



Groene stad, vitale stad

Groene steden en wijken zijn populair. Gezondheid en welzijn liggen er hoger. Maar waarom? Wat doen planten en bomen met stadsbewoners? En wat betekent dat voor de stad en de woonwijk van de toekomst? Wetenschapsjournalist Mark Mieras zet hier het internationale onderzoek op een rijtje. 'Hoe we de stad vormgeven is belangrijker dan ooit.'

De stad heeft de toekomst. Stadsbewoners wonen kleiner, zijn zuiniger met hun verwarming, maken minder autokilometers en leggen minder beslag op de ruimte dan mensen elders.¹ Maar ze betalen wel een prijs. Hoe meer hun leefomgeving versteent, hoe minder fit en vitaal ze zijn. In de medische gegevens van 345 duizend Nederlanders, werd voor vijftien van een lijst van vierentwintig ziektegroepen een (statistisch significant) verband gevonden met de groenheid van de leefomgeving. Tien procent meer groen binnen een straal van een kilometer van de voordeur, betekent vijf procent minder angststoornissen, vier procent minder depressie, drie procent minder astma, hartproblemen, blaasontsteking, vermoeidheid, twee procent minder migraine, darmproblemen, hersenbloedingen en diabetes en één procent minder bronchitis en chronische eczeem, om maar een greep te doen.²

Onderzoekers in andere landen meten vergelijkbare of grotere effecten. Deense en Canadese onderzoekers ontdekten een relatie tussen parken in de woonomgeving en minder overgewicht.^{3,4} Meer groen in de buurt correspondeert in het Britse Leicestershire met minder diabetes type twee.⁵ Onderzoekers van de Universiteit van Glasgow vonden een grotere levensduur en minder zelfdoding bij stedelingen die dicht bij een park wonen. Hoe groter de nabijgelegen groenzone, hoe groter ook het effect.⁶ Britse stedelingen kampen 21 procent vaker met angststoornissen en 39 procent vaker met depressie. Wie in de stad opgroeit kampt later zelfs vijftig procent vaker met schizofrenie.^{7,8} En dat blijft allemaal overeind ook als onderzoekers corrigeren voor economische en sociale verschillen tussen stad en platteland.

Bij statistiek moet je altijd op je hoede zijn. De vraag is altijd: wat is oorzaak en wat gevolg? Ook hier. Worden mensen gezonder doordat ze in de buurt van het park wonen of gaan ze misschien in de buurt van het park wonen omdat ze een gezonde en sportieve levensstijl hebben? Om daarachter te komen heb je langlopend onderzoek nodig. Dat is duur en daardoor schaars onderzoek dat je bovendien jaren op de resultaten laat wachten. Bij zo'n longitudinaal onderzoek werden Britse burgers gevolgd terwijl zij naar een groenere locatie verhuisden: in de drie jaar na hun verhuizing waren ze gezonder en vitaler dan daarvoor.⁹ Natuur was hier dus oorzaak, niet een gevolg.

Veel wijst er dus op dat stadsnatuur inderdaad een positief effect heeft op de gezondheid en het welbevinden van mensen. Het beeld wordt nog scherper wanneer we inzoomen op wat er precies misgaat met stadsbewoners in een versteende leefomgeving. Wat precies in tegels en asfalt maakt mensen kwetsbaar voor ziekte en wat in bomen en planten maakt mensen gezonder? En hoe kan de stad het beste compenseren voor de verstening van de leefomgeving? Deze literatuurstudie zet het onderzoek op een rijtje: wat zijn de groene voorwaarden voor de toekomststad?

De stad: minder CO2 per inwoner

Steden rukken op. Een op de twee aardbewoners leeft inmiddels in verstedelijkt gebied.¹⁰⁰ In geïndustrialiseerde landen is dat zelfs drie op de vier.¹⁰¹ En dat is goed voor natuur en milieu: waar mensen dicht opeen leven is hun beslag op de ruimte geringer en blijft er buiten de stad meer ruimte over voor natuur, zijn er per inwoner ook minder auto's, minder autokilometers en minder kilometers asfalt nodig. Verwarming van woningen vraagt minder energie. In Manhattan, waar de dichtheid oploopt tot 60.000 mensen per vierkante kilometer, is de kooldioxide-uitstoot per inwoner slechts eenderde van het gemiddelde in de VS.¹

Arm, kind of bejaard?

Meer stadsnatuur correspondeert dus met een grotere vitaliteit onder gelijkwaardige groepen burgers. Het grootste effect valt te meten onder kinderen, ouderen en mensen met een laag inkomen. Onder de drie bevolkingsgroepen dus die het meest zijn overgeleverd aan hun woonomgeving.

In het genoemde Nederlandse onderzoek met de vierentwintig ziektegroepen was de relatie met het groen in de wijk het sterkst voor de laagste inkomens- en opleidingsgroep.² Ook onderzoek in Glasgow geeft een scherp inkomenseffect te zien. In deze Britse stad ligt de kans op overlijden voor de armste inwoners gemiddeld 93 procent hoger dan voor de rijksten. Voor stedelingen die in de directe omgeving van een park wonen is dit verschil tussen arm en rijk minder dan de helft: 43 procent.¹⁰

De laagste inkomens hebben kennelijk het meest bij een groene stad te winnen. Niet gek ook: zij hebben niet de middelen, en hebben vaker van huis uit ook niet de motivatie meegekregen om de natuur buiten de stad op te zoeken. Hoe vaak volwassenen de natuur opzoeken laat zich het best voorspellen door te tellen hoe vaak ze als kind in de natuur waren.¹¹ Het stadspark daarentegen is een voorziening voor iedereen. Zweedse onderzoekers vonden geen verschil in parkbezoek tussen arm en rijk, hoog- en laagopgeleid. Ze keken daarbij naar parken tot een kilometer van de voordeur.¹²

Ook kinderen zijn gevoelig voor het groen om de hoek. Chinese kinderen die opgroeien met meer groen tot op driehonderd meter van hun huis, ontwikkelen zich beter dan kinderen die opgroeien in grijze wijken, ook na correctie voor het inkomen en de opleiding van hun ouders.¹³

Nederlandse kinderen met het naaste park op meer dan vijfhonderd meter van de voordeur, hebben vijftien procent vaker overgewicht dan kinderen met een park dichterbij.¹⁴ Het onderzoek vergeleek kinderen met dezelfde economische en etnische achtergrond. In een Amerikaanse (longitudinale) studie werd acht jaar lang de body mass index (BMI) van 3173 kinderen bijgehouden. Ook hier een heldere relatie: gemiddeld hadden kinderen zonder park in de buurt een aanmerkelijk hogere BMI dan kinderen met. De onderzoekers zijn er statistisch vrij zeker van, zo schrijven ze, dat de parkfactor een directe oorzaak is van dat verschil.¹⁵ Het lichaamsgewicht van kinderen in een groene omgeving schommelt ook minder.¹⁶

Kinderen in groene wijken presteren beter op school. In de Amerikaanse staat Massachusetts werden de scores op een gestandaardiseerde test in groep drie vergeleken met satellietbeelden waarop de hoeveelheid en de staat van de stadsnatuur per woonwijk werd vastgesteld. Ook na correctie voor sociaal-economische verschillen bleek: hoe groener de wijk hoe hoger de cijfers voor Engels en wiskunde.¹⁷ Ander onderzoek bevestigt dit effect.¹⁸

En dan de ouderen, de derde groep die extra gevoelig is voor stadsnatuur. Senioren in Japan leven langer wanneer ze in de nabijheid van een park wonen.¹⁹ Het koelende effect van bomen in de zomer kan daarin een bescheiden rol spelen. Belangrijker is waarschijnlijk extra lichaamsbeweging. In een Britse studie blijken ouderen met een park op loopafstand, twee keer zoveel te bewegen als ouderen zonder park.²⁰ Naast nabijheid is de veiligheid, begaanbaarheid en aantrekkelijkheid van het park mede bepalend.²¹ Ouderen die meer bewegen zijn minder angstig en minder zwaarmoedig²², noemen zichzelf vaker gelukkig²⁰ en kampen minder vaak met dementie.²³

Park helpt tegen vergeetachtigheid

Ouderen die elke dag een half uurtje wandelen hebben minder geheugenproblemen. Bewegen in een interessante omgeving helpt nog beter dan bewegen in een saaie omgeving, zo bleek in een laboratoriumexperiment. Milde cognitieve stoornis kwam aanzienlijk minder voor bij ouderen die hun lichaamstraining deden op een home-trainer met een monitor waarop zij een virtuele fietstocht maakten door een parkachtig landschap.¹⁰²

Zuivere lucht

Waarin schuilen al deze gezondheidseffecten? Hoe werkt groen? Lang werd stadsnatuur vooral gezien als de longen van de stad: bron van zuurstof en gezuiverde lucht. En daar zit zeker wat in: een stadsboom vangt zwavel-, stikstofoxiden en fijnstof uit de lucht. Fijnstof veroorzaakt luchtwegaandoeningen en hart- en vaatziekten. In de directe omgeving van bomen kun je een reductie meten van de concentratie fijnstof (PM¹⁰) van een paar procent tot wel 50 procent, afhankelijk van boomsoort en windpatroon.²⁴ Het gemiddelde van zeven recente studies is een reductie van ruim twintig procent.²⁵

Bomen functioneren ook als airconditioning. Een grote volwassen boom verdampt op een warme dag tot wel tweeduizend liter water en levert zo een forse luchtkoeling. Een Britse studie laat zien dat de temperatuur in groene stadszones overdag gemiddeld 0,94° C lager ligt dan in versteende zones.²⁶ Gemiddeld zijn de 73 Nederlandse steden 2,9° C warmer dan het buitengebied, 's nachts is dat 2,4°.²⁷ Een park zorgt voor verkoeling van de omliggende straten, waar dus minder airconditioning nodig is.²⁸ En al het water dat de stadsbomen en groenstroken opzuigen en verdampen of tijdelijk vasthouden (en vertraagd weer afgeven), ontlast na een regenbui de piekcapaciteit van het rioleringsstelsel. Die piekcapaciteit wordt de komende decennia extra op de proef gesteld doordat het broeikas effect een grilliger neerslagpatroon geeft.²⁹

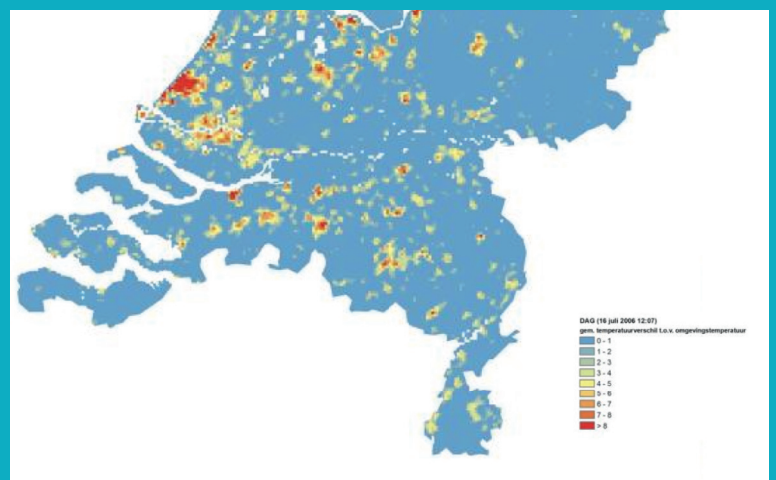
Bomen verstrooien tenslotte ook nog stadsgeluid. In de zomer, wanneer ze vol in het blad staan, is er, over 15 tot 30 meter, al een geluidsreductie van 6 tot 8 decibel. Geluid van verkeer heeft effect op mensen. Onder andere op kinderen. Een onderzoek onder een grote groep scholen in Londen bracht een scherpe negatieve relatie aan het licht tussen stoorgeluid in de klas en schoolprestaties.³⁰ Kinderen zijn gevoeliger dan volwassenen voor ruis.

Boom als stofzuiger

Bomen zijn goede luchtzuiveraars. Vooral bomen met naalden en kleine of harige bladeren vangen veel fijnstof, zo blijkt tijdens experimenten in een windtunnel.¹⁰³ Het stof regent weer van de blaadjes en tussen de naaldjes uit en verdwijnt in de grond. Vervuilende gassen worden door huidmondjes opgenomen en omgezet. Elke boomsoort heeft zijn eigen sterke punten. Kronkelwilg, magnolia, zwarte populier en gewone acacia zijn uitstekende stikstofoxiden vreters. Bij uitstek geschikt tegen ozon (zomersmog) zijn ruwe berk, zwarte den, Europese lariks, zwarte es, Noorse esdoorn en Californische cipres. Kampioen fijnstof-reiniging dat zijn de naaldbomen en bomen met kleine of harige bladeren. (informatie: Altera, Plant Research International).

Groene airconditioning

Nederlandse steden zijn gemiddeld bijna 3° C warmer dan hun omgeving. Deze infraroodfoto toont Nederland op 6 juli 2006 om 12:00 bij warm zomerweer. Oranje correspondeert met een verhoging van temperatuur met 5 tot 8° C. Rood duidt op een nog grotere verhitting. (foto:TNO)



Meer bewegen

Stadsnatuur kun je dus zien als een onderdeel van de infrastructuur van de stad. Bomen, groene daken en plantsoenen verbeteren de fysieke gesteldheid van pleinen en straten. Maar zelfs als je al deze fysieke effecten optelt, blijft het onwaarschijnlijk dat ze de positieve gezondheidseffecten van stadsgroen verklaren. In een grote stad als New York nemen alle bomen samen slechts één procent van de stikstofoxide en vier procent van het fijnstof op. In zeer lommerrijke steden loopt dat op tot dertien en twintig procent, nog steeds een betrekkelijk klein deel. Het merendeel van de vervuilde lucht moet dus door de wind worden weggeblazen en ongelukkig geplaatste bomen kunnen dat belemmeren, waardoor plaatselijk soms zelfs een averechts effect ontstaat.³¹

Hoe valt het effect van groen op onze gezondheid wel te verklaren? Lang is veronderstelt dat inwoners in een groene wijk eenvoudigweg meer bewegen. Dat ze vaker een wandelingetje maken, vaker joggen in het park. En bewegen helpt tegen stress, alsook tegen allerlei lichamelijke ziekten en depressie, dat is overtuigend aangetoond.³² Alhoewel sommige onderzoeken de relatie tussen groen en fysieke beweging lijken te bevestigen (onder andere in Australië), stuiten onderzoekers in andere landen, waaronder Nederland, op tegenstrijdige resultaten.

Meer groen in een wijk betekent lang niet altijd dat er ook meer wordt bewogen. Soms bewegen inwoners van een groenere wijk juist minder terwijl hun vitaliteit er toch hoger ligt.³³ Meer groen betekent dus lang niet altijd meer bewegen, maar bijvoorbeeld wel vrij consequent minder overgewicht. Obesitas heeft dus een nauwere relatie met de hoeveelheid groen dan met de hoeveelheid beweging in wijken, ook na correctie voor inkomens- en opleidingsverschillen.³⁴

Worden mensen dus dunner en gezonder door alleen naar een boom te kijken? Inderdaad, die op het eerste gezicht wat raadselachtige conclusie lijkt niet te vermijden. Ook de kans dat stadsbewoners aan een hartaanval overlijden laat zich beter voorspellen door op luchtfoto's het groen in hun wijk te beoordelen dan te kijken naar bewegingsstatistieken voor die wijk.³⁵

Groene zones als parken en plantsoenen doen dus iets met stadsbewoners waardoor ze gezonder worden, los van zuivere lucht en hun bewegingspatroon. Maar wat?

Natuur versterkt effect van bewegen

Ook sportieve inspanning heeft in de natuur een ander effect dan in de stad. Proefpersonen die zich in een park op een hometrainer in het zweet fietsten hadden daarna een veel betere concentratie dan proefpersonen die op een hometrainer fietsten met uitzicht op een blinde muur.¹⁰⁴ Bij een ander experiment vertoonden diabetes-patiënten tijdens een wandeling in het bos een zes keer zo sterke daling van de bloedsuikerspiegel als bij precies hetzelfde aantal stappen door dorre straten.¹⁰⁵

Mentale buffer voor stress

Het belangrijkste effect van stadsgroen is waarschijnlijk niet fysiek maar psychisch. Bomen en planten hebben een bufferend effect op stress, overbelasting en vermoeidheid, zo blijkt uit verschillende studies. Onderzoekers van de Zweedse Universiteit in Göteborg ontdekten dat mensen die aan drukke rumoerige straten wonen daarvan minder te lijden hadden wanneer ze een park in de directe omgeving hebben.³⁶ Het park helpt om stressfactoren beter te verdragen, te bufferen, zo lijkt het.

De onderzoekers ondervroegen meer dan vijfhonderd Zweden over een emotionele crisis in hun leven en ontdekten dat zij die regelmatig in de natuur waren, van die crisis minder negatieve gevolgen hadden ondervonden.³⁷

Tijdens een studie aan de Cornell University werd voor een grote groep kinderen in kaart gebracht hoeveel groen er was in de directe omgeving van hun huis. En hoeveel groen zij vanuit hun raam konden zien. Ook na correctie voor socio/economische verschillen was er een heldere relatie met de manier waarop de kinderen pijnlijke levenservaringen verwerkten. Hoe meer groen in hun uitzicht hoe minder ze kampten met stress.³⁸

Nederlands onderzoek ondersteunt deze bevinding. Mensen die binnen drie kilometer van een grotere groene zone wonen, zijn minder gevoelig voor de negatieve lichamelijke effecten van een stressvolle levenservaring dan mensen die zo'n groene vluchtheuvel ontberen.³⁹ Een nog omvangrijker onderzoek, onder ruim veertienduizend Denen, komt tot dezelfde conclusie: meer groen in de omgeving correspondeert met minder stress. Hoe dichterbij huis het groen, hoe groter het anti-stresseffect.⁴⁰

Je kunt de invloed van natuur op het stress-systeem ook direct meten. Twee dagen lang registreerden onderzoekers het niveau van het stresshormoon cortisol in het speeksel van een groep bewoners van achterstandswijken in het Britse Dundee. Dat niveau daalt in de loop van de dag, en dat ging sneller bij mensen die in de buurt van een park wonen.^{41,42} Meer groen in de directe omgeving correspondeerde met minder stresshormoon.

Onderzoekers van de Universiteit van Heidelberg ontdekten dat groen in de stadswijk kan compenseren voor een gebrekkige emotieregulatie. Stedelingen vertoonden minder activiteit in hun frontale cortex bij het verwerken van bijvoorbeeld angst en teleurstelling. De onderzoekers tonen aan dat natuur, vooral in wijken met veel psychiatrische problemen, op die manier bijdraagt aan het welbevinden.⁴³

Een wandelingetje in het park verlaagt de activiteit van het piekercentrum (de subgenuale prefrontale cortex) in de hersenen. En een wandeling door de stad doet dat niet.⁴⁴

Piekeren - het oeverloos herkauwen van negatieve gedachten - veroorzaakt stress en verhoogt de kans op depressie, zet aan tot drinken en leidt tot slapeloosheid.⁴⁵

Ionen, phytonciden en bodembacteriën

Verspreiden bomen en planten een onzichtbaar medicijn tegen stress en drukte? Een groen psychofarmakon? Er zijn onderzoekers die het groen-effect in die richting proberen te verklaren. Hun onderzoek richt zich onder andere op de negatieve ionen (vooral OH-ionen) die in bos- en berglucht en boven open water tot wel vier keer in concentratie zijn verhoogd.⁴⁶

Experimenten met muizen laten inderdaad zien dat de negatieve ionen een stimulerend effect hebben op (de ventrale tak van) het parasympathisch zenuwstelsel, wat op zijn beurt zorgt voor verlaging van de bloeddruk en het hartritme en verhoging van de hartvariabiliteit.⁴⁷ Dat laatste betekent dat het hart iets onregelmatiger slaat, wat de kans verkleint op een hartaanval. Bij muizen is ook aangetoond dat de negatieve ionen de activiteit verlagen in de locus coeruleus, het belangrijkste schakelcentrum in de stress-keten. Mogelijk geldt voor mensen hetzelfde. Bij mensen is in elk geval een verlaging van de bloeddruk vastgesteld,⁴⁸ evenals een positief effect op depressie.⁴⁹

De zoektocht naar het groene medicijn dat bomen en planten verspreiden, leidt het onderzoek ook naar phytonciden. Dat zijn stoffen die planten en bomen afscheiden om zichzelf te beschermen tegen insecten en ziekteverwekkers. De geurstof van kerstbomen (Alphe-Pinene) is zo'n phytoncide. Eiken, naaldbomen, maar ook bijvoorbeeld kruiden en uien verspreiden veel van deze stoffen. In bosgebied kun je flinke concentraties meten. Phytonciden stimuleren ons afweersysteem. Na drie overnachtingen in een hotel in een Japans cipressenbos was het afweersysteem van een groep proefpersonen zeven dagen lang extra actief. In hun bloed werd een verhoogde activiteit van de NK-cellen gemeten, dat zijn grote lymfocyten die een belangrijke rol spelen in de natuurlijke verdediging tegen virussen en kankercellen.^{50,51}

Phytonciden lijken een rustgevend effect te hebben en de bloeddruk te verlagen. Er werd na de hotelovernachtingen minder van het stresshormoon adrenaline in de urine aangetroffen. Een 'bosbad nemen', noemen Japanners dat. Een overzichtsstudie van onderzoeken in 35 Japanse bossen stelde vast dat mensen 'badend' in het bos, in vergelijking met een verblijf in een omgeving zonder groen, 55 procent meer activiteit in het parasympathische zenuwstelsel hadden, 56 procent meer immuunfunctie en twaalf procent minder stresshormoon in het bloed.⁵²

Of zit het groene medicijn in de bodem? Bacteriën en ander microbiële sporen in de grond hebben een positief effect op lichaam en geest. Kinderen die al vroeg met goedaardige bodembacteriën en schimmels in aanraking komen, ontwikkelen een selectiever en daardoor beter afweersysteem.⁵³ Mens en dier zijn samen met deze organismen geëvalueerd en velen hebben een positief effect op ons. Neem de bodembacterie *mycobacterium vacca* die muizenhersenen stimuleert om meer van de neurotransmitter serotonine te maken. Nadat de muizen de bacterie toegediend kregen waren ze minder bang en ze leerden sneller hun weg te vinden in een doolhof. De behandelde muizen hadden bovendien een actiever afweersysteem.⁵⁴ Muizen zijn geen mensen, maar aangetoond is dat *mycobacterium vaccae* ook bij mensen een positieve effect heeft op de overlevingskansen bij kanker.⁵⁵

Hersenen gevoelig voor bladpatronen

Voor een behoorlijke dosis negatieve ionen, phytonciden en bodembacteriën moet je wel volle bos- of weidelucht inademen en je handen in tuinaarde steken. Tuinieren en lange natuurwandelingen maken dus... en dat is voor stedelingen geen dagelijkse praktijk. 'Baden in het bos': dat doen zij hooguit in weekend en zomervakantie. De rest van de tijd is hun natuurervaring beperkt en versnipperd. Het is de boom voor het raam. Je zou verwachten dat zo'n beperkte groendosis een marginaal effect zou sorteren, maar dat ligt anders.

Een aanzienlijk deel van het (neuro-)onderzoek naar het groen-effect werd de afgelopen decennia uitgevoerd in laboratoria, met uitsluitend beelden van natuur, en dus zonder dat er ook maar één molecuul boslucht of bodembacterie aan te pas kwam. Toch werden ook hier behoorlijke effecten gemeten. Alleen de visuele indruk van bomen en planten heeft dus al een duidelijk effect. Ook bij proefpersonen die in een laboratorium naar natuurbeelden keken was een duidelijke verhoging te meten van de activiteit van het parasymphatisch zenuwstelsel.⁵⁶ De bloeddruk en het hartritme gingen omlaag, de hartvariabiliteit omhoog.

Zelfs een snippertje groen kan op stedelingen al een verassend groot effect hebben. Tijdens een experiment in het zakencentrum van Londen waren consultants, die van achter hun bureau uitzicht hadden op planten, gemiddeld vijftien procent productiever dan collega's een verdieping hoger, zonder groen.⁵⁷ Dit terwijl ze toch vooral op hun computerscherm tuurden, en alleen korte momenten de blik in de kantoorruimte wierpen. Ze wisten niet dat het experiment over de planten ging.

In een ander onderzoek, aan de Universiteit van Melbourne, werden proefpersonen aan het werk gezet met uitzicht over een kaal of een begroeid dak. Ze hadden tussen de opdrachten veertig seconde om een blik door het raam te werpen. Toch was er ook hier een onmiskenbaar verschil in prestatie. Wie bij het groene dak zat te werken maakte vijftig procent minder fouten.⁵⁸ Dat de productiviteit stijgt, wijst erop dat natuurbeelden naast het stress-systeem ook het aandachtssysteem beïnvloeden.

Onze hersenen zijn gek op puzzelen

Regelmatige patronen, zoals die in een door mensen gebouwde omgeving, zijn voor onze hersenen minder stimulerend dan de fractale patronen in planten en bomen. Fractaal betekent dat het beeld gedetailleerd blijft als je inzoomt. Er is voor de hersenen iets te beleven op elk schaalniveau. Alle klinkers in de straat zijn even groot, de blaadjes in de border zijn juist allemaal verschillend in grootte en oriëntatie.

Een border met planten of de kroon van een boom is voor onze hersenen een prettige puzzel, dankzij de variatie van grote en kleine bladeren in allerlei oriëntaties. Dergelijke visuele puzzels activeren de gerichte aandacht en wekken fascinatie.



Gerichte aandacht

Onze ogen lijken te blijven plakken aan blad-patronen, zo ontdekten marketing-onderzoekers tijdens een eye-tracking-onderzoek met advertenties met stadse of natuurlijke beelden.⁵⁹ Bomen en planten vangen de aandacht en houden die vast. Proefpersonen bewegen hun ogen bij natuurfoto's trager heen en weer, en fixeren minder vaak op details dan bij stedelijke beelden.^{60,61}

Waarom? Om dit effect te begrijpen moeten we meer weten over het aandachtsysteem. Aandacht is een ingewikkeld proces dat een zwaar beroep doet op de capaciteit van de hersenen. De hoeveelheid aandacht is daarom beperkt en het is dus dringen bij de aandachtspoort. Twee aandachtsystemen beconcurreren elkaar: het ene laat zich sturen door prikkels van buiten: door geluiden, kleuren en bewegingen. Deze 'onvrijwillige aandacht' rent als een jonge hond aan achter wat we om ons heen horen en zien. Het tweede aandachtsysteem is gericht op onze innerlijke plannen en doelen. Deze 'gerichte aandacht' (of 'executieve aandacht') helpt ons om gedurende de dag mindful te zijn. Om koers te houden en niet te vervallen in destructieve gewoonten als snoepen, zappen en somberen. Heel treffend karakteriseren sommige onderzoekers verslavingsgedrag als mindlessness.⁶²

Ogen bewegen rustiger in het park

Onze ogen bewegen anders wanneer we naar bomen en planten kijken dan wanneer we naar gebouwen en straten kijken. De ogen maken in dezelfde tijd minder sprongetjes. De hersenen zijn minder belast, waarschijnlijk doordat de aandacht minder wordt gestuurd door externe prikkels.⁶⁰



De onrustige oogbewegingen bij stedelijke beelden duiden op een hoge mentale belasting, en op een grotere activiteit van de onvrijwillige aandacht. De rustige, meer gefocuste oogbewegingen bij natuurbeelden wijzen juist op een grotere invloed van de gerichte aandacht.

Onderzoekers vermoeden dat het verschil hem zit in de structuur van de beelden. Eentonige tegels en bakstenen tegenover grillige vertakkingen en bladvormen. Bomen, heesters en planten bieden de visuele hersenen meer uitdaging dan een door mensen gemaakte omgeving. Hetzelfde geldt voor de grillige golf- en reflectiepatronen van een vijver of meer. Ze kietelen de hersenen.

Iets vergelijkbaars geldt voor natuurlijke geluiden. Ondanks het geluiddempende effect van bomen is een stadspark zeker geen oase van rust, maar vogelgezang en het geruis van de wind in de boombladeren vangen de aandacht en maskeren zo het autolawaai.⁶³ Een park helpt het kabaal van de stad dus te maskeren door de auditieve en visuele (gerichte) aandacht op iets interessants te richten.

De stad verveelt, de natuur fascineert, en dat kan er heel goed mee samenhangen dat onze hersenen in de natuur zijn geëvalueerd: de hersencellen zijn afgestemd op het verwerken van natuurlijke beelden en geluiden.^{64,65} Niet voor niets zijn mensen sneller in het herkennen van natuurbeelden dan stadsbeelden.⁶⁶

Tijdens één van de vele experimenten de afgelopen jaren, naar de invloed van natuur op het aandachtsysteem, werd in de Amerikaanse stad Ann Arbor de gerichte aandacht van 38 proefpersonen zwaar op de proef gesteld. Na een lange serie tests mochten de deelnemers vijftig minuten wandelen. De ene helft van de groep moest dat *down town* doen, de andere in het Arbor Arboretum, een park naast de universiteit van Michigan. Toen beide groepen hun testen hervatten, scoorden de parkwandelaars significant beter. Hun gerichte aandacht had zich beter hersteld.⁶⁷

Wat voor volwassenen geldt, geldt zeker voor kinderen. Het aandachtseffect kan (deels) verklaren waarom kinderen in groene wijken betere schoolresultaten behalen. Stadskinderen die meer natuur en water in hun leefomgeving hebben, gedragen zich beter in de klas en kampen minder vaak met gedrags- en aandachtsproblemen.⁶⁸ Kinderen die de kans hebben regelmatig door een park te rennen zijn ook minder gevoelig voor de symptomen van ADHD.⁶⁹ (Onderzoekers pleiten voor 'een dagelijkse dosis natuur' als vast onderdeel in de begeleiding van deze groep kinderen.⁷⁰)

Kinderen in een groene wijk blijken bovendien beter in staat te zijn om hun executieve functies te ontwikkelen. Sleutelfuncties als werkgeheugen en aandacht maakten een relatief snellere voortgang in de twaalf maanden dat de leerlingen werden gevolgd.⁷¹

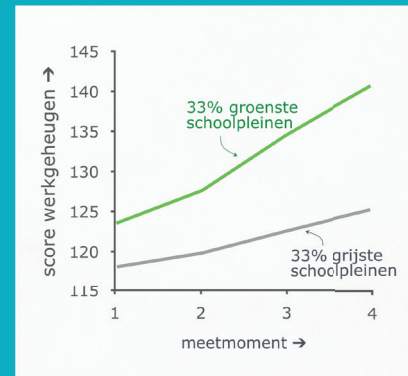
Sociale cohesie

Een groene omgeving verlaagt dus de stressreactie en verhoogt de gerichte aandacht en daarmee het vermogen om het eigen gedrag te sturen. Er is nóg een opvallend effect: natuur verbetert ook sociale cohesie en zelfreflectie.⁷² Mensen denken in het park aanmerkelijk vaker aan intrinsieke thema's als vriendschap, familie en de rol die ze spelen in het leven van anderen. Zonder natuur in de omgeving domineren extrinsieke gedachten zoals succes en geld.⁷³ In een Frans park werd een experiment uitgevoerd bij toevallige passanten. De onderzoeker liep voor hen uit en liet een handschoen vallen. Namen de proefpersonen de moeite om die handschoen op te rapen en terug te geven? Dat was veel vaker het geval bij proefpersonen die het park verlieten dan bij hen die het park binnenkwamen.⁷⁴ Ook in het laboratorium gedragen mensen zich socialer en coöperatiever nadat je ze natuurbeelden hebt getoond.⁷⁵ Die grotere sociale cohesie kan ook verklaren dat stadsmensen met toegang tot een groene omgeving gemiddeld minder met angsten kampen.⁷⁶

Natuur lijkt bij mensen dus op de sociale knop te drukken, waardoor in het park gemakkelijker vriendschapsbanden ontstaan. Ouderen in de VS bleken in tuin of park gemakkelijker sociale relaties aan te gaan dan in een omgeving zonder groen.⁷⁷ Ouderen in de stad die leven in een wijk met meer bomen, parken en perken, bleken een hechter sociaal netwerk te hebben.⁷⁸ Zo raakt stadsnatuur ook aan het vraagstuk van eenzaamheid.

Meer groen, beter werkgeheugen

Spaanse kinderen in groene wijken ontwikkelen sneller een goed werkgeheugen dan kinderen in grijze wijken. Onderzoekers lieten de kinderen in twaalf maanden vier keer een oefening doen (3-back-test) en vergeleken de resultaten met de hoeveelheid groen op luchtfoto's. Ook na correctie voor verschillen in inkomen was er een duidelijke relatie. Het werkgeheugen is een sleutelfunctie voor leren en denken.⁷¹



Kleine en grote natuur vullen elkaar aan

Stadsnatuur helpt bewoners dus om beter om te gaan met de stress, versnippering en het sociaal isolement van het stadse leven; om de druk van de stad te bufferen. En daarin is het opvallend effectief. Reeds het geïsoleerde groen van een begroeid dak of een boom in de straat heeft al een meetbaar effect. (Zie het kader: Hoe een beetje natuur al zo'n serieus effect kan hebben.) Ook voor het effect van parken en plantsoenen lijkt er geen ondergrens te zijn aan het groene of blauwe oppervlak dat nog een meetbaar effect heeft. Ook plantsoenen van 0,25 of zelfs 0,05 hectare hebben een meetbaar effect tot op een paar honderd meter van huis.⁷⁹

Niet alle groen werkt op dezelfde manier. In een onderzoek in Chicago (de stad heeft maar liefst vijfhonderd parken en parkjes) bleken openbare parken meer dan andere stadsnatuur bij te dragen aan beweging, sport én sociale cohesie - en daarmee aan het verwerken van de gevolgen van stressvolle situaties. Terwijl de stadsnatuur in de straten en tuinen vooral belangrijk was om de stress zelf te verminderen.⁸⁰ Klein stadsgroen werkt dus preventief en groter openbaar groen werkt curatief op stress. We kunnen dus niet zomaar alle stadsnatuur optellen.

Ook parken onderling kunnen we niet zomaar optellen, evenals wijkgroen, zo toont een onderzoek in tachtig wijken in vier Nederlandse steden (Utrecht, Rotterdam, Arnhem, Den Bosch).⁸¹ Voor de wijken werd met een uitgebreide steekproef van 560 parken en straten de groenkwaliteit bepaald. Onderzoekers beoordeelden de kwaliteit van het stadsgroen op variatie in kleur en bladvorm, natuurlijkheid, landschappelijk overzicht, toegankelijkheid, geborgenheid, veiligheid en de afwezigheid van zwerfvuil. Met vragenlijsten bepaalden de onderzoekers de gezondheid in de wijken. Zowel fysieke als geestelijke gezondheid lijken het sterkst bepaald te worden door de kwaliteit van de stadsnatuur. In wijken waar die kwaliteit hoog is, speelde ook de hoeveelheid groen een belangrijkere rol. Dat is kennelijk de beste volgorde: eerst mooi groen en dan meer groen. Dit wordt bevestigd in een onderzoek naar het angsteffect van sportieve activiteit in de natuur. Niet de duur en intensiteit maar de natuurlijkheid van de omgeving bepalen de effectgrootte.⁸²

Hoe stadsnatuur eruitzien, speelt kennelijk een wezenlijke rol. Brengt schoonheid onze hersenen in evenwicht? Waarschijnlijk is het omgekeerd: we vinden mooi wat onze hersenen nodig hebben. Proefpersonen die de aantrekkingskracht van stedelijke en natuurlijke panorama's beoordeelden, scoorden de beelden anders als ze moe waren in vergelijking met fit en uitgeslapen. De voorkeur voor natuur was in de vermoeide toestand twee keer zo groot.⁸³ Schoonheid is dus geen oorzaak maar gevolg. Het is een indicatie dat onze hersenen de stimulans krijgen die ze nodig hebben.⁸⁴ 'Mooie natuur' wil zoveel zeggen als natuur die ons helpt om de gerichte aandacht te stimuleren, het parasymphatisch zenuwstelsel te activeren en ons in een sociale modus te zetten. Daarmee komt natuurbeheer, groenontwerp en landschapsarchitectuur in een ander licht te staan. Een goed ontworpen groenstrook met een fraai beplantingsplan, aantrekkelijke groene daken, bloemrijke perken en lommerrijke corridors: dat betekent dus maximale opbrengst voor de hersenen. Mooi betekent impact.

Onderschatting

Zo tekenen zich de hoofdlijnen af van de groene toekomststad: wijken gekoeld, gezuiverd en verlevendigd door een structuur van groene postzegels; bomen in de straat, tuintjes, begroeide gevels en groene daken die de bewoners helpen de aandacht te richten en stressniveaus te verlagen; verdichte wijken afgewisseld door zorgvuldig ontworpen groene zones; goed onderhouden parken die helpen de sociale cohesie van stadsbewoners te versterken, en hen stimuleert om te bewegen. En tenslotte: de agglomeratie als geheel omgeven door beschermd natuurgebied waarin stadsmensen zich 's avonds of in het weekend, te voet of op de fiets, kunnen onderdompelen in de natuur.

Mensen onderschatten de positieve invloed van stadsnatuur⁸⁵ maar hoe verder de stedelijke verdichting om zich heen grijpt, hoe bewuster ze zich ervan worden. In grote dichtbebouwde steden als New York en Parijs, maar ook in Rotterdam en Amsterdam wordt er om iedere boom gevochten. Burgers in nauwe wijken in de centra van grote steden zetten spontaan bloembakken op straat en lichten tegels om er geveltuintjes aan te leggen, terwijl in kleinere kernen, en in de periferie van grote agglomeraties, juist de vertegeling om zich heen grijpt.⁸⁶ Hele wijken zijn er soms bestraat, voortuin aan voortuin. Het typeert de tragiek van verstedelijking, waar de urgentie van groene ruimte pas aan de dag treedt wanneer de stad onomkeerbaar is volgebouwd. Veel parkjes in grote steden waren ooit begraafplaats. Dankzij de wet op de grafurust ontsprongen ze de dans van de verdichting.

Conclusie

Dertig jaar onderzoek naar de invloed van natuur op mensen heeft massief bewijs opgeleverd dat bomen en planten, maar ook kabbelend open water, een positieve invloed hebben op gezondheid, sociale cohesie en productiviteit. Er zijn verschillende mechanismen ontdekt die dit groeneffect verklaren: naast de invloed van bomen en planten op de fysieke omgeving als luchtkwaliteit en temperatuur, verspreiden ze signaalstoffen die onze lichaamssystemen beïnvloeden en zetten de auditieve en vooral visuele prikkels van natuur in onze hersenen een schakelaar om. Over het hoe en waarom zijn er nog altijd veel onbeantwoorde vragen. Duidelijk is wel dat het aandacht- en het stress-systeem een sleutelrol vervullen en dat reeds een klein beetje stadsgroen een verrassend grote impact kan hebben op de vitaliteit en productiviteit van de inwoners, en op hun onderlinge sociale relaties.

Duidelijk is ook dat zowel kleine natuur (bomen, tuinen en perken) als grote natuur (parken en natuurgebieden) een wezenlijke, en elkaar wederzijds aanvullende, rol spelen. Kleine natuur helpt de stadsbewoner om de nadelige effecten van de stad te bufferen, door stress en versnippering te verminderen. In de grote natuur kunnen zij zich onderdompelen om te recupereren van deze effecten - de onvermijdelijke schade.

De stad van de toekomst biedt zijn inwoners een ecologische hoofdstructuur voor mensen, in de vorm van solitaire bomen en groene tuinen, perken en parken die als groene stapstenen een uitvlucht bieden naar de grotere natuur buiten de stad.

Vergrijzing, verstedelijking en de 24-uurs-economie verhogen de komende decennia de druk op de volksgezondheid (zie kader 'Preventieve gezondheidszorg'). Een groene stad kan haar bewoners helpen om overeind te blijven, zonder een steeds zwaarder beroep te doen op gezondheidszorg. Hoe we de stad vormgeven is daarom belangrijker dan ooit.

Over de auteur: Mark Mieras is wetenschapsjournalist en gespecialiseerd in hersenontwikkeling. Literatuurstudies over verwante thema's schreef hij voor IVN¹⁸ en Jantje Beton⁸⁷. Zie voor meer informatie: www.mieras.nl. Deze studie is mede mogelijk gemaakt door de Stichting Stad & Natuur Almere.

Hoe kan één boom al zo'n serieus effect hebben?

Een boom in de straat of een plantenbak op kantoor heeft een duidelijk meetbaar effect op de stress en aandacht van mensen. Gek eigenlijk, want mensen werpen er slechts en passant een blik op. Toch is het wel te verklaren. Kortstondige impulsen op het stress- en aandachtsysteem kunnen langere tijd doorwerken doordat beide systemen allerlei feedbacklusen kennen. Zo vertonen gestreste mensen vaak gedrag dat hun kwetsbaarheid voor stress vergroot. Ze roepen bijvoorbeeld minder gemakkelijk de hulp in van anderen⁸⁸ en vervallen ook sneller in ongezond gedrag zoals snoepen en roken.⁸⁹ Een ander voorbeeld: onaandachtige mensen laten zich leiden door externe prikkels, waardoor hun gedachten en activiteiten versnipperen. Die mentale versnippering leidt tot vermoeidheid. En vermoeidheid verlaagt de gerichte aandacht en vergroot zo de versnippering nog verder.⁹⁰ Nog eentje: wie piekert maakt zichzelf zwaarmoedig, piekeren zet aan tot drinken, leidt tot slapeloosheid en put uit⁹¹ en daarvan ga je allemaal nog meer piekeren. Tenslotte: wie zich eenzaam voelt gedraagt zich minder ontvankelijk voor anderen, met minder empathie en geduld en meer agressie. En dat maakt het weer lastiger om vrienden te maken.⁹²

Door al die terugkoppelingslusen kunnen stress, versnippering, gepieker en sociaal isolement zichzelf gemakkelijk in stand houden. Stadsnatuur helpt om de lusjes te doorbreken. Onze ogen blijven in het voorbijgaan even plakken aan de bladeren van bomen en planten. En het bladerpatroon dat daarbij op ons netvlies valt, activeert de gerichte aandacht^{60,61}, stimuleert het parasympathisch zenuwstelsel en immuunsysteem, verlaagt de bloeddruk en schept een moment van reflectie op intrinsieke en sociale waarden.⁹³ En al die effecten versterken niet alleen zichzelf maar ook elkaar: want stress, gepieker, aandacht en sociaal gedrag hebben onderling nauwe banden. Ontspanning versterkt de gerichte aandacht, en gerichte aandacht zorgt voor stress-vermijdend gedrag. Van minder stress gaan we minder piekeren, minder piekeren zorgt voor een betere nachtrust wat weer de gevoeligheid voor stressoren vermindert.⁹⁴ Sociaal contact verlaagt stress, vermindert gepieker en richt de aandacht. Wie zich sociaal gedraagt maakt gemakkelijker vrienden, en wie vrienden heeft ontleent daaraan een buffer voor de gevolgen van stressvolle situaties.⁹⁵

Ook een kortstondige groenervaring kan in ons hoofd zo een tijdje blijven doorwerken waardoor een langduriger positief effect ontstaat.

Preventieve gezondheidszorg

Wordt de jeugd van nu de eerste generatie die korter leeft dan de generatie van hun ouders? Onderzoekers waarschuwen daarvoor.⁹⁶ Door hun lifestyle van binnenzitten kampen jongeren, meer dan vorige generaties op die leeftijd, met chronische klachten als obesitas, astma, vitamine-D-gebrek en ADHD. Ook de vergrijzing doet de komende decennia een zwaar beroep op de zorgkosten.

Nederland wordt de komende decennia geconfronteerd met sterk oplopende zorgkosten.⁹⁷ Om die te beteugelen is er groeiende belangstelling voor een andere benadering van gezondheidszorg waarbij de burger weer meer eigenaar wordt van de eigen gezondheid.⁹⁸ Groene steden kunnen een wezenlijke rol spelen in deze trend van preventieve gezondheidszorg.⁹⁹ Ze helpen burgers om hun stress te beteugelen en hun lifestyle te verbeteren.

Referenties

- ¹ J. Van Kasteren. Wonen, werken en ontspannen op een kluitje. *De Ingenieur* (augustus 1014).
- ² Maas, J. et al. Morbidity is related to a green living environment. *Journal of Epidemiology & Community Health* 63, 967–973 (2009).
- ³ Nielsen, T. A. S., Hansen, K. B., Nielsen, T. A. S. & Hansen, K. B. Do green areas affect health? *Health & Place* 13, 839– (2007).
- ⁴ Potwarka, L. R., Kaczynski, A. T. & Flack, A. L. Places to Play: Association of Park Space and Facilities with Healthy Weight Status among Children. *Journal of Community Health* 33, 344–350 (2008).
- ⁵ Bodicoat, D. H. et al. The association between neighbourhood greenspace and type 2 diabetes in a large cross-sectional study. *BMJ Open* 4, e006076 (2014).
- ⁶ Mitchell, R, Astell-Burt, T and Richardson, E.A (2011). A comparison of green space indicators for epidemiological research. *J Epidemiol Community Health*, 65 (10), 853-858.
- ⁷ J Peen, R. A. S. The current status of urban-rural differences in psychiatric disorders. *Acta psychiatrica Scandinavica* 121, 84–93 (2009).
- ⁸ Florian Lederbogen, L. H. Urban social stress - Risk factor for mental disorders. The case of schizophrenia. *Environmental pollution (Barking, Essex : 1987)* (2013).
- ⁹ Alcock, I., White, M. P., Wheeler, B. W., Fleming, L. E. & Depledge, M. H. Longitudinal Effects on Mental Health of Moving to Greener and Less Green Urban Areas. *Environ. Sci. Technol.* 48, 1247–1255 (2014).
- ¹⁰ Mitchell, R. & Popham, F. Effect of exposure to natural environment on health inequalities: an observational population study. *The Lancet* 372, 1655–1660 (2008).
- ¹¹ Wells, N. M. & Lekies, K. S. Nature and the Life Course: Pathways from Childhood Nature Experiences to Adult Environmentalism. *Children, Youth and Environments* 16, 1–24 (2006).
- ¹² Grahn, P. & Stigsdotter, U. A. Landscape planning and stress. *Urban Forestry & Urban Greening* 2, 1–18 (2003).
- ¹³ Liao, J. et al. Residential exposure to green space and early childhood neurodevelopment. *Environment International* 128, 70–76 (2019).
- ¹⁴ Vreke, J., J.L. Donders, F. Langers, I.E. Salverda, F.R. Veeneklaas, Redactie: Salverda, I.E. en J. Vreke, 2006. *Potenties van groen!; De invloed van groen in en om de stad op overgewicht bij kinderen en op het binden van midden- en hoge inkomens aan de stad.* Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1356.
- ¹⁵ Wolch, J. et al. Childhood obesity and proximity to urban parks and recreational resources: A longitudinal cohort study. *Health & Place* 17, 207–214 (2011).
- ¹⁶ Bell, J. F., Wilson, J. S. & Liu, G. C. Neighborhood greenness and 2-year changes in body mass index of children and youth. *Am J Prev Med* 35, 547–553 (2008).
- ¹⁷ Wu, C.-D. et al. Linking Student Performance in Massachusetts Elementary Schools with the 'Greenness' of School Surroundings Using Remote Sensing. *PLOS ONE* 9, e108548 (2014).
- ¹⁸ Mieras, M. Literatuurstudie: 'Beetje natuur, grote invloed', Instituut voor natuureducatie en duurzaamheid (IVN) (2014).
- ¹⁹ T Takano, K. N. Urban residential environments and senior citizens' longevity in megacity areas: the importance of walkable green spaces. *Journal of epidemiology and community health* 56, 913–8 (2002).
- ²⁰ Sugiyama, T., Thompson, C. W. & Alves, S. Associations Between Neighborhood Open Space Attributes and Quality of Life for Older People in Britain. *Environment and Behavior* 41, 3–21 (2009).
- ²¹ Duncan, M. & Mummery, K. Psychosocial and environmental factors associated with physical activity among city dwellers in regional Queensland. *Prev Med* 40, 363–372 (2005).
- ²² Lampinen, P., Heikkinen, R.-L., Kauppinen, M. & Heikkinen, E. Activity as a predictor of mental well-being among older adults. *Aging Ment Health* 10, 454–466 (2006).
- ²³ Karp, A. et al. Mental, physical and social components in leisure activities equally contribute to decrease dementia risk. *Dement Geriatr Cogn Disord* 21, 65–73 (2006).
- ²⁴ Maher, B. A., Ahmed, I. A. M., Davison, B., Karloukovski, V. & Clarke, R. Impact of Roadside Tree Lines on Indoor Concentrations of Traffic-Derived Particulate Matter. *Environ. Sci. Technol.* 47, 13737–13744 (2013).
- ²⁵ Rob McDonald et al. Planting healthy air: A global analysis of the role of urban trees in addressing particulate matter pollution and extreme heat. *The Nature Conservancy* (2016). Available at: <http://www.preventionweb.net/publications/view/50896>.
- ²⁶ Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M. & Pullin, A. S. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning* 97, 147–155 (2010).

- ²⁷ Ir. E.J. Klok, Ir. S. Schaminée, Dhr. Ing. J. Duyzer, Dr. Ir. G. J. Steeneveld. De stedelijke hitte-eilanden van Nederland in kaart gebracht met satellietbeelden. WUR (2012).
- ²⁸ Yu, C. & Hien, W. N. Thermal benefits of city parks. *Energy and Buildings* 38, 105–120 (2006).
- ²⁹ KNMI '14, Klimaatscenario's voor Nederland. KNMI (2014).
- ³⁰ Shield, B. M. & Dockrell, J. E. The Effects of Noise on Children at School: A Review. *Building Acoustics* 10, 97–116 (2003).
- ³¹ Morani, A., Nowak, D. J., Hirabayashi, S. & Calfapietra, C. How to select the best tree planting locations to enhance air pollution removal in the MillionTreesNYC initiative. *Environmental Pollution* 159, 1040–1047 (2011).
- ³² ter Have, M., de Graaf, R. & Monshouwer, K. Sporten en psychische gezondheid. Resultaten van de 'Netherlands Mental Health Survey and Incidence Study' (NEMESIS). (Trimbos Instituut, 2009).
- ³³ Wendel-Vos, G. C. W. et al. Factors of the physical environment associated with walking and bicycling. *Med Sci Sports Exerc* 36, 725–730 (2004).
- ³⁴ Kuo, M. How might contact with nature promote human health? Promising mechanisms and a possible central pathway. *Front. Psychol.* 6, (2015).
- ³⁵ Lachowycz, K. & Jones, A. P. Does walking explain associations between access to greenspace and lower mortality? *Social Science & Medicine* 107, 9–17 (2014).
- ³⁶ Gidlöf-Gunnarsson, A. & Öhrström, E. Noise and well-being in urban residential environments: The potential role of perceived availability to nearby green areas. *Landscape and Urban Planning* 83, 115–126 (2007).
- ³⁷ Ottosson, J. & Grahn, P. The Role of Natural Settings in Crisis Rehabilitation: How Does the Level of Crisis Influence the Response to Experiences of Nature with Regard to Measures of Rehabilitation? *Landscape Research* 33, 51–70 (2008).
- ³⁸ Wells, N. & Evans, G. Nearby Nature: a nuffer of life stress among rural children. *Environment and behavior* vol 35, 311–330 (2003).
- ³⁹ van den Berg, A. E., Maas, J., Verheij, R. A. & Groenewegen, P. P. Green space as a buffer between stressful life events and health. *Soc Sci Med* 70, 1203–1210 (2010).
- ⁴⁰ Stigsdotter, U. K. et al. Health promoting outdoor environments - Associations between green space, and health, health-related quality of life and stress based on a Danish national representative survey. *Scandinavian Journal of Social Medicine* 38, 411–417 (2010).
- ⁴¹ Ward Thompson, C. et al. More green space is linked to less stress in deprived communities: Evidence from salivary cortisol patterns. *Landscape and Urban Planning* 105, 221–229 (2012).
- ⁴² Ewert, A. et al. Reducing Levels of Stress through Natural Environments: Take a Park; Not a Pill. (2016).
- ⁴³ Tost, H. et al. Neural correlates of individual differences in affective benefit of real-life urban green space exposure. *Nat Neurosci* 22, 1389–1393 (2019).
- ⁴⁴ Bratman, G. N., Hamilton, J. P., Hahn, K. S., Daily, G. C. & Gross, J. J. Nature experience reduces rumination and subgenual prefrontal cortex activation. *PNAS* 112, 8567–8572 (2015).
- ⁴⁵ Berset, M., Elfering, A., Lüthy, S., Lüthi, S. & Semmer, N. K. Work stressors and impaired sleep: rumination as a mediator. *Stress and Health* 27, e71–e82 (2011).
- ⁴⁶ Mao, J. et al. Insights into hydroxyl measurements and atmospheric oxidation in a California forest. *Atmos. Chem. Phys.* 12, 8009–8020 (2012).
- ⁴⁷ Suzuki, S. et al. Effects of negative air ions on activity of neural substrates involved in autonomic regulation in rats. *Int J Biometeorol* 52, 481–489 (2008).
- ⁴⁸ Ryushi, T. et al. The effect of exposure to negative air ions on the recovery of physiological responses after moderate endurance exercise. *Int J Biometeorol* 41, 132–136 (1998).
- ⁴⁹ Perez, V., Alexander, D. D. & Bailey, W. H. Air ions and mood outcomes: a review and meta-analysis. *BMC Psychiatry* 13, 29 (2013).
- ⁵⁰ Li, Q. et al. Effect of phytoncide from trees on human natural killer cell function. *Int J Immunopathol Pharmacol* 22, 951–959 (2009).
- ⁵¹ Li, Q. Effect of forest bathing trips on human immune function. *Environ Health Prev Med* 15, 9–17 (2010).
- ⁵² Y, M., H, I. & C, S. Forest medicine research in Japan. *Nihon Eiseigaku Zasshi* 69, 122–135 (2014).
- ⁵³ Scudellari, M. News Feature: Cleaning up the hygiene hypothesis. *Proc Natl Acad Sci U S A* 114, 1433–1436 (2017).
- ⁵⁴ Lowry, C. A. et al. Identification of an immune-responsive mesolimbocortical serotonergic system: Potential role in regulation of emotional behavior. *Neuroscience* 146, 756–772 (2007).

- ⁵⁵ Cananzi, F. C., Mudan, S., Dunne, M., Belonwu, N. & Dalglish, A. G. Long-term survival and outcome of patients originally given *Mycobacterium vaccae* for metastatic malignant melanoma. *Hum Vaccin Immunother* 9, 2427–2433 (2013).
- ⁵⁶ Gladwell, V. et al. Viewing nature increases vagal activity: a potential cardioprotective mechanism. *Proc of The Phys. Soc. Proc Physiol Soc* 19, (2010).
- ⁵⁷ Nieuwenhuis, M., Knight, C., Postmes, T. & Haslam, S. A. The Relative Benefits of Green Versus Lean Office Space. *Journal of experimental psychology-Applied* 20, 199–214 (2014).
- ⁵⁸ Lee, K. E., Williams, K. J. H., Sargent, L. D., Williams, N. S. G. & Johnson, K. A. 40-second green roof views sustain attention: The role of micro-breaks in attention restoration. *Journal of Environmental Psychology* 42, 182–189 (2015).
- ⁵⁹ Hartmann, P., Apaolaza, V. & Alija, P. Nature imagery in advertising. *International Journal of Advertising* 32, 183–210 (2013).
- ⁶⁰ Rita Berto, S. M. Do eye movements measured across high and low fascination photographs differ? Addressing Kaplan's fascination hypothesis. *Journal of Environmental Psychology - J ENVIRON PSYCHOL* 28, 185–191 (2008).
- ⁶¹ Valtchanov, D. & Ellard, C. G. Cognitive and affective responses to natural scenes: Effects of low level visual properties on preference, cognitive load and eye-movements. *Journal of Environmental Psychology* 43, 184–195 (2015).
- ⁶² Garland, E. L., Froeliger, B. & Howard, M. O. Mindfulness Training Targets Neurocognitive Mechanisms of Addiction at the Attention-Appraisal-Emotion Interface. *Front Psychiatry* 4, (2014).
- ⁶³ G, R. & G.m, H. Trees and forests for noise abatement and visual screening. *USDA Forest Service General Technical Report NE* (1976).
- ⁶⁴ Joye, Y., Berg, A. & Den, V. Is love for green in our genes? A critical analysis of evolutionary assumptions in restorative environments research. *Urban Forestry & Urban Greening* 10, 261–268 (2011).
- ⁶⁵ Salisbury, J. & Palmer, S. E. Optimal prediction and natural scene statistics in the retina. *arXiv:1507.00125 [q-bio]* (2015).
- ⁶⁶ Greene, M. R. & Oliva, A. The Briefest of Glances: The Time Course of Natural Scene Understanding. *Psychol Sci* 20, 464–472 (2009).
- ⁶⁷ Berman, M. G., Jonides, J. & Kaplan, S. The Cognitive Benefits of Interacting With Nature. *Psychological Science* 19, 1207–1212 (2008).
- ⁶⁸ Amoly, E. et al. Green and blue spaces and behavioral development in Barcelona schoolchildren: the BREATHE project. (2014).
- ⁶⁹ Taylor, A. F. & Kuo, F. E. Children With Attention Deficits Concentrate Better After Walk in the Park. *Journal of Attention Disorders* 12, 402–409 (2009).
- ⁷⁰ Faber Taylor, A. & Kuo, F. E. (Ming). Could Exposure to Everyday Green Spaces Help Treat ADHD? Evidence from Children's Play Settings. *Applied Psychology: Health and Well-Being* 3, 281–303 (2011).
- ⁷¹ Dadvand, P. et al. Green spaces and cognitive development in primary schoolchildren. *Proc Natl Acad Sci U S A* 112, 7937–7942 (2015).
- ⁷² Roe, J. & Aspinall, P. The restorative benefits of walking in urban and rural settings in adults with good and poor mental health. *Health Place* 17, 103–113 (2011).
- ⁷³ Weinstein, N., Przybylski, A. K. & Ryan, R. M. Can Nature Make Us More Caring? Effects of Immersion in Nature on Intrinsic Aspirations and Generosity. *Personality and Social Psychology Bulletin* 35, 1315–1329 (2009).
- ⁷⁴ Guéguen, N. & Stefan, J. 'Green Altruism': Short Immersion in Natural Green Environments and Helping Behavior. *Environment and Behavior* 48, 324–342 (2016).
- ⁷⁵ Zelenski, J. M., Dopko, R. L. & Capaldi, C. A. Cooperation is in our nature: Nature exposure may promote cooperative and environmentally sustainable behavior. *Journal of Environmental Psychology* 42, 24–31 (2015).
- ⁷⁶ Martyn, P. & Brymer, E. The relationship between nature relatedness and anxiety. *J Health Psychol* 21, 1436–1445 (2016).
- ⁷⁷ Scudellari, M. News Feature: Cleaning up the hygiene hypothesis. *Proc Natl Acad Sci U S A* 114, 1433–
- ⁷⁷ Kearney, A. R. Residential Development Patterns and Neighborhood Satisfaction: Impacts of Density and Nearby Nature. *Environment and Behavior* 38, 112–139 (2006).
- ⁷⁸ Kweon, B.-S., Sullivan, W. C. & Wiley, A. R. Green Common Spaces and the Social Integration of Inner-City Older Adults. *Environment and Behavior* 30, 832–858 (1998).

- ⁷⁹ Ekkel, D. & de Vries, S. Nearby green space and human health: Evaluating accessibility metrics. *Landscape and Urban Planning* 157, 214–220 (2016).
- ⁸⁰ Fan, Y., Das, K. V. & Chen, Q. Neighborhood green, social support, physical activity, and stress: assessing the cumulative impact. *Health Place* 17, 1202–1211 (2011).
- ⁸¹ van Dillen, S. M. E., de Vries, S., Groenewegen, P. P. & Spreeuwenberg, P. Greenspace in urban neighbourhoods and residents' health: adding quality to quantity. *J Epidemiol Community Health* 66, e8 (2012).
- ⁸² Mackay, G. J. & Neill, J. T. The effect of 'green exercise' on state anxiety and the role of exercise duration, intensity, and greenness: A quasi-experimental study. *Psychology of Sport and Exercise* 11, 238–245 (2010).
- ⁸³ Staats, H., Kieviet, A. & Hartig, T. Where to recover from attentional fatigue: An expectancy-value analysis of environmental preference. *Journal of Environmental Psychology* 23, 147–157 (2003).
- ⁸⁴ Hartig, T. & Staats, H. The need for psychological restoration as a determinant of environmental preferences. *Journal of Environmental Psychology* 26, 215–226 (2006).
- ⁸⁵ Elizabeth K Nisbet, J. M. Z. Underestimating nearby nature: affective forecasting errors obscure the happy path to sustainability. *Psychological science* 22, 1101–6 (2011).
- ⁸⁶ Kullberg, J. Tussen groen en grijs - Sociaal Cultureel Planbureau (2016).
- ⁸⁷ Mieras, M. Buitentijd = Leertijd. Jantje Beton / IVN. <http://www.mieras.nl/schrijven/buitentijd-leertijd/>.
- ⁸⁸ Tops, M.. Inhibition of approach. Cortisol-mediated mechanisms in affect and depression. Doctoral Thesis, University of Groningen, The Netherlands. (2004)
- ⁸⁹ Goeders, N. E. The impact of stress on addiction. *Eur Neuropsychopharmacol* 13, 435–441 (2003).
- ⁹⁰ Boksem, M. A. S., Meijman, T. F. & Lorist, M. M. Effects of mental fatigue on attention: an ERP study. *Brain Res Cogn Brain Res* 25, 107–116 (2005).
- ⁹¹ Donahue, E. G. et al. Passion for work and emotional exhaustion: the mediating role of rumination and recovery. *Appl Psychol Health Well Being* 4, 341–368 (2012).
- ⁹² Hawkey, L. C. & Cacioppo, J. T. Loneliness Matters: A Theoretical and Empirical Review of Consequences and Mechanisms. *Ann Behav Med* 40, (2010).
- ⁹³ Y, M., H, I. & C, S. Forest medicine research in Japan. *Nihon Eiseigaku Zasshi* 69, 122–135 (2014).
- ⁹⁴ Berset, M., Elfering, A., Lüthy, S., Lüthi, S. & Semmer, N. K. Work stressors and impaired sleep: rumination as a mediator. *Stress Health* 27, e71-82 (2011).
- ⁹⁵ Cohen, S. & Wills, T. A. Stress, social support, and the buffering hypothesis. *Psychol Bull* 98, 310–357 (1985).
- ⁹⁶ McCurdy, L. E., Winterbottom, K. E., Mehta, S. S. & Roberts, J. R. Using nature and outdoor activity to improve children's health. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care* 40, 102–117 (2010).
- ⁹⁷ Casper van Ewijk et al. Toekomst voor de zorg. Beschikbaar op: <https://www.cpb.nl/publicatie/toekomst-voor-de-zorg>. (CPB,2013)
- ⁹⁸ Huber M. Is health a state or an ability? Towards a dynamic concept of health URL http://www.gezondheidsraad.nl/sites/default/files/bijlage%20A1004_1.pdf (The Netherlands Organisation for Health Research and Development and the Health Council of the Netherlands, 2010)
- ⁹⁹ Rob Rutten, George Postma, Jolanda Maas, Mark Mieras, Marius Bakx. Beter door groen; een trendverkenning naar een duurzame samenhang tussen groen en gezind. (JSO, 2015).
- ¹⁰⁰ State of the World 2007: Our Urban Future, Worldwatch Institute.
- ¹⁰¹ The state of the worlds cities. (UN, 2001).
- ¹⁰² Anderson-Hanley, C. et al. Exergaming and Older Adult Cognition. *American Journal of Preventive Medicine* 42, 109–119 (2012).
- ¹⁰³ Räsänen, J. V. et al. Effects of species-specific leaf characteristics and reduced water availability on fine particle capture efficiency of trees. *Environmental Pollution* 183, 64–70 (2013).
- ¹⁰⁴ Rogerson, M., Gladwell, V. F., Gallagher, D. J. & Barton, J. L. Influences of Green Outdoors versus Indoors Environmental Settings on Psychological and Social Outcomes of Controlled Exercise. *Int J Environ Res Public Health* 13, 363 (2016).
- ¹⁰⁵ Schneider, S. H. et al. Abnormal glucoregulation during exercise in type II (non-insulin-dependent) diabetes. *Metab. Clin. Exp.* 36, 1161–1166 (1987).
- ¹⁰⁶ King, K. L., Johnson, S., Kheirbek, I., Lu, J. W. T. & Matte, T. Differences in magnitude and spatial distribution of urban forest pollution deposition rates, air pollution emissions, and ambient neighborhood air quality in New York City. *Landscape and Urban Planning* 128, 14–22 (2014).