

TNO-rapport**TNO 2019 R 11447 | Eindrapport****CAIREBoxmetingen fijnstof en stikstofdioxide in
Sliedrecht van 15 juni 2018 tot 1 augustus 2019**

Westerduinweg 3
1755 LE Petten
Postbus 15
1755 ZG Petten

www.tno.nl

T +31 88 866 50 65
danielle.vandinther@tno.nl

Datum	26 september 2019
Auteur(s)	D. van Dinther A.J. Plomp
Aantal pagina's	22 (incl. bijlagen)
Opdrachtgever	Gemeente Sliedrecht
Projectnaam	Gem Sliedrecht luchtkwaliteitsmonitoring
Projectnummer	060.34285

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2019 TNO

Samenvatting

Eén van de aandachtspunten van de gemeente Sliedrecht is de luchtkwaliteit in de gemeente, vooral die ten gevolge van het lokale verkeer. De gemeente Sliedrecht heeft TNO gevraagd om de luchtkwaliteit – en specifiek de fijnstof- en stikstofdioxide (NO_2) concentraties - in de gemeente te onderzoeken. Om de luchtkwaliteit te onderzoeken heeft TNO drie CAIREBoxen, uitgerust met sensoren, geïnstalleerd op drie locaties in Sliedrecht: Craijensteijn, Stationsweg en de Rivierdijk. De fijnstof- en stikstofdioxideconcentratie zijn met behulp van deze CAIREBoxen gemeten vanaf 15 juni 2018 tot en met 1 augustus 2019. De fijnstofconcentraties zijn opgedeeld in drie categorieën te weten: onder de $10\text{ }\mu\text{m}$ (PM_{10}), onder de $2,5\text{ }\mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$) en onder de $1\text{ }\mu\text{m}$ (PM_1). De meetresultaten, data-analyses en enkele bevindingen over deze periode zijn in dit rapport gedocumenteerd.

De metingen tonen aan dat de fijnstofconcentraties relatief homogeen zijn op de drie meetlocaties. De hoogste fijnstofconcentraties worden overdag tijdens de ochtendspits gemeten. Dit komt door een combinatie van een verhoging van de uitstoot, waarschijnlijk door (lokaal) verkeer, en de invloed van de (meteorologische) grenslaaghoogte. De windroosanalyses op de locaties Craijenstein en Stationsweg laten een lichte verhoging zien in fijnstof uit het zuidwesten. De data verzameld met de CAIREBoxen geven een indicatie dat de wettelijke grenswaarden voor fijnstof (van PM_{10} en $\text{PM}_{2,5}$) niet worden overschreden. Hierbij wordt benadrukt dat dit een *indicatie* is; voor daadwerkelijke toetsing is referentie meetapparatuur nodig.

Voor NO_2 worden gemiddeld de hoogste concentraties waargenomen tijdens de ochtendspits. De NO_2 -concentraties zijn op de werkdagen duidelijk hoger dan in het weekend, wat ook duidt op verkeer als relevante bron van NO_2 . Daarnaast wordt NO_2 eveneens beïnvloed door een lage (meteorologische) grenslaag in de ochtend, waardoor de concentratiepiek vooral aanwezig is tijdens de ochtendspits, maar niet tijdens de avondspits. Analyse van de NO_2 -concentraties in combinatie met de windrichting blijkt niet eenvoudig te interpreteren. Het blijkt uit de windroosanalyse dat de NO_2 -concentraties waarschijnlijk zijn beïnvloed door de lagere windsnelheden bij oostenwind (door lage windsnelheid vindt er minder menging plaats wat leid tot hogere concentraties). De meetresultaten indiceren dat de wettelijke jaargemiddelde grenswaarden voor NO_2 op de locaties Craijenstein en Stationsweg niet worden overschreden. Voor de locatie Rivierdijk ligt de jaargemiddelde NO_2 -concentratie op de wettelijke grenswaarden. Ook dit is nadrukkelijk een *indicatie*: voor daadwerkelijke toetsing is referentiemeetapparatuur nodig.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
1	Inleiding.....	4
2	Meetlocaties	5
3	Resultaten	6
3.1	Fijnstof	6
3.2	Stikstofdioxide	12
4	Conclusies	20
5	Ondertekening	22

1 Inleiding

Binnen de gemeente Sliedrecht is er veel aandacht voor de verkeersstromen binnen de bebouwde kom. Daarmee samenhangend is er aandacht voor de luchtkwaliteit ten gevolge van het verkeer. De gemeente Sliedrecht heeft TNO gevraagd om de luchtkwaliteit – en specifiek de fijnstof- en stikstofdioxideconcentraties - in de gemeente te onderzoeken. Om de luchtkwaliteit te onderzoeken heeft TNO drie CAIREBoxen geïnstalleerd op drie locaties in Sliedrecht: Craijensteijn, Stationsweg en de Rivierdijk. Dit zijn de belangrijke uitvals- en toegangswegen voor Sliedrecht. De fijnstof- en stikstofdioxideconcentratie is gemeten op de genoemde locaties vanaf 15 juni 2018 tot en met 1 augustus 2019. Deze rapportage behandelt de gehele meetperiode. Er is een eerder rapport uitgebracht, waarin de resultaten van de eerste drie maanden (periode 15 juni tot en met 24 september 2018) zijn gerapporteerd (Van Dinther en Plomp, 2018).

Het meten van luchtkwaliteit met behulp van referentieapparatuur is prijzig, helemaal wanneer metingen plaatsvinden op meerdere locaties in een gemeente. Op het gebied van metingen van de luchtkwaliteit zijn er de laatste jaren grote stappen gezet in de ontwikkeling van sensoren. Deze sensoren zijn over het algemeen goedkoper dan de conventionele referentieapparatuur, waardoor plaatsing op meerdere locaties en ook het meten over langere tijdsperiode goedkoper wordt. De metingen van sensoren zijn echter vaak minder nauwkeurig dan referentieapparatuur en kunnen dan ook afwijken van de referentieapparatuur. Om betrouwbaardere data te verkrijgen uit sensoren is validatie nodig, zowel van de sensoren zelf als van de verzamelde data. Ook geven sensoren slechts een indicatie of grenswaarden al dan niet worden overschreden.

Binnen TNO in Petten is de zogeheten CAIREBox ontwikkeld (in het verleden ook wel Airbox genoemd). Deze CAIREBox meet met behulp van sensoren de fijnstof- en stikstofdioxide (NO_2)-concentraties in de buitenlucht. De gebruikte sensoren zijn uitgebreid getest in vergelijking met referentieapparatuur en equivalente meetapparatuur en waar mogelijk verbeterd.

De fijnstofsensoren meet de concentratie fijnstof in drie verschillende categorieën:

- PM_{10} (fijnstof met een diameter tot 10 μm),
- $\text{PM}_{2,5}$ (fijnstof met een diameter tot 2,5 μm) en
- PM_1 (fijnstof met een diameter tot 1 μm).

De NO_2 -sensor maakt gebruik van een door TNO gepatenteerde techniek om de NO_2 -concentratie te kunnen meten. Voor PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ en NO_2 -concentraties zijn er Europese richtlijnen, waarvan de grenswaarden in Nederland zijn vastgelegd in de Wet Milieubeheer (onder Artikel 5.2). Voor daadwerkelijk toetsing aan deze grenswaarden is referentieapparatuur nodig. Sensoren kunnen slechts een indicatie geven of grenswaarden worden overschreden.

De CAIREBoxen zijn al succesvol ingezet binnen het Innovatieve Lucht Meetnet (ILM) in Eindhoven (zie ook www.aireas.com). Hier worden de concentraties fijnstof en stikstofdioxide sinds het najaar van 2013 gemeten (Otjes, 2014; Otjes, 2015; Van Dinther et al, 2017).

2 Meetlocaties

Sliedrecht ligt aan de Beneden-Merwede. Deze rivier wordt veel gebruikt voor scheepvaart. Ten zuidwesten ligt Dordrecht, waarvan de industriegebieden Staart en Derde Merwedehaven dichtbij liggen: één tot enkele kilometers afstand. Aldaar is onder andere een chemische fabriek, een vuilverbrandingsinstallatie en een vuilstortplaats of deponie. Met een overwegende zuidwestenwind in Nederland wordt lucht, die dit industriegebied passeert, naar Sliedrecht getransporteerd. Eventuele bronnen in het industriegebied kunnen dan ook zorgen voor concentratieverhogingen van zowel fijnstof als NO_2 in Sliedrecht. Ook ten westen van Sliedrecht is er een industriegebied, namelijk het industriegebied van Papendrecht. Verderop, ten noordwesten van de gemeente Sliedrecht, ligt Rotterdam, een grote agglomeratie met diverse bronnen van luchtverontreiniging (zoals wegverkeer, industrie, de zeehaven en een luchthaven). Tenslotte is Sliedrecht ingeklemd tussen de snelweg A15 en een spoorlijn.

In Figuur 1 worden de meetlocaties in Sliedrecht getoond. Dit zijn de belangrijke uitvals- en toegangswegen voor Sliedrecht. De Rivierdijk ligt nabij de rivier. De CAIREBox is hier geplaatst in een woonwijk. Dichtbij deze box, aan de oostzijde, is enige (kleinschalige) industriële activiteit. De Stationsweg ligt in het noorden van Sliedrecht, dichtbij de snelweg A15. De A15 loopt op dit punt met een viaduct over de weg heen en er staan (hoge) geluidsschermen langs de A15. De CAIREBox op locatie Craijensteijn ligt in een woonwijk met de A15 en de rivier op respectievelijk 350 en 500 m afstand. Deze locatie ligt het meest nabij het industriegebied in Dordrecht (op circa 1 km afstand).



Figuur 1: Meetlocaties van de CAIREBoxen in Sliedrecht.

De CAIREBoxen zijn op alle drie locaties opgehangen en verbonden aan lantaarnpalen. Wanneer de lantaarnpalen aanstaat is er stroomtoevoer naar de CAIREBox en kan een ingebouwde accu worden opgeladen, zodat overdag een accu voor de stroomtoevoer zorgt. De gegevens worden elke 10 minuten via het GSM-netwerk doorgestuurd naar een data-server. Via een webapplicatie - toegankelijk voor de gemeente - waren de gegevens tevens real-time te volgen.

3 Resultaten

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de CAIREBox-metingen in Sliedrecht uitgewerkt voor de periode van 15 juni 2018 tot 1 augustus 2019 voor fijnstof en NO₂-concentraties.

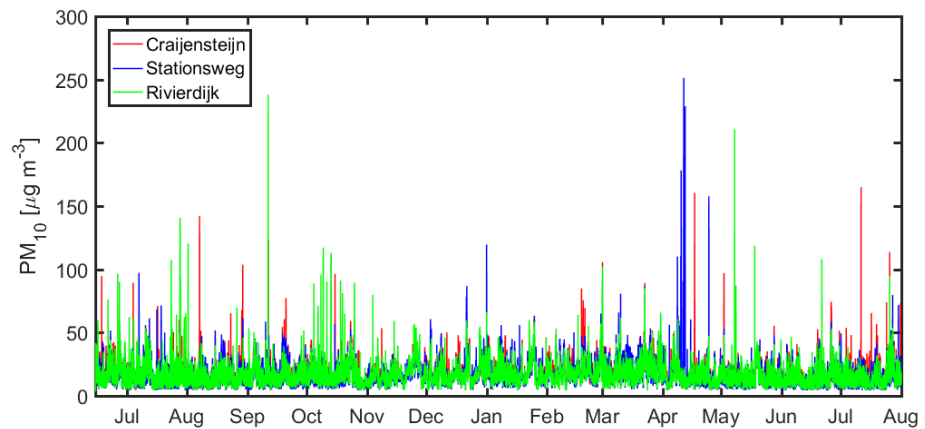
3.1 Fijnstof

In Tabel 1 staan de verzamelde statistieken van de fijnstofgegevens over de gehele meetperiode. Naast de gemiddelde waarden staan hier ook de mediaan, 10 percentiel en 90 percentiel. De mediaan is het midden van de verzamelde data. De 10 percentiel geeft een goede indicatie van de ondergrens van de data. Hiernaast geeft het 90 percentiel een goede indicatie van de bovengrens van de metingen. De statistische waarden van fijnstof zijn voor de verschillende locaties qua grootte vergelijkbaar. Voor de locatie Stationsweg lijken de meetwaarden licht lager te zijn dan de andere locaties. De databeschikbaarheid is voor alle locaties 96% en hoger.

Tabel 1: Statistiek van de gemeten fijnstofconcentraties voor de verschillende locaties over de meetperiode 15 juni 2018 tot en met 1 augustus 2019.

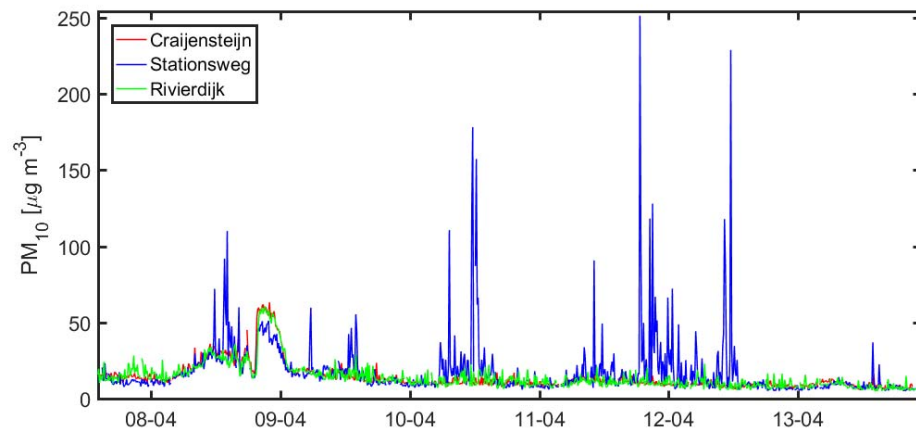
GROOTHEID	LOCATIE	CRAIJENSTEIJN	STATIONSWEG	RIVIERDIJK
PM₁	Gemiddelde [$\mu\text{g m}^{-3}$]	7	6	7
	Mediaan [$\mu\text{g m}^{-3}$]	5	5	5
	10 percentiel [$\mu\text{g m}^{-3}$]	3	3	3
	90 percentiel [$\mu\text{g m}^{-3}$]	12	11	12
PM_{2.5}	Gemiddelde [$\mu\text{g m}^{-3}$]	9	8	9
	Mediaan [$\mu\text{g m}^{-3}$]	7	6	7
	10 percentiel [$\mu\text{g m}^{-3}$]	4	4	4
	90 percentiel [$\mu\text{g m}^{-3}$]	15	14	15
PM₁₀	Gemiddelde [$\mu\text{g m}^{-3}$]	17	15	16
	Mediaan [$\mu\text{g m}^{-3}$]	15	13	14
	10 percentiel [$\mu\text{g m}^{-3}$]	8	7	8
	90 percentiel [$\mu\text{g m}^{-3}$]	27	26	26

In Figuur 2 zijn de metingen van de PM₁₀-concentratie over de gehele meetperiode weergegeven. De concentratie-patronen van PM₁₀ voor de drie locaties in Sliedrecht komen vrij goed met elkaar overeen. Dit duidt erop dat de PM₁₀-concentratie over het algemeen homogeen verdeeld is over de gemeente Sliedrecht en vaak als het ware als een deken over Sliedrecht heen ligt.



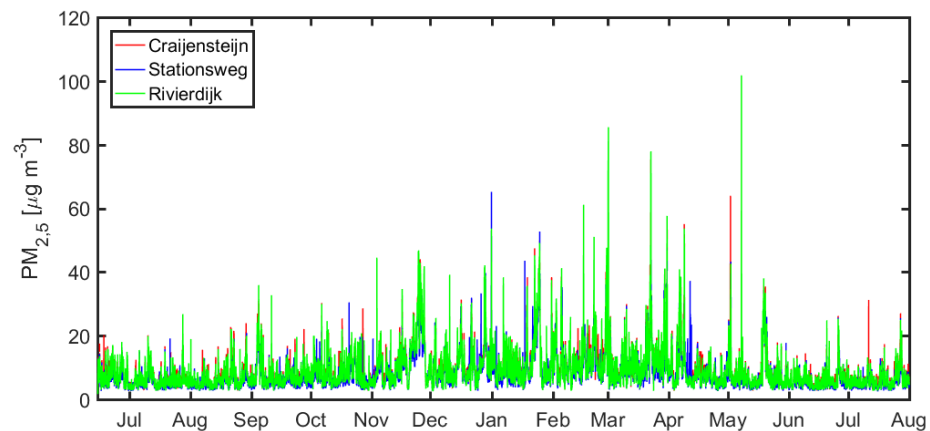
Figuur 2: PM₁₀-concentraties gemeten op de locaties Craijensteijn, Stationsweg en Rivierdijk gedurende de meetperiode 15 juni 2018 tot en met 1 augustus 2019.

Er zijn wel enkele zeer sterke concentratieverhogingen zichtbaar, waarbij deze hoge concentraties wel op de ene en niet op de andere locatie gemeten zijn. Zo is er bijvoorbeeld een periode in april 2019, waarbij op de Stationsweg hoge fijnstof-concentraties zijn gemeten, weergegeven in Figuur 3. In deze periode zijn er wegwerkzaamheden verricht nabij de CAIREBox; waarschijnlijk is dit de oorzaak van de lokale verhoging van de fijnstofconcentratie.



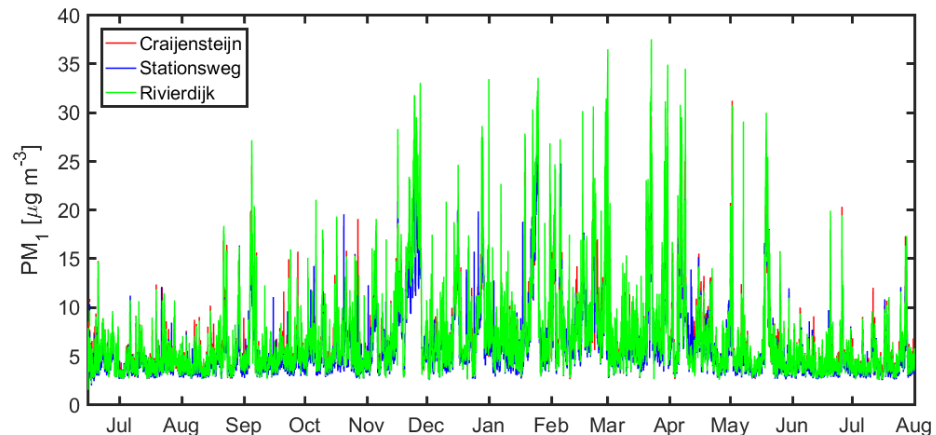
Figuur 3: PM₁₀ tijdserie in april 2019 met op de x-as de datum.

De concentratie van PM_{2,5} gedurende de meetperiode is weergegeven in Figuur 4. Ook hier volgen de drie locaties hetzelfde patroon. Net als voor de PM₁₀ concentraties zijn er voor de PM_{2,5}-concentraties af en toe sterke concentratieverhogingen op één bepaalde meetlocatie zichtbaar, die ontbreken op de andere meetlocaties.



Figuur 4: PM_{2,5}-concentraties gemeten op de locaties Craijensteijn, Stationsweg en Rivierdijk gedurende de meetperiode 15 juni 2018 tot en met 1 augustus 2019.

Figuur 5 toont de metingen van de PM₁-concentraties gedurende de meetperiode. Ook hier zien we dat de locaties hetzelfde patroon volgen. Over het algemeen is de PM₁-concentratie op de locatie Rivierdijk licht verhoogd ten opzicht van de andere twee locaties.

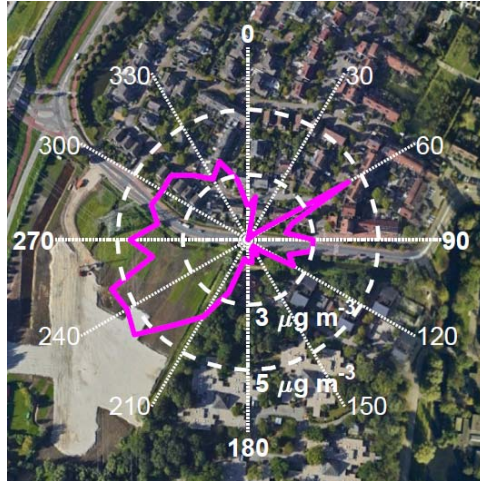


Figuur 5: PM₁-concentraties gemeten op de locaties Craijensteijn, Stationsweg en Rivierdijk gedurende de meetperiode 15 juni 2018 tot en met 1 augustus 2019.

De meetresultaten zijn geanalyseerd met behulp van windroos-analyses om de relatie tussen de concentraties van de pollutanten en de windrichting te bepalen. Voor de windrichting zijn de gegevens van het dichtstbijzijnde KNMI station gebruikt (in Herwijnen). Om in detail naar de verschillen per windrichting te kunnen kijken, zijn de windrozen gemaakt van de relatieve PM₁₀-concentraties over de gehele meetreeks per locatie (door eerste de windhoek met de laagste PM₁₀-concentratie te bepalen en vervolgens voor alle windhoeken de PM₁₀-concentraties min deze laagste waarden te nemen). Door de windroos te plotten op de plattegrond van de gemeente is op eenvoudige wijze inzichtelijk vanuit welke windhoek de bijdrage aan de gemeten concentratie het grootst is. Vervolgens kan worden nagegaan of en zo ja, welke, bronnen in een bepaalde windhoek liggen.

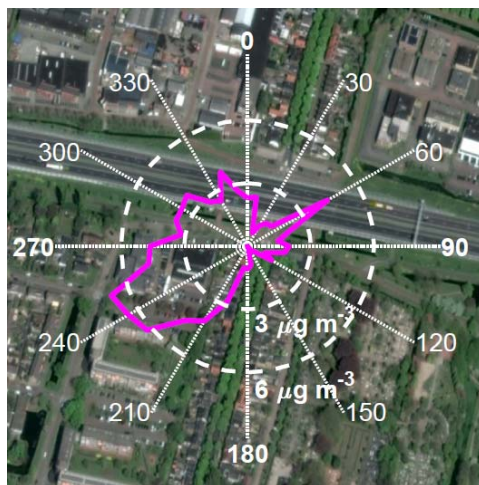
Figuur 6 toont de windroos-analyse van de relatieve PM₁₀-concentraties voor locatie Craijensteijn. In deze figuur is te zien dat de PM₁₀-concentratie vanuit het zuidwesten

tot $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hoger is dan uit het zuidoosten. Deze verhoogde concentraties kunnen door meerdere mogelijke bronnen zijn veroorzaakt: scheepvaart op de Merwede, het industriegebied De Staart in Dordrecht en/of de laatste bouwwerkzaamheden in de wijk Benedenveer.



Figuur 6: Windroos van de relatieve PM_{10} -concentraties voor de locatie Craijensteijn

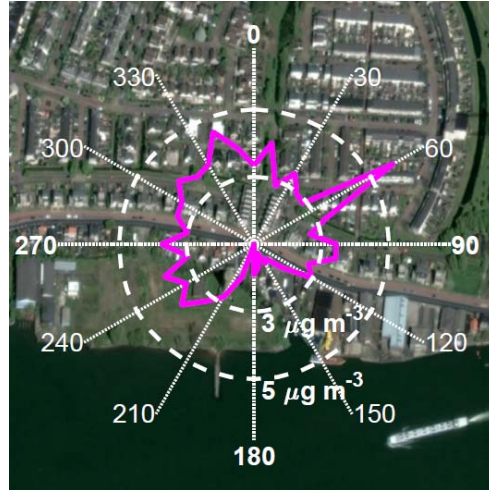
In Figuur 7 is te zien dat op de meetlocatie Stationsweg ook verhoogde PM_{10} -concentraties vanuit het zuidwesten worden waargenomen. De vorm van de windroos is opvallend gelijk aan die van de locatie Craijensteijn. Wanneer twee windrozen op verschillende locaties in een gemeente zo sterk overeen komen is dit een indicatie dat er geen lokale bronnen zijn die de metingen significant beïnvloeden. Deze figuren geven dan ook een indicatie dat fijnstof als een deken over Sliedrecht ligt.



Figuur 7: Windroos van de relatieve PM_{10} -concentraties voor de locatie Stationsweg.

De windroos van de PM_{10} -concentratie voor meetlocatie Rivierdijk heeft een afwijkend patroon in vergelijking met die van de overige meetlocaties (zie Figuur 8). Het concentratieverschil over de diverse windrichtingen is geringer. Echter, wel is te zien dat uit het noorden overwegend hogere PM_{10} -concentraties voorkomen dan

uit het zuiden. Een mogelijke verklaring is dat de meeste activiteiten ten noorden en noordwesten van de meetlocatie liggen. Dit betekent een bijdrage aan de PM_{10} -concentratie vanuit de stad zelf, terwijl in het zuiden / zuidwesten de rivier ligt (met vooral scheepvaart als activiteit) en natuurgebieden.

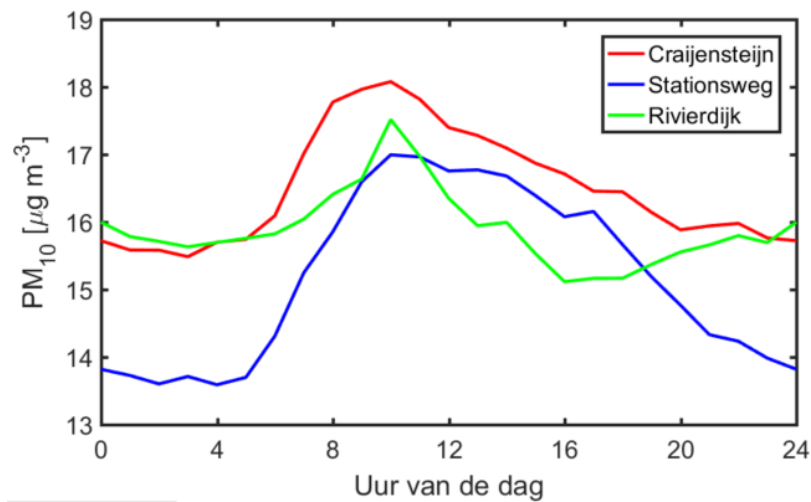


Figuur 8: Windroos van de relatieve PM_{10} -concentraties voor de locatie Rivierdijk.

De zogeheten dagelijkse gang van de fijnstofconcentraties is ook geanalyseerd. Hierbij worden de fijnstofconcentraties gedurende de gehele meetperiode gemiddeld per uur over alle meetdagen. De dagelijkse gang van PM_{10} laat een duidelijk patroon zien met een piek rond 9 uur 's ochtends voor alle locaties (zie Figuur 9). Deze piek wordt veroorzaakt door een combinatie van emissies en de (meteorologische) grenslaaghoogte, welke 's ochtends relatief laag ligt (voor uitleg van de grenslaaghoogte zie kader). De concentratie PM_{10} daalt na de piek om 10 uur weer onder invloed van het stijgen van de grenslaaghoogte.

Grenslaaghoogte

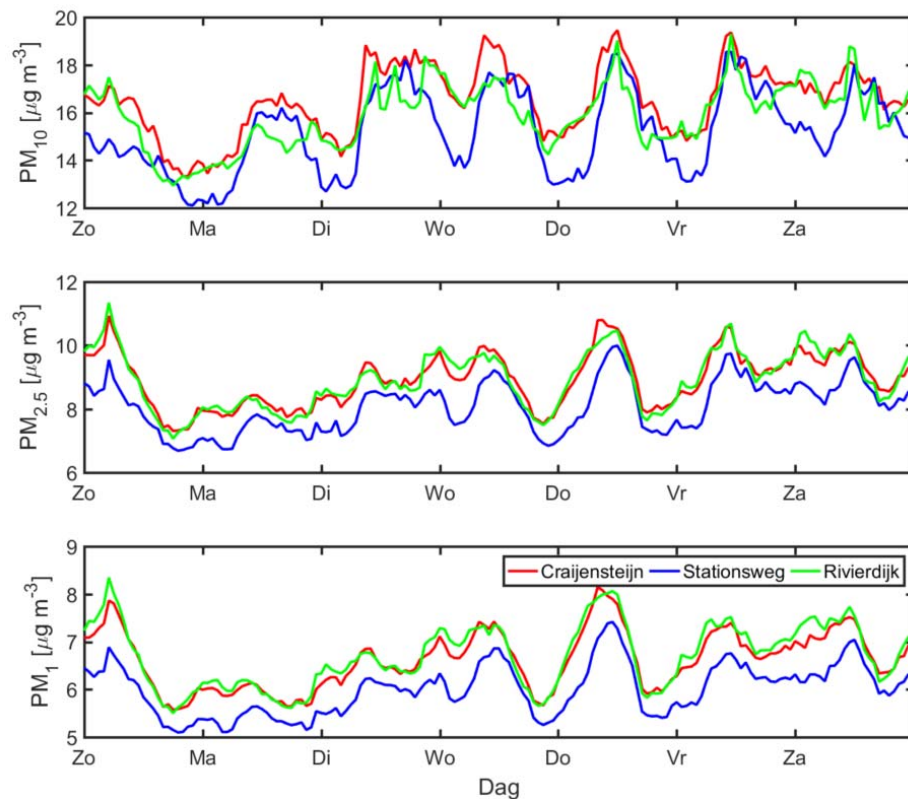
De grenslaaghoogte is de hoogte in de atmosfeer tot waar de lucht gemengd is en de invloed van het aardoppervlakte nog merkbaar is. Deze grenslaaghoogte vormt daarmee een scheiding tussen twee lagen van de atmosfeer: de grenslaag (ook wel menglaag genoemd) en de vrije atmosfeer. Tussen deze twee lagen vindt weinig uitwisseling plaats. Deze grenslaag zorgt als het ware voor een afsluiting van de onderste laag in de atmosfeer. De menging in de grenslaag vindt plaats mechanisch (door wind) en thermodynamisch (door warmte). Door afkoeling 's nachts (en daarmee minder thermodynamische menging) daalt de grenslaaghoogte 's nachts en wordt deze lager dan overdag. Onder invloed van de zon wordt de thermodynamische menging in de ochtend weer gestimuleerd. Hierdoor groeit de grenslaaghoogte weer na zonsopkomst. De grenslaaghoogte beïnvloedt ook de luchtkwaliteit. Wanneer er uitstoot (van zowel gassen als fijnstof) aan het aardoppervlak plaatsvindt zal deze uitstoot zich mengen tot aan de grenslaaghoogte. Hoe lager deze hoogte, hoe hoger de concentraties aan het aardoppervlakte dan ook oplopen.



Figuur 9: Dagelijkse gang van PM_{10} voor de drie locaties met uur van de dag (lokale tijd); de concentratie is het gemiddelde per uur van de dag voor de geanalyseerde meetperiode.

De dagelijkse gang van $PM_{2.5}$ en PM_1 zijn niet afgebeeld, maar zeer vergelijkbaar met het patroon van PM_{10} , met beide piekconcentraties rond 9 uur. Hierbij valt met name op dat de locaties Craijensteijn en Rivierdijk gemiddeld zeer goed met elkaar overeen komen. Stationsweg heeft overwegend lagere PM_1 - en $PM_{2.5}$ -concentraties dan de andere twee locaties. Het is onduidelijk wat deze lagere PM_1 en $PM_{2.5}$ -concentraties veroorzaakt.

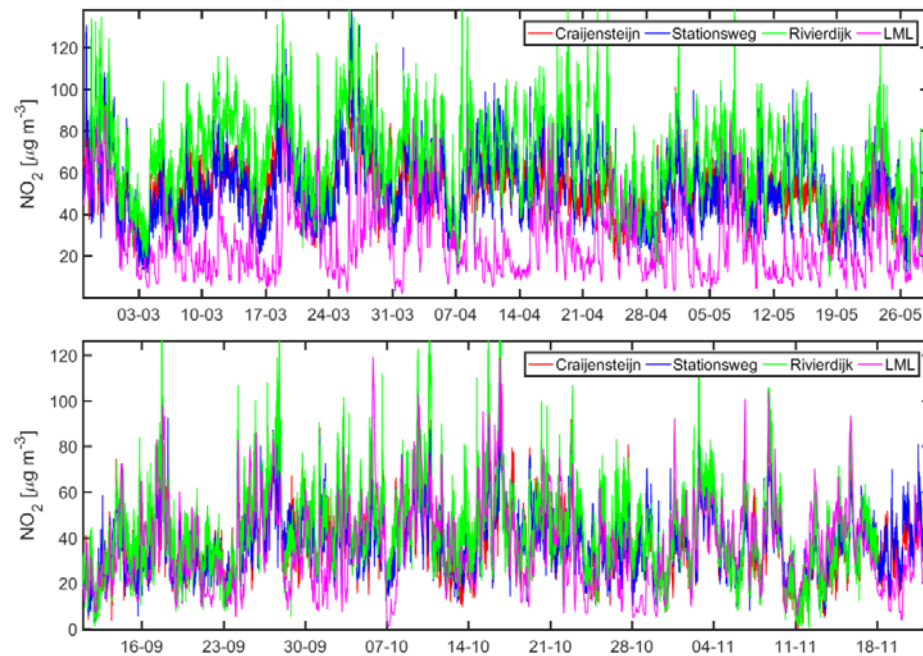
In Figuur 10 staan de wekelijkse gangen van concentraties van PM_{10} , $PM_{2.5}$ en PM_1 . De PM_{10} -concentratie is met name verhoogd op de werkdagen dinsdag tot en met vrijdag. Op werkdagen is te verwachten dat de industrie en verkeer een hogere bijdrage levert. Het is onduidelijk waarom de PM_{10} -concentraties op maandag lager zijn dan op de andere werkdagen. Voor $PM_{2.5}$ - en PM_1 -concentraties komen de patronen gedurende de week met elkaar overeen. Deze twee fijnstof categorieën laten met name op woensdag, donderdag, vrijdag en zondag een verhoging zien. Het is onduidelijk waarom de $PM_{2.5}$ - en PM_1 -concentratie een ander patroon laat zien gedurende de week dan de PM_{10} -concentratie.



Figuur 10: Wekelijkse gang van de drie locaties in Sliedrecht van PM_{10} (boven), $PM_{2.5}$ (midden) en PM_1 (beneden); de concentratie is het gemiddelde per uur van de dag in de week voor de geanalyseerde meetperiode.

3.2 Stikstofdioxide

Bij het bekijken van de verzamelde NO_2 -concentraties bleek dat deze in de periode van maart tot en met mei 2019 voor alle drie de locaties in Sliedrecht relatief hoog waren (geregeld boven de $50 \mu g m^{-3}$, zie Figuur 11a). Hierop is er gekeken naar de NO_2 -concentraties, gemeten door het dichtstbijzijnde Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) station in Alblasserdam (op ongeveer 10 km afstand van Sliedrecht). Deze bleek met uitzondering van de verdachte periode over het algemeen een vergelijkbaar patroon te laten zien als de drie CAIREBoxen (zie Figuur 11b). Van sensoren is bekend dat deze moeite kunnen hebben met zogenaamde drift, waarbij de basislijn van de metingen oploopt. Dit lijkt dan ook voor deze periode het geval te zijn. Hierop is besloten de NO_2 -concentraties voor de periode van 8 maart 2019 tot 16 mei 2019 te corrigeren. Hierbij is er een basislijncorrectie uitgevoerd waarbij de CAIREBox NO_2 -concentraties richting de basislijnwaarde van het LML-station in Alblasserdam is getrokken. De hier getoonde NO_2 waardes zijn allen de gecorrigeerde data (met uitzondering van Figuur 11).



Figuur 11: Ongecorrigeerde gemeten NO₂-concentraties gemeten in tijdsperiode maart tot en met mei 2019 (a) en oktober en november 2018 (b).

De statistieken van de gemeten NO₂-concentraties zijn zichtbaar in Tabel 2. Op de locatie Rivierdijk zijn gemiddeld de hoogste NO₂-concentraties gemeten met een gemiddelde waarde van 40 µg m⁻³. Dit ligt op de grenswaarde, gesteld in de Nederlandse Wet milieubeheer. Opgemerkt wordt, zoals eerder in het rapport aangegeven, dat deze waarden zijn gemeten met sensoren en niet met referentie-apparatuur. Dit betekent dat het feit dat de gemeten waarden rond de grenswaarden ligt slechts een *indicatie* is dat NO₂ hier rond de grenswaarde ligt. Voor de locaties Craijensteijn en Stationsweg ligt de gemiddelde NO₂-waarde onder de luchtkwaliteitsgrenswaarde. Ook dit is een indicatie. Werkelijke toetsing van de luchtkwaliteitsnormen kan alleen plaatsvinden met behulp van referentie-apparatuur.

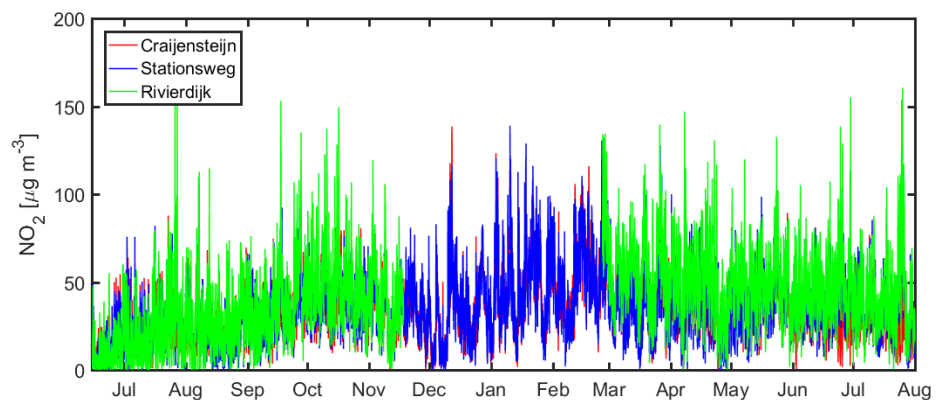
Tabel 2: Statistiek van de gemeten NO₂-concentraties voor de verschillende locaties over de meetperiode 15 juni 2018 tot en met 1 augustus 2019.

LOCATIE	CRAIJENSTEIJN	STATIONSWEG	RIVIERDIJK
BESCHIKBAARHEID [%]	97	96	72
GEMIDDELDE [µg m ⁻³]	33	35	40
MEDIAAN [µg m ⁻³]	31	33	39
10 PERCENTIEL [µg m ⁻³]	14	14	14
90 PERCENTIEL [µg m ⁻³]	56	59	68

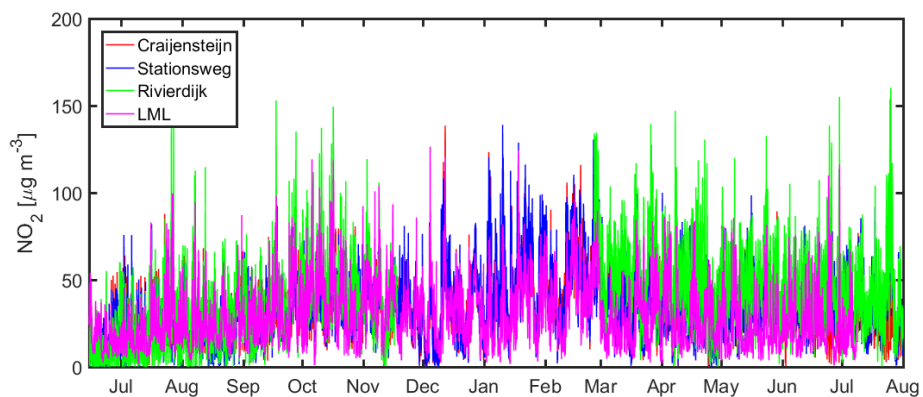
De gemeten NO₂-concentratie voor de gehele meetperiode is weergegeven in Figuur 12. Ook voor NO₂ laat het concentratiepatroon veel overeenkomsten zien op de verschillende meetlocaties. Op de Rivierdijk is de sensor, die NO₂ meet, gedurende een deel van de meettijd uitgevallen. Deze uitval is in die tijd gelijk gemeld bij de

gemeente Sliedrecht. Er zijn verschillende herstelacties ondernomen, met name op afstand. Intussen is de reserve CAIREBox voor een uitgebreide periode gekalibreerd. Ten tijde van deze kalibratieperiode bleek de NO₂-sensor weer terug online te komen. In overleg met de gemeente Sliedrecht is dit verlies aan meettijd gecompenseerd door met alle apparatuur langer door te laten meten, te weten tot 1 augustus 2019 in plaats van 15 juni 2019. Dit heeft er echter wel voor gezorgd dat er op de locatie Rivierdijk geen NO₂-concentratie data beschikbaar in de maanden december, januari en februari.

In Figuur 13 staan naast de meetwaarden van de CAIREBoxen ook die van het LML-station in Alblasserdam. Het patroon van de sensoren en het LML-station komt over het algemeen overeen. Ook de absolute waarden van de NO₂-concentratie komen in orde van grootte overeen. Ondanks de correctie lijken de NO₂-concentratie waarden van de sensor op de locatie Rivierdijk hoger dan op de andere locaties. Het is onduidelijk wat deze hogere NO₂-concentraties veroorzaakt op deze locatie, mogelijk komt dit door de bijdrage van een bron in de buurt..



Figuur 12: NO₂-concentraties gemeten op de locaties Craijensteijn, Stationsweg en Rivierdijk gedurende de meetperiode 15 juni 2018 tot en met 1 augustus 2019.

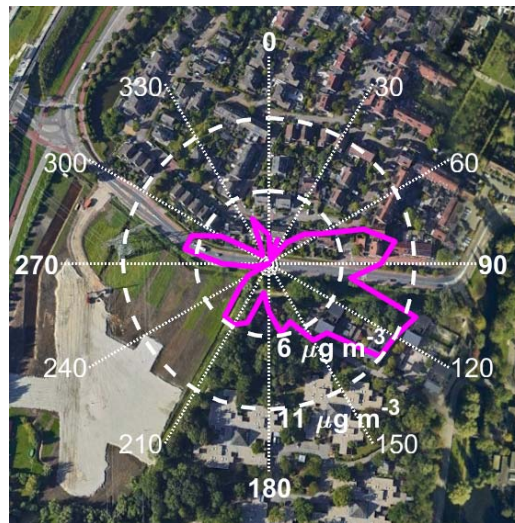


Figuur 13: NO₂-concentraties gemeten op de locaties Craijensteijn, Stationsweg en Rivierdijk met CAIREBoxen en op het LML-station Alblasserdam gedurende de meetperiode 15 juni 2018 tot en met 1 augustus 2019.

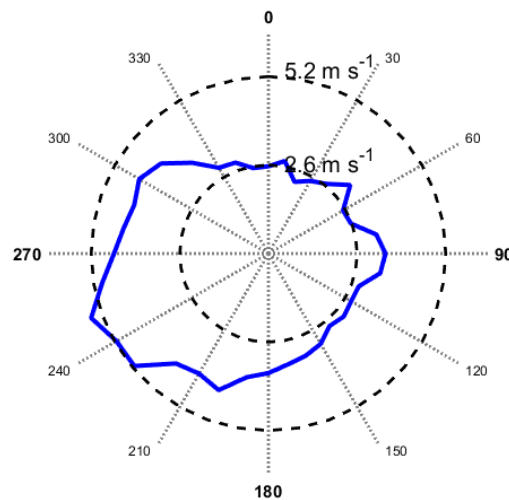
Zoals hiervoor beschreven laat het NO₂-patroon gedurende de meetperiode overeenkomsten zien tussen de metingen met behulp van de CAIREBoxen en het LML-station. In deze rapportage zal de focus dan ook met name liggen op

de indicatie die de CAIREBoxen geven en in mindere mate op de absolute NO_2 -waarde.

Er zijn ook voor de NO_2 -metingen windroosanalyses uitgevoerd voor alle meetlocaties. De relatieve NO_2 -concentratie op Craijensteijn laat een duidelijke concentratieverhoging bij wind uit het oosten zien (zie Figuur 14). In deze richting is niet direct een bron gelegen, die deze verhoging voor deze specifieke windhoek kan verklaren. Mogelijk wordt deze verhoging veroorzaakt door de windsnelheid. Uit de windroos van de windsnelheid van het KNMI station in Herwijnen valt op te maken dat de windsnelheid uit het oosten bijna de helft is van die uit het westen (zie Figuur 15). Wanneer de windsnelheid lager is vindt er minder verdunning plaats en zullen NO_2 -concentraties over het algemeen hoger zijn dan bij hogere windsnelheid. Wanneer de NO_2 -concentratie verhoging uit het oosten buiten beschouwing wordt gelaten is de grootste verhoging bij wind uit het westen. De meest waarschijnlijke bron uit deze richting is het verkeer op de Craijensteijn zelf en die op het kruispunt met de Parallelweg.

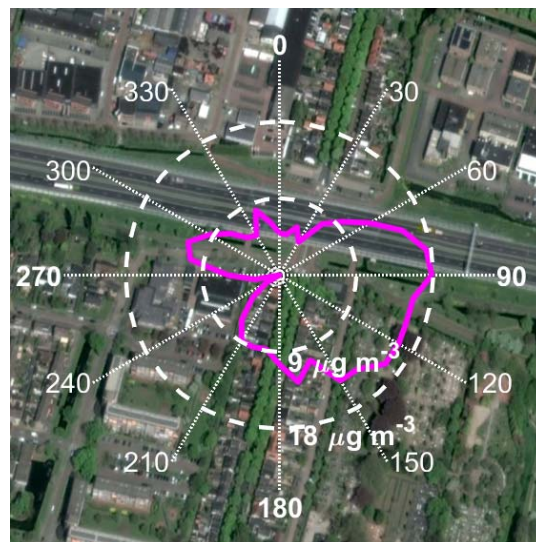


Figuur 14: Windroos van de relatieve NO_2 -concentraties voor de locatie Craijensteijn.



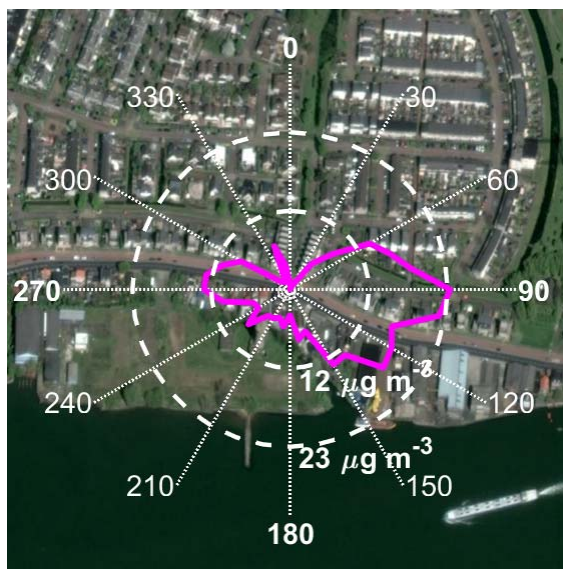
Figuur 15: Windroos van de gemiddelde windsnelheid van het KNMI station in Herwijnen gedurende de meetperiode 15 juni 2018 tot en met 1 augustus 2019.

De windroos van de Stationsweg is weergegeven in Figuur 16. Hier is opnieuw een NO_2 -verhoging uit het oosten zichtbaar. Op deze locatie hangt de CAIREBox aan een lantaarnpaal zeer dichtbij de weg, wat de hogere windafhankelijkheid van de NO_2 -concentratie mogelijk verklaart ($18 \mu\text{g m}^{-3}$ verhoging ten opzichte van $11 \mu\text{g m}^{-3}$ voor locatie Craijensteijn). De verhoging uit het oosten wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een combinatie van de lage windsnelheid en verkeer van de Stationsweg zelf.



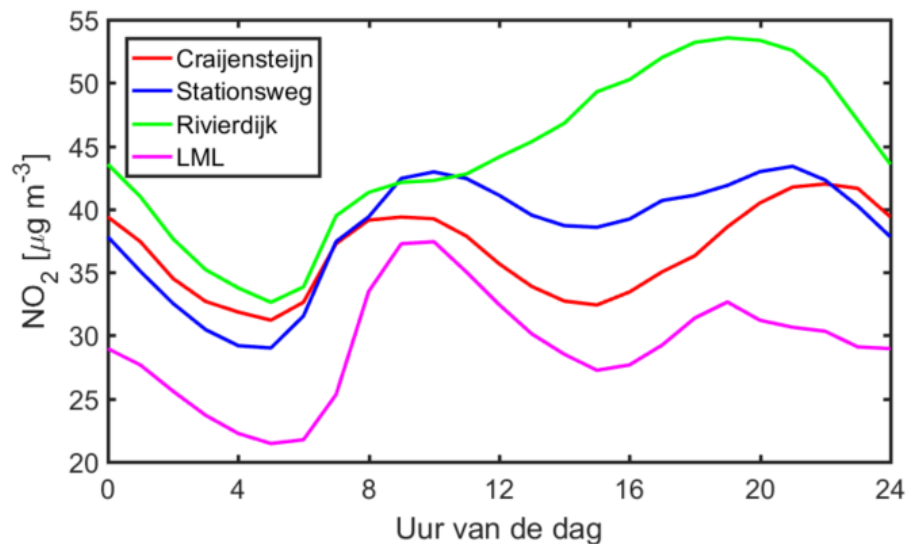
Figuur 16: Windroos van de relatieve NO_2 -concentraties voor de locatie Stationsweg.

Tenslotte is er ook een windroos-analyse voor de locatie Rivierdijk uitgevoerd (zie Figuur 17), waar eveneens een NO_2 -verhoging uit het oosten zichtbaar is. Opnieuw wordt dit waarschijnlijk deels veroorzaakt door de lage windsnelheid. Hiernaast zijn mogelijke bronnen het verkeer op de Rivierdijk (ook hier is een verhoging vanuit het westen zichtbaar) en de scheepvaart op de Beneden Merwede.



Figuur 17: Windroos van de relatieve NO₂-concentraties voor de locatie Rivierdijk.

De dagelijkse gang van NO₂ is weergegeven in Figuur 18. Naast de CAIREBoxen is ook het meetstation van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) in Alblasterdam meegenomen. Het meetstation van het LML meet vergelijkbare waarden als de CAIREBoxen in Sliedrecht. De absolute NO₂-waarden van het LML station liggen echter licht onder die van de CAIREBoxen. Aangezien de meetlocatie van het LML-station anders is dan de CAIREBoxen kan dit het verschil veroorzaken. Hiernaast is bekend dat sensoren minder geschikt zijn voor de bepaling van de absolute NO₂-concentratie, dus mogelijk overschatten de CAIREBoxen de NO₂-concentratie licht. Deze sensoren zijn wel geschikt om patronen te herkennen.

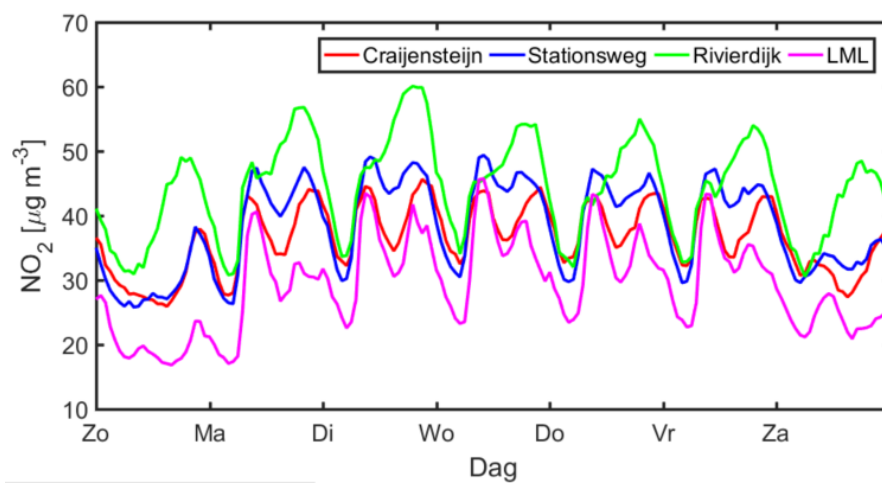


Figuur 18: Dagelijkse gang van NO₂ voor de drie locaties met CAIREBoxen (Craijensteijn, Stationsweg en Rivierdijk) en het LML-station in Alblasserdam met op de x-as het uur van de dag in lokale tijd.

Het verloop van de dagelijkse gang van de NO₂-concentratie voor de locaties Craijensteijn, Stationsweg en LML volgen allemaal hetzelfde patroon, met een duidelijke piek rond 9 uur 's ochtends. De verklaring hiervoor is, net als voor fijnstof, dat dit ontstaat door de emissies van het verkeer vanwege de spits en de relatief lage grenslaag in de ochtend. Ook aan het begin van de avond piekt de NO₂-concentratie, waarschijnlijk door invloed van de avondspits. Dit toont de sterke correlatie aan tussen verkeersdrukke en de NO₂-concentratie.

Opvallend is het verloop van de NO₂-concentratie op de meetlocatie Rivierdijk. Hier blijft de NO₂-concentratie overdag zeer lang nog relatief hoog rond de 40 µg m⁻³, terwijl je NO₂-concentraties op de andere locaties na de ochtend afnemen. Dit betekent waarschijnlijk dat er in de omgeving van de Rivierdijk een NO₂-bron is, die overdag veel uitstoot. Een mogelijke bron is de nabijgelegen bedrijvigheid, maar ook de binnenvaart op de rivier kan een bron zijn. Een andere verklaring is dat de middagspits op deze locatie aanzienlijk zwaarder is dan op de andere locaties.

De wekelijkse gang is geplot in Figuur 19. Opnieuw is de dagelijkse gang zichtbaar met de piek in de ochtend. De piek in de ochtendspits is duidelijk zichtbaar op alle stations tijdens werkdagen, evenals de avondspits. Voor de locatie Rivierdijk stijgt de NO₂-concentratie na de ochtendspits nog door. Op de weekenddagen lijkt er minder duidelijk sprake van een spits en loopt de concentratie gedurende de dag op.



Figuur 19: Wekelijkse gang van NO₂ voor de drie locaties met CAIREBoxen (Craijensteijn, Stationsweg en Rivierdijk) en het LML-station in Alblasterdam met op de x-as de dag.

4 Conclusies

In de gemeente Sliedrecht is met CAIREBoxen op drie locaties de fijnstof- en stikstofdioxideconcentratie gemeten vanaf 15 juni 2018 tot en met 1 augustus 2019. De meetresultaten en data-analyses over deze gehele meetperiode zijn in dit rapport beschreven.

De fijnstofconcentraties laten zeer vergelijkbare patronen zien op de drie verschillende locaties. Dit toont aan dat fijnstof homogeen als een deken over Sliedrecht ligt. De hoogste fijnstofconcentraties worden overdag tijdens de ochtendspits gemeten. De emissies van het (lokale) verkeer dragen hier waarschijnlijk deels aan bij; daarnaast wordt deze hogere concentraties ook beïnvloed door de grenslaaghoogte.

De CAIREBoxen geven een indicatie dat de Nederlandse wettelijke grenswaarden, op gebied van PM_{10} en $PM_{2,5}$ niet worden overschreden. Dit is nadrukkelijk een *indicatie*: voor daadwerkelijke toetsing is referentie meetapparatuur nodig.

Voor de NO_2 -metingen bleek het nodig de data te corrigeren met behulp van het meetstation van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit in Alblasterdam. De figuren van de dagelijkse gang tonen aan dat de CAIREBoxen zeer geschikt zijn om de patronen in de NO_2 -concentraties te herkennen. De verkeersbelasting in de ochtend, in combinatie met een lage grenslaaghoogte, zorgt voor een aanzienlijke verhoging van de NO_2 -concentratie. Verder valt op dat de locatie Rivierdijk over het algemeen hogere meetwaarden laat zien dan de andere locaties, mogelijk door een (nabijgelegen) bron die met name overdag actief is.

De sensoren zijn op dit moment niet in staat voor de gehele meetperiode een correcte absolute waarde van de NO_2 -concentratie te meten. Deze sensoren zijn wel goed in staat patronen te herkennen. Na voornoemde correctie indiceren de metingen dat de luchtkwaliteitsnorm voor locaties Craijensteijn en Stationsweg niet wordt overschreden, maar dat de NO_2 -concentraties wel relatief hoog zijn in Sliedrecht. Voor de locatie Rivierdijk ligt de jaargemiddelde NO_2 -concentratie op de Europese luchtkwaliteitsnorm. Dit is nadrukkelijk een *indicatie*: voor daadwerkelijke toetsing is referentie meetapparatuur nodig.

Dankwoord

Admatec wordt bedankt voor het leveren van de CAIREBoxen.

Referenties

Dinther, D. van; Weijers, E.P.; Otjes, R.P.; Klymko, T. (2017): *Metingen met sensoren in het Innovatief Meetnet Eindhoven – resultaten en interpretatie*. ECN-E--17-015, <https://www.ecn.nl/publications/ECN-E--17-015>

Dinther, D. van; Plomp, A.J. (2018): *CAIREBoxmetingen fijnstof en stikstofdioxide in Sliedrecht*. TNO 2018 R11144.

Otjes, R.P. (2014): *Notitie Afronding ILM Fase 1 exclusief NO₂ sensoren*, ECN, 8 Dec 2014

Otjes, R.P. (2015): *Notitie Afronding ILM Fase 1: NO₂ sensoren*, ECN, 15 Sept 2015

5 Ondertekening

Naam en adres van de opdrachtgever:

Gemeente Sliedrecht

T.a.v. de heer H. Appeldooren (H.Appeldooren@Sliedrecht.nl)

Industrieweg 11

3361 HJ SLIEDRECHT

Naam en functies van medewerkers:

Dr. Daniëlle van Dinther, onderzoeker milieu

Dr. Arjan Plomp, onderzoeker milieu, projectleider

Datum waarop of tijdsbestek waarin het onderzoek heeft plaatsgehad:

15 juni 2018 tot 1 augustus 2019

Ondertekening

Naam en handtekening tweede auteur:

A.J. Plomp

Naam en handtekening tweede lezer:

Dr. S.J. Henke

Ondertekening:

Dr. D. van Dinther
Auteur

Autorisatie vrijgave:

Dr.ir. E.I.V. van den Hengel
Director of Operations