Observatorium
voor Gezondheid en Welzijn
Brussel

Observatoire
de la Santé et du Social
Bruxelles

STAND VAN ZAKEN VAN DE VERBANDEN TUSSEN MILIEU EN GEZONDHEID IN HET BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST

Jonathan ANDRIEUX - Catherine BOULAND - Morgane EGGEN

COMMISSION COMMUNAUTAIRE COMMUNE
GEMEENSCHAPPELIJKE GEMEENSCHAPSCOMMISSIE

Observatorium
voor Gezondheid en Welzijn
Brussel

Observatoire
de la Santé et du Social
Bruxelles

STAND VAN ZAKEN VAN DE VERBANDEN TUSSEN MILIEU EN GEZONDHEID IN HET BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST

Studie besteld door het Observatorium
voor Gezondheid en Welzijn van Brussel-Hoofdstad

Auteurs:
Centre de Recherche en Santé Environnementale et Santé au Travail,
Ecole de Santé Publique, Université Libre de Bruxelles:
Jonathan ANDRIEUX
Catherine BOULAND
Morgane EGGEN

Met dank aan (onder meer voor de herlezing):
Nahima AOUASSAR (OGW)
Sandrine BLADT (Leefmilieu Brussel)
Olivier GILLIS (OGW)
Cécile HUARD (OGW)
Elise MENDES DA COSTA (OGW)
Sarah MISSINNE (OGW)
Marie POUPÉ (Leefmilieu Brussel)
Thomas STYNS (Leefmilieu Brussel)
Sylvie VANDERSLAGMOLEN (Leefmilieu Brussel)

Disclaimer:
De auteurs zijn verantwoordelijk voor de inhoud van dit rapport en de aan de overheidsinstanties gedane aanbevelingen. De externe experts werden geraadpleegd over een (voorlopige) versie van het wetenschappelijk rapport. Hun opmerkingen werden besproken tijdens de vergaderingen. Zij schreven niet mee aan het wetenschappelijk rapport. Het Observatorium voor Gezondheid en Welzijn van Brussel-Hoofdstad heeft dit rapport besteld.

Opmaak: Idealogy
Cover: blvdone / Shutterstock.com
Vertaling: Interne vertaling (Directie Vertaling van Iriscare)
Wettelijk depot: D/2020/9334/54

Meer informatie?
Observatorium voor Gezondheid en Welzijn van Brussel-Hoofdstad
Gemeenschappelijke Gemeenschapscommissie
Belliardstraat 71, bus 1, 1040 Brussel
Tel.: 02 502 60 01
https://www.ccc-ggc.brussels/nl/observatbru/accueil

Citeren als volgt:
Andrieux J., Eggen M., Bouland C., Stand van zaken van de verbanden tussen milieu en gezondheid in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Centre de Recherche en Santé Environnementale et Santé au Travail (Ecole de Santé Publique, Université libre de Bruxelles), Observatorium voor Gezondheid en Welzijn van Brussel-Hoofdstad. 2020.
Te raadplegen op: *https://www.ccc-ggc.brussels/nl/observatbru/accueil*

Cette publication est également disponible en français

1. Inleiding 7

1.1. Referenties 8

2. Zekerheden en bekommernissen over de voornaamste effecten van de blootstelling aan milieufactoren op de gezondheid 9

2.1. Inleiding 9

2.2. Inleiding over de gebruikte methode 9

2.3. Voornaamste gewondheidseffecten gelinkt aan de bloodtstelling aan milieufactoren 10

2.3.1. Vroegtijdige sterfte 12

2.3.2. Respiratoire en cardiovasculaire ziekten 14

2.3.3. Kanker 14

2.3.4. Effecten op het voortplantingssysteem 14

2.3.5. (Epigenetische) stofwisselingsziekten 14

2.3.6. Endocriene aandoeningen 15

2.3.7. Neurologische, gedragsneurologische en geestelijkegezondheidsstoornissen 15

2.4. Referenties 16

3. Luchtverontreiniging: het onzichtbare zichtbaar maken 19

3.1. Inleiding 19

3.2. Voornaamste effecten op de gezondheid en fysiopathologische processen 19

3.3. Situatie in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest 21

3.3.1. Bronnen van luchtverontreiniging 21

3.3.2. Concentratieniveaus van luchtverontreinigende stoffen 22

3.4. Gezondheidsrisicobeoordeling van de luchtverontreiniging in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest 24

3.4.1. Concept en nut van een gezondheidsrisicobeoordeling 24

3.4.2. Toepassing in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest 25

3.4.3. Resultaten in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest 26

3.4.3.1. Beoordeling van de impact van $PM_{2,5}$ en NO_2 op de algemene sterfte 26

3.4.3.2. Aantal verloren levensjaren door luchtverontreiniging in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest 27

3.5. Belangrijkste punten 29

3.6. Referenties 29

4. Omgevingslawaai: verzwegen effecten 33

4.1. Inleiding 33

4.2. Belangrijkste effecten op de gezondheid en fysiopathologische mechanismen 33

4.2.1. Auditieve en niet-auditieve effecten van lawaai 33

4.2.2. Fysiopathologische mechanismen 35

4.2.3. Ziektelast die gelinkt is aan de blootstelling aan omgevingslawaai 36

4.3. Blootstelling aan omgevingslawaai: richtsnoeren van de WGO 38

4.4. Situatie in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest 39

4.5. Evaluatie van de impact van lawaai in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest 40

4.5.1. Gegevensbronnen en gebruikte methode 40

4.5.2. Gezondheidsrisicobeoordeling van de blootstelling aan wegverkeerslawaai in het BHG 41

4.5.3. Ruimtelijke spreiding van de impact van wegverkeerslawaai op ondervonden geluidshinder en slaapstoornissen voor 2015 41

4.6. Belangrijkste punten 43

4.7. Referenties 43

5. Groene ruimten: de longen van de hoofdstad 45

5.1. Inleiding 45

5.2. Belangrijkste effecten op de gezondheid en fysiopathologische mechanismen 45

5.2.1. Groene ruimten en gezondheid 45

5.2.2. Groene ruimten in de stad, luchtverontreiniging, lawaai en hitte 46

5.3. Situatie in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest 46

5.4. Belangrijkste punten 50

5.5. Referenties 50

6. Lichaamsbeweging: bewegen in de stad 53

6.1. Inleiding 53

6.1.1. Organisatie van de stad en lichaamsbeweging 53

6.2. Voornaamste effecten op de gezondheid en fysiopathologische processen 54

6.3. Situatie in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest 55

6.3.1. Actief zijn in de stad: zijn de brusselaars sedentair? 55

6.3.1.1. Regelmatig aan lichaamsbeweging doen 55

6.3.1.2. Hoe verplaatsen de werknemers zich naar hun werk in Brussel? 56

6.3.1.3. De fiets wint aan populariteit 58

6.3.1.4. Wat met wandelen? 59

6.3.2. De stad beïnvloedt onze verplaatsingen: bereikbaarheid 59

6.3.3. Lichaamsbeweging, luchtverontreiniging en geluidshinder 60

6.4. Belangrijkste punten 61

6.5. Referenties 61

7. Andere verontreinigende stoffen 63

7.1. Binnenluchtvervuiling 63

7.2. Chemische producten 64

7.3. Zware metalen 65

7.4. Elektromagnetische velden 66

7.5. Belangrijkste punten 68

7.6. Referenties 68

8. Multi-blootstelling 71

8.1. Definitie en concept van een exposoom 71

8.2. Voornaamste gezondheidseffecten van de gecombineerde blootstelling en fysiopathologische mechanismen 72

8.3. Voorbeeld van een potentieel cocktaileffect: de gecombineerde effecten van luchtverontreining en omgevingslawaai op de gezondheid van de Brusselse bevolking 73

8.4. Belangrijkste punten 75

8.5. Referenties 75

9. Aanbevelingen en conclusie 77

9.1. Voornaamste uitdagingen 77

9.2. Toegang tot gegevens en toekomstige studies 78

9.3. Conclusie: welke stad voor welke gezondheidsniveau? 79

9.4. Referenties 80

10. Woordenlijst 83

10.1. Luchtverontreiniging 83

10.2. Omgevingslawaai 84

10.3. Referenties 85

11. Bijlagen 87

11.1. Bijlage 1 : Methodologische fiche - Gezondheidsrisicobeoordeling van de luchtverontreiniging in het BHG 87

11.1.1. Inleiding 87

11.1.2. Beoordeling van de blootstelling van de bevolking aan luchtverontreiniging in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest 87

11.1.3. Gezondheidsrisicobeoordeling van de blootstelling aan luchtverontreiniging in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest 88

11.1.4. AirQ+, dosis-responsfuncties en contrafeitelijke niveaus 88

11.1.5. Mededeling van de resultaten en onzekerheden in verband met de ramingen van de gezondheidseffecten 89

11.1.6. Limitaties en onzekerheden 91

11.1.7. Referenties 91

11.2. Bijlage 2 : Methodologische fiche - Gezondheidsrisicobeoordeling van het omgevingslawaai in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest 93

11.2.1. Inleiding 93

11.2.2. Beoordeling van de blootstelling van de bevolking aan het wegverkeerslawaai in 2015 93

11.2.3. Gezondheidsrisicobeoordeling van de blootstelling aan het wegverkeerslawaai in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest 93

11.2.4. Limitaties en onzekerheden 94

11.2.5. Referenties 94

Lijst met afkortingen

FAVV	Federaal Agentschap voor de veiligheid van de voedselketen
CVA	Cerebrovasculair accident (beroerte)
BC	“Black carbon” (roet)
EMV	Elektromagnetisch veld
ELF-EMV	Elektromagnetisch veld met een extreem lage frequentie
RF-EMV	Radiofrequent elektromagnetisch veld
CO	Koolstofmonoxide
VOS	Vluchtige organische stoffen
IRCEL	Intergewestelijke Cel voor het Leefmilieu
RCIB	Regionale Cel voor Interventie bij Binnenluchtverontreiniging
DALY	“Disability-adjusted life years” zijn het aantal verloren gezonde levensjaren door een vroegtijdig overlijden of door een slechte gezondheid (DALY = YLL + YLD)
dB	Decibel
EEA	European Environment Agency (Europees Milieuagentschap)
GRB	Gezondheidsrisicobeoordeling
BI95%	Betrouwbaarheidsinterval van 95%
AMI	Acuut myocardinfarct
NO_2	Stikstofdioxide
NO_x	Oxydes d’azote
O_3	Ozon
WGO	Wereldgezondheidsorganisatie
OGW	Observatorium voor Gezondheid en Welzijn van Brussel-Hoofdstad
BBP	Bruto Binnenlands Product
PM	“Particulate matter” (fijnstof)
$PM_{2,5}$	“Particulate matter” (fijnstof) met een aerodynamische diameter
QALY	Quality-Adjusted Life Years; QALY zijn het aantal gezonde levensjaren
BHG	Brussels Hoofdstedelijk Gewest
RR	Relatief Risico
SO_2	Zwaveldioxide
STATBEL	Statistics Belgium of Statbel (het Belgische statistiekbureau)
EU	Europese Unie
YLL	“Years of Life Lost”; YLL zijn de verloren levensjaren door een vroegtijdig overlijden
YLD	“Years Lost Due To Disability”; YLD zijn de verloren levensjaren door een slechte gezondheid

01 Inleiding

Momenteel leeft meer dan 50% van de wereldbevolking in de stad; in 2050 zal dat 70% van de wereldbevolking zijn (1). In België ligt het aantal stadsbewoners aanzienlijk hoger. Maar liefst 98% van de Belgische bevolking leeft in een stedelijke omgeving (2). Steden zullen zich moeten aanpassen om een doeltreffende mobiliteit mogelijk te maken en tegelijkertijd hun inwoners een gezonde leefomgeving te verschaffen. Bij de verstedelijking moet de stad (opnieuw) uitgedacht worden, vooral op het vlak van infrastructuur. Daarnaast moet men de leefomstandigheden verbeteren, een gezonde levensstijl voor de inwoners stimuleren en de klimaatuitdagingen aanpakken. De stad brengt niet alleen talrijke innovaties en rijkdommen met zich, maar ook vervuiling, blootstelling aan milieufactoren, ziektes en ongezonde leefgewoonten (3–5). De huidige organisatie van de mobiliteit en de stadswegen in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG) is verre van ideaal. Ze werkt immers luchtverontreiniging, geluidshinder, een gebrek aan groene ruimten en een vrij sedentaire levensstijl in de hand (6). Het is dan ook van cruciaal belang om de vervoermiddelen en de openbare ruimte te reorganiseren om naar een duurzame stad te kunnen evolueren (6).

De impact van milieuvervuiling op de gezondheid raakt stilaan goed gedocumenteerd in internationale studies. We hebben echter nog geen totaalbeeld van het BHG. We missen een overzicht van de onderlinge verbanden tussen de verschillende soorten vervuiling in Brussel en de gevolgen ervan voor de gezondheid en de toekomstige uitdagingen voor het gewest.

Dit rapport heeft als doel om de gezondheidseffecten van de grote milieuverontreinigingen in de stad na te gaan. Nadat we de huidige kennis van de effecten op de gezondheid hebben samengevat, zullen we het hebben over de voornaamste effecten van blootstelling aan luchtverontreiniging, omgevingslawaai, de toegang tot en het gebruik van groene ruimten en lichaamsbeweging in de stad. We zullen ook aankaarten welke andere soorten vervuiling we vinden in de stad en wat de effecten zijn van de blootstelling aan een combinatie van verscheidene polluenten.

Bij de hoofdstukken over luchtverontreiniging, omgevingslawaai, lichaamsbeweging in de stad en groene ruimten wordt de huidige situatie in het BHG toegelicht, net zoals de effecten ervan op de menselijke gezondheid en eventueel ook de prijs die de maatschappij betaalt voor de blootstelling aan die polluenten of milieufactoren. Bij gebrek aan Brusselse gegevens bevatten de hoofdstukken over de overige verontreinigende stoffen en hun gezondheidseffecten en de gecombineerde blootstelling, geen becijferde informatie over de situatie in het BHG.

Dit werk is opgevat als een informatief document, dat inzicht wil bieden in de verbanden tussen milieufactoren en de gezondheidstoestand in de stad, met andere woorden de milieugezondheid. Het richt zich tot alle (al dan niet nauw) betrokken spelers uit het gezondheidsdomein, waaronder politieke actoren van alle besluitvormingsniveaus. Het wil een instrument zijn dat de huidige toestand in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest onder de aandacht brengt. De bronnen waarop dit werk gebaseerd is, zijn heel uiteenlopend: recente wetenschappelijke literatuur voor de verklarende gedeelten, de bij overheidsdiensten beschikbare gezondheids- en milieugegevens en resultaten uit andere recente rapporten.

Dit document is niet allesomvattend. De behandelde thema's werden gekozen op grond van hun belang in termen van gezondheidsimpact en relevantie in de stedelijke omgeving. Voor bepaalde onderwerpen liet de afwezigheid van gegevens voor het BHG en het gebrek aan consensus in de wetenschappelijke literatuur het niet toe om het aangesneden thema in zijn geheel te behandelen. Omdat luchtverontreiniging en geluidshinder twee van de belangrijkste vormen van milieuoverlast zijn op het vlak van impact op de menselijke gezondheid in Europa (4,5), worden die twee onderwerpen in dit rapport meer in detail uitgediept dan de andere.

Door de informatie over de effecten van milieuparameters op de gezondheid te bundelen, wil dit rapport een aanvulling vormen op de overige publicaties van het Observatorium voor Gezondheid en Welzijn van Brussel-Hoofdstad. Die publicaties kunt u in elektronische versie vinden op de website van het Observatorium[1].

1.1. Referenties

1. United Nations. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. 2018 [geraadpleegd op 9 mei 2019]. 2 p. Te raadplegen op: https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf

2. The World Bank. World Development Indicators: Urbanization. 2017 [geraadpleegd op 26 maart 2019]. Te raadplegen op: http://wdi.worldbank.org/table/3.12

3. Bettencourt LM, Lobo J, Helbing D, Kühnert C, West GB. Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities. Proc Natl Acad Sci USA. 24 april 2007; 104 (17): 7301-6.

4. Hoek G, Krishnan RM, Beelen R, Peters A, Ostro B, Brunekreef B, et al. Long-term air pollution exposure and cardio- respiratory mortality: a review. Environmental Health. 28 december 2013; 12 (1): 43.

5. World Health Organisation (WHO). Burden of Disease from Environmental Noise: Quantification of healthy life years lost in Europe. 2011 [geraadpleegd op 9 mei 2019]. Te raadplegen op: www.euro.who.int

6. Nieuwenhuijsen MJ. Urban and transport planning, environmental exposures and health-new concepts, methods and tools to improve health in cities. Environmental Health. 8 maart 2016; 15 (S1): S38.

1. https://www.ccc-ggc.brussels/nl/observatbru/accueil

02

Zekerheden en bekommernissen over de voornaamste effecten van de blootstelling aan milieufactoren op de gezondheid

2.1. Inleiding

Dit hoofdstuk vat de kennis samen over de effecten van de blootstelling aan milieufactoren op de gezondheid. Wij zullen de effecten ervan op achtereenvolgens het overlijdensrisico en de prevalentie van bepaalde pathologieën, symptomen en functiestoornissen behandelen. Daarbij moet men in het achterhoofd houden dat blootstellingen aan milieuparameters niet uitsluitend tot negatieve effecten op de gezondheid leiden.

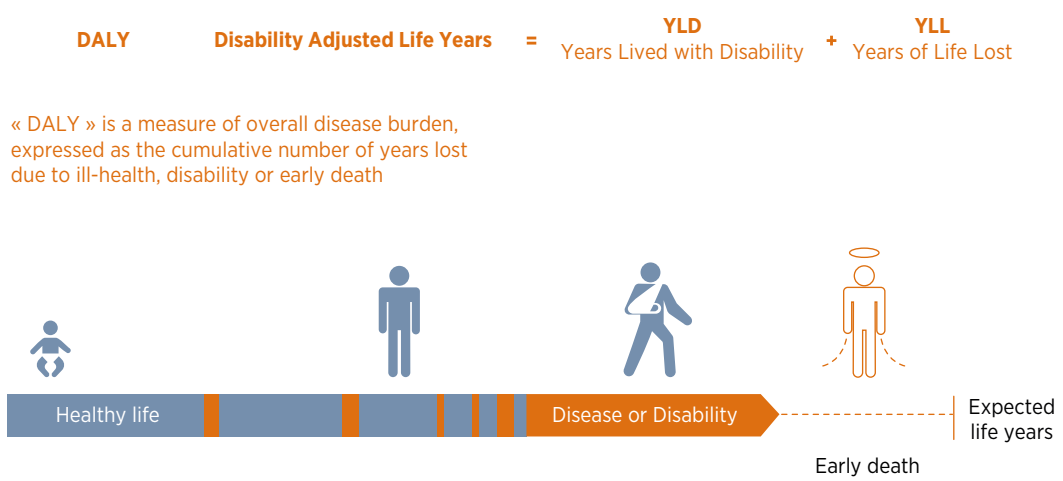
In dit hoofdstuk wordt de algemene context geschetst, na een korte methodologische inleiding. Het hoofdstuk geeft een uitvoerig overzicht van de impact van de verschillende milieufactoren op vroegtijdig overlijden, respiratoire en cardiovasculaire ziekten, kanker, het voortplantingssysteem, stofwisselingsziekten (waarvan de meest gekende diabetes en obesitas zijn), endocriene stoornissen en neurologische, gedragsneurologische en geestelijke gezondheidsstoornissen. Voor elk gedeelte worden de omvang van het probleem en de milieuparameters die ertoe bijdragen gepreciseerd.

Dit hoofdstuk heeft een tweeledige doelstelling: de balans opmaken van de wetenschappelijke kennis in 2019, en aantonen dat de verbanden tussen gezondheid en de blootstelling aan milieufactoren complex zijn. De gezondheidsproblemen houden verband met verschillende milieuparameters. Inwerken op slechts één parameter leidt maar in een paar erg specifieke gevallen tot een verbetering, zoals bij koolstofmonoxide (de stille moordenaar) of bij mesotheliomen door blootstelling aan asbest. In de meeste situaties van blootstelling aan milieufactoren kan één parameter of verontreinigende stof verschillende effecten hebben op de gezondheid of ertoe bijdragen, en dit via verschillende processen. De blootstelling aan verschillende milieufactoren kan leiden tot één en dezelfde ziekte of symptoom.

2.2. Inleiding over de gebruikte methode

Effecten op gezondheid worden doorgaans uitgedrukt in morbiditeits- of sterftecijfers. De morbiditeit betekent de mate van voorkomen van ziekten bij de bevolking (bv. bronchitis, astma, diabetes, enz.) en kan uitgedrukt worden in verloren levensjaren door een slechte gezondheid (“Years Lost Due To Disability” of YLD). We kunnen de impact ook uitdrukken in verloren levensjaren door vroegtijdig overlijden (years of life lost of YLL) (1) (zie afbeelding 2.01). Een overlijden wordt vroegtijdig beschouwd als het plaatsvindt voor het levensjaar dat overeenstemt met de normale levensverwachting.

Afbeelding 2-01. Illustratie van de begrippen rond verloren levensjaren (door vroegtijdig overlijden of door een slechte gezondheid) (CC BY-SA 3.0).



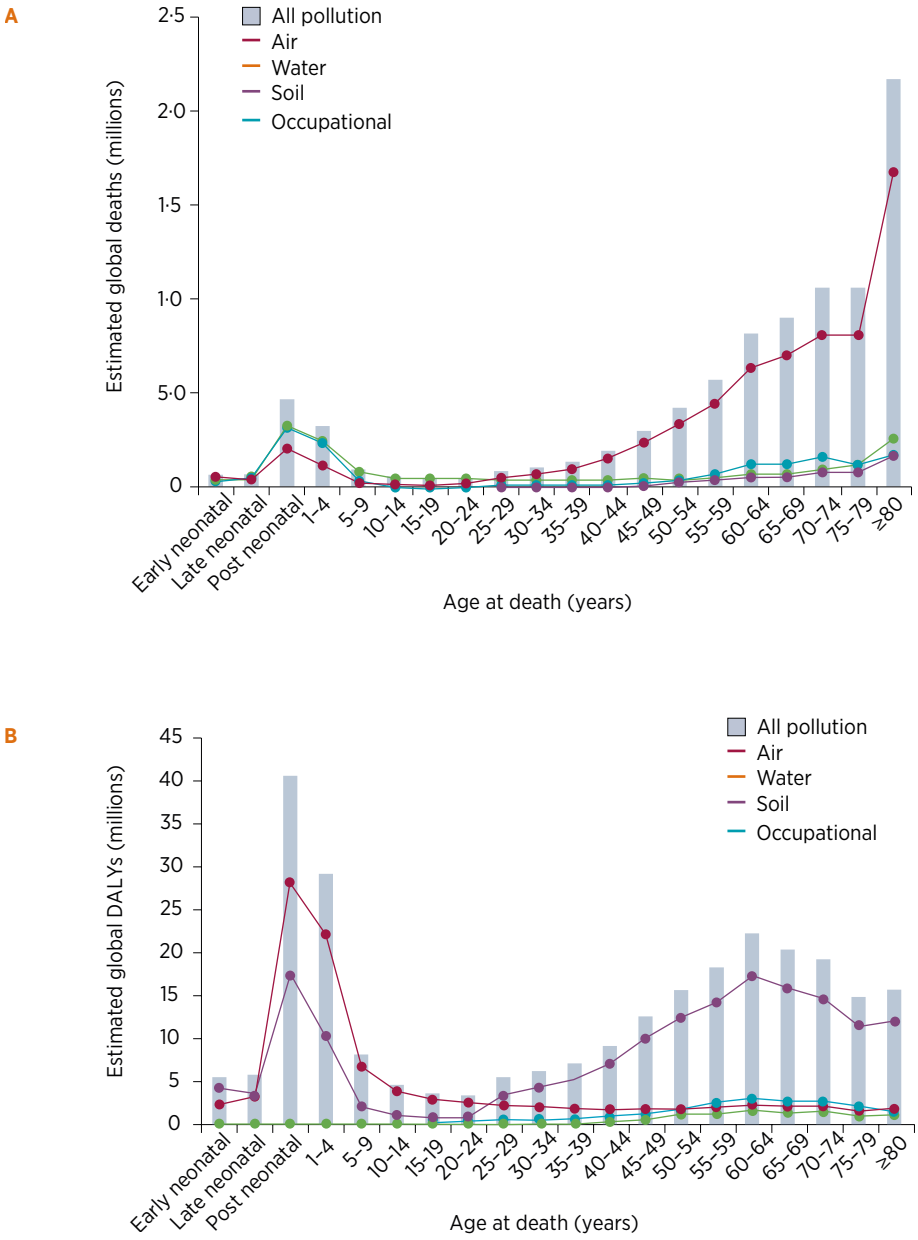
Als men de verloren levensjaren door vroegtijdig overlijden (YLL) bij de verloren levensjaren door een slechte gezondheid (YLD) telt, krijgt men het aantal DALY ("Disability-Adjusted Life Years", of het aantal verloren gezonde levensjaren door een vroegtijdig overlijden of door een slechte gezondheid). Zo kan men dus ook de levensverwachting in goede gezondheid berekenen. DALY maken het mogelijk de impact van verschillende milieufactoren binnen dezelfde populatie te vergelijken. Een YLL staat dus gelijk aan een DALY.

2.3. Voornaamste gezondheidseffecten gelinkt aan de blootstelling aan milieufactoren

Ondanks dat de levensverwachting in de OESO-landen (OESO staat voor Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling) onophoudelijk stijgt – ze bedraagt gemiddeld bijna 80 jaar vanaf de geboorte in de 35 onderzochte landen (2,3) – tonen talrijke studies de negatieve gezondheidseffecten aan van de blootstelling aan uiteenlopende milieufactoren (4,5). De voornaamste effecten daarvan zijn cardiovasculaire en luchtwegaandoeningen, kankers, vroegtijdig overlijden en een daling in de levensverwachting. Daarbij kan een causaal verband worden aangetoond en is er een dosis-responsrelatie beschikbaar voor bepaalde verontreinigende stoffen. Die gegevens kunnen gebruikt worden om effecten te becijferen voor Europese bevolkingsgroepen (4,6). Door de vervuiling, betalen we een hoge kostprijs op het vlak van gezondheid, productiviteit en welzijn. Dit is vooral zo in steden, in het bijzonder in geïndustrialiseerde landen (7). Alle regio's in de wereld ondervinden deze effecten, maar niet allemaal in dezelfde mate. De armste landen worden het hardst getroffen. Ongeacht waar ze wonen, blijken economisch achtergestelde groepen, kinderen en ouderen het kwetsbaarst (zie afbeelding 2-02).

Uit afbeelding 2-02 blijkt overigens dat het risico op overlijden door vervuiling stijgt met de leeftijd. Daarnaast zien we een sterftepiek bij kinderen jonger dan een jaar oud. Wanneer de cijfers in DALY worden uitgedrukt, valt overigens duidelijk af te lezen wie de twee meest kwetsbare groepen zijn: jonge kinderen en ouderen, waarbij die eerste groep het kwetsbaarst is voor luchtverontreiniging. Bij kinderen jonger dan vijf jaar oud, die het meest kwetsbaar zijn voor deze parameters, zou bijna 26% van de sterfte vermeden kunnen worden als er voor een of meer verontreinigende stoffen zou worden ingegrepen (6).

Afbeelding 2-02. Weergave van de impact van de blootstelling aan verontreinigende stoffen in de lucht, het water, de bodem en de werkomgeving naargelang de leeftijd in termen van geraamde sterfte (a) en DALYs (b).

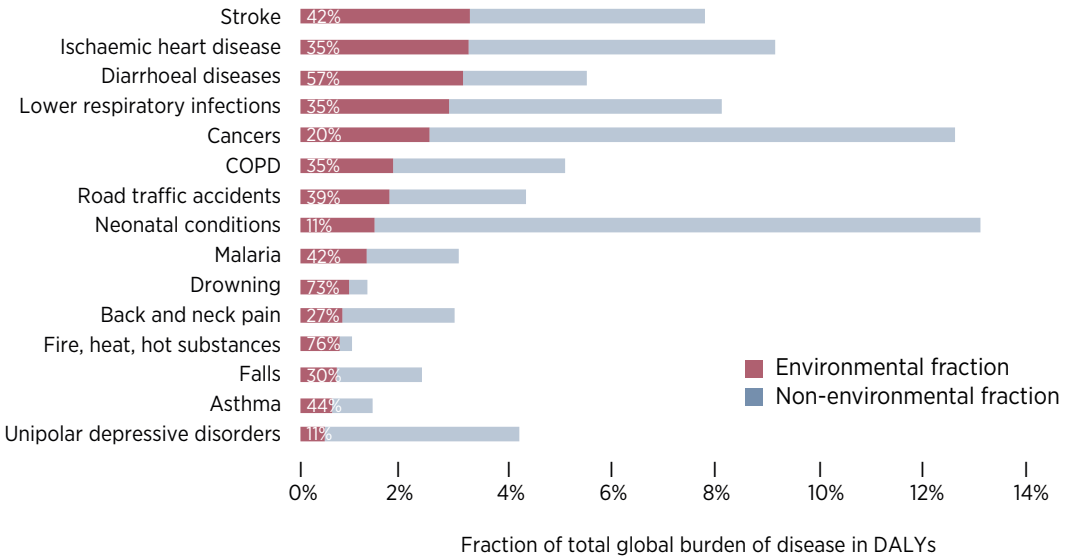


Bron: Landrigan et al. 2017, p. 15 (4).

Hoewel tabaksverslaving, alcoholgebruik, obesitas en sociaaleconomische ongelijkheid vaak aangehaald worden als voornaamste risicofactoren voor een slechte gezondheid, is luchtverontreiniging ook een niet te verwaarlozen factor. Luchtverontreiniging – de voornaamste vorm van milieuhinder – is één van de oorzaken van vroegtijdige sterfte, longkanker, luchtwegaandoeningen, cardiovasculaire aandoeningen en een laag geboortegewicht. Daarnaast begint men bij de allerjongsten andere effecten te documenteren, zoals stofwisselingsstoornissen en endocriene en cognitieve stoornissen, die kunnen leiden tot leerachterstand en tot jongdementie op latere leeftijd (8). Omgevingslawaai is de tweede belangrijkste risicofactor voor gezondheid.

In afbeelding 2-03 zien we voor verschillende aandoeningen het aandeel dat het rechtstreeks gevolg is van milieufactoren. Zo zou 42% van de cerebrovasculaire accidenten of CVA's (beroertes, goed voor 8% aan de globale DALY) rechtstreeks verband houden met milieufactoren. De milieuomstandigheden verbeteren en de vervuiling en schadelijke uitstoot terugdringen zijn dus erg doeltreffende maatregelen om de leefomstandigheden en gezondheid van de bevolking te verbeteren (6).

Afbeelding 2-03. Ziekten waarvoor het milieu de belangrijkste oorzakelijke bijdrage vormt.



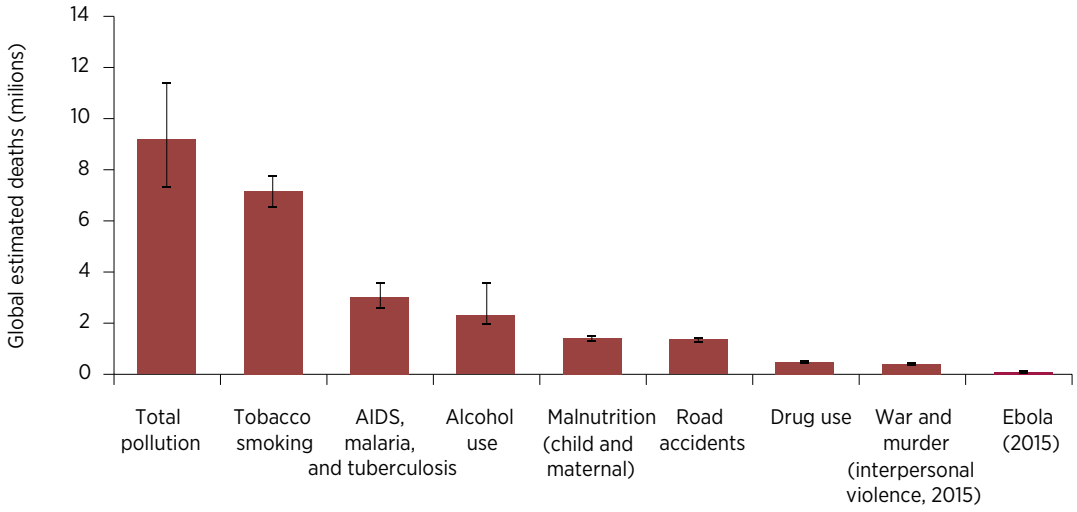
Bron: Prüss-Ustün et al. 2017, p. 86 (6).

Er is een hypothese ontstaan gebaseerd op de kennis van hoe verontreinigende stoffen en andere milieuparameters werken. Die luidt dat prenatale en perinatale blootstelling aan milieufactoren ("developmental origins of health and disease", of kortweg DOHaD) en blootstelling op meer kwetsbare tijdstippen in het leven (periodes van kritieke gevoeligheid) onlosmakelijk verbonden zijn met de ontwikkeling van gezondheidsproblemen. Die hypothese noopt ertoe rekening te houden met de blootstelling aan milieufactoren gedurende heel het leven (9,10). Schadelijke blootstelling voor de geboorte kan immers een invloed hebben op de gezondheid op volwassen leeftijd.

2.3.1. Vroegtijdige sterfte

De sterfte door blootstelling aan milieufactoren is goed voor 23% van de totale wereldsterfte (6). Vervuiling in al zijn vormen is de voornaamste milieugebonden oorzaak van vroegtijdige sterfte en ziekten in de wereld (zie afbeelding 2-04) (4). De term 'vervuiling' moet in deze context begrepen worden in de ruime zin van het woord en omvat zowel lucht-, water en bodemverontreiniging en vervuiling door afval als chemische stoffen die men in voeding kan aantreffen. Deze gegevens zijn wel ruim onderschat, omdat ze gebaseerd zijn op modelleringsgegevens en niet op bijvoorbeeld gecontroleerde registraties van ziekenhuisopnames.

Afbeelding 2-04. Verdeling van de oorzaken en risicofactoren naargelang de omvang van de impact op de sterfte (raming van de aan milieufactoren te wijten sterfte).

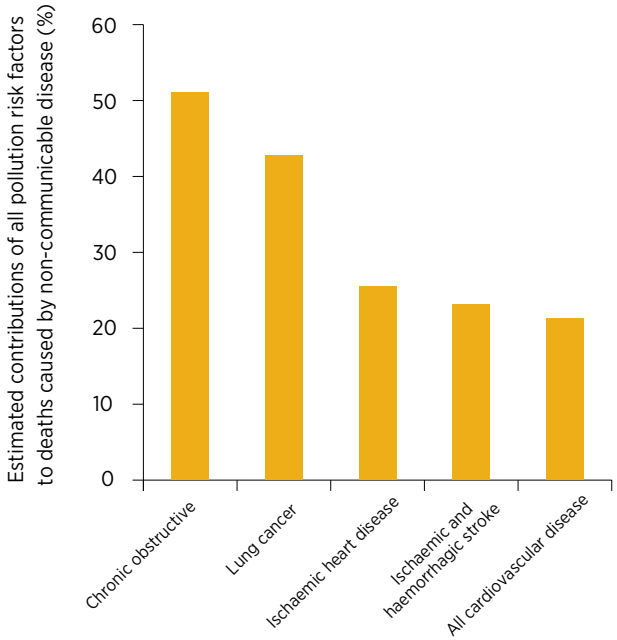


Bron: Landrigan et al. 2017, p. 12 (4).

De milieuparameters die bijdragen tot vroegtijdige sterfte omvatten meer bepaald verontreinigende stoffen in de binnen- en buitenlucht, chemische stoffen die via fijnstof in de lucht of via de voeding worden opgenomen en geluidshinder. Luchtverontreinigende stoffen komen niet alleen voor in de binnenlucht in woningen, scholen, kinderdagverblijven, kantoren en publiek toegankelijke plaatsen, maar ook in de buitenlucht, waar ze meegedragen worden door (ultra)fijnstof.

Personen die lijden aan chronische obstructieve longziekte (“chronic obstructive pulmonary disease”) zijn erg gevoelig voor het leefmilieu in ruime zin : wereldwijd dragen milieufactoren voor iets meer dan 50% bij tot het overlijden van personen met chronische obstructieve longziekte (zie afbeelding 2-05).

Afbeelding 2-05. Verdeling van de ziekten die verband houden met de totale vervuiling volgens het sterftecijfer veroorzaakt door niet-overdraagbare ziekten.



Bron: Landrigan et al. 2017, p. 13 (4).

2.3.2. Respiratoire en cardiovasculaire ziekten

De luchtverontreinigende stoffen ($PM_{2,5}$-fijnstof, stikstofoxide, ozon, BC), geluidshinder, koolstofmonoxide, verscheidene zware metalen (lood, arsenicum, cadmium, kwik), zijn enkele van de milieuparameters die luchtwegaandoeningen en hart- en vaatziekten kunnen veroorzaken, om het nog niet te hebben over passief roken en de talrijke chemische stoffen die we opnemen via fijnstof (6).

Hart- en vaatziekten en luchtwegaandoeningen kennen zowel gemeenschappelijke als verschillende milieugebonden oorzaken. CVA's, hoge bloeddruk, hartritmestoornissen, astma en chronische longziekten worden mee veroorzaakt door blootstellingen aan luchtverontreinigende stoffen en aan geluidshinder. Anderzijds "respiratory distress syndrome" (RDS), hoesten en een afnemende longfunctie worden enkel in verband gebracht met de blootstelling aan luchtverontreinigende stoffen. Aeroallergenen veroorzaken respiratoire allergieën. Daarnaast hebben ze toxische effecten en plaatselijke en systemische inflammatoire effecten (4,6).

Binnenluchtvervuiling draagt ook bij tot cardiorespiratoire pathologieën. Ze maakt personen gevoeliger voor luchtwegaandoeningen en kan astma veroorzaken of verergeren (6).

Bij autoverkeer worden luchtverontreinigende stoffen uitgestoten en ontstaat er geluidshinder, die samen leiden tot een versterking van de cardiorespiratoire effecten (11). Verwarming zorgt voor de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen. De industrie zorgt niet alleen voor de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen. Ze veroorzaakt ook geluidshinder. Ook de landbouw draagt bij tot de luchtverontreiniging.

2.3.3. Kanker

De oorzaken van kanker houden voor één derde verband met genetische aanleg en de blootstelling aan milieufactoren. De milieugebonden oorzaken van kanker zijn velerlei en zijn gelinkt aan de binnen- en buitenluchtkwaliteit, voeding, stress, hormoonverstorende stoffen, chemische stoffen en de blootstelling aan golven en straling.

Verschillende levensstijlfactoren (tabaksgebruik, alcoholgebruik, voedingspatroon, voortplantingsgedrag enz.) en de genetische en hormonale factoren verhogen ook het risico op kanker (4). Obesitas draagt bijvoorbeeld bij tot dertien types kanker en levensstijl vormt voor een groot deel een verzwarende factor. Door niet te roken, de consumptie van alcohol te beperken, regelmatig aan lichaamsbeweging te doen en ultraviolette straling te vermijden, kan men het aantal nieuwe gevallen van kanker (zoals longkanker en melanomen) met 85% terugdringen (12).

Preventie is hét sleutelwoord wanneer we het over kanker hebben. Ongeveer 40% van de kankergevallen in Europa zou voorkomen kunnen worden door preventie (12).

2.3.4. Effecten op het voortplantingssysteem

De effecten op het voortplantingssysteem hebben betrekking op vruchtbaarheidsproblemen (kwaliteit van sperma, vruchtbaarheid, miskramen, geslachtsverhouding, misvormingen van het mannelijke en vrouwelijke voortplantingssysteem, endometriose, vroegtijdige puberteit, ingekorte moedermelkproductie), vroeggeboorte, een laag geboortegewicht en een korte zwangerschapsduur (4,6).

Verschillende studies koppelen de blootstelling aan luchtverontreinigende stoffen aan effecten op de voortplanting en de geboorte. Ze koppelen die problemen ook aan de blootstelling aan geluidshinder en een gebrek aan toegang tot groene ruimten (gelinkt aan regelmatige lichaamsbeweging) (13-17). Vroeggeboorte komt overigens erg vaak voor bij vrouwen met astma of suikerziekte die worden blootgesteld aan verkeersgebonden vervuiling (18).

2.3.5. (Epigenetische) stofwisselingsziekten

Recente studies bevestigen dat de blootstelling aan milieufactoren bijdraagt tot de ontwikkeling en verergering van stofwisselingsziekten, waarvan diabetes en obesitas de meest onderzochte zijn (4). De voornaamste vermoedelijke milieufactoren bevinden zich in de lucht en in de voeding, door de aanwezigheid van chemische en hormoonverstorende stoffen. Andere studies koppelen de blootstelling aan luchtverontreiniging voor de geboorte (prenataal) en tijdens de eerste levensmaanden aan een verhoogd risico op diabetes type 1 (19-21). Nog andere studies suggereren dat luchtverontreiniging het risico op kinderobesitas verhoogt door een ontstekingsproces en door de verstoring van de genexpressie (22).

2.3.6. Endocriene aandoeningen

(Functie)stoornissen van het hormoonstelsel die verband houden met de blootstelling aan milieufactoren vertalen zich in vruchtbaarheidsproblemen, gedragsneurologische stoornissen, een verzwakt immuunsysteem, een verstoorde aanmaak van groeihormonen, insuline en bijnierschorshormonen en hormoonafhankelijke kankers, maar ook in vroegtijdige sterfte (4). De meest onrustwekkende effecten zijn die op het zenuwstelsel en het gedrag (23). Hormoonverstorende stoffen bootsen de werking van natuurlijke hormonen na door vergelijkbare chemische reacties te veroorzaken in het menselijke organisme en door receptoren te blokkeren van cellen waarin normaal gezien natuurlijke hormonen terechtkomen. Zo verhinderen ze de werking van de natuurlijke hormonen, door in te werken op de synthese, het transport en de afscheiding ervan en op de stofwisseling, waardoor de concentratie van natuurlijke hormonen wordt gewijzigd.

De stoffen die hiervoor verantwoordelijk zijn, treffen we aan in pesticiden, weekmakers, brandvertragende stoffen, additieven en reststoffen van industriële processen. Ze kunnen vervoerd worden via de lucht – wanneer ze zich binden aan fijnstofdeeltjes – maar ook via water en voeding. Lawaai heeft een invloed op de vatbaarheid voor hormoonontregeling door een toegenomen afscheiding van stresshormonen (24-26).

2.3.7. Neurologische, gedragsneurologische en geestelijkegezondheidsstoornissen

Verscheidene giftige stoffen die voorkomen in het milieu, beïnvloeden het zenuwstelsel en kunnen de (ontwikkeling van) de hersenen schaden, met een verhoogd risico op autismespectrumstoornissen, hyperactiviteit of ontwikkelingsstoornissen tot gevolg (4,27). Talrijke stoffen wordt aangeduid als schuldig, maar slechts enkele ervan zijn al onderzocht. Die laatste omvatten lood, arsenicum, kwik en bepaalde pesticiden en oplosmiddelen. De fijnste deeltjes en nanodeeltjes kunnen door de bloed-hersenbarrière komen en zo leiden tot oxidatieve stress in de hersenen en de rest van het lichaam. Deze effecten worden in verband gebracht met blootstelling in utero, maar ook tijdens de kindertijd. Ze kunnen leiden tot een mogelijke leerachterstand, gedragsproblemen en verminderde cognitieve prestaties bij oudere kinderen (8,28-30) en zelfmoordneigingen bij adolescenten (31). Bij ouderen werden cognitieve achteruitgang en dementie in verband gebracht met de blootstelling aan verontreinigende stoffen door het verkeer (32). Ook lawaai kan leiden tot verminderde cognitieve prestaties en leerachterstand, aangezien het de ontwikkeling van mentale stoornissen zoals depressie en angststoornissen kan versnellen en versterken.

2.4. Referenties

1. De Leeuw F, Horálek J. Quantifying the health impacts of ambient air pollution: methodology and input data. European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation (ETC/ACM). Bilthoven, Nederland: ETC/ACM; 18 januari 2017 [geraadpleegd op 16 september 2019]. 21 p. Te raadplegen op: https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-atni/products/etc-atni-reports/etcacm_tp_2016_5_aq_hia_methodology

2. OCDE. Panorama de la santé 2017 : Les indicateurs de l'OCDE. OESO-publicaties. Parijs: OESO; 2017 [geraadpleegd op 16 september 2019]. 226 p. Te raadplegen op: https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/health_glance-2017-fr.pdf?expires=1575645521&id=id&accname=guest&checksum=ABA6679485691BC2E5CBF2ECE2E33EDB

3. WHO. Don't pollute my future! The impact of the environment on children's health. Genève, Zwitserland: World Health Organization, 2017 [geraadpleegd op 16 september 2019]. 33 p. Te raadplegen op: https://apps.who.int/iris/handle/10665/254678

4. Landrigan PJ, Fuller R, Acosta NJR, Adeyi O, Arnold R, Basu N. The Lancet Commission on pollution and health. Lancet. 19 oktober 2017; 391: 462-512.

5. WHO. Environmental Health Inequalities in Europe: Second Assessment Report. Kopenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2019 [geraadpleegd op 16 september 2019]. 164 p. Te raadplegen op: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0018/404640/WHO-report-SUMMARY-ENG-WEB.pdf?ua=1

6. Prüss-Ustün A, Wolf J, Corvalán C, Bos B, Neira M. Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks. Genève: WHO; 2016 [geraadpleegd op 16 september 2019]. 176 p. Te raadplegen op: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204585/9789241565196_eng.pdf?sequence=1

7. European Commission. Science for Environment Policy: What are the health costs of environmental pollution? Future brief. Luxemburg: European Union; 2018 [geraadpleegd op 16 september 2019]. 60 p. Te raadplegen op: http://ec.europa.eu/science-environment-policy

8. Clifford A, Lang L, Chen R, Anstey KJ, Seaton A. Exposure to air pollution and cognitive functioning across the life course - A systematic literature review. Environ Res. Mei 2016; 147: 383-98.

9. Birnbaum LS, Miller MF. Prenatal Programming and Toxicity (PPTOX) Introduction. Endocrinology. 1 oktober 2015; 156(10): 3405-7.

10. Heindel JJ, Balbus J, Birnbaum L, Brune-Drisse MN, Grandjean P, Gray K, et al. Developmental Origins of Health and Disease: Integrating Environmental Influences. Endocrinology. Oktober 2015.

11. Dorans KS, Wilker EH, Li W, Rice MB, Ljungman PL, Schwartz J, et al. Residential Proximity to Major Roads, Exposure to Fine Particulate Matter, and Coronary Artery Calcium: The Framingham Heart Study, a cohort study. BMJ Open. 16 maart 2017; 7 (3): e013455.

12. Wild CP, Espina C, Bauld L, Bonanni B, Brenner H, Brown K. Cancer Prevention Europe, Mol. Oncol. Maart 2019; 13 (3): 528-534.

13. Dadvand P, Parker J, Bell ML, Bonzini M, Brauer M, Darrow LA, et al. Maternal exposure to particulate air pollution and term birth weight: a multi-country evaluation of effect and heterogeneity. Environ Health Perspect. Maart 2013; 121 (3): 267-373.

14. Shah PS, Balkhair T, Knowledge Synthesis Group on Determinants of Preterm/LBW births. Air pollution and birth outcomes: A systematic review. Environ. Int. Februari 2011; 37 (2): 498-516.

15. Stieb DM, Chen L, Eshoul M, Judek S. Ambient air pollution, birth weight and preterm birth: a systematic review and meta-analysis. Environ. Res. Augustus 2012; 117: 100-111.

16. Li X, Huang S, Jiao A, Yang X, Yun J, Wang Y, et al. Association between ambient fine particulate matter and preterm birth or term low birth weight: An updated systematic review and meta-analysis. Environ. Pollut. Augustus 2017; 227: 596-605.

17. Abraham E, Rousseaux S, Agier L, Giorgis-Allemand L, Tost J, Galineau J, et al. Pregnancy exposure to atmospheric pollution and eteorological conditions and placental DNA methylation. Environ. Int. September 2018; 118: 334-347.

18. Lavigne E, Yasseen AS, Stieb DM, Hystad P, van Donkelaar A, Martin RV, et al. Ambient air pollution and adverse birth outcomes: Differences by maternal comorbidities. Environ. Res. Juli 2016; 148: 457-466.

19. Hathout EH, Beeson WL, Ischander M, Rao R, Mace JW. Air pollution and type 1 diabetes in children. Pediatr. Diabetes. April 2006; 7 (2): 81-87.

20. Malmqvist E, Larsson HE, Jönsson I, Rignell-Hydbom A, Ivarsson SA, Tinneberg H, et al. Maternal exposure to air pollution and type 1 diabetes - Accounting for genetic factors. Environ. Res. Juli 2015; 140: 268-274.

21. Wolf K, Popp A, Schneider A, Breitner S, Hampel R, Rathmann W, et al. Association Between Long-Term Exposure to Air Pollution and Biomarkers Related to Insulin Resistance, Subclinical Inflammation and Adipokines. Diabetes. November 2016; 65 (11): 3314-3326.

22. Wei Y, Zhang JJ, Li Z, Gow A, Chung KF, Hu M, et al. Chronic exposure to air pollution particles increases the risk of obesity and metabolic syndrome: findings from a natural experiment in Beijing. FASEB J. Juni 2016; 30 (6): 2115-22.

23. Trasande L, Zoeller TR, Hass U, Kortenkamp A, Grandjean P, Peterson Myers J, et al. Estimating Burden and Disease Costs of Exposure to Endocrine-Disrupting Chemicals in the European Union. J. Clin. Endocrinol. Metab. April 2015; 100 (4): 1245-55.

24. World Health Organisation. Burden of Disease from Environmental Noise: Quantification of healthy life years lost in Europe. 2011 [geraadpleegd op 9 mei 2019]. Te raadplegen op: www.euro.who.int

25. Clark C, Paunovic K. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Quality of Life, Wellbeing and Mental Health. Int. J. Environ. Res. Public Health. 29 oktober 2018; 15 (11): 2400.

26. Van Kempen E, Casas M, Pershagen G, Foraster M. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects: A Summary. Int. J. Environ. Res. Public Health. 22 februari 2018; 15 (2): 379.

27. Grandjean P, Landrigan PJ. Neurobehavioural effects of developmental toxicity. Lancet Neurol. Maart 2014; 13 (3): 330-8.

28. Sunyer J, Esnaola M, Alvarez-Pedrerol M, Forns J, Rivas I, Lopez-Vicente M, et al. Association between traffic-related air pollution in schools and cognitive development in primary school children: a prospective cohort study. PLoS Med. 3 maart 2015; 12 (3): e1001792.

29. Saenen ND, Provost EB, Viaene MK, Vanpoucke C, Lefebvre W, Vrijens K, et al. Recent versus chronic exposure to particulate matter air pollution in association with neurobehavioral performance in a panel study of primary schoolchildren. Environ. Int. Oktober 2016; 95: 112–119.

30. Alemany S, Vilor-Tejedor N, García-Esteban R, Bustamante M, Dadvand P, Esnaola M, et al. Traffic-related air pollution, APOE ε4 status, and neurodevelopmental outcomes among school children enrolled in the BREATHE project (Catalonia, Spain). Environ. Health Perspect. 2 augustus 2018; 126(8)087001.

31. Casas L, Cox B, Bauwelinck M, Nemery B, Deboosere P, Nawrot TS. Does air pollution trigger suicide? A case-crossover analysis of suicide deaths over the life span. Eur. J. Epidemiol. November 2017; 32 (11): 973-981.

32. Chen SY, Chan CC, Su TC. Particulate and gaseous pollutants on inflammation, thrombosis, and autonomic imbalance in subjects at risk for cardiovascular disease. Environ. Pollut. April 2017; 223: 403-408.

03 Luchtverontreiniging: het onzichtbare zichtbaar maken

3.1. Inleiding

Luchtverontreiniging is wereldwijd de voornaamste milieufactor met risico's voor de gezondheid en veroorzaakt in Europa meer dan 500.000 vroegtijdige overlijdens per jaar (1,2). Luchtverontreiniging wordt gedefinieerd als de aanwezigheid van één of meerdere stoffen in de lucht in een hogere concentratie of voor een langere duur dan wat natuurlijk is, die mogelijk een schadelijk effect heeft (3). De verontreiniging bestaat uit een complexe mengeling van stoffen, waarvan de samenstelling sterk verschilt in de tijd en in de ruimte en die op korte en lange termijn veel schadelijke effecten heeft op onze gezondheid. Volgens de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO) zijn de voornaamste verontreinigende stoffen voor onze gezondheid fijnstof (PM), stikstofdioxide (NO_2), troposferische ozon (O_3), koolstofmonoxide (CO) en zwaveldioxide (SO_2) (4). De voornaamste belangwekkende verontreinigende stoffen in het BHG, rekening houdend met hun huidige concentraties en de gevolgen ervan voor de gezondheid, zijn fijnstof ($PM_{2,5}$), stikstofdioxide (NO_2) en ozon (O3)[2].

In dit hoofdstuk bekijken we de voornaamste effecten op de gezondheid van de blootstelling aan luchtverontreinigende stoffen in het BHG. Wij presenteren de resultaten van onze studie naar de effecten van verontreiniging door fijnstof ($PM_{2,5}$) en stikstofdioxide (NO_2) op de sterfte van de Brusselse bevolking in 2015. Wij vermelden ook de economische en gezondheidsvoordelen die samengaan met verschillende scenario's van reductie van de concentratie van luchtverontreinigende stoffen in het BHG.

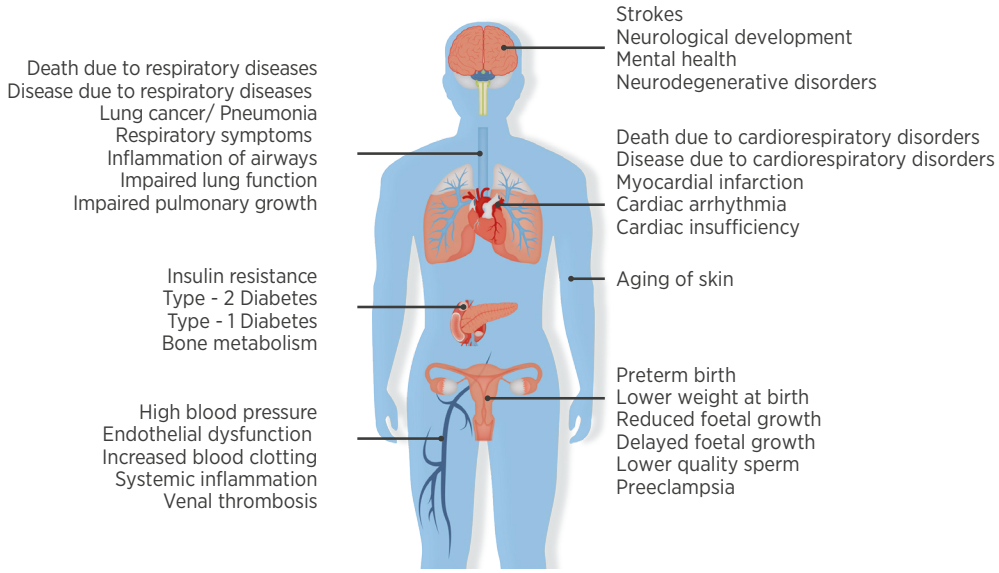
In onze analyses hielden we geen rekening met ozon (O_3), omdat dit een secundaire verontreinigende stof is. Men kan de vorming ervan niet rechtstreeks beïnvloeden. In dit rapport hielden we ook geen rekening met roet of "black carbon" (BC). BC is een indicator van luchtverontreiniging door verbrandingsafval. De naam ervan is afgeleid van het optische meetproces, dat gebaseerd is op de transmissie van licht door een deeltjesfilter. BC wordt niet vermeld in dit rapport omdat het deel uitmaakt van fijnstof en omdat de gezondheidseffecten van BC moeilijk te scheiden zijn van gezondheidseffecten door blootstelling aan $PM_{2,5}$ (5). Toch is BC een belangwekkende verontreinigingsindicator die op lokaal niveau gebruikt kan worden om te beoordelen in welke mate de bevolking wordt blootgesteld aan fijne deeltjes afkomstig van verbrandingsprocesssen, zoals deze veroorzaakt door wegverkeer.

3.2. Voornaamste effecten op de gezondheid en fysiopathologische processen

Luchtverontreiniging bestaat uit een complexe mengeling van stoffen, die op korte en lange termijn veel schadelijke effecten heeft op onze gezondheid. Die effecten gaan van eenvoudigweg niezen tot vroegtijdig overlijden en werden in de voorbije twintig jaar grondig onderzocht. Er werden meer dan 71.000 studies gepubliceerd over dit onderwerp. De in kaart gebrachte effecten van

2. Zie glossarium voor meer informatie over de voornaamste belangwekkende verontreinigende stoffen in het BHG.

Afbeelding 3-01. Voornaamste effecten die verband houden met de blootstelling aan luchtverontreiniging zoals vastgesteld in de epidemiologische populatiestudies.



Bron: Peters A. et al., 2019, p. 3 (6).

luchtverontreiniging omvatten veel meer dan alleen maar de eerder al in kaart gebrachte effecten op de ademhaling of op het hart en de bloedvaten (6). De voornaamste effecten op de gezondheid die bestudeerd werden in epidemiologische populatiestudies zijn samengevat in afbeelding 3-01.

Verscheidene mechanismen kunnen de talrijke wetenschappelijk gedocumenteerde verbanden tussen de blootstelling aan luchtverontreiniging en de effecten op de gezondheid verklaren. Deze processen verschillen enigszins, naargelang de verontreinigende stof in kwestie. Zo is het geweten dat ozon (O_3) en stikstofoxide (NO_x) gassen zijn die onze luchtwegen irriteren. Die gassen stimuleren namelijk de neuroreceptoren in onze luchtwegen en veroorzaken verschillende symptomen, zoals hoesten of bronchoconstrictie. Ze kunnen ook een ontsteking of een allergische reactie veroorzaken. Op korte termijn is de intensiteit van de symptomen afhankelijk van het concentratieniveau van de verontreinigende stof in kwestie. Op lange termijn zorgt herhaalde blootstelling aan deze verontreinigende stoffen voor chronische oxidatieve stress in onze longcellen. Die oxidatieve stress zorgt dan weer voor een lokale en ook systemische ontstekingsreactie, die een belangrijke rol lijkt te spelen bij de ontwikkeling van chronische ziekten (7).

De toxiciteit van de fijnstofdeeltjes houdt dan weer rechtstreeks verband met hun grootte. Hoe kleiner een deeltje namelijk is, hoe dieper het kan doordringen in ons ademhalingsstelsel.

De grootste deeltjes (> PM_{10}) worden grotendeels tegengehouden door de trilhaartjes en slijmvliezen van onze bovenste luchtwegen (neus, keel) en zijn niet erg giftig. PM_{10}-, $PM_{2,5}$- en $PM_{0,1}$-deeltjes dringen dan weer dieper door in ons ademhalingsstelsel. De fijnste ervan kunnen doordringen tot in onze weefsels of rechtstreeks in ons bloed terechtkomen via de longblaasjes. Dat proces heet translocatie. De translocatie van deeltjes in onze bloedsomloop kan leiden tot bloedstollingsproblemen of de ontwikkeling van atherosclerose (aderverkalking), de elektrische werking van het hart verstoren, de hartslag en de bloeddruk verhogen en vasoconstrictie veroorzaken. Al die factoren kunnen leiden tot de ontwikkeling van hart- en vaatziekten op korte of lange termijn (9). De aanwezigheid van PM in ons lichaam kan ook de circulatie in de placenta beïnvloeden, wat zou leiden tot een verhoogd risico op vroegtijdige bevalling, groeiachterstand of een laag geboortegewicht (10,11). Op neurologisch vlak is de blootstelling aan PM in verband gebracht met een verhoogd risico op cerebrovasculaire accidenten (CVA's), aandachtsproblemen bij kinderen, een verlaging van de intelligentie en een verhoogd risico op dementie bij ouderen (12,13). Wat de stofwisseling betreft, suggereren nieuwe onderzoeken dat de blootstelling aan PM de ontwikkeling van diabetes type 2 zou stimuleren (14). Het Internationaal Instituut voor Kankeronderzoek (IARC in het Engels) deelt PM, en meer bepaald het fijnstof dat vrijkomt bij verbrandingsprocessen (bv. dieselmotoren), sinds 2012 in bij

de kankerverwekkende stoffen (groep 1)[3] (15). Het verband tussen PM en de ontwikkeling van longkanker is duidelijk vastgesteld. Tot slot wordt langdurige blootstelling aan luchtverontreiniging erg duidelijk in verband gebracht met (algemene en specifieke) vroegtijdige sterfte en een algemene daling van de levensverwachting (16).

We zijn evenwel niet allemaal gelijk ten opzichte van de nefaste effecten van luchtverontreiniging. Sommigen zijn gevoeliger voor dezelfde effecten dan anderen. Het betreft dan hoofdzakelijk kinderen, ouderen, personen met chronische (ademhalings- of hart)ziekten en personen die zich in een kwetsbare situatie bevinden en een beperkte toegang hebben tot gezondheidszorg (17). Deze personen vormen een bijzonder kwetsbare populatie voor de effecten van luchtverontreiniging. Ze moeten dan ook zoveel mogelijk beschermd worden. Toch is er momenteel geen wetenschappelijk bewijs voor een drempelwaarde waaronder er geen schadelijk effect van luchtverontreiniging op de gezondheid is aangetoond. Er is bovendien vastgesteld dat luchtverontreiniging de gezondheid ernstig beïnvloedt, zelfs bij erg lage concentraties verontreinigende stoffen (18).

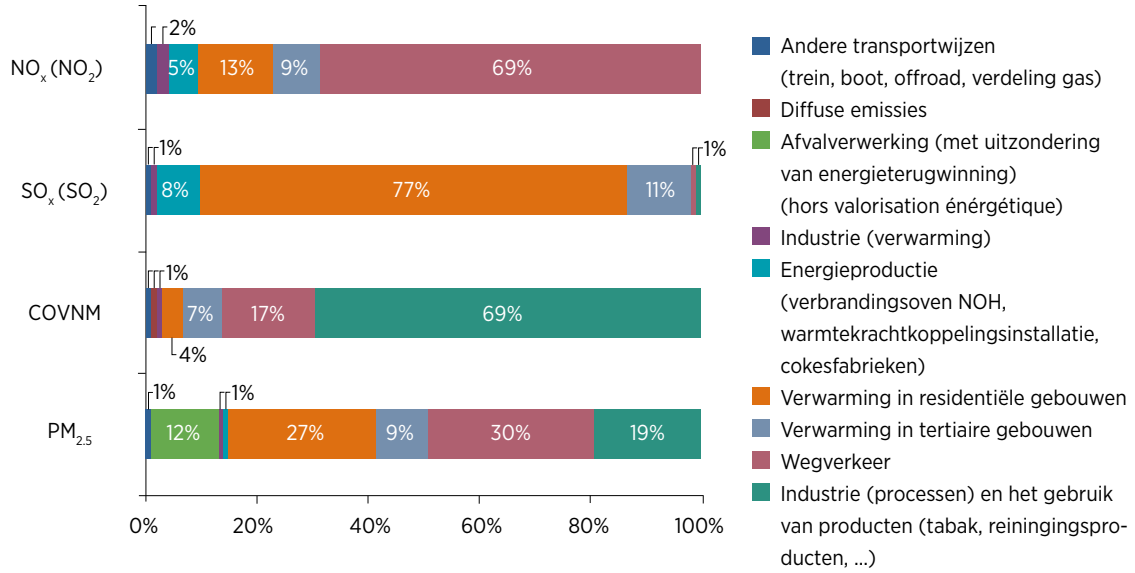
3.3. Situatie in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

3.3.1. Bronnen van luchtverontreiniging

In het BHG zijn de voornaamste bronnen van buitenluchtverontreiniging – alle verontreinigende stoffen in beschouwing genomen – het wegverkeer, de verwarming van gebouwen (huizen, handelszaken, kantoren, overheidsgebouwen), de industrie (oplosmiddelen, verf, enz.), de energieproductie en het afvalbeheer (verbrandingsoven van Neder-Over-Heembeek) (19). Dit wordt geïllustreerd in afbeelding 3-02, die het relatieve aandeel van de verschillende sectoren in de totale uitstoot van verschillende verontreinigende stoffen weergeeft.

In 2017 waren de voornaamste bronnen van de uitstoot van fijnstof ($PM_{2,5}$) in het BHG wegtransport en de verwarming van woningen en handelszaken (respectievelijk goed voor 30 en 36% van de totale $PM_{2,5}$-uitstoot). De NO_2-uitstoot was dan weer hoofdzakelijk te wijten aan wegverkeer (goed voor 69% van de totale uitstoot).

Afbeelding 3-02. Sectorale verdeling van de emissies van luchtverontreinigende stoffen in het BHG in 2017 (NMVOS = niet-methaanhoudende vluchtige organische stoffen).



Bron: Leefmilieu Brussel, 2019 (19).

3. Het IARC is een agentschap van de WGO dat beoordeelt hoe kankerverwekkend talrijke stoffen zijn (chemische producten, fysische en biologische agentia) en ze indeelt naargelang van hoe kankerverwekkend ze zijn (groep 1 = zeker kankerverwekkende stoffen; groep 2a = waarschijnlijk kankerverwekkende stoffen; groep 2b = potentieel kankerverwekkende stoffen; groep 3 = niet in te delen stoffen; groep 4 = waarschijnlijk niet kankerverwekkende stoffen). Website: https://www.cancer-environnement.fr/40-Accueil.ce.aspx

3.3.2. Concentratieniveaus van luchtverontreinigende stoffen

Globaal genomen dalen de concentratieniveaus van luchtverontreinigende stoffen in het BHG sinds twintig jaar onophoudelijk (20). Die daling komt deels doordat verschillende bronnen van verontreinigende stoffen in het BHG moesten verdwijnen (verbrandingsovens in ziekenhuizen, cokesfabrieken enz.), het wagenpark verbeterd werd en er steeds meer aardgas werd gebruikt om te verwarmen (20). Die daling getuigt dus van de doeltreffendheid van de verschillende maatregelen die men in het BHG heeft getroffen om de uitstoot van verontreinigende stoffen terug te dringen bij de bron. Hoewel de situatie verbeterd is, blijven de concentraties luchtverontreinigende stoffen echter zorgwekkend in het licht van hun potentiële impact op de gezondheid.

In tabel 3-01 vindt u een overzicht van de jaarlijkse gemiddelde concentraties luchtverontreinigende stoffen ($PM_{2,5}$ en NO_2).

In 2015 bedroeg de jaarlijkse gemiddelde concentratie $PM_{2,5}$ voor heel het Brussels Gewest 13,4 µg/m³, wat lager is dan de grenswaarde van de Europese Unie (EU) (25 µg/m³) (21), maar wel hoger dan de richtwaarde die de WGO vastlegde (10 µg/m³) (22). De jaarlijkse gemiddelde concentratie NO_2 bedroeg in 2015 29,4 µg/m³, wat lager is dan de Europese grenswaarde (40 µg/m³) en de WGO-richtwaarde (40 µg/m³).

Deze jaarlijkse gemiddelde waarden moeten echter met enige voorzorg geïnterpreteerd worden, aangezien het slechts gaat om jaarlijkse gemiddelden (dus lange termijn) voor het volledige grondgebied van het BHG. Daarbij wordt dus geen rekening gehouden met periodieke overschrijdingen van de WGO- en EU-richtwaarden (tijdens verontreinigingspieken, bijvoorbeeld door wegverkeer tijdens de spitsuren), noch met de ruimtelijke spreiding van de concentraties aan verontreinigende stoffen in het BHG. Die ruimtelijke spreiding wordt geïllustreerd in afbeelding 3-03. Er bestaan WGO- en EU-richtwaarden om concentraties verontreinigende stoffen op de korte termijn (dag- of uurgemiddelde) te evalueren, maar die zijn nuttiger voor lokale analyses en vergelijkingen.

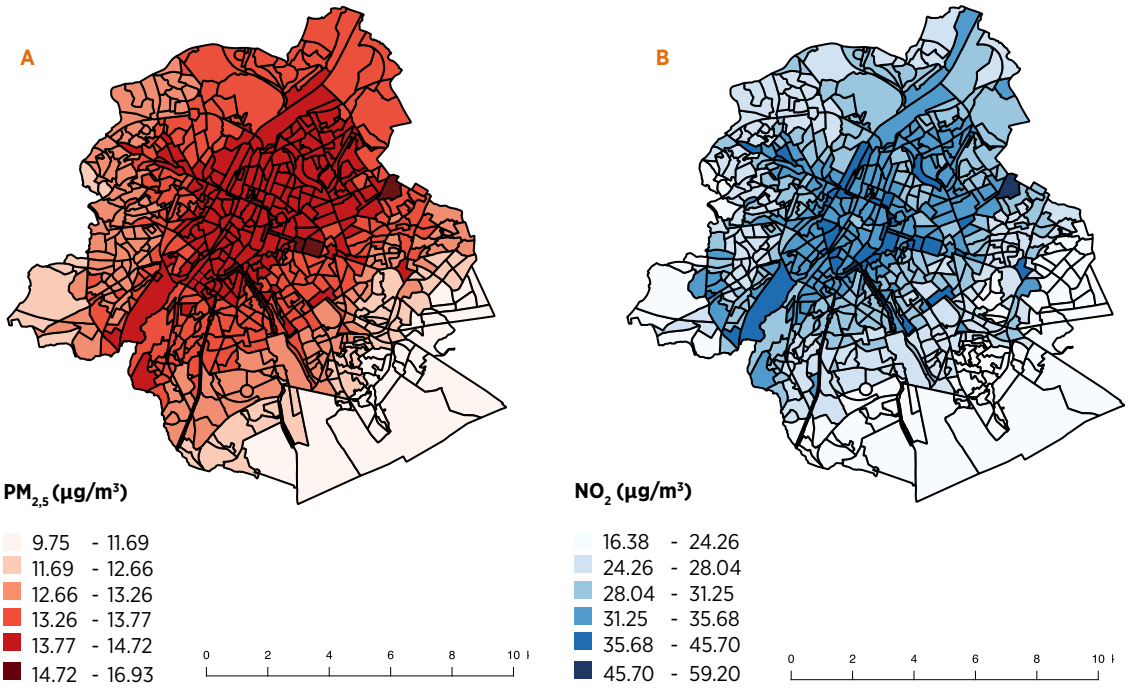
Deze afbeelding geeft de jaarlijkse gemiddelde concentraties $PM_{2,5}$ en NO_2 per statistische sector in 2015 weer voor heel het BHG. Onder statistische sector verstaat men een "territoriale basiseenheid die ontstaan is uit een opdeling van de gemeenten en de vroegere gemeenten door Statbel (Algemene Directie Statistiek - Statistics Belgium) voor de verspreiding van statistieken op een gedetailleerder niveau dan het gemeentelijk niveau" (23). De statistische sectoren werden uitgetekend op grond van sociale, economische, stedenbouwkundige of morfologische structuurkenmerken (23).

Tabel 3-01. Jaarlijkse gemiddelde concentraties $PM_{2,5}$ en NO_2 in het BHG voor 2015 en overeenkomstige richtwaarden (WGO en EU).

	Jaarlijkse gemiddelde concentraties in het BHG - 2015	**WGO-richtwaarden** (22)	**EU-richtwaarden** (21)
$PM_{2,5}$	13,4 µg/m³	10 µg/m³	25 µg/m³
NO_2	29,4 µg/m³	40 µg/m³	40 µg/m³

Bron: IRCEL. Berekeningen: Centre de Recherche en Santé Environnementale et Santé au Travail, École de Santé Publique, ULB.

Afbeelding 3-03. Kaarten van de jaarlijkse gemiddelde concentraties $PM_{2,5}$ (A) en NO_2 (B) per statistische sector voor het BHG in 2015.



Bron: IRCEL. Cartografie: Centre de Recherche en Santé Environnementale et Santé au Travail, École de Santé Publique, ULB.

Zoals blijkt uit afbeelding 3-03 zijn de jaarlijkse gemiddelde concentratieniveaus van $PM_{2,5}$ en NO_2 verre van homogeen in het BHG. In bepaalde sectoren is er aanzienlijk meer vervuiling dan in andere (tot vier keer meer voor wat betreft de NO_2-verontreiniging). Zo zien we algemeen minder luchtverontreiniging bij de sectoren in het zuidoosten van het gewest. De meest vervuilende sectoren vinden we voornamelijk rond de vijfhoek, langs de grote verkeersaders van de hoofdstad en in het noordoosten van het BHG.

Deze afbeelding (3-03) toont ook aan dat de luchtverontreiniging door stofdeeltjes ($PM_{2,5}$) over het algemeen meer verspreid is dan de NO_2-verontreiniging. De eerstgenoemde soort verontreiniging is ook minder verbonden met uitstoot door wegverkeer dan de laatstgenoemde. Algemeen zien we in bijna alle statistische sectoren hogere $PM_{2,5}$-concentraties dan de richtwaarden vastgelegd door de WGO (10 µg/m³). Wat NO_2 betreft, overschrijdt slechts een minderheid van de statistische sectoren de WGO-richtwaarden (40 µg/m³). Het is echter nuttig om te weten dat het naleven van de WGO-richtwaarden voor de luchtkwaliteit met betrekking tot de jaarlijkse gemiddelde NO_2-concentratiess niet betekent dat er geen NO_2-gerelateerde effecten op de gezondheid zijn in het BHG.

Onder de WGO-richtwaarden blijven, betekent in geen geval dat er een garantie is dat er geen effecten zijn op de gezondheid. De richtwaarden stemmen dus overeen met een aanvaardbaar geacht beschermingsniveau, rekening houdend met de wetenschappelijke kennis die op dat vlak voorhanden was wanneer ze werden uitgewerkt (24). Ze kunnen mettertijd dus evolueren (24). De richtwaarden voor de luchtkwaliteit die de WGO in 2005 vaststelde (22) en die in dit rapport worden voorgesteld, worden namelijk momenteel herzien. Het is dus erg waarschijnlijk dat die binnenkort zullen worden verlaagd, zoals het geval was voor de richtwaarden voor omgevingslawaai (zie volgend hoofdstuk).

Op Europees niveau worden de richtlijnen met betrekking tot de luchtkwaliteit goedgekeurd door het Europees Parlement. Daarna worden ze in de verschillende lidstaten omgezet in nationale wetgeving. De EU baseert zich gedeeltelijk op de aanbevelingen van de WGO. Ze is echter niet verplicht ze na te leven (6). Zo heeft de EU zich geconformeerd aan de aanbevelingen van de WGO uit 2005 voor NO_2 (40 µg/m³), maar koos ze voor een beduidend minder strenge richtwaarde voor $PM_{2,5}$ (25 µg/m³ in plaats van 10 µg/m³).

Daarom is het – om de gezondheid van de bevolking te beschermen – verkieslijk om het beleid inzake luchtkwaliteit niet te beoordelen op grond van de naleving van de op een welbepaald moment geldende normen of richtwaarden, maar eerder op basis van de rechtstreekse impact op de gezondheid. Eén van de manieren om daartoe te komen, is een gezondheidsrisicobeoordeling te maken van de blootstelling aan luchtverontreiniging. De resultaten van de risicobeoordeling die we voor dit rapport maakten, vindt u terug in het volgende deel.

3.4. Gezondheidsrisicobeoordeling van de luchtverontreiniging in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

3.4.1. Concept en nut van een gezondheidsrisicobeoordeling

Een gezondheidsrisicobeoordeling of "Health Risk Assessment" (HRA) is een wetenschappelijke beoordeling van de mogelijke schadelijke effecten voor de gezondheid doordat de bevolking aan een bepaalde risicofactor is blootgesteld, zoals luchtverontreiniging (25). Ze heeft als doel de impact van vroegere, huidige of toekomstige blootstelling op de gezondheid van een populatie in te schatten.

Een gezondheidsrisicobeoordeling omvat doorgaans drie afzonderlijke fasen:

1. In de eerste fase wordt de blootstelling van de bevolking aan de onderzochte verontreinigende stoffen bepaald. Gegevens afkomstig van meetstations of uit luchtverontreinigingsmodellen kunnen dan gebruikt worden om de vroegere, huidige of verwachte concentraties van verontreinigende stoffen te bepalen naargelang het overwogen scenario.
2. In de tweede fase wordt het gezondheidsrisico van de blootstelling van de bevolking aan de verschillende luchtverontreinigingsniveaus beoordeeld. Bij deze fase moet men demografische en gezondheidsgegevens gebruiken en moet er sprake zijn van een vooraf bestaande dosis-responsrelatie. De dosis-responsrelaties worden bepaald door epidemiologische studies. Ze laten toe de effecten van de blootstelling aan een verontreinigende stof op de gezondheid te kwantificeren per concentratie-eenheid van de onderzochte verontreinigende stof (µg/m^3 voor $PM_{2,5}$ en NO_2). Ze evolueren regelmatig op grond van de nieuwe kennis die op dat vlak vergaard wordt.
3. In de derde fase vermeldt men de onzekerheden in verband met het gezondheidsrisicobeoordelingsproces en zorgt men ervoor dat de beleidsmakers en belanghebbende partijen de verkregen resultaten voldoende begrijpen (25).

Deze risicobeoordeling toepassen op de Brusselse context is erg nuttig. Zo kan men immers beoordelen welke veranderingen men verwacht in termen van impact op de gezondheid na de invoering van beleidsmaatregelen die als doel hebben de luchtkwaliteit te verbeteren. De resultaten van zo'n beoordeling kunnen ook gebruikt worden om de verwachte voordelen van een verbeterde luchtkwaliteit in geldwaarde uit te drukken. Met deze gegevens kan men ook de kosten en baten vergelijken van verschillende maatregelen of scenario's om de uitstoot van verontreinigende stoffen in het BHG terug te dringen. Op Europees niveau gebruikt men dit soort economische beoordeling regelmatig. Ze laat de beleidsmakers toe hun (keuze)mogelijkheden beter te begrijpen. De effecten op de gezondheid in geldwaarde uitdrukken heeft ook een praktisch nut en kan helpen voor de communicatie tegenover de politieke wereld, de media en het grote publiek (26).

olrat / Shutterstock.com

3.4.2. Toepassing in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

Voor onze analyses gebruikten we:

- de jaarlijkse gemiddelde concentraties van luchtverontreinigende stoffen in 2015 voor het volledige grondgebied van het BHG (berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek [4]). Deze gegevens zijn vrij toegankelijk en komen van de Intergewestelijke Cel voor het Leefmilieu (IRCEL)[5] ;

- de demografische gegevens (structuur van de bevolking) van Statistics Belgium, het Belgische statistiekbureau (Statbel)[6] ;

- de sterftegegevens uit de overlijdensformulieren voor 2015 van het Observatorium voor Gezondheid en Welzijn van Brussel-Hoofdstad (OGW).

De methode en de gevolgde stappen om het gezondheidsrisico te beoordelen van de blootstelling aan luchtverontreiniging in het BHG zijn deels gebaseerd op de methode die het Europees Milieuagentschap (EEA) gebruikt voor zijn jaarlijkse beoordeling van de impact van luchtverontreiniging op Europees niveau (27). Anders dan het EEA gebruikten wij de laatste beschikbare dosis-responsrelaties om de effecten op de gezondheid van NO_2 in te schatten (28). Wij gebruikten voor deze studie ook de contrafeitelijke niveaus[7] die volgens het stedelijke partnerschap over de luchtkwaliteit (Partnership on Air Quality of kortweg PAQ) worden aanbevolen voor de beoordelingen van de impact op de gezondheid van luchtverontreiniging op Europees niveau (29), namelijk een concentratie van 2,5 µg/m³ voor $PM_{2,5}$ en 5 µg/m³ voor NO_2[8]. Het PAQ werd opgericht door de Europese Commissie in 2016. Het heeft als doel een gemeenschappelijke methode voor te stellen om de resultaten van studies over de impact van luchtverontreiniging die worden gevoerd in verschillende Europese steden beter vergelijkbaar te maken.

Met onze beoordeling wilden we de volgende vragen beantwoorden:

- Wat is de huidige impact van de luchtverontreiniging op de gezondheid in het BHG?

- Hoeveel verloren levensjaren kunnen we terugwinnen als de luchtkwaliteit in het BHG verbetert?

- Welke begrotingsmiddelen kunnen we efficiënt investeren om de luchtkwaliteit in het BHG te verbeteren?

Al onze berekeningen voerden we uit met het softwareprogramma AirQ+ (30). De WGO ontwikkelde dit softwareprogramma om de impact te berekenen van luchtverontreiniging op de gezondheid binnen een gegeven populatie. Het programma kan worden gebruikt om het aandeel van de algemene sterfte en de specifieke sterfte door luchtverontreiniging in te schatten en ook de verwachte veranderingen van de impact op de gezondheid in scenario's met een betere luchtkwaliteit (31).

Rekening houdend met de gezondheidsgegevens en de beschikbare dosis-reponsrelaties hebben wij onze studie beperkt tot de impact van de luchtverontreiniging in het BHG in 2015 op de algemene sterfte voor NO_2 en $PM_{2,5}$ en op de specifieke sterfte voor $PM_{2,5}$. In onze studie worden de verschillen in de impact van luchtverontreiniging op de sterfte uitgedrukt in aantal toe te schrijven overlijdens en "years of life lost" (YLL). De resultaten worden voorgesteld met een betrouwbaarheidsinterval van 95% (BI95%). Dat betrouwbaarheidsinterval houdt rekening met de graad van onzekerheid bij onze resultaten.

4. https://www.irceline.be/nl/documentatie/modellen/rio-ifdm?set_language=nl
5. http://www.irceline.be
6. https://statbel.fgov.be/nl
7. Een contrafeitelijk niveau is het blootstellingsniveau op basis waarvan de impact op de gezondheid wordt berekend.
8. Meer informatie over de verantwoording van de gebruikte contrafeitelijke niveaus is beschikbaar in de bijlage in de methodologische fiche "Gezondheidsrisicobeoordelingen van de luchtverontreiniging in het BHG".

3.4.3. Resultaten in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

3.4.3.1. Beoordeling van de impact van $PM_{2,5}$ en NO_2 op de algemene sterfte

In tabel 3-02 staan de resultaten van de beoordeling van de impact van blootstelling aan $PM_{2,5}$ en NO_2 op de algemene sterfte waarbij alle doodsoorzaken samen worden beschouwd (exclusief ongelukken en zelfmoord). Volgens onze schattingen is 6,46% van alle overlijdens in het BHG in 2015 toe te schrijven aan $PM_{2,5}$-verontreiniging. Dat betekent 542 overlijdens of 76,63 overlijdens per 100.000 inwoners. Verontreiniging door NO_2 is daarentegen verantwoordelijk voor 4,71% van alle overlijdens in het BHG. Dat betekent 395 overlijdens of 55,87 overlijdens per 100.000 inwoners. Als we de impact van $PM_{2,5}$-verontreiniging en van NO_2-verontreiniging samen bekijken, schatten we dat 11,17% van alle sterfte, ongeacht doodsoorzaak, kan worden toegeschreven aan luchtverontreiniging in het BHG in 2015. Dat betekent een totaal van 937 overlijdens of 132,5 overlijdens per 100.000 inwoners.

In tabel 3-03 staan de resultaten van de beoordeling van de impact van $PM_{2,5}$-blootstelling op de specifieke sterfte als gevolg van verschillende aandoeningen, zoals longkanker. Voor NO_2 konden geen schattingen worden gemaakt omdat er momenteel geen dosis-reponsrelatie beschikbaar is om de impact te beoordelen van deze verontreinigende stof op de specifieke sterfte. Uit onze resultaten blijkt dat 14,45% van de overlijdens door chronisch obstructieve longziekte (COPD), 8,27% van de overlijdens door longkanker, 26,2% van de overlijdens door ischemische hartziekte en 18,54% van de overlijdens door een cerebrovasculair accident konden worden toegeschreven aan de $PM_{2,5}$-concentraties in de lucht in het BHG in 2015.

Tabel 3-02. Impact van $PM_{2,5}$- en NO_2 -verontreiniging op de sterfte (alle doodsoorzaken) in het BHG - 2015.

	Toe te schrijven aandeel	Aantal toe te schrijven overlijdens	Aantal toe te schrijven overlijdens /100.000 inwoners
$PM_{2,5}$	6,46% [4,26% - 8,47%]	542 [358 – 711]	76,63 [50,54 – 100,49]
NO_2	4,71% [2,39% - 6,95%]	395 [201 -583]	55,87(28,41 – 82,43)
Totaal	11,17% [6,65% - 15,42%]	937 [559 – 1294]	132,5 [78,95 – 182,92]

Bron: luchtverontreiniging - IRCEL; sterftegegevens - OGW.
Berekeningen: Centre de Recherche en Santé Environnementale et Santé au Travail, École de Santé Publique, ULB.

Tabel 3-03. Impact van $PM_{2,5}$-blootstelling op de specifieke sterfte in het BHG - 2015.

	Toe te schrijven aandeel	Aantal toe te schrijven overlijdens	Aantal toe te schrijven overlijdens / 100.000 inwoners
Chronische obstructieve longziekte (COPD)	14,45% [5,71% - 24,68%]	35 [14 – 59]	4,90 [1,94 – 8,38]
Longkanker	8,27% [4,04% - 13,56%]	39 [19 -64]	5,55 [2,71 – 9,10]
Ischemische hartziekten	26,2% [11,76% - 39,45%]	166 [75 – 250]	20,54 [9,22 – 30,93]
Cerebrovasculaire accidenten	18,54% [5,53% -33,04%]	45 [14 – 81]	5,62 [1,68 – 10,01]

Bron: luchtverontreiniging - IRCEL; sterftegegevens - OGW.
Berekeningen: Centre de Recherche en Santé Environnementale et Santé au Travail, École de Santé Publique, ULB.

Het aantal en het aandeel van de toe te schrijven overlijdens stellen de “oversterfte” voor in het BHG die gelinkt wordt aan luchtverontreiniging. Ze stemmen overeen met het verschil in sterftecijfers tussen twee scenario’s waaraan de bevolking wordt blootgesteld. In het eerste scenario gaat we uit van de $PM_{2,5}$- en NO_2-concentraties in het BHG in 2015. In het tweede scenario gaat we uit van de contrafeitelijke concentratiegehaltes die worden gebruikt om de impact van luchtverontreiniging te berekenen, namelijk 2,5 µg/m³ voor $PM_{2,5}$ en 5 µg/m³ voor NO_2.

Hoewel deze cijfers nuttig zijn, zeggen ze niets over de inkorting van de levensverwachting als gevolg van luchtverontreiniging in het BHG. Een nauwkeurigere manier om de impact op de gezondheid van luchtverontreiniging te becijferen is de “years of life lost” (YLL) te berekenen die toe te schrijven zijn aan blootstelling aan luchtverontreiniging in het BHG.[9] In het volgende deel wordt deze beoordeling weergegeven.

3.4.3.2. Aantal verloren levensjaren door luchtverontreiniging in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

De “years of life lost” (YLL) kunnen worden omschreven als het verlies van mogelijke levensjaren dat is gelinkt aan de blootstelling aan een specifieke risicofactor. Ze worden berekend door het aantal overlijdens die kunnen worden toegeschreven aan luchtverontreiniging te vermenigvuldigen met de resterende levensverwachting op de leeftijd van het overlijden (27)[10].

De resultaten van de impact van $PM_{2,5}$- en NO_2-concentraties in het BHG, uitgedrukt in YLL voor 2015, staan in tabel 3-04. In deze tabel staan ook de kosten die verbonden zijn aan de YLL in het Brussels Gewest en een raming van de winst op het vlak van gezondheid en economie, volgens verschillende scenario’s met lagere $PM_{2,5}$- en NO_2-concentraties in het BHG. De scenario’s voor het BHG die in deze studie worden overwogen, stemmen overeen met een geleidelijke daling met 1%, 3% en 5% per jaar van de jaarlijkse gemiddelde $PM_{2,5}$- en NO_2-concentraties over een periode van tien jaar.

9. Zie de *Methodologische fiche* in bijlage 1 voor meer informatie over de interpretatie van de resultaten en over de gebruikte methode.
10. Zie de *Methodologische fiche* in bijlage 1 voor meer informatie over de interpretatie van de resultaten en de gebruikte methode.

Tabel 3-04. "Years of life lost" (YLL) gelinkt aan luchtverontreiniging in het BHG, daarmee gepaard gaande economische waarde en verwachte winst volgens verschillende scenario's met lagere $PM_{2,5}$- en NO_2-concentraties over een periode van tien jaar.

	Blootstellingss-cenario's (over 10 jaar)	YLL	In geld uitge-drukte YLL (in miljoen euro)	Winst (aantal YLL)	Winst (in miljoen euro)
$PM_{2,5}$	Ongewijzigd	23194 [15234 - 30532]	835 [548 -1099]	Nihil	Nihil
	1% daling/jaar	22296 [14648 – 29342]	802 [527 – 1056]	898 [586 – 1190]	33 [21 – 43]
	3% daling/jaar	20611 [13547 – 27112]	742 [488 – 976]	2583 [1687 – 3420]	93 [60 -123]
	5% daling/jaar	19062 [12535 – 25067]	686 [451 – 902]	4132 [2699 – 5465]	149 [97 – 196]
NO_2	Ongewijzigd	16855 [8533 – 24970]	607 [307 – 899]	Nihil	Nihil
	1% daling/jaar	16216 [8212 – 24017]	583 [295- 864]	639 [321 – 953]	22 [11 – 34]
	3% daling/jaar	15017 [7609 – 22231]	540 [273 – 800]	1838 [924 – 2739]	66 [33 – 98]
	5% daling/jaar	13914 [7053 – 20590]	500 [253 -741]	2941 [1480 – 4380]	105 [53 – 157]
Totaal	Ongewijzigd	40 049 [23767 – 55502]	1442 [848 – 1998]	Nihil	Nihil
	1% daling/jaar	38512 [22860 – 53359]	1386 [823 – 1921]	1537 [907 - 2143]	55 [32 – 77]
	3% daling/jaar	35628 [21156 – 49343]	1283 [762 – 1776]	4421 [2611 - 6159]	159 [93 – 221]
	5% daling/jaar	32976 [19588 – 45657]	1187 [705 – 1644]	7073 [4179 – 9845]	254 [150 – 353]

Bron: luchtverontreiniging - IRCEL; sterftegegevens - OGW.
Berekeningen: Centre de Recherche en Santé Environnementale et Santé au Travail, École de Santé Publique, ULB.

Uit onze studie blijkt dat de $PM_{2,5}$-verontreiniging in het BHG over een periode van tien jaar, als de situatie blijft zoals ze is, meer dan 23.000 YLL of 835 miljoen euro zal kosten. NO_2-verontreiniging zal meer dan 16.800 YLL of 607 miljoen euro kosten. De samengetelde impact van deze twee soorten verontreiniging ($PM_{2,5}$ en NO_2) stemmen overeen met een verlies van meer dan 40.000 YLL, als de situatie blijft zoals ze is. Aan deze verloren levensjaren hangt een stevig prijskaartje vast voor het BHG, dat wordt geschat op ongeveer 1,44 miljard euro.

Zoals we eerder vermeldden, hebben we ook de voordelen gemeten die we kunnen verwachten als de luchtkwaliteit in het BHG binnen de komende tien jaar zou verbeteren. Deze voordelen worden in tabel 3-04 uitgedrukt als een "winst" in YLL en de daarmee gepaard gaande economische winst. Ze stemmen overeen met de levensjaren die we zouden kunnen winnen in het BHG door de jaarlijkse gemiddelde $PM_{2,5}$- en NO_2-concentraties terug te dringen met respectievelijk 1%, 3% en 5% per jaar gedurende tien jaar. Uit de resultaten blijkt onder meer dat met een daling van de $PM_{2,5}$- en NO_2-concentraties met 5% per jaar gedurende tien jaar meer dan 7.000 gezonde levensjaren kunnen worden gespaard. Dat betekent een winst van meer dan 254 miljoen euro.

Deze resultaten zijn heel interessant omdat we de verwachte voordelen kunnen beoordelen van een verandering in de $PM_{2,5}$- en/of NO_2-blootstelling. Ze kunnen ook worden gebruikt om de kosten-batenverhouding te vergelijken van verschillende maatregelen om de emissies van verontreinigende stoffen in het BHG terug te dringen. De verwachte geldelijke baten stellen het bedrag voor dat we zouden kunnen investeren om luchtverontreiniging terug te dringen naargelang het overwogen scenario. Deze bedragen kunnen ook worden gebruikt als communicatiemiddel als er maatregelen worden ingevoerd om de luchtkwaliteit in het BHG te verbeteren.

Toch moeten de resultaten in tabel 3-04 worden beschouwd als een onderschatting van de werkelijke impact van luchtverontreiniging in het BHG omdat ze geen rekening houden met de impact op de vroegtijdige sterfte. In deze studie wordt er geen rekening gehouden met de impact van luchtverontreiniging op het morbiditeitscijfer (bv. astma, hart- en vaatziekten), noch met de rechtstreekse (bv. ziekenhuisopnames) en onrechtstreekse kosten (bv. productiviteitsverlies) die daarmee gepaard gaan. Toch kunnen we met de resultaten in dit rapport de impact inschatten van $PM_{2,5}$- en NO_2-verontreiniging op de sterfte van de bevolking in het BHG.

3.5. BELANGRIJKSTE PUNTEN

- Luchtverontreiniging is de voornaamste milieurisicofactor voor mensen hun gezondheid en heeft op korte en lange termijn veel schadelijke effecten op ons lichaam.
- Luchtverontreiniging heeft een aanzienlijke impact op onze gezondheidstoestand, zelfs bij lage concentratiegehaltes. Bovendien is het niet wetenschappelijk bewezen dat er een concentratiedrempel van luchtvervuiling bestaat waaronder er geen effecten zouden zijn op de gezondheid.
- Het is beter om de beleidsmaatregelen met betrekking tot luchtkwaliteit te beoordelen ten opzichte van hun rechtstreekse impact op gezondheid en niet ten opzichte van de naleving van normen of richtwaarden die op een bepaald moment gelden.
- $PM_{2,5}$- en NO_2-luchtverontreiniging is in het BHG verantwoordelijk voor meer dan 930 vroegtijdige overlijdens per jaar. Als de situatie blijft zoals ze is, zal $PM_{2,5}$- en NO_2-luchtverontreiniging over een periode van tien jaar meer dan 40.000 YLL veroorzaken. Dat komt overeen met een kostprijs van ongeveer 1,5 miljard euro.
- Als de $PM_{2,5}$- en NO_2-concentraties tien jaar lang met 5% per jaar zouden dalen, zouden meer dan 7.000 gezonde levensjaren kunnen worden gespaard. Dat betekent meer dan 250 miljoen euro winst.

3.6. Referenties

1. European Environment Agency. Air quality in Europe. 2019 report. Luxembourg: Publication Office of the European Union; 2019. Report no 10/2019 [geraadpleegd op 30 november 2019]. 104 p. Te raadplegen op: http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2012
2. GBD 2016 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990-2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. Lancet. 16 september 2017; 390 (10100): 1211-59.
3. IARC Working group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to humans 2013. Outdoor Air Pollution. Vol. 109, IARC monographs. Frankrijk: International Agency for Research on Cancer; 2015 [geraadpleegd op 30 november 2019]. 449 p. Te raadplegen op: https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Outdoor-Air-Pollution-2015
4. Wereldgezondheidsorganisatie. Thème de santé : Pollution de l'air. Genève (Zwitserland): Organisation Mondiale de la santé;2020 [geraadpleegd op 13 november 2019]. Te raadplegen op: https://www.who.int/topics/air_pollution/fr/
5. WHO Regional office for Europe. Health effects of black carbon [online]. Denemarken; 2012 [geraadpleegd op 10 november 2019]. 96 p. Te raadplegen op: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/162535/e96541.pdf
6. Peters A, Hoffmann B, Düsseldorf U, Ritz B, Schulz H, Kurt Straif P, et al. The Health Impact of Air Pollution An expert report of the International Society for Environmental Epidemiology (ISEE) and the European Respiratory Society (ERS), ISEE Policy Committee member. 2019.
7. Vallero D. Fundamentals of Air Pollution 2014. Fifth edition. United States of America: Elsevier. p. 247-56.
8. Bezemer GF. Particle deposition and clearance from the respiratory tract [online Masterproef]. Institute for Risk assesment sciences, University of Utrecht; maart 2009 [geraadpleegd op 20 oktober 2019]. 26 p. Te raadplegen op: https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/35718/M.Sc.scriptie%20G.F.G.Bezemer.pdf?sequence=1

9. Franklin BA, Brook R, Pope III CA. Air Pollution and Cardiovascular Disease. Curr. Probl. Cardiol. 2015; 40: 207-38.

10. Stieb DM, Chen L, Eshoul M, Judek S. Ambient air pollution, birth weight and preterm birth: A systematic review and meta-analysis. Environ. Res. Augustus 2012; 117: 100-11.

11. Sun X, Luo X, Zhao C, Zhang B, Tao J, Yang Z, et al. The associations between birth weight and exposure to fine particulate matter ($PM_{2.5}$) and its chemical constituents during pregnancy: A meta-analysis. Environ Pollut. April 2016; 211: 38-47.

12. Clifford A, Lang L, Chen R, Anstey KJ, Seaton A. Exposure to air pollution and cognitive functioning across the life course - A systematic literature review. Environ. Res. Mei 2016; 147: 383-98.

13. Power MC, Adar SD, Yanosky JD, Weuve J. Exposure to air pollution as a potential contributor to cognitive function, cognitive decline, brain imaging, and dementia: A systematic review of epidemiologic research. Neurotoxicology. September 2016; 56: 235-53.

14. Eze IC, Hemkens LG, Bucher HC, Hoffmann B, Schindler C, Künzli N, et al. Association between ambient air pollution and diabetes mellitus in Europe and North America: Systematic review and meta-analysis. Environ. Health Perspect. Mei 2015; 123 (5): 381-9.

15. Benbrahim-Tallaa L, Baan RA, Grosse Y, Lauby-Secretan B, El Ghissassi F, Bouvard V, et al. Carcinogenicity of diesel-engine and gasoline-engine exhausts and some nitroarenes. Lancet Oncol. Juli 2012; 13 (7): 663-4.

16. United States Environmental Protection Agency. Integrated Science Assessment for Particulate Matter. United states of America (USA): National Center for Environmental Assessment-RTP Division, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency; december 2009. Report no EPA/600/R-08/139F [geraadpleegd op 14 november 2019]. 1071 p. Te raadplegen op: https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=216546

17. Peled R. Air pollution exposure: Who is at high risk? Atmospheric Environment. Maart 2011; 45 (10): 1781-5.

18. WHO Regional Office for Europe. Health risks of air pollution in Europe - HRAPIE project: recommendations for concentration-response functions for cost-benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. Denemarken: WHO Regional Office for Europe, 2013. [geraadpleegd op 14 november 2019]. 60 p. Te raadplegen op: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/238956/Health_risks_air_pollution_HRAPIE_project.pdf

19. Leefmilieu Brussel. De uitstoot van verontreinigende stoffen die de luchtkwaliteit in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest aantasten. België: Leefmilieu Brussel, 2019. Luchtkwaliteit - De uitstoot van verontreinigende stoffen [geüpdatet op 24 april 2019, geraadpleegd op 14 november 2019]. Te raadplegen op: https://leefmilieu.brussels/themas/lucht-klimaat/luchtkwaliteit/de-uitstoot-van-verontreinigende-stoffen-die-de-luchtkwaliteit

20. Leefmilieu Brussel. Synthese Staat van het Leefmilieu 2015-2016: technisch rapport. België: Leefmilieu Brussel, 2018. [geraadpleegd op 10 november 2019] 247 p. Te raadplegen op: https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/RAP_SEE%20Synthese%202015-2016%20NL

21. Richtlijn 2008/50/EG van het Europees Parlement en de Raad van 21 mei 2008 betreffende de luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa. Te raadplegen op: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/ALL/?uri=CELEX%3A32008L0050

22. World Health Organization. Air pollution: Air quality Guidelines – Global update 2005. Genève (CH): World Health Organization, 2020 [geraadpleegd op 25 oktober 2019]. 39 p. Te raadplegen op: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0019/331660/Evolution-air-quality.pdf

23. Statistics Belgium (Statbel). Statistische sectoren. België: Statistics Belgium, 2017. Methodologie [geraadpleegd op 1 december 2019]. Te raadplegen op: https://statbel.fgov.be/nl/over-statbel/methodologie/classificaties/statistische-sectoren

24. WHO Regional Office for Europe. Evolution of WHO air quality guidelines: past, present and future. Denemarken: WHO Regional Office for Europe, 2017 [geraadpleegd op 25 oktober 2019]. p. 39. Te raadplegen op: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0019/331660/Evolution-air-quality.pdf

25. WHO Regional Office for Europe. Health Risk Assesment of Air pollution: general principles. Denemarken: WHO Regional Office for Europe, 2016 [geraadpleegd op 28 oktober 2019]. 40 p. Te raadplegen op: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/298482/Health-risk-assessment-air-pollution-General-principles-en.pdf?ua=1

26. European Commission. What are the health costs of environmental pollution? Science for environment Policy. Luxemburg: Publications Office of the European Union, december 2018. Report no 21 [geraadpleegd op 15 oktober 2019]. p. 60. Te raadplegen op:

https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/health_costs_environmental_pollution_FB21_en.pdf

27. De Leeuw F, Horálek J. Quantifying the health impacts of ambient air pollution: methodology and input data. ETC/ACM Technical Paper. Nederland: European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation, december 2016. Report no 2016/5. [geraadpleegd op 20 oktober 2019]. 19 p. Te raadplegen op:

https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-atni/products/etc-atni-reports/etcacm_tp_2016_5_aq_hia_methodology

28. Atkinson RW, Butland BK, Anderson HR, Maynard RL. Long-term Concentrations of Nitrogen Dioxide and Mortality. Epidemiology. Juli 2018; 29 (4): 460-72.

29. van den Brenk I. The use of Health Impact Assessment tools in European Cities: A guide to support policy towards cleaner air and improvement of citizens' health. Netherlands: University of Utrecht, Octobre 2018 [geraadpleegd op 10 oktober 2019]. 39 p. Te raadplegen op:

https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/the_use_of_health_impact_assessment_tools_in_european_cities.pdf

30. WHO Regional Office for Europe. Air quality - AirQ+: software tool for health risk assessment of air pollution. Denemarken: WHO Regional Office for Europe [geraadpleegd op 5 januari 2020]. Te raadplegen op:

http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/airq-software-tool-for-health-risk-assessment-of-air-pollution

31. WHO Regional Office for Europe. AirQ+ key features. Denemarken: WHO Regional Office for Europe [geraadpleegd op 5 september 2019]. 4 p. Te raadplegen op:

http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0003/371550/AirQ-Key_features_ENG.pdf?ua=1

32. Brunekreef B, Miller BG, Hurley JF. The brave new world of lives sacrificed and saved, deaths attributed and avoided. Epidemiology. November 2007; 18 (6): 785-8.

04 Omgevingslawaai: verzwegen effecten

4.1. Inleiding

Omgevingslawaai is een grote uitdaging voor de volksgezondheid waarvan de chronische effecten op onze gezondheid lange tijd werden onderschat. Toch is omgevingslawaai de tweede belangrijkste milieurisicofactor voor gezondheid in Europa (1). Zo komt omgevingslawaai in de rij net na luchtverontreiniging en voor risicofactoren als ozon, lood of dioxine (1). In Europa worden meer dan 125 miljoen personen chronisch blootgesteld aan geluidsniveaus die schadelijk zijn voor de gezondheid (2). Omgevingslawaai is ook een grote bron van bezorgdheid voor de burgers. In het Brussels Gewest wordt omgevingslawaai opgegeven als belangrijkste reden om te verhuizen. Het is ook de voornaamste bron van klachten bij Leefmilieu Brussel (3).

In dit hoofdstuk bekijken we de belangrijkste gezondheidseffecten van de blootstelling aan omgevingslawaai volgens de wetenschappelijke literatuur. We hebben het over de nieuwe richtsnoeren voor omgevingslawaai die de WGO onlangs publiceerde en analyseren de blootstelling van de Brusselse bevolking aan omgevingslawaai. We stellen ook de resultaten voor van onze berekeningen over de impact van omgevingslawaai op slaapstoornissen en op de ondervonden geluidshinder in het BHG.

Lawaai kan algemeen worden omschreven als alle ongewenste geluiden die het leven van mens of dier negatief kunnen beïnvloeden (4). Het begrip lawaai is dus per definitie deels subjectief. Hetzelfde geluid kan aangenaam of onaangenaam worden ervaren naargelang de omstandigheden, de persoon die het geluid hoort (kind of oudere), zijn of haar voorgeschiedenis (bijzondere gevoeligheid, gehoorverlies) of de rechtmatigheid van een lawaaibron. Bepaalde personen zijn gevoeliger voor de effecten van lawaai dan anderen. Dat geldt vooral voor kinderen, een bevolkingsgroep die bijzonder kwetsbaar is voor de effecten van lawaai in onze omgeving (5). In dit rapport spreken we over het begrip omgevingslawaai. De WGO omschrijft dit begrip als geluid afkomstig uit alle mogelijke bronnen, met uitzondering van het geluid uit een werkomgeving (1).

4.2. Belangrijkste effecten op de gezondheid en fysiopathologische mechanismen

4.2.1. Auditieve en niet-auditieve effecten van lawaai

Blootstelling aan lawaai heeft ernstige gevolgen voor ons lichaam. We onderscheiden twee grote soorten effecten van lawaai op de gezondheid: auditieve en niet-auditieve effecten van lawaai (7).

Auditieve effecten van lawaai waren de eerste die uitvoerig werden onderzocht in de wetenschappelijke literatuur. Het gaat om de weerslag op het gehoor (oorsuizen, plots of geleidelijk gehoorverlies) die gelinkt is aan sterke of chronische blootstelling aan hoge geluidsniveaus. Deze blootstelling vindt typisch plaats op het werk of tijdens de vrijetijdsbesteding (concerten, schiettent, mp3-spelers, enz.) (7). Blootstelling aan lawaai vernietigt de trilharen van ons inwen-

dig oor en veroorzaakt gehoorverlies. Dit gehoorverlies wordt soms gelinkt aan oorsuizen (gebons, gekraak of gefluit wanneer er geen externe prikkels zijn), dat de gezondheid erg kan ondermijnen. Gehoorverlies zorgt voor ernstige begripsproblemen en is een ernstige sociale handicap in het dagelijks leven. Het beïnvloedt ook de cognitieve prestaties en vermindert onze aandacht wanneer we taken uitvoeren, wat leidt tot veel ongelukken (7). Er werd geschat dat ongeveer 26% van de Europese en Amerikaanse bevolking aan een gehoorstoornis lijdt dat een gesprek volgen in een luide omgeving bemoeilijkt. Ongeveer 2% van deze bevolking lijdt ook aan ernstig gehoorverlies (7).

De niet-auditieve effecten krijgen de laatste jaren steeds meer aandacht. De belangrijkste niet-auditieve effecten op onze gezondheid volgens de wetenschappelijke literatuur zijn gelinkt aan geluidshinder (8), slaapstoornissen (9), cardiovasculaire en stofwisselingsziekten (10), een laag geboortegewicht en vroeggeboorte (11) en cognitieve stoornissen (vooral bij kinderen) (12). Bovendien heeft lawaai belangrijke gevolgen voor onze mentale gezondheid, onze levenskwaliteit en ons algemeen welzijn (13). De WGO heeft in 2018 de verschillende effecten van blootstelling aan lawaai op de gezondheid grondig herbekeken (6). Dat werk diende als basis voor de nieuwe richtwaarden van de WGO voor het lawaai van weg-, lucht- en spoorwegverkeer, het lawaai van windmolens en het lawaai van vrijetijdsactiviteiten (6).

De belangrijkste (auditieve en niet-auditieve) effecten van lawaai op de gezondheid worden samengevat in afbeelding 4-01. Daarin staan de gezondheidseffecten van blootstelling aan lawaai die de WGO in kaart heeft gebracht. Ze zijn onderverdeeld in enerzijds absoluut kritieke effecten en anderzijds aanzienlijke effecten naargelang het beschikbare bewijs, de toegankelijkheid van gezondheidsgegevens en de prevalentie van deze ziekten binnen de bevolking (6). De kritieke effecten zijn de effecten waarmee absoluut rekening moet worden gehouden bij de beoordeling van de impact van omgevingslawaai op de gezondheid (6). Volgens de WGO moeten de aanzienlijke effecten niet noodzakelijk worden opgenomen in een impactstudie. Ze zijn wel belangrijk voor de mogelijke impact op onze gezondheid (6).

Afbeelding 4-01. Belangrijkste (kritieke of aanzienlijke) effecten op de gezondheid die gelinkt zijn aan omgevingslawaai.

Bron: Centre de Recherche en Santé Environnementale et Santé au Travail, École de Santé Publique, ULB.

4.2.2. Fysiopathologische mechanismen

Verschillende mechanismen kunnen de vele verbanden verklaren tussen de blootstelling aan lawaai en de effecten ervan op gezondheid. De WGO heeft deze mechanismen onlangs herbekeken (14). Zo zijn de belangrijkste effecten van lawaai voor het gehoor gelinkt aan de vernietiging van de trilharen in ons inwendig oor als gevolg van blootstelling aan een zeer intens geluid. Dit veroorzaakt gehoorverlies dat soms gepaard gaat met oorsuizen (15). Zeer intense geluiden kunnen bij zwangere vrouwen ook het gehoor beschadigen van de foetus omdat ze gemakkelijk door de buikwand gaan (naar schatting kan de buikwand geluiden van lage frequentie afzwakken met iets minder dan 10 dB) (16).

Het merendeel van de niet-auditieve gevolgen van de blootstelling aan lawaai kan worden verklaard aan de hand van de “algemene stresstheorie”. Volgens deze theorie is ons gehoorstelsel een soort van alarmsysteem. Dit alarmsysteem blijft werken wanneer we slapen en als er geluidsprikkels zijn, verwittigt het ons lichaam voor een dreigend gevaar. Ons lichaam reageert dan door stresshormonen (adrenaline, noradrenaline en cortisol) vrij te geven. Op korte termijn zorgen deze hormonen ervoor dat onze hartslag en bloeddruk verhogen. Ze spreken ook onze glucosereserves aan om onze spieren en hersenen te voeden (14).

Er werd aangetoond dat de langdurige aanwezigheid van stresshormonen in het lichaam een sterke invloed heeft op het lichaam. Zo wordt de chronische aanwezigheid van catecholamines (adrenaline, noradrenaline) in het bloed gelinkt aan de ontwikkeling van atherosclerose en zou

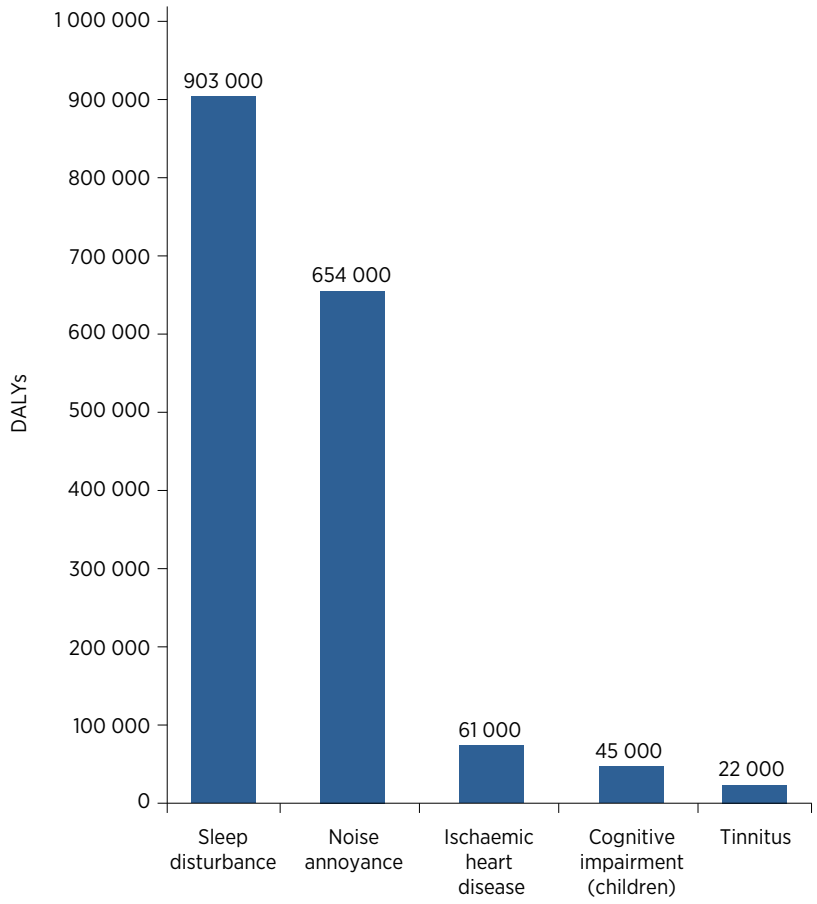
ze de bloedstolling bevorderen, waardoor het risico op een cerebrovasculair accident (CVA) en een myocardinfarct (MI) verhoogt (14). Hoge cortisolgehaltes in het bloed worden dan weer gelinkt aan de vorming van buikvet en musculaire insulineresistentie. Dit zijn factoren die allebei hart- en vaatziekten en diabetes type 2 in de hand werken (14). Stresshormonen zouden ook de werking van het placenta kunnen veranderen en de groei van de foetus kunnen verstoren.

Een ander mechanisme heeft betrekking op de effecten van slaapstoornissen als gevolg van nachtlawaai. Een groot deel van de chronische effecten van blootstelling aan lawaai zouden eigenlijk te wijten zijn aan de gezondheidsimpact van slaapstoornissen. Onze slaap speelt een zeer belangrijke rol in onze gezondheid: door te slapen kan ons zenuwstelsel tot rust komen en ons lichaam herstellen. Nachtlawaai verstoort deze mechanismen. Langdurige slaapstoornissen werden in verband gebracht met de ontwikkeling van chronische ziekten (diabetes, overgewicht, cardiovasculaire aandoeningen) en een hogere cardiovasculaire sterfte (17,18).

4.2.3. Ziektelast die gelinkt is aan de blootstelling aan omgevingslawaai

Volgens een studie uit 2011 waarbij de oude richtwaarden van de WGO werden gebruikt (minder streng dan de huidige), zou omgevingslawaai voor West-Europeanen die in steden wonen met meer dan 50.000 inwoners, verantwoordelijk zijn voor meer dan 1,5 miljoen verloren gezonde levensjaren per jaar (19). Deze studie toont ook aan dat een belangrijk deel van de ziektelast (of “burden of disease”) die is gelinkt aan de blootstelling aan omgevingslawaai, eigenlijk kan worden toegeschreven aan slaapstoornissen en geluidshinder. Aan deze gezondheidsproblemen worden respectievelijk 903.000 en 654.000 DALY’s toegeschreven, beduidend meer dus dan voor hart- en vaatziekten (61.000 DALY’s), cognitieve stoornissen bij kinderen (45.000 DALY’s) en oorsuizen (22.000 DALY’s) (19). Deze vaststelling wordt geïllustreerd in afbeelding 4-02. Daarin staat de verdeling per pathologie van de ziektelast van de ziekten die gelinkt zijn aan omgevingslawaai in 2011 in Europa.

Afbeelding 4-02. Verdeling van DALY's toe te schrijven aan omgevingslawaai, per pathologie, in Europa in 2011.



Bron: Basner et al., 2014, p. 17 (7).

Uit afbeelding 4-02 blijkt duidelijk dat slaapstoornissen en geluidshinder zwaar doorwegen in de berekening van de totale ziektelast die kan worden toegeschreven aan omgevingslawaai in Europa. Dat kan niet alleen worden verklaard doordat de twee reacties het vaakst worden gelinkt aan omgevingslawaai, maar ook doordat omgevingslawaai een zeer groot deel van de bevolking treft. Zelfs als geluidshinder en slaapstoornissen eerder "goedaardig" zouden worden beschouwd tegenover andere ziektebeelden, tellen ze toch voor een zeer groot deel mee in de totale ziektelast die wordt gelinkt aan omgevingslawaai (8,9).

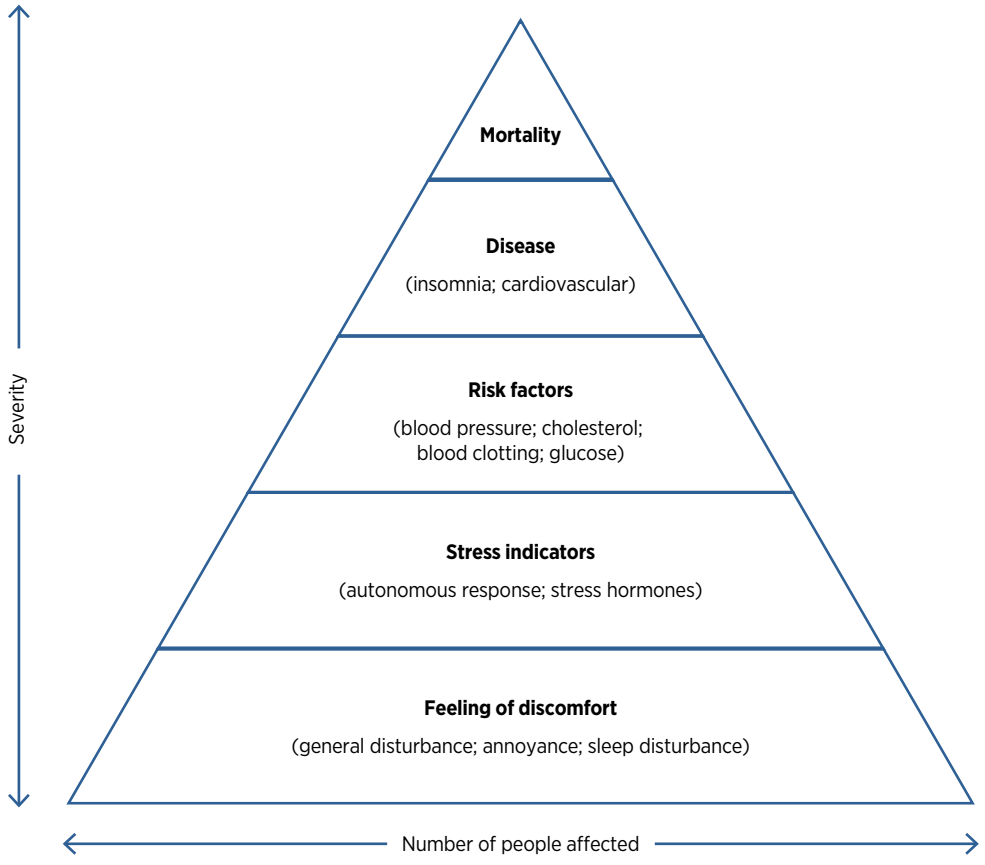
In afbeelding 4-03 wordt dit verschijnsel ook geïllustreerd in de piramide van de effecten op de gezondheid van blootstelling aan omgevingslawaai. We stellen vast dat hoe ernstiger de symptomen zijn, hoe minder ze een groot deel van de bevolking treffen. Hoe minder ernstig de symptomen, hoe meer ze daarentegen een groot deel van de bevolking treffen. Dat is vooral zo voor geluidshinder en slaapstoornissen, die een belangrijk aandeel hebben in de ziektelast gelinkt aan blootstelling aan lawaai en aanzienlijke gevolgen hebben voor onze gezondheidstoestand.

4.3. Blootstelling aan omgevingslawaai: richtsnoeren van de WGO

Het Regionaal Bureau van de WGO voor Europa publiceerde onlangs nieuwe richtsnoeren voor omgevingslawaai (6). Die zijn bedoeld als aanbevelingen om de menselijke gezondheid te beschermen, waarbij rekening wordt gehouden met de beschikbare wetenschappelijke kennis. Er werden verschillende richtsnoeren opgesteld voor verschillende geluidsbronnen. De richtsnoeren bevatten ook algemene beleidsaanbevelingen om de blootstelling aan lawaai terug te dringen (6). Deze aanbevelingen worden geklasseerd als “sterk” of “voorwaardelijk” volgens de kwaliteit van de wetenschappelijke gegevens en van de beschikbare waarden, voorkeuren of hulpmiddelen. “Sterke” aanbevelingen moeten worden toegepast in de meeste gevallen. Van “voorwaardelijke” aanbevelingen is de efficiëntie minder zeker en ze kunnen misschien niet worden toegepast, naargelang de omstandigheden (6).

De verschillende aanbevelingen van de WGO voor het lawaai van weg-, lucht- en spoorverkeer staan in tabel 4-01. De aanbevelingen over deze geluidsbronnen werden allemaal als “sterk” geklasseerd en moeten dus worden nageleefd in de meeste omstandigheden om de gezondheid van de bevolking te beschermen.

Afbeelding 4-03. Piramide van de effecten op de gezondheid die gelinkt zijn aan omgevingslawaai.



Bron: Babisch, 2002, p. 3 (20).

Tabel 4-01. Richtsnoeren van de WGO voor omgevingslawaai.

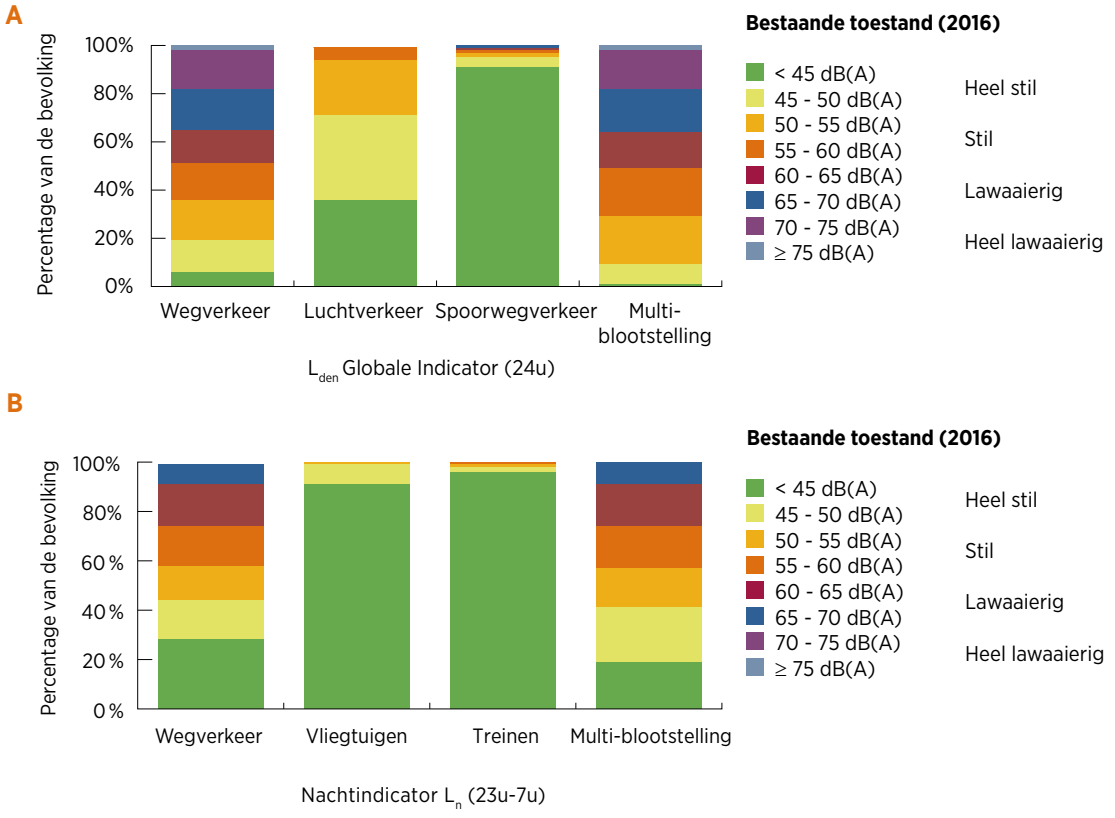
Geluidsbron	Gemiddeld geluidsniveau (L_{den})[11]	Gemiddeld geluidsniveau's nachts (L_{night})	Kracht van de aanbevelingen
Wegverkeer	53 dB	45 dB	Sterk
Spoorverkeer	54 dB	44 dB	Sterk
Luchtverkeer	45 dB	40 dB	Sterk

Bron: WGO, 2018 (6).

4.4. Situatie in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

In het Brussels Gewest beoordeelt Leefmilieu Brussel om de vijf jaar de blootstelling aan omgevingslawaai, overeenkomstig richtlijn 2002/49/EC van het Europees Parlement en de Raad inzake de evaluatie en de beheersing van omgevingslawaai (21). Leefmilieu Brussel vatte de resultaten van deze beoordeling onlangs samen (22). Ze worden weergegeven in afbeelding 4-04, die het aandeel van de bevolking weergeeft dat leeft in woningen die blootgesteld zijn aan verschillende geluidsniveaus van weg-, spoor- en luchtverkeer in het BHG.[12]

Afbeelding 4-04. Blootstelling van de bevolking aan verkeerslawaai in het BHG - Indicatoren L_{den} (jaarlijks gemiddeld geluidsniveau) (A) en L_{night} (jaarlijks gemiddeld nachtelijk geluidsniveau) (B).



Histogrammen op basis van de geluidsgegevens over wegverkeer in 2018, spoorverkeer in 2015/2016 en luchtverkeer in 2016.
Bron: Leefmilieu Brussel, 2018, p. 2 (22).

11. Meer informatie over de verschillende maatregelen (decibelmaatregelen, L_{den}, L_{night}, enz.) staat in de woordenlijst.
12. Voor meer informatie over de methode die Leefmilieu Brussel gebruikt om de geluidskadasters te bepalen in het BHG, raadpleeg de volgende link: https://leefmilieu.brussels/het-leefmilieu-een-stand-van-zaken/verslag-over-de-staat-van-het-leefmilieu/synthese-2015-2016-33

Uit deze beoordeling blijkt dat een aanzienlijk deel van de bevolking blootgesteld wordt aan geluidsniveaus die de nieuwe richtwaarden van de WGO ruimschoots overschrijden. Zo wordt voor het wegverkeer ongeveer 70% van de Brusselse bevolking blootgesteld aan gemiddelde geluidsniveaus (L_{den}) die de nieuwe richtwaarden van de WGO (53 dB) overschrijden. Het deel van de bevolking dat wordt blootgesteld aan nachtelijke geluidsniveaus (L_{night}) hoger dan de nieuwe richtwaarden (45 dB) is ook ongeveer 70%. Wat het luchtverkeer betreft, woont iets minder dan 65% van de bevolking in woningen die worden blootgesteld aan gemiddelde geluidsniveaus (L_{den}) die hoger zijn dan de nieuwe richtwaarden (45 dB voor luchtverkeer). Het aandeel van de bevolking dat wordt blootgesteld aan geluidsniveaus van spoorverkeer die de nieuwe richtwaarden van de WGO (54 dB voor de L_{den}-indicator) overschrijden, bedraagt dan weer 3%. Van de verschillende geluidsbronnen in deze afbeelding vormt het wegverkeer duidelijk de voornaamste bron van blootstelling aan omgevingslawaai in het BHG, vooral 's nachts. Wegverkeer wordt gevolgd door luchtverkeer en daarna spoorverkeer.

4.5. Evaluatie van de impact van lawaai in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

In dit hoofdstuk stellen we de resultaten voor van onze evaluatie van de effecten van de blootstelling aan wegverkeerslawaai op slaapstoornissen en geluidshinder bij inwoners van het BHG voor 2015. Omdat het niet haalbaar was (wegens gebrek aan gegevens), konden we de impact van lawaai op andere gezondheidsproblemen (zoals hart- en vaatziekten, cognitieve stoornissen bij kinderen, enz.) niet beoordelen.

We moesten ons onderzoek ook beperken tot enkel de impact van wegverkeerslawaai. Onze resultaten houden dus geen rekening met de mogelijke impact van lucht- en spoorverkeerslawaai op slaapstoornissen en geluidshinder in het BHG.

4.5.1. Gegevensbronnen en gebruikte methode

Deze beoordeling werd uitgevoerd op basis van de modelvormingsgegevens van het wegverkeerslawaai in het BHG voor 2016 (bron: Leefmilieu Brussel). De gemiddelde geluidsniveaus voor de indicatoren L_{den} en L_{night} werden berekend op de niveau van de statistische sector. We hebben vervolgens de bevolkingsgegevens van Statbel voor 2015 gebruikt en de laatste beschikbare dosis-reponsrelaties uit de nieuwe richtsnoeren van de WGO (6). Dankzij deze gegevens konden we schatten welk aandeel van de bevolking in het BHG lijdt onder geluidshinder en slaapstoornissen. Vervolgens gebruikten we de door de WGO aanbevolen weegmethode om de years lost due to disability (YLD) te berekenen (6). Deze YLD werden daarna omgezet in DALY (waarbij 1 YLD = 1 DALY). Om de economische waarde van een DALY te berekenen, baseerden we ons op de kostenefficiëntiedrempels die de WGO aanbeveelt voor de economische beoordeling van een QALY (tussen één en drie keer het bruto binnenlands product (bbp) per inwoner in 2015)[13] (23). In 2015 werd het bbp per inwoner geschat op 36.000 euro (24). De belangrijkste resultaten van ons onderzoek worden samengevat in tabel 4-02. In afbeelding 4-06 en 4-07 worden de resultaten weergegeven in kaartvorm op wijkniveau.

13. Voor meer informatie over de gebruikte methode, zie bijlage 2 "Methodologische fiche: Gezondheidsrisicobeoordeling van het omgevingslawaai in het BHG".

Tabel 4-02. Geluidshinder slaapstoornissen die gelinkt zijn aan wegverkeerslawaai in 2015 - BHG.

	Geluidshinder	Sterk verstoorde slaap
Aandeel getroffen bevolking	20,6%	7,16%
Aantal getroffen personen	228.090	79.176
Aantal DALY's	4.561,8	5542.32
Valorisatie	164.224.800 €	199.523.520 €

Bron: Leefmilieu Brussel.
Berekeningen DALY: Centre de Recherche en Santé Environnementale et Santé au Travail, École de Santé Publique, ULB.

4.5.2. Gezondheidsrisicobeoordeling van de blootstelling aan wegverkeerslawaai in het BHG

Volgens onze schattingen ondervonden meer dan 228.00 inwoners van het BHG sterke hinder van wegverkeerslawaai in 2015. Diezelfde geluidsbron veroorzaakte in 2015 ook een sterk verstoorde slaap bij meer dan 79.000 personen. Geluidshinder van wegverkeerslawaai veroorzaakte een verlies van meer dan 4.561 DALY. Slaapstoornissen zorgden voor een verlies van meer dan 5.542 DALY. Als we de impact van geluidshinder en slaapstoornissen samentellen, heeft in 2015 het wegverkeerslawaai alleen het verlies van meer dan 10.103 gezonde levensjaren veroorzaakt. Deze verloren levensjaren kosten het BHG meer dan 363 miljoen euro per jaar.

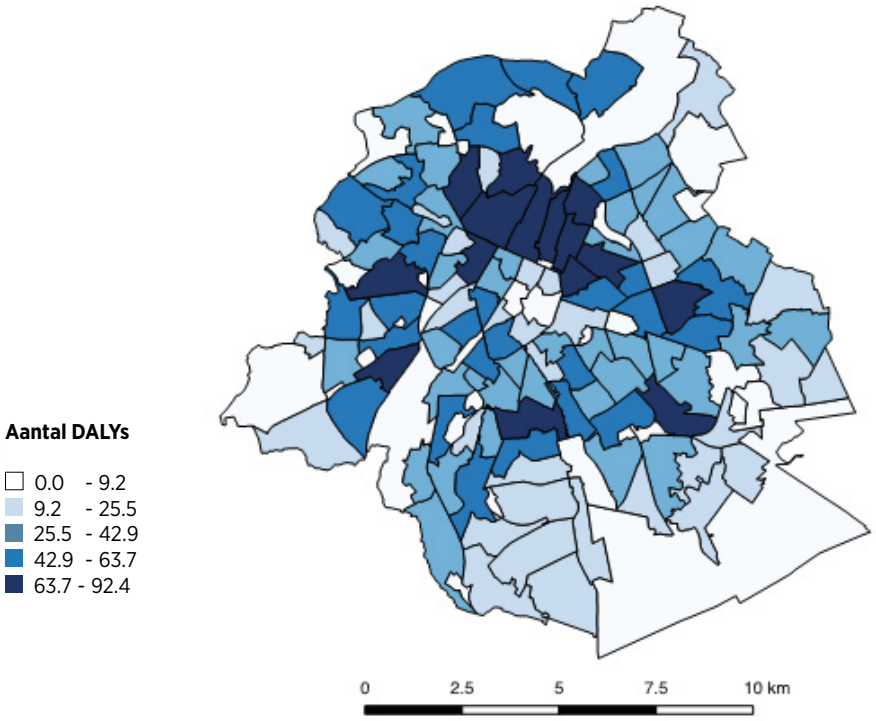
4.5.3. Ruimtelijke spreiding van de impact van wegverkeerslawaai op ondervonden geluidshinder en slaapstoornissen voor 2015

Hoewel we met onze schattingen de impact van omgevingslawaai kunnen beoordelen op het vlak van geluidshinder en slaapstoornissen voor het volledige BHG, houden ze echter geen rekening met de ruimtelijke spreiding van die impact in het BHG. In afbeelding 4-06 en 4-07 worden de resultaten (aantal DALY's) weergegeven per wijk van het gezondheidsrisico dat is gelinkt aan wegverkeerslawaai voor 2015.

In afbeelding 4-06 en 4-07 kunnen we vaststellen dat de impact van blootstelling aan wegverkeerslawaai sterk verschilt naargelang de wijk. Zo ondervinden bepaalde wijken beduidend meer hinder dan andere. Het gaat vooral om wijken in het noorden van de vijfhoek en rond de buitenste ringwegen van de hoofdstad.

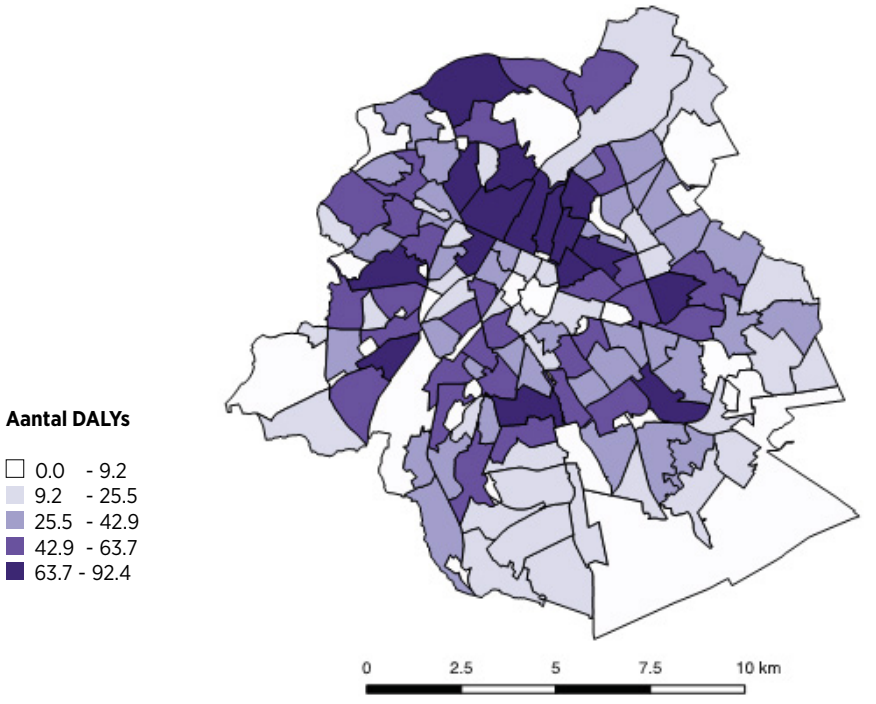
Deze verschillen maken ook duidelijk dat we niet allemaal gelijk zijn op het vlak van milieuverontreinigende stoffen, aangezien bepaalde bevolkingsgroepen gemiddeld meer worden blootgesteld aan hogere vervuilingsniveaus. Zo werd er aangetoond dat socio-economisch achtergestelde groepen vaker in omgevingen wonen met een lagere milieukwaliteit (luchtverontreiniging, lawaai, minder toegang tot groene ruimten, enz.) (25). We spreken dan over milieu-ongelijkheid. Die milieu-ongelijkheid werd nog niet echt bestudeerd in het BHG. Als we deze ongelijkheid zouden bestuderen, zouden we prioritaire interventiegebieden kunnen afbakenen om de milieukwaliteit te verbeteren zodat de socio-economisch achtergestelde bevolkingsgroepen daarin voorrang kunnen krijgen.

Afbeelding 4-06. Verdeling per wijk van de DALY's die kunnen worden toegeschreven aan geluidshinder van wegverkeerslawaai in het BHG in 2015.



Bron: Leefmilieu Brussel.
Berekening DALY: Centre de Recherche en Santé Environnementale et Santé au Travail, École de Santé Publique, ULB.

Afbeelding 4-07. Verdeling per wijk van de DALY's die kunnen worden toegeschreven aan slaapstoornissen door wegverkeerslawaai in het BHG in 2015.



Bron: Leefmilieu Brussel.
Berekening DALY: Centre de Recherche en Santé Environnementale et Santé au Travail, École de Santé Publique, ULB.

4.6. BELANGRIJKSTE PUNTEN

- De impact van lawaai op de gezondheid werd lange tijd onderschat. Toch is omgevingslawaai op het vlak van gezondheidsimpact de tweede belangrijkste milieurisicofactor in Europa.
- Omgevingslawaai heeft op lange en korte termijn veel gevolgen voor onze gezondheid. Die gaan van gewone hinder tot hart- en vaatziekten (hoge bloeddruk, ischemische hartziekten, CVA) en cognitieve stoornissen bij kinderen.
- In 2016 werd 65% tot 70% van de Brusselse bevolking blootgesteld aan gemiddelde geluidsniveaus (L_{den}) van weg- en luchtverkeer die hoger zijn dan de nieuwe richtwaarden van de WGO. Meer dan 70% van de bevolking werd bovendien blootgesteld aan nachtelijke geluidsniveaus (L_{night}) van wegverkeer die hoger zijn dan de door de WGO aanbevolen richtwaarden.
- Wegverkeerslawaai alleen is verantwoordelijk voor meer dan 10.103 verloren gezonde levensjaren per jaar in het BHG. Aan die verloren levensjaren hangt een stevig prijskaartje van meer dan 363 miljoen euro per jaar.

4.7. Referenties

1. Hanninen O, Knol AB, Jantunen M, Lim TA, Conrad A, Rappolder M, et al. Environmental burden of disease in Europe: assessing nine risk factors in six countries. Env Health Perspect. Mei 2014; 122(5): 439-46.
2. European Environment Agency. Population exposure to environmental noise. [geraadpleegd op 3 november 2019]. Te raadplegen op: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/exposure-to-and-annoyance-by-2/assessment-3
3. Leefmilieu Brussel. Geluid: een overzicht. Leefmilieu Brussel. 2014 [geraadpleegd op 3 oktober 2019]. Te raadplegen op: https://leefmilieu.brussels/themas/geluid/geluid-een-overzicht
4. Goldsmith M. Discord: The Story of Noise. Verenigd Koninkrijk: Oxford University Press. Oxford; 2012.
5. Kamp I van, Davies H. Noise and health in vulnerable groups: A review. Noise Health. Mei-juni 2013; 15 (64): 153-9.
6. WHO Regional Office for Europe. Environmental Noise Guidelines for the European Region. Denemarken: WHO Regional Office for Europe; 2018 [geraadpleegd op 12 november 2018]. 181 p. Te raadplegen op: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf?ua=1
7. Basner M, Babisch W, Davis A, Brink M, Clark C, Janssen S, et al. Auditory and non-auditory effects of noise on health. Lancet. 12 april 2014; 383 (9925): 1325-32.

8. Guski R, Schreckenberg D, Schuemer R. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance. Int J Environ Res Public Health. December 2017; 14 (12): 1539.

9. Basner M, McGuire S. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Effects on Sleep. Int J Environ Res Public Health. Maart 2018; 15 (3): 519.

10. Van Kempen E, Casas M, Pershagen G, Foraster M. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects: A Summary. Int J Environ Res Public Health. Februari 2018; 15 (2): 379.

11. Nieuwenhuijsen MJ, Ristovska G, Dadvand P. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Adverse Birth Outcomes. Int. J. Environ. Res. Public Health. 19 oktober 2017; 14 (10).

12. Clark C, Paunovic K. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cognition. Int. J. Environ. Res. Public Health. Februari 2018; 15 (2): 285.

13. Clark C, Paunovic K. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Quality of Life, Wellbeing and Mental Health. Int. J. Environ. Res. Public Health. November 2018; 15 (11): 2400.

14. WHO Regional Office for Europe. Biological mechanisms related to cardiovascular and metabolic effects by environmental noise. Denemarken: WHO regional Office for Europe; 2018 [geraadpleegd op 6 november 2019]. Te raadplegen op:

http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/378076/review-noise-bio-effects-eng.pdf?ua=1

15. Śliwińska-Kowalska M, Zaborowski K. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Permanent Hearing Loss and Tinnitus. Int. J. Environ. Res. Public Health. 27 september 2017; 14 (10).

16. Dzhambov AM, Dimitrova DD, Dimitrakova ED. Noise exposure during pregnancy, birth outcomes and fetal development: meta-analyses using quality effects model. Folia Med (Plovdiv). September 2014; 56 (3): 204-14.

17. Dettoni JL, Consolim-Colombo FM, Drager LF, Rubira MC, Souza SBPC de, Irigoyen MC, et al. Cardiovascular effects of partial sleep deprivation in healthy volunteers. J Appl Physiol. Juli 2012; 113 (2): 232-6.

18. Buxton OM, Cain SW, O'Connor SP, Porter JH, Duffy JF, Wang W, et al. Adverse metabolic consequences in humans of prolonged sleep restriction combined with circadian disruption. Sci. Transl. Med. 11 april 2012; 4 (129): 129-43.

19. WHO Regional Office for Europe. Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy life years lost in Europe. Denemarken: WHO Regional Office for Europe, 2011 [geraadpleegd op 30 juni 2019]. 128 p. Te raadplegen op:

https://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/e94888.pdf?ua=1

20. Babisch W. The Noise/Stress Concept, Risk Assessment and Research Needs. Noise Health. 2002; 4 (16): 1-11

21. Richtlijn 2002/49/EG van het Europees Parlement en de Raad van 25 juni 2002 inzake de evaluatie en de beheersing van omgevingslawaai: Verklaring van de Commissie in het Bemiddelingscomité over de richtlijn inzake de evaluatie en de beheersing van omgevingslawaai Te raadplegen op:

https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/ALL/?uri=CELEX%3A32002L0049

22. Leefmilieu Brussel. Quiet.brussels: Plan voor de preventie en bestrijding van geluidshinder en trillingen in een stedelijke omgeving. Brussel: Leefmilieu Brussel; 2018 [geraadpleegd op 2 februari 2020]. Te raadplegen op:

https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/MAP_Cartebruit_geluidskaart_NL

23. Robinson LA, Hammitt JK, Chang AY, Resch S. Understanding and improving the one and three times GDP per capita cost-effectiveness thresholds. Health Policy Plan. Februari 2017; 32 (1): 141-5.

24. Eurostat. 2015 GDP per capita in 276 EU regions. Brussel: Eurostat; 2017 [geraadpleegd op 1 februari 2020]. Te raadplegen op: https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-press-releases/-/1-30032017-AP

25. Verbeek T. Unequal residential exposure to air pollution and noise: A geospatial environmental justice analysis for Ghent, Belgium. SSM Popul. Health. 13 december 2018; 7: 100340.

05 Groene ruimten: de longen van de hoofdstad

5.1. Inleiding

In dit hoofdstuk hebben we het over de gezondheidseffecten van groene ruimten zoals in kaart gebracht door de recente wetenschappelijke literatuur, en over de positieve impact van groene ruimten om de schadelijke effecten van luchtverontreiniging, lawaai en stedelijke hitte-eilanden tegen te gaan. Een deel van dit hoofdstuk gaat over de publieke toegankelijke groene ruimten in het BHG en de spreiding ervan van. Omdat wij geen weet hebben van gezondheidsgegevens gelinkt aan het gebruik van groene ruimten voor het BHG, wordt deze aanpak hier niet toegelicht.

Groene ruimten bieden veel voordelen voor de gezondheid van stedelijke bevolkingsgroepen, naast hun rol in de bescherming van fauna en flora. De aanwezigheid van veel groene ruimten in een stad wordt gelinkt aan gezondere inwoners en een hoger welzijnsgevoel (1,2).

Er bestaat geen universele definitie van een stedelijke groene ruimte (1). Meestal gaat het om een openbaar park, maar niet alleen dat (1). Een stedelijke groene ruimte kan een plaats zijn met een natuurlijk oppervlak (grasperk, aarde, rots) of een natuurlijke omgeving in de stad (bos, park), maar kan ook verschillende soorten groene beplanting omvatten zoals de bomen op straat, blauwe ruimten (meer, vijver, fontein) en kustzones (1). Bepaalde definities omvatten ook de speeltuinen voor kinderen, privétuinen, bossen, wegbermen, oevers, stranden, enz. (1). De kenmerken van een stedelijke groene ruimte hangen dus grotendeels af van de gebruikte definitie en ook de context en de plaats waar de groene ruimte zich bevindt.

Brussel is een relatief groene hoofdstad en telt meer dan 8.000 hectare groene ruimte. De publiek toegankelijke parken, tuinen en bossen beslaan ongeveer 18% van de oppervlakte van het gewest (3,4). Deze groene ruimten zijn echter ongelijk gespreid over het gebied en veel beplante ruimten zijn niet toegankelijk voor het publiek (5).

5.2. Belangrijkste effecten op de gezondheid en fysiopathologische mechanismen

5.2.1. Groene ruimten en gezondheid

Voor stadsinwoners zijn groene ruimten belangrijke factoren die bijdragen aan hun welzijn (2). Volgens de wetenschappelijke literatuur zorgen groenvoorzieningen in de stad voor een beter humeur, helpen ze de aandacht te herstellen en hebben ze een ontspannend effect (1,6,7). Goed uitgedachte groene ruimten kunnen stress verminderen en sociale cohesie bevorderen (8,9). De vermindering van stress wanneer men in de natuur is of tuiniert kan objectief worden vastgesteld door de cortisolgehaltes (biomarker voor chronische stress) in het bloed te meten (10,11). Daarnaast bestaat er een omgekeerd verband tussen de blootstelling aan groene ruimten en cardiovasculaire markers op korte termijn (tragere hartslag wanneer de onderzochte personen in een stadspark wandelen in plaats van in een bebouwde omgeving), geweld (misdrijven, onveiligheidsgevoel en agressief gedrag) en sterfte

door alle oorzaken (7). De onderzoeken toonden aan dat een bezoek aan groene ruimten de gezondheid positief beïnvloedt, maar hoe groot deze invloed is, is nog niet duidelijk en verschilt van onderzoek tot onderzoek.

Recreatief wandelen, hangt samen met de toegang tot en het gebruik van groene ruimten voor alle verschillende leeftijdsgroepen (volwassenen, kinderen en ouderen): hoe meer en hoe toegankelijker groene ruimten, hoe meer ze mensen aantrekken om er te gaan wandelen (1). In het algemeen besteden mensen meer tijd aan matige of intensieve lichaamsbeweging wanneer ze omringd zijn door groene ruimten (7). Naast stedelijke groene ruimten hebben de hoeveelheid en de kwaliteit van de beplanting in de straten ook een positieve invloed op de recreatieve lichaamsbeweging, die toeneemt naarmate de beplanting in de straten toeneemt (12).

Naast de bovenvermelde gezondheidseffecten kunnen er nog andere effecten bestaan, maar die werden nog niet onderzocht. Het gaat dan vooral over de effecten op de gezondheid van pasgeboren kinderen, op het kankerrisico en op de cardiovasculaire gezondheid. Gezondheidsproblemen bij de geboorte kunnen worden beïnvloed door de blootstelling van de moeder aan groene ruimten. Deze ruimten hebben immers een invloed op stress, sociaal contact, lichaamsbeweging en blootstelling aan vervuiling bij zwangere vrouwen (7). De verhouding tussen de blootstelling aan groene ruimten en het kankerrisico is nog niet duidelijk. We weten wel dat de luchtkwaliteit beter wordt dankzij meer groene ruimten. Dat zou de incidentie van longkanker in de steden kunnen beïnvloeden (7). Tot slot kunnen groene ruimten onrechtstreeks een positief effect hebben op de cardiovasculaire gezondheid doordat ze de geestelijke gezondheid en de lichamelijke conditie bevorderen (7).

5.2.2. Groene ruimten in de stad, luchtverontreiniging, lawaai en hitte

De groene ruimten beïnvloeden ook onrechtstreeks onze gezondheid doordat ze onze blootstelling aan luchtverontreiniging, lawaai en omgevingstemperatuur afzwakken. Beplanting, zoals bomen, struiken, planten en gras kunnen de negatieve impact op de gezondheid van de voornaamste bronnen van luchtverontreinigende stoffen (autoverkeer en industrie) afzwakken door de luchtkwaliteit in de stad te verbeteren. De CO_2-concentraties dalen dankzij de opslag en sekwestratie van koolstof door beplanting (13). Natuurlijke middelen bieden ook een oplossing om stadslawaai te verminderen: groene buffers (boomrijen, struiken, hagen), beplante oppervlakken (muren, daken), stenen stapelmuren en hoge bermen zijn ook elementen die makkelijk op te nemen zijn het stadslandschap (14). Het geluid van water verdoezelt het verkeerslawaai en zorgt voor een gevoel van rust, zoals een fontein dat doet in een park (15).

Hitte-eilanden in de stad zijn een echt probleem geworden voor de volksgezondheid bij warmte- en hittegolven. We zien dat het sterfte- en morbiditeitscijfer dan toeneemt, vooral bij ouderen (1). Door stadsparken kan de omgevingslucht gemiddeld met ongeveer 1°C worden gekoeld overdag tegenover de rest van de stad. Hoe groter het park en hoe meer bomen erin, hoe meer de temperatuur verschilt met die van de stad (16). Voor een afkoelend effect op de stad dat sterker is en over een grotere afstand voelbaar is, moet men uitgaan van grote parken van meer dan tien hectaren. Bovendien spelen ook de eigenschappen van het park en de weers- en klimaatomstandigheden een rol (17).

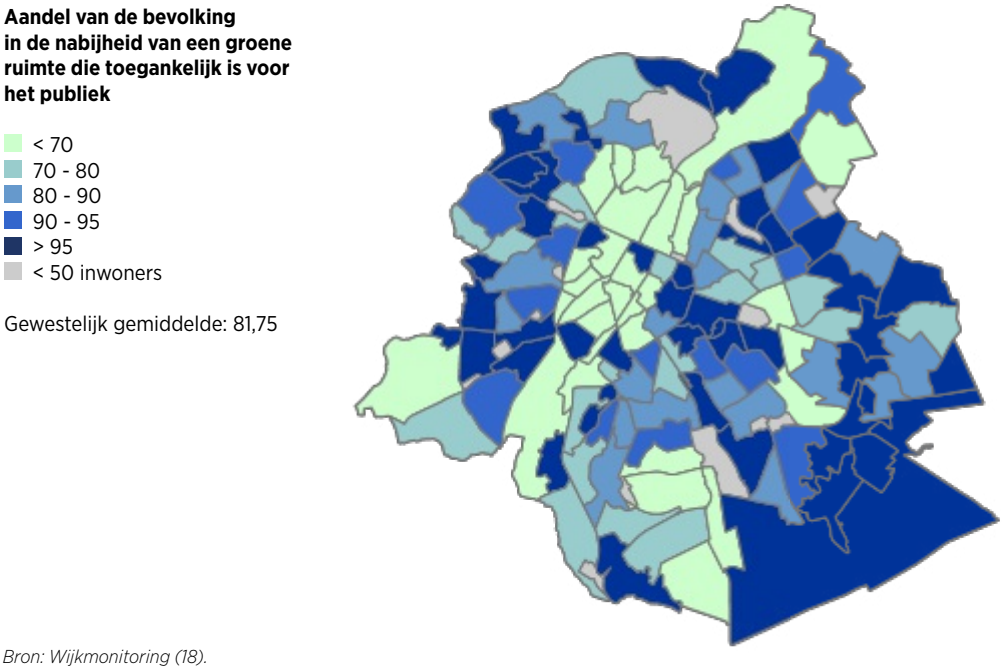
Een ander voorbeeld van hoe groene ruimten de gezondheid beïnvloeden is het positieve effect dat ze kunnen hebben op de cardiovasculaire gezondheid doordat ze bepaalde milieufactoren afzwakken die schadelijk zijn voor het cardiovasculaire stelsel, zoals luchtvervuiling, lawaai en hitte (7).

5.3. Situatie in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

Brussel is een groene hoofdstad met vele parken, bossen, speeltuinen en een woud. Niet alle Brusselaars hebben echter even makkelijk toegang tot een groene ruimte. Aan de hand van kaarten, kunnen we de verschillen in toegang tot groene ruimten naargelang de wijken in het BHG illustreren.

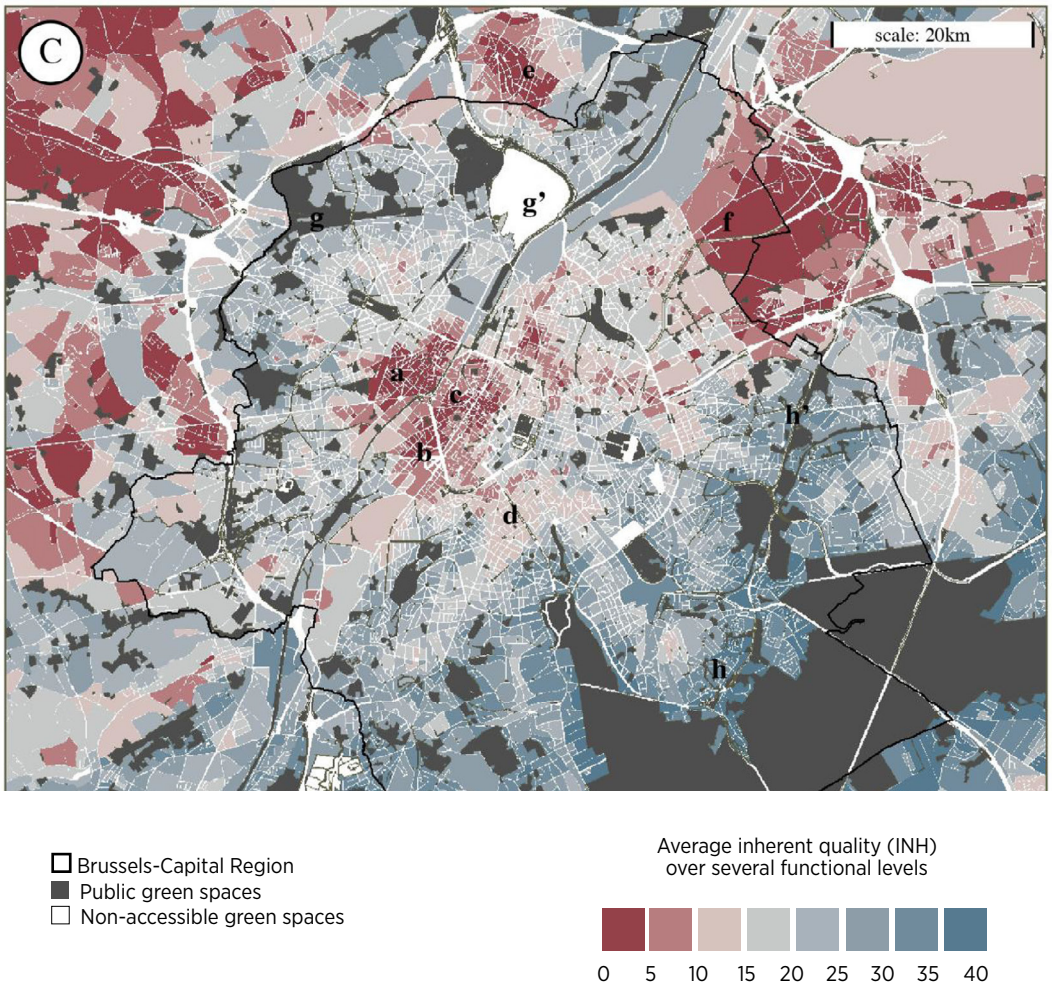
De drie onderstaande kaarten illustreren de nabijheid tot een groene ruimte. De tweede kaart illustreert ook de kwaliteit van die ruimten. Niet elke kaart is even gedetailleerd, wat voor een verschillende weergave zorgt. De drie afgebeelde kaarten leiden echter tot dezelfde vaststelling: er zijn aanzienlijke ongelijkheden op het vlak van toegang tot groene ruimten tussen bepaalde wijken van de hoofdstad.

Afbeelding 5-01. Aandeel van de bevolking dat in de nabijheid woont van een groene ruimte die toegankelijk is voor het publiek.



Bron: Wijkmonitoring (18).

Afbeelding 5-02. Gemiddelde inherente kwaliteit van een plaats in verhouding tot de groene ruimten in het BHG.



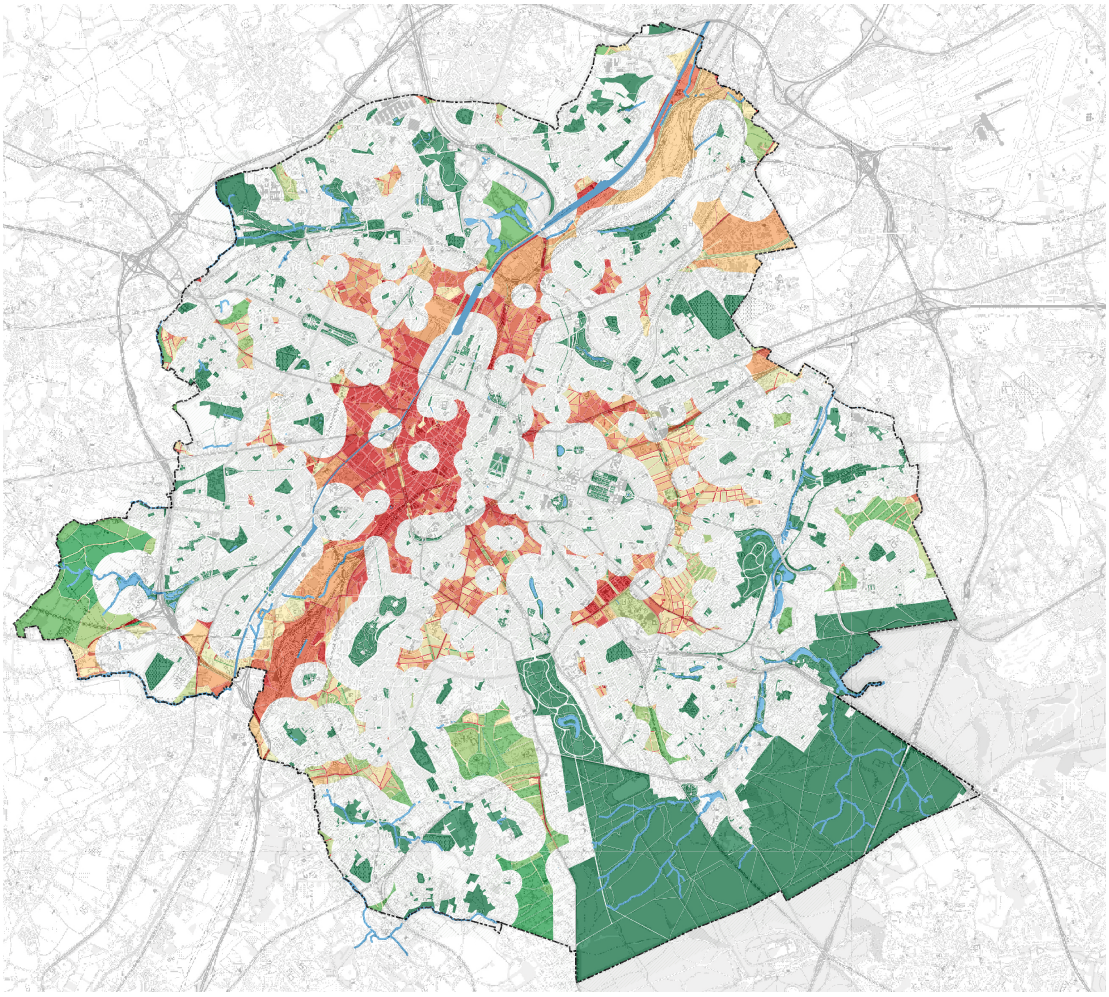
Bron: Stessens, 2017, p. 337 (19).

Afbeelding 5-01 toont per wijk het aandeel van de bevolking dat dicht bij een openbare groene ruimte woont. Iemand woont dicht bij een groene ruimte als die gedomicilieerd is binnen een straal van 300 m rond een groene ruimte met een oppervlakte van minstens 500 m^2. Daardoor liggen de percentages voor wijken die meteen aan een groene ruimte grenzen hoger dan voor de overige wijken. We zien in een oogopslag dat er duidelijke verschillen zijn tussen de wijken langs het kanaal (voornamelijk lichtgroen) en de wijken in de rand van het Brussels Gewest (donkerblauw). Die vallen samen met de geografische socio-economische ongelijkheden van de hoofdstad. We merken op dat de toegankelijkheid tot groene ruimten laag is in de wijken langs het kanaal, van het noorden tot het zuiden van de stad, in tegenstelling tot de meer bemiddelde wijken aan de rand van de stad, zoals in Sint-Pieters-Woluwe, Sint-Lambrechts-Woluwe, Ganshoren en andere gemeenten. Dat is niet overal zo: sommige wijken in Ukkel vormen de uitzondering op de regel, wat wel gecompenseerd wordt door privétuinen.

Op afbeelding 5-02 kregen de huizenblokken een score (van laag naar hoog) naargelang de kwaliteit en nabijheid van (een) aangrenzende groene ruimte(n). Die score drukt ook de bereikbaarheid van een groene ruimte ten opzichte van de wijken errond uit. Om de kwaliteit van de groene ruimten te beoordelen, werden drie criteria onderzocht: is de groene ruimte 1) natuurlijk (en huisvest die een grote biodiversiteit), 2) rustig en 3) ruim? De groene ruimte wordt ook gekenmerkt door haar grootte, die haar theoretische functie bepaalt (een residentiële groene ruimte, een groene ruimte in een buurt, wijk, zone of stad, een (hoofd)stedelijke of gewestelijke groene ruimte).

Een zone (huizenblok) kleurt donkerker blauw naarmate de positieve impact van de dichtstbijzijnde groene ruimte groter wordt geacht. Omgekeerd krijgen de zones een lagere score en een rodere kleur als de meest nabije groene ruimte ver (te grote wandelafstand) en van slechte kwaliteit is. De kaart illustreert enerzijds dat de groene ruimten in het centrum van Brussel (binnen en rond de kleine ring) van lage kwaliteit en verafgelegen zijn en, anderzijds, dat de groene ruimten in de rand (vooral in het zuiden en het oosten van het gewest) van goede kwaliteit en nabij zijn. De letters op de kaart (van a tot f) duiden de wijken aan zonder groene openbare ruimten in de buurt: a) Sint-Jans-Molenbeek, b) Anneessens, c) Dansaert, d) Louiza en Matongé, e) het zuiden van Grimbergen en f) Diegem. De letters g en h wijzen op wijken waar er veel toegang is tot groene ruimten: g-g') de Molenbeekvallei en h-h') de Woluwevallei (beekjes). Volgens de auteurs toont de kaart aan dat ongeveer twee derde van de Brusselse bevolking in zijn buurt geen toegang heeft tot groene ruimten van heel goede kwaliteit (19).

Afbeelding 5-03. Gebieden met een tekort aan publiek toegankelijke groene ruimten in het BHG.



Bron: Gewestelijk Natuurplan 2016-2020, Leefmilieu Brussel, p. 20 (20).

Op afbeelding 5-03 zijn de zones in het Brussels Gewest met een tekort aan openbare groene ruimten in het rood aangeduid. Er is een tekort als een zone meer dan 200 m verwijderd is van een openbare groene ruimte met een oppervlakte kleiner dan een hectare, of als een zone meer dan 400 m verwijderd is van een openbare groene ruimte met een grotere oppervlakte. Naargelang de oppervlakte van de groene ruimte, worden buurtbewoners er binnen een straal van 200 of 400 m door 'beïnvloed', wat overeenstemt met twee tot vijf minuten wandelafstand. Alle zones buiten de 'invloedssferen' van de groene ruimten worden beschouwd als zones waar een tekort heerst. Op de kaart zien we vooral zones met een tekort langs het kanaal, in het stadscentrum en in de wijken van de eerste kroon. Die kaart is nuttig om te bepalen wat de prioritaire acties zijn, met name voor het Gewestelijk Natuurplan 2016-2020[14].

14. https://leefmilieu.brussels/sites/default/files/user_files/prog_20160414_naplan_nl.pdf

5.4. BELANGRIJKSTE PUNTEN

- Stedelijke groene ruimten zijn belangrijke elementen die bijdragen tot het welzijn en die stress verminderen. Ze worden ook in verband gebracht met meer lichaamsbeweging en een betere cardiovasculaire gezondheid.
- Groene ruimten beschermen onze gezondheid ook onrechtstreeks, door hun positieve invloed die ze hebben op luchtvervuiling, geluidshinder en stedelijke hitte-eilanden.
- Zelfs al telt het Brussels Gewest vele groene ruimten, toch heeft het te kampen met ongelijkheden op het vlak van toegang tot die ruimten (wat nabijheid, aantal en kwaliteit betreft). Die ongelijkheden overlappen geografisch vaak met de socio-economische ongelijkheden in het BHG.

5.5. Referenties

1. WHO Regional Office for Europe. Urban green spaces and health: Review of evidence. Kopenhagen; 2016. 91 p. Te raadplegen op: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/321971/Urban-green-spaces-and-health-review-evidence.pdf?ua=1

2. Bertram C, Rehdanz K. The role of urban green space for human well-being. Ecol. Econ. December 2015; 120 (C): 139–52.

3. Feijt C, Herickx C, Onclinkx F. Grondgebruik en landschappen in Brussel: Begroeningsgraden en groene ruimten (situatie 1997). Brussel: Leefmilieu Brussel; 2002 [geraadpleegd op 27 november 2019]. 9 p. Te raadplegen op: https://document.leefmilieu.brussels/opac_css/elecfile/Grondgebruik%203

4. Leefmilieu Brussel. Hoe worden de groene ruimten in Brussel beheerd? Brussel [update van 11 oktober 2018, geraadpleegd op 27 november 2019]. Te raadplegen op: https://leefmilieu.brussels/themas/groene-ruimten-en-biodiversiteit/de-parken-en-tuinen/hoe-worden-de-groene-ruimten-brussel

5. De Villers J, Merlin J, Vermoesen F. Grondgebruik en landschappen in Brussel: Het groene netwerk. Brussel: Leefmilieu Brussel; januari 2017 [geraadpleegd op 27 november 2019]. 30 p. Te raadplegen op: https://document.leefmilieu.brussels/opac_css/elecfile/Grondgebruik%206

6. Aspinall P, Mavros P, Coyne R, Roe J. The urban brain: analysing outdoor physical activity with mobile EEG. Br. J. Sports Med. Februari 2015; 49 (4): 272-6.

7. Kondo MC, Fluehr JM, McKeon T, Branas CC. Urban green space and its impact on human health. Int. J. Environ. Res. Public Health. 3 maart 2018; 15 (3): 445.

8. De Vries S, van Dillen SME, Groenewegen PP, Spreeuwenberg P. Streetscape greenery and health: Stress, social cohesion and physical activity as mediators. Soc. Sci. Med. 1 oktober 2013; 94 : 26–33.

9. Sarkar C, Webster C, Gallacher J. Residential greenness and prevalence of major depressive disorders: a cross-sectional, observational, associational study of 94 879 adult UK Biobank participants. Lancet Planet. Health. April 2018; 2 (4): 162–73.

10. Beil K, Hanes D. The influence of urban natural and built environments on physiological and psychological measures of stress - a pilot study. Int. J. Environ. Res. Public Health. Maart 2013; 10 (4): 1250–67.

11. Roe JJ, Ward Thompson C, Aspinall PA, Brewer MJ, Duff EI, Miller D, et al. Green space and stress: Evidence from cortisol measures in deprived urban communities. Int. J. Environ. Res. Public Health. September 2013; 10 (9): 4086–103.

12. Lu Y. Using Google Street View to investigate the association between street greenery and physical activity. Landscape Urban Plan. 28 september 2018; 191: 103435.

13. Shi Y, Ge Y, Jin H, Ren Y, Qu Z, Bao Z, et al. Progress in studies on carbon sequestration of urban vegetation. Linye Kexue/Scientia Silvae Sin. Juni 2016; 52 (6): 122–9.

14. Van Renterghem T, Forssén J, Attenborough K, Jean P, Defrance J, Hornikx M, et al. Using natural means to reduce surface transport noise during propagation outdoors. Applied Acoustics. Mei 2015; 92: 86–101.

15. Galbrun L, Ali TT. Acoustical and perceptual assessment of water sounds and their use over road traffic noise. J Acoust. Soc. Am. 4 januari 2013; 133 (1): 227–37.

16. Bowler DE, Buyung-Ali L, Knight TM, Pullin AS. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. Landscape Urban Plan. 15 september 2010; 97 (3): 147–55.

17. Aram F, Higueras García E, Solgi E, Mansournia S. Urban green space cooling effect in cities. Heliyon. 8 april 2019; 5 (4): 1339.

18. BISA. Aandeel van de bevolking in de nabijheid van een groene ruimte die toegankelijk is voor het publiek 2012 (%). 2012 [geraadpleegd op 29 maart 2019]. Te raadplegen op: https://wijkmonitoring.brussels/maps/statistieken-milieu-brussel/groene-ruimtes-brussels-gewest/Aandeel-bevolking-nabijheid-groene-ruimte/1/2012/

19. Stessens P, Khan AZ, Huysmans M, Canters F. Analysing urban green space accessibility and quality: A GIS-based model as spatial decision support for urban ecosystem services in Brussels. Ecosyst. Serv. December 2017; 28 (C): 328–40.

20. Leefmilieu Brussel. Natuurplan: Gewestelijk Natuurplan 2016-2020 voor het Brussels Gewest. Brussel: Leefmilieu Brussel; 14 april 2016 [geraadpleegd op 27 november 2019]. 157 p. Te raadplegen op:

https://leefmilieu.brussels/sites/default/files/user_files/prog_20160414_naplan_nl.pdf

06 Lichaamsbeweging: bewegen in de stad

6.1. Inleiding

Dit hoofdstuk gaat over lichaamsbeweging. Het licht toe hoe de stad en de organisatie ervan een invloed kunnen hebben op hoeveel haar inwoners aan lichaamsbeweging doen. De beschikbare gegevens over Brussel worden eveneens toegelicht.

Lichaamsbeweging wordt omschreven als elke beweging van de skeletspieren die een hogere energieverbranding veroorzaakt (1). Die lichaamsbeweging is onontbeerlijk voor de gezondheid en het welzijn, omdat ze een bepalende rol speelt bij het energieverbruik en de beheersing van het lichaamsgewicht (2).

Een gebrek aan lichaamsbeweging en een sedentaire levensstijl vormt een echte uitdaging voor de volksgezondheid in de hele wereld. Het is onlangs zelfs de vierde belangrijkste risicofactor voor overlijden op wereldschaal geworden (1). Een gebrek aan lichaamsbeweging is in België naar schatting de oorzaak van 7,1% van de cardiovasculaire aandoeningen, 8,8% van de gevallen van diabetes (type 2), 11,7% van de borstkankerdiagnoses en 12,6% van de darmkankerdiagnoses (3).

Steden kunnen de gezondheid van hun inwoners verbeteren door ze te doen bewegen en ervoor te zorgen dat ze regelmatiger aan lichaamsbeweging doen, wat het risico op chronische ziekten verlaagt (4,5). Dagelijks bewegen in de stad om gezond te blijven, vertaalt zich in matige lichaamsbeweging zoals stedelijke verplaatsingen: wandelen, fietsen, steppen, skateboarden, enz. Dat noemt men actieve vervoerswijzen; dat zijn de vervoerswijzen die men gebruikt om van de ene plaats naar de andere te gaan en waarbij men energie verbruikt, in tegenstelling tot bij de wagen of het openbaar vervoer.

Lichaamsbeweging beperkt zich niet tot sporten in een club of sportzaal en kan informeel en spontaan gebeuren: te voet de boodschappen doen, met de fiets naar het werk gaan, in een park lopen, enz. Een stad biedt vele mogelijkheden om lichamelijk actief te zijn. De beschikbare infrastructuur kan daarbij helpen, zoals fietspaden, fitnesstoestellen in parken, brede trottoirs en voetgangerszones. Ruimten die zo georganiseerd zijn dat ze lichaamsbeweging bevorderen, zijn aan te raden en moeten zo veel mogelijk ontwikkeld worden in een stad (2).

6.1.1. Organisatie van de stad en lichaamsbeweging

De organisatie van de stedelijke ruimte wordt gekenmerkt door gebouwen, infrastructuren en een wegennet en beïnvloedt de verplaatsingswijzen van haar bewoners. Zo doen stedelingen meer aan lichaamsbeweging als de bebouwde omgeving van een wijk voetganger- en fietsvriendelijk is en actieve verplaatsingen dus aanmoedigt (6-8).

Een omgeving die uitnodigt tot lichaamsbeweging biedt wandel- en fietsinfrastructuur en openbaar vervoer: trottoirs, voetgangers- en fietszones, fietspaden en fietsenstallingen, goed ontwikkeld openbaar vervoer en een geoptimaliseerd wegennetwerk (9). Een goed uitgebouwd openbaarvervoersaanbod maakt verplaatsingen te voet eenvoudiger voor zover de bewoners

daardoor gemakkelijk verschillende plaatsen in de stad kunnen bereiken (10) en maakt ze minder afhankelijk van de wagen (11).

Het aantal interessante plaatsen (aantrekkingspunten) dicht bij de woon- of werkplaats, de diversiteit van het grondgebruik (voor woningen, kantoren, handelszaken), de beschikbaarheid van het openbaar vervoer, de afstand tot de parken en het aanbod aan sportinfrastructuur zijn grote troeven om de aantrekkingspunten van de stad en de wijk beter bereikbaar te maken voor voetgangers en fietsers (9). Een bereikbare wijk is ook compact en verbonden; er is met andere woorden een goede verbinding tussen de verschillende straten en er zijn voldoende kruispunten (12).

Naast de ontwikkeling van de infrastructuur en de bereikbaarheid van een stad zetten ook parken en groen aan tot actieve verplaatsingen. Door die zones te onderhouden en te ontwikkelen (vooral door nieuwe uitrustingen zoals banken, speeltuigen, sportvoorzieningen, enz. te plaatsen) worden ze vaker bezocht, waardoor de lichaamsbeweging toeneemt. Hetzelfde geldt voor speeltuinen (9). Het aantal parken binnen een straal van 500 m rond een woonplaats beïnvloedt zowel de actieve verplaatsingen als de beoefening van recreatieve lichaamsbeweging (10).

Ook de bebouwingsdichtheid van woningen en kantoren, de esthetiek van de buitenomgeving en de veiligheid zijn bepalende factoren (9). Een grote woondichtheid vormt een belangrijke drijfveer voor actieve verplaatsingen. Om de aanwezigheid van winkels en diensten en regelmatig openbaar vervoer mogelijk te maken in een buurt, is immers een grote bevolkingsdichtheid nodig zodat die verschillende diensten voldoende worden benut. Zo dragen winkels, dienstverlening en het openbaar vervoer in een buurt ertoe bij dat de bewoners zich te voet of met de fiets verplaatsen (10).

We stellen dus vast dat vele factoren van de stedelijke omgeving de mate beïnvloeden waarin stedelingen aan lichaamsbeweging doen. De variaties in de mate van lichaamsbeweging kunnen niet door een enkele factor worden verklaard, maar veeleer door de combinatie van die verschillende factoren. In Europese steden hebben drie omgevingsfactoren een bijzonder grote invloed: de woondichtheid, de dichtheid van het beschikbare openbaarvervoersnet en de concentratie aan parken (10).

6.2. Voornaamste effecten op de gezondheid en fysiopathologische mechanismen

Door meer aan lichaamsbeweging te doen, bijvoorbeeld door actieve vervoerswijzen te gebruiken, daalt het risico om bepaalde pathologieën te ontwikkelen. Zo verkleint voor jongeren en volwassenen de kans op cardiovasculaire aandoeningen (hoge bloeddruk, CVA, kransslagaderaandoeningen) en voor personen van middelbare leeftijd en ouderen verkleint de kans op luchtwegaandoeningen, diabetes type 2 en borst- en darmkanker (1,13,14). Lichaamsbeweging draagt ook bij tot het behoud of zelfs een verbetering van de botdichtheid (minder risico op een gebroken heup of wervelbreuk en op botontkalking) en heeft een positief effect op depressies en valpreventie (1). Andere voor de hand liggende effecten van lichaamsbeweging zijn de beheersing van het lichaamsgewicht en de preventie van obesitas (1). Personen die regelmatig aan lichaamsbeweging doen, hebben ook een betere cardiorespiratoire en spiercapaciteit (1). Wandelen en fietsen wordt zelfs in verband gebracht met een verminderde sterfte (alle doodsoorzaken samen beschouwd) (15).

Door de auto te verruilen voor actieve vervoerswijzen doet men niet alleen vaker aan lichaamsbeweging, maar daalt ook de uitstoot van koolstofdioxide en daarmee de luchtvervuiling. Het zorgt ook voor minder geluidshinder, verkeersongevallen en verkeer in de stad (13,16-18). Wat verkeersongevallen betreft, zijn de resultaten minder eenduidig. Volgens sommige studies stijgt het aantal doden en gewonden samen met het gebruik van actieve vervoerswijzen, terwijl andere een daling van het aantal ongevallen en doden aantonen (14). Die verschillen kunnen worden verklaard door de gebruikte studiemethode, zoals het rekening houden met het feit dat het autoverkeer afneemt als de actieve vervoerswijzen vaker worden gebruikt. De studies die in Europa werden uitgevoerd, stellen dat ouderen de meeste gezondheidsvoordelen hebben door over te schakelen op actieve vervoerswijzen (14).

Tabel 6-01. Gemiddelde tijd (in minuten) besteed aan (minstens matige) lichaamsbeweging, per geslacht en per leeftijdscategorie in het BHG.

		Gestandaardiseerd gemiddelde (in minuten) per week
Geslacht	Man	287,7
	Vrouw	158,2
Leeftijdscategorie	15-24 jaar	379,4
	25-34 jaar	242,2
	35-44 jaar	240,1
	45-54 jaar	251,3
	55-64 jaar	170,1
	65-74 jaar	107,1
	75 jaar en ouder	103,6

Bron: WIV-ISP, 2014 (19).

6.3. Situatie in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

6.3.1. Actief zijn in de stad: zijn de Brusselaars sedentair?

6.3.1.1. Regelmatig aan lichaamsbeweging doen

De gemiddelde tijd die men wekelijks besteedt aan (minstens matige) lichaamsbeweging[15] verschilt sterk naargelang de leeftijdscategorie (tabel 6-01). 15- tot 24-jarige Brusselaars besteden de meeste tijd aan lichaamsbeweging (379,4 minuten per week). Na de leeftijd van 55 jaar daalt het gemiddeld aantal minuten per week dat men aan lichaamsbeweging besteedt aanzienlijk. In vergelijking met de aanbevelingen van de WGO (1) halen alle leeftijdscategorieën in tabel 6-01 het minimum van 150 minuten matige lichaamsbeweging per week, behalve de personen ouder dan 65 jaar. Vrouwen doen gemiddeld minder aan lichaamsbeweging dan mannen en overschrijden amper de wekelijkse aanbevelingen.

Tabel 6-02. Aandeel (%) kinderen en jongeren (10-22 jaar) dat (niet) dagelijks minstens zestig minuten aan lichaamsbeweging doet, onder zij die in het BHG naar Franstalige scholen gaan, per geslacht en per onderwijsniveau.

		Minstens 60 minuten lichaamsbeweging per dag	
		Niet dagelijks (%)	**Dagelijks (%)**
Geslacht	Jongens	78,6	21,4
	Meisjes	88,6	11,4
Onderwijsniveau	Lager onderwijs	79,2	20,8
	Middelbaar onderwijs	85,0	15,0

Bron: SIPES, 2014 (20).

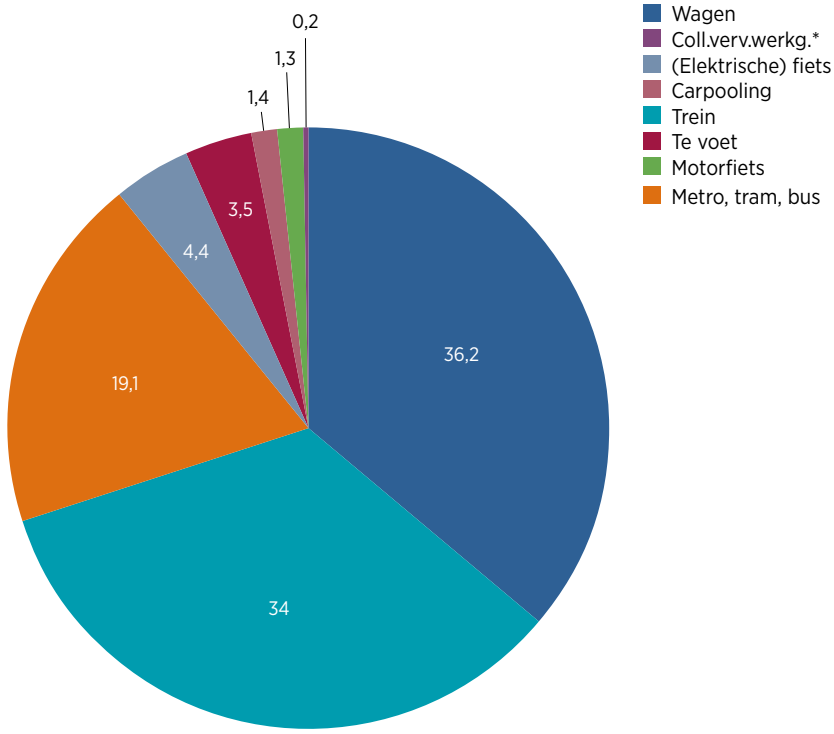
15. Matige lichaamsbeweging vereist een matige inspanning en doet het hartritme gevoelig stijgen. Dat omvat bijvoorbeeld stevig wandelen, dansen, tuinieren, huishoudelijke taken doen, de hond uitlaten, klussen en vele andere kleine dagelijkse activiteiten (WGO, 2010).

Tabel 6-02 illustreert dat Brusselse kinderen en jongeren (tussen 10 en 22 jaar en lesvolgend in Franstalige lagere en middelbare scholen) onvoldoende lichaamsbeweging hebben. 84% blijft immers onder de aanbeveling van de WGO om dagelijks minstens zestig minuten aan matige tot intensieve lichaamsbeweging te doen (1). Het aandeel kinderen en jongeren dat de aanbeveling van de WGO niet haalt, is groter bij meisjes (88,6%) dan bij jongens (78,6%) en groter in het middelbaar (85%) dan in het lager onderwijs (79,2%).

6.3.1.2. Hoe verplaatsen de werknemers zich naar hun werk in Brussel?

Wat de werknemers betreft die in Brussel werken, gebruikt 4,4% de fiets voor de woon-werkverplaatsingen en 3,5% doet die verplaatsingen te voet. De meeste werknemers (36,2%) kiezen nog altijd voor de wagen als belangrijkste vervoermiddel om naar het werk te gaan in het BHG (21) (afbeelding 6-01).

Afbeelding 6-01. Vervoermiddelen gebruikt voor de woon-werkverplaatsingen in het BHG (*coll. verv. werkg.: collectief vervoer georganiseerd door de werkgever).



Bron: FOD Mobiliteit en Vervoer (21).

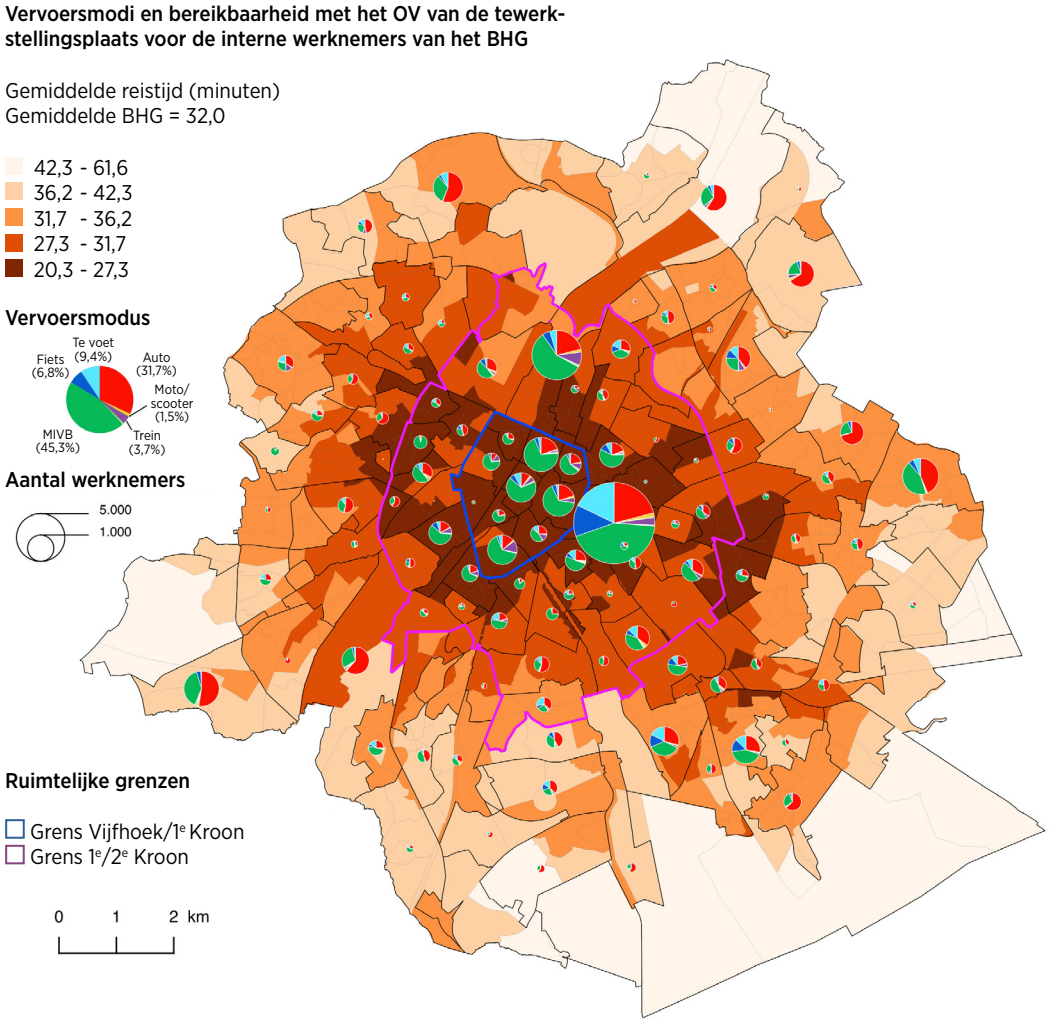
Deze gegevens zijn berekend op basis van de plaats van tewerkstelling (voor ondernemingen en overheidsdiensten met meer dan 100 werknemers) en het belangrijkste vervoermiddel, ongeacht de woonplaats (die buiten Brussel kan liggen). Dat verklaart het hoge percentage aan verplaatsingen met de trein, dat waarschijnlijk de keuze weerspiegelt van de werknemers die niet in de hoofdstad wonen.

Zelfs al zijn er veel meer automobilisten en pendelaars dan fietsers en wandelaars, die laatste twee winnen geleidelijk terrein in de hoofdstad (zie verder).

Er bestaat andere informatie over de verplaatsingsgewoonten van de personen die wonen en werken in Brussel. Afbeelding 6-02 illustreert de verplaatsingswijzen om naar het werk te gaan van de werknemers die in het Brussels gewest wonen en werken, en de gemiddelde tijd die ze nodig hebben om er te geraken.

Op afbeelding 6-02 zien we dat de grote meerderheid van de woon-werkverplaatsingen in de Vijfhoek (blauw omlijnd) met het openbaar vervoer gebeurt, gevolgd door verplaatsingen met de wagen. Daarna volgen de andere verplaatsingswijzen, waarvan de actieve vervoerswijzen zoals fietsen of wandelen een beperkt percentage uitmaken. We zien een algemene daling van het aandeel verplaatsingen waarvoor men het openbaar vervoer gebruikt binnen de eerste kroon van het gewest in vergelijking met de Vijfhoek. Daarentegen stijgt het aantal verplaatsingen met de fiets of te voet. Buiten de eerste kroon gebruikt men vaker de wagen en daalt het gebruik van de andere vervoerswijzen. Dat is nochtans niet overal zo: in sommige wijken in Elsene en Watermaal-Bosvoorde kiest men er vaker voor te

Afbeelding 6-02. Vervoerswijzen en bereikbaarheid met het openbaar vervoer van de tewerkstellingsplaats voor werknemers die in het BHG wonen en werken.



Bron: Brussels Studies Institute, p. 13 (22).

fietsen, te wandelen of het openbaar vervoer te gebruiken dan de wagen.

Ook al gebruiken de meeste Brusselse werknemers in de centrumwijken het openbaar vervoer om naar het werk te gaan, in vele wijken aan de rand neemt de wagen nog steeds een voorrangspositie in. Het aandeel verplaatsingen te voet en met de fiets is in alle wijken van het BHG duidelijk het laagst. Op dat vlak is dus nog ruimte voor groei.

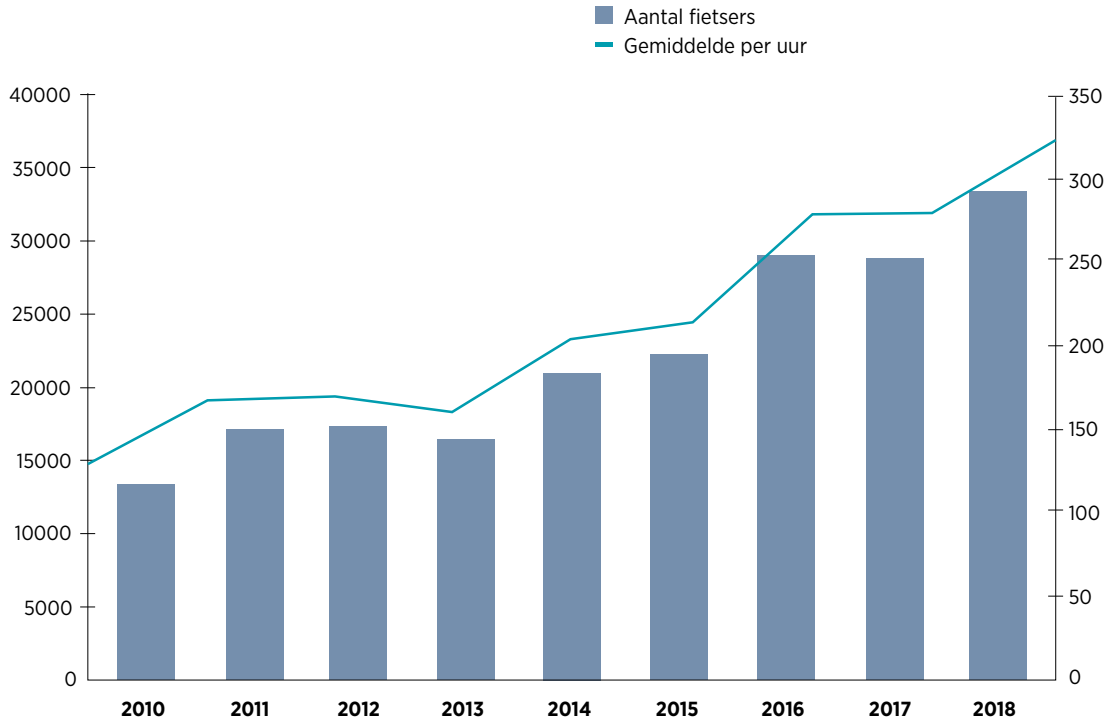
In het algemeen stellen we een verband vast tussen de gemiddelde reistijd tot de werkplek (in minuten) en het gekozen vervoermiddel. Naarmate een wijk beter bereikbaar is (kortere reistijd), stijgt het gebruik van het openbaar vervoer en daalt dat van de wagen (dat geldt vooral voor de wijken in het centrum en van de eerste kroon).

Wat betreft de verplaatsingen te voet en met de fiets ligt de conclusie minder voor de hand. Er wordt immers veel gewandeld en gefietst naar sommige arbeidskernen in het centrum van de hoofdstad (Europese wijk), terwijl dat voor andere wijken minder het geval is (Begijnhofwijk, Stalingrad). Omgekeerd wordt er naar sommige wijken die meer aan de rand van de stad liggen en minder bereikbaar zijn met het openbaar vervoer in verhouding meer gewandeld en gefietst dan naar het centrum (de wijken Boondaal, Watermaal-centrum, Sint-Agatha-Berchem (wandelen) en de Leopold III-laan).

6.3.1.3. De fiets wint aan populariteit

Er wordt sinds 2010 steeds meer gefietst in onze hoofdstad (afbeelding 6-03). Het aantal getelde fietsen lag in 2018 immers 16% hoger dan in 2017 en sinds 2010 bedraagt het gemiddeld jaarlijks groeicijfer 13% (op basis van tellingen van fietsers en gemiddelde aantallen fietsers per uur die voorbij de telpunten reden). De Villo!-fietsen (van de Brusselse fietsdeeldienst) zijn goed voor 5% van alle in 2018 getelde fietsen (23).

Afbeelding 6-03. Evolutie van het aantal fietsers in het BHG tussen 2010 en 2018 (26 telpunten in januari, mei, september en november).



Bron: Pro Velo - Brussel Mobiliteit, 2018, p. 9 (23).

6.3.1.4. Wat met wandelen?

In vergelijking met de vorige jaren neemt ook het aantal wandelaars aanzienlijk toe in het Brussels Gewest, veel meer dan in Vlaanderen en in Wallonië. Wandelen steeg met bijna 34% als belangrijkste verplaatsingswijze om naar het werk te gaan tussen 2005 en 2017 (en klom van 2,6 naar 3,5% van de totale verplaatsingen) (21).

6.3.2. De stad beïnvloedt onze verplaatsingen: bereikbaarheid

Er zijn verschillende manieren en meetinstrumenten om de bereikbaarheid van een wijk of stad te bepalen. De resultaten kunnen sterk variëren naargelang het instrument en het type bereikbaarheid dat het wil meten: wil men de aandacht vestigen op bepaalde infrastructuurproblemen of op zones waar veel handelszaken zijn, wil men de sociale ongelijkheden in kaart brengen, enz.?

Afbeelding 6-04 illustreert hoe voetgangervriendelijk het wegennet is, rekening houdend met factoren die trage mobiliteit stimuleren en belemmeren. Factoren die traagheid (of actieve vervoerswijzen) stimuleren zijn bomen, straatverlichting, banken, zebrapaden, verkeerslichten, fietsopstelstroken en haltes van het openbaar vervoer. Als die elementen voorkomen op een de weg, stijgen de toegevoegde waarde en de wandelvriendelijkheid. Factoren die trage mobiliteit belemmeren zoals kasseien of onderbrekingen door spoorwegen, de metro of grote infrastructuren (tunnels, bruggen, enz.) doen de wandelvriendelijkheid daarentegen dalen. Ook het reliëf van de stad is in de kaart verwerkt, omdat het een wezenlijk onderdeel vormt van Brussel.

Afbeelding 6-04. Voetgangervriendelijkheid van het openbaar wegennet in het BHG.

Bron: BSI.BCO, 2018 (24).

Het hypercentrum van Brussel (de Vijfhoek) is in het algemeen (zeer) voetgangervriendelijk. De voetgangerszone in het centrum van de stad wordt als zeer voetgangervriendelijk beschouwd. Aan de andere kant is een belangrijk deel van de straten en de grote gewestelijke verkeersassen oranje of rood gekleurd en dus weinig voetgangervriendelijk. Het hele wegennet zou de voetganger moeten bevoorrechten en hem aan belang laten winnen in de openbare ruimte om tot een meer voetgangervriendelijke stad te komen.

6.3.3. Lichaamsbeweging, luchtverontreiniging en geluidshinder

Regelmatig aan lichaamsbeweging doen heeft vele gezondheidsvoordelen. We kunnen ons echter afvragen wat de negatieve effecten zijn van luchtverontreiniging en geluidshinder, waar men regelmatig aan blootgesteld wordt als men aan lichaamsbeweging doet in de stad.

Ook al doen menselijke activiteiten (verkeer, industrie, verwarming, enz.) de luchtverontreiniging toenemen en wordt die tijdens het beoefenen van lichaamsbeweging ingeademd (het volume ingeademde lucht stijgt), het antwoord moet genuanceerd worden. Er is immers aangetoond dat de gezondheidsvoordelen van lichaamsbeweging in de stad (wandelen, fietsen, andere sporten) veel groter zijn dan de nadelen van de luchtverontreiniging en de risico's op verkeersongevallen (14).

Brusselse fietsers kunnen bijvoorbeeld 14 uur (of 855 minuten) per dag fietsen voordat de voordelen van lichaamsbeweging teniet worden gedaan door de blootstelling aan fijnstof in de lucht ($PM_{2,5}$). Voor wie met andere woorden nog langer fietst, worden de gezondheidsnadelen even groot als de voordelen (25) (schatting op basis van de jaarlijkse gemiddelde $PM_{2,5}$-concentratie in 2017 in Brussel[16]).

Ter vergelijking: de inwoners van New Delhi in India, een van de meest vervuilde steden ter wereld, mogen maar maximum 30 minuten[17] fietsen, anders zijn de gezondheidsvoordelen te niet gedaan.

Niet alleen fietsers en wandelaars worden aan een zekere hoeveelheid luchtverontreinigende stoffen blootgesteld, maar ook automobilisten en hun passagiers, en zelfs in hogere mate (26). De verontreinigende stoffen in de omgevingslucht dringen immers de wagen binnen, vooral tijdens files of wanneer men stilstaat voor een rood licht (27,28). In tegenstelling tot wat men zou kunnen denken, zijn automobilisten niet beschermd in hun wagens en ademen ook zij luchtverontreinigende stoffen in.

Laat ons ten slotte niet vergeten dat als een groot deel van de bevolking zich vaker te voet of met de fiets verplaatst, de concentratie luchtverontreinigende stoffen ($PM_{2,5}$, BC) daalt doordat er minder met gemotoriseerde voertuigen wordt gereden (14). Als er fietsers en wandelaars blijven bijkomen in Brussel en zij de automobilisten vervangen, zouden we een daling van de luchtverontreiniging moeten kunnen vaststellen.

Naast de luchtverontreiniging onderzochten de studies ook het mogelijke verband tussen blootstelling aan geluidshinder en lichaamsbeweging. Hoewel er weinig informatie beschikbaar is over dat onderwerp, werd er aangetoond dat langdurige blootstelling aan geluidshinder dat wordt veroorzaakt door vervoermiddelen een negatief effect heeft op de beoefening van lichaamsbeweging, zelfs bij lage volumes. De gevolgen ervan zouden ernstiger kunnen zijn voor vrouwen en personen met slaapstoornissen of chronische ziektes dan bij anderen (29).

16. https://www.irceline.be/nl/documentatie/publicaties/jaarrapporten/jaarrapport-luchtkwaliteit-in-belgie-2017/view. Jaarlijks gemiddelde van 12,7 µg/m³ voor Brussel en raming van het aantal uren berekend op basis van het scenario van Tainio (2016) met concentraties van 15 µg/m³ (meest dichtbijzijnde waarde).

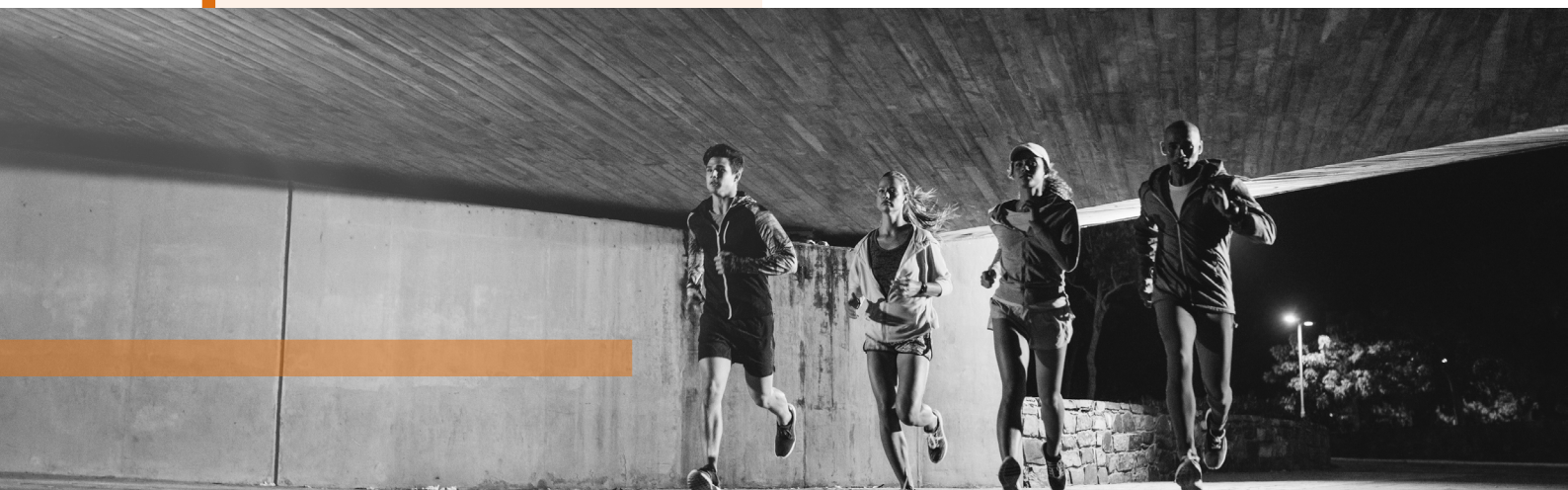
17. Op basis van een jaarlijkse gemiddelde concentratie van 113 µg/m³ in 2016.

6.4. BELANGRIJKSTE PUNTEN

- Actieve vervoerswijzen worden in verband gebracht met een algemene daling van de sterfte (alle doodsoorzaken samen beschouwd), en van het risico om bepaalde pathologieën te ontwikkelen.
- De kenmerken van de bebouwde omgeving (bouwwerken, wegen, openbare infrastructuur) van een stad als Brussel kan een invloed hebben op het gebruik van actieve vervoerswijzen (wandelen, fietsen) en de mate waarin men aan lichaamsbeweging doet.
- 4,4% van de werknemers die in Brussel werken gebruikt de fiets voor het woon-werkverkeer, 3,5% wandelt.
- Het aantal Brusselse fietsers stijgt voortdurend sinds 2010 (jaarlijks groeicijfer: 13%).
- Brusselse fietsers moeten meer dan veertien uur in de stad fietsen voordat de voordelen van die lichaamsbeweging teniet worden gedaan door de risico's verbonden aan de blootstelling aan de luchtverontreiniging.
- Sommige wijken van de hoofdstad zijn meer voetgangervriendelijk dan andere.
- De bereikbaarheid van de werkplek met het openbaar vervoer is beter in het centrum dan aan de rand van de stad.
- Er bestaan verschillende meetinstrumenten om de bereikbaarheid van een wijk of stad te bepalen. Die zouden moeten worden aangepast (qua specificiteit en precisie) om ze in het BHG te kunnen gebruiken.

6.5. Referenties

1. WHO. Global recommendations on physical activity for health. Genève; 2010 [geraadpleegd op 26 maart 2019]. Te raadplegen op: https://www.who.int/dietphysicalactivity/global-PA-recs-2010.pdf
2. WHO. Towards More Physical Activity in Cities: Transforming public spaces to promote physical activity-a key contributor to achieving the Sustainable Development Goals in Europe. Kopenhagen; 2017 [geraadpleegd op 27 mei 2019]. Te raadplegen op: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0018/353043/2017_WHO_Report_FINAL_WEB.pdf?ua=1
3. Lee IM, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT, et al. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: An analysis of burden of disease and life expectancy. Lancet. 21 juli 2012; 380 (9838): 219–29.
4. Giles-Corti B, Vernez-Moudon A, Reis R, Turrell G, Dannenberg AL, Badland H, et al. City planning and population health: a global challenge. Lancet. 10 december 2016; 388 (10062): 2912–24.
5. Sallis JF, Bull F, Burdett R, Frank LD, Griffiths P, Giles-Corti B, et al. Use of science to guide city planning policy and practice: how to achieve healthy and sustainable future cities. Lancet. 10 december 2016; 388 (10062): 2936–47.
6. Goodman A, Panter J, Sharp SJ, Ogilvie D. Effectiveness and equity impacts of town-wide cycling initiatives in England: A longitudinal, controlled natural experimental study. Soc. Sci. Med. 1 november 2013; 97: 228–37.
7. Goodman A, Sahlqvist S, Ogilvie D, iConnect Consortium on behalf of the iConnect. New walking and cycling routes and increased physical activity: one- and 2-year findings from the UK iConnect Study. Am. J. Public Health. 14 september 2014; 104 (9): e38-46.
8. Panter J, Ogilvie D, iConnect consortium. Theorising and testing environmental pathways to behaviour change: natural experimental study of the perception and use of new infrastructure to promote walking and cycling in local communities. BMJ Open. 3 september 2015; 5 (9): e007593.



9. Kärmeniemi M, Lankila T, Ikäheimo T, Koivumaa-Honkanen H, Korpelainen R. The Built Environment as a Determinant of Physical Activity: A Systematic Review of Longitudinal Studies and Natural Experiments. Ann. Behav. Med. 17 februari 2018; 52 (3): 239–51.

10. Sallis JF, Cerin E, Conway TL, Adams MA, Frank LD, Pratt M, et al. Physical activity in relation to urban environments in 14 cities worldwide: a cross-sectional study. Lancet. 28 mei 2016; 387 (10034): 2207–17.

11. Shoham DA, Dugas LR, Bovet P, Forrester TE, Lambert E V, Plange-Rhule J, et al. Association of car ownership and physical activity across the spectrum of human development: Modeling the Epidemiologic Transition Study (METS). BMC Public Health. 21 december 2015; 15 (1): 173.

12. Saelens BE, Sallis JF, Frank LD. Environmental correlates of walking and cycling: Findings from the transportation, urban design, and planning literatures. Ann. Behav. Med. April 2003; 25 (2): 80–91.

13. Oja P, Titze S, Bauman A, de Geus B, Krenn P, Reger-Nash B, et al. Health benefits of cycling: a systematic review. Scand. J. Med. Sci. Sports. 1 augustus 2011; 21 (4): 496–509.

14. Mueller N, Rojas-Rueda D, Cole-Hunter T, de Nazelle A, Dons E, Gerike R, et al. Health impact assessment of active transportation: A systematic review. Prev. Med. (Baltim.). 1 juli 2015; 76: 103–14.

15. Kelly P, Kahlmeier S, Götschi T, Orsini N, Richards J, Roberts N, et al. Systematic review and meta-analysis of reduction in all-cause mortality from walking and cycling and shape of dose response relationship. Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act. 24 december 2014; 11 (1): 132.

16. Fraser SDS, Lock K. Cycling for transport and public health: a systematic review of the effect of the environment on cycling. Eur J Public Health. 1 december 2011; 21 (6): 738–43.

17. de Nazelle A, Nieuwenhuijsen MJ, Antó JM, Brauer M, Briggs D, Braun-Fahrlander C, et al. Improving health through policies that promote active travel: a review of evidence to support integrated health impact assessment. Environ. Int. Mei 2011; 37 (4): 766–77.

18. Rojas-Rueda D, de Nazelle A, Teixidó O, Nieuwenhuijsen MJ. Replacing car trips by increasing bike and public transport in the greater Barcelona metropolitan area: A health impact assessment study. Environ. Int. 15 november 2012; 49: 100–9.

19. WIV-ISP. Gezondheidsenquête 2013. Rapport 2: gezondheidsgedrag en leefstijl. Lichaamsbeweging. Brussel; 2014 [geraadpleegd op 10 mei 2019]. Te raadplegen op: https://his.wiv-isp.be/nl/Gedeelde%20%20documenten/PA_NL_2013.pdf

20. Moreau N, Lebacq T, Dujeu M, de Smet P, Godin I, Castetbon K. Comportements, bien-être et santé des élèves. Enquête HBSC 2014 en 5e-6e primaire et dans le secondaire en Fédération Wallonie-Bruxelles. Service d'Information, Promotion, Education Santé (SIPES), Ecole de Santé Publique, Université libre de Bruxelles; 2017. 320 p.

21. Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Vervoer. Federale enquête woon-werkverkeer 2017-2018. 2019 [geraadpleegd op 3 juni 2019]. Te raadplegen op:

https://mobilit.belgium.be/nl/mobiliteit/woon_werkverkeer

22. Ermans T, Brandeleer C, Hubert M, Lebrun K, Sieux F. Woon-werkverplaatsingen: stand van zaken en actieperspectieven voor de bedrijven. Brussels Studies. 2018; 125. Te raadplegen op: https://journals.openedition.org/brussels/1690

23. Pro Velo vzw, Brussel Mobiliteit. Observatoire du vélo en Région de Bruxelles Capitale. Comptages et analyse des données. Rapport 2018. 2018 [geraadpleegd op 10 mei 2019]. Te raadplegen op: https://provelo.cdn.prismic.io/provelo%2Fb3a50823-cc98-4c08-8ceb-d0ffe8df97d1_obs_rbc_2018_rapport.pdf

24. Mezoued AM, Letesson Q. Repenser le partage de l'espace public pour un hypercentre marchable. BSI-BCO. 2018 [geraadpleegd op 10 mei 2019]. Te raadplegen op: http://bco.bsi-brussels.be/repenser-le-partage-de-lespace-public-pour-un-hypercentre-marchable/

25. Tainio M, de Nazelle AJ, Götschi T, Kahlmeier S, Rojas-Rueda D, Nieuwenhuijsen MJ, et al. Can air pollution negate the health benefits of cycling and walking? Prev. Med. (Baltim). 1 juni 2016; 87: 233–6.

26. Kaur S, Nieuwenhuijsen M, Colvile R. Personal exposure of street canyon intersection users to $PM_{2.5}$, ultrafine particle counts and carbon monoxide in Central London, UK. Atmos. Environ. Juni 2005; 39 (20): 3629–41.

27. Goel A, Kumar P. Characterisation of nanoparticle emissions and exposure at traffic intersections through fast-response mobile and sequential measurements. Atmos. Environ. 1 april 2015; 107: 374–90.

28. Kumar P, Goel A. Concentration dynamics of coarse and fine particulate matter at and around signalised traffic intersections. Environ. Sci. Process. Impacts. 1 september 2016; 18 (9): 1220–35.

29. Foraster M, Eze IC, Vienneau D, Brink M, Cajochen C, Caviezel S, et al. Long-term transportation noise annoyance is associated with subsequent lower levels of physical activity. Environ. Int. 1 mei 2016; 91: 341–9.

07 Andere verontreinigende stoffen

De bedoeling van dit hoofdstuk is om de andere types milieuverontreiniging in de stad te bespreken, naast luchtvervuiling en geluidshinder, waarvoor we geen specifieke gezondheidsgegevens hebben over Brussel. Dit deel geeft een kort overzicht van binnenluchtvervuiling, chemische producten, zware metalen en elektromagnetische velden en hun bewezen en mogelijke effecten op de menselijke gezondheid.

7.1. Binnenluchtvervuiling

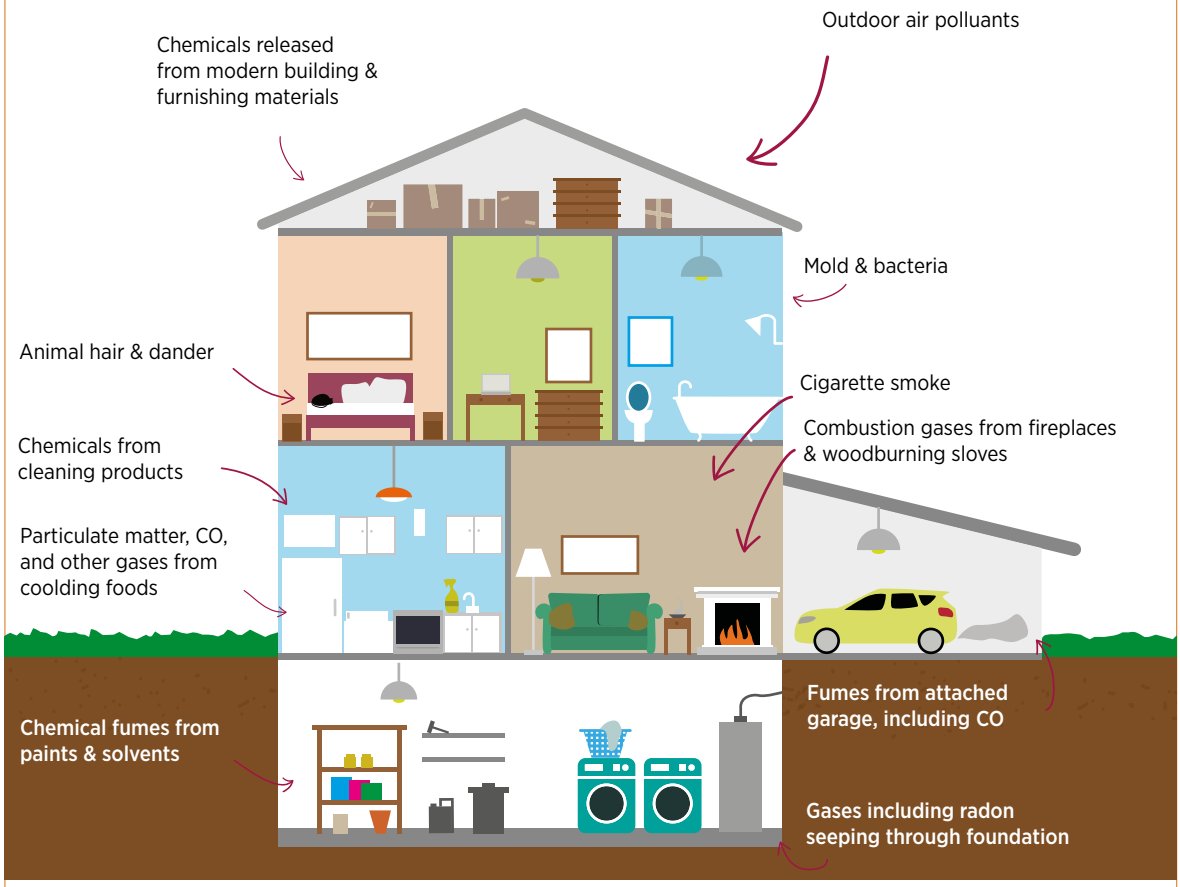
In Europa brengen we ongeveer 90% van onze tijd binnen door, of dat nu thuis is (min of meer twee derde van de tijd), op het werk, op school of in openbare ruimten (1). De term binnenluchtkwaliteit verwijst naar de luchtkwaliteit in en rond de gebouwen en infrastructuren die de gezondheid en het comfort van de mensen in die plaatsen beinvloedt. Binnenluchtvervuiling betreft niet enkel de woonplaats, maar ook de werkplek, vervoermiddelen en vrijetijdsruimten (2).

Omdat we het merendeel van onze tijd binnen doorbrengen, zijn de gevolgen van binnenluchtvervuiling op de gezondheid een belangrijke bekommernis voor de volksgezondheid. De gezondheidseffecten kunnen onmiddellijk of op langere termijn optreden. Korte blootstelling aan verontreinigende stoffen in de binnenlucht veroorzaakt acute reacties, zoals oog- en neusirritatie en irritatie van de luchtwegen, hoofdpijn, duizeligheid en vermoeidheid. Op lange termijn, bij blootstellingen gespreid over meerdere maanden of jaren, kunnen andere, meer ernstige pathologieën ontstaan: respiratoire aandoeningen zoals astma (vooral bij kinderen), allergieën, cardiovasculaire aandoeningen en longkanker (2). Eén van de gevolgen op de gezondheid van blootstelling aan binnenluchtvervuiling is het sickbuildingsyndroom. De algemene bevolking kan eronder lijden, maar meer specifiek nemen we het waar op de werkplek (kantoren).

Het sickbuildingsyndroom (of “sick building syndrome” in het Engels) is een geheel van symptomen zonder duidelijke etiologie. Het syndroom wordt toegeschreven aan een gebrek aan verluchting en de aanwezigheid van vluchtige organische stoffen, chemische producten en vochtigheid in de materialen van het gebouw (2). In het algemeen veroorzaakt het irritaties van de zintuigen (ogen, neus en keel), een droge huid en algemene klachten zoals hoofdpijn en een lethargische toestand (3).

Net als buitenlucht bevat binnenlucht vele verontreinigende stoffen, waaronder sigarettenrook, koolstofmonoxide (CO), stikstofdioxide (NO_2), verontreinigende stoffen van in de buitenlucht, formaldehyde en anderen vluchtige organische stoffen (VOS), geluidshinder, vochtigheid, schimmels en bacteriën, dierenharen, mijten, radon, enz. (2). Die verontreinigende stoffen zijn afkomstig van verschillende bronnen (zie afbeelding 7-01): tabaksrook, gasfornuizen, houtvuren (open haarden) en andere soorten rook (kaarsen, voeding bereiden), bouwmaterialen, meubilair, chemische producten (verf, oplosmiddelen) en schoonmaakproducten, de aard van de bodem (wat radon betreft), huisdieren, ongedierte (ratten, muizen, kakkerlakken), verwarmings- en koelsystemen (airconditioning), printers en kopieermachines, enz. (2).

Afbeelding 7-01. Doorsnede van een huis met de verschillende types verontreiniging die vaak binnen voorkomen.



Bron: https://www.epa.gov/expobox/exposure-assessment-tools-media-air

De buitenluchtvervuiling door het wegverkeer of industriële activiteiten kan in de woning terechtkomen via infiltratie en natuurlijke of mechanische ventilatie (4).

De problemen in verband met binnenluchtvervuiling treffen in het bijzonder de kwetsbare bevolkingsgroepen, zoals kinderen, jongvolwassenen, ouderen, zwangere vrouwen en personen die lijden aan chronische respiratoire of cardiovasculaire ziekten (4). Ook personen met een lagere socio-economische status lijden er meer onder dan de anderen (1).

In het BHG is sinds 2000 een Regionale Cel operationeel voor Interventie bij Binnenluchtvervuiling (RCIB)[18] die onder Leefmilieu Brussel valt. Die cel heeft als opdracht de verontreinigende stoffen in woningen te identificeren en te herkennen die de oorzaak kunnen zijn van gezondheidsproblemen bij klagers. Ze helpt een diagnose op te stellen na een medisch verzoek wanneer de arts vermoedt dat binnenluchtvervuiling de gezondheidseffecten veroorzaakt. Er zijn gegevens over hoe vaak het RCIB hulp bood sinds 2000, maar die informatie levert geen algemeen beeld op van de mate waarin de Brusselse bevolking blootgesteld wordt aan binnenluchtvervuiling. Die gegevens gaan immers enkel over personen met gezondheidsproblemen verbonden aan binnenluchtvervuiling.

7.2. Chemische producten

Chemische producten zijn een zeer grote verzameling van verschillende stoffen waar we regelmatig mee in aanraking komen. Sommige van die stoffen verstoren het milieu en veroorzaken gezondheidsproblemen. Chemische producten zijn niet weg te denken uit ons leven en onze consumptie. We gebruiken immers regelmatig schoonmaakproducten, pesticiden, verf, lijm, bouwmaterialen, meubilair, schoonheidsproducten, kunststoffen, enz.

18. https://leefmilieu.brussels/themas/binnenlucht/uw-interieur-schoonhouden/rcib

Sommige stoffen zijn gevaarlijk voor de gezondheid, zoals benzeen, dioxines en derivaten ervan, pesticiden, bisfenol A, ftalaten (die worden gebruikt bij de productie en samenstelling van kunststoffen), persistente organische verontreinigende stoffen (die moeilijk worden afgebroken in het leefmilieu) en bepaalde zware metalen (5).

De effecten van blootstelling aan chemische producten op de gezondheid van de mens kunnen acuut zijn (onmiddellijke intoxicatie, verstikking, irritatie, brandwonden of vergiftiging) of minder opvallend zijn en zich na meerdere jaren, op lange termijn, ontwikkelen (6). Dat laatste is het geval voor werknemers die jarenlang werden blootgesteld aan lage dosissen of voor andere personen die herhaaldelijk met een giftige stof in aanraking komen. De mogelijke effecten op lange termijn zijn de ontwikkeling van kanker (in de huid, het ademhalingsstelsel, het zenuwstelsel, de nieren, de lever, de blaas, enz.), hartritmestoornissen, astma, verschillende ademhalingsproblemen, bloedarmoede, hepatitis, psychiatrische problemen en cognitieve ontwikkelingsproblemen (bij kinderen) (6).

Sommige stoffen vormen een gezondheidsrisico zodra een bepaalde blootstellingsgrens is overschreden, terwijl het bij andere gevaarlijk is om er nog maar mee in aanraking te komen. Elke blootstelling wordt dan als nefast beschouwd en er bestaat geen veilige grenswaarde, zoals die bijvoorbeeld voor benzeen wel bestaat (7).

Momenteel bestaat er voor het BHG geen systeem om gegevens te meten of te verzamelen, noch een monitoringsysteem dat toelaat de blootstelling van de bevolking van de hoofdstad aan chemische producten te onderzoeken.

7.3. Zware metalen

Zware metalen worden zo genoemd door hun hoge dichtheid. Ze komen in hun natuurlijke toestand voor in het leefmilieu (water, lucht en bodem) en worden in verschillende vormen door menselijke activiteiten geproduceerd. Sommige metalen zoals lood, cadmium, kwik en arsenicum kunnen schadelijk zijn voor onze gezondheid, vooral bij een acute of chronische intoxicatie, die vaak voortkomt uit een inname via de voeding.

Hoewel de **lood**concentratie in de lucht gevoelig is gedaald sinds lood in benzine verboden is, belandt het nog steeds in de atmosfeer via industriële en particuliere bronnen (oude loodhoudende verf). Het komt ook in voeding voor. De belangrijkste loodhoudende voedingsmiddelen in Europa zijn brood, dranken, aardappelen en gefermenteerde zuivelproducten (8). Lood stapelt zich op in het lichaam en de effecten op de gezondheid betreffen vooral het centraal zenuwstelsel en bovenal de intellectuele ontwikkeling van kinderen (8). Het International Agency for Research on Cancer (IARC) klasseerde anorganisch lood als waarschijnlijk kankerverwekkend voor de mens.

Cadmium wordt voornamelijk via de voeding opgenomen (voor de niet-rokers). In Europa zit cadmium vooral in aardappelen, brood en banket, chocolade, groenten (in het bijzonder bladgroenten) en tweekleppige weekdieren (9). Het IARC klasseert cadmium met zekerheid als kankerverwekkend voor de mens. Het veroorzaakt kanker in de ademhalingsorganen (vooral de longen), het baarmoederslijmvlies, de blaas en de borsten. Het is ook giftig voor de nieren en kan leiden tot botdemineralisatie (9).

Kwik komt voor in het leefmilieu, maar zit hoofdzakelijk in visserijproducten (roofvissen en zeevruchten) in de vorm van methylkwik door bioaccumulatie. Ook granen, graanproducten en groenten bevatten kwik, maar in mindere mate. Methylkwik is vooral giftig voor de nieren, maar kan ook de lever, het centraal zenuwstelsel, het immuun- en voortplantingssysteem en de lever aantasten. Kwik vormt een bedreiging voor de neurologische ontwikkeling van foetussen en jonge kinderen die eraan worden blootgesteld (10).

Arsenicum komt in organische vorm voor in het leefmilieu op natuurlijke wijze (grondwater). De anorganische vorm is zeer giftig en zit in verontreinigde bodems en water. Intoxicatie met arsenicum gebeurt het vaakst door inname van verontreinigde voedingsmiddelen zoals graanproducten, rijst, zuivelproducten en drinkwater (11). Het IARC klasseert arsenicum sinds 1980 als bewezen kankerverwekkend voor de mens. Door arsenicum ontstaan long-, huid- en blaaskanker en huidletsels. Daarnaast beïnvloedt het de ontwikkeling van kinderen (12).

Met de meetstations voor de luchtkwaliteit in Brussel wordt de concentratie aan zware metalen in de lucht regelmatig gemeten[19]. Die controles kunnen abnormale waarden aan het licht brengen en laten een snelle reactie toe. Ook de concentratie aan benzeen en andere chemische verontreinigende producten wordt geregeld gemeten (in real time). Het Federaal Agentschap voor de veiligheid van de voedselketen (FAVV[20]) voert bovendien controles uit door voedingsmiddelen te analyseren.

Er bestaan Europese normen die in België zijn omgezet in nationaal recht, waarmee bijvoorbeeld grenswaarden voor beroepsmatige blootstelling (13) en maximale concentraties in de lucht (14), in voedingsmiddelen (15), materialen en producten (16) worden vastgelegd.

7.4. Elektromagnetische velden

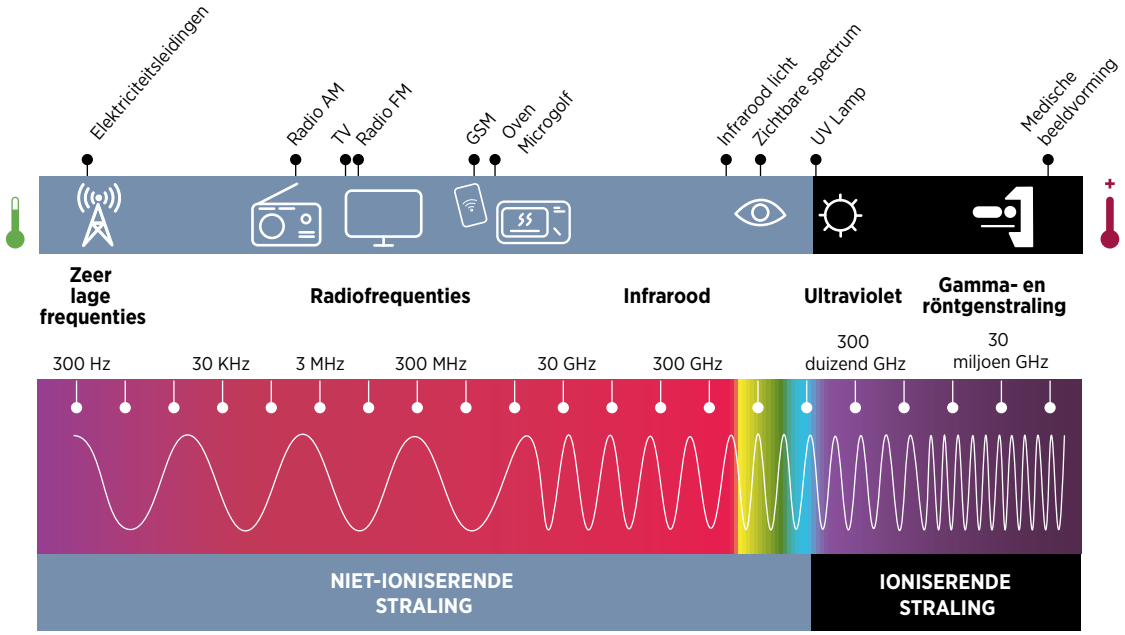
Elektromagnetische velden (EMV's) zijn overal aanwezig in ons leefmilieu, ook al zijn ze onzichtbaar en nauwelijks waarneembaar. Ze hebben altijd al bestaan in hun natuurlijke vorm. Licht (lichtgolven) is het meest bekende voorbeeld ervan. EMV's worden ook voortgebracht door elektrische toestellen en nieuwe technologieën. De alomtegenwoordigheid en toename van die velden die voortkomen uit menselijke activiteiten baren zorgen over de mogelijke effecten ervan op onze gezondheid.

Alle sectoren kunnen te maken hebben met elektromagnetische velden omdat die voor vele toepassingen aanwezig zijn. Hetzelfde geldt voor woningen, waar het aantal huishoudtoestellen en (draadloze) elektrische toestellen per huishouden de laatste jaren toenam door nieuwe technologieën (wifi, 4G, bluetooth, enz.) (afbeelding 7-02). De huidige generatie kinderen en jongeren wordt vroeger en intenser blootgesteld aan meerdere bronnen van EMV's in vergelijking met de vorige generaties. Momenteel bestaan er geen gegevens voor het hele gewest, over de blootstelling van Brusselaars aan elektromagnetische velden en waarmee de effecten ervan op de gezondheid kunnen worden onderzocht. Elektromagnetische velden zijn samengesteld uit verschillende categorieën van velden en golven, naargelang hun frequentie. Afbeelding 7-02 illustreert enkel de categorieën van EMV's met bewezen of vermoedelijke effecten op de gezondheid (op basis van de huidige kennis).

Door nieuwe technologieën en een stijgend elektriciteitsverbruik ontwikkelen sommige personen aspecifieke symptomen (vermoeidheid), dermatologische klachten (vooral in het gelaat: roodheid, jeuk), cognitieve problemen (geheugenverlies) en neurologische symptomen (duizeligheid) (23). Die personen schrijven de ervaren symptomen toe aan de aanwezigheid en het gebruik van elektrische toestellen en elektromagnetische velden in het algemeen. Ze beschouwen zichzelf als bijzonder gevoelig aan EMV's, vooral aan EMV's met een extreem lage frequentie (ELF-EMV's) en radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMV's). Die personen worden elektrohypersensitief genoemd. De symptomen kunnen in meer of mindere mate een beperking veroorzaken en de levenskwaliteit beïnvloeden. Sommige personen stoppen zelfs met werken en passen hun levensstijl drastisch aan in een poging aan EMV's te ontsnappen. Vrouwen van middelbare leeftijd hebben een hoger risico om die symptomen te ontwikkelen (23). De mogelijke wisselwerkingen met EMV's zijn momenteel nog niet duidelijk vastgesteld en er is nog geen wetenschappelijk bewijs voor een causaal verband (18). Er zijn studies aan de gang die de effecten van herhaaldelijke blootstelling aan elektromagnetische velden onderzoeken.

19. https://leefmilieu.brussels/themas/lucht-klimaat/luchtkwaliteit/meetnetten-van-de-luchtkwaliteit
20. http://www.favv.be/

Afbeelding 7-02. De verschillende elektromagnetische velden naargelang hun frequentie en de bewezen en vermoedelijke effecten ervan op de gezondheid van de mens.



EMV met een extreem lage frequentie (ELF):
Het IARC klasseerde ELF-EMV's in 2002 als mogelijk kankerverwekkend voor de mens op basis van een duidelijk verband tussen de incidentie van leukemie bij kinderen en gemiddelde dagelijkse residentiële blootstellingen hoger dan 0,3-0,4 µT (microtesla, meeteenheid voor magnetische inductie).

Er kon echter geen enkel biologisch mechanisme duidelijk worden aangetoond, wat het momenteel onmogelijk maakt dat causaal verband te verklaren (17, 18, 20, 22).

Bronnen:
elektrische netstroom en stroom van erop aangesloten elektrische toestellen (lampen, huishoudtoestellen, computers, enz.), hoogspanningslijnen, elektrische voertuigen.

Radiofrequente (RF) elektromagnetische velden:
Deze zijn geklasseerd als mogelijk kankerverwekkend voor de mens, op basis van een toegenomen risico op glioom, een kwaadaardige vorm van hersenkanker (19). We vermelden deze zone van het menselijk lichaam omdat die weefsels de eerste zijn die blootgesteld worden aan gsm's (18). RF-EMV's worden geklasseerd als kankerverwekkend met beperkte aanwijzingen voor de hersenen en het centraal zenuwstelsel.

Dat betekent dat er een causaal verband werd vastgesteld tussen RF-EMV's en het onderzochte type kanker, maar dat toeval en biases onmogelijk helemaal kunnen worden uitgesloten bij de verklaring van dat verband (19).

Bronnen:
antennes van radio's, televisies, gsm's, radars van luchtvaartnavigatie of snelheidscontroles en microgolfovens.

Ioniserende en ultraviolette straling:
Er zijn voldoende indicaties om röntgenstralen, gammastralen, UVA- en UVB-stralen en zonnestralen met zekerheid te beschouwen als kankerverwekkend voor de mens.

Het is aangetoond dat blootstelling aan die stralen het risico op kankerontwikkeling verhoogt op verschillende plaatsen (de huid, (speeksel)klieren, slokdarm, maag, longen, dikke darm, botten, enz.) (17)

Bronnen:
de zon, zonnenbanken.

Bron: https://life-maxx.fr/

7.5. BELANGRIJKSTE PUNTEN

- We brengen het grootste deel van onze tijd door in binnenruimten, waardoor we met veel stoffen in contact komen. Sommige daarvan hebben op korte of lange termijn negatieve effecten op de gezondheid.
- Chemische producten vormen een grote verzameling stoffen die mogelijk gevaarlijk zijn voor de gezondheid. Naargelang de duur van het contact en de concentratie van het product kan de intoxicatie meer of minder ernstig zijn en kan ze aanzienlijke en zelfs onomkeerbare effecten hebben op de gezondheid.
- De zware metalen die om gezondheidsredenen het belangrijkst zijn om op te volgen, zijn onder andere lood, cadmium, kwik en arseen. Die komen immers voor in het leefmilieu (water, lucht en bodem) en in voedingsmiddelen.
- Elektromagnetische velden zijn alomtegenwoordig geworden in ons leefmilieu. Er zijn verschillende categorieën velden en straling naargelang de frequentie. Bepaalde types velden kunnen effecten hebben op de gezondheid, maar daarover is de kennis nog relatief beperkt.
- Er zijn te weinig gegevens over de blootstelling van de Brusselse bevolking aan de verontreinigende stoffen vermeld in dit hoofdstuk. Door dat gebrek aan gegevens is het niet mogelijk te onderzoeken wat de werkelijke effecten zijn op de gezondheid van de bewoners van het BHG die zijn blootgesteld aan de besproken verontreinigende stoffen.

7.6. Referenties

1. WHO. Combined or multiple exposure to health stressors in indoor built environments. An evidence-based review prepared for the WHO training workshop “Multiple environmental exposures and risks” 16-18 oktober 2013. 2014 [geraadpleegd op 6 juni 2019]. Te raadplegen op: www.euro.who.int
2. Tham KW. Indoor air quality and its effects on humans—A review of challenges and developments in the last 30 years. Energy Build. 15 oktober 2016; 130: 637–50.
3. Crook B, Burton NC. Indoor moulds, Sick Building Syndrome and building related illness. Fungal Biology Reviews. Augustus 2010; 24: 106-13.
4. Cincinelli A, Martellini T. Indoor Air Quality and Health. Int. J. Environ. Res. Public Heal. 2017; 14.
5. WHO. Ten chemicals of major public health concern. 2019 [geraadpleegd op 14 juni 2019]. Te raadplegen op: https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/chemicals_phc/fr/
6. INRS. Risques chimiques. 2019. [geraadpleegd op 14 juni 2019]. 66 p. Te raadplegen op: www.inrs.fr/risques/chimiques.html
7. IARC. Benzene: volume 120. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon, Frankrijk: WHO Press; 2018. [geraadpleegd op 14 juni 2019]. 309 p. Te raadplegen op: http://publications.iarc.fr/576
8. EFSA. Lead dietary exposure in the European population. EFSA J. 2012; 10 (7): 2831.
9. EFSA. Cadmium dietary exposure in the European population. EFSA J. 2012; 10 (1): 2551.
10. EFSA. Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. EFSA J. 2012; 10 (12): 2985.
11. EFSA. Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population. EFSA J. 2014;12(3):3597.
12. EFSA. Scientific Opinion on Arsenic in Food. EFSA J. 2009;7(10):1351.
13. Blaude M.N., Fierens S. Gegevensbank met beroepsmatige blootstellingsgrenswaarden in België en de naburige landen. Brussel, België: Sciensano; 2019, 30 p. Nummer van het rapport: D/2019/14.440/13. Gemaakt door Sciensano voor de FOD Werkgelegenheid, Arbeid en Sociaal Overleg om de agentia te inventariseren: https://werk.belgie.be/nl/onderzoeksprojecten/2019-gegevensbank-met-beroepsmatige-blootstellingsgrenswaarden-belgie-en-de

14. Richtlijn 2004/107/EG van het Europees parlement en de Raad van 15 december 2004 betreffende arseen, cadmium, kwik, nikkel en polycyclische aromatische koolwaterstoffen in de lucht: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32004L0107&qid=1602765853421&from=EN,

richtlijn 2008/50/EG van het Europees parlement en de Raad van 20 mei 2008 betreffende de luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32008L0050&qid=1602765989217&from=EN

15. Verordening (EG) nr. 1881/2006 tot vaststelling van de maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32006R1881&qid=1602765185155&from=EN,

wijziging van verordening (EG) nr. 1881/2006 wat de maximumgehalten voor lood in bepaalde levensmiddelen betreft: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32015R1005&from=FR,

wijziging van verordening (EG) nr. 1881/2006 wat de maximumgehalten voor cadmium in levensmiddelen betreft: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32014R0488&qid=1602765512019&from=EN,

wijziging van verordening (EG) nr. 1881/2006 wat de maximumgehalten voor anorganisch arseen in levensmiddelen betreft: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32015R1006&from=FR

16. Europese REACH-wetgeving inzake alle chemische stoffen: https://echa.europa.eu/nl/regulations/reach/legislation

17. IARC. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, Volume 80. Non-Ionizing Radiation. 2002 [geraadpleegd op 31 juli 2019]; 80. Te raadplegen op: http://monographs.iarc.fr/

18. SCENIHR. Opinion on Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF). 2015 [geraadpleegd op 31 juli 2019]; Te raadplegen op:

http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/members_wg/index_en.htm

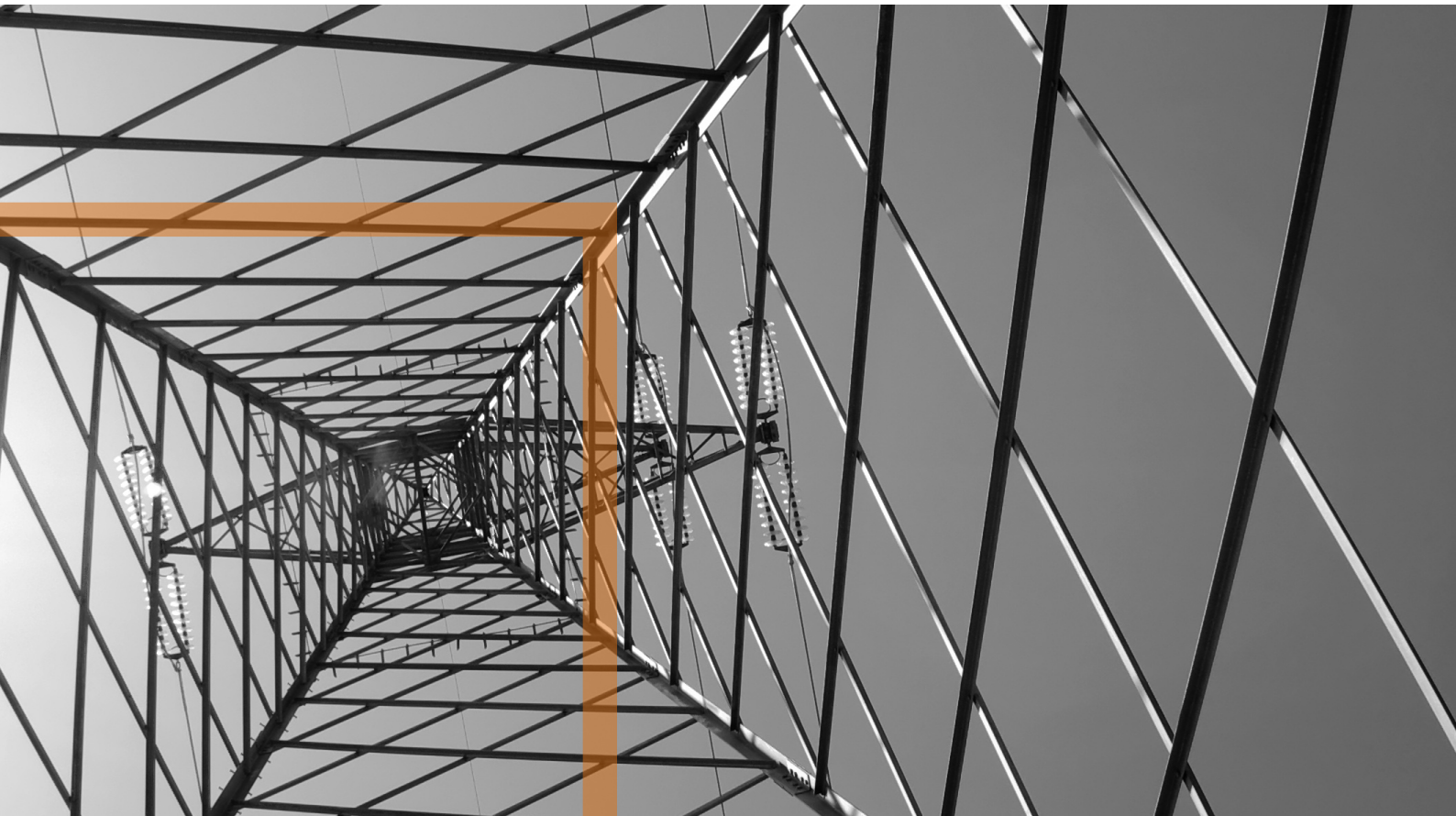
19. IARC. Non-ionizing radiation, Part 2: Radiofrequency electromagnetic fields. IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum. 2013 [geraadpleegd op 31 juli 2019]; 102 (Pt 2): 1–460. Te raadplegen op: http://monographs.iarc.fr/

20. Kheifets L, Ahlbom A, Crespi CM, Draper G, Hagihara J, Lowenthal RM, et al. Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia. Br. J. Cancer. 28 september 2010;103(7):1128-35.

21. El Ghissassi F, Baan R, Straif K, Grosse Y, Secretan B, Bouvard V, et al. A review of human carcinogens—Part D: radiation. Lancet Oncol. Augustus 2009; 10 (8): 751-2.

22. Gruber MJ, Palmquist E, Nordin S. Characteristics of perceived electromagnetic hypersensitivity in the general population. Scand. J. Psychol. Augustus 2018; 59 (4): 422-427.

23. Zhao L, Liu X, Wang C, Yan K, Lin X, Li S, et al. Magnetic fields exposure and childhood leukemia risk: A meta-analysis based on 11,699 cases and 13,194 controls. Leuk. Res. Maart 2014; 38 (3): 269-74.

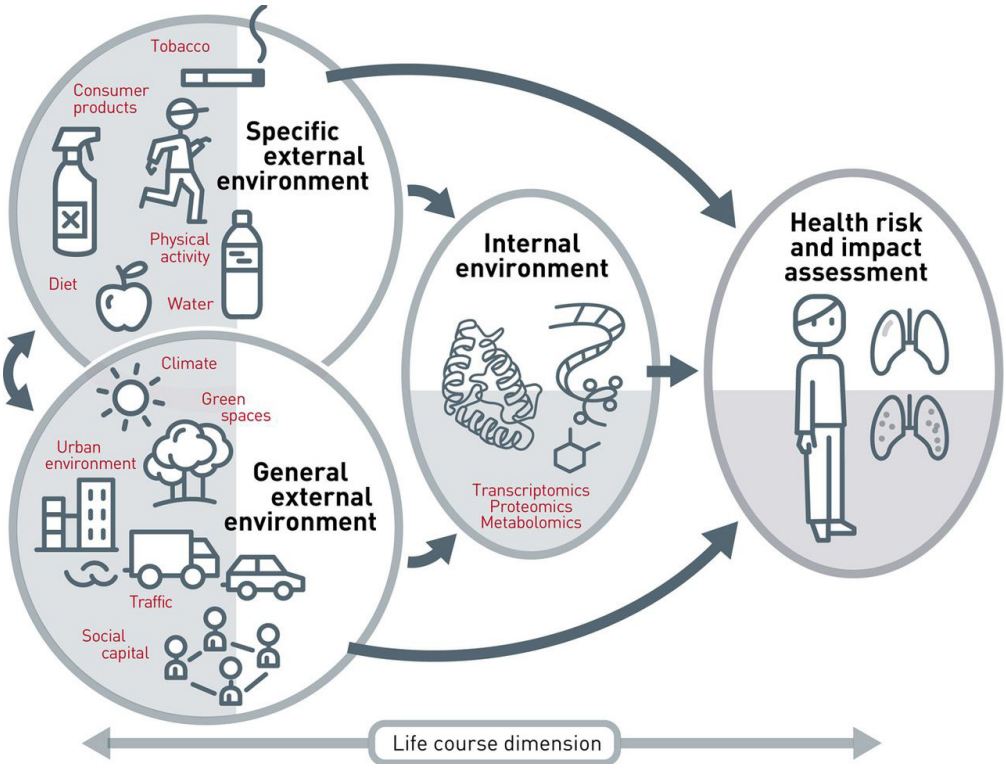


08 Multi-blootstelling

8.1. Definitie en concept van een exposoom

We worden dagelijks blootgesteld aan tal van milieuverontreinigende stoffen: luchtverontreinigende stoffen, omgevingslawaai, zware metalen, elektromagnetische velden, chemische producten, binnenluchtvervuiling enz. De term “multi- blootstelling” in dit rapport verwijst naar de blootstelling van ons lichaam aan meerdere vervuilende stoffen. Die verontreinigende stoffen, vaak slechts als sporen aanwezig, bevinden zich in het water, de lucht, de bodem, onze voeding of de voorwerpen die we gebruiken. Ze hebben onmiskenbaar een invloed op onze gezondheid.

Afbeelding 8-01. Het concept exposoom: invloed van de verschillende milieufactoren op onze gezondheid gedurende ons leven.



Bron: Vrijheid, 2015, p. 877 (3).

Tot voor kort spitsten milieugezondheidsonderzoeken zich bijna uitsluitend toe op de studie van de gezondheidseffecten van een enkele verontreinigende stof. Er was geen allesomvattend beeld van de brede waaier aan milieufactoren die onze gezondheid kunnen beïnvloeden (1). Weinig studies besteedden aandacht aan de gecombineerde effecten van de verontreinigende stoffen op onze gezondheid. Het concept exposoom werd onlangs bedacht in de milieu-epidemiologie en vult deze leemte op.

Het exposoom is de totaliteit van alle milieublootstellingen, in de ruime zin, waarmee we ons hele leven lang geconfronteerd worden. Het omvat de lucht die we inademen, het voedsel dat we eten, de voorwerpen die we aanraken, maar ook de psychologische stress die we ervaren, de activiteiten die we uitoefenen en de gewoonten die we aannemen. Dit concept werd uitgewerkt om de complexe oorzaken van milieugerelateerde chronische ziekten te onderzoeken (2).

Het concept exposoom in afbeelding 8-01 biedt een overzicht van alle milieufactoren die onze gezondheid beïnvloeden, van onze verwekking tot onze dood. Die factoren zijn opgedeeld in drie grote categorieën:

1. het algemene buitenmilieu, dat factoren zoals de stedelijke omgeving (luchtverontreiniging, lawaai, groene ruimten), het klimaat en het sociaal kapitaal omvat;

2. het specifieke buitenmilieu, dat factoren zoals voeding, de mate van lichaamsbeweging, levensstijl, huisvesting en gedrag (gebruik van alcohol en tabak, onveilige seksuele betrekkingen) omvat;

3. het zogenaamde interne milieu, dat biologische factoren zoals de darmflora, het metabolisme of het genetische materiaal omvat (3).

De studie van dit concept is uitermate belangrijk voor de volksgezondheid omdat onze blootstelling aan de meeste milieufactoren in hoge mate aan te passen is (in tegenstelling tot bijvoorbeeld de genetische factoren). Elke maatregel die erop gericht is onze blootstelling aan die factoren te veranderen biedt dan ook de mogelijkheid om de gezondheidseffecten ervan voor de bevolking drastisch te verminderen.

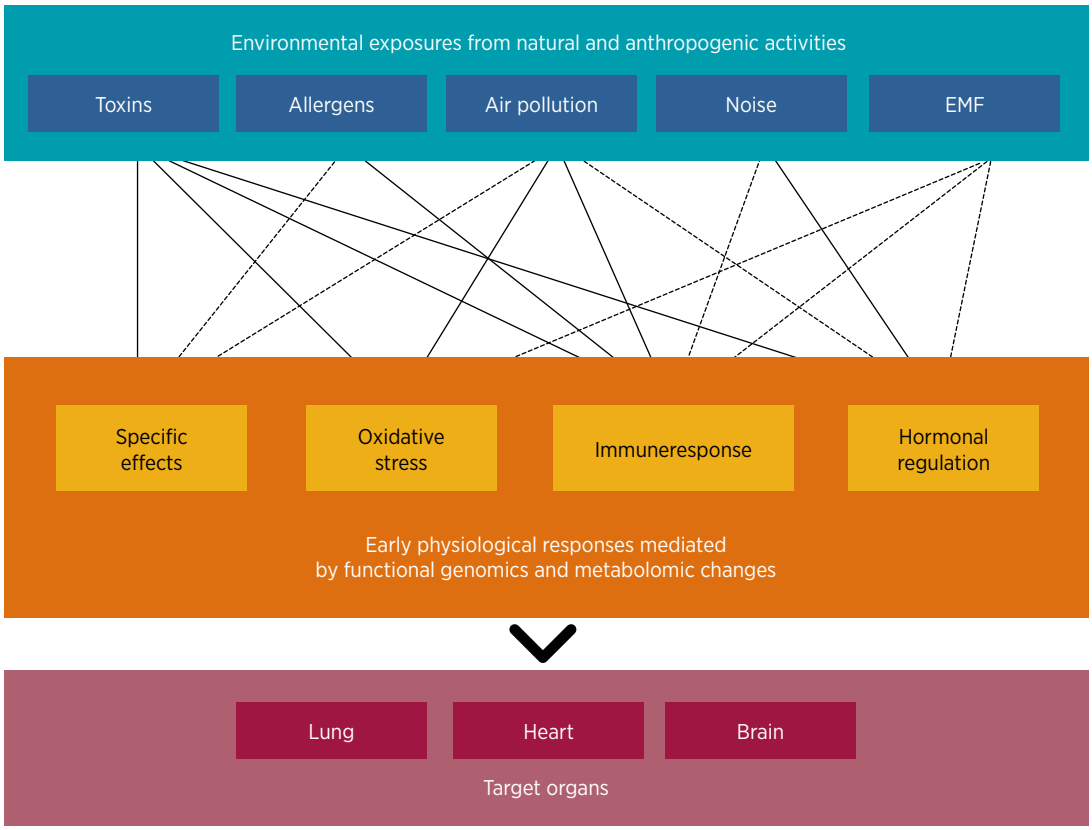
8.2. Voornaamste gezondheidseffecten van de gecombineerde blootstelling en fysiopathologische mechanismen

In werkelijkheid is het vrij complex om de gezondheidseffecten te bestuderen van mogelijke interacties tussen de vele verontreinigende stoffen waaraan we blootgesteld worden. Eén van de redenen daarvoor is het gebrek aan gegevens waarmee we onze blootstelling aan die veelheid van milieufactoren in kaart kunnen brengen. Vanuit methodologisch oogpunt is het ook niet altijd mogelijk om een onderscheid te maken tussen de gezondheidseffecten van die verschillende blootstellingen, vooral wanneer er een sterke onderlinge correlatie bestaat tussen meerdere milieufactoren. We weten echter dat er synergieën bestaan tussen verontreinigende stoffen. Bij chemische stoffen staat dit fenomeen bekend als het “cocktaileffect” Het cocktaileffect gaat ervan uit dat het gecombineerde gezondheidseffect van twee substanties groter is dan de som van de individuele effecten van elke substantie. Het cocktaileffect ontstaat bijvoorbeeld wanneer pesticiden of antiparasitaire stoffen worden gemengd (4).

Gelijktijdige blootstelling tijdens ons leven aan verschillende bronnen van verontreiniging kan dus schadelijker zijn voor ons lichaam dan de som van de individuele effecten van elke blootstelling op ons lichaam apart.

Steeds meer studies trachten de verschillende mechanismen en interacties tussen milieublootstelling en gezondheidseffecten te onderzoeken en te begrijpen. De volgende afbeelding (8-02) biedt een overzicht van het huidige onderzoek op het vlak van milieugezondheid (5). Ze illustreert de vooruitgang van de milieu-epidemiologie, die zich niet langer enkel toespitst op de studie van de gezondheidseffecten van verschillende milieufactoren, maar ook op de studie van biomarkers van blootstelling en genetische wijzigingen die door ons milieu zijn veroorzaakt.

Afbeelding 8-02. Overzicht van het onderzoeksveld van de milieu-epidemiologie, dat traditioneel onderzoek, onderzoek naar opkomende biomarkers en functionele genomica combineert (EMF: elektromagnetische velden).



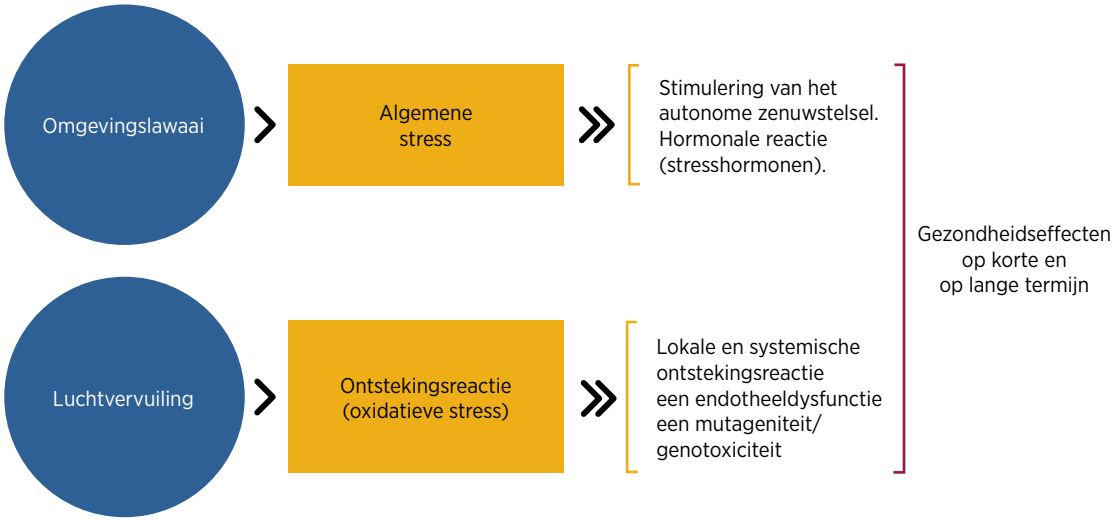
Bron: Peters, 2012, p. 104 (5).

In afbeelding 8-02 zijn de bewezen associaties weergegeven met ononderbroken lijnen en de hypothetische associaties met stippellijnen. De “doelorganen” (longen, hart en hersenen) zijn de organen die volgens de wetenschappelijke literatuur het zwaarst aangetast worden door milieuvervuiling. Verschillende andere organen zoals de lever, de blaas, de nieren en de voortplantingsorganen kunnen ook aangetast zijn. Het onderzoeksdomein is breed. Om doeltreffend te zijn en een maximaal aantal verontreinigende stoffen bij het onderzoek te betrekken is een sterke multidisciplinaire inzet vereist. Het onderzoek vordert gestaag, ook al blijft de kennis over het onderwerp beperkt.

8.3. Voorbeeld van een potentieel cocktaileffect: de gecombineerde effecten van luchtverontreiniging en omgevingslawaai op de gezondheid van de Brusselse bevolking

Zoals hierboven toegelicht is het niet altijd gemakkelijk om de mogelijke synergieën tussen verontreinigende stoffen te begrijpen. In dit deel nemen we het voorbeeld van luchtverontreiniging en geluidshinder om het belang van het onderzoek naar de mogelijke gecombineerde gezondheidseffecten van verschillende bronnen van verontreiniging in de verf te zetten.

Afbeelding 8-03. Belangrijkste fysiopathologische mechanismen veroorzaakt door omgevingslawaai en luchtverontreiniging.



Bron: Centre de Recherche en Santé Environnementale et Santé au Travail, Ecole de Santé Publique, ULB.

In het Brussels Hoofdstedelijk Gewest hebben luchtverontreiniging en omgevingslawaai een belangrijke gemeenschappelijke oorzaak: het wegverkeer.

Op het vlak van volksgezondheid is het daarom nuttig de relatieve bijdrage van luchtverontreiniging en omgevingslawaai als risicofactoren voor de gezondheid te begrijpen (6). Luchtverontreiniging en geluidshinder werden immers erkend als de twee belangrijkste milieurisicofactoren in verhouding tot de totale ziektelast ("burden of disease") in Europa (7). We hebben ook gewezen op de ingrijpende gezondheidseffecten van die twee factoren voor de Brusselse bevolking[21]. Elke maatregel die erop gericht is de blootstelling van de bevolking aan luchtverontreiniging en geluidshinder te verminderen biedt de mogelijkheid om de gezondheid van die bevolking in het BHG drastisch te verbeteren.

Om doeltreffende maatregelen te kunnen nemen, is het echter nodig om te begrijpen hoe die factoren onze gezondheid beïnvloeden, des te meer omdat de wetenschappelijke literatuur geluidshinder en omgevingslawaai associeert met gezondheidsproblemen zoals de ontwikkeling van cardiovasculaire aandoeningen of een verminderde geestelijke gezondheid (8). Luchtverontreiniging en omgevingslawaai beïnvloeden onze gezondheid op een verschillende manier. Dat zien we in afbeelding 8-03, die de verschillende mechanismen toont die de impact van luchtverontreiniging en omgevingslawaai op onze gezondheid verklaren.

Blootstelling aan lawaai veroorzaakt algemene stress in ons lichaam, dat vervolgens reageert door ons autonome zenuwstelsel te stimuleren en een hormonale reactie uit te lokken (6). Luchtverontreiniging daarentegen veroorzaakt een lokale en systemische ontstekingsreactie, een endotheeldysfunctie en een mutageniteit (6). Hoewel de mechanismen verschillend zijn (algemene stress versus oxidatieve stress), zijn de gevolgen voor bijvoorbeeld ons cardiovasculair systeem nagenoeg dezelfde (stijging hartslag en bloeddruk).

Het is belangrijk om die mechanismen in kaart te brengen. Zo kunnen we immers de mogelijke synergieën of "cocktaileffecten" als gevolg van onze blootstelling aan verschillende milieurisicofactoren aantonen. Het stelt ons ook in staat om de invloed van verschillende milieurisicofactoren aan te tonen wanneer die uit een gemeenschappelijke bron afkomstig zijn. Dit is dan weer nuttig voor de bevordering van doeltreffende maatregelen om de volksgezondheid te beschermen. Als we dit toepassen op het wegverkeer, gelet op de in kaart gebrachte mechanismen en de respectieve gezondheidseffecten van luchtverontreiniging en geluidshinder voor de Brusselse bevolking, moeten we bij de evaluatie van de wegverkeersmaatregelen in het BHG systematisch rekening houden met beide factoren.

21. Zie de resultaten van de GRB over luchtverontreiniging en omgevingslawaai in het BHG in hoofdstuk 3 en 4.

8.4. BELANGRIJKSTE PUNTEN

- We worden dagelijks blootgesteld aan tal van verontreinigende stoffen uit verschillende bronnen. Die verontreinigende stoffen zullen waarschijnlijk met elkaar interageren. Dit fenomeen staat in de toxicologie bekend als het “cocktaileffect”.
- Tot voor kort spitsten onderzoeken in de milieu-epidemiologie zich bijna uitsluitend toe op de studie van de gezondheidseffecten van één enkele verontreinigende stof. Er was geen allesomvattend beeld van de brede waaier aan milieufactoren die onze gezondheid beïnvloeden.
- Het concept exposoom wil deze leemte opvullen. Men gebruikt het om de som te beschrijven en te bestuderen van alle milieublootstellingen waarmee we ons hele leven lang geconfronteerd worden en die onmiskenbaar een invloed hebben op onze gezondheid.

8.5. Referenties

1. Vrijheid M, Slama R, Robinson O, Chatzi L, Coen M, van den Hazel P, et al. The human early-life exposome (HELIX): Project rationale and design. Environ. Health Perspect. Juni 2014; 22 (6): 535-44.
2. Miller GW. The Exposome: A primer. 1st ed. Academic press; 2013. [geraadpleegd op 15 juni 2019]. 118 p. Te raadplegen op: https://www.sciencedirect.com/book/9780124172173/the-exposome

   DOI: https://doi.org/10.1016/C2013-0-06870-3
3. Vrijheid M. The exposome: A new paradigm to study the impact of environment on health. Thorax. September 2014; 69 (9): 876-8.
4. Cedergreen N. Quantifying synergy: A systematic review of mixture toxicity studies within environmental toxicology. PLoS ONE. Mei 2014; 9 (5): e96580.
5. Peters A, Hoek G, Katsouyanni K. Understanding the link between environmental exposures and health: Does the exposome promise too much? J Epidemiol Community Health. Februari 2012; 66 (2): 103-5.
6. Stansfeld SA. Noise effects on health in the context of air pollution exposure. Int. J. Environ. Res. Public Health. Oktober 2015; 12 (10): 12735-12760.
7. Hanninen O, Knol AB, Jantunen M, Lim TA, Conrad A, Rappolder M, et al. Environmental burden of disease in Europe: assessing nine risk factors in six countries. Env Health Perspect. Mei 2014; 122 (5): 439-46.
8. European Commission. Science for Environment Policy: In-Depth Report 13: Links between noise and air pollution and socioeconomic status. UWE, Bristol: DG Environment by the Science Communication Unit, European Union; 2016. [geraadpleegd op 15 januari 2019]. 40 p. Te raadplegen op: http://ec.europa.eu/science-environment-policy

09 Aanbevelingen en conclusie

9.1. Voornaamste uitdagingen

Dit rapport behandelt de belangrijkste milieufactoren die een invloed hebben op onze gezondheid. Zo kunnen we voor het BHG een stand van zaken opmaken over de kennis van dit onderwerp.

Van alle verontreinigende stoffen blijft **luchtverontreiniging** algemeen gezien één van de belangrijkste en meest zorgwekkende verontreinigende stoffen voor onze gezondheid (1). In het BHG is luchtverontreiniging verantwoordelijk voor meer dan 900 voortijdige overlijdens per jaar. De $PM_{2,5}$-concentratieniveaus in het BHG zijn zorgwekkend voor onze gezondheid, ook al voldoen ze aan de huidige wetgeving. Over het algemeen zijn de concentratieniveaus van luchtverontreinigende stoffen een vrij goede indicator voor de gezondheidstoestand van een stad of regio. De organisatie van steden en stadscentra heeft echter verschillende voordelen. In goed ontworpen steden is er doorgaans minder luchtverontreiniging. Die steden hangen minder af van het autogebruik, de mobiliteit is er toegespitst op actieve vervoersmodi en ze beschikken over een performant openbaarvervoersnet met kwaliteitsvolle voorzieningen voor fietsers en voetgangers. Er zijn energie-efficiënte gebouwen, voldoende groene ruimten en groenbedekking om de restvervuiling efficiënt te filteren (2). Die elementen komen onvoldoende aan bod in het BHG. De groenbedekking en het groen en blauw netwerk zijn er ontwikkeld, maar over het algemeen blijft de uitstoot door verkeer en verwarming te hoog om door de vegetatie te kunnen worden geabsorbeerd (2). Bomen aanplanten is dan ook geen oplossing om de blootstelling terug te schroeven.

Ook **omgevingslawaai** is hinderlijk en was enkel in 2016 al verantwoordelijk voor het verlies van meer dan 10.000 gezonde levensjaren in het BHG. Bovendien hebben omgevingslawaai en luchtverontreiniging een aantal gemeenschappelijke bronnen, waaronder transport. Elke daling van het transport met voertuigen aangedreven met fossiele brandstoffen zal een gunstige invloed hebben en zal tot een verbetering leiden van beide milieuparameters.

Er zijn veel **groene ruimten** in het BHG, maar ze zijn niet gelijkmatig verdeeld over de stad. De natuur is dan ook niet voor alle Brusselaars even toegankelijk. Het aantal fietsers in het Brussels Gewest neemt al enkele jaren gestaag toe, maar zou nog verder kunnen stijgen dankzij adequate wegverbeteringen zoals fietspaden die afgescheiden liggen van het verkeer. Ook het aantal voetgangers zou kunnen stijgen door verschillende stedelijke ontwikkelingsprojecten, eenvoudigere verplaatsingstrajecten en een grotere veiligheid voor deze zogenaamde zwakke weggebruikers. Actieve verplaatsingen betekenen meer **lichaamsbeweging** voor de Brusselaars, wat een gunstig neveneffect is.

Naast deze typische stedelijke milieuverontreiniging worden de Brusselaars blootgesteld aan een **veelheid van andere verontreinigende stoffen**, elk naargelang zijn activiteiten, van de verwekking tot de dood.

Omdat verontreiniging in het BHG een grote invloed heeft op de gezondheid, zijn er dringende

maatregelen en investeringen nodig om de levenskwaliteit op te krikken en de gezondheid van onze medeburgers te beschermen. Vanuit het oogpunt van volksgezondheid is het promoten van actieve vervoerswijzen (wandelen en fietsen) in de stad één van de meest doeltreffende maatregelen (2). Dit soort maatregelen leidt niet enkel tot een drastische verlaging van luchtverontreiniging en geluidshinder in een gebied, maar ook tot een toename van de lichamelijke activiteit bij de bevolking. Dit heeft positieve langetermijneffecten op de gezondheid van die bevolking. Overeenkomstig het "beginsel dat milieuaantastingen aan de bron dienen te worden bestreden" beveelt de Hoge Gezondheidsraad (HGR) (3) ook aan om maatregelen in te voeren om alle vormen van vervuiling bij voorrang bij de bron aan te pakken. Effectieve maatregelen om de concentraties van luchtverontreinigende stoffen en de geluidsniveaus in te perken door het autoverkeer nog meer af te scheiden van de andere weggebruikers leiden immers niet tot een voldoende verbetering van de kwaliteit van het leefklimaat, maar kunnen we aanvullen met maatregelen om de uitstoot bij de bron aan te pakken (5).

Zoals toegelicht in hoofdstuk 3 over luchtverontreiniging zouden we die maatregelen vandaag kunnen toepassen tegen een kostprijs van 250 miljoen euro over een periode van tien jaar (met als doel de luchtverontreiniging met vijf procent per jaar terug te dringen), met een uiterst gunstige kosteneffectiviteit (één keer het Bbp/inwoner/DALY). Dit bedrag staat voor de gezondheidskosten die we kunnen vermijden als we de luchtverontreinigingsniveaus gedurende tien jaar jaarlijks met vijf procent terugdringen, op basis van de huidige kennis. De voordelen zijn tweeledig: een vermindering van de blootstelling zal immers de opkomst van nieuwe gezondheidseffecten tegenhouden.

9.2. Toegang tot gegevens en toekomstige studies

Toekomstige studies zijn nodig om gezondheidstrends die kenmerkend zijn voor het BHG te ontwaren en om rekening te houden met de blootstelling aan verschillende milieuparameters in een stad. Om die toekomstige studies in goede banen te leiden zijn nieuwe gegevens en een betere temporele en geografische afbakening van de bestaande gegevens nodig.

Ten eerste is het voor de luchtverontreiniging maar ook voor alle andere milieuparameters (waaronder geluidshinder) belangrijk om de gezondheidsgegevens toegankelijker te maken, zowel die uit de geboorte- en overlijdensformulieren als die uit de medische praktijk. Informatie over milieublootstellingen kan men uitbouwen door de geolokalisatie van mensen en hun woon- en werkplek mogelijk te maken. Met die gegevens kunnen we de effecten van luchtverontreiniging op de sterfte meten op een veel lager geografisch niveau (wijken of statistische sectoren). De gegevens zouden fungeren als indicator voor de grote lokale variabiliteit van de blootstellingen. Ten tweede, wat de luchtverontreiniging in het bijzonder betreft, is het belangrijk op te merken dat het verschil in concentraties aan de straatkant en op het binnenterrein van een huizenblok vaak groter is dan het verschil tussen twee meetstations van het Brusselse netwerk. Dit komt door de organisatie van de stad (de binnenterreinen van de huizenblokken zijn afgescheiden van de weg door een doorlopende barrière van gebouwen). De lokale verschillen in luchtverontreiniging hangen nauw samen met de nabijheid van de bron van de vervuiling, zoals blijkt uit de gezondheidseffectenstudies over de luchtkwaliteit die verband houden met de afstand tot de weg (6). Op lange termijn is de meting van de individuele blootstelling aan luchtverontreiniging dan ook waarschijnlijk één van de enige manieren om de gezondheidseffecten ervan te beoordelen.

Wat het omgevingslawaai betreft, zijn er bijkomende studies nodig om de effecten van de verschillende geluidsbronnen op de bevolking beter te kunnen inschatten (wegverkeer, treinverkeer, luchtverkeer, vrijetijdsbesteding). Het zou ook interessant zijn om de blootstelling aan lawaai objectief te meten (individuele blootstelling) en specifieke indicatoren te hanteren voor het verband tussen geluid en gezondheid, met name voor het luchtverkeerslawaai in het BHG. Bij een evaluatie van de gezondheidseffecten zijn de L_{den}-niveaus immers ontoereikend. De L_{den}-niveaus omvatten, met een weging, de geluidsoverlast die 's avonds en 's nachts wordt veroorzaakt. Ze verwijzen naar de richtlijn inzake omgevingslawaai[22]. Die weging is echter niet bedoeld om representatief te zijn voor een gezondheidseffect; ze is eerder een indicatie van de omvang van de geluidsoverlast op verschillende tijdstippen van de dag.

22. Richtlijn 2002/49/EG van het Europees Parlement en de Raad van 25 juni 2002 inzake de evaluatie en de beheersing van omgevingslawaai - Verklaring van de Commissie in het Bemiddelingscomité over de richtlijn inzake de evaluatie en de beheersing van omgevingslawaai

Het gebruik van groene ruimten door de Brusselaars moet worden bestudeerd om beter de behoeften en verwachtingen van de bevolking op dit vlak te kunnen inschatten. In het verlengde daarvan moeten we nieuwe indicatoren ontwikkelen om nauwkeuriger de toegankelijkheid van de stad voor voetgangers en het werkelijke aandeel van actieve vervoersmodi te meten. Inzicht in de belemmerende factoren en hefbomen voor de Brusselaar om over te schakelen op een actieve vervoerswijze vormt de sleutel naar deze transitie.

Van andere soorten milieublootstellingen (chemische producten, elektromagnetische golven, zware metalen, enz.) of van multi-blootstelling of de cumulatie van milieublootstellingen bestaan er geen Brusselse gegevens of zijn die niet beschikbaar. Met de gegevens die wel beschikbaar zijn is het onmogelijk om het gezondheidsrisico van die blootstellingen te beoordelen. Binnenluchtvervuiling, elektromagnetische velden en de studie van de interacties van verschillende blootstellingen zijn onderzoekdomeinen die we duidelijk nog moeten uitbouwen. Dat kan enkel door studies te lanceren waarin verschillende parameters zijn opgenomen en die tot doel hebben een bevolkingsgroep in de tijd te volgen. Het merendeel van de gepubliceerde milieugezondheidsstudies hebben immers tot doel de gezondheidseffecten van een bepaald soort blootstelling te valideren en eenvoudigweg de resultaten ervan te corrigeren door rekening te houden met een of andere bijkomende milieublootstelling.

Over het algemeen zal de beschikbaarheid van geïntegreerde gegevensbanken, die toegankelijk zijn voor alle onderzoekers (open data), het mogelijk maken de prioritaire vormen van verontreiniging (en hun bronnen, voor een doeltreffende actie) die de Brusselaars aanbelangen nauwkeuriger in kaart te brengen en zo acties voor te stellen en op te zetten om op een billijkere manier voor iedereen een betere gezondheid te bewerkstelligen.

Naast een gemakkelijkere en verbeterde toegankelijkheid van de bestaande gegevens is één van de prioriteiten voor het milieugezondheidsonderzoek in het BHG, het uitvoeren van een ambitieuze cohortstudie om alle milieufactoren die bijdragen tot de ontwikkeling en verergering van chronische niet-overdraagbare ziekten bij de Brusselse bevolking in kaart te brengen en nauwkeurig te meten. De analyse van de gezondheidsgegevens die zullen voortvloeien uit die cohortstudie zal het niet enkel mogelijk maken de invloed van tal van milieuparameters op de gezondheid van de bevolking van het BHG te onderzoeken, maar zal ook het debat en de denkoefeningen voeden om van het BHG een gewest te maken waar het aangenaam is om te leven.

In Europa zijn cohortstudies aan een opgang bezig. De eerste cohortstudies hebben als doel om de gezondheidseffecten van luchtverontreiniging te bestuderen (7). Die studies spitsen zich toe op stedelijke gebieden en maken het mogelijk om de langetermijneffecten vast te stellen, zoals dit al vele jaren gebeurt in de Verenigde Staten. Een ander voordeel van de cohortstudie is dat men een groep mensen doorheen de tijd kan volgen. Wanneer de studie lokaal wordt uitgevoerd in een stedelijk gebied, maakt ze het mogelijk om beter in te spelen op de werkelijkheid in de stad en kan men rekening houden met de specifieke eigenschappen van die stad op het vlak van bevolking, geografie, klimaat, structuur, dichtheid en stadsplanning (8). Dankzij dit soort studies over de blootstelling aan verschillende milieufactoren zouden we niet enkel de blootstelling maar ook de gezondheidseffecten voor de Brusselaars kunnen documenteren en krijgen we mogelijk een beter inzicht in de onderlinge verbanden tussen die factoren. Dit soort studies zou als doel hebben om de toekomstige acties te bepalen die de meest positieve impact hebben op de volksgezondheid. Omdat de gezondheidseffecten door blootstelling aan milieuparameters zelden onmiddellijk optreden, spreken we meestal over chronische ziekten die zich pas na een tijd ontwikkelen en verergeren.

9.3. Conclusie: welke stad voor welke gezondheidsniveau?

Net zoals elke stedelijke regio kampt het BHG met problemen, beperkingen en strategische uitdagingen. Milieuvervuiling brengt mede de gezondheid van de Brusselaars in gevaar. De aanpak van die negatieve kwesties vergt een radicale ommezwaai naar een transitie op het vlak van gezondheid. Als de problemen zich in de steden bevinden, dan ook de oplossingen.

De mechanismen die de blootstelling aan luchtverontreiniging en omgevingslawaai aan elkaar koppelen werden goed in kaart gebracht (zie hoofdstuk 3 en 4) en maatregelen om de uitstoot bij de bron aan te pakken zijn het meest doeltreffend gebleken (4). Er zijn nog een aan-

tal onzekerheden en nog niet alle gegevens zijn beschikbaar. De bestaande gegevens hebben echter al duidelijk aangetoond wat de effecten van milieuvervuiling op de gezondheid zijn en dat we die problematiek dringend moeten aanpakken. Bepaalde steden, gemeenten en regio's hebben die hoogdringendheid ingezien (zie de initiatieven BreatheLife[23] en C40[24]). Actie ondernemen voor het klimaat en schonere lucht levert gemeenschappelijke voordelen op. Bepaalde verontreinigende stoffen versterken immers het broeikaseffect (9).

De gezondheid van iedereen moet centraal staan in de besluitvorming in het algemeen, maar ook in de besluitvorming op het niveau van het BHG. Het getuigt van ambitie om gezondheid centraal te stellen in het beleid en het blijft een aanpak die bijdraagt tot een meer integratieve planning van stadsontwikkelingsinitiatieven ("Health in all policies") (10).

We zijn niet allemaal gelijk als het gaat om gezondheid en milieu: bepaalde bevolkingsgroepen zijn kwetsbaarder voor de gevolgen van verontreiniging zoals kinderen, zwangere vrouwen, ouderen en zieken, maar ook bevolkingsgroepen met een kwetsbaar sociaaleconomisch profiel (1,11). Het zijn die groepen die het meest (en het snelst) baat hebben bij maatregelen ter verbetering van de kwaliteit van het leefmilieu.

Om zoveel mogelijk te ijveren voor een duurzame transitie op het vlak van gezondheid en de uitstoot van verontreinigende stoffen die nefast zijn voor de gezondheid van de burgers terug te dringen, zal het BHG zijn bijdrage moeten leveren. De lokale bijdrage aan de uitstoot van verontreinigende stoffen is beperkt. We kunnen het doel echter enkel bereiken als alle belanghebbenden en actoren hun steentje bijdragen. Om het verlies aan gezonde levensjaren door blootstelling aan milieuverontreiniging significant te beperken zal het BHG dan ook een voor iedereen toegankelijke stadsplanning en openbaarvervoersnet moeten ontwikkelen. Eerst en vooral door de macht van "koning auto" aan banden te leggen en tegelijkertijd de voorkeur te geven aan actieve vervoersmodi en de veiligheid van alle gebruikers te waarborgen. Tezelfdertijd zal het BHG aantrekkelijker worden door de verdere uitbouw van groene en blauwe netwerken, de vergroening van ruimten en de rustigere wijken. Een verbetering van de gebouwen en dan vooral van hun energieprestaties zal de maatregelen ter verbetering van de openbare ruimte aanvullen. Die maatregelen zullen van de hoofdstad een duurzame stad maken en zullen het onder meer mogelijk maken de gezondheidsproblemen door luchtverontreiniging en geluidshinder terug te dringen en de inwoners in staat te stellen gezondere leefgewoontes aan te meten dankzij een gezonder leefmilieu. Een beter leefmilieu voor een betere gezondheid betekent tot slot ook en vooral actie ondernemen voor het klimaat en zo de toekomstige generaties veiligstellen.

23. https://breathelife2030.org
24. https://www.c40.org

9.4. Referenties

1. Landrigan PJ, Fuller R, Acosta NJR, Adeyi O, Arnold R, Basu N, et al. The Lancet Commission on pollution and health. Lancet. 19 oktober 2017; 391: 462-512.

2. Nieuwenhuijsen M, Khreis H. Integrating Human Health into Urban and Transport Planning: A Framework. Zwitserland: Springer International Publishing; 2019.

   Te raadplegen op: https://www.springer.com/gp/book/9783319749822

3. Hoge Gezondheidsraad. Gezond op weg: De milieueffecten van het verkeer op de gezondheid - Advies 8603. Brussel, België: HGR-CSS; 2011. [geraadpleegd op 9 december 2019]. Beschikbaar op:

   https://www.health.belgium.be/nl/advies-8603-gezond-op-weg

4. European Parliament. Environment Policy: general principles and basic framework. EU: European Parliament; 2019. [geraadpleegd op 9 december 2019]. Te raadplegen op: http://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/en/FTU_2.5.1.pdf

5. Curran JH, Ward HD, Shum M, Davies HW. Reducing cardiovascular health impacts from traffic-related noise and air pollution: Intervention strategies. Environ. Health Rev. Augustus 2013; 56 (02): 31–38.

6. Perez L, Declercq C, Iñiguez C, Aguilera I, Badaloni C, Ballester F, Bouland C, et al. Chronic burden of near-roadway traffic pollution in 10 European cities (APHEKOM network). Eur. Respir J. 21 maart 2013; 42 (3): 594-605.

7. Brunekreef B. Health effects of air pollution observed in cohort studies in Europe. J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol. December 2007; 17 S61-S65.

8. Slottje P, Yzermans CJ, Korevaar JC, Hooiveld M, Vermeulen RC. The population-based Occupatio-

nal and Environmental Health Prospective Cohort Study (AMIGO) in The Netherlands. BMJ Open. 26 november 2014; 4 (11): e005858.

9. WGO. The 8th Global Conference on Health Promotion, Helsinki, Finland, 10-14 June 2013 - The Helsinki Statement on Health in all policies. 2013 [geraadpleegd op 9 december 2019]. 2 p. Te raadplegen op:

   https://www.who.int/healthpromotion/conferences/8gchp/8gchp_helsinki_statement.pdf

10. WHO. Reducing Global Health Risks: Through mitigation of short-lived climate pollutants - Scoping report for policymakers. Genève, Zwitserland: Wereldgezondheidsorganisatie; 2015 [geraadpleegd op 9 december 2019]. 148 p. Te raadplegen op: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/189524/9789241565080_eng.pdf;jsessionid=596019E55A96CD6C4400AB9B0F4934F3?sequence=1

11. WHO. Environmental Health Inequalities in Europe: Second Assessment Report. Kopenhagen: WHO regional Office for Europe; 2019 [geraadpleegd op 16 september 2019]. 164 p. Beschikbaar op: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/325176/9789289054157-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y

10 Woordenlijst

10.1. Luchtverontreiniging

Fijnstofdeeltjes (PM): Het betreft een mengeling van deeltjes die in vaste of vloeibare vorm in de lucht rondzweven (1). Deze deeltjes zijn heel uiteenlopend qua vorm en chemische samenstelling. Ze omvatten roet of "black carbon" (BC), dat een indicator is van luchtverontreiniging door brandstofafval en zijn naam ontleent aan het optische meetproces op basis van de transmissie van licht door een deeltjesfilter (2). PM-deeltjes zijn ingedeeld volgens hun aerodynamische diameter: kleiner of gelijk aan 10 µm (PM_{10}), 2,5 µm ($PM_{2,5}$) of 0,1 µm ($PM_{0,1}$). $PM_{2,5}$-deeltjes behoren tot wat we fijnstof noemen. $PM_{0,1}$-deeltjes behoren tot wat we ultrafijnstofdeeltjes of nanodeeltjes noemen (3). Algemeen zijn PM-emissies door menselijke activiteiten voornamelijk te wijten aan de verbranding van fossiele brandstoffen: wegverkeer (diesel, benzine), verwarming van woningen of handelszaken (steenkool, stookolie, hout) en elektriciteitsproductie (aardgas- of steenkoolcentrales). Ze zijn ook toe te schrijven aan industriële en landbouwactiviteiten (de voortgebrachte ammoniak transformeert vervolgens in de lucht in PM), de verbranding van afval, de bouwsector (sloop- en graafwerken) en het verkeer zelf (erosie van het wegdek, slijtage van banden en remvoeringen) (4). Sinds 2012 worden de $PM_{2,5}$-deeltjes beschouwd als kankerverwekkend (5).

Stikstofdioxide (NO_2): NO_2 komt heel zelden op natuurlijke wijze voor en komt tot stand tijdens verbrandingsprocessen. Onder de invloed van warmte oxideert de in de lucht aanwezige stikstof (N_2) en transformeert hij in stikstofmonoxide (NO), dat vervolgens in de lucht snel reageert tot NO_2 (6). NO_2 is een gas dat de luchtwegen irriteert. De aanwezigheid ervan in de lucht draagt ook bij tot de vorming van secundaire polluenten[25] zoals fijnstof en ozon. In stedelijke gebieden zijn de NO_2-concentraties vooral te wijten aan het wegverkeer.

Ozon (O_3): Ozon is een zeer reactieve molecule die natuurlijk aanwezig is in de bovenste lagen van de atmosfeer en wordt de stratosferische ozon genoemd. Het speelt daar een zeer belangrijke beschermende rol omdat het ultraviolette stralen (UV-stralen) van de zonnestraling absorbeert. Stratosferische ozon is helemaal anders dan het ozon in de onderste lagen van de atmosfeer (troposferische ozon), dat een bijzonder schadelijk gas is. Troposferische ozon wordt gevormd onder bijzondere weersomstandigheden (intense zonnestraling en geringe dispersie van verontreinigende stoffen). De vorming ervan impliceert typisch twee klassen van precursoren die het gevolg zijn van menselijke activiteiten: vluchtige organische stoffen (VOS) en stikstofoxiden (NO_x)). De precursoren van troposferische ozon reageren bij zonnestraling en vormen op die manier ozon (6). Ozon is uiterst irriterend voor de luchtwegen.

Zwaveldioxide (SO_2): Tot in de jaren tachtig werd SO_2 in het BHG beschouwd als een belangrijke verontreinigende stof. De SO_2-concentraties daalden

25. "Primaire" polluenten komen rechtsreeks in de atmosfeer terecht, terwijl "secundaire" polluenten het resultaat zijn van een transformatie tussen moleculen en verontreinigende gassen, die bekend staan als "precursoren" (6).

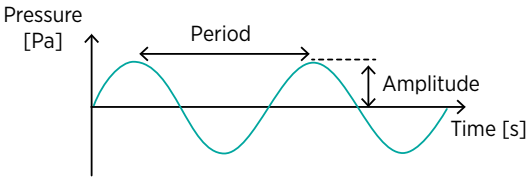
sterk in de daaropvolgende jaren (7). Het wordt gevormd bij de verbranding van steenkool en bij bepaalde industriële processen (metaalverwerking, raffinage, papierfabricage, enz.). Ook zwaveldioxide is uiterst irriterend voor de luchtwegen. Het wordt systematisch gecontroleerd in ons gewest.

Koolstofmonoxide (CO): CO is een reukloos en kleurloos gas dat gevormd wordt bij onvolledige verbranding (gas, steenkool, stookolie of hout). Langdurige blootstelling aan hoge CO-concentraties kan leiden tot bijzonder ernstige vergiftiging met de dood tot gevolg. CO draagt ook bij tot de ozonvormende mechanismen en de klimaatopwarming door zich in de atmosfeer om te vormen tot koolstofdioxide (CO_2). In stedelijke gebieden zijn de CO-concentraties voornamelijk afkomstig van uitlaatgassen van voertuigen.

10.2. Omgevingslawaai

Geluid: Een geluid is een golf die ontstaat uit de trilling van een voorwerp. Die golf verplaatst zich door water, door lucht of doorheen een ander vast element en wordt vervolgens door ons oor waargenomen. Een geluid kenmerkt zich door zijn amplitude, uitgedrukt in Pascal (Pa) en door zijn frequentie, uitgedrukt in Hertz (Hz). Ons oor kan geluiden waarnemen vanaf 20 µPa (2 x 10-5Pa). Het hoorbare frequentiebereik gaat van 20 Hz (infrageluid) tot 20.000 Hz (ultrageluid) (8).

Afbeelding 10-01. Enkele geluidsgolf.

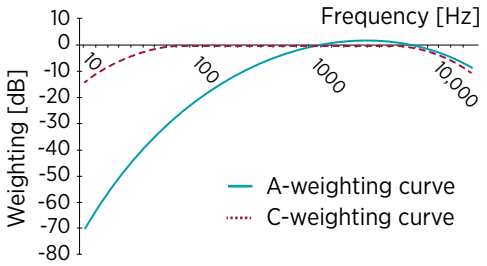


Bron: Murphy E., King EA, 2014, p. 10 (8).

Geluidsdrukniveau: Een geluidsdrukniveau drukt de verhouding uit van een effectief drukniveau tot een referentiewaarde. De referentiewaarde om omgevingslawaai te meten is doorgaans de waarnemingsdrempel van het menselijk oor, die overeenstemt met een luchtdruk van 20 µPa bij een frequentie van 1000 Hz. Gezien het enorme waardenbereik van het menselijk oor wordt het geluidsdrukniveau gemeten aan de hand van een logaritmische schaal, de decibel (dB). Dit drukniveau wordt ook gewogen om rekening te houden met de gevoeligheid van het menselijk oor dat, afhankelijk van de frequentie, de intensiteit van een geluid op een andere manier waarneemt. Zo wordt een geluid van 60 dB bij een frequentie van 1.000Hz niet op dezelfde manier waargenomen als een geluid van 60 dB bij een frequentie van 100 Hz.

Er bestaan verschillende vormen van weging (bv. A, C). Omgevingslawaai wordt doorgaans uitgedrukt in dB(A), wat betekent dat een "A"-correctie wordt toegepast op het gemeten geluid om rekening te houden met de gevoeligheid van het menselijk oor, dat laagfrequent geluid als minder intens waarneemt dan hoogfrequent geluid.

Afbeelding 10-02. Weging dB(A) en dB(C).



Bron: Murphy E., King EA, 2014, p. 26 (8).

Decibel (dB): De meest gangbare geluidsintensiteitsschaal om omgevingslawaai te meten is de decibel (dB). Een decibel is een verhouding tussen twee drukniveaus uitgedrukt in een logaritmische schaal, waarbij P_1 de (in Pascal) gemeten geluidsdruk en P_0 de referentiegeluidsdruk is (20 µPa).

$$\text{Omgevingslawaaiveau (dB)} = 10 \times \log_{10} (P_1 / P_0)^2$$

De toename van de geluidsdruk is niet lineair omdat het een logaritmische schaal betreft. Zo stemt een toename van de intensiteit met 3 dB in werkelijkheid overeen met een geluidsdruk die twee keer zo hoog is. Een toename van 10 dB stemt dan weer overeen met een geluidsdruk die tien keer zo hoog is, wat overeenkomt met een geluid dat door het menselijk oor als twee keer zo sterk wordt waargenomen (8).

L_{den} (Day-Evening-Night-Level): Dit is een globale geluidsbelastingsindicator om het geluid op Europees niveau in kaart te brengen. Hij wordt ook gebruikt in de meeste epidemiologische studies. Hij geeft het jaarlijkse gemiddelde ge-

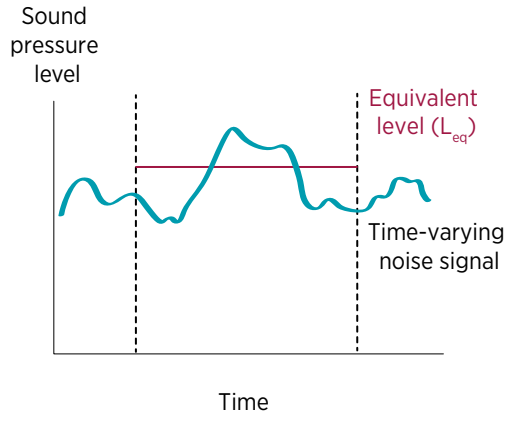
luidsniveau weer over een periode van 24 uur. Het is een gewogen indicator, in die zin dat er een straffactor van 10 dB wordt toegevoegd voor het geluidsniveau 's nachts (23 tot 7 uur) en een straffactor van 5 dB voor het gemiddelde geluidsniveau 's avonds (19 tot 23 uur).

$$L_{den} = 10 \log \left(\frac{12 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night}+10}{10}}}{24} \right)$$

Hij omvat dus ook de indicatoren L_{day}, $L_{evening}$ -en L_{night}, die ook afzonderlijk kunnen worden gebruikt om de geluidsniveaus in ons leefmilieu te beschrijven. Zo staat de indicator L_{day} voor het equivalente geluidsniveau (L_{eq}) tussen 7 en 19 uur. De indicator $L_{evening}$ staat voor het equivalente geluidsniveau (L_{eq}) tussen 19 en 23 uur en de indicator L_{night} voor het equivalente geluidsniveau (L_{eq}) tussen 23 en 7 uur 's morgens.

Equivalent geluidsniveau (L_{eq}): Een equivalent geluidsniveau (L_{eq}) is een gemiddelde van de geluidsenergie over een bepaalde periode, zoals hieronder afgebeeld.

Afbeelding 10-03. Equivalent geluidsniveau.



Bron: Murphy E., King EA., 2014, p. 29.

10.3. Referenties

1. United States Environmental Protection Agency. Particulate Matter (PM) Basics. Washington, USA: US EPA; 2016 [geraadpleegd op 2 februari 2020]. Te raadplegen op: https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics

2. WHO Regional Office for Europe. Health effects of black carbon(2012). Kopenhagen, Denemarken: WHO regional Office for Europe 2012 [geraadpleegd op 2 februari 2020]. Te raadplegen op: http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2012/health-effects-of-black-carbon-2012

3. Raftis JB, Miller MR. Nanoparticle translocation and multi-organ toxicity: A particularly small problem. Nano Today. 1 juni 2019; 26: 8-12.

4. Intergewestelijke Cel voor het Leefmilieu (IRCEL). Wat zijn de belangrijkste emissiebronnen van PM? Brussel, België: IRCEL [geraadpleegd op 8 januari 2020]. Te raadplegen op: https://www.irceline.be/fr/documentation/faq/quelles-sont-les-principales-sources-demissions-des-pm

5. IARC Working group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to humans 2013. Outdoor Air Pollution. Vol. 109, IARC Monographs. Frankrijk: International Agency for Research on Cancer; 2015 [geraadpleegd op 30 november 2019]. 449 p. Te raadplegen op: https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Outdoor-Air-Pollution-2015

6. Vallero D. Fundamentals of Air Pollution: 5th Edition. Oxford, UK: Elsevier Academic press; 2014. 986 p. Te raadplegen op: https://www.sciencedirect.com/book/9780124017337/fundamentals-of-air-pollution

7. Leefmilieu Brussel. Emissie van verzurende substanties (NO_x, SO_x et NH_3). Brussel (BE): Leefmilieu Brussel; 2018 [geraadpleegd op 10 januari 2020]. Te raadplegen op: https://leefmilieu.brussels/het-leefmilieu-een-stand-van-zaken/volledige-versie/lucht/emissie-van-verzurende-substanties-nox-sox

8. Murphy E, King EA. Environmental Noise Pollution: Noise Mapping, Public Health and Policy. Burlington, USA: Elsevier; 2014. P. 51-80. 282 p. Te raadplegen op: https://www.sciencedirect.com/book/9780124115958/environmental-noise-pollution#book-description

11 Bijlagen

11.1. Bijlage 1: Methodologische fiche - Gezondheidsrisicobeoordeling van de luchtverontreiniging in het BHG

11.1.1. Inleiding

Een gezondheidsrisicobeoordeling (GRB) is een wetenschappelijke beoordeling van de mogelijke schadelijke gevolgen van de blootstelling van de bevolking aan een bepaald gevaar, in dit geval luchtverontreiniging (1). Een gezondheidsrisicobeoordeling van de luchtverontreiniging heeft als belangrijkste doel vragen te beantwoorden over de gezondheidseffecten van het beleid in kwestie (1). Als we dit toepassen op de context van het BHG beantwoordt een gezondheidsrisicobeoordeling onder andere de volgende vragen:

- Wat is de ziektelast die gepaard gaat met de blootstelling aan de huidige niveaus van luchtverontreiniging?
- Welke gezondheidsvoordelen verwacht men bij een verbetering van de luchtkwaliteit in het BHG?
- Wat zijn de gezondheidseffecten van de uitstoot van verontreinigende stoffen afkomstig uit specifieke bronnen of sectoren en wat zijn de gezondheidseffecten van het desbetreffende beleid?
- Wat zijn de huidige gezondheidseffecten van vroegere beleidsmaatregelen inzake luchtkwaliteit?

De resultaten van een gezondheidsrisicobeoordeling kunnen ook gebruikt worden om de economische waarde te ramen van de verwachte gezondheidsvoordelen bij een verandering in concentraties van luchtverontreinigende stoffen in het BHG. Die gegevens kunnen vervolgens worden gebruikt om de kosteneffectiviteit van verschillende maatregelen ter verbetering van de luchtkwaliteit in het BHG te vergelijken. De gezondheidseffecten in geldwaarde uitdrukken kan een communicatietool verschaffen ten aanzien van de politieke wereld, de media en het grote publiek (2). Een GRB omvat doorgaans drie verschillende fasen: een beoordeling van de blootstelling van de bevolking aan de verontreinigende stoffen in kwestie, een raming van het risico voor de volksgezondheid en de mededeling van de onzekerheden in verband met de ramingen in het kader van de gezondheidsrisicobeoordeling; die fasen vergen specifieke methodes en gegevens, die u in de volgende delen worden toegelicht.

11.1.2. Beoordeling van de blootstelling van de bevolking aan luchtverontreiniging in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

In deze fase bepalen we de vroegere, huidige of verwachte concentraties van verontreinigende stoffen naargelang het overwogen scenario in het kader van de desbetreffende gezondheidsrisicobeoordeling. Voor deze fase gebruikten we de jaarlijkse gemiddelde $PM_{2,5}$ en NO_2 -concentraties voor het ganse grondgebied van het BHG in 2015. Die gegevens zijn vrij beschikbaar en komen van IRCEL (3). In 2015 bedroegen de jaarlijkse gemiddelde $PM_{2,5}$ en NO_2-concentraties respectievelijk 13,6 $\mu g/m^3$ en 29,4 $\mu g/m^3$. We gaan er in onze studie dan ook van uit dat de volledige Brusselse bevolking aan die concentratieniveaus wordt blootgesteld.

11.1.3. Gezondheidsrisicobeoordeling van de blootstelling aan luchtverontreiniging in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

In deze fase maken we een schatting van de gezondheidseffecten van de blootstelling van de bevolking aan $PM_{2,5}$ en NO_2. Over het algemeen kunnen de effecten van luchtverontreiniging uitgedrukt worden in morbiditeits- of sterftecijfers. Morbiditeit verwijst naar de ontwikkeling van ziektes bij de bevolking. De in sterftecijfers uitgedrukte effecten weerspiegelen dan weer de daling van de levensverwachting door luchtverontreiniging (4). Omdat niet alle gegevens beschikbaar zijn, hebben we onze studie beperkt tot de effecten op de algemene sterfte en enkele specifieke doodsoorzaken in het BHG.

De in onze studie gehanteerde sterftecijfers zijn afkomstig uit de overlijdensformulieren van mensen die in Brussel woonden en in 2015 overleden zijn. Die gegevens komen van het OGW. Voor de raming van de effecten van de blootstelling aan luchtverontreiniging op het sterftecijfer in het BHG hebben we ook de demografische gegevens nodig, met name de bevolkingsstructuur per leeftijdscategorie. De gebruikte demografische gegevens (bevolkingsstructuur per leeftijdscategorie van een jaar) komen van Statbel. Die gegevens zijn vrij beschikbaar op de website van Statbel (5).

11.1.4. AirQ+, dosis-responsfuncties en contrafeitelijke niveaus

De afgelopen jaren werden er verschillende tools ontwikkeld om de gezondheidseffecten van luchtverontreiniging te kwantificeren (1) Voor deze studie hebben we ervoor gekozen het softwareprogramma AirQ+ te gebruiken (6). AirQ+ is door de WGO ontwikkeld om de gezondheidseffecten van de blootstelling aan luchtverontreiniging te kwantificeren. Met het programma kunnen we het aandeel van de algemene sterfte (ongeacht de doodsoorzaak) en de specifieke sterfte inschatten, maar ook de YLL als gevolg van luchtverontreiniging (6). Het wordt ook gebruikt om de verwachte veranderingen in YLL te evalueren naar aanleiding van verschillende scenario's om de concentraties van verontreinigende stoffen te verminderen. De WGO moedigt het gebruik van het programma sterk aan, zodat een vergelijking van verschillende studies van dit type op Europees niveau mogelijk is. De door AirQ+ gebruikte methode om de YLL en het aandeel van de algemene en specifieke sterfte als gevolg van luchtverontreiniging te kwantificeren, is te zien op de daartoe bestemde webpagina van de WGO (6).

Over het algemeen baseert AirQ+ zijn berekeningen op het gebruik van dosis-responscurves of -functies die specifiek zijn voor een gezondheidsprobleem (bv. cardiovasculaire sterfte). Die dosis-responsfuncties kwantificeren de verwachte gezondheidseffecten op basis van de eerder vastgestelde concentratieniveaus van verontreinigende stoffen. Ze zijn vastgesteld op basis van epidemiologische studies en zijn uitgedrukt in een relatief risico (RR) in verhouding tot een toename van de concentratie van verontreinigende stoffen (bv. RR= 1,062 voor een toename van 10µg/m³ in $PM_{2,5}$).

RR is een associatiemaat die in de epidemiologie wordt gebruikt. Het betreft de verhouding tussen de waarschijnlijkheid van het plaatsvinden van een gebeurtenis (bv. de sterftekans) in een groep die is blootgesteld (aan een risicofactor, in casus $PM_{2,5}$) en de waarschijnlijkheid dat die gebeurtenis plaatsvindt in de groep die niet aan deze risicofactor is blootgesteld. Een RR van 1,062 betekent dat de sterftekans in de blootgestelde groep 6,2% hoger ligt dan in de niet-blootgestelde groep. Het blijkt echter dat we nooit echt "niet blootgesteld" worden aan $PM_{2,5}$-verontreiniging. De lucht die we inademen zal immers altijd een lage $PM_{2,5}$-concentratie bevatten. In het kader van een gezondheidsrisicobeoordeling in verband met de luchtverontreiniging is het daarom beter een contrafeitelijk niveau vast te leggen.

Een contrafeitelijk niveau is een concentratieniveau op basis waarvan de gezondheidseffecten worden berekend. Voor onze studie gebruikten we de drempelwaarde 2,5 µg/m³ voor $PM_{2,5}$ en 5 µg/m³ voor NO_2. Dit zijn drempelwaarden die zijn aanbevolen door het stedelijke partnerschap over de luchtkwaliteit (PAQ), dat in 2016 werd opgericht door de Europese Commissie (7). Het niveau van 2,5 µg/m³ voor $PM_{2,5}$ stemt overeen met het concentratieniveau dat op Europees niveau als "natuurlijk" wordt beschouwd, wat betekent niet gerelateerd aan verontreinigingsbronnen door menselijke activiteiten (7). Het stemt ook overeen met de waargenomen minimale concentratieniveaus in de epidemiologische studies (niveaus tussen 2,4 et 5,9 µg/m³) (8). Hoewel er geen natuurlijk niveau bestaat voor NO_2, wordt de drempelwaarde van 5 µg/m³ toch aanbevolen voor gezondheidseffectenstudies (9). Die drempelwaarde komt overeen met het laagst waargenomen concentratieniveau in epidemiologische studies (7). Het gebruik van

Tabel 11-01. Dosis-responsfuncties (RR) gebruikt in het kader van onze gezondheidsrisicobeoordeling voor de berekening van de YLL en de sterfte (ongeacht de doodsoorzaak) door $PM_{2,5}$ en NO_2 in het BHG in 2015.

Verontreinigende stof	RR (BI95%)	Bronnen
$PM_{2,5}$ (per 10 µg/m³)	1,062 (1,040 – 1,083)	WGO, 2013 (12)
NO_2 (per 10 µg/m³)	1,02 (1,01 – 1,03)	Atkinson et al., 2018 (13)

Bron: WGO, 2018 (14).

die drempelwaarde is aanbevolen om de onzekerheid van de resultaten van de effectenstudie niet te vergroten (10).

De dosis-responsfuncties die men gebruikt om de effecten te bepalen van NO_2 en $PM_{2,5}$ op de sterfte ongeacht de doodsoorzaak (toerekenbaar aandeel en YLL), zijn weergegeven in de tabel 11-01. Voor de specifieke sterfte gebruikt AirQ+ de dosis-responsfuncties die in 2016 werden vastgesteld op basis van de gegevens van de "Global burden of disease study" van 2015 (11). Die functies werden berekend met een increment van telkens 1 µg/m³. Ze zijn beschikbaar in Excel-formaat op de webpagina van de WGO over AirQ+ (6).

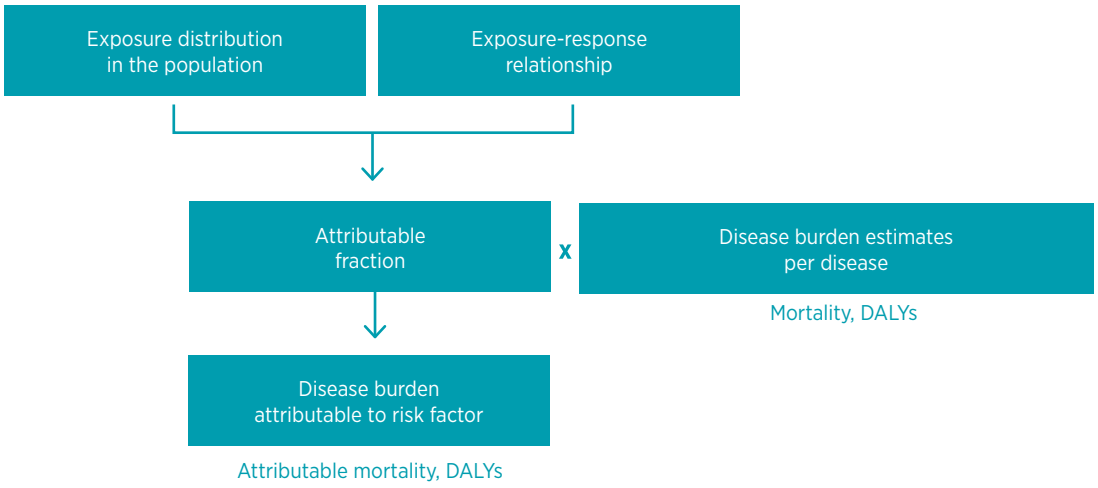
11.1.5. Mededeling van de resultaten en onzekerheden in verband met de ramingen van de gezondheidseffecten

De effecten van $PM_{2,5}$- en NO_2-verontreiniging zijn in onze studie uitgedrukt in toerekenbaar aandeel, aantal toerekenbare overlijdens, aantal toerekenbare overlijdens per 100.000 inwoners, verloren levensjaren en monetaire winst of verlies (in euro).

Het toerekenbare aandeel stemt overeen met het percentage van alle overlijdens door luchtverontreiniging in het BHG in 2015. Dit aandeel kan men ook uitdrukken in het aantal overlijdens of het aantal toerekenbare overlijdens per 100.000 inwoners. Met die laatste maatstaf kunnen we de effecten vergelijken van de luchtverontreiniging in verschillende steden of regio's.

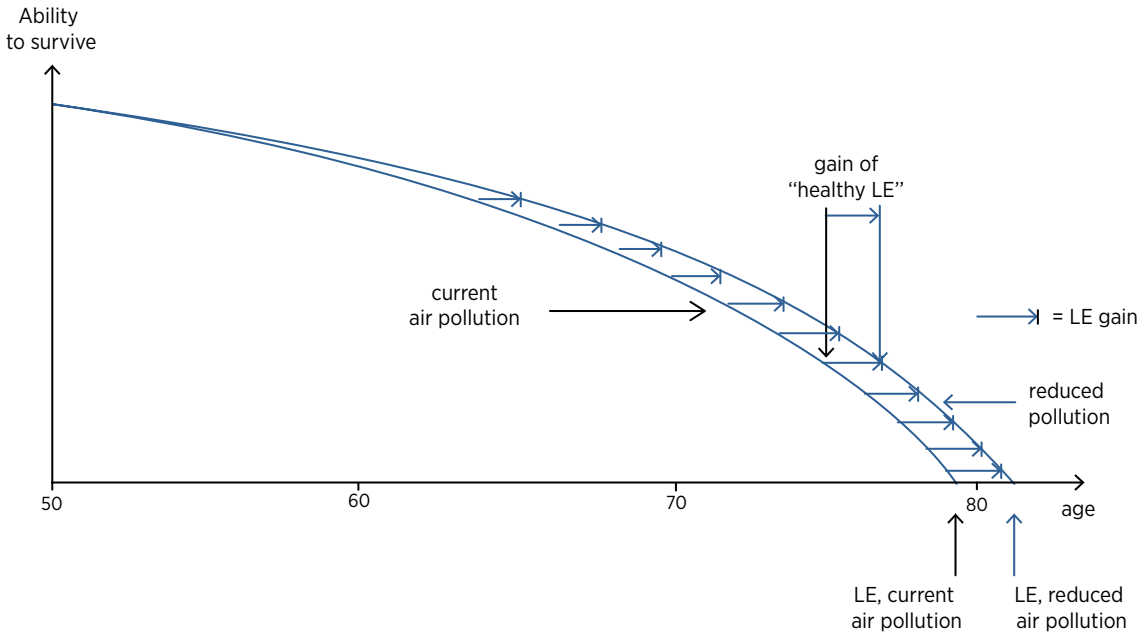
De benadering van AirQ+ om die effecten te modelleren is gebaseerd op de methode die de WGO gebruikte om de ziektelast door blootstelling aan luchtverontreiniging te kwantificeren in 2016 (14). Die methode berust hoofdzakelijk op de berekening van de toerekenbare fractie voor de bevolking (PAF: population attributable fraction) (PAF = RR-1)/RR).

Afbeelding 11-01. Gebruikte benadering om de effecten van luchtverontreiniging in het BHG te modelleren.



Bron: WGO, 2018, p. 1 (14).

Afbeelding 11-02. Stijging van de levensverwachting door een verbetering van de luchtkwaliteit bij een 50-jarige.



Bron: Desaigues et al., 2011, p. 903 (16).

De PAF wordt geschat op basis van de RR die wordt bepaald aan de hand van 1) de beschouwde dosis-responsfunctie (naargelang het bestudeerde gezondheidsprobleem) en 2) het blootstellingsniveau van de bevolking. De PAF wordt vervolgens vermenigvuldigd met de incidentie van het beschouwde gezondheidsprobleem bij de bevolking om de ermee gepaard gaande ziektelast te verkrijgen (14).

Eén van de grootste beperkingen van het gebruik van het toerekenbare aandeel of het aantal toerekenbare overlijdens door luchtverontreiniging is dat het niet mogelijk is om de effecten op verschillende tijdstippen te vergelijken als de bevolkingskenmerken niet statisch zijn. Als de bevolking vergrijst, kan het aantal toerekenbare overlijdens immers toenemen, ook al is de luchtkwaliteit intussen verbeterd (7).

Zoals eerder toegelicht leiden die indicatoren vaak tot de foute interpretatie dat het zou volstaan om de concentraties van verontreinigende stoffen te verlagen om die overlijdens te "voorkomen". In werkelijkheid zijn die overlijdens enkel "uitstelbaar" in de zin dat een verhoging van de luchtkwaliteit die mensen in staat zou stellen om langer te leven (15). Dit zien we in afbeelding 11-02, die de verhoging van de levensverwachting door een verbeterde luchtkwaliteit weergeeft bij een 50-jarige.

De overlijdens of het aandeel toerekenbare overlijdens leren ons niets over de potentiële lagere levensverwachting door luchtverontreiniging. Wetenschappelijk gezien is het daarom beter die effecten van luchtverontreiniging te kwantificeren door de "years of life lost" (YLL) als gevolg van luchtverontreiniging te berekenen.

Men berekent ze door het aantal aan luchtverontreiniging toe te schrijven overlijdens te vermenigvuldigen met de standaard resterende levensverwachting op de leeftijd van het overlijden. Ze zijn een weerspiegeling van de vroegtijdige sterfte als gevolg van de luchtverontreiniging in het BHG.

$$YLL = \sum E_i \times L_i$$

E_i = aantal overlijdens die kunnen worden toegeschreven aan luchtverontreiniging in elke leeftijdscategorie i

L_i = standaard resterende levensverwachting op de leeftijd van het overlijden (in jaren)

De YLL en de "years lost due to disability" (YLD) vormen samen het aantal voor beperking gecorrigeerde levensjaren of "disability adjusted life years" (DALY). Dankzij het gebruik van DALY kunnen de effecten van verschillende risicomilieufactoren binnen dezelfde populatie worden

vergeleken. Een verloren levensjaar door een voortijdig overlijden (YLL) staat dus gelijk aan een verloren gezond levensjaar (DALY). Eén van de grote voordelen van het gebruik van de YLL is dat ze in cijfers kunnen worden uitgedrukt. Zo kan men de kosteneffectiviteit van verschillende maatregelen voor een verminderde uitstoot van verontreinigende stoffen vergelijken.

Om de waarde van een "year of life lost" (YLL) of DALY te bepalen hebben we ons gebaseerd op de door de WGO aanbevolen drempelwaarde voor kosteneffectiviteit (tussen 1-3x bbp/inwoner) (17). In 2015 bedroeg het bbp per inwoner in België 36.000 euro. Het is dit bedrag dat we gebruikt hebben om de kostprijs van een DALY te bepalen. De WGO beschouwt dit bedrag als zeer kosteneffectief (17).

11.1.6. Limitaties en onzekerheden

De grootste limitatie of onzekerheid van onze gezondheidsrisicobeoordeling van de luchtverontreiniging zijn de dosis-responsrelaties die we gebruikten in het kader van die gezondheidsrisicobeoordeling. Die worden immers uitgewerkt aan de hand van epidemiologische studies die hun analyses baseren op een aantal hypothesen en die niet altijd rekening kunnen houden met alle factoren die de sterfte binnen een populatie beïnvloeden zoals roken, voeding of blootstelling aan andere al dan niet milieugerelateerde factoren. Die onzekerheden zijn echter eigen aan elk onderzoeksproject. Daarom hebben dosis-responsrelaties altijd een betrouwbaarheidsinterval (BI95%). Een betrouwbaarheidsinterval betekent dat de geschatte waarde (hier bijvoorbeeld de dosis-responsrelatie van de luchtverontreiniging op de vroegtijdige sterfte) zich met een waarschijnlijkheidsgraad van 95% binnen het bereik van de interval bevindt.

Een andere belangrijke beperking betreft de raming van de blootstelling van de bevolking aan $PM_{2,5}$ en NO_2. In onze studie gaan we er immers van uit dat de volledige Brusselse bevolking aan dezelfde $PM_{2,5}$- en NO_2-concentraties is blootgesteld. De individuele blootstelling aan luchtverontreiniging varieert echter sterk van persoon tot persoon en hangt af van meerdere factoren zoals de vervoersmodi, de uitgevoerde activiteiten of de kwaliteit van de werk- en/of leefomgeving. Tot slot wijzen we erop dat luchtverontreiniging complex is en dat het niet altijd mogelijk is om het onderscheid te maken tussen de gezondheidseffecten van verontreinigende stoffen of die van andere bronnen.

Het is daarom belangrijk om de beperkingen of onzekerheden die eigen zijn aan elk onderzoeksproject adequaat te vermelden. Dit mag echter niet ten koste gaan van de validiteit of de bruikbaarheid van de verkregen resultaten (1). De modellering en de gemaakte keuzes zijn immers noodzakelijke vereenvoudigingen van de werkelijkheid. Een gezondheidseffectenstudie wordt daarom altijd uitgevoerd met een aantal gezondheidsindicatoren en is nooit echt representatief voor alle gezondheids- of economische effecten van de blootstelling aan één bepaalde risicofactor.

Onze resultaten houden enkel rekening met de effecten van $PM_{2,5}$- en NO_2-verontreiniging op de sterfte in het BHG en dus niet met de impact van die verontreinigende stoffen op de morbiditeit (bv. astma, cardiovasculaire ziekten) of de daarmee gepaard gaande directe (bv. ziekenhuisopnames) en indirecte kosten. Over het algemeen moeten ze dus beschouwd worden als een waarschijnlijke onderschatting van de werkelijke impact van de luchtverontreiniging in het BHG.

11.1.7. Referenties

1. WHO Regional Office for Europe. Health Risk Assesment of Air pollution: general principles. Denemarken: WHO Regional Office for Europe, 2016 [geraadpleegd op 28 oktober 2019]. 40 p. Te raadplegen op:

   http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/298482/Health-risk-assessment-air-pollution-General-principles-en.pdf?ua=1

2. European Commission. What are the health costs of environmental pollution? Science for Environment Policy. Luxemburg: Publications Office of the European Union, december 2018. Report no 21 [geraadpleegd op 15 oktober 2019]. 60 p. Te raadplegen op:

   https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/health_costs_environmental_pollution_FB21_en.pdf

3. Intergewestelijke Cel voor het Leefmilieu (IRCEL). Jaarrapport Luchtkwaliteit in België - 2015. België: Intergewestelijke Cel voor het Leefmilieu; 2015 [geraadpleegd op 2 juni 2019]. Te raadplegen op: https://www.irceline.be/nl/documentatie/publicaties/jaarrapporten/jaarrapport-luchtkwaliteit-in-belgie-2015/view

4. De Leeuw F, Horálek J. Quantifying the health impacts of ambient air pollution: methodology and

input data. ETC/ACM Technical Paper. Nederland: European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation, december 2016. Report no 2016/5. [geraadpleegd op 20 oktober 2019]. 19 p. Te raadplegen op: https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-atni/products/etc-atni-reports/etcacm_tp_2016_5_aq_hia_methodology

5. Statistics Belgium (Statbel). Open Data. België (BE); 2017 [geraadpleegd op 4 april 2019]. Te raadplegen op: https://statbel.fgov.be/nl/open-data

6. WHO Regional Office for Europe. AirQ+: software tool for health risk assessment of air pollution. Denemarken: World Health Organization; 2019 [geraadpleegd op 2 januari 2019]. Te raadplegen op:

http://www.euro.who.int/fr/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/airq-software-tool-for-health-risk-assessment-of-air-pollution

7. van den Brenk I. The use of Health Impact Assessment tools in European Cities: A guide to support policy towards cleaner air and improvement of citizens' health. Nederland: University of Utrecht, october 2018. [geraadpleegd op 10 oktober 2019]. 39 p. Te raadplegen op: https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/the_use_of_health_impact_assessment_tools_in_european_cities.pdf

8. GBD 2015 Risk Factors Collaborators. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. Lancet. 8 oktober 2016; 388 (10053): 1659-724.

9. Committee On the Medical Effets of Air Pollutants (COMEAP). Interim statement on quantifying the association of long term average concentrations of nitrogen dioxide and mortality. Verenigd Koninkrijk: Committee On the Medical Effets of Air Pollutants; 2015. [geraadpleegd op 10 oktober 2019]. Te raadplegen op:

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/485373/COMEAP_NO_2_Mortality_Interim_Statement.pdf

10. European Environment Agency. Assessing the risks to health from air pollution. Denemarken: European Environement Agency; 2018. [geraadpleegd op 5 juni 2019]. Te raadplegen op: https://www.eea.europa.eu/publications/assessing-the-risks-to-health

11. Cohen AJ, Brauer M, Burnett R, Anderson HR, Frostad J, Estep K, et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. Lancet. 13 mei 2017; 389 (10082): 1907-18.

12. WHO Regional Office for Europe. Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project: recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. Denemarken: WHO Regional Office for Europe, 2013. [geraadpleegd op 14 november 2019]. 60 p. Te raadplegen op: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/238956/Health_risks_air_pollution_HRAPIE_project.pdf

13. Atkinson RW, Butland BK, Anderson HR, Maynard RL. Long-term Concentrations of Nitrogen Dioxide and Mortality. Epidemiology. Juli 2018; 29 (4): 460-72.

14. World Health Organization. Burden of disease from ambiant air pollution for 2016: Description of method. Zwitserland: World Health Organization; 2018. [geraadpleegd op 8 september 2019]. Te raadplegen op:

https://www.who.int/airpollution/data/AAP_BoD_methods_Apr2018_final.pdf

15. Brunekreef B, Miller BG, Hurley JF. The brave new world of lives sacrificed and saved, deaths attributed and avoided. Epidemiology. November 2007; 18 (6): 785-8.

16. Desaigues B, Ami D, Bartczak A, Braun-Kohlová M, Chilton S, Czajkowski M, et al. Economic valuation of air pollution mortality: A 9-country contingent valuation survey of value of a life year (VOLY). Ecol. Indic. 1 mei 2011; 11 (3): 902-10.

17. World Health Organisation. Cost effectiveness and strategic planning (WHO-CHOICE). Zwitserland: World Health Organization; 2005. [geraadpleegd op 5 maart 2019]. Te raadplegen op: https://www.who.int/bulletin/volumes/94/12/15-164418/en/

11.2. Bijlage 2: Methodologische fiche - Gezondheidsrisicobeoordeling van het omgevingslawaai in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

11.2.1. Inleiding

Een gezondheidsrisicobeoordeling is een wetenschappelijke beoordeling van de mogelijke schadelijke gevolgen van de blootstelling van de bevolking aan een bepaald gevaar. Een gezondheidsrisicobeoordeling omvat doorgaans drie afzonderlijke fasen: 1) een beoordeling van de blootstelling van de bevolking aan de verontreinigende stof in kwestie, 2) een raming van het risico of de impact voor de volksgezondheid en 3) de mededeling van de onzekerheden van de ramingen in het kader van de GRB; Die fasen en de gebruikte methode en gegevensbronnen zijn hieronder toegelicht.

De uitgevoerde gezondheidsrisicobeoordeling van het lawaai heeft betrekking op de impact van geluidshinder en op slaapstoornissen bij de Brusselse bevolking in 2015. Zoals al eerder vermeld (zie hoofdstuk 4), konden we de impact van lawaai op andere gezondheidsproblemen (cardiovasculaire ziekten, cognitieve stoornissen bij kinderen, enz.) niet beoordelen. We hebben onze studie ook beperkt tot de effecten van het lawaai afkomstig van enkel het wegverkeer. Onze resultaten houden dus geen rekening met de mogelijke effecten van lucht- en spoorverkeerslawaai op slaapstoornissen en geluidsoverlast in het BHG in 2015.

11.2.2. Beoordeling van de blootstelling van de bevolking aan het wegverkeerslawaai in 2015

We baseerden ons voor die beoordeling op de door Leefmilieu Brussel aangeleverde geluidsmodellengegevens en beschikbare bevolkingsgegevens van Statbel (1,2). Al onze berekeningen voerden we uit met een geografische informatiesysteem (QGIS[26]). Om de blootstelling van de bevolking aan het wegverkeerslawaai te beoordelen, hebben we:

- per statistische sector gemiddelde geluidswaarden (geluidsbelastingsindicatoren L_{den} en L_{night}) voor het wegverkeer berekend. Die berekeningen werden uitgevoerd op basis van de door Leefmilieu Brussel aangeleverde rasterbestanden van geluidsmodellen voor het wegverkeer voor 2016;
- de bevolkingsgegevens per statistische sector van 2015 gebruikt om het aantal personen vast te stellen dat per statistische sector aan wegverkeerslawaai is blootgesteld.

11.2.3. Gezondheidsrisicobeoordeling van de blootstelling aan het wegverkeerslawaai in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

We baseerden ons op de laatste beschikbare dosis-responsrelaties afkomstig van de nieuwe richtlijnen van de WGO inzake geluidsoverlast en slaapstoornissen veroorzaakt door het wegverkeer (3,4). Dit zijn de formules:

- % personen dat ernstige hinder ondervindt = $78.9270 - 3.1162 \times L_{den} + 0.0342 \times (L_{den})^2$ (3)
- % sterk verstoorde slaap = $8.8986 - 0.4209 \times L_{night} + 0.0065 \times (L_{night})^2$ (4)

Die formules werden toegepast om een raming te maken van het aantal personen dat ernstige hinder ondervindt door het wegverkeerslawaai en een sterk verstoorde slaap heeft op basis van de eerder berekende blootstellings- en bevolkingsgegevens voor 2015. We hebben die aantallen vervolgens omgerekend naar DALY's met de door de WGO aanbevolen wegingsfactoren of "disability weights" (DW) (5) voor geluidshinder en slaapstoornissen, met name:

- DW voor geluidshinder: 0:02 (5)
- DW voor slaapstoornissen: 0:07 (5)

Om de economische waarden van een DALY te berekenen, baseerden we ons op de kosteneffiëntiedrempels die de WGO aanbeveelt voor de economische beoordeling van een QALY (tussen een en drie keer het bruto binnenlands product (bbp) per inwoner in 2015) (6). In 2015 werd het bbp/inwoner geraamd op 36.000 euro (7).

Berekeningsvoorbeeld: de statistische sector x is blootgesteld aan een jaarlijks gemiddeld weg-

26. Voor meer informatie over de gebruikte open software, zie https://www.qgis.org/fr/site/

verkeersgeluidsniveau van 64 dB (L_{den}). Zijn populatie telt 854 inwoners. Het percentage van personen dat ernstige hinder ondervindt van een wegverkeersgeluidsniveau van 64 dB wordt, op basis van de laatste beschikbare dosis-responsrelaties, geraamd op 19,5734% (78.9270 – 3.1162 x 64 + 0,0342 x (64)2). Toegepast op de statistische sector x vertegenwoordigt dit percentage van personen dat ernstige geluidshinder ondervindt 167 inwoners (19,5734 x 854). Die 167 inwoners die ernstige geluidshinder ondervinden in 2015 zijn goed voor 3,34 (167 x DW van 0,02) verloren gezonde levensjaren of DALY. Die 3,34 DALY hebben een economische waarde van 120.240 euro (3,34 x 36.000).

11.2.4. Limitaties en onzekerheden

De grootste beperkingen of onzekerheden van onze gezondheidsrisicobeoordeling van het wegverkeer in het BHG voor 2015 hebben betrekking op de gebruikte dosis-responsrelaties en op de raming van de blootstelling van de bevolking aan het wegverkeerslawaai voor 2015. We gaan er in onze studie immers van uit dat de blootstelling van de bevolking aan wegverkeerslawaai binnen dezelfde statistische sector uniform is, wat in feite nooit het geval is.

Leefmilieu Brussel deed dezelfde oefening en kwam uit op uiteenlopende resultaten. Een vergelijking van de resultaten is niet mogelijk omdat er verschillende methodes werden gebruikt.

Zoals al eerder vermeld is het belangrijk te preciseren dat elke modellering van de verwachte gezondheidseffecten als gevolg van de blootstelling van de bevolking aan een bepaalde risicofactor een noodzakelijke vereenvoudiging van de werkelijkheid is. We wijzen er verder op dat het weliswaar belangrijk is om de beperkingen of onzekerheden eigen aan elk onderzoeksproject adequaat mee te delen, maar niet ten koste van de validiteit of de bruikbaarheid van de verkregen resultaten (8).

11.2.5. Referenties

1. Leefmilieu Brussel. Blootstelling van de bevolking aan het geluid van transport. Brussel, België: Leefmilieu Brussel; 2018 [geraadpleegd op 2 februari 2020]. Te raadplegen op: https://leefmilieu.brussels/het-leefmilieu-een-stand-van-zaken/verslag-over-de-staat-van-het-leefmilieu/synthese-2015-2016-33

2. Statistics Belgium (Statbel). Population | Statbel. Brussel (BE): Statistics Belgium [geraadpleegd op 10 januari 2020]. Te raadplegen op: https://statbel.fgov.be/nl/themas/bevolking

3. Guski R, Schreckenberg D, Schuemer R. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance. Int. J. Environ. Res. Public Health. December 2017; 14 (12): 1539.

4. Basner M, McGuire S. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Effects on Sleep. Int. J. Environ. Res. Public Health. Maart 2018; 15 (3): 519.

5. WHO Regional Office for Europe. Environmental Noise Guidelines for the European Region. Denemarken: WHO Regional Office for Europe; 2018 [geraadpleegd op 12 november 2019]. 181 p. Te raadplegen op:

http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf?ua=1

6. Robinson LA, Hammitt JK, Chang AY, Resch S. Understanding and improving the one and three times GDP per capita cost-effectiveness thresholds. Health Policy Plan. Februari 2017; 32 (1): 141-5.

7. Eurostat. 2015 GDP per capita in 276 EU regions. Brussel, België: Eurostat; 2017 [geraadpleegd op 1 februari 2020]. Te raadplegen op:

https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-press-releases/-/1-30032017-AP

De stad brengt niet alleen talrijke innovaties en rijkdommen met zich, maar ook vervuiling, blootstelling aan milieufactoren, ziektes en ongezonde leefgewoonten. De impact van milieuvervuiling op de gezondheid raakt stilaan goed gedocumenteerd in internationale studies. We hebben echter nog geen totaalbeeld van het BHG. We missen een overzicht van de onderlinge verbanden tussen de verschillende soorten vervuiling in Brussel en de gevolgen ervan voor de gezondheid en de toekomstige uitdagingen voor het Gewest.

Er wordt gefocust op luchtverontreiniging, omgevingslawaai, de toegang tot en het gebruik van groene ruimten en lichaamsbeweging in de stad. Ook andere soorten vervuiling worden aangekaart, alsook de gezondheidseffecten van de blootstelling aan een combinatie van verscheidene polluenten. Voor luchtverontreiniging & omgevingslawaai wordt eveneens de prijs berekent die de maatschappij betaalt voor de blootstelling hieraan.

De publicatie richt zich tot alle (al dan niet nauw) betrokken spelers uit het gezondheidsdomein, waaronder politieke actoren van alle besluitvormingsniveaus. Het wil een instrument zijn dat de huidige toestand in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest onder de aandacht brengt.

Ce document est également disponible en français.
Dit document is ook in het Frans beschikbaar onder de titel:
‘État des connaissances sur les liens entre environnement et santé en Région de Bruxelles-Capitale.’