



**Hoge
Gezondheidsraad**

**MILIEU- EN DUURZAAMHEIDSASPECTEN
VAN DE COVID-19 PANDEMIE**

**JULI 2021
HGR NR. 9617**



.be

COPYRIGHT

Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu

Hoge Gezondheidsraad

Victor Hortaplein 40 bus 10
B-1060 Brussel

Tel: 02/524 97 97

E-mail: info.hgr-css@health.belgium.be

Auteursrechten voorbehouden.

U kunt als volgt verwijzen naar deze publicatie:

Hoge Gezondheidsraad. Milieu- en duurzaamheidsaspecten van de Covid-19 pandemie. Brussel: HGR; 2021. Advies nr. 9617.

De integrale versie van dit advies kan gedownload worden van de website: www.hgr-css.be

Deze publicatie mag niet worden verkocht.



ADVIES VAN DE HOGE GEZONDHEIDSRAAD nr. 9617

Milieu- en duurzaamheidsaspecten van de COVID-19-pandemie

In this scientific advisory report, which offers guidance to public health policy-makers, the Superior Health Council of Belgium advocates an interdisciplinary human ecological approach to the COVID-19 pandemic.

This report aims at providing policy-makers with recommendations on health and environmental prevention strategies to reach a more integrated and rational reply to future virus outbreaks.

Versie gevalideerd op het College van
7 juli 2021¹

SAMENVATTING

De huidige COVID-19-pandemie (*Coronavirus disease 2019*) is een unieke ervaring voor de huidige generaties. Tijdens de eerste maanden van de wereldwijde epidemie werd de meeste wetenschappelijke aandacht besteed aan de medische aspecten, met name aan de epidemiologie en de virologie. Geleidelijk aan worden de wederzijdse effecten van de milieukwaliteit op de overdracht van het virus en de effecten van de lockdown om de overdracht te beheersen, gedocumenteerd. Het wordt duidelijk dat de ziekte en de manier waarop landen de overdracht ervan beperken, ook milieuaspecten hebben en gevolgen voor gezondheid en duurzaamheid.

Duurzame ontwikkeling omvat aspecten die verband houden met economie, samenleving en milieu. De lockdown, die in vele landen is ingesteld om de sociale contacten en bijgevolg de verspreiding van de ziekte te beperken, heeft een sterk effect op de economie, zowel lokaal als globaal: in vele sectoren verliezen mensen hun baan, bedrijven worstelen met een dalende rentabiliteit, en landen weten nog niet hoe ze de financiële kraters in hun begroting als gevolg van de aanhoudende bestrijdingsmaatregelen moeten opvangen.

In een systematisch 3 R-onderzoek (*Reasons-Responses-Recommendations*) werden voornamelijk negatieve effecten gemeld voor 13 van de 17 Duurzame Ontwikkelingsdoelstellingen, de *Sustainable Development Goals* (SDG's) van de Verenigde Naties (VN).

Fysieke afstand houden, wat beschouwd wordt als de meest efficiënte manier voor een bevolking om de verspreiding van het SARS-CoV-2-virus (*Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2*) tegen te gaan, veroorzaakt psychosociale problemen bij ouderen, jongeren en andere groepen in de samenleving. Het gaat gepaard met een toename van veiligheidsproblemen en verstoort het toerisme en de migratie in sterke mate.

¹ De Raad behoudt zich het recht voor om in dit document op elk moment kleine typografische verbeteringen aan te brengen. Verbeteringen die de betekenis wijzigen, worden echter automatisch in een erratum opgenomen. In dergelijk geval wordt een nieuwe versie van het advies uitgebracht.

Wat het milieu betreft, is er een snelle toename van het aantal en de kwaliteit van de gegevens over aspecten die hetzij rechtstreeks door COVID-19, hetzij onrechtstreeks door de maatregelen ter beperking van de infectieincidentie, worden beïnvloed. Van belang in de recente literatuur zijn:

- Studies tonen aan dat de seizoensgebonden overdracht van COVID-19 hangt af van de temperatuur en de vochtigheid. Bijvoorbeeld, het virus gedijt in de winter, maar zodra de temperatuur stijgt, is er minder overdracht. Een temperatuurstijging van 1 °C zou de de transmissie verminderen met 13 %. Anderzijds zou er een omgekeerd evenredige correlatie bestaan tussen de verdubbelingstijd van de infectie en de vochtigheid. Deze relaties zijn echter slechts gedeeltelijk blootgelegd.
- COVID-19 infecteert eerst de bovenste luchtwegen en veroorzaakt droge hoest en koorts, en verspreidt zich daarna progressief naar de lagere luchtwegen en andere organen. Daarom is interactie met verontreinigende stoffen zoals PM_{2.5} (zwevende deeltjes < 2,5 µm), NO_x, ozon en SO₂ bij vatbare groepen niet verrassend. Een geringe toename van de PM_{2.5}-concentratie met 1 microgram houdt verband met een toename van de beademingstijd van een in het ziekenhuis opgenomen patiënt en mogelijks met een toename van het COVID-19-sterftcijfer met 8-11 %.
- Bevolkingsdichtheid: een correlatiestudie tijdens de eerste golven in 5 staten in India heeft aangetoond dat de verspreiding van het coronavirus afhangt van de ruimtelijke spreiding van de bevolkingsdichtheid in 3 van deze staten.
- Tegelijkertijd hebben de lockdownmaatregelen geleid tot een drastische verbetering van bepaalde luchtverontreinigende stoffen en van de waterkwaliteit in vele steden overal ter wereld, als gevolg van een vermindering van het verkeer en van de industriële activiteiten. Dit resulteerde tevens in een lagere uitstoot van broeikasgassen.
- De verspreiding van het virus dwingt tot maatregelen om maskers, handschoenen, desinfecterende middelen voor de handen en andere beschermingsmiddelen te gebruiken. Met name het thuisgebruik van deze artikelen leidde tot een enorme hoeveelheid (semi-)medisch afval in het milieu, terwijl tegelijkertijd specifieke maatregelen ontbraken om dit probleem aan te pakken.

Deze gegevens vragen om een interdisciplinaire, humaan-ecologische benadering van de COVID-19-problematiek en daarmee verband houdende preventie- en beheersingsstrategieën met betrekking tot de verspreiding van de pandemie.

Sleutelwoorden en MeSH descriptor terms²

MeSH terms*	Keywords	Sleutelwoorden	Mots clés	Schlüsselwörter
'COVID-19'	COVID-19	COVID-19	COVID-19	COVID-19
'pandemics'	pandemic	pandemie	pandémie	Pandemie
'environment'	environment	leefmilieu	environnement	Umwelt
-	sustainability	duurzaamheid	durabilité	Nachhaltigkeit
'sustainable development'	sustainable development	duurzame ontwikkeling	développement durable	nachhaltige Entwicklung
'climate'	climate	klimaat	climat	Klima
'air pollution'	air pollution	luchtverontreiniging	pollution de l'air	Luftverschmutzung
-	waste	afval	déchets	Abfall
'water pollution'	water pollution	waterverontreiniging	pollution aquatique	Wasserverschmutzung
'incidence'	incidence	incidentie	incidence	Inzidenz
-	mitigation measures	mitigatiemaatregelen		Minderungsmaßnahmen

MeSH (Medical Subject Headings) is the NLM (National Library of Medicine) controlled vocabulary thesaurus used for indexing articles for PubMed <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh>.

² De Raad wenst te verduidelijken dat de MeSH-termen en sleutelwoorden worden gebruikt voor referentiedoeleinden en een snelle definitie van de scope van het advies. Voor nadere inlichtingen kunt u het hoofdstuk "methodologie" raadplegen.

INHOUD

1. INLEIDING EN PROBLEMATIEK.....	6
2. METHODOLOGIE	7
3. UITWERKING EN ARGUMENTATIE	8
1. Klimaat	8
2. Luchtverontreiniging	9
2.1 Kwaliteit van de buitenlucht	9
2.1.1 Rechtstreekse effecten op COVID-19.....	9
2.1.1.1 Zwevende deeltjes (Particulate matter of PM).....	10
2.1.1.2 Stikstofdioxide (NO ₂)	12
2.1.2 Effecten van de lockdown	13
2.2 Kwaliteit van de binnenlucht	15
3. Afval	15
4. Waterverontreiniging	18
5. Duurzame ontwikkeling	18
4. CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN	21
5. REFERENTIES.....	24
6. SAMENSTELLING VAN DE WERKGROEP	30

AFKORTINGEN

ACE2	<i>Angiotensine-Converting Enzyme 2</i>
CAMS	<i>Copernicus Atmosphere Monitoring Service</i>
CDC	<i>Amerikaanse Centers for Disease Control and Prevention</i>
BI	Betrouwbaarheidsinterval
CO	koolstofmonoxide
COPD	<i>Chronic Obstructive Pulmonary Disease</i>
COVID-19	<i>Coronavirus disease 2019</i>
ELCR	<i>excess lifetime cancer risk</i>
ENVI	Commissie milieubeheer, volksgezondheid en voedselveiligheid
BBP	Bruto Binnenlands Product
ICU	intensievezorgafdeling (<i>intensive care-unit</i>)
NO ₂	stikstofdioxide
NRMA	niet-risicohoudend medisch afval
PAH	polycyclische aromatische koolwaterstof
PM _{2.5}	zwevende deeltjes < 2,5 µm
PM ₁₀	zwevende deeltjes < 10 µm
RMA	risicohoudend medisch afval
SARS-CoV-2	<i>Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2</i>
DO	duurzame ontwikkeling
SDG's	Duurzame Ontwikkelingsdoelstellingen (<i>Sustainable Development Goals</i>)
HGR	Hoge Gezondheidsraad
SO ₂	zwaveldioxide
VN	Verenigde Naties
VOS	vluchtige organische stoffen
WGO	Wereldgezondheidsorganisatie

1. INLEIDING EN PROBLEMATIEK

COVID-19 is een zeer besmettelijke aandoening veroorzaakt door SARS-CoV-2. Dit virus is waarschijnlijk afkomstig uit China, van waaruit het zich over Zuidoost-Azië verspreidde en later wereldwijd meer dan 213 landen en regio's trof (Wereldgezondheidsorganisatie, 2020). Momenteel zijn alle continenten getroffen. Op 19 maart 2020 heeft de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO) COVID-19 tot pandemie verklaard.

In de eerste stadia van de pandemie werd ruime aandacht besteed aan de medische en virologische aspecten van de infectie, hoewel veel van deze aspecten direct of indirect verband hielden met het milieu. De overdracht van het virus is een voorbeeld. Over de hele wereld vertoont COVID-19 vijf fasen van overdracht, te beginnen met fase 1, de *gecontroleerde overdrachtsfase*: gevallen vertonen een reisgeschiedenis naar besmette landen, maar er zijn ook gevallen van asymptomatische patiënten. Afgezien van dit laatste worden besmette mensen geïsoleerd en in ziekenhuizen behandeld. Fase 2 is de *lokale transmissiefase*, waarin het virus zich in de lokale omgeving verspreidt via symptomatische en asymptomatische patiënten, vaak met een reisverleden. Fase 3 is de *gemeenschapsoverdrachtsfase*, waarin de ziekte zich onder de bevolking verspreidt. Tijdens deze fase worden sociale contacten de belangrijkste factor voor de verspreiding van de ziekte. In fase 4 *overschrijdt de ziekte de grenzen*, wat leidt tot transmissie over het gehele land en tussen de landen, waarbij zowel het aantal in het ziekenhuis opgenomen patiënten als het aantal sterfgevallen plotseling toeneemt en de situatie van de bevolking in een epidemie verandert. In de laatste fase *verspreidt het virus zich internationaal en intercontinentaal*, wat resulteert in een pandemie.

Tijdens elk van deze fasen zijn de milieuomstandigheden van cruciaal belang om de verspreiding van de ziekte te begrijpen (Mohan et al., 2021; Nunez-Delgado, 2020). In dit verslag wordt de nadruk gelegd op de milieuaspecten en de gevolgen daarvan voor de bestrijding van de pandemie. Het begint met een overzicht van het effect van klassieke meteorologische parameters (temperatuur en vochtigheid) op SARS-CoV-2 en de geassocieerde ziekte COVID-19. Daarna worden de verbanden tussen verontreinigde lucht, het virus en de daarmee gepaard gaande ziekte besproken. Twee aspecten worden behandeld:

- a) het effect van verontreinigde lucht op de verspreiding van de ziekte, en
- b) het effect van de lockdown op de kwaliteit van de lucht.

Tot slot wordt in het verslag ingegaan op de gevolgen voor water en afval. De gevolgen van deze effecten voor een meer duurzame, op het voorzorgsbeginsel gebaseerde COVID-19-preventiestrategie worden besproken.

2. METHODOLOGIE

Na analyse van het projectvoorstel hebben het College van de Hoge Gezondheidsraad (HGR) en de voorzitter van de permanente werkgroep van de HGR over chemische agentia de nodige expertises bepaald. Op basis hiervan werd een ad-hocwerkgroep opgericht met deskundigen in de verschillende gezondheids- en milieuproblematieken. De experts van de werkgroep hebben een algemene belangenverklaring en een ad-hocverklaring ingevuld en de Commissie voor Deontologie heeft het potentieel risico op belangenconflicten beoordeeld.

Dit advies is gebaseerd op een overzicht van de recente (2019-2020) peerreview getoetste wetenschappelijke literatuur, ondersteund door een Google Scholar-zoekopdracht, waarbij SARS en COVID-19 worden gecombineerd met de respectieve milieueffecttermen (lucht, water, afval, en duurzaamheid). Er werd een onderscheid gemaakt tussen de rechtstreekse effecten op COVID-19, en de onrechtstreekse effecten als gevolg van bijvoorbeeld de lockdownperiode. Begin 2021 leverde de combinatie "COVID-19" met "milieu" duizenden hits op voor 2020. De combinatie van "COVID-19" en "duurzame ontwikkeling" leverde eveneens een soortgelijke grootteorde van referenties op voor 2020 in een reeks referentietraceersystemen. Daarom was een volledig literatuuronderzoek vrijwel onmogelijk. Het nuttigst waren de speciale COVID-19-nummers in een reeks van gekwalificeerde tijdschriften. Er is ruimschoots gebruik gemaakt van het themanummer over COVID-19 en het milieu dat werd gepubliceerd door "*Environment, Development and Sustainability*" en van de studie "*Air pollution and COVID-19*" van de Commissie Milieubeheer, Volksgezondheid en Voedselveiligheid (*Environment, Public Health and Food Safety*, ENVI) van het Europees Parlement (Brunekreef et al., 2021).

De daaruit voortvloeiende evaluatie werd gecombineerd met de opmerkingen van plaatselijke deskundigen.

Na goedkeuring van het advies door de ad-hocwerkgroep werd het tenslotte gevalideerd door het College.

3. UITWERKING EN ARGUMENTATIE

1. Klimaat

Na de eerste uitbraak in China vertoonde COVID-19 een duidelijke regionale trend met hogere incidentiecijfers en ernst van de gevallen in noordelijke gebieden (Xu et al., 2020). Sinds deze eerste waarnemingen is in heel veel literatuur (onder meer besproken door Selcuk et al., 2020) de relatie geanalyseerd tussen COVID-19-gevallen en weerparameters zoals temperatuur, vochtigheid, druk, dauwpunt, windsnelheid en uren zonneshijn. Hoewel de resultaten uiteenlopen, bestaat er een groeiende consensus dat het aantal gevallen daalt naarmate de temperatuur stijgt. Dit betekent meer gevallen in de winter in het noordelijke deel van het noordelijk halfrond. Naast temperatuur zijn ook windsnelheid, luchtdruk, dauwpunt, en vochtigheid negatief en statistisch significant gecorreleerd met COVID-19-gevallen (Selcuk et al., 2020; Awasthi et al., 2020). Uit een literatuuronderzoek naar de invloed van temperatuur en vochtigheid op de gevallen van COVID-19 blijkt dat de meeste onderzoeken een negatieve relatie vinden met temperatuur en vochtigheid, maar geen correlatie met regenval (Selcuk, 2020). De verdubbeling van de incidentie van de ziekte (verdubbelingstijd) correleert positief met de temperatuur en omgekeerd met de vochtigheid (Oliveiros et al., 2020).

Analoog aan de infecties door de griep wordt in de literatuur gespeculeerd over seizoensgebonden transmissie: COVID-19 zal in de winter op noordelijke breedtegraden voorkomen, maar zodra de temperatuur stijgt, zal er minder transmissie zijn. Het influenzavirus is stabiel in een koude omgeving, en ademhalingsdruppeltjes, als reservoirs van virussen, blijven langer in de lucht in droge lucht. Koud en droog weer kan ook de immuniteit van de gastheer verzwakken en de gastheren vatbaarder maken voor het virus. De hoge transmissie bij koude temperaturen kan ook worden verklaard door gedragsmatige verschillen. Mensen kunnen bijvoorbeeld meer tijd binnenshuis doorbrengen en hebben meer kans op interactie met anderen. Men schat dat een temperatuurstijging van 1 °C de transmissie met 13 % vermindert (Carleton and Meng, 2020).

Ondanks deze gegevens moeten vraagtekens worden geplaatst bij de invloed van seizoensschommelingen.

Een hogere temperatuur en een hogere relatieve vochtigheid kunnen de overdracht van COVID-19 onderdrukken. Meer bepaald gaat een stijging van de temperatuur met 1 °C gepaard met een daling van de R-waarde van COVID-19 met 0,026 (95 % BI (betrouwbaarheidsinterval) [-0,0395 tot -0,0125]) in China en met 0,020 (95 % BI [-0,0311 tot -0,0096]) in de VS; een stijging van de relatieve vochtigheid met 1 % gaat gepaard met een daling van de R-waarde met 0,0076 (95 % BI [-0,0108 tot -0,0045]) in China en met 0,0080 (95 % BI [-0,0150 tot -0,0010]) in de VS. Daarom wordt geconcludeerd dat het effect van temperatuur/relatieve vochtigheid op het effectieve reproductiegetal (R-waarde) alleen niet sterk genoeg is om de pandemie te stoppen (Wang et al., 2021).

Chong et al. (2021) bestudeerden het verband tussen COVID-19 en milieufactoren, maar men moet zich ervan bewust zijn dat de meteorologische omstandigheden veranderen, evenals de maatregelen om de pandemie onder controle te houden. In veel van deze studies werd hier niet voor gecontroleerd. Hoewel temperatuur en relatieve vochtigheid dus een significant verband vertonen met het COVID-19-risico, moet men zich bewust zijn van de relatief beperkte bijdrage in vergelijking met de controlemaatregelen. Dit wordt gesuggereerd door een recente studie waarbij gebruik werd gemaakt van de incidentiegegevens van 102 Chinese steden in de eerste epidemieperiode, waarin rekening is gehouden met de inperkingsmaatregelen. Na verwerking van de inperkingsmaatregelen in de modelanalyse konden de meteorologische factoren slechts minder dan 1 % van de toename van de variabiliteit van de COVID-19-transmissie verklaren, terwijl de inperkingsmaatregelen de variantie over het geheel voor meer dan 40 % verklaarden. Dit biedt een

basis om te suggereren dat stringente controlemaatregelen nodig zijn om COVID-19 onder controle te houden, ongeacht de meteorologische omstandigheden in een gebied.

2. Luchtverontreiniging

2.1 Kwaliteit van de buitenlucht

Luchtverontreiniging is een complexe mengeling die bestaat uit aerosolen van kleine deeltjes (PM_{2.5}, PM₁₀, d.w.z. respectievelijk deeltjes < 2,5 µm en < 10 µm), stikstofdioxide (NO₂), zwaveldioxide (SO₂), koolstofmonoxide (CO), en vluchtige organische stoffen (VOS) afkomstig van het autoverkeer, de industrie en huishoudelijke emissies. De belangrijkste luchtverontreinigende stoffen in België die de gezondheid beïnvloeden zijn NO₂, PM (waaronder roet, nitraten, sulfaten, koolstofverbindingen, (zware) metalen en biologische deeltjes), en ozon. Belgische wetenschappers legden de basis voor de epidemiologie van de luchtverontreiniging na de beruchte luchtverontreinigingsramp in de Maasvallei in 1930 (Nemery et al., 2001). De gezondheidseffecten van zwevende deeltjes zijn nu welbekend: langlopende epidemiologische studies hebben een oorzakelijk verband aangetoond met morbiditeit en mortaliteit als gevolg van ademhalingsziekten, hart- en vaatziekten, diabetes en longkanker. NO₂ en ozon worden ook in verband gebracht met sterfte en aandoeningen van de luchtwegen (Brunekreef et al., 2021).

In het begin van de pandemie hebben talrijke getroffen landen hun toevlucht genomen tot risicobeperkingsstrategieën die een of andere vorm van thuisisolatie omvatten om de verspreiding van het virus tegen te gaan. Deze lockdowns hebben geleid tot een aanzienlijke daling van de door het verkeer veroorzaakte luchtverontreiniging, vooral in de meest verontreinigde gebieden. Satelliet- en oppervlaktemetingen van de luchtverontreinigingsniveaus in 20 steden over de hele wereld hebben een vermindering van ongeveer 28 ton NO₂ (som van 20 steden) en ongeveer 184 ton CO (som van 20 steden) aangetoond tijdens de studieperiode (1 februari tot 11 mei 2019 en de overeenkomstige periode in 2020). PM_{2.5}, PM₁₀, en NO₂ namen af met respectievelijk ongeveer 37 µg/m³, 62 µg/m³, en 145 µg/m³ (Sannigrahi et al., 2021).

De beoordeling van het mogelijke effect van luchtverontreiniging op de resultaten van COVID-19 is echter een uitdaging, gezien het feit dat de aard van de luchtverontreinigende stoffen tijdens de SARS-CoV-2-pandemie is veranderd. De uitstoot van de industrie en het verkeer nam op veel plaatsen af, terwijl sommige landen het onbewezen en ondoeltreffende beleid van besproeiing met ontsmettingsmiddelen in de open lucht toepasten. Deze praktijk kan schadelijk zijn en veroorzaakt oog- en huidirritatie. (WGO, 2020b)

2.1.1 Rechtstreekse effecten op COVID-19

Luchtverontreinigende stoffen worden niet alleen in verband gebracht met acute aandoeningen van de luchtwegen, maar ook met een breed scala van chronische ziekten zoals hart- en vaatziekten, diabetes, kanker en chronische lever- en nierziekten, waarvan de meeste overlappen met risicofactoren voor ernstige COVID-19.

SARS-CoV-2 infecteert eerst de bovenste luchtwegen en veroorzaakt droge hoest en koorts. Bij sommige patiënten veroorzaakt een infectie van het maagdarmkanaal misselijkheid en diarree. De infectie kan zich uitbreiden naar de lagere luchtwegen en bronchitis en longontsteking veroorzaken. Cardiovasculaire effecten worden ook vaak waargenomen. Deze opeenvolging van symptomen is eveneens kenmerkend voor de blootstelling aan hoge concentraties luchtverontreinigende stoffen. Langdurige blootstelling aan verontreinigende stoffen zoals SO₂ en fijne zwevende deeltjes (PM_{2.5}) draagt bij tot hart- en vaatziekten, vermindert de longfunctie, veroorzaakt aandoeningen van de luchtwegen (waaronder astma), en trombose. Blootstelling aan luchtverontreinigende stoffen kan oxidatieve stress en vrije radicalen veroorzaken, die op hun beurt het ademhalingsstelsel kunnen

beschadigen, waardoor de weerstand tegen infecties vermindert. Dit zijn redenen waarom een relatie tussen luchtvervuiling en COVID-19 werd onderzocht (Fattorine and Regoli, 2020; Brunekreef et al., 2021).

Naast het effect van luchtverontreiniging op aandoeningen van de luchtwegen zoals COPD (*Chronic Obstructive Pulmonary Disease*) en astma, is ook aangetoond dat luchtverontreiniging virale infecties van de luchtwegen bevordert (Domingo et al., 2020). De algemeen aanvaarde wijzen van virale overdracht omvatten overdracht via grotere druppels (die dicht bij de plaats vallen waar ze zijn uitgeademd). Aanvankelijk lag de nadruk op de rechtstreekse overdracht van SARS-CoV-2 via dergelijke grotere druppels of onrechtstreeks via besmette oppervlakken (fomieten). Maar op 9 juli 2020 erkende de WGO dat overdracht door de lucht via aerosolen een belangrijke transmissieroute voor SARS-CoV-2 is (WGO, 2020a).

Luchtverontreiniging wordt uitgestoten door een reeks natuurlijke en antropogene bronnen, variërend van het verkeer, over open vuren, verwarming, tot industriële verontreiniging.

Van de reeks mogelijke interferenties met COVID-19 zijn de effecten van blootstelling aan PM (zwevende deeltjes) en stikstofoxiden het meest uitgebreid gedocumenteerd. Dit verslag is toegespitst op PM en in het bijzonder PM_{2.5} en NO₂, die in België belangrijke verontreinigende stoffen zijn.

2.1.1.1 Zwevende deeltjes (*Particulate matter of PM*)

Zwevende deeltjes (PM) worden uitgestoten door een reeks natuurlijke en antropogene bronnen, variërend van verwarmingssystemen van gezinnen, over verkeer, tot industriële verontreiniging. PM omvat nitraten, sulfaten, koolstofverbindingen, (zware) metalen en biologische deeltjes.

In 2020 suggereerden verschillende vroege waarnemingen (vaak nog niet onderworpen aan een peerreview) significante associaties tussen omgevingsconcentraties van PM_{2.5} en PM₁₀ en COVID-19 in de meest getroffen landen: China, Italië, India en de VS (voor een overzicht zie Copat et al., 2020; Brunekreef et al., 2021). Een dergelijk verband leek logisch aangezien luchtverontreiniging bekend staat als oorzaak van veel van de onderliggende ziekten die een risicofactor voor COVID-19 blijken te zijn. Bovendien is bekend dat luchtverontreiniging luchtwegeninfecties door andere ziekteverwekkers kan doen toenemen (mogelijk door de immunrespons van mensen te verminderen) en het is daarom waarschijnlijk dat dit ook het geval is voor SARS-CoV-2. Meer bepaald verhoogt langdurige blootstelling aan luchtverontreiniging de expressie van ACE2 (*Angiotensine-Converting Enzyme 2*), dat het doelwit is van SARS-CoV-2. Dit kan dus leiden tot een ernstigere infectie.

Het is niet alleen mogelijk dat mensen vatbaarder worden voor infecties van de luchtwegen (vooral kinderen, ouderen en COPD-patiënten), maar het is ook mogelijk dat luchtverontreinigende deeltjes (aerosolen) een rol spelen bij het transport van virussen door de lucht. Dit is onwaarschijnlijk in omstandigheden buitenshuis, maar waarschijnlijk zeer relevant in omgevingen binnen (zie de bespreking in de paragraaf over luchtverontreiniging binnenshuis).

Het eerste bewijs voor het verband tussen luchtverontreiniging en COVID-19 in de tijd werd gemeld in China (Zhu et al., 2020). Zij stelden vast dat het effect van PM_{2.5} op dagelijks bevestigde gevallen groter was dan dat van PM₁₀. Zij stelden met name vast dat een toename van PM_{2.5} en PM₁₀ met 10 µg/m³ gepaard ging met een toename van respectievelijk 2,24 % en 1,76 % van de dagelijkse tellingen van bevestigde gevallen.

Ook in India werd een significante positieve correlatie gerapporteerd tussen PM_{2.5}-verontreiniging in stedelijke gebieden en de gerapporteerde COVID-19-gevallen en de daaruit voortvloeiende sterfgevallen (Sahu et al., 2020).

Een econometrische analyse van de verbanden tussen luchtverontreiniging en COVID-19, gebruikmakend van gegevens van 355 relatief kleine Nederlandse gemeenten, levert het bewijs dat een toename van de PM_{2.5}-concentratie met 1 µg/m³ gepaard gaat met een toename van het aantal gevallen met 9,4 tot 15,1 en van het aantal sterfgevallen met 2,2 tot 3,6 (Cole et al., 2020).

Over het geheel genomen, benadrukken deze studies de rol van PM als een trigger en drager van COVID-19. SARS-CoV-2 wordt niet alleen overgebracht door grotere ademhalingsdruppels als gevolg van niezen en hoesten, maar ook door kleinere zwevende deeltjes die worden uitgestoten bij het spreken of zingen. Bovendien werden concentraties van virusbeladen PM₁₀-monsters onder 0,8 kopieën/m³ geïdentificeerd, maar het lijkt onwaarschijnlijk dat deze lage concentraties een belangrijke overdrachtsvector voor SARS-CoV-2 in de buitenlucht vormen (Maleki et al., 2021).

Een analyse van COVID-19-sterfgevallen en de luchtkwaliteit in negen vervuilde Aziatische steden toonde een sterk verband aan tussen luchtvervuiling en een toename van het aantal gerapporteerde sterfgevallen in verband met COVID-19. De voortdurende reactie op hoge concentraties verontreinigende stoffen heeft waarschijnlijk invloed gehad op het immuunsysteem van de mensen die zijn overleden. Kortdurende blootstelling aan PM_{2.5} zou kunnen inwerken op het evenwicht tussen inflammatoire M1- en anti-inflammatoire M2-macrofaagpolarisaties, die betrokken zouden kunnen zijn bij door luchtvervuiling veroorzaakte immuunziektes en aandoeningen. Op haar beurt kan blootstelling aan zwevende deeltjes of ozon cellulaire signaalnetwerken activeren, waaronder membraanreceptoren, intracellulaire kinasen en fosfatasen, alsmede transcriptiefactoren die de ontstekingsreacties reguleren. De hypothese dat ernstige COVID-19-gevallen het gevolg zouden kunnen zijn van hogere weefselspiegels van ACE2, verhoogde infectie, en uiteindelijk grotere virale belasting, wordt actief onderzocht. Anderen hebben voorgesteld dat de interactie van SARS-CoV-2 met ACE2 leidt tot een verminderde ACE2-oppervlakte-expressie en een verminderde cardiopulmonaire bescherming (Brandt and Mersha, 2021).

Dit wordt verder ondersteund door de bevinding dat de mortaliteit beter correleert met PM_{2.5} dan met PM₁₀ (Gupta, 2020).

Op basis van de meeste gedeeltelijke en voorlopige gegevens meldde ook het Wereld Economisch Forum (2020) dat een toename van zwevende deeltjes (PM) met 1 mg/m³ gepaard ging met een toename van de incidentie van COVID-19, ziekenhuisopnames en sterfgevallen.

Ook de schadelijke COVID-19-uitbraak in Italië werd in verband gebracht met luchtverontreinigingsconcentraties. Noord-Italië, waar de meeste gevallen en sterfgevallen werden geregistreerd bij het begin van de pandemie in Europa (maart-april 2020), is jarenlang voortdurend blootgesteld geweest aan hoge niveaus van chronische luchtverontreiniging. Langetermijngegevens over de luchtkwaliteit vertoonden een significante correlatie met COVID-19-gevallen in wel 71 Italiaanse provincies. Dit suggereert dat chronische blootstelling aan luchtverontreinigende stoffen een gunstige context biedt voor het virus (Fattoni and Regoli, 2020), hoewel het mechanisme of de mechanismen dat/die dit fenomeen aanstuurt/aansturen onduidelijk blijft/blijven.

Een grootschalig Amerikaans onderzoek van het "*Center for Systems Science and Engineering Coronavirus Resource Center*" van de John Hopkins University concludeerde dat een toename van 1 µg/m³ in PM_{2.5}-concentraties gelinkt is aan een toename met 11 % van het COVID-19-sterftecijfer (Wu et al., 2020). Deze resultaten werden echter niet herhaald in een latere studie waarbij gebruik werd gemaakt van soortgelijke gegevens en een soortgelijke opzet, maar met betere statistische technieken (Liang et al. 2020).

In het algemeen benadrukken deze studies de mogelijke rol van PM als drager en uitlokker van COVID-19 en hoe maatregelen gericht op duurzame groei in een redelijk schoon milieu een

positieve invloed zouden kunnen hebben op het voorkomen van gezondheidseffecten, het terugdringen van de mortaliteit en de belasting van de gezondheidszorgstelsels.

Helaas vereisen de epidemiologische methoden die met succes de schadelijke effecten van luchtverontreiniging hebben aangetoond, dat mensen in groten getale en gedurende vele jaren of decennia individueel worden gevolgd. Een dergelijke langetermijnstudie om de precieze omvang van COVID-19 op enig gezondheidseindpunt te bepalen, is nog niet mogelijk gezien het recente begin van de uitbraak. Bij een ander soort onderzoek naar luchtverontreiniging wordt gekeken naar de correlatie tussen dagelijkse variaties in luchtverontreiniging en variaties in het sterftcijfer. De pogingen om dit in 2020 te doen, werden gehinderd door de gelijktijdige effecten van de lockdownmaatregelen op zowel de luchtverontreiniging als de epidemie, wat gemakkelijk kan leiden tot verkeerde correlaties die misschien geen oorzakelijk verband inhouden (Brunekreef et al., 2021).

De meeste studies die vandaag beschikbaar zijn, hebben (noodgedwongen) een ecologisch of cross-sectioneel design gevolgd, wat kan leiden tot onbetrouwbare resultaten afhankelijk van verkeerde classificatie (bv. werden alle geïnfekteerde personen correct gediagnosticeerd) en aggregatieniveau (bv. Brunekreef et al. (2021) verwijzen naar een studie uit de provincie Hubei die een positieve, geen of negatieve associatie vond afhankelijk van het geografische aggregatieniveau). Er werd nog geen rekening gehouden met gegevens over confounders, d.w.z. persoonlijke kenmerken (leeftijd, inkomen, enz.) die kunnen correleren met zowel de ernst van COVID-19 als luchtverontreiniging.

In het algemeen is er een hoge associatie van COVID-19-infecties met luchtvervuiling in steden gemeten tijdens dagen dat de PM₁₀-limieten of ozonlimieten tijdens de voorgaande jaren overschreden werden (Coccia, 2020; Barcelo, 2020).

Van bijzonder belang is het effect van luchtverontreiniging op het ontstaan en de verergering van longziekten. Voor patiënten met een risico op nieuwe luchtwegeninfecties, op het ontwikkelen van een verminderde longfunctie en/of op verergering van bestaande longaandoeningen (astma, cystische fibrose, COPD) is blootstelling aan verontreinigde lucht door PM een risicofactor. COVID-19-patiënten ondervinden langdurige gevolgen voor hun ademhaling en cardiovasculaire gezondheid. Deze zwakke punten zullen hen waarschijnlijk kwetsbaarder maken voor de gevolgen van luchtverontreiniging in de toekomst (bv. wanneer de lockdowns worden opgeheven). Belgische onderzoekers hebben onlangs aangetoond dat patiënten op intensievezorgafdelingen (ICU's) langer aan de beademing werden gehouden wanneer de luchtverontreiniging voordien hoger was (De Weerd et al., 2020).

2.1.1.2 Stikstofdioxide (NO₂)

Naast zwevende deeltjes verdient ook NO₂ aandacht. NO₂ komt niet alleen in de natuur voor, maar wordt ook uitgestoten door het vervoer en bij de verbranding van brandstoffen.

NO₂ tast vooral het ademhalingsstelsel aan. Een stijging van de concentraties (binnen en buiten) kan het risico op luchtwegeninfecties aanzienlijk verhogen, vooral bij kinderen. Vandaar dat virale infecties vaker voorkomen na blootstelling aan NO₂. Blootstelling aan NO₂ verhoogt ook het risico op andere longproblemen zoals astma, astma met eczeem, en COPD.

De eerste rapporten over een verband tussen omgevingsconcentraties van NO₂ en COVID-19 in Europa, China en de VS werden aangevuld met studies waarin dit verband niet werd gevonden of zelfs een negatief verband werd gemeld (Copat et al., 2020).

Zhu et al. (2020) stelden in China vast dat een toename van NO₂ met 10 µg/m³ gepaard gaat met een toename van 6,5 % van de dagelijkse tellingen van COVID-19. Langdurige blootstelling aan NO₂ kan mogelijk bijdragen tot de sterfte veroorzaakt door COVID-19. Deze verklaring is

gebaseerd op de hoge COVID-19-sterftcijfers op locaties met hoge NO₂-concentraties in Italië en Spanje (Copat et al., 2020).

Tijdens de lockdown is het verkeer in Europese steden met 65-85 % gedaald. Dit leidde tot een vermindering van de uitstoot van door het verkeer veroorzaakte verontreinigende stoffen, waaronder NO₂.

De NO₂-concentraties daalden in Noord-Italië, Spanje en het Verenigd Koninkrijk (Ficetola and Rubolini, 2020). De door de ochtendspits veroorzaakte NO₂-concentraties op verkeersknooppunten gingen met ongeveer 50 % naar beneden (Tanzer-Gruener et al., 2020). Tegen april 2020 waren de NO₂-concentraties in heel Europa aanzienlijk gedaald. Deze vermindering was onafhankelijk van de meteorologische omstandigheden (EMA, 2020; Celik and Gul, 2020).

Hoewel de wetenschappelijke rapporten niet eenduidig zijn, kan op basis van steeds meer bewijs worden geconcludeerd dat blootstelling aan NO₂ waarschijnlijk een van de belangrijke milieutriggers is voor het opduiken van COVID-19 en de daaraan gekoppelde sterfgevallen.

2.1.2 Effecten van de lockdown

De lockdown in veel landen wereldwijd heeft geleid tot een ongekende afname van de economische activiteit en het verkeer, wat zijn weerslag had op de belangrijkste bronnen van luchtverontreiniging: woningverwarming, elektriciteitsopwekkende industrie, en vooral mobiliteit (HGR, 2011). Dit resulteerde in een aanzienlijke verbetering van de (stedelijke) luchtkwaliteit. De NO₂-concentraties daalden in Noord-Italië, Spanje en het Verenigd Koninkrijk (Ficetola and Rubolini, 2020). In de Indiase hoofdstad Delhi bedroeg de vermindering van PM₁₀ en PM_{2,5} respectievelijk 60 % en 39 % als gevolg van de plaatselijke lockdown (Mohapatra et al., 2020). In België (ISSeP, 2020) vonden de lockdownperioden gelijktijdig plaats met:

- bepaalde weersomstandigheden die niet bevorderlijk waren voor de verspreiding van de verontreinigende stoffen;
- activiteiten van de landbouw, met inbegrip van het gebruik van meststoffen die ammoniak en secundaire PM-precursoren verspreiden en uitstoten;
- een periode van Saharastof.

Tijdens de volledige lockdown in New York (VS) van 22 tot 31 maart 2020 zijn de CO-niveaus (1,7 tot 0,22 ppm), NO_x-concentraties (25 tot 12 ppb), SO₂ (0,95 tot 0,25 ppb) en PM_{2,5} (10,3 tot 3,5 µg/m³) gedaald. De ozonconcentraties stegen echter van 0,02 tot 0,03 ppb als gevolg van de lagere plaatselijke NO₂-emissies (Shehzad et al, 2021). In Pittsburgh, Pennsylvania, VS, resulteerden de sluitingen in verband met COVID-19 in een algemene daling van PM_{2,5}-concentraties met ongeveer 3 µg/m³. De door de ochtendspits veroorzaakte CO- en NO₂-concentraties op verkeersknooppunten gingen met ongeveer 50 % naar beneden (Tanzer-Gruener et al., 2020).

In 2020 kreeg Rajpur (India) te maken met 4 nationale lockdowns. Tijdens deze perioden daalden de gemiddelde PM_{2,5}-concentraties met meer dan 90 % (van 136 µg/m³ tijdens normale pre-COVID-19-dagen tot 11 µg/m³ tijdens de eerste lockdown). De massaconcentraties zwarte koolstof ("roet") daalden van 9 µg/m³ tot 2 µg/m³ tijdens de eerste twee lockdownperioden. De gemiddelde polycyclische aromatische koolwaterstofconcentraties (PAK's) daalden van 136 ng/m³ tot 15 ng/m³ tijdens de eerste lockdownperiode. De berekende beoordelingen van de gezondheidsrisico's en van het kankerrisico (*excess lifetime cancer risk*, ELCR) verbeterden dienovereenkomstig (Ambade et al., 2020).

Wereldwijd zijn vergelijkbare resultaten gemeld over de verbetering van de luchtkwaliteit tijdens lockdownperioden (voor een overzicht zie Celik et al., 2020).

Het Europees Milieuagentschap (2020) heeft het effect van de lockdown in het voorjaar van 2020 beoordeeld, met bijzondere aandacht voor NO₂ en PM₁₀. De beoordeling was gebaseerd op meetgegevens en hield rekening met veranderingen ten gevolge van meteorologische variabiliteit en modelmatige ramingen door de *Copernicus Atmosphere Monitoring Service* (CAMS). De nadruk werd gelegd op de beperkingen en onzekerheden van de beoordeling ten gevolge van meteorologische, seizoensgebonden en landschappelijke parameters, en van parameters met betrekking tot het landgebruik (stedelijk, ruraal).

In Brussel varieerde de blootstelling aan stikstof doorheen de tijd. De gemiddelde weekconcentratie van NO_x daalde tijdens de eerste en tweede COVID-19-golf, maar bereikte 44 µg/m³ begin maart 2021.

Wereldwijd bestaan er grote verschillen in de verbetering van de luchtkwaliteit tussen landen (van 2 % in Zweden tot 89 % in Senegal) en wat betreft het soort lockdown (van 13 % tijdens een volledige lockdown in het Verenigd Koninkrijk tot 2 % in Zweden tijdens een gedeeltelijke lockdown) (Talukdar et al., 2020). In het begin van de pandemie hebben talrijke getroffen landen hun toevlucht genomen tot risicobeperkingsstrategieën die een of andere vorm van thuisisolatie omvatten om de verspreiding van het virus tegen te gaan. Deze lockdowns hebben geleid tot een aanzienlijke daling van de door het verkeer veroorzaakte luchtverontreiniging, vooral in de meest verontreinigde gebieden. Satelliet- en oppervlaktemetingen van de luchtverontreinigingsniveaus in 20 steden over de hele wereld hebben een vermindering aangetoond van ongeveer 28 ton NO₂ (som van 20 steden) en ongeveer 184 ton CO (som van 20 steden) tijdens de periode van 1 februari tot 11 mei 2019 en de overeenkomstige periode in 2020. PM_{2,5}, PM₁₀, en NO₂ zijn afgenomen met respectievelijk ongeveer 37 µg/m³, 62 µg/m³, en 145 µg/m³.

Er bestaat geen duidelijk lineair verband tussen de luchtverontreiniging in één land en de genomen maatregelen, omdat de chemie van de luchtverontreiniging zo complex is. In België bijvoorbeeld werden hoge PM-concentraties gerapporteerd in de laatste week van maart 2020, twee weken na de start van de lockdown, als gevolg van hogere emissies van houtverbranding in combinatie met meteorologische omstandigheden die de vorming van secundaire aerosolen vergemakkelijkten. Vóór de lockdown van 13 maart was de luchtkwaliteit relatief goed door het regenachtige weer en de hogere windsnelheden (VMM, 2020). Een volledige analyse in 2021 van de luchtverontreinigingsconcentraties in 2020 zal nodig zijn om de omvang van de emissiereducties en het effect op de concentraties te bepalen. Verwacht wordt dat de gemiddelde NO₂-concentraties in België over het hele jaar 2020 tussen 20% en 30% lager zullen liggen (wat hogere ozonconcentraties inhoudt), en dat er weinig of geen effect zal zijn voor PM. Naar verwachting zullen in sommige hotspots hogere waarden blijven bestaan, wat aangeeft hoe omvangrijk de maatregelen zijn die nodig zijn om de lucht na COVID-19 te zuiveren.

Een ander indirect gunstig gezondheidseffect van de lockdown is dat minder mensen dan statistisch verwacht gewond raakten of omkwamen in het verkeer. Tijdens het eerste trimester van 2020 (waarvan slechts twee weken volledig in lockdown waren) vielen er 6% minder verkeersdoden en werden er 14% minder gewonden geregistreerd. Gegevens voor het volledige jaar 2020 zijn nog niet beschikbaar. Ongelukken die wel gebeurden tijdens de lockdown bleken twee keer zo dodelijk te zijn: mensen die wel met de auto reden, bleken vooral zeer snel te rijden (Vias, 2020).

Indirecte gezondheidsvoordelen kunnen ook worden verwacht van een vermindering van het verkeerslawaai (vooral van passagiersvliegtuigen in de omgeving van de luchthaven overdag en van wegen). In het begin van de lockdown in het voorjaar van 2020 werd in veel delen van Vlaanderen een gemiddelde daling van 10 tot 12 decibel waargenomen, met kleinere dalingen in de buurt van snelwegen. In Nederland werd een daling van 3 decibel gemeld. Er worden verschillende effecten verwacht voor de avondklokperiode tijdens de tweede semi-lockdown, met meer effecten 's nachts (en dus mogelijk meer gezondheidsvoordelen) (VRT, 2020).

Ook op de troposferische ozonconcentraties heeft de lockdown een complex effect. Er bestaat een complex evenwicht tussen de vorming en vernietiging van ozon. Ondanks aanzienlijk minder verkeer bleven er voldoende NO₂ en vluchtige organische verbindingen in de lucht om ozon te doen ontstaan. Anderzijds leidden de lagere NO-concentraties op de meetpunten in de buurt van het verkeer tot een geringere mate van ozonafbraak. Het nettoresultaat is een stijging van de ozonconcentraties (Leefmilieu Brussel, 2020).

In het algemeen is er een hoge associatie van COVID-19-infecties met luchtvervuiling in steden gemeten tijdens dagen dat de PM₁₀ -limieten of ozon tijdens de voorgaande jaren overschreden werden (Coccia, 2020; Barcelo, 2020).

2.2 Kwaliteit van de binnenlucht

Aangezien de binnenlucht dezelfde verontreinigende stoffen bevat als de buitenlucht, vaak in hogere concentraties, ligt het voor de hand dat een analyse van de literatuur tot soortgelijke gezondheidseffecten leidt. Relevante omgevingsfactoren zijn onder meer de tijd die in kamers wordt doorgebracht, de ventilatiesnelheid, temperatuur en vochtigheid, en het aantal bewoners (Morawska and Cao, 2020; Morawska et al., 2020). Er zijn minder publicaties over dit onderwerp dan het aantal artikelen over COVID-19 en de kwaliteit van de buitenlucht. Van bijzonder belang zijn echter de notulen van een webinar over COVID-19 op 19 juni 2020 in Niel, België: *"The issue of airborne transmission and how to minimize risks indoors"* (eu.reca, 2020).

Mond en neus zijn de bronnen van de verspreiding van met virus besmette uitademingsdruppels. Grotere druppels kunnen worden overgebracht door nauw contact (< 1,5 m) of door de afzettingsplaatsen aan te raken. Kleinere druppels gedragen zich in de ruimte als aerosolen en kunnen tot 3 uur na de emissie in suspensie blijven. De hoogste concentraties werden gevonden tijdens spreken, zingen en hoesten (Buonano et al. 2020a,b; Morawska et al., 2009). Dit betekent dat nauw contact niet de enige transmissieroute van het virus is, transmissie via de lucht is dit ook. Zittend ademen kan ook een belangrijke bron van virusuitstoot zijn. De virale belasting van respiratoire deeltjes varieert aanzienlijk in de verschillende fasen van de ziekte. De hoogste virale belasting werd aangetroffen bij personen die recent besmet waren maar nog geen symptomen vertoonden (Miller et al., 2020). De SARS-CoV-2-ademuitstootsnelheid in de lucht bleek hoog te zijn (tot 10⁵ virussen per minuut) tijdens de vroegere stadia van COVID-19. Hieruit blijkt dat overdracht via de lucht ook moet worden beschouwd als een transmissieroute van het virus.

Het infectierisico van door de lucht verspreide emissies kan op kwantitatieve wijze worden geraamd met behulp van modellen waarin rekening wordt gehouden met de parameters waarvan bekend is dat zij het risico beïnvloeden.

Deze bevindingen verklaren eveneens waarom in een Belgisch klimaat voldoende en doeltreffende ventilatie van de kamers de heersende strategie is om infecties te voorkomen. Indien onvoldoende ventilatie kan worden gerealiseerd, zal reiniging en desinfectie van de lucht het contact met het virus beperken. Alleen als natuurlijke ventilatie beperkt of onmogelijk is, dragen technische oplossingen om het contact met het virus te beperken (uv-licht, luchtreinigers, enz.) bij tot het voorkomen van de infectie. In dit verband verwijst de HGR naar zijn vorige verslagen, waaronder dat over ventilatie (HGR, 2021).

3. Afval

De ingrijpende sociale gevolgen van COVID-19, de beschermingsmaatregelen en beperkingen in de commerciële activiteiten, en de mobiliteit hebben de aard en de hoeveelheden afval dat tijdens en in de nasleep van de pandemie werd geproduceerd, beïnvloed.

Twee afvalstromen verdienen bijzondere aandacht:

a) Solide ziekenhuisafval:

Het beheer van medisch afval was een probleem bij het uitbreken van de pandemie. Weinig eigenschappen van het virus waren bekend en, waarschijnlijk meer door intuïtie dan gebaseerd op harde bewijzen, werd al het materiaal dat werd gebruikt voor de behandeling of diagnose van patiënten als gevaarlijk beschouwd (Hoseinzadeh et al., 2020; WGO 2014, 2020). De bevinding dat het virus een langere overlevingskans heeft op tal van oppervlakken is inderdaad suggestief voor een voorzorgsbenadering van het beheer van het afval (Wiktorczyk et al., 2021; Van Doremalen et al., 2020). Eerder verwarrende en tegenstrijdige berichten werden verspreid door bijvoorbeeld de Amerikaanse CDC (*Centers for Disease Control and Prevention*), die verklaarden dat het afval van COVID-19-patiënten niet verschilde van dat van andere patiënten, terwijl de WGO mensen die omgaan met afval uit de gezondheidszorg van COVID-19-patiënten adviseerde laarzen, schorten, jassen met lange mouwen, dikke handschoenen, maskers en gelaatsschermen te dragen. Dit is niet nodig als het afval als onschadelijk wordt beschouwd.

Als gevolg daarvan is de hoeveelheid medisch afval die als risicovol wordt beschouwd, aanzienlijk toegenomen. In Wuhan was de hoeveelheid afval die als risicovol werd beschouwd in maart 2020 ongeveer vijf keer zo groot als in de periode vóór COVID-19, terwijl de dichtheid van het afval (kg/m^3) daalde van 120 tot 67-85 door het overvloedige gebruik van de lichtgewicht persoonlijke beschermingsmiddelen voor eenmalig gebruik, zoals schorten, handschoenen, maskers, enz. (Wei, 2021).

In België werd ziekenhuisafval van COVID-19-patiënten aanvankelijk beschouwd als RMA (risicohoudend medisch afval) in Vlaanderen of als B2 in Wallonië en Brussel (medisch afval met risico), wat een inzameling in specifieke polypropyleencontainers voor eenmalig gebruik van 30 of 50 liter of in kartonnen dozen met gele plastic zak vereist. Gezien de te verwachten beperkte beschikbaarheid van dit soort containers werd de oorspronkelijke strategie herzien en werd een deel van het afval beschouwd als hetzij NRMA (niet-*risicohoudend medisch afval*) in Vlaanderen, hetzij B1 in Wallonië en Brussel (medisch afval zonder risico) op voorwaarde dat het afval gedurende 72 uur ter plaatse in het ziekenhuis werd bewaard. De strategie en alle protocollen werden opgesteld in samenwerking met de Belgische federatie van de afval- en recyclagesector (Ska, 2020).

Er zij op gewezen dat de omschakeling van RMA naar NRMA in de eerste plaats het gevolg was van de beperkte beschikbaarheid van de containers en in de tweede plaats van virologische overwegingen. Bovendien was elke beslissing vatbaar voor de overwegingen van de afdeling ziekenhuishygiëne en werd vaak het voorzorgsbeginsel volledig toegepast, waarbij afval van COVID-19-patiënten als RMA werd gekenmerkt. Bovendien kan het logistiek gezien moeilijk zijn om afvalcompacteerders drie dagen lang te houden. Samenvattend was er enige verwarring die typisch is voor een crisissituatie.

In veel ziekenhuizen in België is men nog steeds van mening dat afval van COVID-19-patiënten als RMA of B2 moet worden beschouwd. Voorlopige resultaten in een universitair ziekenhuis tonen het effect van deze beslissing aan. Tijdens de eerste golf van COVID-19 werd tijdelijk een duidelijke daling van niet-urgente uitgestelde medische behandeling van andere "normale" patiënten vastgesteld in vergelijking met de periode vóór COVID-19. De daling van de hoeveelheid RMA (minder niet-COVID-19-patiënten) en de stijging van het RMA als gevolg van het stijgende aantal COVID-19-patiënten fungeerden als communicerende vaten waardoor de totale hoeveelheid RMA nagenoeg constant bleef.

Tijdens de tweede golf was de daling van het aantal niet-urgente behandelingen minder uitgesproken, terwijl het aantal COVID-19-patiënten hoger was dan tijdens de eerste golf. Het gevolg was dat de hoeveelheid RMA van het ziekenhuis aanzienlijk toenam.

Een tweede vaststelling was dat de hoeveelheid afval die door de behandeling van COVID-19-patiënten wordt gegenereerd, uitgedrukt in kg gewicht/dag/bed bezet door een COVID-19-patiënt, ongeveer 3 tot 5 keer groter is dan bij niet-COVID-19-patiënten. Dit is te verklaren door de overvloedige toepassing van persoonlijke beschermingsmiddelen voor eenmalig gebruik, zoals handschoenen, schorten, enz.

Ten slotte werd vastgesteld dat het gewicht van de vaten met RMA van COVID-19-patiënten aanzienlijk lager was dan het gewicht van de vaten met RMA van niet-COVID-19-patiënten. Ook dit is in overeenstemming met het gebruik van lichte materialen voor persoonlijke bescherming. Bij gebruik in afvalcontainers betekent dit uiteraard een lager gewicht per container. Al deze bevindingen (Fraeyman, 2021) zijn verenigbaar met de voortdurende informatie uit de literatuur (Wei, 2021).

b) Niet-medisch en huishoudelijk afval:

De lockdown en het thuisblijfbeleid en andere preventieve maatregelen om de verspreiding van COVID-19 tegen te gaan, hebben geleid tot een verhoogd productie- en consumptiepatroon van conventionele huishoudelijke producten en van producten die rechtstreeks verband houden met beschermingsmaatregelen binnenshuis (maskers, handschoenen, thermometers, ontsmettingsmiddelen, schoonmaakmiddelen). De paniekgolf aan het begin van de pandemie heeft de consumptie van voedsel en de verpakking ervan, waaronder micro- en nanoplastics, doen toenemen, en waarschijnlijk ook de aanwezigheid ervan in het milieu (Jiang et al., 2020). De plotselinge lockdown en de angst voor het virus leidden tot meer producten voor eenmalig gebruik (Sarkodie en Owusu, 2020). Met name de grote hoeveelheden mondmaskers, die verplicht waren zodra ze beschikbaar waren, vormden een probleem van mogelijk besmet afval, waarvoor de logistiek vaak ontoereikend of nauwelijks beschikbaar was. Het is aangetoond dat sommige soorten mondmaskers (bv. Avrox) zilver- en titaandioxidecomponenten bevatten, hoewel het toxicologische effect daarvan momenteel onduidelijk is (HGR, 2021).

Dit alles had grote gevolgen voor het beheer van het huishoudelijk afval.

Ondanks het feit dat de totale hoeveelheid huishoudelijk afval aanzienlijk is toegenomen, lijkt de vrees voor verspreiding van het virus via het huishoudelijk afval minimaal (De Maria et al., 2020). Hoewel deze bevindingen bevestiging behoeven, lijkt het erop dat het beheer van huishoudelijk afval tijdens de pandemie geen andere bijzondere behandeling behoeft dan die welke thans gebruikelijk is voor gewoon huishoudelijk afval.

De conclusie is dat de situatie met betrekking tot medisch en mogelijk besmet huishoudelijk afval in België en daarbuiten tijdens de COVID-19-pandemie complex is. Aangenomen wordt dat voortschrijdend inzicht in de belangrijkste eigenschappen van het virus zal leiden tot meer samenhangende beslissingen. Er zijn nog enkele kwesties die nadere overweging behoeven. In de eerste plaats zal de aandacht voor SARS-CoV-2 moeten worden uitgebreid tot de verschillende gemuteerde versies, met name de α -variant (VK), de δ/κ -variant (India) en de β -variant (Zuid-Afrika). Het feit dat sommige van deze mutanten van SARS-CoV-2 besmettelijker zijn dan het virus dat in de eerste golf actief was, is bijzonder verontrustend (Leung et al., 2021). Voor zover wij weten, zijn er geen gegevens beschikbaar over de gevolgen van deze mutanten voor het (medisch) afval. Ten tweede is de vraag of COVID-19-afval als RMA of NRMA moet worden beschouwd, niet volledig opgelost. Aanvullende experimentele gegevens zullen nodig zijn.

4. Waterverontreiniging

De COVID-19-lockdown vermindert niet alleen de luchtvervuiling. In de literatuur worden gevallen beschreven van COVID-19-maatregelen die de waterkwaliteit beïnvloeden. De waterkwaliteit in de Indiase Ganges nabij heilige steden verbeterde tijdens de lockdown omdat het aantal pelgrims dat gebruik maakte van het water afnam als gevolg van de beperkte mobiliteit tijdens de pandemie. Ook de sluiting van fabrieken langs de rivieroever droeg bij aan de verbetering van de waterkwaliteit (Mohaptra et al., 2020). Een soortgelijke trend werd gemeld voor de Venetiaanse lagune in Italië (Braga et al., 2020). De geschatte troebelheidswaarden daalden tot niveaus die vergelijkbaar zijn met de waarden die normaal in de lagunegebieden rond de stad worden aangetroffen.

Met behulp van teledetectie toonden Das en Kaur (2020) aan dat de volledige lockdown een gunstig effect had op alle zes de gemeten waterkwaliteitsparameters van de Buddha Nadarivier in Punjab (India). Dit wijst op een algemene verbetering van de waterkwaliteit en de vegetatiegroei in het stroomgebied.

De aanwezigheid van de virussen in dit medium is een indicator voor de omvang van de infectie. Eerder werden norovirussen, poliovirussen, en mazelenvirussen in afvalwater opgespoord, waardoor het idee van een op afvalwater gebaseerde epidemiologie werd gevoed. De eerste gegevens waarbij SARS-CoV-2 in rioolwater werd aangetroffen, werden gemeld in Nederland (Medema et al., 2020), kort daarna gevolgd door Australië (Ahmed et al., 2020) en Frankrijk (Wurtzer et al., 2020). Tegenwoordig wordt het opsporen en meten van SARS-CoV-2 in onbehandeld afvalwater algemeen aanvaard als een vroege indicatorstrategie voor de aanwezigheid van het virale probleem voor de bevolking (Barceli, 2020).

Het toegenomen gebruik van breedspectrumantimicrobiële stoffen voor persoonlijke hygiëne en omgevingsdesinfectie, die in het rioolwater terecht komen, zou de interpretatie van de gegevens ernstig kunnen bemoeilijken.

In veel landen is het aangewezen om de kwaliteit van het kustwater te bestuderen in relatie tot de COVID-19-maatregelen die van invloed zijn op het aantal kustbezoekers.

Vanuit veiligheidsoogpunt bestaat er geen afdoend bewijs voor infectie door blootstelling aan (afval)water. Anderzijds is er steeds meer bewijs voor de integratie van SARS-CoV-2 in het afvalwaterbeheer en in kwaliteitsmetingen van schelpdieren en recreatiewateren.

5. Duurzame ontwikkeling

Het huidige kader voor duurzame ontwikkeling (DO) is omgezet in 17 SDG's – *Sustainable Development Goals* – (VN, 2020) en 169 targets. Uit een verkennende gegevensanalyse in combinatie met een 3 R-aanpak (*Reasons, Responses, Recommendations* – Redenen, Antwoorden, Aanbevelingen) bleek dat COVID-19 de meeste van deze doelstellingen trof. Luchtverontreiniging, de blauwe en groene economie, fauna en flora, geweldpreventie, en de dringende wereldwijde partnerschappen voor DO staan het meest onder druk.

Een gangbare, wijdverbreide interpretatie van DO is gebaseerd op drie pijlers: maatschappij, economie en milieu. COVID-19 beïnvloedt elk van deze componenten en hun onderlinge relaties.

a) Milieu:

Hierboven wordt het effect op de fysieke milieucomponenten besproken. Deze lijst van effecten is onvolledig. De aanpak van bijvoorbeeld de klimaatveranderingen, het verlies aan biodiversiteit, veranderingen in het landgebruik en de impact van de demografie zijn even belangrijk als de besproken elementen. Als gevolg van de verminderde

menselijke druk op de ecosystemen tijdens de lockdown is de kwaliteit van de lucht en het oppervlaktewater tijdelijk verbeterd. Dit had gevolgen voor de biodiversiteit en verminderde het verbruik van natuurlijke hulpbronnen. Het is momenteel echter onduidelijk of en in welke mate deze verbeteringen na de COVID-19 kunnen worden veiliggesteld om te voorkomen dat de milieuvoordelen weer wegglijden (Celin, 2020).

b) Economie:

Niet alleen het aantal COVID-19-gevallen en -doden, maar vooral de lockdownmaatregelen hadden gevolgen voor de wereldeconomie. Veel mensen hebben hun baan verloren of zullen die verliezen, wat financiële onzekerheid veroorzaakt. De kloof tussen zij die "hebben" en zij die "niet hebben" wordt groter. Specifieke gevolgen in België voor de "armen" houden in:

- De toenemende digitalisering tijdens en na de lockdownperioden leidt tot uitsluitingsmechanismen.
- De sociale zekerheid was performant voor degenen die toegang hadden tot de sociale zekerheid, maar minder voor mensen met beperkte werkzekerheid.
- Armen zullen sneller en gemakkelijker besluiten om medische, alsook psychologische, zorg uit te stellen.
- Bestaande ongelijkheden zoals leerachterstand werden meer uitgesproken tijdens de pandemie.
- Noodzakelijke voorzorgsmaatregelen zoals ventilatie zijn vaak moeilijker te realiseren in submodale woonomstandigheden. Economisch achtergestelden hebben minder toegang tot de natuur om de lockdowneffecten op te vangen (Van Hootegem, 2020).
- In 2020 kregen de meeste Europese landen te maken met een negatieve economische groei van 2-5 % van het bruto binnenlands product (BBP) als gevolg van afnemende exportinkomsten en de grotendeels gesloten toeristische, culturele en amusementssector. In deze cijfers is geen rekening gehouden met de gevolgen van de tweede golf van de pandemie in het laatste kwartaal van het jaar. Op beleidsniveau werden maatregelen getroffen om de negatieve effecten tegen te gaan en de economie te stimuleren, met name in zwaar getroffen sectoren.

c) Sociale aspecten:

De infectie-incidentie is het hoogst onder de armen. Cijfers variëren naar gelang het geslacht en de etnische groep. Sociale activiteiten onder de gehele bevolking, zoals bruiloften, begrafenissen en amusement, versnellen de verspreiding van het virus.

De zware economische gevolgen van de pandemie leidden tot een breed scala van sociale effecten, huishoudelijke conflicten, meer kindermishandeling en (hulp bij) het onderwijzen van leerstof. Fysieke afstand houden wordt vaak beschouwd als de meest doeltreffende manier om de verspreiding van het virus onder een bevolking tegen te gaan. Tegelijkertijd veroorzaakt het psychosociale problemen bij verschillende groepen in de samenleving. Sociaal kwetsbare groepen wonen vaker naast wegen met veel verkeer, in de buurt van industrieterreinen en in verstedelijkte groenarme gebieden. Hun huizen zijn kleiner, minder geventileerd, slechter geïsoleerd en vaak vochtig. Zij worden geconfronteerd met energiearmoede en zijn gedwongen geld te besparen op verwarming, water, elektriciteit, gezonde voeding, kleding en medische zorg. In 2020 maakten in België 195 000 burgers per maand gebruik van de gratis voedselverstrekking. Dit valt samen met een aanzienlijke stijging ten opzichte van de voorgaande jaren. De crisis rond COVID-19 heeft ook geleid tot geweld binnen het

gezin. Een toenemend aantal mensen zoekt hulp in verband met intrafamiliaal geweld en kindermishandeling.

Naast deze negatieve sociale gevolgen, merkt men als positieve effect een veranderd tijdsbesef op, dat veel minder gedomineerd wordt door het traditionele werkschema en andere afspraken (Klatt et al., 2020). In zijn advies 9610 over "Covid en geestelijke gezondheid" heeft de Raad deze effecten meer in detail geanalyseerd (HGR, 2021).

4. CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

Er zijn steeds meer aanwijzingen dat luchtverontreiniging, met name PM_{2.5} en NO₂, een steeds grotere invloed heeft op het aantal COVID-19-gevallen, het herstel en het aantal sterfgevallen. De prevalentie van COVID-19 moet daarom worden beoordeeld in combinatie met luchtverontreiniging. Het beeld is complex: aan de ene kant blijkt luchtverontreiniging een belangrijke stimulerende factor te zijn voor COVID-19-infecties, maar in de transmissie en sterfte wordt er niet expliciet aandacht aan besteed. Belangrijke bevindingen wijzen op een mogelijke bijdrage van PM_{2.5} en NO₂ in het stimuleren van de verspreiding en dodelijkheid van COVID-19. Anderzijds hebben de lockdownmaatregelen geleid tot een verbetering van de luchtkwaliteit, bijvoorbeeld in de steden, wat ongetwijfeld gunstige gevolgen heeft gehad voor de morbiditeitscijfers (risico's).

Tijdens de lockdownperioden werd wereldwijd een aanzienlijke verbetering van de (stedelijke) luchtkwaliteit en een daarmee samenhangende verbetering van de gezondheidseffecten waargenomen. Hoewel de studies over luchtverontreiniging en de gevolgen daarvan voor COVID-19 zich nog in een vroege fase bevinden en in de komende jaren zullen worden verfijnd, zijn de huidige gegevens meer dan voldoende om aan te zetten tot een doeltreffender bestrijding van de luchtverontreiniging dan thans het geval is. Alles bij elkaar bieden de gegevens, met name over zwevende deeltjes, een basis om de gezondheidseffecten van de luchtkwaliteit na COVID-19 opnieuw te bezien (Chieg en Kajino, 2020).

In een meer algemene context zullen maatregelen om de uitstoot van broeikasgassen terug te dringen, voordelen opleveren voor de overdracht en de ziekenhuiseffecten van COVID-19-patiënten. De rol van luchtverontreiniging binnenshuis blijft ondergewaardeerd. Er moet meer aandacht worden besteed aan de kwaliteit van de binnenlucht, te beginnen met de verwijdering van voor de hand liggende bronnen van binnenluchtverontreiniging zoals passief roken en allesbranders/houtkachels.

De complexiteit van de situatie brengt een discussie met zich mee over de toepassing van het voorzorgsbeginsel. Voorzorg is van toepassing als een actiestrategie om ernstige bedreigingen voor gezondheid en milieu te voorkomen of te beperken. Voorzorg is erop gericht op een alerte, rationele en transparante manier met onzekerheid om te gaan. Het veronderstelt internationale samenwerking en transdisciplinaire beoordeling van gegevens (Eggermont, 2021). In dit verband moeten de milieugegevens over COVID-19 een integrerend en noodzakelijk onderdeel vormen van de evaluatie van de gevolgen en de actiestrategie om de pandemie het hoofd te bieden.

Er is minder informatie beschikbaar over de gevolgen voor de kwaliteit van het oppervlaktewater, maar tot dusver wijzen studies op geselecteerde plaatsen op een betere waterkwaliteit tijdens de lockdownperioden.

De hierboven besproken verbanden op het gebied van milieu en gezondheid illustreren het belang van een interdisciplinaire aanpak om de besmettingspatronen en de verspreiding van COVID-19 te begrijpen. Het probleem houdt dus verband met de door de EU gesteunde "One Health"-benadering. Dit is een geïntegreerd concept waarbij wordt erkend dat de gezondheid van de mens nauw samenhangt met de gezondheid van dieren, een gezond milieu, voedselveiligheid en -zekerheid, en goede landbouwpraktijken. De "One Health"-maatregelen moeten worden beoordeeld in het licht van de bijdrage die zij leveren niet alleen aan de directe gezondheid van de mens, maar ook indirect aan de vroegtijdige preventie van zoönoses en de verspreiding van organismen die ziekten overbrengen. Momenteel is de "One Health"-benadering sterk gericht op zoönoses, maar de aanpak moet worden verruimd naar een meer holistische interpretatie van de relatie gezondheid/levensonderhoud (Lajaunie et al., 2020).

De COVID-19-pandemie biedt lessen voor afvalbeheer. Er moet meer aandacht worden besteed aan de COVID-19-gerelateerde stromen van medisch en niet-medisch afval. Deze extra aandacht moet meer zijn dan het verspreiden van nieuwsflyers. De pandemie vergt structurele aanpassingen en accentueert het belang van de overgang van een lineaire naar een circulaire economie.

De pandemie heeft gevolgen voor belangrijke elementen van duurzame ontwikkeling. Het is de bedoeling de bestaande DO-plannen te evalueren en daarbij rekening te houden met de COVID-19-effecten. Met name het effect van de pandemie op de verwezenlijking van de duurzaamheidsdoelstellingen moet (opnieuw) worden gezien.

De lockdown, die een belangrijke strategie was om de verspreiding van het virus tegen te gaan, heeft vaak kritiek uitgelokt wegens de verreikende sociale gevolgen en aspecten van overregulering. Deze analyse van de milieu-gezondheidsaspecten wijst ook op positieve lockdowneffecten: de verbetering van de luchtkwaliteit, met name in de steden, en waarschijnlijk vooral met toerisme verband houdende effecten op een betere waterkwaliteit. De post-COVID-19-targets keren terug naar het "normale leven" zodra de virologische parameters dit toelaten. Men kan echter overwegen om deze voordelen zoveel mogelijk te proberen te behouden terwijl men terugkeert naar de "normaliteit".

Dit overzicht van de gezondheids- en milieuaspecten is onvolledig. Belangrijke kwesties als het effect op de bodem en de gevolgen voor de fauna en flora, gekoppeld aan bijvoorbeeld ontbossing en bebossing, blijven buiten beschouwing. Voor de meeste van deze aspecten is meer informatie nodig om kwantitatieve risicobeoordelingen mogelijk te maken.

Milieugerelateerde gezondheidsgegevens moeten een structureel en integraal onderdeel vormen van het waarschuwings- en reactiesysteem dat landen moeten ontwikkelen om voorbereid te zijn op toekomstige virusuitbraken. De parameters die bepalend zijn voor de milieuhygiëne, met name luchtverontreiniging, moeten deel uitmaken van onze bewakingssystemen om de incidentie van infecties, het aantal ziekenhuisopnames en het aantal sterfgevallen bij toekomstige uitbraken te beperken.

COVID-19 is een recent verschijnsel en de huidige literatuur wordt dan ook gekenmerkt door grote leemten en onzekerheid. Beide aspecten kunnen worden verlicht door meer gericht onderzoek. Onder meer op de volgende gebieden zijn meer gegevens nodig:

- De incidentie van luchtverontreiniging-COVID-19-infecties/doden behoeft bevestiging door follow-up, meer verfijnd onderzoek (bv. naar de verontreiniging en het type blootstelling (acuut versus langdurig)), en kwantitatieve gegevens die bruikbaar zijn voor risicobeoordeling. Bovendien moeten de resultaten van statistisch onderzoek worden gekoppeld aan en ondersteund door werkzaamheden met betrekking tot biologische mechanismen. Studies over de milieu-gerelateerde gezondheidseffecten op lange termijn op COVID-19-overlevenden zijn momenteel niet beschikbaar, maar moeten in de komende jaren worden verricht.
- Het gebruik van de waterkwaliteit als indicator voor vroegtijdige monitoring in het kader van de afvalgebaseerde epidemiologie, moet nader worden uitgewerkt en gevalideerd.
- Er moet aandacht worden besteed aan de effecten van COVID-19 op de zeeën en oceanen (overbevissing, verzuring) en de gevolgen daarvan voor de gezondheid.
- Meer gegevens over zowel de ziekenhuis- als de huishoudelijke afvalstromen en de integratie daarvan in de bestaande benaderingen van afvalbeheer zijn absoluut noodzakelijk. De verspreiding van microplastics uit medisch en huishoudelijk COVID-19-gerelateerd afval is een punt van zorg.
- De plannen voor duurzame ontwikkeling op een reeks beleidsniveaus moeten worden herzien met inachtneming van de COVID-19-ervaring.
- De gevolgen voor de gezondheid, het milieu en de economie zijn waarschijnlijk erger in veel ontwikkelingslanden en groei landen (met name die waar het virus zich het snelst verspreidt). In de geïndustrialiseerde wereld is de infectiegraad hoger bij de "sociaal"

achtergestelden. De effecten op de milieugerelateerde gezondheid moeten structureel worden aangepakt in de Belgische en Europese samenwerkingsprogramma's.

- Er moeten aanvullende toetsingscriteria worden uitgewerkt om ongecontroleerde gegevens en "nepnieuws" te vermijden.

De resultaten van dit onderzoek moeten ons in staat stellen beter en rationeler te reageren op toekomstige uitbraken. Met name de luchtkwaliteit moet worden beschouwd als een geïntegreerd onderdeel van de aanpak van duurzame ontwikkeling, gezondheid en preventie van de verspreiding van epidemieën.

5. REFERENTIES

- ACR+ – Association of Cities and Regions for sustainable Resource management. Municipal waste management and Covid-19. 2020. Available from: URL:<<https://buff.ly/3dbvNs3>>
- Ahmed W, Angel N, Edson J, Bibby K, Bivins A, O'Brien JW et al. First confirmed detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewater in Australia: a proof of concept for the wastewater surveillance of Covid-19 in the community. *Sci Total Environ* 2020;728:138764.
- Ambade B, Sankar TK, Kumar A, Gautam AS, Gautam S. COVID-19 lockdowns reduce the black carbon and polycyclic aromatic hydrocarbons of the Asian atmosphere: Source apportionment and health hazard evaluation. *Environment, Development and Sustainability*. 2020. Available from: URL:<<https://link.springer.com/journal/volumesAndIssues/10668?tabName=topicalCollections>>
- Awasthi A, Sharma A, Kaur P, Gugamsetty B, Kumar A. Statistical interpretation of environmental influencing parameters on Covid-19 during the lockdown in Delhi, India. *Environ Dev Sustain* 2020;1-14.
- Bherwani H, Nair M, Musugu K, Gautam S, Gupta A, Kapley A et al. Valuation of air pollution externalities: comparative assessment of economic damage and emission reduction under Covid-19 lockdown. *Air Qual Atmos Health* 2020;13:683-94.
- Braga F, Scarpa GM, Brando VE, Manfé G, Zaggia L. COVID-19 lockdown measures reveal human impact on water transparency in the Venice lagoon. *Sci Total Environ* 2020;736:139612-20.
- Brandt EB, Mersha TB. Environmental Determinants of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *Curr Allergy Asthma Rep* 2021;15:21.
- Brunekreef B, Downward G, Forastière F, Gehring U, Heederik DJJ, Hoek G et al. Air pollution and COVID-19. 2021. Available from: URL:<<http://www.europarl.europa.eu/supporting-analyses>>
- Bruxelles Environnement. 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. 2020. Available from: URL:<<https://environnement.brussels/news/evaluation-de-limpact-des-mesures-prises-dans-le-cadre-de-la-pandemie-de-covid-19-sur-la>>
- Buonanno G, Morawska L, Stabile L. Quantitative assessment of the risk of airborne transmission of SARS-CoV-2 infection: Prospective and retrospective applications. *Environ Int* 2020; 145:106112.
- Buonanno G, Stabile L, Morawska L. Estimation of airborne viral emission: Quanta emission rate of SARS-CoV-2 for infection risk assessment. *Environ Int* 2020;141:105794.
- Carleton T, Meng KC. Causal empirical estimates suggest Covid-19 transmission rates are highly seasonal. *MedRxiv* 2020; 20044420.
- Carta MG, Scana A, Lindert J, Bonanno S, Rinaldi L, Fais S et al. Association between the spread of COVID-19 and weather-climatic parameters. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2020;24:8226-31.
- Celik E, Gul M. How Covid-19 pandemic and partial lockdown decisions affect air quality of a city: The case of Istanbul, Turkey. *Environment, Development and Sustainability*. 2021. Available from: URL:<<https://link.springer.com/journal/volumesAndIssues/10668?tabName=topicalCollections>>

- Celin SM. Resource management : Ways to sustain the environmental gains of COVID-19 lockdown. Environ Development Sustainability 2020.
- Ching J, Kajino M. Rethinking air quality and climate change after COVID-19. Int J Environ Res Public Health 2020;17:5167.
- Chong KC, Ran J, Lau SYF, Goggins WB, Zhao S, Wang P et al. Limited role for meteorological factors on the variability in COVID-19 incidence: A retrospective study of 102 Chinese cities. PLoS Negl Trop Dis 2021;15.
- Coccia M. Factors determining the diffusion of Covid-19 and suggested strategy to prevent future accelerated viral infectivity similar to COVID. Sci Total Environ 2020;729:138474.
- Cole MA, Ozgen C, Strobl E. Air pollution Exposure and COVID-19. IZA Institute of Labor Economics 2020;76:581-610.
- Copat C, Cristaldi A, Fiore M, Grasso A, Zuccarello P, Signorelli SS et al. The role of air pollution (PM and NO₂) in COVID-19 spread and lethality: A systematic review. Environmental Research 2020;191:110129.
- Das S, Kaur S. Impact of COVID-19 lockdown on surface water quality of Buddha Nala Punjab, India. 2020. Available from: URL:<<https://link.springer.com/journal/volumesAndIssues/10668?tabName=topicalCollections>>
- De Weerd A, Jansen BG, Cox B, Bijnens EM, Vanpoucke C, Lefebvre W et al. Pre-admission air pollution exposure prolongs the duration of ventilation in intensive care patients. Intensive Care Med 2020;46:1204-12.
- Di Maria F, Beccaloni E, Bonadonna L, Cini C, Confalonieri E, La Rosa G et al. Minimization of spreading of SARS-CoV-2 via household waste produced by subjects affected by COVID-19 or in quarantine. Sci total environ 2020;743:140803.
- Domingo JL, Rovira J. Effects of air pollutants on the transmission and severity of respiratory viral infections. Environ Res 2020;187:109650.
- Echstein D, Künzel V, Schäfer L, Wings M. Global climate risk index 2020. 2019. Available from: URL:<<https://germanwatch.org/sites/germanwatch.org/files/publication/16411.pdf>>
- EEA – European Environment Agency. Air quality in Europe. 2020. Available from: URL:<<https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report>>
- [Eggermont G. Better safe than sorry. Personal communication 2021.](#)
- eu.reca – European Respiratory Cluster Antwerp. Proceedings webinar Covid-19 The issue of airborne transmission and how to minimize risks indoors. 2020. Available from: URL:<<https://eureca.world/wp-content/uploads/2020/06/eu.reca-Proceedings-Covid-19-The-issue-of-airborne-transmission-and-mitigation-strategies-to-reduce-the-risk-indoors.pdf>>
- Fattorini D, Fegoli F. Role of the chronic air pollution levels in the Covid-19 outbreak risk in Italy. Environ Pollut 2020;264:1-15.
- Ficetola GF, Rubolini D. Climate Affects Global Patterns of Covid-19 Early Outbreak Dynamics. Med Rxiv 2020. Available from: URL:<<https://doi.org/10.1101/2020.03.23.20040501>>

- Fraeyman N. Management of solid medical hospital waste from covid-19 patients. In preparation. 2021.
- Gautam S, Samuel C, Gautam AS, Kumar S. Strong link between coronavirus count, bad air: a case study of India. Environment, Development and Sustainability. 2021. Available from: URL:<<https://link.springer.com/journal/volumesAndIssues/10668?tabName=topicalCollections>>
- Gupta A, Bherwani H, Gautam S, Anjum S, Musugu K, Kumar N et al. Air pollution aggravating Covid-19 lethality? Exploration in Asian cities using statistical models. Environment Development and Sustainability 2021;23:6408-17.
- HGR - Hoge Gezondheidsraad. Dringend voorlopig antwoord op adviesvragen in verband met het rapport van Sciensano over de met zilveren behandelde maskers. Brussel: HGR; 2021. Advies nr. 9623.
- HGR - Hoge Gezondheidsraad. Gezond op weg: De milieueffecten van verkeer en gezondheid. Brussel: HGR; 2011. Advies nr. 8603.
- HGR – Hoge Gezondheidsraad. Psychosociale opvang tijdens de COVID-19 pandemie; herziening. Brussel: HGR; 2021. Advies nr. 9610.
- HGR - Hoge Gezondheidsraad. Aanbevelingen betreffende de ventilatie van gebouwen met uitzondering van ziekenhuizen en verzorgingsinstellingen om de overdracht van SARS-CoV-2 via de lucht te beperken. Brussel: HGR; 2021. Advies nr. 9616.
- Hoseinzadeh E, Javan S, Farrzadkia M, Mohammadi F, Hossini H, Taghavi M. An Updated min-review on environmental route of the SARS-CoV-2 transmission. Ecotoxicol environ saf 2020;202:111015.
- Mandal I, Pal S. Covid-19 pandemic persuaded lockdown effects on environment over stone quarrying and crushing areas. Sci Total Environ 2020;732:139281.
- ISSeP - Institut Scientifique de Service Public. Impact du confinement Covid-19 sur la qualité de l'air en Région Wallonne. 2020. Available from: URL:< https://www.walonair.be/images/pdf/rapport_COVID19_final.pdf>
- Jiang B, Fauffman AE, Li L, McFee W, Cai B, Weinstein J et al. Health impacts of environmental contamination of micro- and nanoplastics : a review. Environ health prev med 2020;25:29.
- Klatt A, Spengler L, Schwirn K, Löwe C. Social impact of the COVID-19 pandemic in Germany and possible consequences for environmental policy. 2020. Available from: URL:< https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/pp_gesellschaftliche_wirkungen_corona_bf.pdf>
- Kulkarni BN, Anantharama V. Repercussions of COVID-19 pandemic on municipal solid waste management: challenges and opportunities. Sci Total Environ 2020;743:140693.
- Lajaunie C, Romanelli C, Rodrigo Rüegg S, Payyappallimana U, Morand S, McMahon B et al. One health. Operationalization: Strategies for a more integrative approach to biodiversity and health. 2020. Available from: URL:<<https://www.frontiersin.org/research-topics/18921/on-health-operationalization-strategies-fo-amor-integrative-approach-to-biodiversity-health>>
- Leung K, Shum MHH, Leung GM, Lam TT, Wu JT. Early transmissibility assessment of the N501Y mutant strains of SARS-CoV-2 in the United Kingdom, October to November 2020. Euro Surveill 2021;26:2002106.

Ma Y, Lin X, Wu A, Huang Q, Li X, Yan J. Suggested guidelines for emergency treatment of medical waste during Covid-19: Chinese experience. *Waste Dispos Sustain Energy* 2020;3:1-4.

Maleki M, Anvari E, Hopke PK, Noorimotlagh Z, Mirzaee SA. An updated systematic review on the association between atmospheric particulate matter pollution and prevalence of SARS-CoV-2. *Environ Res* 2021;195:110898.

Medema G, Heijnen L, Elsinga G, Italiaander R. Presence of SARS-Coronavirus-2 in sewage. *MedRxiv* 2020.

Meo SA, Abukhalaf AA, Alomar AA, Sumaya OY, Sami W, Shafi KM et al. Effect of heat and humidity on the incidence and mortality due to COVID-19 pandemic in European countries. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences* 2020;24:9216-25.

Miller S, Nazaroff WW, Jimenez JL, Boerstra A, Buonanno G, Dancer SJ et al. Transmission of SARS-CoV-2 by inhalation of respiratory aerosol in the Skagit Valley Chorale superspreading event. *MedRxiv* 2020.

Mohan SV, Hemalatha M, Kopperi H, Ranjth I, Kumar AK. SARS-CoV-2 in environmental perspective : occurrence, persistence, surveillance, inactivation and challenges. *Chem Eng J* 2021;405:126893.

Mohapatra RK, Das PK, Mohapatara SR, Mohapatara P, Mahal A, Kandi V et al. Environmental Perspective of Covid-19 Lockdown: Air and Water quality. In Press.

Morawska L, Cao J. Airborne transmission of SARS-Cov-2: The world should face the reality. *Environ Int* 2020;139:105730.

Morawska L, Johnson GR, Ristovski ZD, Hargreaves M, Mengersen K, Corbett S et al. Size distribution and sites of origin of droplets expelled from the human respiratory tract during expiratory activities. *Journal Aerosol Science* 2009;40:256-69.

Morawska L, Tang JW, Bahnfleth W, Bluysen PM, Boerstra A, Buonanno G et al. How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? *Environ Int* 2020;142:105832.

Nemery B, Hoet PH, Nemmar A. The Meuse valley fog of 1930: An air pollution disaster. *Lancet* 2001;357:704-8.

Nunez-Delgado A. What do we know about the SARS-CoV-2 corona virus in the environment? *Sci Total Environ* 2020;727:138647.

Oliveiros B, Caramelo L, Ferreira NC, Caramelo F. Role of temperature and humidity in the modulation of the doubling time of Covid-19 cases. *MedRxiv* 2020.

Sahu SK, Mangaraj P, Beig G, Tyagi B. Does COVID-19 spread in India is linked with higher fine particulate matter (PM2.5) zones? 2020. Available from: URL:<<https://link.springer.com/journal/volumesAndIssues/10668?tabName=topicalCollections>>

Sannigrahi S, Kumar P, Molter A, Zhang Q, Basu B, Basu AS et al. Examining the status of improved air quality in world cities due to COVID-19 led temporary reduction in anthropogenic emissions. *Environmental Research* 2021;196:110927.

Sarkodie SA, Owusu PA. Global assessment of environment, health and economic impact of the novel coronavirus (Covid-19). *Environment Development and Sustainability* 2021;23:5005-15.

Shehzad K, Bilgili F, Koçak E, Xiaoxing L, Ahmad M. COVID-19 outbreak, lockdown, and air quality: fresh insights from New York City. *Environ Sci Pollut Res Int* 2021;29:1-13.

Ska B. Covid-19: corona-afval. 2020. Available from: URL:<<https://denuo.be/covid-19-corona-afval>>

Talukdar S, Mahato S, Pal S, Debanshi S, Shahfahad, MA, Das P et al. Modelling the global air quality conditions in perspective of COVID-19 stimulated lockdown periods using remote sensing data. 2020. Available from: URL:<<https://europepmc.org/article/PPR/PPR208941>>

Tanzer-Cruener R, Li J, Eilenberg SR, Robinson AL, Presto AA. Impacts of Modifiable Factors on Ambient Air Pollution: A Case Study of Covid-19 Shutdowns. *Environ Sci Technol Lett* 2020;7: 554-9.

UN - United Nations. United Nations Sustainable Development Goals Knowledge Platform. 2020. Available from: URL:<<https://sustainabledevelopment.un.org/?menu=1300>, accessed: 2020-07-27>

Van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *NEJM* 2020;382:16.

Van Hootegem. Personal communication. 2020.

Vias. 2020. Available from: URL:<<https://www.vias.be/nl/newsroom/aantal-verkeersdoden-op-onze-wegen-daalt-tijdens-het-eerste-trimester-door-de-lockdown-/>>

VRT – Vlaamse Radio en Televisie. 2020. Available from: URL:<<https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2020/04/28/hoeveel-stiller-is-het-tijdens-de-lockdown-we-horen-andere-ding/>>

Wang J, Tang K, Feng K, Lin X, Lv W, Chen K et al. Impact of temperature and relative humidity on the transmission of COVID-19: a modelling study in China and the United States. *BMJ Open* 2021;11: e043863.

Wei G. Medical waste treatment lessons from the COVID-19 outbreak in Wuhan. 2021. Available from: URL:<<https://waste-management-world.com/a/medical-waste-treatment-lessons-from-the-covid-19-outbreak-in-wuhan>>

WEF - World Economic Forum. Air pollution exposure linked to higher Covid-19 cases and deaths – new study. 2020. Available from: URL:<<https://www.weforum.org/>>

WHO - World Health Organization. Safe management of wastes from health-care activities. 2014. Available from: URL:<https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/wastemanag/en/>

WHO - World Health Organization. Air pollution. 2016. Available from: URL:<<https://www.who.int/health-topics/air-pollution> tab=tab_1>

WHO - World Health Organization. Director General's opening Remarks at the Media Briefing on Covid-19 on 11 march 2020. 2020. Available from: URL:<<https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---1march-2020> Google Scholar>

WHO - World Health Organization. Water sanitation, hygiene and waste management for the COVID-19 virus: technical brief. 2020a. Available from: URL:<

https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/331305/WHO-2019-NcOV-IPC_WASH-2020.1-eng.pdf>

WHO - World Health Organization. Corona disease (Covid-19). Situation Report – 115. 2020. Available from: URL:< <https://www.who.int/docs/default-source/coronavirus/situation-reports/20200514-covid-19-sitrep-115pdf?sfvsn=3fce8d3c6> >

Wiktorczyk-Kapischke N, Grudlewska-Buda K, Walecka_Zacharska E, Kwiecinska-Pirog J, Radtke L, Gospodarek-Komkowska E et al. Sars-CoV-2 in the environment – non-droplet spreading routes. Sci Total Environ 2021;770:145260.

Wu X, Nethery RC, Sabath BM, Braun D, Dominici F. Exposure to air pollution and Covid-19 mortality in the United States: A nationwide cross-sectional study. MedRxiv 2020;2.

Wurtzer S, Marechal V, Mouchel JM, Moulin L. Time course quantitative detection of SARS-CoV-2 in Parisian wastewaters correlates with Covid-19 confirmed cases. MedRxiv 2020.

Xu H, Yan C, Fu Q, Xiao K, Yu Y, Han D et al. Possible environmental effects on the spread of COVID-19 in China. Sci Total Environ 2020;731:139211.

Zhu Y, Xie J, Huang F, Cao L. Association between short-term exposure to air pollution and COVID-19 infection: evidence from China. Sci Total Environ 2020;727:138704.

6. SAMENSTELLING VAN DE WERKGROEP

De samenstelling van het Bureau en het College alsook de lijst met de bij KB benoemde experts is beschikbaar op de website van de HGR: [wie zijn we?](#).

Al de experts hebben **op persoonlijke titel** aan de werkgroep deelgenomen. Hun algemene belangenverklaringen alsook die van de leden van het Bureau en het College kunnen worden geraadpleegd op de website van de HGR ([belangenconflicten](#)).

De volgende experts hebben hun medewerking en goedkeuring verleend bij het opstellen van het advies. Het voorzitterschap werd waargenomen door **Luc HENS** en het wetenschappelijk secretariaat door Marleen VAN DEN BRANDE.

BOULAND Catherine	Milieu- en arbeidsgezondheid	ULB
FRAEYMAN Norbert	Toxicologie en milieutoxicologie	UGent
GODDERIS Lode	Arbeids- en milieugeneeskunde	KULeuven/IDEWE
HENS Luc	Menselijke ecologie	VITO
INT PANIS Luc	Mobiliteit	VITO/UHasselt
KEUNE Hans	Ecosysteemdiensten, ecogezondheid, One Health	UA/INBO/BBPF
ROMAIN Anne-Claude	Luchtvervuiling en luchtkwaliteit	ULiège
STEURBAUT Walter	Menselijke blootstelling	UGent
STRANGER Marianne	Binnenluchtkwaliteit	VITO
VAES Bert	Huisartsenpraktijk	KULeuven

De volgende administraties/ministeriële kabinetten werden gehoord:

NAVEZ Yseult	DVZ - PHE	FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu
SCHUURMANS Chris		Federale Raad voor Duurzame Ontwikkeling

Dit advies werd door een extern vertaalbureau vertaald.

Over de Hoge Gezondheidsraad (HGR)

De Hoge Gezondheidsraad is een federaal adviesorgaan waarvan de FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu het secretariaat verzekert. Hij werd opgericht in 1849 en geeft wetenschappelijke adviezen i.v.m. de volksgezondheid aan de ministers van Volksgezondheid en van Leefmilieu, aan hun administraties en aan enkele agentschappen. Hij doet dit op vraag of op eigen initiatief. De HGR probeert het beleid inzake volksgezondheid de weg te wijzen op basis van de recentste wetenschappelijke kennis.

Naast een intern secretariaat van een 25-tal medewerkers, doet de Raad beroep op een uitgebreid netwerk van meer dan 500 experten (universiteitsprofessoren, medewerkers van wetenschappelijke instellingen, praktijkbeoefenaars, enz.), waarvan er 300 tot expert van de Raad zijn benoemd bij KB; de experts komen in multidisciplinaire werkgroepen samen om de adviezen uit te werken.

Als officieel orgaan vindt de Hoge Gezondheidsraad het van fundamenteel belang de neutraliteit en onpartijdigheid te garanderen van de wetenschappelijke adviezen die hij aflevert. Daartoe heeft hij zich voorzien van een structuur, regels en procedures die toelaten doeltreffend tegemoet te komen aan deze behoeften bij iedere stap van het tot stand komen van de adviezen. De sleutelmomenten hierin zijn de voorafgaande analyse van de aanvraag, de aanduiding van de deskundigen voor de werkgroepen, het instellen van een systeem van beheer van mogelijke belangenconflicten (gebaseerd op belangenverklaringen, onderzoek van mogelijke belangenconflicten en een Commissie voor Deontologie) en de uiteindelijke validatie van de adviezen door het College (eindbeslissingsorgaan van de HGR, samengesteld uit 30 leden van de pool van benoemde experten). Dit coherent geheel moet toelaten adviezen af te leveren die gesteund zijn op de hoogst mogelijke beschikbare wetenschappelijke expertise binnen de grootst mogelijke onpartijdigheid.

Na validatie door het College worden de adviezen overgemaakt aan de aanvrager en aan de minister van Volksgezondheid en worden ze gepubliceerd op de website (www.hgr-css.be). Daarnaast wordt een aantal onder hen gecommuniceerd naar de pers en naar bepaalde doelgroepen (beroepsbeoefenaars in de gezondheidssector, universiteiten, politiek, consumentenorganisaties, enz.).

Indien u op de hoogte wilt blijven van de activiteiten en publicaties van de HGR kunt u een mail sturen naar info.hgr-css@health.belgium.be.

www.hgr-css.be



Deze publicatie mag niet worden verkocht.



federale overheidsdienst

**VOLKSGEZONDHEID,
VEILIGHEID VAN DE VOEDSELKETEN
EN LEEFMILIEU**