



ONDERZOEK NAAR DE RELATIE
TUSSEN RUIMTEGEBRUIK EN
GEZONDHEID MET SPECIFIEKE
AANDACHT VOOR HET GEBRUIK
VAN HUMANE BIOMONITORING
EN RUIMTELIJKE ASPECTEN

27.11.2020



ONDERZOEK NAAR DE RELATIE TUSSEN RUIMTEGEBRUIK EN GEZONDHEID MET SPECIFIEKE AANDACHT VOOR HET GEBRUIK VAN HUMANE BIOMONITORING EN RUIMTELIJKE ASPECTEN

Dit onderzoek heeft tot doel bijkomende gegevens te genereren ter uitbreiding van de gegevens van de 4^e campagne van het Steunpunt Milieu en Gezondheid, in functie van beleidsaanbevelingen in het kader van ruimtegebruik en gezondheid. De focus ligt hierbij op moleculaire en fysiologische aspecten van de biologische stress respons. Daarnaast wordt blootstelling van jongeren aan verkeer beter ingeschat met behulp van de urinaire koolstof lading.

Dit rapport bevat de mening van de auteur(s) en niet noodzakelijk die van de Vlaamse Overheid.

COLOFON

Verantwoordelijke uitgever:

Departement Omgeving

Vlaams Planbureau voor Omgeving

Koning Albert II-laan 20 bus 8

1000 Brussel

vpo.omgeving@vlaanderen.be

www.omgevingvlaanderen.be

BRONVERWIJZING:

Verheyen, V., Bijmens, E., Vos, S., Koppen, G., Coertjens, D., Morrens, B., Colles, A., Govarts, E., Remy, S., Ooms, D., Bruckers, L., Nielsen, F., Den Hond, E., Nelen, V., Covaci, A., Loots, I., De Henauw, S., Leermakers, M., Nawrot, T., Schoeters, G. (2020), Onderzoek naar de relatie tussen ruimtegebruik en gezondheid met specifieke aandacht voor het gebruik van humane biomonitoring en ruimtelijke aspecten, uitgevoerd in opdracht van het Vlaams Planbureau voor Omgeving.



INHOUD

Management samenvatting	4
Executive summary.....	6
1 Inleiding.....	8
1.1 Situering van de opdracht	8
1.2 Doelstelling	8
1.3 Achtergrond	9
2 Methode.....	12
2.1 Studiedesign en studiepopulatie	12
2.2 Ruimtelijke variabelen in de steunpunt campagne	13
2.3 Biomerker analyses	14
2.3.1 Telomeerlengte	14
2.3.2 Urinaire koolstof lading	15
2.3.3 Haar cortisol concentraties	15
2.4 Statistische analyses en interpretatie van de resultaten	16
3 Resultaten.....	17
3.1 Beschrijving van de studiepopulatie	17
3.2 Perceptie van jongeren over groene ruimte en sociale verschillen	20
3.3 Groene ruimte en telomeerlengte	20
3.4 Determinanten van langdurige biologische stress bij Vlaamse jongeren: haar cortisol concentraties in relatie tot socio - economische status, verstedelijking in de woonomgeving, levensstijl en gezondheid	21
3.5 Langdurige biologische stress bij Vlaamse jongeren, gemeten als cortisol in haar , in relatie tot blootstelling aan luchtvervuiling en geluid en de aanwezigheid van groen in de woonomgeving.	21
3.6 Urinaire concentraties van polycyclische aromatische koolwaterstoffen metaboliëten zijn geassocieerd met stress-gerelateerde immuniteitsmerkers	22
3.7 Urinaire koolstof	23
3.8 Uitgebreide abstracts	24
4 Conclusies	29
5 Communicatie	29
6 Vervolgstappen voor beleidsdoorwerking	30
Bronnen.....	32
Bijlage	35

MANAGEMENT SAMENVATTING

Meer en meer Vlamingen wonen in stedelijke gebied en de beschikbare open ruimte is beperkt. Zowel stedelijke als landelijke gebieden investeerden de laatste jaren fors in de herinrichting van de open ruimte, met aandacht voor meer groene en blauwe infrastructuur. De 4^e campagne van het Steunpunt Milieu en Gezondheid gaat na in welke mate de nabijheid en toegankelijkheid van groene en grijze infrastructuur en de nabijheid van landbouwgebieden een impact hebben op de interne chemische blootstelling en op biologische parameters die geassocieerd zijn met gezondheidseffecten, cognitie en welbevinden. Daartoe werd van zeshonderd 14-15-jarigen de ruimtelijke karakteristieken van de thuis- en schoolomgeving in kaart gebracht en werden zowel blootstellings- als effectmarkers geanalyseerd die relevant zijn voor ruimtegebruik. In de huidige studie, die aansluit op het onderzoek in de 4^e Steunpunt campagne, werden zowel moleculaire en fysiologische aspecten van de biologische stress respons bestudeerd als biologische mechanismen die mogelijk het verband tussen ruimtegebruik en gezondheid mee onderbouwen. De resultaten van deze studie werden geïntegreerd in het Steunpunt onderzoek, voor verdere wetenschappelijke interpretatie en beleidsvertaling. De telomeerlengte werd bepaald in witte bloedcellen, een biomarker voor biologische veroudering die de negatieve impact van stressoren op moleculair niveau kan weerspiegelen en cortisol concentraties werden bepaald in haar, een biomarker voor langdurige biologische stress. Daarnaast werd blootstelling van jongeren aan verkeer beter ingeschat met behulp van de urinaire koolstof lading. Voor elke jongere werd de hoeveelheid groen binnen verschillende radii rond het thuis- en schooladres berekend op basis van de hoog-resolutie Groenkaart Vlaanderen van 2012. Daarnaast werd de toegankelijkheid tot groen bepaald en de urbanisatiegraad van de woonplaats. Residentiële blootstelling aan luchtvervuiling werd berekend voor iedere jongere op basis van gegevens van IRCEL. Multilevel regressieanalyses werden gebruikt om verbanden na te gaan tussen deze ruimtelijke parameters en biomarkers.

Meer groen in de dichte omgeving (50m) van het thuisadres was geassocieerd met **langere telomeerlengte** (minder biologische veroudering) na correctie voor leeftijd, geslacht, passief roken, diploma van de moeder en provincie. Dit verband bleek sterker voor groen rondom het thuisadres bij de geboorte dan bij de rekrutering, en meer uitgesproken bij jongeren uit stedelijke of randstedelijke gebieden. Tijd gespendeerd in groen, luchtvervuiling of mentaal welzijn bleken hierop niet van invloed.

Bij jongens was de **verstedelijingsgraad en luchtvervuiling** op het woonadres significant geassocieerd met de langdurige biologische stress merker **cortisol** die gemeten werd in haar (HCC). Jongens die in randstedelijk, kleinstedelijke en landelijke gebieden woonden hadden beduidend lagere HCC dan hun leeftijdsgenoten uit steden. Een hogere jaargemiddelde stikstofdioxide (NO₂) en fijnstof (PM₁₀) concentratie op het woonadres was eveneens geassocieerd met een stijging van de HCC, na correctie voor leeftijd, BMI, socio-economische status van het gezin en van de woonbuurt. De resultaten bleven significant na bijkomende correctie voor blootstelling aan geluid en groen in de woonomgeving. Bij meisjes werden geen significante verbanden met ruimtelijke karakteristieken gevonden.



In het Steunpunt onderzoek werd bij de jongeren de urinaire concentraties van **polycyclische aromatische koolwaterstoffen**, beter bekend als PAK's, gemeten. Hogere fijnstof concentraties op het woonadres bleken geassocieerd te zijn met hogere gehalten aan 1-hydroxypyreen in urine, een merker voor blootstelling aan PAK's. Aansluitend vonden we in de huidige studie een significant verband tussen 1-hydroxypyreen en haar cortisol concentraties na correctie voor leeftijd, geslacht, BMI, socio-economische status, roken en seizoen.

We vonden geen verband tussen **urinaire koolstoflading** als indicator van verkeersblootstelling en afstand tot de dichtstbijzijnde grote weg in de volledige groep maar namen wel een significant verband waar bij de jongeren wonend in een landelijke omgeving (n = 69). Er werd geen significant verband gevonden tussen de urinaire koolstoflading en de de gemodelleerde langetermijn blootstelling aan zwarte koolstof (black carbon) op het thuisadres. We hadden niet de power om in een subset van 149 deelnemers, aan te tonen dat de eerder geobserveerde associatie tussen groene ruimte en cognitie (n=610) onafhankelijk was van de urinaire koolstoflading. In deze subset van 149 adolescenten waarvan koolstofmetingen waren uitgevoerd was er ook geen relatie tussen ruimtegebruik en cognitie.

De mening van jongeren over de groene ruimte in de woonomgeving werd ook bevestigd. Eén op twee jongeren vindt groen in de woonomgeving (zoals parken en bossen) heel belangrijk, o.m. voor contact met de natuur, om tot rust te komen, om elkaar te ontmoeten en om te sporten. Jongeren uit huishoudens met een lager inkomen, lager opleidingsniveau en/of een buitenlandse herkomst geven vaker aangeen toegankelijk groen te hebben in de buurt en hebben ook minder vaak zelf een tuin of uitzicht op groen vanuit de woning.

In het algemeen kunnen we concluderen dat zowel groen in de nabijheid van de woning als in een ruimere straal en een goede luchtkwaliteit van belang zijn voor jongeren. Gezien het feit dat de verstedelijking zowel in Vlaanderen als in de rest van de wereld steeds meer toeneemt, is het dus essentieel dat er een inspanning geleverd wordt om de bestaande groene ruimtes te behouden en uit te breiden en verder in te zetten op het verbeteren van de luchtkwaliteit.

EXECUTIVE SUMMARY

Flanders is a densely populated and highly urbanized region, the available open space is limited. In recent years, Flanders has invested heavily in the redesign of the open space in both urban and rural areas, with a focus on more green and blue infrastructure. The 4th campaign of the Center for Environment and Health (FLEHS IV) examines to what extent the proximity and accessibility of green and gray infrastructure and the proximity of agricultural areas have an impact on internal chemical exposure and on biological parameters associated with health effects, cognition and well-being. To this end, the spatial characteristics of the home and school environment of six hundred adolescents (14-15 year old) were mapped. Exposure and effect markers were analyzed in relation to residential landscape. In the current study, which complements the research in FLEHS IV, molecular and physiological aspects of the adolescents' stress response were studied as biological mechanisms that may help underpin the relationship between residential landscape and health. The results of this study were integrated into FLEHS IV, for further scientific interpretation and policy translation. In the framework of FLEHS IV, the amount of green space within different radii around the adolescents' home address and their school was calculated based on the high-resolution Green Map Flanders of 2012, access to neighborhood green space and urbanicity were assessed. Residential exposure to air pollution was calculated for each participant based on data from IRCEL. In this study, we additionally assessed exposure of participants to traffic by measuring the urinary carbon load. We also determined telomere length in white blood cells, a biomarker for biological aging that can reflect the negative impact of stressors at the molecular level and concentrations of the stress hormone cortisol in hair. Multilevel regression analyzes were used to investigate relationships between spatial parameters and biomarkers.

More surrounding green close to the residence (50m buffer) was associated with **longer telomere length** (less biological aging) after adjusting for age, gender, secondhand smoke, maternal education and province. This association appeared to be stronger for the residential address at birth than for the current address and was more pronounced for participants from urban or suburban areas. Time spent in greenspace, air pollution or mental well-being did not appear to influence this association.

In boys, **urbanization and air pollution** at the residence were significantly associated with the long-term biological stress marker **cortisol** measured in hair (HCC). Boys living in suburban neighborhoods, towns and rural areas had significantly lower HCC than their peers from cities. Higher 3-month mean and annual mean nitrogen dioxide (NO₂) concentrations and annual mean particulate matter (PM₁₀) concentrations at the residential address were also associated with an increase in HCC, after adjustment for age, BMI, household and neighborhood socio-economic status. The results remained significant after additional correction for exposure to noise and green space in the residential environment. No significant associations with spatial characteristics and landscape were found in girls. In FLEHS IV, the urinary concentrations of **polycyclic aromatic hydrocarbons**, better known as PAHs, were measured. Higher particulate matter concentrations at the home address were found to be associated with higher levels of 1-hydroxypyrene in urine, a marker of PAH exposure.



In this study we found a significant association between 1-hydroxypyrene and adolescents' hair cortisol concentrations after adjustment for age, gender, BMI, socio-economic status, smoking and season of sampling.

We found no association between **urinary carbon load** as an indicator of traffic exposure and distance to the nearest major road in the full group, but did observe a significant association) in adolescents living in a rural environment (n = 69). No association was observed with ambient black carbon concentrations at the residential address, based on interpolated models. We did not have the power to demonstrate the independence of carbon in a subset of 149 participants of the total 610 adolescents, in which the association between cognition and use of space was studied in the context of the Steunpunt research. In this subset of 149 adolescents with urinary carbon measurements, there was also no relationship between use of space and cognition.

The opinion of adolescents about the green space in the residential environment was also questioned. One out of two adolescents consider green space (such as parks and forests) very important, for instance to connect with nature, to relax, to meet each other and to play sports. Adolescents from households with a lower income, a lower level of education and/or a foreign origin more often indicate that they do not have access to greenery in the neighborhood and are less likely to have a garden or a view of greenery from their own home.

In general, we can conclude that residential green space within close proximity to the residence, as well as in a wider environment, and good air quality are important for adolescents' health. Given the fact that urbanization is increasing in Flanders as well as in the rest of the world, it is therefore essential that an effort is made to preserve and expand the existing greenspaces and to further improve ambient air quality.

1 INLEIDING

1.1 SITUERING VAN DE OPDRACHT

In Vlaanderen is de beschikbare open ruimte beperkt. Meer en meer mensen wonen in stedelijk gebied. Steden investeren de laatste jaren fors in meer groene en blauwe infrastructuur. In landelijke gebieden wordt de open ruimte eveneens heringericht. De 4^e campagne van het Steunpunt Milieu en Gezondheid gaat na in welke mate de nabijheid en toegankelijkheid van groene en grijze infrastructuur alsook de nabijheid van landbouwgebieden een impact hebben op de interne chemische blootstelling en op biologische parameters die geassocieerd zijn met gezondheidseffecten, cognitie en welbevinden. De 4^e generatie van het Steunpunt Milieu en Gezondheid analyseerde daartoe bij zeshonderd 14-15-jarigen zowel blootstellings- als effectmerkers die relevant zijn voor ruimtegebruik. Daarnaast werden in deze campagne ook ruimtelijke karakteristieken van de thuis- en schoolomgeving van de deelnemers in kaart gebracht. In vragenlijsten werd onder meer gepeild naar levensstijl factoren en naar gebruik van de open ruimte in de woonomgeving en welbevinden, vitaliteit en stress bij de jongeren.

Voor geïntegreerde wetenschappelijke interpretatie en beleidsvertaling kan doelgerichte analyse van biomerkers die de relatie tussen ruimtegebruik en gezondheid, cognitie en welbevinden mee kunnen onderbouwen een belangrijke meerwaarde bieden.

Dit project werd uitgevoerd door VITO Health in samenwerking met UHasselt. Resultaten van dit aanvullend onderzoek werden geïntegreerd in de beschikbare gegevens van het Steunpunt Milieu en Gezondheid aangaande de invloed van ruimtegebruik op de gezondheid, vitaliteit en welbevinden van jongeren. Deze aanpak had tot doel bij te dragen aan een geïntegreerde wetenschappelijke interpretatie en beleidsvertaling.

1.2 DOELSTELLING

De positieve invloed van groen in de leefomgeving op gezondheid en welbevinden werd in een rapport van de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO) uitgebreid beschreven [1]. Aan dit gunstig verband dragen volgens uitgebreide wetenschappelijke studies verschillende factoren bij: groene ruimtes versterken het gevoel van eigenwaarde en een positieve gemoedstoestand, dragen bij aan psychologisch herstel, bieden mogelijkheden om fysiek actief te zijn en een sociaal netwerk uit te bouwen [2–4]. Bovendien is het mogelijk dat kenmerken van de buitenomgeving de microbiële omgeving beïnvloeden, wat een impact heeft op het immuunsysteem en de mentale gezondheid [5]. In groene gebieden ligt bovendien de buitenlucht concentratie van verkeersgerelateerde luchtvervuilende stoffen lager, hoge concentraties van deze luchtvervuilende stoffen zijn o.a. geassocieerd met een verminderde neuropsychologische ontwikkeling bij jongeren [6]. Groen in de woonomgeving kan echter ook bijdragen aan negatieve gezondheidseffecten. Afhankelijk van het type vegetatie kan er een hogere blootstelling aan pollen en schimmelsporen zijn, wat kan leiden tot een verergering en / of



toename van astma en allergieën [7]. Daarnaast zou wonen in de buurt van landbouw kunnen leiden tot een verhoogde blootstelling aan pesticiden, die in eerder onderzoek in verband werden gebracht met een negatieve impact op de immuunfunctie en met neurologische aandoeningen [8–10].

De biologische mechanismen die het verband tussen ruimtegebruik en gezondheid onderbouwen zijn echter onvoldoende gekend.

De eerste doelstelling van deze studie was dan ook om bij de FLEHS IV jongeren, aan de hand van biomerker analyses, het verband met stress-merkers te onderzoeken. De focus lag hierbij op moleculaire en fysiologische aspecten van de biologische stress respons: 1) bepaling van de telomeerlengte (witte bloedcellen), een biomerker voor biologische veroudering die de negatieve impact van stressoren op moleculair niveau kan weerspiegelen, 2) analyse van haar cortisol concentraties (HCC), een biomerker voor langdurige biologische stress.

De tweede doelstelling van deze studie was om de blootstelling van jongeren aan verkeer beter in te schatten met behulp van de urinaire koolstof lading. De bepaling van de urinaire koolstoflading draagt bij aan het in kaart brengen van de gezondheidsimpact van de aanwezigheid van groene ruimte en van ruimtegebruik bij Vlaamse jongeren.

1.3 ACHTERGROND

Meer dan de helft van de wereldbevolking woont in een stedelijk gebied en er wordt verwacht dat dit aantal verder oploopt naar 68% tegen 2050 [11]. Een stad is een dicht bebouwd gebied waar de bewoners een beperkte toegang hebben tot een natuurlijke omgeving. In het kader van ruimtelijke ordening, is het belangrijk dat er voldoende groen aanwezig is in de woonomgeving aangezien dit een positief effect heeft op de gezondheid [12].

Eerdere studies bij kinderen hebben het belang van groen aangetoond voor de cognitieve ontwikkeling, meer bepaald het werkgeheugen [13], aandacht [13, 14] en intelligentie [15]. Een studie bij 2593 schoolkinderen in Barcelona, geeft aan dat meer groen in de leefomgeving geassocieerd is met een verbetering in werkgeheugen en aandacht [13]. Dit is nog niet onderzocht in adolescenten. Bovendien is meer groen in de leefomgeving bevorderlijk voor de gedragsontwikkeling van adolescenten. Zo is meer groen rondom de woning geassocieerd met minder gedragsproblemen, vooral agressie- en aandachtsproblemen [16, 17]. Het wonen in de buurt van landbouw zou echter ook kunnen leiden tot een verhoogde blootstelling aan pesticiden die in verband worden gebracht met verschillende gezondheidsuitkomsten, waaronder een negatieve impact op de immuunfunctie en neurologische aandoeningen [8–10]. Aanplanting van uitheemse boomsoorten die veel pollen produceren, zoals wilgen en cipressen, kan bijdragen aan de verergering en / of toename van astma en allergieën [18].

De positieve associatie tussen groen en gezondheid kan verklaard worden door verschillende mogelijke onderliggende mechanismen [19]. Ten eerste, gaat de aanwezigheid van meer groen gepaard met minder luchtvervuiling, minder geluidsoverlast en een vermindering van hitte. Ten tweede spoort groene ruimte aan

tot meer fysieke activiteit en meer sociale interacties. Een derde voordeel van groen en natuur is dat het de mogelijkheid biedt om te herstellen en te ontspannen [20, 21]. Onderzoek toonde aan dat groen in de woonomgeving in verband staat met een vermindering van stress zoals een lagere bloeddruk [22–24] en verminderde aanmaak van cortisol tijdens de dag [26, 27].

In een dichtbebouwde omgeving, gaan beperkte toegang tot groen en een minder goede luchtkwaliteit vaak hand in hand. Recente studies bij proefdieren en mensen toonden aan dat cortisol concentraties in bloed verhoogd zijn na blootstelling aan stikstofdioxide (NO₂) en fijnstof (PM_{2.5}), luchtvervuilende stoffen [28–30]. Cortisol concentraties in bloed geven de biologische stress respons weer op korte termijn. Aangezien we dagelijks blootgesteld worden aan luchtvervuiling, is het belangrijk om ook het verband tussen luchtvervuiling in de woonomgeving en biologische stress op lange termijn te onderzoeken.

Chronische biologische stress verhoogt immers het risico op hart- en vaatziekten, luchtweg- en cognitieve aandoeningen [31]. Langdurige vrijstelling van cortisol kunnen we meten in haar, de cortisol concentratie in een haarsegment van 3 cm (HCC), dicht tegen de schedel genomen, weerspiegelt het cortisolgehalte in bloed in de 3 maanden voor staalafname [32]. In onderzoek bij Vlaamse kinderen (7-12 jaar), werd geen significant verband vastgesteld tussen luchtkwaliteit, aanwezigheid van groen en haar cortisol concentraties [33]. Een studie bij Vlaamse zwangere vrouwen toonde een significante verhoging van de HCC in het 2^e en 3^e zwangerschapstrimester in relatie tot nabijheid van drukke wegen op het woonadres, dit verband was minder sterk bij vrouwen die toegang hadden tot wijkgroen [34]. De relatie tussen luchtvervuiling, aanwezigheid van groen en cortisol concentraties in haar als merker voor chronische biologische stress werd bij adolescenten nog niet onderzocht.

In een stedelijke woonomgeving draagt luchtvervuiling vaak ook bij aan een verhoogde blootstelling aan polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's), organische verbindingen die ontstaan bij verbrandingsprocessen. Eerder Vlaams onderzoek, uitgevoerd door VITO in samenwerking met het Provinciaal Instituut voor Hygiëne en de Universiteit van Utrecht, identificeerde voertuigemissies, houtverbranding en industrie als belangrijke bronnen van PAK's in omgevingslucht in de regio's Genk (Diepenbeek) en Menen [35]. In omgevingslucht zijn naftaleen, fluoreen en fenantreen de belangrijkste PAK's, hun metabolieten zijn meetbaar in urine. Pyreen is zowel in omgevingslucht als in verbrande/gegrilde voedingswaren aanwezig, de metaboliet (1-hydroxypyreen) wordt vaak gemeten in urine en weerspiegelt de blootstelling aan PAK's-mengsels. Het belangrijkste toxicologische effect van PAK's is kanker, maar uit dier- en in vitro studies blijkt dat PAK's ook de werking van het immuunsysteem kunnen onderdrukken; het verband tussen blootstelling aan PAK's in echte woon- en leefsituaties en de werking van het immuunsysteem is echter onvoldoende gekend [36]. Mogelijk spelen oxidatieve stress, fysiologische stress (te meten als een verschuiving in de subtypes van witte bloedcellen) en endocriene biologische stress (te meten als cortisol concentraties) een rol. In eerder onderzoek van het Steunpunt Milieu en Gezondheid werd een significant positief verband vastgesteld tussen urinaire 1-hydroxypyreen concentraties van jongeren en oxidatieve stress [37]. De relatie tussen interne blootstelling aan PAK's, cortisolgehalten en bloedformule werd bij jongeren nog niet onderzocht.



Om een goede inschatting te kunnen maken van de gezondheidseffecten van luchtvervuiling, is er een manier nodig om de individuele blootstelling in kaart te brengen. Tot voor kort was het niet mogelijk om zwarte koolstofdeeltjes in het menselijk lichaam aan te tonen en te meten. Hierdoor was het zeer moeilijk om een inschatting te maken aan hoeveel zwarte koolstofdeeltjes een persoon werd blootgesteld. Een nieuwe meetmethode laat ons toe om zwarte koolstof deeltjes op een label-vrije manier te meten in urine [38]. Door gebruik te maken van femtoseconde laserpulsen gaan de koolstofdeeltjes in urine wit-licht uitzenden waardoor ze gedetecteerd kunnen worden. Een studie bij 289 schoolkinderen (9-12 jaar) toonde een verband aan tussen urinaire koolstof en medium tot chronische blootstelling (1 maand of meer) aan luchtvervuiling op het woonadres. Bovendien, werd een hogere concentratie urinaire koolstof waargenomen bij kinderen die dichterbij een grote weg wonen [38].

Een andere mogelijke mediator van de relatie tussen groen en gezondheid is telomeerlengte [39]. Telomeren bevinden zich op de uiteinden van de chromosomen en bestaan uit repeterende stukjes DNA [40]. De belangrijkste functie van de telomeren is het beschermen van het genomische DNA tegen afbraak. De telomeren worden korter bij iedere celdeling aangezien DNA-polymerase niet in staat is om het DNA volledig te repliceren [41]. Het gevolg hiervan is dat de lengte van de telomeren progressief afneemt met leeftijd [42, 43]. De telomeerlengte bij volwassenen is sterk gecorreleerd aan de lengte van de telomeren bij de geboorte [44].

In een voorgaande studie hebben we aangetoond dat de nabijheid van verkeer en minder groene ruimte op de woonplaats tijdens de zwangerschap geassocieerd is met kortere telomeren bij de geboorte [45]. Tot nu toe zijn de onderlinge relatie tussen groene ruimte, telomeerlengte en cortisol nog niet bestudeerd in adolescenten.



2 METHODE

2.1 STUDIEDESIGN EN STUDIEPOPULATIE

Het Steunpunt Milieu en Gezondheid is een multidisciplinair onderzoeksconsortium bestaande uit onderzoekers van de vijf Vlaamse universiteiten (UAntwerpen, UGent, UHasselt, VUB, KULeuven) en de onderzoeksinstituten VITO en PIH. Sinds 2002 voert het Steunpunt Milieu en Gezondheid humane biomonitoring studies uit in opdracht van de Vlaamse overheid, waarbij o.a. referentiewaarden bepaald worden voor Vlaanderen. Er werden reeds 3 verschillende FLEHS-cycli (Flemish Environment and Health Study) voltooid, deze studie vond plaats in het kader van een vierde cyclus, die afloopt einde 2020.

In de FLEHS IV campagne ligt de focus op adolescenten, en gaat de aandacht naar drie actuele thema's: ruimtegebruik, ecologische voeding en binnenmilieu en hun relatie met gezondheid. In de periode van juli 2017 tot juli 2018 werden 610 jongeren onderzocht, verspreid over Vlaanderen.

Er werden simultaan 2 cohorten gerekruteerd:

- **FLEHS I cohorte (n=182)**: pasgeborenen uit het 1^e Steunpunt Milieu en Gezondheid (2001-2006, FLEHS I) werden opnieuw gecontacteerd met de vraag om deel te nemen aan de humane biomonitoring aangezien zij momenteel 14-15 jaar oud zijn.
- **FLEHS IV cohorte (n=428)**: een nieuwe groep Vlaamse jongeren uit het 3^e jaar secundair onderwijs werd uitgenodigd om deel te nemen van de humane biomonitoring met als doel Vlaamse referentiewaarden te bepalen.

Door het **samenvoegen van de FLEHS I en FLEHS IV cohorte (n=610)** werd een homogene studiestudiepopulatie bekomen die toelaat om cross-sectioneel onderzoek uit te voeren rond de 3 specifieke thema's, waaronder ruimtegebruik en gezondheid. Door het gelijktijdig meten van blootstelling en effect was het ook mogelijk om op deze totale groep blootstelling-respons relaties te berekenen.

De jongeren en hun ouders gaven een geïnformeerde toestemming. Het onderzoeksprotocol werd goedgekeurd door de ethische commissie van UZA op 12 juni 2017. Biomerkers van blootstelling en van gezondheidseffecten werden gemeten in individuele bloed-, urine- en haarstalen, aangevuld met vragenlijstgegevens over persoonlijke kenmerken en levensstijl van de deelnemers. Er werden merkers gemeten voor blootstelling aan metalen (lood, thallium, cadmium, arseen), persistente gechloreerde pollutanten (PCB's, DDT, DDE, HCB, HCH, chlordan groep), verkeer- en verbranding gerelateerde pollutanten (benzeen, polycyclische aromatische koolwaterstoffen), bestrijdingsmiddelen (herbiciden glyfosaat, AMPA, 2,4-dichloorfenoxiazijnzuur, pyrethroïde pesticiden, organofosfaat pesticide chloorpyrifos), plasticcomponenten en weekmakers (bisfenolen, ftalaten), vlamvertragers (gebromeerde vlamvertragers en organofosfaat vlamvertragers) en perfluorverbindingen.



Naast de merkers voor de omgevingspolluenten worden ook effectmerkers en gezondheidsparameters en cognitieve prestatie parameters gerapporteerd. Ook de mentale gezondheid en het welbevinden van de deelnemers werden bestudeerd aan de hand van gevalideerde vragenlijsten. Het bewaren en gebruik van de gegevens gebeurde conform met de nieuwe Europese regelgeving voor bescherming van de persoonlijke levenssfeer.

Een eerste luik van de onderzoeksresultaten, een rapport omtrent de referentiewaarden van gemeten merkers, werd in het voorjaar van 2020 voorgesteld aan het publiek en is publiek te raadplegen op de Steunpunt website: <https://www.milieu-en-gezondheid.be/nl/onderzoeksresultaten>.

2.2 RUIMTELIJKE VARIABELEN IN DE STEUNPUNT CAMPAGNE

Het huidige en de voorgaande woonadressen van de adolescenten werden gegeocodeerd. Alle analyses werden uitgevoerd met behulp van een geografisch informatiesysteem (GIS), ArcGIS 10 software.

Residentiële locaties werd ingedeeld in 3 ruimtelijke types op basis van de [RURA-kaart 2013](#) (Ruimterapport Vlaanderen, kaart-versie 2013) van het Departement Omgeving die alle statistische sectoren in Vlaanderen bevat classificeert als stedelijk, randstedelijk en landelijk afhankelijk van de bevolkingsdichtheid, tewerkstellingsdichtheid, ruimtebeslag en totaal aantal inwoners per cluster van sectoren.

De verstedelijkingsgraad werd ook getypeerd volgens de Eurostat indeling in “cities”, “towns and suburbs” en “rural areas” [46]. Daarnaast werd bevolkingsdichtheid op het woonadres ingedeeld in meer/minder dan 600 inwoners per km², een indeling die in eerdere Steunpunt campagnes gebruikt werd als indicatie voor de verstedelijking van de woonomgeving [47].

Groene ruimte rondom de woning werd berekend in een straal van 50-2000m rondom de woning op basis van een dataset met hoge resolutie (1 m²), namelijk de Groenkaart Vlaanderen 2012 van het Agentschap voor Geografische Informatie Vlaanderen (AGIV). We maken gebruik van 3 types van groen: (1) hoog groen (vegetatie hoogte hoger dan 3 meter), (2) laag groen (vegetatie hoogte lager dan 3 meter), en (3) totaal groen. Deze laatste is de som van de twee andere. Nabijheid van toegankelijke groene ruimte werd gebaseerd op de 2016-versie van de Landgebruikskaart van Vlaanderen, die landbedekkingstypen zoals natuurlijk begroeide landbedekking en stedelijk groen in kaart brengt in rastercellen van 10x10 m² [48]. Groene cellen werden geclusterd om het gebied en de openbare toegankelijkheid van de groene ruimte te beoordelen met behulp van 5 types, zoals weergegeven in Tabel 1. Meer technische achtergrondinformatie over de groene typologie is te vinden in de [technische fiche van de Stadsmonitor](#).

Tabel 1. Typologie van toegankelijke groene ruimte volgens de Vlaamse stadsmonitor

Type groen	Oppervlakte (hectare)	Maximale afstand van de woning
Buurtgroen	> 0.2	< 400
Wijkgroen	> 10	< 800
Stadsdeelgroen	> 30	< 1600
Stadsgroen	> 60	< 3200
Stadsbos	> 200	< 5000

De regionale achtergrondconcentraties aan luchtvervuiling (PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂ en BC) werden berekend op het woonadres op basis van een spatiotemporeel interpolatie model met hoge resolutie dat rekening houdt met landgebruik verkregen op basis van satellietbeelden (CORINE land-cover dataset) en luchtvervuilingsdata gemeten via vaste meetplaatsen in combinatie met een dispersie model [49, 50]. Zo kon een inschatting gemaakt worden van de individuele blootstelling binnen verschillende tijdsperiodes, meer bepaald de gemiddelde blootstelling in de 2 dagen voor staalname, maar ook in de 1 week, de 3 maanden en 1 jaar voor de staalname. Bovendien werd ook de kortste afstand bepaald tussen de woning en de dichtstbijzijnde hoofdweg, inclusief autosnelwegen, als indicator van verkeersblootstelling. De beoordeling van de geluidsblootstelling door wegverkeer werd bepaald aan de hand van de geluidsblootstellingskaart ontwikkeld voor MIRA, het Milieurapport Vlaanderen van 2018 [51]. MIRA beoordeelt de geluidsbelasting in Vlaanderen, uitgedrukt in L_{den} in een hoge ruimtelijke resolutie (20x20m²), gebruikmakend van de Common Noise Assessment Methods (CNOSSOS-EU), de geluidsverspreiding wordt berekend volgens de ISO9613-2 standaarden [52].

2.3 BIOMERKER ANALYSES

Bij aanvang van het onderzoek werd de literatuur omtrent de biologische merkers die gemeten werden om de persoonlijke blootstelling aan luchtvervuiling en de moleculaire en fysiologische aspecten van de biologische stress respons in kaart te brengen bestudeerd. Van elke gemeten biomarker werden fact sheets gemaakt die te raadplegen zijn op de [publieke website van het Steunpunt](#). De analysemethode van de merkers wordt hier kort beschreven.

2.3.1 Telomeerlengte

Telomeren zijn de distale uiteinden van chromosomen en beschermen de chromosomen tegen structurele degradatie [40]. De bepaling van telomeerlengte in perifere bloed werd uitgevoerd op 412 biobank stalen van de huidige Steunpunt campagne door UHasselt.

DNA wordt geëxtraheerd uit volbloed met behulp van de QIAamp DNA mini kit (Qiagen). De relatieve telomeerlengte wordt bepaald door het bepalen van de geamplificeerde hoeveelheid amplicons in verhouding tot single-copy nucleaire referentie genen 36B4 met behulp van real time Quantitatieve PCR (qPCR). PCR reacties worden uitgevoerd een 10 µl reactie volume gebruik makend van 384-well platen. Elke reactie bevat 2.5 µl staal, verdund tot een concentratie van 2 ng /µl, samen met 7,5 µl mastermix.



Alle reacties werden in triplo uitgevoerd. Controles zonder staal en zes interruncalibrators worden opgenomen in elke PCR-run. Het thermische cyclusprofiel voor mtDNA- en referentie-gentranscripten is 10 minuten bij 95 °C voor activering van het polymerase-enzym, gevolgd door 40 cycli van 15 seconden bij 94 °C voor denaturatie en 70 seconden bij 58 °C voor annealing en verlenging. Voor de telomerenamplificatie startten de thermische cycli met 10 minuten bij 95 °C voor activering van het polymerase-enzym gevolgd door 2 cycli van 15 seconden bij 94 °C voor hybridisatie/ extensie en 2 minuten bij 49 °C, gevolgd door 30 cycli van 15 sec voor denaturatie, 20 sec bij 62 °C voor annealing en 100 sec bij 74 °C voor verlenging. Thermische cycli worden uitgevoerd op een 7900HT Fast RealTime PCR-systeem (Applied Biosystems). Cq (cycle quantification) waarden van de telomeerprimers worden genormaliseerd ten opzichte van de nucleaire genen volgens een aangepaste versie de vergelijkende CT methode ($\Delta\Delta CT$) met behulp van de qBase software (Biogazelle, Zwijnaarde, Belgium) [53, 54].

2.3.2 Urinaire koolstof lading

Experimentele studies op dieren hebben al aangetoond dat een fractie van de ingeademde partikels zich kunnen verplaatsen naar het bloed [55] en zich zelfs vanuit de neus naar de hersenen een weg kunnen banen [56]. Tot voor kort was het niet mogelijk om deze verplaatsing van zwarte koolstofdeeltjes in het menselijk lichaam aan te tonen en te meten. Hierdoor was het zeer moeilijk om een inschatting te maken aan hoeveel zwarte koolstofdeeltjes een persoon werd blootgesteld. De nieuwe meetmethode die werd ontwikkeld laat ons toe om de verplaatsing van zwarte koolstof in kaart te brengen, van opname in de longen tot in de bloedcirculatie om uiteindelijk terecht te komen in de urine bij afscheiding waarin de zwarte koolstof deeltjes gedetecteerd worden [38].

Deze ontwikkelde methode maakt het mogelijk om via een label-vrije beeldvormingstechniek koolstofdeeltjes te detecteren. Hierbij maken we gebruik van femtoseconde laserpulsen op een centrale golf lengte (810nm) die gefocust worden op de urine. De koolstofdeeltjes die zich hierin bevinden gaan dan oplichten (wit-licht uitzenden) waardoor ze gedetecteerd worden via een specifieke beeldvorming [38]. Bepaling van de urinaire koolstof lading werd uitgevoerd op 149 biobank stalen van de huidige Steunpunt campagne door UHasselt.

2.3.3 Haar cortisol concentraties

De bepaling van cortisol in haar heeft de afgelopen jaren sterk aan belang gewonnen als biomarker voor de langdurige biologische stress respons bij volwassenen, maar ook bij kinderen en adolescenten [57, 58]. Aangezien haar ongeveer 1 cm per maand groeit, zegt een haarstaal van 3 cm iets over de gemiddelde cortisol concentratie van de afgelopen 3 maanden [59]. De literatuur ondersteunt het idee dat analyse van haarcortisol een betrouwbare weerspiegeling is van de lange-termijn vrijstelling van cortisol. Tijdens de 4^e steunpuntcampagne werd door de ervaren studieverpleegkundigen haarlokken verzameld (minstens 3 cm lang en 2 mm dik) van 419 jongeren volgens een gestandaardiseerde methode. De haarstalen worden op kamertemperatuur bewaard in gesloten papieren omslagen.

De haarstalen werden door VITO na een kwaliteitscontrole aan de faculteit Milieugeneeskunde van de Syddansk Universitet (SDU) bezorgd, het analyserend laboratorium. Haar cortisol concentraties werden bepaald aan de hand van een hogedruk-vloeistofchromatografie (HPLC), gecombineerd met massaspectrometrie [60]. De minimale hoeveelheid haar voor analyse bedroeg 50 mg. De detectielimiet (LOD) van deze methode was 0.3 pg/mg haar. De herhaalbaarheid van deze methode was 8.7% en de reproduceerbaarheid 9.5 %, zoals beschreven in het validatiedossier, dat goedgekeurd werd door het Steunpunt Milieu en Gezondheid. De resultaten van de analyse werden door SDU aan VITO bezorgd via een beveiligde transfer van gegevens, conform de GDPR wetgeving.

2.4 STATISTISCHE ANALYSES EN INTERPRETATIE VAN DE RESULTATEN

Op basis van het huidige en voorgaande thuisadres(-sen) werden van de deelnemers ruimtelijke typologieën en blootstellingsgegevens verzameld. Continue biomerkers worden conform de literatuur verwerkt. Dit betekent dat de biomerkers van effect op de natuurlijk getransformeerde schaal (ln) verwerkt werden. Variatieanalyse (ANOVA) en regressietechnieken werden gebruikt om de relatie tussen de biomarker en de blootstelling te onderzoeken. Meervoudige regressietechnieken lieten toe deze relatie te onderzoeken na correctie voor meerdere verklarende parameters/confounders.

Resultaten werden besproken binnen het onderzoeksteam, met de Steunpunt partners en de Stuurgroep voor verdere interpretatie. Gedurende heel het project verliep opslag, interne uitwisseling en verwerking van de data conform de GPDR richtlijnen.

3 RESULTATEN

3.1 BESCHRIJVING VAN DE STUDIEPOPULATIE

De proportie jongens en meisjes was in deze studiepopulatie ongeveer gelijk. Er was een gelijkmatige spreiding binnen de leeftijdsklasse 14-15 jaar. Binnen de FLEHS IV cohorte was de verdeling over de 5 Vlaamse provincies proportioneel aan het bevolkingsaantal van iedere provincie. De FLEHS IV cohorte weerspiegelde eveneens de verdeling over de onderwijstypes (BSO/TSO/ASO) volgens de Vlaamse situatie. De beschrijvende statistiek voor de voornaamste karakteristieken van de FLEHS I cohorte (n=182), de FLEHS IV cohorte (n=428), beide cohortes samen (n=610) wordt gegeven, samen met de beschikbare Vlaamse cijfers, in Tabel 2.

Tabel 2. Beschrijving van de onderzoekspopulatie in het 4^e Steunpunt Milieu en Gezondheid

	FLEHS I Opvolgcohort pasgeborenen	FLEHS IV Referentie HBM 2016-20	FLEHS I + FLEHS IV	Vlaanderen Alg. populatie
Aantal	182	428	610	67297
Geslacht				15 jarigen, Statbel 2018 [1]
jongens	89 (48,9%)	199 (46,5%)	288 (47,2%)	34502 (51,3%)
meisjes	93 (51,1%)	229 (53,5%)	322 (52,8%)	32795 (48,7%)
Leeftijd				
≤14,5 jaar	60 (33,0%)	117 (27,3%)	177 (29,0%)	
14,5-15,5 jaar	110 (60,4%)	277 (64,7%)	387 (63,4%)	
>15,5 jaar	12 (6,6%)	34 (7,9%)	46 (7,5%)	
Onderwijsvorm				3e jaar voltijds gewoon secundair onderwijs, 2017-18 [2]
BSO	9 (5,0%)	79 (18,5%)	88 (14,4%)	20,6%
TSO	54 (29,7%)	133 (31,1%)	187 (30,7%)	27,9%
ASO	115 (63,2%)	216 (50,5%)	331 (54,3%)	49,6%
KSO	4 (2,2%)	0 (0%)	4 (0,7%)	1,9%
Hoogste opleiding gezin (ISCED)				Statbel 2018 [3]

geen diploma of lager secundair	2 (1,1%)	26 (6,2%)	28 (4,6%)	19%
hoger secundair	40 (22,0%)	140 (33,4%)	180 (29,9%)	40%
hoger onderwijs	140 (76,9%)	254 (60,5%)	394 (65,5%)	41%
Herkomst jongere				Vlaams gewest, 2016 [4]
niet-EU	3 (1,6%)	43 (10,1%)	46 (7,6%)	11,3%
EU	3 (1,6%)	36 (8,4%)	39 (6,4%)	9,2%
België	176 (96,7%)	348 (81,5%)	524 (86,0%)	79,5%
Urbanisatie (RURA code)				Vlaams gewest, 2018 [5]
landelijk	76 (41,8%)	203 (47,4%)	279 (45,7%)	39,1%
randstedelijk	30 (16,5%)	73 (17,1%)	103 (17,0%)	20,0%
verstedelijkt	76 (41,8%)	152 (35,5%)	228 (37,4%)	40,9%
Inwonersdichtheid				NIS, Vlaams gewest, 2016[6]
minder dan 600 inwoners/km ²	35 (19,2%)	88 (20,6%)	123 (28,2%)	51,1%
meer dan 600 inwoners/km ²	147 (80,8%)	340 (79,4%)	487 (79,8%)	48,9%
Seizoen				
herfst	47 (25,8%)	100 (23,4%)	147 (24,1%)	
winter	46 (25,3%)	138 (32,2%)	184 (30,2%)	
lente	17 (9,3%)	190 (44,4%)	207 (33,9%)	
zomer	72 (39,6%)	0 (0%)	72 (11,8%)	
Roken				Leerlingenbevraging 2016-2017 [7]
nooit	179 (98,3%)	409 (95,8%)	588 (96,6%)	93,1%
af en toe	3 (1,7%)	8 (1,9%)	11 (1,8%)	4,1%
dagelijks	0 (0,0%)	10 (2,3%)	10 (1,6%)	2,7%
Passiefroken thuis				

zelden of nooit	169 (93,4%)	347 (82,6%)	516 (85,9%)	
wekelijks of vaker	12 (6,6%)	73 (17,4%)	85 (14,1%)	
Alcohol				
nooit	130 (71,4%)	270 (63,4%)	400 (65,8%)	
< maandelijks	34 (18,7%)	95 (22,30%)	129 (21,2%)	
< wekelijks	18 (9,9%)	52 (12,2%)	70 (11,5%)	
wekelijks	0 (0,0%)	9 (2,1%)	9 (1,5%)	
BMI-klasse jongens				Voedselconsumptiepeiling 2014 [8]
ondergewicht	11 (12,4%)	17 (8,5%)	28 (9,7%)	10,0%
normaal gewicht	66 (74,2%)	152 (76,4%)	218 (75,7%)	77,6%
overgewicht of obesitas	12 (13,5%)	30 (15,1%)	42 (14,6%)	12,5%
BMI-klasse meisjes				Voedselconsumptiepeiling 2014 [8]
ondergewicht	9 (9,7%)	18 (7,9%)	27 (8,4%)	10,7%
normaal gewicht	72 (77,4%)	156 (68,1%)	228 (70,8%)	69,0%
overgewicht en obesitas	12 (12,9%)	55 (24,0%)	67 (20,8%)	20,4%

[1] <https://Statbel.fgov.be/>

[2] <http://www.ond.vlaanderen.be/>

[3] <https://Statbel.fgov.be/>; Hoogste opleidingsniveau Vlaamse mannen en vrouwen tussen 25 en 64 jaar (n=3 445 221) op basis van de Enquête naar de Arbeidskrachten; analyse-eenheid is verschillend met gegevens FLEHS-campagnes (individu versus gezin)

[4] Cijfers van FLEHS II en III voor buitenlandse herkomst zijn gebaseerd op geboorteland van de jongere en ouders; cijfers van FLEHS I V zijn gebaseerd op geboorternationaliteit van jongere en ouders

[5] <https://www.vlaanderen.be/publicaties/ruimterapport-2018>

[6] Volgens bevolkingsdichtheid van de woonplaats (NIS-code); niet-stedelijk: ≤600 inwoners/km²; stedelijk: >600 inwoners/km³

[7] Leerlingenbevraging 2016-2017 van het 'Vlaams expertisecentrum Alcohol en andere Drugs (VAD), leerlingen van het middelbaar onderwijs van 13- tot en met 16-jarigen (bij 'nooit of zelden' roken werd ook de categorie 'gestopt in het laatste jaar' van de leerlingenbevraging opgeteld)

[8] Op basis van Vlaamse groeicurven 2004, Vlaamse jongeren tussen 10 en 17 jaar; informatie verkregen van Sciensano op 30/08/2019, Categoriëering volgens de aanbevelingen van het IOTF (drempelwaarden volgens leeftijd en geslacht)

3.2 PERCEPTIE VAN JONGEREN OVER GROENE RUIMTE EN SOCIALE VERSCHILLEN

In een vragenlijst werd gepeild naar de perceptie van groene ruimte door de jongeren. De vragen die aan de jongeren gesteld werden omtrent groen in de woonbuurt zijn terug te vinden in Bijlage. Ruim de helft van alle deelnemers (51,6%) vindt groen in de woonomgeving heel belangrijk. Slechts 3% geeft aan groen niet belangrijk te vinden. Jongeren appreciëren voornamelijk parken en bossen in hun woonomgeving. De helft van de deelnemers zou het liefst wonen in de buurt van een stad of dorp. 14% wil in de stad wonen en 8% in de natuur. Een ruime meerderheid geeft aan veel tijd door te brengen in groene ruimte: 40% doet dit minstens wekelijks, 20% dagelijks. 1 op 6 jongeren geeft echter aan minder dan wekelijks gebruik te maken van de groene ruimte. Deelnemers percipiëren niet alle groen in hun buurt als toegankelijk. 60% van de jongeren stelt dat niet alle groen in de buurt toegankelijk is voor iedereen. Ruim 90% geeft wel aan een tuin en een uitzicht naar buiten te hebben aan de woning.

De appreciatie, gebruik van en toegang tot groene ruimte is sociaal-cultureel gestratificeerd: deelnemers met een lagere sociaal-economische status (SES) en een buitenlandse herkomst hechten vooral belang aan het sociale aspect van groene ruimte: stadsgroen en parken waar ze kunnen afspreken met vrienden of waar kinderen kunnen spelen. Deelnemers met een hogere SES en een Belgische herkomst hechten daarentegen meer belang aan het natuuraspect: ruimte voor natuur is belangrijk op zich en bossen zijn plekken waar ze zeggen tot rust te kunnen komen. Deelnemers met een lagere SES en buitenlandse herkomst percipiëren daarnaast ook minder toegankelijk groen in hun buurt en hebben minder vaak een tuin of een uitzicht naar buiten vanuit de woning.

3.3 GROENE RUIMTE EN TELOMEERLENGTE

Bij een subgroep van 373 adolescenten werd de lengte van telomeren bepaald in bloed aan de hand van een kwantitatieve PCR methode. We tonen aan dat meer groen vlak bij de woning (50m radius) in verband staat met significant langere telomeren. Er werd geen significant verband waargenomen met groen verder dan 50m van de woning. Onze bevindingen tonen bovendien aan dat het geobserveerde verband tussen residentieel groen en de lengte van de telomeren onafhankelijk is van de blootstelling aan luchtvervuiling. Naast huidige woonlocatie hebben we ook de hoeveelheid groen berekend rondom de woning bij geboorte. We namen ook een verband waar tussen de telomeerlengte van jongeren en de hoeveelheid groen rondom hun geboorte adres dan rondom de huidige woning.

3.4 DETERMINANTEN VAN LANGDURIGE BIOLOGISCHE STRESS BIJ VLAAMSE JONGEREN: HAAR CORTISOL CONCENTRATIES IN RELATIE TOT SOCIO-ECONOMISCHE STATUS, VERSTEDELIJING IN DE WOONOMGEVING, LEVENsstIJL EN GEZONDHEID

We onderzochten het verband tussen de haar cortisol concentratie (HCC) van 419 jongeren, verstedelijking van de woonomgeving, de socio-economische status (SES) van het gezin, levensstijl en gezondheid en gingen na of deze verbanden verschilden bij jongens en meisjes.

Jongens die in randstedelijk, kleinstedelijke gebieden en plattelandsgebieden woonden hadden significant lagere HCC dan hun leeftijdsgenoten uit steden.

Bij meisjes werd dit verband niet teruggevonden. Bij meisjes was de menarche (het optreden van de eerste maandstonden) een significante determinant van de HCC, de groep meisjes na menarche vertoonde significant hogere HCC dan de groep meisjes voor menarche. Als we de gegevens van meisjes en jongens samen analyseerden, dan stelden we significant lagere HCC vast bij jongeren die aangaven zich optimaal vitaal te voelen.

3.5 LANGDURIGE BIOLOGISCHE STRESS BIJ VLAAMSE JONGEREN, GEMETEN ALS CORTISOL IN HAAR, IN RELATIE TOT BLOOTSTELLING AAN LUCHTVERVUILING EN GELUID EN DE AANWEZIGHEID VAN GROEN IN DE WOONOMGEVING.

Deze studie werd uitgevoerd bij 395 deelnemers van de FLEHS IV referentiepopulatie, enkel jongeren die aangaven niet verhuisd te zijn in het jaar voor staalname kwamen in aanmerking voor deze studie. Op het woonadres werden de 3-maand en jaargemiddelde concentraties van fijnstof ($PM_{2.5}$, PM_{10}), zwarte koolstof (BC) en stikstofdioxide (NO_2), de geluidsbelasting, het percentage groen in de woonomgeving en de toegang tot publieke groen (wijkgroen, park, bos) bepaald. Socio-economische status (SES) op buurtniveau werd eveneens beoordeeld op basis van de woonadressen. We gebruikten kansarmoede index van Kind en Gezin die jaarlijks wordt berekend op het niveau van de deelgemeenten in Vlaanderen [61]. De kansarmoede index beschouwt alle kinderen, geboren in achterstandsgezinnen in een bepaalde deelgemeente in Vlaanderen in de afgelopen 3 jaar, gedeeld door het totaal aantal kinderen geboren in de deelgemeente tijdens dezelfde periode. Selectiecriteria voor kansarmoede zijn gezinsinkomen, opleidingsniveau, werkgelegenheidssituatie,

ontwikkeling van de kinderen, huisvesting en gezondheid. Als een huishouden aan ten minste 3 criteria voldoet, wordt het als kansarm beschouwd.

Bij jongens vonden we significante verbanden tussen de 3-maand en jaargemiddelde NO₂ concentraties en haar cortisol concentraties en tussen jaargemiddelde PM₁₀ en haar cortisol. De verbanden waren niet significant bij meisjes. De sterkste associatie werd waargenomen voor het NO₂ jaargemiddelde op het woonadres. De modellen werden gecorrigeerd voor leeftijd, BMI, persoonlijke SES en de SES van de woonbuurt. De associaties tussen NO₂, PM₁₀ en haar cortisol bij jongens bleven significant na correctie voor blootstelling aan geluid en groen in de woonomgeving. In deze studiepopulatie werden geen significant verband gevonden tussen haar cortisol concentraties en de geluidsbelasting op het woonadres.

We vonden geen significant verband tussen haar cortisol concentraties van jongeren en het percentage groen in de woonomgeving, de toegang tot publieke groene ruimte of de perceptie van toegankelijk groen in de buurt. Er werd evenmin een significant verband gevonden tussen het regelmatig gebruiken van groene ruimte om te sporten, wandelen, fietsen, spelen of met vrienden afspreken en biologische stress bij jongeren, ook tussen het regelmatig tijd doorbrengen in een tuin en biologische stress was er geen significant verband.

3.6 URINAIRE CONCENTRATIES VAN POLYCYCLISCHE AROMATISCHE KOOLWATERSTOFFEN METABOLIETEN ZIJN GEASSOCIEERD MET STRESS-GERELATEERDE IMMUNITEITSMERKERS

Deze studie werd uitgevoerd bij 394 jongeren van de FLEHS IV referentiepopulatie. In bloed werd de verhouding van neutrofielen op lymfocyten binnen de witte bloedcel (WBC) populatie bepaald (NLR), een maat voor fysiologische stress en immuun onderdrukking. In haar werd het cortisolgehalte bepaald (HCC). In urine werden de metaboliëten van naftaleen, fenantreen, fluoreen en pyreen gemeten en de oxidatieve stress merker 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG).

De concentraties van 2,3-hydroxyfluoreen (2-OH-Fluo) en 2-hydroxyfenantreen (2-OH-fen) waren significant positief geassocieerd met de NLR. De sterkste associatie werd waargenomen voor 2-OH-fen. De verbanden werden gecorrigeerd voor geslacht en leeftijd van de deelnemer, BMI, seizoen, socio-economische status van het gezin, actief en passief roken. Urinaire 2-OH-fenantreen, 3-OH-fenantreen en 1-OH-pyreen concentraties waren significant positief geassocieerd met 8-OHdG, de sterkste associatie werd waargenomen voor 2-OH-fenantreen. Deze verbanden werden gecorrigeerd voor geslacht en leeftijd van de deelnemer, BMI, seizoen, socio-economische status van het gezin, actief en passief roken en verdunningsgraad van de urine. We zagen een significant positief verband tussen blootstelling aan 1-OH-pyr en HCC. Dit verband werd gecorrigeerd voor



geslacht en leeftijd van de deelnemer, BMI, socio-economische status van het gezin en de woonomgeving, actief en passief roken en seizoen van de staalname.

3.7 URINAIRE KOOLSTOF

In een voorgaande studie van Saenen et al. (2017), werd urinaire koolstoflading in verband gebracht met blootstelling aan luchtvervuiling (zwarte koolstof) op het woonadres bepaald aan de hand van een interpolatie model en met de afstand tot grote wegen bij kinderen. Aan de hand van 149 stalen van de huidige Steunpunt campagne, zijn we nagaan of urinaire koolstoflading ook bij adolescenten gebruikt kan worden als een interne biomarker die de blootstelling aan luchtvervuiling reflecteert.

De mediane urinaire koolstoflading (IQR) was 9.56×10^5 (12.1×10^5) deeltjes per mL urine. Om normaliteit te verbeteren werd het aantal koolstofdeeltjes log getransformeerd. Soortelijk gewicht was significant geassocieerd met urinaire koolstoflading en urinaire creatine concentratie was geen predictor van koolstoflading

We vonden geen verband tussen urinaire koolstoflading en afstand tot de dichtstbijzijnde grote weg in de volledige groep maar namen we wel een significant verband waar bij de jongeren wonend in een landelijke omgeving (n=69). Bovendien observeerde we ook een trend met windrichting van de ligging van de drukke weg bij jongeren uit een landelijke omgeving. Waarbij de hoogste hoeveelheid koolstofdeeltjes werd waargenomen bij de deelnemers waarbij de dichtstbijzijnde grote weg gelegen is in het zuidwesten, de meest overwegende windrichting in België. We vonden geen associatie tussen urinaire koolstof en de concentratie aan zwarte koolstof op het woonadres bepaald met een interpolatie model.

Na correctie voor geslacht, passief roken en windrichting namen we waar dat jongeren die op het platteland dicht bij een grote weg wonen een hogere urinaire koolstof lading hebben dan jongeren die ver van een grote weg wonen.

In het algemeen kunnen we concluderen dat in deze subset van jongeren er een verband was tussen het aantal koolstof deeltjes in urine en de nabijheid van een grote weg, als indicator van verkeersblootstelling in een landelijke omgeving. Er werd geen verband waargenomen met omgevingsblootstelling aan zwarte koolstof op het woonadres in geschat op basis van geïnterpoleerde modellen. Het was niet mogelijk om aan te tonen dat de eerder geobserveerde associatie tussen groene ruimte en cognitie (n=610) onafhankelijk was van koolstof gemeten in een subset van 149 deelnemers. De statistische power was niet voldoende omwille van het kleine aantal deelnemers. Bovendien kon in deze subset van 149 adolescenten met koolstofmetingen, er ook geen relatie tussen groene ruimte en cognitie aangetoond worden.



3.8 UITGEBREIDE ABSTRACTS

Groene ruimte nabij de woonomgeving is gerelateerd aan telomeerlengte bij Vlaamse jongeren

Achtergrond: Recent onderzoek suggereert dat de nabijheid van groene ruimte een positieve invloed heeft op biologische kenmerken zoals telomeerlengte, een merker voor biologische veroudering. Aan de hand van deze studie onderzochten we hoe telomeerlengte gerelateerd is aan groene ruimte in de leefomgeving van Vlaamse jongeren.

Methode: Van 373 Vlaamse jongeren werd de hoeveelheid groen in verschillende afstanden rondom het woon- en schooladres bepaald aan de hand van de Vlaamse groenkaart. De gemiddelde relatieve telomeerlengte werd bepaald aan de hand van een kwantitatieve PCR methode. Met lineaire regressiemodellen (gecorrigeerd voor leeftijd, geslacht, passief roken, diploma van de moeder, en provincie) werden de relaties tussen groene ruimte rondom thuis- en schooladres en telomeerlengte getest. Ook interacties met urbanisatie en tijd gependend in groen werden onderzocht. Tenslotte werd de mediërende rol van luchtvervuiling en van mentaal welzijn bekeken.

Resultaten: Groen in de dichte omgeving (50m) van het thuisadres is geassocieerd met langere telomeerlengte. Dit verband bleek sterker voor groen rondom het thuisadres bij de geboorte dan bij de rekrutering. Uit gestratificeerde analyse bleek dat dit verband voornamelijk voor jongeren uit stedelijke of randstedelijke gebieden significant is, terwijl voor jongeren wonende in landelijke gebieden er geen significant verband waargenomen werd. Tenslotte observeerden we geen significante invloed van de gerapporteerde tijd gependend in groen, en geen significante mediërende rol voor luchtvervuiling of mentaal welzijn.

Besluit: Groene ruimte in de nabije omgeving van het woonadres is positief geassocieerd met telomeerlengte en dus biologische veroudering bij Vlaamse jongeren. Dit verband was voornamelijk significant voor jongeren uit stedelijke of randstedelijke gebieden. Daarnaast observeerden we een sterker effect van residentieel groen bij geboorte dan residentieel groen bij de rekrutering, wat erop wijst dat omgevingsfactoren tijdens de zwangerschap en/of vroege kindertijd mogelijk meer verklarend zijn voor het effect op telomeerlengte dan omgevingsfactoren tijdens de adolescentie.



Determinanten van langdurige biologische stress bij Vlaamse jongeren: haar cortisol concentraties in relatie tot socio-economische status, verstedelijking in de woonomgeving, levensstijl en gezondheid

Achtergrond: Cortisol is een hormoon dat een belangrijke rol speelt in de normale werking van het lichaam, het beïnvloedt de bloeddruk, werkt ontstekingsremmend en regelt de vrijstelling van energiereserves. Bij acute stress stijgt de vrijstelling van cortisol door de bijnier sterk om de stressvolle situatie het hoofd te bieden, nadien daalt het cortisolgehalte opnieuw naar een normaal niveau. De effecten van cortisol zijn positief op korte termijn, maar nadelig op lange termijn. Chronisch verhoogde cortisolgehalten worden in verband gebracht met een hoger risico op hart- en vaatziekten, luchtwegaandoeningen en verminderde cognitieve vaardigheden. De factoren die bijdragen aan biologische stress bij jongeren zijn onvoldoende gekend, mogelijk speelt ook de woonomgeving een rol. De cortisol concentratie in hoofdhaar weerspiegelt het lange termijn cortisolgehalte in het lichaam. Hoofdhaar groeit een centimeter per maand. In een haarstaal van 3 cm, vlak tegen de schedel genomen, kunnen we nagaan hoe hoog het cortisolgehalte in bloed gemiddeld was in de 3 maanden waarin dat stukje haar groeide.

Methode: In deze studie bekeken we het verband tussen de haar cortisol concentratie (HCC) van 419 Vlaamse jongeren, deelnemers van de 4^e campagne van het Steunpunt Milieu en Gezondheid, en de verstedelijking van de woonomgeving, de socio-economische status (SES) van het gezin, levensstijl en gezondheid. Daarnaast werd gekeken of deze verbanden anders waren voor jongens en meisjes. Er werd bij de jongeren een haarstaal van minstens 3 cm genomen, lichaamsmetingen uitgevoerd en via vragenlijsten bij jongeren en hun ouders informatie verzameld over woonomgeving, SES, levensstijl en gezondheid. Verstedelijkingsgraad werd bepaald op basis van het woonadres. HCC werd bepaald met behulp van vloeistofchromatografie in combinatie met massaspectrometrie. Het verband tussen HCC en mogelijke beïnvloedende factoren werd statistisch geanalyseerd in multivariate lineaire regressie modellen.

Resultaten: Bij jongens werd er een significant verband aangetoond tussen HCC en verstedelijkingsgraad. Jongens die in randstedelijk en kleinstedelijke gebieden en plattelandsgebieden woonden hadden significant lagere HCC dan hun leeftijdsgenoten uit steden. Dit verband werd gecorrigeerd voor leeftijd, SES, atopie (astma, allergie, eczeem) en optimale vitaliteit. Bij meisjes werd dit verband niet teruggevonden. Bij meisjes was de menarche (het optreden van de eerste maandstonden) een significante determinant van de HCC. Dit verband werd gecorrigeerd de leeftijd, SES, atopie, optimale vitaliteit en verstedelijking op het woonadres.

Als we de gegevens van meisjes en jongens samen analyseerden, dan bleken leeftijd, geslacht, socio-economische status en levensstijl geen significante determinanten van de HCC te zijn in de jongerenpopulatie. Wel stelden we gemiddeld beduidend lagere HCC vast bij jongeren die aangaven zich optimaal vitaal te voelen, het verband werd gecorrigeerd voor geslacht, leeftijd, SES, atopie en verstedelijking op het woonadres.

Besluit: Zowel persoonlijke factoren als woonomgeving zijn geassocieerd met langdurige biologische stress bij Vlaamse jongeren. De resultaten van deze studie geven aan dat bij de preventie van langdurige stress ook de indeling en het gebruik van de publieke ruimte een rol spelen.

Langdurige biologische stress bij Vlaamse jongeren, gemeten als cortisol in haar, in relatie tot blootstelling aan luchtvervuiling en geluid en de aanwezigheid van groen in de woonomgeving.

Achtergrond: De impact van luchtvervuiling op de gezondheid werd wereldwijd uitvoerig onderzocht, er is eensgezindheid dat een slechte luchtkwaliteit een nadelige invloed heeft op luchtwegaandoeningen, hart- en vaatziekten en cognitie. De biologische mechanismen die mee verantwoordelijk zijn voor de gezondheidsimpact van luchtvervuiling, zijn echter onvoldoende gekend. Recente studies geven aan dat langdurige biologische stress, met vrijstelling van het stresshormoon cortisol, mogelijk een onderliggend mechanisme is. Het verband tussen blootstelling aan luchtvervuiling en langdurige biologische stress werd bij jongeren nog niet onderzocht. Omgevingsgeluid kan ook een stressor zijn; van natuur en groen werd daarentegen aangetoond dat ze een gunstige invloed hebben op het cortisolgehalte. Het doel van deze studie was om het verband tussen blootstelling aan luchtvervuiling in de woonomgeving en langdurige biologische stress bij jongeren te onderzoeken, rekening houdend met de gelijktijdige blootstelling aan omgevingsgeluid en (gebrek aan) groen.

Methode: Deze studie werd uitgevoerd bij 395 deelnemers van de 4^e campagne van het Steunpunt Milieu en Gezondheid. Enkel jongeren die aangaven niet verhuisd te zijn in het jaar voor staalname kwamen in aanmerking voor deze studie. Er werd een 3 cm-lang haarstaal genomen, het cortisolgehalte in dit staal weerspiegelt de vrijstelling van cortisol in de 3 maanden voor staalname. Er werden lichaamsmetingen uitgevoerd en via vragenlijsten informatie over woonomgeving, socio-economische status (SES), levensstijl en gezondheid verzameld. Op het woonadres werden de 3-maand en jaargemiddelde concentraties van fijnstof (PM_{2.5}, PM₁₀), zwarte koolstof (BC) en stikstofdioxide (NO₂), de blootstelling aan wegverkeergeluid, het percentage groen en de toegang tot publieke groene ruimte (wijkgroen, park, bos) bepaald. De verbanden tussen blootstelling in de woonomgeving en HCC werden statistisch geanalyseerd in lineaire regressie modellen.

Resultaten: Het verband tussen HCC en luchtkwaliteit op het woonadres was verschillend voor jongens en meisjes. We vonden significante verbanden tussen 3-maand en jaargemiddelde NO₂ concentraties op het woonadres en HCC bij jongens, evenals tussen jaargemiddelde PM₁₀ en HCC bij jongens; de verbanden waren niet significant bij meisjes. De sterkste associatie werd waargenomen voor de jaargemiddelde NO₂ concentraties op het woonadres.



De modellen werden gecorrigeerd voor leeftijd, BMI, persoonlijke SES en SES van de woonbuurt.

De resultaten bleven significant na correctie voor blootstelling aan geluid en groen in de woonomgeving. In deze studiepopulatie werden geen significante verbanden gevonden tussen HCC en het percentage groen in de woonomgeving, de toegang tot publieke groene ruimte en geluidsblootstelling.

Besluit: In deze studie waren de lange-termijn concentraties van NO₂ en PM₁₀ op het woonadres significant geassocieerd met langdurige biologische stress bij Vlaamse jongens. De resultaten van deze studie geven aan dat een verdere verbetering van de lange-termijn luchtkwaliteitsniveaus in Vlaanderen belangrijk is om de gezondheidsimpact van luchtvervuiling te beperken.

Urinaire concentraties van polycyclische aromatische koolwaterstoffen metabolieten zijn geassocieerd met stress-gerelateerde immuuniteitsmerkers

Achtergrond: Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) zijn een groep van meer dan 100, alomtegenwoordige, organische verbindingen die ontstaan door onvolledige verbranding van onder meer brandstof, gas, hout en tabak. PAK's komen voornamelijk in het lichaam door voeding en inademing. Mensen worden meestal gelijktijdig blootgesteld aan een mengeling van PAK's. Afhankelijk van hun grootte zijn PAK's in de omgevingslucht ofwel vluchtig of gebonden aan deeltjes. In de omgevingslucht zijn naftaleen, fluoreen en fenantreen de belangrijkste PAK's, de metabolieten van deze stoffen zijn meetbaar in urine. Pyreen is zowel in omgevingslucht als in verbrande/gegrilde voedingswaren aanwezig, de urinaire metaboliet 1-hydroxypyreen wordt vaak gemeten als indicator voor blootstelling aan PAK-mengsels. Het belangrijkste toxicologische effect van PAK's is kanker, uit dier- en in vitro studies blijkt echter dat PAK's ook de werking van het immuunsysteem kunnen onderdrukken. Het verband tussen blootstelling aan PAK's in het dagelijks leven en de werking van het immuunsysteem is nog onvoldoende gekend. Mogelijk spelen oxidatieve stress, fysiologische stress (te meten als een verschuiving in de subtypes van witte bloedcellen) en endocriene stress (te meten als cortisol concentraties) een rol als onderliggende mechanismen. In eerder onderzoek van het Steunpunt Milieu en Gezondheid bij Vlaamse jongeren werd een significant positief verband vastgesteld tussen urinaire 1-hydroxypyreen concentraties en oxidatieve stress. Het ontwikkelend immuunsysteem van jongeren is extra kwetsbaar voor de versturende effecten van chemische stoffen. Het doel van deze studie was om het verband tussen urinaire concentraties van naftaleen, fluoreen, fenantreen en pyreen metabolieten en stress-gerelateerde immuuniteitsmerkers te bestuderen bij Vlaamse jongeren.

Methode: Deze studie werd uitgevoerd bij 394 deelnemers van de 4^e campagne van het Steunpunt Milieu en Gezondheid, waarvan data omtrent PAK's metabolieten, bloedformule en oxidatieve stress beschikbaar was. Er werden haar-, bloed- en urinestalen genomen, lengte en gewicht werden gemeten.

Informatie over socio-economische status (SES), levensstijl en gezondheid werd verzameld via vragenlijsten. In bloed werd het aantal witte bloedcellen (WBC) en de proportie neutrofielen en lymfocyten binnen de WBC populatie bepaald. De verhouding van het aantal neutrofielen en lymfocyten (NLR) is een maat voor fysiologische stress en immuun onderdrukking. In haar werd de cortisol concentratie bepaald. In urine werden de metabolieten van naftaleen, fenantreen, fluoreen en pyreen gemeten, evenals de oxidatieve stress biomarker 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG). Urinaire merkers werden gecorrigeerd voor de verdunningsgraad van urine, op basis van het soortelijk gewicht van het staal. De verbanden tussen urinaire concentraties van PAKs metabolieten en immuunmarkers werden statistisch geanalyseerd in lineaire regressie modellen.

Resultaten: De urinaire concentraties van de fluoreen metaboliet 2,3-hydroxyfluoreen (2-OHF) en de fenantreen metaboliet 2-hydroxyfenantreen (2-OHfen) waren significant positief geassocieerd met de NLR. Het sterkste verband werd waargenomen voor 2-hydroxyfenantreen. De verbanden werden gecorrigeerd voor geslacht van de deelnemer, leeftijd, BMI, seizoen, socio-economische status van het gezin, actief en passief roken. Urinaire concentraties van de fenantreen metaboliet 2-hydroxyfenantreen, 3-hydroxyfenantreen en 1-OH-pyreen waren significant positief geassocieerd met 8-OHdG. De modellen werden gecorrigeerd voor leeftijd, geslacht, BMI, seizoen, SES van het gezin, actief en passief roken en verdunningsgraad van de urine. We observeerden een significant positief verband tussen blootstelling aan 1-OH-pyreen en HCC.. Dit verband werd gecorrigeerd voor geslacht en leeftijd van de deelnemer, BMI, socio-economische status van het gezin en de woonomgeving, actief en passief roken en seizoen van de staalname.

Besluit: In deze studie bij Vlaamse jongeren waren urinaire concentraties van PAK's metabolieten significant positief geassocieerd met stress-gerelateerde merkers die wijzen op een verstoring van het immuunsysteem. De resultaten van deze studie geven aan dat blootstelling aan PAK's mogelijk een impact heeft op werking van het immuun systeem bij Vlaamse jongeren. Er is geen veilige drempelwaarde voor blootstelling aan PAKs, inspanningen om de milieublootstelling van jongeren aan PAK's te verminderen blijven belangrijk.

4 CONCLUSIES

Groene ruimte in de nabije omgeving van het woonadres is positief geassocieerd met telomeerlengte, een belangrijke merker van celveroudering bij Vlaamse jongeren. Dit is bij ons weten de eerste studie die dit verband onderzoekt bij jongeren. We namen ook een verband waar tussen telomeerlengte, en de hoeveelheid groen rondom de woning bij geboorte. Dit zou erop kunnen wijzen dat de geobserveerde associatie tussen groen en telomeren zijn oorsprong vindt in de vroege ontwikkeling van het kind en in mindere mate in adolescentie. Jongeren die in landelijk gebied woonden vertoonden lagere gehalten aan benzeen en fenantreen metabolieten in urine. Hogere 3-maand gemiddelde concentraties NO₂ op het woonadres gingen samen met hogere urinaire gehalten van benzeen en fenantreen metabolieten. Daarnaast waren hogere fijnstof concentraties op het woonadres geassocieerd met hogere gehalten aan pyreen en fenantreen metabolieten in urinestalen. We zagen een positief verband tussen een stedelijke woonomgeving, langdurige blootstelling aan luchtvervuilende stoffen (NO₂ en PM₁₀) en chronische biologische stress bij jongens. Dit namen we niet waar bij meisjes. De gehalten van verschillende PAK's metabolieten waren significant geassocieerd met stress-gerelateerde merkers die wijzen op een verstoring van het immuunsysteem. De resultaten van deze studies geven aan dat een verdere verbetering van de lange-termijn luchtkwaliteitsniveaus in Vlaanderen belangrijk is voor de gezondheid van jongeren.

In het algemeen kunnen we concluderen dat zowel groen in de nabijheid van de woning als een goede luchtkwaliteit van belang zijn voor jongeren. Gezien het feit dat de verstedelijking wereldwijd steeds meer toeneemt, is het dus essentieel dat er een inspanning geleverd wordt om de bestaande groene ruimtes te behouden en uit te breiden.

5 COMMUNICATIE

De resultaten werden geïntegreerd in de rapportering en communicatie van de resultaten van de FLEHS IV campagne. De resultaten van de opdracht die vallen onder het voorwerp van de wetgeving op de privacy en ethiek werden enkel mits toepassing van de spelregels van het steunpunt Milieu en Gezondheid rond risicocommunicatie en (voor wat betreft het aspect timing) na akkoord van het Departement Omgeving openbaar gemaakt.

6 VERVOLGSTAPPEN VOOR BELEIDSDOORWERKING

Resultaten werden besproken binnen het onderzoeksteam, met de Steunpunt partners en de Stuurgroep voor verdere interpretatie. In november 2020 organiseerden de sociale wetenschappers van de Universiteit Antwerpen, verbonden aan het Steunpunt, in samenwerking met de betrokken onderzoekers een rondetafel overleg over de Steunpunt onderzoeksresultaten rond ruimtegebruik en gezondheid. Voor dit overleg werden een 20-tal deelnemers uitgenodigd, met een goede mix aan perspectieven. Omdat de resultaten op dat moment nog niet publiek beschikbaar waren, werd aan de deelnemers gevraagd om deze vertrouwelijk te behandelen. Het doel van de rondetafels was enerzijds om de resultaten af te toetsen. Anderzijds wilden we alvast samen nadenken over mogelijke opties voor beleidsdoorwerking. Op basis van deze dialoog werden door het Steunpunt enkele aandachtspunten geformuleerd voor de verdere rapportering en publiekscommunicatie van de onderzoeksresultaten en werden alvast verschillende beleidsopties en ideeën verkend. Als een volgende stap in de beleidsvertaling zal het Steunpunt twee webinars organiseren (eind januari 2021), na de publieke bekendmaking van de onderzoeksresultaten in december 2020. Deze webinars bieden de mogelijkheid om de resultaten een bredere bekendheid te geven en de opties voor beleid verder af te toetsen en te onderbouwen (in samenwerking met de betrokken actoren).

Als **conclusie voor beleid** kunnen we stellen dat zowel groen in de nabijheid van de woning als in een ruimere omgeving en een goede luchtkwaliteit van belang zijn voor jongeren. De onderzoeksresultaten uit het eindrapport van het steunpunt deel 2 toonden aan dat meer groen met een hoogte van minstens drie meter, zoals bomen, in de ruimere omgeving rondom de woning en de aanwezigheid van groengebieden op grotere afstand bijdragen aan betere cognitieve prestaties (betere aandachtsscore) bij jongeren. Daarnaast zien we dat biologische celveroudering minder snel optreedt indien meer groen aanwezig is vlakbij de woning. Onafhankelijk van groen, bleek een stedelijke woonomgeving en langdurige blootstelling aan luchtvervuilende stoffen (NO₂ en PM₁₀) in verband te staan met verhoogde chronische biologische stress bij jongens. Gezien het feit dat Vlaanderen sterk verstedelijkt is en de verstedelijking verder toeneemt, is het dus essentieel dat er een inspanning geleverd wordt om de lange-termijn luchtkwaliteitsniveaus verder te verbeteren en de bestaande groene ruimtes in Vlaanderen te behouden en uit te breiden. De resultaten toonden positieve effecten van kwaliteitsvolle groen elementen en niet voor monotoon ingericht landschap (bv door intensieve landbouw). Kwaliteitsvolle kleine landschapselementen (bomen, knotbomen, heggen) binnen landbouwgebieden dragen wel bij tot de positieve effecten. Onze resultaten tonen aan dat naast de geplande betonstop, investeringen in kleine landschapselementen, parken en natuurgebieden kunnen bijdragen aan een tragere cellulaire veroudering (telomeren), hogere welzijnsbeleving en betere cognitieve prestaties van jongeren.

Aangezien zowel de biomerkers van stress als celveroudering beïnvloed werden door de leefomgeving, is het aan te bevelen om beide biomerkers in **toekomstig projecten** over het belang van ruimtelijke ordening en planning op de gezondheid verder mee te nemen. Om het verband tussen leefomgeving en gezondheid nog beter in te kunnen schatten, is het aangewezen om in toekomstig onderzoek naast stress-gerelateerde

biomerkers ook immuun-gerelateerde biomerkers te analyseren. Beide biologische systemen zijn immers nauw met elkaar verbonden.

Naast de concentratie aan luchtvervuiling op het woonadres is het ook interessant om urinaire koolstof, een interne merker van blootstelling, verder te onderzoeken in een grotere studiepopulatie waarbij dan aandacht kan gaan naar een meer gedetailleerde opsplitsing in ruimtelijke typologieën en aard van de vegetaties.

Meer lezen?

De onderzoeksresultaten van de 4^e campagne van het Steunpunt Milieu en Gezondheid zijn te raadplegen op de website van het Steunpunt Milieu en Gezondheid: <https://www.milieu-en-gezondheid.be/nl/binnen-buiten-wat-onze-omgeving-doet-met-onze-gezondheid>.

De resultaten van dit rapport zullen dieper uitgewerkt worden in volgende publicaties:

Residential green space is associated with telomere length in Belgian adolescents

Stijn Vos, Esmée Bijmens, Dries Martens, Charlotte Vanderstukken, Liesbeth Bruckers, Adrian Covaci, Stefaan De Henauw, Elly Den Hond, Ilse Loots, Vera Nelen, Veerle Verheyen, Michelle Plusquin, Greet Schoeters, Tim Nawrot

Potential predictors of long-term biological stress in adolescents: hair cortisol in relation to socioeconomic status, lifestyle, meteorology, urbanicity and health

Veerle Verheyen, Sylvie Remy, Ann Colles, Gudrun Koppen, Eva Govarts, Esmée Bijmens, Stijn Vos, Liesbeth Bruckers, Flemming Nielsen, Bert Morrens, Carmen Franken, Elly Den Hond, Vera Nelen, Adrian Covaci, Ilse Loots, Stefaan De Henauw, Martine Leermakers, Tim Nawrot, Greet Schoeters

Long-term residential exposure to air pollution, noise and greenspace in relation to hair glucocorticoid concentrations, biomarkers of a long-term endocrine stress response

Veerle Verheyen, Sylvie Remy, Ann Colles, Gudrun Koppen, Eva Govarts, Esmée Bijmens, Stijn Vos, Liesbeth Bruckers, Flemming Nielsen, Bert Morrens, Carmen Franken, Elly Den Hond, Vera Nelen, Adrian Covaci, Ilse Loots, Stefaan De Henauw, Martine Leermakers, Tim Nawrot, Greet Schoeters

Urinary biomarkers of exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in relation to long-term glucocorticoid concentrations, white blood cell distribution

Veerle Verheyen, Sylvie Remy, Ann Colles, Eva Govarts, Gudrun Koppen, Esmée Bijmens, Stijn Vos, Flemming Nielsen, Bert Morrens, Daniëlla Ooms, Liesbeth Bruckers, Carmen Franken, Elly Den Hond, Vera Nelen, Lode Godderis, Adrian Covaci, Ilse Loots, Stefaan De Henauw, Martine Leermakers, Tim Nawrot, Greet Schoeters

BRONNEN

1. (2016) WHO | Urban green spaces. WHO
2. Hartig T, Mang M (1991) Restorative effects of natural environment experiences. *Environ Behav.* <https://doi.org/10.1177/0013916591231001>
3. King EW, Jr. PHK, Kellert SR (2003) Children and Nature: Psychological, Sociocultural, and Evolutionary Investigations. *Contemp Sociol.* <https://doi.org/10.2307/1556666>
4. Maas J, van Dillen SME, Verheij RA, Groenewegen PP (2009) Social contacts as a possible mechanism behind the relation between green space and health. *Heal Place.* <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2008.09.006>
5. Rook GA (2013) Regulation of the immune system by biodiversity from the natural environment: An ecosystem service essential to health. *Proc Natl Acad Sci U S A.* <https://doi.org/10.1073/pnas.1313731110>
6. Suades-González E, Gascon M, Guxens M, Sunyer J (2015) Air pollution and neuropsychological development: A review of the latest evidence. *Endocrinology* 156:3473–3482
7. Davvand P, Villanueva CM, Font-Ribera L, Martinez D, Basagaña X, Belmonte J, Vrijheid M, Gražulevičienė R, Kogevinas M, Nieuwenhuijsen MJ (2015) Risks and benefits of green spaces for children: A cross-sectional study of associations with sedentary behavior, obesity, asthma, and allergy. *Environ Health Perspect.* <https://doi.org/10.1289/ehp.1308038>
8. Kim KH, Kabir E, Jahan SA (2017) Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Sci Total Environ.* <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.009>
9. Dereumeaux C, Fillol C, Quenel P, Denys S (2020) Pesticide exposures for residents living close to agricultural lands: A review. *Environ Int.* <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105210>
10. Corsini E, Sokooti M, Galli CL, Moretto A, Colosio C (2013) Pesticide induced immuno toxicity in humans: A comprehensive review of the existing evidence. *Toxicology.* <https://doi.org/10.1016/j.tox.2012.10.009>
11. UN/DESA (2018) The World's Cities in 2018.
12. Kondo MC, Mueller N, Locke DH, Roman LA, Rojas-Rueda D, Schinasi LH, Gascon M, Nieuwenhuijsen MJ (2020) Health impact assessment of Philadelphia's 2025 tree canopy cover goals. *Lancet Planet Heal.* [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30058-9](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30058-9)
13. Davvand P, Nieuwenhuijsen MJ, Esnaola M, et al (2015) Green spaces and cognitive development in primary schoolchildren. *Proc Natl Acad Sci U S A.* <https://doi.org/10.1073/pnas.1503402112>
14. Davvand P, Tischer C, Estarlich M, et al (2017) Lifelong residential exposure to green space and attention: A population-based prospective study. *Environ Health Perspect.* <https://doi.org/10.1289/EHP694>
15. Bijmens EM, Derom C, Thiery E, Weyers S, Nawrot TS (2020) Residential green space and child intelligence and behavior across urban, suburban, and rural areas in Belgium: A longitudinal birth cohort study of twins. *PLoS Med.* <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003213>
16. Lee M, Kim S, Ha M (2019) Community greenness and neurobehavioral health in children and adolescents. *Sci Total Environ.* <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.454>
17. Younan D, Tuvblad C, Li L, et al (2016) Environmental Determinants of Aggression in Adolescents: Role of Urban Neighborhood Greenspace. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry.* <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2016.05.002>
18. Cariñanos P, Casares-Porcel M (2011) Urban green zones and related pollen allergy: A review. Some guidelines for designing spaces with low allergy impact. *Landsc Urban Plan.* <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.03.006>
19. Markevych I, Schoierer J, Hartig T, et al (2017) Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance. *Environ Res* 158:301–317
20. Kaplan R, Kaplan S (1989) The experience of nature: a psychological perspective. *Exp Nat a Psychol Perspect.* <https://doi.org/10.1097/00005053-199111000-00012>
21. Kaplan S (1995) The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. *J Environ Psychol.* [https://doi.org/10.1016/0272-4944\(95\)90001-2](https://doi.org/10.1016/0272-4944(95)90001-2)
22. Bijmens EM, Nawrot TS, Loos RJ, Gielen M, Vlietinck R, Derom C, Zeegers MP (2017) Blood pressure in young adulthood and residential greenness in the early-life environment of twins. *Environ Heal* 16:53
23. Jimenez MP, Wellenius GA, James P, Subramanian SV., Buka S, Eaton C, Gilman SE, Loucks EB (2020) Associations of types of green space across the life-course with blood pressure and body mass index. *Environ Res.*

<https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109411>

24. Markevych I, Thiering E, Fuertes E, Sugiri D, Berdel D, Koletzko S, Von Berg A, Bauer CP, Heinrich J (2014) A cross-sectional analysis of the effects of residential greenness on blood pressure in 10-year old children: Results from the GINIplus and LISAplus studies. *BMC Public Health*. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-477>
25. Bijlens EM, Nawrot TS, Loos RJ, Gielen M, Vlietinck R, Derom C, Zeegers MP (2017) Blood pressure in young adulthood and residential greenness in the early-life environment of twins. *Environ Health* 16:53
26. Ward Thompson C, Roe J, Aspinall P, Mitchell R, Clow A, Miller D (2012) More green space is linked to less stress in deprived communities: Evidence from salivary cortisol patterns. *Landsc Urban Plan* 105:221–229
27. Roe JJ, Ward Thompson C, Aspinall PA, Brewer MJ, Duff EI, Miller D, Mitchell R, Clow A (2013) Green space and stress: Evidence from cortisol measures in deprived urban communities. *Int J Environ Res Public Health*. <https://doi.org/10.3390/ijerph10094086>
28. Hajat A, Hazlehurst MF, Golden SH, Merkin SS, Seeman T, Szpiro AA, Kaufman JD, Roux AD (2019) The cross-sectional and longitudinal association between air pollution and salivary cortisol: Evidence from the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *Environ Int*. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105062>
29. Niu Y, Chen R, Xia Y, et al (2018) Fine particulate matter constituents and stress hormones in the hypothalamus–pituitary–adrenal axis. *Environ Int* 119:186–192
30. Thomson EM, Filiatreault A, Guénette J (2019) Stress hormones as potential mediators of air pollutant effects on the brain: Rapid induction of glucocorticoid-responsive genes. *Environ Res*. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108717>
31. Chrousos GP (2009) Stress and disorders of the stress system. *Nat Rev Endocrinol* 5:374–381
32. Stalder T, Kirschbaum C (2012) Analysis of cortisol in hair – State of the art and future directions. *Brain Behav Immun* 26:1019–1029
33. Van Aart CJC, Michels N, Sioen I, De Decker A, Bijlens EM, Janssen BG, De Henauw S, Nawrot TS (2018) Residential landscape as a predictor of psychosocial stress in the life course from childhood to adolescence. *Environ Int* 120:456–463
34. Verheyen V, Van den Eeden L, Lambrechts N, Remy S, Govarts E, Nielsen F, Verachtert E, Colles A, Jacquemyn Y, Schoeters G (2019) Residential proximity to major roads and neighbourhood green space in relation to biological stress in the second trimester of pregnancy in the IPANEMA cohort. *Environ Epidemiol* 3:411–412
35. Koppen G, Buekers J, Fierens T, et al (2016) Identification of the sources of local higher human polyaromatic hydrocarbon (PAH) exposure in the regions Menen and Genk-Zuid, and policy interpretation.
36. Huang X, Deng X, Li W, Liu S, Chen Y, Yang B, Liu Q (2019) Internal exposure levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Environ Health Prev Med*. <https://doi.org/10.1186/s12199-019-0805-9>
37. G K, C F, Hond E D, et al (2020) Pooled analysis of genotoxicity markers in relation to exposure in the Flemish Environment and Health Studies (FLEHS) between 1999 and 2018. *Environ Res* 110002
38. Saenen ND, Bové H, Steuwe C, Roeflaers MJB, Provost EB, Lefebvre W, Vanpoucke C, Ameloot M, Nawrot TS (2017) Children’s urinary environmental carbon load: A novel marker reflecting residential ambient air pollution exposure? *Am J Respir Crit Care Med* 196:873–881
39. Woo J, Tang N, Suen E, Leung J, Wong M (2009) Green space, psychological restoration, and telomere length. *Lancet*. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)60094-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60094-5)
40. Blackburn EH (2001) Switching and signaling at the telomere. *Cell*. [https://doi.org/10.1016/S0092-8674\(01\)00492-5](https://doi.org/10.1016/S0092-8674(01)00492-5)
41. Levy MZ, Allsopp RC, Futcher AB, Greider CW, Harley CB (1992) Telomere end-replication problem and cell aging. *J Mol Biol*. [https://doi.org/10.1016/0022-2836\(92\)90096-3](https://doi.org/10.1016/0022-2836(92)90096-3)
42. Slagboom PE, Droog S, Boomsma DI (1994) Genetic determination of telomere size in humans: A twin study of three age groups. *Am. J. Hum. Genet*.
43. Benetos A, Okuda K, Lajemi M, Kimura M, Thomas F, Skurnick J, Labat C, Bean K, Aviv A (2001) Telomere length as an indicator of biological aging the gender effect and relation with pulse pressure and pulse wave velocity. *Hypertension*. <https://doi.org/10.1161/01.hyp.37.2.381>
44. Bijlens EM, Zeegers MP, Derom C, Martens DS, Gielen M, Hageman GJ, Plusquin M, Thiery E, Vlietinck R, Nawrot TS (2017) Telomere tracking from birth to adulthood and residential traffic exposure. *BMC Med*. <https://doi.org/10.1186/s12916-017-0964-8>
45. Bijlens E, Zeegers MP, Gielen M, Kicinski M, Hageman GJ, Pachen D, Derom C, Vlietinck R, Nawrot TS (2015) Lower placental telomere length may be attributed to maternal residential traffic exposure; a twin study. *Environ Int*.

<https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.02.008>

46. Eurostat (2016) Urban Europe statistics on cities, town and suburbs. <https://doi.org/10.2785/91120>
47. Den Hond E, Paulussen M, Geens T, et al (2013) Biomarkers of human exposure to personal care products: Results from the Flemish Environment and Health Study (FLEHS 2007-2011). *Sci Total Environ* 463–464:102–110
48. Poelmans L, Janssen L, Hamsch L (2019) Landgebruik en ruimtebeslag in Vlaanderen, toestand 2016, uitgevoerd in opdracht van het Vlaams Planbureau voor Omgeving.
49. Janssen S, Dumont G, Fierens F, Mensink C (2008) Spatial interpolation of air pollution measurements using CORINE land cover data. *Atmos Environ* 42:4884–4903
50. Lefebvre W, Degrawe B, Beckx C, et al (2013) Presentation and evaluation of an integrated model chain to respond to traffic - and health-related policy questions. *Environ Model Softw* 40:160–170
51. VMM (2019) Environmental Outlook 2018: Solutions for a sustainable future — Milieurapport Vlaanderen (MIRA). <https://en.milieurapport.be/publications/2018-1/environmental-outlook-2018-solutions-for-a-sustainable-future>. Accessed 25 Jun 2020
52. Stylianos Kephelopoulos, Marco Paviotti FA-L (2012) Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU). *J Am Podiatr Med Assoc*. <https://doi.org/10.2788/31776>
53. Livak KJ, Schmittgen TD (2001) Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the 2- $\Delta\Delta CT$ method. *Methods*. <https://doi.org/10.1006/meth.2001.1262>
54. Hellemans J, Mortier G, De Paepe A, Speleman F, Vandesompele J (2008) qBase relative quantification framework and software for management and automated analysis of real-time quantitative PCR data. *Genome Biol*. <https://doi.org/10.1186/gb-2007-8-2-r19>
55. Shimada A, Kawamura N, Okajima M, Kaewamatawong T, Inoue H, Morita T (2006) Translocation Pathway of the Intratracheally Instilled Ultrafine Particles from the Lung into the Blood Circulation in the Mouse. *Toxicol Pathol*. <https://doi.org/10.1080/01926230601080502>
56. Oberdörster G, Sharp Z, Atudorei V, Elder A, Gelein R, Kreyling W, Cox C (2004) Translocation of inhaled ultrafine particles to the brain. *Inhal Toxicol*. <https://doi.org/10.1080/08958370490439597>
57. Gray NA, Dhana A, Van Der Vyver L, Van Wyk J, Khumalo NP, Stein DJ (2018) Determinants of hair cortisol concentration in children: A systematic review. *Psychoneuroendocrinology* 87:204–214
58. Staufenbiel SM, Penninx BWJH, de Rijke YB, van den Akker ELT, van Rossum EFC (2015) Determinants of hair cortisol and hair cortisone concentrations in adults. *Psychoneuroendocrinology* 60:182–194
59. Penz M, Stalder T, Miller R, Ludwig VM, Kanthak MK, Kirschbaum C (2018) Hair cortisol as a biological marker for burnout symptomatology. *Psychoneuroendocrinology* 87:218–221
60. Chen Z, Li J, Zhang J, Xing X, Gao W, Lu Z, Deng H (2013) Simultaneous determination of hair cortisol, cortisone and DHEAS with liquid chromatography-electrospray ionization-tandem mass spectrometry in negative mode. *J Chromatogr B Anal Technol Biomed Life Sci* 929:187–194
61. Guio A-C, Vandenbroucke F (2019) Poverty and child deprivation in Belgium A comparison of risk factors in the three Regions and neighbouring countries.

BIJLAGE:

Vragen omtrent aanwezigheid en perceptie van groen in de FLEHS IV “vragenlijst adolescenten”

DE VOLGENDE VRAGEN GAAN OVER DE BUURT WAARIN JE WOONT (HET GROOTSTE DEEL VAN DE TIJD).

1. In wat voor omgeving zou je het liefst wonen?

- In de stad
- In een kleiner dorp
- In de buurt van een stad of dorp, maar wel in een rustige woonbuurt
- In het midden van de natuur, ver weg van andere bebouwing
- Andere:

2. Vind je groen in je woonomgeving belangrijk?

- Ja, veel belang
- Ja, maar niet veel
- Nee
- Geen mening

3. Wat is de voornaamste reden waarom je groen in je woonomgeving belangrijk vindt?

Slechts één antwoord aanduiden.

- Ruimte voor natuur (planten en dieren)
- Voor het uitzicht van de wijk
- Voor de rust
- Voor sport en ontspanning
- Speelruimte voor kinderen
- Het is goed voor de gezondheid
- Als ontmoetingsplaats
- Geen mening
- Andere:

4. Wat is de voornaamste reden waarom je geen belang hecht aan groen in je woonomgeving? *Slechts één antwoord aanduiden.*

- Ik ben eerder een stadsmens
- Het zorgt voor overlast (bv. bladeren of ratten)
- Het is onveilig
- Ik ben niet graag in een groene omgeving
- Zomaar, ik denk er niet echt over na
- Geen mening
- Andere:

5. Vind je dat er voldoende groen is in de buurt waar je woont (parken, bomen, gras, enz.)?

- Voldoende
- Eerder voldoende
- Eerder onvoldoende
- Onvoldoende
- Geen mening

6. Wat voor groen heb je het liefst in je woonomgeving? Slechts één antwoord aanduiden.

- Groen in het straatbeeld (bijv. bomen en tuintjes)
- Parken
- Bossen
- Velden
- Natuur
- Geen mening
- Andere:

7. Is het groen in je buurt voor iedereen toegankelijk?

- Nee, er zijn uitsluitend privé tuinen en/of landbouwgebied
- Ja, maar enkel kleine parkjes en/of pleintjes
- Ja, grotere parken, bossen of natuurgebied
- Andere:

8. Voor welke van onderstaande activiteiten gebruik je de groene ruimte in je woonomgeving regelmatig?

Met 'regelmatig' bedoelen we: minstens 1 keer per week. Meerdere antwoorden mogelijk

- Sporten
- Buiten spelen of rondhangen
- Afspreken met vrienden
- Wandelen (bijv. met de hond) of fietsen
- Ik passeer enkel onderweg naar ergens
- De groene ruimte in mijn woonomgeving is niet toegankelijk
- Andere:

9. Heb je een tuin?

- Ja, een grote tuin
- Ja, een kleine tuin
- Nee

10. Ben je vaak in de tuin? Heb je geen tuin, denk dan aan de tuin van vrienden of familie.

- Ja, liefst zo veel mogelijk
- Regelmatig
- Soms
- Bijna nooit



11. Heb je vanuit de ruimtes in huis waar je het meeste tijd doorbrengt (bijv. woonkamer en slaapkamer) een uitzicht naar buiten?

- Ja
- Nee

12. Hoe zou je dit uitzicht beschrijven?

- Voornamelijk groen (bijv. bomen, tuin, velden, enz.)
- Voornamelijk bebouwing of straat/tuin met weinig groen
- Een combinatie van groen en bebouwing
- Landbouwgebied
- Vooral lucht
- Andere:

13. In welke mate ben je tevreden over het zicht op groen vanuit je woning (groendaken, bomen, struiken, tuin, ...)?

- Zeer ontevreden
- Eerder ontevreden
- Noch tevreden, noch ontevreden
- Eerder tevreden
- Zeer tevreden

14. Spendeer je in een gewone week veel tijd buiten in een groene omgeving? (bijv. voor sport, spel, jeugdbeweging, wandelen met de hond, ...)

- Ja, bijna dagelijks
- Ja, maar niet dagelijks
- Enkel in het weekend
- Niet wekelijks

Groene ruimte zichtbaar vanop de straat

Beschrijving van de methode

Een nieuwe en innovatieve softwaremethode maakt het mogelijk om de hoeveelheid groen rondom de woning van de adolescenten te kwantificeren op straatniveau. De methode is gebaseerd op een algoritme om groen te extraheren uit Google Street View beelden. Eerst werden op automatisch wijze de panorama beelden bekomen die genomen werden van mei tot oktober (groene seizoenen) binnen 50 meter van de woning.

Vervolgens werden op de foto's groene pixels geïdentificeerd en geëxtraheerd op basis van verschillen over het 'Rood Groen Blauw'-kleurenspectrum. De Green View Index (GVI) wordt uitgedrukt als het gemiddelde percentage aan groene pixels op alle afbeeldingen genomen in verschillende hoeken rondom de woning. Er werd gebruik gemaakt van de statistische software R om automatisch de beelden op straatniveau te verzamelen en de hoeveelheid groen te bepalen. In vergelijking met methodes gebaseerd op satellietbeelden, is de GVI een betere representatie van de menselijke waarneming van de omgeving.

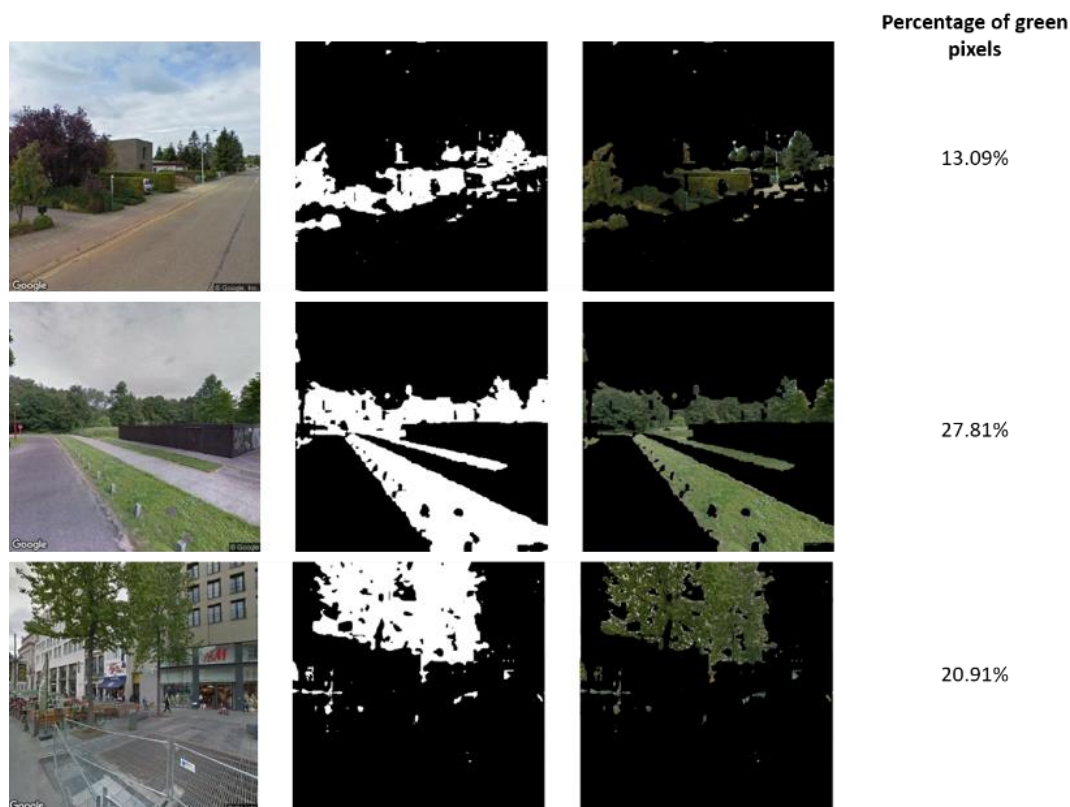


Figure 1: Green View Index calculated from Google Street View

Aan de deelnemers van het steunpunt werd ook gevraagd om een foto te maken van de woonomgeving, zowel aan de voorkant en achterkant van het huis. Ook van deze foto's werd de green view index bepaald (n=154).

Vergelijking hoeveelheid groen bepaald via verschillende methodes

Zowel de Green View Index bepaald aan de hand van Google Street View beelden en op basis van de foto's gemaakt door de deelnemers werden vergeleken met de groene ruimte binnen een straat van 100m rondom de woning berekend op basis van de groenkaart Vlaanderen. Voor 94 deelnemers was groen data beschikbaar op basis van de 3 methodes.

Er werd een significante correlatie waargenomen tussen GVI op basis van GSV en het percentage hoog groen, percentage totaal groen exclusief landbouw en inclusief landbouw. Dit werd niet waargenomen aan de hand van de foto's gemaakt door de deelnemers zelf.

Vergelijking Green View Index (staatniveau) met hoeveelheid groen rondom de woning

Voor 475 deelnemers van het steunpunt zijn er beelden beschikbaar via Google Street View van mei tot oktober, groene seizoenen (zie Figuur 2). De correlatie werd bepaald tussen de Green View Index en de verschillende groenparameters berekend op basis van de groenkaart. De sterkste correlatie werd waargenomen tussen de Green View Index en totaal groen (inclusief landbouw) binnen 50m en 100m. Verder werd er een sterkere correlatie waargenomen met hoog groen met een vegetatie hoogte hoger dan 3m binnen een straal van 50m rondom de woning dan met laag groen binnen 50m.

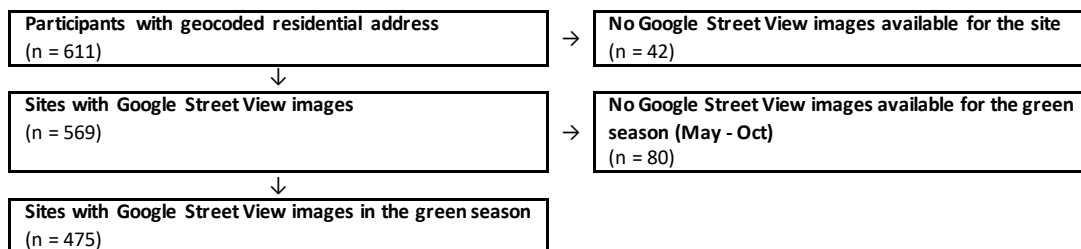


Figure 2: Flow diagram of Google Street View images available for the project

Conclusie

We zien duidelijk een verband tussen de Green View Index en de hoeveel groen binnen een kleine straal rondom de woning. Een sterker verband is terug te vinden met hoog groen. Een groot voordeel van het bepalen van groene ruimte zichtbaar vanop straatniveau is dat de hoogte van groen in rekening wordt gebracht wat niet altijd het geval is bij satellietbeelden. Het nadeel van de methode op basis van de beelden verkregen via Google Street View is dat deze foto's niet beschikbaar zijn voor een aantal straten (ongeveer 10%), dat ze geen informatie bevatten over de achterkant van het huis en dat het opvragen van grote hoeveelheden aan data tegen betaling is. Het grootste nadeel van foto's gemaakt door deelnemers is dat dit subjectief is aangezien het niet gebeurt op een gestandaardiseerde manier. Bij toekomstige projecten is het belangrijk dat er meerdere foto's beschikbaar zijn per deelnemer, genomen in verschillende hoeken en binnen eenzelfde seizoen.