



Luontoterveyden osaamiskeskuksen selvityksiä

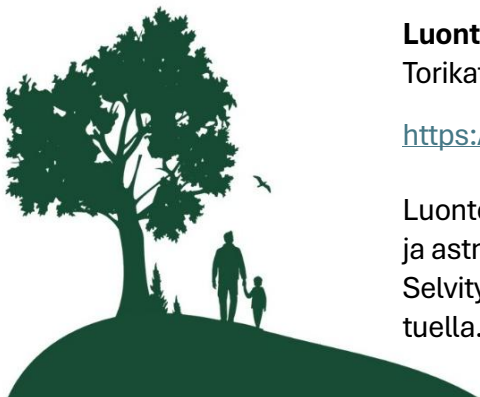
Kaupunkisuunnittelun, viheralueiden ja ilmanlaadun vaikutukset asukkaiden fyysiseen ja psyykkiseen hyvinvointiin

Piia Markkanen

Piia Markkanen, Oulun yliopisto, Teknillinen tiedekunta, Arkkitehtuurin yksikkö

piia.markkanen@oulu.fi, +358 50 3707 104

Viittausohje: Markkanen P.. Kaupunkisuunnittelun, viheralueiden ja ilmanlaadun vaikutukset asukkaiden fyysiseen ja psyykkiseen hyvinvointiin Luontoterveyden osaamiskeskus 2025. Imatra. 36 s.



Luontoterveyden osaamiskeskus

Torikatu 7, 55800 Imatra

<https://luontoterveydenosaamiskeskus.fi>

Luontoterveyden osaamiskeskus on Allergia-, iho- ja astmaliiton tutkimus- ja tietopalveluyksikkö. Selvitys on toteutettu Anne-Sofie Telvin rahaston tuella.



**ALLERGIA
IHO
ASTMA** &

SISÄLLYSLUETTELO

Johdanto	2
Kaupungit valtaavat tilaa luonnolta	3
Kaupunkiympäristön vaikutus terveyteen.....	5
Luonto vähentää kaupungistumisen haittavaikutuksia	7
Kaupunkiluonnon vaikutus ilmanlaatuun	8
Kaupunkivihreä vähentää altistumista kuumuudelle	10
Kaupunkivihreä vähentää kaupungin haitallista äänialtistusta	10
Luonnon ja viheralueiden hyvinvointia lisäävät ominaisuudet kaupungissa	11
Luontosuhde, biofilia ja resilienssi.....	13
Kaupunkiluonnon restoratiivinen eli palauttava vaikutus	14
Kaupunkiluonnon hyvinvointikapasiteettia kasvattava vaikutus	16
Hyvinvointivaikutus – fyysinen terveys	17
Hyvinvointivaikutus – immunologinen terveys	18
Hyvinvointivaikutus – henkinen terveys	21
Luonnon ja viheralueiden haitalliset vaikutukset hyvinvointiin	23
Tutkimuksen ja kaupunkisuunnittelun mahdollisuudet	24
Viiteluettelo	26

Johdanto

Kaupungin ja luonnon suhdetta voi kuvailla mosaiikkimaiseksi verkostoksi, joka koostuu harmaista rakennetuista alueista ja vihreistä luontoalueista (Markevych et al., 2017). Monessa suomalaisessa kaupungissa ekosysteemiin kuuluu oleellisesti myös siniset alueet eli vesistöt. Viheralueet, ilmanlaatu, ilman saasteet, melu ja ympäristön lämpötila voivat vaihdella suurestikin eri kaupunginosien välillä. Tämän vuoksi ympäristöaltistuksessa on huomattavaa yksilöön kohdistuvaa vaihtelua, johon vaikuttaa yksilön asuinalueen lisäksi omat tavat käyttää kaupunkia, liikkua ja oleilla sen sisällä. Tutkimukset viittaavat siihen, että kaupunki- ja liikennesuunnittelun indikaattorit, kuten tieverkosto, etäisyys pääteille, liikenteen tiheys, asukastiheys, teollisuus sekä luonnon- ja viheralueet, selittävät suuren osan paikallisesta vaihtelusta. Kokonaisuus tarjoaa erilaisia toimintamahdollisuuksia sekä erilaisia reittejä, jolloin terveyttä tukeva tai haittaava ympäristöaltistus voi vaihdella merkittäväällä tavalla. (Nieuwenhuijsen, 2016).

Kaupunkisuunnittelun rooli on tukea tarpeellisia toimintoja, mutta myös huomioida suunnittelukokonaisuuksissa kaupunkilaisten hyvinvointia tukevia ratkaisuja ja mahdollisuuksia. Kaupunkiluonto koostuu alueiden vehreydestä, kasvillisuudesta, puistoista, puutarhoista ja metsistä (Markevych et al., 2017; Taylor & Hochuli, 2017). Viheralueiden hyvinvointia tukeva vaikutus on moninaista ja sen vaikutusmekanismit toimivat hyvin erilaisia reittejä pitkin. Yksi keskeinen käsite on biodiversiteetti, joka käsittää lajien monimuotoisuuden, runsauden ja identiteetin, sekä lajien geenit ja ekosysteemit (Marselle et al., 2021). Luonnon monimuotoisuutta sanotaan myös elonkirjoksi ja siihen kuuluu myös geodiversiteetti, eli geologinen monimuotoisuus, joka koostuu kallio- ja maaperästä sekä geologisten prosessien ja pinnanmuotojen vaihtelusta yhdessä ilmastotekijöiden kanssa (Toivanen, 2024). Ihmisen tekemät muutokset ympäristöön vaikuttavat sekä biodiversiteettiin että geodiversiteettiin. Vaikka jotkut yhteiskunnan sektorit arvostavat suuresti vihrealueita muiden kuin markkina-arvojen vuoksi, yksityisiin ja julkisiin kaupunkien viheralueisiin kohdistuu voimakkaita paineita ja kaupunkien kasvaessa nämä maisemat ovat usein jatkuvan kaupunkikehityksen uhkaamia (Jim, 2004). Nopeasti etenevä kaupungistuminen, kaupunkien laajeneminen ja tiivistyminen voivat johtaa viheralueiden vähenemiseen ja lisääntyneeseen virkistyspaineeseen jäljellä olevilla julkisilla alueilla. Tämä voi vaikuttaa negatiivisesti kaupunkiekosysteemeihin ja kaupunkien asukkaisiin, esimerkiksi eristäen ihmisiä luonnon kokemuksista (Miller, 2005). Esimerkiksi yksittäiset puut tukevat monimuotoisemmin biodiversiteettiä kuin avoimet alueet, sillä yksittäinenkin puu tarjoaa samankaltaisemman habitatin eläville biologisille yhteisöille. Yksittäiset puut voivat olla avainrakenteita selkärankaisille, niveljalkaisille ja maakasveille erilaisissa maisemissa muuallakin kuin metsäbiomeissa (Prevedello et al., 2018).

Kaupunkilaisen subjektiivisen hyvinvoinnin lisäämiseen on esitetty erilaisia kaupunkisuunnitteluun liittyviä strategioita. Niihin kuuluu 1) aktiivisen liikkumisen edellytysten parantaminen, 2) julkisen liikenteen parantaminen ja autojen rajoittaminen, 3) helpon pääsyn tarjoaminen palveluihin ja tiloihin, 4) teknologian ja uusien liikkumisvaihtoehtojen kehittä-

minen ja ohjaamista parantamaan eri ryhmien osallisuutta ja elämänlaatua, 5) erilaisten kaupunkiluonnon muotojen integroimiseen mahdollisimman laajasti, 6) saavutettavien ja inklusiivisten julkisten ja yhteisöllisten tilojen tarjoaminen, 7) kaupunkitilan ja kasvillisuuden ylläpitäminen, 8) melun vähentämisstrategioiden toteuttaminen, 9) esteettisesti miellyttävien rakennusten ja julkisten tilojen kehittäminen asukkaiden tarpeiden ja mieltymysten pohjalta, sekä 10) sosio-spatiaalisten eriarvoisuuksien vähentäminen ja haavoittuvien ryhmien tukeminen asumisen ja liikenteen suhteen. (Mouratidis, 2021). Kokonaisuudessaan kaupunkilaisen hyvinvoinnin tukeminen on kompleksista ja yksilön oma toiminta ja käyttäytyminen kaupungissa vaikuttaa miten hyvin yhteiskunnalliset ja kaupunkisuunnittelun rakenteet tukevat terveyttä ja hyvinvointia.

Kaupungit valtaavat tilaa luonnolta

Modernissa kaupunkisuunnittelussa kompakti kaupunki tunnistetaan tiiviisti rakennetuksi monikäyttöiseksi malliksi, koska sen ominaisuuksien uskotaan edistävän toiminnallista kaupunkisuunnittelua tavalla, joka tukee kestävyyttä ja korostaa ekosysteemipalveluiden merkitystä. Viheralueiden suunnittelu on keskeistä myös kompaktien kaupunkien kehityksessä. Kaupunkiympäristöä rakennettaessa alkuvaiheen nopea kaupunkilaajeneminen valtaa tilaa luonnolta: Luonnollisesti kasvilliset alueet, kuten maatalous- ja metsäalueet muuttuvat kaupungistumisen seurauksena keinotekoisiksi pinnoiksi, mikä vähentää vihreiden alueiden määrää ja heikentää kasvillisuuden selviytymistä jäljelle jääneessä maaperässä. Usein prosessiin liittyy ympäristöparannuksia viherryttämisen kautta rakentamisvaiheen jälkeen. Kun kaupunkilaajenemisen prosessiin liitetään kattava aluesuunnittelu, voidaan alusta alkaen tarjota ja ylläpitää vihreitä alueita. On kuitenkin huomionarvoista, että alueet kehittyvät ajan myötä taloustilanteen, maan arvon sekä ympäristöpreferenssien mukaan (Gong et al., 2020; Zhang et al., 2022; Zhao et al., 2016). Paikallisella tasolla kaupunkisuunnittelijat voivat joko ennakoida muutoksia tai jälkikäteen uudelleen viherryttää esimerkiksi istuttamalla katupuita. Urbaania kaupunkirakennetta voidaan myös viherryttää hyödyntämällä rakennusmassoja, jotka mahdollistavat vertikaaliset istutukset ja kattopuutarhat (Wu et al., 2023).

Yksi tapa tarkastella urbaanin rakennetun ympäristön viheralueiden suunnittelua on määrällinen – tutkimukset viittaavat, että tarvitsemme vähintään 9 m² viheraluetta henkilöä kohden, ja että ihanteellinen viheralueen määrä olisi 50 m² asukasta kohden (Russo & Cirella, 2018). Kanadalaisen tutkimuksen mukaan vain 10 tai useamman puun istuttaminen korttelia kohden vastasi yli 10 000 Kanadan dollarin säästöä kotitaloutta kohden terveyteen liittyvissä kustannuksissa. Nämä säästöt ylittivät lisäpuiden istuttamisen ja ylläpidon arvioidut kustannukset (Blum, 2017). Tutkimuksessa havaittiin korrelaatio sekä paremman koetun terveyden että alhaisemman sydän- ja aineenvaihduntasairauksien esiintyvyyden kanssa alueilla, joissa katupuiden tiheys oli suurempi. Alueella tarkastellut puulajit olivat vaahtera, akaasia, kuusi, saarni, lehmus, tammi, kirsikka ja koivu. (Blum, 2017).

Satelliittihavaintojen perusteella vuosien 2001-2018 aikana kaupungistumisen suora negatiivinen vaikutus kasvillisuuden määrään on saanut aikaan epäsuoran positiivisen vaikutuksen, joka on lisääntynyt ajan mittaan. Näihin epäsuoriin vaikutuksiin vaikuttaa kaupunkikehityksen intensiteetti, väestötiheys ja taustailmasta, ja ne ovat voimakkaampia kaupungeissa, joissa on kylmä ja kuiva ilmasto (Zhang et al., 2022). Kaupunkikasvillisuuden määrän muutoksista ei ole vielä paljoa tietoa, koska tutkijoilla on käytössä vain rajallisesti aineistoa vihreyteen liittyvän korkean spatiaalisuuden ja ajallisen resoluution puutteen vuoksi. Yksityiskohtaiset korkean resoluution kartat kaupunkikasvillisuuden muutoksista ovat tärkeitä, jotta tutkijat pystyvät tutkimaan kaupunkilämmön lieventämis- ja sopeutumisstrategioita, ekosysteemin hiililähteitä ja -nieluja, kaupunkien elinkelpoisuutta, katastrofiriskien vähentämistä, ja ilmastomuutoksen vaikutuksia kaupunkialueilla. (G. Li et al., 2025). Laajassa tutkimuksessa, jossa analysoitiin korkean resoluution parannettua kasvillisuusindeksiä (EVI) 11 235 kaupunkialueelta, havaittiin, että kaupunkien kasvillisuuden määrä on erilainen globaalin pohjoisen (EVI 45,65 %) ja etelän (EVI 36,77 %) välillä. Tutkimuksessa on myös tarkasteltu maakohtaisesti urbaanien alueiden viherkertoimia. Suomen EVI-arvo on 52 %. Korkeimmat EVI-arvot Euroopassa ovat Maltalla 58 %, Ranskalla 57 %, Virolla 56 % sekä Britannialla ja Suomella 52 %. Sen sijaan Itävallassa EVI-arvo oli 33 %, Hollannissa 34 % ja Saksassa 47 %. (G. Li et al., 2025).

Vaikka Suomen kaupungeissa on verraten runsaasti viheralueita, on kuitenkin syytä kiinnittää huomiota agglomeraatioon, eli kaupunkialueiden yhteen kasvamiseen sekä kaupunkien sisälle syntyvään viheralueille altistumisen epätasa-arvoon (Wu et al., 2023). Euroopassa viheralueiden peittävyys kasvaa nopeammin kuin kaupunkialueet, mutta viheralueiden saatavuuden väheneminen asukasta kohden kiihtyy väestötiheyden kasvaessa. Tämä viittaa siihen, että pääsy viheralueille voi heikentyä nopeasti kaupunkien kasvaessa, mikä vähentää ihmisten mahdollisuuksista kokea luontoa. (Fuller & Gaston, 2009). Pahimmillaan kaupungistuminen heikentää ympäristöä vakavalla tavalla metsien hävittämisen ja elinympäristön katoamisen seurauksena sekä lisääntyneiden ilmansaasteiden, melusaasteen, CO₂-päästöjen ja lisääntyneiden fossiilisten polttoaineiden kulutuksen seurauksena (Wu et al., 2023). Päättäjät tarvitsevat paitsi parempaa tietoa ympäristö- ja kehitysprosessien ihmisten terveyteen vaikuttavien tekijöiden monimutkaisuudesta, myös syvempää ymmärrystä näiden tekijöiden välisistä yhteyksistä, jotta he voivat tietää, millä tasolla kohdistaa toimensa. (Nieuwenhuijsen, 2016).

Kaupunkiympäristön vaikutus terveyteen

Asuinympäristö vaikuttaa korkeaan verenpaineeseen, ylipainoon ja fyysiseen passiivisuuteen, jotka ovat johtavia riskitekijöitä ei-tarttuville sairauksille (non-communicable diseases, NCD), kuten sydän- ja verisuonitaudeille, tyypin 2 diabetekselle ja kroonisille keuhkosairauksille, jotka ovat merkittäviä kuolinsyitä Euroopan maissa (Nieuwenhuijsen, 2016). Onnistuneet ehkäisytoimet ovat perinteisesti keskittyneet pääasiassa aikuisten elämäntapatekijöihin. Kuitenkin kasvava määrä todisteita, esimerkiksi kohorttitutkimuksista, viittaa siihen, että ei-tarttuvien sairauksien ehkäisy tulisi aloittaa mahdollisimman varhain. On vielä suurelta osin epäselvää missä määrin sairastuvuus ja ennenaikainen kuolleisuus voidaan katsoa johtuvan rakennetusta ympäristöstä ja siihen liittyvistä ympäristöaltistuksista. Havaittujen yhteyksien taustalla olevat mekanismit voivat johtua haitallisesta altistumisesta kriittisten sikiönkehitys vaiheiden ja lapsuuden aikana, ja aiheuttaa sydän- ja verisuonijärjestelmän, aineenvaihdunnan, hengityselinten ja aivojen kehityksellisiä sopeutumia. Nämä sopeutumukset voivat johtaa suurempaan alttiuteen ei-tarttuvien sairauksien kehittymiselle elinkaaren aikana myöhemmässä elämässä ja johtaa varhaisempaan ikääntymiseen. (Nieuwenhuijsen, 2016)

Liikuntaa ja fyysistä aktiivisuutta suositellaan suojaamaan fyysisiltä ja henkisiltä terveysongelmilta (WHO, 2018). Ohjeiden noudattaminen on kuitenkin vähäistä maailmanlaajuisesti. Suomessa arviolta 22.5–31 % aikuisista ylettyy suositeltuun määrään hyvinvointia lisäävää fyysistä aktiivisuutta (Bennie et al., 2017), mistä koituu merkittäviä suoria ja epäsuoria kustannuksia terveydenhuollolle (Kolu et al., 2022). Suomalaisessa tutkimuksessa (Husu et al., 2016) osallistujat viettivät lähes 60 % hereillä oloajastaan istuen ja suurin osa heidän päivittäisestä fyysisestä aktiivisuudestaan oli kevyttä. Istuva elämäntapa on useiden tutkimusten mukaan riskitekijä sydän- ja hengityselinten sekä aineenvaihdunnan terveydelle, tuki- ja liikuntaelinten terveydelle, masennukselle ja kuolleisuudelle riippumatta kohtuullisen tai korkean intensiteetin fyysisen aktiivisuuden tasosta (Husu et al., 2016).

Kaupunkilaisten fyysinen aktiivisuus tapahtuu useilla elämänalueilla, arkeen liittyvissä toiminnoissa, paikasta toiseen siirtymisissä, liikuntaharrastusten parissa sekä muutoin vapaa-ajan toiminnoissa. Ympäröivät alueet ja tilat vaikuttavat siihen, miten niitä käytetään (Kärmeniemi et al., 2018). Kaupunkialueiden ominaisuudet, kuten käveltävyys ja aktiivista elämäntapaa tukevien toimintamahdollisuudet ja palveluiden saatavuus (jalkakäytävät, pyörätiet, virkistysmahdollisuudet ja lähellä olevat palvelut), on yhdistetty suurempaan fyysiseen aktiivisuuteen ja parempaan terveyteen (Chandrabose et al., 2019). Liikuntapaikkoja sisältävien käveltävien, tiheästi asuttujen ja monipuolisesti käytettyjen alueiden asukkaat ovat fyysisesti aktiivisempia sekä liikkumisen että vapaa-ajan suhteen verrattuna matalamman tiheyden esikaupunkialueiden asukkaisiin. Nämä havainnot pätevät myös kansainvälisesti. (Sallis et al., 2019). Suomalainen pitkittäistutkimus on osoittanut, että suurempi asuinalueen vihreys vähentää riskiä sairastua masennukseen, mutta tulosten vaikuttavuuteen vaikuttaa arviointi-

menetelmä, datan laatu, analyysin mittakaava sekä sosiodemografiset tekijät (Gonzales-Inca et al., 2022). Kasvava määrä kirjallisuutta on myös ehdottanut, että viheralueet voivat lisätä useiden fyysisten aktiviteettien, kuten kävelyn, lenkkeilyn ja pyöräilyn, määrää (Noseworthy et al., 2023), mikä johtaa parempaan terveyteen yleisesti ja vähentää terveydenhuoltopalvelujen tarvetta (Noseworthy et al., 2023; Tyrväinen et al., 2024).

Ilmastonmuutoksella on laajoja globaaleja vaikutuksia terveyteen. Ilmansaasteet tunnustetaan tärkeäksi itsenäiseksi sydän- ja verisuonitautien sairastavuuden ja kuolleisuuden riskitekijäksi, ja ne voivat olla vastuussa jopa 3 miljoonasta ennaikaisesta kuolemasta vuosittain maailmanlaajuisesti. (Khraishah et al., 2022; Langrish et al., 2012). Fossiiliset polttoaineet synnyttävät palaessaan pienhiukkasia (PM_{2.5}), joiden hengittäminen on merkittävä sydän- ja verisuonitautien riskitekijä. Altistuminen pienhiukkasille on yhdistetty verenpaineen nousuun, tromboosiin ja insuliiniresistenssiin. (Bhatnagar, 2022). Epidemiologiset havainnot osoittavat, että hiukkaspäästöt aiheuttavat merkittäviä verenpaineen nousuja sekä lyhytaikaisen että pitkäaikaisen altistumisen yhteydessä, ja vahvaa näyttöä on erityisesti PM_{2.5}-altistuksista. Lisäksi viimeaikaiset epidemiologiset tutkimukset viittaavat positiiviseen yhteyteen alueilla, joilla on korkeammat ympäristön PM-pitoisuudet, ja kohonneen verenpaineen esiintyvyyden ja ilmaantuvuuden välillä. Ilmansaasteiden yleisyyden vuoksi jopa pienellä vaikutuksella verenpaineen nousuun ja/tai verenpainetaudin esiintyvyyteen, joka on merkittävä kuolleisuuden ja sairastavuuden riskitekijä maailmanlaajuisesti, olisi valtavia globaaleja kansanterveydellisiä vaikutuksia. (Giorgini et al., 2015). Meta-analyysissä, joka maailmanlaajuisesti tarkasteli sataa tutkimusta kahdessakymmenessä maassa, havaittiin sekä lyhyen että pitkän aikavälin altistumistutkimuksissa, että lähes kaikki ilmansaasteet ovat haitallisesti yhteydessä sydämen vajaatoiminnan riskiin. Sydämen vajaatoiminta oli myös merkittävästi yhteydessä NO₂:een, SO₂:een ja CO:hon, mutta ei O₃:een. Useimpien saasteiden haitalliset yhteydet sydämen vajaatoimintaan olivat suurempia matala- ja keskituloisissa maissa kuin korkean tulotason maissa. (Jia et al., 2023)

Koska kaupunkien materiaaliset ominaisuudet ovat erilaiset kuin luonnon, on kaupunkiympäristön lämpötila korkeampi kuin luonnon tai maaseutu ympäristön. Tähän vaikuttavat korkeat rakennukset, tiheästi rakennetut alueet, teollisuus- ja kaupalliset rakennukset, ihmisen toiminta, sekä rakennusmateriaalit ja pinnat, kuten betoni ja asfaltti (Parlow, 2003). Tämä ilmiö tunnetaan lämpösaarekkeena, joka johtuu ihmisten tekemien rakenteiden suuremmasta kyvystä absorboida ja varastoida auringon energiaa kuin luontoympäristö (Voogt & Oke, 2003). Lämpösaarekkeet voivat vaikuttaa merkittävästi sekä päivä- että yölämpötiloihin, ja epäsuoria vaikutuksia ovat muun muassa lisääntynyt ilmastointikuorma, heikentynyt ilman ja veden laatu, lyhentynyt päällysteiden käyttöikä ja pahentuneet helleaallot (Phelan et al., 2015). On osoitettu, että lämpösaarekkeiden viilentämiseksi tehdyllä viherryttämällä sen laadulla on merkitystä: esimerkiksi kattoistutuksilla ei saavuteta viilentävää vaikutusta katutasolle ja puille on parempi viilentävä vaikutus kuin nurmialueilla (Ng et al., 2012). Kaupunkilaisten terveyteen pitkä-

aikainen altistuminen lämpöstressille vaikuttaa fyysisen suorituskyvyn, mielenterveyden, kognitiivisen toiminnan heikkenemiseen. Kumulatiivinen fysiologinen stressi pahentaa kuolleisuutta kroonisiin sairauksiin liittyen, kuten hengitys- ja sydän- ja verisuonitauteja, diabetesta, tai munuaissairauksista kärsiville. (Kenny et al., 2024).

Luonto vähentää kaupungistumisen haittavaikutuksia

Luontoympäristön hyvinvointivaikutuksia voidaan tarkastella toiminnallisten ominaisuuksien kautta ja niitä voidaan hyödyntää myös kaupunkisuunnittelussa. Kaupunkien viherryttäminen voi edistää fyysistä terveyttä sekä mielenterveyttä useiden samanaikaisten ja mahdollisesti synergististen reittien kautta, joita kutsutaan usein seuraaviksi: (1) kapasiteettien palauttaminen eli restoraatio, (2) kapasiteettien kasvattaminen (toisinaan käytetään englanninkielistä termiä *instoration*) ja (3) haittojen vähentäminen eli mitigaatio. (Markevych et al., 2017; Marselle et al., 2021; White et al., 2023). Luonnon yhteydestä ihmisen terveyteen ja hyvinvointiin on paljon tutkimuksia, iso osa niistä liittyy luontokokemuksen kautta saataviin terveyshyötyihin (Frumkin et al., 2017; Hartig et al., 2014). Erityisesti henkiseen hyvinvointiin vaikuttavia reittejä voi tarkastella restoraation kautta. Vihreillä alueilla oleminen, niiden läheisyys tai näkyminen niille voi edistää kognitiivisten kapasiteettien palautumista, parantaa toipumista psykososiaalisesta stressistä ja lisätä optimismia. Näiden hyötyjen vahvistuminen voi johtua sosiaalisesta ja fyysisestä virkistäytymisestä vihreillä alueilla. Lisäksi läheiset vihreät alueet voivat tarjota luonnollisia, monimuotoisia äänimaisemia, jotka rauhoittavat, vaimentavat kroonista melua ja mahdollisesti lieventävät sosioekonomisen haitan vaikutuksia mielenterveyteen. (Markevych et al., 2017; Marselle et al., 2021; White et al., 2023). Luontokontaktin ja terveyden välistä yhteyttä selittävät myös neljä käyttäytymiseen ja elämäntapoihin liittyvää tekijää: liikunta, ylipaino, uni ja sosiaaliset suhteet. Vaikka vihreät alueet yhdistetään liikuntaan, tutkimusnäyttö tästä yhteydestä on ristiriitaista ja riippuu usein olosuhteista ja väestöryhmästä. Sen sijaan vihreämmät asuinalueet ennustavat johdonmukaisesti alhaisempaa ylipainon esiintyvyyttä, mikä saattaa liittyä esimerkiksi stressin vähenemiseen, parempaan impulssikontrolliin ja biologisiin tekijöihin kuten adiponektiiniin. Lisäksi luontokontakti on yhteydessä parempaan unenlaatuun ja vahvempiin sosiaalisiin suhteisiin, jotka molemmat ovat keskeisiä terveyden kannalta. (Kuo, 2015). Luontoaltistuksen vaikutuksesta terveydenhuollon kustannuksiin ei ole vielä laajalti tutkimuksia, mutta alustavat meta-analyysit julkaistuista tutkimuksista viittaavat luontokontaktin myönteisistä vaikutuksista kustannuksiin. Viheralueiden ja terveyden suhteen kompleksisuus kuitenkin tekee kaupunkiluonnon vaikutusten arvioinnista terveydenhuollon kustannuksiin haasteellista. (Patwary et al., 2024). Luontoympäristön terveyshyötyjen taloudellinen arvo on merkittävä. Esimerkkilaskelmien mukaan pelkästään masennuksen, tyypin 2 diabeteksen ja astman lääkehoidon väheneminen voisi tuottaa vuosittain 139–291 miljoonan euron säästöt Suomessa. Tämä arvio on kuitenkin varovainen, sillä monia sairauksia ei otettu

mukaan. Laajempien kansainvälisten arvioiden perusteella luonnon terveyshyötyjen kokonaisarvo Suomessa voi olla jopa 2,5 miljardia euroa vuodessa. (Tyrväinen et al., 2024)

Kaupunkiluonnon vaikutus ilmanlaatuun

Vaikka kaupunkiluonnon yksi ilmanlaatua parantava vaikutus on viheralueiden vähäinen liikenne verrattuna tiiviisti rakennettuun kaupunkialueeseen, tutkimukset ovat tarkastelleet kaupunkiluonnon ilmansaasteita mitigoivia vaikutuksia laajasti. Monet tutkimukset ovat osoittaneet positiivisen yhteyden kaupunkien viheralueiden ja hengitystieterveiden välillä, erityisesti alempien hengitystiesairauksien kuolleisuuden osalta, joka viittaa mahdollisiin kausaalsiin vaikutuksiin (Mueller et al., 2022). Vihreä infrastruktuuri tunnustetaan lupaavaksi passiiviseksi ilmanlaadun hallintamenetelmäksi ja siitä on laajalti tutkimusta, joka käsittelee kasvien ja kasvillisuuden positiivisia vaikutuksia ilmanlaatuun. Asiaa tarkastelleita review-artikkeleita ovat mm. (Abhijith et al., 2017; Buccolieri et al., 2018; Calfapietra et al., 2013; Eisenman et al., 2019; Gallagher et al., 2015; Grote et al., 2016; Hewitt et al., 2020; Janhäll, 2015; D. Y. C. Leung et al., 2011; Mullaney et al., 2015; Salmond et al., 2013; Tiwari et al., 2019; Willis & Petrokofsky, 2017). Kertyvä tutkimusnäyttö viittaa siten, että asuminen alueilla, joilla on runsaasti ympäröivää vihreyttä ja jopa lyhytaikainen altistuminen vihreille alueille, edistää sydän- ja verisuoniterveyttä. (Keith et al., 2024). Naapuruston korkea vihreyden taso on yhdistetty pienempään kokonais-, ja sydän- ja verisuonikuolleisuuden riskiin, sekä sydän- ja verisuonitautien riskitekijöiden taakan vähenemiseen, mikä ilmenee alhaisempina verenpaine-taudin, dyslipidemian ja diabeteksen esiintymisasteina. Aasukkaat raportoivat myös paremmasta mielenterveydestä ja useammista sosiaalisista vuorovaikutuksista, jotka voivat myös hyödyntää sydän- ja verisuoniterveyttä. (Keith et al., 2024).

Kaupunkisuunnittelussa voidaan hyödyntää kasvillisuusesteitä ilmanlaadun parantamiseksi. Kasvillisuus voi muodostaa esteen liikenteen päästöjen ja viereisten alueiden välille, mutta vihreän infrastruktuurin paras mahdollinen kokonaisuus ja käytettyjen kasvien lajit ovat vielä epäselviä. Iso-Britanniassa on tehty alustavaa tutkimusta viitekehyyksen muodostamisesta, joka tarkastelee tärkeimpiä ominaisuuksia puulajeille. Kasveilla on erilaisia biofysikaalisia ominaisuuksia, jolloin tiettyjen lajien valinta voi vähentää paikallisesti ilman epäpuhtauksia. Tämä on riippuvainen paikan kontekstista, olosuhteista sekä kohdeilman epäpuhtauksien laadusta. Yleisesti edullisia makromorfologisia ominaisuuksia ovat pieni lehtikoko ja korkea lehtikompleksisuus, mutta optimaalinen kasvillisuuden korkeus, muoto ja tiheys riippuvat istutuksen kokoonpanosta suhteessa välittömään fyysiseen ympäristöön. Biogeenisten haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjä ja siitepölyä voidaan minimoida sopivalla lajivalinnalla, mutta niiden merkitys vaihtelee mittakaavan ja kontekstin mukaan. (Barwise & Kumar, 2020).

Gallagher et al. (2015) korostaa huokoisten viheresteiden käytön etuja verrattuna kiinteisiin esteisiin, kuten seiniin ja pysäköityihin autoihin. Passiivisilla esteillä on monia etuja kaupunkiympäristössä: ne varjostavat, vähentävät melua, ovat esteettisesti miellyttäviä sekä ovat osa ekosysteemirakennetta (Gallagher et al., 2015). Koska vihreä infrastruktuuri on huokoista, se vaikuttaa paikalliseen turbulenssiin ja muuttaa ilman mukana kulkeutuvien hiukkasten luonnollisia leviämismalleja. Huokoiset esteet edistävät erikokoisten hiukkasten suodatusta ja laskutumista, vaikuttaen paikallisten epäpuhtauksien pitoisuuteen (Janhäll, 2015).

Lontoossa yli 60-vuotiailla tehty tutkimus osoitti, että 2 tunnin kävely joko Hyde Parkissa tai Oxford Streetillä, jossa oli korkeammat konsentraatiot mustaa hiiltä, NO₂, PM₁₀, PM_{2.5} ja ultrahienoja hiukkasia kuin Hyde Parkissa, vaikutti osallistujien hengitysteihin eri tavoin: Puistokävely Hyde Parkissa sai aikaan keuhkoputkia laajentavan vasteen (FEV, forced expiratory volume), joka oli havaittavissa jopa 26 tuntia kävelyn jälkeen, sekä pienemmän 5 tuntia kestävä FVC:n (forced vital capacity) nousun, pienien hengitysteiden toiminnassa ei tapahtunut muutoksia. Kokonaisuutena keuhkotoiminta parani kävelyn seurauksena. Kävely saastuneemmalla tienvarrella (Oxford Street) ei aiheuttanut merkittäviä muutoksia keuhkoputkien laajenemisessa eikä FVC:ssä, mikä viittaa siihen, että saastealtistus esti kävelyn aiheuttaman keuhkojen toiminnan paranemisen. (Sinharay et al., 2018).

Vihreän infrastruktuurin käyttöä puoltaa myös sen muut positiiviset vaikutukset ekosysteemi-palveluverkostoon, kuten ympäristön viilentäminen ja mikroilmaston säätely, hulevesien hallinta, positiiviset vaikutukset henkiseen ja fyysiseen terveyteen, biodiversiteetin tukeminen, ilmastonmuutoksen hillitseminen ja siihen sopeutuminen. Viherinfrastruktuurin ilmanlaatua parantavat vaikutukset ovat ilmastonmuutokseen sopeutumisen kannalta erityisen tärkeitä (Barwise & Kumar, 2020; Tibbetts, 2015). Alailmakehän otsoni (O₃) on yksi merkittävistä ilmansaasteista ilmastonmuutoksen näkökulmasta. Stratosfäärin otsonikerros suojaa ihmisiä ultravioletisäteilyltä, mutta alailmakehän otsonilla on lukuisia haitallisia vaikutuksia terveyteen ja lyhytikäisenä ilmansaasteena se myös edistää kasvihuoneilmiötä. Tiiviissä kaupunkirakenteessa hellepäivinä korkeapainejärjestelmä pysähtyy kaupungin ylle ja tyynessä kaupunki-ilmassa kuumuus jää loukkuun korkeapaineen alle keskittäen ilmansaasteet lähelle maanpintaa. Nämä olosuhteet ovat otollisia alailmakehän otsonin tuottamiselle. Kun ilmaolosuhteet muuttuvat, tuulet kuljettavat korkeat otsonipitoisuuden ja otsonin kanssa reagoivat saasteet tuulen mukana, jolloin otsonipitoisuudet saavuttavat huippunsa kaupungin ulkopuolella. (Tibbetts, 2015).

Kaupunkivihreä vähentää altistumista kuumuudelle

Viherryttäminen on yksi mahdollinen strategia kaupunkien lämpöympäristön parantamiseksi ja lämpösaarekkeiden poistamiseksi. Rakennusmassojen strateginen sijoittelu voi joko hidastaa tai nopeuttaa tuulen nopeutta ja vaikuttaa tuulen luonnolliseen jäähdystoimintoon (Phelan et al., 2015; Voogt & Oke, 2003). Lämpösaarekkeita voidaan estää uusilla materiaaleilla (Doran et al., 2025), sekä vihreällä infrastruktuurilla (Gu et al., 2025; Marando et al., 2022). Kaupunkipuistot, jotka ovat tärkeä osa vihreää infrastruktuuria, voivat edistää vakaampaa ekosysteemiä säätelemällä mikroilmastoa ja tuottamalla positiivisia vaikutuksia ihmisten terveyteen. Tämä parantaa asukkaiden lämpömukavuutta ja vähentää terveystriskejä. (Manoli et al., 2019; Shi et al., 2023). Kuumuuteen liittyvän kuolleisuuden on osoitettu olevan alhaisinta vihreimmillä alueilla (Markevych et al., 2017). Perustuen yli 600 eurooppalaisen kaupungin ekosysteemiin, Marando et al. (2022) kehittivät mallin, joka simuloi lämpötilaeroa perustason ja ei-vegetatiivisen tilanteen välillä tutkiakseen vihreän infrastruktuurin merkitystä erilaisissa urbaaneissa konteksteissa. Kaupunkien mikroilmaston säätely riippuu pääasiassa kaupungin sisäisen kasvillisuuden määrästä sekä haihdunnasta ja latvuston haihdutuksesta. Vihreän infrastruktuurin todettiin viilentävät eurooppalaisia kaupunkeja keskimäärin 1.07 °C. Joissain kohteissa viilennystä tapahtui jopa 2.9 °C. Jotta kaupunkien lämpötila laskisi yhden asteen verran, tarvitaan vähintään 16 %:n puupeite. (Marando et al., 2022). Kaupunkien lämpötilan nousu korreloi korkeampien ilman saastumistasojen ja lämpöstressin kanssa ja voi pahentaa kuumuuteen liittyvää kuolleisuutta (Brauer & Hystad, 2014; Smargiassi et al., 2009). Kaupunkipuistojen viilentämisvaikutus on paikallinen, joten kaupunkisuunnittelussa olisi huomioitava viheralueiden saavutettavuus erityisesti asuinalueiden näkökulmasta (Shi et al., 2023).

Kaupunkivihreä vähentää kaupungin haitallista äänialtistusta

Viheralueet ja kasvillisuus mitigoivat myös melun haittavaikutuksia. Laajemmilla viheralueilla ei ole keinotekoisia melunlähteitä, kuten liikennettä, jolloin niiden luontainen äänitaso on alhaisempi. Kaupunkialueilla viheresteiden, viherjulkisivujen ja viherkattojen on osoitettu vähentävän melutasoa 5-10 dB verran (Van Renterghem et al., 2015). Kasvillisuus, kuten puiden latvustot, voi myös toimia ääniaaltoja heijastavana kilpenä kapeissa katutiloissa, jolloin meluallistus voi lisääntyä jalankulkijoiden tasolla (Jang et al., 2015). Kasvillisuutta voi siis hyödyntää sen akustisen ominaisuuksien kautta melusaasteen vähentämiseen kaupungeissa.

Vaikka kasvillisuutta voidaan hyödyntää melusaasteen haittojen vähentämiseen kaupungeissa, on kasvillisuudella ja viheralueilla on myös tärkeä merkitys psykologisella tasolla, miten ihminen kokee melun häiritseväksi. On jo pitkään ajateltu, että kun kasvillisuus peittää äänenlähteen, se vaikuttaa positiivisesti tilanteissa, joissa melua koetaan (Aylor & Marks,

1976). Viheralueiden luontoäänien myös vaikuttavat positiivisella tavalla kaupunkilaisten tilakokemukseen (Kang et al., 2016), jolloin luontoäänien omat positiivisen vaikutukset voivat vähentää ei-luonnollisten äänien haittoja (Dzhambov & Dimitrova, 2015). Myös viheralueen ja vesistöjen tai vesielementtien yhteisvaikutus vähentää melun koettuja haittoja (Leung et al., 2014).

Hyvinvointia ja terveyttä tukevien kaupunkiympäristöjen suunnittelussa on tärkeää, että kaupunkilaisilla on helppo pääsy läheisiin viheralueisiin, jotka voivat lievittää ympäristön aiheuttamaa stressiä. Parempi viheralueiden saatavuus edistää hyvinvointia ja päivittäistä käyttäytymistä vähentämällä pitkäaikaisia meluhaittoja ja stressiin liittyviä oireita sekä lisäämällä ulkotilojen käyttöä. Lisäksi on pyrittävä vähentämään tieliikenteen melutasoa ja suunnittelemaan "meluttomia" alueita sisä- ja ulkotiloihin. (Gidlöf-Gunnarsson & Öhrström, 2007). Koska, esikaupunkialueet ovat riippuvaisia meluisammasta liikenteestä, maksimaalinen meluhaitan lieventäminen kotona vaatii mahdollisesti sitä, että viheralueet olisivat asukkaan näkyvissä. Belgiassa tehdyn tutkimuksen tulokset osoittivat, että kasvillisuuden merkitys koettuun meluhaittaan oli tärkeä: Itse ilmoitettu kasvillisuuden näkyvyys olohuoneen ikkunasta osoittautui vahvaksi ja tilastollisesti merkittäväksi meluhaitan ennustajaksi. Täydellinen kasvillisuuden puuttuminen lisäsi kohtalaisen meluhaitan todennäköisyyttä 34 %:iin, kun taas erittäin selkeä kasvillisuusnäkyvä vähensi tämän todennäköisyyden 8 %:iin, vaikka kadunpuoleisen julkisivun melutaso oli 73 dB. Ulkoisen kasvillisuuden todellinen näkyvyys oli olennaista – olohuoneen kasvit ja pelkkä kasvillisuuden läsnäolo naapurustossa eivät riittäneet. (Van Renterghem & Botteldooren, 2016).

Luonnon ja viheralueiden hyvinvointia lisäävät ominaisuudet kaupungissa

Maailmanlaajuisten terveyshaasteita voidaan vastustaa hyvin suunnitelluilla kaupungeilla, jotka kannustavat kävelyyn, pyöräilyyn ja julkisen liikenteen käyttöön (Giles-Corti et al., 2016). Kaupunkisuunnittelun tasolla alueellinen suunnittelu voi ohjata kohteiden saavutettavuutta, työpaikkojen jakautumista ja kysynnän hallintaa. Paikallinen kaupunkisuunnittelu voi tukea hyvinvointia ja terveyttä suunnittelun, tiheyden, etäisyyden julkiseen liikenteeseen, monimuotoisuuden sekä asuinalueiden haluttavuuden kautta. Kaupunkisuunnittelu tulisi luoda käveltäviä alueita toimintakeskusten ympärille ja sisällyttää helposti saavutettavia julkisia ulkotiloja. Riittävän tiheet katuverkostot minimoivat etäisyydet kotien ja päivittäisten kohteiden välillä, vähentävät liikenteen altistusta ja luovat turvallisia jalankulku-, pyöräily- ja julkisen liikenteen verkostoja. Tonttien asettelut mahdollistavan riittävän asukastiheyden ja tukevat luonnollisen turvallisuuden tunnetta. Asukastiheys vaikuttaa myös paikalliseen liiketoimintaan ja tiheisiin julkisen liikenteen palveluihin, mikä mahdollistaa pysäkkien sijoittamisen riittävän lyhyen kävelymatkan päähän kodista. Alueiden monipuolisuus käsittää

erilaiset asuinrakennustyytit, sekä erilaiset kaupalliset, julkiset ja virkistyspalvelut. Nämä kaikki lisäävät alueiden houkuttelevuutta. (Giles-Corti et al., 2016).

Pandemian jälkeen, kaupunkisuunnittelun tutkimuksessa on kiinnitetty erityistä huomiota myös tartuntatautien leviämiseen. Tutkijat kehottavatkin, että suunnittelupäätöksissä huomioidaan nimenomaisesti sekä tartuntatautien että ei-tarttuvien tautien riskit. Kaupunkiympäristön terveyttä edistäviä ominaisuuksia tulisi ajaa fyysistä aktiivisuutta tukevan asuinalue-suunnittelun kautta ulottaen terveysvaikutusten tarkastelun kaikille politiikkatasoille. (Adlakha & Sallis, 2021). Arviolta 5,3 miljoonaa kuolemaa vuosittain maailmanlaajuisesti voidaan liittää fyysiseen passiivisuuteen sen vaikutusten kautta sydän- ja verisuonitauteihin, joihinkin syöpiin ja diabetekseen. (I. M. Lee et al., 2012). On myös havaittu, että vaurailta alueilla asuvat ihmiset liikkuvat useammin. Vaurailta alueilla on paremmat virkistysmahdollisuudet ja esteettiset ominaisuudet, sekä rikollisuudesta ja sosiaalisesta häiriöstä raportoidaan vähemmän. Toisaalta asuminen huono-osaisilla alueilla voi altistaa asukkaat stressaaville olosuhteille (esim. väkivaltarikollisuus, sosiaalinen häiriö) tai fyysisille vaaroille (esim. ilmansaasteet, liikenne), jotka kertyvät ja vahvistavat huonon terveyden riskiä ajan myötä. Asuminen huono-osaisilla alueilla voi lannistaa positiivisia terveyskäyttäytymisiä, jotka vahvistuvat ajan myötä paikallisten normien ja asenteiden kautta, kuten suhtautuminen kuntoiluun, ravitsevan ruoan syömiseen, suvaitsevaisuus päihteiden käyttöön ja näkemykset terveydenhoidon palveluihin hakeutumiseen. (Chandrabose et al., 2019). Tämän vuoksi, esimerkiksi viheralueiden lisäämisessä, tulee huomioiden kaupunkisuunnittelun vaikutukset alueiden sosioekonomisille muutoksille, jotta viherpalveluiden lisääntyessä alueella asuminen ei kallistu liikaa.

Viheralueiden vaikutuksia tarkasteltaessa tutkimukset ovat keskittyneet arvioimaan viheralueiden tai vehreyden vaikutusta niiden määrän kautta. Oletuksena tutkimuksissa on ollut, että suurempi viheralueiden saavutettavuus lisää ulkoilmaympäristöjen käyttöä erilaisiin aktiviteetteihin ja lieventää haitallisia tekijöitä, kuten ilman saasteita, melua ja lämpöä, mikä puolestaan parantaa terveysvaikutuksia. Viheralueiden määrän arvioinnissa käytettyjä mittareita ovat viheralueiden prosenttiosuus, puiden latvuston peittävyys, normalisoitu kasvillisuusindeksi, parannettu kasvillisuusindeksi, puistojen määrä, viheralueiden läheisyys ja puistokäyntien tiheys. Nämä tutkimukset antavat yleiskuvan siitä, että vihreämpi ympäristö on yhteydessä parempaan terveyteen. (Wang et al., 2024) Viheralueiden prosenttiosuudella yhden ja kolmen kilometrin säteellä oli merkittävä yhteys koettuun yleiseen terveyteen. Tämä yhteys oli yleensä läsnä kaikilla kaupunkiasteilla. Yhteys oli jonkin verran vahvempi alemmissa sosioekonomisissa ryhmissä. Iäkkäät, nuoret ja toisen asteen koulutuksen saaneet ihmiset suurissa kaupungeissa näyttävät hyötyvän viheralueiden läsnäolosta asuinympäristössään enemmän kuin muut ryhmät suurissa kaupungeissa. (Maas et al., 2006). On todettu, että viheralueiden morfologialla on myös vaikutusta: monimuotoiset suuret ja yhdistyneet alueet ovat vaikuttavat paremmin pienentyneeseen kuolleisuusriskiin ja ei-tarttuvien sairauk-

sien sairastumisriskiin. Tutkijat olettavatkin, että tietyt tilalliset morfologiat lisäävät viheralueille altistumisen todennäköisyyttä ja lisäävät sitä kautta positiivisia terveysvaikutuksia. Tällaisten havaintojen tekeminen on tärkeää, koska ne ohjaavat kaupunkisuunnittelijoiden työskentelyä terveellisempien elinympäristöjen suunnittelussa kaupunkimaiseman avulla (Wang et al., 2024)

Asuinalueiden puistot ja viheralueet ovat osoittautuneet tärkeiksi väyliksi yksilöiden ja yhteisöjen fyysisen ja henkisen terveyden parantamisessa (Maas et al., 2006; O'Campo et al., 2009). Kaupunkipuistot ja viheralueet tarjoavat paikkoja urheiluun ja aktiiviseen virkistytymiseen, paikkoja rentoutumiseen ja yksinolosta nauttimiseen, paikkoja muiden ihmisten tapaamiseen ja seurusteluun sekä paikkoja, jotka herättävät tunteita yhteydestä luontoon (Carter & Horwitz, 2014). Liikkumiseen ja virkistystoiminnan käytössä on havaittu eroja tiheästi ja väljästi rakennettujen asuinalueiden välillä: tiheimmin rakennetut alueet näyttävät lisäävän fyysistä aktiivisuutta, jos niiden suunnittelussa on korostettu käveltävyyttä ja monimuotoista maankäyttöä (Sallis et al., 2019). Meta-analyysit ovat osoittaneet vahvoja todisteita ympäristön käveltävyuden pitkittäissuhteesta verenpaineeseen. Vahvaa näyttöä on myös ympäristön käveltävyuden vaikutuksesta lihavuuteen ja tyyppin 2 diabetekseen (Chandrabose et al., 2019).

Luontosuhde, biofilia ja resilienssi

Kaupunkisuunnittelulla voidaan vaikuttaa ihmisten fyysisen hyvinvoinnin ylläpitoon sekä sen parantamiseen suunnittelemalla ympäristöä, joka tukee terveyttä edistäviä valintoja arjessa ja vapaa-ajalla. Tämän kirjallisuuskatsauksen aiempi osio tarkasteli kaupungistumisen, rakentamisen ja päästöjen vaikutuksia terveyteen ja kaupunkiluonnon mitigoivia eli haittavaikutuksia vähentäviä tekijöitä. Kaupunkiluonnon hyvinvointivaikutuksia voidaan tarkastella myös kaupunkiluonnon hyvinvointia palauttavien ja lisäävien vaikutusten kautta (Markevych et al., 2017). Biofiliahypoteesin mukaan ihmiset ja muut elävät olennot sekä järjestelmät ovat sidoksissa toisiinsa. Luontosuhdetta sanotaankin yhdeksi psykologisista perustarpeistamme (Baxter & Pelletier, 2019) ja sitä on selitetty jopa geneettisellä tarpeella. Luonto ei kuitenkaan ole samanlainen kaikkialla, ja jotkin luontotyypit näyttävät stimuloivan biofiliaa ja ovat suosittuja, kun taas toiset luontotyypit näyttävät stimuloivan biofobiaa ja niitä jopa vältetään (Rachel. Kaplan & Kaplan, 1989). Viheralueiden ja luonnon hyvinvointia tukevia vaikutuksia on liitetty esimerkiksi yleiseen terveydentilaan (Jabbar et al., 2022; Nguyen et al., 2021; Picavet et al., 2016).

Ihmisen oma luontosuhde on noussut esiin psykologisen hyvinvoinnin korrelaattina ja voi vaikuttaa luontokokemuksiin ja sekä luontointerventiotutkimusten tuloksiin. Ne yksilöt, joilla on vahvempi luontosuhde, voivat todennäköisemmin hyötyä enemmän luontoaltistuksesta, koska heillä on henkilökohtainen merkitys luonnolle (Coventry et al., 2021). Vaikka viher-

alueiden ja luonnon merkitys hyvinvointiin on todistettu, suhteet erilaisten viheralueiden indikaattoreiden ja erilaisten terveystietojen välillä ovat monimutkaisia, minkä vuoksi kaupunkien viheralueiden ja ihmisten hyvinvoinnin eri osatekijöiden väliset yhteydet ovat edelleen epäselviä. Tämä korostaa tarvetta tuleville tutkimuksille sisällyttää useita, hienovaraisia viheralueiden indikaattoreita asuinalueiden tarkasteluun, jotta voidaan tuottaa sellaista tietoa, jota voi käyttää ohjaamaan suunnitteluprosesseja ja niihin liittyviä poliittisia prosesseja. (Mears et al., 2020). Kaupunkien viheralueiden on havaittu hyödyttävän ihmisten hyvinvointia eri tavoin fyysisten aktiviteettien kautta. Englannissa tehdyssä poikkileikkaus-tutkimuksessa on osoitettu positiivinen yhteys luonnonympäristön ja ihmisten hyvinvoinnin välillä. Tutkimus päätteli, että kaupunkien viheralueet vaikuttavat positiivisesti ihmisten terveyteen ja suojaavat kehoa erilaisilta sairauksilta. Jopa viikoittaisella vierailulla viher-alueille on positiivisia vaikutuksia kehoon. (White et al., 2017). Viheralueiden terveys- ja hyvinvointivaikutuksia on liitetty myös mielenterveyden ylläpitoon ja parantamiseen, sekä ylipainoon, syntymäpainoon, lapsuusajan kognitiiviseen kehittymiseen, sekä alempaan kuolleisuuteen (Markevych et al., 2017; Marselle et al., 2021; White et al., 2023).

White et al. (2023) esittävät biopsykososiaalisen resilienssin teoriaa luonto-terveysnäkökulmien tarkasteluun: luontokontakti voi tukea yksilöitä rakentamaan ja ylläpitämään biologisia, psykologisia ja sosiaalisia (eli biopsykososiaalisia) resilienssiin liittyviä resursseja (White et al., 2023). Resilienssiä voidaan pitää puolustusmekanismina, joka mahdollistaa ihmisten kukoistamisen vastoinkäymisissä, ja resilienssin parantaminen voi olla tärkeä tavoite hoidossa ja ennaltaehkäisyssä. (Davydov et al., 2010). Luonnolliset ekosysteemit, ympäristöt, elementit ja toimintamahdollisuudet voivat myös auttaa yksilöitä lisäämään henkilökohtaisella tasolla resilienssiä erilaisia stressitekijöitä vastaan. Yhdessä luontoon perustuvan sosio-ekologisen resilienssin kanssa nämä biopsykososiaaliset resilienssivarat voivat vähentää erilaisten stressitekijöiden riskiä ennaltaehkäisevästi, parantaa sopeutumisreaktioita stressaaviin olosuhteisiin, tai helpottaa nopeampaa ja täydellisempää toipumista stressistä. (White et al., 2023). Nämä mekanismit integroituvat mitigatiivisen, restoratiivisen, sekä hyvinvointia lisääviin reitteihin (Markevych et al., 2017; Marselle et al., 2021). White et al. (2023) käyttävät esimerkkinä tutkimuksia, joiden mukaan luontokontakti voi auttaa yksilöitä selviytymään akuuteista ja kroonisista stressitekijöistä tukemalla tunnetiloja kognitiivista suoriutumista lyhyellä aikavälillä, vähentämällä kroonisia sairauksia pitkällä aikavälillä ja lopulta vähentämällä kuolleisuusriskiä. (White et al., 2023).

Kaupunkiluonnon restoratiivinen eli palauttava vaikutus

Viheralueilla ja luonnolla on tärkeä merkitys psykologisessa palautumisessa eli restoraatiossa (Hartig et al., 2014). Tutkimuksessa on käytetty kahta ympäristöpsykologian alan teoriaa luonnon restoratiivisten ominaisuuksien ymmärtämiseksi: psykofysiologisen stressin vähene-

misen teoriaa (SRT, stress reduction theory, (Ulrich, 1983; Ulrich et al., 1991) sekä tarkkaavaisuuden elpymisen teoriaa (ART, attention restoration theory, (Rachel. Kaplan & Kaplan, 1989; S. Kaplan, 1983, 1995)). SRT keskittyy psykofysiologiseen stressiin edeltävänä tilana. Rakentaen evolutiivisiin oletuksiin biologisista vasteista ympäristötekijöihin, jotka ovat tärkeitä selviytymisen kannalta, SRT ehdottaa, että kasvillisuuden ja muiden luonnollisilta näyttävien ympäristötekijöiden katselu voi hyvin nopeasti herättää positiivisia tunteita, jotka estävät negatiivisia ajatuksia ja tunteita, lievittäen tai sulkien pois stressireaktion. SRT kannustaa siten tutkimaan, kuinka kohtaaminen viheralueen kanssa vähentää fysiologista aktivaatiota (näky hormonaalisissa, sydän- ja verisuonijärjestelmän sekä tuki- ja liikuntaelimistön parametreissa) sekä lisää positiivisia tunteita. Toisaalta ART keskittyy kyvyttömyyteen tahdonalaisesti tukahduttaa häiriötekijöitä ja suunnattua eli kognitiivista huomiota edeltävänä tilana. Keinona toipua kognitiivisesta kuormituksesta ART korostaa kasvillisuuden ja muiden luonnollisesti houkuttelevien ympäristötekijöiden voimaa kiinnittää huomio ja pitää henkilön huomio ilman ponnisteluja, mahdollistaen siten neurokognitiivisen mekanismin levon, johon tahdonalainen suunnattu huomio perustuu. Teoreettisena näkökulmana ART suuntaa tutkimusta siihen, kuinka kohtaaminen viheralueen kanssa voi parantaa kykyä tahdonalaisesti suunnata huomiota ja vaikuttaa toimimiseen, mikä näkyy esimerkiksi standardoiduissa kognitiivisissa testeissä. Olipa teoreettisena tarkastelu näkökulmana ART tai SRT, tämän alueen tutkimus olettaa, että henkilö, joka pääsee suhteellisen korkean palauttavan laadun ympäristöihin (esim. enemmän vihreyttä) aikana, jolloin palautuminen voi tapahtua, saavuttaa kumulatiivisesti suurempia terveyshyötyjä kuin viettämällä aikaa vähemmän palauttavan laadun ympäristöissä. Palautuminen tulkitaan vaiheittaiseksi ja vuorovaikutukselliseksi prosessiksi, joka alkaa fysiologisella rentoutumisella ja johtaa tunteiden ja tarkkaavaisuuden palautumiseen ja pohdiskeluun. (Hartig et al., 2014; Pasanen et al., 2018). Erot luonto- ja kaupunkiympäristön välillä voivat olla nähtävissä 4 min fysiologisella tasolla ja jo 10-15 min kuluessa tunnetasolla (Ulrich, 1979; Ulrich et al., 1991). Suoristustasoa tarkasteltaessa, tulokset eivät ole yhteneviä 15-20 min tarkasteluikkunassa (Hartig et al., 1996).

Luonnon kognitiota tukevia vaikutuksia, esimerkiksi lasten ja nuorten kognitiivista toimintaa ja palautumista on tutkittu luontointerventioilla, joissa luontoaltistusta on lisätty ulko- opetuksella, vihreillä leikkialueilla, luontokävelyillä, luokkahuoneisiin sijoitetuilla kasveilla ja ikkunoista näkyvillä luontonäkymillä. Meta-analyysi osoitti, että luetellut luontointervention paransivat valikoivaa tarkkaavaisuutta, pitkäkestoista tarkkaavaisuutta ja työmuistia. Tutkijat arvioivat, että hyötyjen taustalla oli hyvinvoinnin lisääntyminen, kognitiivinen palautuminen ja stressin väheneminen. (Vella-Brodrick & Gilowska, 2022). Lisäksi oppiminen vihreässä ympäristössä tai luonnon näkeminen luokkahuoneen ikkunasta on yhdistetty alentuneeseen sykkeeseen ja kortisolitasoihin (Dettweiler et al., 2017; D. Li & Sullivan, 2016). Nämä myönteiset havainnot ulottuvat myös pitkittäistutkimuksiin, joissa suurempi altistuminen

asuinympäristön vihreydelle elämän aikana – erityisesti lapsuudessa – on yhdistetty parempaan kognitiiviseen toimintaan ja aivotiheyteen (Dadvand et al., 2015).

Luonnon hyvinvointivaikutukset voivat olla riippuvaisia viheralueiden laadusta, kuten havaitun biodiversiteetin määrästä, kasvillisuuden rakenteesta, puiden latvustoista, viheralueiden ja vesistöjen suhteesta, vuodenajasta, lehtien muodoista ja väreistä, sekä alueen hoidosta ja ylläpidetystä infrastruktuurista (Bowler et al., 2010). Ruotsalaisessa tutkimuksessa selvitettiin erilaisia moniaistisesti koettavia ympäristötyyppejä, kuten seesteinen, avara, luonto, lajirikas, turvapaikka, kulttuuri, näköala, sosiaalinen (englanninkieliset kategoriat: serene, space, nature, rich in species, refuge, culture, prospect ja social). Osallistujille mieluisin tila oli seesteinen. Stressistä palautumiseen osallistujat yhdistivät vahvimmin luonnon ja turvapaikan, jollaista voi olla vaikea löytää urbaanista ympäristöstä. Parhaiten stressistä palautumiseen koettiin ympäristö, jossa yhdistyy turvapaikka, luonto, lajirikkaus sekä vähäinen tai olematon sosiaalisuus (Grahn & Stigsdotter, 2010). Ryhmä on tutkinut kyseistä aistihavaintoihin perustuvaa mallia ja kehittänyt sen alkuperäisiä kategorioita eteenpäin aistillisesti koettaviksi vastinpareiksi: luonto – kulttuuri, yhtenevä – monipuolinen, suojainen – avoin, sekä seesteinen – sosiaalinen (englanniksi: natural – cultural, cohesive – diverse, sheltered – open, ja serene – social) (Stoltz & Grahn, 2021). Kokemukseen perustuvat kategorisoinnit ovat tärkeitä, jotta tutkijat ja suunnittelijat pystyvät kommunikoimaan ympäristön koetuista ominaisuuksista sekä tulevaisuudessa tuottamaan lisää informaatiota hyvinvointia kaupunkiympäristön ja viheralueiden hyvinvointia tukevista ominaisuuksista.

Kaupunkiluonnon hyvinvointikapasiteettia kasvattava vaikutus

Jos kaupunkiluonnon restoratiivisen vaikutuksen käsittää yksilön sen hetkisen kapasiteetin palauttavaksi mekanismiksi, instoraation eli kapasiteettia lisäävän mekanismin voi ymmärtää täyden kapasiteetin suurentumisena (Markevych et al., 2017; White et al., 2023). Tätä näkökulmaa voidaan käsitellä useiden eri mekanismien kautta, esimerkkeinä fyysiseen ja immunologiseen terveyteen sekä henkiseen terveyteen kohdistuvat vaikutukset. COVID-19 pandemian aikana ulkoilun ja fyysisen aktiivisuuden julkisten tilojen merkitys korostui erityisesti kaupungeissa. Ulkoilulla on merkittäviä terveyshyötyjä ja kävelyn on osoitettu vähentävän sekä sydän- ja verisuonitautien riskiä että kaikista syistä johtuvaa kuolleisuutta (Kahlmeier et al., 2023; I. M. Lee et al., 2012). Esimerkiksi diabetes-potilaita koskevissa tutkimuksissa on havaittu, että pitkäaikainen oleskelu viheralueilla suojaa merkittävästi mielenterveyshäiriöiltä, mukaan luettuna masennus- ja ahdistuneisuushäiriöt (Xue et al., 2025). Tämä pitkittäistutkimus hyödynsi UK Biobankin 39,397 diabetespotilaasta koostuvaa aineistoa, jossa terveystietoja verrattiin potilaan asuinympäristön viheralueiden ja puutarhojen tietoihin. Suurempi viheralueiden määrä lisää tutkittavien fyysistä ja sosiaalista aktiivisuutta, lisäten perheen, ystävien ja naapureiden kanssa vietettyä aikaa. Tämä edistää

optimistisempaa mielialaa ja vaikuttaa positiivisesti diabeetikoiden mielenterveyteen (Xue et al., 2025). Sama tutkimus liittyy myös viheralueiden paremman ilmanlaadun havaittuihin mielenterveyteen liittyviin hyvinvointivaikutuksiin.

Viherympäristöillä ja viheralueilla on salutogeeninen potentiaali, eli ne voivat sekä lisätä että ylläpitää terveyttä. Haittatekijöitä mitigoivien ominaisuuksien lisäksi, ne voivat tukea kaupunkilaisten restoraatiota sekä luoda tiloja, jotka tukevat sosiaalista vuorovaikutusta ja fyysistä aktiivisuutta (Coventry et al., 2021; Sarkar et al., 2018). Itsearvioitu terveys, masennus, ahdistus ja psyykkisen stressin riski on poikkileikkaus- ja pitkittäistutkimuksissa osoitettu olevan yhteydessä vihreisiin alueisiin. (Astell-Burt & Feng, 2019; Gascon et al., 2015). Vaikka epidemiologiset meta-analyysit yhdistävät vihreyden lisääntyneeseen fyysiseen aktiivisuuteen, oli tärkeä tarkastella viherympäristöjen laatua, kasvilajeja, huomioida ympäristön liikkumismahdollisuudet sekä käyttää pitkittäisasetelmia, jotta saadaan tarkempaa tietoa luonnon vaikutuksista terveyteen (Fong et al., 2018). Vihreän ympäristön lisääminen ei välttämättä kuitenkaan ole yksiselitteinen ratkaisu liikunnan lisäämiseksi. Toisin kuin laajempi kirjallisuus osoittaa, Tukholman alueella toteutetussa laajassa kyselytutkimuksessa selvisi, että kaupunkilaisten muuttaessa vihreämmälle alueelle, he pyöräilivät ja kävelivät vähemmän muuton jälkeen, kun taas vähemmän vihreille alueille muuttaneilla pyöräily ja kävely lisääntyivät. Eroavat tutkimustulokset voivat selittyä sillä, että vihreämmillä alueilla kaupunkilaiset voivat olla riippuvaisia esimerkiksi autolla liikkumisesta (Persson et al., 2019).

Hyvinvointivaikutus – fyysinen terveys

"Fyysinen aktiivisuus" on kehon liikettä, joka saa alkunsa luustolihaksista ja johtaa energiankulutukseen. Se kattaa kevyestä intensiteetistä (esim. rento kävely) keskisuureen ja voimakkaaseen intensiteettiin (esim. lenkkeily) sekä virkistyskäytöstä hyötykäyttöön (esim. aktiivinen työmatkaliikunta). (Remme et al., 2021). Koska satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia on vähän, nykyiset liikuntasuositukset perustuvat pääasiassa itse ilmoitettuihin havaintotutkimuksiin. Uusissa suosituksissa on kuitenkin luovuttu vaatimuksesta, että liikuntaa pitäisi tehdä vähintään 10 minuutin jaksoissa. Tämä muutos perustuu laitteilla mitattuun liikuntadataan, jonka mukaan jokainen minuutti liikuntaa on hyödyllinen. Tulevaisuudessa suosituksia tullaan todennäköisesti päivittämään entistä enemmän laitteilla mitatun liikunnan ja paikallaanolon havaintotutkimusten perusteella. (Ekelund et al., 2024). Fyysisen aktiivisuuden ja terveydentilan välillä näyttää olevan lineaarinen yhteys, eli fyysisen aktiivisuuden ja kunnon lisääminen johtaa terveydentilan paranemiseen (Warburton et al., 2006) sekä ehkäisee ja hoitaa lihavuutta, sepelvaltimotautia, tyypin 2 diabetestä, Alzheimerin tautia ja dementiaa (Reiner et al., 2013).

Kaikki asuinalueet eivät kuitenkaan tue riittävän turvallista tai saavutettavaa tilaa ja reittejä, jotka olisivat kaikille asukkaille sopivia liikuntaan. Luonnon tarjoamat mahdollisuudet fyysiseen aktiivisuuteen on laajalti tunnustettu ja liitetty positiivisiin terveysvaikutuksiin. (Hartig et al., 2014; James et al., 2015; Remme et al., 2021). "Luontoon pääsy kaupunkiympäristössä" tarkoittaa ihmisten mahdollisuutta tai käsitystä mahdollisuudesta altistua kaupunkiluonnolle. Kaupunkiluonnon saavutettavuus voi vaihdella monien tekijöiden mukaan, kuten etäisyyden, fyysisten esteiden, yksilön toimintakyvyn sekä sosiaalisten ja taloudellisten olosuhteiden perusteella. Näihin vaikuttavat esimerkiksi lailliset oikeudet, liikkumisen mahdollisuudet, turvallisuus, kustannukset, ajankäytön vaihtoehdot ja palveluiden saatavuus. Kaupunkiluonnon käytön valinta fyysiseen aktiivisuuteen muuttaa mahdollisuuden ekosysteemipalvelun tarjonnaksi, jolloin kaupunkilaisella on mahdollisuus altistua kaupunkiluonnolle fyysisen aktiivisuuden vuoksi. (Remme et al., 2021)

Hyvinvointivaikutus – immunologinen terveys

Biodiversiteetin väheneminen viime vuosikymmenien aikana on vaikuttanut merkittäväällä tavalla sekä planeetan että ihmisten terveyteen. Ympäristössämme on kaksi tärkeää biodiversiteetin lähdettä: eksogeeninen biodiversiteetti eli maa, vesi, kasvit ja eläimet, sekä endogeeniset eli iho, suolisto sekä hengitystiet. Yhdessä nämä vaikuttavat immuuniterveyteen. Biodiversiteettihypoteesin mukaan kosketus ja altistus luonnollisiin ympäristöihin rikastuttaa ihmisen omaa mikrobiomia, edistää immunitettijärjestelmän tasapainoa ja suojaa allergioilta sekä tulehduksellisilta sairauksilta. Muutokset biodiversiteetissä vaikuttavat ihmisen immuunijärjestelmän kehittymiseen sekä ruoka-aineallergioiden ja hengitystieinfektioiden kehittymiseen. Biodiversiteetin ja siihen liittyvän mikrobien monimuotoisuuden väheneminen on liitetty allergisten ja tulehduksellisten sairauksien yleisyyden kasvuun. (Haahtela, 2019).

Biodiversiteetin rooli nousee esiin katsauksissa ja ympäristöjen, joiden kasvillisuus ja eläinlajisto on monipuolista, ehdotetaan olevan hyödyllisempiä ihmisen terveydelle. Terveysvaikutuksia on havaittu johdonmukaisemmin alueilla, joilla oli runsaasti puiden latvustoa, mutta ei niinkään niittyalueilla. Terveysvaikutusten pääasialliset tulokset, joista oli näyttöä, sisälsivät allergiset hengitystiesairaudet, sydän- ja verisuonitaudit sekä psykologisen hyvinvoinnin. (Nguyen et al., 2021). Makro-organismien, kuten ihmisten, kasvien ja eläinten kehitys, kasvu ja terveys ovat yhä selvemmin sidoksissa niiden isännöimiin monimutkaisiin mikrobiyhteisöihin. Tämä ymmärrys on johtanut biologian paradigman muutokseen, jossa yksilön ominaisuuksia ei enää nähdä pelkästään isännän geenien tuotteena, vaan holobiontina: isännän ja sen mikrobiston muodostamana kokonaisuutena. Tämä näkökulma, jota tukee myös hologenomi-teoria (isännän ja mikrobien yhteinen genomi), on keskeinen paitsi lääketieteessä ja ekologiassa, myös kaupunkisuunnittelussa ja

ympäristönsuojelussa. Urbaani biodiversiteetti ei siis tarkoita vain näkyvää lajikirjoa, vaan myös mikrobiston monimuotoisuutta, joka vaikuttaa suoraan ekosysteemien ja ihmisten terveyteen. (Simon et al., 2019). On myös huomionarvoista, että kaupunkiluonnon puuvartisten kasvilajien silmujen mikrobisto eroaa merkittävästi toisistaan ja mikrobistoltaan rikkaat lajikkeet voivat tukea ihmisten mikrobiomia ja immuunijärjestelmää. Mikrobiston huomioiminen kasvivalinnoissa voi edistää sekä ihmisten että ympäristön terveyttä, mutta lisätutkimuksia tarvitaan. (Roslund et al., 2024)

Haahtela ja muut suomalaiset tutkijat esittävät (2023), että luontoympäristöjen tarjoama mikrobialtistus on keskeinen immuunijärjestelmän tasapainon ylläpitäjä, ja sen puute voi lisätä riskiä allergioihin ja autoimmuunisairauksiin. (Haahtela et al., 2023). Immuunisäätelyn häiriöt ovat yleistyneet erityisesti kaupungistuneissa yhteiskunnissa. Tämä näkyy lisääntyneinä allergioina, autoimmuunisairauksina ja tulehduksellisina suolistosairauksina. Artikkelin esittää ns. "Old Friends" -hypoteesin, jonka mukaan immuunijärjestelmän säätely tarvitsee altistusta tietyille mikrobeille, joihin ihmiset ovat evoluution aikana tottuneet. Näitä mikrobeja saadaan mm. äidiltä, perheeltä, eläimistä ja luonnonympäristöistä. Luonnon mikrobialtistus tukee säätely-T-solujen kehittymistä, jotka estävät immuunijärjestelmää hyökkäämästä vaarattomia aineita, kehon omia rakenteita tai suolistosisältöä vastaan. Nykyinen elämäntapa, erityisesti vähäinen luontokosketus, korkea hygieniataso ja kaupungistuminen, vähentää tätä hyödyllistä mikrobialtistusta ja voi siten heikentää immuunijärjestelmän säätelyä. (Haahtela et al., 2023). Kaupungistumisen aiheuttamat ympäristömuutokset, kuten ilmansaasteet, ilmastonmuutos ja biodiversiteetin väheneminen, heikentävät ihon, hengitysteiden ja suoliston epiteelirakenteita, jotka toimivat kehon ensimmäisenä puolustuslinjana. Tämä altistaa elimistön helpommin allergeeneille ja mikrobeille, mikä voi johtaa immuunijärjestelmän epätasapainoon ja krooniseen tulehdukseen. (De Weger et al., 2022). Epigeneettinen säätely, eli genomin kemiallinen modifikaatio, kuten metylaatio, ohjaa geenien ilmentymistä ympäristötekijöiden vaikutuksesta. Myös epigeneettiset mekanismit yhdistävät ympäristöaltistuksen, mikrobit ja immuunijärjestelmän säätelyn, ja niillä voi olla keskeinen rooli allergioiden ja autoimmuunisairauksien synnyssä. Tämä voi johtaa krooniseen matala-asteiseen tulehdukseen, joka on yhteydessä mm. metabolisiin, sydän- ja verisuoni- sekä psyykkisiin sairauksiin. (De Weger et al., 2022; Haahtela et al., 2023)

Lapset ovat erityisen herkkiä ympäristömuutosten haittavaikutuksille biologisten ja kehityksellisten tekijöiden vuoksi sekä siksi, että he altistuvat muutoksille pidempään elämänsä aikana. Biodiversiteetin väheneminen ja ilmastonmuutos vaikuttavat lasten terveyteen useiden reittien kautta: Ilmansaasteet lisäävät astmaa, ennenaikaisia synnytyksiä ja alhaista syntymäpainoa. Helleaallot lisäävät lämpöhalvauksen, tartuntatautien ja ennenaikaisen syntymän riskiä. Vihreiden alueiden väheneminen heikentää mielenterveyttä ja vähentää liikuntaa. Mikrobiston monimuotoisuuden väheneminen lisää allergioiden ja

immuunihäiriöiden riskiä. Tulvat lisäävät hukkumisia, pakkomuuttoja ja traumaa. (Seastedt et al., 2024). Korkea viheralueiden määrä lapsuudessa on yhteydessä pienempään riskiin sairastua laajaan kirjoon psykiatrisia häiriöitä myöhemmin elämässä. Niillä, jotka asuivat lapsuudessaan vähiten viheralueita sisältävillä alueilla, riski sairastua myöhemmin mielenterveyshäiriöihin oli jopa 55 % suurempi verrattuna niihin, jotka asuivat eniten viheralueita sisältävillä alueilla. (Engemann et al., 2019).

Biodiversiteetti-välitteisen immuunijärjestelmän parantamista on kokeellisesti testattu suomalaisilla päiväkotikäisillä lapsilla. Kaksoissokkoutetussa lumekontrolloidussa kokeessa lapset leikkivät 14 päivän ajan kahdesti päivässä 20 minuuttia joko mikrobistoltaan rikastetussa tai köyhässä hiekassa. Tämän seurauksena interventoryhmän ihon mikrobiosto muuttui muistuttamaan rikastettua hiekkaa ja vaikutti IL-10 tasoon ja IL-10/IL-17A suhteeseen, joka viittaa parempaan immuunisäätelyyn. Ihon mikrobioston muutos säilyi vielä 28 päivän jälkeen. (Roslund et al., 2022).

Parantuneelle immuunitoiminnalle on esitetty tutkimuskirjallisuudessa lukuisia eri reittejä, jotka eivät ole suoraan biodiversiteettiin ja mikrobiostoon liittyviä. Kuo (2015) listaa seuraavanlaiset tekijät immuunitoimintaa tukevana, jotka voi liittää suorasti tai epäsuorasti luonnon hyvinvointivaikutuksiin: adiponektiini, ilmansaasteiden väheneminen, ihmetyksen tunne, veren glukoositasojen normalisoituminen, ylipainon väheneminen, fyysinen aktiivisuus, fytonsidit, parempi uni, sosiaaliset suhteet, rentoutuminen ja stressin vähentyminen, pitkäkestoisen traumaattisen stressin väheneminen (Kuo, 2015). Nämä vaikutusreitit voivat sisältyä joko osittain tai kokonaan luontokontaktin ja terveyden väliseen immuunitoimintaan. Fytonsidit ovat haihtuvia, luonnollisia yhdisteitä, joita erityisesti puut vapauttavat ilmaan suojautuakseen taudinaiheuttajilta ja hyönteisiltä. Esimerkkejä fytonsideista ovat α -pineeni ja β -pineeni, joita esiintyy esimerkiksi sypressissä ja männyissä. Tutkimusten mukaan ne voivat vahvistaa immuunijärjestelmää lisäämällä luonnollisten tappajasolujen (NK-solujen) aktiivisuutta ja määrää, mikä parantaa kehon kykyä torjua viruksia, lisäävät immuunipuolustukseen liittyvien proteiinien tuotantoa ja vähentävät stressihormonien, kuten adrenaliinin ja noradrenaliinin, pitoisuuksia (Q. Li et al., 2009). Adiponektiini on tärkeä immuunijärjestelmän kannalta, koska se hillitsee tulehdusta, joka on keskeinen tekijä monissa sairauksissa, kuten sydän- ja verisuonitaudeissa, metabolisen oireyhtymän yhteydessä ja tyyppin 2 diabeteksessa (Fantuzzi, 2013). Kohtuukuormitteinen ja säännöllinen fyysinen aktiivisuus tukee immuunijärjestelmää vähentämällä immuunipuolustusta heikentävää tulehdusta ja ylipainoa; parantaa vastustuskykyä bakteeri- ja virusinfektioita vastaan; lisää immuunipuolustusjärjestelmään kuuluvien solujen, kuten makrofagien ja NK-solujen, aktiivisuutta ja määrää verenkierrassa; lisää immunoglobuliinien ja tulehdusta hillitsevien sytokiinien määrää; vapauttaa IL-6-sytokiinia lihaksista liikunnan aikana mikä tukee immuunijärjestelmää; ja säännöllinen liikunta voi lyhentää infektioiden kestoja sekä lieventää oireita (Laddu et al., 2020). On huomattavaa, että tutkimuskirjallisuuden esittämät

luonnon immunitteettia tukevat mekanismit ovat päällekkäisiä ja näyttävät kytkeytyvän sekä stressiä poistaviin mekanismeihin että fyysiseen aktiivisuuteen.

Hyvinvointivaikutus – henkinen terveys

Mielen hyvinvointi kattaa onnellisuuden, täyttymyksen ja elämän tarkoituksen. Se on positiivisen mielenterveyden mittari, joka heijastaa enemmän kuin vain häiriöiden puuttumista. Hyvinvoivat ihmiset toteuttavat potentiaalinsa ja selviytyvät arjen stressistä. (Henderson & Knight, 2012). Henkisen hyvinvoinnin ongelmat liitetään huonompaan elämänlaatuun, hidastuneeseen hoitoon, korkeampiin ekonomisiin ja sosiaalisiin kustannuksiin, sekä lisääntyneeseen kuolleisuuteen (Ulrich, 1983)

Asuinalueiden vihreyden ja masennuksen välisen yhteyden mekanismit ovat monimutkaisia. Kokeelliset tutkimukset osoittavat, että vihreillä alueilla on psykologisia ennaltaehkäiseviä ja palauttavia hyötyjä, kuten stressistä ja henkisestä väsymyksestä toipuminen. Tutkimuksissa käytetään psykologisia mittareina usein koettuja palauttavia vaikutuksia kuten ajatusten selkiytymistä, palautumista ja rentoutumista, sekä elinvoimaisuutta (Faehnle et al., 2014; Takayama et al., 2014), mutta myös stressin fysiologisia mittareita, kuten verenpainetta (J. Lee et al., 2014) ja kortisolitasoja (Roe et al., 2013). Esimerkiksi Berliinissä tehdyssä tutkimuksessa osallistujilla, joiden kodista oli näkymä monipuoliseen kasvillisuuteen, oli merkittävästi matalampi kortisolitaso. Myös ne, jotka käyttivät säännöllisesti kasvillisuuden reunustamaa kanavapolkua, kokivat vähemmän stressiä ja suurempaa elämään tyytyväisyyttä kuin harvemmin polkua käyttävät. Kasvillisuuden ympäröivät reitit olivat tärkeitä sekä palauttavissa hetkissä että päivittäisissä työmatkoissa. Tutkimuksessa suositellaan, että viheryhteyksiä (esim. puistopolut) huomioitaisiin paremmin kaupunkisuunnittelussa (Honold et al., 2016). Liikunnan yhteyttä masennuksen ja ahdistuksen oireiden hoitoon on tutkittu mm. interventiotutkimuksessa, jossa osallistujat liikkuvat aerobisesti ja heiltä mitattiin veren serotoniinitasot ennen ja jälkeen intervention. Tulokset osoittivat masennuslääkkeen kaltaisia muutoksia serotoniinitasoissa, mikä voi selittää liikunnan ja masennuksen välistä yhteyttä (Wipfli et al., 2011).

Eri tahoilla tehdyt tutkimukset ovat osoittaneet, että lyhytaikaisilla vierailuilla kaupunkiluontoalueilla on positiivisia, ajallisesti eteneviä vaikutuksia psyykkiseen hyvinvointiin. (Coventry et al., 2021; Ojala et al., 2019; Tsunetsugu et al., 2013; Van den Berg et al., 2014). Vihreiden alueiden palauttavat vaikutukset voivat vaihdella yksilöllisten erojen mukaan. Vaikka vihreät alueet yleisesti ottaen koetaan palauttaviksi, yksilöiden välisten palauttavien vaikutusten eroista tiedetään vähän. On näyttöä siitä, että kaikki ihmiset eivät koe luontoa ja sen tarjoamia mahdollisuuksia samalla tavalla. Suomalainen tutkimus tarkasteli 15 min oleskelun ja 30 min kävelyn vaikutusta kaupunkitilassa, kaupunkipuistossa, ja kaupunkimetsässä (Ojala et al., 2019): osallistujat, joiden kaupunkisuuntautuneisuus oli matala,

psykologisten mittareiden suurimmat palauttavat vaikutukset havaittiin kaupunkimetsässä ja koettu elinvoima heikkeni kaupunkiympäristössä oleilun pitkeytyessä. Sen sijaan osallistujat, joiden kaupunkisuuntautuneisuus oli korkea ja melulle herkkyys vähäisempää, olivat vähemmän herkkiä ympäristötyyppien välillisille eroille ajallisten muutosten osalta. Heilläkin oli kuitenkin havaittavissa hieman voimakkaammat positiiviset psykologiset vaikutukset luontoalueilla verrattuna kaupungin keskustaan. Tutkimus osoitti yksilöllisten ominaisuuksien vaikutuksen psykologiseen palautumiseen erilaisissa kaupunkiympäristöissä. (Ojala et al., 2019).

Meta-analyysi luonto-interventiotutkimuksista osoitti, että luonto-interventiot olivat tehokkaita masennusoireiden lievittämisessä, ahdistuksen vähentämisessä, positiivisten tunteiden lisäämisessä sekä negatiivisten tunteiden vähentämisessä. Sen sijaan vähemmän evidenssiä oli havaittavissa, että luonto-intervention parantaisivat fyysistä terveyttä. Parhaimmat tulokset saatiin 8-12 viikon interventioissa, joissa kerta-annos oli 20-90 min pituinen. Käytetyistä interventiomenetelmistä erityisesti puutarhanhoito, luontoliikunta ja luontoterapia olivat tehokkaita parantamaan aikuisten mielenterveyttä, mukaan lukien he, joilla oli ennestään mielenterveysongelmia. (Coventry et al., 2021).

Vaikka luonnon hyvinvointivaikutuksista on laajalti tutkimuksia, jotka liittävät sen henkisen hyvinvoinnin paranemiseen, niiden soveltaminen käytännössä esimerkiksi kaupunkisuunnittelun tai kansanterveyden aloilla on ollut rajallista. Yksi syy tähän on, että ei ole selvää, mitkä luonnon elementit ja minkälaiset kokemukset luonnosta ovat johdonmukaisesti yhteydessä mielenterveyshyötyihin. Tämän vuoksi on vain vähän ohjeita siitä, mitkä luonnon elementit ja kokemukset viheralueilla ja luonnossa voivat parantaa henkistä hyvinvointia. (Barnes et al., 2019).

Japanissa tehdyssä tutkimuksessa osoitettiin, että luontoympäristön positiiviset vaikutukset verrattuna kaupunkiympäristön vaikutuksiin fysiologisiin ja psykologisiin vasteisiin olivat samankaltaisia kuin muissakin tutkimuksissa. Tutkimuksessa kartoitettiin koettuja mielialoja, kuten jännitys/ahdistus, masennus/apatia, viha/vihamielisyys, väsymys, sekaavuus, ja tarmo/puhti sekä fysiologista reaktiota sydämen sykkeen ja verenpaineen avulla. Verenpaine oli merkittävästi alhaisempi luontoympäristössä. Tutkijat pohtivat tuloksia suhteessa kaupunkisuunnitteluun: he havaitsivat, että kaupunkiympäristössä osallistujien mieliala huononi jo 15 minuutissa, mikä viittaa siihen, että kaupunkilaisten ympäristö aiheuttaa emotionaalista stressiä. On huomionarvoista, että tutkijat havaitsivat luontoympäristön positiiviset vaikutukset jo 15 minuutin oleskelun jälkeen, mikä korostaa luontoympäristöjen ja niiden helpon saavutettavuuden merkitystä urbaaneilla alueilla. (Tsunetsugu et al., 2013).

Luonnon ja viheralueiden haitalliset vaikutukset hyvinvointiin

Viheralueiden ja vehreyden vaikutukset ihmisen hyvinvointiin tapahtuvat useiden eri reittien kautta. On myös huomionarvoista, että kasvillisuudella ja luonnolla voi olla myös terveydentilaa huonontavia vaikutuksia sekä uusien viheralueiden rakentamisella merkittäviä ja pitkäaikaisia epätasa-arvoa lisääviä seurauksia. Terveysteen kohdistuvat haittavaikutukset voivat olla infektioihin ja allergioihin liittyviä. Viheralueet voivat toimia kasvualustana punkeille, hyttysille, rotille, sekä muille pieneläimille ja hyönteisille, jolloin mahdolliset infektiota aiheuttavat vektorit voivat lisätä tartuntojen määrää (Löhmus & Balbus, 2015). Punkkien levinneisyys kaupungeissa on kasvanut ja esimerkiksi Helsingin viheralueilla punkkien levinneisyyteen liittyy alueellisia eroja, jolloin riski saada borreliosisi tartunta vaihtelee (Sormunen et al., 2020).

Allergiaan liittyvä tutkimus tuo esille, että kasvillisuuden lisääntyessä myös siitepölyn määrä lisääntyy, mikä voi lisätä allergisia sairauksia (Cariñanos & Casares-Porcel, 2011). Urbanissa kontekstissa tähän vaikuttaa myös muut tekijät kuin pelkkä kasvillisuuden lisääminen. Kaupunkialueilla todetaankin enemmän allergiaa kuin maaseudulla johtuen ilmansaasteiden ja siitepölyn yhteisvaikutuksesta (D'Amato et al., 2000). Seuraavanlaiset mekanismit lisäävät ilmansaasteiden ja allergeenien yhteisvaikutusten johdosta hengitystie-allergioita: 1) Ilmansaasteiden komponentit voivat olla vuorovaikutuksessa siitepölyhiukkasten kanssa, mikä johtaa sellaisten antigeenien lisääntyneeseen vapautumiseen, joille muuttunut allergeenisuus on ominaista. 2) Erilaiset ilmansaasteiden komponentit voivat kiinnittyä allergeeneja kuljettavien mikrometrin kokoisten kasviperäisten hiukkasten kanssa, jotka voivat kulkeutua hengitysilman mukana hengitysteiden ääreisosiin ja aiheuttaa astmaa. 3) Ilmansaasteiden komponentit, erityisesti otsoni, hiukkaset ja rikkidioksidi, voivat aiheuttaa tulehdusreaktion niille altistuneiden henkilöiden hengitysteissä, mikä lisää läpäisevyyttä ja edesauttaa siitepölyallergeenien tunkeutumista limakalvoihin ja edesauttaa immuunijärjestelmän reaktioita. On myös todettu, että ilmansaasteille altistuneilla henkilöillä hengitystiet voivat olla reaktiivisemmat, mikä lisää herkkyyttä hengitetuille siitepölyallergeeneille. 4) Ilman saasteiden komponenteista erityisesti dieselpakokaasujen hiukkasten on todettu vaikuttavan adjuvanttisesti IgE- synteesiin atoopikoilla (D'Amato et al., 2000). Myös kaupunkien istutusten laadulla tärkeä merkitys: Carinanos ja Casares-Porcel (2011) kehottavat lisäämään urbaania biodiversiteettiä, jolloin perinteisten allergeenisiksi todettujen lajien määrää saadaan vähennettyä sekä monipuolistamaan yksittäisten alueiden siitepölyä, jolloin allergisoiva vaikutus ei ole niin vahva.

Kasvillisuuden suunnittelussa tulee myös huomioida niiden ristireaktiivisuus. Viheralueita suunniteltaessa tulee myös huomioida puiden ja rakennusten ohjeistettu vähimmäisetäisyys, mikä vähentää rakennuksen läheisyydessä esiintyvän siitepölyn todennäköisyyttä. Tieto allergisoivista lajeista ja niiden siitepölytyypeistä, esimerkkinä siitepölyn leviämiskyky,

auttaa varmistamaan, ettei allergisoivia lajeja istuteta pääväylien, kotien ja toimistojen lähelle. Suunnitteluprosesseissa olisi hyvä olla mukana asiantuntijoita, mutta paikalliset ohjeistukset ja opastukset kaupunkivihreiden alueiden suunnittelua varten tukee jo ennakkosuunnitteluvaihetta. (Cariñanos & Casares-Porcel, 2011).

Tutkimuksen ja kaupunkisuunnittelun mahdollisuudet

Kaupungit voivat hyödyntää luontopohjaisia ratkaisuja kaupunkisuunnittelussa. Luontopohjaiset ratkaisut vaikuttavat kestäväan kaupunkikehitykseen, ilmastonmuutoksen hillintään ja siihen sopeutumiseen sekä luonnon monimuotoisuuden ylläpitoon ja rikastamiseen, sekä ihmisen hyvinvoinnin parantamiseen (Cousins, 2021). Kaupunkien kehittämisessä on kuitenkin syytä huomioida sekä sosiaaliset että ympäristöoikeudenmukaisuuteen liittyvät kysymykset, joita voidaan tukea ja ratkoa osallistamalla asukkaita ja sidosryhmiä suunnitteluun ja tekemällä yhteiset ja inklusiiviset arvot näin näkyviksi (Cousins, 2021). Kaupunkisuunnittelussa ja luonnon hyvinvointivaikutuksessa on huomioitava luontosuhteen ja luontoaltistuksen moniulotteinen ja merkityksellinen suhde terveyteen ja hyvinvointiin, asenteisiin ja käyttäytymiseen luontoa kohtaan sekä luonnon tilaan, sen biodiversiteetin hyötyihin ja riskeihin. Tarvitsemme lisää ymmärrystä siitä, miten luontosuhde muuttuu elämänkaaren aikana sekä erilaisissa kulttuurisissa, maantieteellisissä ja sosioekonomisissa konteksteissa, jotta voimme huomioida moniulotteisen vaikutuksen sekä kaupunkiluonnon hyvinvointivaikutusten tutkimisessa että kaupunkisuunnittelussa (Soga & Gaston, 2020).

Luontohyvinvoinnin ja kaupunkisuunnittelun suhdetta voi tarkastella ekosysteemi-palveluiden avulla, huomioiden oikeudenmukaisuuden lisäksi myös erilaisten mittakaavojen yhteensovittamisen, tuoden paikalliset ratkaisut osaksi laajempaa ekosysteemien verkostoa. Tutkimuksellisesti ekosysteemiajattelu voi tukea luontohyvinvoinnin vaikutusten mittaamista ja mallintamista, lisäten hyvinvointia tukevan kaupunkisuunnittelun mahdollisuuksia. Ennen päätöksentekoa tulisi ymmärtää, missä ja kenelle luontohyvinvointia tuotetaan, sanallistaa erilaisten väestöryhmien tarpeet ja toiveet, ymmärtää, miten kaupunkiluonto ja luontoverkostot vaikuttavat eri alueilla ja väestöryhmissä, saavuttaa hyvinvoinnin, ekologian ja talouden tasapaino sekä tuoda päätöksentekoon jatkuvaa oppimista ja kehittämistä tukevat toimintatavat (Xu & Peng, 2022). Kaupunkiluontoa voidaan tarkastella suunnittelun näkökulmasta vihreänä infrastruktuurina erilaisten typologisten kategorisointien kautta. Näiden kategorioiden kehittäminen ja liittäminen terveystietoa sisältävään tutkimustietoon tukisi sekä suunnittelijoita että tutkijoita tietopohjaisen, oikeudenmukaisen ja terveyttä tukevan kaupunkien viherverkostojen kehittämistä (Jones et al., 2022).

Terveyttä ja urbaania hyvinvointia tukevan suunnittelun kehittämiseksi tarvitaan työkaluja, jotka osoittavat missä ja kenelle kaupunkiluonto voi lisätä fyysistä aktiivisuutta ja tuottaa terveyshyötyjä. Paikkatietopohjaiset työkalut ja mallit mahdollistavat muutosten vaikutusten tarkastelun eri väestöryhmissä sekä suhteessa olemassa oleviin ekosysteemipalveluihin. Tarvitaan myös malleja ja työkaluja, jotka auttavat tunnistamaan luontotyyppien merkityksen luonnossa oleskelulle ja fyysisen aktiivisuuden edistämiseksi, tunnistamaan hyödynsaajat eri väestöryhmissä sekä kartoittamaan fyysisen aktiivisuuden eri muodot ja intensiteetit, joihin luonto vaikuttaa (Remme et al., 2021). Lisäksi tarvitaan laaja-alaista ymmärrystä luonnon lisäämisen hyvinvoinnin päällekkäisistä ja ihmisen omaan käyttöön perustuvista vaikutuksista. Kaupunkisuunnitteluun liittyvän päätöksenteon pohjana tulisi olla suunnittelukohteena olevan alueen käytön tarkastelu eri aktiviteettien kautta. Muutosten vaikutusten tulisi tukea mahdollisimman monipuolisesti eri ikäryhmien ja väestöryhmien toimintaa ja käyttäytymistä eri vuodenaikoina. Toimintamahdollisuuksien ja ympäristön suunnittelun pohjaaminen sekä luonnon mitoivien että hyvinvointikapasiteettia kasvattavien ja palautumista tukevien vaikutusten kautta edistävät hyvinvointia monipuolisesti kognitiivisten, fysiologisten ja immunologisten reittien kautta.

Viiteluettelo

- Abhijith, K. V., Kumar, P., Gallagher, J., McNabola, A., Baldauf, R., Pilla, F., Broderick, B., Di Sabatino, S., & Pulvirenti, B. (2017). Air pollution abatement performances of green infrastructure in open road and built-up street canyon environments – A review. *Atmospheric Environment*, 162, 71–86. <https://doi.org/10.1016/J.ATMOSENV.2017.05.014>
- Adlakha, D., & Sallis, J. F. (2021). Activity-friendly neighbourhoods can benefit non-communicable and infectious diseases. *Cities & Health*, 5(sup1), S191–S195. <https://doi.org/10.1080/23748834.2020.1783479>
- Astell-Burt, T., & Feng, X. (2019). Association of Urban Green Space With Mental Health and General Health Among Adults in Australia. *JAMA Network Open*, 2(7), e198209–e198209. <https://doi.org/10.1001/JAMANETWORKOPEN.2019.8209>
- Aylor, D. E., & Marks, L. E. (1976). Perception of noise transmitted through barriers. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 59(2), 397–400. <https://doi.org/10.1121/1.380876>
- Barnes, M. R., Donahue, M. L., Keeler, B. L., Shorb, C. M., Mohtadi, T. Z., & Shelby, L. J. (2019). Characterizing nature and participant experience in studies of nature exposure for positive mental health: An integrative review. *Frontiers in Psychology*, 9(JAN), 380833. <https://doi.org/10.3389/FPSYG.2018.02617/BIBTEX>
- Barwise, Y., & Kumar, P. (2020). Designing vegetation barriers for urban air pollution abatement: a practical review for appropriate plant species selection. *Npj Climate and Atmospheric Science* 2020 3:1, 3(1), 1–19. <https://doi.org/10.1038/s41612-020-0115-3>
- Baxter, D. E., & Pelletier, L. G. (2019). Is nature relatedness a basic human psychological need? A critical examination of the extant literature. *Canadian Psychology*, 60(1), 21–34. <https://doi.org/10.1037/cap0000145>
- Bennie, J. A., Pedisic, Z., Suni, J. H., Tokola, K., Husu, P., Biddle, S. J. H., & Vasankari, T. (2017). Self-reported health-enhancing physical activity recommendation adherence among 64,380 Finnish adults. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(12), 1842–1853. <https://doi.org/10.1111/sms.12863>
- Bhatnagar, A. (2022). Cardiovascular Effects of Particulate Air Pollution. *Annual Review of Medicine*, 73(Volume 73, 2022), 393–406. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-MED-042220-011549/CITE/REFWORKS>
- Blum, Janaki. (2017). Neighborhood Greenspace and Health in a Large Urban Center. 77–108. <https://doi.org/10.1201/9781315366081-12>
- Bowler, D. E., Buyung-Ali, L. M., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). A systematic review of evidence for the added benefits to health of exposure to natural environments. *BMC Public Health*, 10(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-10-456/TABLES/126>
- Brauer, M., & Hystad, P. (2014). Commentary: Cities and health...Let me count the ways. *Epidemiology*, 25(4), 526–527. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000110>
- Buccolieri, R., Santiago, J. L., Rivas, E., & Sanchez, B. (2018). Review on urban tree modelling in CFD simulations: Aerodynamic, deposition and thermal effects. *Urban Forestry & Urban Greening*, 31, 212–220. <https://doi.org/10.1016/J.LUFUG.2018.03.003>
- Calfapietra, C., Fares, S., Manes, F., Morani, A., Sgrigna, G., & Loreto, F. (2013). Role of Biogenic Volatile Organic Compounds (BVOC) emitted by urban trees on ozone concentration in cities: A review. *Environmental Pollution*, 183, 71–80. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2013.03.012>
- Cariñanos, P., & Casares-Porcel, M. (2011). Urban green zones and related pollen allergy: A review. Some guidelines for designing spaces with low allergy impact. *Landscape and Urban Planning*, 101(3), 205–214. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2011.03.006>

- Carter, M., & Horwitz, P. (2014). Beyond proximity: The importance of green space use ability to self-reported health. *Eco Health*, 11(3), 322–332. <https://doi.org/10.1007/S10393-014-0952-9/TABLES/6>
- Chandrabose, M., Rachele, J. N., Gunn, L., Kavanagh, A., Owen, N., Turrell, G., Giles-Corti, B., & Sugiyama, T. (2019). Built environment and cardio-metabolic health: systematic review and meta-analysis of longitudinal studies. *Obesity Reviews*, 20(1), 41–54. <https://doi.org/10.1111/OBR.12759>
- Cousins, J. J. (2021). Justice in nature-based solutions: Research and pathways. *Ecologica I Economics*, 180, 106874. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2020.106874>
- Coventry, P. A., Brown, J. V. E., Pervin, J., Brabyn, S., Pateman, R., Breedvelt, J., Gilbody, S., Stancliffe, R., McEachan, R., & White, P. C. L. (2021). Nature-based outdoor activities for mental and physical health: Systematic review and meta-analysis. *SSM – Population Health*, 16, 100934. <https://doi.org/10.1016/J.SSMPH.2021.100934>
- Dadvand, P., Nieuwenhuijsen, M. J., Esnaola, M., Forn, J., Basagaña, X., Alvarez-Pedrerol, M., Rivas, I., López-Vicente, M., De Pascual, M. C., Su, J., Jerrett, M., Querol, X., & Sunyer, J. (2015). Green spaces and cognitive development in primary school children. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(26), 7937–7942. https://doi.org/10.1073/PNAS.1503402112/SUPPL_FILE/PNAS.1503402112.SAPP.PDF
- D’Amato, G., Liccardi, G., Russo, M., & D’Amato, M. (2000). On the interrelationship between outdoor air pollution and respiratory allergy. *Aerobiologia* 2000 16:1, 16(1), 1–6. <https://doi.org/10.1023/A:1007608510653>
- Davydov, D. M., Stewart, R., Ritchie, K., & Chaudieu, I. (2010). Resilience and mental health. *Clinical Psychology Review*, 30(5), 479–495. <https://doi.org/10.1016/J.CPR.2010.03.003>
- De Weger, L., Celebi Sozener, Z., Akdis, C. A., Sozener, C. Z., Yücel Ü, Ö., Oztürk, O. B., Akin, G. B., Özbey Yücel, Ü., Altiner, S., Ozdel Oztürk, B., Cerci, P., Türk, M., Gorgülü Akin, B., Akdis, M., Yilmaz, I., Ozdemir, C., & Mungan, D. (2022). The External Exposome and Allergies: From the Perspective of the Epithelial Barrier Hypothesis. *Frontiers in Allergy*, 3, 887672. <https://doi.org/10.3389/FALGY.2022.887672>
- Dettweiler, U., Becker, C., Auestad, B. H., Simon, P., & Kirsch, P. (2017). Stress in School. Some Empirical Hints on the Circadian Cortisol Rhythm of Children in Outdoor and Indoor Classes. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2017, Vol. 14, Page 475, 14(5), 475. <https://doi.org/10.3390/IJERPH14050475>
- Doran, E. M. B., Reichard, W., Boothe, M., Donnell, G., Fan, H., Rowangould, G., & Guensler, R. (2025). Mitigating Extreme Heat Exposure Using Advanced and Novel Materials and Improved Pedestrian Infrastructure Design: A Systematic Literature Review and Survey of Agencies. Permalink: <https://escholarship.org/uc/item/9x00066h> . <https://doi.org/10.7922/G23J3BBH>
- Dzhambov, A. M., & Dimitrova, D. D. (2015). Green spaces and environmental noise perception. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(4), 1000–1008. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.09.006>
- Eisenman, T. S., Churkina, G., Jariwala, S. P., Kumar, P., Lovasi, G. S., Pataki, D. E., Weinberger, K. R., & Whitlow, T. H. (2019). Urban trees, air quality, and asthma: An interdisciplinary review. *Landscape and Urban Planning*, 187, 47–59. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2019.02.010>
- Ekelund, U., Sanchez-Lastra, M. A., Dalene, K. E., & Tarp, J. (2024). Dose–response associations, physical activity intensity and mortality risk: A narrative review. *Journal of Sport and Health Science*, 13(1), 24–29. <https://doi.org/10.1016/J.JSHS.2023.09.006>
- Engemann, K., Pedersen, C. B., Arge, L., Tsirogiannis, C., Mortensen, P. B., & Svaning, J.C. (2019). Residential green space in childhood is associated with lower risk of psychiatric

- disorders from adolescence into adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(11), 5188–5193.
https://doi.org/10.1073/PNAS.1807504116/SUPPL_FILE/PNAS.1807504116.SAPP.PDF
- Faehnle, M., Bäcklund, P., Tyrväinen, L., Niemelä, J., & Yli-Pelkonen, V. (2014). How can residents' experiences inform planning of urban green infrastructure? Case Finland. *Landscape and Urban Planning*, 130(1), 171–183.
<https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2014.07.012>
- Fantuzzi, G. (2013). Adiponectin in inflammatory and immune-mediated diseases. *Cytokine*, 64(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/J.CYTO.2013.06.31728>
- Fong, K. C., Hart, J. E., & James, P. (2018). A Review of Epidemiologic Studies on Greenness and Health: Updated Literature Through 2017. *Current Environmental Health Reports*, 5(1), 77–87. <https://doi.org/10.1007/S40572-018-0179-Y/TABLES/1>
- Frumkin, H., Bratman, G. N., Breslow, S. J., Cochran, B., Kahn, P. H., Lawler, J. J., Levin, P. S., Tandon, P. S., Varanasi, U., Wolf, K. L., & Wood, S. A. (2017). Nature contact and human health: A research agenda. *Environmental Health Perspectives*, 125(7).
https://doi.org/10.1289/EHP1663/ASSET/0C032394-F2DC-4159-BC0E-BA33FD29BA67/ASSETS/IMAGES/LARGE/EHP1663_F2.JPG
- Fuller, R. A., & Gaston, K. J. (2009). The scaling of green space coverage in European cities. *Biology Letters*, 5(3), 352–355. <https://doi.org/10.1098/RSBL.2009.0010>
- Gallagher, J., Baldauf, R., Fuller, C. H., Kumar, P., Gill, L. W., & McNabola, A. (2015). Passive methods for improving air quality in the built environment: A review of porous and solid barriers. *Atmospheric Environment*, 120, 61–70.
<https://doi.org/10.1016/J.ATMOSENV.2015.08.075>
- Gascon, M., Mas, M. T., Martínez, D., Dadvand, P., Forn, J., Plasència, A., & Nieuwenhuijsen, M. J. (2015). Mental Health Benefits of Long-Term Exposure to Residential Green and Blue Spaces: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2015, Vol. 12, Pages 4354–4379, 12(4), 4354–4379. <https://doi.org/10.3390/IJERPH120404354>
- Gidlöf-Gunnarsson, A., & Öhrström, E. (2007). Noise and well-being in urban residential environments: The potential role of perceived availability to nearby green areas. *Landscape and Urban Planning*, 83(2–3), 115–126.
<https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2007.03.003>
- Giles-Corti, B., Vernez-Moudon, A., Reis, R., Turrell, G., Dannenberg, A. L., Badland, H., Foster, S., Lowe, M., Sallis, J. F., Stevenson, M., & Owen, N. (2016). City planning and population health: a global challenge. *The Lancet*, 388(10062), 2912–2924.
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30066-6/ASSET/9707CF2C-54B7-4866-A924-1143B2620FE7/MAIN.ASSETS/GRL.JPG](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30066-6/ASSET/9707CF2C-54B7-4866-A924-1143B2620FE7/MAIN.ASSETS/GRL.JPG)
- Giorgini, P., Di Giosia, P., Grassi, D., Rubenfire, M., D. Brook, R., & Ferri, C. (2015). Air Pollution Exposure and Blood Pressure: An Updated Review of the Literature. *Current Pharmaceutical Design*, 22(1), 28–51.
<https://doi.org/10.2174/1381612822666151109111712>
- Gong, P., Li, X., Wang, J., Bai, Y., Chen, B., Hu, T., Liu, X., Xu, B., Yang, J., Zhang, W., & Zhou, Y. (2020). Annual maps of global artificial impervious area (GAIA) between 1985 and 2018. *Remote Sensing of Environment*, 236, 111510.
<https://doi.org/10.1016/J.RSE.2019.111510>
- Gonzales-Inca, C., Pentti, J., Stenholm, S., Suominen, S., Vahtera, J., & Käyhkö, N. (2022). Residential greenness and risks of depression: Longitudinal associations with different greenness indicators and spatial scales in a Finnish population cohort. *Health & Place*, 74, 102760. <https://doi.org/10.1016/J.HEALTHPLACE.2022.102760>

- Graham, L., & Oswald, A. J. (2010). Hedonic capital, adaptation and resilience. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 76(2), 372–384. <https://doi.org/10.1016/J.JEBO.2010.07.003>
- Grahn, P., & Stigsdotter, U. K. (2010). The relation between perceived sensory dimensions of urban green space and stress restoration. *Landscape and Urban Planning*, 94(3–4), 264–275. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2009.10.012>
- Grote, R., Samson, R., Alonso, R., Amorim, J. H., Cariñanos, P., Churkina, G., Fares, S., Thiec, D. Le, Niinemets, Ü., Mikkelsen, T. N., Paoletti, E., Tiwary, A., & Calfapietra, C. (2016). Functional traits of urban trees: air pollution mitigation potential. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14(10), 543–550. <https://doi.org/10.1002/FEE.1426>
- Gu, X., Lai, Z., Zhu, L., & Liu, X. (2025). Urban greenery distribution and its heat mitigation effect on outdoor jogging activities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 104, 128655. <https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2024.128655>
- Haahntela, T. (2019). A biodiversity hypothesis. *Allergy*, 74(8), 1445–1456. <https://doi.org/10.1111/ALL.13763>
- Haahntela, T., Alenius, H., Auvinen, P., Fyhrquist, N., von Hertzen, L., Jousilahti, P., Karisola, P., Laatikainen, T., Lehtimäki, J., Paalanen, L., Ruokolainen, L., Saarinen, K., Valovirta, E., Vasankari, T., Vlasoff, T., Erhola, M., Bousquet, J., Vartiainen, E., & Mäkelä, M. J. (2023). A short history from Karelia study to biodiversity and public health interventions. *Frontiers in Allergy*, 4(11), 1152927. <https://doi.org/10.3389/FALGY.2023.1152927/XML/NLM>
- Hartig, T., Bök, A., Garvill, J., Olsson, T., & Gärling, T. (1996). Environmental influences on psychological restoration. *Scandinavian Journal of Psychology*, 37(4), 378–393. <https://doi.org/10.1111/J.1467-9450.1996.TB00670.X>
- Hartig, T., Mitchell, R., De Vries, S., & Frumkin, H. (2014). Nature and health. *Annual Review of Public Health*, 35(Volume 35, 2014), 207–228. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-PUBLHEALTH-032013-182443/1>
- Henderson, L., & Knight, T. (2012). Integrating the hedonic and eudaimonic perspectives to more comprehensively understand wellbeing and pathways to wellbeing. *International Journal of Wellbeing*, 2(3), 196–221. <https://doi.org/10.5502/IJW.V2I3.3>
- Hewitt, C. N., Ashworth, K., & MacKenzie, A. R. (2020). Using green infrastructure to improve urban air quality (GI4AQ). *Ambio*, 49(1), 62–73. <https://doi.org/10.1007/S13280-019-01164-3/FIGURES/4>
- Honold, J., Lakes, T., Beyer, R., & van der Meer, E. (2016). Restoration in Urban Spaces: Nature Views From Home, Greenways, and Public Parks. *Environment and Behavior*, 48(6), 796–825. https://doi.org/10.1177/0013916514568556/SUPPL_FILE/TABLE_A1.PDF
- Husu, P., Suni, J., Vähä-Ypyä, H., Sievänen, H., Tokola, K., Valkeinen, H., Mäki-Opas, T., & Vasankari, T. (2016). Objectively measured sedentary behavior and physical activity in a sample of Finnish adults: a cross-sectional study. *BMC Public Health*, 16(1), 920. <https://doi.org/10.1186/s12889-016-3591-y>
- Jabbar, M., Yusoff, M. M., & Shafie, A. (2022). Assessing the role of urban green spaces for human well-being: a systematic review. *GeoJournal*, 87(5), 4405–4423. <https://doi.org/10.1007/S10708-021-10474-7/FIGURES/2>
- James, P., Banay, R. F., Hart, J. E., & Laden, F. (2015). A Review of the Health Benefits of Greenness. *Current Epidemiology Reports*, 2(2), 131–142. <https://doi.org/10.1007/s40471-015-0043-7>
- Jang, H. S., Lee, S. C., Jeon, J. Y., & Kang, J. (2015). Evaluation of road traffic noise abatement by vegetation treatment in a 1:10 urban scale model. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 138(6), 3884–3895. <https://doi.org/10.1121/1.4937769>

- Janhäll, S. (2015). Review on urban vegetation and particle air pollution – Deposition and dispersion. *Atmospheric Environment*, 105, 130–137.
<https://doi.org/10.1016/J.ATMOSENV.2015.01.052>
- Jia, Y., Lin, Z., He, Z., Li, C., Zhang, Y., Wang, J., Liu, F., Li, J., Huang, K., Cao, J., Gong, X., Lu, X., & Chen, S. (2023). Effect of Air Pollution on Heart Failure: Systematic Review and Meta-Analysis. *Environmental Health Perspectives*, 131(7).
https://doi.org/10.1289/EHP11506/SUPPL_FILE/EHP11506.S002.CODEANDDATA.AC.CO.ZIP
- Jim, C. Y. (2004). Green-space preservation and allocation for sustainable greening of compact cities. *Cities*, 21(4), 311–320. <https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2004.04.004>
- Jones, L., Anderson, S., Læssøe, J., Banzhaf, E., Jensen, A., Bird, D. N., Miller, J., Hutchins, M. G., Yang, J., Garrett, J., Taylor, T., Wheeler, B. W., Lovell, R., Fletcher, D., Qu, Y., Vieno, M., & Zandersen, M. (2022). A typology for urban Green Infrastructure to guide multifunctional planning of nature-based solutions. *Nature-Based Solutions*, 2, 100041.
<https://doi.org/10.1016/J.NBSJ.2022.100041>
- Kahlmeier, S., Cavill, N., Thondoo, M., Rutter, H., de Sa, T. H., Racioppi, F., & Gotschi, T. (2023). The Health Economic Assessment Tool (HEAT) for walking and cycling experiences from 10 years of application of a health impact assessment tool in policy and practice. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5.
<https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1146761>
- Kang, J., Aletta, F., Gjestland, T. T., Brown, L. A., Botteldooren, D., Schulte-Fortkamp, B., Lercher, P., van Kamp, I., Genuit, K., Fiebig, A., Bento Coelho, J. L., Maffei, L., & Lavia, L. (2016). Ten questions on the soundscapes of the built environment. *Building and Environment*, 108, 284–294. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.08.011>
- Kaplan, Rachel., & Kaplan, Stephen. (1989). The experience of nature : a psychological perspective. 340.
https://books.google.com/books/about/The_Experience_of_Nature.html?hl=fi&id=7180AAAIAAI
- Kaplan, S. (1983). A Model of Person-Environment Compatibility. *Environment and Behavior*, 15(3), 311–332. Kaplan, S. (1995). The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology*, 15(3), 169–182.
[https://doi.org/10.1016/0272-4944\(95\)90001-2](https://doi.org/10.1016/0272-4944(95)90001-2)
- Kärmeniemi, M., Lankila, T., Ikäheimo, T., Koivumaa-Honkanen, H., & Korpelainen, R. (2018). The Built Environment as a Determinant of Physical Activity: A Systematic Review of Longitudinal Studies and Natural Experiments. *Annals of Behavioral Medicine*, 52(3), 239–251. <https://doi.org/10.1093/ABM/KAX043>
- Keith, R. J., Hart, J. L., & Bhatnagar, A. (2024). Greenspaces and Cardiovascular Health. *Circulation Research*, 134(9), 1179–1196.
<https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.124.323583/ASSET/DA17C734-0EBF-4381-9D47-08357CCFE97E/ASSETS/GRAPHIC/CIRCRESAHA.124.323583.FIG02.JPG>
- Kenny, G. P., Tetzlaff, E. J., Journeay, W. S., Henderson, S. B., & O'Connor, F. K. (2024). Indoor overheating: A review of vulnerabilities, causes, and strategies to prevent adverse human health outcomes during extreme heat events. *Temperature*, 11(3), 203–246.
<https://doi.org/10.1080/23328940.2024.2361223>
- Khraishah, H., Alahmad, B., Ostergard, R. L., AlAshqar, A., Albaghdadi, M., Vellanki, N., Chowdhury, M. M., Al-Kindi, S. G., Zanobetti, A., Gasparrini, A., & Rajagopalan, S. (2022). Climate change and cardiovascular disease: implications for global health. *Nature Reviews Cardiology* 2022 19:12, 19(12), 798–812. <https://doi.org/10.1038/s41569-022-00720-x>
- Kolu, P., Kari, J. T., Raitanen, J., Sievänen, H., Tokola, K., Havas, E., Pehkonen, J., Tammelin, T. H., Pahkala, K., Hutri-Kähönen, N., Raitakari, O. T., & Vasankari, T. (2022). Economic

- burden of low physical activity and high sedentary behaviour in Finland. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 76(7), 677–684. <https://doi.org/10.1136/jech-2021-217998>
- Kuo, M. (2015). How might contact with nature promote human health? Promising mechanisms and a possible central pathway. *Frontiers in Psychology*, 6, 141022. <https://doi.org/10.3389/FPSYG.2015.01093/BIBTEX>
- Laddu, D. R., Lavie, C. J., Phillips, S. A., & Arena, R. (2020). Physical activity for immunity protection: Inoculating populations with healthy living medicine in preparation for the next pandemic. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 64, 102. <https://doi.org/10.1016/J.PCAD.2020.04.006>
- Langrish, J. P., Bosson, J., Unosson, J., Muala, A., Newby, D. E., Mills, N. L., Blomberg, A., & Sandström, T. (2012). Cardiovascular effects of particulate air pollution exposure: time course and underlying mechanisms. *Journal of Internal Medicine*, 272(3), 224–239. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2796.2012.02566.X>
- Lee, I. M., Shiroma, E. J., Lobelo, F., Puska, P., Blair, S. N., Katzmarzyk, P. T., Alkandari, J.R., Andersen, L. B., Bauman, A. E., Brownson, R. C., Bull, F. C., Craig, C. L., Ekelund, U., Goenka, S., Guthold, R., Hallal, P. C., Haskell, W. L., Heath, G. W., Inoue, S., ... Wells, J. C. (2012). Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: An analysis of burden of disease and life expectancy. *The Lancet*, 380(9838), 219–229. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61031-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61031-9)
- Lee, J., Tsunetsugu, Y., Takayama, N., Park, B. J., Li, Q., Song, C., Komatsu, M., Ikei, H., Tyrväinen, L., Kagawa, T., & Miyazaki, Y. (2014). Influence of Forest Therapy on Cardiovascular Relaxation in Young Adults. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2014(1), 834360. <https://doi.org/10.1155/2014/834360>
- Leung, D. Y. C., Tsui, J. K. Y., Chen, F., Wing-Kin, Y., Vrijmoed, L. L. P., & Chun-Ho, L. (2011). Effects of Urban Vegetation on Urban Air Quality. *Landscape Research*, 36(2), 173–188. <https://doi.org/10.1080/01426397.2010.547570>
- Leung, T. M., Chau, ; C K, Tang, ; S K, & Pun, ; L S C. (n.d.). On the Study of Effects of Views to Water Space on Noise Annoyance Perceptions at Homes. Li, D., & Sullivan, W. C. (2016). Impact of views to school landscapes on recovery from stress and mental fatigue. *Landscape and Urban Planning*, 148, 149–158. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2015.12.015>
- Li, G., Cao, Y., Fang, C., Sun, S., Qi, W., Wang, Z., He, S., & Yang, Z. (2025). Global urban greening and its implication for urban heat mitigation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 122(4), e2417179122. <https://doi.org/10.1073/PNAS.2417179122>
- Li, Q., Kobayashi, M., Wakayama, Y., Inagaki, H., Katsumata, M., Hirata, Y., Hirata, K., Shimizu, T., Kawada, T., Park, B. J., Ohira, T., Kagawa, T., & Miyazaki, Y. (2009). Effect of Phytoncide from Trees on Human Natural Killer Cell Function. *International Journal of Immunopathology and Pharmacology*, 22(4), 951–959. <https://doi.org/10.1177/039463200902200410>
- Löhmus, M., & Balbus, J. (2015). Making green infrastructure healthier infrastructure. *Infection Ecology & Epidemiology*, 5(1). <https://doi.org/10.3402/IEE.V5.30082>
- Maas, J., Verheij, R. A., Groenewegen, P. P., De Vries, S., & Spreeuwenberg, P. (2006). Greenspace, urbanity, and health: how strong is the relation? *Journal of Epidemiology & Community Health*, 60(7), 587–592. <https://doi.org/10.1136/JECH.2005.043125>
- Manoli, G., Fatichi, S., Schlöpfer, M., Yu, K., Crowther, T. W., Meili, N., Burlando, P., Katul, G. G., & Bou-Zeid, E. (2019). Magnitude of urban heat islands largely explained by climate and population. *Nature* 2019 573:7772, 573(7772), 55–60. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1512-9>
- Marando, F., Heris, M. P., Zulian, G., Udías, A., Mentaschi, L., Chrysoulakis, N., Parastatidis, D., & Maes, J. (2022). Urban heat island mitigation by green infrastructure in European

- Functional Urban Areas. *Sustainable Cities and Society*, 77, 103564.
<https://doi.org/10.1016/J.SCS.2021.103564>
- Markevych, I., Schoierer, J., Hartig, T., Chudnovsky, A., Hystad, P., Dzhambov, A. M., deVries, S., Triguero-Mas, M., Brauer, M., Nieuwenhuijsen, M. J., Lupp, G., Richardson, E. A., Astell-Burt, T., Dimitrova, D., Feng, X., Sadeh, M., Standl, M., Heinrich, J., & Fuertes, E. (2017). Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance. In *Environmental Research* (Vol. 158, pp. 301–317). Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.06.028>
- Marselle, M. R., Hartig, T., Cox, D. T. C., de Bell, S., Knapp, S., Lindley, S., Triguero-Mas, M., Böhning-Gaese, K., Braubach, M., Cook, P. A., de Vries, S., Heintz-Buschart, A., Hofmann, M., Irvine, K. N., Kabisch, N., Kolek, F., Kraemer, R., Markevych, I., Martens, D., ... Bonn, A. (2021). Pathways linking biodiversity to human health: A conceptual framework. In *Environment International* (Vol. 150). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106420>
- Mears, M., Brindley, P., Jorgensen, A., & Maheswaran, R. (2020). Population-level linkages between urban greenspace and health inequality: The case for using multiple indicators of neighbourhood greenspace. *Health & Place*, 62, 102284. <https://doi.org/10.1016/J.HEALTHPLACE.2020.102284>
- Miller, J. R. (2005). Biodiversity conservation and the extinction of experience. *Trends in Ecology and Evolution*, 20(8), 430–434. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.05.013>
- Mouratidis, K. (2021). Urban planning and quality of life: A review of pathways linking the built environment to subjective well-being. *Cities*, 115, 103229. <https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2021.103229>
- Mueller, W., Milner, J., Loh, M., Vardoulakis, S., & Wilkinson, P. (2022). Exposure to urban green space and pathways to respiratory health: An exploratory systematic review. *Science of The Total Environment*, 829, 154447. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2022.154447>
- Mullaney, J., Lucke, T., & Trueman, S. J. (2015). A review of benefits and challenges ingrowing street trees in paved urban environments. *Landscape and Urban Planning*, 134, 157–166. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2014.10.013>
- Ng, E., Chen, L., Wang, Y., & Yuan, C. (2012). A study on the cooling effects of greening in a high-density city: An experience from Hong Kong. *Building and Environment*, 47(1), 256–271. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2011.07.014>
- Nguyen, P. Y., Astell-Burt, T., Rahimi-Ardabili, H., & Feng, X. (2021). Green space quality and health: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21), 11028. <https://doi.org/10.3390/IJERPH182111028/S1>
- Nieuwenhuijsen, M. J. (2016). Urban and transport planning, environmental exposures and health—new concepts, methods and tools to improve health in cities. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 15(1), 161–171. <https://doi.org/10.1186/S12940-016-0108-1/FIGURES/2>
- Noseworthy, M., Peddie, L., Buckler, E. J., Park, F., Pham, M., Pratt, S., Singh, A., Puterman, E., & Liu-Ambrose, T. (2023). The Effects of Outdoor versus Indoor Exercise on Psychological Health, Physical Health, and Physical Activity Behaviour: A Systematic Review of Longitudinal Trials. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 1669. <https://doi.org/10.3390/IJERPH20031669/S1Q>
- Campo, P., Salmon, C., & Burke, J. (2009). Neighbourhoods and mental well-being: What are the pathways? *Health & Place*, 15(1), 56–68. <https://doi.org/10.1016/J.HEALTHPLACE.2008.02.004>
- Ojala, A., Korpela, K., Tyrväinen, L., Tiittanen, P., & Lanki, T. (2019). Restorative effects of urban green environments and the role of urban-nature orientedness and noise

- sensitivity: A field experiment. *Health & Place*, 55, 59–70.
<https://doi.org/10.1016/J.HEALTHPLACE.2018.11.004>
- Parlow, E. (2003). The urban heat budget derived from satellite data. *Geographica Helvetica*, 58(2), 99–111. <https://doi.org/10.5194/GH-58-99-2003>
- Pasanen, T., Johnson, K., Lee, K., & Korpela, K. (2018). Can nature walks with psychological tasks improve mood, self-reported restoration, and sustained attention? Results from two experimental field studies. *Frontiers in Psychology*, 9(OCT), 364036.
<https://doi.org/10.3389/FPSYG.2018.02057/BIBTEX>
- Patwary, M. M., Bardhan, M., Browning, M. H. E. M., Astell-Burt, T., van den Bosch, M., Dong, J., Dzhambov, A. M., Dadvand, P., Fasolino, T., Markevych, I., McAnirlin, O., Nieuwenhuijsen, M. J., White, M. P., & Van Den Eeden, S. K. (2024). The economics of nature's healing touch: A systematic review and conceptual framework of green space, pharmaceutical prescriptions, and healthcare expenditure associations. *Science of The Total Environment*, 914, 169635. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2023.169635>
- Persson, Å., Möller, J., Engström, K., Sundström, M. L., & Nooijen, C. F. J. (2019). Is moving to a greener or less green area followed by changes in physical activity? *Health & Place*, 57, 165–170. <https://doi.org/10.1016/J.HEALTHPLACE.2019.04.006>
- Phelan, P. E., Kaloush, K., Miner, M., Golden, J., Phelan, B., Silva, H., & Taylor, R. A. (2015). Urban Heat Island: Mechanisms, Implications, and Possible Remedies. *Annual Review of Environment and Resources*, 40 (Volume 40, 2015), 285–307.
<https://doi.org/10.1146/ANNUREV-ENVIRON-102014-021155/CITE/REFWORKS>
- Picavet, H. S. J., Milder, I., Kruize, H., de Vries, S., Hermans, T., & Wendel-Vos, W. (2016). Greener living environment healthier people?: Exploring green space, physical activity and health in the Doetinchem Cohort Study. *Preventive Medicine*, 89, 7–14.
<https://doi.org/10.1016/J.YPMED.2016.04.021>
- Prevedello, J. A., Almeida-Gomes, M., & Lindenmayer, D. B. (2018). The importance of scattered trees for biodiversity conservation: A global meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 55(1), 205–214. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12943>
- Reiner, M., Niermann, C., Jekauc, D., & Woll, A. (2013). Long-term health benefits of physical activity - A systematic review of longitudinal studies. *BMC Public Health*, 13(1), 1–9.
<https://doi.org/10.1186/1471-2458-13-813/FIGURES/1>
- Remme, R. P., Frumkin, H., Guerry, A. D., King, A. C., Mandle, L., Sarabu, C., Bratman, G. N., Giles-Corti, B., Hamel, P., Han, B., Hicks, J. L., James, P., Lawler D , J. J., Lindahl, T., Liu, H., Lu, Y., Oosterbroek, B., Paudel, B., Sallis, J. F., ... Daily, G. C. (2021). An ecosystem service perspective on urban nature, physical activity, and health. *PNAS*, 118, 2018472118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2018472118> -Supplemental
- Roe, J. J., Ward Thompson, C., Aspinall, P. A., Brewer, M. J., Duff, E. I., Miller, D., Mitchell, R., & Clow, A. (2013). Green Space and Stress: Evidence from Cortisol Measures in Deprived Urban Communities. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2013, Vol. 10, Pages 4086–4103, 10(9), 4086–4103.
<https://doi.org/10.3390/IJERPH10094086>
- Roslund, M. I., Galitskaya, P., Saarenpää, M., & Sinkkonen, A. (2024). Cultivar-dependent differences in plant bud microbiome and functional gene pathways in woody plants commonly used in urban green space. *Letters in Applied Microbiology*, 77(12), 110.
<https://doi.org/10.1093/LAMBIO/OVAE110>
- Roslund, M. I., Parajuli, A., Hui, N., Puhakka, R., Grönroos, M., Soininen, L., Nurminen, N., Oikarinen, S., Cinek, O., Kramná, L., Schroderus, A. M., Laitinen, O. H., Kinnunen, T., Hyöty, H., Sinkkonen, A., Cerrone, D., Luukkonen, A., Mäkelä, I., Saarenpää, M., & Rajaniemi, J. (2022). A Placebo-controlled double-blinded test of the biodiversity hypothesis of immune-mediated diseases: Environmental microbial diversity elicits

- changes in cytokines and increase in T regulatory cells in young children. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 242, 113900. <https://doi.org/10.1016/J.ECOENV.2022.113900>
- Sallis, J. F., Cerin, E., Kerr, J., Adams, M. A., Sugiyama, T., Christiansen, L. B., Schipperijn, J., Davey, R., Salvo, D., Frank, L. D., De Bourdeaudhuij, I., & Owen, N. (2019). Built environment, physical activity, and obesity: Findings from the international physical activity and environment network (IPEN) adult study. *Annual Review of Public Health*, 41(Volume 41, 2020), 119–139. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-PUBLHEALTH-040218-043657/1>
- Salmond, J. A., Williams, D. E., Laing, G., Kingham, S., Dirks, K., Longley, I., & Henshaw, G. S. (2013). The influence of vegetation on the horizontal and vertical distribution of pollutants in a street canyon. *Science of The Total Environment*, 443, 287–298. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2012.10.101>
- Sarkar, C., Webster, C., & Gallacher, J. (2018). Residential greenness and prevalence of major depressive disorders: a cross-sectional, observational, associational study of 94 879 adult UK Biobank participants. *The Lancet Planetary Health*, 2(4), e162–e173. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30051-2](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30051-2)
- Seastedt, H., Schuetz, J., Perkins, A., Gamble, M., & Sinkkonen, A. (2024). Impact of urban biodiversity and climate change on children’s health and well being. *Pediatric Research* 2024, 1–6. <https://doi.org/10.1038/s41390-024-03769-1>
- Shi, M., Chen, M., Jia, W., Du, C., & Wang, Y. (2023). Cooling effect and cooling accessibility of urban parks during hot summers in China’s largest sustainability experiment. *Sustainable Cities and Society*, 93, 104519. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2023.104519>
- Simon, J.-C., Marchesi, J. R., Mougel, C., & Selosse, M.-A. (2019). Host-microbiota interactions: from holobiont theory to analysis. *Microbiome*, 7(1), 5. <https://doi.org/10.1186/s40168-019-0619-4>
- Sinharay, R., Gong, J., Barratt, B., Ohman-Strickland, P., Ernst, S., Kelly, F. J., Zhang, J. (Jim), Collins, P., Cullinan, P., & Chung, K. F. (2018). Respiratory and cardiovascular responses to walking down a traffic-polluted road compared with walking in a traffic-free area in participants aged 60 years and older with chronic lung or heart disease and age-matched healthy controls: a randomised, crossover study. *The Lancet*, 391(10118), 339–349. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32643-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32643-0)
- Smargiassi, A., Goldberg, M. S., Plante, C., Fournier, M., Baudouin, Y., & Kosatsky, T. (2009). Variation of daily warm season mortality as a function of micro-urban heat islands. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 63(8), 659–664. <https://doi.org/10.1136/JECH.2008.078147>
- Soga, M., & Gaston, K. J. (2020). The ecology of human–nature interactions. *Proceedings of the Royal Society B*, 287(1918). <https://doi.org/10.1098/RSPB.2019.1882>
- Sormunen, J. J., Kulha, N., Klemola, T., Mäkelä, S., Vesilahti, E. M., & Vesterinen, E. J. (2020). Enhanced threat of tick-borne infections within cities? Assessing public health risks due to ticks in urban green spaces in Helsinki, Finland. *Zoonoses and Public Health*, 67(7), 823–839. <https://doi.org/10.1111/ZPH.12767>
- Stoltz, J., & Grahn, P. (2021). Perceived sensory dimensions: An evidence-based approach to greenspace aesthetics. *Urban Forestry & Urban Greening*, 59, 126989. <https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2021.126989>
- Takayama, N., Korpela, K., Lee, J., Morikawa, T., Tsunetsugu, Y., Park, B. J., Li, Q., Tyrväinen, L., Miyazaki, Y., & Kagawa, T. (2014). Emotional, Restorative and Vitalizing Effects of Forest and Urban Environments at Four Sites in Japan. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2014, Vol. 11, Pages 7207–7230, 11(7), 7207–7230. <https://doi.org/10.3390/IJERPH110707207>

- Taylor, L., & Hochuli, D. F. (2017). Defining greenspace: Multiple uses across multiple disciplines. *Landscape and Urban Planning*, 158, 25–38. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.09.024>
- Tibbetts, J. H. (2015). Air quality and climate change a delicate balance. *Environmental Health Perspectives*, 123(6), A149–A153. <https://doi.org/10.1289/EHP.123-A148/ASSET/005B110B-3A91-4ED1-BC64-D01635C85FC5/ASSETS/GRAPHIC/EHP.123-A148.G003.JPG>
- Tiwari, A., Kumar, P., Baldauf, R., Zhang, K. M., Pilla, F., Di Sabatino, S., Brattich, E., & Pulvirenti, B. (2019). Considerations for evaluating green infrastructure impacts in microscale and macroscale air pollution dispersion models. *Science of The Total Environment*, 672, 410–426. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.03.350>
- Toivanen, M. (2024). Quantitative geodiversity assessment in biodiversity investigations. Retrieved January 28, 2025, from www.nordiajournal.fi.
- Tsunetsugu, Y., Lee, J., Park, B. J., Tyrväinen, L., Kagawa, T., & Miyazaki, Y. (2013). Physiological and psychological effects of viewing urban forest landscapes assessed by multiple measurements. *Landscape and Urban Planning*, 113, 90–93. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2013.01.014>
- Tyrväinen, L., Halonen, J. I., Pasanen, T., Ojala, A., Täubel, M., Kivelä, S., Leskelä, R.-L., Pennanen, P., Manninen, J., Sinkkonen, A., Haahtela, T., & Haveri, H. (2024). Luontoympäristön terveystaikutukset ja niiden taloudellinen merkitys. Retrieved March 28, 2025, from <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-963-5>
- Ulrich, R. S. (1979). Visual landscapes and psychological well-being. *Landscape Research*, 4(1), 17–23. <https://doi.org/10.1080/01426397908705892>
- Ulrich, R. S. (1983). Aesthetic and Affective Response to Natural Environment. *Behavior and the Natural Environment*, 85–125. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-3539-9_4
- Ulrich, R. S., Simons, R. F., Losito, B. D., Fiorito, E., Miles, M. A., & Zelson, M. (1991). Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, 11(3), 201–230. [https://doi.org/10.1016/S0272-4944\(05\)80184-7](https://doi.org/10.1016/S0272-4944(05)80184-7)
- Van den Berg, A. E., Jorgensen, A., & Wilson, E. R. (2014). Evaluating restoration in urban green spaces: Does setting type make a difference? *Landscape and Urban Planning*, 127, 173–181. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2014.04.012>
- Van Renterghem, T., & Botteldooren, D. (2016). View on outdoor vegetation reduces noise annoyance for dwellers near busy roads. *Landscape and Urban Planning*, 148, 203–215. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2015.12.018>
- Van Renterghem, T., Forssén, J., Attenborough, K., Jean, P., Defrance, J., Hornikx, M., & Kang, J. (2015). Using natural means to reduce surface transport noise during propagation outdoors. *Applied Acoustics*, 92, 86–101. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.01.004>
- Vella-Brodrick, D. A., & Gilowska, K. (2022). Effects of Nature (Greenspace) on Cognitive Functioning in School Children and Adolescents: a Systematic Review. *Educational Psychology Review*, 34(3), 1217–1254. <https://doi.org/10.1007/S10648-022-09658-5/TABLES/8>
- Voogt, J. A., & Oke, T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, 86(3), 370–384. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00079-8](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00079-8)
- Wang, H., Gholami, S., Xu, W., Samavatekbatan, A., Sleipness, O., & Tassinari, L. G. (2024). Where and how to invest in greenspace for optimal health benefits: a systematic review of greenspace morphology and human health relationships. *The Lancet Planetary Health*, 8(8), e574–e587. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(24\)00140-2/ATTACHMENT/AE0AF5BF-0FBC-49D3-9BF9-DB40BE853ABB/MMC1.PDF](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(24)00140-2/ATTACHMENT/AE0AF5BF-0FBC-49D3-9BF9-DB40BE853ABB/MMC1.PDF)

- Warburton, D. E. R., Nicol, C. W., & Bredin, S. S. D. (2006). Health benefits of physical activity: the evidence. *CMAJ*, 174(6), 801–809. <https://doi.org/10.1503/CMAJ.051351>
- White, M. P., Hartig, T., Martin, L., Pahl, S., van den Berg, A. E., Wells, N. M., Costongs, C., Dzhambov, A. M., Elliott, L. R., Godfrey, A., Hartl, A., Konijnendijk, C., Litt, J. S., Lovell, R., Lymeus, F., O’Driscoll, C., Pichler, C., Pouso, S., Razani, N., ... van den Bosch, M. (2023). Nature-based biopsychosocial resilience: An integrative theoretical framework for research on nature and health. In *Environment International* (Vol. 181). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108234>
- White, M. P., Pahl, S., Wheeler, B. W., Depledge, M. H., & Fleming, L. E. (2017). Natural environments and subjective wellbeing: Different types of exposure are associated with different aspects of wellbeing. *Health & Place*, 45, 77–84. <https://doi.org/10.1016/J.HEALTHPLACE.2017.03.008>
- WHO. (2018). Global action plan on physical activity 2018–2030: more active people for a healthier world.
- Willis, K. J., & Petrokofsky, G. (2017). The natural capital of city trees. *Science*, 356(6336), 374–376. https://doi.org/10.1126/SCIENCE.AAM9724/ASSET/466DB425-8451-4BA5-9E8B-7E634CE298D3/ASSETS/GRAPHIC/356_374_FL.JPEG
- Wipfli, B., Landers, D., Nagoshi, C., & Ringenbach, S. (2011). An examination of serotonin and psychological variables in the relationship between exercise and mental health. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(3), 474–481. <https://doi.org/10.1111/J.1600-0838.2009.01049.X>
- Wu, S., Chen, B., Webster, C., Xu, B., & Gong, P. (2023). Improved human greenspace exposure equality during 21st century urbanization. *Nature Communications* 2023 14:1,14(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41620-z>
- Xu, Z., & Peng, J. (2022). Ecosystem services-based decision-making: A bridge from science to practice. *Environmental Science & Policy*, 135, 6–15. <https://doi.org/10.1016/J.ENVSCI.2022.04.010>
- Xue, E., Zhao, J., Ye, J., Wu, J., Chen, D., Shao, J., Li, X., & Ye, Z. (2025). Green sanctuaries: residential green and garden space and the natural environment mitigate mental disorders risk of diabetic patients. *BMC Medicine*, 23(1), 31. <https://doi.org/10.1186/S12916-025-03864-Y>
- Zhang, L., Yang, L., Zohner, C. M., Crowther, T. W., Li, M., Shen, F., Guo, M., Qin, J., Yao, L., & Zhou, C. (2022). Direct and indirect impacts of urbanization on vegetation growth across the world’s cities. *Science Advances*, 8(27), 95. https://doi.org/10.1126/SCIADV.ABO0095/SUPPL_FILE/SCIADV.ABO0095_SM.PDF
- Zhao, S., Liu, S., & Zhou, D. (2016). Prevalent vegetation growth enhancement in urban environment. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(22), 6313–6318. https://doi.org/10.1073/PNAS.1602312113/SUPPL_FILE/PNAS.201602312SI.PDF