merken dat de meetperiode 'slechts' twee maanden heeft geduurd. Dit betekent dat het weer (met name de windrichting) de gemeten niveaus sterk beïnvloedt. Als de wind meer uit het noordwesten of oosten zou zijn geweest, waren naar verwachting de (gemiddelde) niveaus in Wijk aan Zee lager geweest (en in IJmuiden vermoedelijk hoger).
- *Bronnen:* Het grote verschil in niveaus tussen Wijk aan Zee en IJmuiden bij zuidzuidwesten wind (190°-210°) maakt de aanwezigheid van UFP-bron(nen) gelegen tussen de stations zeer aannemelijk. Dezelfde verklaring geldt voor het verschil tussen Beverwijk en IJmuiden bij wind tussen 230° en 250°. In het IJmondgebied is sprake van meerdere activiteiten, waarbij al dan niet gelijktijdig UFP gegenereerd wordt: industrie, scheepvaart en

zwaar transport. De vraag welke van de emissiebronnen het meest bijdraagt, is niet eenvoudig te beantwoorden. Zo liggen genoemde bronnen dicht bij elkaar, en zijn grootte en continuïteit van de emissies niet bekend. Snelle concentratieveranderingen bij verandering van windrichting duiden op dichtbijgelegen bronnen. Pieken en dalen in concentraties kunnen echter ook veroorzaakt worden door veranderingen in omvang en tijdsduur van bronnen. Voor een preciezere plaatsbepaling van bron(nen) is het nodig verder te meten op diverse plekken in het gebied; dit kan met mobiele opstelling(en). Op voorhand is een inventarisatie van mogelijke bronnen nodig met gegevens over emissies (oorzaak, grootte, bronhoogte, variatie in de tijd en dergelijke).

- *Gezondheidsrisico's*: De hier gepresenteerde resultaten zijn niet te koppelen aan gezondheidsrisico's. Van deze risico's is weinig bekend; onderzoek daarnaar loopt in het kader van het Schipholonderzoek en resultaten daarvan zijn in 2021 te verwachten.

Met dank aan GGD Amsterdam voor het beschikbaar stellen van ruimte in de drie meetstations in het IJmondgebied en station Ookmeer, en de meetdata van dit station.

Referenties

Hoek, G. et al. (2011). *Land use regression model for ultrafine particles in Amsterdam*. *Environ. Sci. Technol.* 45, 622-628.

Janssen, N.A.H. et al. (2019). Onderzoek naar de gezondheidseffecten van kortdurende blootstelling aan ultrafijn stof rond Schiphol. RIVM Rapport 2019-0084.

JOAQUIN – JOint Air QUALity INitiative (2015). *Monitoring of ultrafine particles and black carbon*. www.joaquin.eu.

Keuken, M. et al. (2012). *Regional and local contribution to PM2.5 and PM10 at the urban background and a street canyon in Rotterdam, the Netherlands*. Rapport TNO-060-UT-2012-01192, TNO Apeldoorn.

Kumar, P. et al. (2014). Ultrafine particles in cities. *Environ. Int.* 66:1-10.

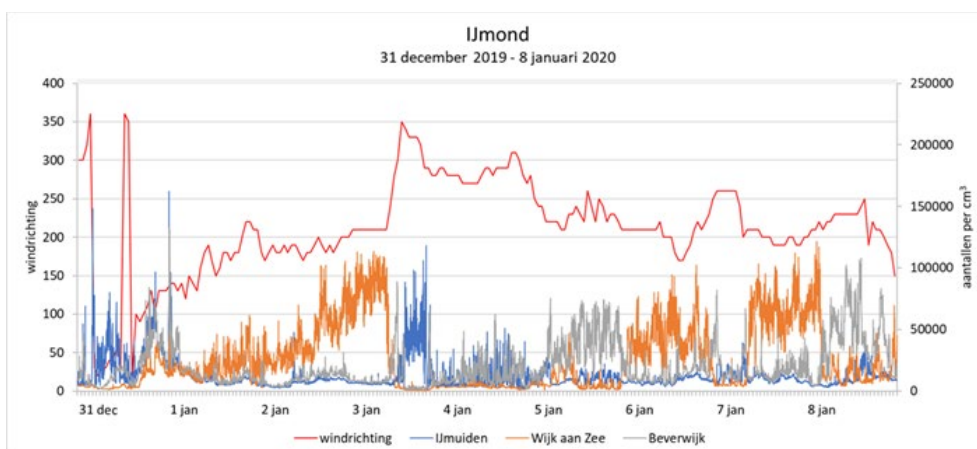
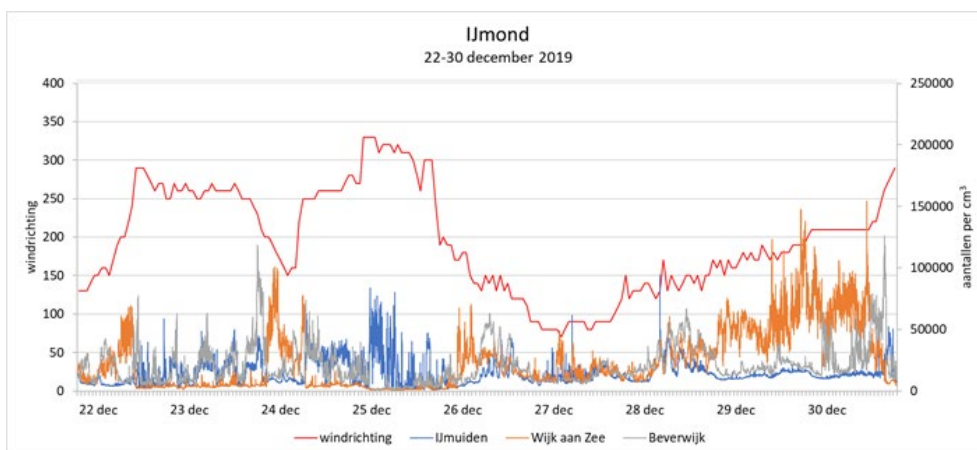
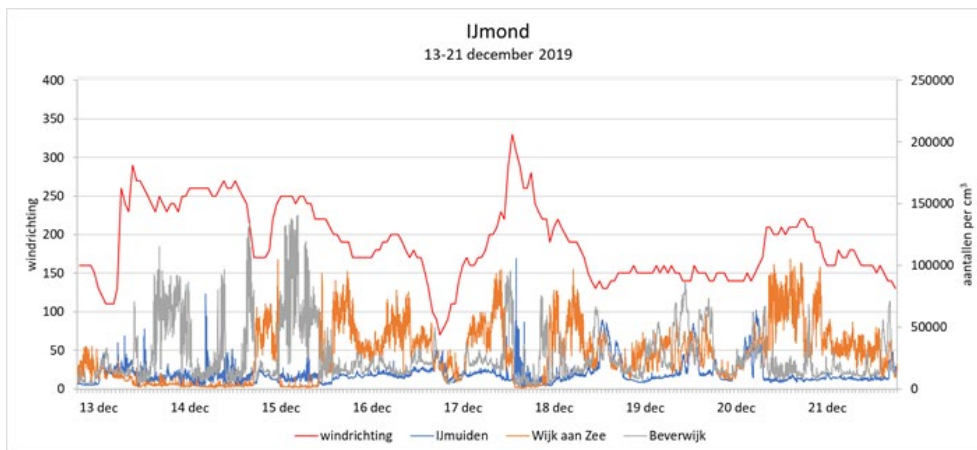
Technische Specificatie (2016): Bepaling van de deeltjesaantallen van atmosferische aerosolen. NVN-CEN/16976.

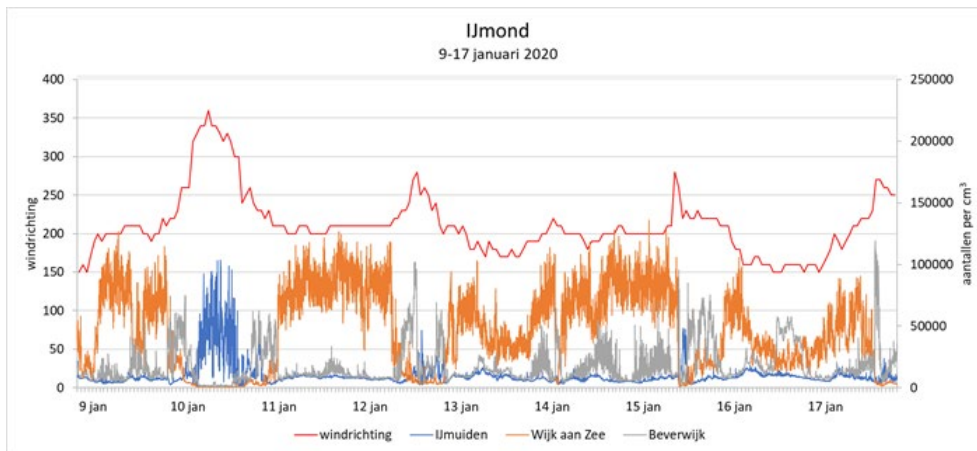
'Thinking outside the box team' (2019): *White Paper Ambient Ultrafine particles: evidence for policy makers, coordinated by F.R. Cassee, L. Morawska and A. Peters*.

Dinther, D. van, et al. (2019). Metingen van aantallen ultrafijne stofdeeltjes rond Schiphol gedurende ruim één jaar. TNO-rapport R.10591.

Voogt, M. et al. (2019). Metingen en berekeningen van ultrafijn stof van vliegverkeer rond Schiphol. RIVM-rapport 2019-0074.

Bijlage 1 Overige tijdreeksen van deeltjesaantallen in het IJmondgebied





RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag