

LUCHTKWALITEIT IN HET BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST

JAARVERSLAG 2020

AUGUSTUS 2021

INHOUDSOPGAVE

Samenvatting	5
1 Inleiding	11
1.1 Achtergrond	11
1.2 Immissieconcentraties en emissies	11
1.3 Europese regelgeving	12
1.4 De door het WGO aanbevolen richtwaarden	12
1.5 Doelstellingen van het rapport	12
2 Effect van COVID-19 maatregelen	15
2.1 Strikte lockdown (maart-april) en opheffing van de lockdown (mei-juni)	15
3 Telemetrisch meetnet	17
3.1 Geschiedenis van het meetnet	17
3.2 Stations en milieutypen	17
3.3 Gemeten verontreinigend stoffen per meetstation	17
3.4 Beschrijving van de meetstations	19
4 Stikstofoxiden	23
4.1 Aard van de verontreinigende stof	23
4.2 Europese reglementering en waarden die door de WGO worden aanbevolen	24
4.3 Huidige metingen	24
4.4 Historische metingen	26
5 Zevende deeltjes	31
5.1 Type verontreinigende stof	31
5.2 Europese voorschriften en waarden die worden aanbevolen door de WGO	32
5.3 Huidige metingen van PM ₁₀	32
5.4 Historische metingen van PM ₁₀	33
5.5 Huidige metingen PM _{2.5}	36
5.6 Historische metingen van PM _{2.5}	38
6 Ozon	43
6.1 Aard van de verontreinigende stof	43
6.2 Europese voorschriften en aanbevolen waarden door de WGO	44
6.3 Huidige metingen	44
6.4 Historische metingen	46
7 Black carbon	51
7.1 Aard van de verontreinigende stof	51
7.2 Huidige metingen	52
7.3 Historische metingen	53
8 Zwaveldioxide	55
8.1 Aard van de verontreinigende stof	55
8.2 Europese voorschriften en door de WGO aanbevolen waarden	55
8.3 Historische metingen	55
9 Koolstofmonoxide	59
9.1 Aard van de verontreinigende stof	59
9.2 Europese voorschriften	59



9.3	Huidige metingen	59
9.4	Historische metingen	59
10	Conclusie	63
A	Berekeningsmethode	65
A.1	Minimale verzameling van gegevens	65
A.2	Boxplots	65
	Definities	67
	Eenheden, afkortingen en stationcodes	69
	Eenheden	69
	Afkortigen	69
	Stationcodes	69
	Bibliografie	71

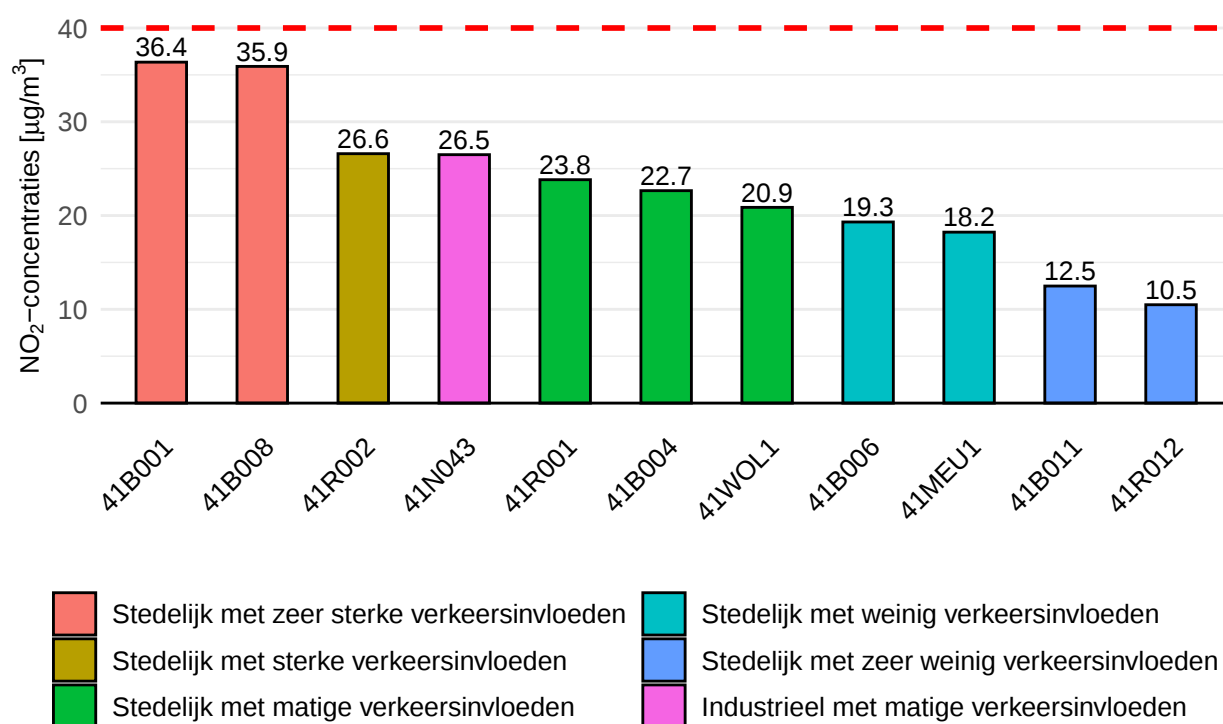


SAMENVATTING

In het algemeen is de luchtkwaliteit in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG) in 2020 vrij uitzonderlijk verbeterd. De maatregelen die in het kader van de COVID-19-pandemie zijn genomen (met name de strikte lockdown) hebben de intensiteit van het verkeer en de concentraties van de door het verkeer uitgestoten verontreinigende stoffen aanzienlijk verminderd. Naast dit belangrijke effect voor 2020 hebben emissiereductiemaatregelen en technologische verbeteringen in de loop der tijd verder bijgedragen tot de verlaging van de concentraties. In de afgelopen jaren heeft de ontwikkeling van de verkeersemisies, met name in verband met de versnelde overschakeling van diesel op benzine, hoogstwaarschijnlijk ook een belangrijke rol gespeeld.

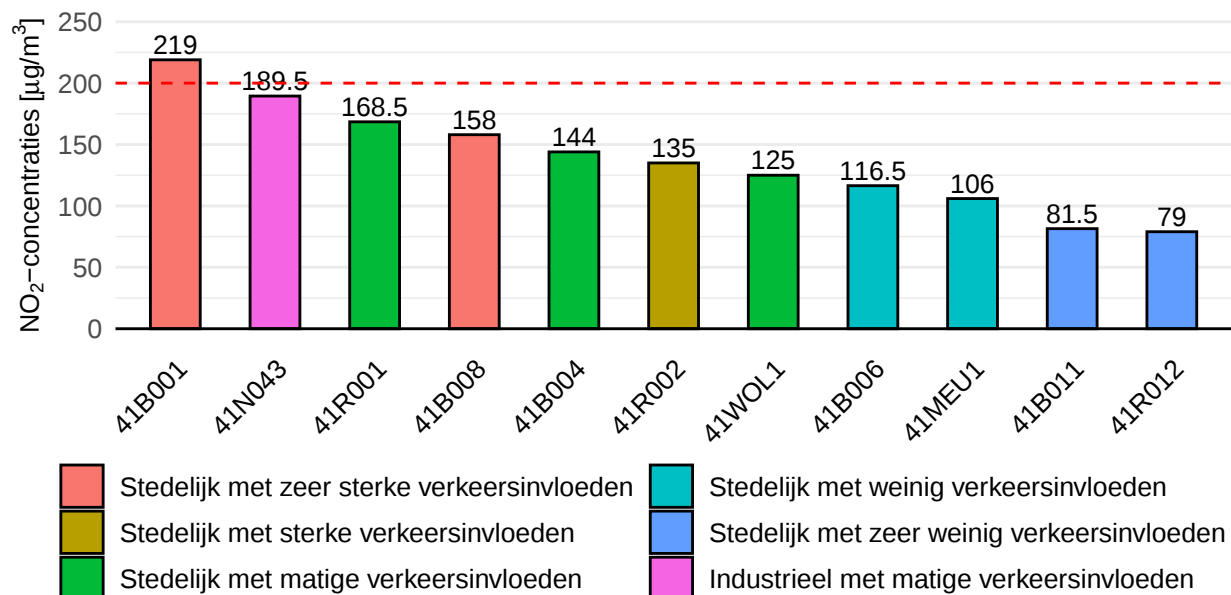
STIKSTOFDIOXIDE (NO₂)

De NO₂-jaargemiddelde concentratie in elk station in 2020 is weergegeven in Figuur 1. De hoogste concentraties werden gemeten in de stations Kunst-Wet (41B001), Belliardstraat (41B008), Elsene (41R002) en Haren (41N043). Voor het eerst voldoen alle stations, aan de Europese grenswaarde van 40 µg/m³ als jaargemiddelde, degene die identiek is aan de door de WGO aanbevolen jaarwaarde.



Figuur 1 – Jaargemiddelde NO₂-concentraties voor elk BHG-station in 2020 [µg/m³]. De rode stippellijn geeft de Europese jaarlijkse grenswaarde aan, die identiek is aan de richtwaarde van de WGO van 40 µg/m³. Tabel 3.1 (zie pagina 18) bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

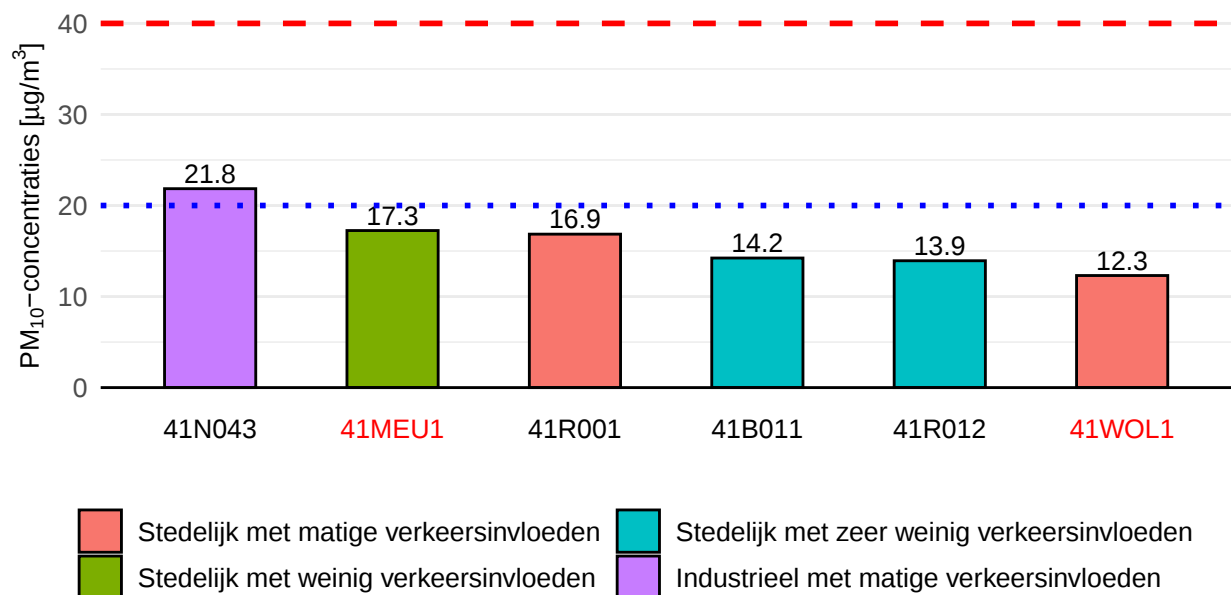
De maximale concentratie-uurwaarden voor het jaar 2020 zijn weergegeven in Figuur 2. De hoogste gemeten waarde werd geregistreerd in het Kunst-Wet station. De Europese grenswaarde van 200 µg/m³ als uurgemiddelde, met 18 toegestane overschrijdingen, wordt al meer dan 10 jaar op alle BHG-stations gerespecteerd. De door de WGO aanbevolen uurwaarde van 200 µg/m³, waarvoor eveneens geen overschrijdingen zijn toegestaan, wordt in 2020 niet gerespecteerd in Kunst-Wet (2 overschrijdingen), ondanks de naleving ervan in alle meetstations in het BHG tussen 2017 en 2019.



Figuur 2 – Maximale uurconcentraties van NO₂ voor elk BHG-station in 2020 [µg/m³]. De rode stippellijn geeft de Europese uurgrenswaarde van 200 µg/m³ aan (18 toegestane overschrijdingen), die identiek is aan de richtwaarde van de WGO (maar zonder toegestane overschrijdingen). Tabel 3.1 (zie pagina 18) bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

FIJNE DEELTJES PM₁₀

Het jaargemiddelde van de PM₁₀-concentratie per meetstation in 2020 is weergegeven in Figuur 3. Te constateren valt dat de Europese grenswaarde van 40 µg/m³ als jaargemiddelde ruimschoots wordt gerespecteerd voor alle meetstations. De WGO aanbevolen jaarwaarde van 20 µg/m³ wordt nog steeds overschreden in het station van Haren (41N043). Het station van Neder-Over-Heembeek (41MEU1) en Sint-Lambrechts-Woluwe (41WOL1) beschikken niet over voldoende gegevens om tot een conclusie te komen (zie Bijlage A.1). Het is echter zeer onwaarschijnlijk dat het station van Sint-Lambrechts-Woluwe de door de WGO aanbevolen jaarlijkse waarde heeft overschreden, aangezien de concentraties sinds 2016 lager zijn dan deze.

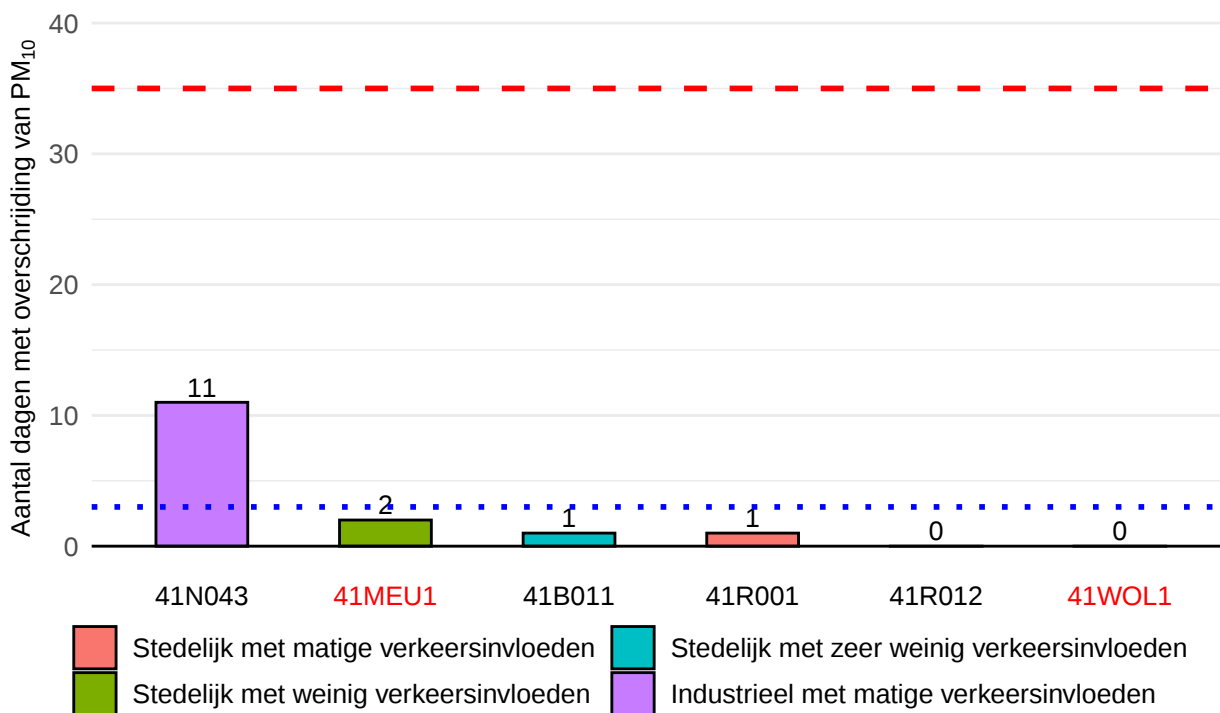


Figuur 3 – Jaargemiddelde PM₁₀-concentraties voor elke BHG-locatie in 2020 [µg/m³]. De Europese jaarlijkse grenswaarde wordt aangegeven door de rode stippellijn en de door de WGO aanbevolen jaarlijkse waarde wordt aangegeven door de blauwe stippellijn. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 3.1 (zie pagina 18) bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

Het aantal overschreden daggrenswaarden van 50 µg/m³ (die niet meer dan 35 keer per jaar mogen worden overschreden) is weergegeven in Figuur 4. Deze Europese grenswaarde is identiek aan de door de WGO aanbevolen dagwaarde, maar met slechts 3 toegestane overschrijdingen. Geconstateerd kan worden dat alle stations



ruimschoots voldoen aan de Europese daggrenswaarde en dat de door de WGO aanbevolen dagwaarde alleen wordt overschreden op de station van Haren. De stations van Neder-Over-Heembeek en Sint-Lambrechts-Woluwe beschikken niet over voldoende gegevens om conclusies te trekken (zie bijlage A.1). De door de WGO aanbevolen dagelijkse waarde werd in 2019 in Sint-Lambrechts-Woluwe wel gerespecteerd.



Figuur 4 – Aantal dagen dat de PM₁₀-concentraties de daggrenswaarde overschrijden voor elk RBC-station in 2020. Het aantal door EU-richtlijn 2008/50/EG (35) toegestane overschrijdingsdagen wordt aangegeven met de rode stippellijn en het aantal door de WHO (3) toegestane overschrijdingsdagen wordt aangegeven met de blauwe stippellijn. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 3.1 (zie pagina 18) bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

FIJNE DEELTJES PM_{2.5}

De jaargemiddelde PM_{2.5}-concentratie per station in 2020 is weergegeven in Figuur 5, waaruit blijkt dat de EU-grenswaarde van 25 µg/m³ als jaargemiddelde grotendeels wordt nageleefd voor alle meetstations. De jaarlijkse door de WGO aanbevolen waarde van 10 µg/m³ wordt gerespecteerd in de stations van Sint-Jans-Molenbeek (41R001), Sint-Agatha-Berchem (41B011) en Ukkel (41R012), en wordt maar net overschreden in het station van Haren (41N043).

De Europese richtlijn 2008/50/EG voorziet niet in een dagwaarde voor PM_{2.5}. Alleen de WGO beveelt een dagwaarde van 25 µg/m³ aan die niet meer dan 3 keer per jaar mag worden overschreden. Het aantal dagen van overschrijding van de door de WGO aanbevolen dagelijkse waarde voor PM_{2.5} is te zien in Figuur 6. Deze waarde wordt ruimschoots overschreden in alle BHG-stations in 2020, ook bij stations met een stedelijke achtergrond.

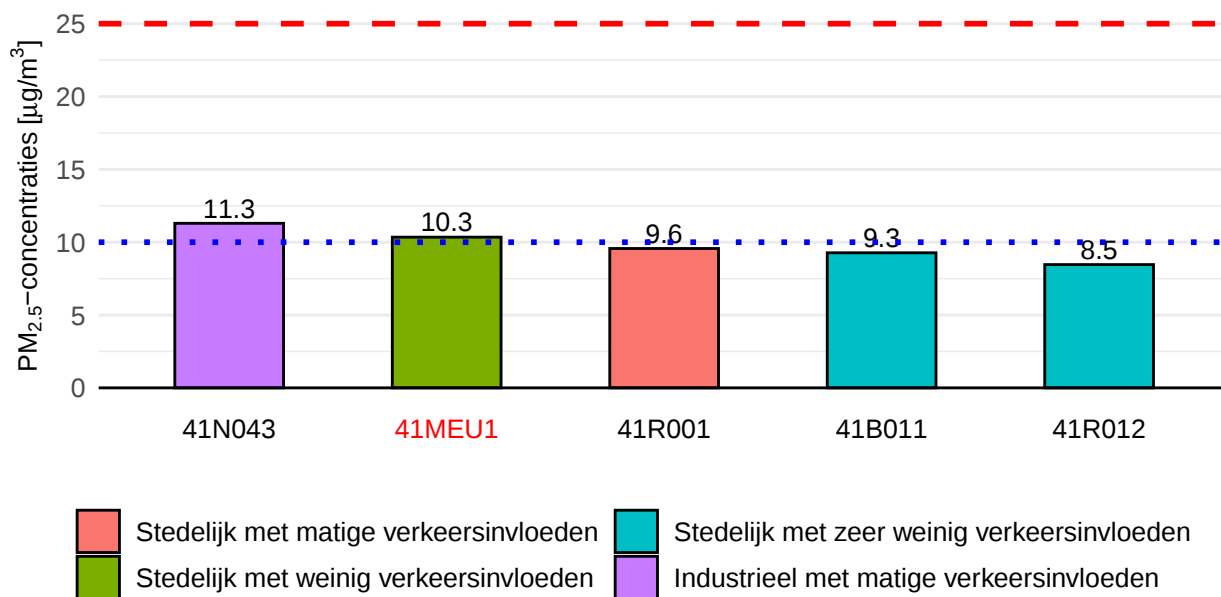
OZON (O₃)

Het aantal dagen met overschrijding van de drempelwaarde van 120 µg/m³ van het hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie is voor het jaar 2020 weergegeven in Figuur 7, evenals het gemiddelde over de afgelopen drie jaar (2018-2019-2020). Men kan direct vaststellen dat de streefwaarde wordt niet overschreden in BHG (d.w.z. het gemiddelde over drie jaar, de rechter balkjes).

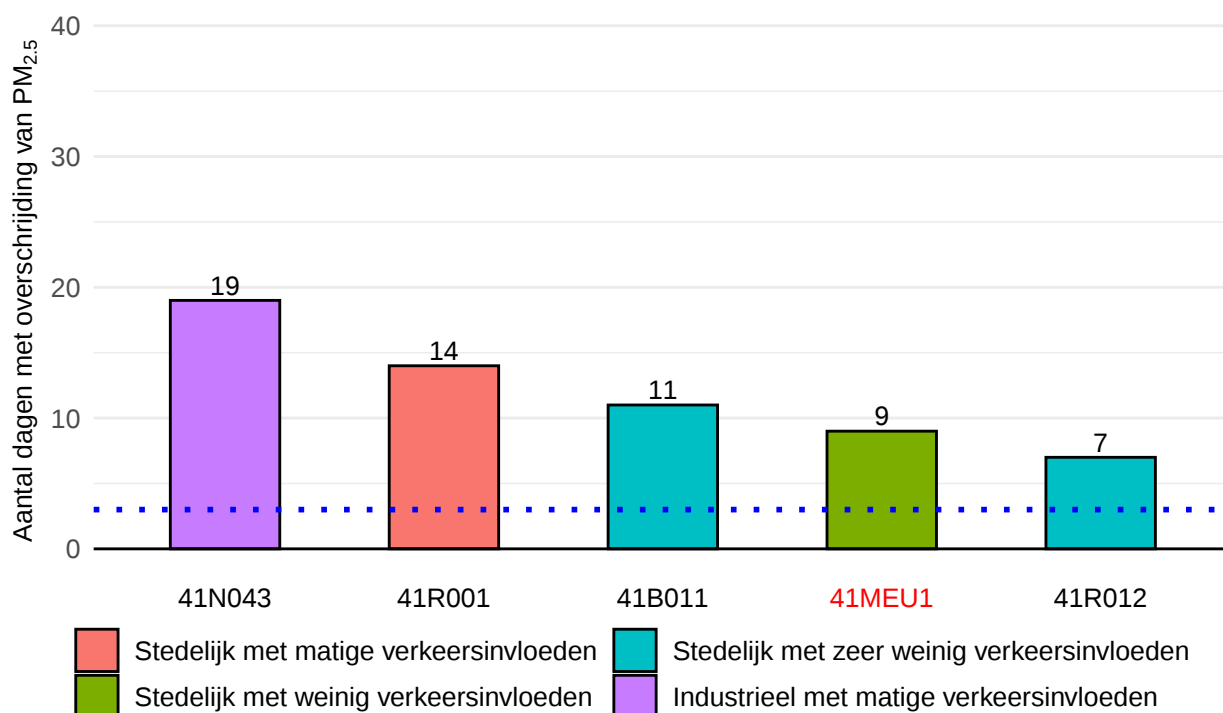
Het aantal dagen met overschrijdingen van het maximum daggemiddelde, dat specifiek is voor het jaar 2020, wordt ook aangegeven door de balken aan de linkerkant. De stations met de laagste blootstelling aan wegverkeer, Ukkel (41R012), Sint-Agatha-Berchem (41B011) en Neder-Over-Heembeek (41MEU1), hebben de hoogste waarden, terwijl stations met een matige verkeersinvloed aanzienlijk lagere waarden hebben.

Anderzijds is de door de WGO aanbevolen waarde (geen overschrijding van de dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie van de drempel waarde van 100 µg/m³) op geen enkel BHG-meetstation gehaald.

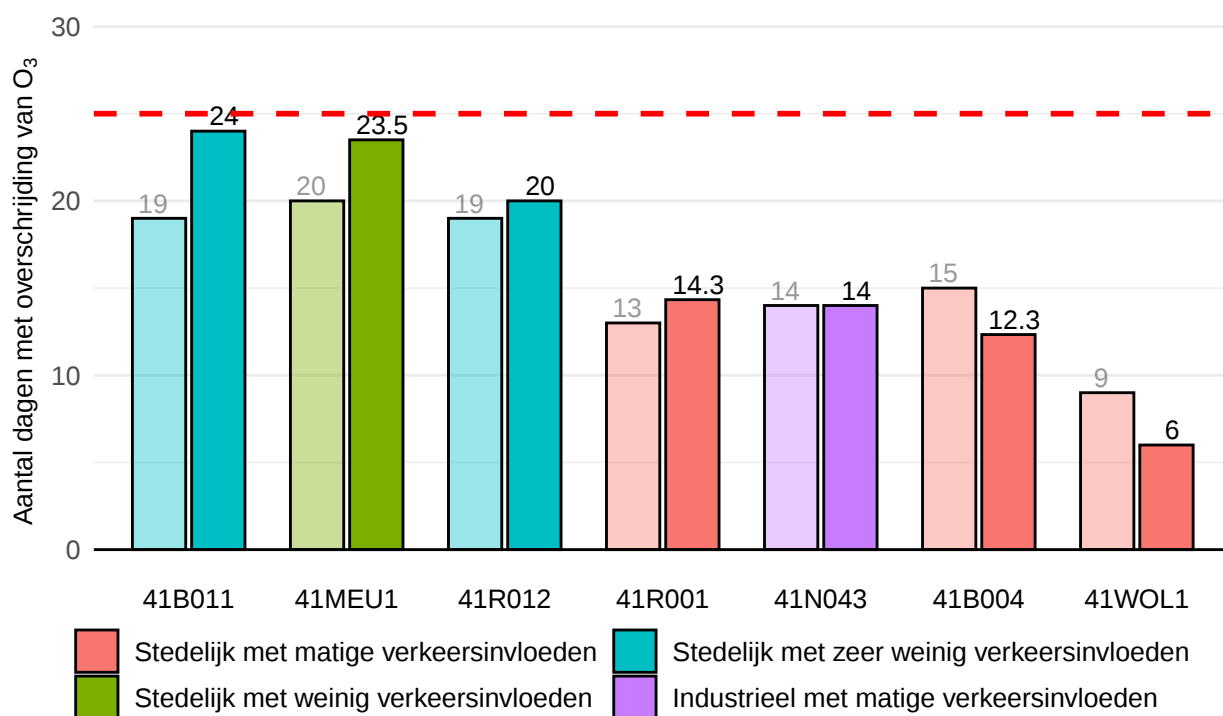




Figuur 5 – Jaargemiddelde PM_{2.5}-concentraties voor elke BHG-meetstation in 2020 [µg/m³]. De jaarlijkse Europese grenswaarde wordt aangegeven door de rode stippellijn en de door de WGO aanbevolen jaarwaarde wordt aangegeven door de blauwe stippellijn. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 3.1 (zie pagina 18) bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.



Figuur 6 – Aantal dagen met overschrijding van de door de WGO aanbevolen dagelijkse waarde voor PM_{2.5} van 25 µg/m³ voor elk BHG-station in 2020. Het aantal door de WGO (3) toegestane overschrijdingen wordt aangegeven door de blauwe stippellijn. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 3.1 (zie pagina 18) bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.



Figuur 7 – Aantal dagen met overschrijding van de dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie voor elk BHG-meetstation in 2020 (de waarde rechts is het gemiddelde over de afgelopen 3 jaar (2018-2019-2020), terwijl de waarde aan de linkerkant de waarde voor het jaar 2020 is. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 3.1 (zie pagina 18) bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

HOOFDSTUK 1: INLEIDING

1.1 ACHTERGROND

Het thema luchtkwaliteit is, over het algemeen, de monitoring van de concentraties van verontreinigende stoffen die in de omgevingslucht aanwezig zijn. Met behulp van metingen van verontreinigende stoffen kan worden nagegaan of de concentraties voldoen aan de normen, die door de Europese Commissie werden opgelegd of waarden die door de WGO aanbevolen werden.

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen de continue (telemetrische) meting van verontreinigende stoffen door automatische analysatoren en de niet telemetrische metingen, d.w.z. op basis van monsters die vervolgens in het laboratorium worden geanalyseerd (metingen op een vertraagde basis).

Dit verslag maakt deel uit van de telemetrische meting (in real time) in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG) van de belangrijkste luchtverontreinigende stoffen die worden gereguleerd door de Europese richtlijn 2008/50/EG (zie 1.3), d.w.z. :

- stikstofdioxide (NO_2),
- zwevende of fijne deeltjes (PM_{10} en $\text{PM}_{2.5}$),
- ozon (O_3),
- koolstofmonoxide (CO),
- zwaveldioxide (SO_2)

en ook een niet-gereguleerde verontreinigende stof van wetenschappelijk belang: zwarte koolstof (*black carbon*, BC). Ter informatie: de verontreinigende stoffen die in het niet telemetrische netwerk van het BHG worden gemeten zijn polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's), vluchtige organische stoffen (VOS), zware metalen (waaronder lood), benzeen, levoglucosaan, chloride, ammoniak en zwarte rook.

Voor het meten van luchtverontreinigende stoffen worden door de Lidstaten meetstations ingericht. Deze meetstations zijn ruimtes of cabines die uitgerust zijn met alle nodige apparatuur om te fungeren als geautomatiseerde laboratoria die hun gegevens in real time doorsturen. Zij zijn daarom uitgerust met een bemonsteringslijn, die de verschillende luchtkwaliteitsanalysatoren voedt en die de eigenlijke metingen uitvoeren. Deze metingen worden opgeslagen in een systeem voor het verzamelen van metingen (SAM) en vervolgens worden alle metingen automatisch ieder half uur doorgestuurd naar het Laboratorium voor Luchtkwaliteit van Leefmilieu Brussel.

1.2 IMMISSIECONCENTRATIES EN EMISSIES

In het algemeen meten de analysatoren van het telemetrisch netwerk de concentraties bij de immissie, d.w.z. na het „chemie transport” van de verontreinigende stoffen die door de verschillende bronnen worden uitgestoten (emissies). De term chemie-transport verwijst naar alle processen van dispersie en mogelijke chemische transformaties van verbindingen in de omgevingslucht. De meteorologische omstandigheden bepalen de kwaliteit van de dispersie en zijn dus bepalend voor de ontwikkeling van de concentraties.

De belangrijkste parameters waarmee rekening moet worden gehouden voor primaire verontreinigende stoffen (die rechtstreeks in de atmosfeer worden uitgestoten) zijn, op een zeer vereenvoudigde manier :

- windsnelheid, die bepalend is voor de kwaliteit van de horizontale verspreiding van verontreinigende stoffen,
- windrichting, die, afhankelijk van zijn oorsprong, lucht met een laag gehalte aan verontreinigende stoffen kan aanvoeren of omgekeerd, verontreinigende stoffen over lange afstanden kan verspreiden,



- de aan- of afwezigheid van een „thermische inversie”, d.w.z. een laag warme lucht die een laag koude lucht omhult en als „omhulsel” fungeert waardoor de verticale verspreiding van verontreinigende stoffen wordt voorkomen,
- de aan- of afwezigheid van neerslag, die de neiging zal hebben de lucht te wassen door verontreinigende stoffen naar de grond te voeren.

Het zonlicht is een bepalende factor bij de vorming van ozon, een secundaire verontreinigende stof, d.w.z. gevormd op basis van reeds in de lucht aanwezige verontreinigende stoffen (zie punt 6.1).

In 2020 waren de meteorologische omstandigheden gunstig voor de verspreiding van verontreinigende stoffen, en dit verklaart al voor een groot deel de lage concentraties die door het telemetrisch netwerk zijn gemeten.

Door de gegevens over een langere periode te analyseren (b.v. 10 jaar) kan de invloed van de weersomstandigheden - die de schommelingen in de concentraties van jaar tot jaar toch verklaren - gedeeltelijk worden geneutraliseerd. De verbetering van de luchtkwaliteit op lange termijn die in het BHG, België en Noordwest-Europa is waargenomen, kan derhalve worden toegeschreven aan een daling van de emissies (die verband houdt met maatregelen en technologische verbeteringen).

1.3 EUROPESE REGELGEVING

De meting van de luchtkwaliteit vindt plaats in het kader van richtlijn 2008/50/EG [EU, 2008] en de wijziging van verschillende bijlagen bij richtlijn 2015/1480 [EU, 2015], aangevuld met het document van IPR-richtlijnen [European Commission, 2018] die de uitvoering van Besluit 2011/850/EG [EU, 2011] vergemakkelijkt. Hiermee wordt op Europees niveau en dit op éénduidige wijze volgende zaken gedefinieerd :

- de methoden die moeten worden gebruikt om de verschillende verontreinigende stoffen in de lucht te meten,
- hoe de meetstations op lokaal en globaal niveau moeten worden opgezet (micro- en macro-implantatiecriteria),
- verschillende drempelwaarden waaraan voor de betrokken verontreinigende stoffen moet worden voldaan, in het algemeen vastgesteld zowel voor kortstondige blootstelling als blootstelling op de lange termijn.

De verschillende door richtlijn 2008/50/EG opgelegde waarden zijn gegroepeerd in Tabel 1.1 (zie verder). Deze drempels kunnen zijn :

- **grenswaarden**, die niet mogen worden overschreden en juridisch bindend zijn,
- **streefwaarden**, die zoveel mogelijk moeten worden bereikt, maar niet juridisch bindend zijn,
- doelstellingen op lange termijn, d.w.z. een concentratieniveau dat op lange termijn moet worden bereikt,
- informatie- en alarmdrempels, d.w.z. drempels die wanneer zij worden bereikt informatie vereisen voor het publiek of die leiden tot de invoering van maatregelen, die door de lidstaten worden bepaald.

1.4 DE DOOR HET WGO AANBEVOLEN RICHTWAARDEN

Naast de Europese normen, die gebaseerd zijn op gezondheidsaspecten maar die ook economisch haalbaar moeten zijn voor de lidstaten, geeft de WGO ook een reeks aanbevolen richtwaarden, die niet wettelijk bindend zijn en uitsluitend gebaseerd zijn op gezondheidsaspecten [WHO, 2005].

Deze richtwaarden zijn gegroepeerd in Tabel 1.2.

1.5 DOELSTELLINGEN VAN HET RAPPORT

Het doel van dit verslag is de metingen van luchtverontreinigende stoffen te presenteren die in 2020 zijn verkregen met behulp van het telemetrisch netwerk in het BHG. Deze gegevens worden onder meer gebruikt om na te gaan waar het BHG staat ten opzichte van de naleving van de door de Europese Commissie opgelegde normen en van de door de WGO aanbevolen richtwaarden. In dit verslag wordt ook de ontwikkeling van de verontreinigende stoffen in de afgelopen tien jaar geanalyseerd.

Het jaar 2020 was vrij uitzonderlijk als gevolg van de COVID-19 pandemie. De in 2020 uitgevoerde insluitingsmaatregelen hebben met name een aanzienlijk effect gehad op de luchtkwaliteit, zowel op Europees niveau [EEA, 2020] als in het BHG [Leefmilieu Brussel, 2020b]. In hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van de



Tabel 1.1 – Europese kwaliteitsnormen voor de omgevingslucht ter bescherming van de menselijke gezondheid.

Polluent	Middelingstijd	Wettelijke concentratie	Opmerkingen
PM ₁₀	1 dag	Grenswaarde : 50 µg/m ³	35 toegestane overschrijdingsdagen per jaar
	Kalenderjaar	Grenswaarde : 40 µg/m ³	
PM _{2.5}	Kalenderjaar	Grenswaarde : 25 µg/m ³	
	Kalenderjaar	GBI : 20 µg/m ³	Gemiddelde-blootstellingsindex in 2015 (gemiddelde over de jaren 2013-2015)
	Kalenderjaar	Nationale reductiedoelstelling: 0-20 % blootstellingsvermindering	Gemiddelde-blootstellingsindex in 2020, het reductiepercentage is afhankelijk van de beginwaarde. Het reductiepercentage voor België is 20 %.
	Dagelijkse hoogste glijdend 8-uurgemiddelde	Streefwaarde : 120 µg/m ³	25 toegestane overschrijdingsdagen per jaar, gemiddeld over 3 jaar
O ₃	Dagelijkse hoogste glijdend 8-uurgemiddelde	Langetermijndoelstelling : 120 µg/m ³	geen overschrijdingen toegestaan
	1 uur	Informatiedrempel : 180 µg/m ³	
	1 uur	Alarmdrempel : 240 µg/m ³	
	1 uur	Grenswaarde : 200 µg/m ³	18 toegestane overschrijdingsuren per jaar
NO ₂	1 uur	Alarmdrempel : 400 µg/m ³	Gemeten gedurende 3 opeenvolgende uren over een oppervlakte van 100 km ² of een geheel gebied
	Kalenderjaar	Grenswaarde : 40 µg/m ³	
	1 uur	Grenswaarde : 350 µg/m ³	24 toegestane overschrijdingsuren per jaar
SO ₂	1 uur	Alarmdrempel : 500 µg/m ³	Gemeten gedurende 3 opeenvolgende uren over een oppervlakte van 100 km ² of een geheel gebied
	1 dag	Grenswaarde : 125 µg/m ³	3 toegestane overschrijdingsdagen per jaar
CO	Dagelijkse hoogste glijdend 8-uurgemiddelde	Grenswaarde : 10 mg/m ³	

Tabel 1.2 – De door WGO aanbevolen richtwaarden i.v.m. de luchtkwaliteit.

Polluent	Middelingsstijd	Advies concentratie	Opmerkingen
PM ₁₀	Kalenderjaar	20 µg/m ³	
	1 dag	50 µg/m ³	3 toegestane overschrijdingsdagen per jaar
PM _{2.5}	Kalenderjaar	10 µg/m ³	
	1 dag	25 µg/m ³	3 toegestane overschrijdingsdagen per jaar
O ₃	Dagelijkse hoogste glijdend 8-uurgemiddelde	100 µg/m ³	geen overschrijdingen toegestaan per jaar
NO ₂	Kalenderjaar	40 µg/m ³	
	1 uur	200 µg/m ³	geen overschrijdingen toegestaan per jaar
SO ₂	1 dag	20 µg/m ³	
	10 minuten	500 µg/m ³	

ontwikkeling van de luchtkwaliteit tijdens de lockdown en de opheffing ervan in 2020. Voor meer details verwijzen we naar de specifieke verslagen [Leefmilieu Brussel, 2020b].

In hoofdstuk 3 wordt het telemetrisch meetnet voor de luchtkwaliteit in Brussel gedetailleerd beschreven aan de hand van de geschiedenis van dit netwerk, locaties van de stations en de omgeving van de meetstations. In hoofdstuk 4 tot en met 9 worden respectievelijk de resultaten gepresenteerd van de metingen van stikstofoxiden en zwevende deeltjes, van ozon, zwarte koolstof, zwaveldioxide en koolstofmonoxide, en dit voor het jaar 2020 en de afgelopen tien jaar (2011 - 2020). Tot slot worden onze conclusies samengevat in hoofdstuk 10.

In dit verslag zijn de overeenkomsten tussen de namen van de stations en de codes van de meetstations te vinden in Tabel 3.1. De methode voor de berekening van de indicatoren en de presentatie ervan zijn te vinden in Bijlage A.



HOOFDSTUK 2: EFFECT VAN COVID-19 MAATREGELEN

Dit hoofdstuk bevat een samenvatting van de conclusies van de verslagen over het effect inzake de maatregelen die in het kader van het COVID-19 pandemie genomen werden betreffende de luchtkwaliteit in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG). Voor meer details over de analyse van de concentraties tijdens de maanden april, mei en juni 2020 [Leefmilieu Brussel, 2020b], en tijdens de periode van 19 oktober 2020 tot 31 januari 2021 [Leefmilieu Brussel, 2021], verwijzen we naar de specifieke rapporten.

De studie van de lockdown in 2020 heeft zich toegespitst op stikstofoxiden (NO en NO₂), waarvan het wegvervoer de grootste uitstoter is in het BHG. NO₂ is ook de meest bepalende verontreinigende stof wat betreft de naleving van Europese grenswaarde. Hoewel NO niet gereguleerd is, is het een interessante verontreinigende stof in die zin dat het zich dicht bij de emissiebronnen bevindt, waardoor de doeltreffendheid van maatregelen voor emissiereductie beter kan worden geëvalueerd.

2.1 STRIKTE LOCKDOWN (MAART-APRIL) EN OPHEFFING VAN DE LOCKDOWN (MEI-JUNI)

De COVID-19-maatregelen die tijdens de lockdown-periode (19 maart tot en met 3 mei 2020) werden toegepast, hebben geleid tot een aanzienlijke vermindering van de emissies van het wegverkeer. Dit resulteerde in een zeer aanzienlijke verbetering van de luchtkwaliteit. De analyse van de gegevens die tijdens de perioden van lockdown werden verzameld in vergelijking met een „normale” maand, leidde tot de volgende conclusies:

- De verbetering van de luchtkwaliteit is aanzienlijk op plaatsen die gewoonlijk sterk aan verkeersemissies worden blootgesteld: de NO-concentraties zijn met 75% gedaald in vergelijking met een normale maand, en de NO₂-concentraties met 50%;
- Op plaatsen die minder zijn blootgesteld aan directe verkeersemissies is de verbetering van de luchtkwaliteit logischerwijze minder spectaculair, maar niettemin significant, met een vermindering van de NO- en NO₂-concentraties met 30 tot 40% in vergelijking met een normale maand;
- De geregistreerde waarden van gebieden met een stedelijke-achtergrond vertonen een vermindering van de NO₂-concentraties met ongeveer 40-50%, en een vermindering van 30% op NO-concentraties.

Omdat NO₂ een verontreinigende stof is die over lange afstanden kan worden getransporteerd (in tegenstelling tot NO), kan men uit deze waarden afleiden dat de in het BHG aangevoerde verontreiniging eveneens aanzienlijk is afgenomen: dit is meer dan waarschijnlijk een effect dat verband houdt met de lockdown-maatregelen die in België en de buurlanden zijn genomen.

Aan het einde van de eerste maand van de opheffing van de lockdown (4 mei tot 2 juni) blijkt dat de verbetering van de luchtkwaliteit zich heeft doorgezet ondanks het zwaardere verkeer, maar waarschijnlijk niet zo intensief als vóór de opheffing, dit was gedeeltelijk te wijten aan het feit dat veel mensen bleven telewerken en de scholen gedurende het grootste deel van deze periode gesloten waren.

De toename was meer uitgesproken vanaf 3 juni bij de geleidelijke hervatting van alle activiteiten (met name de geleidelijke hervatting van de scholen en de horeca), zodat de NO₂- en NO-concentraties weer zijn gestegen ten opzichte van de periode van 4 mei tot 2 juni. In gebieden met stedelijke achtergrond met een sterke tot zeer sterke verkeersinvloed was er een toename van ongeveer 15-20% voor NO₂ en van ongeveer 70-80% voor NO.

Kijken we specifiek naar de periode van 3 tot 19 juni, dan zien we dat NO en NO₂ concentraties nog steeds lager zijn dan die van een „normale” maand juni (bekeken over de jaren 2017-2019).

Om precies te zijn:

- Op plaatsen met een sterke en zeer sterke verkeersinvloed is het verschil zeer aanzienlijk in vergelijking met een normale maand, van 25 tot 30% voor NO₂-concentraties, en van 35 tot 45% voor NO.



- Op plaatsen met een matige verkeersinvloed is het verschil ten opzichte van een normale maand minder groot maar niettemin aanzienlijk, met een daling van de concentraties met ongeveer 15% voor NO₂ en tussen 10 en 20% voor NO.
- In gebieden met een stedelijke achtergrond is het verschil ten opzichte van een normale maand minder groot voor NO (ongeveer 10% vermindering) dan voor NO₂ (40%). Dit houdt gedeeltelijk verband met de extreem lage NO concentraties in dit soort gebieden.

De analyse van de gemeten concentraties van fijne deeltjes, uitgevoerd tijdens de Lock-down en de opheffing van de maatregelen, leidt tot zeer uiteenlopende conclusies. Daar waar de verminderingen zijn waargenomen voor zwarte koolstof die overeenstemmen met die voor stikstofoxiden, geldt dit niet voor PM₁₀ en PM_{2.5}:

- Tijdens de lockdown waren de PM₁₀-niveaus iets hoger dan hun normale waarde voor maart of april, terwijl de PM_{2.5}-niveaus vergelijkbaar waren met hun normale waarde. Dit is te wijten aan de talrijke bronnen die bijdragen tot de aanwezigheid van fijne deeltjes in de omgevingslucht. Het wegverkeer is één van deze bronnen, maar niet de belangrijkste in het BHG: op basis van de waargenomen concentratieverminderingen op zondag in vergelijking met een werkdag, zouden verkeersemissies 15 tot 25% van de PM₁₀-concentraties verklaren, en ongeveer 5% van de PM_{2.5}-concentraties. Volgens een vereenvoudigde redenering zou het effect van COVID-19-maatregelen ongeveer 2% bedragen voor PM_{2.5} en 10% voor PM₁₀. Tijdens de lockdown kunnen andere processen, zoals de resuspensie van fijne deeltjes en de vorming van secundaire deeltjes als gevolg van het gebruik van meststoffen op landbouwgrond, hebben bijgedragen tot de toename van fijne deeltjes in de lucht. Deze verklaart de aanzienlijk hogere dan normale concentraties van PM₁₀ en PM_{2.5}.
- Tijdens het eerste deel van de opheffing van lockdown-periode (4 mei tot 2 juni) waren de concentraties van PM₁₀ en PM_{2.5}-concentraties over het algemeen lager dan die welke werden gemeten tijdens de lockdown-periode, en deze tendens zette zich voort tijdens de periode van 3 tot 19 juni. Wat de bovengenoemde opmerkingen over de lockdown-periode betreft, kan dit hoofdzakelijk worden verklaard door het feit dat de verspreidingsperiode gewoonlijk eind april eindigt en dat er dus in mei en juni geen secundaire deeltjes meer worden gevormd, dewelke verband houden met landbouwactiviteiten.



HOOFDSTUK 3: TELEMETRISCH MEETNET

3.1 GESCHIEDENIS VAN HET MEETNET

Het telemetrisch meetnet is uitgerust met meetapparatuur dat continu functioneert en de aanwezigheid van een of meer specifieke luchtverontreinigende stoffen registreert. Deze meetsystemen maken het mogelijk de evolutie van de luchtkwaliteit op elk moment te observeren (real-time metingen).

Het telemetrisch meetnet van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG) is de navolger van het nationaal meetnet voor de luchtkwaliteit, dat rond 1978 werd opgestart. Op 1 januari 1994 werd dit „nationale meetnet” ge-regionaliseerd. Sindsdien wordt het Brusselse meetnet beheerd door het departement „Laboratorium Lucht-kwaliteit” van Leefmilieu Brussel. Na deze overdracht van bevoegdheden bestond het meetnet van Leefmilieu Brussel uit zes meetstations. Vier van deze stations behoorden tot het nationale netwerk: Sint-Jans-Molenbeek (41R001), Ukkel (41R012) en de Voorhaven in Haren (41N043), operationeel sinds 1980 en het station van Elsene (41R002) operationeel sinds 1986. In 1992 richtte Leefmilieu Brussel twee extra stations in: Kunst-Wet (41B003) en Sint-Agatha-Berchem (41B011). Oorspronkelijk (in 1980) was het netwerk uitgerust voor het me-ten van gasvormige verontreinigingen SO_2 , NO , NO_2 en verontreiniging door fijne deeltjes en dit door optische meting. Een eerste apparaat voor het meten van ozon werd in 1986 in Ukkel in gebruik genomen.

Sinds 1994 is het meetnet in het BHG uitgebreid. Er zijn meetinstrumenten toegevoegd aan de stations om de concentraties van O_3 , CO , CO_2 en zwevende deeltjes PM_{10} en $\text{PM}_{2.5}$ te bepalen. Aanvullende meetstations werden geïnstalleerd in Sint-Lambrechts-Woluwe (41WOL1) in maart 1994 en in het park Meudon te Neder-Over-Heembeek (41MEU1) in oktober 1999. Bovendien werd in januari 1996 door Electrabel een meetstation opgericht in Vorst (47E013), maar de gegevens daarvan worden beheerd door de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM).

In de periode 2000-2002 werd het netwerk verder uitgebreid. In december 2000 werd een meetstation geïnstal-leerd in het metrostation Sint-Katelijne (41B004), gevolgd door een meetstation bij het EU Parlement (41B006) in september 2001 en een extra station in de buurt van het Parlement in december 2001 (Eastman - 41B005, dat in 2013 Belliard - 41B008 zal worden, na de renovatie van het Eastman-gebouw). Het station Kunst-Wet (41B003), dat moest worden ontmanteld wegens werkzaamheden aan het metrostation in 2009, werd in 2016 opnieuw geïnstalleerd met een nieuwe luchtinlaat (41B001).

3.2 STATIONS EN MILIEUTYPEN

Het door Leefmilieu Brussel beheerde meetnet omvat 9 meetstations, waaraan de twee stations 41B006 en 41B008 zijn toegevoegd en die sinds 2018 worden beheerd door een particuliere onderneming, dit in het ka-der van de realisatie van een „waarnemingspost voor de luchtkwaliteit” door het Europees Parlement. Deze stations omvatten de belangrijkste milieutypen die in stedelijke gebieden voorkomen (zie Tabel 3.1). Figuur 3.1 toont een kaart van de meetstations van het telemetrisch netwerk.

3.3 GEMETEN VERONTREINIGEND STOFFEN PER MEETSTATION

Alle reglementaire verontreinigende stoffen worden gemeten in BHG en het aantal meetpunten overtreft de eisen van de Europese richtlijn 2008/50/EG. Bij de configuratie van het netwerk wordt rekening gehouden met zowel de technische beperkingen als de relevantie van de meetlocaties voor elke verontreinigende stof. Het is bijvoorbeeld zinvol de ozonconcentratie te meten op een plaats met weinig verkeer in plaats van op een plaats met veel verkeer (zie hoofdstuk 6). Als gevolg daarvan meten niet alle stations alle voorgeschreven verontreinigende stoffen.

Naast de wettelijk verplichte verontreinigende stoffen stikstofoxiden (NO_x), ozon (O_3), koolstofmonoxide (CO), zwaveldioxide (SO_2), fijne zwevende deeltjes PM_{10} en $\text{PM}_{2.5}$, registreert een aantal meetstations ook zwarte koolstof (BC) en koolstofdioxide (CO_2) uit wetenschappelijk oogpunt. Tabel 3.2 geeft een overzicht van de verontreinigende stoffen die zijn gemeten in elk station dat door Leefmilieu Brussel wordt beheerd.

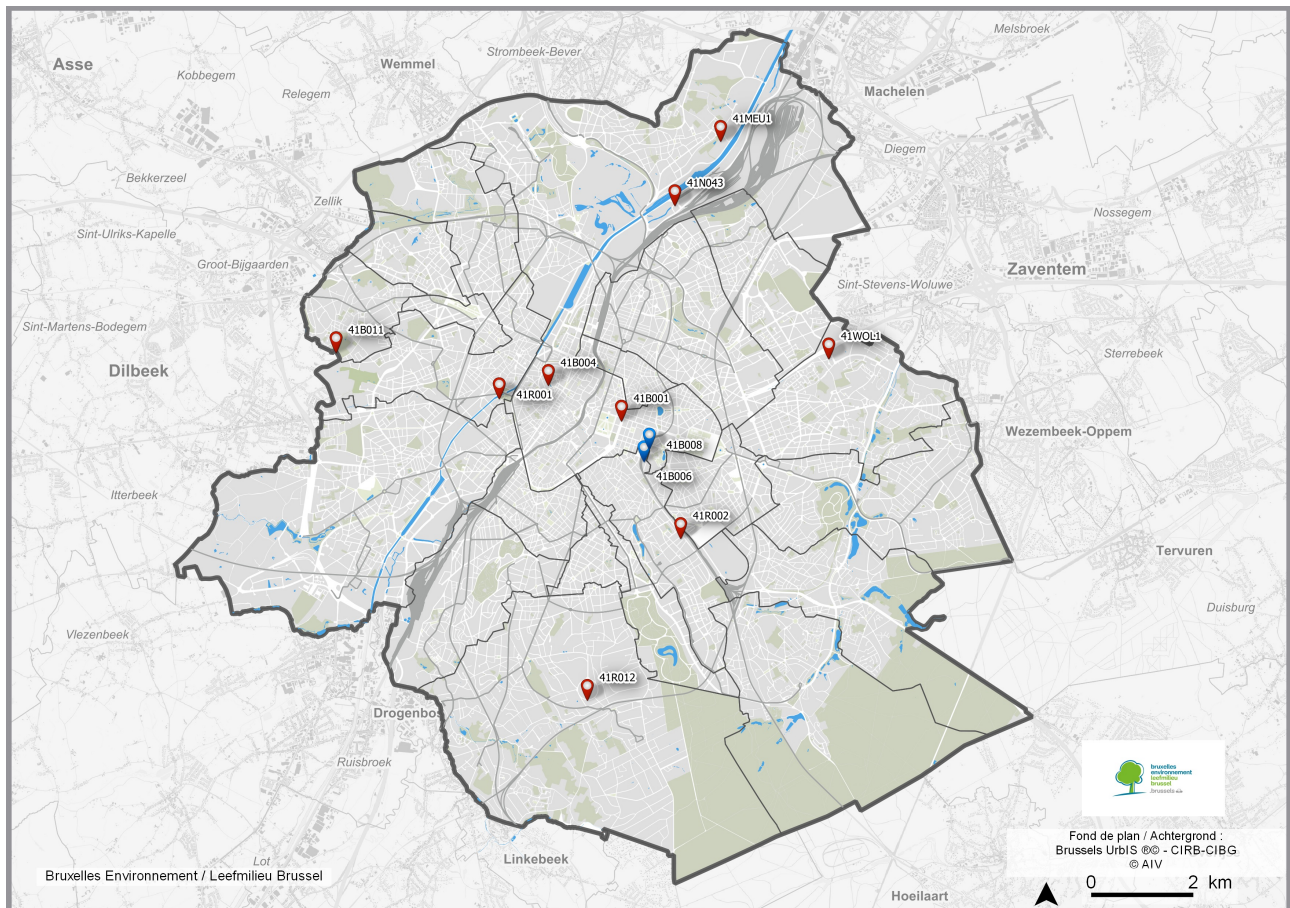


Tabel 3.1 – Stations per type omgeving

Stationsomgeving	Station(s)
Stedelijk met zeer weinig verkeersinvloeden	41R012 - Ukkel 41B011 - Sint-Agatha-Berchem
Stedelijk met weinig verkeersinvloeden	41MEU1 - Neder-Over-Heembeek (Meudonpark) 41B006 - EU Parlement (niet beheerd door LB)
Stedelijk met matige verkeersinvloeden	41R001 - Sint-Jans-Molenbeek 41B004 - Sint-Katelijne 41WOL1 - Sint-Lambrechts-Woluwe
Stedelijk met sterke verkeersinvloeden	41R002 - Elsene
Stedelijk met zeer sterke verkeersinvloeden	41B008 - Belliardstraat (niet beheerd door LB) 41B001 - Kunst-Wet
Industrieel met matige verkeersinvloeden	41N043 - Haren

Tabel 3.2 – Gemeten verontreinigende stoffen voor elk door Leefmilieu Brussel beheerd station. PM_{2.5} worden niet gemeten op 41WOL1 omdat het een instrumentmodel is dat de scheiding van de PM₁₀/PM_{2.5}-fracties niet uitvoert, in tegenstelling tot de andere instrumenten in het telemetrisch netwerk.

Station	O ₃	NO, NO ₂	CO	CO ₂	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	BC
41B001		✓	✓		✓			
41B004	✓	✓	✓					
41B011	✓	✓				✓	✓	
41MEU1	✓	✓				✓	✓	
41N043	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
41R001	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
41R002		✓	✓	✓	✓			✓
41R012	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
41WOL1	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Totaal / pollutant	7	9	6	3	7	6	5	5



Figuur 3.1 – Kaart van de meetstations van het telemetrisch netwerk. De stations 41B006 en 41B008, die in het blauw zijn aangegeven, worden niet beheerd door Leefmilieu Brussel.

3.4 BESCHRIJVING VAN DE MEETSTATIONS

3.4.1 Ukkel (41R012)

Het station wordt gekenmerkt door een stedelijke omgeving met zeer weinig verkeersinvloeden (station met „stedelijke achtergrond”). De belangrijkste verkeersas in de omgeving van het station is de Ringlaan, maar dit station wordt niet rechtstreeks aan bronnen blootgesteld (verkeer of andere). Het station heeft een residentieel karakter en houtverbranding zal naar verwachting van invloed zijn op de BC-concentraties op de koudste dagen (haardvuur, enz.).

3.4.2 Sint-Agatha-Berchem (41B011)

Het station wordt gekenmerkt door een stedelijke omgeving met zeer weinig verkeersinvloeden (station met „stedelijke achtergrond”). Het station is gelegen in een bijzonder rustige woonomgeving, naast een begraafplaats. Aangezien er een bebost gebied in de onmiddellijke nabijheid is, kunnen we verwachten dat de vegetatie (b.v. pollen) een invloed zal hebben op de concentraties van fijne deeltjes, voornamelijk tijdens het groeiseizoen van de vegetatie.

3.4.3 Neder-Over-Heembeek (Meudon park, 41MEU1)

Het station wordt gekenmerkt door een stedelijke omgeving met weinig invloed van het verkeer. Het is gelegen in het Meudon park. De omgeving van dit station is residentieel. Historisch gezien was dit station opgesteld stroomafwaarts van de heersende winden ten opzichte van de verbrandingsoven van Haren, op ongeveer 1,5 km afstand ervan, om mogelijke effecten op de luchtkwaliteit in aangrenzende woongebieden te kunnen waarnemen. Gezien de onmiddellijke nabijheid van een bosrijke omgeving (nl. een park), kunnen we verwachten dat de vegetatie (b.v. pollen) een invloed zal hebben op de concentraties van fijne deeltjes, voornamelijk tijdens het groeiseizoen van de vegetatie.



3.4.4 Europees Parlement (niet beheerd door Leefmilieu Brussel, 41B006)

Als onderdeel van haar exploitatievergunning is het Europees Parlement verplicht een „waarnemingscentrum voor de luchtkwaliteit” op te richten. Het station van het EU Parlement is één van de twee stations van deze waarnemingspost. Het onderhoud en de controle van dit station worden beheerd door een particuliere onderneming.

Het station wordt gekenmerkt door een stedelijke omgeving met weinig verkeersdruk. Het is gelegen op het terrein van het Europees Parlement. Ondanks de relatieve nabijheid van belangrijke verkeerswegen (waaronder de Belliardstraat) profiteert het station van een „afschermingseffect” door de omringende massieve gebouwen; waardoor het slechts weinig hinder ondervindt van het verkeer.

3.4.5 Sint-Jans-Molenbeek (41R001)

Het station wordt gekenmerkt door een stedelijke omgeving met matige verkeersinvloeden. De belangrijkste verkeersader in de omgeving van het station is de Ninoofse Steenweg. Bovendien kan ook de doorvaart van schepen door de sluis een invloed hebben op de gemeten concentraties (van SO₂ in het bijzonder) door zuidoostelijke tot zuidwestelijke winden.

3.4.6 Sint-Katelijneplein (41B004)

Het station wordt gekenmerkt door een stedelijke omgeving met matige verkeersinvloeden. Het station bevindt zich op het Sint-Katelijneplein in het centrum van Brussel. Stedelijke evenementen (kerstmarkt, concerten, ...) en leveringen aan winkels in de buurt van het station, beïnvloeden de concentraties van verontreinigende stoffen van het wegverkeer.

3.4.7 Sint-Lambrechts-Woluwe (41WOL1)

Het station wordt gekenmerkt door een stedelijke omgeving met matige verkeersinvloeden. Het station ligt dicht bij de oprit van de autosnelweg E40 en de invloed van deze as op de concentraties van met het verkeer samenhangende verontreinigende stoffen (NO_x, BC) is waarneembaar wanneer de wind uit het noorden waait.

Wegens de verhuizing van het Laboratorium voor Luchtkwaliteit van Leefmilieu Brussel werd de meetlocatie van Sint-Lambrechts-Woluwe op 8 december 2020 definitief gesloten. Dit had gevolgen voor de beschikbaarheid van gegevens op deze meetlocatie in 2020, maar het is geen problematische locatie voor de naleving van de Europese normen of de door de WGO aanbevolen waarden.

3.4.8 Elsene (41R002)

Het station wordt gekenmerkt door een stedelijke omgeving met een sterke verkeersinvloeden. De belangrijkste verkeersas in de omgeving van het station is de Kroonlaan, die ook een „canyon-sstraat”¹ is.

3.4.9 Belliardstraat (niet beheerd door Leefmilieu Brussel, 41B008)

Als onderdeel van zijn exploitatievergunning is het Europees Parlement verplicht een „waarnemingscentrum voor de luchtkwaliteit” op te richten. Het Belliard-station (41B008) is een van de twee stations van dit observatorium. Het onderhoud en de controle van dit station worden beheerd door een particuliere onderneming. Het station wordt gekenmerkt door een stedelijke omgeving met een zeer sterke verkeersinvloed. Het station ligt langs Belliardstraat, een belangrijke verkeersader met vijf rijstroken. Bovendien is de Belliardstraat een diepe „canyonstraat”.

Dit station voldoet niet aan de uitvoeringscriteria van richtlijn 2008/50/EG en wordt niet in aanmerking genomen voor het jaarlijkse verslag over de luchtkwaliteit aan de Europese Commissie. Het station Belliard ligt immers op minder dan 25 meter van het verkeerslicht gelegen op het kruispunt van de Ardenne- en de Belliardstraat en beantwoordt dus niet aan de Europese criteria voor de aanleg van stations. De metingen op deze plaats worden derhalve beïnvloed door het stoppen en starten van voertuigen in het verkeer. Als gevolg daarvan, wordt dit station niet opgenomen bij de evaluatie van de naleving van de Europese normen.

3.4.10 Kunst-Wet (41B001)

De keuze van de locatie van het meetstation, die werd gemaakt in 1992, zeven jaar vóór de vaststelling van richtlijn 1999/30/EG, had tot doel de luchtverontreiniging door het wegverkeer te bestuderen. De luchtkwaliteit op

¹ ofwel een drukke straat met veel gebouwen die de verspreiding van verontreinigende stoffen belemmeren



dit knooppunt wordt immers rechtstreeks beïnvloed door de emissies van het plaatselijke verkeer. De resultaten van deze metingen leveren zeer interessante informatie op over dit onderwerp, maar kunnen niet worden geïnterpreteerd als representatief voor de blootstelling van de Brusselse bevolking. Doel was om aan de hand van de ontwikkeling van de concentraties op middellange en lange termijn een beter inzicht te krijgen wat betreft de invloed van het verkeer op de luchtkwaliteit en het mogelijke positieve effect van emissiebeperkende maatregelen in de sector wegverkeer.

Sinds de herinrichting van het kruispunt in 2003 bevindt de luchtinlaat van dit meetstation (41B003) zich boven de uitgang van de tunnel en dus nog dichterbij het wegverkeer. Dit heeft geleid tot nog hogere concentraties dan voorheen, met name van NO₂. Als gevolg van de bouwwerkzaamheden aan de metro „Kunst-Wet”, moest in 2009 het meetstation 41B003 worden stilgelegd. Zodra de verbouwing van het metrostation was voltooid, heeft de MIVB een nieuwe technische ruimte voorgesteld voor de installatie van meetinstrumenten. Het station „Kunst-Wet” zou in december 2016 weer in gebruik kunnen worden genomen. In vergelijking met de plaats van vóór de werkzaamheden is de luchtinlaat verplaatst en bevindt deze zich nu op het kruispunt tussen de Regentlaan en de Wetstraat. Dit verklaart de wijziging van de code van het meetstation, nu geïdentificeerd met 41B001. Het station wordt dus gekenmerkt door een stedelijke omgeving met een zeer sterke verkeersinvloed. Het ligt direct op het kruispunt tussen de binnenring en de Wetstraat, een belangrijke verkeersader. Men kan er het effect van intensief verkeer meten, en dit ook 's nachts (verhoudingsgewijs een intense activiteit in vergelijking met de andere meetlocaties).

Dit station voldoet niet aan de uitvoeringscriteria van richtlijn 2008/50/EG en wordt niet in aanmerking genomen voor het jaarlijkse verslag over de luchtkwaliteit aan de Europese Commissie. Het bevindt zich immers op minder dan 25 meter van het kruispunt Kunst-Wet en is dus enkel representatief voor de uiterst plaatselijke verontreiniging in de omgeving van het kruispunt, waar het zich bevindt, maar niet voor de luchtkwaliteit in de omliggende omgeving. Bovendien kan het station Kunst-Wet, gezien zijn ligging op een kruispunt, niet als representatief worden beschouwd voor blootstelling van de bevolking gedurende een aanzienlijke periode van de dag. Als algemene regel geldt dat de blootstelling aan verontreinigende stoffen op een dergelijke locatie beperkt blijft tot enkele minuten per dag.

3.4.11 Haren (41N043)

Het station wordt gekenmerkt door een industriële omgeving met matige verkeersinvloeden. De belangrijkste weg in de omgeving van het station is de Vilvoordsesteenweg. De specifieke omgeving van het station is het resultaat van de omliggende industrieterreinen, de voorhaven en de doortocht van vrachtwagens. Het gebied is bijzonder gevoelig voor de opwaaiing van deeltjes. Daarom zijn de concentraties van zwevende deeltjes in de grove fractie (2.5-10 µm) daar over het algemeen hoger dan op de andere meetpunten. Bovendien kan de doorvaart van schepen (door de sluis) een invloed hebben op de gemeten concentraties (van SO₂ in het bijzonder) en dit door de noorderwind.

HOOFDSTUK 4: STIKSTOFOXIDEN

4.1 AARD VAN DE VERONTREINIGENDE STOF

Stikstofoxiden zijn het gasvormige mengsel van stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO₂) :

$$[\text{NO}_x] = [\text{NO}_2] + [\text{NO}] (\text{ppbV}) \quad (4.1)$$

Stikstofoxiden ontstaan bij alle verbrandingsprocessen in de atmosfeer. Het grootste deel van de stikstofoxiden wordt over het algemeen als NO uitgestoten (hoewel ook NO₂ wordt geproduceerd), behalve bij dieselmotoren, waar de NO₂/NO_x-verhouding tot 60% kan oplopen. NO₂ ontstaat meestal door de oxidatie van NO. In het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG) zijn de belangrijkste bronnen van stikstofoxiden, het wegverkeer (63% van de totale emissies voor het jaar 2018) en in het bijzonder dieselmotoren, de verwarming van gebouwen (24%) en, in mindere mate, de energieproductie (6%) en de industrie (3%) [Leefmilieu Brussel, 2020a].

Tijdens de verbranding, ter hoogte van de vlam (bij hoge temperaturen, boven 600°C), is NO de meest stabiele thermodynamische verbinding, hoewel de efficiëntie van de reactie pas echt hoog is bij veel hogere temperaturen (boven 1000°C), zoals bij een blikseminslag.



Dicht bij de vlam maar juist erbuiten, bij lagere temperaturen (d.w.z. in het bereik van 200 tot 400°C), wordt een deel van het gevormde NO reeds geoxideerd tot NO₂ door het zuurstofoverschot :



In de omgevingslucht wordt NO door atmosferische zuurstof langzaam geoxideerd tot NO₂ (via dezelfde reactie (4.3)) en sneller in aanwezigheid van ozon (O₃) :



NO₂ is de meest stabiele thermodynamische verbinding in de omgevingslucht. Anderzijds is het nauwelijks oplosbaar in water en wordt het niet doeltreffend verwijderd door precipitatie. In tegenstelling tot NO blijft NO₂ dus lang in de atmosfeer aanwezig en kan het over grote afstanden worden verspreid. NO daarentegen blijft gelokaliseerd in de buurt van zijn emissiebronnen. Met andere woorden, de ruimte-tijdprofielen van NO₂ zijn homogener dan die van NO.

Stikstofoxiden zijn ook betrokken bij de vorming van ozon. Zij zijn **precursoren** van ozon in de troposfeer, net als vluchtige organische stoffen (zie hoofdstuk 6). Zij kunnen ook worden omgezet in nitraten (NO₃⁻) en betrokken zijn bij de vorming van secundaire deeltjes door reactie met ammonium (zelf gevormd uit ammoniak NH₃ in de atmosfeer) wanneer de meteorologische omstandigheden gunstig zijn (zie hoofdstuk 5). De afzetting van stikstofdioxide (droog of nat na omzetting in nitraat) draagt ook bij tot de verzuring en eutrofiëring van ecosystemen wanneer het daar direct of indirect wordt afgezet, hetzij door de afzetting van salpeterzuur HNO₃.

Uit gezondheidsoogpunt is NO in de lucht minder toxisch dan NO₂ [WHO, 2013] en maakt het geen deel uit van de regelgeving of aanbevelingen. Anderzijds kan NO₂ oog-, neus- en keelirritatie veroorzaken en bij inademing ook longirritatie en een verminderde longfunctie [WHO, 2020], [EEA, 2019].



4.2 EUROPESE REGLEMENTERING EN WAARDEN DIE DOOR DE WGO WORDEN AANBEVOLEN

In de praktijk is alleen NO₂ op Europees niveau gereguleerd en gelden daarvoor de door de WGO aanbevolen waarden, voor NO niet. De meting van NO₂ maakt deel uit van de Europese richtlijn 2008/50/EG (en de herziening daarvan 2015/1480/EG). De richtlijn voorziet in twee grenswaarden, alleen voor stikstofdioxide, die op 1/1/2010 in werking zijn getreden :

- een uurgrenswaarde van 200 µg/m³ die niet meer dan 18 keer per jaar mag worden overschreden (18 uur toegestaan),
- een jaargrenswaarde van 40 µg/m³.

De door de WGO aanbevolen waarden zijn identiek, met dit verschil dat de WGO voor de uurwaarde **geen** overschrijding per jaar toestaat.

4.3 HUIDIGE METINGEN

In dit deel analyseren we de stikstofdioxideconcentraties in het jaar 2020, in het bijzonder met betrekking tot de Europese grenswaarden en de door de WGO aanbevolen waarden. In 2020 is de jaarlijkse stikstofdioxideconcentratie gemiddeld met ongeveer 25% gedaald ten opzichte van 2019. Deze drastische daling houdt grotendeels verband met lockdown-maatregelen (meer of minder streng, afhankelijk van de periode van het jaar) die zijn ingevoerd in het kader van de COVID-19-pandemie en die een opmerkelijk effect heeft gehad op de intensiteit van het wegverkeer (zie hoofdstuk 2).

Voor het eerst voldeden alle stations van het telemetrisch meetnet aan de Europese grenswaarden (jaarwaarden en uurwaarden). Van de aan de Europese Commissie gerapporteerde stations werden de hoogste NO₂-concentraties waargenomen in de stations van Elsene en Haren.

4.3.1 Grenswaarde per jaar

De gemiddelde jaarlijkse NO₂-concentraties worden in figuur 4.1 gepresenteerd voor alle stations waarvoor de minimale gegevensvastlegging (uurwaarden) 85% bedraagt, zoals vereist door richtlijn 2008/50/EG (via IPR [European Commission, 2018]) - zie bijlage A.1.

Onmiddellijk kan worden vastgesteld dat alle meetstations van het telemetrisch netwerk (en ook degene die niet door Leefmilieu Brussel worden beheerd) voldoen aan de jaarlijkse grenswaarde van 40 µg/m³, die identiek is aan de door de WGO aanbevolen waarde. Daaronder vallen de stations Kunst-Wet (41B001) en Belliardstraat (41B008), waar de jaargemiddelde concentraties respectievelijk 36.4 µg/m³ en 35.9 µg/m³ bedroegen.

Het station Kunst-Wet ligt op het kruispunt van de Kleine Ring en de Wetstraat en is representatief voor een stedelijke omgeving die zeer sterk wordt beïnvloed door het wegverkeer (in normale situatie, zonder COVID-19 maatregelen). Het station Belliard ligt aan de Belliardstraat, een drukke weg met een diepe „canyon”. Gezien het sterke verband tussen NO₂ en wegverkeer is het niet verwonderlijk dat deze stations de hoogste jaarconcentraties in het BHG hebben.

De volgende maximale jaarlijkse NO₂-concentraties in het BHG zijn van dezelfde orde van grootte (respectievelijk 26.6 en 26.5 µg/m³). Deze concentraties worden gemeten in de stations van 41N043 en 41R002. Aangezien het station van Haren aan de haven van Brussel ligt, niet ver van de verbrandingsoven, is het representatief voor een industriële omgeving met een matige verkeersinvloed, maar met een hoog aandeel vrachtwagens (en dus dieselmotoren). Dit type motor heeft namelijk een uitstoot van :

- veel meer NO_x dan benzinevoertuigen (3 tot 20 keer meer dan vergelijkbare benzinemotoren),
- meer NO₂ in het NO_x-mengsel (tot 60%) dan andere motoren.

Het station van Elsene (41R002) ligt aan de Kroonlaan, het is een „canyon”-straat, die representatief is voor een stedelijke omgeving sterk beïnvloed door het wegverkeer. De stations van Sint-Jans-Molenbeek (41R001), Sint-Katelijne (41B004) en Sint-Lambrechts-Woluwe (41WOL1) volgen, met jaarlijkse NO₂-concentraties van respectievelijk 23.8 µg/m³, 22.7 µg/m³ en 20.9 µg/m³, die afwijken van de waarden van Haren (41N043) en Elsene, maar boven de 20 µg/m³ blijven (de waarschijnlijke toekomstige waarde die door de WGO per jaar wordt aanbevolen, zie hieronder).

Het station Sint-Jans-Molenbeek, gelegen aan het kanaal naast sluis 11, is een referentiestation, omdat het representatief is voor een stedelijke omgeving met een matige invloed van het wegverkeer, wat een wijdverspreide gebied is in Brussel.

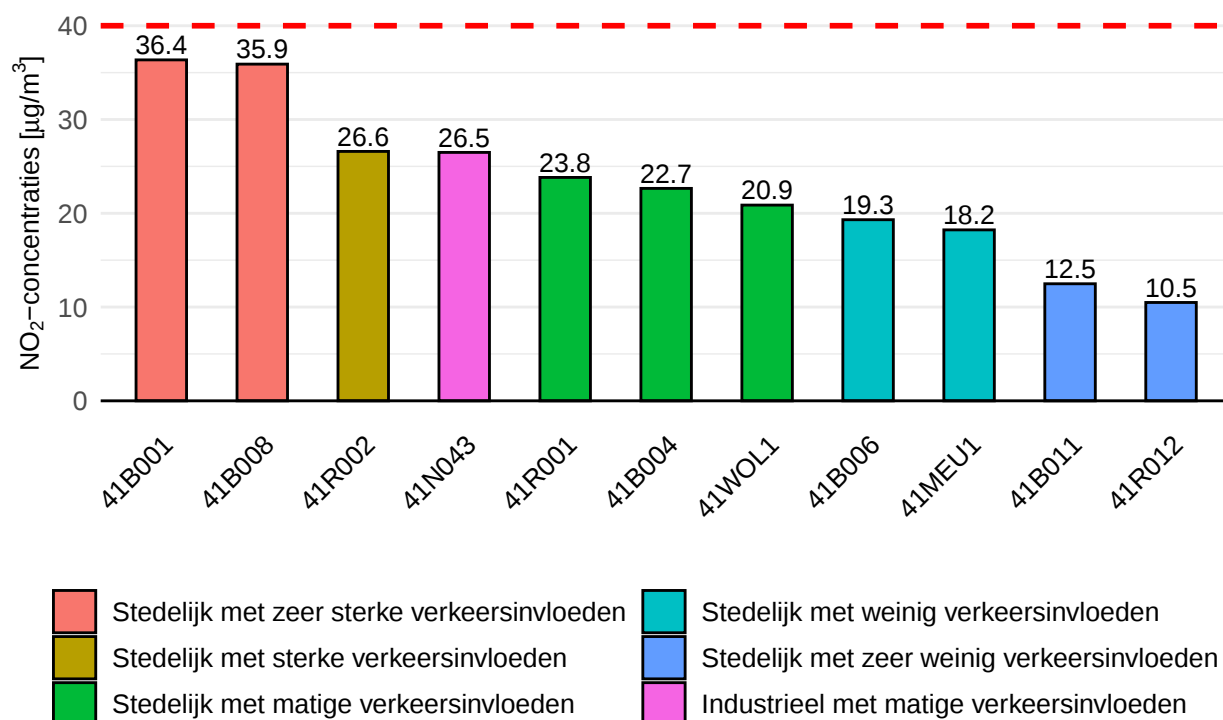


Het station Sint-Katelijne wordt matig beïnvloed door het verkeer en de blootstelling hangt onder meer af van de aan- of afwezigheid van evenementen op of in de buurt van het terrein. Het station van Sint-Lambrechts-Woluwe ligt vlakbij de oprit van de autosnelweg E40 en is zeer wisselend blootgesteld aan het verkeer, afhankelijk van de windrichting. Inderdaad, door de noord/noordoostelijke wind, dus vanaf de snelweg, is de invloed van het verkeer veel sterker dan wanneer de wind uit het zuiden komt (woonwijk met een „scherm”-effect door de gebouwen die aan het meetstation grenzen). Merk op dat in het BHG de dominante winden zuidwestelijk zijn, wat betekent dat de wind meestal uit die richting komt.

De stations bij het EU Parlement (41B006) en Neder-Over-Heembeek (41MEU1), beide gelegen in een stedelijke omgeving die slechts in geringe mate door het wegverkeer wordt beïnvloed, vertonen een jaarlijkse concentratie van respectievelijk 19.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 18.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De stations van Sint-Agatha-Berchem (41B011) en Ukkel (41R012) registreren de laagste jaarlijkse NO_2 -concentraties van ongeveer 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (respectievelijk 12.5 en 10.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Deze stations bevinden zich in stedelijke omgevingen met zeer weinig invloed van het wegverkeer; het zijn „stedelijke achtergrond”-omgevingen. Dit zijn per definitie gebieden die ver verwijderd zijn van directe verontreinigingsbronnen.

Er zij op gewezen dat, als wij deze concentraties vergelijken met de waarschijnlijke toekomstige door de WGO aanbevolen waarde van 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per jaar, de stations in het BHG een overschrijding blijven vertonen, met uitzondering van de stedelijke stations met een geringe en zeer geringe invloed van het wegverkeer, d.w.z. de stations van het EU Parlement, Neder-Over-Heembeek, Sint-Agatha-Berchem en Ukkel. Dit betekent dat alleen de minst blootgestelde stations aan deze nieuwe aanbevolen waarden kunnen voldoen, ondanks de COVID-19 metingen. Zodra de omgeving van het station ten minste matig wordt beïnvloed door het wegverkeer, wordt de jaarwaarde van 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ overschreden.

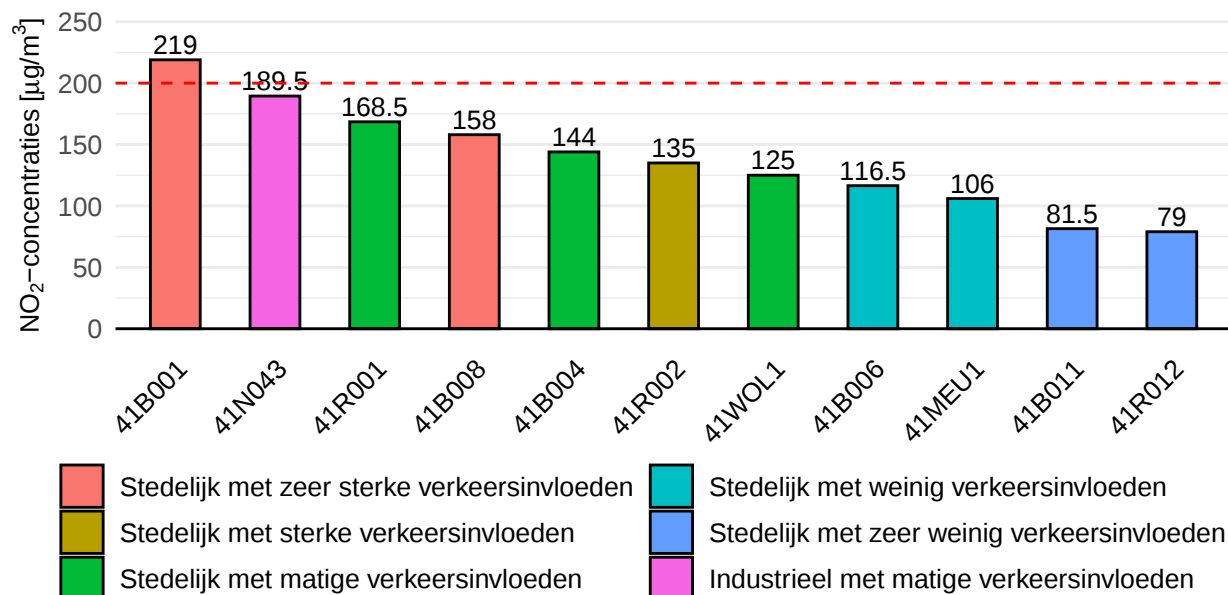


Figuur 4.1 – Jaargemiddelde NO_2 -concentraties voor elke locatie in het BHG voor 2020 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De rode stippellijn geeft de Europese jaarlijkse grenswaarde aan, die identiek is aan de WGO-richtwaarde van 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tabel 3.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

4.3.2 Uurgrenswaarde

De uurgrenswaarde voor NO_2 van 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, die niet meer dan 18 keer per jaar mag worden overschreden, wordt in Brussel al meer dan 10 jaar nageleefd (zie punt 4.4.2). In 2020 werd deze grenswaarde tweemaal overschreden bij het Kunst-Wet station. De door de WGO aanbevolen uurwaarde, waarbij geen overschrijding per jaar is toegestaan, wordt dus niet gerespecteerd (zie figuur 4.2). De stations met de hoogste maxima waren Kunst-Wet (219 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) en Haren (189.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Er moet worden opgemerkt dat een eenmalige overschrijding van de uurgrenswaarde gewoon te wijten kan zijn aan een lokale bron die gedurende een korte periode veel NO_2 in de omgeving van het station heeft uitgestoten, zoals bijvoorbeeld door bouwwerkzaamheden of een geparkeerde vrachtwagen.





Figuur 4.2 – Maximale uurgemiddelde NO₂-concentraties voor elk station in het BHG voor 2020 [µg/m³]. De rode stippellijn geeft de Europese jaarlijkse grenswaarde aan, die identiek is aan de WGO-richtwaarde van 200 µg/m³. Tabel 3.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

De maximale NO₂-concentratie per uur per dag voor alle stations is weergegeven in Figuur 4.3. Er kan worden vastgesteld dat overschrijdingen van de drempelwaarde van 200 µg/m³ werden geregistreerd op 14 en 15 september 2020 (in het station Kunst-Wet). Over het algemeen liggen de NO₂-concentraties ruim onder de Europese uurgrenswaarde en de door de WGO aanbevolen waarde (afgezien van bepaalde omstandigheden of specifieke perioden waarin ze die benaderen, of zelfs overschrijden).

Deze resultaten zijn gerangschikt per type stationsomgeving¹ in Figuur 4.4. Er kan worden vastgesteld dat alle stations, ongeacht hun omgeving, vergelijkbare en zeer lage minima hebben. De maxima liggen logischerwijs hoger in stedelijke omgevingen, met een zeer hoge verkeersinvloed en in industriële omgevingen, met een matige verkeersinvloed, waar men in de buurt komt van 200 µg/m³ als gevolg van de verkeersintensiteit of de verkeerssamenstelling (veel vrachtwagens en dus veel dieselmotoren in een industriële omgeving). Anderzijds worden de laagste maxima opgetekend in stations met zeer geringe verkeersinvloeden. Uitgedrukt in gemiddelden en medianen worden de stedelijke omgeving met een zeer hoge verkeersinvloed gekenmerkt door de hoogste concentraties, gevolgd door de industriële omgeving met een matige verkeersinvloed. De locaties met achtergrond invloeden vertonen logischerwijs weer de laagste concentraties.

4.4 HISTORISCHE METINGEN

In dit hoofdstuk analyseren wij de ontwikkeling van de stikstofdioxideconcentraties gedurende de afgelopen tien jaar. In het algemeen nemen de concentraties van stikstofoxiden in de loop van de tijd af in het BHG (en in Noordwest-Europa [EEA, 2019]). Deze daling houdt verband met de voortdurende vermindering van de emissies en verbeterde technologieën, onder meer in de automobielsector. De versnelde verschuiving van diesel naar benzine heeft de laatste jaren waarschijnlijk een belangrijke rol gespeeld in de evolutie van de verkeersemissies.

4.4.1 Jaargrenswaarde

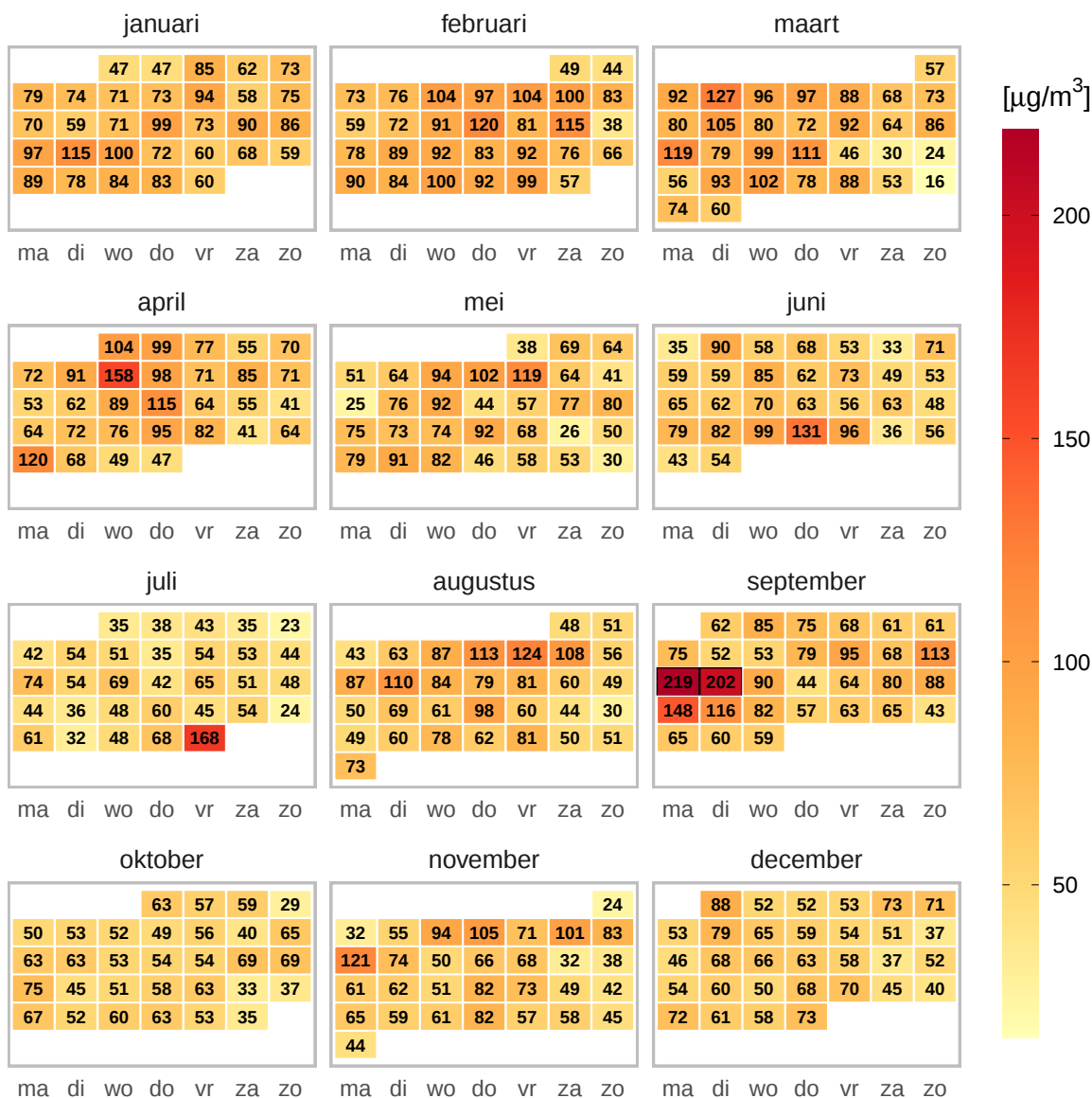
De ontwikkeling van de jaargemiddelde NO₂-concentraties gedurende de afgelopen 10 jaar is te zien in Figuur 4.5. Elk vakje voor een bepaald jaar bevat dus informatie van alle stations in het netwerk met een minimale gegevensvastlegging per uur van meer dan 85%. De rode lijn geeft de jaarlijkse Europese grenswaarde aan van 40 µg/m³ waaraan *elk* station moet voldoen. Deze figuur toont de netto daling van de gemiddelde concentraties van de stations (blauwe stippen) in de loop van de tijd, ondanks een stagnatie tussen 2015 en 2017. Sinds 2018 is de overgrote meerderheid van de statistische indicatoren in de grafiek aanzienlijk gedaald, met name in 2020, deels als gevolg van de maatregelen die zijn genomen in het kader van de COVID-19-pandemie (zie hoofdstuk 2). In het algemeen overschrijdt de maximale jaarlijkse concentratie die in het meetnet is geregistreerd systematisch de Europese jaarlijkse grenswaarde gedurende de laatste tien jaar, behalve in 2020 waarbij alle meetstations voldoen aan de Europese jaarlijkse waarde (die overeenstemt met de door de WGO aanbevolen

¹de uitleg van „boxplots” is te vinden in bijlage A.2



Maximale dagelijkse uurconcentraties van NO₂

2020



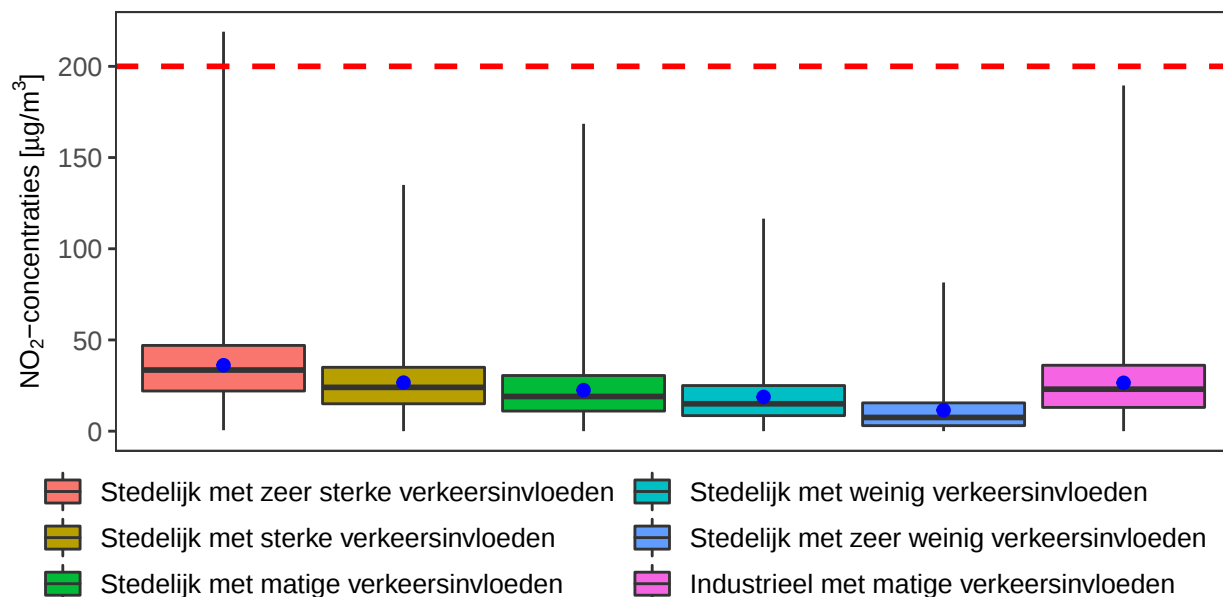
Figuur 4.3 – Maximale dagelijkse uurconcentraties van NO₂ voor alle stations van het telemetrisch meetnet in 2020 [µg/m³]. De dagen waarop de drempelwaarde van 200 µg/m³ werd overschreden, zijn zwart gemarkeerd.

waarde) van 40 µg/m³. Het 75e percentiel overschrijdt de jaarlijkse grenswaarde slechts in enkele jaren, terwijl het 25e percentiel en het minimum er altijd onder liggen.

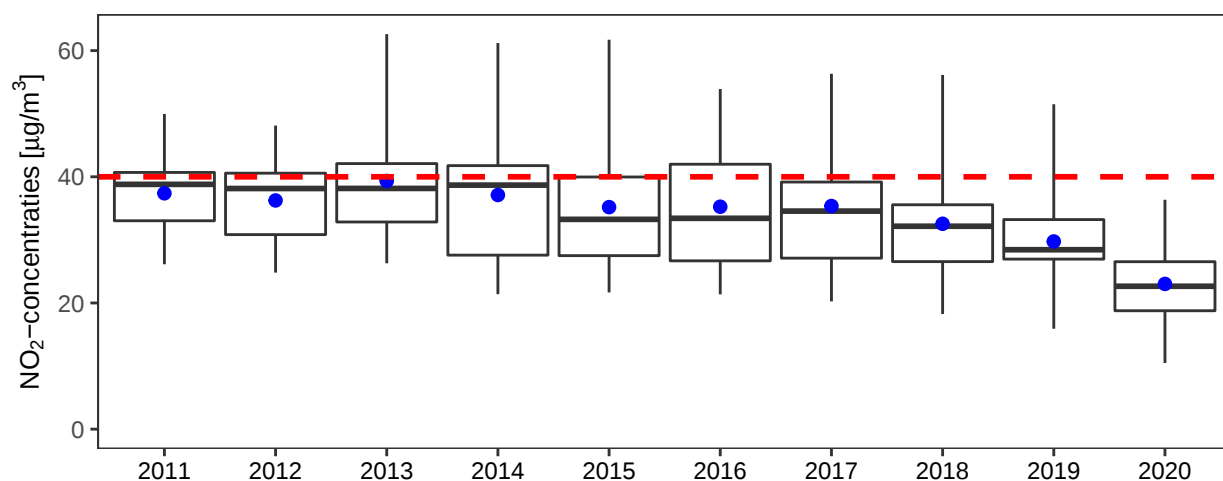
De neerwaartse trend in de NO₂-concentraties door de jaren heen is ook duidelijk te zien in Figuur 4.6. In 2020 zullen alle stations voldoen aan de jaarlijkse Europese grenswaarde van 40 µg/m³, die identiek is aan de door de WGO aanbevolen waarde. Deze drastische daling van de concentraties tussen 2019 en 2020 houdt groten-deels verband met de maatregelen die in het kader van de COVID-19-pandemie zijn genomen (zie hoofdstuk 2). In 2017 overschreed het station van Elsene, gelegen in een omgeving met een sterke invloed van het wegver-keer, de grenswaarde nog ruimschoots met een jaargemiddelde van 49 µg/m³. In 2018 registreerde dit station niet het voor de correcte berekening van het jaargemiddelde vereiste percentage van 85% van de vastgelegde gegevens, als gevolg van een technisch probleem aan de bemonsteringslijn. In 2020 is de jaargemiddelde con-centratie in het station van Elsene aanzienlijk gedaald ten opzichte van de vorige jaren (33 µg/m³). Dit effect is waarschijnlijk gedeeltelijk toe te schrijven aan de daling van het verkeer op de Kroonlaan, die verband houdt met de werkzaamheden aan de nabijgelegen Generaal Jacqueslaan.

Figuur 4.7 toont de ontwikkeling van de jaargemiddelde NO₂-concentraties voor verschillende soorten omge-vingen. In deze figuur zijn de stedelijke stations met een zeer geringe invloed van het wegverkeer Ukkel en Sint-Agatha-Berchem, de stedelijke stations met een matige invloed van het wegverkeer Sint-Jans-Molenbeek, Sint-Lambrechts-Woluwe en Sint-Katelijne, de stedelijke stations met een zeer sterke invloed van het wegver-





Figuur 4.4 – Uurgemiddelde NO_2 -concentraties per type stationsomgeving voor het BHG in 2020 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De rode stippellijn geeft de Europese jaarlijkse grenswaarde aan, die identiek is aan de WGO-richtwaarde van 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

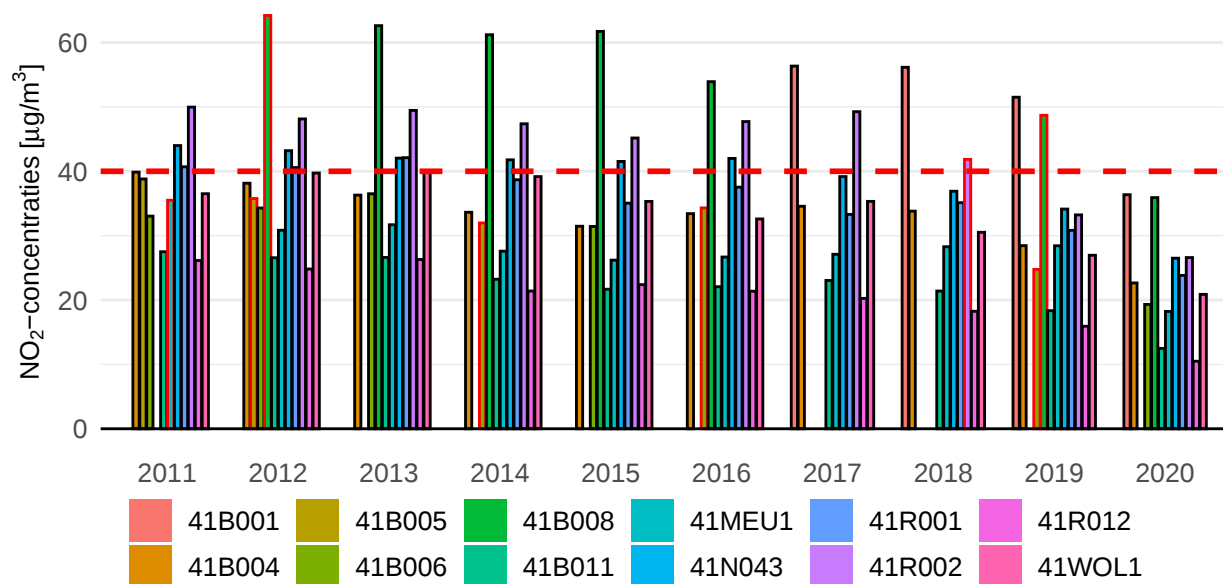


Figuur 4.5 – Jaargemiddelde NO_2 -concentraties voor het BHG voor alle stations gedurende de afgelopen 10 jaar [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De rode stippellijn geeft de Europese jaarlijkse grenswaarde aan, die identiek is aan de WGO-richtwaarde van 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

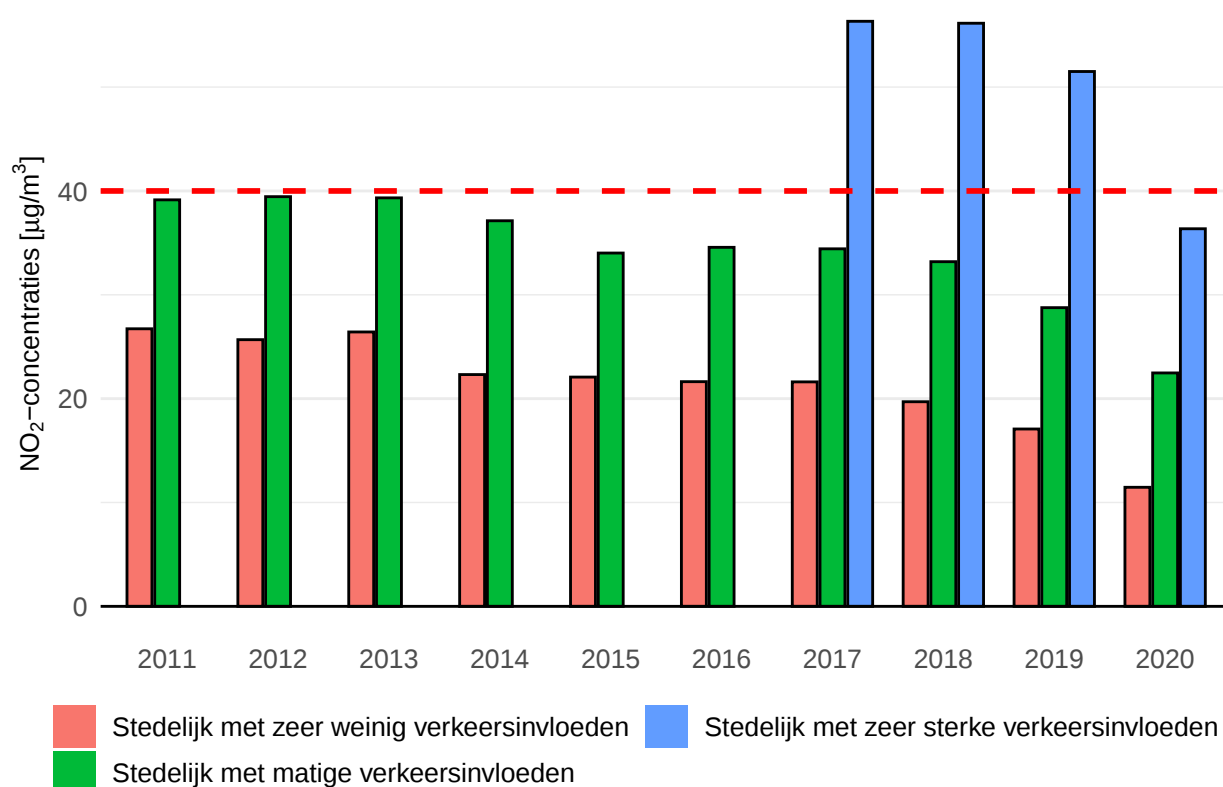
keer Kunst-Wet en Belliardstraat (althans in 2020). Er kan worden vastgesteld dat de jaargemiddelde concentraties die worden gemeten in de stations die het sterkst zijn blootgesteld aan het wegverkeer, in 2020 sterk zijn gedaald als gevolg van de uitvoering van de COVID-19-maatregelen.

4.4.2 Uurgrenswaarden

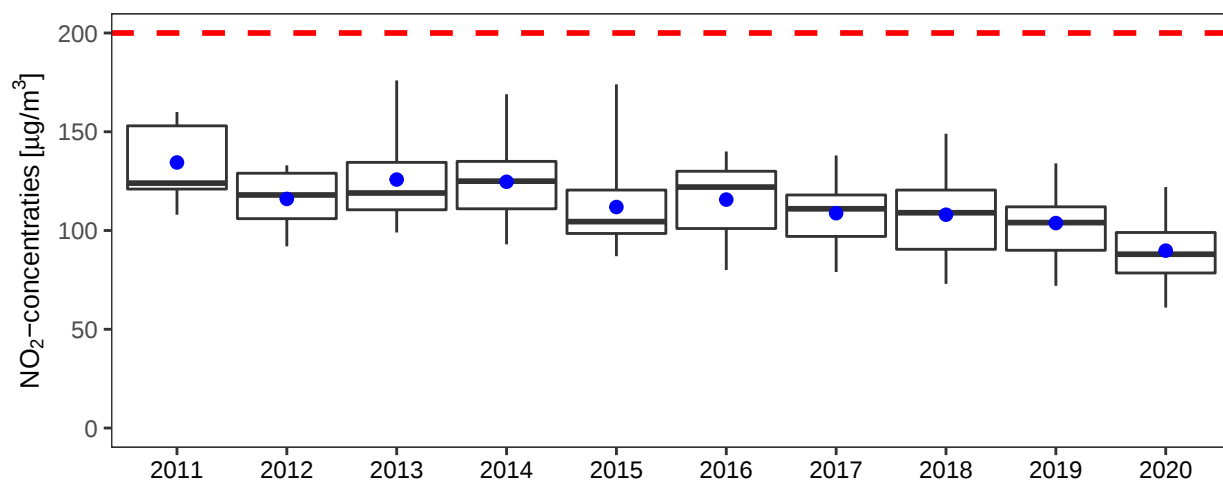
De boxplots van de 19e jaarlijkse maxima van de uurwaarden voor alle stations over de afgelopen 10 jaar zijn weergegeven in Figuur 4.8. Aangezien de Europese uurgrenswaarde toestaat dat er 18 overschrijdingen van de drempelwaarde van 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per jaar plaatsvinden, kan door vergelijking van het 19e maximum met deze drempelwaarde onmiddellijk worden nagegaan of de Europese norm al dan niet wordt overschreden. Er kan worden vastgesteld dat sinds 2011 zelfs de stations met de 19e hoogste maxima ruim onder de drempel van 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zijn gebleven; zij bereikten hoogstens een maximum van ongeveer 175 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De afgelopen 10 jaar is de Europese uurnorm dan ook in heel het BHG nageleefd. Dit betekent niet dat de drempelwaarde van 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ niet wordt overschreden, maar wel dat de stations altijd binnen de marge blijven van de 18 overschrijdingen die bij richtlijn 2008/50/EG zijn toegestaan. Tussen 2017 en 2019 werd de drempelwaarde van 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ echter in het geheel niet overschreden en voldeden alle meetstations aan de richtwaarde van de WGO. In 2020 werd deze drempel tweemaal overschreden in het station Kunst-Wet.



Figuur 4.6 – Jaargemiddelde NO₂-concentraties voor het BHG voor alle stations gedurende de afgelopen 10 jaar [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De rode stippellijn geeft de Europese jaarlijkse grenswaarde aan, die identiek is aan de WGO-richtwaarde van 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De omtrek van de balken is rood wanneer de minimale gegevensvastlegging van 85% niet is gehaald. Tabel 3.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.



Figuur 4.7 – Jaargemiddelde NO₂-concentraties van stations voor bepaalde milieutypen in het BHG gedurende de afgelopen 10 jaar [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De rode stippellijn geeft de Europese jaargrenswaarde aan die identiek is aan de richtwaarde van de WGO van 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De omtrek van de balken is rood wanneer de minimale gegevensvastlegging van 85% niet is gehaald. Tabel 3.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.



Figuur 4.8 – 19e hoogste uurgemiddelde NO₂-concentratie per jaar voor het BHG [µg/m³] gedurende de afgelopen 10 jaar. De rode stippellijn geeft de Europese jaarlijkse grenswaarde aan, die identiek is aan de WGO-richtwaarde van 200 µg/m³.

HOOFDSTUK 5: ZWEVENDE DEELTJES

5.1 TYPE VERONTREINIGENDE STOF

De studie van de concentraties van verontreinigende deeltjes is van cruciaal belang voor de bescherming van het milieu in het algemeen en voor de volksgezondheid in het bijzonder. Er werden op Europees en mondiaal niveau meetwaarden voor $PM_{2.5}$ en PM_{10} (zwevende deeltjes of fijne deeltjes) vastgelegd, gezien de verscheidenheid aan verbindingen die in de vorm van deeltjes in de atmosfeer aanwezig zijn. Deze meetwaarden zijn gebaseerd op een concentratiemeting bij 2.5 en 10 μm^1 .

In tegenstelling tot andere verontreinigende stoffen, zoals stikstofdioxide of ozon, die zuivere verbindingen zijn, omvatten fijne deeltjes per definitie een hele reeks zwevende vaste en vloeibare verbindingen in de atmosfeer, met verschillende chemische samenstellingen, fysische eigenschappen en van verschillende oorsprong.

Fijne deeltjes kunnen van **natuurlijke** oorsprong zijn (vulkanische activiteit, erosie, nevel afkomstig van de zee,...) of van **antropogene** oorsprong, d.w.z. dat ze door menselijke activiteiten worden veroorzaakt. Er wordt ook een onderscheid gemaakt tussen **primaire** deeltjes, die rechtstreeks in de atmosfeer worden uitgestoten, en **secundaire deeltjes**, d.w.z. deeltjes die in de atmosfeer worden gevormd op basis van verbindingen die reeds in de atmosfeer aanwezig zijn, wanneer de meteorologische omstandigheden (temperatuur, vochtigheid) gunstig zijn voor hun vorming. Secundaire minerale deeltjes kunnen worden gevormd uit nitraten (NO_3^-), die met name ontstaan bij de omzetting van stikstofoxiden, sulfaten (SO_4^{2-}), die met name ontstaan bij de omzetting van zwaveldioxide, en ammonium (NH_4^+), dat wordt gevormd uit ammoniak (NH_3) dat voornamelijk wordt uitgestoten bij het sproeien in de landbouw (met name van maart tot april). Secundaire organische deeltjes worden gevormd op basis van vluchtige organische stoffen (VOS).

In het algemeen behoren deeltjes van natuurlijke oorsprong meestal tot de grofste soort, d.w.z. de fractie tussen 2.5 en 10 μm . Secundaire minerale deeltjes bevinden zich meestal in de fijne fractie², d.w.z. minder dan 2.5 μm . Stofdeeltjes afkomstig van verbranding, voornamelijk van antropogene oorsprong (verkeer, verwarming, industrie), maken eveneens grotendeels deel uit van de fijne fractie.

In Brussel zijn $PM_{2.5}$ -deeltjes vooral afkomstig van het wegvervoer (29%), de verwarming van woningen (25%) en industriële processen (22%). PM_{10} -deeltjes zijn voornamelijk afkomstig van het wegvervoer (35%), industriële processen (21%) en residentiële verwarming (20%) (waarden uit de Brusselse emissie-inventarissen van 2018 [Leefmilieu Brussel, 2020a]). Hieruit blijkt dat de voornaamste verontreinigingsbronnen van fijne deeltjes zeer divers zijn, in tegenstelling tot bijvoorbeeld NO_x , dat voornamelijk (63%) uitgestoten wordt door één specifieke emissiebron, namelijk het wegverkeer (hoofdstuk 4.1). Dit houdt rechtstreeks verband met het feit dat fijne deeltjes een reeks van stoffen omvatten en geen zuivere verbinding zijn.

Fijne deeltjes kunnen neerslaan op natuurlijke ecosystemen, maar dit proces hangt sterk af van hun fysische en chemische aard. In het bijzonder nitraten, sulfaten en ammonium, deze kunnen verzuring en eutrofiëring van ecosystemen veroorzaken.

Wat de gezondheidseffecten betreft, geldt in het algemeen dat hoe fijner de deeltjes zijn, hoe dieper ze in het ademhalingsstelsel kunnen doordringen: grove deeltjes (van 2.5 tot 10 μm) worden meestal afgezet in de bovenste luchtwegen, terwijl de fijnste deeltjes (kleiner dan 2.5 μm) diep in het ademhalingsstelsel doordringen. Fijne deeltjes kunnen effecten hebben op gezondheid op korte en lange termijn. Op korte termijn (acute blootstelling) kunnen zij sommige gezondheidsproblemen verergeren wat betreft de luchtwegen zoals astma. Langetermijneffecten (chronische blootstelling) zijn veel belangrijker voor de gezondheid dan korte termijneffecten: het gaat onder meer om een verhoogd risico op hart- en vaatziekten, aandoeningen van de luchtwegen en longaandoeningen, waaronder longkanker [WHO, 2020], [EEA, 2019].

¹Fijne deeltjes zijn zelden sferisch. De aërodynamische diameter komt overeen met de diameter van een bolvormig deeltje met een unitaire dichtheid met gelijke terminale valsnelheid als het beschouwde deeltje.

²De term „fijne fractie” moet hier worden gelezen als tegengesteld aan „groe fractie” en staat los van de term „fijne deeltjes”, die zowel op $PM_{2.5}$ als op PM_{10} betrekking heeft. Deze vaak verkeerde term wordt nochtans vaak gebruikt.



5.2 EUROPESE VOORSCHRIFTEN EN WAARDEN DIE WORDEN AANBEVOLEN DOOR DE WGO

Zowel PM₁₀ als PM_{2.5} zijn onderworpen aan een reglementering op Europees niveau en aan door de WGO aanbevolen richtwaarden. De meting van fijn stof maakt deel uit van de Europese richtlijn 2008/50/EG (en de herziening daarvan 2015/1480/EG).

De richtlijn voorziet in twee grenswaarden voor PM₁₀ :

- een grenswaarde van 50 µg/m³ als daggemiddelde die niet meer dan 35 keer per jaar (35 dagen per jaar) mag worden overschreden,
- een grenswaarde van 40 µg/m³ als jaargemiddelde,

en een grenswaarde voor PM_{2.5} van 25 µg/m³ als jaargemiddelde (sinds 2015).

De door de WGO aanbevolen waarden zijn strenger dan de Europese waarden, zowel wat de grenswaarden als wat het aantal toegestane overschrijdingen betreft.

Voor PM₁₀ zijn de richtwaarden van de WGO :

- een richtwaarde van 50 µg/m³ als daggemiddelde die niet meer dan 3 keer per jaar (3 dagen per jaar) mag worden overschreden,
- een richtwaarde van 20 µg/m³ als jaargemiddelde.

Voor PM_{2.5} zijn de richtwaarden van de WGO :

- een richtwaarde van 25 µg/m³ als daggemiddelde, die niet meer dan 3 keer per jaar (3 dagen per jaar) mag worden overschreden,
- een richtwaarde van 10 µg/m³ als jaargemiddelde.

De jaarlijkse richtwaarde, van 10 µg/m³ in het bijzonder, is uiterst laag.

Richtlijn 2008/50/EG voorziet ook in de berekening van een „gemiddelde-blootstellingsindex” (GBI), een nationale streefwaarde die specifiek bedoeld is om de blootstelling van de bevolking aan PM_{2.5} te evalueren. De GBI is gedefinieerd als het gemiddelde over 3 jaar verspreid van de PM_{2.5}-concentraties gemeten in stations met een voor de stedelijke achtergrondverontreiniging representatieve omgeving in Brussel en in de twee andere gewesten. In het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG) zijn de in aanmerking genomen stations Ukkel (41R012) en Sint-Jans-Molenbeek (41R001), die representatief zijn voor de algemene blootstelling van de bevolking. Voor 2015 is voor België een grenswaarde van 20 µg/m³ vastgesteld, evenals een nationale verminderingdoelstelling dat in 2020 moet worden bereikt. Dit verminderingpercentage is berekend op basis van de volgende gegevens van 2009-2010-2011, wat voor België een basis-GBI van 19 µg/m³ oplevert. In deze reeks van waarden en volgens de criteria van de richtlijn vereist dit een vermindering met 20% tegen 2020, d.w.z. om een GBI van 15.2 µg/m³. In 2019 bedroeg de Belgische GBI al 13.1 µg/m³ en voldeed daarmee al aan de 2020-doelstelling [IRCEL-CELINE, 2020].

5.3 HUIDIGE METINGEN VAN PM₁₀

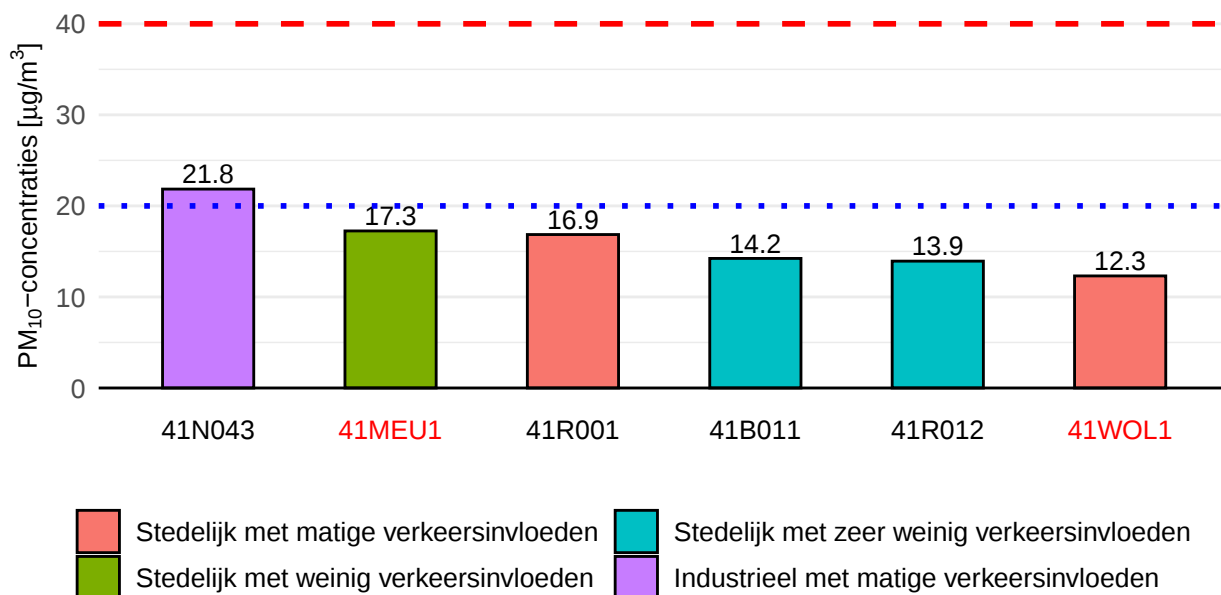
In dit deel analyseren we de PM₁₀-concentraties van fijne stofdeeltjes in het jaar 2020, meer bepaald in relatie tot de Europese grenswaarden en de door de WGO aanbevolen waarden. In 2020 is de jaarlijkse PM₁₀-concentratie gemiddeld met 13% gedaald ten opzichte van 2019, met andere woorden een daling die vergelijkbaar is met die tussen 2018 en 2019. Alle meetstations in Brussel voldeden aan de jaarlijkse en dagelijkse Europese grenswaarde voor PM₁₀. Bovendien werden de door de WGO aanbevolen jaarlijkse en dagelijkse waarden in alle meetstations, behalve Haren (41N043), gehaald.

5.3.1 Jaargemiddelden

De Europese jaarlijkse grenswaarde van 40 µg/m³ voor PM₁₀ wordt in 2020 in het BHG ruimschoots gehaald (Figuur 5.1). In feite is de naleving van de jaarlijkse grenswaarde van 40 µg/m³ al meer dan 10 jaar geen probleem meer, zoals zal blijken in paragraaf 5.4. Als de concentraties in 2020 worden vergeleken met de veel strengere door de WGO aanbevolen jaarwaarde van 20 µg/m³, blijkt bovendien dat alleen het station in Haren deze waarde overschrijdt met een jaargemiddelde van 21.8 µg/m³. Deze overschrijding (hoewel van lage intensiteit) is hoogst-waarschijnlijk te wijten aan het terug in suspensie brengen van de grovere deeltjes, die verband houdt met de omringende industriële activiteit en die van invloed is op de PM₁₀-deeltjesgroottefractie tussen 2.5 µm en 10 µm. Het station van Sint-Jans-Molenbeek komt op de tweede plaats en wijkt af van de 20 µg/m³ met een jaargemiddelde concentratie van 16.9 µg/m³. De andere stations voldoen ruimschoots aan



de door de WGO aanbevolen jaarwaarde met concentraties van $14.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ of minder. Opgemerkt zij dat de stations van Neder-Over-Heembeek (41MEU1) en Sint-Lambrechts-Woluwe (41WOL1) voor minder dan 85% gegevens hebben ontvangen en dat het bijgevolg niet mogelijk is conclusies te trekken over hun gemiddelde jaarconcentratie; deze worden ter indicatie vermeld. Voor het station van Sint-Lambrechts-Woluwe wordt, gezien de historische gegevens, verwacht dat de reële jaarlijkse gemiddelde concentratie van dezelfde orde van grootte zal zijn als voor Ukkel en Sint-Agatha-Berchem (41B011).



Figuur 5.1 – Jaargemiddelde PM₁₀-concentraties voor elke BHG-station in 2020 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De Europese jaarlijkse grenswaarde wordt aangegeven met de rode stippellijn en de door de WGO aanbevolen jaarlijkse waarde met de blauwe stippellijn. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 3.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

5.3.2 Daggemiddelden

Het aantal overschrijdingsdagen voor elk meetstation in 2020 2019 van de dagelijkse grenswaarde of de door de WGO aanbevolen dagwaarde van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (met respectievelijk 35 of 3 toegestane overschrijdingsdagen) is weergegeven in Figuur 5.2. Geconstateerd kan worden dat de Europese daggrenswaarde in alle meetstations ruimschoots wordt gerespecteerd, met een maximum van slechts 11 overschrijdingen in Haren, terwijl de richtlijn 35 overschrijdingen toestaat. Deze daggrenswaarde wordt sinds 2014 in Brussel nageleefd.

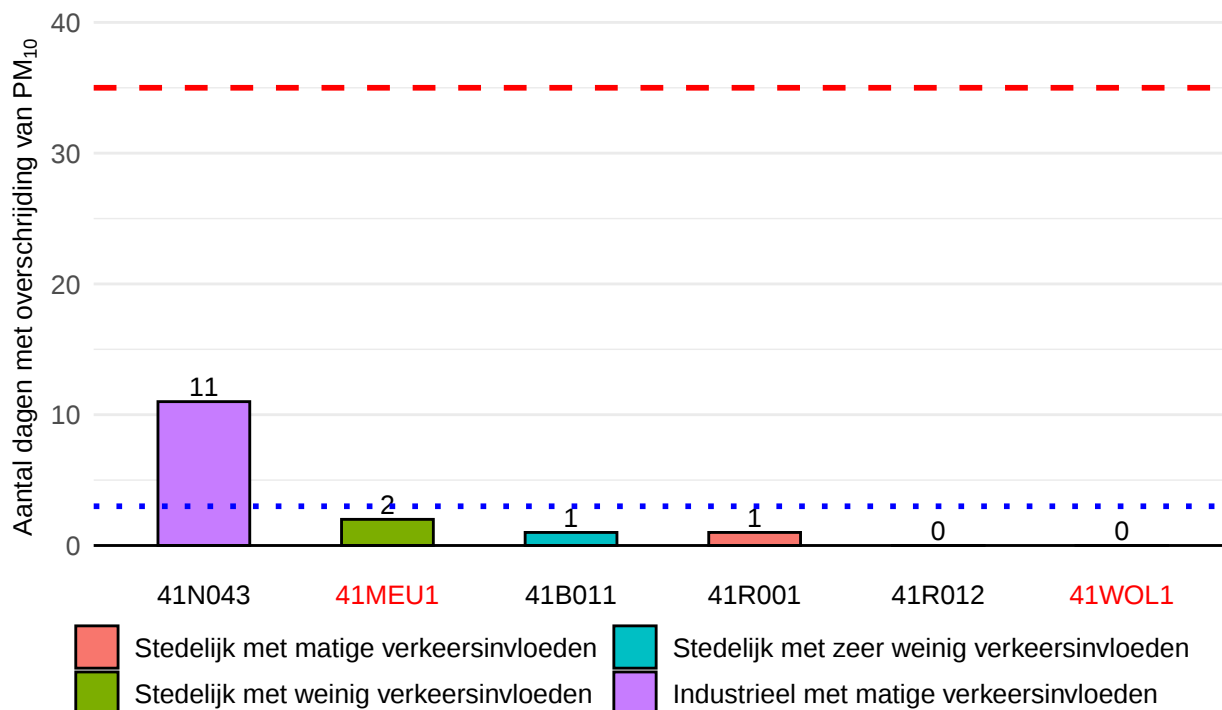
Van de door de WGO aanbevolen dagwaarde mogen er slechts 3 per jaar worden overschreden en het station Haren overschrijdt deze waarde ruimschoots. De andere meetstations voldoen aan de WGO-waarde met geen overschrijding in Ukkel en 1 overschrijding in Sint-Jans-Molenbeek en Sint-Agatha-Berchem. De stations in Neder-Over-Heembeek en Sint-Lambrechts-Woluwe overschrijden de 3 overschrijdingen per jaar evenmin, maar aangezien deze stations niet over de vereiste 85% gegevens beschikken, is het niet mogelijk hieruit conclusies te trekken.

Ter informatie worden de maximale daggemiddelde concentraties (d.w.z. de hoogste dagelijks gemeten BHG-waarden in alle stations) weergegeven in Figuur 5.3.

5.4 HISTORISCHE METINGEN VAN PM₁₀

In dit deel analyseren we de ontwikkeling van de PM₁₀-concentraties van fijne zwevende deeltjes in de afgelopen tien jaar. In het algemeen nemen de concentraties van fijne deeltjes in het BHG duidelijk af, in België [IRCEL-CELINE, 2020] en in Noordwest-Europa [EEA, 2020], als gevolg van de maatregelen van vermindering van de emissies en technologische vooruitgang (verbetering van met name deeltjesfilters). In het BHG wordt de Europese jaarlijkse grenswaarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor PM₁₀ (zie Figuur 5.4) en de daggrenswaarde van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (die niet meer dan 35 keer per jaar mag worden overschreden) al meer dan 10 jaar gerespecteerd met ingang van 2014 (zie Figuur 5.7).





Figuur 5.2 – Aantal dagen met overschrijding van de PM₁₀-concentraties van de daggrenswaarde voor elk station van het BHG in 2020 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. Het aantal door de Europese richtlijn 2008/50/EG toegestane overschrijdingsdagen (35) wordt aangegeven door de rode stippellijn en het aantal door de WGO (3) toegestane overschrijdingen wordt aangegeven door de blauwe stippellijn. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 3.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

5.4.1 Jaargemiddelden

De zeer duidelijke daling van de concentraties van fijn stof in de loop der jaren is te zien in de Figuren 5.4 en 5.5, waarin de jaarlijkse concentraties voor alle stations in het BHG zijn weergegeven. Behalve in 2011, toen het station van Haren de jaargrenswaarde benaderde (met een jaarconcentratie van $39.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), maar alle andere stations bleven de rest van de tijd ruimschoots binnen de jaargrenswaarde. Bovendien betekent deze voortdurende verbetering van de concentraties dat steeds meer stations voldoen aan de door de WGO aanbevolen jaarlijkse waarde van $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

5.4.2 Daggemiddelden

De Figuren 5.6 en 5.7 tonen het aantal dagen waarop de daggrenswaarde van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ werd overschreden, respectievelijk voor elk meetstation afzonderlijk en in de vorm van „boxplots”. Uit deze cijfers, en met name uit de eerste, blijkt dat, afgezien van een eenmalige overschrijding op het station Sint-Jans-Molenbeek in 2011, het vooral het station Haren was dat de naleving van de Europese daggrenswaarde belette, dit door de toegestane 35 dagen ruimschoots te overschrijden. In 2014 voldeed het station van Haren nipt aan de Europese norm met 33 overschrijdingen, maar sinds 2015 blijven alle stations ver verwijderd van de 35-dagen overschrijding. Dit werd onder meer mogelijk gemaakt door de invoering van maatregelen ter beperking van de emissies van industriële activiteiten in de omgeving van het station van Haren (zie bijlage „Emissiebeperkende maatregelen in Haren”).

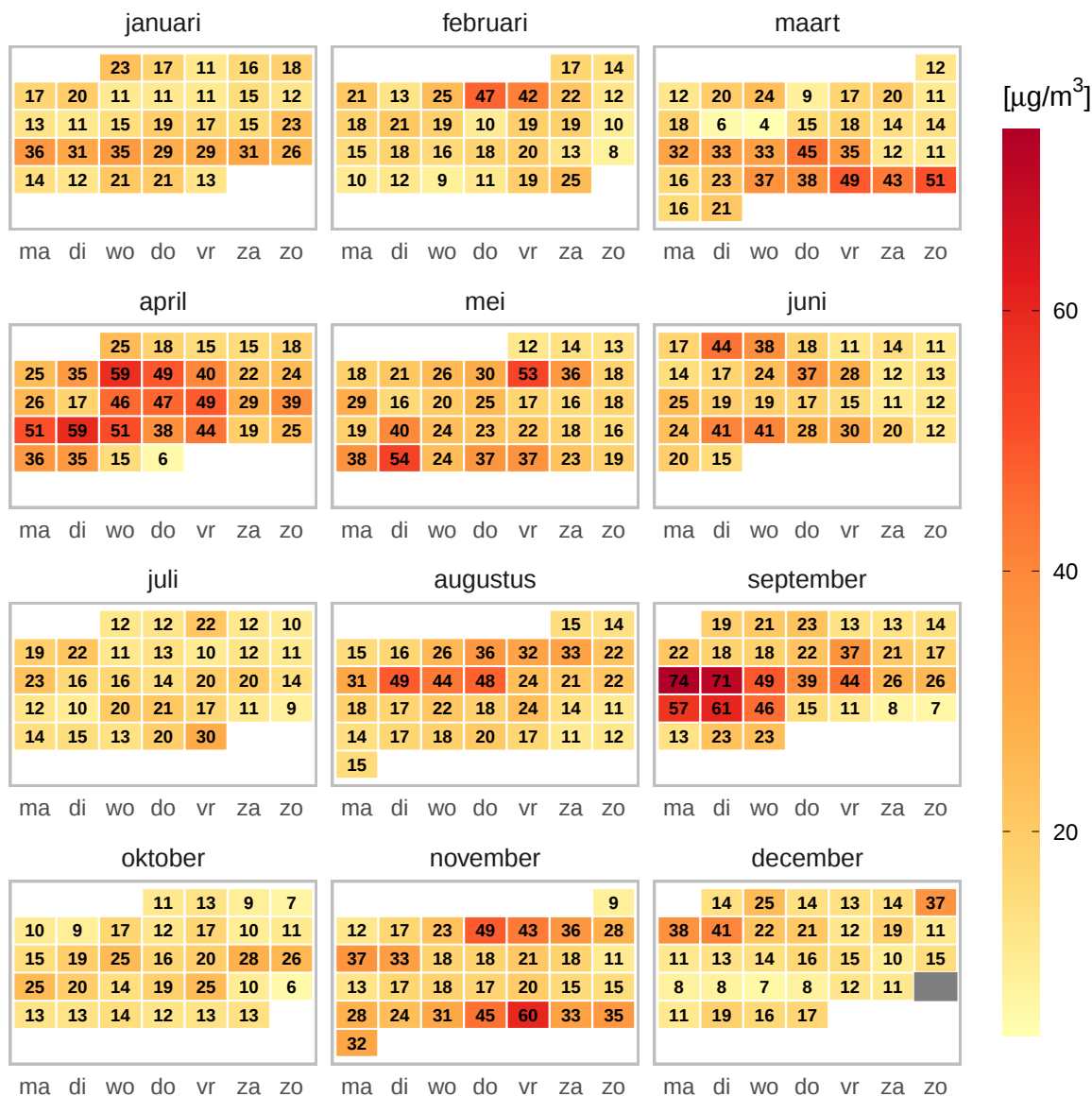
Er wordt opnieuw een voortdurende verbetering van de luchtkwaliteit met betrekking tot de PM₁₀-concentraties vastgesteld en dit in het kader van het onderzoek naar het aantal dagen dat de norm van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wordt overschreden : in 2020 overschrijdt slechts één meetstation de door de WGO aanbevolen dagelijkse waarde (zie Figuur 5.2). Voor de meetstations waar de minimale gegevensregistratie niet 85% bereikte, had Sint-Lambrechts-Woluwe in 2019 de 3 toegestane overschrijdingen per jaar gehaald en Neder-Over-Heembeek had ze overschreden.

Maatregelen ter beperking van de uitstoot in Haren

De inspecties hebben een lijst opgeleverd van locaties en bedrijven die de meeste risico's lopen wat betreft het genereren of terug in suspensie brengen van fijne deeltjes (prioritaire locaties). Er werd nagegaan of werd voldaan aan de exploitatievoorwaarden, die zijn vastgelegd in de milieuvergunningen van deze prioritaire vestigingen en bedrijven, en meer bepaald of werd voldaan aan de voorwaarden inzake

Maximale daggemiddelde concentraties van PM₁₀

2020

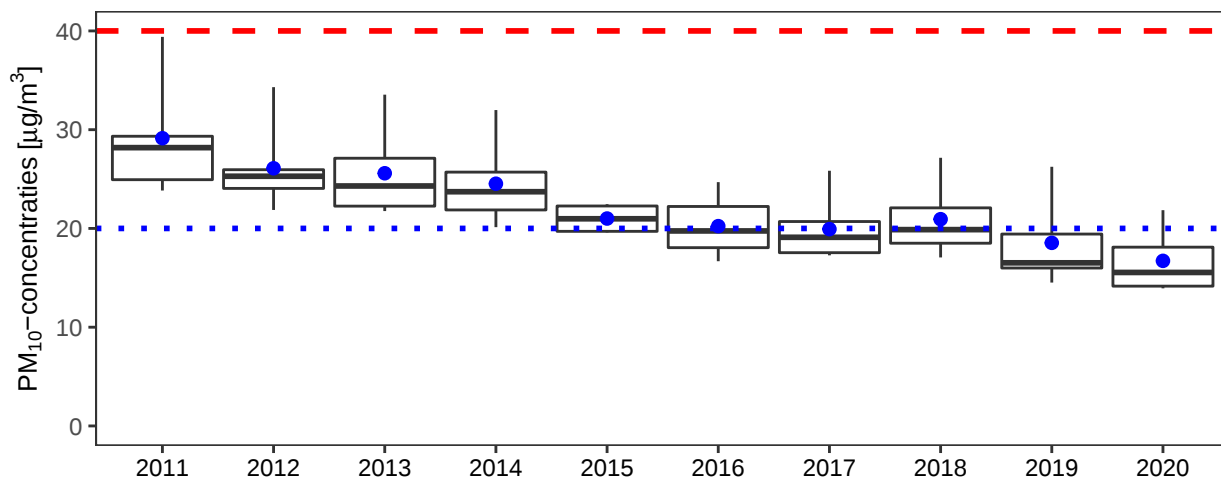


Figuur 5.3 – Maximale daggemiddelde PM₁₀-concentraties voor alle stations in het BHG in 2020 [µg/m³]. Grijs vakken betekenen dat de 75%-uurgegevens die nodig zijn voor de berekening van het daggemiddelde op geen enkel meetstation beschikbaar waren.

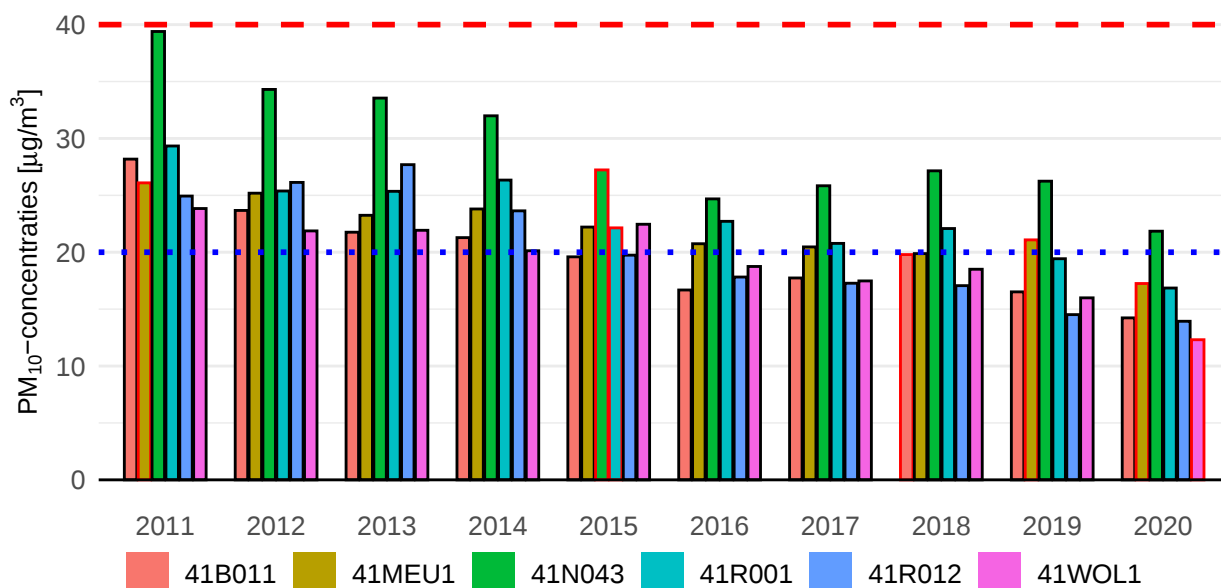
stofbeheersing.

Uit de controle bleek dat de exploitatievoorwaarden, vastgelegd in de vergunningen, niet altijd werden nageleefd en vaak ontoereikend waren. Bovendien vielen sommige stofbronnen, zoals laad- en loskades of toegangswegen, buiten het toepassingsgebied van milieuvergunningen en dus niet onder enige verplichtingen of controle (geen bindend juridisch kader).

Sinds eind 2013 worden de zogenaamde prioritaire locaties en bedrijven gecontacteerd met de bedoeling hen bewust te maken van het probleem van fijn stof en met hen te bespreken welke maatregelen moeten worden genomen om het terug in suspensie brengen van deeltjes in de lucht te beperken. Er moet rekening mee worden gehouden dat, indien nieuwe verplichtingen worden opgelegd, het risico bestaat dat tegen deze verplichtingen beroep wordt aangetekend, aangezien deze aanzienlijke kosten met zich meebrengen om ze uit te voeren. Een dialoog met de bedrijven was dan ook van essentieel belang om hen bewust te maken van de problematiek van de luchtverontreiniging en om ervoor te zorgen dat ze zouden instemmen om doeltreffende maatregelen te nemen om het terug in suspensie brengen van fijne deeltjes te verminderen. Naast deze campagne om bestaande milieuvergunningen te wijzigen, werd speciale aandacht besteed aan nieuwe aanvragen voor milieuvergunningen in het voorhavengebied. Sinds 2014 is immers elke nieuwe activiteit, die misschien kan leiden tot het genereren of terug in suspensie



Figuur 5.4 – Jaarlijkse PM_{10} -concentraties op alle stations voor BHG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De Europese jaarlijkse grenswaarde wordt aangegeven met de rode stippellijn en de door de WGO aanbevolen jaarlijkse waarde met de blauwe stippellijn.



Figuur 5.5 – Jaarlijkse PM_{10} -concentraties voor alle stations in het BHG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De Europese jaarlijkse grenswaarde wordt aangegeven met de rode stippellijn en de door de WGO aanbevolen jaarlijkse waarde met de blauwe stippellijn. De omtrek van de balken is rood wanneer de minimale gegevensvastlegging van 85% niet is gehaald. Tabel 3.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

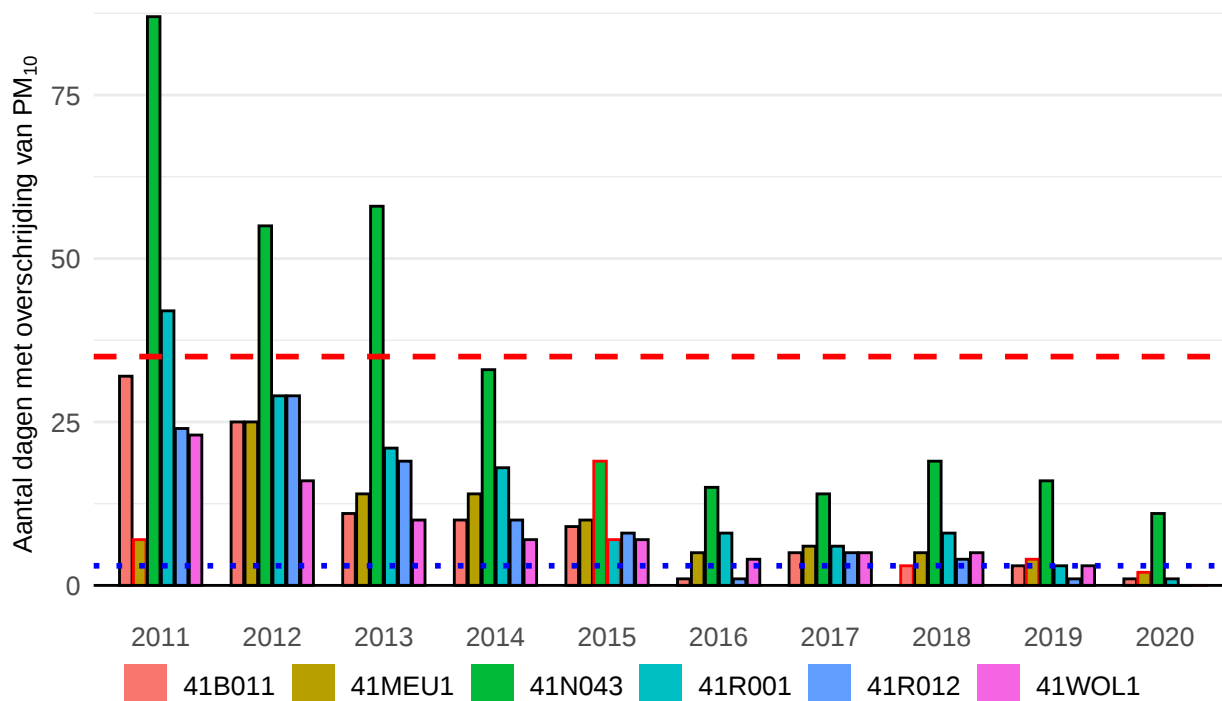
brengen van fijne deeltjes, onderworpen aan strikte exploitatievoorwaarden (verhoging van de wanden die de opslagzones afbakenen, asfaltering en regelmatige reiniging van de interne wegen van het bedrijf, bevochtiging van de opslagplaatsen en de toegangen, reiniging van de wielen van de vrachtwagens, ...).

5.5 HUDIGE METINGEN $PM_{2.5}$

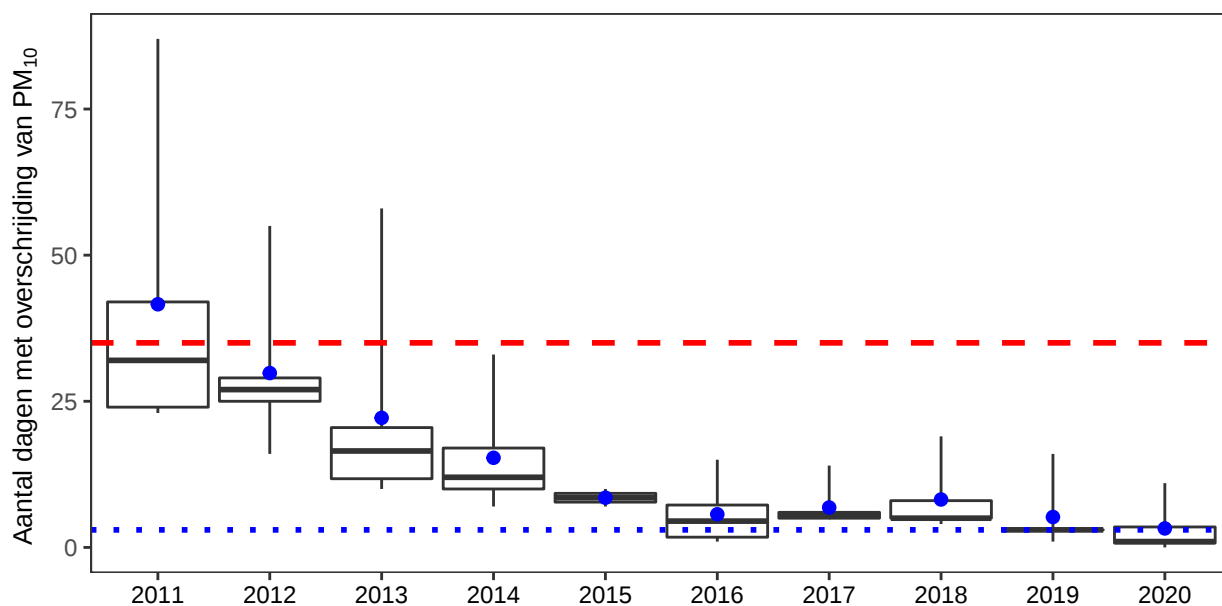
In dit deel analyseren we de concentraties van fijne zwevende deeltjes $PM_{2.5}$, in het jaar 2020, meer bepaald ten opzichte van de Europese grenswaarden en de door de WGO aanbevolen waarden. In 2020 is de jaarlijkse $PM_{2.5}$ -concentratie met gemiddeld 20% gedaald ten opzichte van 2019, tegenover een daling met 11% tussen 2018 en 2019. Deze zeer uitgesproken gemiddelde daling in 2020 is met name toe te schrijven aan het station van Haren, dat van een daling met 4% tussen 2018 en 2019 naar een daling met 24% tussen 2019 en 2020 is gegaan³. Alle meetstations van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG) hebben voldaan aan de jaarlijkse EU-grenswaarde van $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor $PM_{2.5}$. De uiterst strenge door de WGO aanbevolen jaarwaarde van $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ werd gehaald in de stations van Sint-Jans-Molenbeek, Sint-Agatha-Berchem en Ukkel. Ter vergelijking: de minimale jaarlijkse $PM_{2.5}$ -concentratie die in 2020 in België is gemeten, bedroeg $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en de maximale

³Het is echter interessant op te merken dat de sterkste maandelijkse reducties (tussen 2019 en 2020) in het station van Haren niet werden bereikt tijdens de strikte Lock Down, maar wel in februari en oktober 2020.





Figuur 5.6 – Aantal dagen met overschrijding van de PM₁₀-concentraties van de daggrenswaarde voor elk station van het BHG in de afgelopen 10 jaar. Het aantal door de Europese richtlijn toegestane overschrijdingsdagen 2008/50/EG (35) is aangegeven met de rode stippellijn. Het aantal door de WGO toegestane overschrijdingsdagen wordt aangegeven door de blauwe stippellijn. De omtrek van de staafjes van het station is in het rood wanneer de minimale gegevensinvoer van 85% niet wordt gerespecteerd en dat het aantal dagen waarmee het wordt overschreden, niet meer bedraagt dan het aantal dagen dat de Europese norm toelaat. Tabel 3.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.



Figuur 5.7 – Aantal dagen dat de PM₁₀-concentratie de daggrenswaarde overschreed voor elk station van het BHG gedurende de afgelopen 10 jaar. Het aantal door de Europese richtlijn 2008/50/EG (35) toegestane overschrijdingsdagen wordt weergegeven door de rode stippellijn. Het aantal door de WGO toegestane overschrijdingsdagen wordt weergegeven door de blauwe stippellijn.

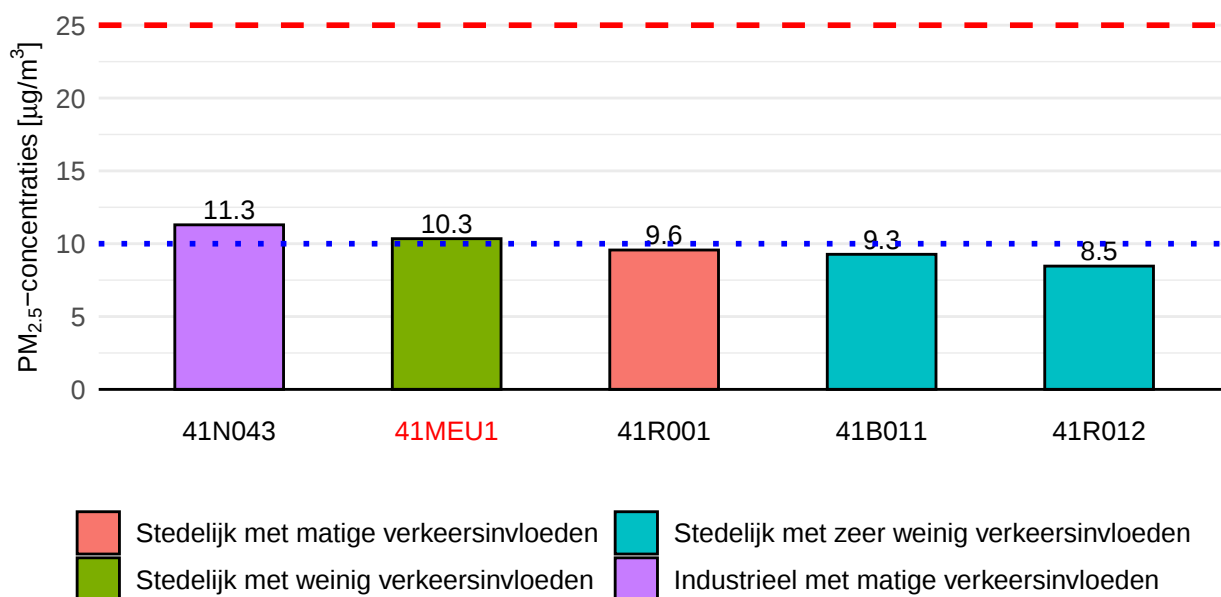
jaarlijkse concentratie bedroeg 14 µg/m³. De jaarlijkse PM_{2,5}-concentraties die in België worden gemeten, zijn dan ook uiterst laag.

5.5.1 Jaargemiddelden

Uit Figuur 5.8 blijkt dat de Europese jaargrenswaarde van 25 µg/m³ in 2020 in alle meetstations ruimschoots werd gehaald, met een maximaal geregistreerd jaargemiddelde in Haren van 14.8 µg/m³ (de gemeten jaarcon-



concentratie in Neder-Over-Heembeek, 41MEU1, is slechts indicatief omdat het station niet beschikt over 85% van de gegevens die nodig zijn voor de berekening ervan). Wat betreft de door de WGO aanbevolen waarde van 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (uiterst strenge waarde), deze wordt gerespecteerd in de stations van Sint-Jans-Molenbeek, Sint-Agatha-Berchem en Ukkel.



Figuur 5.8 – Jaargemiddelde PM_{2.5}-concentraties voor elke BHG-locatie in 2020 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De Europese jaarlijkse grenswaarde wordt weergegeven door de rode stippellijn en de door de WHO aanbevolen jaarlijkse waarde wordt weergegeven door de blauwe stippellijn. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 3.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

5.5.2 Daggemiddelden

De Europese richtlijn 2008/50/EG voorziet niet in een dagwaarde voor PM_{2.5}. Alleen de WGO beveelt een dagelijkse waarde van 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aan die niet meer dan 3 keer per jaar mag worden overschreden. Deze waarde wordt ruimschoots overschreden in alle Brusselse stations in 2020, met inbegrip van de stedelijke achtergrondstations (Ukkel en Sint-Agatha-Berchem, zie Figuur 5.9). Er zij op gewezen dat ook in de overgrote meerderheid van de meetstations in België de grenswaarde wordt overschreden.

5.6 HISTORISCHE METINGEN VAN PM_{2.5}

In dit deel analyseren we de ontwikkeling van de PM_{2.5}-concentraties van fijne zwevende deeltjes in de afgelopen tien jaar. In het algemeen nemen de fijnstofconcentraties duidelijk af in BHG, België [IRCEL-CELINE, 2020] en Noordwest-Europa [EEA, 2020], als gevolg van emissiebeperkende maatregelen en technologische vooruitgang (bv. betere deeltjesfilters in auto's). In Brussel wordt de Europese jaargrenswaarde van 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor PM_{2.5} al meer dan tien jaar nageleefd, lang voor ze in 2015 van kracht werd.

5.6.1 Jaargemiddelden

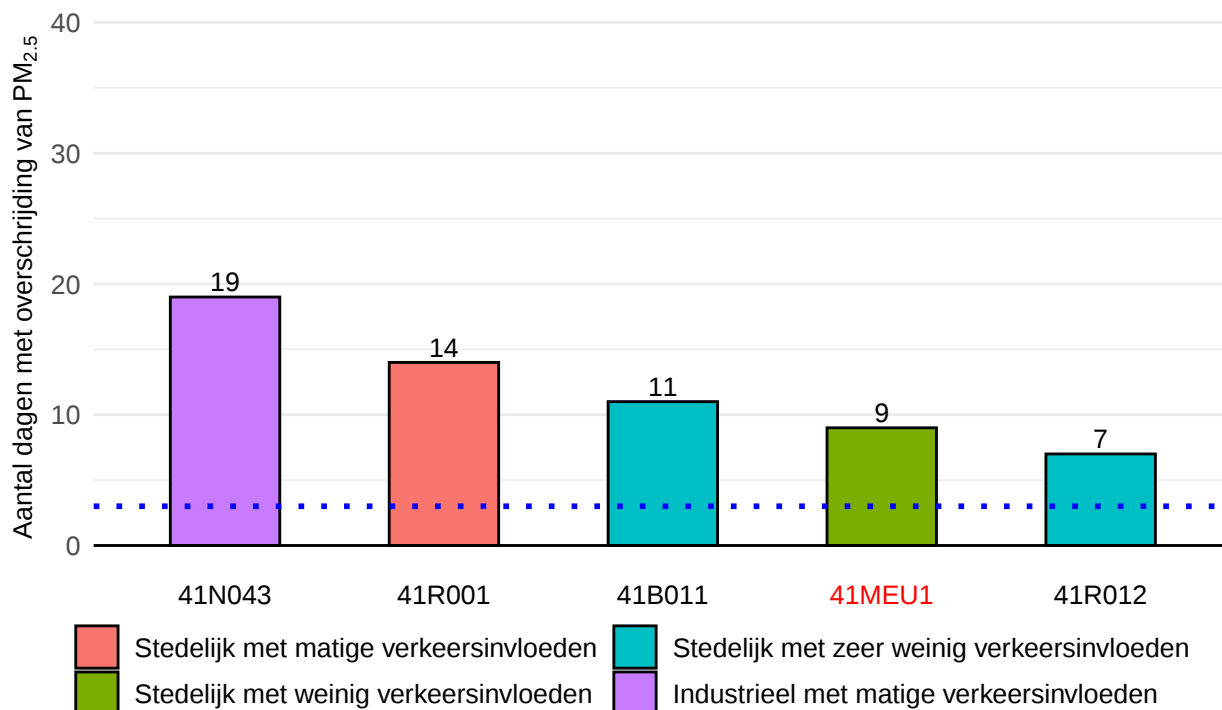
Veranderingen in de jaarlijkse PM_{2.5}-concentraties gedurende de afgelopen 10 jaar zijn te zien in de Figuren 5.10 en 5.11, respectievelijk afzonderlijk voor elk station en in de vorm van „boxplots”. Er kan worden vastgesteld dat de Europese jaargrenswaarde van 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ al meer dan 10 jaar in alle stations wordt nageleefd, en in het bijzonder sinds de inwerkingtreding ervan in 2015. Alleen het station van Sint-Jans-Molenbeek haalde het in 2011, zonder het te overschrijden.

De opmerkelijke verbetering van de PM_{2.5}-concentraties in alle stations over de jaren heen is ook te zien in deze cijfers: terwijl vóór 2015 in alle stations jaargemiddelde concentraties werden gemeten die zich doorgaans tussen 15 en 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bevonden, liggen deze in 2020 doorgaans tussen 10 en 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In 2020 liggen de jaarlijkse concentraties tussen 9 en 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$: alleen Haren overschrijdt de jaarlijkse door de WGO aanbevolen waarde van 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

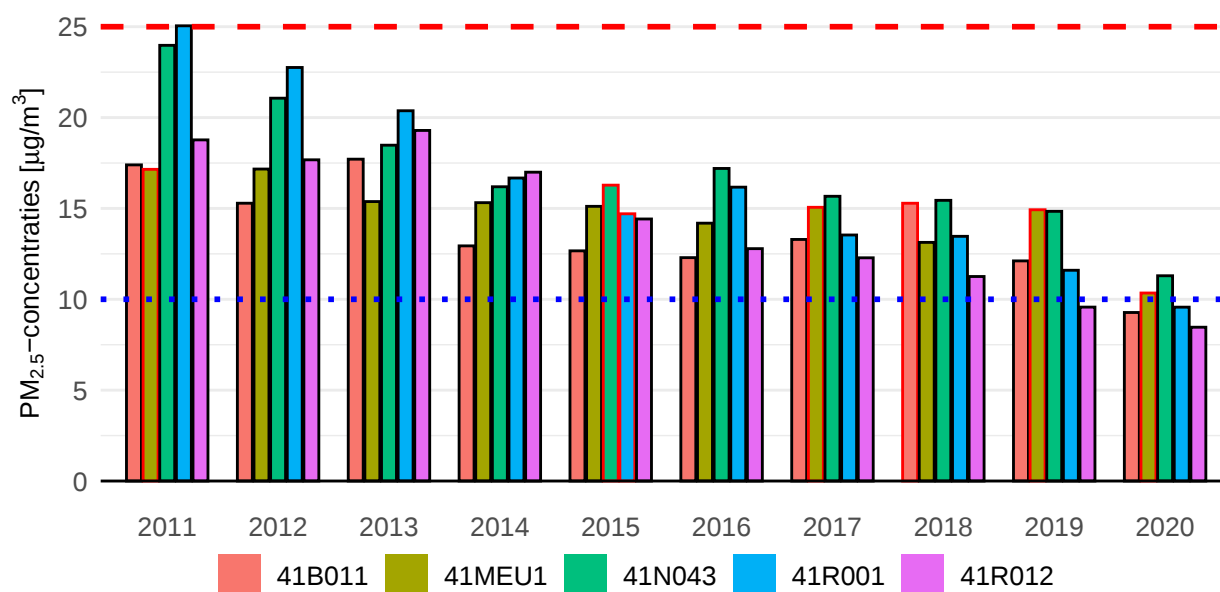
5.6.2 Daggemiddelden

Zoals reeds vermeld in paragraaf 5.5.2, voorziet de richtlijn op korte termijn niet in een grenswaarde voor PM_{2.5}. Het aantal dagen met overschrijding van de door de WGO aanbevolen dagwaarde van 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gedurende de





Figuur 5.9 – Aantal dagen met overschrijding van de door de WGO aanbevolen dagwaarde voor PM_{2.5} van 25 µg/m³ voor elk BHG-station in 2020. Het aantal door de WGO toegestane overschrijdingen (3) wordt aangegeven door de blauwe stippellijn. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 3.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.



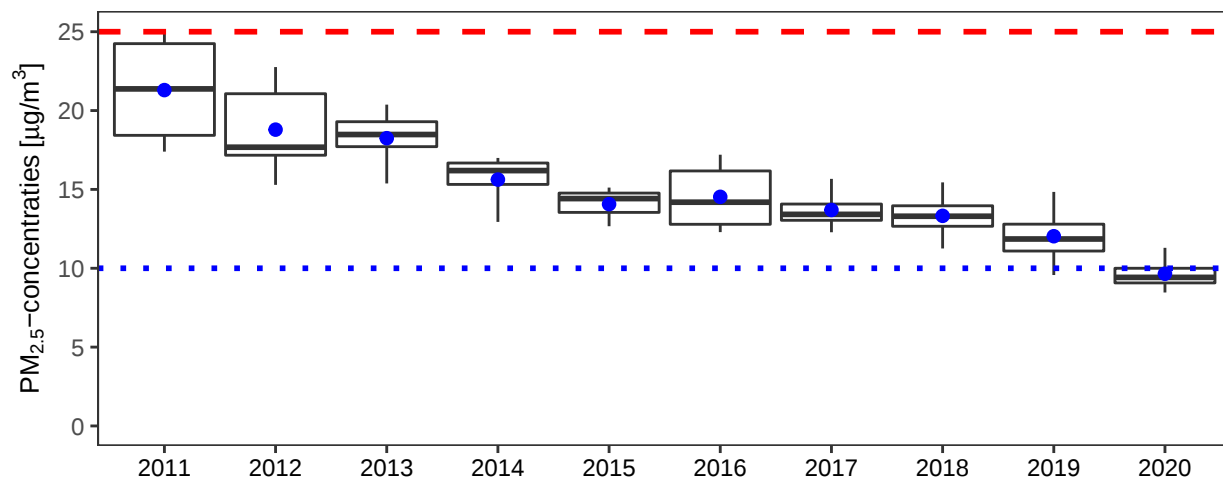
Figuur 5.10 – Jaargemiddelde PM_{2.5}-concentraties voor alle stations in het BHG [µg/m³]. De Europese jaarlijkse grenswaarde wordt weergegeven door de rode stippellijn en de door de WHO aanbevolen waarde door de blauwe stippellijn. De omtrek van de balken is rood wanneer de minimale gegevensvastlegging van 85% niet is gehaald. Tabel 3.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

afgelopen 10 jaar wordt voor elk station afzonderlijk en in de vorm van „boxplots” weergegeven in respectievelijk de 5.12 en 5.13. Er kan worden vastgesteld dat, ondanks de duidelijke verbetering van de daggemiddelde PM_{2.5}-concentraties in de loop van de tijd en de sterke daling van het aantal overschrijdingen van de WGO-aanbevolen waarde, alle meetstations nog ver verwijderd zijn van de 3 toegestane overschrijdingen.

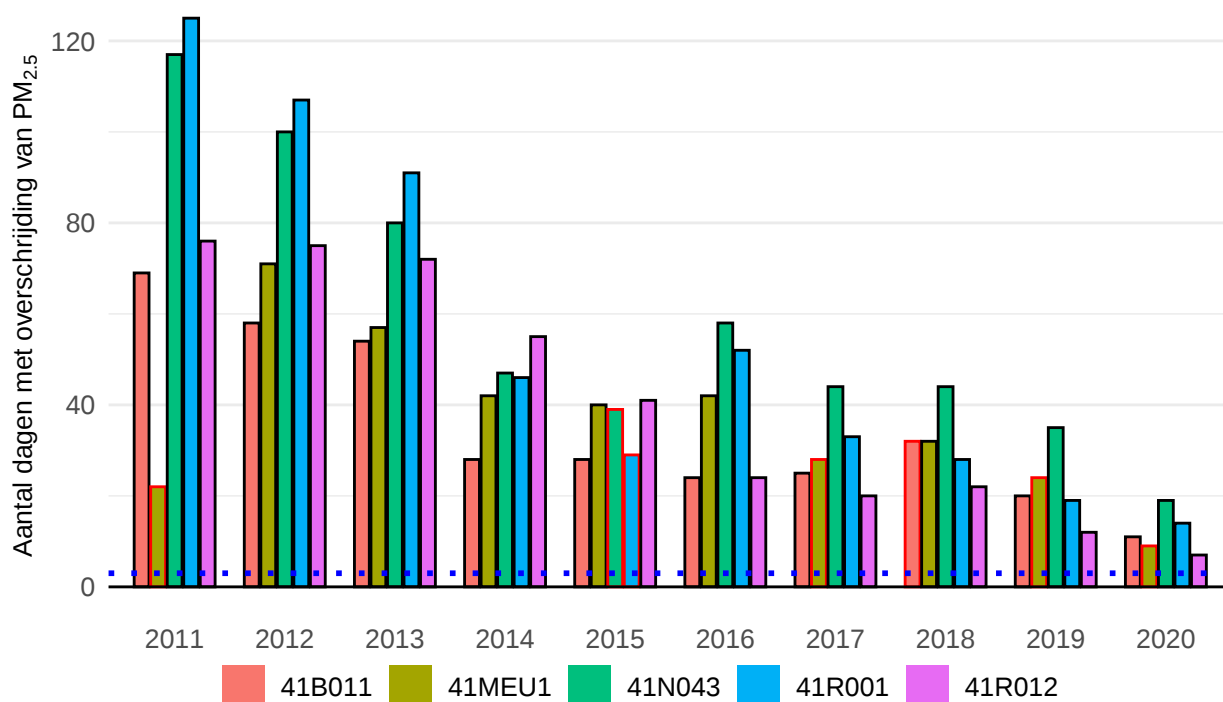
5.6.3 Indicator van de gemiddelde blootstelling in Brussel

Figuur 5.14 toont de veranderingen in de gemiddelde jaarlijkse concentraties in de stations van Ukkel en Sint-Jans-Molenbeek (gegevens in donkerblauw). De gemiddelde concentratie over 3 jaar wordt aangegeven door de



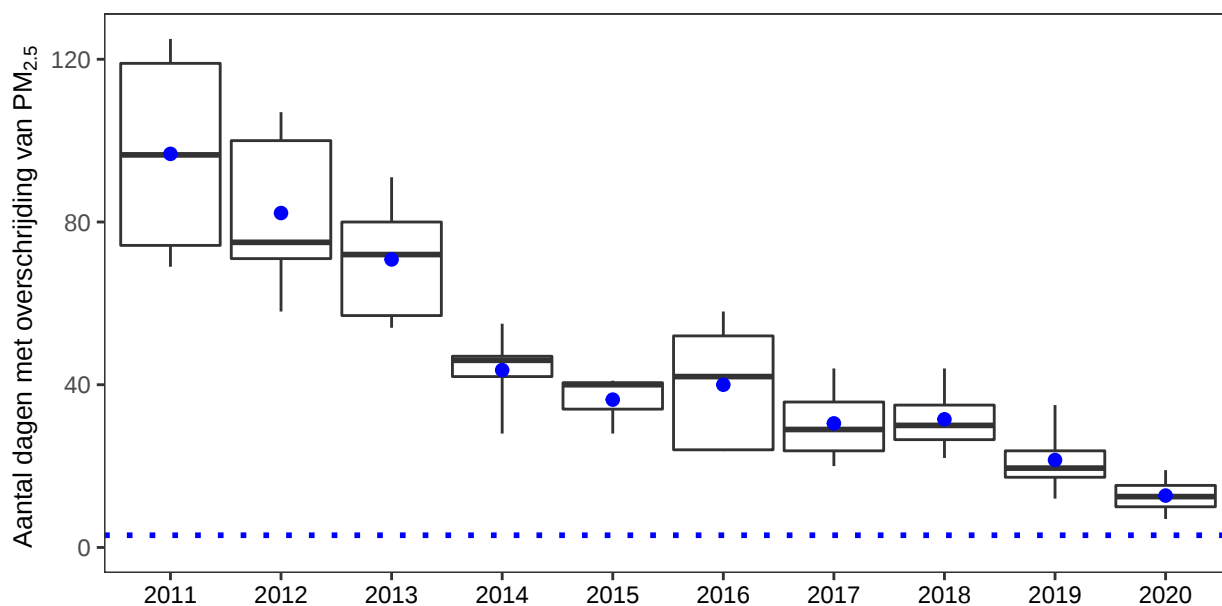


Figuur 5.11 – Jaargemiddelde $PM_{2.5}$ -concentraties voor alle stations voor het BHG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De Europese jaarlijkse grenswaarde wordt aangegeven met de rode stippellijn en de door de WGO aanbevolen waarde met de blauwe stippellijn.

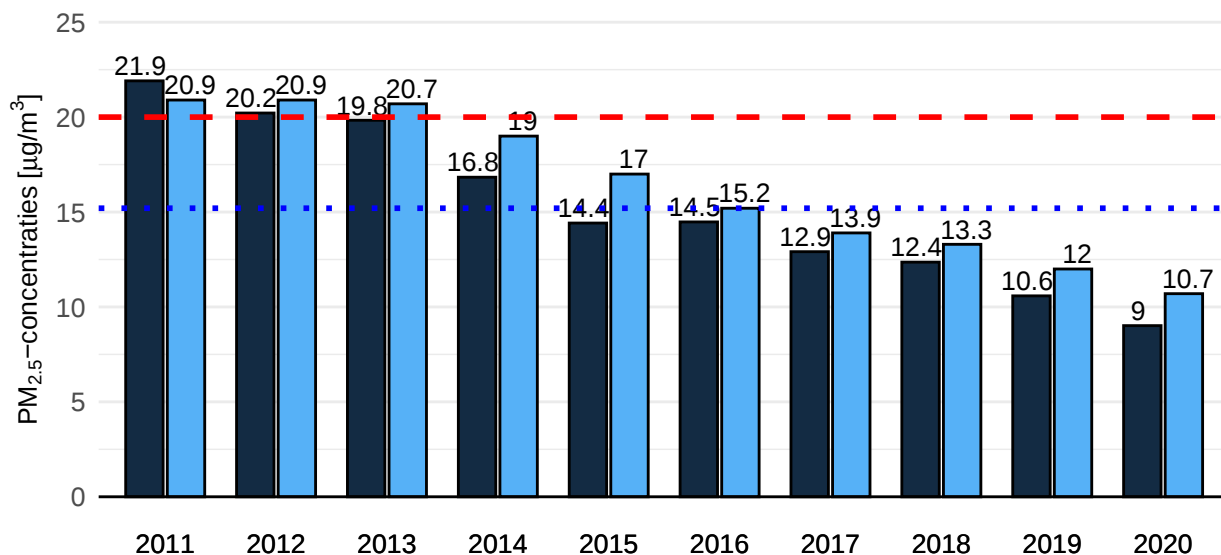


Figuur 5.12 – Aantal dagen met overschrijding van de door de WGO aanbevolen dagelijkse waarde voor $PM_{2.5}$ van $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor elk station in het BHG gedurende de laatste 10 jaar. Het aantal door de WGO toegestane overschrijdingen (3) wordt aangegeven door de blauwe stippellijn. De omtrek van de balken is rood wanneer de minimale gegevensvastlegging van 85% niet is gehaald. Tabel 3.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

lichtblauwe balken en vertegenwoordigt de gemiddelde-blootstellingsindex (GBI) voor Brussel. Strikt genomen is de GBI nationaal gedefinieerd, maar het is interessant de Brusselse waarden te vergelijken met de nationale streefcijfers voor 2015 en 2020 van respectievelijk 20 en $15.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Het GBI dat alleen voor Brussel is berekend, beantwoordt aan de twee doelstellingen voor 2015 en 2020 voor de blootstelling van de bevolking aan $PM_{2.5}$.



Figuur 5.13 – Aantal dagen met overschrijding van de door de WHO aanbevolen dagwaarde voor PM_{2.5} van 25 µg/m³ voor alle stations in het BHG gedurende de laatste 10 jaar [µg/m³]. Het aantal door de WGO toegestane overschrijdingen (3) wordt aangegeven door de blauwe stippellijn. Jaren waarin de minimale gegevensregistratie van 85% niet is gehaald, zijn in het rood aangegeven.



Figuur 5.14 – Jaargemiddelde PM_{2.5}-concentraties gemiddeld voor de stations van Ukkel en Sint-Jans-Molenbeek [µg/m³] (donkerblauwe balken). De GBI voor de Brusselse stations, d.w.z. het driejaarsgemiddelde van de jaarlijkse concentraties voor de beschouwde stations, wordt weergegeven door de lichtblauwe balken. De rode stippellijn geeft de Belgische doelstelling voor 2015 aan, de blauwe stippellijn de doelstelling voor België in 2020.

HOOFDSTUK 6: OZON

6.1 AARD VAN DE VERONTREINIGENDE STOF

Ozon (O_3) is een oxiderend gas dat betrokken is bij de afbraak van organisch materiaal en daardoor irriterend is voor levende organismen (zowel mensen als dieren, gewassen of bossen).

Ozon is een **secundaire** verontreinigende stof, d.w.z. dat het niet rechtstreeks in de atmosfeer wordt uitgestoten, maar wordt gevormd door fotochemische reactie met andere **precursor**-verontreinigende stoffen. Deze ozonvorming vindt plaats in de troposfeer en wordt daarom troposferisch ozon genoemd, in tegenstelling tot stratosferisch ozon (de „ozonlaag”), dat noodzakelijk is voor het leven op aarde door het filteren van hoog-energetische ultraviolette (UV) straling. In de troposfeer wordt ozon voornamelijk geproduceerd op warme, zonnige dagen in aanwezigheid van precursoren, waarvan stikstofdioxide (NO_x , zie hoofdstuk 4) en de vluchtige organische stoffen (VOS).

Ozon wordt altijd geproduceerd door de reactie van de zuurstofmolecule O_2 met een zuurstofatoom O [Sportisse, 2007]. Zuurstofatomen worden geproduceerd door de fotochemische dissociatie (onder invloed van ultraviolette zonnestraling) van NO_2 -moleculen, zoals beschreven in de chemische reactievergelijkingen (6.1) en (6.2) :



Stikstofmonoxide wordt echter zelf snel geoxideerd door O_3 volgens (6.3) :



We zien dus dat NO_x een precursor maar ook een consument-effect heeft op O_3 . Er ontstaat dus een chemisch evenwicht tussen deze verontreinigende stoffen.

In de praktijk is de atmosferische chemie van ozon complex en zijn er veel verschillende soorten bij deze evenwichten betrokken. Daarom spelen vluchtige organische stoffen (VOS, b.v. methaan, etheen, formaldehyde, isopreen, enz.) een belangrijke rol bij de vorming van ozon. In de oxidatieketen van VOS zijn verschillende tussenproducten betrokken. De kritische stap voor de vorming van O_3 is het verbruik van NO volgens de volgende reactie (6.4) :



waarbij RO_2 en RO respectievelijk de peroxy- en de oxy-radicalen zijn. De reactie (6.4), waarbij NO wordt verbruikt, bevordert de productie van atomaire zuurstof door dissociatie van NO_2 (6.1), die uiteindelijk leidt tot de productie van ozon (6.2). Het totale evenwicht van de cyclus is dus als volgt (6.5) :



waarin RH een generische koolwaterstof is en $R'CHO$ een carbonyl/aldehyde-radicaal en waarin R' minder koolstofatomen bevat dan de aanvankelijke keten R . We verstaan dus de onderlinge afhankelijkheid van NO_x en VOC's in het mechanisme van O_3 -vorming. In de praktijk hangt de situatie ook af van het **chemische regime** van de betrokken geografische regio, d.w.z. van de waarde van de $[NO_x]/[COV]$ -verhouding. Dit verklaart waarom het zo moeilijk is doeltreffende maatregelen te nemen om de ozonconcentraties te verminderen, vooral bij verontreinigingspieken.



In **stedelijke gebieden** zijn de NO_x -concentraties over het algemeen hoog. Het hierboven beschreven proces (6.4) en (6.5) wordt dan beperkt door de VOS-concentratie. Een vermindering van de NO_x -uitstoot (b.v. door maatregelen op te leggen inzake verkeer) zal de ozonconcentratie dan ook niet verminderen. Daar zijn twee redenen voor :

- Ten eerste, aangezien de reacties (6.4) en (6.5) beperkt worden door de VOS-concentratie, zal een verlaging van de NO_x -concentratie geen significante invloed hebben.
- Anderzijds produceren NO_x -emissies bij de verbranding in motorvoertuigen NO, dat bijdraagt tot het verbruik van O_3 (reactie (6.3)). Dit laatste effect is lokaal, betrekkelijk snel (uurlijkse schaal) en treedt op buiten het NO_x -evenwicht (d.w.z. de verhouding $[\text{NO}]/[\text{NO}_2]$ is plaatselijk hoger dan ver van het wegverkeer), hetgeen de sterke anti-correlatie tussen de aanwezigheid van verkeer en ozonconcentraties verklaart.

Het geval van het **platteland** is anders: niet alleen is er geen vermindering van O_3 door het effect van NO van het intense verkeer dat in stedelijke gebieden wordt waargenomen, maar bovendien is het platteland doorgaans onderhevig aan hogere emissies van zogenaamde biogene VOS (voornamelijk isopreen dat door planten wordt uitgestoten). Het chemische regime is dan over het algemeen „verzadigd met VOS” (*hoge VOS*), hetgeen de VOS-oxidatieketen beïnvloedt. Het directe gevolg is dat, en in tegenstelling tot het stedelijke „hoge NO_x ”-regime, de vermindering van de landelijke VOS-concentraties geen effect zullen hebben op de O_3 -concentratie. Anderzijds zal een vermindering van de NO_x -concentraties (via globale emissie maatregelen, aangezien NO_2 een lange atmosferische levensduur heeft) wel een directe invloed hebben op de O_3 -concentratie, aangezien de reactie (6.4), een beperkende stap in de VOS-oxidatieketen onder verzadigde NO_x -omstandigheden, zal worden geremd.

Wat de gevolgen van ozon voor de menselijke gezondheid betreft, gaat het meestal om een verminderde longfunctie en het risico van een ontsteking van de luchtwegen. De vegetatie daarentegen ondergaat een progressieve afbraak van het plantenweefsel, dat meer te lijden heeft van chronische lage blootstelling dan van verontreinigingspieken, waardoor extra hulpmiddelen nodig zijn en de groei en de opbrengst van de gewassen worden vertraagd.

6.2 EUROPESE VOORSCHRIFTEN EN AANBEVOLEN WAARDEN DOOR DE WGO

Richtlijn 2008/50/EG voorziet in een streefwaarde (niet juridisch bindend) voor de bescherming van de menselijke gezondheid, gebaseerd op NET60. Onder NET60 wordt verstaan het aantal dagen waarop de dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie de drempelwaarde van 60 ppb, d.w.z. $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, overschrijdt. De streefwaarde staat 25 overschrijdingsdagen van de NET60 per jaar toe, gemiddeld over drie jaar.

De Europese doelstelling op lange termijn voor ozon vereist *geen* overschrijding van de drempelwaarde van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, maar de datum waarop aan deze doelstelling moet worden voldaan is nog niet vastgelegd.

Tenslotte mag, als door de WGO aanbevolen waarde voor de dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie, de waarde $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in een jaar in het geheel niet worden overschreden.

Naast deze indicator voor de bescherming van de gezondheid voorziet de richtlijn ook in drempelwaarden waarboven de bevolking moet worden geïnformeerd in geval van een waargenomen of voorspelde overschrijding, d.w.z. :

- de uurlijkse **informatiedrempel**, van $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, de waarde waarbij ozon gevolgen kan hebben voor de gezondheid van risicogroepen (voornamelijk kinderen, ouderen en mensen met ademhalingsproblemen),
- de uurlijkse **alarmdrempel** van $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$, de waarde waarbij ozon gevolgen kan hebben voor de gezondheid van de gehele bevolking.

Het toezicht op de ozonconcentraties en de verzending van informatie- en alarmbulletins wordt in België uitgevoerd door de eenheid IRCEL-CELINE. Zoals besproken in punt 6.1 is de tenuitvoerlegging van maatregelen ter vermindering van de ozonconcentraties in stedelijke gebieden in het beste geval ondoeltreffend vanwege de secundaire aard van deze verontreinigende stof en het complexe ontstaansmechanisme ervan.

6.3 HUIDIGE METINGEN

In dit deel analyseren we de ozonconcentraties in het jaar 2020, met name ten opzichte van de Europese grenswaarden en de door de WGO aanbevolen waarden. In 2020 is de jaarlijkse ozonconcentratie gemiddeld met 12% gestegen ten opzichte van 2019, vergeleken met de gemiddelde stijging van 6% tussen 2018 en 2019 en 7% tussen 2017 en 2018. Sommige locaties zoals Haren (41N043), Sint-Lambrechts-Woluwe (41WOL1) en Sint-Katelijne (41B004) kenden zo een jaarlijkse toename van de concentraties in de orde van grootte van 20%, terwijl op de



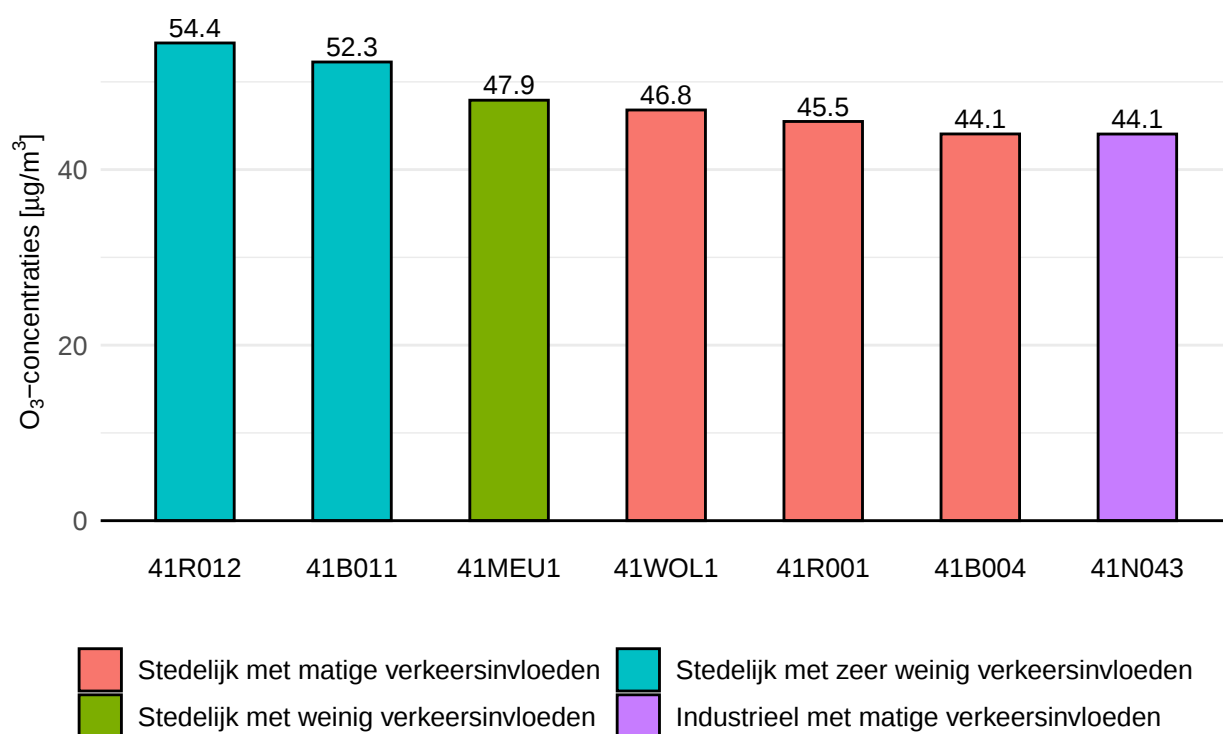
locaties die het minst aan het verkeer waren blootgesteld (Sint-Agatha-Berchem, Ukkel) deze jaarlijkse toename eerder in de orde van grootte van 5% lag. Dit verschijnsel kan waarschijnlijk worden verklaard door een complexe combinatie van meteorologische omstandigheden, die bevorderlijk zijn voor hoge ozonconcentraties en de algemene afname van de bedrijvigheid (met name de verkeersintensiteit) gedurende bepaalde maanden van het jaar 2020.

Alle meetstations voldeden aan de Europese streefwaarde voor de bescherming van de menselijke gezondheid (zie Figuur 6.2). De door de WGO aanbevolen waarde (*geen overschrijding*) is in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest nergens gerespecteerd. De hoogste ozon-concentraties werden waargenomen in de stations die het minst aan het wegverkeer (en dus aan stikstofoxiden) waren blootgesteld, zoals kon worden verwacht, namelijk de stations van Ukkel (41R012), Sint-Agatha-Berchem (41B011) en Neder-Over-Heembeek (41MEU1).

6.3.1 O₃-jaargemiddelde

De jaargemiddelde ozonconcentratie komt niet overeen met een grens- of streefwaarde of een aanbevolen waarde van de WGO. Toch is het interessant om deze indicator van station tot station te vergelijken omdat het een eerste overzicht van de concentraties geeft.

Uit Figuur 6.1 blijkt namelijk dat in 2020 de hoogste jaargemiddelde concentraties (dicht bij 50 µg/m³) werden opgetekend in de stations van Ukkel en Sint-Agatha-Berchem. Dit is niet verwonderlijk, aangezien dit de stations zijn die het minst zijn blootgesteld aan het wegverkeer en dus aan stikstofoxiden. De ozonconcentraties zijn namelijk doorgaans lager in de buurt van het verkeer en hoger ver daarvandaan (zie punt 6.1). Het station van Neder-Over-Heembeek, een stedelijk station met een geringe blootstelling aan het wegverkeer, heeft de op twee na hoogste jaargemiddelde concentratie met 47.9 µg/m³. De stations van Sint-Jans-Molenbeek (41R001) en Sint-Lambrechts-Woluwe, stations met invloed van matig wegverkeer, die op hun beurt lagere jaarlijkse concentraties hebben dan stations in buurten met stedelijke achtergrond. Het station van Sint-Katelijne, een stedelijk station met matige verkeersinvloed, heeft een nog lagere jaarlijkse ozonconcentratie (44.1 µg/m³), die identiek is met die van het station Haren, een station in een industrieel gebied met matige verkeersinvloed.



Figuur 6.1 – Jaargemiddelde O₃-concentraties voor elk station in het BHG in 2020 [µg/m³]. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 3.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

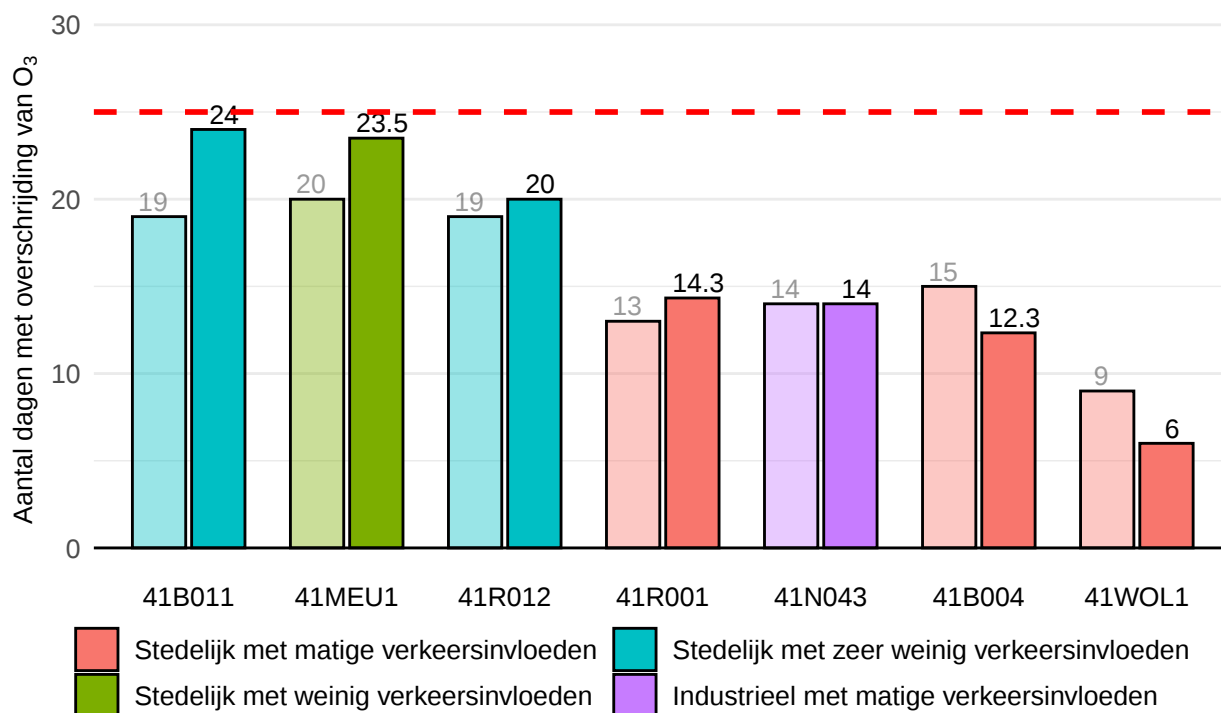
6.3.2 NET60

Het aantal dagen met overschrijding van de drempelwaarde van 120 µg/m³ van het hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie is weergegeven in Figuur 6.2, voor het jaar 2020 en gemiddeld over de laatste drie jaar (2018-2019-2020). Meteen kan worden vastgesteld dat gemiddeld over een periode van drie jaar de streefwaarde nergens wordt overschreden. Gemiddeld over drie jaar werd het hoogste aantal overschrijdingen (24, rechtse balkjes) opgetekend in het station van Sint-Agatha-Berchem.



Het specifieke aantal overschrijdingsdagen voor het jaar 2020 wordt ook aangegeven door de balkjes aan de linkerkant en zijn tevens onder de 25. Ook hier vertonen de stations met de minste blootstelling aan het wegverkeer, Ukkel en Sint-Agatha-Berchem, de hoogste waarden, terwijl Sint-Lambrechts-Woluwe het geringste aantal overschrijdingsdagen vertoont.

Aan de door de WGO aanbevolen waarde (geen overschrijding van de drempelwaarde van $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ van het hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie) wordt daarentegen in geen enkel meetstation van het BHG voldaan, aangezien in elk station ten minste één overschrijding van de streefwaarde ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt geregistreerd. Ter vergelijking: de door de WGO aanbevolen waarde is in 2020 op geen enkele meetplaats in België gerespecteerd - deze waarde is extreem strikt.



Figuur 6.2 – Aantal dagen met overschrijding van de streefwaarde van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor de dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde (NET60) voor elk station in het BHG in 2020 (de waarde rechts vertegenwoordigt het gemiddelde over de afgelopen 3 jaar (2018-2019-2020), terwijl de waarde links de waarde voor het jaar 2020 vertegenwoordigt). Het maximumaantal toegestane dagen per jaar, gemiddeld over drie jaar, op grond van richtlijn 2008/50/EG wordt aangegeven door de rode stippellijn. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 3.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

6.3.3 Maximale dagelijkse uurconcentraties

Figuur 6.3 toont de maximale uurconcentraties die tijdens elke dag van het jaar 2020 werden bereikt, en vergelijkt deze met de Europese informatie- en alarmdrempels van respectievelijk $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In 2020 is de informatiedrempel overschreden op 23 juni, 8 augustus en 10-12 augustus. Bovendien werd op 11 augustus in Ukkel en Sint-Agatha-Berchem de alarmdrempel van $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ overschreden. De frequentie en intensiteit van de ozonpieken (die zich meestal in de zomer voordoen) houden rechtstreeks verband met de meteorologische omstandigheden tijdens een warme periode, met name de zonneshijn; zie punt 6.1. Hier komen herhaalde overschrijdingen van de informatie- en alarmdrempels overeen met de periode van hittegolf in 2020.

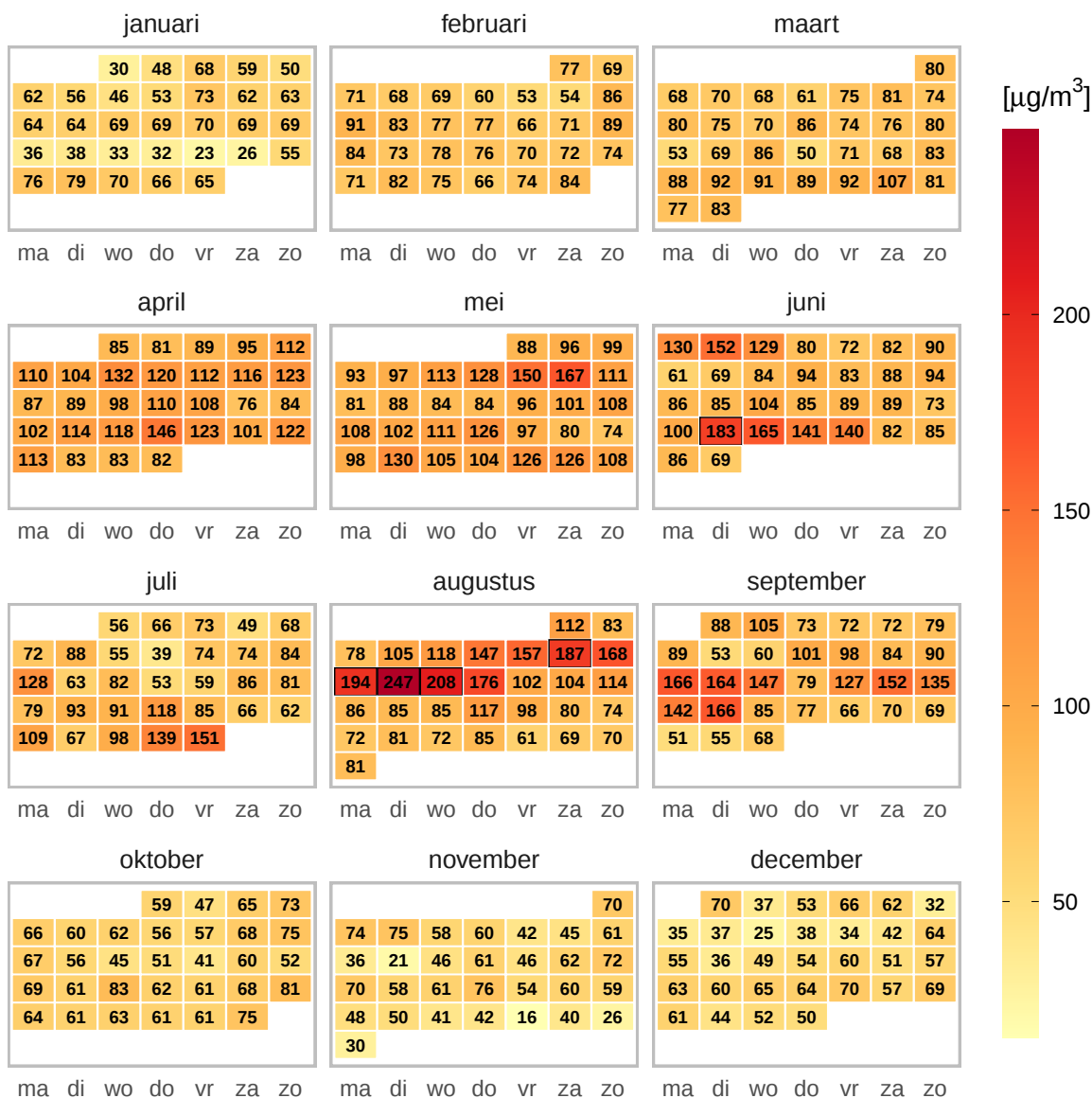
6.4 HISTORISCHE METINGEN

In dit deel analyseren wij de ontwikkeling van de ozonconcentraties in de afgelopen 10 jaar. Over het algemeen nemen de „achtergrond“-ozonconcentraties, in tegenstelling tot de ozonpieken, in Brussel langzaam toe (maar tussen 2019 en 2020 sterker dan vóór 2019), terwijl het aantal en de intensiteit van de ozonpieken neigen af te nemen. Deze tegenstrijdige trends, die ook op nationaal niveau waarneembaar zijn [IRCEL-CELINE, 2020] alsook op Europees niveau [EEA, 2020], zijn te wijten aan een complexe combinatie van lokale (Europese) dalingen in de uitstoot van ozonprecursoren, fluctuaties in de meteorologische omstandigheden en hemisferisch transport van precursorverontreinigende stoffen [EEA, 2018].



Maximale dagelijkse uurconcentraties van O₃

2020



Figuur 6.3 – Maximale dagelijkse O₃-uurconcentraties in het BHG in 2020 [µg/m³]. De dagen waarop de Europese informatiedrempel van 180 µg/m³ werd overschreden, zijn in het zwart gemarkeerd.

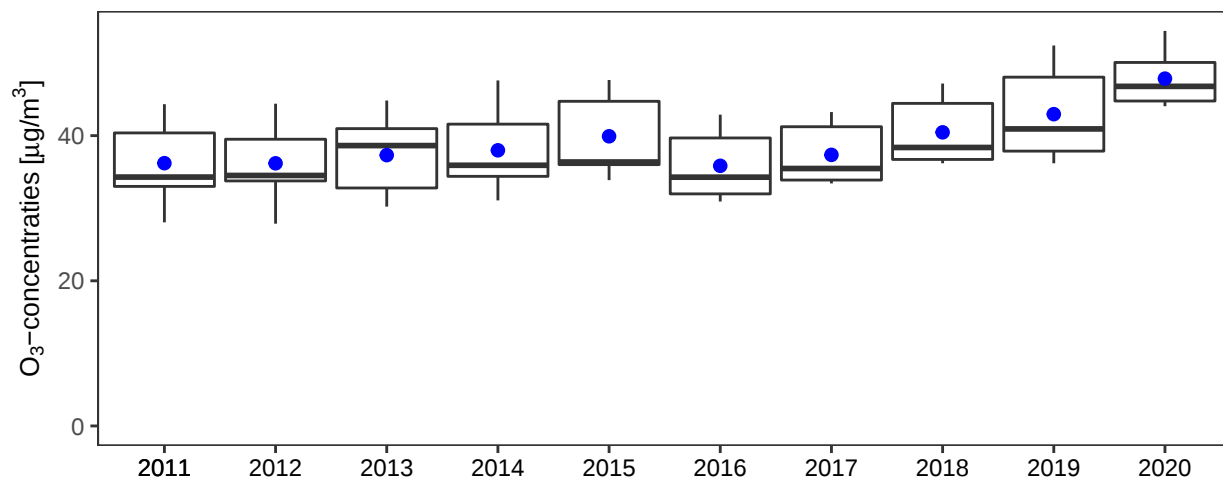
6.4.1 O₃-jaargemiddelde

De ontwikkeling van de jaarlijkse concentraties gedurende de afgelopen tien jaar is weergegeven in Figuur 6.4. Men kan zien dat het gemiddelde (jaarlijkse gemiddelde concentraties) vrij stabiel is (met enkele schommelingen) tot 2016, maar sindsdien aanzienlijk is gestegen. Sinds 2011 worden de maximale jaarlijkse concentraties logischerwijze steeds bereikt in de stations van Ukkel of Sint-Agatha-Berchem, d.w.z. de stations die het minst zijn blootgesteld aan het wegverkeer. Daartegenover staat dat de minima over het algemeen worden bereikt bij het station van Haren, een station in een industrieel gebied met een matige invloed van het wegverkeer.

6.4.2 NET60

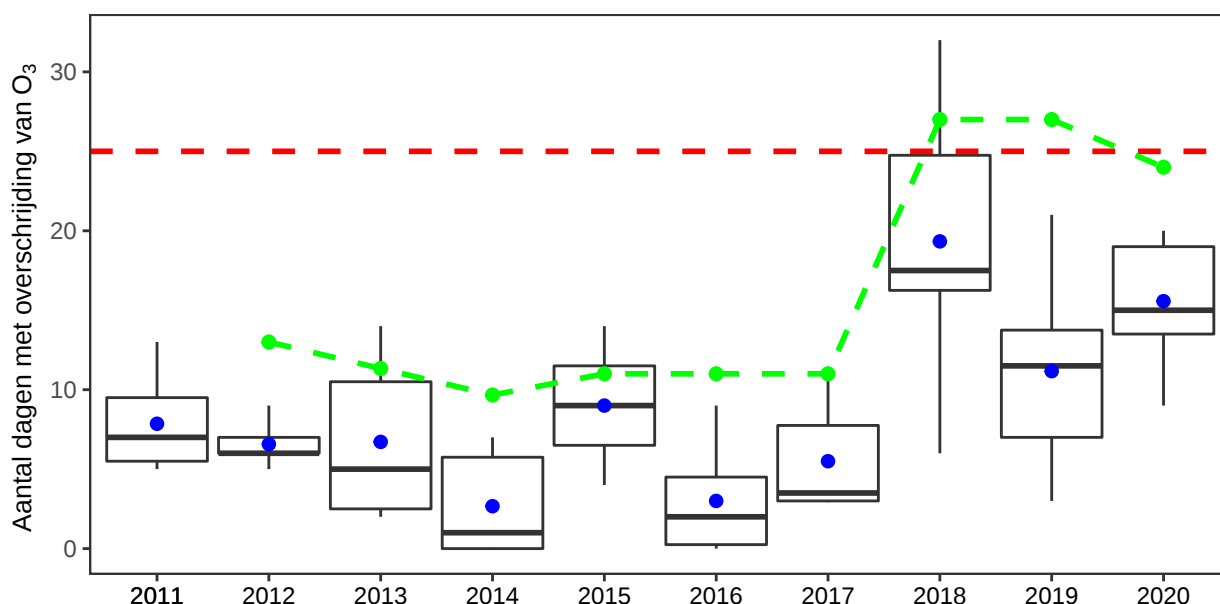
De ontwikkeling van NET60 is weergegeven in Figuur 6.5. Er is te zien dat het aantal overschrijdingsdagen van jaar tot jaar sterk fluctueert, voornamelijk ten gevolge van de weersomstandigheden. In 2018 werden meer dan 30 dagen met een overschrijding van de streefwaarde van 120 µg/m³ in het station van Sint-Agatha-Berchem geregistreerd. Het maximale aantal overschrijdingsdagen, gemiddeld over 3 jaar (aangegeven door de groene stippellijn), is sinds 2012 minder dan 25 dagen (gemiddelde over 2010-2011-2012) tot 2017 en voldoet derhalve aan de Europese regelgeving. Deze streefwaarde wordt in 2018 en 2019 echter oversteegen als gevolg van te veel overschrijdingen (27) in 2018 bij het station Neder-Over-Heembeek, die niet door de andere jaren zijn getemperd omdat de waarden voor de jaren 2017 en 2019 niet beschikbaar waren (zie paragraaf 6.3.2). Bovendien was





Figuur 6.4 – Jaarlijkse gemiddelde O_3 -concentraties voor alle stations in het BHG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

er een stagnatie van deze indicator tussen 2012 en 2017, sindsdien gevolgd door een stijgende trend in 2018 (en dus 2019). In 2020 daalt het aantal overschrijdingsdagen, gemiddeld over drie jaar, tot onder de drempelwaarde van 25 en wordt de streefwaarde voor ozon dus gehaald.

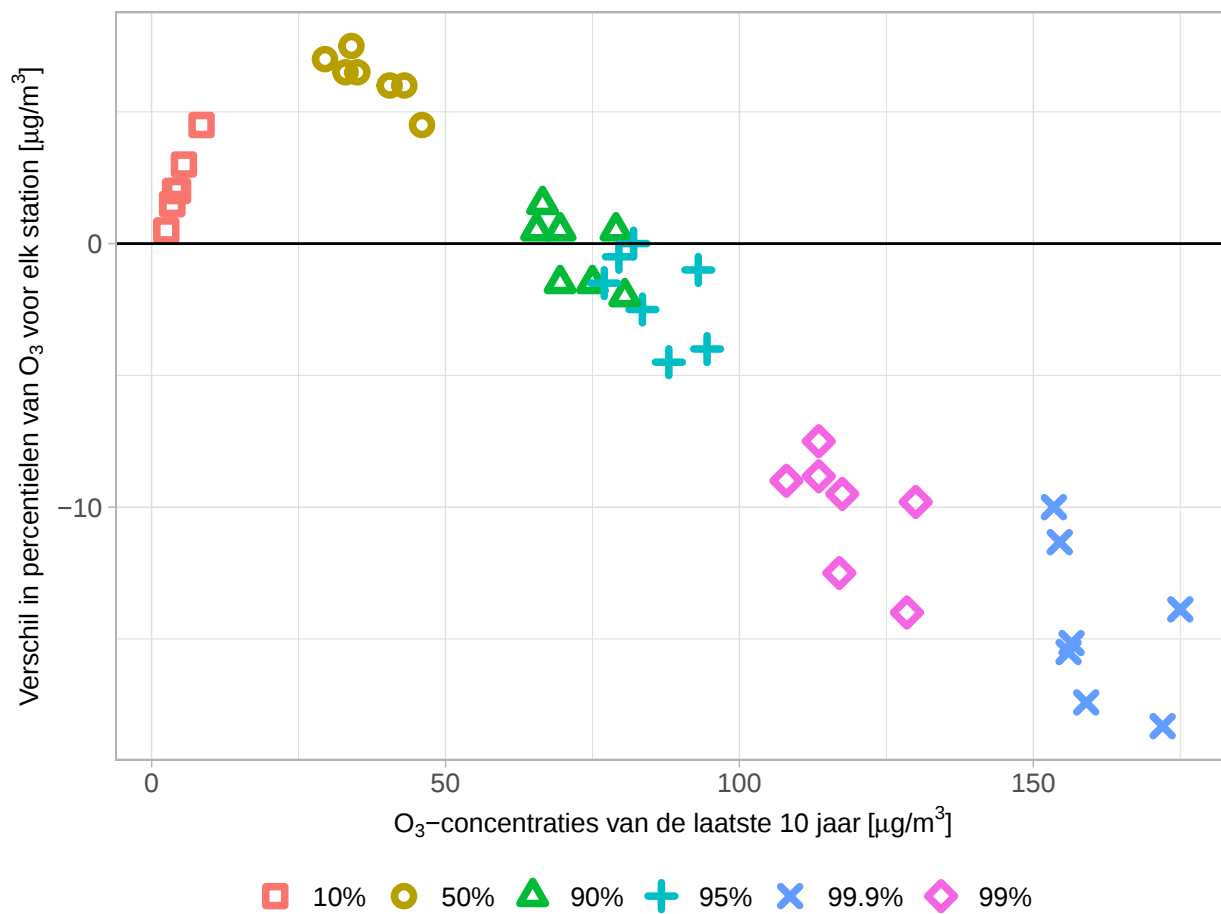


Figuur 6.5 – Aantal dagen met overschrijding van de streefwaarde van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor het hoogste 8-uursgemiddelde van het daggemiddelde van O_3 (NET60) in alle stations van het BHG. Het maximaal aantal toegestane dagen per jaar, gemiddeld over drie jaar, op grond van richtlijn 2008/50/EG wordt aangegeven door de rode stippellijn. De groene lijn geeft het voortschrijdend gemiddelde over drie jaar van het maximum van NET60 aan.

6.4.3 Evolutie van de percentielen

Figuur 6.6 toont het verschil tussen de percentielen (10%, 50%, 90%, 95%, 99% en 99,9%) berekend voor elk station in het BHG voor de periode 2011-2020 en de periode 2000-2009 [IRCEL-CELINE, 2020]. Positieve waarden wijzen dus op een stijgende tendens van de concentraties en negatieve waarden op een dalende tendens. Uit deze grafiek blijkt dat de laagste ozonconcentraties („achtergrondozon”) in de loop van de tijd een stijgende tendens vertonen in het BHG, terwijl de hoogste concentraties (ozonpieken) een duidelijk dalende tendens vertonen. Deze tegengestelde tendensen zijn ook waarneembaar op nationaal en Europees niveau [EEA, 2018]. Deze trends zijn het gevolg van een complexe combinatie van factoren :

- de plaatselijke (Europese) daling van de emissies van ozonprecursoren,
- schommelingen in de meteorologische omstandigheden (beide gunstig in verband met de vermindering van de ozonpieken), en
- hemisferisch transport van precursorverontreinigende stoffen (die bijdragen tot verhoogde achtergrondconcentraties van ozon).



Figuur 6.6 – Vershil in percentielen van O₃-uurconcentraties voor stations in het BHG, gedurende de laatste 10 jaar (2011-2020), ten opzichte van de periode 2000-2009.

HOOFDSTUK 7: BLACK CARBON

7.1 AARD VAN DE VERONTREINIGENDE STOF

Hoewel de metriek voor fijne deeltjes zeer geschikt zijn voor de algemene beoordeling van deeltjesverontreiniging, omvatten zij toch een grote hoeveelheid verbindingen van zeer uiteenlopende oorsprong en aard (zie hoofdstuk 5). Om een nauwkeuriger beschrijving te verkrijgen, is het vervolgens nodig de deeltjes te karakteriseren (speciatie) om het gedrag van de afzonderlijke verbindingen te bestuderen. Om slechts één voorbeeld te noemen: de specifieke studie van nitraat-, sulfaat- en ammoniumdeeltjes, voornamelijk in de $PM_{2.5}$ -fractie, zijn betrokken bij de vorming van secundaire deeltjes en dragen ook bij tot de verzuring en eutrofiëring van de bodem.

In de stedelijke context is zwarte koolstof (Black Carbon of BC) of „roet” een subcategorie van fijne deeltjes waarvan de relevantie opmerkelijk is. Zwarte koolstof omvat, zoals de naam al zegt, alle deeltjes die uit koolstof bestaan en „zwart” zijn, d.w.z. licht absorberend. Het is van belang erop te wijzen dat deze verbinding uitzonderlijk is, omdat de meetmethode (door lichtabsorptie) een rol speelt bij de definitie ervan, wat in het algemeen niet het geval is voor andere verontreinigende stoffen (NO_2 , O_3 , SO_2 , enz.). Elementair koolstof (EC) daarentegen bestaat uit deeltjes die uit koolstof zijn gevormd, maar wordt verkregen door thermische meting - hierbij wordt niet de eigenschap om licht te absorberen, maar het brekingsvermogen gemeten. Theoretisch zouden BC en EC dezelfde familie van verbindingen moeten beschrijven; in de praktijk zijn ze door het verschil in meetmethode echter niet helemaal vergelijkbaar.

Zwarte koolstof wordt gewoonlijk aangetroffen in een diameterbereik van 10 tot 500 nm (in geaggregeerde vorm met andere verontreinigende stoffen). Zwarte koolstof is dus volledig opgenomen in de $PM_{2.5}$ -fractie (aërodynamische diameter kleiner dan $2.5 \mu m$), en gedeeltelijk in de fractie van ultrafijne deeltjes (UFP), gedefinieerd als deeltjes met een aërodynamische diameter kleiner dan 100 nm.

Het grote voordeel van zwarte koolstof is dat het een verontreinigende stof is die sterk samenhangt met verbrandingsprocessen (BC wordt vaak vereenzelvigd met „roet”). In het stedelijk milieu is zwarte koolstof dus een uitstekende indicator voor het wegverkeer (verbranding in voertuigmotoren, vooral dieselmotoren), als ook voor verwarming (afhankelijk van de tijd van het jaar). Theoretisch kan BC ook worden aangetroffen in industriële verbrandingsprocessen, maar deze sector is verwaarloosbaar in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG). Het verband tussen de uitstoot van zwarte koolstof en het wegverkeer komt duidelijk naar voren wanneer een vergelijking wordt gemaakt met de concentraties van stikstofoxiden of NO_x (hoofdstuk 4), d.w.z. het mengsel van :

- stikstofmonoxide, dat meestal wordt aangetroffen in de nabijheid van verkeer,
- stikstofdioxide, dat ook rechtstreeks door het wegverkeer wordt uitgestoten en wordt aangetroffen zowel dichtbij als op grotere afstand van het verkeer, en dat kenmerkend is voor het stadsmilieu in het algemeen.

Een vergelijking van de concentraties van zwarte koolstof met de concentraties van stikstofoxiden in de omgeving van het wegverkeer laat dus een uitstekende lineaire correlatie tussen beide zien - een bevestiging van de kwaliteit van zwarte koolstof als verkeersindicator. In tegenstelling tot NO_x , dat betrokken is bij de fotochemie van ozon, kan zwarte koolstof bovendien worden beschouwd als een passieve tracer, d.w.z. dat de concentraties ervan niet worden beïnvloed door de atmosferische chemie in het algemeen, maar alleen door de intensiteit en de nabijheid van de emissiebronnen enerzijds en de kwaliteit van de meteorologische dispersie anderzijds.

Vanuit het oogpunt van de gevolgen voor de gezondheid is de stand van zaken met betrekking tot zwarte koolstof als volgt samengevat door de WGO [WHO Regional Office for Europe, 2012]: „[...] *there are not enough clinical or toxicological studies to (a) allow an evaluation of the qualitative differences between the health effects of exposure to black carbon or those of exposure to PM mass or (b) identify any distinctive mechanism of black carbon effects. [BC] may operate as a universal carrier of a wide variety of combustion-derived chemical constituents of varying toxicity to sensitive targets in the human body, such as the lungs, the body's major defense cells and, possibly, the systemic blood circulation.*”

Met andere woorden, het potentiële gezondheidseffect van zwarte koolstof is groot, maar nog niet duidelijk vastgesteld, met name door het gebrek aan epidemiologische studies op lange termijn. Bovendien lijkt zwart-



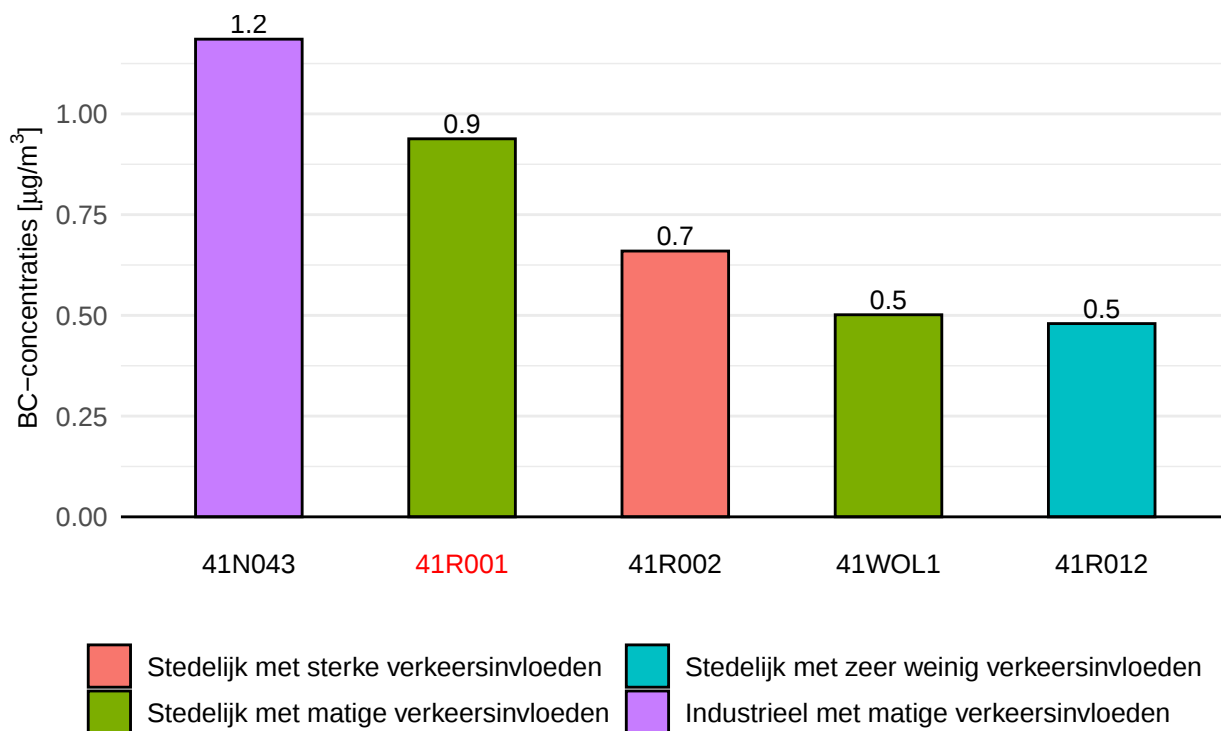
te koolstof te fungeren als een „drager” van andere verontreinigende stoffen zonder noodzakelijkerwijs zelf toxisch te zijn.

Er zij op gewezen dat zwarte koolstof niet door Europese richtlijnen wordt gereguleerd en dat de WGO geen aanbevolen waarde voor deze verontreinigende stof voorschrijft. De meting ervan is echter wijdverbreid in Europa en wordt uitgevoerd met het oog op wetenschappelijk en epidemiologisch onderzoek.

7.2 HUIDIGE METINGEN

De jaarlijkse BC-concentraties zijn weergegeven in Figuur 7.1. De maatregelen die in 2020 zijn genomen ter bestrijding van de COVID-19-pandemie hebben ook een uitgesproken effect gehad op Black Carbon (zoals voor NO₂, zie hoofdstuk 4), aangezien dit een verontreinigende stof is die sterk verband houdt met het wegverkeer (zie punt 7.1).

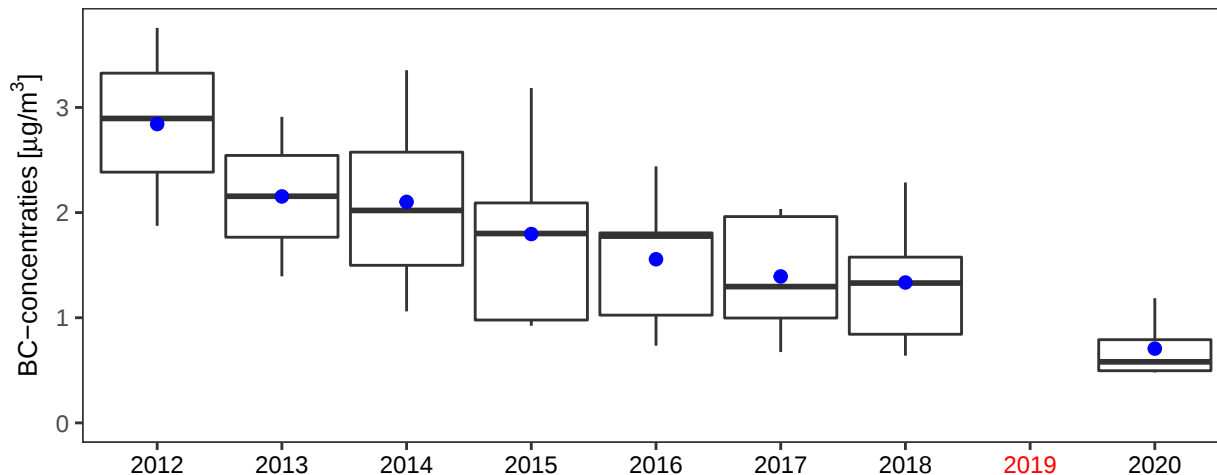
Het station van Haren (41N043) registreerde de hoogste jaarlijkse concentratie in 2020, wat logisch is: dit is een industriële omgeving met veel vrachtwagens (dieselmotoren) die de grootste uitstoters zijn van BC. Het tweede maximum wordt geregistreerd in het station Sint-Jans-Molenbeek (41R001), een stedelijke locatie die matig wordt beïnvloed door het wegverkeer, maar waar de gegevens niet de 85%-minima bereikten. Het feit dat in Elsene (41R002), een stedelijke locatie met een sterke invloed van het wegverkeer, een jaargemiddelde concentratie van slechts 0.7 µg/m³ wordt geregistreerd, d.w.z. minder dan in Sint-Jans-Molenbeek, is verrassend maar kan door verschillende factoren worden verklaard. Ten eerste was de BC-analysator in Sint-Jans-Molenbeek buiten werking tijdens de warmste periode van het jaar, die over het algemeen gunstiger is voor de verspreiding van verontreinigende stoffen, zodat de BC-concentratie op deze meetplaats waarschijnlijk te hoog is ingeschat. Het is ook zeer waarschijnlijk dat de inperkingsmaatregelen hebben geleid tot een meer uitgesproken daling van de BC-concentraties (zoals voor NO en NO₂) op de plaatsen die het meest zijn blootgesteld aan het wegverkeer (d.w.z. meer in Elsene dan in Sint-Jans-Molenbeek) - zie hoofdstuk 2. Het is immers bekend dat de BC-concentraties zeer goed gecorreleerd zijn met de stikstofoxiden-concentraties. Tenslotte hebben de werkzaamheden aan de Generaal Jacqueslaan in de buurt van de Kroonlaan wellicht geleid tot een verandering van de reisgewoonten en tot een afname van het verkeer in de buurt van het station. De jaargemiddelde concentratie van 0.5 µg/m³, die wordt gemeten in Sint-Lambrechts-Woluwe (41WOL1), een stedelijke locatie die matig wordt beïnvloed door het wegverkeer, bereikt in 2020 de waarde die is geregistreerd in Ukkel (41R012), een stedelijke locatie die zeer zwak wordt beïnvloed door het wegverkeer.



Figuur 7.1 – Jaargemiddelde BC-concentraties voor elk station in het BHG in 2020 [µg/m³]. De stationscodes worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 2020 [µg/m³]. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 3.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

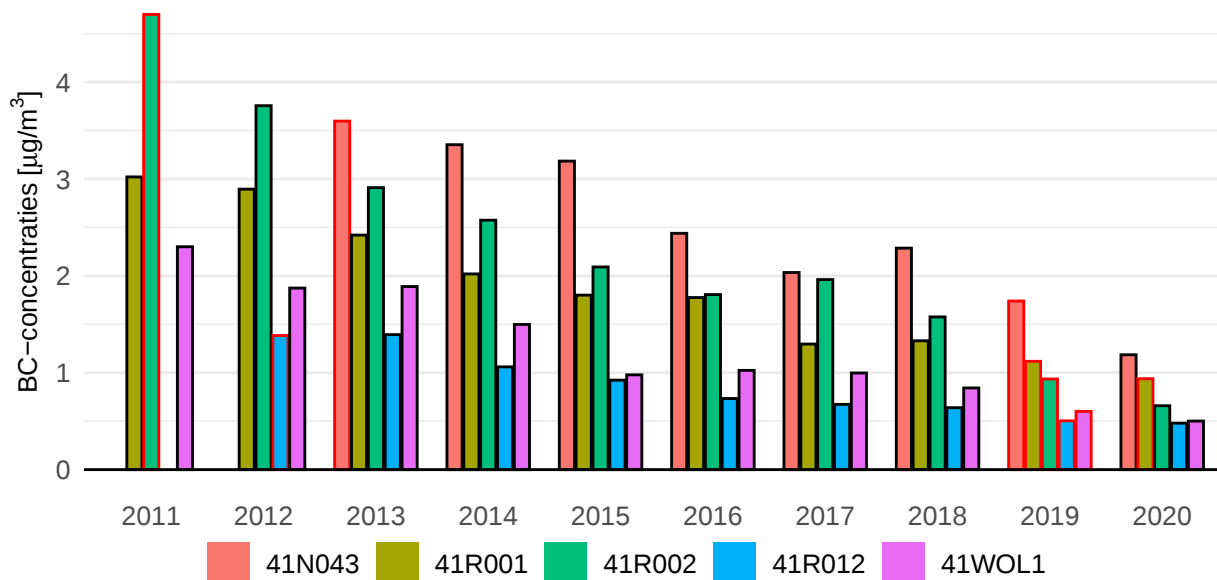
7.3 HISTORISCHE METINGEN

De Figuren 7.2 en 7.3 tonen de evolutie van de jaarlijkse concentraties van BC voor alle stations in het netwerk sinds 2011 (of 2012 voor de „boxplots“, aangezien er vroeger te weinig meetstations in het netwerk waren). Figuur 7.2 toont duidelijk de daling van de gemiddelde jaarlijkse concentraties zwarte koolstof in de loop der jaren (blauwe stippen). De andere statistische indicatoren volgen grotendeels dezelfde tendens, met uitzondering van de maxima, die van jaar tot jaar zeer sterke schommelingen vertonen. In 2020 hebben de inperkingsmaatregelen die in het kader van de COVID-19-pandemie zijn genomen, bijgedragen tot een sterke daling van de BC-concentraties.



Figuur 7.2 – Jaargemiddelde BC-concentraties voor alle stations in het BHG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. Het jaar 2019 wordt niet vermeld omdat er minder dan 85% gegevens werden geregistreerd (zie punt 7.2).

Figuur 7.3 toont de geleidelijke start van meetstations voor BC sinds 2011. In 2013 was het meetnetwerk voor zwarte koolstof (5 stations) volledig geïnstalleerd. We zien ook de daling van de BC concentraties tussen 2011 en 2020 (gepresenteerd als indicatie omdat in dat jaar minder dan 85% van de gegevens beschikbaar waren). Deze daling is zichtbaar in alle stations en is meer of in mindere mate uitgesproken naar gelang van het soort omgeving. De concentraties schommelen ook van jaar tot jaar, afhankelijk van de kwaliteit van de meteorologische dispersie.



Figuur 7.3 – Jaargemiddelde BC-concentraties voor alle stations in het BHG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De omtrek van de balken is rood wanneer de minimale gegevensvastlegging van 85% niet is gehaald. Tabel 3.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

HOOFDSTUK 8: ZWAVELDIOXIDE

8.1 AARD VAN DE VERONTREINIGENDE STOF

Zwaveldioxide (SO_2) is een verontreinigende gasvormige stof die ontstaat bij de verbranding van fossiele brandstoffen die zwavel bevatten (steenkool, stookolie, ruwe aardolie). Vulkanische activiteit, die zeer intens kan zijn, is een natuurlijke bron van SO_2 .

In het algemeen zijn de voornaamste bronnen van SO_2 de industrie en de raffinaderijen. Aangezien deze bronnen niet bestaan in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG), is de belangrijkste bron van SO_2 in Brussel de verwarming van gebouwen (90% van de totale uitstoot in het BHG in 2018 [Leefmilieu Brussel, 2020a]). Het autoverkeer (1% van de totale uitstoot) draagt nog nauwelijks bij tot de SO_2 -uitstoot.

Tegenwoordig liggen de gemeten SO_2 -concentraties in de lucht in Brussel (en over het algemeen in heel Europa) ruim onder de Europese grenswaarden. De drastische daling van de SO_2 -concentraties in de jaren 1970 tot het begin van de jaren 1980 is aan verschillende factoren toe te schrijven [Leefmilieu Brussel, 2012] :

- verschillende opeenvolgende wettelijke voorschriften ter regulering van het maximaal toegestane zwavelgehalte in brandstoffen voor verwarming en elektriciteitsopwekking,
- het feit dat aardgas de vaste en vloeibare brandstoffen voor huisverwarming heeft verdrongen,
- de opening van kerncentrales.

Sindsdien zijn de SO_2 -concentraties van jaar tot jaar gedaald en hebben zij zich de laatste jaren gestabiliseerd met zeer lage waarden.

SO_2 is giftig, zelfs in lage concentraties, en kan irritatie van de ogen en de ademhalingswegen veroorzaken. Blootstelling aan hoge concentraties gedurende een korte periode leidt tot een verminderde longfunctie, vooral bij mensen met ademhalingsproblemen [WHO, 2020], [EEA, 2019].

SO_2 is ook een verzurende verontreinigende stof voor natuurlijke ecosystemen, die rechtstreeks door droge depositie of na omzetting in sulfaat (SO_4^{2-}) kan worden afgegeven. Het kan ook bijdragen tot de vorming van zwavelzuur H_2SO_4 en kan worden afgezet door natte depositie (nl. neerslag).

Bovendien kan SO_2 , na omzetting in sulfaat, bijdragen tot de vorming van secundaire minerale deeltjes (zie ook paragraaf 4.1), bijvoorbeeld door de vorming van ammoniumsulfaat.

8.2 EUROPESE VOORSCHRIFTEN EN DOOR DE WGO AANBEVOLEN WAARDEN

De richtlijn voorziet sinds 1/1/2005 in twee grenswaarden voor zwaveldioxide :

- een grenswaarde van $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per uur, die niet meer dan 24 keer per jaar mag worden overschreden,
- een dagelijkse grenswaarde van $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, die niet meer dan 3 keer per jaar mag overschreden worden.

De WGO geeft ook twee aanbevolen waarden :

- een dagwaarde van $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$,
- een 10-minutenwaarde van $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

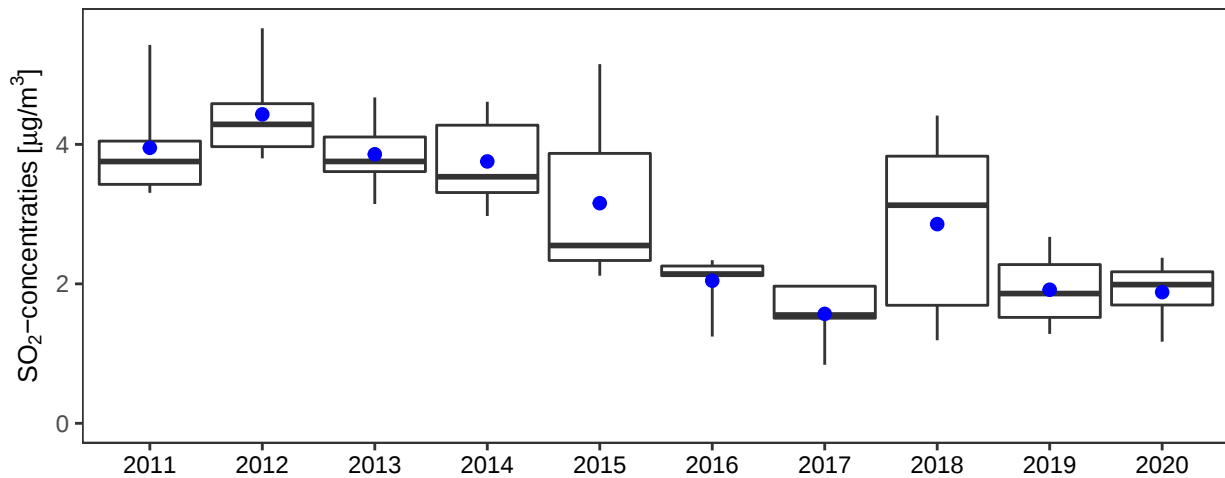
8.3 HISTORISCHE METINGEN

In dit deel analyseren wij de ontwikkeling van de jaargemiddelden evenals de Europese grenswaarden en de door de WGO aanbevolen waarden gedurende de afgelopen tien jaar. Over het algemeen worden de Europese normen voor SO_2 grotendeels nageleefd en de WGO-normen meestal ook, behalve in uitzonderlijke gevallen.



8.3.1 Jaarlijkse concentraties

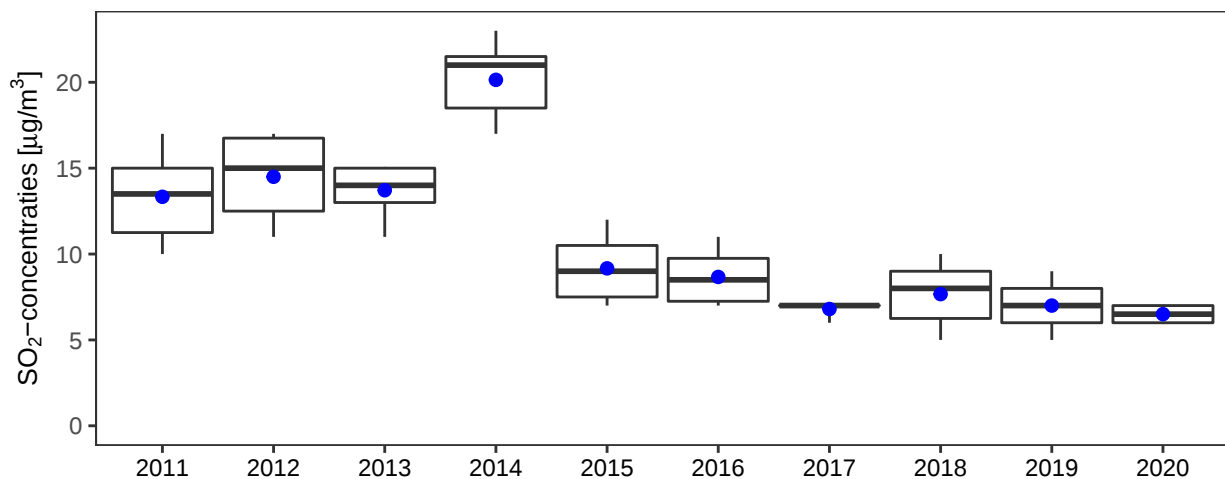
De jaarlijkse concentraties blijven de dalende trend (waargenomen sinds het bestaan van het meetnet) van de afgelopen tien jaar aanhouden, zoals te zien is in Figuur 8.1, ondanks een lichte stijging in 2018. De gemiddelde concentraties in het BHG waren in 2011 al zeer laag (ongeveer 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) en liggen in 2020 rond de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figuur 8.1 – Jaargemiddelde SO₂-concentraties van alle stations in het BHG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

8.3.2 Concentraties per uur

De boxplots van de 25e maxima zijn weergegeven in Figuur 8.2. Aangezien de Europese uurgrenswaarde van 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per jaar 24 keer mag worden overschreden, kan door vergelijking van het 25e maximum met deze drempelwaarde meteen worden nagegaan of de Europese norm al dan niet wordt overschreden. Er kan onmiddellijk worden vastgesteld dat het 25e maximum ver verwijderd is van de grenswaarde van 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en bovendien vertoont deze indicator de laatste tien jaar een dalende tendens. Het jaar 2014 onderscheidt zich duidelijk van de andere jaren (met inachtneming van de Europese uurnorm) door de uitbarsting van de IJslandse vulkaan Bardarbunga, die de uitzonderlijk hoge stijging van de SO₂-concentraties veroorzaakte op 22 en 23 september in het BHG (zie Figuur 8.3) alsook in Noord-Frankrijk [Airparif, 2014].



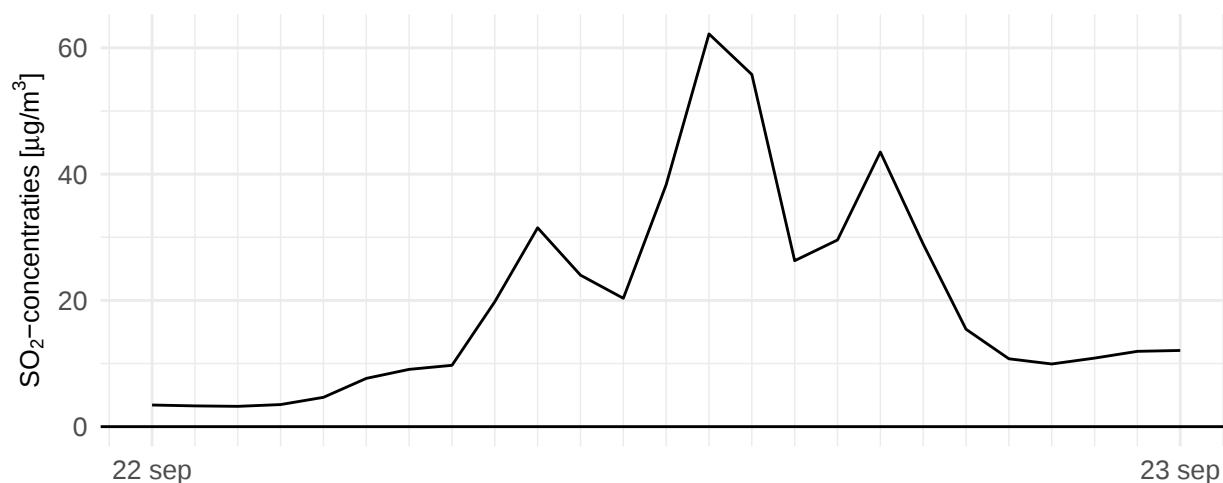
Figuur 8.2 – 25e hoogste SO₂-uurconcentratie per jaar voor alle stations in het BHG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

8.3.3 Dagelijkse concentraties

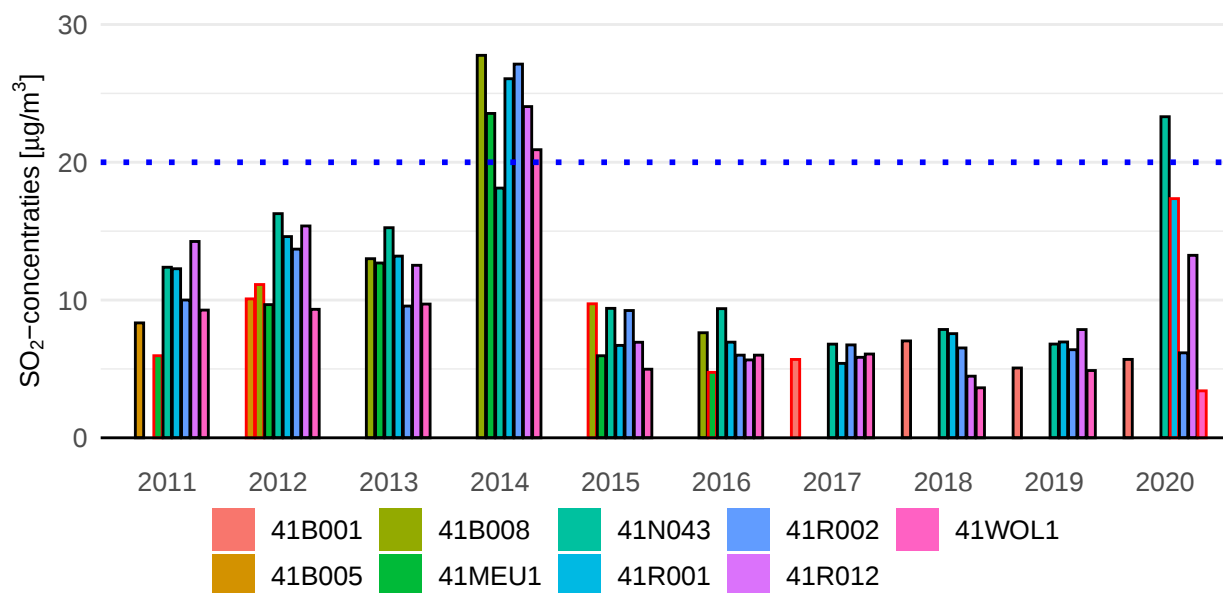
De hoogste dagconcentraties per jaar en per station zijn weergegeven in Figuur 8.4. Enerzijds kan worden vastgesteld dat de Europese daggrenswaarde van 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de afgelopen tien jaar in alle meetstations ruimschoots is nageleefd. De door de WGO aanbevolen dagelijkse waarde van 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ werd slechts overschreden:

- in 2014, als gevolg van de vulkaanuitbarsting van Bardarbunga (zie 8.3.2), en
- in 2020, als gevolg van de invoer van massale SO₂-emissies, aangevoerd door een noordelijke wind, die blijkbaar uit de haven van Antwerpen zou gekomen zijn, en dit op 5 november 2020.

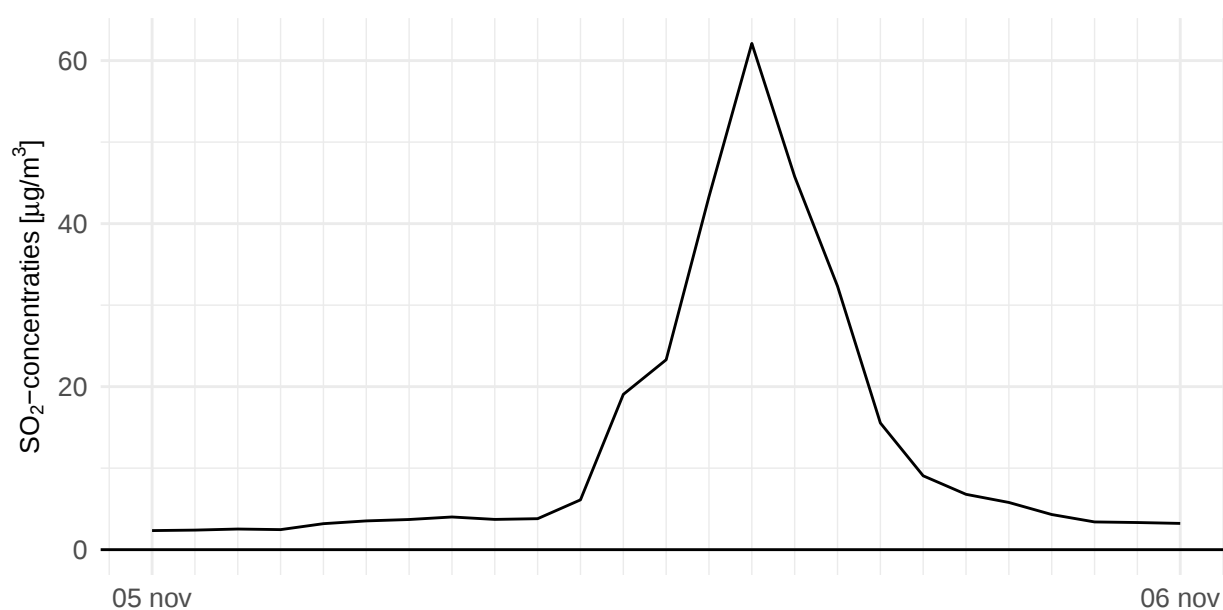




Figuur 8.3 – SO_2 -uurconcentraties, gemiddeld over alle stations in het BHG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], van 22 en 23 september 2014. De uitzonderlijk sterke stijging van de concentraties is het gevolg van de uitbarsting van de IJslandse vulkaan Bardarbunga.



Figuur 8.4 – Maximale jaarlijkse concentraties van het daggemiddelde van SO_2 op alle stations in het BHG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De jaarlijkse door de WGO aanbevolen waarde wordt aangegeven door de blauwe stippellijn. De omtrek van de balken is rood wanneer de minimale gegevensvastlegging van 85% niet is gehaald. Tabel 3.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.



Figuur 8.5 – SO₂-uurconcentraties, gemiddeld over alle stations in het BHG [µg/m³], van 5 tot en met 6 november 2020. De uitzonderlijk sterke toename van de concentraties is te wijten aan een bron van SO₂, die zich blijkbaar met een noordelijke wind uit de richting van de haven van Antwerpen zou gekomen zijn.

HOOFDSTUK 9: KOOLSTOFMONOXIDE

9.1 AARD VAN DE VERONTREINIGENDE STOF

Koolstofmonoxide (CO) is een reukloos, kleurloos gas dat ontstaat bij de onvolledige verbranding van koolstof. Na de verbranding wordt koolstofdioxide (CO₂) gevormd, dat een broeikasgas is - maar niet giftig.

In Brussel is CO voornamelijk afkomstig van het wegverkeer (37% van de totale uitstoot in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG) in 2018 [Leefmilieu Brussel, 2020a]). De andere bronnen van CO zijn de verwarming van woningen (27% van de uitstoot) en andere voertuigen dan het wegverkeer (23% van de uitstoot). CO is echter niet langer een problematische verontreinigende stof in het BHG wat de naleving van de Europese normen betreft, en dit sinds geruime tijd.

De giftigheid van CO komt door het feit dat het zich bindt aan de hemoglobine in het bloed (waarbij carboxyhemoglobine wordt gevormd), waardoor het zuurstoftransport in het bloed wordt verminderd. Blootstelling aan hoge concentraties koolstofmonoxide is de oorzaak van mogelijk dodelijke ongevallen in huis, onder meer bij het gebruik van boilers in slecht geventileerde badkamers. Gezondheidseffecten (verminderde fysieke en intellectuele capaciteit, verlies van gezichtsscherpte, verlies van motorische vaardigheden) worden ook waargenomen bij lagere concentraties [Leefmilieu Brussel, 2012].

9.2 EUROPESE VOORSCHRIFTEN

Richtlijn 2008/50/EG voorziet in een grenswaarde voor het hoogste 8-uurgemiddelde van CO per dag, dat niet hoger mag zijn dan 10 mg/m³ (*milligram* per kubieke meter).

9.3 HUIDIGE METINGEN

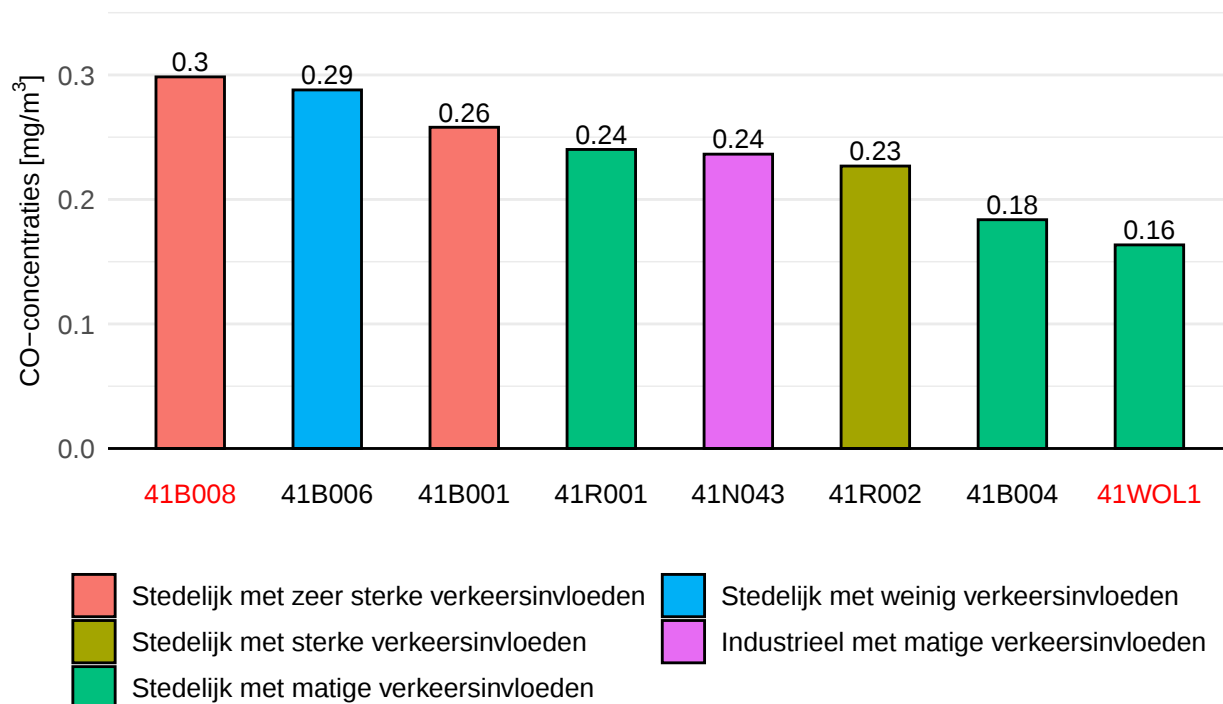
Aangezien de Europese norm voor CO ruimschoots wordt gehaald, analyseren wij deze over de afgelopen tien jaar in paragraaf 9.3.1 en stellen we in dit hoofdstuk alleen de jaargemiddelde concentraties wat betreft 2020 voor.

9.3.1 Jaarlijkse gemiddelden

De jaarlijkse CO-concentraties (in mg/m³) voor elk station in het BHG zijn weergegeven in Figuur 9.1. Er kan worden vastgesteld dat de maximale jaarlijkse waarden (0.3 mg/m³) in 2020 worden geregistreerd in de stations van het EU Parlement (41B006) en Belliardstraat (41B008), hoewel het laatstgenoemde station niet beschikt over de minimale gegevensregistratie van 85% om een geldige conclusie te trekken. De hoge waarde in het station van het Parlement is des te verrassender omdat dit station over het algemeen slechts in geringe mate door het wegverkeer wordt beïnvloed en de maatregelen die in het kader van de COVID-19-pandemie zijn genomen de verkeersintensiteit over het algemeen sterk hebben verminderd. Het is denkbaar dat dit station wordt beïnvloed door een hardnekkige lokale CO-bron, waarvan de aard nog moet worden vastgesteld. De jaargemiddelde CO-concentraties, gemeten in Kunst-Wet (41B001), een stedelijk station dat zeer sterk door het wegverkeer wordt beïnvloed, vertonen het tweede maximum (0.29-0.26 µg/m³), wat kan worden verklaard door de stedelijke omgeving van het station met zeer sterke verkeersinvloed. Daarna komen de stations van Sint-Jans-Molenbeek (41R001), Haren (41N043) en Elsene (41R002), waarvan de jaargemiddelden van de concentraties van dezelfde orde van grootte zijn (0.23-0.24 µg/m³), ondanks hun verschillende omgeving (zie tabel 3.1). Het station aan het Sint-Katelijne (41B004), dat matig wordt beïnvloed door het wegverkeer, heeft het laagste jaargemiddelde CO-concentratie in 2020.

9.4 HISTORISCHE METINGEN

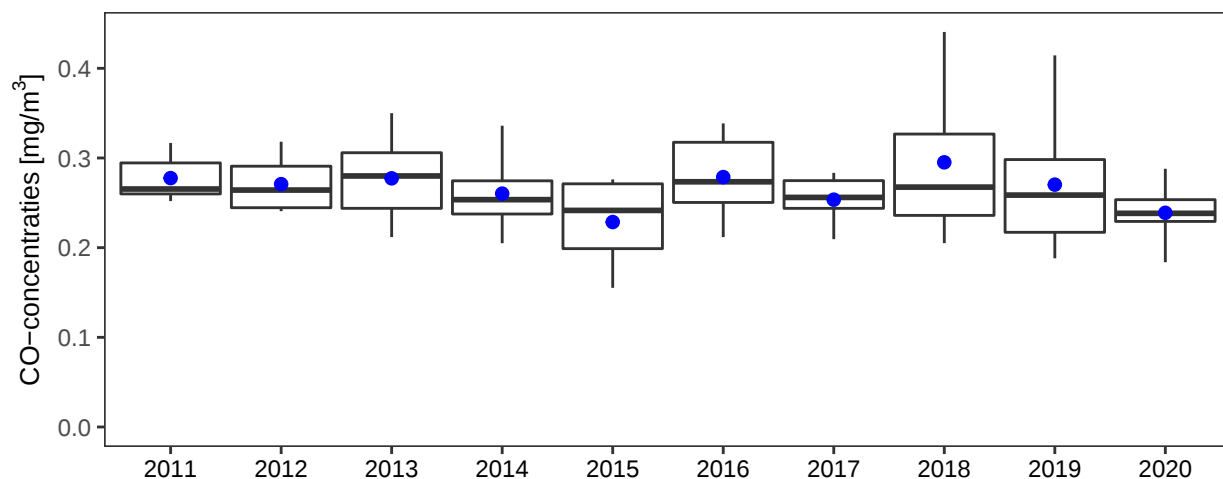




Figuur 9.1 – Jaargemiddelde CO-concentraties voor elk station in het BHG in 2020 [mg/m³]. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 3.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

9.4.1 Jaarlijkse concentraties

Figuur 9.2 toont de ontwikkeling van de jaarlijkse gemiddelde CO concentraties gedurende de afgelopen 10 jaar. De CO-concentraties zijn uiterst laag (ver beneden 1 mg/m³) en de gemiddelde jaarlijkse concentraties variëren zeer weinig van jaar tot jaar.

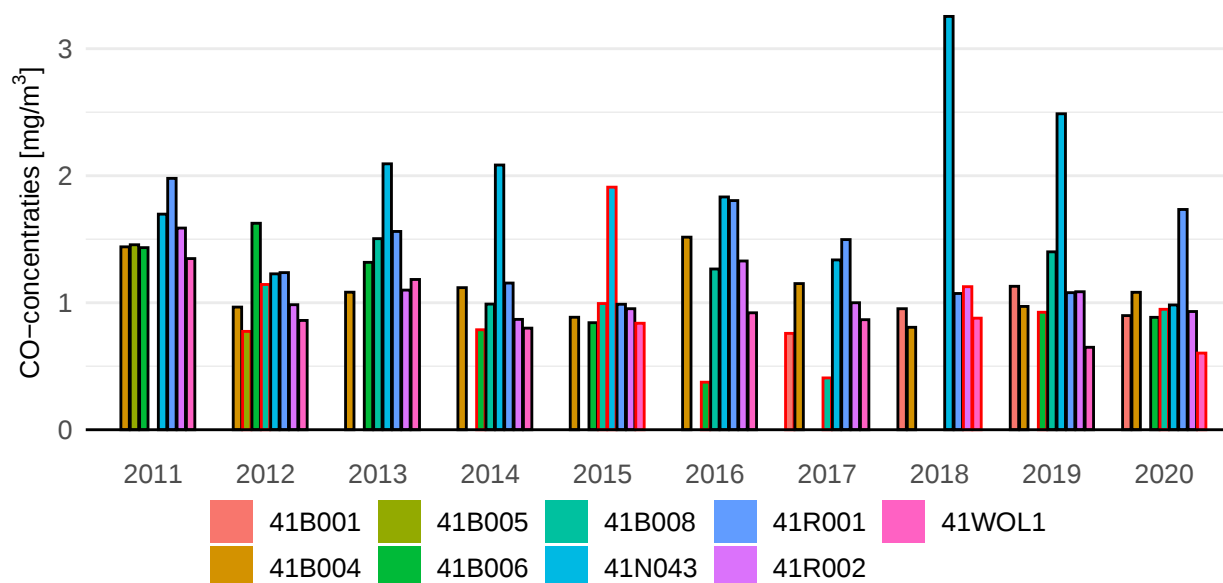


Figuur 9.2 – Jaargemiddelde CO-concentraties van alle stations in het BHG [mg/m³]. De roodgekleurde jaren komen overeen met jaren waarin minder dan 50% van de stations de minimumvereiste van 85% gegevensregistratie behaalde.

9.4.2 Hoogste 8-uurgemiddelde per dag

Figuur 9.3 toont de maximumwaarde, per jaar en voor alle stations, van het dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde. Volgens de richtlijn mag deze indicator niet hoger zijn dan 10 mg/m³: er kan dus rechtstreeks worden vastgesteld dat de Europese grenswaarde de afgelopen tien jaar in alle stations goed is nageleefd, met maximale concentratiewaarden die doorgaans in de orde van grootte van 2 of 3 mg/m³ liggen. Tevens kan worden vastgesteld dat in 2018 en 2019 de dagelijkse maxima van de 8-uurs voortschrijdende gemiddelden in het station van Haren duidelijk zijn toegenomen. Dit kan worden verklaard door de toename van het vrachtverkeer in de omgeving van het station (gelegen in een industriële omgeving), als gevolg van de reorganisatie van hun routes in de omgeving. Dit komt doordat dieselmotoren voor vrachtwagens in het algemeen meer CO uitstoten

dan hun lichte tegenhangers. Het verdwijnen van dit effect in 2020 is hoogstwaarschijnlijk te verklaren door de vermindering van de activiteit en het verkeer als gevolg van de maatregelen die zijn genomen in het kader van de COVID-19-pandemie.



Figuur 9.3 – Jaarlijkse maximumwaarden van de dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelden van CO in alle stations van het BHG [mg/m^3]. De omtrek van de balken is rood wanneer de minimale gegevensvastlegging van 85% niet is gehaald. Tabel 3.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

HOOFDSTUK 10: CONCLUSIE

In dit jaarverslag is de algemene context van de luchtkwaliteit in Europa, de richtlijnen ter regulering daarvan en de door de WGO aanbevolen waarden (op mondiale schaal) vastgesteld voor verschillende verontreinigende stoffen, of het nu gaat om stikstofoxiden (NO_x), fijne deeltjes (PM_{10} en $\text{PM}_{2.5}$), ozon (O_3), koolstofmonoxide (CO), zwaveldioxide (SO_2). Zwarte koolstof (BC), een niet-gereguleerde verontreinigende stof van wetenschappelijk belang, werd eveneens in aanmerking genomen. We hebben het meetnet voor luchtkwaliteit van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG) voorgesteld, de stations waaruit het bestaat en hun specifieke omgeving, alsook de aard van de in elk station gemeten verontreinigende stoffen. Vervolgens werden de resultaten van de metingen zelf geanalyseerd, d.w.z. de concentraties van de verschillende verontreinigende stoffen, die van belang zijn voor het jaar 2020, en historisch gezien voor de laatste tien jaar (2011 - 2020).

Over het algemeen hebben we vastgesteld dat de luchtkwaliteit met betrekking tot primaire verontreinigende stoffen (die rechtstreeks in de atmosfeer worden uitgestoten) in BHG (maar ook in België en Noordwest-Europa) in de loop der tijd voortdurend is verbeterd, dankzij maatregelen die emissies reduceren en verbeterde technologieën. In het BHG heeft met name de versnelde overschakeling van het wagenpark van diesel op benzine de laatste jaren, waarschijnlijk een belangrijke rol gespeeld, althans in de dalingen van de concentraties stikstofoxiden en zwarte koolstof.

Vooraf in 2020, hebben wij geconstateerd dat de concentraties van de sterk door het wegverkeer uitgestoten verontreinigende stoffen (NO_x en BC) aanzienlijk zijn gedaald, met name dankzij de maatregelen die zijn genomen in het kader van de COVID-19-pandemie. Deze maatregelen, die naar gelang van de tijd van het jaar meer of minder streng waren, hebben de intensiteit van het verkeer immers evenredig verminderd. Vastgesteld werd dat de jaarlijkse ozonconcentraties in het grensoverschrijdende gebied tussen 2019 en 2020 sterker stegen dan in de voorgaande jaren. Dit is waarschijnlijk te wijten aan een combinatie van het effect van de meteorologische omstandigheden en de algemene daling van de intensiteit van het wegverkeer. Wat de fijne deeltjes $\text{PM}_{2.5}$ en PM_{10} betreft, maakt de diversiteit van hun bronnen het moeilijk om conclusies te trekken over het relatieve effect van elk van hen. De specifieke analyse van de periode van strikte lockdown (van 19 maart tot 3 mei) heeft inderdaad geen noemenswaardig effect op de concentraties van fijne deeltjes aangetoond. De $\text{PM}_{2.5}$ -concentraties die in 2020 in het BHG en België worden gemeten, zijn echter uiterst laag. Het is mogelijk dat deze niveaus verband houden met een algemene daling van de activiteit in alle sectoren in het BHG- maar hiervoor zou een specifieke studie nodig zijn.

In verband met NO_2 (chapitre 4), merken we dat, daar waar tien jaar geleden de Europese jaarlijkse grenswaarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (gelijk aan de door de WGO aanbevolen jaarlijkse waarde) op verschillende meetpunten van het BHG werd overschreden, deze waarde wordt nu gerespecteerd in alle meetstations van het telemetrisch meetnet in 2020. Aan de Europese uurgrenswaarde van $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (met 18 toegestane overschrijdingen) is de afgelopen tien jaar in het BHG altijd voldaan. Bovendien werd tussen 2017 en 2019 geen overschrijding van de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ geregistreerd en werd dus ook voldaan aan de door de WGO aanbevolen waarde ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ waarbij geen overschrijding is toegestaan). In 2020 werd deze drempel tweemaal overschreden in het station Kunst-Wet.

Voor PM_{10} (hoofdstuk 5), was de naleving van de Europese daggrenswaarde ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ met 35 toegestane overschrijdingen) tot 2013 nog een probleem, maar sinds 2014 wordt die overal in het BHG nageleefd (en sinds 2015 overal in België). De door de WGO aanbevolen waarde ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ met 3 toegestane overschrijdingen) wordt in 2020 slechts in één meetstation in het BHG overschreden. De jaarlijkse grenswaarde ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) voor PM_{10} is in geen van de afgelopen tien jaar overschreden en de door de WGO aanbevolen jaarlijkse waarde ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) is overschreden in slechts één station in 2020.

Wat $\text{PM}_{2.5}$ betreft, wordt de jaarlijkse grenswaarde van $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sinds 2010 overal goed nageleefd, vooral sinds deze in 2015 van kracht is geworden. In 2019 werd in één meetstation (Ukkel) voor het eerst in 10 jaar de uiterst strenge door de WGO aanbevolen jaarwaarde van $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gerespecteerd. In 2020 werd in drie meetstations aan de uiterst strenge jaarlijkse, door de WGO aanbevolen waarde van $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, voldaan. Richtlijn 2008/50/EG voorziet niet in een dagwaarde voor $\text{PM}_{2.5}$, maar de WGO voorziet in een aanbevolen dagelijkse waarde van $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (met 3 toegestane overschrijdingen). Deze waarde wordt nog overal in BHG (en op de



meeste meetpunten in België) overschreden.

De algemene trend in Europa voor ozon (hoofdstuk 6) is een afname van de ozonpieken maar tegelijk een toename van de achtergrondconcentraties, dit ten gevolge van afnemende lokale emissies en hemisferisch transport van precursorverontreinigende stoffen. In het BHG werd de streefwaarde van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, die gemiddeld over 3 jaar niet meer dan 25 dagen per kalenderjaar mag worden overschreden, in 2020 goed gerespecteerd. De door de WGO aanbevolen waarde (geen overschrijding van de drempelwaarde van $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ van het hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie) wordt in het BHG (en België) nergens gehaald.

Wat SO_2 (hoofdstuk 8) en CO (hoofdstuk 9) betreft, worden de door de richtlijn opgelegde waarden al 10 jaar lang ruimschoots gerespecteerd in het BHG en worden deze verontreinigende stoffen niet langer als problematisch beschouwd. Voor beide verontreinigende stoffen zijn de concentraties de afgelopen jaren zeer laag en stabiel gebleven.

Ten slotte zijn de BC-concentraties in de loop der jaren aanzienlijk gedaald (hoofdstuk 7) maar deze verontreinigende stof is niet gereguleerd door Europa en de WGO geeft geen aanbevolen waarden. Het wordt gebruikt als een karakteristieke indicator van het wegverkeer (vooral dieselmotoren) en in mindere mate van de verwarming van woningen.

De huidige luchtkwaliteit in het BHG en de duidelijke verbetering ervan in de afgelopen tien jaar zijn dus een bewijs van de doeltreffendheid van de maatregelen die zijn genomen om de emissies te verminderen, alsook van de technologische vooruitgang. Voor de toekomst moet er, hoewel reeds aan een aantal van de door de WGO aanbevolen waarden wordt voldaan, nog veel worden gedaan om de luchtkwaliteit in het algemeen op Europees (maar ook mondiaal) niveau te verbeteren om aan alle waarden te voldoen. Belangrijk is ook dat de richtwaarden van de WHO momenteel worden herzien en dat de Europese normen de komende jaren strenger kunnen worden.



BIJLAGE A: BEREKENINGSMETHODE

A.1 MINIMALE VERZAMELING VAN GEGEVENS

In dit verslag hebben wij, tenzij anders vermeld, de gegevens van de stations gepresenteerd volgens de Europese rapporteringslogica:

- een minimum van 85% ingevoerde gegevens per uur is vereist om een jaargemiddelde te berekenen,
- een minimum van 75% van de urengegevens moet worden ingevoerd om een daggemiddelde te berekenen.

De in dit verslag gepresenteerde gemiddelden volgen deze methode. Een jaargemiddelde van NO₂ zal bijvoorbeeld niet worden gepresenteerd als de urengegevens voor dat jaar voor minder dan 85% zijn geregistreerd. Dit criterium garandeert dat een meetstation over het hele jaar voldoende gegevens heeft om de statistieken te kunnen berekenen die ervan afhangen.

In het algemeen zijn de concentraties die in de loop van het jaar worden geregistreerd tijdens de koude periode van een heel andere orde van grootte dan tijdens de warme periode: tijdens de winter zijn de meteorologische omstandigheden over het algemeen ongunstig voor de verspreiding van verontreinigende stoffen, in tegenstelling tot de zomer.

Bovendien zullen sommige verontreinigende stoffen in bepaalde perioden van het jaar vaker piekconcentraties vertonen, zoals fijne deeltjes, als gevolg van de over het algemeen overvloedige vorming van secundaire deeltjes die samenhangen met het sproeien in de landbouw in maart-april. Bovendien worden sommige specifieke verontreinigende stoffen, zoals ozon, hoofdzakelijk gevormd tijdens de zonnigste periode van het jaar¹. Daarom is het niet mogelijk om een representatieve jaarindicator te berekenen op basis van een beperkte periode van het jaar.

Integendeel, als een „tellende” indicator (bv. de 35 toegestane overschrijdingsdagen per jaar van de drempelwaarde van 50 µg/m³ voor PM₁₀) niet voldoet aan de jaarlijkse rendementsdoelstelling van 85%, maar de indicator de norm al overschrijdt, wordt hij geacht in overschrijding te zijn (aangezien alle extra gegevens de norm alleen maar zullen verhogen). Anderzijds, als een dergelijke indicator niet voldoet aan de jaarlijkse efficiëntie van 85% en de indicator de norm niet overschrijdt, is het niet mogelijk te concluderen of er al dan niet sprake is van een overschrijding.

Een uitzondering op deze methodologie is de berekening van het driejaarsgemiddelde van de NET60 voor ozon, dat wordt berekend op basis van slechts één van de drie beschikbare geldige gegevenselementen.

In alle grafieken:

- een rood gekleurde stationscode wijst op een station dat de minimale gegevensregistratie nog niet heeft bereikt,
- een rood omlijnd balkje wijst op een station dat niet heeft voldaan aan de minimale gegevensregistratie,
- een rood jaar geeft een boxplot aan dat berekend is op basis van minder dan 50% van de stations, die de minimale gegevensregistratie hebben bereikt.

A.2 BOXPLOTS

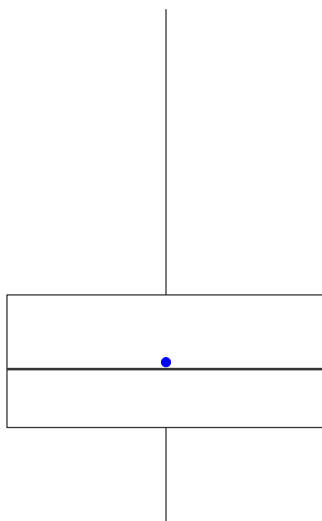
In dit verslag gebruiken we „boxplots” om verschillende grafiekstatistieken samen te vatten. Een dergelijke boxplot is weergegeven in Figuur A.1. In het algemeen kunnen ze als volgt worden gelezen:

- de bovenste verticale lijn geeft het maximum van de beschouwde dataverzameling aan,
- de onderste verticale lijn geeft het minimum van de beschouwde dataverzameling aan,

¹Merk op dat de Europese criteria voor minimale gegevensregistratie voor ozon eigenlijk ingewikkelder zijn dan alleen het controleren van de minimale gegevensregistratie van 85% [EU, 2008], [EU, 2015], [European Commission, 2018].



- de bovenkant van de centrale rechthoek geeft het 75ste percentiel (P75) van de beschouwde gegevensreeks aan,
- de onderkant van de centrale rechthoek geeft het 25ste percentiel (P25) van de beschouwde gegevensreeks aan (de boven- en onderkant van de rechthoek vormen de „box”),
- de horizontale lijn binnen de rechthoek geeft de mediaan (het 50ste percentiel) van de beschouwde gegevensreeks aan,
- het punt geeft het rekenkundig gemiddelde van de beschouwde gegevensreeks aan.



Figuur A.1 – Schema van de boxplot

DEFINITIES

- CO** koolstofmonoxide, een giftig gas dat ontstaat bij onvolledige verbranding.
- NO_x** stikstofoxiden, een mengsel van stikstofmonoxide en stikstofdioxide.
- NO** stikstofmonoxide, een weinig giftig gas dat bij verbranding ontstaat.
- NO₂** stikstofdioxide, een irriterend gas dat bij verbranding ontstaat, vooral bij dieselmotoren.
- O₃** ozon, een secundaire verontreinigende stof die wordt gevormd op basis van de reeds in de lucht aanwezige verontreinigende stoffen (precursoren) wanneer de zon overvloedig schijnt.
- PM** *particulate matter*, stofdeeltjes, zwevende deeltjes of fijne deeltjes, een geheel van vaste en vloeibare verbindingen die in de atmosfeer zweven (aerosol).
- PM_{2.5}** fijne deeltjes met een aerodynamische diameter van minder dan 2,5 µm.
- PM₁₀** fijne deeltjes met een aerodynamische diameter van minder dan 10 µm.
- PM_{2.5-10}** grove fractie van fijne deeltjes (*coarse fraction*), met een aerodynamische diameter tussen 2,5 µm en 10 µm.
- BC (black carbon)** zwarte koolstof, „roetdeeltjes”, gewoonlijk in het diametergebied van 10 tot 500 nm (0.01 tot 0.5 µm), voornamelijk uitgestoten door verkeer (diesel) en verwarming.
- UFP** voor *ultrafine particles*, ultrafijne deeltjes met een aerodynamische diameter van minder dan 100 nm (100 nm = 0,1 µm = 0,0000001 m).
- SO₂** zwaveldioxide, een giftig gas.
- COV** zijn vluchtige organische verbindingen die een rol spelen in de ozonchemie.
- NH₃** ammoniak, een gas dat met name vrijkomt bij het gebruik van meststoffen op landbouwgrond.
- NH₄⁺** ammonium-ion, betrokken bij de vorming van anorganische secundaire deeltjes.
- SO₄²⁻** sulfaat-ion, betrokken bij de vorming van secundaire minerale deeltjes.
- NO₃⁻** nitraat-ion, betrokken bij de vorming van anorganische secundaire deeltjes.
- boxplot** beknopte manier om statistieken in een grafiek weer te geven, zie A.2.



EENHEDEN, AFKORTINGEN EN STATIONCODES

EENHEDEN

ppb(V) deel per miljard (in volume), $1 \text{ ppbV} = 1 \text{ nmol/mol}$.

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ microgram (verbinding) per kubieke meter (lucht), $1 \mu\text{g} = 0.001 \text{ mg}$.

mg/m^3 milligram (verbinding) per kubieke meter (lucht). Hoofdzakelijk gebruikt in dit rapport voor het meten van koolstofmonoxide.

AFKORTIGEN

IPR *Implementing Provisions for Reporting*, reeks aanbevelingen voor de rapportering van luchtkwaliteitsindicatoren aan de Europese Commissie.

GBI gemiddelde-blootstellingsindex (GBI) (AEI, *average exposure indicator*).

BHG Brussels Hoofdstedelijk Gewest.

NET60 *Number of Exceedances above a Threshold of 60 ppb* ($= 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Aantal dagen per jaar waarop het hoogste 8-uurgemiddelde van de ozonconcentratie de drempel van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ overschrijdt.

WGO Wereld Gezondheid Organisatie (WHO, *World health organisation*).

STATIONCODES

41B001 Kunst-Wet

41B004 Sint-Katelijne

41B005 Eastman

41B006 EU Parlement

41B008 Belliardstraat

41B011 Sint-Agatha-Berchem

41MEU1 Neder-Over-Heembeek (Meudonpark)

41N043 Haren

41R001 Sint-Jans-Molenbeek

41R002 Elsene

41R012 Ukkel

41WOL1 Sint-Lambrechts-Woluwe



BIBLIOGRAFIE

- Airparif. *Pollution d'origine volcanique depuis le 22 septembre*. 2014. URL <https://www.airparif.asso.fr/actualite/detail/id/119>.
- EEA. *Air quality in Europe - 2018 report*. 2018. URL <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2018>.
- EEA. *Air quality in Europe - 2019 report*. 2019. URL <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2019>.
- EEA. *Gezondheidseffecten van luchtverontreiniging*. 2019. URL <https://www.eea.europa.eu/nl/ema-signalen/signalen-2013/infografiek/gezondheidseffecten-van-luchtverontreiniging-2/view>.
- EEA. *Air quality in Europe - 2020 report*. 2020. URL <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report>.
- EU. *Richtlijn 2008/50/EG van het Europees Parlement betreffende de luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa*. 2008. URL <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0050-20150918&from=EN>.
- EU. *Uitvoeringsbesluit van de Commissie van 12 december 2011 houdende uitvoeringsbepalingen van Richtlijnen 2004/107/EG en 2008/50/EG van het Europees Parlement en de Raad met betrekking tot de onderlinge uitwisseling van informatie en de verslaglegging over de luchtkwaliteit*. 2011. URL <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011D0850&from=FR>.
- EU. *Richtlijn (EU) 2015/1480 van de Commissie van 28 augustus 2015 tot wijziging van diverse bijlagen bij de Richtlijnen 2004/107/EG en 2008/50/EG van het Europees Parlement en de Raad tot vaststelling van de regels betreffende de referentiemethoden, de validatie van gegevens en de locatie van de bemonsteringspunten voor de beoordeling van de luchtkwaliteit*. 2015. URL <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015L1480&from=EN>.
- European Commission. *IPR*. 2018. URL https://www.eionet.europa.eu/aqportal/doc/IPR%20guidance_2.0.1_final.pdf.
- IRCEL-CELINE. *Jaarrapport Luchtkwaliteit in België 2019*. 2020. URL <https://www.irceline.be/nl/documentatie/publicaties/jaarrapporten/jaarrapport-luchtkwaliteit-in-belgie-2019/view>.
- Leefmilieu Brussel. *Luchtkwaliteit in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest - Immissiemetingen 2009-2011*. 2012. URL https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/QAir_Rpt0911_ssAnn_B_C_D_E_bis_nl.PDF.
- Leefmilieu Brussel. *Gegevens van het Departement Planning lucht, energie en klimaat*. 2020a.
- Leefmilieu Brussel. *Evaluation de l'impact des mesures prises dans le cadre de la pandémie de Covid-19 sur la qualité de l'air en Région de Bruxelles-Capitale. Rapports du 24 avril 2020 au 26 juin 2020*. 2020b. URL <https://environnement.brussels/news/evaluation-de-l'impact-des-mesures-prises-dans-le-cadre-de-la-pandemie-de-covid-19-sur-la>.
- B. Sportisse. *Pollution atmosphérique - Des processus à la modélisation*. Springer, 2007.
- WHO. *Air quality guidelines – global update 2005*. 2005. URL <https://www.who.int/airpollution/publications/aqg2005/en/>.
- WHO. *Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP project: Final technical report*. 2013. URL <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/review-of-evidence-on-health-aspects-of-air-pollution-revihaap-project-final-technical-report>.
- WHO. *Air Pollution*. 2020. URL https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1.
- WHO Regional Office for Europe. *Health Effects of Black Carbon*. 2012. URL https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/162535/e96541.pdf.

