



Windpark Tata Steel en luchtkwaliteit

Rapport 2016R002
20 december 2016

ErbrinkStacks Consult

Graaf van Rechterenweg 15
6961BN Oosterbeek

M. 06 5131 3650

info@erbrinkstacks.nl
www.erbrinkstacks.nl



Windmolens kunnen de verspreiding van rook en stof beïnvloeden. Dit rapport gaat daar gedetailleerd op in. Bron foto: Interaction of an Eulerian Flue Gas Plume with Wind Turbines. Timothy M. Fletcher en Richard E. Brown (2010).

Inhoud

Inhoud	3
Samenvatting.....	5
1 Inleiding en vraagstelling	7
2 De aanpak in het kort	8
2.1 Invloed windmolen op verspreiding	10
2.2 Depositie van (grof) stof.....	11
3 De aanpak meer in detail.....	12
3.1 De doorgerekende stoffen	12
3.2 Het rekenmodel.....	12
3.3 Invloed van windmolens op de verspreiding	14
3.4 Keuzen in invoer en modelparameters	14
3.4.1 Modelparameters.....	14
3.4.2 Andere randvoorwaarden.....	15
4 De emissies van Tata Steel	18
4.1 Stofemissies	18
4.2 Overige emissies.....	19
5 Resultaten berekende concentraties	20
5.1 Resultaten PM ₁₀ concentraties.....	20
5.2 Resultaten overige stoffen	22
5.3 Verspreiding grof stof.....	24
6 Discussie resultaten.....	26
7 Conclusies	29
Bijdrage A Bijdrage Tata aan PM10 concentraties.....	31
Bijlage B Beschrijving combinatie zogmodel en pluim verspreiding	34
Bijlage C PM10 emissies van Tata Steel	53
Bijlage D Overige emissies	57

Bijlage E Concentraties in 2018 op 18 locaties	61
Bijlage F Contourplots van berekende concentraties.....	70
Bijlage G Effecten van windmolens op de hoeveelheid stofneerslag rond Tata Steel.....	81

Samenvatting

Tata Steel is voornemens acht windmolens op het bedrijfsterrein te plaatsen. Als de vergunningen worden verleend, is het de verwachting dat de windmolens niet eerder dan in het jaar 2018 in bedrijf kunnen komen. Royal HaskoningDHV (RHDHV) heeft Erbrink Stacks Consult verzocht om de impact van de windmolens op de verspreiding van luchtverontreinigende stoffen en de depositie van grof stof na te gaan. Dit rapport bevat de bevindingen van dat onderzoek.

Het doel van de studie is in kaart te brengen of en welk effect de windmolens hebben op de concentraties fijn stof (PM_{10}), SO_2 , CO, NO_2 en de zware metalen lood (Pb), kwik (Hg) en cadmium (Cd) alsmede ammoniak en geur in de omgeving van Tata Steel. Voor deze stoffen gelden normen in de buitenlucht, waar de berekende concentraties aan worden getoetst. De vraagstelling daarbij is of er normen worden overschreden door de plaatsing van de windmolens en - niet minder belangrijk - of door de plaatsing van de windturbines de concentraties hoger of lager worden dan wel niet zullen veranderen. Hiervoor is het rekenmodel STACKS ingezet, dat een implementatie van het Nieuw Nationaal Model is. Het onderzoek is zo opgezet dat het inzichtelijk maakt wat er gebeurt met de verspreiding van diverse stoffen. STACKS is daarvoor uitgebreid met modules die de veranderde verspreiding door de windmolens zo goed mogelijk beschrijft.

Alle relevante emissies van Tata Steel zijn in kaart gebracht. Het gaat dan om fijn stof (PM_{10}), SO_2 , NO_x , CO, en de emissies van de zware metalen. Van deze stoffen zijn de jaaremissies verzameld tezamen met bronkenmerken, zoals de uitworphoogte en – locaties, warmte emissie voor het jaar 2014 en geëxtrapoleerd naar de verwachte emissies (binnen de milieuvergunning) in het jaar 2018. De emissies die zijn verzameld, zijn dezelfde die zijn gebruikt bij de berekening van de impact van de windmolens bij de Spuisluis, die Eneco voornemens is te bouwen.

De fijn stof (PM_{10}) concentraties ter hoogte van Wijk aan Zee, Beverwijk en andere omliggende plaatsen worden voor een belangrijk deel door de achtergrond bepaald, maar Tata Steel draagt significant bij aan de PM_{10} niveaus. Om toetsing met normen mogelijk te maken, dienen de bijdragen van Tata Steel opgeteld te worden bij de achtergrond. Het RIVM berekent jaarlijks de concentraties in Nederland. Dit worden de grootschalige concentratiekaarten Nederland (GCN) genoemd. Deze GCN waarden zijn ook in deze studie gebruikt, en wel door gebruik te maken van het zogenaamde PreSRM hulprogramma. Dit is verplicht gesteld door het ministerie wanneer met een rekenmodel de luchtkwaliteit wordt vastgesteld. Hiermee wordt dan automatisch ook de speciale set GCN waarden voor het IJmondgebied gebruikt. In de GCN zijn alle bronnen van Nederland en daarbuiten opgenomen. De GCN bevat dus ook al de concentratiebijdragen van Tata Steel, zij het op een tamelijk ruwe ruimtelijke schaal (namelijk uitgemiddelde over oppervlakken van 250 x 250 m). Om een goede uitspraak te kunnen doen

over de vraag of er normen worden overschreden is het nodig om deze achtergrond concentraties eerst te ontdoen van de bijdrage van Tata Steel. Met het rekenmodel STACKS zijn daarna op een meer gedetailleerde wijze de bijdragen van Tata Steel weer bij de opgeschoonde achtergrond opgeteld. Voor andere stoffen is deze correctie van de GCN waarden niet toegepast, vooral omdat de bijdrage van Tata Steel in de GCN nergens is aangegeven. Daarbij speelt ook mee dat de concentraties van andere stoffen (zoals CO, SO₂, zware metalen) zo laag zijn, dat deze niet in de buurt van normen komen waardoor een dubbeltellingcorrectie minder zinvol is.

Berekeningen zijn uitgevoerd in de situatie zonder de windmolens of met windmolens voor de situatie in 2018. De berekeningen zijn zo gedaan dat alle mogelijke (uurlijkse) weersituaties die in een periode van 10 jaar kunnen voorgekomen, zijn doorgerekend in een gebied van 7 x 7 km op meer dan 2000 punten. Voor 18 van deze punten is in tabellen aangegeven wat de effecten van de windmolens zijn. Voor de andere punten zijn kaartjes met contourlijnen gegeven, zodat duidelijk is wat de ruimtelijke verdeling van de stoffen is en waar de invloed van de windmolens positief dan wel negatief is en in welke mate.

Verwaaiing van stof vanaf het fabrieksterrein (Tata Steel en Harsco) en het neerslaan in de hele omgeving is gedetailleerd berekend; de situaties met of zonder de windmolens zijn met elkaar vergeleken. Daarbij is een aantal varianten beschouwd om na te gaan of conclusies veranderen als we andere uitgangspunten nemen. Van het verwaaiend stof is namelijk niet goed bekend wat de grootte van de stofdeeltjes zijn. Het verwaaien hangt ook samen met de windsnelheid. Daarom is gerekend met sterk verschillende deeltjesgroottes van het stof en met windsnelheidsafhankelijke emissies in plaats van constante emissie. En er is gekeken naar de afzonderlijke stofemissies van Harsco en naar alle diffuse stofemissie gezamenlijk.

De conclusies die zijn getrokken uit de studie is kort samengevat:

- De windmolens beïnvloeden de concentraties luchtverontreiniging niet noemenswaardig
- In geen der gevallen (stoffen en plaatsen) wordt een grenswaarde voor luchtkwaliteit volgens de Wet Milieubeheer overschreden, niet zonder en niet met de windmolens.
- De hoeveelheid verwaaiend stof neemt niet toe en niet af door plaatsing van de windmolens.

1 Inleiding en vraagstelling

Tata Steel is voornemens om op het eigen bedrijventerrein een aantal windmolens te plaatsen. Dit geschiedt in het kader van de duurzaamheidsdoelstellingen van de bedrijven en sluit aan op de duurzaamheidsdoelstellingen van de provincie Noord-Holland. Bij de start van dit onderzoek is uitgegaan van 8 windmolens. De vraag die zich hierbij voordoet is of de windmolens de luchtkwaliteit in de omgeving nadelig zal kunnen binvloeden. Dat wordt in dit rapport onderzocht.

Invloed van de windmolens op de luchtkwaliteit zijn in een speciale versie van het rekenmodel STACKS verwerkt, zodat met de essentiële verspreidingsprocessen rekening kan worden gehouden.

Het gaat dan voornamelijk om:

- Fijn stof (PM_{10});
- stikstofdioxide (NO_2)
- zwaveldioxide (SO_2)
- koolmonoxide (CO)
- geur
- en enkele zware metalen (Cd, Hg en Pb: cadmium, kwik en lood)

De inbedrijfstelling van de windmolens zal niet eerder dan 2018 plaatsvinden. De achtergrond concentraties van alle stoffen nemen met de jaren geleidelijk af, zodat een keuze voor 2018 als referentiejaar in deze studie als conservatief geldt. Voor het doorrekenen van alle weersituaties worden voor 2018 de meteorologische data gebruikt voor de jaren 1995-2004.

Het gaat om de volgende vraagstellingen:

1. Wat zijn de effecten van de plaatsing van de windmolens op locaties de rond Tata Steel
2. Welke veranderingen (m.n. verschuivingen in plaatsen met hogere concentraties) zijn te verwachten in de concentraties fijn stof (PM_{10}), CO , SO_2 , en NO_x (en dus ook NO_2) en enkele zware metalen?
3. Zijn er overschrijdingen van grenswaarden te verwachten en zo ja, waar zijn die?
4. Hoe zit het met de verspreiding van grof stof? Is te verwachten dat deze toeneemt of afneemt?

De vragen worden beantwoord door berekeningen uit te voeren van de verspreiding van deze stoffen in de situatie zonder de windmolens en de situatie met de windmolens. De verschillen in berekende concentraties worden toegewezen aan de effecten van de windmolens. Dit wordt gedaan door op concrete locaties in woongebieden te rekenen en door contourplots te maken

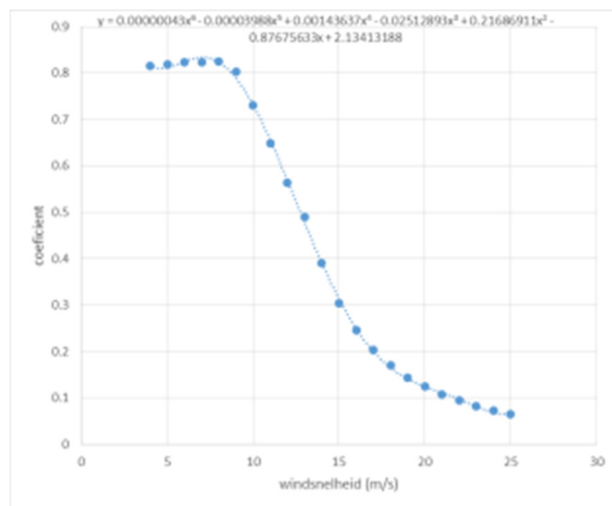
zodat een totaal ruimtelijk inzicht wordt verkregen van de concentraties in het hele gebied. In deze rapportage wordt in hoofdstuk 2 eerst een korte algemene uitleg gegeven van de effecten die de windmolens op de verspreiding van stof- en rookpluimen kunnen hebben. Voor de details van de aanpak wordt de lezer verwezen naar Bijlage B. In hoofdstuk 3 worden de uitgangspunten van de modelberekeningen beschreven. De uitgangspunten van de interacties tussen schoorsteenpluimen en windmolens worden in hoofdstuk 4 gegeven zodat duidelijk is op hoe de impact van de windmolens in het model is opgenomen. In hoofdstuk 5 volgen de berekeningsresultaten. Ten slotte worden de conclusies getrokken in hoofdstuk 6.

2 De aanpak in het kort

De geplande windmolens staan relatief dicht bij de stofbronnen van Tata Steel. In tabel 1 zijn de posities van de windmolens gegeven in rijksdriehoekskoördinaten. De posities van de windmolens zijn tevens in figuur 1 aangegeven. Uitgegaan is van de Vestas V90 turbine, met een ashoogte van 80 m (tiphoogte maximaal 125 m) en een vermogen van 3.4 MW. Voor het bepalen van de zogparameters zijn de thrust coëfficiënten nodig (zie figuur 1a); deze bepalen hoeveel van de stuwkracht van de wind wordt omgezet in druk op de wieken van de turbine.

Tabel 1: posities van de 8 windturbines.

Turbine	X	Y
1	100673	498802
2	100290	498869
3	100168	499404
4	100375	499792
5	100763	500013
6	102504	500076
7	102881	499983
8	103268	499909



Figuur 1a, Thrust coëfficiënten van de V90

De windmolens kunnen de verspreiding vanuit de bronnen van Tata Steel beïnvloeden. Immers de molens halen energie uit het windveld, waardoor de windsnelheid benedenwinds van de molens lager zal zijn en de hoeveelheid turbulentie hoger en dus de menging (verdunding) beter. Dat maakt dat de verspreiding van stof (en andere componenten) anders zal verlopen wanneer de windmolens eenmaal zijn geplaatst.



Figuur 1: locaties van 8 windmolens, zoals in deze studie beschouwd.

De bijdragen van alle relevante bronnen van Tata Steel zijn doorgerekend en opgeteld bij de achtergrond concentratie. Deze achtergrond concentraties zijn ontleend aan de Grootschalige Concentraties in Nederland, de zogenaamde GCN waarden. Deze GCN waarden zijn gebruikt, en wel door gebruik te maken van het zogenaamde PreSRM hulprogramma. Dit is verplicht gesteld door het ministerie wanneer met een rekenmodel de luchtkwaliteit wordt vastgesteld. Hiermee wordt dan automatisch ook de speciale set GCN waarden voor het IJmondgebied gebruikt. De berekening van de bijdragen van alle relevante bronnen is uitgevoerd voor elk uur in de hele periode van 10 jaren. Dat zijn dus 87600 uren. Van alle bronnen van Tata Steel zijn eerst de emissie-kentallen verkregen van Tata Steel, voor alle stoffen die in hoofdstuk 1 zijn genoemd. De kentallen omvatten niet alleen *hoeveel* er uit een schoorsteen komt, maar ook op welke hoogte en met welke warmte inhoud (relevant voor de verspreiding).

De emissies van opslaghopen zijn zogenaamde diffuse emissies: deze komen niet uit een pijp, maar uit een heel oppervlak. De hoeveelheid emissies is bij Tata Steel bekend en worden jaarlijks gerapporteerd aan de overheden. Deze emissiekentallen uit het jaar 2014 zijn in deze studie gebruikt na extrapolatie naar het jaar 2018. De diffuse emissies zijn bij de berekeningen verdeeld over de grootte van het oppervlak en vertaald in een groot aantal aparte lage emissiepunten. Hiermee zijn ook lijnbronnen (door transporten over wegen) in de berekeningen meegenomen. In bijlage C is aangegeven hoe de stof emissies in het model zijn opgenomen.

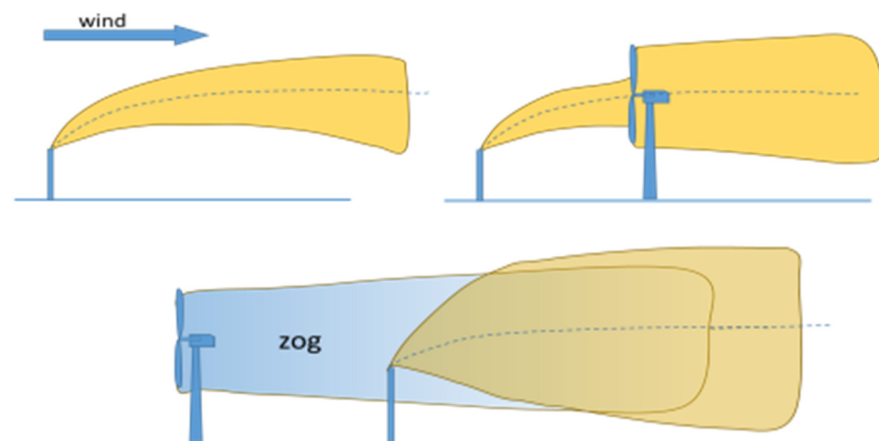
2.1 Invloed windmolen op verspreiding

Het rekenmodel STACKS is een implementatie van het Nieuw Nationaal Model (NNM) en voldoet aan de eisen van de Standaard Rekenmethode 3 zoals beschreven in Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007. Deze rekenmethode is speciaal voor industriële emissies gemaakt. In deze Standaard Rekenmethode 3 wordt geen rekening gehouden met de invloed van windmolens op de verspreiding.

Er is weinig onderzoek gedaan naar de interactie tussen windturbines en rookpluimen. De Universiteit van Glasgow (Fletcher en Brown, 2010) heeft een studie gedaan die een vergelijkbare werkwijze voorstelt als in dit rapport met het rekenmodel STACKS is beschreven. De foto op de eerste bladzijde is afkomstig van hun experimentele opzet. In het ADMS model (hét nationale model voor rookpluimen van Engeland) is een module opgenomen die de wind en turbulentie in het zog van een windturbine beschrijft (Stidworthy et al, 2011). Het zijn precies deze processen die ook in STACKS zijn toegevoegd. Daartoe zijn in het rekenmodel STACKS verschillende functies toegevoegd om te beschrijven wat er gebeurt met de stof- en rookpluimen als deze door de windmolen worden ingevangen. Onderscheid is gemaakt tussen de situatie dat de schoorsteen bovenwinds of benedenwinds van de windmolen staat, zie figuur 2.

De functies betreffen de windsnelheid in het zog (deze kan direct achter de windmolen tot 50 a 60% van de ingaande windsnelheid zijn), de turbulentie in het zog en de zogafmetingen, alles als functie windafwaarts na de windmolen. Deze functies zijn alleen van toepassing wanneer de windrichting zodanig is, dat interactie tussen rookpluim en windmolen plaatsvindt. Deze interactie kan plaatsvinden voor de hele pluim, maar ook voor gedeelten van pluimen. Het kan immers zo zijn dat een deel van de pluim wordt ingevangen in het zog terwijl een ander deel zich aan het zog onttrekt. Dat maakt dat het ene deel van de pluim zich anders gedraagt dan het andere deel van de pluim. Voor een gaussisch rekenmodel als STACKS is dat lastig, omdat een pluim steeds beschreven wordt als één geheel. Daar waar deze aspecten aan de orde zijn, wordt steeds een conservatieve (voorzichtige) keus gemaakt, zodat de impact niet onderschat wordt. Als er geen interactie plaatsvindt tussen windmolen en rookpluim, wordt de normale beschrijving van de pluimverspreiding in het rekenmodel gevolgd.¹

¹ STACKS is een gaussische pluimmodel; een niet-gaussische pluimvorm wordt daarom als een gaussische vorm benaderd. Het zog (aanvankelijk min of meer een blokvorm) wordt een gaussvorm door de diameter van het zog te vertalen naar een gaussische verdeling met diameter=3 maal sigma-waarde. Sigma is de standaardafwijking van de gaussische verdeling.



Figuur 2. Pluimverspreiding zonder windmolen (Linksboven) en twee mogelijke situaties met windmolen: de windmolen staat bovenwinds of benedenwinds van de windmolen(s).

De berekende concentraties met en zonder de windmolens worden met elkaar vergeleken. Daarbij is in kaart gebracht op welke plaatsen de concentraties toenemen of afnemen, hoe groot dit effect is en wat het betekent voor de niveaus als we die vergelijken met de grenswaarden zoals die zijn vastgelegd in de Wet Milieubeheer, (Wm) hoofdstuk 5, titel 5.2, bijlage 2. Voor een aantal stoffen worden berekende concentraties in zogenaamde contourplots weergegeven. Dat zijn kaartjes met lijnen van gelijke concentratieniveaus zodat in één oogopslag zichtbaar is hoe de ruimtelijke verspreiding van deze stof is. Voor alle stoffen wordt op een flink aantal plaatsen in een tabel aangegeven wat het effect van het plaatsen van de windmolens zal kunnen zijn.

2.2 Depositie van (grof) stof

Voor het berekenen van de verspreiding en neerdalen van grof stof is het model toegepast inclusief de methode voor het berekenen van depositie. Deze methode is onderdeel van het Nieuw Nationaal Model (NNM) en lijkt sterk op de methode die in het RIVM OPS model is ingebouwd. Depositie van stof is erg afhankelijk van de deeltjesgrootte van het stof. In plaats van de gangbare 5 deeltjesgrootteklassen in het NNM (tot 30 μm) is dit in STACKS uitgebreid naar 10 klassen (nu tot 100 μm) om beter rekening te kunnen houden met de grote spreiding in de deeltjesgrootten van de verschillende stofbronnen.

3 De aanpak meer in detail

3.1 De doorgerekende stoffen

Fijn stof is een onderdeel van stof en bevat deeltjes waarvan het merendeel 10 μm of kleiner is. Grof stof bevat deeltjes die groter zijn, tot ruwweg 100 μm . De eigenschappen van fijnstof zijn zodanig dat het zich in de lucht verspreidt als een gas: het zakt nauwelijks uit. Grof stof bevat grotere deeltjes, die – naarmate de deeltjes groter zijn – sneller uitzakken. Deeltjes groter dan 100 μm (afkomstig van verwaaiend materiaal) zakken zo snel uit dat deze de hoogte van de wieken van windmolens niet kunnen bereiken. $\text{PM}_{2,5}$ is een onderdeel van PM_{10} en bevat de kleinste fracties: vanaf 2,5 μm en kleiner. Ook dit stof verspreidt zich in de lucht als een gas. Een groot deel van PM_{10} komt bij Tata Steel vrij uit grondbronnen: bij handling en opslagen van kolen, ertsen en dergelijke.

Stikstofoxiden (aangeduid als NO_x) is de som van NO en NO_2 . Het merendeel van stikstofoxiden komt vrij in de vorm van NO . Dit wordt in de buitenlucht bij aanwezigheid van ozon omgezet in NO_2 . NO_2 is het meest schadelijke deel in NO_x en kent daarom ook buitenluchtnormen: NO is relatief onschadelijk voor mensen. NO_x wordt bij Tata Steel geëmitteerd uit schoorstenen, niet uit grondbronnen.

Zware metalen worden bij Tata Steel uit (hogere) schoorstenen geëmitteerd; deze stoffen komen dus niet vrij uit grondgebonden bronnen.

3.2 Het rekenmodel

In deze studie wordt het rekenmodel STACKS gebruikt om na te gaan wat de effecten zijn als er windmolens worden geplaatst langs het Noordzeekanaal. STACKS is een versie van het NNM; dit NNM wordt door deskundigen in Nederland gezien als het best beschikbare model voor het bepalen van de invloed van (onder meer) industriële bronnen. Het NNM (en dus ook STACKS) is uitgebreid getoetst aan metingen en door het ministerie I&M goedgekeurd zoals bedoeld in de Regeling Beoordeling Luchtkwaliteit²

De invloed van windmolens is geen onderdeel van het NNM, maar wel in STACKS aanwezig. Deze toevoegingen zijn gebaseerd op literatuur gegevens van windmolens en eerder door experts van RIVM op hun merites beoordeeld. Daarbij is gesteld dat – onder voorwaarden – er een plausibele werkwijze is gebruikt. De toevoegingen zijn eerder gebruikt bij eerdere projecten (viermaal: Apeldoorn, Zutphen, Harlingen en recent voor het windmolenpark Spuisluis) waar de rook van een schoorsteen door een dichtbij staande windmolen beïnvloed wordt. Het laatste

² Zie <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/luchtkwaliteit/documenten/regelingen/2011/07/04/overzicht-goedgekeurde-rekenmethoden>

project maakte dat een veelheid van bronnen met enkele windmolens gecombineerd moesten worden. Deze uitbreiding is ook hier toegepast. Ook nu gaat het weer om een veelheid van bronnen en 8 windmolens. Voor alle bronnen en windmolens moeten de posities ten opzichte van elkaar moeten worden bepaald. Ook moet per uur worden nagegaan welke schoorsteen bovenwinds dan wel benedenwinds van één van de windmolens staat. Op grond van de posities en de windrichting wordt per uur bepaald welke pluim door welke windmolens beïnvloed wordt. Het zogmodel (wat er gebeurt met wind en turbulentie achter de windmolen) is hetzelfde als in eerdere studies.

- Eén detail in de modellering is hierbij noodzakelijkerwijs aangepast en verdient hier met nadruk vermelding. Een diffuse bron (zoals een kolenopslag) wordt normaal in het NNM als een serie van lijnbronnen doorgerekend. Zo is dat voorgeschreven. Bij berekeningen zonder windmolens is dat dus de normale werkwijze. Maar om het effect van windmolens te kunnen bepalen kan de diffuse bron vele beter als een serie puntbronnen worden benaderd. Wiskundig maakt het geen principieel verschil. Maar omdat er met een beperkt aantal benaderende lijn- respectievelijk puntbronnen gerekend wordt (er kunnen immers geen oneindig aantal bronnen doorgerekend worden) treden er verschillen op: deze verschillen zijn ver van de bron te verwaarlozen; dicht bij de bron zijn deze meer zichtbaar: tot maximaal 10%. Dat maakt dat de uitkomsten in eerdere indicatieve berekeningen voor het Spuisluis windpark suggereren dat de stofneerslag dichtbij de bron tot 10% hoger zou kunnen zijn. Dit is dus geen reëel verschil, maar een artefact van het model zelf. In deze studie is meer expliciet aandacht gevraagd voor de berekening van grof stof. Daarom is nu meer gedetailleerd nagegaan hoe het zit met de stof verspreiding en depositie, die hinder kan geven in de omgeving. Om de vergelijking tussen de situatie met en zonder de windmolens nauwkeuriger te beschouwen, worden nu in beide gevallen de diffuse bronnen als puntbronnen benaderd. Verder is meer in detail gekeken naar de deeltjesgrootteverdelingen. Hierover is weinig bekend, maar wat er bekend is, is hier gebruikt. Omdat de onzekerheid hierin toch groot is, is gerekend met een paar varianten. Dat geeft antwoord op de vraag hoe de windmolen-invloed is op de grof stof depositie, als de deeltjesgrootten toch heel anders zijn. In de eerdere studies voor Tata Steel is gerekend alsof de hoeveelheid verwaaiend stof in alle uren van het jaar hetzelfde is (constante emissie). Maar stof verwaait meer bij meer wind. Daarom is ook nagegaan of de conclusie over de windmoleninvloed anders wordt als we hier rekening mee houden.

In het STACKS model wordt onderscheid gemaakt tussen hoge en lage bronnen en hun bijbehorende pluimhoogten. De verhouding tussen lage en hoge bronnen (schoorstenen) verschilt sterk van stof tot stof. PM_{10} komt voor een belangrijk deel uit grondbronnen, terwijl de meeste andere stoffen (gassen) alleen of vrijwel alleen uit schoorstenen komen. Daarom wordt per stof bepaald welke invloed de windmolens hebben op de verspreiding.

3.3 Invloed van windmolens op de verspreiding

De verspreiding van rookpluimen en stof gebeurt door de wind: deze bepaalt waar het stof naar toe waait en hoe snel. Hieronder volgt een beschrijving voor fijn stof; voor andere componenten gebeurt dit op dezelfde manier.

Tijdens het transport worden de concentraties lager: er treedt verdunning op doordat de lucht het stof mengt met schonere omgevingslucht. Dit mengen gebeurt door de turbulentie in de lucht. Daardoor wordt een pluim benedenwinds naar alle kanten breder en worden de concentraties lager, zie figuur 2. Als de rookpluim veel warmer is dan de omgevingslucht stijgt de pluim eerst een stuk, totdat de temperatuur van de pluim in evenwicht is met de omgeving. Stof dat van de grond opdwartelt, verspreidt zich op dezelfde manier, alleen is de turbulentie dicht bij het aardoppervlak anders dan hoger in de lucht: soms meer (bijvoorbeeld 's nachts) en soms minder (op zonnige dagen).

Wanneer de pluim door de molen heen waait gebeuren er de volgende dingen. De rook komt in het zog van de windmolen terecht. In het zog achter de molen is de turbulentie veel sterker dan voor de windmolen: de pluim wordt versneld opgemengd in dit zog en verdunt zich op deze plaats sneller dan buiten het zog. Kortweg komt het erop neer dat een pluim in het zog sterker verdund wordt (meer menging), maar langzamer weg waait omdat de windsnelheid direct achter de windmolen lager is). De pluimhoogte verandert door de snelle opmenging in het zog, door de snelle opmenging verdwijnt de warmte sneller uit de pluim waardoor deze minder ver stijgt.

In bijlage B is meer uitgelegd hoe de combinatie windmolen-pluimverspreiding kan doorwerken op het pluimgedrag.

De uitkomsten van de berekeningen kunnen gevoelig zijn voor keuzen die zijn gemaakt, zowel bij de invoerdata als bij de modelparameters. Daarom worden deze twee groepen achtereenvolgens besproken: eerst de modelparameters (paragraaf 3.4.1) en dan de invoerparameters (paragraaf 3.4.2).

3.4 Keuzen in invoer en modelparameters

3.4.1 Modelparameters

In het rekenmodel is een aantal aannamen gedaan om de werkwijze in een gaussisch pluimmodel te kunnen formuleren. Het gaat dan om de keuze van windsnelheid, turbulentieparameters, menghoogte en de vraag wanneer een pluim in het zog wordt opgenomen en wanneer niet. Rookpluimverspreiding geschiedt volgens het gaussisch pluimmodel.

- Windsnelheid: de windsnelheid is achter de windmolen lager dan er voor en neemt langzamerhand weer toe windafwaarts.
- Turbulentie: turbulentie is direct achter de windmolen een stuk sterker dan ervoor; dit maakt dat pluimen sneller worden verdund. Voor hoge schoorstenen geldt tevens dat de pluimen sneller naar de grond kunnen worden verdund. Voor minder hoge schoorstenen geldt dat de pluimen juist meer naar omhoog worden gemengd en dus lagere concentraties geven.
- Opname in het zog: dit gebeurt als de windrichting van schoorsteen naar windmolen staat. In het model wordt beschreven wanneer de rookpluim nog net wel en wanneer net niet in de het zog terecht komt. Ook wordt bepaald welke windmolen de pluim invangt en welk niet.
- De windmolen kan de menglaag hoogte (gunstig) beïnvloeden: hierdoor kunnen de rookpluimen vaker de grond bereiken in plaats van over de woongebieden heen weg te waaien.

De verdere details zijn in Bijlage B gegeven.

3.4.2 Andere randvoorwaarden

3.4.2.1 Vertaling van geëmitteerd grof stof naar fijn stof (PM₁₀)

De GCN bevat ook al de concentratiebijdragen van Tata Steel, zij het op een tamelijk ruwe ruimtelijke schaal. Om dubbeltelling te voorkomen, moeten de GCN waarden ontdaan worden van de bijdragen van Tata Steel voordat deze in detail berekend kunnen worden en opgeteld bij de achtergrond, die dan een opgeschoonde GCN is.

De belangrijkste emissies betreffende fijnstof emissies (PM₁₀). Zowel de puntbronnen als de open oppervlaktebronnen zijn als invoer gebruikt: de puntbronnen omvatten in totaal 405 ton/jaar PM₁₀ en de oppervlaktebronnen omvatten 1404 ton totaal stof (waarvan een deel PM₁₀ is). Van deze laatste zijn niet alle bronnen bij de berekeningen meegenomen; de kleinste bronnen zijn verwaarloosd (vanwege de rekentijd), zodat de totale stof emissie voor de berekeningen 61 ton minder is en zo doende 1343 ton bedraagt. Het aandeel PM₁₀ hierin is volgens opgave van Tata Steel 20%. Echter om het rekenmodel te verifiëren zijn de uitkomsten met metingen uit 2007 vergeleken. Voor dat jaar heeft DCMR een vergelijking gemaakt tussen berekeningsuitkomsten en metingen en in deze studie is daar gebruik van gemaakt. De documentatie van de DCMR studie bevat alle invoergegevens voor modelberekeningen. Deze zijn gebruikt om STACKS met deze metingen te valideren. Het STACKS rekenmodel is daarom gedraaid voor het jaar 2007 (met de meteorologie van 2007). De uitkomsten van het model komen goed overeen met de metingen als we een iets hoger aandeel PM₁₀ in het totaalstof van de open bronnen aannemen, namelijk 25%.

In de studie van DCMR is geconcludeerd dat de berekende concentraties lager zijn dan de gemeten waarden. Dat heeft meegespeeld bij de keus voor een hoger aandeel PM₁₀ (dan het gangbare 20%) voor diffuse (open) bronnen in de huidige studie. Daarom is gekozen voor 25%.

3.4.2.2 Zichtjaar en ruwheid

De emissies van Tata Steel worden gedetailleerd doorgerekend. De berekeningen voor het zichtjaar 2018 worden voor een gebied uitgevoerd van 7x7 km; het gaat dan om de woonkernen van IJmuiden, Velzen-Noord en Velzen Zuid, Wijk aan Zee en Beverwijk. Bij dit gebied hoort een ruwheid van 0,8 m volgende PreSRM³.

3.4.2.3 Bijdrage achtergrond concentraties PM₁₀

Om te beoordelen of er normen worden overschreden, moeten de achtergrondconcentraties natuurlijk wel meegerekend worden. Dan kan de concentratie getoetst worden aan grenswaarden. Tata Steel draagt in de directe omgeving voor een relatief groot deel bij aan de PM₁₀ concentraties, maar meer dan 80% wordt door de achtergrond (andere bronnen verder weg) bepaald. Het RIVM berekent jaarlijks de PM₁₀ concentraties in heel Nederland: de GCN waarden. In de GCN zijn alle bronnen van Nederland en daarbuiten al opgenomen. Als de bijdragen van Tata Steel opnieuw erbij worden geteld ontstaat dus een dubbeltelling. Deze is op de volgende wijze voorkomen.

Deze GCN concentraties worden jaarlijks geüpdatet. In deze studie is de recente update van 2016 gebruikt. Voor het jaar 2018 zijn prognoses beschikbaar voor het gebied rond Tata Steel. Alleen voor PM₁₀ is goed af te leiden wat de bijdrage van Tata Steel in deze GCN waarden is. De bijdrage van Tata Steel moet nu geïsoleerd worden van de achtergrond concentraties. Hiervoor moet bekend zijn wat de bijdrage van Tata Steel is in de GCN concentraties. Uitgaande van de data voor 2018 is de bijdrage van Tata Steel berekend en van de GCN waarden afgetrokken, zodat een opgeschoonde PM₁₀ achtergrond voor 2018 is geconstrueerd.⁴ Op deze wijze is een redelijke bepaling van de achtergrond PM₁₀ concentraties verkregen, zie verder bijlage A⁵.

³ De PreSRM is een hulp-rekenprogramma dat door het ministerie I&M verplicht is te gebruiken voor het ontsluiten van achtergrondconcentraties (GCN) van RIVM, ruwheidsdata en weergegevens van KNMI.

⁴ Dit wordt ook wel dubbeltellingcorrectie genoemd. Met de beschreven systematiek wordt voorkomen dat de bijdrage van Tata Steel aan de luchtkwaliteit twee keer wordt meegenomen, 1x in de achtergrondconcentratie en 1x in de berekende bijdrage.

⁵ Deze kunnen afwijken van de waarden in de recente studie voor het windpark Spuisluis. In deze studie zijn immers de waarden van de update 2016 gebruikt terwijl in de studie windpark Spuisluis de informatie uit 2015 is gehanteerd.

3.4.2.4 Effect van windmolens op achtergrondconcentraties

Achtergrondconcentraties zijn afkomstig van bronnen die veraf zijn gelegen. Door de verspreiding in de lucht zijn deze stoffen dan al over de hele dikte van de menglaag verspreid: het maakt dan niet uit of de concentratie op 1, 10, 100 of 300 m wordt beschouwd: de concentraties zijn dan op alle hoogtes hetzelfde. Een windmolen kan dan de wind of de menging beïnvloeden, de concentraties worden daardoor niet veranderd: ze zijn al over de hele hoogte uniform. De pluimen van bronnen dichtbij (de lokale bronnen: in dit geval vrijwel alleen afkomstig van Tata Steel) zijn juist niet uniform verdeeld over de dikte van de menglaag: de windmolens beïnvloeden de concentraties van deze lokale pluimen natuurlijk wel.

3.4.2.5 Effect van de windmolens op de depositie van (grof) stof.

Rond Tata Steel bestaat hinder ten gevolge van verwaaiend stof. In een RIVM rapportage (RIVM, 2009) is aandacht gegeven aan de stofdepositie. Om de depositie te berekenen is door RIVM een soort 'standaard' deeltjesgrootteverdeling gebruikt. Daarin is een deeltjesgrootte verdeling aangenomen op basis van metingen in een ver verleden aan de emissies van de Amercentrale. Deze lijken niet erg van toepassing op de huidige vraagstelling. De stofneerslag zal in werkelijkheid minder ver reiken dan in dat rapport is berekend, omdat grovere deeltjes minder ver verspreid worden. In de onderhavige studie zijn twee deeltjesgrootteverdelingen toegepast. Eén voor de grovere deeltjes van Harsco en één voor de overige stofbronnen. Bekend is dat het grof stof van Harsco deeltjesgrootten heeft, die liggen tussen 50 en 100 μm , terwijl het stof van andere bronnen minder grof is. Voor dit laatste stof is een verdeling aangenomen met een gemiddelde waarde van 40 a 50 μm . Omdat deze deeltjesgrootteverdeling niet erg goed bekend zijn, is ook gerekend met een variant waarin de deeltjes over de hele linie tweemaal zo groot zijn.

Normaal wordt gerekend met een constante emissie, dus in alle uren dezelfde hoeveelheid verwaaiend stof. De emissie van verwaaiend stof is echter niet constant, maar hangt af van de windsnelheid. In de literatuur is hierover op beperkte schaal wat informatie voorhanden. Deze is gebruikt om in een berekeningsvariant na te gaan of de stofdepositie anders wordt (en de invloed van windmolens dan wellicht ook) als we hier rekening mee houden.

In de bijlage B is nader toegelicht hoe dit is uitgewerkt.

Dit betekent dat er voor het in kaart brengen van de invloed van de windmolens 8 berekeningen zijn gedaan: met en zonder de windmolens, wel/niet emissie windsnelheidafhankelijk laten zijn en wel/niet rekenen met tweemaal grovere deeltjesgrootten. Dit is gedaan voor alle diffuse stofbronnen. De emissies vanuit de schoorstenen zijn niet meegerekend: die betreffen immers (voornamelijk) PM10 en geen grof stof.

3.4.2.6 Nauwkeurigheid

Rekenmodellen voor luchtkwaliteit zijn altijd benaderingen van de werkelijkheid. De nauwkeurigheid voor toepassing op lokale schaal ligt in de ordegrrootte van enkele tientallen procenten. Hoewel de modelopzet is gemaakt door zorgvuldig de interactie tussen windmolen en rookpluimen te beschrijven, is het nog steeds een benadering. De uitkomsten zullen minder nauwkeurig zijn dan van het originele Nieuw Nationaal Model (NNM). De nauwkeurigheid van de berekende bijdrage van bronnen zal naar verwachting binnen een factor twee zijn. Opgeteld bij een achtergrond (GCN minus de bijdragen van Tata Steel), die nauwkeuriger is (ruwweg 10 a 20%), kan gesteld worden dat de resultaten voldoende betrouwbaar zijn om a) aan te geven of de windmolens een negatief dan wel positief effect hebben en b) om de resultaten toetsen aan de grenswaarden die in Nederland gelden.

4 De emissies van Tata Steel

4.1 Stofemissies

De stofemissies zijn deels afkomstig uit duidelijke (min of meer continue) puntbronnen en voor een deel uit open diffuse bronnen. Beide bronsoorten zijn in het rekenmodel meegenomen. Door Tata Steel zijn de emissies op een hoog detailniveau verstrekt. Daarbij zijn de waarden gebruikt uit 2014, die ook aan de provincie Noord-Holland zijn gerapporteerd. Deze zijn geëxtrapoleerd naar 2018 om rekening te houden met een mogelijke (en maximale) groei van de staalproductie van 7 naar 8 miljoen ton per jaar. Daarbij is rekening gehouden met recent genomen emissiereductiemaatregelen. Zo zijn in 2014 alle drie sintermachines SM11, 21 en 31 aangesloten op het doekfilter van de rookgasreiniging. De rookgassen van alle drie sintermachines worden geëmitteerd via twee hoge schoorstenen die als één emissiebron Doekfilter RGR (met code EL316) worden gerapporteerd. De schoorsteen van de Hoge Druk wasser (met code EL312) is hierdoor niet meer in gebruik en is daarmee als emissiepunt komen te vervallen. Door het plaatsen van het doekfilter is in ieder geval de emissie van het stof gebonden kwik en het cadmium sterk gereduceerd ten opzichte van de emissiegegevens van 2013. Daarnaast is ook de emissie van het stof en de overige stof gebonden metalen gereduceerd. In die gevallen zijn de hier gebruikte emissie cijfers dus lager dan de waarden die bij de Omgevingsdienst zijn gearchiveerd. Sommige coördinaten van de bronnen kunnen (kleine) verschillen vertonen met die in de database van de omgevingsdienst; de waarden die hier zijn gebruikt zijn geaccordeerd door Tata Steel en zijn de meest nauwkeurige. In bijlage C zijn de emissies van de belangrijkste stof bronnen gegeven, zoals die in deze studie zijn gebruikt.

Voor de puntbronnen zijn de posities van de emissies bekend, van de open bronnen en diffuse bronnen zijn de locaties in samenspraak met Tata Steel vastgesteld. De afmetingen van de diffuse bronnen zijn bepaald aan de hand van de kaarten en Google satellietopnamen. De locaties van deze bronnen geeft de meest actuele situatie weer. Deze kunnen afwijken van eerdere getallen, maar zijn voorgelegd aan en geaccordeerd door Tata Steel. De inventarisatie omvat ook de fakkels die voor een beperkte tijd gas (en stof) afblazen. De open bronnen en diffuse bronnen zijn op 5 m hoogte gesteld⁶ en deze zijn allen als series van puntbronnen in het model ingevoerd. Voor de berekeningen aan het fijn stof (PM10) is een fractie van 25% van het totaal aangenomen op grond van de analyse van metingen (zie bijlage C). Voor het emissiejaarverslag wordt een percentage van 20% gebruikt; in deze studie is dus conservatief gerekend. Voor de berekening van het verwaaien van grof stof is de gehele stof emissie van de diffuse bronnen doorgerekend (dus 100%).

4.2 Overige emissies

Van de overige stoffen zijn de emissies bepaald aan de hand van het jaaroverzicht dat Tata Steel in het milieu jaarrapport (2014)⁷ vermeldt. Het gaat dan om SO₂, NO_x, CO, NH₃, Hg (kwik), Cd (cadmium) en Pb (lood). In bijlage D zijn de emissies van de belangrijkste stoffen gegeven. Tenslotte zijn ook de geuremissies geïnventariseerd en gebruikt om de geurbelasting in de omgeving te bepalen. Dat geschiedt dan door een zogenaamd 98-percentiel te berekenen. Dit is de uurgemiddelde concentratie die in 2% (100-98) van de tijd overschreden wordt.

⁶ Een gevoeligheidsanalyse heeft aangetoond dat andere hoogten geen merkbaar verschil in uitkomsten opleveren.

⁷ Het milieu jaarrapport is onderdeel van de digitale rapportage naar overheden toe (provincie en RIVM)

5 Resultaten berekende concentraties

5.1 Resultaten PM₁₀ concentraties

De concentraties PM₁₀ zijn berekend voor de situatie in 2018 zonder de windmolens en met de windmolens, zodat het effect van de windmolens uit de vergelijking blijkt. Voor een aantal plaatsen in IJmuiden, Velsen, Beverwijk, Wijk aan Zee en Driehuis zijn de concentraties PM₁₀ in tabel 2 gegeven. Daarin staan de jaargemiddelde concentraties en het aantal overschrijdingsdagen voor 18 locaties (zie ook figuur 3). Deze zijn uiteraard gegeven zonder de correctie voor zeezout.

Tabel 2 PM10 concentraties (in µg/m³) op 18 locaties rond Tata Steel. Met of zonder de windmolens in 2018. Concentraties betreffen achtergrond plus bronbijdragen.

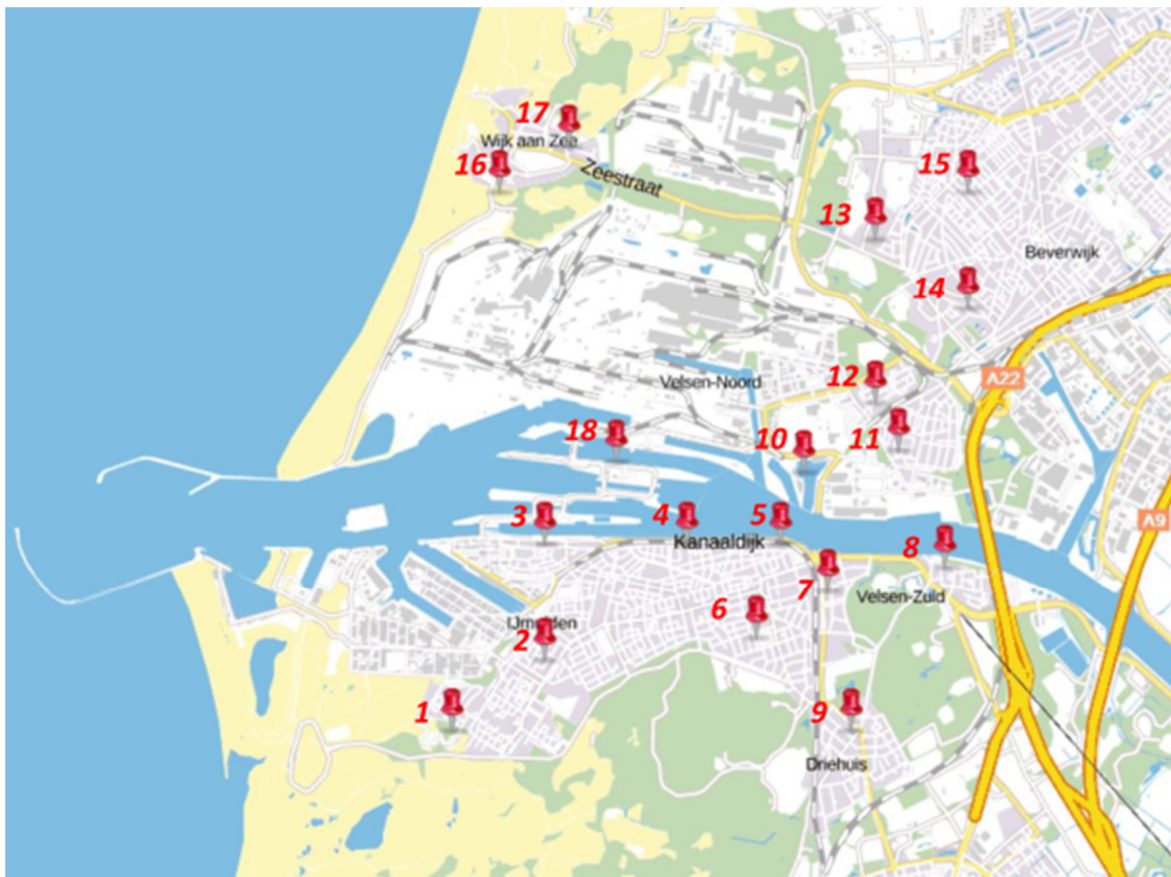
				jaargemiddelde concentraties		overschrijdingsdagen	
Locaties				PM10	PM10	pm10	pm10
	naam	X	Y	zonder	met	zonder	met
1	IJmuiden ZW	100600	496000	21.9	21.9	9.6	9.6
2	IJMuiden sterrenbuurt	101400	496600	22.6	22.6	10.0	10.0
3	vissershavenbuurt	101400	497600	26.2	26.2	17.1	17.1
4	IJmuiderstraatweg1	102600	497600	24.3	24.3	11.9	11.8
5	IJmuiderstraatweg2	103400	497600	23.0	23.0	10.2	10.3
6	Zandershof	103200	496800	22.2	22.2	9.5	9.5
7	Velzen-zuid(oost)	103800	497200	22.0	22.0	9.1	9.1
8	Velzen-zuid(west)	104800	497400	21.5	21.5	8.3	8.3
9	Driehuis	104000	496000	21.0	21.0	8.2	8.2
10	woonboot	103600	498200	23.5	23.5	10.5	10.5
11	Velsen-noord(1)	104400	498400	22.4	22.4	9.0	9.0
12	Velsen-noord(2)	104200	498800	22.7	22.7	9.3	9.3
13	beverwijk zuidwest	104200	500200	22.4	22.4	9.6	9.6
14	beverwijk zuidwest	105000	499600	22.2	22.2	9.4	9.4
15	beverwijk centrum	105000	500600	22.1	22.1	9.4	9.4
16	wijk a zee zuid	101000	500600	28.6	28.5	28.7	28.4
17	wijk a zee centrum	101600	501000	25.1	25.1	19.7	19.7
18	woonboot Noordersl weg	102000	498300	28.2	28.2	33.8	33.8
	gemiddeld			23.4	23.4	13.0	12.9
	grenswaarde			40	40	35	35

Uit de tabel 2 kan worden opgemaakt dat er nauwelijks beïnvloeding is door de windmolens. Dit is als volgt verklaarbaar. Alleen de bijdragen van Tata Steel bronnen kunnen door de windmolens beïnvloed worden; 80% van de PM_{10} concentraties komt van de achtergrond (dus van bronnen ver weg). De resterende 20% wordt voornamelijk bepaald door lage en diffuse bronnen: deze worden nauwelijks door de windmolens beïnvloed. Stof vanuit hoge schoorstenen kan wel door de windmolens tot hogere of lagere concentraties leiden, maar dan vooral op relatief korte afstand van de windmolens (tot 1,5 km, zoals in figuur B3 zichtbaar is). Hoge en lagere bronnen compenseren elkaar, waardoor het totaal effect (in deze situatie) vrijwel nul is.

Uit deze tabel valt voorts op te maken dat:

- De jaargemiddelde concentraties nauwelijks worden beïnvloed door de plaatsing van de windmolens,
- Het aantal overschrijdingsdagen van de daggemiddelde concentratie ($50 \mu g/m^3$) niet toe of afneemt (de norm is maximaal 35 dagen per jaar)
- De grenswaarden voor fijn stof niet worden overschreden.

De berekende PM_{10} concentraties zijn als contourplots gegeven in bijlage F voor een gebied van 7 x 7 km, zodat alle woonkernen in de kaartjes zichtbaar zijn.



Figuur 3. Woonlocaties waarvoor effect windmolens is berekend (zie verder tabel 2).

5.2 Resultaten overige stoffen

De effecten van de windmolens bij de overige stoffen is sterk afhankelijk van de verdeling van de emissies over hoge en lagere bronnen. Ook de positie van een bron ten opzichte van de windmolens is van groot belang. Dit is uitgelegd bij in hoofdstuk 4. En last but not least: de bijdrage van achtergrondconcentraties op de niveaus is natuurlijk ook van groot belang. Geur bijvoorbeeld wordt altijd berekend zonder achtergrond en kan daarom theoretisch een groter effect van de windmolens kunnen laten zien. Bovendien wordt geur altijd beoordeeld op percentielwaarden en niet op een jaargemiddelde. Een hoger percentiel (zoals het 98-percentiel) is gevoeliger voor veranderingen in de verspreiding dan het jaargemiddelde. Er is dus geen algemene conclusie te trekken dat de windmolens de concentraties met x% verhogen of verlagen.

De berekeningsresultaten voor elke stof op 18 locaties staan in bijlage E. Voor alle stoffen zijn contourplots in bijlage F gegeven.

Voor ammoniak (NH_3) en NO_2 is de achtergrond zo dominant en de bijdrage van Tata Steel erg laag, waardoor er geen effect van de windmolens is aangetoond.

Voor CO is de achtergrond ook dominant, maar de bijdrage van Tata Steel is niet verwaarloosbaar. Dat maakt dat het 98-percentiel van punt tot punt verschillen laat zien; echter de verschillen in de situatie met en zonder de windmolens zijn gering. Deze niveaus blijven een factor 3 onder de grenswaarde.

SO₂ is afkomstig uit vrijwel uitsluitend puntbronnen (niet diffuus), vaak ook hogere schoorstenen. De bijdrage van Tata Steel is significant in de omgeving en het effect van de windmolens is ook hier niet sterk. Nergens zijn er overschrijdingen van grenswaarden. De SO₂ waarden zijn niet gecorrigeerd voor de dubbeltelling. Hierdoor zijn de berekende concentraties (zeker op het Tata Steel terrein) overschat. Maar omdat de concentraties desondanks nog relatief laag zijn (ten opzichte van grenswaarden) en de invloed van de windmolens juist concentratie verlagend lijken te werken, is de dubbeltelling correctie niet nodig; dit wordt gedaan om te toetsen aan grenswaarden.

De toe- en afnamen in de concentraties zware metalen (kwik, lood en cadmium) door de windmolens kunnen niet als significant worden aangemerkt. De berekende concentraties zijn overal ver onder de geldende grenswaarden. Voor geen van de stoffen zijn er overschrijdingen van grenswaarden te verwachten. Deze grenswaarden zijn ingesteld om de bevolking te beschermen tegen negatieve gezondheidseffecten.

Voor geur geldt dat de niveaus nauwelijks zullen veranderen door de komst van windmolens; er is op een enkel punt een afname berekend van 1% voor het 98-percentiel. Dit is niet significant. Voor geur is geen norm voor Tata opgenomen in de vergunningen, zodat op moment van schrijven nog niet kan worden aangegeven of er sprake is van overschrijding of niet. De geurbelasting in de omgeving wordt niet significant door de windmolens beïnvloed. In bijlage F zijn de toe- en afnamen voor geur in aparte kaartjes gegeven. Voor alle andere stoffen zijn geen verschilkaartjes gemaakt omdat de verschillen tussen de situatie met en zonder windmolens zo klein zijn dat de plaatjes identiek zouden zijn.

De situaties met windturbines is weergegeven. Met deze contourplots is een goed ruimtelijk beeld gegeven van de verdeling van de concentraties in het gebied.

Het algemene beeld is dat de windmolens eigenlijk niet veel invloed hebben op de verspreiding van stof en gassen. Voor een deel is dat omdat de achtergrond al een groot deel van de niveaus bepalen (NO₂, NH₃, PM₁₀) en voor een deel omdat de interactie tussen de pluimen en het zog van de windturbine klein is. In tabel 3 is aangegeven wat de gemiddelde afname is van de concentraties per stof, gemiddeld over de 18 locaties.

Tabel 3 Gemiddelde toe(+) of af(-) name (met windmolens ten opzichte van: zonder windmolens) van concentraties (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) gemiddeld over 18 locaties ten gevolge van plaatsing van 8 windmolens. Geur: 98-percentiel in ouE/ m^3 .

	zonder	met	verschil	grenswaarde
PM10	23.4	23.4	-0.1%	40
NO2	21.1	21.1	0.0%	40
SO2	7.8	7.8	0.0%	(20) *)
CO **)	1037.4	1034.2	-0.3%	3600
NH3	2.4	2.4	0.0%	geen
geur	3.9	3.9	-0.1%	
Cd	0.00014	0.00014	0.1%	0.005
Hg	0.000006	0.000006	-0.4%	0.2
Pb	0.0035	0.0035	0.0%	0.5

*) geldt voor natuur.

**) dit is de 98-percentiel van 8-uur glijdend gemiddelde uurwaarden.

5.3 Verspreiding grof stof

De verspreiding van grof stof is berekend op de 18 woonlocaties en ook in het grid van 7x7 km. Zoals in Bijlage B is uitgelegd zijn er 4 varianten doorgerekend, telkens voor de situatie met en zonder de windmolens. Daarbij gaat het om *het relatieve effect* van de windmolens: neemt de belasting (de stofneerslag) toe of af door de plaatsing van windmolens of blijft deze gelijk. In tabel 4 is voor deze 18 locaties aangegeven of er verschillen zijn berekend die toegerekend kunnen worden aan de (8) windmolens. Dit is dan uitgedrukt in procenten toe- of afname. Voor alle locaties wordt een verschil van minder dan 0,5% berekend.

Tabel 4. Berekende toe(+)- of af(-) name (met windmolens ten opzichte van: zonder windmolens) van de stof depositie (in %) voor 18 woonlocaties ten gevolge van plaatsing van 8 windmolens. Getallen betreffen gram stof per ha per jaar.

grof stof						
	naam	X	Y	zonder	met	diff
1	IJmuiden ZW	100600	496000	237	237	0%
2	IJmuiden sterrenbuurt	101400	496600	417	417	0%
3	vissershavenbuurt	101400	497600	1064	1065	0%
4	IJmuiderstraatweg1	102600	497600	706	706	0%
5	IJmuiderstraatweg2	103400	497600	474	475	0%
6	Zandershof	103200	496800	333	334	0%
7	Velzen-zuid(oost)	103800	497200	318	318	0%
8	Velzen-zuid(west)	104800	497400	212	213	0%
9	Driehuis	104000	496000	179	179	0%
10	woonboot	103600	498200	594	595	0%
11	Velsen-noord(1)	104400	498400	376	376	0%
12	Velsen-noord(2)	104200	498800	468	468	0%
13	beverwijk zuidwest	104200	500200	441	441	0%
14	beverwijk zuidwest	105000	499600	291	292	0%
15	beverwijk centrum	105000	500600	272	273	0%
16	wijk a zee zuid	101000	500600	2137	2132	0%
17	wijk a zee centrum	101600	501000	1108	1109	0%
18	woonboot Noordersl weg	102000	498300	2340	2342	0%
	grenswaarde			geen	geen	

De resultaten voor de drie andere varianten zijn gegeven in bijlage G.

In bijlage B is ook berekend of het stof van Harsco anders wordt beïnvloed door de windmolens dan het stof van de andere bronnen. De deeltjes zijn immers een stuk grover. De berekeningen zijn gedaan over een noord-zuid lijn, tot 6 km ten noorden van Harsco en 6 km ten zuiden van Harsco. In figuur B7 is te zien dat beide soorten deeltjes vergelijkbaar door de windmolens beïnvloed worden en dat die beïnvloeding gering is (minder dan 0,5% verschil).

In die varianten gaat het er daarbij steeds om om na te gaan of de conclusies anders worden als we andere uitgangspunten nemen:

- het stof anders is (stof van Harsco of kolenstof)
- het stof anders wegwaait dan we aannemen (afhankelijk van windsnelheid of niet)
- het stof toch anders van deeltjesgrootteverdeling is of niet.
- We alleen naar Harsco stof kijken of alle diffuse bronnen beschouwen

Voor een gebied van 7 x 7 km is de stofdepositie op locaties om de 250 m (841 punten) berekend wat de stofdepositie voor vier varianten is. Hierbij zijn alle (31) diffuse stofbronnen doorgerekend (dus Harsco plus alle Tata Steel bronnen). De resultaten zijn als verschil-contourplots in bijlage G gegeven. De plots laten kleine verschillen zien: meer dan 0,5% toename is nergens berekend. Een iets grotere afname in stofneerslag (tot 2%) is berekend. Dit is verklaarbaar wanneer we bedenken dat het stof vanaf de grond door de windmolens iets meer omhoog verdund zal worden.

Kortom: uit al deze berekeningen zijn geen aanwijzingen verkregen dat de stofdepositie rond Tata Steel zal toenemen of significant zal afnemen door plaatsing van de windmolens.

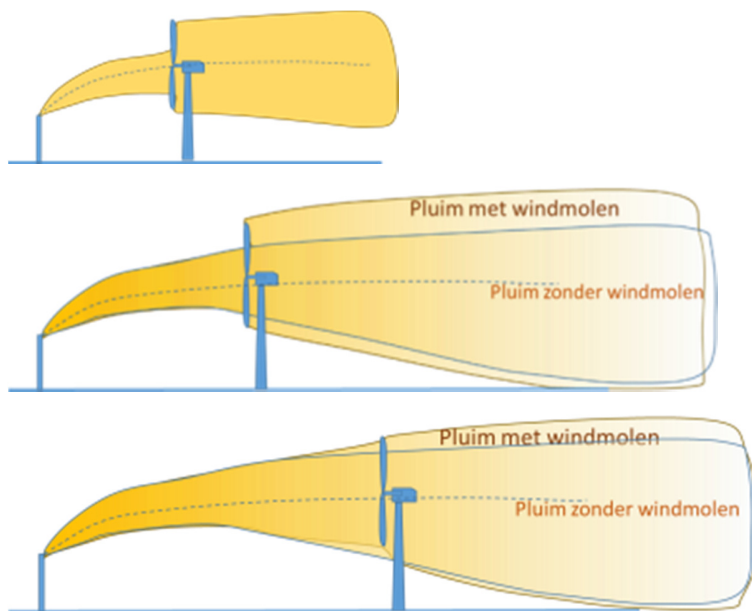
Eén detail in de modellering is aangepast ten opzichte van de studie die voor het windpark Spuisluis is uitgevoerd. Een diffuse bron (zoals een kolenopslag) wordt normaal in het NNM als een beperkt aantal *lijnbronnen* doorgerekend. Zo is dat voorgeschreven. Bij berekeningen zonder windmolens is dat dus de normale werkwijze en dat was in de studie voor Spuisluis toegepast. Maar om het effect van windmolens te kunnen bepalen kan de diffuse bron beter als een serie *puntbronnen* worden benaderd. Wiskundig maakt het geen principieel verschil: het één is niet beter of slechter dan het andere. Maar omdat er met een beperkt aantal benaderende lijn- respectievelijk puntbronnen gerekend wordt treden er verschillen op. Er kan immers niet met een oneindig aantal bronnen doorgerekend worden. Beide zijn benaderingen maar geven niet precies hetzelfde resultaat. Deze verschillen zijn ver weg van de bron te verwaarlozen; dicht bij de bron zijn deze zichtbaar: tot maximaal 10%, zo is in de eerdere studie gemeld. Hierdoor gaven de uitkomsten voor het windpark Spuisluis aan dat de stofneerslag dicht bij de bron tot 10% hoger zou kunnen zijn. Dit is dus geen reëel verschil, maar een artefact van het model zelf: indien in de situatie met en zonder windmolens op dezelfde wijze berekend, is er geen verschil zichtbaar.

6 Discussie resultaten

De resultaten laten zien dat er geen grote verschillen zijn tussen de concentraties in de lucht berekend met en zonder de windmolens. In Bijlage B is er berekend dat er theoretisch voor

individuele schoorstenen wel flinke verschillen zouden kunnen zijn. Waarom zien we die niet terug in de eindresultaten voor PM_{10} , SO_2 en de andere stoffen? Om deze vraag te beantwoorden is een nadere analyse gemaakt van hoe de diverse brontypen bijdragen aan de concentraties en hoe die dan veranderen door de windturbines. In Bijlage B (meer specifiek in figuur B3) zijn berekeningen gedaan aan fictieve schoorstenen die behoorlijk dicht bij de windturbines staan: nog geen 400 m. Naarmate de schoorstenen verder van de windmolens af staan wordt de invloed van de windmolens kleiner. Dat wil zeggen: de invloed op de concentraties, niet op de windsnelheid en ook niet op de turbulentie (dus de menging). De schoorstenen van Tata Steel staan bijna allemaal op grotere afstanden van de windmolens met als gevolg dat de pluim zelf dan al meer verdund is in de lucht en de extra menging door de windmolens dan minder effect heeft, zie figuur 4.

De belangrijkste reden voor het geringe effect van de windmolens op de concentraties is doordat de lage bronnen in hoofdzaak de PM_{10} concentraties bepalen. De windmolens hebben op deze lage bronnen nauwelijks een effect.

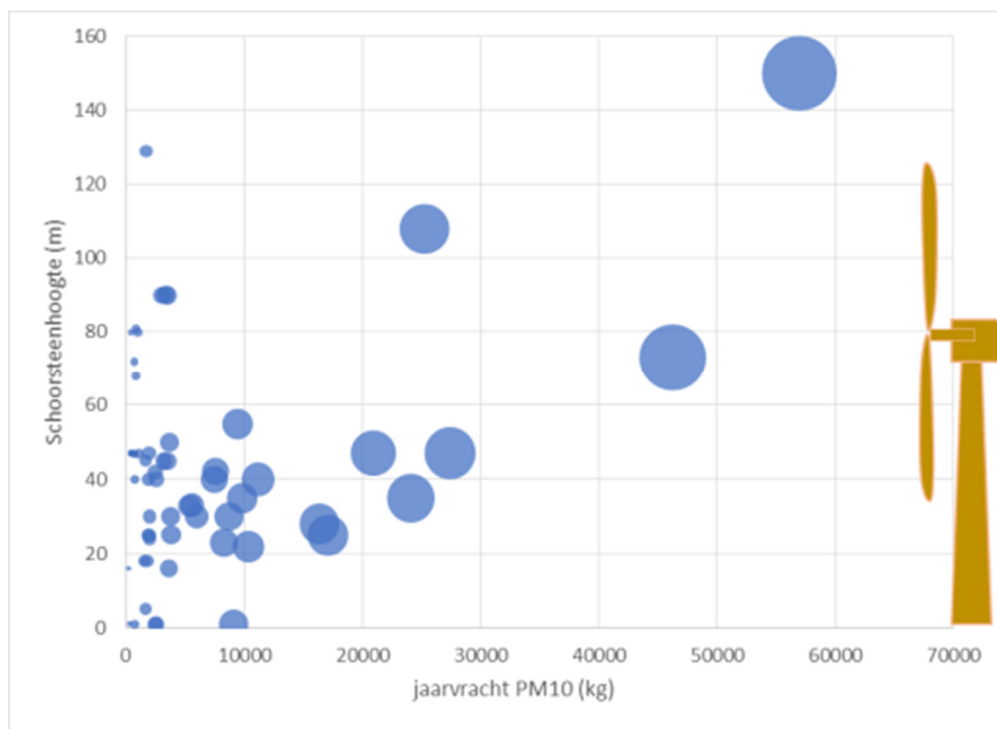


Figuur 4. Naarmate de windmolens en de schoorstenen verder van elkaar af staan worden de pluimen minder beïnvloed door de molens.

Voorts blijkt dat de meerderheid van de emissies afkomstig is van schoorstenen die lager zijn dan de ashoogte van turbine, zie figuur 5. Alleen de niet-diffuse emissies zijn hier aangegeven (dus alleen de puntbronnen). In deze figuur is de grootte van de PM_{10} emissies (de bolgrootte) per schoorsteenhoogte uitgezet. Rechts in de figuur is op dezelfde schaal de hoogte van de windmolen (plus tiphoogtes) aangegeven. In deze figuur is direct te zien dat de meeste emissies

duidelijk onder de ashoogte worden geëmitteerd. Dat maakt dat de pluimen van deze bronnen eerder omhoog zullen worden gevoerd dan omlaag en dat concentraties dus eerder zullen worden verlaagd dan verhoogd.

Wat de depositie van grof stof betreft, kan eigenlijk al uit het voorgaande afgeleid worden dat deze dus ook niet erg beïnvloed kan worden door de windmolens. Alle diffuse bronnen zijn immers grondbronnen, die dus zo laag zijn dat het stof voornamelijk onder de windmolens door waait. Op grotere afstanden kan het stof materiaal wellicht nog wel op de hoogte van de windmolens komen (maar dan alleen bij turbulent weer) zodat beïnvloeding dan mogelijk wordt. Op deze grotere afstanden is de neerslag van stof dan al flink lager geworden. De beïnvloeding op grotere afstand is dan zodanig dat het stof iets beter (naar boven) verspreid wordt door opname in het zog (tenminste: voor die uren dat het zog zover reikt). In de resultaten is dit niet meer terug te zien. Dat komt omdat de stofneerslag op wat grotere afstanden (zeg meer dan 1 a 2 km) vooral bepaald wordt door weertypen die juist niet zo turbulent zijn: dan blijft het merendeel van het stof immers dicht bij de grond.



Figuur 5. Relatie tussen PM10 emissie (grootte van de bol) en de schoorsteenhoogte (hier zijn alleen de puntbronnen weergegeven). De hoogte van de windmolen is rechts aangegeven.

De berekende verschillen (zichtbaar in de contourplots in bijlage G) zijn zo klein dat deze niet als betekenisvol aangemerkt kunnen worden.

Wanneer er gerekend wordt met windsnelheidsafhankelijke stofemissie (bij harde wind veel meer emissie dan bij weinig wind), dan zien we dat de berekende hoeveelheden neergeslagen stof duidelijk anders is. De stofneerslag benedenwinds bij zuidwestenwind is dan beduidend hoger dan wanneer we rekenen met een constante emissie. En de stofneerslag benedenwinds bij noordelijke wind is dan beduidend lager dan wanneer we rekenen met een constante emissie. Echter: op alle locaties maakt het niet uit of er windmolens zijn geplaatst op niet. De verschillen zijn in alle gevallen te verwaarlozen: de berekende invloed van de windmolens beperkt zich in alle windrichtingen tot 2% afname en 1 % toename.

De berekeningsuitkomsten bevatten relatief veel onzekerheid. Dit geldt dan voor de berekende hoeveelheid gedeponeerd stof in de omgeving. Dit komt vooral door de onzekerheid in de deeltjes grootten en de onzekerheid bij de vraag bij hoe snel het verwaaien van stof toeneemt bij toenemende windsnelheden. Dat maakt dat de berekende hoeveelheden grof stof, die verwacht mag worden in de omgeving van Tata Steel een relatief grote mate van onzekerheid bevat, die al gauw in de orde van een factor 2 of meer ligt. Maar bij het berekenen van het relatieve effect van de windmolens vallen veel onzekerheden weer tegen elkaar weg, zodat het berekende effect van de windmolens veel nauwkeuriger is. Daarvoor spelen de aannamen in het zoggedrag achter de windmolens een grote rol. En bij het beschrijven van dit zoggedrag is zoveel mogelijk van conservatieve aannamen uitgegaan, zoals beschreven in bijlage B.

7 Conclusies

- In geen der gevallen wordt een grenswaarde voor luchtkwaliteit volgens de Wet Milieubeheer (hoofdstuk 5) overschreden, niet zonder en niet met de windmolens.
- Uit de berekeningen volgt dat de windmolens theoretisch een effect kunnen hebben in die gevallen dat de schoorsteen bovenwinds van de windmolen staat. Maar de onderlinge afstand en hoogteverschil bepaalt of dit ook werkelijk gebeurt. Bij geen van de doorgerekende stoffen is dit in belangrijke mate het geval.
- De windmolens hebben minder effect in de gevallen dat de schoorsteen benedenwinds van de windmolen staat. Ook hier is de onderlinge afstand en hoogteverschil mede bepalend of dit ook werkelijk gebeurt. Bij geen van de doorgerekende stoffen blijkt dit in belangrijke mate het geval te zijn.
- De PM_{10} concentraties worden voor een groot deel bepaald door de achtergrondniveaus. Dit betekent dat de windmolens in potentie ruwweg 20% van de PM_{10} niveaus kunnen beïnvloeden; de overige 80% is achtergrond en deze wordt niet beïnvloed.

- Door de windmolens veranderen de PM_{10} concentraties nauwelijks: nergens is een grotere verandering dan 1% berekend. Het aantal overschrijdingsdagen PM_{10} neemt evenmin toe.
- NO_2 en NH_3 concentraties worden vrijwel geheel bepaald door de achtergrondniveaus: de bijdrage van Tata Steel is niet zichtbaar. De windmolens hebben geen effect op de NO_2 en NH_3 concentraties.
- De concentraties SO_2 (achtergrond en Tata Steel bijdrage) en CO worden significant beïnvloed door Tata Steel. De bijdrage van Tata Steel is duidelijk zichtbaar in de modelberekeningen, zoals blijkt uit de contourplots. De windmolens verlagen de SO_2 concentraties in de omgeving met ten hoogste 1%. De niveaus blijven ver onder de grenswaarden. De concentraties CO worden niet verhoogd door de windmolens.
- De geurconcentraties rond Tata Steel wijzigen door de windmolens niet significant.
- De windmolens hebben geen significant effect op de concentraties kwik, cadmium en lood in de omgeving. De niveaus zijn ver onder de geldende grenswaarden.
- De windmolens beïnvloeden het verspreiden en depositie van grof stof niet. Dit geldt zowel voor het stof vanaf het Harsco terrein als vanaf de overige stofbronnen.

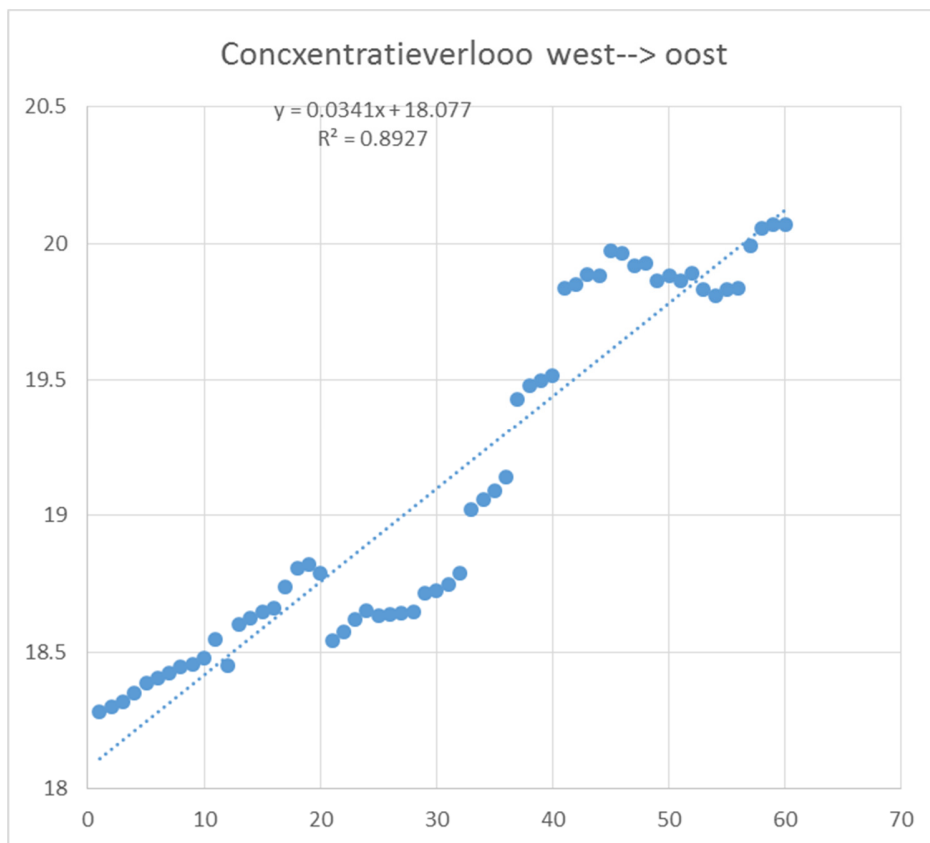
Bijdrage A Bijdrage Tata aan PM10 concentraties

Het opschonen van de achtergrond voor de bijdrage van Tata Steel is gedaan door de concentratiebijdrage in het jaar 2018 te bepalen. In de GCN database van 2016 is het jaar 2018 apart beschikbaar (als een zogenaamde .aps bestand); voor de regio van Tata Steel is het ruimtelijk oplossend vermogen 250x250 m. Uit het concentratiepatroon is de bijdrage van Tata Steel goed af te leiden zie figuur A1. In tegenstelling met de studie voor Spuisluis is hier gekozen voor een eenvoudiger werkwijze om de GCN concentraties op te schonen voor de bijdrage van Tata Steel. De concentraties in het veld nemen van west naar oost af volgens – bij benadering – volgens een rechte lijn.

-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	18.9	19.0	19.0	19.1	19.1	19.2	19.2	19.3	19.2	19.2	19.2	19.2	19.0	19.0	19.0	19.0	18.9	18.9	18.9	18.9	19.28
-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	19.0	19.1	19.2	19.2	19.2	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.2	19.2	19.2	19.1	19.1	19.0	19.0	19.0	19.0	19.32
-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	19.1	19.2	19.3	19.4	19.4	19.5	19.6	19.6	19.6	19.6	19.7	19.6	19.5	19.5	19.2	19.2	19.2	19.1	19.1	19.2	19.58
-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	19.3	19.4	19.5	19.6	19.6	19.7	19.8	19.9	19.8	19.9	20.0	19.9	19.6	19.6	19.3	19.3	20.0	19.8	19.9	19.9	19.91
-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	19.4	19.5	19.7	19.8	19.8	20.0	20.1	20.1	20.0	20.2	20.2	20.1	19.6	19.5	19.5	19.7	20.2	20.2	20.1	20.0	20.00
-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	19.5	19.7	19.8	20.0	20.1	20.2	20.4	20.4	20.3	20.4	20.4	20.1	19.7	19.8	19.6	19.9	20.4	20.3	20.1	20.2	20.16
-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	19.7	19.9	20.1	20.3	20.4	20.6	20.7	20.6	20.6	20.6	20.6	20.5	20.3	20.3	20.1	20.2	20.6	20.4	20.3	20.2	20.25
-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	19.9	20.1	20.4	20.6	20.8	21.0	21.2	21.1	21.3	21.3	21.1	20.9	20.5	20.7	20.3	20.0	20.8	20.4	20.2	20.1	20.55
-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	20.1	20.4	20.7	21.0	21.3	21.5	21.8	21.6	21.8	21.7	21.5	20.9	20.7	21.0	20.7	20.3	20.5	20.7	20.3	20.2	20.81
-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	20.4	20.7	21.0	21.4	21.8	22.2	22.4	21.8	21.4	22.2	21.6	22.0	21.6	21.3	20.6	20.5	20.8	20.6	20.6	20.6	20.88
-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	20.6	21.0	21.5	22.0	22.5	23.1	23.2	23.1	21.8	22.1	22.7	22.5	22.3	21.8	21.1	20.7	21.1	21.0	21.0	20.7	20.94
-999.0	19.8	20.0	20.3	20.6	21.0	21.5	22.0	22.7	23.8	24.6	24.3	22.9	23.2	23.6	23.0	23.2	23.1	21.9	21.5	21.5	21.3	21.1	21.0	20.5	21.10
-999.0	19.9	20.2	20.5	20.9	21.3	21.9	22.6	23.6	25.0	26.2	26.9	24.5	24.5	24.9	25.3	24.6	22.8	22.3	21.8	21.6	21.1	21.4	21.0	20.6	21.25
-999.0	20.0	20.3	20.7	21.1	21.7	22.4	23.4	24.6	26.7	28.8	30.7	31.5	28.7	28.0	27.6	26.5	23.4	22.8	22.6	22.0	21.7	21.6	21.2	20.7	21.24
-999.0	20.2	20.5	20.9	21.4	22.1	23.0	24.2	26.0	29.0	33.2	43.0	40.8	32.5	31.8	32.2	28.7	24.8	24.7	24.1	22.8	22.1	22.8	21.4	21.0	21.29
20.1	20.4	20.7	21.2	21.8	22.6	23.7	25.3	27.6	31.5	43.5	123.7	56.5	35.9	29.9	31.5	27.5	27.2	24.6	25.1	25.4	22.9	22.0	21.6	20.8	21.46
20.2	20.5	20.9	21.4	22.1	23.0	24.3	26.3	29.5	34.1	48.3	68.8	45.2	37.2	35.2	35.4	31.5	27.2	24.9	23.7	22.6	22.1	21.9	21.1	21.0	21.09
20.3	20.6	21.1	21.7	22.5	23.5	25.1	27.4	31.3	40.0	51.5	60.0	46.4	47.8	60.2	61.1	35.1	29.6	25.6	24.0	22.8	22.1	21.4	21.0	20.7	21.07
20.3	20.7	21.2	21.9	22.7	24.0	25.8	28.6	34.3	51.8	52.5	64.9	64.7	59.7	79.9	103.8	44.1	28.8	28.9	26.1	23.4	22.2	21.4	21.0	20.7	21.24
20.4	20.8	21.3	22.0	22.9	24.2	26.2	29.2	39.4	58.8	53.7	100.3	113.5	66.0	51.7	69.6	51.5	45.7	35.2	29.3	24.8	22.8	21.7	21.3	21.0	21.29
20.5	20.9	21.4	22.1	23.0	24.2	25.9	28.4	35.1	47.3	68.3	102.4	95.5	56.0	42.1	39.2	37.6	40.6	35.3	29.8	25.7	22.4	21.7	21.2	21.0	21.32
20.5	20.9	21.4	22.0	22.8	23.9	24.9	26.9	30.7	36.5	42.5	46.1	42.9	37.2	33.4	30.4	29.6	28.0	26.6	25.1	22.7	22.6	22.1	21.4	21.0	21.28
20.4	20.8	21.3	21.9	22.6	23.4	24.5	26.0	27.9	29.9	31.9	33.1	32.4	30.5	28.9	27.6	25.7	25.1	24.3	23.6	23.0	22.9	25.0	22.2	20.9	21.47
20.4	20.9	21.4	21.9	22.5	23.0	23.9	24.8	25.0	26.7	27.6	28.1	27.8	27.5	25.7	25.4	25.1	24.7	24.3	23.8	23.3	22.8	22.8	22.2	21.0	20.62
20.3	20.8	21.2	21.6	22.1	22.5	23.1	23.6	24.0	24.7	25.1	24.4	23.2	23.8	24.2	24.0	23.7	23.8	23.0	22.6	22.4	21.8	21.7	21.7	21.5	21.05
20.2	20.7	20.9	21.1	21.7	21.9	22.3	22.0	21.4	22.5	21.8	23.3	21.9	22.3	22.1	22.0	21.9	22.0	21.9	21.7	21.5	21.1	21.0	20.9	20.8	20.44
20.0	20.5	20.7	20.7	21.3	21.3	21.6	21.9	20.8	21.5	21.2	21.1	21.4	21.9	21.8	21.6	21.5	21.6	21.5	21.4	21.3	20.9	20.8	20.7	20.6	20.31
19.8	20.0	20.1	20.2	20.3	20.4	20.7	20.9	20.1	20.9	21.2	21.2	21.2	21.8	21.8	21.7	21.7	21.3	21.2	21.1	21.0	20.9	20.8	20.8	20.7	19.96
19.7	19.8	19.9	20.0	20.1	20.2	20.2	20.3	19.8	20.7	20.8	20.9	21.0	21.6	21.4	21.4	21.4	21.1	21.0	21.0	20.9	20.8	20.7	20.7	20.7	19.87
19.5	19.6	19.7	19.8	19.9	19.8	19.9	20.0	19.8	20.9	20.6	20.6	20.7	21.2	21.3	21.2	21.2	20.9	20.8	20.8	20.7	20.9	20.6	20.6	20.6	19.80
19.4	19.5	19.6	19.7	19.7	19.6	19.7	19.8	19.9	20.8	20.5	20.4	20.4	21.0	21.0	21.4	21.0	20.7	20.6	20.6	20.5	20.5	20.5	20.4	20.4	19.76
19.2	19.3	19.4	19.4	19.4	19.6	19.7	19.8	19.8	20.2	20.0	20.0	20.0	20.3	20.3	20.3	20.3	19.6	19.5	19.5	19.5	19.8	19.8	19.8	19.9	20.32
19.1	19.2	19.2	19.3	19.3	19.4	19.5	19.6	19.7	20.0	20.1	20.2	20.2	20.3	20.1	20.3	20.3	19.4	19.4	19.4	19.4	19.7	19.8	19.7	19.8	20.28
19.1	19.1	19.1	19.2	19.2	19.3	19.4	19.5	19.5	19.9	20.0	20.0	20.0	20.2	20.0	20.2	20.2	19.3	19.3	19.3	19.3	19.6	19.7	19.7	19.7	20.22
19.0	19.0	19.0	19.1	19.1	19.2	19.3	19.3	19.5	19.8	19.8	19.9	19.9	20.1	20.1	20.1	20.0	19.4	19.3	19.2	19.2	19.6	19.7	19.6	19.6	20.26
18.9	18.8	18.9	18.9	18.9	19.0	19.0	19.0	19.1	19.1	19.1	19.1	19.2	19.2	19.2	19.2	19.0	19.0	18.9	19.0	19.0	19.9	19.9	20.0	20.2	20.60
18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.9	18.9	19.0	19.0	19.0	18.9	19.0	19.0	19.0	19.1	19.0	19.0	18.9	19.0	19.0	19.0	19.9	19.9	20.0	19.9	20.60
18.7	18.7	18.7	18.8	18.8	18.8	18.9	18.9	18.9	18.9	18.7	19.0	19.0	19.0	18.9	19.0	18.9	18.9	18.9	19.0	19.0	19.8	19.9	19.9	20.1	20.60

Figuur A1. GCN (jaargemiddelde) waarden PM10 zoals in de GCN database is terug te vinden voor het jaar 2018. Linker punt is de lijn voor X=95000. Licht geel: 25-30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, donker geel: 30-50; bruin: 50-100, roze: meer dan 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Voor het verloop van noord→zuid is nauwelijks een toe- of afname zichtbaar: minder dan 0,5 ug/3. Daarom is er voor gekozen de achtergrond concentratie voor elke 250x250 m cel te bepalen volgens deze lineaire functie. De functie die hiervoor geldt, is gegeven in figuur A2. De aldus bepaalde bijdrage van Tata Steel is gegeven in figuur A3.



Figuur A2: verloop van de GCN concentraties over de lijn van west → oost, beginnend bij X=95000; elke punt is 250 m. GCN waarden nemen geleidelijk toe van west→ oost.

De GCN waarden in 2018 (op 250 x 250 schaal) zijn verminderd met de bijdragen van Tata Steel in 2018. Op deze wijze is per gridcel een beter geschatte waarde verkregen dan wanneer van alle GCN waarden gewoon een constante is afgetrokken. Met deze opgeschoonde GCN waarden worden de bijdragen van alle Tata Steel bronnen vervolgens met STACKS berekend, alleen nu veel gedetailleerder, en weer opgeteld bij deze opgeschoonde achtergrond. Zo ontstaat een meer gedetailleerd beeld van de concentraties rond Tata Steel. Op deze wijze wordt voorkomen dat de bijdrage van Tata Steel dubbel wordt geteld.

Hierbij moet een opmerking gemaakt worden. Het gebruik van de Presrm met de GCN waarden waar de bijdrage van tata Steel vanaf is getrokken levert in ongeveer 10% van de getallen onrealistische waarden. Een deel van deze 10% is veel te laag (variërend van 2 tot 16 ug/m³) of duidelijk veel te hoog (tot 50 ug/m³). Het lijkt erop dat de Presrm niet alleen de waarden van de 250x250 m data gebruikt maar ook nog deels rekening houdt met de 1x1 km data. Deze laatste zijn niet gecorrigeerd voor de bijdrage van Tata Steel. Daarom zijn de 10% onrealistische waarden vervangen door waarden, die zijn verkregen door interpolatie van de twee omliggende waarden.

-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	-0.2	-0.1	-0.1	-0.5	-0.5	-0.5	-0.6				
-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	-0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.4	-0.5	-0.5	-0.6					
-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.4	-0.4	-0.5	-0.5					
-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3		
-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	0.2	0.2	0.2	0.3	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.5	0.3	0.3	0.2	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3			
-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	0.3	0.3	0.3	0.4	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	
-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	0.4	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	0.8	0.8	0.5	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0		
-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	0.5	0.6	0.7	0.8	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	0.9	0.9	0.5	0.5	1.0	0.7	0.8	0.7		
-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	0.7	0.7	0.8	1.0	1.3	1.4	1.4	1.5	1.4	1.5	1.6	1.5	0.8	0.8	0.7	0.9	1.2	1.1	1.0	0.9	
-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	0.8	0.9	1.0	1.2	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.4	1.0	1.0	0.9	1.1	1.4	1.2	1.0	1.0		
-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	1.0	1.1	1.2	1.5	1.8	2.0	2.1	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	1.4	1.6	1.3	1.2	1.1	
-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	1.2	1.3	1.5	1.8	2.3	2.5	2.6	2.4	2.6	2.6	2.5	2.3	1.8	1.9	1.6	1.3	1.7	1.3	1.1	1.0	
-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	1.4	1.6	1.8	2.2	2.7	3.0	3.1	2.9	3.1	3.1	2.8	2.2	1.9	2.3	1.9	1.5	1.5	1.6	1.2	1.0	
-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	1.6	1.9	2.2	2.6	3.3	3.6	3.7	3.1	2.8	3.5	2.9	3.4	2.9	2.6	1.9	1.7	1.7	1.6	1.5	1.4	
-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	1.9	2.2	2.6	3.2	4.0	4.5	4.6	4.4	3.2	3.4	4.1	3.9	3.6	3.1	2.3	2.0	2.1	1.9	1.9	1.5	
-999.0	1.2	1.4	1.6	1.9	2.2	2.6	3.2	3.9	5.3	6.1	5.7	4.3	4.6	5.0	4.3	4.5	4.4	3.2	2.7	2.7	2.3	2.1	1.9	1.4						
-999.0	1.3	1.5	1.8	2.2	2.6	3.1	3.8	4.8	6.5	7.6	8.2	5.9	5.9	6.2	6.7	5.9	4.1	3.5	3.1	2.8	2.1	2.3	1.9							
-999.0	1.4	1.7	2.0	2.5	2.9	3.6	4.5	5.8	8.2	10.2	12.1	12.8	10.1	9.3	9.0	7.8	4.7	4.1	3.9	3.2	2.7	2.5	2.1	1.6						
-999.0	1.6	1.9	2.3	2.8	3.4	4.2	5.4	7.2	10.5	14.6	24.4	22.2	13.8	13.2	13.5	10.0	6.1	6.0	5.3	4.0	3.1	3.8	2.3	1.8						
1.6	1.8	2.1	2.5	3.1	3.8	4.9	6.4	8.8	12.9	24.9	105.1	37.9	17.2	11.3	12.9	8.8	8.4	5.9	6.3	6.6	3.9	2.9	2.5	1.7						
1.7	1.9	2.3	2.8	3.5	4.3	5.5	7.5	10.7	15.6	29.7	50.2	26.5	18.6	16.6	16.8	12.9	8.5	6.2	4.9	3.9	3.1	2.8	2.0	1.8						
1.8	2.0	2.5	3.0	3.8	4.8	6.2	8.6	12.5	21.5	32.9	41.4	27.7	29.2	41.6	42.5	16.4	10.9	6.9	5.2	4.0	3.1	2.3	1.9	1.6						
1.9	2.1	2.6	3.2	4.1	5.2	7.0	9.8	15.5	33.3	33.9	46.2	46.0	41.1	61.3	85.2	25.6	12.1	10.2	7.3	4.6	3.2	2.3	1.9	1.6						
2.0	2.2	2.7	3.4	4.3	5.5	7.4	10.4	20.6	40.2	65.1	81.7	94.8	47.4	33.0	51.0	32.9	27.0	16.5	10.6	6.0	3.8	2.6	2.2	1.9						
2.0	2.3	2.8	3.4	4.3	5.4	7.1	9.6	16.3	28.7	49.8	83.8	76.9	37.4	23.4	20.6	18.9	21.8	16.6	11.0	6.9	3.3	2.7	2.1	1.9						
2.0	2.3	2.7	3.3	4.2	5.1	6.1	8.1	11.9	18.0	24.0	27.5	24.2	18.6	14.7	11.8	10.9	9.3	7.8	6.3	4.0	3.6	3.0	2.3	1.8						
2.0	2.2	2.6	3.2	3.9	4.7	5.7	7.2	9.1	11.4	13.3	14.4	13.7	11.9	10.2	8.9	7.0	6.4	5.5	4.9	4.2	3.9	6.0	3.1	1.7						
1.9	2.3	2.7	3.2	3.8	4.3	5.1	6.0	6.2	8.1	9.0	9.5	9.2	8.9	7.1	6.7	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	3.7	3.7	3.1	1.9						
1.8	2.2	2.5	2.9	3.4	3.7	4.3	4.8	5.2	6.2	6.5	5.8	4.6	5.1	5.5	5.4	5.1	5.0	4.3	3.9	3.6	2.8	2.6	2.6	2.4						
1.7	2.1	2.3	2.5	3.0	3.1	3.5	3.2	2.6	4.2	3.2	4.7	3.2	3.6	3.4	3.4	3.2	3.3	3.1	2.9	2.8	2.1	1.9	1.8	1.6						
1.6	1.9	2.0	2.1	2.6	2.5	2.8	3.0	2.0	2.9	2.6	2.5	2.7	3.3	3.1	3.0	2.8	2.9	2.8	2.7	2.5	1.9	1.8	1.6	1.5						
1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.6	1.9	2.1	1.3	2.4	2.7	2.6	2.5	3.2	3.1	3.0	3.1	2.5	2.4	2.4	2.2	1.9	1.8	1.7	1.5						
1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.4	1.4	1.5	1.0	2.2	2.2	2.2	2.3	2.9	2.8	2.8	2.8	2.3	2.2	2.2	2.1	1.7	1.6	1.6	1.6						
1.1	1.0	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1	1.2	1.0	2.4	2.0	2.0	2.1	2.6	2.6	2.6	2.5	2.2	2.1	2.0	2.0	1.8	1.5	1.5	1.5						
1.0	0.9	0.9	1.0	1.0	0.8	0.8	0.9	1.1	2.2	1.9	1.8	1.8	2.3	2.4	2.8	2.3	2.0	1.9	1.8	1.8	1.4	1.4	1.3	1.2						
0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.6	1.4	1.4	1.4	1.7	1.7	1.7	1.6	0.9	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7						
0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	1.5	1.6	1.6	1.6	1.7	1.5	1.7	1.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6						
0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	1.3	1.4	1.4	1.4	1.6	1.4	1.5	1.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6						
0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.7	1.2	1.3	1.3	1.2	1.4	1.4	1.5	1.4	0.6	0.5	0.5	0.4	0.6	0.6	0.5	0.5						
0.4	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.9	0.9	0.9	1.0						
0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.8	0.8	0.9	0.8						

Figuur A3. Bijdrage van Tata Steel aan de (jaargemiddelde) waarden PM10 zoals in de GCN database is terug te vinden voor het jaar 2018. Linker punt is de lijn voor X=95000. Ruimtelijk oplossend vermogen: 250 x 250 m.

Bijlage B Beschrijving combinatie zogmodel en pluimverspreiding

HET ZOGMODEL IS EEN DYNAMISCH MODEL DAT DE VOLGENDE ZAKEN BEREKENT:

- 1 De verlaagde windsnelheid achter de windmolen, als functie van de afstand achter de turbine.
- 2 Thrustcoëfficiënt: een eigenschap van de turbine.
- 3 De zogbreedte: deze neemt toe naarmate we verder van de windmolen verwijderd zijn.
- 4 De turbulentieparameters in het zog: toegenomen turbulentie intensiteit en (in de regel) afgenomen wervelgrootte ten opzichte van de normaal optredende atmosferische wervelgrootte.

Al deze parameters zijn een functie van de windsnelheid en de afstand tot de turbine. Door dit model te combineren met het gaussisch pluimmodel wordt de invloed van de windmolen effecten op de verspreidingen zo goed mogelijk verrekend.

Eerst worden de formules voor het windmolen gedrag op windsnelheid en turbulentie gegeven. Daarna wordt in detail beschreven hoe dit windmolen gedrag worden gecombineerd met de pluimverspreiding.

Windmolen effect op wind en turbulentie

Zogeffect

$$\frac{\Delta V}{V_{hub}} = \Delta_s \left(\frac{x_s}{x} \right)^n$$

met:

ΔV	snelheidsverschil van wind en de ongestoorde windsnelheid op ashoogte
V_{hub}	windsnelheid op ashoogte
x	afstand tot de windmolen
x_s	Nabije zoglengte
Δ_s	Initieel snelheidsverschil afhankelijk van de werkingstoestand van de windmolen (Thrust)

n relaxatieconstante. Voor een zog in een turbulente grenslaag geldt $n \approx 1$

Initieel snelheidsverschil

$$\Delta_s = 1 - (1 - C_T)^{\frac{1}{2}}$$

C_T Thrustcoëfficiënt te bepalen uit turbine-eigenschappen

Nabije zoglengte

$$\frac{X_s}{D} = 0.97 \left(\frac{m+1}{8} \right)^{\frac{1}{2}} \left\{ \left(\frac{u'_a}{0.51} \right)^2 + \left(\frac{0.22(m-1)^2}{m^2 - 4m + 1} \right)^2 \right\}^{-\frac{1}{2}}$$

met

$$m = (1 - C_T)^{-\frac{1}{2}} \quad \text{inductiefactor}$$

D windmolendiameter

In deze studie is de zoglengte veiligheidshave met 2 vermenigvuldigd om zeker te zijn, dat er geen beïnvloeding gemist wordt.

Zogbreedte

$$b = \left(\frac{3,56 c_T}{8 \Delta_s (1 - \Delta_s)} \right)^{0,5}$$

Turbulente Lengteschaal

$$L' = 0,15b - 0,08$$

Turbulentie-intensiteit

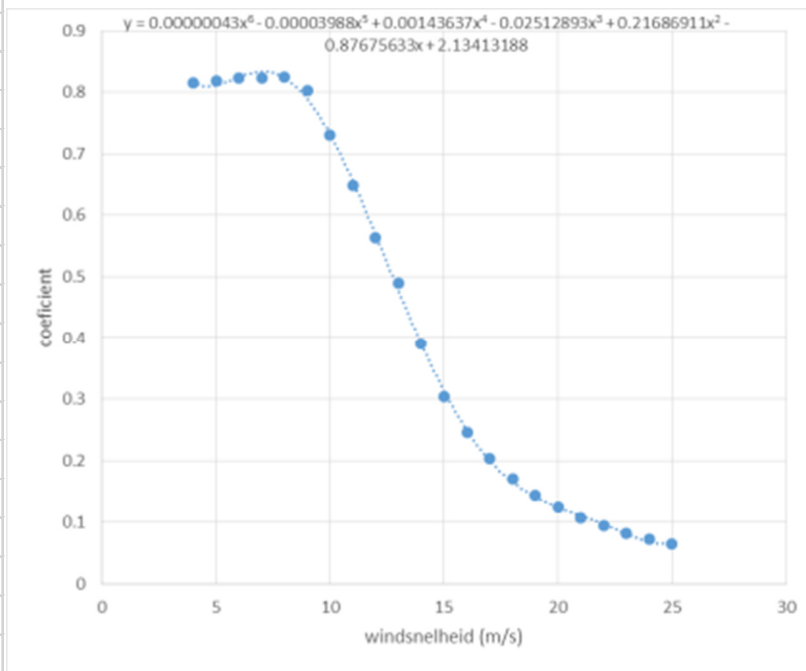
$$\Delta I = 1,31 c_T^{0,71} I_a^{0,68} (x/x_s)^{-0,96}$$

Thust coëfficiënten:

De thrust-coëfficiënten die voor de windmolens (V90) gelden, zijn als volgt:

Windsnelheid coëfficiënt
(m/s) -

3	0
4	0.815
5	0.818
6	0.823
7	0.823
8	0.824
9	0.802
10	0.73
11	0.648
12	0.564
13	0.49
14	0.39
15	0.304
16	0.246
17	0.203
18	0.17
19	0.144
20	0.124
21	0.107
22	0.094
23	0.082
24	0.073
25	0.065

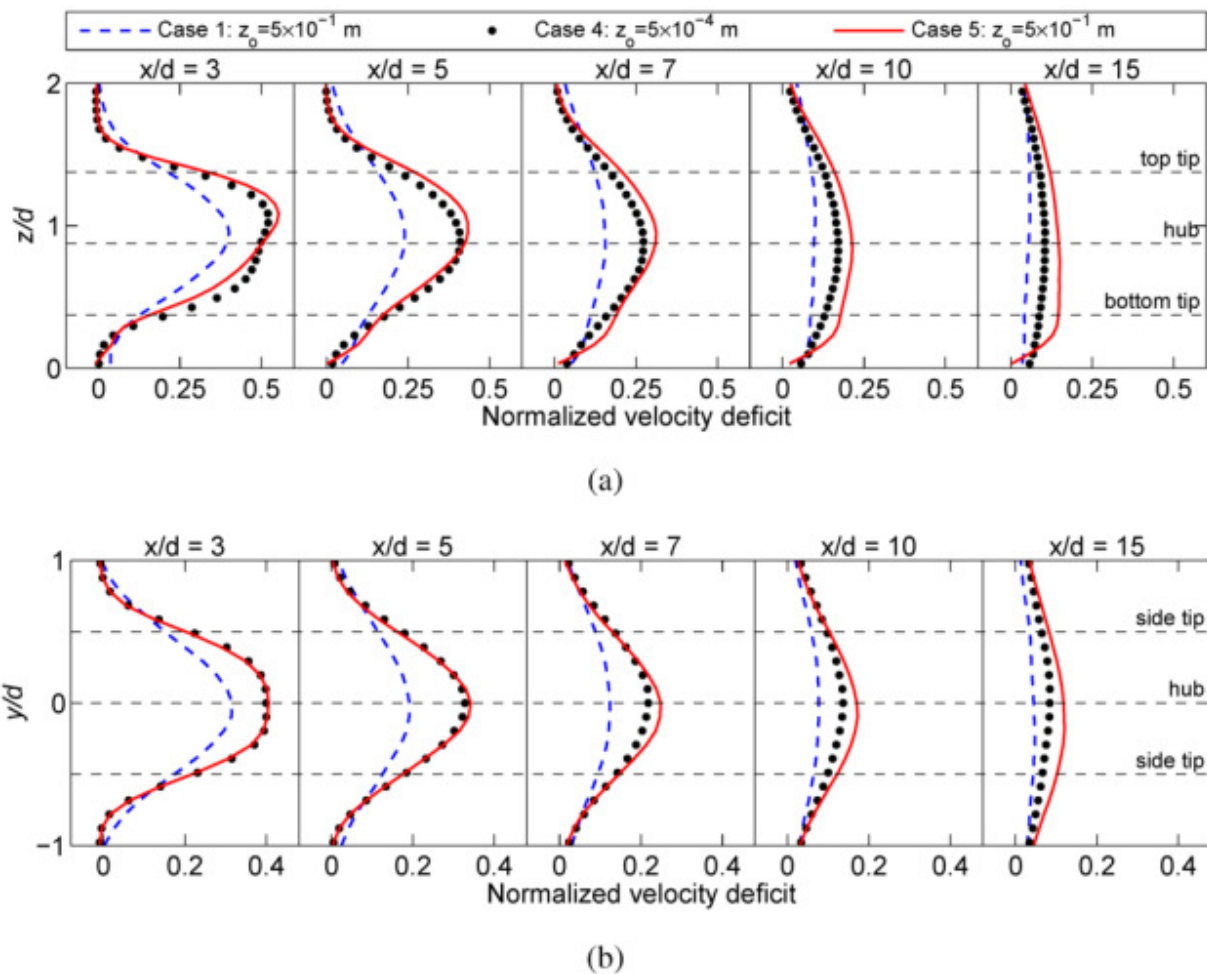


Figuur B1. Thrust coëfficiënten als functie van de windsnelheid op turbine hoogte.

Deze getallen zijn in een fit-formule (zie figuur B1) vervat, die in het rekenmodel zijn opgenomen. De formule geldt voor windsnelheden 3,5 m/s. Tot 3.5 m/s staan de windmolens stil en is er dan uiteraard ook geen beïnvloeding en vindt de verspreiding van stof en rookpluimen als normaal plaats.

Beschrijving van de combinatie pluimgedrag en windmolen

In het zog is de windsnelheid aanzienlijk lager dan voor de molen het geval is; de pluim waait in het zog dus minder snel weg. De windsnelheid normaliseert zich op een afstand van ongeveer 10 a 15 maal de rotor diameter (dus na 1,5 a 2 km) achter de windmolen (zie bijvoorbeeld Yu-Ting Wu en Fernando Porté-Agel (2012) en onderstaande figuur uit deze publicatie. A) geeft het windsnelheidsprofiel in de hoogte en b) in het horizontale vlak. Na 15 rotordiameters ($x/d=15$) is het windveld weer als voor de windturbine.



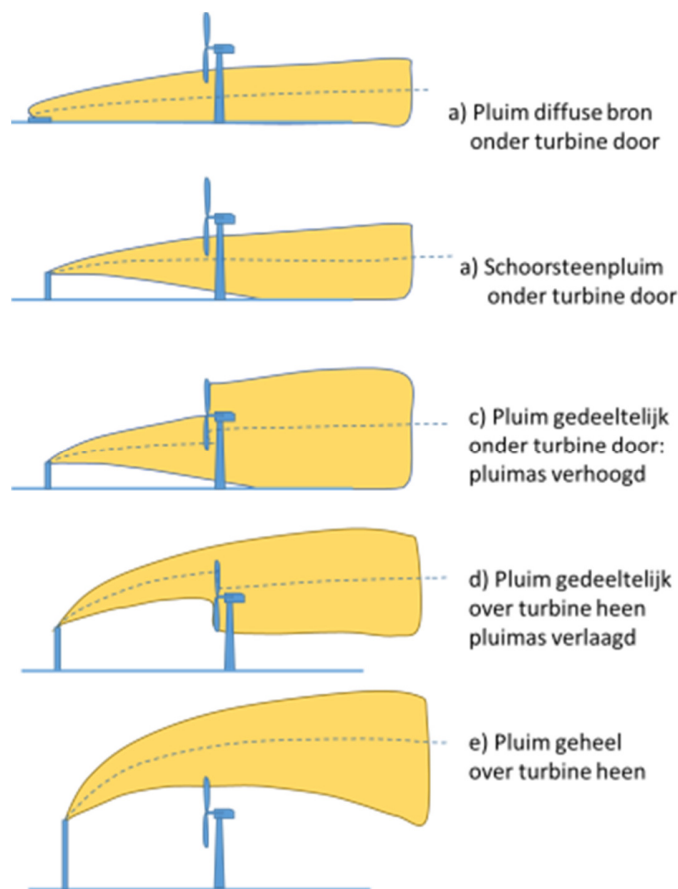
Afhankelijk van de hoogte van de pluim en de hoogte van de windmolen kunnen dan de volgende dingen gebeuren (zie figuur B2) indien de schoorsteen **bovenwinds** staat van de windmolen:

- De pluim is zo laag dat deze onder de turbine door waait: er wordt dan geen beïnvloeding door de windmolen verondersteld (figuur B2a).
- De pluim waait gedeeltelijk onder de turbine door: er wordt dan geen beïnvloeding door de windmolen verondersteld (figuur B2b).

- De pluim waait gedeeltelijk onder en gedeeltelijk door de turbine: de pluim wordt door het zog versneld naar boven toe verdund. Er is dus een gedeeltelijke beïnvloeding door de windmolen (figuur B2c). De hoogte van de pluimas wordt aangepast en berekend door te middelen over de hoogte van de windmolen en de hoogte van het zwaartepunt van de pluim. De turbulentie en de transportsnelheid van de pluim wordt nu aangepast en berekend door een gewogen gemiddelde te nemen van de waarde in het zog en de waarde vòòr het zog met als weegfactoren a) de afstand van schoorsteen tot windmolen en b) afstand van receptorpunt (bijvoorbeeld bij de woongebieden) tot windmolen. De berekening van de pluimverdunding is verschilt dus per receptorpunt en dit is afhankelijk van de afstand die de pluim vòòr en in het zog heeft afgelegd.⁸
- De pluim waait geheel door de turbine (zoals in figuur 1, bovenste plaatje is aangegeven): de pluim wordt door het zog versneld opgemengd en dus verdund. Een rookpluim die op die plaats nog warmer is dan de omgevingslucht, zal na passage door de turbine deze warmte inhoud ineens hebben verloren: de pluimas is dan gelijk aan het midden van het zog. Ten opzichte van een vrije pluim zal de rookpluim minder stijgen in de atmosfeer, de grond sneller bereiken en dus hogere concentraties veroorzaken.
- De pluim waait gedeeltelijk boven het zog over en gedeeltelijk door het zog (figuur B2d). Hier wordt op dezelfde wijze gerekend als wanneer de pluim gedeeltelijk onder de turbine doorwaait. Ook hier wordt een gewogen gemiddelde genomen van de waarde in het zog en de waarde vòòr het zog met als weegfactoren de afstand van schoorsteen tot windmolen en afstand van receptorpunt tot windmolen.
- De rookpluim gaat nu in zijn geheel boven de windmolen uit: er is dan geen beïnvloeding (figuur B2e).

Deze beschrijving geldt als de schoorsteen niet te ver (tot 1,5 kilometer) van de windmolens af staat. Indien de schoorsteen op grotere afstand staat, dan zal de windmolen de pluimverspreiding minder sterk beïnvloeden en de beïnvloeding die er is, leidt dan vaker tot iets lagere concentraties, omdat de pluim (die dan breed is) nog verder verbreed (dus verdund) zal worden. Hoe groter de afstand van de schoorsteen tot de windmolen, hoe kleiner de beïnvloeding zal zijn.

⁸ Bedoeld de mate van verdunning van de pluim. Hoe verder een schoorsteen van de windturbine afstaat, hoe kleiner het effect van de windturbine kan zijn. Op oneindig grote afstand (de achtergrond concentratie) is het effect van de windturbine dus nul: de emissie is dan al uniform verdeeld over de menglaag. Het verdunningsproces zelf hangt natuurlijk niet af van een receptorpunt.



Figuur B2. Verschillende mogelijke combinaties van een rookpluim met het zog van een windmolen; de schoorsteen bovenwinds van de windmolen.

Het komt er kortweg op neer dat de pluim in situatie a, b en e geen beïnvloeding merkt door de windmolen. In situatie c wordt de pluim meer omhoog gevoerd; dus lagere concentraties aan de grond. In situatie d wordt de pluim meer naar beneden gevoerd: dus in het algemeen hogere grondconcentraties!

p.s.: In figuur B2 gaat het om een schematische weergave van het verspreidingsproces. Het is dus geen resultaat van berekeningen. Figuur B3 is wel gebaseerd op verspreidingsberekeningen met STACKS. Het effect van de windmolen op de verspreiding van rookpluimen is sterk afhankelijk van de onderlinge afstand. Voor diverse bronhoogtes is berekend wat het verschil is tussen de uitkomsten zonder of met windmolen. Dit is in de volgende figuren gedemonstreerd. Hiervoor is een bron genomen van 35, 50, 80, 120 of 150 m, 1 MW warmte en geplaatst ten zuidwesten van een windmolen (120 m hoog, diameter 115 m), zie figuur B3. De berekeningen die in figuur B3 zijn gepresenteerd zijn gedaan om aan te tonen dat de combinatie zogmodel (van de windmolen) en de pluimverspreiding daadwerkelijk tot plausibele resultaten leidt. Het is dus een check op de implementatie in de rekencode van STACKS. Voor genoemde 5

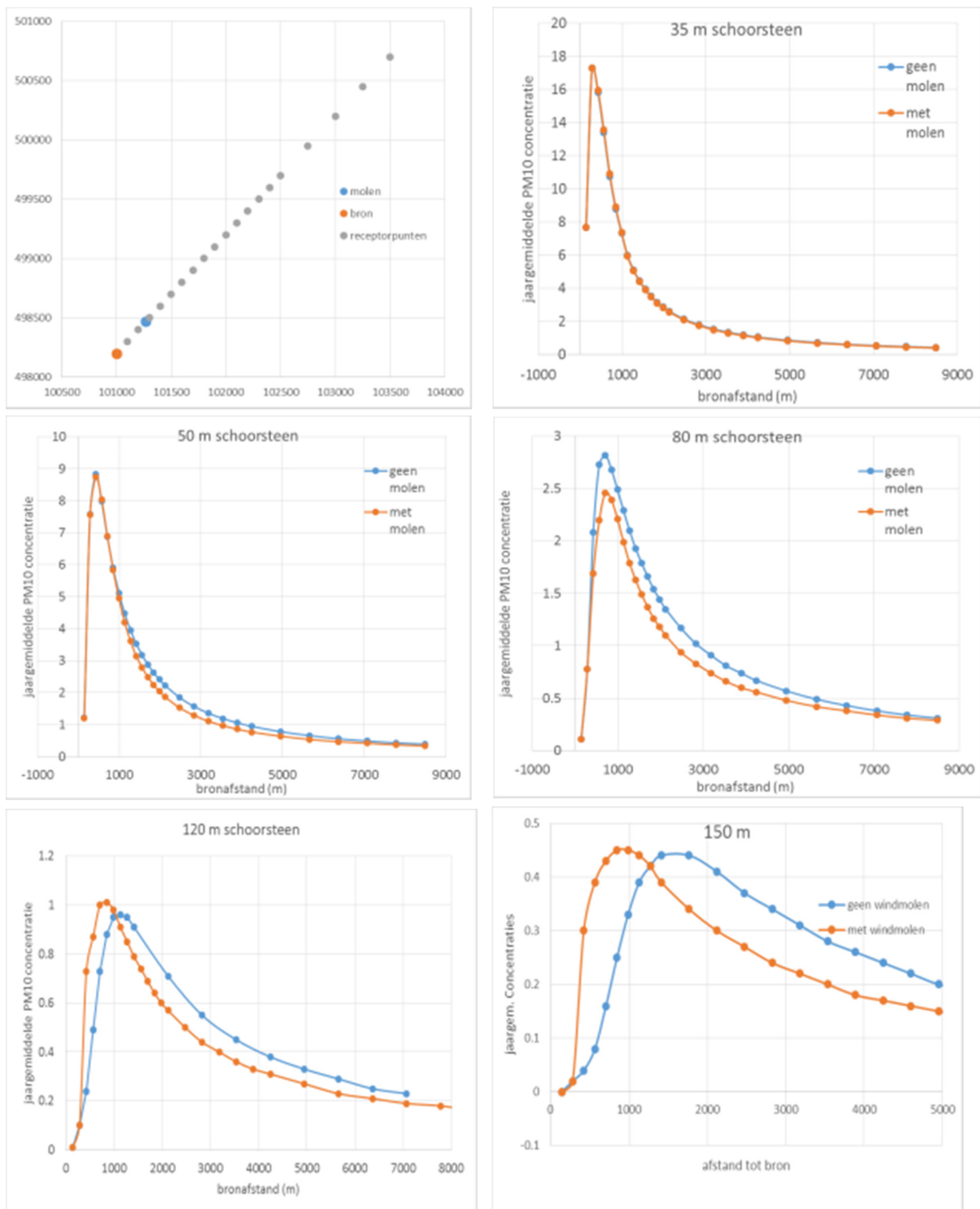
bronhoogten is voor het jaar 2007 berekend wat de concentraties zijn over een lijn van zuidwest naar noordoost tot een afstand van 7 km. De keus voor het jaar 2007 was ingegeven vanwege de beschikbaarheid van een studie waarin metingen met modeluitkomsten zijn vergeleken (zie de studie van het windmolenpark Spuisluis).

Uit figuur B3 blijkt dat de windmolens op lage bronnen geen noemenswaardige invloed hebben. Naarmate de bron hoger wordt (120, 150 m), wordt de invloed duidelijker: de pluim komt eerder aan de grond, veroorzaakt daar duidelijk hogere concentraties, maar verder windwaarts zijn de concentraties juist lager door de extra turbulentie van het zog. Voor hoge bronnen is duidelijk dat de invloed sterk kan zijn: tot op 1,5 km afstand van de bron zijn de concentraties hoger dan zonder de windmolens en voor grotere afstanden juist lager.

Voor schoorstenen zonder warmte inhoud kunnen de effecten verschillen van wat hier is getoond: immers dan is er van een pluimstijgeffect geen sprake meer.

Indien de schoorsteen **benedenwinds** staat van de windmolen kunnen afhankelijk van de hoogte van de pluim en de hoogte van de windmolen dan de volgende dingen gebeuren (zie figuur B4):

- De pluim is zo laag dat deze onder het zog door waait: er is dan geen beïnvloeding door de windmolen (figuur B4a).
- De pluim waait gedeeltelijk onder het zog door: er wordt dan ook geen beïnvloeding door de windmolen verondersteld (figuur B4b).
- De pluim waait gedeeltelijk onder en gedeeltelijk door het zog: de pluim wordt door het zog versneld naar boven toe verdund. Er is een gedeeltelijke beïnvloeding door de windmolen (figuur B4c).
- Bij een warme pluim wordt de hoogte van de pluim berekend door de pluimstijging te berekenen met de aangepaste wind en turbulentieparameters in het zog. Door deze waarden in het zog toe te passen voor de pluimstijgingsberekening, kan rekening worden gehouden met de hogere turbulentie (waardoor minder stijging) en lagere windsnelheid (waardoor meer stijging) in het zog verrekend. De turbulentie en de transportsnelheid van de pluim worden aangepast en berekend door een gewogen gemiddelde te nemen van de waarde in het zog en de waarde vòòr het zog met als weegfactoren a) de afstand van schoorsteen tot receptorpunt en b) de zoglengte. De berekening van de pluimverdunning verschilt dus per receptorpunt het betreft en dus van de afstand die de pluim vòòr en in het zog heeft afgelegd.



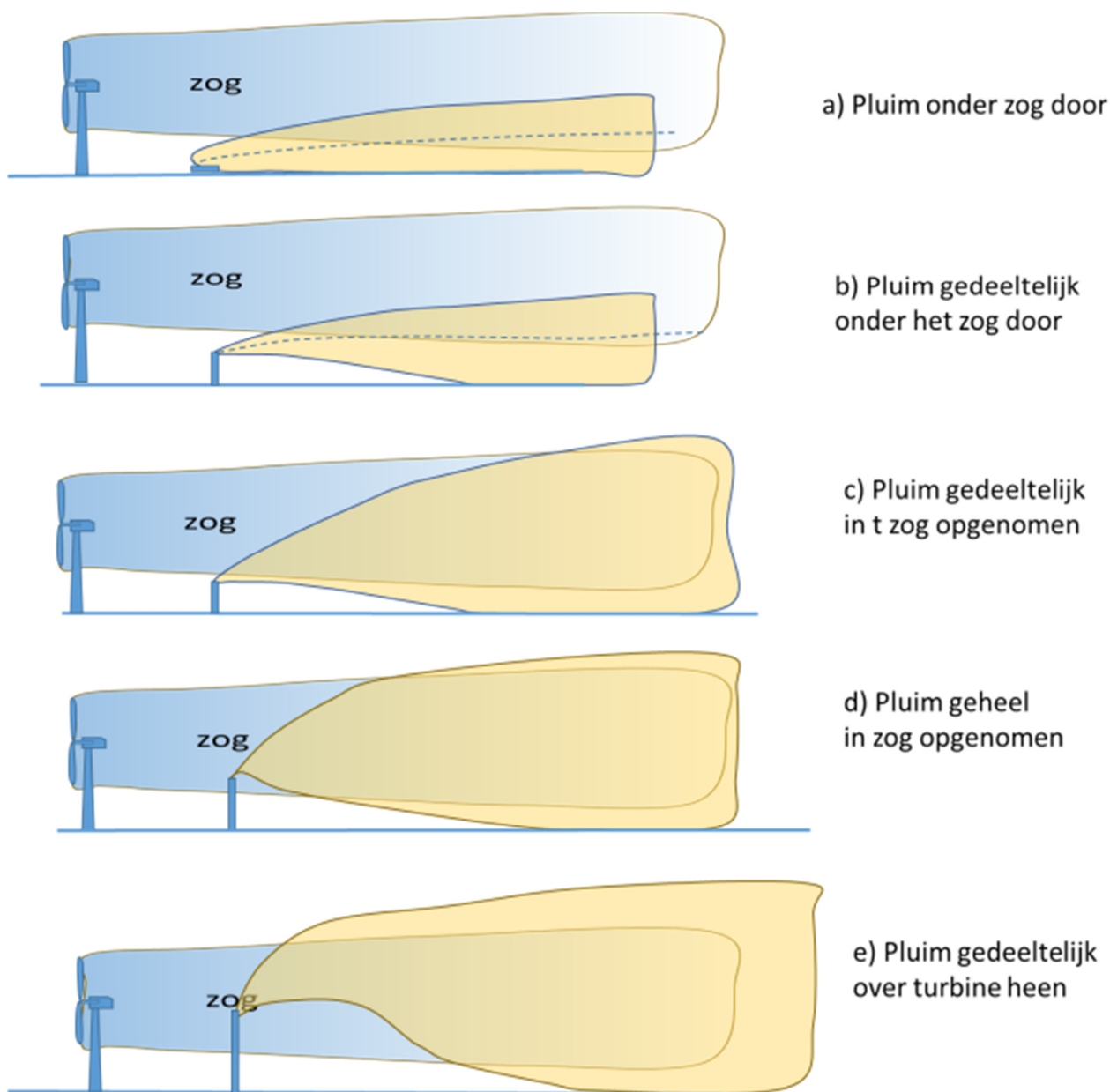
Figuur B3. Effect van een windmolen (hoogte 120 m, rotordiameter 115 m) op het (jaargemiddelde- 2007) concentratie verloop van ZW→ NO bij diverse schoorsteenhoogtes. Afstand bron-windmolen ong. 380 m. Links boven: posities van de schoorsteen en receptorpunten op een lijn zuidwest → noordoost dus.

- De pluim komt direct geheel in het zog terecht (figuur B4d): de pluim wordt door het zog versneld verdund. Een rookpluim die op die plaats nog warmer is dan de omgevingslucht, zal anders stijging in het zog, dan een vrije pluim. De pluimstijging wordt hier stapsgewijs (per hoogtestap van 10 m) berekend met de turbulentieparameters en de windsnelheid in het zog op elke hoogte. Als de pluim uitstijgt boven het zog, worden weer de 'normale' omgevingsparameters gebruikt om de verdere stijging te berekenen. Ten opzichte van een vrije pluim zal de rookpluim minder of meer stijgen in de atmosfeer, afhankelijk van wat het sterkste effect is: de sterkere turbulentie of de lagere windsnelheid.
- De pluim waait gedeeltelijk boven het zog over en gedeeltelijk door het zog (figuur B4e). Hier wordt op dezelfde wijze gerekend als wanneer de pluim gedeeltelijk onder de turbine doorwaait. Ook hier wordt een gewogen gemiddelde genomen van de waarde in het zog en de waarde vòòr het zog met als weegfactoren de afstand van schoorsteen tot windmolen en afstand van receptorpunt tot windmolen.
- De situatie dat de rookpluim geheel boven de windmolen uitstijgt, maakt dat er dan weer geen beïnvloeding is (niet in de figuur weergegeven).

Deze beschrijving geldt als de schoorsteen niet te ver (tot een 1 a 2 kilometer) van de windmolens af staat. De rookpluim komt op grotere afstanden niet meer in het zog terecht en de windsnelheid is op die afstanden weer ongeveer normaal geworden: het zog is uitgedempt. Indien de schoorsteen op grotere afstand staat, dan zal de windmolen de pluimverspreiding nauwelijks beïnvloeden en de beïnvloeding die er is, leidt dan voornamelijk tot iets lagere concentraties, omdat de pluim (die dan al breed is) misschien nog verder verbreed (dus verdund) zal worden.

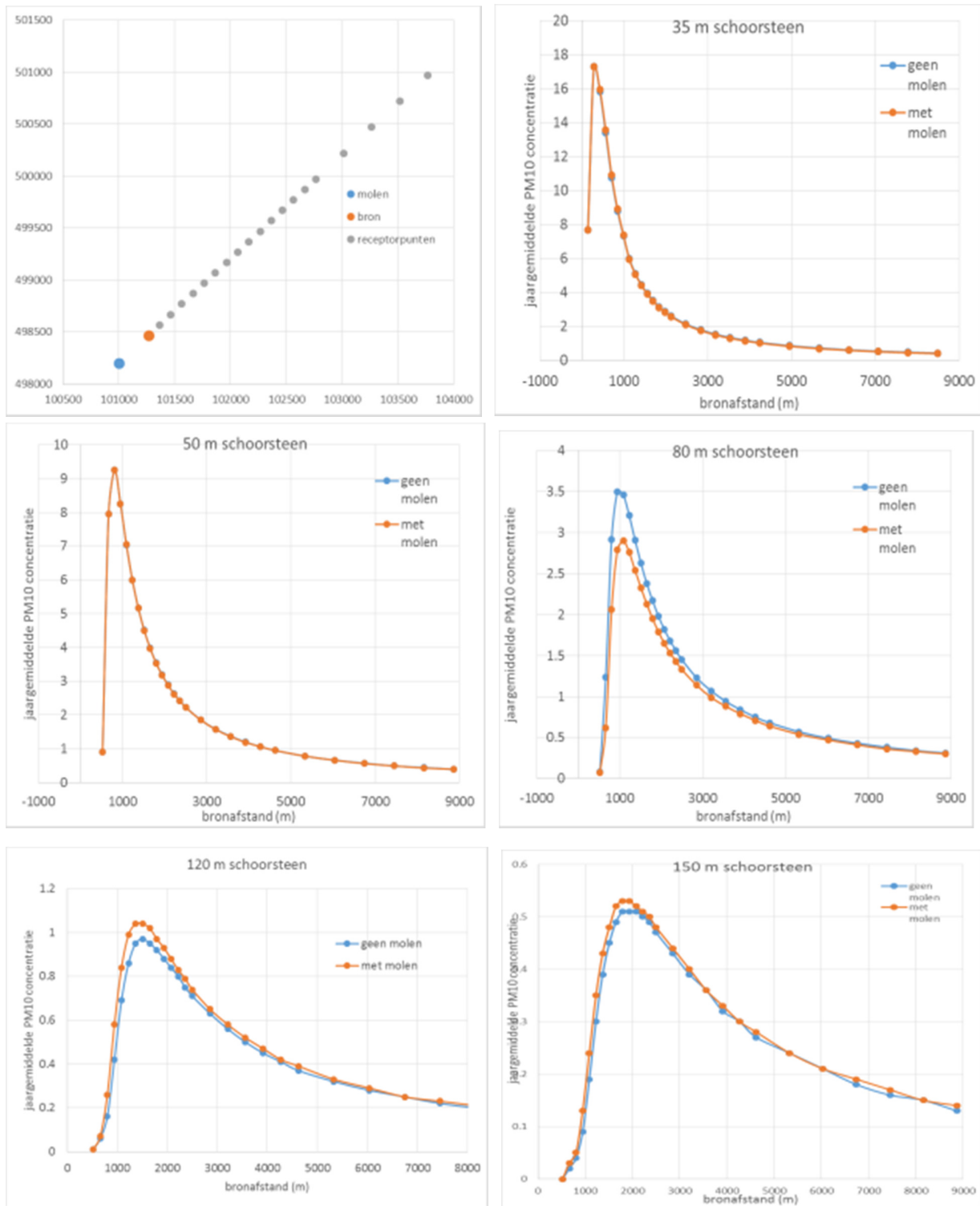
p.s.: In figuur B4 gaat het om een schematische weergave van het verspreidingsproces. Het is dus geen resultaat van berekeningen. Figuur B5 is wel gebaseerd op berekeningen.

Als een check op de implementatie in de rekencode van STACKS is namelijk weer voor diverse bronhoogtes berekend wat het verschil is tussen de uitkomsten zonder of met windmolen. Hiervoor is een bron genomen van 35, 50, 80, 120 of 150 m, 1 MW warmte en geplaatst ten zuidwesten van een windmolen (120 m hoog, diameter 115 m), zie figuur B5.



Figuur B4. Verschillende mogelijke combinaties van een rookpluim met het zog van een windmolen; de schoorsteen benedenwinds van de windmolen; kwalitatieve weergave).

Voor genoemde 5 bronhoogten is voor het jaar 2007 berekend wat de concentraties zijn over een lijn van zuidwest naar noordoost tot een afstand van 7 km, zie figuur B5.



Figuur B5. Effect van een windmolen op het (jaargemiddelde- 2007) concentratie verloop van ZW→ NO. Afstand bron-windmolen ong. 380 m, hoogte windmolen 120m, rotordiameter 115 m. Links boven: posities van de schoorsteen en receptorpunten op een lijn zuidwest → noordoost dus.

Uit deze figuur B5 blijkt ook hier dat de windmolens op lage bronnen weinig tot geen invloed hebben. In de figuur is het niet te zien, maar door de afgenomen windsnelheid in het zog van de turbine, kunnen de concentraties licht verhoogd zijn. Naar mate de bron hoger wordt, wordt de invloed beter zichtbaar. Eerst is het effect licht concentratie verlagend: het effect van de hogere pluimstijging is iets groter dan het effect van de extra turbulentie. Bij nog hogere schoorstenen doet de hogere pluimstijging niet veel meer en maakt het effect van de versterkte turbulentie dat de concentraties licht verhoogd zijn. De effecten zijn hier echter een stuk minder dan wanneer de schoorsteen bovenwinds staat van de windmolen.

Bij schoorstenen zonder warmte inhoud kunnen de effecten verschillen van wat hier is getoond: immers dan is er van een pluimstijgeffect geen sprake en blijft over dat de windsnelheid achter de windmolen lager is en dat de dispersie daar sterker is. En bij schoorstenen met een grotere warmte emissie zullen de effecten ook anders zijn. Bovenstaande analyse is uitgevoerd om een goede werking van het rekenmodel aan te tonen.

Bij Tata Steel speelt een groot aantal bronnen een rol en deze bepalen met elkaar de concentraties op leefniveau. Omdat deze bronnen van heel verschillende hoogtes zijn, verschillende jaarvrachten hebben en ook verschillen in warmte emissies, kunnen de effecten van de bronnen elkaar uitmiddelen, zodat van alle bronnen gezamenlijk geen groot effect meer zichtbaar is.

Kwantitatieve inpassing STACKS.

De dimensies van het zog (waar de pluim in opgemengd kan worden) worden naar pluimdimensies vertaald door aan te nemen dat $\text{zoghoogte} = 3 \cdot \sigma_z$ en $\text{zogbreedte} = 3 \cdot \sigma_y$.

De windsnelheid wordt berekend conform de rekenregels voor het zog. Naar mate de schoorsteen verder weg in het zog staat, wordt de windsnelheidverlaging in het zog minder. Direct achter de windmolen is de windsnelheid ruwweg de helft van die in de omgeving; ver weg (>1,5 km) achter de turbine is het effect weer nihil. De windsnelheid die wordt gebruikt voor de (pluimstijging en) concentratieberekening is dan deze berekende waarde in of achter het zog. De windsnelheid verschilt dus per receptorpunt (afhankelijk van de afstand in of achter het zog).

Voor het berekenen van de verdunning van de pluim zijn turbulentieparameters nodig. Deze worden berekend zoals in deze bijlage is aangegeven. Voor het zog worden de turbulentieparameters dicht achter de turbine berekend: daar is het effect van de windmolen het grootst. Om dan rekening te houden met het afnemende effect van de windmolen bij toenemende afstand tot de windmolen, worden de waarden (die worden gebruikt voor de concentratieberekening) gemiddeld tussen de waarde in het zog en de waarde na het zog. De middeling geschiedt dan op grond van de afstand van de schoorsteen en het receptorpunt in het zog. Naar mate schoorsteen en receptorpunt verder weg van de windmolen staat wordt de waarde achter het zog meer gekozen en die in het zog juist minder.

De pluimhoogte wordt aangepast aan de mate dat de pluim in het zog wordt opgenomen. De aangepaste pluimhoogte is een gewogen gemiddelde van turbinehoogte en zwaartepunt van de oorspronkelijke pluimhoogte. De weegfactoren hierbij zijn de (verticale) breedte van het zog en de breedte van de pluim ter plaatse. Deze aanpassing van de pluimhoogte vindt plaats als de pluimas (geprojecteerd op het horizontale vlak) binnen de diameter van de rotor komt. Dit is een conservatieve aanname: in werkelijkheid zal er minder vaak beïnvloeding kunnen plaatshebben.

De pluimafmetingen worden bepaald door de waarde van sigma-y (de horizontale pluim) en sigma-z (de verticale pluim). Beide parameters zijn in het zog groter dan erbuiten en zorgen dus voor versnelde verdunning van de pluim. De waarden worden berekend door een optelling van de bijdrage door de onmiddellijke opmenging in het zog en effect van de versterkte turbulentie die de pluim windwaarts (sneller) breder laat maken. Na het zog nemen de pluimdimensies verder toe door de omgevingsturbulentie. Het effect van de windmolen is dan uitgedempt, maar de pluimafmetingen zijn dan groter dan zonder de windmolen. De extra bijdrage aan de pluimdimensies blijft dus aanwezig, ook op grotere afstanden van de windmolen.

Om te bepalen of een pluim in het zog wordt opgenomen of niet worden de volgende criteria gebruikt. De pluim komt direct in het zog indien:

- In het horizontale vlak: afstand pluimas tot het midden van het zog $<$ halve rotordiameter $+ 0.1 * (\text{afstand schoorsteen tot windmolen})$ en
- In het verticale vlak: $\text{Abs}(\text{schoorsteenhoogte} - \text{turbinehoogte}) < 0.5 * \text{rotordiameter}$,
- afstand van de schoorsteen tot de windmolen $<$ zoglengte, en
- de schoorsteen staat benedenwinds van de windmolen

De pluim komt via de windmolen in het zog indien:

- de schoorsteen staat bovenwinds van de windmolen
- In het horizontale vlak: afstand pluimas tot het midden van het zog $<$ halve rotordiameter $+ 0.1 * (\text{afstand schoorsteen tot windmolen})$ plus halve pluimbreedte
- In het verticale vlak: $\text{Abs}(\text{Schoorsteenhoogte} - \text{turbinehoogte}) < 0.5 * \text{rotordiameter}$
- Hoogte massazwaartepunt rookpluim (het midden dus) $>$ onderste punt rotordiameter
- Hoogte massazwaartepunt rookpluim (het midden dus) $<$ bovenste punt rotordiameter
- Halve pluimbreedte is kleiner dan rotordiameter (heel brede pluimen worden verondersteld niet erg beïnvloed te worden door de windmolen)

Indien de menghoogte lager is dan de top van de rotordiameter, dan wordt de mate waarin een pluim boven de menglaag uitkomt (de zogenaamde penetratie) berekend uit welk deel van de pluim boven de top van rotordiameter in plaats van boven de menglaag uitkomt. De penetratiefraction wordt dus bijgesteld (verlaagd, er blijft meer van de pluim in de menglaag).

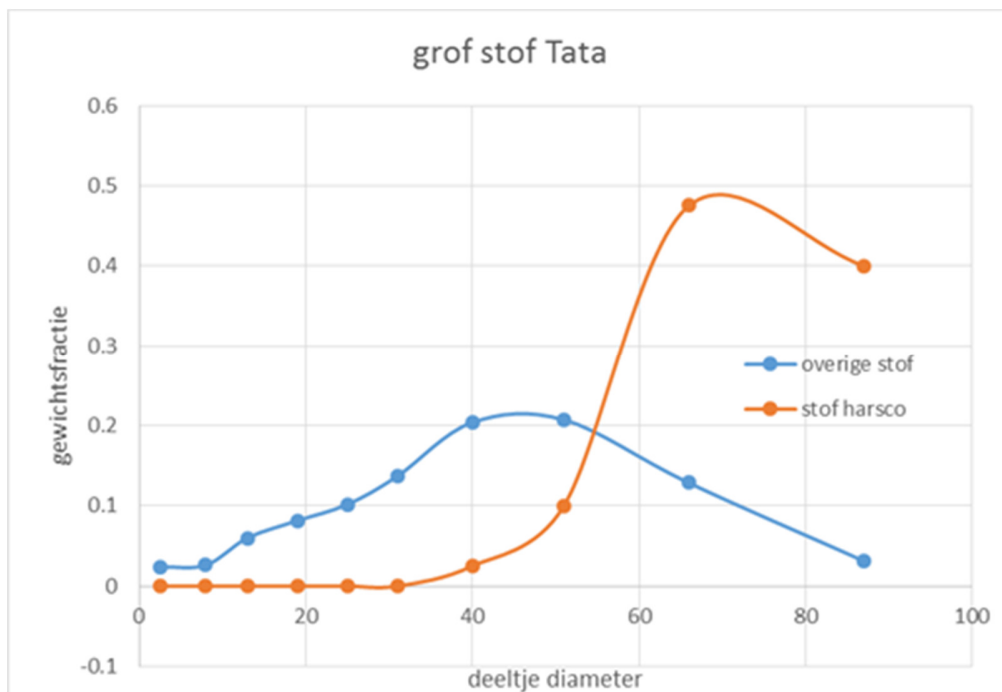
De menglaaghoogte zelf zou lokaal verhoogd kunnen worden tot de hoogte van de bovenste tiphoogte. De windmolen mengt de lucht immers op en zou een lage inversie kunnen opruimen. Dat maakt dat de pluimen over een grotere hoogte kunnen worden opgemengd met als resultaat lagere concentraties (tot maximaal 5 a 10%). Dit is echter niet toegepast uit conservatieve overwegingen. Het effect zou vooral voor de lage bronnen gelden en het is de vraag of de opbouw van de atmosfeer zich echt zo gedraagt. Zonder bevestiging van metingen is dit een te wankelende aanpassing, zodat voor deze berekeningen is afgezien van het aanpassen van de menghoogte.

Depositie van grof stof.

Naarmate stofdeeltjes groter zijn, zullen deze dichter bij de bron neervallen. Daarom kan de neerslag (depositie) van stof niet met berekend worden met 1 typisch deeltje, maar moeten er deeltjesgrootteklassen worden gebruikt. In deze studie is gekozen voor 10 klassen. Het opslagterrein van Harsco ligt het dichtst bij Wijk aan Zee. Omdat deze locatie het dichtst bij de geplande windmolens ligt en het stof van Harsco tevens Wijk aan Zee bereikt bij zuid tot zuidwestelijke wind, is hier speciale aandacht aan gegeven. Van het stof dat van het Harsco proces vrijkomt is gegeven dat de deeltjesgrootten liggen tussen 50 en 100 μm . Metingen van deeltjesgrootten van het overige stof zijn niet voorhanden. Grotere deeltjes dan 100 μm zullen het terrein niet snel af komen, want deze dalen zo snel neer dat transport tot buiten het Tata Steel terrein niet mogelijk is (valsnelheden zijn dan in de orde grootte van 1 m/s of meer). Kleinere deeltjes (<10 μm) vallen in de categorie fijn stof en daarvan is de valsnelheid en de depositiesnelheid zo gering dat neerslag geen rol speelt. Voor de deeltjesgrootteverdeling, zie tabel B1 en figuur B6.

Tabel B1 Deeltjesgrootte verdelingen van grof stof.

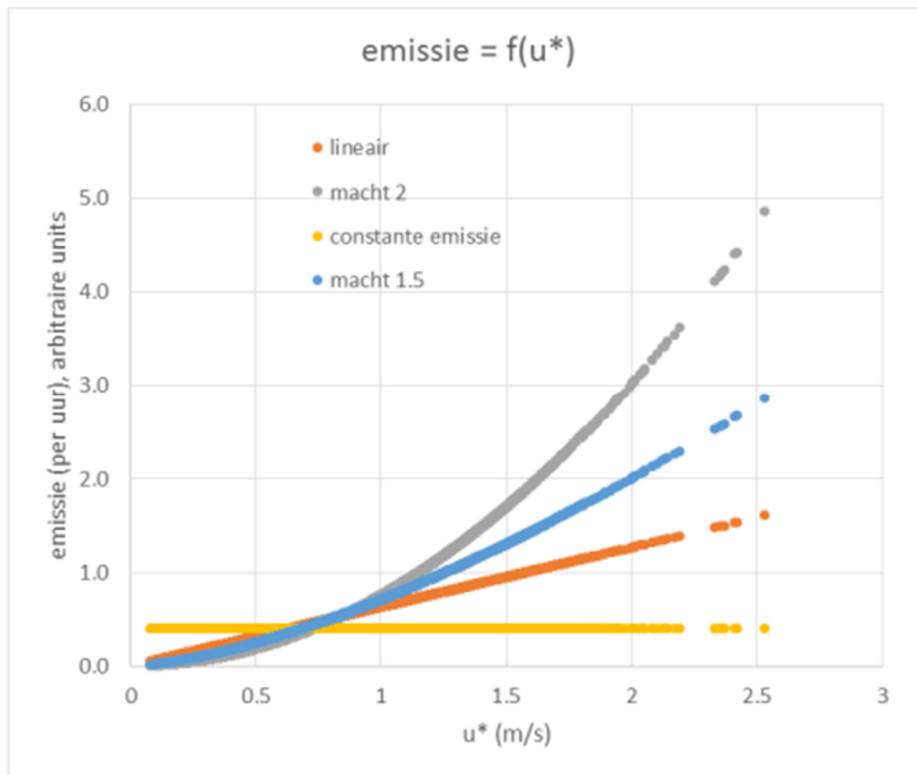
deeltjesgrootte klasse	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
diameter (μm)	2.5	8	13	19	25	31	40	51	66	87
diameter variant 2x (μm)	5	16	26	38	50	62	80	102	132	174
gewichtsfractie Harsco stof	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.100	0.475	0.400
gewichtsfractie overig stof	0.026	0.024	0.060	0.081	0.102	0.137	0.204	0.207	0.128	0.031



Figuur B6. Deeltjesgrootteverdeling van het grove stof van Harsco en van de overige bronnen.

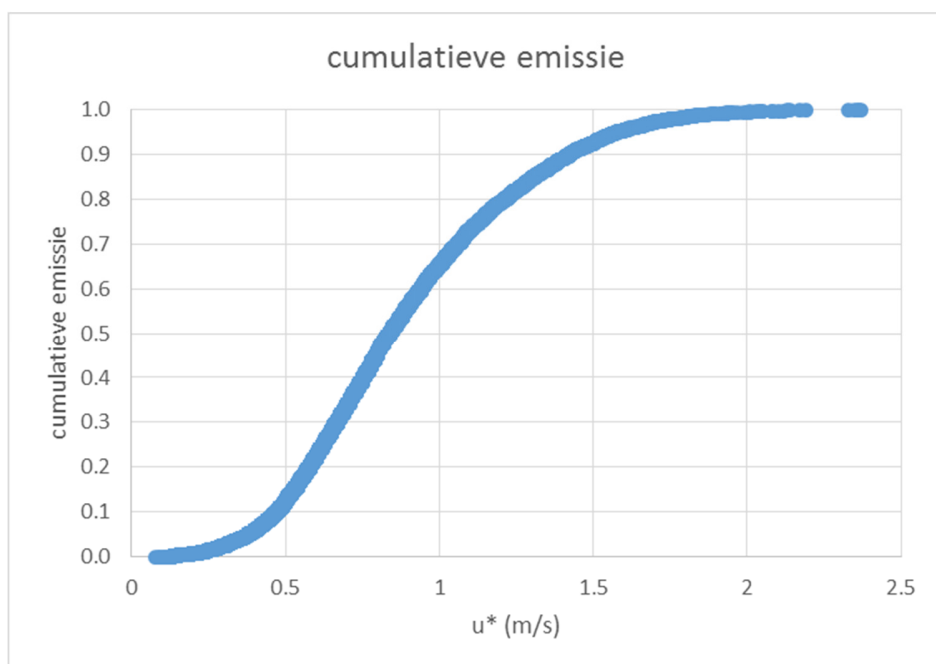
Nu kan het zijn dat de invloed van windmolens op het depositiegedrag van grof stof sterker is bij hogere windsnelheden dan bij lage windsnelheden. Bij lage windsnelheden draaien de molens nauwelijks. En het is bekend dat de verwaaiing van stof toeneemt bij hogere windsnelheden. Deze twee processen lopen dus samen, met andere woorden deze zijn gecorreleerd. In een variant van de berekeningen wordt daarom rekening gehouden met het toenemen van dit verwaaien van het stof. Met andere woorden: de emissie wordt afhankelijk genomen van de wind. In de literatuur is hierover informatie beschikbaar. Heel veel is het niet en betreft voor een groot deel het verwaaien van stof en zand in droge gebieden. In de USA zijn door het Amerikaanse Milieudepartement (de EPA) enige rekenregels uitgegeven voor het bepalen van het verwaaien van stof vanaf wegen, opslaghoop en dergelijke. De verordening AP42 van US EPA stelt voor open kolenopslagen (zie <https://www3.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch11/final/c11s09.pdf>) een lineaire relatie voor met de windsnelheid. Deze is afkomstig uit 1998 en lijkt een sterke versimpeling. Het verwaaien is meer een functie van de wrijvingssnelheid: de u_* waarde. Dit is een bekende parameter in verspreidingsmodellen, ook in het NNM. In 'The physics of wind-blown sand and dust' (Kok et al., 2012) wordt de relatie met u_* uitgewerkt (zie bijvoorbeeld blz 69) en onderbouwd met metingen van diverse locaties. Deze bevatten parameters die weer moeilijk te vertalen zijn naar deze studie. Door Hassan et al. (2015) is recent het verwaaien van stof van bouwlocaties in droge gebieden bepaald. Daarbij wordt voor grof stof een relatie gevonden met $u_*^{1.4}$. In plaats van deze macht 1.4 wordt ook wel een macht van 2 vermeld (Mueller et al. 2015, Countess,

2004 –chapter 8). Maar ook een lineaire relatie met u_* komt voor (Etyemezian en Nikolic, 2004). In deze studie is gekozen voor een (gemiddelde) waarde voor de macht: 1.5. Een andere waarde zal niet tot andere bevindingen leiden. Het gaat immers om het relatieve effect van de invloed van de windmolens. De jaaremissie is overigens constant gehouden en dat betekent voor de som van alle Tata Steel (inclusief Harsco) een jaarvracht van 1350 ton stof. De verdeling over de wind (uitgedrukt als u_*) is gegeven in figuur B7 (berekend over een langjarige periode van 10 meteo-jaren).



Figuur B7. Afhankelijkheid van verwaaiend stof van de wind (hier: als u_*). In deze studie: $(u_*)^{1.5}$ is gekozen (blauwe lijn).

Dit maakt dat het meeste stof dus verwaait bij hogere windsnelheden. In figuur B8 is te zien dat de bulk verwaait bij u_* waarden tussen 0.5 en 1.5 (overeenkomend met windsnelheden van 5-15 m/s). Bij die windsnelheden haalt de windmolen ook de meeste energie uit de wind en is de beïnvloeding van de windmolen op de verspreiding naar verwachting het grootst.



Figuur B8. Afhankelijkheid van verwaaiend stof van de wind (hier: als u^*). Idem als figuur B7, maar nu cumulatieve emissie.

Dit alles maakt dat de volgende 8 varianten zijn doorgerekend:

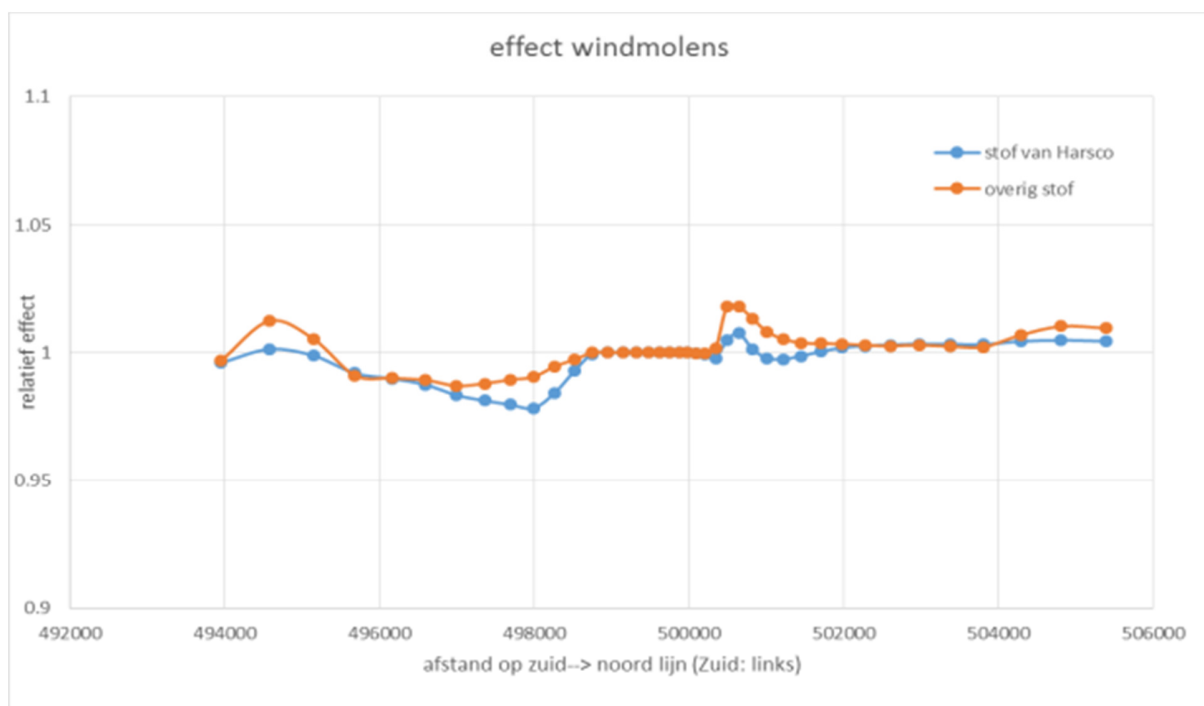
grove deeltjes	factor 2 grover	u^* afhank	niet u^* afh.	met WT	zonder WT
	x		x		x
	x		x	x	
x			x		x
x			x	x	
	x	x			x
	x	x		x	
x		x			x
x		x		x	

In de modellering zou in principe rekening gehouden moeten worden met het feit dat er pluimdaling optreedt. Dat heeft dan niets te maken met de windmolens, maar met de valsnelheid van de grove deeltjes. In de modellering wordt namelijk doorgaans aangenomen dat een pluim als deze eenmaal met de wind wegwaait, gemiddeld genomen dezelfde hoogte blijft houden. Voor 'gewone' rook (en ook PM10-) pluimen gaat het ook wel op. Maar zwaardere deeltjes zakken zo snel uit dat de pluimas daalt naarmate de pluim weg waait van de bron. Dat maakt dat een stofpluim zich nog sneller zal onttrekken van het effect van de windmolens. Immers: door te dalen waaien deze pluimen meer onder de windmolen door, dan dat in het

model wordt aangenomen. Daarmee is het effect van de windmolen dan nihil. Maar het is in het rekenmodel lastig om een dalende pluim te implementeren, omdat deze per deeltjesklasse een andere daling laat zien. Daarom wordt dit aspect niet in het model opgenomen. Dat is dan een conservatieve aanname, want hierdoor wordt het effect van de windmolens als het ware overschat op dit punt.

Wanneer gekeken wordt naar de woonlocaties die het dichtst bij stofbronnen liggen, dan betreft dit de woonbootlocaties bij het sluizencomplex en het dorp Wijk aan zee. Wijk aan zee wordt dan beïnvloed bij zuidzuidwestelijke windrichtingen, die het meest voorkomen. Daarom is voor een lijn van zuid naar noord over Wijk aan zee berekend wat de bijdrage van het verwaaiend stof is vanaf alleen Harsco_en dan over deze lijn, met of zonder de windturbines.

Het stof vanaf Harsco is duidelijk grover dan het stof van de andere stofbronnen; daarom is gekeken of dit een verschil maakt in de uitkomsten. Er is gerekend met dit grove stof en met het minder grove stof. Voor de deeltjesgrootte verdeling van deze twee stofsoorten, zie figuur B6. Beide stofsoorten zijn vanaf het Harsco terrein verspreid, met of zonder de windmolens. De berekeningsresultaten over deze zuid-noord lijn is gegeven in figuur B7. Er zijn geen noemenswaardige verschillen te melden: windmolens hebben op beide soorten stofdeeltjes geen significant effect.



Figuur B7: relatief effect van de windmolens (y-as) over de lijn zuid→ noord (x-as) voor grof stof van Harsco en (minder grof) stof van de andere bronnen

Referenties

Wind turbine wake aerodynamics, L.J. Vermeer et al. Progress in Aerospace Sciences 39(2003) 467-510, Pergamon, 2003.

Timothy M. Fletcher en Richard E. (2010). Interaction of an Eulerian Flue Gas Plume with Wind Turbines. Brown. In: 48th AIAA Aerospace Sciences Meeting Including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition, 4 - 7 January 2010, Orlando, Florida.

Amy Stidworthy, David Carruthers, Julian Hunt, 2011. CERC activities under the TOPFARM project: Wind turbine wake modelling using ADMS. CERC report FM766/2011/1 voor Risø, Denemarken.

Yu-Ting Wu and Fernando Porté-Agel, 2012. Atmospheric Turbulence Effects on Wind-Turbine Wakes: An LES Study. Energies 2012, 5(12), pp 5340-5362.

Hala A. Hassan, Vasiliki K. Tsiouri, Konstantinos E. Konstantinos (2015). Developing Emission Factors of Fugitive Particulate Matter Emissions for Construction Sites in the Middle East, (2015). International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering Vol:9, No:2, 2015.

Jasper F. Kok, Eric J. R. Parteli, Timothy I. Michaels, and Diana Bou Karam, 2012, The physics of wind-blown sand and dust, Reports on Progress in Physics, 75, 106901 (72 pp).

Stephen F. Mueller, Jonathan W. Mallard, Qi Mao & Stephanie L. Shaw, 2015. Emission factors for fugitive dust from bulldozers working on a coal pile, Journal of the Air & Waste Management Association, 65:1, 27-40.

Richard Countess, 2004. Methodology for Estimating Fugitive Windblown and Mechanically Resuspended Road Dust Emissions Applicable for Regional Air Quality Modeling.

V. Etyemezian, D. Nikolic, J. Gillies, H. Kuhns, G. Seshadri en J. Veranth, 2003. Reconciling Fugitive Dust Emissions with Ambient Measurements: Along the Unpaved Road. 12th International Emissions Inventory Conference: Emission Inventories – Applying New Technologies. Washington, DC.

Bijlage C PM10 emissies van Tata Steel

Puntbronnen

Emissies in het jaar 2014; aangenomen is dat deze in 2018 8/7 maal de emissies in 2014 zijn

X	Y	Hoogte (m)	Dia (in) (m)	Dia(uit) (m)	snelheid m/s)	volume m3/s)	Temp K	emissie kg/jaar
101262	499003	150	5.7	5.9	16.3	181.6	363	56940
101380	499742	73	14.5	14.6	0.03	4.5	299	46253
100868	499034	47	2.3	2.5	6.2	23.3	302	27419
100915	499273	108	0.7	0.9	12	32.8	320	25220
100731	499074	35	2.8	3	6.9	38.4	302	24090
101282	499700	47	3.4	3.6	4.8	38.0	313	20910
100771	499230	25	4	4.2	10.9	24.9	998	17056
100915	499275	28	5.5	5.6	0.01	0.2	300	16381
100793	499063	40	7.9	8	2.8	124.5	301	11178
101149	499217	22	1.6	1.8	17.5	33.1	290	10337
103068	500626	35	6.9	7	0.8	27.9	293	9855
101172	499615	55	3.4	3.6	9	69.5	321	9461
101381	498962	30	3.4	3.6	3.2	15.4	516	8725
101421	499600	23	4.4	4.6	9.9	137.0	300	8304
101056	499012	42	8.3	8.4	1.2	47.5	373	7560
101300	498978	40	4.7	5	9.2	196.6	290	7471
101386	498987	30	3.4	3.6	3.3	15.6	526	5974
100890	499198	33	1.8	2	13.3	31.9	290	5598
100906	499194	33	1.8	2	13.3	31.9	290	5340
102361	498767	25	4.2	4.4	9.8	125.2	296	3828
101377	498947	30	3.4	3.6	1.7	8.5	495	3741
102709	501363	50	1.5	1.6	7.5	7.3	498	3688
101628	50022	16	3.1	3.2	1.3	8.6	310	3635
101460	499736	90	2.1	2.2	9.8	29.6	313	3504
102721	501436	45	1.9	2	3.4	4.4	601	3486
101430	499682	90	2.1	2.2	9.8	29.6	313	3329
102770	501362	45	1.35	1.45	5.5	3.7	579	3197
101454	499720	90	2.1	2.2	9.8	29.6	313	2996
102819	501329	40	1.8	1.9	3.5	4.0	601	2610
102448	499577	1	0.1	0.2	0.01	0.1	285	2584
101255	499558	1	0.1	0.2	0.01	0.1	285	2514
102274	498765	42	8.2	8.4	5	223.2	323	2470
101526	499830	24	3.8	4	3	31.0	300	2015

101340	498975	30	5.9	6	0.6	4.9	910	1980
100627	499063	47	9.3	9.4	5	287.1	323	1962
100450	499179	25	3	3.2	11.8	68.0	335	1953
102360	498816	25	4.2	4.4	9.8	125.2	296	1936
100916	499032	40	4.4	4.6	4.7	64.8	301	1901
102321	498829	18	1.7	1.9	11.3	23.7	295	1840
100413	499127	129	3.9	4.1	2.6	16.2	523	1734
100543	499098	45	3.9	4.1	2.6	16.2	523	1682
101381	498962	5	0.9	1	1	0.5	333	1650
102545	498792	18	1.7	1.9	11.3	23.7	295	1577
100947	499410	47	2.3	2.5	10	28.0	405	1121
102525	498705	80	3.44	3.64	1.4	7.2	490	990
102211	498776	68	2.8	3	2.1	6.7	526	827
102330	498749	81	2.6	2.8	2.5	7.2	506	810
101316	498980	40	7.9	8	0.9	39.5	305	780
102707	501398	1	0.1	0.2	0.01	0.1	285	742
100998	499232	72	4.7	4.9	9.6	98.8	460	709
100970	499378	47	2.3	2.5	10	28.0	405	691
101822	498965	47	1.8	2	10.9	18.6	408	657
101835	498955	47	1.8	2	10.9	18.6	408	450
101224	499762	47	9.3	9.4	1	60.8	305	450
101334	499857	47	9.3	9.4	0.5	30.4	305	449
101886	498949	47	2.5	2.7	8.4	29.9	376	428
102469	498718	80	3.44	3.64	0.6	3.2	480	422
101245	499617	1	0.1	0.2	0.01	0.1	285	300
101468	499863	16	3.1	3.2	1.3	8.6	310	223
100916	499032	1	0.1	0.2	0.1	0.1	285	9110

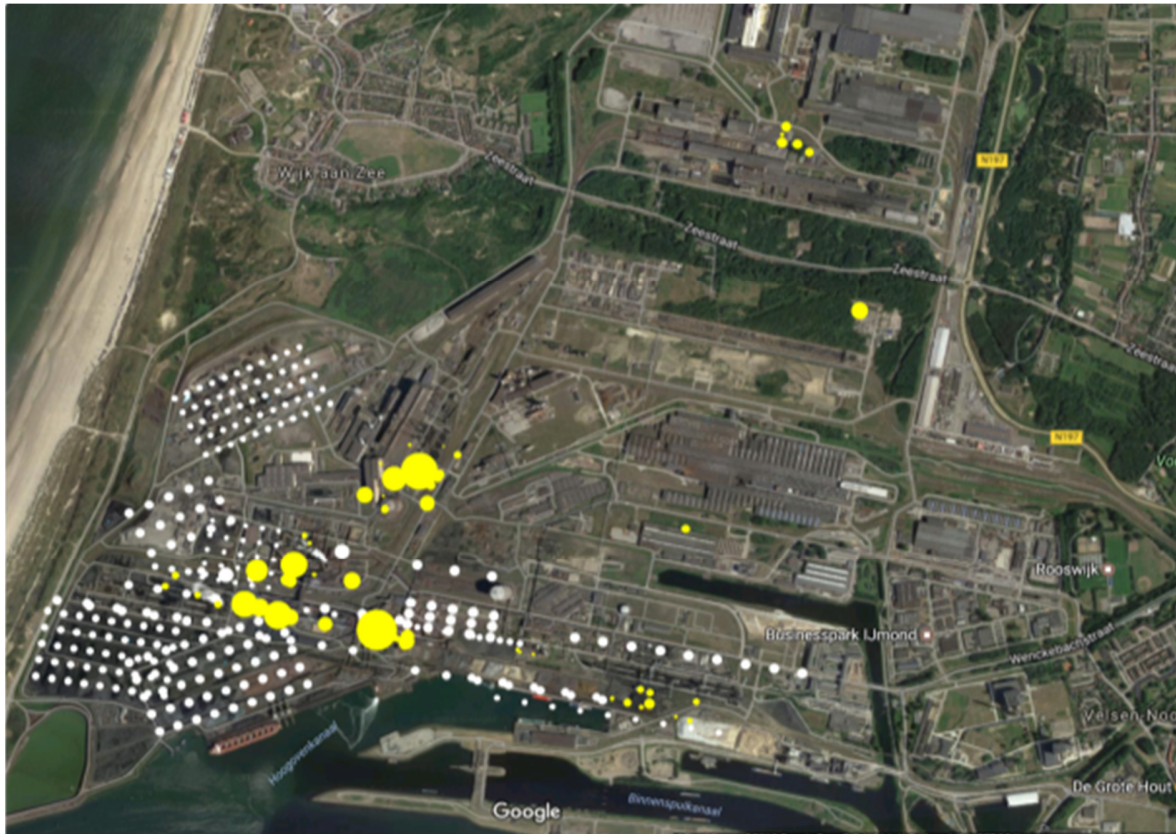
Diffuse en open bronnen: (totaal) stof emissies

Emissies in het jaar 2014; aangenomen is dat deze in 2018 8/7 maal de emissies in 2014 zijn), PM10 emissies worden verondersteld 25% van het totaal stof in de tabel te zijn.

De diffuse emissies (oppervlaktebronnen en lijnbronnen (emissies door rijden bv)) worden in het rekenmodel behandeld als puntbronnen met een hoogte van 1,5 m.

Oriëntatie: oriëntatie van de onderliggende oppervlakte bron. Breedte 0 betekent: lijnbron (bijvoorbeeld transportweg)

X m	Y m	Lengte m	breedte m	orientatie graden	stof (kg/jr)	aantal puntbronnen	
						X	Y
102200	498700	1000	0	175	6405	11	1
102200	498700	1000	0	175	8612	11	1
100700	499300	200	200	175	8644	53	5
100650	499200	200	50	175	8695	3	1
102200	498700	1000	0	175	8944	11	1
101200	499050	1000	0	175	10273	11	1
101200	499050	1000	0	175	10963	11	1
101750	499000	120	50	175	11501	5	3
100500	499200	200	50	175	13853	5	3
101900	498800	500	0	175	16478	5	1
101900	498800	500	0	175	16739	5	1
100500	499100	350	50	175	17663	5	1
101100	499350	50	50	175	17723	1	1
100925	498925	500	100	175	18165	5	1
101200	499070	300	0	175	21292	3	1
101550	499300	300	80	175	21609	3	1
101550	499300	300	0	175	21718	3	1
100650	499200	200	50	175	25976	3	1
100350	499000	600	80	175	30296	7	1
101100	499350	50	50	175	31972	1	1
100650	499200	50	50	175	33363	1	1
100250	499000	650	100	175	153000	7	1
102500	499000	800	0	175	49539	9	1
102500	499000	800	0	175	56897	9	1
101800	498800	750	150	175	58532	7	3
100650	498750	550	250	25	69000	9	5
101550	499075	250	100	175	93254	5	3
100200	498800	450	300	175	94416	9	5
100650	498750	550	250	25	276000	9	5
100450	499450	350	200	30	70779	5	3
100700	500000	550	280	30	61071	11	5



Alle stofbronnen op het Tata Steel terrein: Globale Locaties van diffuse en open stofbronnen (vertaald als puntbronnen, de witte bolletjes) op het Tata Steel terrein. Gele bolletjes zijn de puntbronnen. De grootte van de bollen is een maat voor de emissie.

Bijlage D Overige emissies.

CO		schoorsteen	debiet	Temp	jaar
x-coördinaat		hoogte (m)	m3/s	(K)	vracht (kg)
101262	499003	150	182	363	30538741
100890	499198	33	11	290	4906875
101065	499233	76	0	320	4523311
101460	499736	90	12	313	4053440
101454	499720	90	12	313	3575910
101430	499682	90	12	313	3242010
100854	499049	62	162	323.3	2218359
101321	499172	45	5	873	1579091
101421	499600	23	53	300	1154860
100627	499063	47	128	323	516358

Cadmium		schoorsteen	debiet	Temp	jaar
x-coördinaat		hoogte (m)	m3/s	(K)	vracht (kg)
101380	499742	73	2	299	81
101262	499003	150	160	363	3

Kwik		schoorsteen	debiet	Temp	jaar
x-coördinaat		hoogte (m)	m3/s	(K)	vracht (kg)
101380	499742	73	2	299	81
101262	499003	150	160	363	3

Lood		schoorsteen	debiet	Temp	jaar
x-coördinaat		hoogte (m)	m3/s	(K)	vracht (kg)
101380	499742	73	2	299	1510
100854	499049	62	162	323	1423
101262	499003	150	160	363	192
101386	498987	30	18	526	40
101381	498962	30	17	516	26
101377	498947	30	9	495	14
100771	499230	25	53	330	9
100915	499275	28	0	300	4
102643	499534	18	15	312	3

SO2		schoorsteen	debiet	Temp	jaar
x-coördinaat		hoogte (m)	m3/s	(K)	vracht (kg)
101262	499003	150	182	363	973868
102274	498765	42	99	323	712707
102725	500730	90	88	773	355375
102721	501436	45	7	601	277641
102698	500737	90	37	573	159000
102943	501109	1	0	285	74378
101905	499925	1	0	285	72292
101100	499226	90	29	341	67461
102095	498823	35	2	873	64444
100998	499232	72	89	460	63298
102369	499670	1	0	285	60121
100180	499085	40	1	299	42955
103080	501231	20	0	323	42693
102362	499648	1	0	285	28073
101835	498955	47	13	408	25695
101214	499799	1	0	285	23185
101628	50022	16	4	310	21999
102718	499493	1	0	285	21886
101282	499700	47	16	313	21419
102917	501192	15	1	393	20549
100915	499275	28	0	300	20379
100854	499049	62	162	323	19504
100915	499273	108	14	320	17833
102899	501196	15	1	393	13432
101822	498965	47	13	408	10634
101460	499736	90	12	313	8829
100853	499292	10	10	313	8614
100947	499410	47	20	405	7449
102913	501074	35	3	309	7343
101526	499830	24	12	300	6730
100970	499378	47	20	405	5966
100891	499282	90	6	289	5608
101468	499863	16	4	310	5548
102441	499543	1	0	285	5387
101224	499762	47	24	305	4920
102770	501362	45	5	579	3956
101380	499742	73	2	299	1742
101079	499230	18	1	285	1681
101195	499778	1	0	285	1204

NOx		schoorsteen	debiet	Temp	jaar
x-coördinaat		hoogte (m)	m3/s	(K)	vracht (kg)
100854	499049	62	163	323.3	1983677
101262	499003	150	160	363.45	937799
102525	498705	80	7	490	357503
100891	499282	90	6	289.25	216331
102330	498749	81	8	506	189495
102211	498776	68	8	526	187756
102698	500737	90	37	573	134606
102469	498718	80	3	480	133181
102725	500730	90	88	773	122093
100413	499127	129	19	523	98003
100543	499098	45	19	523	94216
100989	499234	72	91	510	91859
101886	498949	47	18	376	62432
100180	499085	40	1	299	57677
100970	499378	47	20	405	42626
101392	499077	47	25	388	42488
101822	498965	47	13	408	39995
102367	499739	2	0	298	34171
102770	501362	45	5	579	26585
101421	499876	73	111	303	26313
102882	501148	40	7	357	25350
101835	498955	47	13	408	23502
102709	501363	50	8	498	20896
100947	499410	47	20	405	19753
103090	501229	20	0	323	16735
103152	499459	37	3	672	13780
102819	501329	40	6	601	11097
102721	501436	45	7	601	8764
102950	499457	30	13	672	7443
101256	499744	40	26	303	5890
101172	499615	55	31	321	3808
101282	499700	47	16	313	2708

NH3		schoorsteen	debiet	Temp	jaarvracht
X coördinaat	y-coördinaat	hoogte (m)	(m3/s)	(K)	(kg)
102725	500730	90	88	773	7694.7
102274	498765	42	99	323	5654.7
102698	500737	90	37	573	5391.0
100627	499063	47	128	323	4303.0
101848	500250	3	1	573	1650.0
101738	499634	2	1	373	21.3
101879	499848	1	0	285	1.3

Bijlage E Concentraties in 2018 op 18 locaties.

Tabellen met berekende concentraties voor verschillende stoffen op 18 woonlocaties.

PM10 concentraties (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) op 18 locaties rond Tata Steel. Met of zonder de windmolens in 2018. Concentraties betreffen achtergrond plus bronbijdragen.

				jaargemiddelde concentraties		overschrijdingsdagen	
	Locaties			PM10	PM10	pm10	pm10
	naam	X	Y	zonder	met	zonder	met
1	IJmuiden ZW	100600	496000	21.9	21.9	9.6	9.6
2	IJmuiden sterrenbuurt	101400	496600	22.6	22.6	10.0	10.0
3	vissershavenbuurt	101400	497600	26.2	26.2	17.1	17.1
4	IJmuiderstraatweg1	102600	497600	24.3	24.3	11.9	11.8
5	IJmuiderstraatweg2	103400	497600	23.0	23.0	10.2	10.3
6	Zandershof	103200	496800	22.2	22.2	9.5	9.5
7	Velzen-zuid(oost)	103800	497200	22.0	22.0	9.1	9.1
8	Velzen-zuid(west)	104800	497400	21.5	21.5	8.3	8.3
9	Driehuis	104000	496000	21.0	21.0	8.2	8.2
10	woonboot	103600	498200	23.5	23.5	10.5	10.5
11	Velsen-noord(1)	104400	498400	22.4	22.4	9.0	9.0
12	Velsen-noord(2)	104200	498800	22.7	22.7	9.3	9.3
13	beverwijk zuidwest	104200	500200	22.4	22.4	9.6	9.6
14	beverwijk zuidwest	105000	499600	22.2	22.2	9.4	9.4
15	beverwijk centrum	105000	500600	22.1	22.1	9.4	9.4
16	wijk a zee zuid	101000	500600	28.6	28.5	28.7	28.4
17	wijk a zee centrum	101600	501000	25.1	25.1	19.7	19.7
18	woonboot Noordersl weg	102000	498300	28.2	28.2	33.8	33.8
	gemiddeld			23.4	23.4	13.0	12.9
	grenswaarde			40	40	35	35

Cadmium (jaargemiddelde concentraties in ug/m3). Met of zonder de windmolens in 2018.
Concentraties betreffen achtergrond plus bronbijdragen.

Cd	naam	X	Y	zonder	met	diff
1	IJmuiden ZW	100600	496000	0.0000581	0.00006	0%
2	IJMuiden sterrenbuurt	101400	496600	0.0000716	0.00007	0%
3	vissershavenbuurt	101400	497600	0.0001076	0.00011	0%
4	IJmuiderstraatweg1	102600	497600	0.0001256	0.00013	0%
5	IJmuiderstraatweg2	103400	497600	0.0001075	0.00011	0%
6	Zandershof	103200	496800	0.0000859	0.00009	0%
7	Velzen-zuid(oost)	103800	497200	0.000087	0.00009	0%
8	Velzen-zuid(west)	104800	497400	0.0000739	0.00007	0%
9	Driehuis	104000	496000	0.0000617	0.00006	0%
10	woonboot	103600	498200	0.0001249	0.00013	0%
11	Velsen-noord(1)	104400	498400	0.000098	0.00010	1%
12	Velsen-noord(2)	104200	498800	0.0001182	0.00012	0%
13	beverwijk zuidwest	104200	500200	0.0001359	0.00014	0%
14	beverwijk zuidwest	105000	499600	0.0001024	0.00010	0%
15	beverwijk centrum	105000	500600	0.0000971	0.00010	0%
16	wijk a zee zuid	101000	500600	0.0003901	0.00039	0%
17	wijk a zee centrum	101600	501000	0.0004104	0.00041	0%
18	woonboot Noordersl weg	102000	498300	0.0002015	0.00020	0%
	grenswaarde(NL)			0.00500	0.00500	

CO (98-percentielwaarden van 8-uur glijdend gemiddelde waarden). Met of zonder de windmolens in 2018. Concentraties betreffen achtergrond plus bronbijdragen.

CO	naam	X	Y	zonder	met	diff
1	IJmuiden ZW	100600	496000	891	889	0%
2	IJMuiden sterrenbuurt	101400	496600	996	993	0%
3	vissershavenbuurt	101400	497600	1084	1077	-1%
4	IJmuiderstraatweg1	102600	497600	1141	1138	0%
5	IJmuiderstraatweg2	103400	497600	1103	1101	0%
6	Zandershof	103200	496800	1032	1030	0%
7	Velzen-zuid(oost)	103800	497200	1101	1100	0%
8	Velzen-zuid(west)	104800	497400	1032	1031	0%
9	Driehuis	104000	496000	976	974	0%
10	woonboot	103600	498200	1089	1087	0%
11	Velsen-noord(1)	104400	498400	1024	1023	0%
12	Velsen-noord(2)	104200	498800	1029	1028	0%
13	beverwijk zuidwest	104200	500200	963	962	0%
14	beverwijk zuidwest	105000	499600	929	927	0%
15	beverwijk centrum	105000	500600	900	900	0%
16	wijk a zee zuid	101000	500600	1137	1125	-1%
17	wijk a zee centrum	101600	501000	1074	1070	0%
18	woonboot Noordersl weg	102000	498300	1170	1160	-1%
	grenswaarde			3600	3600	

Kwik (jaargemiddelde concentraties). Met of zonder de windmolens in 2018. Concentraties betreffen achtergrond plus bronbijdragen.

Hg	naam	X	Y	zonder	met	diff
1	IJmuiden ZW	100600	496000	0.00000251	0.00000248	-1%
2	IJmuiden sterrenbuurt	101400	496600	0.00000315	0.00000312	-1%
3	vissershavenbuurt	101400	497600	0.00000437	0.00000432	-1%
4	IJmuiderstraatweg1	102600	497600	0.00000694	0.00000688	-1%
5	IJmuiderstraatweg2	103400	497600	0.00000623	0.00000619	-1%
6	Zandershof	103200	496800	0.00000553	0.00000549	-1%
7	Velzen-zuid(oost)	103800	497200	0.00000559	0.00000555	-1%
8	Velzen-zuid(west)	104800	497400	0.00000492	0.00000489	-1%
9	Driehuis	104000	496000	0.00000444	0.00000441	-1%
10	woonboot	103600	498200	0.00000713	0.00000708	-1%
11	Velsen-noord(1)	104400	498400	0.00000713	0.00000709	-1%
12	Velsen-noord(2)	104200	498800	0.00000715	0.00000711	-1%
13	beverwijk zuidwest	104200	500200	0.00000854	0.00000854	0%
14	beverwijk zuidwest	105000	499600	0.00000683	0.00000681	0%
15	beverwijk centrum	105000	500600	0.00000708	0.00000708	0%
16	wijk a zee zuid	101000	500600	0.00000735	0.00000754	3%
17	wijk a zee centrum	101600	501000	0.00000978	0.00000974	0%
18	woonboot Noordersl weg	102000	498300	0.00000759	0.0000075	-1%
	grenswaarde			0.2	0.2	

Lood (jaargemiddelde concentraties). Met of zonder de windmolens in 2018. Concentraties betreffen achtergrond plus bronbijdragen.

Lood	naam	X	Y	zonder	met	diff
1	IJmuiden ZW	100600	496000	0.0015	0.0015	0%
2	IJMuiden sterrenbuurt	101400	496600	0.0019	0.0019	0%
3	vissershavenbuurt	101400	497600	0.0029	0.0029	0%
4	IJmuiderstraatweg1	102600	497600	0.0035	0.0035	0%
5	IJmuiderstraatweg2	103400	497600	0.0029	0.0029	0%
6	Zandershof	103200	496800	0.0024	0.0024	0%
7	Velzen-zuid(oost)	103800	497200	0.0024	0.0023	0%
8	Velzen-zuid(west)	104800	497400	0.0020	0.0020	0%
9	Driehuis	104000	496000	0.0017	0.0017	0%
10	woonboot	103600	498200	0.0033	0.0033	0%
11	Velsen-noord(1)	104400	498400	0.0027	0.0027	0%
12	Velsen-noord(2)	104200	498800	0.0032	0.0032	0%
13	beverwijk zuidwest	104200	500200	0.0036	0.0036	0%
14	beverwijk zuidwest	105000	499600	0.0027	0.0027	0%
15	beverwijk centrum	105000	500600	0.0026	0.0026	0%
16	wijk a zee zuid	101000	500600	0.0088	0.0089	0%
17	wijk a zee centrum	101600	501000	0.0095	0.0095	0%
18	woonboot Noordersl weg	102000	498300	0.0055	0.0054	0%
	grenswaarde			0.5000	0.5000	

Ammoniak (jaargemiddelde concentraties). Met of zonder de windmolens in 2018. Concentraties betreffen achtergrond plus bronbijdragen.

NH3	naam	X	Y	zonder	met	diff
1	IJmuiden ZW	100600	496000	2.1	2.1	0%
2	IJmuiden sterrenbuurt	101400	496600	3.1	3.1	0%
3	vissershavenbuurt	101400	497600	2.4	2.4	0%
4	IJmuiderstraatweg1	102600	497600	2.7	2.7	0%
5	IJmuiderstraatweg2	103400	497600	2.3	2.3	0%
6	Zandershof	103200	496800	2.5	2.5	0%
7	Velzen-zuid(oost)	103800	497200	2.3	2.3	0%
8	Velzen-zuid(west)	104800	497400	1.9	1.9	0%
9	Driehuis	104000	496000	1.8	1.8	0%
10	woonboot	103600	498200	1.6	1.6	0%
11	Velsen-noord(1)	104400	498400	2.7	2.7	0%
12	Velsen-noord(2)	104200	498800	2.7	2.7	0%
13	beverwijk zuidwest	104200	500200	2.7	2.7	0%
14	beverwijk zuidwest	105000	499600	3.0	3.0	0%
15	beverwijk centrum	105000	500600	3.5	3.5	0%
16	wijk a zee zuid	101000	500600	2.3	2.3	0%
17	wijk a zee centrum	101600	501000	1.7	1.7	0%
18	woonboot Noordersl weg	102000	498300	1.5	1.5	0%
	grenswaarde			geen	geen	

NO₂ (stikstofdioxide)

Jaargemiddelde concentraties. Met of zonder de windmolens in 2018. Concentraties betreffen achtergrond plus bronbijdragen.

NO2	naam	X	Y	zonder	met	diff
1	IJmuiden ZW	100600	496000	18.0	18.1	0%
2	IJmuiden sterrenbuurt	101400	496600	19.4	19.5	0%
3	visshavenbuurt	101400	497600	23.1	23.1	0%
4	IJmuidenstraatweg1	102600	497600	22.6	22.6	0%
5	IJmuidenstraatweg2	103400	497600	22.4	22.4	0%
6	Zandershof	103200	496800	19.4	19.5	0%
7	Velzen-zuid(oost)	103800	497200	22.0	22.0	0%
8	Velzen-zuid(west)	104800	497400	20.9	20.9	0%
9	Driehuis	104000	496000	18.3	18.4	0%
10	woonboot	103600	498200	22.4	22.4	0%
11	Velsen-noord(1)	104400	498400	22.1	22.1	0%
12	Velsen-noord(2)	104200	498800	22.4	22.4	0%
13	beverwijk zuidwest	104200	500200	20.9	20.9	0%
14	beverwijk zuidwest	105000	499600	23.0	23.0	0%
15	beverwijk centrum	105000	500600	20.6	20.6	0%
16	wijk a zee zuid	101000	500600	21.7	21.7	0%
17	wijk a zee centrum	101600	501000	17.8	17.8	0%
18	woonboot Noordersl weg	102000	498300	22.4	22.4	0%
	grenswaarde			40	40	

SO₂

Jaargemiddelden. Met of zonder de windmolens in 2018. Concentraties betreffen achtergrond plus bronbijdragen.

Aantal dagen overschrijding van daggemiddelde waarde (125 ug/m³), maximaal 3/jaar.

Aantal uren overschrijding van uurgemiddelde waarde (350 ug/m³), maximaal 24/jaar

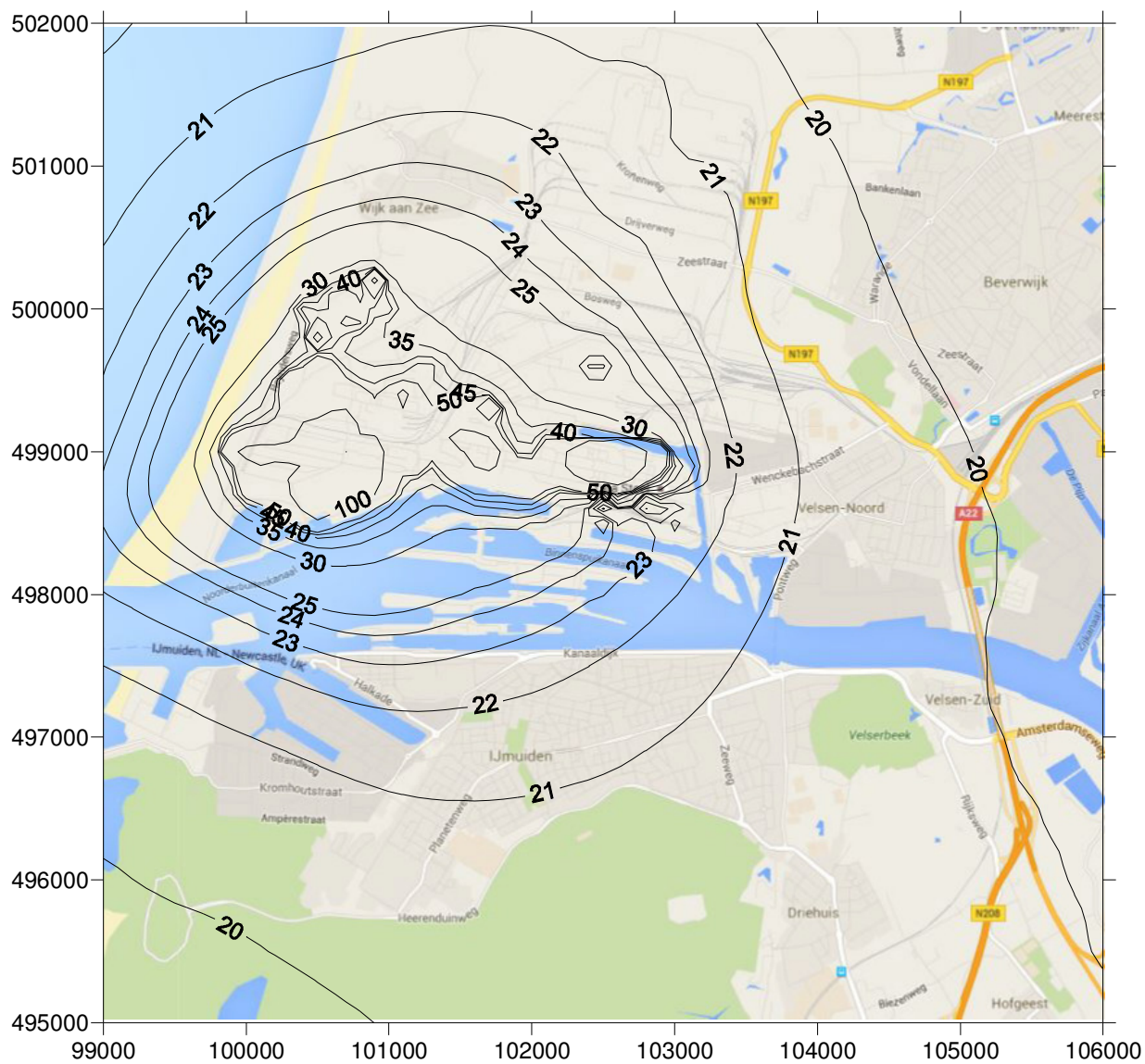
SO ₂	naam	X	Y	jaargemiddelde			daggemiddelde		uurgemiddelde	
				zonder	met	diff	zonder	met	zonder	met
1	IJmuiden ZW	100600	496000	4.7	4.7	0%	0	0	0	0
2	IJmuiden sterrenbuurt	101400	496600	5.3	5.3	0%	0	0	0	0
3	vissershavenbuurt	101400	497600	7.6	7.7	0%	0	0	0	0
4	IJmuidenstraatweg1	102600	497600	8.0	8.0	0%	0	0	0	0
5	IJmuidenstraatweg2	103400	497600	7.4	7.5	0%	0	0	0	0
6	Zandershof	103200	496800	5.6	5.6	0%	0	0	0	0
7	Velzen-zuid(oost)	103800	497200	6.7	6.7	0%	0	0	0	0
8	Velzen-zuid(west)	104800	497400	5.6	5.6	0%	0	0	0	0
9	Driehuis	104000	496000	4.6	4.7	0%	0	0	0	0
10	woonboot	103600	498200	9.8	9.8	0%	0	0	0	0
11	Velsen-noord(1)	104400	498400	7.7	7.7	0%	0	0	0	0
12	Velsen-noord(2)	104200	498800	8.3	8.3	0%	0	0	0	0
13	beverwijk zuidwest	104200	500200	9.3	9.2	-1%	0	0	0	0
14	beverwijk zuidwest	105000	499600	7.0	7.0	0%	0	0	0	0
15	beverwijk centrum	105000	500600	6.9	6.9	0%	0	0	0	0
16	wijk a zee zuid	101000	500600	13.7	13.7	0%	0	0	1.4	1.4
17	wijk a zee centrum	101600	501000	12.4	12.3	0%	0	0	0	0
18	woonboot Noordersl weg	102000	498300	10.5	10.5	0%	0	0	0	0

Geur

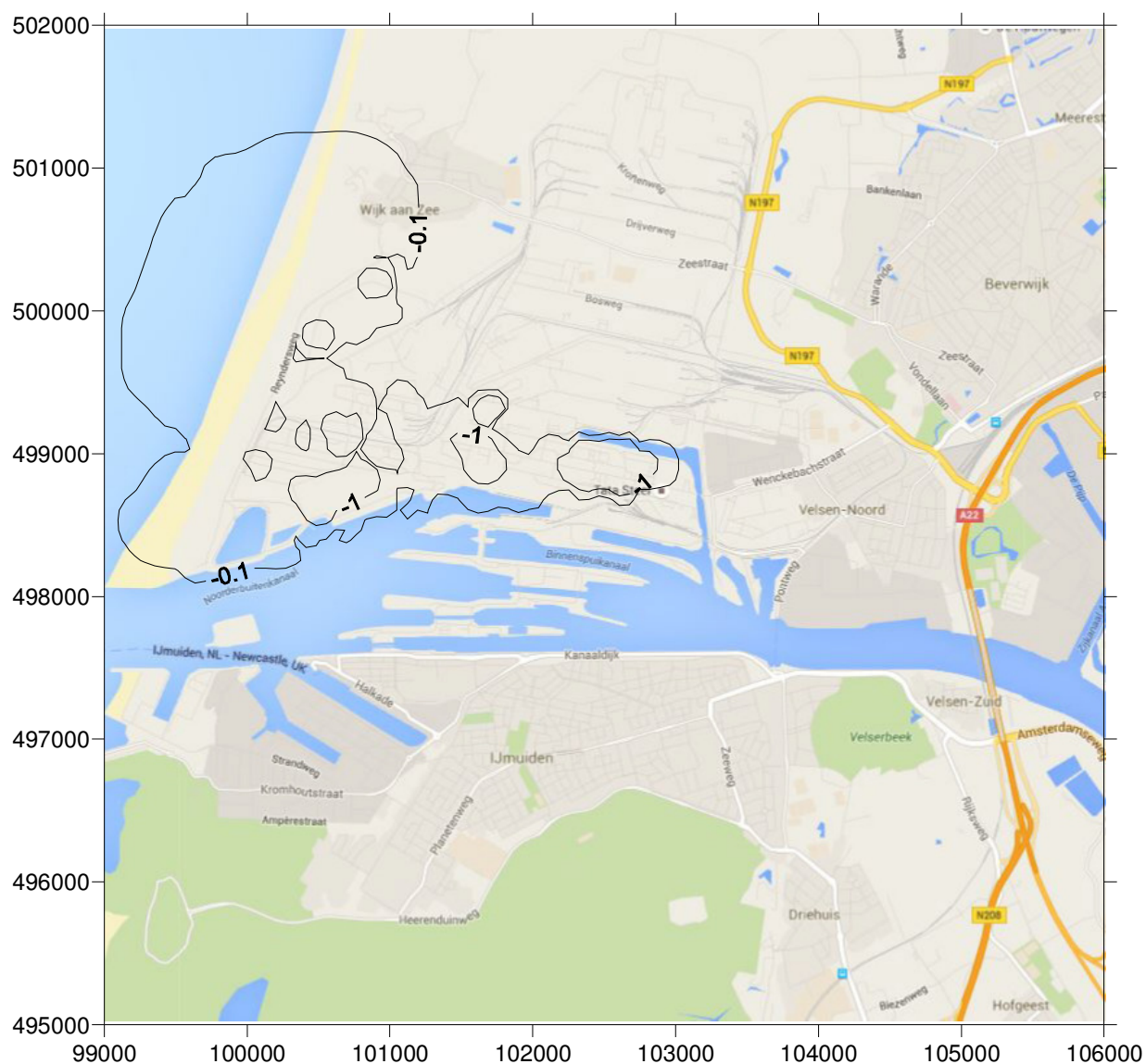
(98 percentielwaarden van uurgemiddelden in ouE/m³). Met of zonder de windmolens.

geur	naam	X	Y	zonder	met	diff
1	IJmuiden ZW	100600	496000	2.2	2.2	1%
2	IJMuiden sterrenbuurt	101400	496600	2.7	2.7	0%
3	vissershavenbuurt	101400	497600	4.0	4.0	0%
4	IJmuiderstraatweg1	102600	497600	4.4	4.4	0%
5	IJmuiderstraatweg2	103400	497600	4.5	4.5	0%
6	Zandershof	103200	496800	3.2	3.2	0%
7	Velzen-zuid(oost)	103800	497200	3.7	3.7	0%
8	Velzen-zuid(west)	104800	497400	3.2	3.2	0%
9	Driehuis	104000	496000	2.5	2.5	0%
10	woonboot	103600	498200	5.8	5.8	0%
11	Velsen-noord(1)	104400	498400	4.5	4.5	0%
12	Velsen-noord(2)	104200	498800	4.4	4.4	0%
13	beverwijk zuidwest	104200	500200	3.8	3.8	0%
14	beverwijk zuidwest	105000	499600	3.3	3.3	0%
15	beverwijk centrum	105000	500600	3.0	3.0	0%
16	wijk a zee zuid	101000	500600	5.3	5.3	-1%
17	wijk a zee centrum	101600	501000	5.3	5.3	0%
18	woonboot Noordersl weg	102000	498300	7.8	7.8	0%

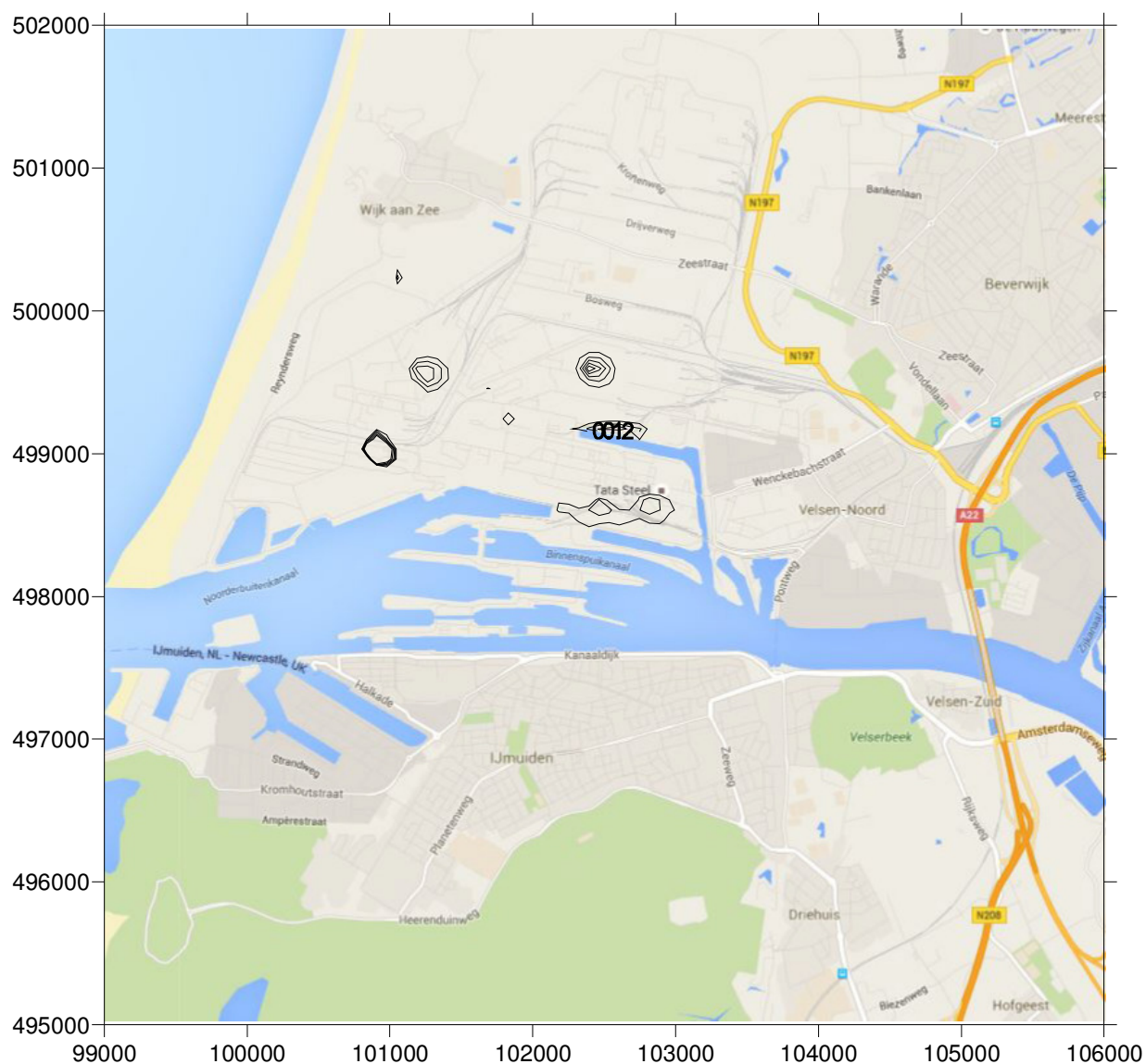
Bijlage F Contourplots van berekende concentraties



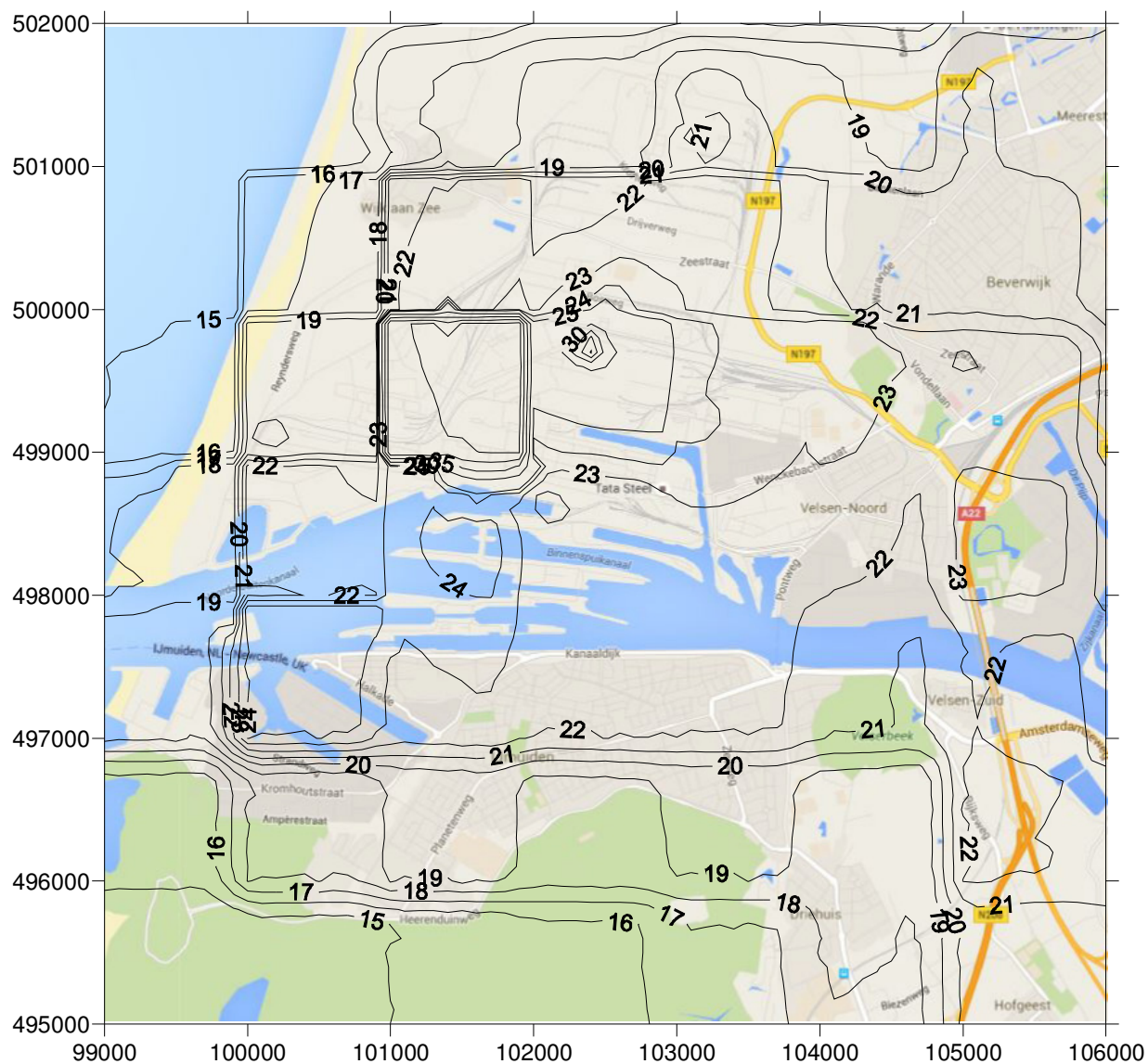
PM10 jaargemiddelden concentraties 2018 (met windmolens).



Plaatsen (binnen de contouren) waar de PM10 jaargemiddelden concentraties 2018 (met windmolens) tot 0,1 en 1 ug/m3 **afnemen** (jaargemiddeld), contouren: 0,1 en 1ug/m3 door de aanwezigheid van windmolens.

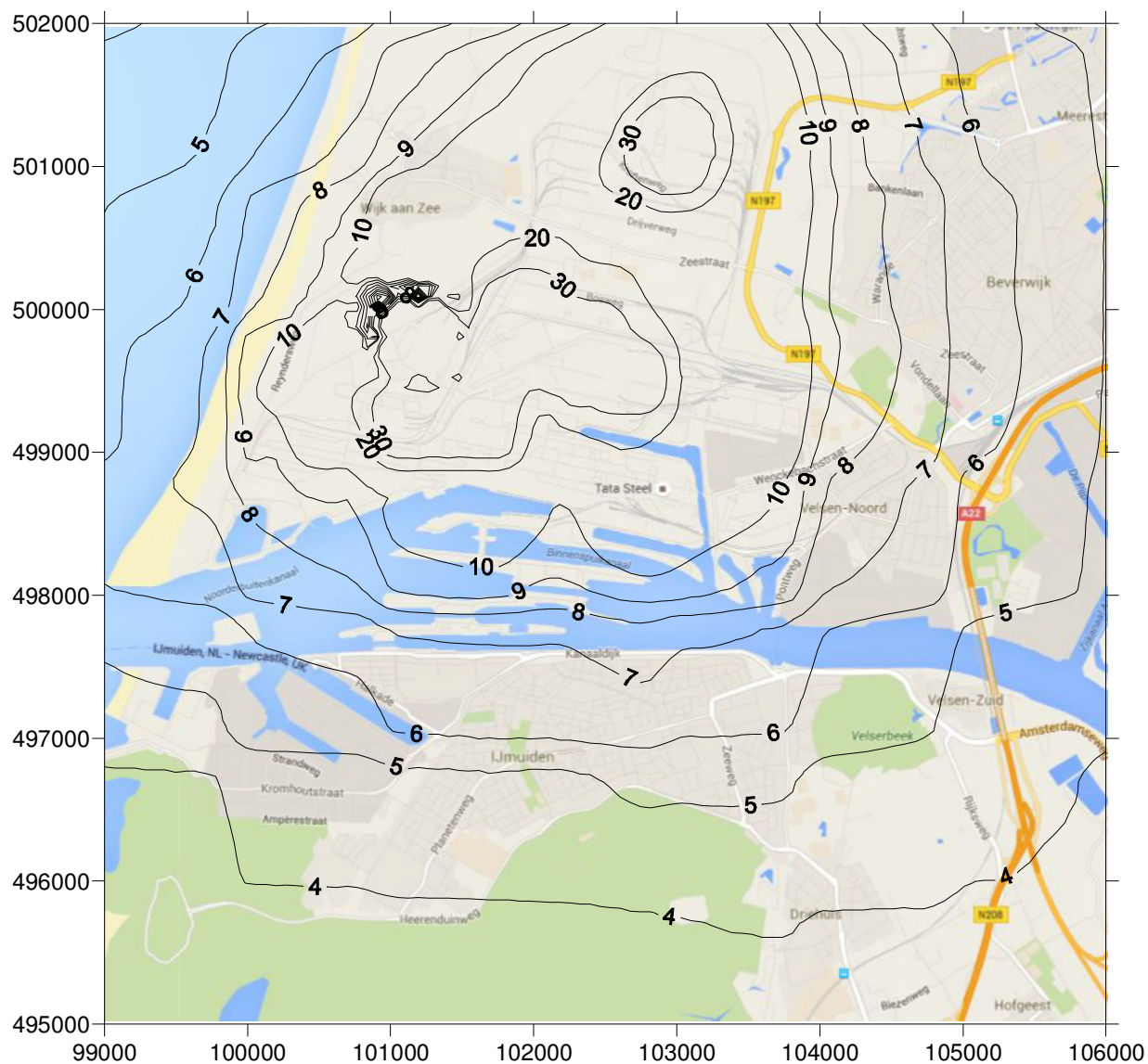


Plaatsen (binnen de contouren) waar de PM10 jaargemiddelden concentraties 2018 (met windmolens) **toenemen** (jaargemiddeld) met $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ of meer, contour interval: $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ door de aanwezigheid van windmolens.



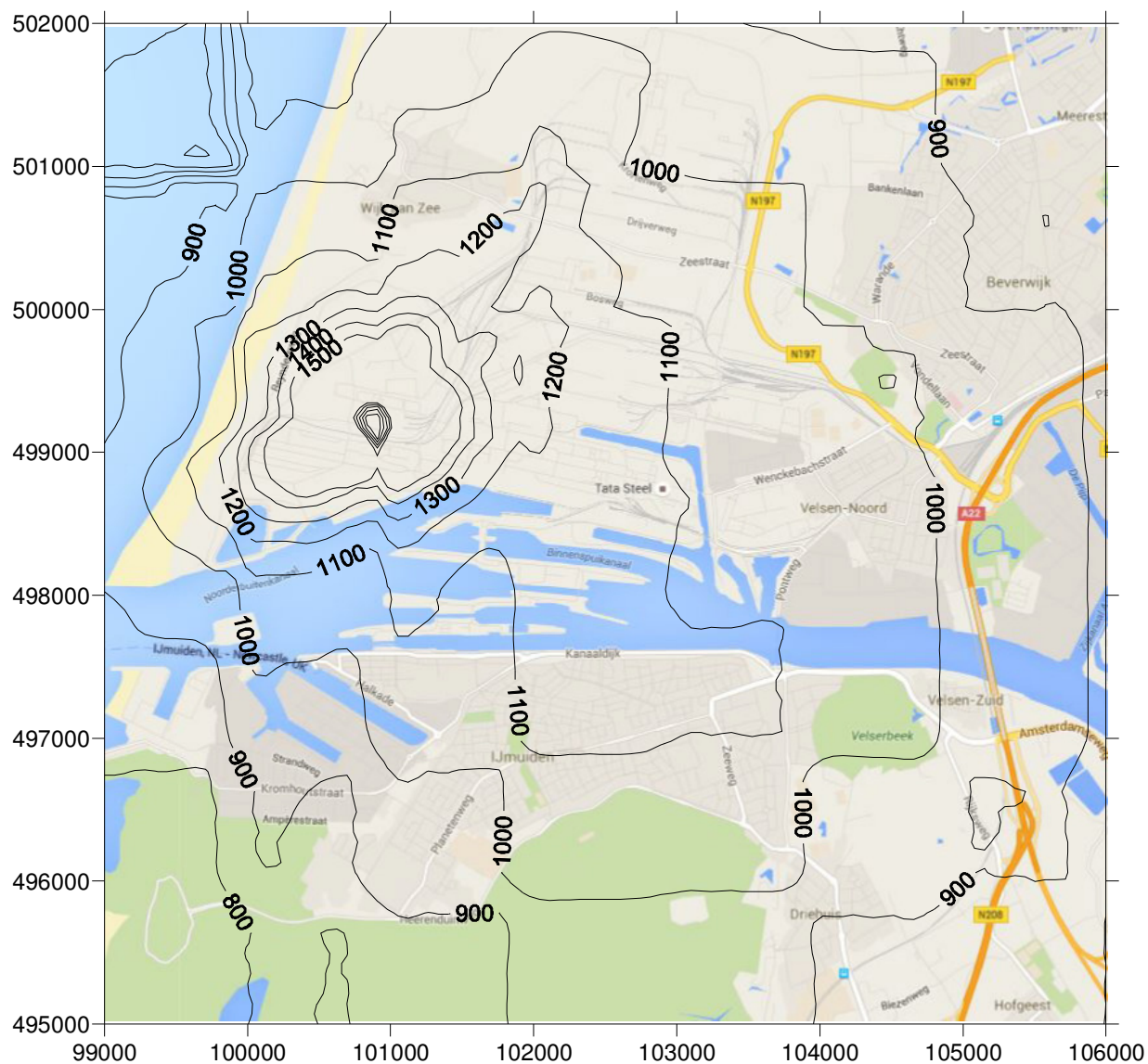
NO₂ jaargemiddelden concentraties 2018 (met windmolens).

De concentraties worden vrijwel geheel bepaald door de GCN concentraties (vandaar de blokvormige patronen: dat zijn 1 x1 km vakken in de GCN waarden)

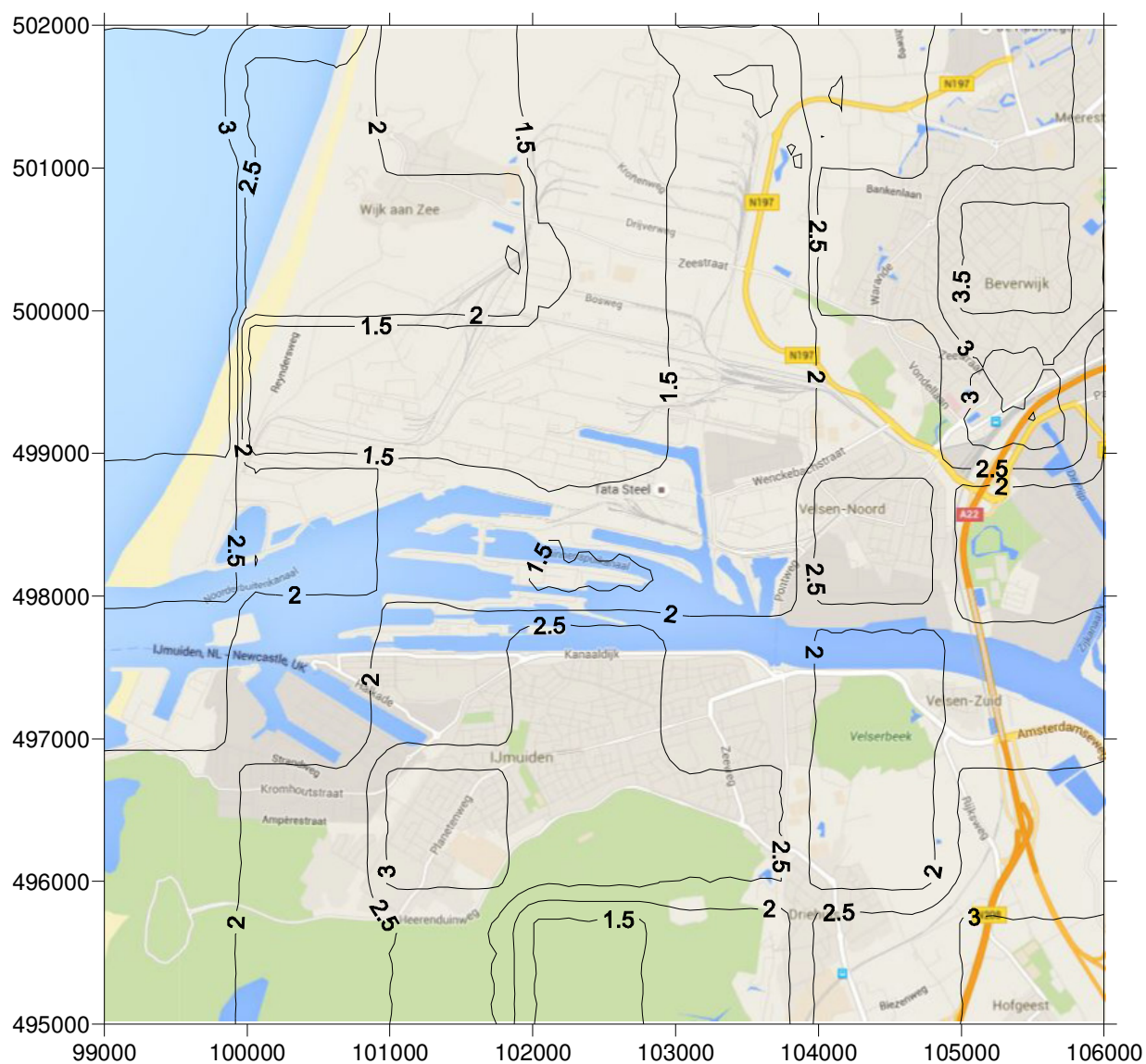


SO₂ jaargemiddelden concentraties 2018 (met windmolens).

In het midden is duidelijk de structuur van de GCN achtergrondconcentraties te zien. De SO₂ waarden zijn immers niet gecorrigeerd voor de dubbeltelling. Hierdoor zijn de berekende concentraties (zeker op het Tata Steel terrein) te hoog berekend.

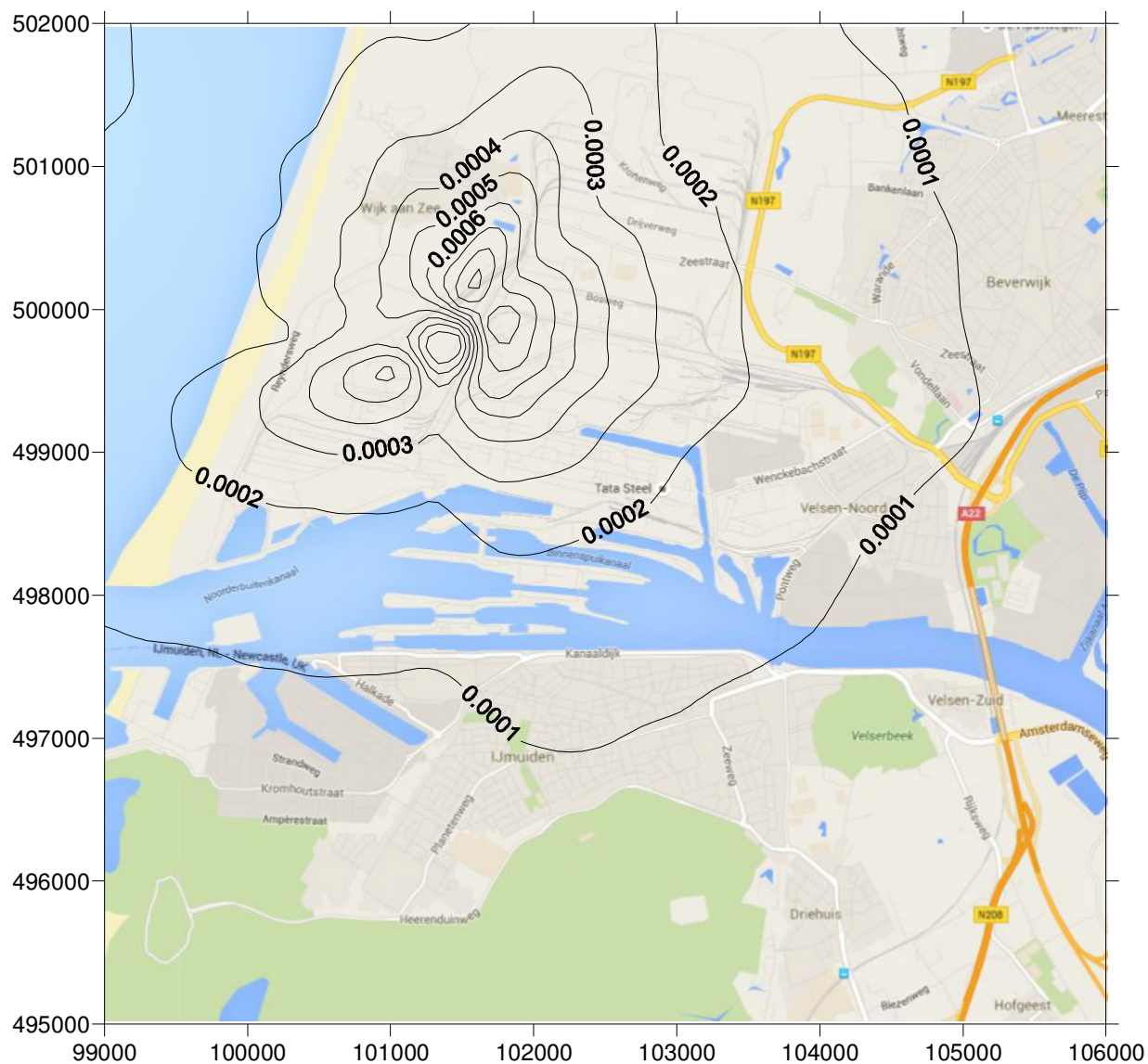


98-percentielwaarden van 8-uur glijdend CO gemiddelde concentraties 2018 (met windmolens).

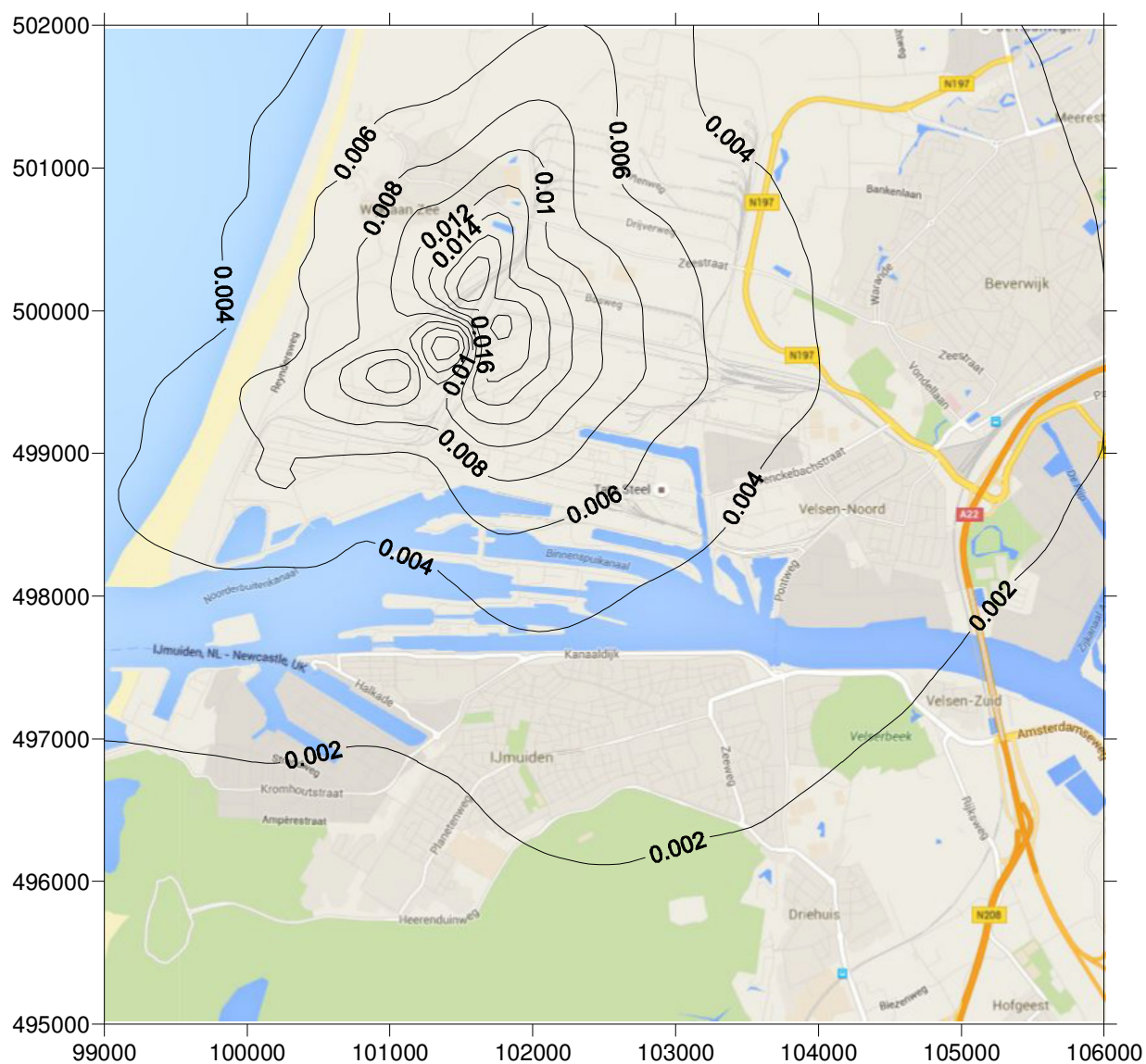


NH3 jaargemiddelden concentraties 2018 (met windmolens).

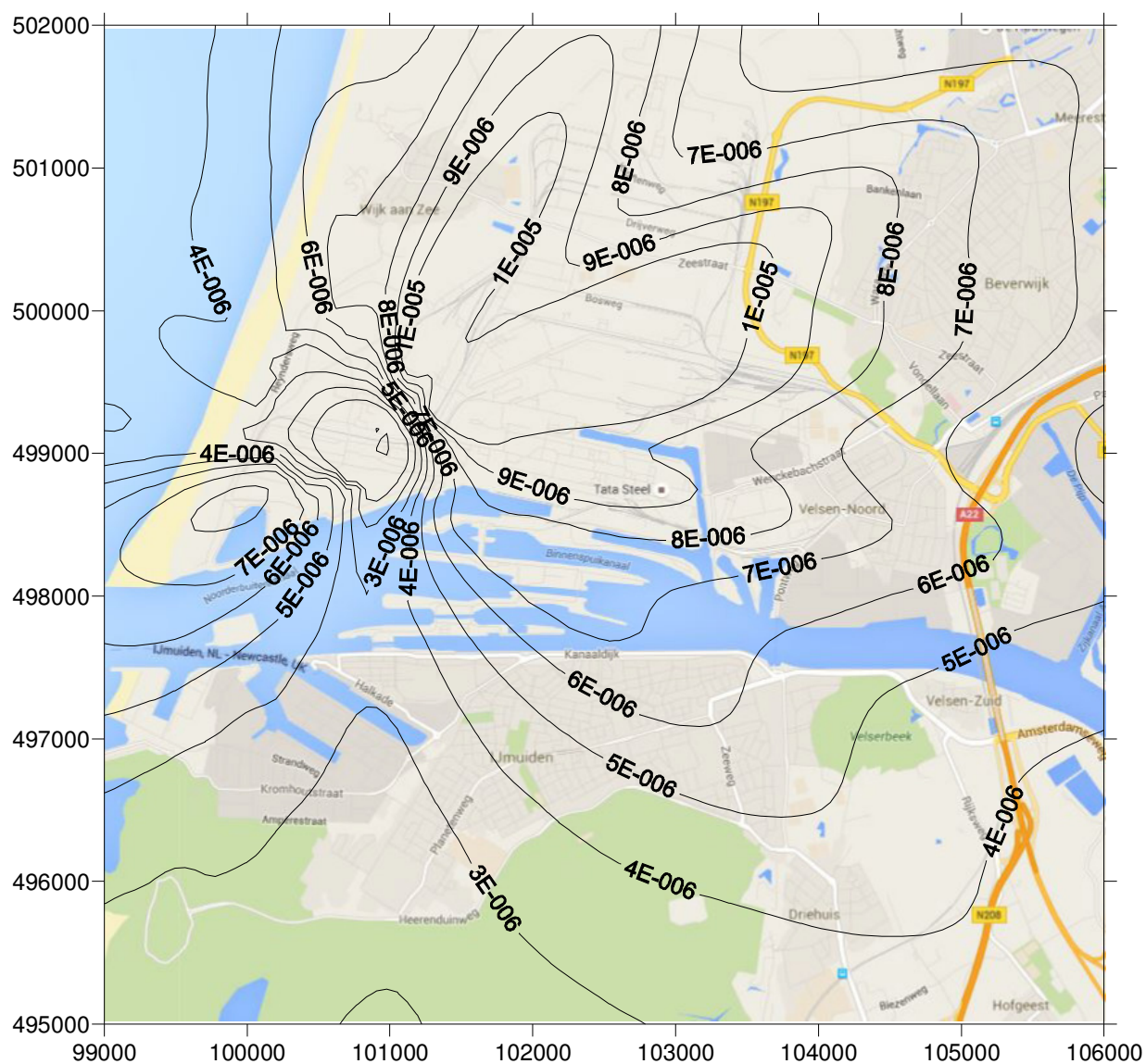
Hier is duidelijk de structuur van de GCN achtergrond concentraties te zien. Te zien is dat de achtergrond waarden de concentraties geheel domineren. De bijdrage van Tata Steel is nauwelijks zichtbaar.



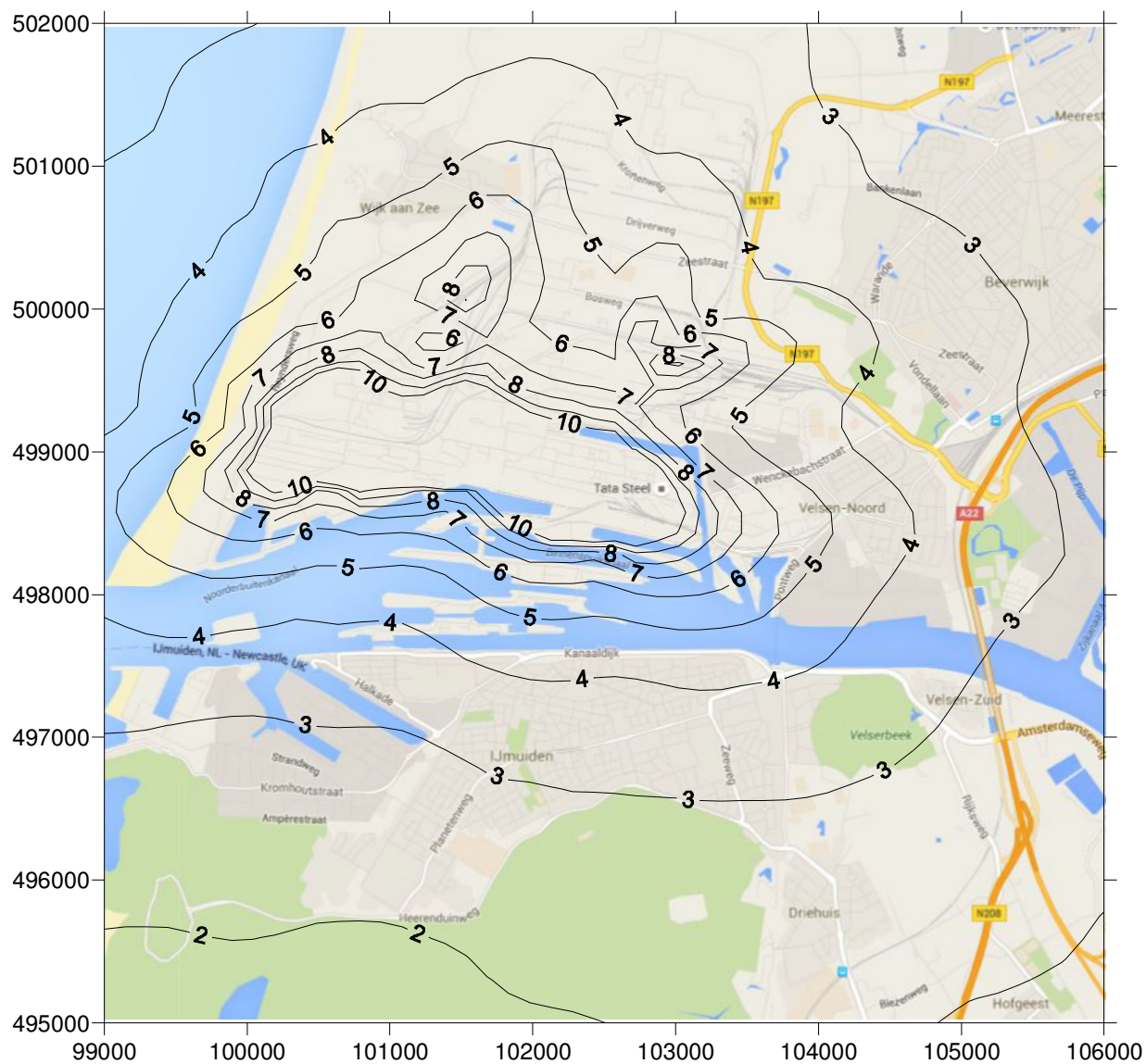
Jaargemiddelden cadmium (Cd) concentraties 2018 (met windmolens).



Jaargemiddelden lood (Pb) concentraties 2018 (met windmolens).

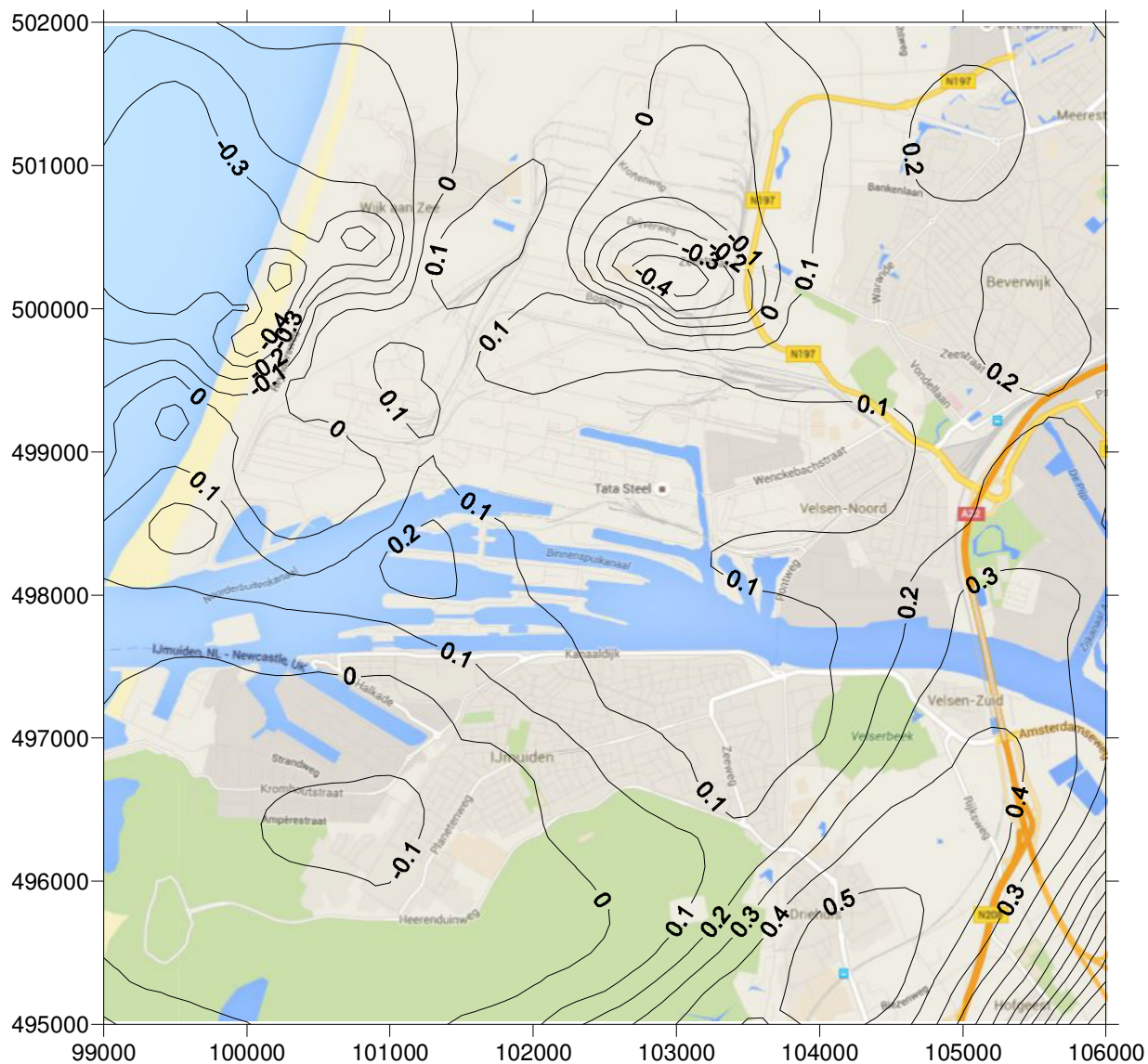


Jaargemiddelden kwik (Hg) concentraties 2018 (met windmolens).

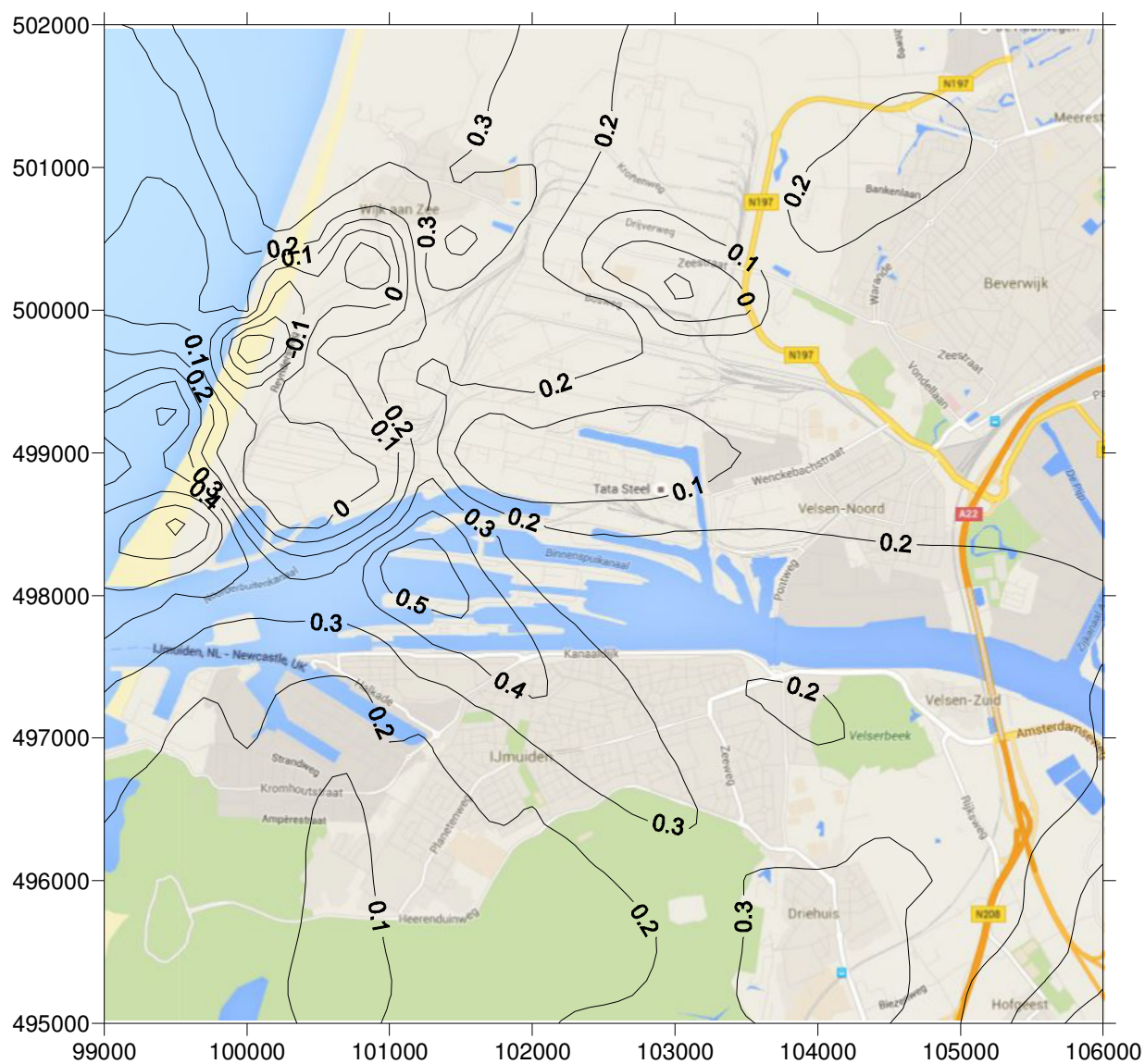


98-percentielwaarden van 1-uur gemiddelde geur concentraties 2018: situatie met windmolens

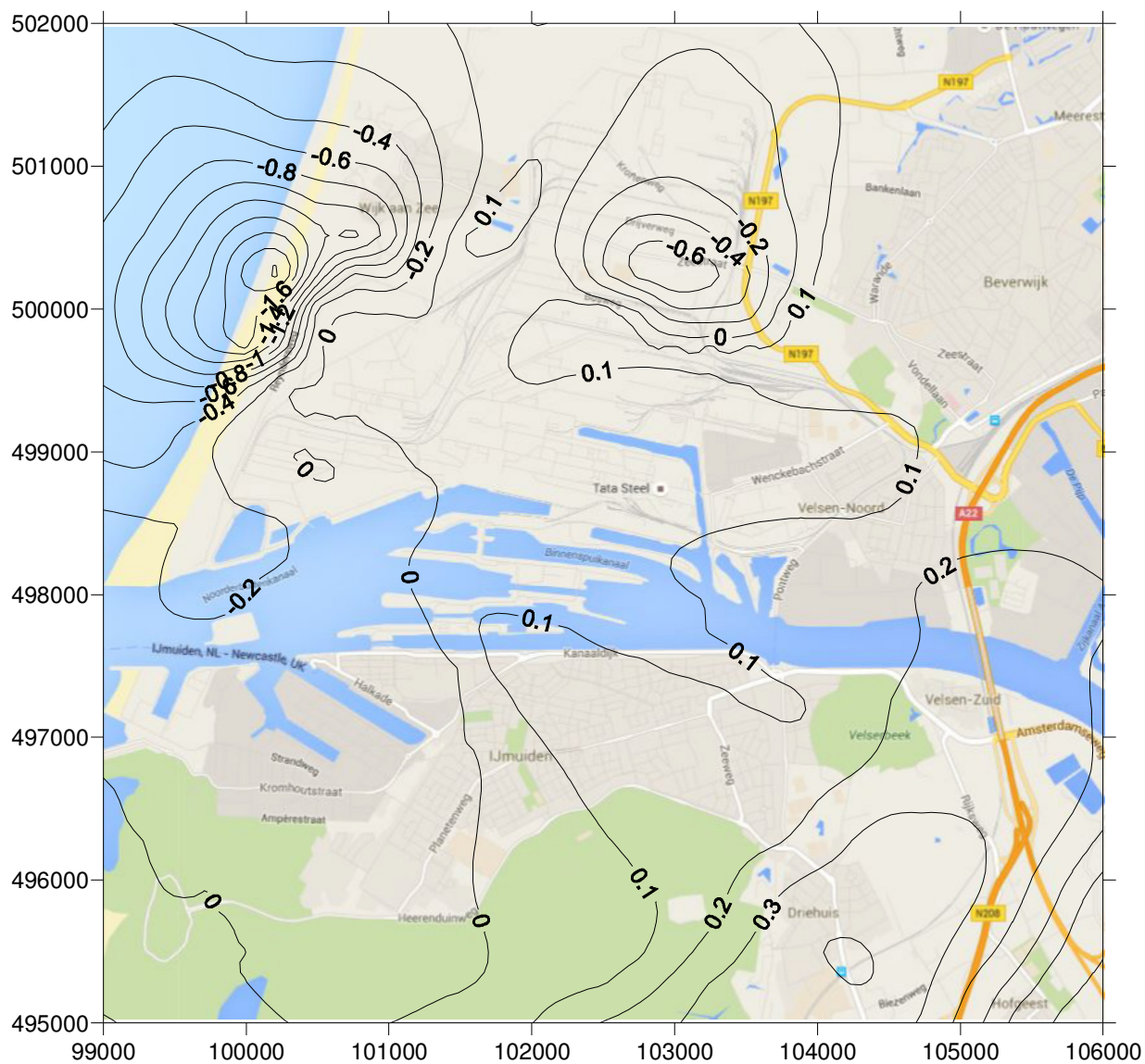
Bijlage G Effecten van windmolens op de hoeveelheid stofneerslag rond Tata Steel



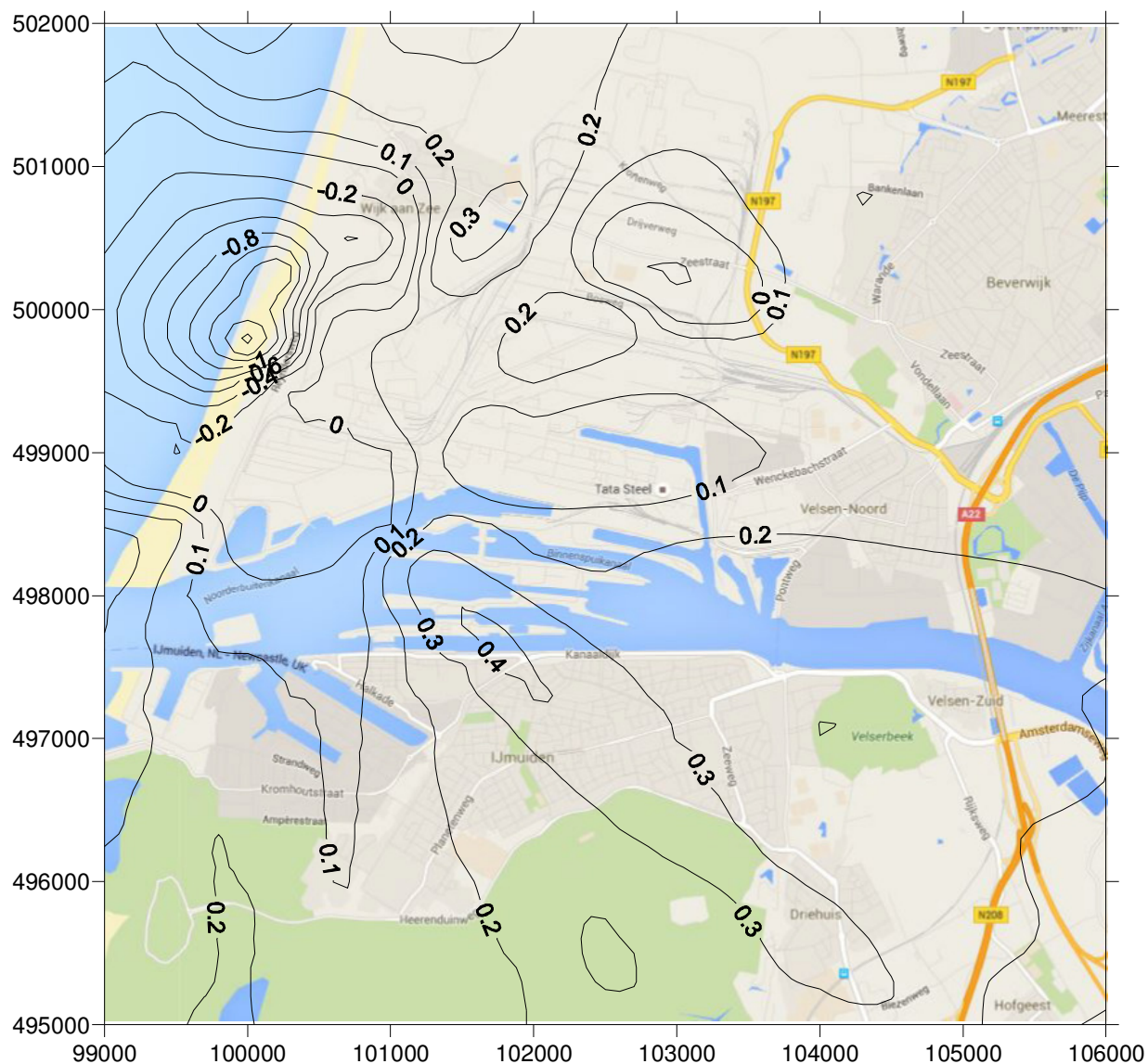
Effect windmolens op stofdepositie: variant met constante emissies. Getallen geven procenten berekende toenames (+) of afnamen (-) weer.



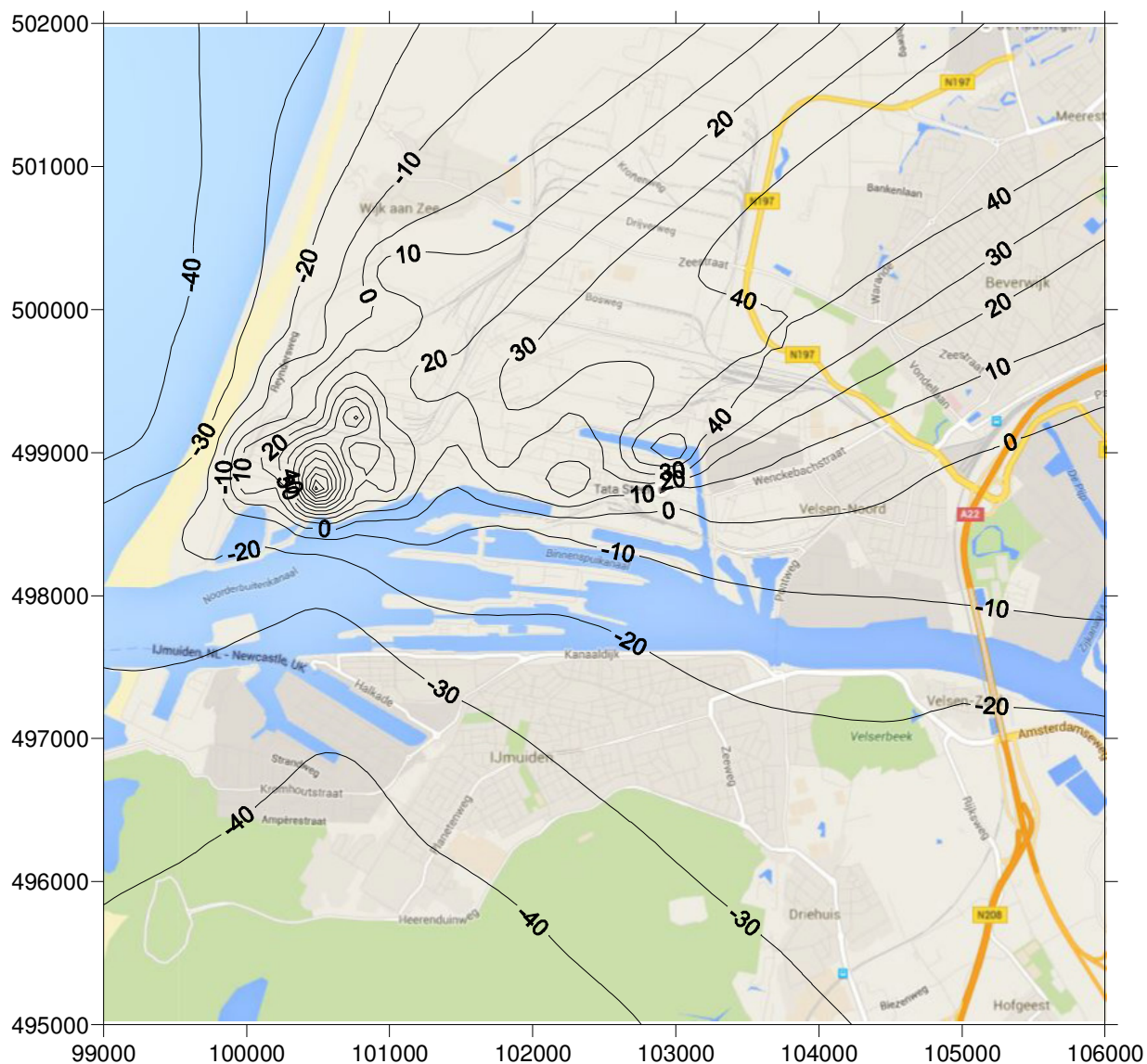
Effect windmolens op stofdepositie: variant met windsnelheidsafhankelijke emissies. Getallen geven procenten berekende toenames (+) of afnamen weer.



Effect windmolens op stofdepositie: variant met constante emissies en tweemaal grotere deeltjes. Getallen geven procenten berekende toenames (+) of afnamen (-) weer.



Effect windmolens op stofdepositie: variant met windsnelheidsafhankelijke emissies en tweemaal grotere deeltjes. Getallen geven procenten berekende toe- of afnamen weer.



Verhouding van de stofemissie, wanneer berekend als windsnelheidsafhankelijke emissies ten opzichte van een (over het hele jaar) constante emissie, uitgedrukt in procenten hoger of lager. Jaarvracht is in beide berekeningen identiek.

Duidelijk zichtbaar is dat bij zuidwestenwind de berekende stofbelasting (tot 40%) hoger is dan wanneer een constante emissie verondersteld wordt. Dat komt omdat de wind uit het zuidwesten gemiddeld harder waait. Daarentegen is de stofbelasting bij noordelijke en (zuid) oostelijke winden veel lager, wanneer deze windsnelheidsafhankelijk berekend. Wind uit die richtingen is veel minder krachtig.

Tabel G1. Berekende toe(+)- of af(-) name (met windmolens ten opzichte van: zonder windmolens) van de stof depositie (in %) voor 18 woonlocaties ten gevolge van plaatsing van 8 windmolens. Getallen betreffen g/ha. Variant met factor 2 grotere deeltjes.

grof stof						
	naam	X	Y	zonder	met	diff
1	IJmuiden ZW	100600	496000	142	141	0%
2	IJmuiden sterrenbuurt	101400	496600	268	268	0%
3	vissershavenbuurt	101400	497600	778	778	0%
4	IJmuiderstraatweg1	102600	497600	506	507	0%
5	IJmuiderstraatweg2	103400	497600	335	335	0%
6	Zandershof	103200	496800	219	220	0%
7	Velzen-zuid(oost)	103800	497200	214	214	0%
8	Velzen-zuid(west)	104800	497400	139	139	0%
9	Driehuis	104000	496000	111	111	0%
10	woonboot	103600	498200	446	447	0%
11	Velsen-noord(1)	104400	498400	271	271	0%
12	Velsen-noord(2)	104200	498800	351	351	0%
13	beverwijk zuidwest	104200	500200	358	359	0%
14	beverwijk zuidwest	105000	499600	216	216	0%
15	beverwijk centrum	105000	500600	210	210	0%
16	wijk a zee zuid	101000	500600	1741	1725	-1%
17	wijk a zee centrum	101600	501000	853	853	0%
18	woonboot Noordersl weg	102000	498300	1930	1931	0%
	grenswaarde			geen	geen	

Tabel G2. Berekende toe(+)- of af(-) name (met windmolens ten opzichte van: zonder windmolens) van de stof depositie (in %) voor 18 woonlocaties ten gevolge van plaatsing van 8 windmolens. Getallen betreffen g/ha. Variant met windsnelheidsafhankelijke emissies.

grof stof						
	naam	X	Y	zonder	met	diff
1	IJmuiden ZW	100600	496000	177	177	0%
2	IJmuiden sterrenbuurt	101400	496600	325	326	0%
3	vissershavenbuurt	101400	497600	867	871	0%
4	IJmuiderstraatweg1	102600	497600	625	627	0%
5	IJmuiderstraatweg2	103400	497600	454	455	0%
6	Zandershof	103200	496800	307	308	0%
7	Velzen-zuid(oost)	103800	497200	309	309	0%
8	Velzen-zuid(west)	104800	497400	219	219	0%
9	Driehuis	104000	496000	173	174	0%
10	woonboot	103600	498200	611	612	0%
11	Velsen-noord(1)	104400	498400	418	419	0%
12	Velsen-noord(2)	104200	498800	534	535	0%
13	beverwijk zuidwest	104200	500200	665	666	0%
14	beverwijk zuidwest	105000	499600	386	386	0%
15	beverwijk centrum	105000	500600	428	429	0%
16	wijk a zee zuid	101000	500600	2189	2192	0%
17	wijk a zee centrum	101600	501000	1177	1180	0%
18	woonboot Noordersl weg	102000	498300	2020	2026	0%
	grenswaarde			geen	geen	

Tabel G3. Berekende toe(+)- of af(-) name (met windmolens ten opzichte van: zonder windmolens) van de stof depositie (in %) voor 18 woonlocaties ten gevolge van plaatsing van 8 windmolens. Getallen betreffen g/ha. Variant met windsnelheidsafhankelijke emissies en met factor 2 grotere deeltjes.

grof stof						
	naam	X	Y	zonder	met	diff
1	IJmuiden ZW	100600	496000	132	132	0%
2	IJmuiden sterrenbuurt	101400	496600	261	262	0%
3	vissershavenbuurt	101400	497600	793	796	0%
4	IJmuiderstraatweg1	102600	497600	558	559	0%
5	IJmuiderstraatweg2	103400	497600	396	397	0%
6	Zandershof	103200	496800	252	253	0%
7	Velzen-zuid(oost)	103800	497200	257	257	0%
8	Velzen-zuid(west)	104800	497400	175	175	0%
9	Driehuis	104000	496000	133	133	0%
10	woonboot	103600	498200	558	559	0%
11	Velsen-noord(1)	104400	498400	365	366	0%
12	Velsen-noord(2)	104200	498800	484	484	0%
13	beverwijk zuidwest	104200	500200	630	631	0%
14	beverwijk zuidwest	105000	499600	336	337	0%
15	beverwijk centrum	105000	500600	384	385	0%
16	wijk a zee zuid	101000	500600	2082	2076	0%
17	wijk a zee centrum	101600	501000	1076	1079	0%
18	woonboot Noordersl weg	102000	498300	2029	2033	0%
	grenswaarde			geen	geen	