

Tutkija Taina Siponen ¹
Erikoistutkija Tarja Yli-Tuomi ¹
Johtava tutkija Timo Lanki ^{1,2}

¹ Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, Ympäristöterveys

² Itä-Suomen yliopisto, Lääketieteen laitos

Pyöräilijän mahdollisuudet vähentää ilmansaasteille altistumistaan

Ilmansaasteiden terveysvaikutuksista tiedetään, että jo lyhytaikainenkin altistuminen voi olla haitallista. Liikenneväylillä ja niiden lähellä esiintyy usein korkeampia pitoisuuksia kuin muualla kaupungissa. Pyöräily nähdään ilmansaasteita vähentävänä ja terveyttä edistävänä liikkumismuotona. Pyöräilijä kuitenkin altistuu pyöräillessään muun liikenteen tuottamille ilmansaasteille. Tässä artikkelissa kerrotaan Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen tutkimuksesta, jossa tutkittiin reittivalinnan vaikutusta pyöräilijän altistumiseen.

Ilmansaasteet on yhdistetty lukemattomissa tutkimuksissa pahentuneisiin sairauksiin ja ennenaikaisiin kuolemantapauksiin. Lisäksi tiedetään, että jo lyhytaikainenkin altistuminen voi olla terveydelle haitallista. Kaupunkiympäristöissä yksi keskeisimmistä hiukkasmaisten ilmansaasteiden aiheuttajista on autoliikenne. Liikenteen aiheuttamia päästöjä halutaan vähentää ja siksi ihmisiä kannustetaan pyöräilyn lisäämiseen sekä yksityisautoilun vähentämiseen. Pyöräily liikkumismuotona nähdään houkuttelevana, terveyttä edistävänä ja ilmastomyönteisenä vaihtoehtona moottoroituihin kulkuneuvoihin verrattuna, sillä se ei tuota pakokaasupäästöjä eikä lisää katupölyn määrää merkittävästi keväisin. Pyöräilijän lisääntyneen liikkumisen kautta saatavat terveyshyödyt puhuvat myös pyöräilyn puolesta. Tiheään asutuissa kaupunkiympäristöissä pyöräilyn hyötyjä varjostavat



Tiheään asutuissa kaupunkiympäristöissä pyöräilyn hyötyjä varjostavat ajoneuvojen tuottamat päästöt kaupunki-ilmaan.

kuitenkin moottoroitujen ajoneuvojen tuottamat päästöt kaupunki-ilmaan. Pyörätiet sijaitsevat usein ajoratojen läheisyydessä ja paikoin pyöräily tapahtuu ajoradalla muun ajoneuvoliikenteen seassa.

Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen (THL) aikaisemmassa pääkaupunkiseudulla tehdyssä tutkimuksessa huomattiin, että pyöräilijä altistuu suuremmille pitoisuuksille kuin autossa ikkunat kiinni matkustavat ihmiset (Okokon ym. 2017). Tämän tutkimustuloksen myötä haluttiin selvittää pyöräilijän mahdollisuuksia vaikuttaa omaan altistumiseensa valitsemalla vähäliikenteisempi reitti. Lisäksi haluttiin selvittää pyöräilijän liikenteessä kokemaa lisääntymistä kaupunkiympäristössä yleisesti vallitsevaan pitoisuuteen verrattuna. Näitä tutkittiin "Ilmansaasteille altistuminen pyöräiltäessä pääkaupunkiseudulla (SATULA)" -tutkimuksessa, minkä tuloksia kuvataan tässä artikkelissa.

Tutkimuksen toteutus

SATULA-tutkimus toteutettiin pääkaupunkiseudulla kolmena vuodenaikana (loka-marraskuu 2016, maaliskuuhuhtikuu 2017 ja kesäkuu 2017). Tutkimukseen valittiin yhteensä seitsemän reittiparia, jotka sijoittuvat eri puolille Helsinkiä, yksi reiteistä jatkui Espoon puolelle. Ensimmäiset reittiparin reiteistä kulkivat pitkin vilkasliikenteisiä katuja ("liikennereitti") ja toiset hiljaisempien teiden ja viheralueiden kautta ("vihreä reitti"). Kullekin reittiparille lähdettiin samasta lähtöpisteestä ja ne päättyivät samaan loppupisteeseen. Kaikki seitsemän reittiparia pyöräiltiin jokaisena vuodenaikana vähintään neljä kertaa aamupäivisin ja iltaapäivisin. Mittauksia tehtiin niin ruuhka-aikoina kuin ruuhka-aikojen ulkopuolella.

Tutkijat kuljettivat pyöräillessään selkäreppussa mittauslaitteistoa, jolla mitattiin

halkaisijaltaan alle 2,5 mikrometrin kokoisten pienhiukkasten pitoisuutta ($PM_{2,5}$), ultrapieniä hiukkasia kuvaavaa hiukkasten kokonaislukumäärää sekä nokipitoisuutta kuvaavaa mustaa hiiltä. Mittaukset tehtiin fotometrisilla kannettavilla pienmittalaitteilla (TSI DustTrak DRX 8533, Oxilicity Nanotracer XP, Magee microAeth AE51). Pyöräilymittausten kanssa samanaikaisesti mitattiin kaupunkiympäristössä vallitsevaa ilmansaasteiden taustapitoisuutta Helsingin Kalliossa. Tällä kiinteällä kaupunkitausta- asemalla mitattiin samojen ilmansaasteiden pitoisuuksia kuin reittipareilla tehdyissä reppumittauksissa. Hiukkaslukumäärän ja mustan hiilen pitoisuuksia mitattiin vastaavilla pienmittalaitteilla kuin repuissa käytetyt. Tausta-aseman $PM_{2,5}$ pitoisuusmittauksissa käytettiin TEOM 1400 AB (A tapered element oscillating microbalance) analysaattoria. Repuissa olleiden $PM_{2,5}$ -mittalaitteiden arvot standardisoitiin vastaamaan tausta-aseman pitoisuuksia, jotta pitoisuudet olisivat vertailukelpoisia keskenään. Reittien välisiä eroja verrattiin toisiinsa Wilcoxonin merkittyjen sijalukujen testillä (Wilcoxon signed rank test).

Pyöräilijän altistuminen SATULA-tutkimuksessa

Liikennereitti oli keskimäärin 4,8 km pitkä (vaihteluväli 3,9–5,8 km), kun taas hieman pidemmän vihreän reitin keskimääräinen pituus oli 5,6 km (vaihteluväli 4,7–6,7 km). Vihreän reitin pyöräileminen kesti keskimäärin 1,5 minuuttia kauemmin kuin liikennereitin.

Yhdensuuntaisten reittikohtaisten ajojen aikana mitattujen pitoisuuksien mediaaneista laskettu keskimääräinen $PM_{2,5}$ -pitoisuus oli liikennereitillä vihreää reittiä suurempi (Taulukko 1). Vastaavina ajankohtina mitattu kaupungin taustapitoisuus oli pyöräilyreittejä pienempi, ero oli erityisen selvä verrattuna liikennereittiin. Mustan hiilen pitoisuudet olivat keskimäärin suurimmat liikennereitillä ja pienimmät kaupungin tausta-asemalla. Hiukkaslukumäärä oli puolestaan kaupungin tausta-asemalla keskimäärin suurempi kuin pyöräiltävillä reiteillä.

Pyöräilijä altistui liikennereitillä keskimäärin 1,3-kertaisille pienhiukkasten ja mustan hiilen pitoisuuksille vihreään reit-

Taulukko 1. Yhdensuuntaisten reittikohtaisten ajojen aikana mitattujen pitoisuuksien mediaaneista lasketut tunnusluvut pyöräilyreiteillä ja kaupungin tausta-asemalla.

	N	Keskiarvo	Keskiahajonta	Mediaani	(Min; Max)
$PM_{2,5}$ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]					
Liikennereitti	173	8,6	5,3	6,8	(2,4; 29,9)
Vihreä reitti	173	6,9	3,7	6,0	(1,5; 23,4)
Kallion tausta-asema	340	6,2	3,1	5,7	(0,3; 16,7)
Musta hiili [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]					
Liikennereitti	163	1,0	0,7	0,8	(0,1; 4,8)
Vihreä reitti	163	0,8	0,6	0,6	(0,03; 4,0)
Kallion tausta-asema	354	0,6	0,5	0,5	(0,01; 3,2)
Hiukkaslukumäärä [$\#/\text{cm}^3$]					
Liikennereitti	145	6372	3974	5285	(1918; 24456)
Vihreä reitti	145	4370	2648	3555	(1326; 14807)
Kallion tausta-asema	348	7663	6942	4951	(1889; 40383)

N=yhdensuuntaisten ajojen lukumäärä

$PM_{2,5}$ =pienhiukkaset (halkaisija < 2,5 μm)

Taulukko 2. Liikennereitin ja vihreän reitin pitoisuuksien vertailu toisiinsa sekä kaupunkitausta-asemaan.

	PM _{2,5}	Musta hiili	Hiukkaslukumäärä
Liikennereitti/Vihreä reitti			
Suhde	1,32	1,29	1,43
N	173	163	145
Liikennereitti/Vihreä reitti ruuhka-aikana			
Suhde	1,53	1,34	1,46
N	86	81	73
Liikennereitti/Vihreä reitti ruuhka-ajan ulkopuolella			
Suhde	1,29	1,27	1,37
N	87	82	72
Liikennereitti/Kaupunkitausta			
Suhde	1,48	1,64	0,98
N	165	170	157
Vihreä reitti/Kaupunkitausta			
Suhde	1,06	1,21	0,72
N	170	167	158

N=yhdensuuntaisten ajojen lukumäärä
PM_{2,5}=pienhiukkaset (halkaisija < 2,5 µm)

tiin verrattuna (Taulukko 2). Liikennereitillä lukumääräpitoisuus oli keskimäärin 1,4-kertainen vihreään reittiin verrattuna. Ruuhka-aikana liikennereitin ja vihreän reitin välinen ero oli suurempi kuin muina aikoina.

Verrattaessa pyöräilijän altistumista liikennereitillä ja vihreällä reitillä Kallion kaupunkitausta-aseman pitoisuuksiin havaittiin, että mustan hiilen pitoisuustaso oli liikennereitillä selvästi suurempi (Suhdeluku = 1,6) kuin kaupungin taustapitoisuus. Mustan hiilen pitoisuus oli myös vihreällä reitillä kaupungin taustapitoisuutta suurempi (Suhdeluku = 1,2). Samansuuntainen, joskin pienempi ero pitoisuustasoissa havaittiin myös pienhiukkasilla. Mitattu hiukkasten lukumäärä oli sekä liikennereitillä että vihreällä reitillä kaupungin taustapitoisuutta pienempi. Kaikki tarkastellut

pitoisuuserot eri reittityyppien ja kaupunkitausta-aseman välillä olivat tilastollisesti merkitseviä.

Pohdinta

Tässä tutkimuksessa havaittiin, että pyöräilijä altistui vilkkaasti liikennöidyillä kaduilla selvästi korkeammille pitoisuuksille kuin pyöräilijä, jonka reitti kulki pitkin hiljaisempia sivukatuja ja puistomaisia alueita. Saastelähteen läheisyydellä tiedetään olevan huomattava merkitys koettuihin altistumistasoihin. Liikenteessä pitoisuustasot ovat korkeampia lähempänä ajoratoja, ja tasot laskevat vähitellen tiestä kauemmaksi siirryttäessä (Kaur ym. 2007; Kollanus ym. 2015). Jopa sillä voi olla merkitystä, kävelälätkö jalkakäytävän ajoradan puoleista reunaa vai rakennusten vieressä. Reittien



Pyöräilijöiden ilmansaasteille altistumisen vähentämiseen tulisi kiinnittää huomioita myös kaupunkisuunnittelussa.

välinen ero korostui ruuhka-aikana verrattuna ruuhka-ajan ulkopuolella tehtyihin mittauksiin nähden. Ruuhka-aikana liikennemäärät voivat moninkertaistua erityisesti päiväyllillä, jolloin myös pitoisuustasot nousivat muihin aikoihin verrattuna.

Altistuminen pienhiukkasille ja mustalle hiilelle oli sekä liikennereitillä että vihreällä reitillä suurempi kuin kiinteällä kaupunkitausta-aseamalla mitatut pitoisuudet. Ero oli selvästi suurempi liikennereitillä. Sekä liikennereitillä että vihreällä reitillä lisäksi varsin mielenkiintoinen tulos, kun hiukkasten lukumäärä oli molemmilla reiteillä kaupungin tausta-aseamalla mitattuja hiukkaslukumäärän pitoisuuksia pienempi. Tämä voi selittyä ainakin osittain laitteen havaintorajalla, sillä hiukkaskoko ei ole välittömästi pakoputken pään jälkeen ehtinyt kasvaa tarpeeksi tullakseen rekisteröidyksi laitteessa. Myös reittien ja tausta-aseaman sijainnin välinen ero oli joillakin reiteillä

useita kilometrejä, jolloin alueiden ilmanlaadut voivat poiketa hyvinkin merkittävästi toisistaan. Lisäksi alle puolen kilometrin päässä tausta-aseamasta sijainneen kahvipaahdun toiminta on mahdollisesti vaikuttanut hetkellisesti tuulen suunnasta riippuen lukumääräpitoisuuksiin.

Terveysten ja hyvinvoinnin laitoksen vuonna 2011 pääkaupunkiseudulla tekemässä tutkimuksessa havaittiin, että pyöräilijä altistuu korkeammille pitoisuuksille kuin ihmiset ikkunat kiinni olevassa henkilöautossa (Okokon ym. 2007). Tästä on kuitenkin ristiriitaisia tuloksia, sillä auton ei ole aina todettu suojaavaan kuljettajaa ja matkustajia vaan auton sisällä esiintyvien pitoisuustasojen on havaittu joissakin tapauksissa olevan jopa muita liikkumistyyppisiä korkeampia (Kaur ym. 2007). Myös busseissa altistutaan korkeille pitoisuuksille, johtuen muun muassa ovien jatkuvasta aukomisesta pysäkeillä.

Ihmisiä kannustetaan yhä enenevässä määrin suosimaan aktiivisia liikkumismuotoja, kuten kävelyä ja pyöräilyä, ympäristö- ja terveyssyistä. Aktiiviset liikkumismuodot ovat vähäpäästöisiä erityisesti polttomootoritoituihin kulkuneuvoihin verrattuna. Liikunta auttaa terveyden ylläpidossa, ennaltaehkäisee sairauksien syntymistä ja hidastaa niiden pahenemista. Ei sovi unohtaa myöskään ilmastomuutoksen torjunnan kautta saatavia epäsuoria terveyshyötyjä.

Liikkumisen aikana sydämen syke nousee ja hengitystiheys kasvaa. Hengityksen nopeutuminen lisää sisään hengitettävän ilman määrää ja johtaa sitä kautta myös entistä suuremman ilmansaastemäärän päättymiseen keuhkoihin. Liikenteessä vietettävä aika voi kävelijällä ja pyöräilijällä lisäksi olla pidempi muihin liikkumismuotoihin verrattuna johtuen hitaammasta vauhdista, mikä kasvattaa kokonaisaltistusta. Yleensä tutkimukset ovat osoittaneet, että aktiivisten liikkumismuotojen mukanaan tuomat terveyshyödyt kuitenkin voittavat ilmansaasteiden haittavaikutukset myös kaupunkien vilkasliikenteisillä alueilla, ja siten pyöräily ja kävely kannattavat ilmansaasteista huolimatta. Terveyshyötyjen maksimoimiseksi liikkuminen kannattaisi tehdä mahdollisimman puhtaassa ympäristössä ja tehdä reittisuunnittelu sen mukaisesti. Tämä on erityisen tärkeää riskiryhmille kuten hengityselin- ja sydänsairaille.

Pyöräilijöiden ilmansaasteille altistumisen vähentämiseen tulisi kiinnittää huomioita myös kaupunkisuunnittelussa. Autot ja kevyt liikenne kannattaisi ohjata mahdollisuuksien mukaan etäämmäksi toisistaan esimerkiksi keskittämällä ne eri väylille. Ajoneuvojen pakokaasupäästöt ehtivät laimentua jonkin verran ennen kulkeutumistaan pyörätielle, kun kevyt liikenne on erotettu ajoradoista esimerkiksi viherkaistaleella. Keskusta-alueilla kevyelle liikenteelle voi varata myös kokonaan omia katuosuuksia. Lisäksi kevyelle

liikenteelle suunnatut erilliset yhtenäiset väylät ilman tarvetta pysähtyä risteyksissä lyhentävät kokonaismatka-aikaa ja siten pienentävät myös pyöräilijän kokonaisaltistumista.

Yhteenveto

SATULA-tutkimuksessa hiukkapitoisuudet olivat matalampia hiljaisemmillä sivukaduilla ja viheralueilla pyöräilevillä kuin vilkkaasti liikennöityjen katujen varsilla ja läheisyydessä pyöräilevillä. Tuloksen perusteella pyöräilijän on mahdollista vaikuttaa reittivalinnalla merkittävästi altistumiseensa ilmansaasteille. Altistuksen minimointi on tärkeää erityisesti ilmansaasteiden vaikutuksille herkille riskiryhmille. Pyöräilijän altistumisen vähentämiseen ilmansaasteille tulisi pyrkiä myös kaupunkisuunnittelussa.

Kirjallisuus

- Kaur S, Niewenhuijsen MJ, Colville RN. Fine particulate matter and carbon monoxide exposure concentrations in urban street transport microenvironments. *Atmospheric Environment* 2007;41:4781–4810.
- Kollanus V, Lanki T, Taimisto P, Yli-Tuomi T, Kousa A, Aarnio P, Niemi J. 2015. Ilmansaasteiden terveystriskit teiden ja katujen varsilla (LILA-raportti). HSY:n julkaisuja 2/2015. Helsingin seudun ympäristöpalvelut-kuntayhtymä, Helsinki. Isbn (nid.): 978-952-6604-93-0 Isbn (pdf): 978-952-6604-91-6
- Okokon E, Yli-Tuomi T, Turunen A, Taimisto P, Pennanen A, Vouitsis I, Samaras Z, Voogt M, Keuken M, Lanki T. Particulates and noise exposure during bicycle, bus and car commuting: A study in three European cities. *Environmental Research* 2017;154: 181–189. ■