

Pölyttäjien tukemisen keinot kaupungeissa - kirjallisuuskatsaus

Marjaana Toivonen, Suomen ympäristökeskus

3.3.2023

Johdanto ja katsauksen tavoitteet

Kaupunkien laajeneminen ja tiivistyminen kaventavat pölyttäjien elintilaa. Samaan aikaan rakennetuissa ympäristöissä on paljon potentiaalia pölyttäjien elinolosuhteiden parantamiseen. Tieteelliseen tutkimukseen perustuva tieto ja ymmärrys luovat tähän vahvan perustan. Suomessa pölyttäjiä ja niiden suojelun keinoja on tutkittu lähes yksinomaan maatalousympäristöissä ja muilla kaupunkien ulkopuolisilla alueilla, mutta ulkomailta aihetta on tutkittu runsaasti myös kaupungeissa. Tämä kirjallisuuskatsaus pyrkii vastaamaan siihen, kuinka kaupungistuminen vaikuttaa pölyttäjiin, ja kuinka pölyttäjiä voidaan tukea kaupungeissa.

Kirjallisuuskatsaus perustuu vertaisarvioituihin tieteellisiin artikkeleihin, joissa raportoidut tutkimukset on tehty pääasiassa Suomen ulkopuolella. Samat periaatteet kaupungistumisen vaikutuksissa ja pölyttäjien tukemisessa pätevät kaikkialla, mutta paikalliset erot tulevat esiin yksityiskohdissa ja eri tekijöiden suhteellisessa merkityksessä. Esimerkiksi pölyttäjien suosimista kasveista on tässä raportissa nostettu esiin Suomessa viheralueilla käytettyjä tai täällä luonnonvaraisena esiintyviä kasveja. Pohjoisen sijaintimme takia tietyt uhkatekijät kuten kesäaikainen valosaaste, kaupunkien lämpeneminen ja tuholaistorjunta-aineiden käyttö ovat Suomessa pölyttäjille pienempiä uhkia kuin eteläisemmillä alueilla.

Kaupungistumisen vaikutus pölyttäjiin

Globaalisti kaupungistuminen on yksi tärkeimmistä syistä pölyttäjien ja muun luonnon monimuotoisuuden vähenemiseen (Fenoglio ym. 2020, Piano ym. 2020). Kaupungistumisen on havaittu vähentävän pölyttäjien lajirikkautta, yksilömäärää ja harvinaisten lajien esiintymistä sekä yksipuolistavan pölyttäjäyhteisöjä (Bates ym. 2011, Deguines ym. 2016, Cardoso & Gonçalves 2018). Pölyttäjien monimuotoisuuden heikentyminen kaupungistumisen yhteydessä liittyy useisiin

tekijöihin: sopivien elinympäristöjen vähenemiseen ja sirpaloitumiseen, niiden laadun heikkenemiseen, haitallisten vieraslajien leviämiseen ja kaupunkien ympäröiviä alueita korkeampiin lämpötiloihin (Harrison & Winfree 2015, Ayers & Rehan 2021). Vaikka kaupungistuminen on yleisesti ottaen uhka pölyttäjien monimuotoisuudelle, kaupungit voivat tehdä paljon pölyttäjien eteen ja ylläpitää ainutlaatuisia pölyttäjyhteisöjä (Hall ym. 2016). Joissain tapauksissa kaupungeissa on havaittu suurempi pölyttäjien runsaus, monimuotoisuus tai ravinnonkeruuaktiivisuus kuin ympäröivillä maatalous-, metsä- tai luonnonsuojelualueilla (Baldock ym. 2015, Sirohi ym. 2015, Kaluza ym. 2016, Banaszak-Cibicka ym. 2018).

Kaupunkien olosuhteet vaikuttavat eri pölyttäjiin eri tavoin. Kaupunkien ulkopuolisiin alueisiin verrattuna kaupungeissa elää suhteellisesti enemmän sellaisia pölyttäjiä, jotka ovat ravinnonkäytöltään tai elinympäristövaatimuksiltaan generalisteja eli voivat hyödyntää laajaa valikoimaa erilaisia ravintokasveja ja elinympäristöjä (Wenzel ym. 2020, Ayers & Rehan 2021). Mesipistiäisistä tavallista suurempi osuus on lajeja, jotka pesivät maanpinnan yläpuolella ja aloittavat lentonsa suhteellisen myöhään keväällä (Wenzel ym. 2020, Ayers & Rehan 2021). Joidenkin tutkimusten mukaan mesipistiäislajien pieni tai suuri koko ja sosiaalinen tai loisiva elintapa ovat yhteydessä lajien pärjäämiseen kaupungeissa, mutta tähän liittyvät tulokset ovat ristiriitaisia (Fortel ym. 2014, Banaszak-Cibicka & Żmihorski 2015, Ferrari & Polidori 2022). Perhosista kaupungeissa pärjäävät parhaiten generalistit ja hyvin liikkuvat (yleensä suuremmat) sekä voimakkaasti lämpöhakuiset lajit (Merckx & Van Dyck 2019, Franzén ym. 2020, Kuussaari ym. 2021). Myös eksoottisten pölyttäjälajien osuus voi olla korkeampi kaupungeissa kuin niiden ulkopuolisilla alueilla (Matteson ym. 2008).

Tutkimukset kaupungistumisen vaikutuksista pölyttäjiin ovat keskittyneet mesipistiäisiin ja perhosiin, kun taas vaikutukset muihin pölyttäjiin tunnetaan heikosti. Tärkeinä pölyttäjinä pidettyjen kukkakärpästen on arvioitu kärsivän kaupungistumisesta mesipistiäisiä enemmän (Verboven ym. 2014, Baldock ym. 2015, Persson ym. 2020).

Keinoja pölyttäjien tukemiseen kaupungeissa

1) Lisää pölyttäjien suosimia elinympäristöjä: niityt, kaupunkiviljelyalueet ja ruderaatit

Erityyppisten viheralueiden välillä on eroja niiden sopivuudessa pölyttäjille. Kaupungeissa pölyttäjien runsaus ja monimuotoisuus on korkeaa erityisesti monimuotoisilla niitylaikuilla (Aguilera ym. 2019, Dylewski ym. 2019, Grossmann ym. 2023) ja kaupunkiviljelyyn käytetyillä alueilla kuten viljelypalsta-alueilla ja siirtola- ja yhteisöpuutarhoissa (Matteson ym. 2008, Normandin ym. 2017, Baldock ym. 2019, Daniels ym. 2020). Myös joutomailla sijaitsevat ruderaatit ovat merkittäviä pölyttäjien elinympäristöjä (Öckinger ym. 2009, Aguilera ym. 2019, Kalarus ym. 2019).

Erilaiset niitylaikut ovat erityisen tärkeitä perhosten runsauden ja monimuotoisuuden kannalta (Aguilera ym. 2019, Dylewski ym. 2019). Kuivilla kaupunkiniityillä on tavattu myös uhanalaista mesipistiäislajistoa (Grossmann ym. 2023). Olemassa olevien niittyjen säilyttäminen ja hoidon jatkaminen on ensisijaisen tärkeää, sillä osa pölyttäjistä kolonisoi perustettuja niittyjä hitaasti (Alanen ym. 2011). Toisaalta niityalaa voi kasvattaa perustamalla uusia niittyjä aiemmin nurmikkoina hoidetuille paikoille. Ennen niittykasvien kylvämistä vanha kasvusto kannattaa poistaa (Mårtensson 2017). Heinä- tai olkikate tai rukiin käyttö suojakasvina voi auttaa niittykasvien taimettumista (Mårtensson 2017). Englannissa monimuotoisen kukkaseoksen kylväminen paikalle, josta nurmikko oli ensin poistettu, nosti seuraavina vuosina kukkien määrän 25-kertaiseksi, mesipistiäisten määrän 50-kertaiseksi ja kukkakärpästen määrän 13-kertaiseksi verrattuna tavanomaisesti hoidettuun nurmikkoon (Blackmore & Goulson 2014). Kukkaseos sisälsi 24 kasvilajia, joihin kuului yksivuotisia, kaksivuotisia ja monivuotisia lajeja (Blackmore & Goulson 2014). Kylvämisen sijaan niityn voi perustaa myös istuttamalla niittykasvituppaita nurmikon sekaan (Mårtensson 2017).

Kaupunkiviljelyalueet ovat erityisesti mesipistiäisten runsauden ja monimuotoisuuden keskittymiä (Matteson ym. 2008, Normandin ym. 2017, Daniels ym. 2020, Lanner ym. 2020). Jopa pienillä ja lähellä kaupungin keskustaa sijaitsevilla kaupunkiviljelmillä voi olla merkitystä pölyttäjien suojelun kannalta (Lanner ym. 2020). Pölyttäjien runsaus ja monimuotoisuus viljelypalstoilla ja yhteisöpuutarhoissa liittyy pienipiirteiseen kasvillisuuden monimuotoisuuteen, joka turvaa eri

pölyttäjälajeille meden ja siitepölyn tasaisen saannin (Matteson & Langellotto 2010, Lanner ym. 2020). Viljelyalueita käytetään usein pääosin yksivuotisten kasvien viljelyyn, mutta monivuotiset, aikaisin keväällä kukkivat kasvit ovat tärkeitä, jotta alueet tarjoaisivat ravintoa pölyttäjille jo lentokauden alussa (Lanner ym. 2020). Viljelyalueiden laatua pölyttäjien kannalta parantaa, jos niille jätetään myös hoitamattomia laikkuja (Matteson & Langellotto 2010).

Ruderaatit ovat pioneerikasvilajiston hallitsemia avoimia hoitamattomia tai epäsäännöllisesti hoidettuja elinympäristöjä. Ruderaatit syntyvät tyypillisesti ilman tietoista suunnittelua joutomaille kuten entisille teollisuusalueille, maanotto- ja läjityspaikoille, ratapihoille ja satamien liepeille. Ne voivat olla pölyttäjien monimuotoisuuden kannalta niittyjen veroisia alueita, vaikka eroavat lajistoltaan osittain niityistä (Öckinger ym. 2009, Aguilera ym. 2019, Kalarus ym. 2019). Kaupunkien tiivistyessä joutomaiden ruderaatit ovat erityisessä vaarassa kadota, koska alueita ei ole suunniteltu viheralueiksi, eikä niiden arvoa luonnon monimuotoisuudelle usein tunnisteta.

2) Valitse viheralueille pölyttäjien suosimia kasvilajeja

Pölyttäjät hyötyvät monimuotoisesta kukkivasta kasvillisuudesta, joka turvaa ravintoaineiden monipuolisen saannin kasvukauden kaikissa vaiheissa (Blüthgen & Klein 2011). Kaupunkien kasvillisuuden erityispiirre on vierasperäisten kasvien ja koristekasvien suuri osuus sekä kasvillisuuden riippuvuus aktiivisesta uudistamisesta ja hoidosta. Tällöin kukkien pölytysmenestyksellä ei ole kasvien kannalta merkitystä. Näiden piirteiden takia kaupungeissa päädytään helposti tilanteeseen, jossa monimuotoinenkaan kasvillisuus ei hyödytä pölyttäjiä, ellei kasvien valinnassa kiinnitetä huomiota pölyttäjävälisyyteen (Martins ym. 2017, Lowenstein ym. 2019). Toinen tavallinen ongelma on pölyttäjien suosimien kasvien kukinnan yhdenaikaisuus, josta seuraa mesikasvien heikko saatavuus kasvukauden muissa vaiheissa (Llodrà-Llabrés & Cariñanos 2022).

Pölyttäjät vierailevat harvoin erityisesti monilla yleisillä yksivuotisilla koristekasveilla, kuten petunioilla, samettikukilla ja palsameilla (esim. ahkeraliisa, uudenguineanliisa; Lowenstein ym. 2019). Monivuotiset kasvit ja alueen alkuperäiseen lajistoon kuuluvat kasvit hyödyttävät pölyttäjiä yksivuotisia ja vierasperäisiä kasvilajeja todennäköisemmin (Garbuzov ym. 2017, Lowenstein ym.

2019). Puutarhakasvien yksinkertaiset lajikkeet ovat pölyttäjien kannalta parempia kuin kerrotut lajikkeet (Garbuzov ym. 2017, Mach & Potter 2018).

Pölyttäjien runsaus kaupunkien viheralueilla selittyy usein vain muutamilla erityisen hyvillä kasvilajeilla. Tällaisia ovat esimerkiksi apilat (Lowenstein ym. 2019, Blackmore & Goulson 2014), kangasajuruoho (Martins ym. 2017), kissanmintut (Garbuzov ym. 2017), mäkimeirami (Garbuzov ym. 2017) ja punalatvat (Martins ym. 2017). Sarjakukkaiskasvit ovat tärkeitä siksi, että niiltä ravintoa hakee erityisen laaja kirjo pölyttäjiä, esimerkiksi kukkakärpäsiä ja erakkomehiläisiä (Blackmore & Goulson 2014, Deguines ym. 2016, Lowenstein ym. 2019). Maatalousympäristöissä tehtyjen tutkimusten perusteella tiedetään myös muita erityisen hyviä pölyttäjäkasveja, joita voisi hyödyntää kaupungeissa nykyistä enemmän. Tällaisia ovat esimerkiksi luonnonvaraisena Suomessa kasvavat ruusuruoho, purtojuuri ja ahdekaunokki (Franzén & Nilsson 2008, Alanen ym. 2011). Mesi- ja siitepölykasvien lisäksi viheralueiden kasvivalinnoissa on hyvä huomioida perhosten toukkien isäntäkasvit (Aguilera ym. 2019). Esimerkiksi hernekasvit ovat isäntäkasveja monille sinisiipilajeille ja suolaheinät ja hierakat kultasiiville.

Vierasperäisten kasvien vaikutus pölyttäjien monimuotoisuuteen ei ole suoraviivainen. Eksoottiset kasvit voivat haitata samaan aikaan kukkivien alkuperäiskasvien lisääntymismenestystä viemällä niiltä pölyttäjiä, erityisesti jos lajien kukat muistuttavat toisiaan värin ja muodon osalta (Morales ym. 2009). Toisaalta uudempien tutkimusten mukaan pölyttäjät eivät erityisesti suosi vierasperäisiä kasveja, vaan vierailevat niillä suhteellisesti yhtä paljon kuin muilla kasveilla (Harrison & Winfree 2015). Ravinnonkäytöltään generalistien pölyttäjälajien, kuten useimpien kimalaisten näkökulmasta kaupunkien eksoottiset kasvilajit voivat parantaa ravinnon saatavuutta erityisesti kasvukauden loppupuolella (Salisbury ym. 2015, Kaluza ym. 2016, Mach & Potter 2018). Toisaalta erikoistuneemmat pölyttäjälajit, kuten monet erakkomehiläiset ovat herkkiä kasvillisuuden muutoksille. Tällaisten lajien suojelussa alkuperäisen kasvillisuuden säilyttäminen ja tiettyjen kriittisten ravintokasvien tarjoaminen on tärkeää (Hostetler & McIntyre 2001, Lowenstein ym. 2019). Kaupunkien viherrakentamisessa käytettävän kasvillisuuden tulisikin painottua alueen luonnonvaraiseen kasvilajistoon, jota voi lisäksi suunnitelmallisesti monipuolistaa pölyttäjäystävällisillä eksoottisilla kasvilajeilla.

Taimina ostettavien pölyttäjiä houkuttelevien kasvien valinnassa on syytä kiinnittää huomiota torjunta-aineettomuuteen. Englannissa tehdyssä tutkimuksessa kasvituholaisten torjuntaan käytettyjen insektisidien pitoisuudet puutarhamyymälöissä myytävissä hyönteispölytteisissä koristekasveissa olivat ajoittain niin korkeita, että ne voivat vaikuttaa haitallisesti pölyttäjiin (Lentola ym. 2017).

3) Vähennä niittoa ja kevennä muutakin hoitoa

Niittämällä hoidettavia nurmialueita on kaupungeissa esimerkiksi puistoissa, teiden pientareilla, urheilukenttien laidoilla, hautausmailla ja yksityisillä pihoilla. Intensiivisesti hoidetuilla, toistuvasti leikattavilla nurmikoilla kukat eivät pääse kukkimaan, jolloin ravintoa pölyttäjiille ei ole (Lerman ym. 2018, Wastian ym. 2016). Pölyttäjien kannalta suositeltavaa onkin nurmikoiden niittovälin harventaminen (Lerman ym. 2018, Wastian ym. 2016).

Myös vain kerran tai kaksi kesässä tehty niitto voi olla hyvin haitallinen, jos se tehdään parhaan kukinnan aikaan tai silloin, kun kasvustossa on paljon esimerkiksi perhosten tai kukkakärpästen munia tai toukkia (Aguilera ym. 2019, Phillips ym. 2020). Pölyttäjien huomioimiseksi niitto kannattaa jättää loppukesään tai syksyyn vähintään osalla alueesta (Aguilera ym. 2019, Phillips ym. 2020).

Liikenneväylien pientareilla hyvä ratkaisu on, että pientareen tienpuoleisen reunan kasvillisuus niitetään liikenneturvallisuuden takia kaksi kertaa vuodessa tai kerran vuodessa keskikesällä, mutta muu osa pientareesta niitetään vasta loppukesällä tai syksyllä kerran vuodessa tai harvemmin (Valtonen ym. 2006, Phillips ym. 2020). Pölyttäjätystävälliset niittokäytännöt ovat erityisen tärkeitä leveillä pientareilla muiden kuin vilkasliikenteisten teiden varsilla, koska niillä on paras potentiaali hyödyttää pölyttäjiä (Phillips ym. 2020).

Kaikenlaisilla julkisilla ja yksityisillä viheralueilla pölyttäjiä voi auttaa välttämällä intensiivistä hoitoa, oli kyseessä sitten niitto, kitkeminen, puiden ja pensaiden leikkaus tai rikkakasvi- ja hyönteismyrkkyjen käyttö (Matteson & Langellotto 2010, Muratet & Fontaine 2015, Lerman ym. 2018, Aguilera ym. 2019). Monet rikkakasveina pidetyt yleiset kasvit kuten voikukat ja ohdakkeet

ovat merkittäviä ravinnonlähteitä pölyttäjille (Hicks ym. 2016). Myös hoitamattomia alueita on hyvä jättää (Matteson & Langellotto 2010, Aguilera ym. 2019).

4) Lisää pölyttäjien lisääntymispaikkojen määrää

Pölyttäjien runsautta ja monimuotoisuutta rajoittava tekijä kaupungissa voi olla paitsi ravinnon myös lisääntymispaikkojen puute (McFrederick & LeBuhn 2006, Grossmann ym. 2023). Päälystetyn maanpinnan korkea osuus kaupungissa vähentää erityisesti maassa pesivien mesipistiäisten pesäpaikkojen määrää (Geslin ym. 2016). Vastaavasti paljaan maanpinnan jättäminen voi lisätä mesipistiäisten runsautta ja lajirikkautta (Quistberg ym. 2016, Ballare ym. 2019). Maapesijöille voi myös valmistaa lisääntymispaikkoja kaivamalla matalia kuoppia, jotka pohjustetaan kivillä ja täytetään irtonaisella kivennäismaalla (Fortel ym. 2016).

Monet maanpinnan yläpuolella pesivistä myrkkypistiäisistä voivat lisääntyä hyönteishotelleissa (MacIvor & Packer 2015, Fortel ym. 2016). Hyönteishotelleja voi sijoittaa paitsi maanpinnalle myös rakennusten katoille. Tällöin kannattaa suosia suhteellisen matalia, alle viisikerroksisia rakennuksia, sillä myrkkypistiäisten pesimisaktiivisuuden on havaittu laskevan katoille sijoitetuissa hyönteishotelleissa rakennuksen korkeuden kasvaessa (MacIvor ym. 2016). Myrkkypistiäisten lisääntymismenestys erityyppisissä hyönteishotelleissa suhteessa luonnonvaraisiin pesäpaikkoihin tunnetaan heikosti, joten hotellien vaikutuksia kaupunkien pölyttäjäkantoihin on vaikea arvioida (MacIvor & Packer 2015). Hyönteishotelleilla on kuitenkin merkitystä myös keinona tutustuttaa kaupunkilaisia pölyttäjiin ja niiden suojeluun (MacIvor & Packer 2015).

Kukkakärpästen toukkien tarvitsemia mikrohabitaatteja kuten ojia, kosteikoita, lahoppuuta ja lantaa on kaupungeissa tyypillisesti niukasti (Verboven ym. 2014, Baldock ym. 2015, Persson ym. 2020). Tämä selittänee sen, että kukkakärpäset kärsivät kaupungistumisesta mesipistiäisiä enemmän (Verboven ym. 2014, Baldock ym. 2015, Persson ym. 2020). Pienten kosteikoiden, metsälaikkujen ja lahoppuun säästäminen ja lisääminen ovat tapoja tukea kukkakärpästen lisääntymistä kaupungeissa. Nämä pienympäristöt hyödyttävät samalla monia muitakin lajiryhmiä, kuten sudenkorentoja ja kovakuoriaisia.

5) Lisää viheralueiden vaihtelevuutta ja kokoa – huomioi myös niiden sijoittelu

Pölyttäjien ja muun eliölajiston monimuotoisuutta kaupungeissa voidaan edistää myös lisäämällä rakenteellista vaihtelevuutta sekä yksittäisten viheralueiden sisällä että niiden välillä (Sattler ym. 2010, Kaluza ym. 2016, Lepczyk ym. 2017). Viheralueiden rakenteellisen monimuotoisuuden lisääminen onkin hyvä keino hillitä kaupunkien tiivistymisen haittoja monimuotoisuudelle (Sattler ym. 2010). Kaupungeissa elää lukuisia pölyttäjälajeja, joista monilla on toisistaan suurestikin eroavia elinympäristövaatimuksia. Tämän vuoksi viheralueille on tärkeää luoda vaihtelevuutta sekä olosuhteiden (kuten kosteuden, varjostuksen ja maaperän) että kasvillisuuden ja hoitotapojen osalta.

Laajat viheralueet ylläpitävät pölyttäjien runsautta ja monimuotoisuutta pieniä viheralueita paremmin (Quistberg ym. 2016, Lepczyk ym. 2017, Ayers & Rehan 2021). Epäselvää kuitenkin on, kuinka suuria elinympäristölaikkujen pitäisi olla, jotta ne ylläpitäisivät useimpia kyseisten elinympäristötyyppien kaupungeissa esiintyviä pölyttäjälajeja (Lepczyk ym. 2017, Ayers & Rehan 2021). Laikun koko vaikuttaa enemmän pienikokoisiin ja lentokyvyltään heikkoihin lajeihin kuin suurikokoisiin ja vahvoihin lentäjiin kuten kimalaisiin, jotka siirtyvät tehokkaasti elinympäristölaikulta toiselle (McFrederick & LeBuhn 2006, Lepczyk ym. 2017). Koska soveliaat elinympäristöt ovat kaupungeissa yleensä kaukana toisistaan, lajisto on painottunut tehokkaasti leviäviin lajeihin, joiden kannalta yksittäisten laikkujen koko ei ole kriittinen tekijä (Sattler ym. 2010). Heikosti leviävien lajien selviytymistä kaupungeissa voidaan helpottaa sopivien viheralueiden kokoa ja kytkeytyneisyyttä lisäämällä.

Pölyttäjien runsaus ja monimuotoisuus on yleensä korkeampi kaupunkien reunoilla ja väljästi rakennetuilla alueilla kuin keskustoissa (Bates ym. 2011, Geslin ym. 2016, Kuussaari ym. 2021). Tämä voi johtua viheralueiden vähäisemmän määrän ja pirstoutuneisuuden ohella myös niiden heikommasta laadusta tiiviisti rakennetuilla alueilla. Hyvälaatuisilla viheralueilla pölyttäjien monimuotoisuus voi olla suuri ympäröivästä maisemasta riippumatta (Banaszak-Cibicka & Żmihorski 2015). Usein onkin havaittu, että kaupunkien viheralueiden paikalliset ympäristötekijät ja hoitotoimet vaikuttavat pölyttäjien runsauteen ja monimuotoisuuteen enemmän kuin ympäröivä maisema (Matteson & Langellotto 2010, Quistberg ym. 2016, Aguilera ym. 2019). Tämä tarkoittaa,

että pölyttäjiä hyödyttäviä toimia kannattaa tehdä kaikkialla kaupungissa, myös tiiviisti rakennetuilla alueilla ja pienillä viherlaikuilla.

Tiiviisti rakennetuilla alueilla viheralueiden määrää voidaan lisätä viherkattojen avulla. Viherkattojen merkitys pölyttäjille ja niiden erilaisten ominaisuuksien vaikutus pölyttäjiin tunnetaan vielä huonosti. Viherkattojen etuna pidetään niiden aurinkoisuutta, mikä yleisesti ottaen lisää pölyttäjien määrää viheralueilla (Matteson & Langellotto 2010) ja saattaa suosia voimakkaan lämpöhakuisia lajeja (Hofmann & Renner 2018). Toisaalta viherkatot ovat usein tuulisia ja korkealla eristyksissä muista viheralueista, mikä hillitsee tai estää osaa pölyttäjistä hyödyntämästä niitä (Maclvor ym. 2016, Lepczyk ym. 2017). Esimerkiksi kukkakärpäsiä esiintyy viherkatoilla vain vähän (Jacobs ym. 2023). Mesipistiäiset, erityisesti generalistit ja maanpinnan yläpuolella pesivät lajit voivat hyötyä viherkatoista (Hofmann & Renner 2018, Jacobs ym. 2023). Mesipistiäisten yksilö- ja lajimäärän on kuitenkin havaittu jäävän viherkatoilla matalammaksi kuin maanpinnalla sijaitsevilla luonnonmukaisesti hoidetuissa kaupunkipuistoissa (Tonietto ym. 2011). Tämä voi johtua paitsi sijainnista katolla myös erilaisesta kasvillisuudesta verrattuna maanpinnalla sijaitseviin puistoihin (Tonietto ym. 2020). Toisaalta erityyppisiä viherkattoja vertaileessa tutkimuksessa mikään viherkaton ominaisuus, kuten pinta-ala tai kasvillisuustyyppi ei selittänyt mesipistiäisten runsautta tai lajimäärää viherkatoilla (Jacobs ym. 2023).

6) *Lievennä haitallisia tekijöitä*

Pölyttäjien monimuotoisuutta kaupungeissa heikentävät myös monet taustalla vaikuttavat haittatekijät, kuten ilmansaasteet, maaperän rehevöityminen tai pilaantuminen, valosaaste, lämpötilojen nousu ja korkea tarhamehiläistiheys (Harrison & Winfree 2015, Baldock ym. 2020, MacInnis ym. 2023). Näitä haittoja on erityisen tärkeää vähentää pölyttäjien suosimien alueiden läheisyydessä.

Kaupungeissa yleiset ilmansaasteet kuten pakokaasuista peräisin olevat typen oksidit sekä otsoni muuttavat kukkien tuoksuja, jolloin pölyttäjät löytävät, oppivat ja muistavat ravintokasvit tavallista huonommin (Leonard ym. 2019, Ryalls ym. 2022). Tämä heikentää pölyttäjien ravinnonkeruun ja kukkien pölytyksen tehokkuutta (Ryalls ym. 2022). Ilmansaasteiden tyyppiyhdisteet johtavat myös rehevöittävään typpilaskeumaan, mikä muuttaa kasvillisuuden koostumusta lisäten heinien osuutta

ja vähentäen hyönteispölytteisten kukkakasvien määrää (Harrison & Winfree 2015). Myös maaperän pilaantuminen vaikuttaa pölyttäjiin. Maaperän saasteet, esimerkiksi raskasmetallit, kulkeutuvat kasveihin ja niiden meteen ja siitepölyyn, eivätkä pölyttäjät kaikissa tapauksissa osaa välttää saastuneita kasveja (Harrison & Winfree 2015).

Kaupunkien valosaaste eli pimeänaikainen keinovalo vaikuttaa pölyttäjien ja muiden hyönteisten aktiivisuuteen, liikkumiseen, ravinnonkeruuseen ja lisääntymiseen (Owens ym. 2020). Erityisesti yöaktiiviset pölyttäjät kärsivät valosaasteesta, ja valaistuilla alueilla kasvien pölytysmenestys voi heikentyä (Knop ym. 2017). Valojen vähentäminen ja himmentäminen pölyttäjien elinympäristöjen läheisyydessä on yksinkertainen ja tehokas keino vähentää valosaasteen haittoja (Owens ym. 2020). Valosaasteen vaikutuksia voi lievittää myös käyttämällä valoja, jotka tuottavat vähiten hyönteisiin vaikuttavia pitkiä aallonpituuksia (Owens ym. 2020, Phillips ym. 2020). Suomessa valosaasteen haitat pölyttäjille ovat vähäisempiä kuin eteläisemmissä maissa, koska kesäyömme ovat luontaisesti varsin valoisia.

Kaupungeissa lämpötilat ovat usein korkeampia kuin ympäröivillä alueilla johtuen lämpöä varastoivien päällystettyjen pintojen suuresta määrästä ja ihmistoiminnan aiheuttamasta hukkalämmöstä. Korkeat lämpötilat voivat edistää lämpöä suosivien hyönteisten kasvua ja kehitystä erityisesti viileillä alueilla (Kaiser ym. 2016). Toisaalta korkeat lämpötilat voivat rajoittaa viileään sopeutuneiden lajien menestymistä kaupungeissa. Lämpimillä alueilla ja ilmaston lämmitessä lämpötilat voivat kivuta kaupungeissa lähelle pölyttäjien sietokyvyn rajoja, jolloin pölyttäjien määrä laskee (Hamblin ym. 2018). Kaupunkien lämpötilojen nousua voi hillitä viheralueita lisäämällä (Bowler ym. 2010). Suomessa lämpötilojen nousun haitat pölyttäjille lienevät pienemmät kuin eteläisemmillä alueilla.

Tarhatut pölyttäjät voivat vaikuttaa negatiivisesti villeihin pölyttäjiin etenkin, jos tarhattujen pölyttäjien määrä on suuri. Suurimmat riskit liittyvät ravintokilpailun kovenemiseen ja taudinaiheuttajien leviämiseen tarhatuista villeihin pölyttäjiin (Mallinger ym. 2018). Kaupunkiympäristössä tarhamehiläisten negatiivisia vaikutuksia villeihin pölyttäjiin on havaittu Pariisissa, jossa villien pölyttäjien kukkavierailut puistojen kukkaistutuksissa vähenivät tarhamehiläispesien tiheyden lisääntyessä (Ropars ym. 2019). Erakkomehiläisten ja kovakuoriaisten kukkavierailujen määrä oli yhteydessä tarhamehiläispesien määrään 500 metrin säteellä ja

kimalaisten kukkavierailujen määrä tarhamehiläispesien määrään 1000 metrin säteellä (Ropars ym. 2019). Myös Montrealissa havaittiin nopeasti yleistyneen kaupunkitarhauksen johtaneen erakkomehiläisten vähenemiseen (MacInnis ym. 2023). Tarhattujen ja villien pölyttäjien välistä kilpailua ravinnosta voidaan vähentää lisäämällä kukkivien kasvien määrää sekä ohjeistamalla tai rajoittamalla pesien sijoittelua.

Yhteenveto ja johtopäätökset

Tehokkaita toimia pölyttäjien tukemiseen kaupungeissa ovat 1) tärkeimpien pölyttäjäelinympäristöjen eli niittyjen, kaupunkiviljelyalueiden ja ruderaattien lisääminen sekä 2) niittämällä hoidettavien alueiden niiton harventaminen ja myöhäistäminen. Pölyttäjiä voidaan auttaa myös 3) suosimalla niiden ravintokasveja viheralueiden kasvivalinnoissa sekä 4) lisäämällä niiden lisääntymispaikkojen kuten paljaan maanpinnan, kosteikkojen ja lahopuun määrää. Taulukkoon 1 on koottu keinoja tukea pölyttäjiä erityyppisissä kaupunkiympäristöissä.

Kaupungeissa on laaja kirjo sekä julkisia että yksityisiä viheralueita, joiden hoidosta vastaavat lukuiset eri tahot. Pölyttäjien menestyksellinen suojeleminen edellyttääkin näiden lukuisten toimijoiden, kuten maankäytön suunnittelijoiden, maanomistajien ja viheralueiden hoidosta vastaavien virkamiesten aktivoimista (Baldock 2020). Erityisen tärkeää on, että uusien asuin- ja liikealueiden suunnittelussa tunnustetaan ja säilytetään pölyttäjille tärkeät elinympäristöt, koska korvaavien elinympäristöjen luominen jälkeenkäynnä on huomattavasti vaikeampaa ja kalliimpaa. Myös yksityispihojen pölyttäjäystävällisen hoidon yleistymisellä olisi suuri merkitys kaupunkien pölyttäjille, sillä yksityispihat voivat kattaa kymmeniä prosentteja kaupunkien pinta-alasta (Baldock ym. 2019).

Viheralueiden pölyttäjäystävällinen hoito ei välttämättä miellytä kaikkia kaupunkilaisia. Heille on tärkeää viestiä muuttuneiden käytäntöjen hyödyistä luonnon monimuotoisuudelle, koska tämä tutkimus lisää myönteistä suhtautumista (Southon ym. 2017). Kaupunkilaisia voidaan myös innostaa ja tukea pölyttäjien kannalta hyödyllisiin harrastuksiin kuten pölyttäjien seurantaan, kaupunkiviljelyyn tai kaupunkiniittyjen hoitoon.

Taulukko 1. Keinoja pölyttäjien suojeluun kaupungeissa

Kohdeympäristö	Tarkemmin kohdennettavat keinot	Laaja-alaisesti soveltuvat keinot
Tiiviisti rakennetut kaupunkialueet (paljon päällystettyä maanpintaa)	<ul style="list-style-type: none"> Viherrakenteiden lisääminen: viherkatot, kukkaistutukset, puut ja pensaas Pölyttäjätystävälliset kasvivalinnat: monipuolinen kukkakasvillisuus suosien monivuotisia lajeja, kotimaisia luonnonkasveja ja perinneperennoja 	
Hoidetut julkiset ja yksityiset viheralueet, pihat ja puutarhat	<ul style="list-style-type: none"> Niittylaikkujen hoito ja uusien tekoniittyjen perustaminen nurmikoiden tilalle Nurmikoiden niittovälin pidentäminen, niiton myöhäistäminen ja niittämättömien alueiden jättäminen Kaupunkiviljelyyn käytetyn alan lisääminen: viljelypalstat, yhteisö-, siirtola- ja kotipuutarhat Pölyttäjätystävälliset kasvivalinnat: monipuolinen kukkakasvillisuus suosien monivuotisia lajeja, kotimaisia luonnonkasveja ja perinneperennoja Pölyttäjien lisääntymispaikkojen lisääminen: paljaat kivennäismaalaidut, lahopuu, luonnonmukaiset ojat ja kosteikot, metsälaidut Katuvalaistuksen vähentäminen 	<ul style="list-style-type: none"> Pölyttäjien elinympäristöjen säilyttäminen ja luominen Kasvillisuuden monimuotoisuuden lisääminen Hyönteishotellit Kemiallisten torjunta-aineiden käytön sekä ympäristön saastumisen ja pilaantumisen minimointi erityisesti pölyttäjien suosimien alueiden läheisyydessä
Liikenneväylien pientareet	<ul style="list-style-type: none"> Niittovälin pidentäminen, niiton myöhäistäminen ja niittämättömien alueiden jättäminen Toistuvan tai aikaisen niiton rajaaminen vain pientareen tienpuoleiselle luiskalle Pölyttäjien lisääntymispaikkojen lisääminen: paljaat kivennäismaalaidut, lahopuu 	<ul style="list-style-type: none"> Mehiläistarhauksen välttäminen tai pesätiheyden pitäminen matalana luonnonvaraisten pölyttäjien tärkeimpien elinympäristöjen läheisyydessä
Hoitamattomat tai epäsäännöllisesti hoidetut päällystämättömät alueet (ruderaatit)	<ul style="list-style-type: none"> Säilyttäminen tai lisääminen; ylläpito niittämällä 	<ul style="list-style-type: none"> Pölyttäjätietoisuuden lisääminen ja kaupunkilaisten motivointi pölyttäjien suojeluun

Kirjallisuus

- Aguilera, G., Ekroos, J., Persson, A.S., Pettersson L.B., Öckinger, E. (2019) Intensive management reduces butterfly diversity over time in urban green spaces. *Urban Ecosyst.* 22, 335–344. <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0818-y>
- Alanen, E.-L., Hyvönen, T., Lindgren, S., Härmä, O. and Kuussaari, M. (2011) Differential responses of bumblebees and diurnal Lepidoptera to vegetation succession in long-term set-aside. *J. Appl. Ecol.* 48, 1251–1259. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02012.x>
- Ayers, A.C., Rehan, S.M. (2021) Supporting bees in cities: How bees are influenced by local and landscape features. *Insects* 12, 128. <https://doi.org/10.3390/insects12020128>
- Baldock, K.C.R. (2020) Opportunities and threats for pollinator conservation in global towns and cities. *Curr. Opin. Insect Sci.* 38, 63–71. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2020.01.006>
- Baldock, K.C.R., Goddard, M.A., Hicks, D.M., Kunin, W.E., Mitschunas, N., Morse, H., Osgathorpe, L.M., Potts, S.G., Robertson, K.M., Scott, A.V., Staniczenko, P.P.A., Stone, G.M., Vaughan, I.P., Memmott, J. (2019) A systems approach reveals urban pollinator hotspots and conservation opportunities. *Nat. Ecol. Evol.* 3, 363–373. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0769-y>
- Baldock, K.C.R., Goddard, M.A., Hicks, D.M., Kunin, W.E., Mitschunas, N., Osgathorpe, L.M., Potts, S.G., Robertson, K.M., Scott, A.V., Stone, G.N., Vaughan, I.P., Memmott, J. (2015) Where is the UK's pollinator biodiversity? The importance of urban areas for flower-visiting insects. *Proc. R. Soc. B.* 282, 20142849. <http://doi.org/10.1098/rspb.2014.2849>
- Ballare, K.M., Neff, J.L., Ruppel, R., Jha, S. (2019) Multi-scalar drivers of biodiversity: local management mediates wild bee community response to regional urbanization. *Ecol. Appl.* 29, e01869. <https://doi.org/10.1002/eap.1869>
- Banaszak-Cibicka, W., Twerd, L., Fliszkiewicz, M., Giejdasz, K., Langowska, A. (2018) City parks vs. natural areas - is it possible to preserve a natural level of bee richness and abundance in a city park? *Urban Ecosyst.* 21, 599–613. <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0756-8>
- Banaszak-Cibicka, W., Żmihorski, M. (2012) Wild bees along an urban gradient: winners and losers. *J. Insect Conserv.* 16, 331–343. <https://doi.org/10.1007/s10841-011-9419-2>
- Bates, A.J., Sadler, J.P., Fairbrass, A.J., Falk, S.J., Hale, J.D., Matthews, T.J. (2011) Changing bee and hoverfly pollinator assemblages along an urban-rural gradient. *PLoS One* 6, e23459. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023459>
- Blackmore, L.M., Goulson, D. (2014) Evaluating the effectiveness of wildflower seed mixes for boosting floral diversity and bumblebee and hoverfly abundance in urban areas. *Insect Conserv. Divers.* 7, 480–484. <https://doi.org/10.1111/icad.12071>
- Blüthgen, N., Klein, A.-M. (2011) Functional complementarity and specialisation: the role of biodiversity in plant–pollinator interactions. *Basic Appl. Ecol.* 12, 282–291. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2010.11.001>
- Bowler, D.E., Buyung-Ali, L., Knight, T.M., Pullin, A.S. (2010) Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landsc. Urban Plan.* 97, 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006>
- Cardoso, M.C., Gonçalves, R.B. (2018) Reduction by half: the impact on bees of 34 years of urbanization. *Urban Ecosyst.* 21, 943–949. <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0773-7>
- Daniels, B., Jedamski, J., Ottermanns, R., Ross-Nickoll, M. (2020) A “plan bee” for cities: Pollinator diversity and plant-pollinator interactions in urban green spaces. *PLoS ONE* 15, e0235492. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235492>
- Deguines, N., Julliard, R., de Flores, M., Fontaine, C. (2016) Functional homogenization of flower visitor communities with urbanization. *Ecol. Evol.* 6, 1967–1976. <https://doi.org/10.1002/ece3.2009>
- Dylewski, Ł., Mackowiak, Ł., Banaszak-Cibicka, W. (2019) Are all urban green spaces a favourable habitat for pollinator communities? Bees, butterflies and hoverflies in different urban green areas. *Ecol. Entomol.* 44, 678–689. <https://doi.org/10.1111/een.12744>

- Fenoglio, M.S., Rossetti, M.R., Videla, M. (2020) Negative effects of urbanization on terrestrial arthropod communities: A meta-analysis. *Global Ecol. Biogeogr.* 29, 1412–1429. <https://doi.org/10.1111/geb.13107>
- Ferrari, A., Polidori, C. (2022) How city traits affect taxonomic and functional diversity of urban wild bee communities: insights from a worldwide analysis. *Apidologie* 53, 46. <https://doi.org/10.1007/s13592-022-00950-5>
- Fortel, L., Henry, M., Guilbaud, L., Guirao, A.L., Kuhlmann, M., Mouret, H., Rollin, O., Vaissière, B.E. (2014) Decreasing abundance, increasing diversity and changing structure of the wild bee community (Hymenoptera: Anthophila) along an urbanization gradient. *PLoS ONE* 9, e104679. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104679>
- Fortel, L., Henry, M., Guilbaud, L., Mouret, H., Vaissiere, B.E. (2016) Use of human-made nesting structures by wild bees in an urban environment. *J Insect Conserv.* 20, 239–253. <https://doi.org/10.1007/s10841-016-9857-y>
- Franzén, M., Betzholtz, P.-E., Pettersson, L.B., Forsman, A. (2020) Urban moth communities suggest that life in the city favours thermophilic multi-dimensional generalists. *Proc. R. Soc. B* 287, 20193014. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2019.3014>
- Franzén, M., Nilsson, S.G. (2008) How can we preserve and restore species richness of pollinating insects on agricultural land? *Ecography* 31, 698–708. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2008.05110.x>
- Garbuzov, M., Alton, K., Ratnieks, F.L.W. (2017) Most ornamental plants on sale in garden centres are unattractive to flower-visiting insects. *PeerJ* 5, e3066. <https://doi.org/10.7717/peerj.3066>
- Geslin, B., Le Féon, V., Folschweiller, M., Flacher, F., Carmignac, D., Motard, E., Perret, S., Dajoz, I. (2016) The proportion of impervious surfaces at the landscape scale structures wild bee assemblages in a densely populated region. *Ecol. Evol.* 6, 6599–6615. <https://doi.org/10.1002/ece3.2374>
- Grossmann, A.J., Herrmann, J., Buchholz, S., Gathof, A.K. (2023) Dry grassland within the urban matrix acts as favourable habitat for different pollinators including endangered species. *Insect Conserv. Divers.* 16, 97–109. <https://doi.org/10.1111/icad.12607>
- Hall, D.M., Camilo, G.R., Tonietto, R.K., Ollerton, J., Ahrné, K., Arduser, M., Ascher, J.S., Baldock, K.C.R., Fowler, R., Frankie, G., Goulson, D., Gunnarsson, B., Hanley, M.E., Jackson, J.I., Langellotto, G., Lowenstein, D., Minor, E.S., Philpott, S.M., Potts, S.G., Sirohi, M.H., Spevak, E.M., Stone, G.N., Threlfall, C.G. (2017) The city as a refuge for insect pollinators. *Conserv. Biol.* 31, 24–29. <https://doi.org/10.1111/cobi.12840>
- Hamblin, A.L., Youngsteadt, E., Frank, S.D. (2018) Wild bee abundance declines with urban warming, regardless of floral density. *Urban Ecosyst.* 21, 419–428. <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0731-4>
- Harrison, T., Winfree, R. (2015) Urban drivers of plant-pollinator interactions. *Funct. Ecol.* 29, 879–888. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12486>
- Hicks, D.M., Ouvrard, P., Baldock, K.C.R., Baude, M., Goddard, M.A., Kunin, W.E., Mitschunas, N., Memmott, J., Morse, H., Nikolitsi, M., Osgathorpe, L.M., Potts, S.G., Robertson, K.M., Scott, A.V., Sinclair, F., Westbury, D.B., Stone, G.M. (2016) Food for pollinators: quantifying the nectar and pollen resources of urban flower meadows. *PLoS One* 11, e0158117. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158117>
- Hofmann, M.M., Renner, S.S. (2018) Bee species recorded between 1992 and 2017 from green roofs in Asia, Europe, and North America, with key characteristics and open research questions. *Apidologie* 49, 307–313. <https://doi.org/10.1007/s13592-017-0555-x>
- Hostetler, N.E., McIntyre, M.E. (2001) Effects of urban land use on pollinator (Hymenoptera: Apoidea) communities in a desert metropolis. *Basic Appl. Ecol.* 2, 209–218. <https://doi.org/10.1078/1439-1791-00051>
- Jacobs, J., Beenaerts, N., Artois, T. (2023) Green roofs and pollinators, useful green spots for some wild bee species (Hymenoptera: Anthophila), but not so much for hoverflies (Diptera: Syrphidae). *Sci. Rep.* 13, 1449. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28698-7>

- Kaiser, A., Merckx, T., Van Dyck, H. (2016) The urban heat island and its spatial scale dependent impact on survival and development in butterflies of different thermal sensitivity. *Ecol. Evol.* 6, 4129–4140. <https://doi.org/10.1002/ece3.2166>
- Kalarus, K., Halecki, W., Skalski, T. (2019) Both semi-natural and ruderal habitats matter for supporting insect functional diversity in an abandoned quarry in the city of Kraków (S Poland). *Urban Ecosyst.* 22, 943–953. <https://doi.org/10.1007/s11252-019-00869-3>
- Kaluza, B.F., Wallace, H., Heard, T.A., Klein, A.-M., Leonhardt, S.D. (2016) Urban gardens promote bee foraging over natural habitats and plantations. *Ecol. Evol.* 6, 1304–1316. <https://doi.org/10.1002/ece3.1941>
- Knop, E., Zoller, L., Ryser, R., Gerpe, C., Hörler, M., Fontaine, C. (2017) Artificial light at night as a new threat to pollination. *Nature* 548, 206. <https://doi.org/10.1038/nature23288>
- Kuussaari, M., Toivonen, M., Heliölä, J., Pöyry, J., Mellado, J., Ekroos, J., Hyyryläinen, V., Vähä-Piikkiö, I., Tiainen, J. (2021) Butterfly species' responses to urbanization: differing effects of human population density and built-up area. *Urban Ecosyst.* 24, 515–527. <https://doi.org/10.1007/s11252-020-01055-6>
- Lanner, J., Kratschmer, S., Petrović, B., Gaulhofer, F., Meimberg, H., Pachinger, B. (2020) City dwelling wild bees: how communal gardens promote species richness. *Urban Ecosyst.* 23, 271–288. <https://doi.org/10.1007/s11252-019-00902-5>
- Lentola, A., David, A., Abdul-Sada, A., Tapparo, A., Goulson, D., Hill, E.M. (2017) Ornamental plants on sale to the public are a significant source of pesticide residues with implications for the health of pollinating insects. *Environ. Pollut.* 228, 297–304. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.03.084>
- Leonard, R.J., Vergoz, V., Proschogo, N., McArthur, C., Hochuli, D.F. (2019) Petrol exhaust pollution impairs honey bee learning and memory. *Oikos* 128, 264–273. <https://doi.org/10.1111/oik.05405>
- Lerman, S.B., Contosta, A.R., Milam, J., Bang, C. (2018) To mow or to mow less: lawn mowing frequency affects bee abundance and diversity in suburban yards. *Biol. Conserv.* 221, 160–174. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.01.025>
- Lepczyk, C., Aronson, M.F.J., Evans, K.L., Goddard, M.A., Lerman, S.B., MacIvor, J.S. (2017) Biodiversity in the city: Fundamental questions for understanding the ecology of urban green spaces for biodiversity conservation. *BioScience* 67, 799–807. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix079>
- Llodrà-Llabrés, J., Cariñanos, P. (2022) Enhancing pollination ecosystem service in urban green areas: An opportunity for the conservation of pollinators. *Urban For. Urban Green.* 74, 127621. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127621>
- Lowenstein, D.M., Matteson, K.C., Minor, E. (2019) Evaluating the dependence of urban pollinators on ornamental, non-native, and 'weedy' floral resources. *Urban Ecosyst.* 22, 293–302. <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0817-z>
- Mach, B.M., Potter, D.A. (2018) Quantifying bee assemblages and attractiveness of flowering woody landscape plants for urban pollinator conservation. *PLoS ONE* 13, e0208428. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208428>
- MacInnis, G., Normandin, E., Ziter, C. (2023) Decline in wild bee species richness associated with honey bee (*Apis mellifera* L.) abundance in an urban ecosystem. *PeerJ* 11, e146999. <http://doi.org/10.7717/peerj.14699>
- MacIvor, J.S. (2016) Building height matters: nesting activity of bees and wasps on vegetated roofs. *Isr. J. Ecol. Evol.* 62, 88–96. <https://doi.org/10.1080/15659801.2015.1052635>
- MacIvor, J.S., Packer, L. (2015) 'Bee hotels' as tools for native pollinator conservation: a premature verdict? *PLoS One* 10, e0122126. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122126>
- Mallinger, R.E., Gaines-Day, H.R., Gratton, C. (2017) Do managed bees have negative effects on wild bees?: A systematic review of the literature. *PLoS One* 12, e0189268. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189268>
- Martins, K.T., Gonzalez, A., Lechowicz, M.J. (2017) Patterns of pollinator turnover and increasing diversity associated with urban habitats. *Urban Ecosyst.* 20, 1359–1371. <https://doi.org/10.1007/s11252-017-0688-8>

- Matteson, K. (2008) Bee richness and abundance in New York city urban gardens. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 101, 140–150. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2008\)101\[140:BRAAIN\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2008)101[140:BRAAIN]2.0.CO;2)
- Matteson, K.C., Langellotto, G.A. (2010) Determinates of inner city butterfly and bee species richness. *Urban Ecosyst.* 13, 333–347. <https://doi.org/10.1007/s11252-010-0122-y>
- McFrederick, Q.S., LeBuhn, G. (2006) Are urban parks refuges for bumble bees *Bombus* spp. (Hymenoptera: Apidae)? *Biol. Conserv.* 129, 372–382. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.11.004>
- Merckx T, Van Dyck H. (2019) Urbanization-driven homogenization is more pronounced and happens at wider spatial scales in nocturnal and mobile flying insects. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 28, 1440–1455. <https://doi.org/10.1111/geb.12969>
- Morales, C.L., Traveset, A. (2009) A meta-analysis of impacts of alien vs. native plants on pollinator visitation and reproductive success of co-flowering native plants. *Ecol. Lett.* 12, 716–728. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01319.x>
- Muratet, A., Fontaine, B. (2015) Contrasting impacts of pesticides on butterflies and bumblebees in private gardens in France. *Biol. Conserv.* 182, 148–154.
- Mårtensson, L.-M. (2017) Methods of establishing species-rich meadow biotopes in urban areas. *Ecol. Eng.* 103, 134–140. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.03.016>
- Normandin, É., Vereecken, N.J., Buddle, C.M., Fournier, V. (2017) Taxonomic and functional trait diversity of wild bees in different urban settings. *PeerJ* 5, e3051. <https://doi.org/10.7717/peerj.3051>
- Owens, A.C.S., Cochard, P., Durrant, J., Farnworth, B., Perkin, E.K., Seymoure, B. (2020) Light pollution is a driver of insect declines. *Biol. Conserv.* 241, 108259. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108259>
- Persson, A.S., Ekroos, J., Olsson, P., Smith, H.G. (2020) Wild bees and hoverflies respond differently to urbanisation, human population density and urban form. *Landsc. Urban Plan.* 204, 103901. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103901>
- Phillips, B.B., Wallace, C., Roberts, B.R., Whitehouse, A.T., Gaston, K.J., Bullock, J.M., Dicks, L.V., Osborne, J.L. (2020) Enhancing road verges to aid pollinator conservation: A review. *Biol. Conserv.* 250, 108687. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108687>
- Piano, E., Souffreau, C., Merckx, T., Baardsen, L.F., Backeljau, T., Bonte, D., Brans, K.I., Cours, M., Dahirel, M., Debortoli, N., Decaestecker, E., De Wolf, K., Engelen, J.M.T., Fontaneto, D., Gianuca, A.T., Govaert, L., Hanashiro, F.T.T., Higuti, J., Lens, L., Martens, K., Matheve, H., Matthysen, E., Pinseel, E., Sablon, R., Schön, I., Stoks, R., Van Doninck, K., Van Dyck, H., Vanormelingen, P., Van Wichelen, J., Vyverman, W., De Meester, L., Hendrickx, F. (2020) Urbanization drives cross-taxon declines in abundance and diversity at multiple spatial scales. *Glob. Change Biol.* 26, 1196–1211. <https://doi.org/10.1111/gcb.14934>
- Quistberg, R.D., Bichier, P., Philpott, S.M. (2016) Landscape and local correlates of bee abundance and species richness in urban gardens. *Environ. Entomol.* 45, 592–601. <https://doi.org/10.1093/ee/nvw025>
- Ropars, L., Dajoz, I., Fontaine, C., Muratet, A., Geslin, B. (2019) Wild pollinator activity negatively related to honey bee colony densities in urban context. *PLoS One* 14, e0222316. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222316>
- Ryalls, J.M.W., Langford, B., Mullinger, N.J., Bromfield, L.M., Nemitz, E., Pfrang, C., Girling, R.D. (2022) Anthropogenic air pollutants reduce insect-mediated pollination services. *Environ. Pollut.* 297, 118847. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.118847>
- Salisbury, A., Armitage, J., Bostock, H., Perry, J., Tatchell, M., Thompson, K. (2015) EDITOR'S CHOICE: Enhancing gardens as habitats for flower-visiting aerial insects (pollinators): Should we plant native or exotic species? *J. Appl. Ecol.* 52, 1156–1164. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12499>
- Sattler, T., Duelli, P., Obrist, M.K., Arlettaz, R., Moretti, M. (2010) Response of arthropod species richness and functional groups to urban habitat structure and management. *Landsc. Ecol.* 25, 941–954. <https://doi.org/10.1007/s10980-010-9473-2>
- Sirohi, M.H., Jackson, J., Edwards, M., Ollerton, J. (2015) Diversity and abundance of solitary and primitively eusocial bees in an urban centre: a case study from Northampton (England). *J. Insect Conserv.* 19, 487–500. <https://doi.org/10.1007/s10841-015-9769-2>

- Smith, R.M., Warren, P.H., Thompson, K., Gaston, K.J. (2006) Urban domestic gardens (vi): environmental correlates of invertebrate species richness. *Biodivers. Conserv.* 15, 2415–2438.
<https://doi.org/10.1007/s10531-004-5014-0>
- Southon, G.E., Jorgensen, A., Dunnett, N., Hoyle, H., Evans, K.L. (2017) Biodiverse perennial meadows have aesthetic value and increase residents' perceptions of site quality in urban green-space. *Landsc. Urban Plan.* 158, 105–118. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.08.003>
- Stewart, A.B., Sritongchuay, T., Teartisup, P., Kaewsomboon, S., Bumrungsri, S. (2018) Habitat and landscape factors influence pollinators in a tropical megacity, Bangkok, Thailand. *PeerJ* 6, e5335
<https://doi.org/10.7717/peerj.5335>
- Tonietto, R., Fant, J., Ascher, J., Ellis, K., Larkin, D. (2011) A comparison of bee communities of Chicago green roofs, parks and prairies. *Landsc. Urban Plan.* 103, 102–108.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.07.004>
- Valtonen, A., Saarinen, K., Jantunen, J. (2006) Effect of different mowing regimes on butterflies and diurnal moths on road verges. *Anim. Biodivers. Conserv.* 29, 133–148.
- Wastian, L., Unterweger, P.A., Betz, O. (2016) Influence of the reduction of urban lawn mowing on wild bee diversity (Hymenoptera, Apoidea). *J. Hymenopt. Res.* 49, 51–63.
<https://doi.org/10.3897/JHR.49.7929>
- Wenzel, A., Grass, I., Belavadi, V.V., Tschardtke, T. (2020) How urbanization is driving pollinator diversity and pollination – a systematic review. *Biol. Conserv.* 241, 108321.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108321>
- Verboven, H.A.F., Uyttenbroeck, R., Brys, R., Hermy, M. (2014) Different responses of bees and hoverflies to land use in an urban–rural gradient show the importance of the nature of the rural land use. *Landsc. Urban Plan.* 126, 31–41. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.02.017>
- Öckinger, E., Dannestam, Å., Smith, H.G. (2009) The importance of fragmentation and habitat quality of urban grasslands for butterfly diversity. *Landsc. Urban Plan.* 93, 31–37.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.05.021>