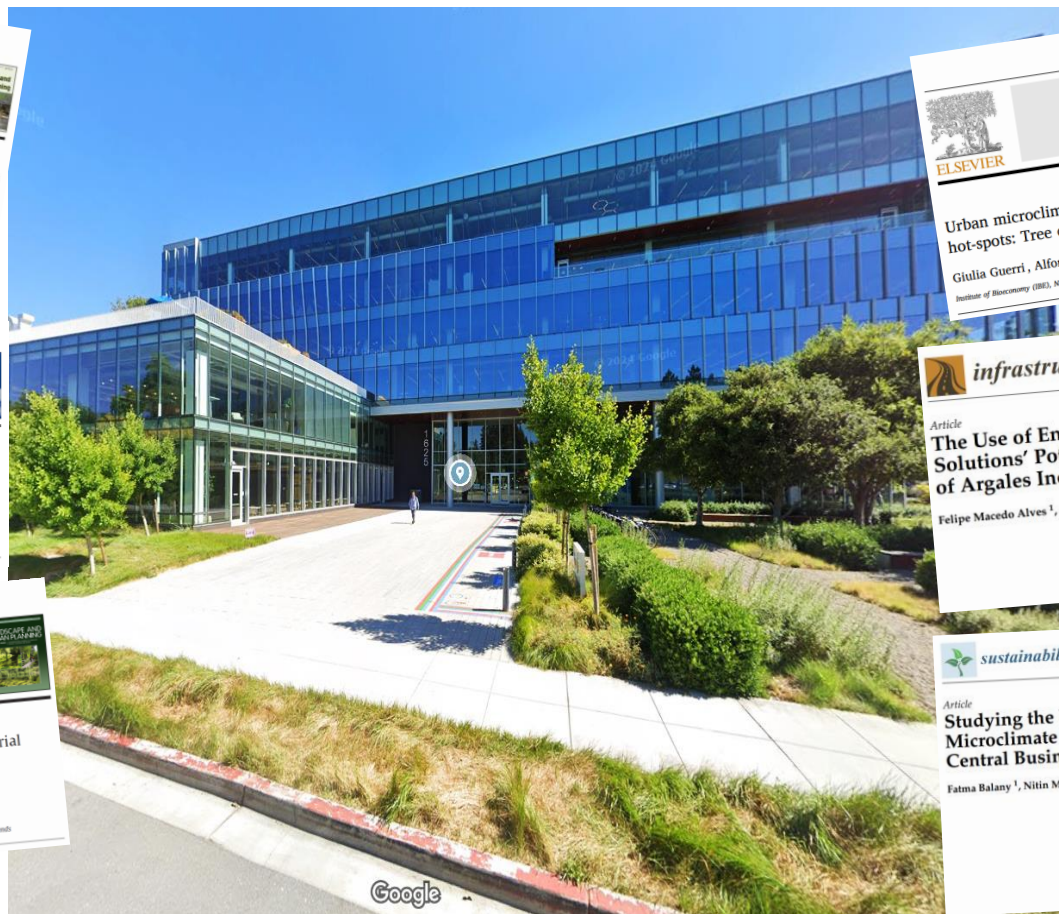




Biodiversiteit en klimaatadaptatie op bedrijventerreinen

Inzichten uit de huidige internationale wetenschappelijke literatuur



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Werklandschappen
van de Toekomst

Doel & opzet

Inleiding en doel literatuurstudie

Nederlandse bedrijventerreinen toekomstbestendig maken op het vlak van klimaatadaptatie en biodiversiteit is een opgave waar nog veel voor moet gebeuren. De meeste bedrijventerreinen zijn niet ingericht om klimaatimpacts of het verlies van biodiversiteit op te vangen. Om toch tot een effectieve aanpak te komen doe grootschalig kan worden ingezet, een van de doelen van het NGF Werklandschappen van de Toekomst programma, is gekozen voor een wetenschappelijke insteek. Onderdeel daarvan vormt deze literatuurstudie.

Het doel van de literatuurstudie is om een overzicht te krijgen van de state of the art van wetenschappelijk bewijs voor de doorwerking van vergroeningsmaatregelen (nature-based solutions e.d.) ten behoeve van klimaatadaptatie en biodiversiteit op bedrijventerreinen. De focus ligt op het verzamelen van wetenschappelijke kennis die in de Nederlandse context toepasbaar is en daarmee de transitie naar Werklandschappen van de Toekomst verder helpt. De analyse van bestaande literatuur dient vervolgens voor:

- Het verkennen of en hoe wetenschappelijk beschreven concepten, denkwijzen en innovaties uit de wereld van de biodiversiteit en klimaatadaptatie toepasbaar zijn op bedrijventerreinen. Dit is relevant voor het nader typeren van wat een werklandschap nu precies is, vanuit het perspectief van klimaatadaptatie en biodiversiteit.
- Het evalueren of bestaande kennis kwantitatieve of kwalitatieve inzichten geeft over de baten van groen ten behoeve van biodiversiteit en klimaatadaptatie op bedrijventerreinen, toepasbaar in de Nederlandse setting. Dit is relevant voor het opzetten van het systeem werklandschap (2025-2027) dat onderbouwde uitspraken kan doen over de klimaat- en biodiversiteitsbaten van groenblauwe maatregelen voor verschillende type bedrijventerreinen en -situaties.
- Het achterhalen welke wetenschappelijke kennis opgedaan op bedrijventerreinen nu wel en niet al aanwezig is. Dit is relevant voor vervolgonderzoek en innovaties binnen Werklandschappen van de Toekomst.

Selectie relevante publicaties

De wetenschappelijke literatuur is doorzocht met behulp van geëigende methoden van literatuuronderzoek. De zoekstrategieën in literatuurdatabanken richtten zich in eerste instantie op studies op bedrijventerreinen, en is aangevuld met publicaties met een bredere ruimtelijke context, waarin sleutelbegrippen binnen klimaatadaptatie (zoals nature-based solutions, resilience) en biodiversiteit (rewilding, urban ecology, etcetera) centraal stonden. Naast wetenschappelijke literatuur is ook aanwezige 'grijze literatuur', veelal Nederlands onderzoek, meegenomen.

Om de relevantie van studies te beoordelen, is onder meer gekeken naar de toepassingswaarde en vernieuwingswaarde van gepresenteerde inzichten en het wetenschappelijk gehalte van de studies. In bijlage 1 is de methode uitgebreider omschreven.

Presentatie bevindingen

De bevindingen uit deze literatuurstudie vormen een bouwsteen voor vervolgonderzoek dat Wageningen University & Research uitvoert naar klimaatadaptatie en natuurinclusieve bedrijventerreinen en waarvan rond 2027 de resultaten gepresenteerd zullen worden. Tegelijkertijd hopen wij dat de inzichten nu al hun weg vinden naar de bedrijventerein-praktijk. Om die reden is ervoor gekozen om de inzichten te presenteren op een toegankelijke manier: door de - voor de praktijk - belangrijkste bevindingen uit te lichten en de relevantie te duiden.

Leeswijzer

De literatuurstudie bestaat, naast deze inleidende pagina, uit de volgende onderdelen: een hoofdstuk over biodiversiteit, een hoofdstuk over klimaatadaptatie en een bijlage met daarin een onderzoeksverantwoording en een longlist met geraadpleegde publicaties. In de hoofdstukken Biodiversiteit en Klimaatadaptatie staat een samenvatting van de inzichten, met per inzicht een link naar het betreffende wetenschappelijk artikel. Per artikel is het inzicht en de relevantie benoemd, met vervolgens nadere details aan de hand van figuren uit de betreffende publicatie.

Bewijslast *Biodiversiteit* op bedrijventerreinen



Biodiversiteit- samenvatting inzichten

Samenvatting inzichten uit wetenschappelijk onderzoek

Locatie & opzet bedrijventerreinen

- [B1: Veel Nederlandse bedrijventerreinen liggen in de directe omgeving van natuurgebieden.](#)
- [B2: Met name in suburbane en peri-urbane gebieden kan het groen op bedrijventerreinen - in potentie - een strategische waarde vervullen in stedelijke ecologische netwerken.](#)
- [B3: Qua ontwerp en inrichting zijn er verschillende ruimtelijke strategieën om bedrijventerreinen natuurinclusief te maken: natuurinclusieve gebouwen, tijdelijke natuur, ecologisch beheer van bestaand groen, en grotere groendelen met een ecologische functie als stepping stone of eco-corridor.](#)

Inrichting & beheer publieke en private buitenruimte

- [B4: Sommige bedrijventerreinen kunnen door simpelweg het bestaand groen om te vormen en te beheren als ecologisch groen een wezenlijke bijdrage leveren aan de instandhouding van kwetsbare populaties van bedreigde dagvlindersoorten, als Groot dikkopje of Bruin blauwtje.](#)
- [B5: Voor de vogelrijkdom \(verscheidenheid, bijzonderheid\) op de bedrijfskavel is het ecologisch inrichten/beheren van de kavel belangrijker dan het ecologisch inrichten/beheren van de rest van het bedrijventerrein en omgeving. De vogels zitten daar op het bedrijventerrein \(kavel of elders\) waar de ecologische omstandigheden goed zijn.](#)

- [B6: Op grote industriële locaties \(havens e.d.\) kunnen \(beschermde\) soorten van braakliggende terreinen \(zoals de rugstreeppad\) met natuurbeheermaatregelen in de openbare ruimte tot het niveau van duurzame populaties worden gebracht.](#)

Inrichting & beheer bedrijfsgebouwen

- [B7: Er is voorsnog onvoldoende bewijs dat groendaken en groengevels een substantiële meerwaarde hebben in de samenhang van stedelijke habitats, gebaseerd op hun beperkte omvang, hun beperkte habitat kwaliteit op gebouwniveau en de beperkte vervangingswaarde die ze hebben voor andere stedelijke habitats.](#)
- [B8: Vegetatiedaken die voorzien zijn van een waterbergende laag onder het substraat, en uitgerust zijn met capillaire vezel-cilinders voor irrigatie, de zogenaamde blauw-groene daken, kunnen meer water bergen en dat ook in droge tijden capillair naar het substraat brengen om uitdroging te voorkomen. Hier ontwikkelt zich een zeer biodiverse vegetatie met inheemse soorten grassen en kruiden, die snel bevolkt worden door een breed scala van insecten.](#)
- [B9: Groengevels scoren qua soortenrijkdom van dieren iets minder dan natuurlijke kliffen, maar veel hoger dan kale gevels. Van de groengevels scoren modulaire vegetatiesystemen iets hoger dan klimplanten, en blijkt er ook veel spreiding te zijn binnen de groengeveltypen: de ene klimplantgevel is de andere niet.](#)
- [B10: Onderzoek naar vogelslachtoffers van botsingen met ramen van gebouwen laat zien dat vooral het oppervlak aan glas en de nabijheid van groen zorgen voor een hoger aantal slachtoffers. De mate waarin de ramen verlicht worden heeft ook een negatieve impact, maar die is kleiner.](#)

Biodiversiteit- relevante bronnen voor bewijslast

Bronnen

Cirkel, D.G., B.R. Voortman, T. van Veen and R.P. Bartholomeus. "Evaporation from (Blue-)Green Roofs: Assessing the Benefits of a Storage and Capillary Irrigation System Based on Measurements and Modeling." *Water* (2018), 10(9), 1253.

Hecht, K., L. Haan, H.A.B. Wösten, P. Hamel, S. Swaminathan and A. Jain. "Rocks and walls: Biodiversity and temperature regulation of natural cliffs and vertical greenery systems." *Building and Environment* 268 (2025) 112308.

Iknayan, K.J., S.K. Heath, S.B. Terrill, D.G. Wenny, S. Panlasigui, Y. Wang, E.E. Beller, E.N. Spotswoodet. "Patterns in bird and pollinator occupancy and richness in a mosaic of urban office parks across scales and seasons." *Ecology and Evolution* 14.3 (2024): e10958.

Loss, S.R., S. Lao, J.W. Eckles, A.W. Anderson, R.B. Blair and R.J. Turner. "Factors influencing bird-building collisions in the downtown area of a major North American city". *PLoS ONE* 14(11): e0224164.

Mayrand, F. and P. Clergeau. "Green Roofs and Green Walls for Biodiversity Conservation: A Contribution to Urban Connectivity?." *Sustainability* (2018), 10(4), 985.

Serret, R.R, J.C. Foltête, P. Clergeau, L. Simon and N Machon. "Potential contributions of green spaces at business sites to the ecological network in an urban agglomeration: The case of the Ile-de-France region, France." *Landscape and Urban Planning*, 131 (2014): 27-35.

Snep, R.P.H. (2009). Biodiversity conservation at business sites: options and opportunities. Wageningen University and Research.

Snep, R., E. van Ierland, and P. Opdam. "Enhancing biodiversity at business sites: What are the options, and which of these do stakeholders prefer?." *Landscape and Urban Planning* 91.1 (2009): 26-35.

Snep, R.P.H. and F.G.W.A. Ottburg. "The 'habitat backbone' as strategy to conserve pioneer species in dynamic port habitats: lessons from the natterjack toad (*Bufo calamita*) in the Port of Antwerp (Belgium)". *Landscape Ecol* 23, 1277–1289 (2008)

Snep, R.P.H., M.F. Wallis de Vries, and P. Opdam. "Conservation where people work: A role for business districts and industrial areas in enhancing endangered butterfly populations?." *Landscape and Urban Planning* 103.1 (2011): 94-101.



Bewijslast biodiversiteit

Locatie en opzet bedrijventerreinen





Inzicht

Veel Nederlandse bedrijventerreinen liggen in de directe omgeving van natuurgebieden.

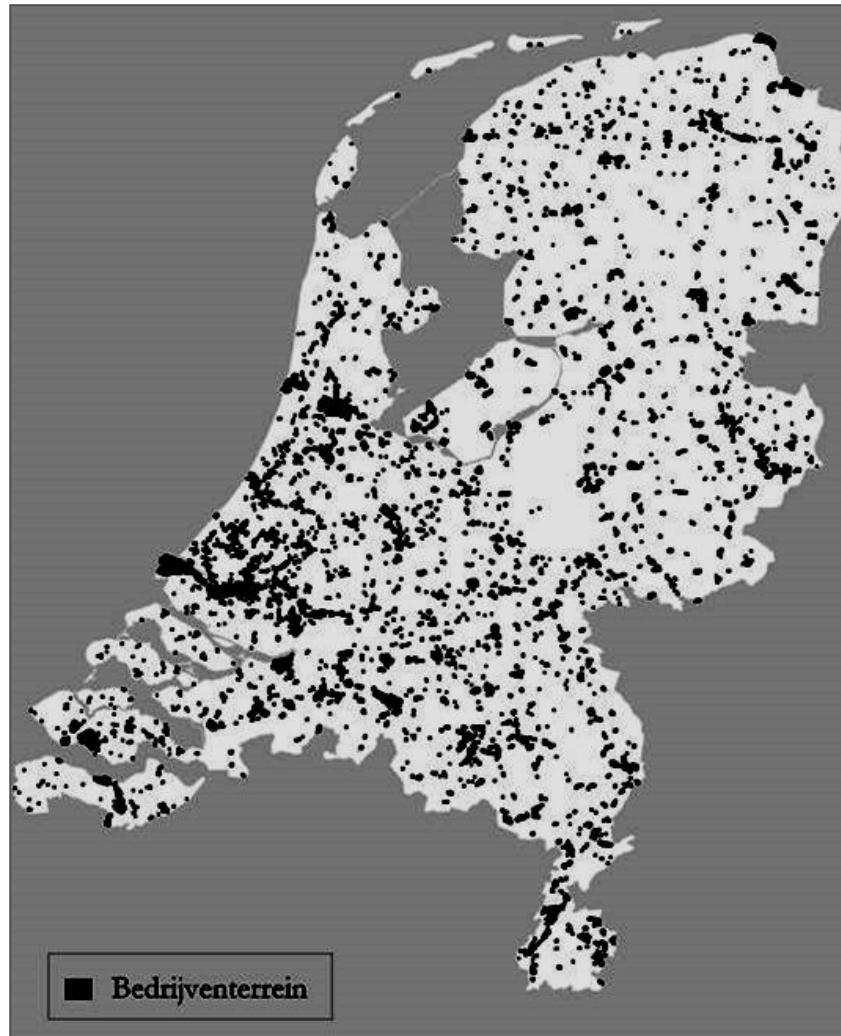
Relevantie

Dit maakt dat het inzetten op natuurmaatregelen op die bedrijventerreinen effectief kan zijn in het ondersteunen van lokale biodiversiteit.

Inzicht B1: Veel bedrijventerreinen nabij natuurgebieden



Bedrijventerreinen (kaart links) en het Natuurnetwerk Nederland (NNN) (kaart rechts) hebben beide een goede verspreiding over Nederland.

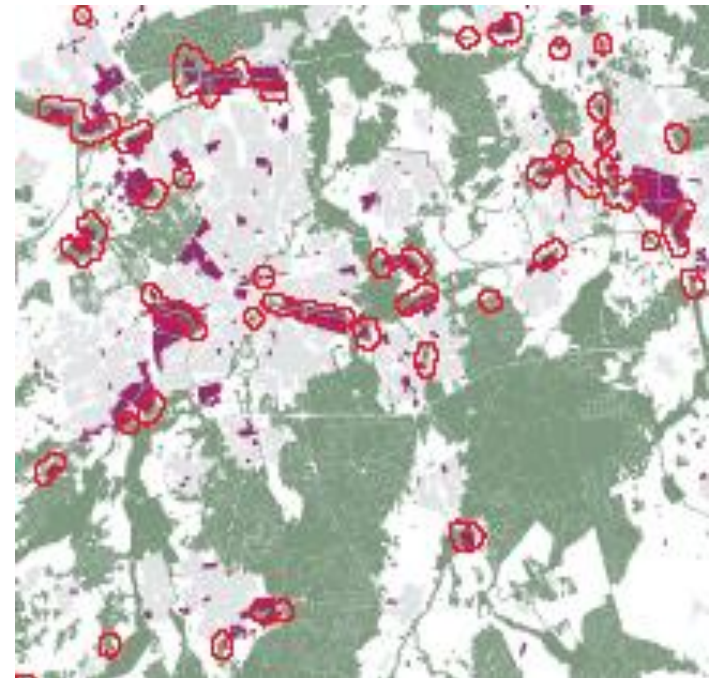


Inzicht B1: Veel bedrijventerreinen nabij natuurgebieden



Rode lijnen op kaartje: In de regio Eindhoven (als voorbeeld) is duidelijk te zien dat bedrijventerreinen (paars) in veel gevallen grenzen aan het Natuurnetwerk Nederland (groen). Het gaat dan vaak om kleine natuurterreinen en ecologische verbindingzones, maar in sommige gevallen liggen de bedrijventerreinen ook tegen grotere natuurterreinen aan.

In het eerste geval kan een ecologische inrichting van het bedrijventerrein een flinke versterking vormen van een fragiel deel van het natuurnetwerk. In het laatste geval kan een ecologische inrichting ervoor zorgen dat bijzondere soorten vanuit het natuurgebied een kijkje op het bedrijventerrein komen nemen.





Inzicht

Met name in suburbane en peri-urbane gebieden kan het groen op bedrijventerreinen - in potentie - een strategische waarde vervullen in stedelijke ecologische netwerken.

Relevantie

Bedrijventerreinen blijken door hun ligging en landgebruik een strategische rol te kunnen spelen voor het behoud van natuur in de buitenwijken en randen van steden. Al hoewel het nu vaak nog niet gezien wordt, kunnen ondernemers en andere bedrijventerrein-stakeholders dus met een ecologische inrichting van het groen op kavels en in de openbare ruimte ook de natuur in omliggende woonwijken ondersteunen. ' Meer natuur in je wijk dankzij het naastgelegen bedrijventerrein!'. Die maatschappelijke bijdrage die bedrijventerrein actoren voor lokaal natuurbehoud in omliggende stadswijken kunnen vervullen kan een extra argument zijn voor ondernemers om natuurinclusief te bouwen en dat ook uit te dragen.

Inzicht B2: Vergroening sub- en peri-urbane bedrijventerreinen meest waardevol



Een studie in de regio Parijs laat zien dat groene plekken (GSBS genoemd) op bedrijventerreinen (business sites) samen met andere groene plekken in de stad (parken, plantsoenen e.d.) (*other UGS patches* genoemd) onderdeel uitmaken van stedelijke netwerken van stadsgroen.

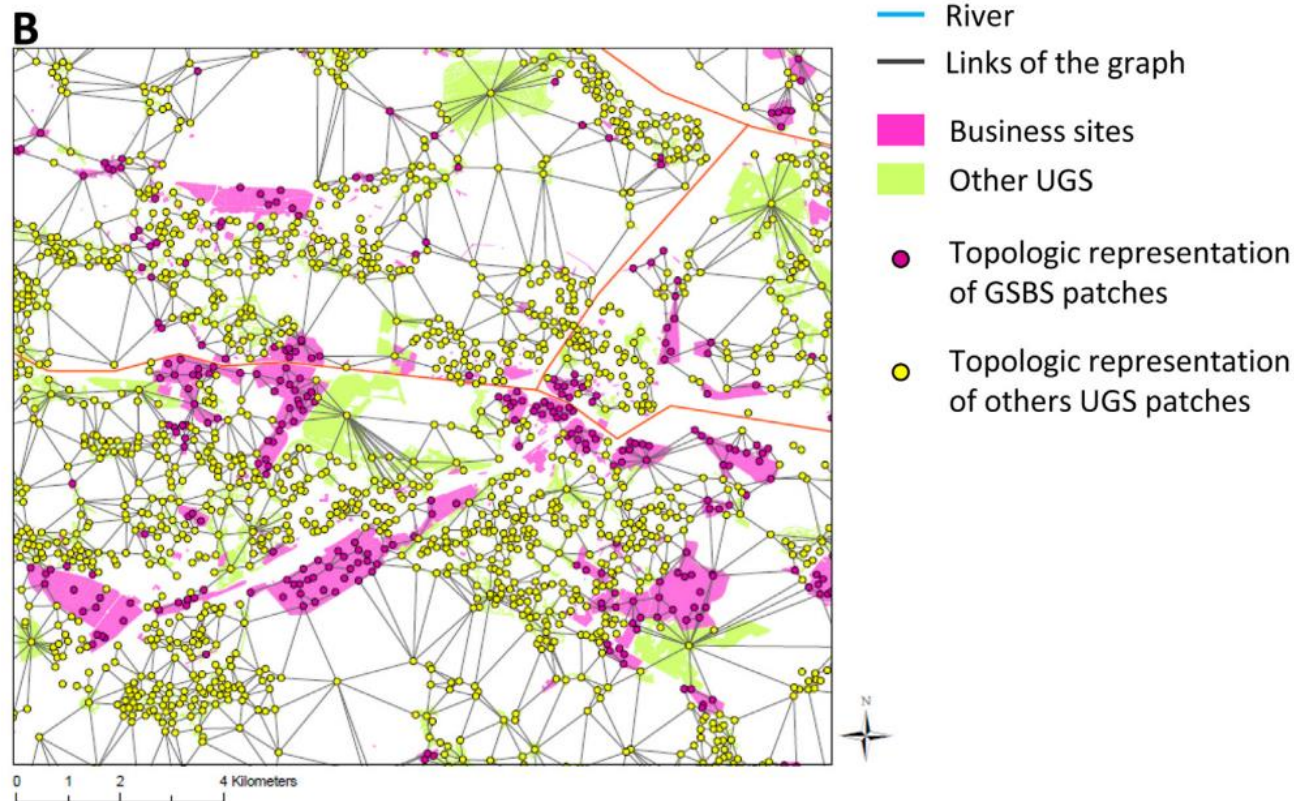


Fig. 4. (A) Topologic view of the graph generated with a threshold of 500 m. Only the links modelling the UGS network were represented. (B) Zoom of a part of the graph. Nodes corresponding to GSBS are represented with nodes corresponding to others UGS.

Inzicht B2: Vergroening sub- en peri-urbane bedrijventerreinen meest waardevol



De Parijse studie laat vervolgens zien dat de groene plekken (GSBS genoemd) op bedrijventerreinen (business sites) samen met andere groene plekken in de stad (parken, plantsoenen e.d.) (*other UGS patches* genoemd) onderdeel uitmaken van stedelijke netwerken van stadsgroen. Onderstaande grafieken laten zien de connectiviteit (= verbondenheid met andere groene plekken) op een afstand van 200, 500 en 1000 m (1 km) hoog is, vooral met groene plekken in suburbane gebieden en in mindere mate ook met plekken tegen stadscentra (peri-centre) en in de stadsrand (peri-urban). Met groenplekken midden in stadcentra (urban centre) is de verbondenheid 0, waarschijnlijk omdat er nauwelijks van dit soort groene plekken in centra te vinden zijn.

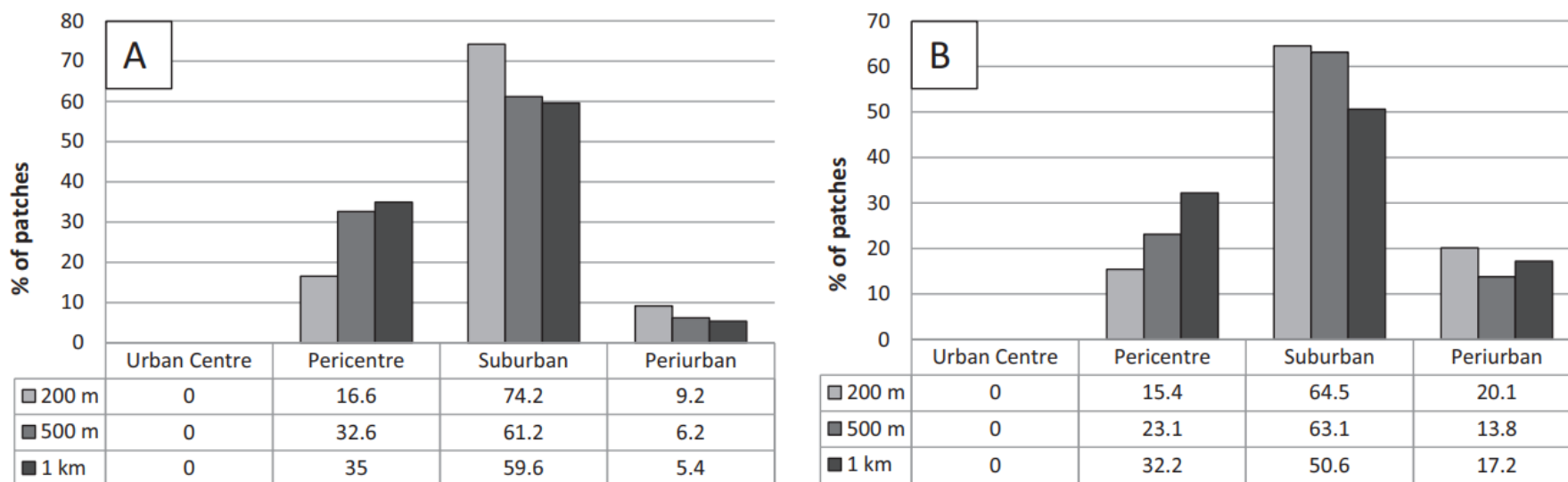


Fig. 5. Location of GSBS patches characterised as belonging to the first and second level of connectivity for *dPCflux* (A) and *dPCconnector* (B) metrics within different urban sectors.



Inzicht

Qua ontwerp en inrichting zijn er verschillende ruimtelijke strategieën om bedrijventerreinen natuurinclusief te maken: natuurinclusieve gebouwen, tijdelijke natuur, ecologisch beheer van bestaand groen, en grotere groendelen met een ecologische functie als stepping stone of eco-corridor.

Relevantie

Overzicht van de verschillende strategieën helpt partijen te bepalen welke mogelijkheden voor natuurinclusieve maatregelen het beste passen bij de bedrijventerrein(en) waar zij bij betrokken zijn.

NB: in de eerdere wetenschappelijke artikelen die besproken zijn, wordt dieper ingegaan op specifieke ruimtelijke strategieën zoals die van tijdelijke natuur (habitat backbone rugstreeppad), bedrijventerrein habitats als stepping stones (studie uit Parijs) en de rol van ecologisch beheer (dagvlinders).

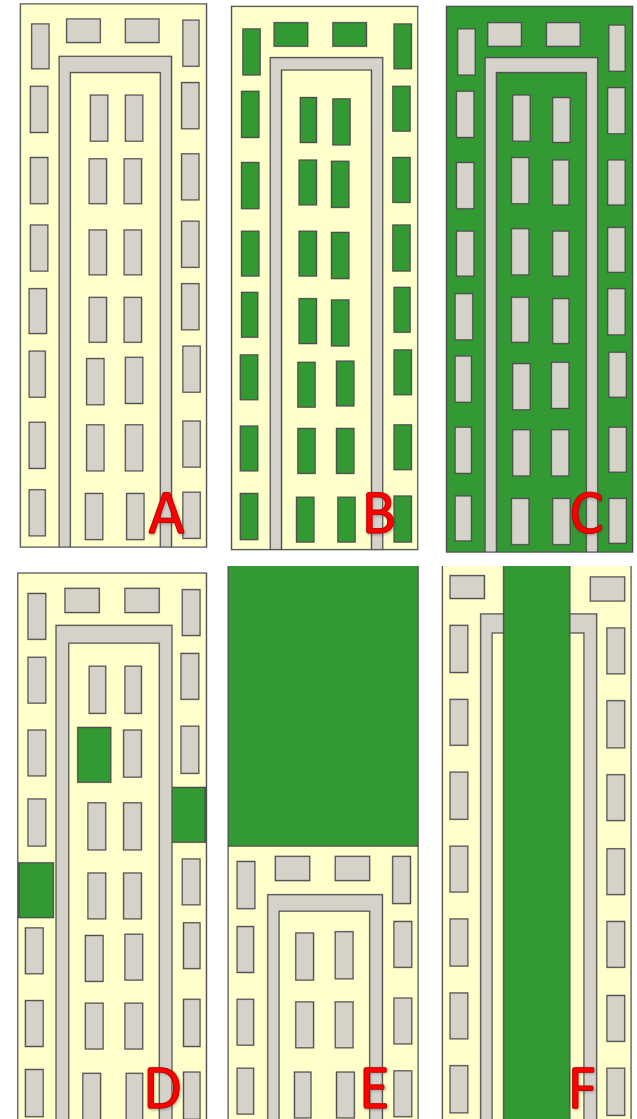
Inzicht B3: Verschillende inrichtingsmogelijkheden natuur



Vanuit de wetenschap worden verschillende ruimtelijke strategieën gepresenteerd om bedrijventerreinen ecologisch interessanter te maken. Ten opzichte van de reguliere situatie (A) zijn er de volgende opties:

- bedrijfsgebouwen natuurinclusiever maken (B),
- het bestaand bedrijfsgroen op kavels en in de openbare ruimte ecologisch inrichten en beheren (C),
- tijdelijke natuur op ongebruikte kavels zich laten ontwikkelen (D),
- een deel van het terrein inrichten als stepping stone voor natuur (E), en
- het aanbrengen van een ecologische verbindingszone op het terrein (F).

In de realiteit zijn niet alle opties overal toepasbaar: opties B (natuurinclusief gebouw), E (stepping stone) en F (eco-corridor) hebben de grootste kans van slagen als al in de ontwikkelfase hierop wordt ingezet, zodat gebouwen ook daadwerkelijk een groendak en andere maatregelen kunnen dragen en er in het stedenbouwkundige plan voldoende ruimte is voor stepping stone- of corridor-natuur.



Inzicht B3: Verschillende inrichtingsmogelijkheden natuur



In 2005 bleek uit een enquête onder stakeholders van bedrijventerreinen dat de bedrijventerreinen met een eigen groengebied (als stepping stone of corridor) het meest gewaardeerd werden, en ecologisch beheer van bestaand groen het minst. Anno 2025 zijn er op bestaande bedrijventerreinen in Nederland al wel de nodige voorbeelden van ecologisch beheer (e.g. BT Grote Polder in Zoeterwoude), en ook zijn er inmiddels bedrijfsgebouwen met groendaken/gevels (optie B).

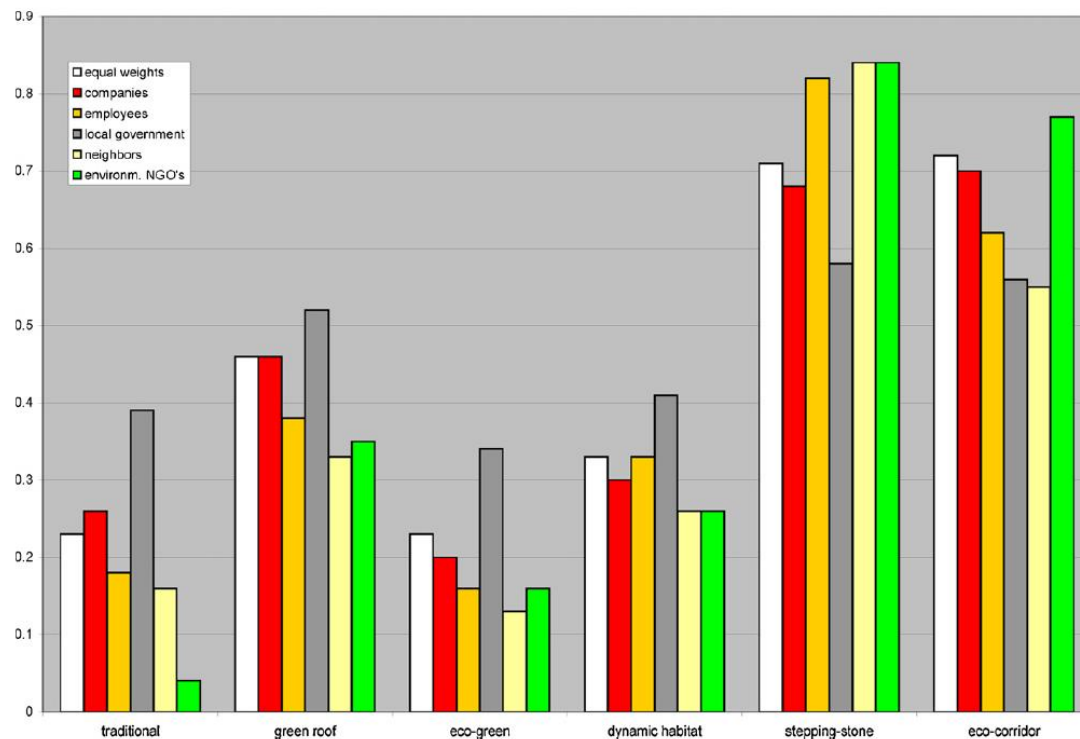


Fig. 3. Result of the ranking (using weighted summation) of business site scenarios (x-axis) that may enhance biodiversity, given for all stakeholder groups. On the y-axis the outcome of the weighted summation is provided. The white bar (left) at each scenario shows values calculated with equal weights, illustrating the situation in which every indicator is equally important.



Bewijslast biodiversiteit

Inrichting & beheer publieke en private buitenruimte





Inzicht

Sommige bedrijventerreinen kunnen door simpelweg het bestaand groen om te vormen en te beheren als ecologisch groen een wezenlijke bijdrage leveren aan de instandhouding van kwetsbare populaties van bedreigde dagvlindersoorten als Groot dikkopje of Bruin blauwtje.

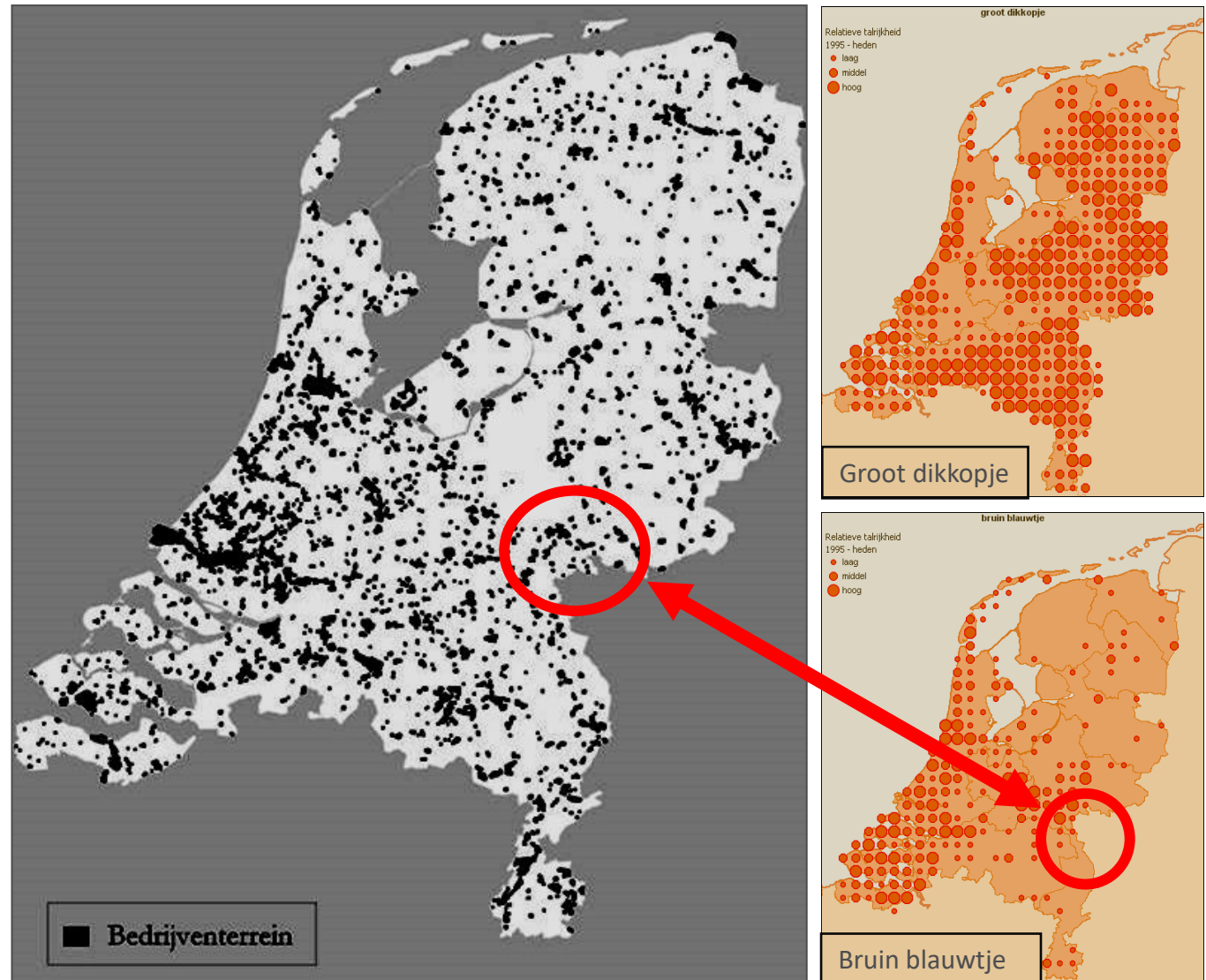
Relevantie

Soms wordt de vraag gesteld of ecologisch beheer op bedrijventerreinen wel zin heeft voor de natuur. Deze verkennende studie laat zien dat zelfs voor een aantal bedreigde vlindersoorten deze aanpak regionaal het verschil kan maken. Voor ondernemers die daadwerkelijk impact willen maken kan dat een stimulans zijn om tot die stap te komen.

Inzicht B4: Omvorming bestaand groen kan ook wezenlijk bijdragen



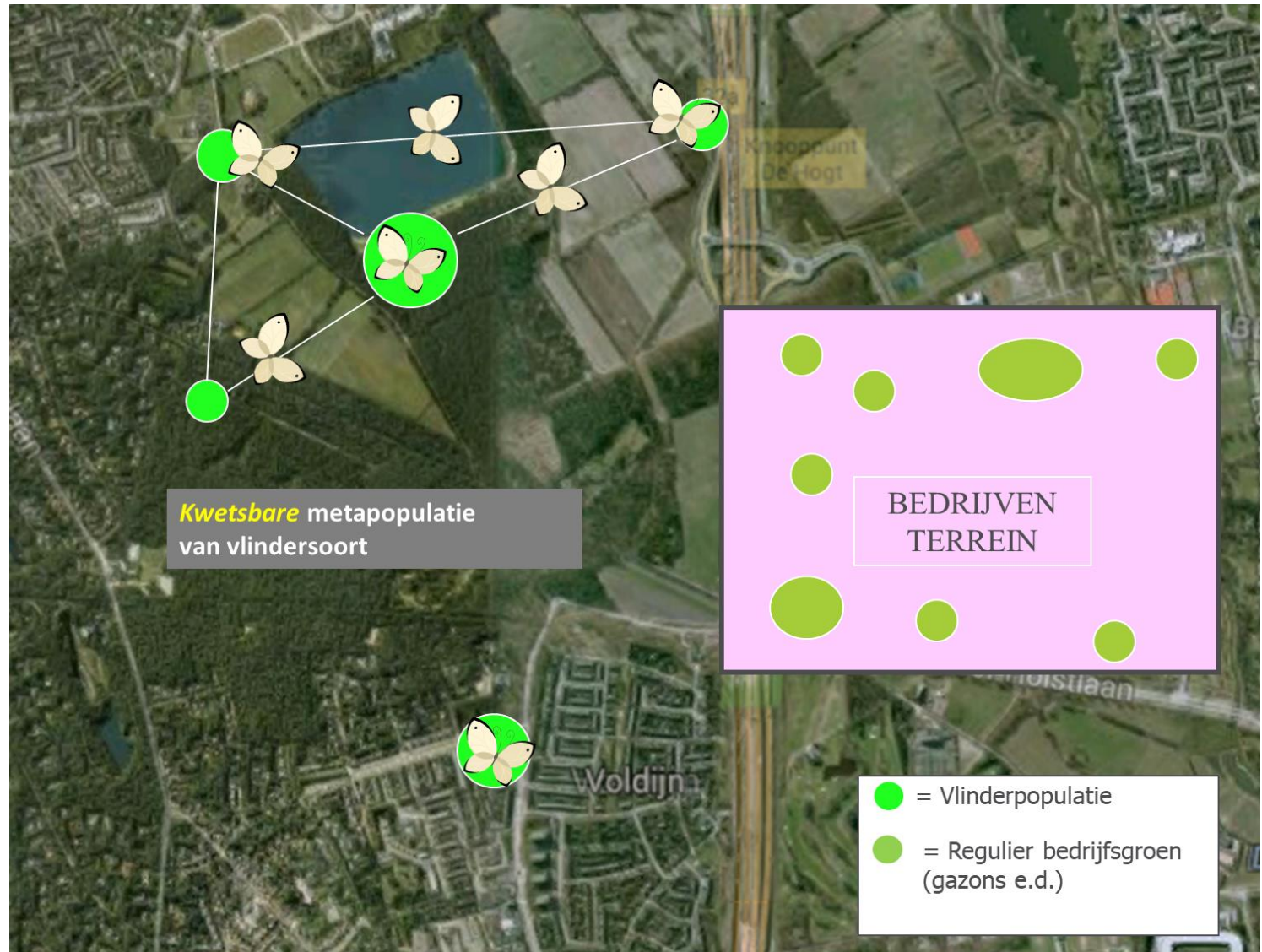
Links de kaart met de verspreiding van bedrijventerreinen in Nederland, rechts de verspreidingskaarten van bedreigde dagvlindersoorten: het Groot dikkopje en het Bruin blauwtje. Op veel plaatsen waar deze soorten voorkomen liggen ook bedrijventerreinen (als voorbeeld de rode cirkels). Naast deze soorten zijn in dit onderzoek (i.s.m. de Vlinderstichting) 6 andere dagvlindersoorten van braakliggende terreinen en bloemrijk grasland meegenomen.



Inzicht B4: Omvorming bestaand groen kan ook wezenlijk bijdragen



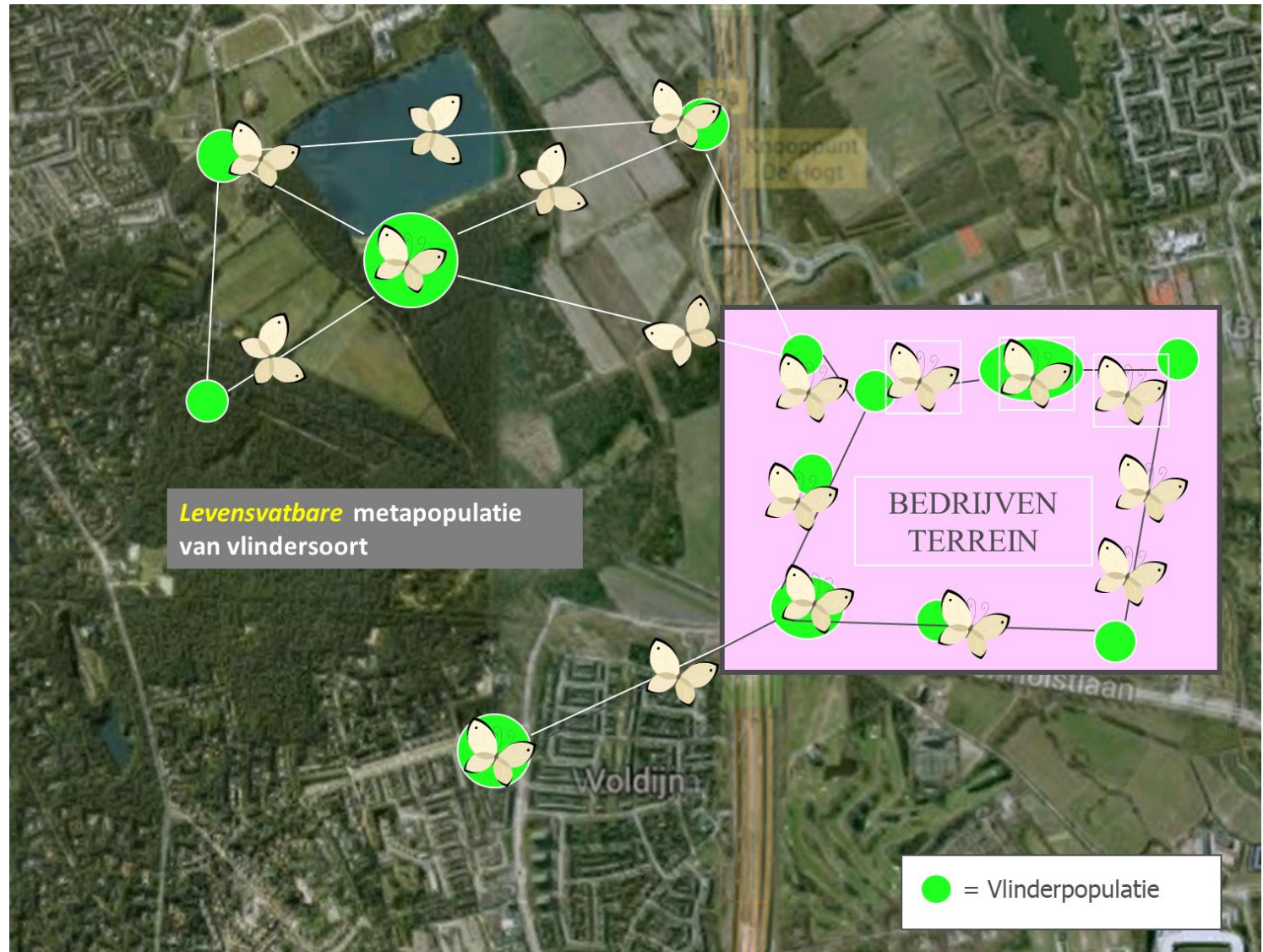
Onderzocht is of het omvormen van bestaand groen op bedrijventerreinen naar vlinderhabitat een bijdrage kan leveren aan het versterken van naburige kleine en kwetsbare vlinderpopulaties



Inzicht B4: Omvorming bestaand groen kan ook wezenlijk bijdragen



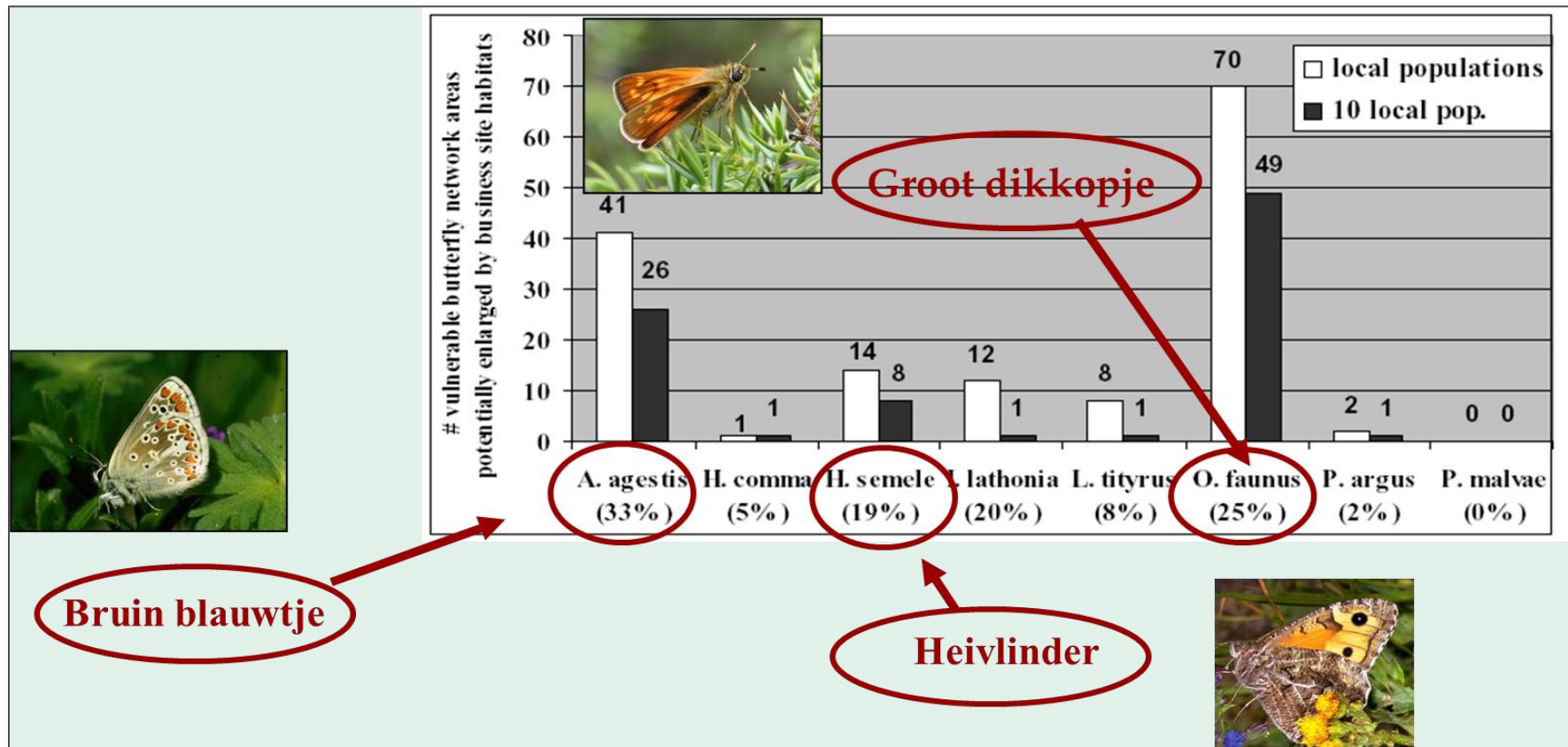
Door omvorming van regulier bedrijfsgroen, zoals gazons, naar bloemrijk grasland worden bedrijventerreinen interessant voor dagvlinders en ontstaat een voldoende groot netwerk aan habitats, dat een levensvatbare populatie kan ondersteunen.



Inzicht B4: Omvorming bestaand groen kan ook wezenlijk bijdragen



Resultaten uit het onderzoek laten zien dat van de 8 onderzochte bedreigde dagvlindersoorten, met name het Groot dikkopje, het Bruin blauwtje en de Heivlinder landelijk profiteren van vlinderhabitatontwikkeling op bedrijventerreinen in de buurt van hun kwetsbare populaties. Van deze soorten wordt respectievelijk 25%, 33% en 19% van de kwetsbare populaties in heel Nederland weer levensvatbaar. Natuur op bedrijventerreinen kan dus ook op landelijk niveau een belangrijke bijdrage aan natuurbehoud leveren.





Inzicht

Voor de vogelrijkdom (verscheidenheid, bijzonderheid) op de bedrijfskavel is het ecologisch inrichten/beheren van de kavel belangrijker dan het ecologisch inrichten/beheren van de rest van het bedrijventerrein en omgeving. De vogels zitten daar op het bedrijventerrein (kavel of elders) waar de ecologische omstandigheden goed zijn.

Relevantie

Voor bedrijven die op vlak van duurzaamheid met biodiversiteitsacties resultaten willen boeken *op eigen kavel* is bovenstaand inzicht van belang. Het helpt om te komen tot de juiste verwachtingen en laat ook zien dat het daadwerkelijk natuurinclusiever maken van het bedrijfskavel tot een grotere kans op bijzondere biodiversiteit leidt.

Inzicht B5: Voor resultaten op kavel ook maatregelen op kavelniveau nodig



In Silicon Valley (California, USA) heeft recent onderzoek plaatsgevonden naar de biodiversiteit van kantoorparken (zoals hieronder op foto), specifiek gericht op vogels en bestuivers (bijen, zweefvliegen, vlinders).



Bron: <https://homesbyspencerhsu.com/communities>

Inzicht B5: Voor resultaten op kavel ook maatregelen op kavelniveau nodig



Kantoren zitten vaak redelijk ruim in een 'groen jasje' waarbij het groen gevarieerd is opgebouwd.



Bron: Google Streetview December 2024

Inzicht B5: Voor resultaten op kavel ook maatregelen op kavelniveau nodig



Dat geldt ook voor parkeergarages.



Bron: Google Streetview December 2024

Inzicht B5: Voor resultaten op kavel ook maatregelen op kavelniveau nodig



Het groen is qua ecologische waarde niet overal even interessant



Bron: Google Streetview December 2024

Inzicht B5: Voor resultaten op kavel ook maatregelen op kavelniveau nodig



Maar veel bedrijfstuinen zijn met aandacht aangelegd.



Bron: Google Streetview December 2024

Inzicht B5: Voor resultaten op kavel ook maatregelen op kavelniveau nodig



Deze combi foto van de vorige twee foto's laat zien dat aandacht voor de uitstraling van de kantoorlocaties belangrijk wordt gevonden: ook de smalle strook links kent bomen, terwijl het groenvlak rechts goed gevarieerd is.



Bron: Google Streetview December 2024

Inzicht B5: Voor resultaten op kavel ook maatregelen op kavelniveau nodig

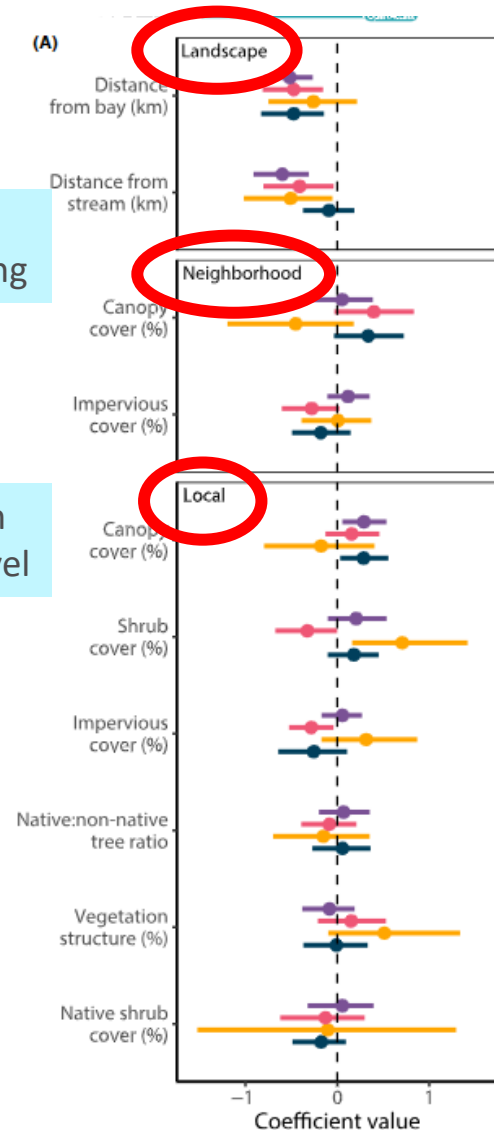


In het onderzoek is gekeken naar het landgebruik op bedrijventerreinen, zowel op kavelniveau (local) als op de niveaus van het bedrijventerrein (neighborhood) en de wijdere omgeving (landscape). In het onderzoek is onderzocht hoe het zit met de verstening, en de verschillende typen groen (bomen, struiken, mate van inheemse beplanting etc.).

Rechts de verschillende factoren die zijn meegenomen op de verschillende schaalniveaus.

1000 x 1000m
(1 km²) > BT + directe omgeving

100 x 100m
(1 ha) > kavel



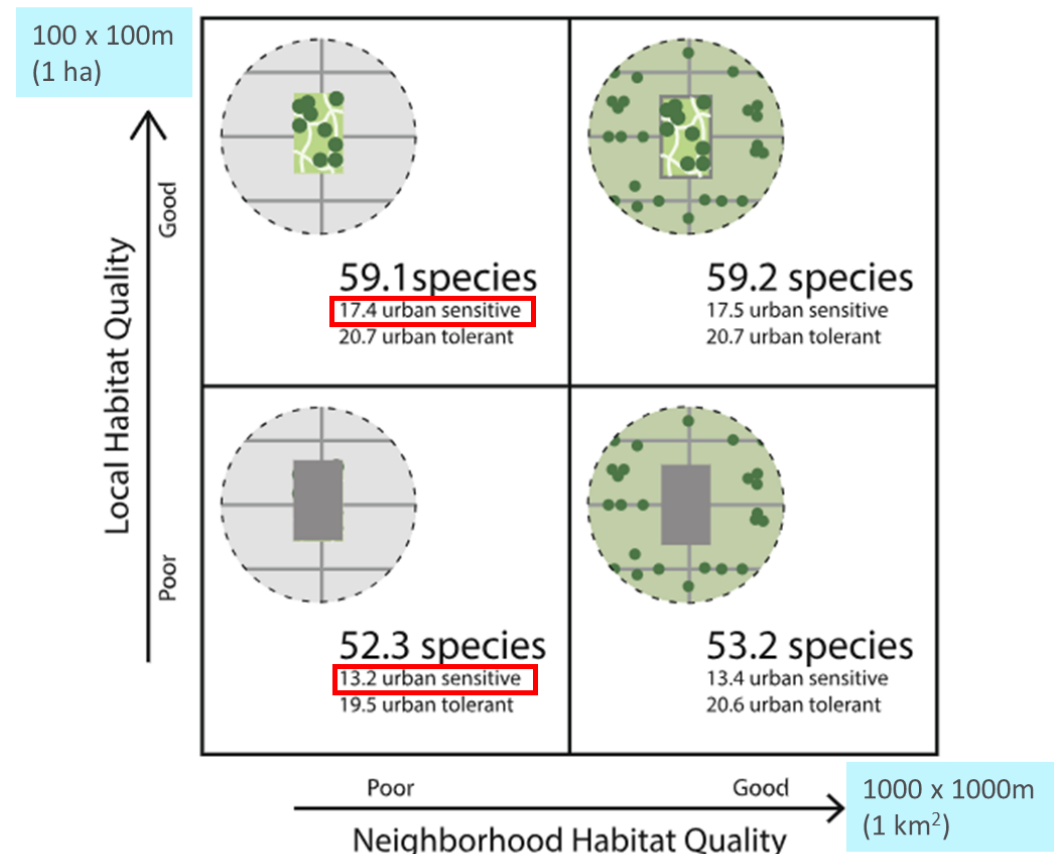
Inzicht B5: Voor resultaten op kavel ook maatregelen op kavelniveau nodig



Op basis van tellingen aan vogels en bestuivers is hieronder in de figuur aangegeven wat dit betekent voor verschillende situaties. Let op, de aantallen zijn specifiek voor Californië (USA), het gaat om de verschillen tussen de vier situaties!

Duidelijk is dat de situatie waarin de bedrijfskavel en omgeving weinig ecologische kwaliteit hebben (linksonder) de minste soorten (species) oplevert. Dat geldt ook voor bijzondere soorten in de stad, die heten hier 'urban sensitive'. Als alleen de ecologische kwaliteit van de omgeving verbetert (situatie rechtsonder) gebeurt er weinig qua natuur op het kavel. Pas als op de kavel ook maatregelen worden genomen die de ecologische kwaliteit vergroten (linksboven), wordt zowel het totaal aantal soorten (species) als het aantal bijzondere soorten (urban sensitive) groter.

Voor algemene en bijzondere soorten geldt dat als vervolgens ook de omgeving een betere ecologische kwaliteit heeft (rechtsboven), dit maar heel beperkt iets in aantallen toevoegt.





Inzicht

Op grote industriële locaties (havens e.d.) kunnen (beschermde) soorten van braakliggende terreinen (zoals de rugstreeppad) met natuurbeheermaatregelen in de openbare ruimte tot het niveau van duurzame populaties worden gebracht.

Relevantie

Nu worden op braakliggende terreinen in grootschalige industrie- en havengebieden soms beschermde soorten waargenomen, waardoor de economische ontwikkeling van die kavels hinder ondervindt. Door voor die soorten op natuurbeheer in de openbare ruimte van die bedrijventerreinen in te zetten, kunnen populaties van die soorten groeien. Uiteindelijk kan daarbij het niveau worden bereikt, waarbij het wegvallen van habitat op braakliggende kavels er niet meer toe doet (en men dus sneller kan ontwikkelen).

Het onderzoek is uitgevoerd voor de rugstreeppad in de Antwerpse haven, en heeft er toe geleid dat het havenbedrijf inderdaad de openbare ruimte in de haven voor rugstreeppadden heeft ingericht om daarmee gedoe met een streng beschermde soort als de rugstreeppad te minimaliseren.

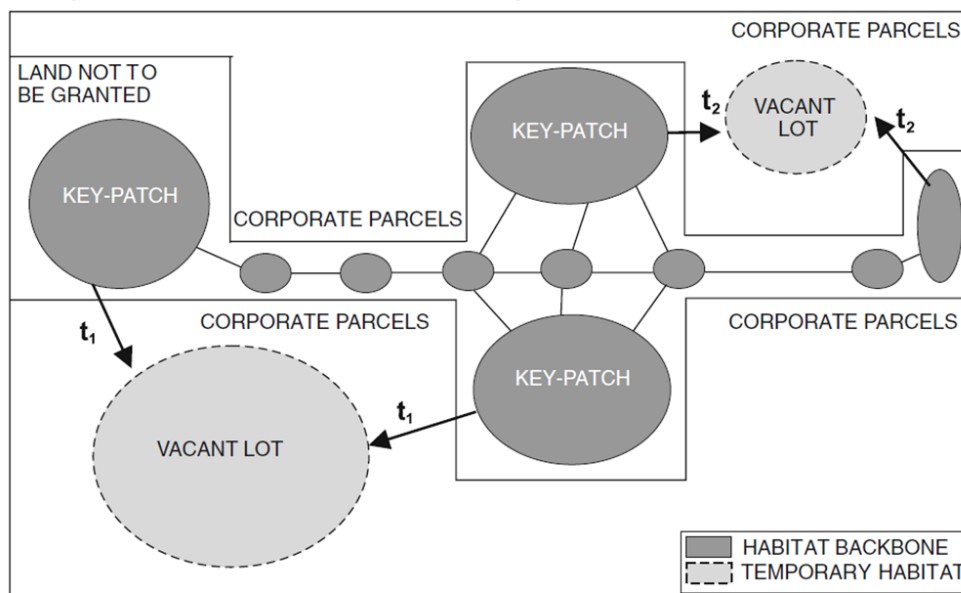
Inzicht B6: Ook op grote industriële locaties kansen voor duurzame populaties



Hieronder is het concept van de 'habitat backbone' toegelicht: de te ontwikkelen habitats in de openbare ruimte (donkergrijs) van de haven ('land not to be granted') fungeren als sleutelgebieden ('key patches') voor de rugstreep en vormen daarmee qua leefgebied een ruggengraat (habitat backbone) voor een duurzame populatie. Aangrenzende braakliggende kavels ('vacant lots', lichtgrijs) kunnen tijdelijk bezet worden door de soort, waarmee de totale populatie verder toeneemt. Mocht de soort op deze kavels (diervriendelijk) worden verplaatst, dan is de duurzame staat van instandhouding van de soort niet in het geding. Daarmee vormt de aanwezigheid van de soort dus geen obstakel voor economische ontwikkeling.

Fig. 1 Spatial and temporal aspects of the habitat backbone for a ground-dwelling pioneer species occurring in port areas. The schema (Fig. 1a) illustrates how the spatial structure of the habitat backbone (*permanent habitat*), adjacent to vacant lots (*temporary habitat*) on corporate lands, may impact the population dynamics of the species. At the moments t_1 and t_2 there are next to the habitat backbone also some vacant lots available, leading to a temporary increase in the population size (Fig. 1b). At other moments, the only habitat available is located in the habitat backbone, however this is still sufficient to accommodate a persistent population.

A Spatial structure of habitat backbone in port area



B Illustration of how population dynamics of target species may respond to temporary habitat adjacent to habitat backbone

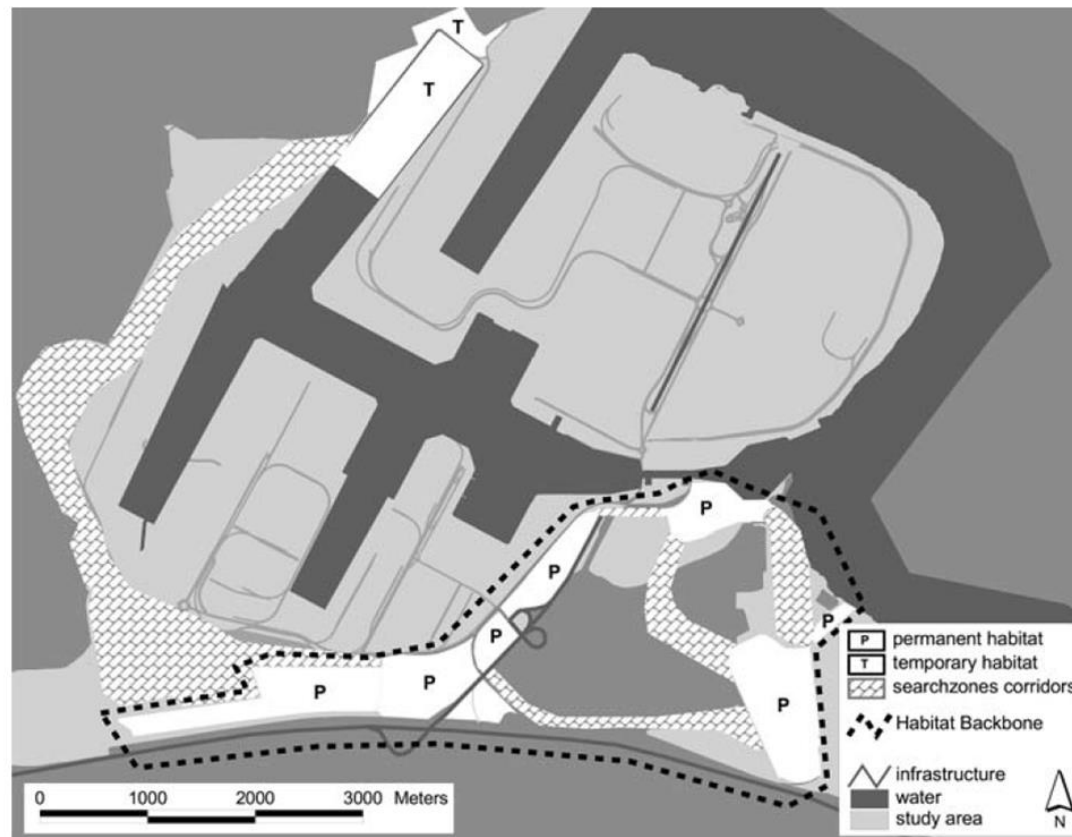


Inzicht B6: Ook op grote industriële locaties kansen voor duurzame populaties



Concrete uitwerking van het habitat backbone concept voor een deel van het Antwerpse havengebied: onderaan de kaart is een deel van de openbare ruimte te zien waarbinnen permanent habitat voor de rugstreeppad aanwezig is (P). Ook aangegeven zijn zoekgebieden voor de inrichting van ecologische corridors tussen dit permanent habitat. Bovenin delen van private kavels met braakliggend terrein die als tijdelijk habitat (T) fungeren.

Fig. 3 Location of the habitat backbone for the natterjack toad in the Port of Antwerp. The backbone consists of existing (see Fig. 2) and to be developed natural areas (both part of the port's ecological infrastructure). In total it will include seven key patches with permanent habitat, sufficient to guarantee the long-term survival of a large population. The natural areas (including an additional temporary habitat patch in the north-west of the study area) will in the near future be connected by ecological corridors for which the location is roughly indicated (by search zones)



Inzicht B6: Ook op grote industriële locaties kansen voor duurzame populaties



Braakliggend kavel



Europees beschermde rugstreeppad

Inzicht B6: Ook op grote industriële locaties kansen voor duurzame populaties



Ports and nature, striking a new balance

Making the Port of Antwerp more natural; ecological infrastructure network for the natterjack toad (*Bufo calamita*) on the left bank of the Scheldt

Application of the LARCH model to the natterjack toad in the Port of Antwerp on the left bank of the Scheldt as basis for the sustainable conservation of the species



F.G.W.A. Ottburg
R. Pouwels
P.A. Slim

Alterra Wageningen UR, Wageningen
Alterra-report 1376
May 2007

www.newdelta.org



Nieuws

[Home](#) > [Nieuws](#) > [Natuurbeheer en economische activiteiten in harmonie in Antwerpse haven](#)

Persbericht

- Antwerpse haven kent sterkste start ooit
- De haven van Antwerpen door de ogen van een gans: een unieke fototentoonstelling in het MAS Havenpaviljoen.
- Antwerpen speelt bereikbaarheidstroef uit op Intermodal South America
- Havengemeenschap tevreden met verlaging tol Liefkenshoektunnel tijdens de nachturen
- Paashaas neemt Zaha Hadidplein over op zaterdag 15 april
- Tank Storage Award voor Antwerpse haven
- Deurganckdok tijdens weekdagen de klok rond geopend
- Havenbedrijf stelt

Natuurbeheer en economische activiteiten in harmonie in Antwerpse haven

03 Jul 2014 | Het Antwerpse havengebied is een van de belangrijkste leefgebieden van Europees bedreigde soorten. Maar liefst 90 beschermde dier- en plantensoorten hebben hun leefgebied in de Antwerpse haven. Een belangrijk aantal van die beschermde soorten zijn bovendien havenspecifiek: ze zijn voor hun voortbestaan in Vlaanderen afhankelijk van leefgebieden en habitats die typisch zijn voor havengebieden.



Rugstreeppad

Wanneer er op bedrijfsterreinen in de Antwerpse haven beschermde soorten worden aangetroffen, mogen de economische activiteiten het voortbestaan van deze soorten niet in het gedrang brengen. Voor bedrijven biedt deze situatie niet meteen rechtszekerheid. Om hiervoor een duurzame oplossing te vinden, werd de voorbije jaren werk gemaakt van het Soortenbeschermingsprogramma Antwerpse haven. Hiermee zorgt de Antwerpse haven voor een primeur, want het is eerste gebiedsgericht programma dat in Vlaanderen werd goedgekeurd door de Vlaamse minister van Leefmilieu.

Het Soortenbeschermingsprogramma (SBP) heeft als doel beschermde soorten waarvoor het havengebied een belangrijke vindplaats is in stand te houden op het niveau van het havengebied, veeleer dan op het niveau van het individueel bedrijfsterrein. Door het realiseren van een netwerk van kerngebieden en corridors waar havenspecifieke fauna en flora zich kan ontwikkelen, krijgt de havenexploitatie en –ontwikkeling alle kansen waardoor economie en natuurbeheer in harmonie met elkaar kunnen bestaan. Anders gezegd, door ervoor te zorgen dat er een goede staat van instandhouding wordt bereikt voor de beschermde soorten in het ganse havengebied, hoeven individuele bedrijven niet meteen meer hun activiteiten anders in te richten wanneer ze op hun terrein bijvoorbeeld een beschermde rugstreeppad aantreffen.



Bewijslast biodiversiteit

Inrichting & beheer bedrijfsgebouwen





Inzicht

Er is vooralsnog onvoldoende bewijs dat groendaken en groengevels een substantiële meerwaarde hebben in de samenhang van stedelijke habitats, gebaseerd op hun beperkte omvang, hun beperkte habitat kwaliteit op gebouwniveau en de beperkte vervangingswaarde die ze hebben voor andere stedelijke habitats.

Relevantie

Dit lijkt een tegenvaller maar kan juist ook worden gezien als een opgave om groendaken en -gevels grootschaliger aan te leggen, en de abiotische condities (water, bodem) zo te maken dat het gevel- en dakgroen de kwaliteiten benadert van het ecologisch groen op het maaiveld om gebouwen heen. In dat licht is het interessant dat in de groendakontwikkeling de laatste jaren steeds meer technische innovaties komen om van de extreme milieus met uitheemse sedumsoorten naar meer gebufferde milieus met inheemse vegetaties te komen. Wat betreft de mogelijkheden tot opschalen van dak- en gevelgroen zijn bedrijventerreinen een interessant toepassingsgebied: het oppervlak aan onbenutte gevels en daken is hier enorm!

Inzicht B7: De meerwaarde van huidige groendaken en groengevels klein



In dit wetenschappelijk artikel door Franse onderzoekers is de vraag opgeworpen of groendaken en groene gevels van meerwaarde zijn voor de connectiviteit (=samenhang) tussen stedelijke habitats. Het artikel bespreekt de bestaande studies naar biodiversiteit op groendaken/gevels en bediscussieert op basis daarvan de meerwaarde voor Stadsnatuur op grotere schaal.



Figure 1. Species dispersal and vegetated buildings: “do they really contribute to urban connectivity?”.

Inzicht B7: De meerwaarde van huidige groendaken en groengevels klein



Onderstaand overzicht laat zien hoe verschillende typen groendaken en groene gevels een eigen microklimaat hebben dat verschilt van dat van de meeste stedelijke habitats op maaiveld. Vooral groendaken (tweede en derde kolom) zijn droger, heter en meer zonniger dan de meeste andere stadsbiotopen. Ze lijken het meest op habitats van braakliggende terreinen met pioniervegetaties (extensieve groendaken) of op graslanden (semi-intensieve, dus zwaardere groendaken). Klimplantgevels (laatste drie kolommen) lijken op klifnatuur en modulaire groengevelsystemen op watervalbiotopen, beide zijn soorten habitats die in nabijheid van de meeste steden ontbreken.

Table 3. Green walls and green roofs show different microclimates.

Local Conditions	Dry, Hot and Sunny		Dry Hot, Shaded or Sunny	Damp, Fresh, Shaded or Sunny	
Vegetated systems	Extensive roof	Semi-intensive roof	Green façade-climbing systems	Modular Living walls	Continuous living walls
Substrate	6–20 cm depth	10–25 cm depth	mineral-organic soil, organic compost	light weight mix or organic compost	-
Irrigation	never or periodically	periodically	never or periodically	moderate to height	height
Plant strata	mosses, succulents, herbaceous, grasses	herbaceous, grasses, shrubs	herbaceous and woody lianas	mosses, herbaceous, grasses, shrubs	mosses, herbaceous, grasses, shrubs
Analogue habitat	pioneer habitat, brownfield	grassland	cliff	waterfall	waterfall



Inzicht

Vegetatiedaken die voorzien zijn van een waterbergende laag onder het substraat, en uitgerust zijn met capillaire vezel-cilinders voor irrigatie, de zogenaamde blauw-groene daken, kunnen meer water bergen en dat ook in droge tijden capillair naar het substraat brengen om uitdroging te voorkomen. Hier ontwikkelt zich een zeer biodiverse vegetatie met inheemse soorten grassen en kruiden, die snel bevolkt worden door een breed scala van insecten.

Relevantie

Extensieve groendaken (met een dunne laag substraat) zijn gevoelig voor uitdroging. Als het substraat uitdroogt, stopt de verdamping van de planten (waardoor het dak en onderliggend gebouw opwarmen), sterven bloemen af (en hebben bestuivers dus geen voedsel meer), en kan uiteindelijk ook de hele vegetatie zover uitdrogen dat ze dood gaat. Dat laatste geldt vooral voor (inheemse) gras/kruidvegetaties, minder bij sedum (dat uitdrogingstoleranter is). Groendakconcepten die de waterbeschikbaarheid loskoppelen van het substraat (dus met een aparte waterbergingslaag) zijn aanzienlijk lichter dan intensieve groendaken (dikker substraatpakket, dus veel zwaarder) met een vergelijkbare waterbeschikbaarheid. De vegetatiedaken met waterberging en capillaire irrigatie zijn iets zwaarder dan de lichtste extensieve daken, maar bieden veel meer functionaliteit voor het gebouw en omgeving. Voor bedrijfsgebouwen die zo'n 100-120 kg/m² groendak kunnen dragen, zijn deze blauw-groene daksystemen een interessante mogelijke toepassing vanwege de baten voor verkoeling van het gebouw, uitzicht (vanaf omliggende panden) en bijdrage aan biodiversiteit.

Inzicht B8: Vegetatiedak met waterbergende laag bevordert biodiversiteit



Nederlands onderzoek (TKI Project SmartRoof 2.0, 2015-2018) naar het effect van een lichtgewicht uitvoering van een blauw-groen vegetatiedak systeem om een meer biodiverse beplanting te faciliteren. In dit nieuwe concept wordt in de 85 mm hoge drainagelaag onder het substraat regenwater opgeslagen en via capillaire vezelcilinders weer naar het substraat teruggevoerd bij droogte.

In de proefopzet op het dak in Amsterdam zijn drie situaties gemaakt:

- 1) Een conventioneel groendak met 4 cm substraat en zonder waterbergingslaag en capillaire irrigatie (plaatje midden).
- 2) Een groendak met dubbel zoveel substraat (8 cm) en een 30 mm waterbergingslaag, capillair (blauwe pijltjes) verbonden met het substraat (plaatje links).
- 3) Een groendak met 4 cm substraat (vergelijkbaar met conventioneel groendak) en een 30 mm waterbergingslaag, capillair (blauwe pijltjes) verbonden met het substraat (plaatje rechts).

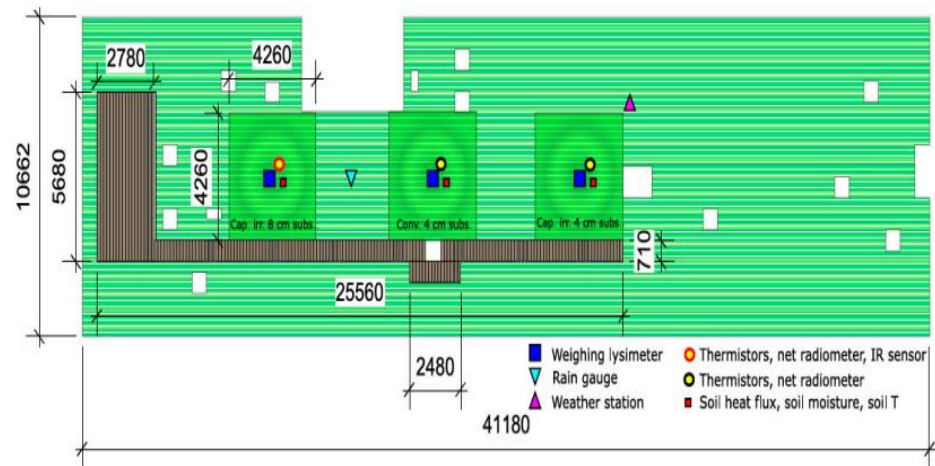


Figure 1. Top view of the three research plots (green squares) and locations of the different sensors. Distances are in mm. In brown is the inspection floor.



Figure 2. Schematic cross-sections of the three research plots. The left and right plot are equipped with the Permavoid drainage and capillary irrigation system.

Inzicht B8: Vegetatiedak met waterbergende laag bevordert biodiversiteit



De figuren rechts geven de daadwerkelijke plantverdamping (blauw) weer, met daar bovenop het tekort aan water om de potentiële (maximale) plantverdamping te halen (in rood). Links voor een Sedum beplanting, rechts voor een bloeiend grassen kruiden mengsel.

De bovenste rij voor een standaard groendak setup (geen extra waterberging), de middelste rij met 30 mm extra waterberging en de onderste rij met 80 mm waterberging in het systeem (maximaal).

De belangrijkste conclusies:

- Vanaf 30 mm extra wateropslag in combinatie met capillaire irrigatie zal het watertekort voor Sedum niet meer tot relevante groeiverliezen leiden. Dit is ook te verklaren met het feit dat Sedum van normale C3 fotosynthese kan schakelen naar de waterbesparende CAM-fotosynthese.
- Voor grassen en kruiden die veel meer water verdampen omdat ze alleen over C3 fotosynthese beschikken, is meer wateropslag nodig (tot 80 mm) om het ervaren watertekort te doen afnemen.

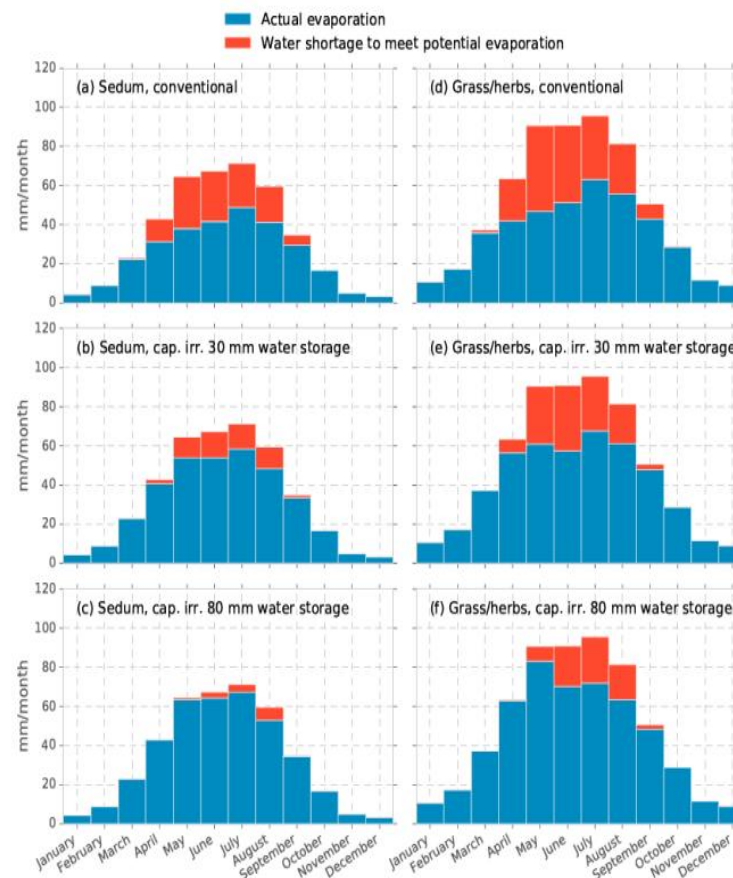


Figure 9. Long-term monthly mean evaporation and water shortage (difference between E_p and E_a) of six different green roof setups.

Inzicht B8: Vegetatiedak met waterbergende laag bevordert biodiversiteit

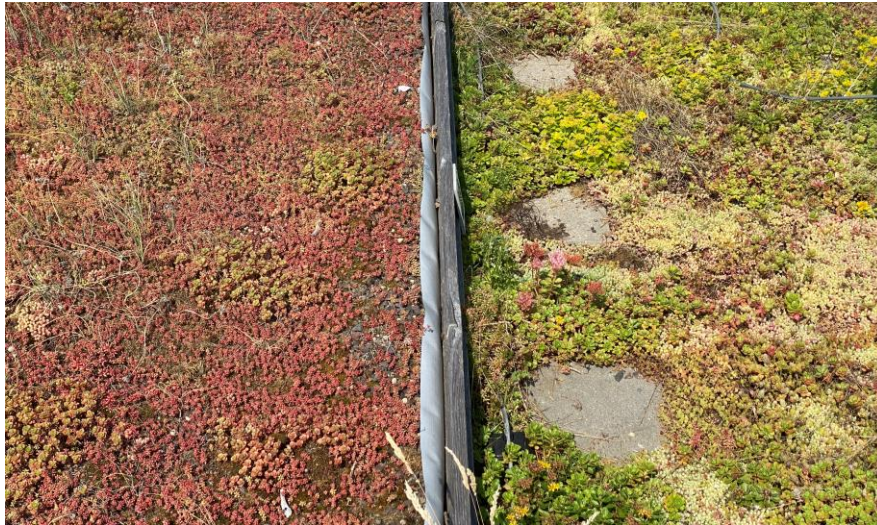


Foto boven: conventioneel Sedumdak, rechter foto's zelfde Sedumbepplanting op een blauw-groene onderbouw, beiden met 4 cm substraat.

Rechtsboven: bloeiende grassen en kruiden op Smartroof 2.0 in Amsterdam op de blauw-groene onderbouw met 8 cm substraat).

Rechtsonder: blauw-groen energiedak op gebouw Mannoury (TKI Urban PhotoSynthesis) met 6 cm substraat.





Inzicht

Groengevels scoren qua soortenrijkdom van dieren iets minder dan natuurlijke kliffen, maar veel hoger dan kale gevels. Van de groengevels scoren modulaire vegetatiesystemen iets hoger dan klimplanten, en blijkt er ook veel spreiding te zijn binnen de groengeveltypen: de ene klimplantgevel is de andere niet.

Relevantie

Als ondernemers inzetten op het vergroenen van gevels, heeft dat niet alleen voordelen voor de mens (uitzicht, koeling gebouw e.d.) maar ook voor de lokale biodiversiteit, zo laat dit onderzoek zien. De daadwerkelijke invulling van het groen (welke plantsoorten, welk type systeem) en de aard van de natuur in de directe omgeving maken daarbij ook een verschil: door ecologisch relevante soorten te planten en voor veel variatie in de vegetatiestructuur te zorgen ontstaat een meer biodiverse gevel. Als dat vervolgens op meer plaatsen in de directe omgeving van het bedrijfspand wordt gedaan, gaan de groene gevels bij elkaar een eigen habitat op het bedrijventerrein vormen.

Inzicht B9: Groengevels hebben potentie om bij te dragen aan biodiversiteit



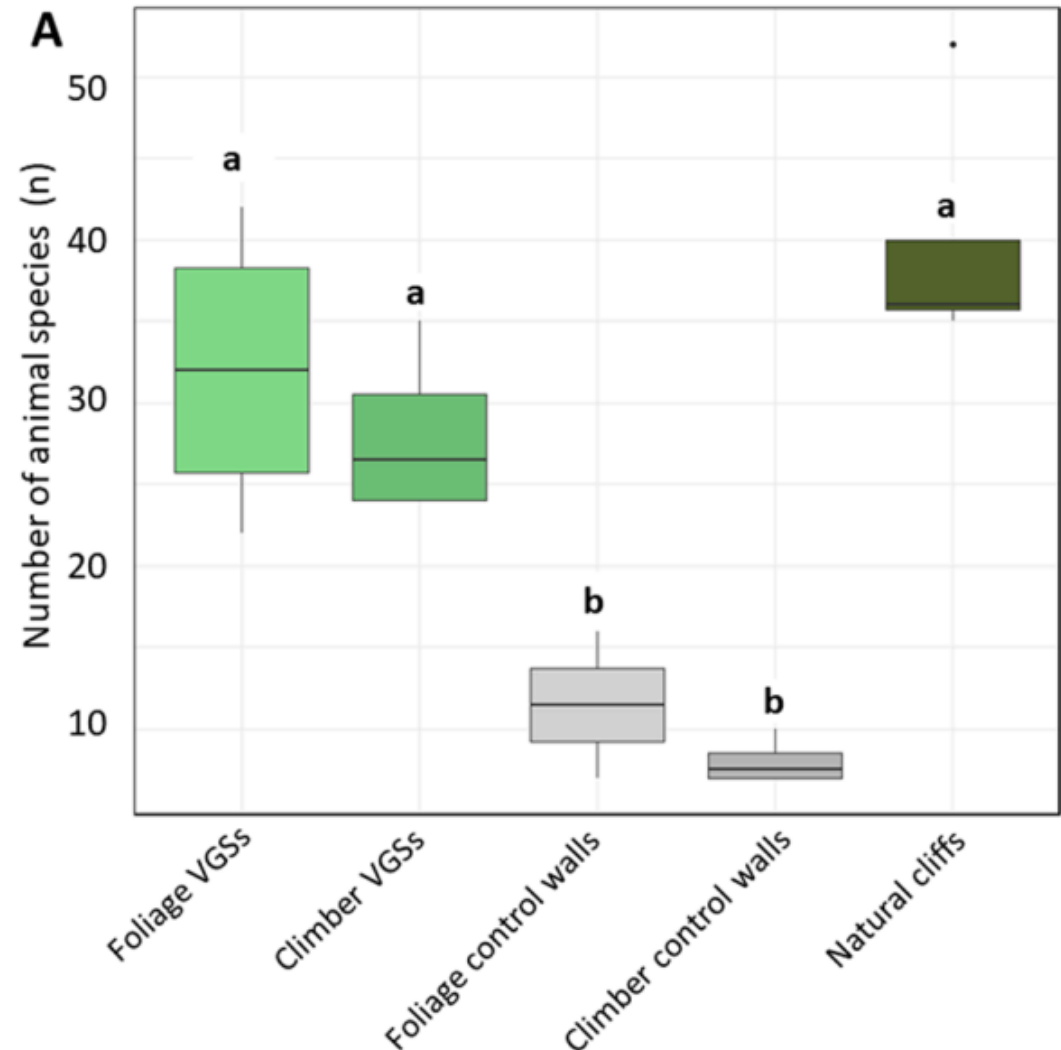
In biodiversiteitsonderzoek naar groene gevels zijn stenen gevels (control wall), met klimplanten begroeide gevels (climber VGS), gevels met modulaire vegetatiesystemen (foliage VGS) en natuurlijke kliffen (natural cliff) onderling vergeleken. Onderstaande illustratie laat niet alleen voorbeelden zien maar geeft ook inzicht in de dikte van de vegetatielaag van de verschillende situaties. Hoe dikker, hoe meer verschil in micromilieus en daarmee meer kansen voor verschillende soorten.



Inzicht B9: Groengevels hebben potentie om bij te dragen aan biodiversiteit



Qua diersoorten laat de grafiek duidelijk zien dat natuurlijke kliffen (natural cliffs) hoog scoren qua soortenrijkdom, dat modulaire vegetatiesystemen (foliage VGS) en gevels met klimplanten (climber VGS) ook veel soorten kennen (alhoewel er meer spreiding is in de resultaten, dus dat de ene groene gevel de andere niet is) en dat kale gevels (control walls) beduidend lager scoren.





Inzicht

Onderzoek naar vogelslachtoffers van botsingen met ramen van gebouwen laat zien dat vooral het oppervlak aan glas en de nabijheid van groen zorgen voor een hoger aantal slachtoffers. De mate waarin de ramen verlicht worden heeft ook een negatieve impact, maar die is kleiner.

Relevantie

Jaarlijks botsen wereldwijd miljoenen vogels tegen gebouwen, vaak met dodelijke afloop. In stedelijke gebieden zijn (grote) gebouwen met veel glas daarom een belangrijke oorzaak van sterfte onder vogels. In de architectuur van met name kantoorcomplexen maar ook andere bedrijfsgebouwen wordt veelvuldig met glas gewerkt. Als bedrijven zich meer bewust zijn van de negatieve impact hiervan op vogels, kunnen ze ervoor kiezen om vanuit het perspectief van vogels maatregelen te nemen om het aandeel slachtoffers te verminderen. Maatregelen kunnen op stedenbouwkundig niveau (positionering groen <> gebouw) en op architectonisch niveau (expositie gebouw, materiaalgebruik, mitigerende folies e.d.) worden genomen.

Inzicht B10: Kans op vogelsterfte door glazen wanden



Een illustratie van hoe 1 gebouw jaarlijks tot ruim 100 botsingen van vogels leidt, waarvan ruim twee derde dodelijk.

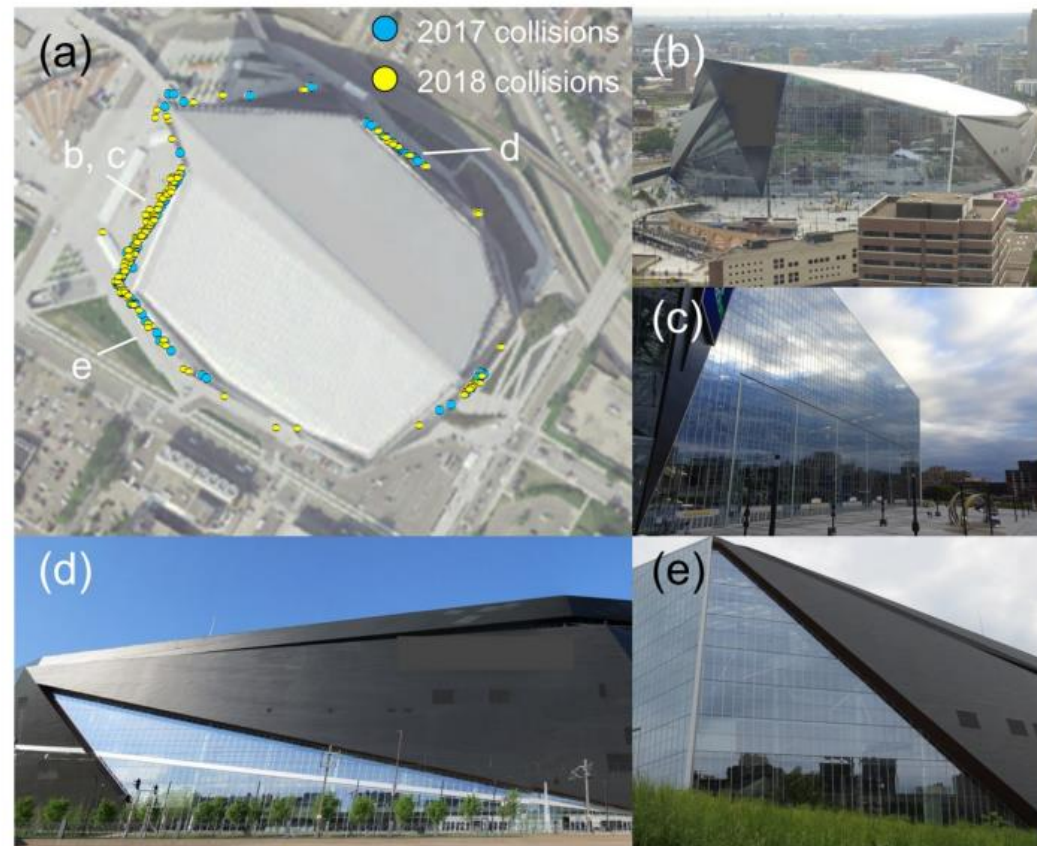


Fig 2. Bird collisions at U.S. Bank stadium. (a) Locations of 229 bird collisions (159 fatal collisions; 70 non-fatal collisions; 95 collisions in 2017; 134 in 2018) observed during monitoring at U.S. Bank Stadium in downtown Minneapolis, Minnesota, USA, 2017–2018; Points include carcasses potentially resulting from predation events and bird collisions with skyways (i.e., the high raw counts described in the text). (b, c) the largest unbroken span of glass (~6,000 m²) where 52% of all collisions at the stadium occurred; (d) a glass surface on the northeast façade where 11% of collisions occurred; (e) a glass surface on the southwest façade where 17% of collisions occurred. Image sources: USGS National Map Viewer NAIP Plus aerial imagery (a); the authors (b-e).

Inzicht B10: Kans op vogelsterfte door glazen wanden



Resultaten van het onderzoek laten zien dat er relaties zijn tussen het oppervlak glas, aandeel verlichte ramen en nabijheid van groen enerzijds en het aantal botsingen anderzijds. Duidelijk is dat hoe meer glas, hoe meer slachtoffers, en dat glazen gebouwen in een groene setting (=vogelhabitat) tot veel botsingen leiden.

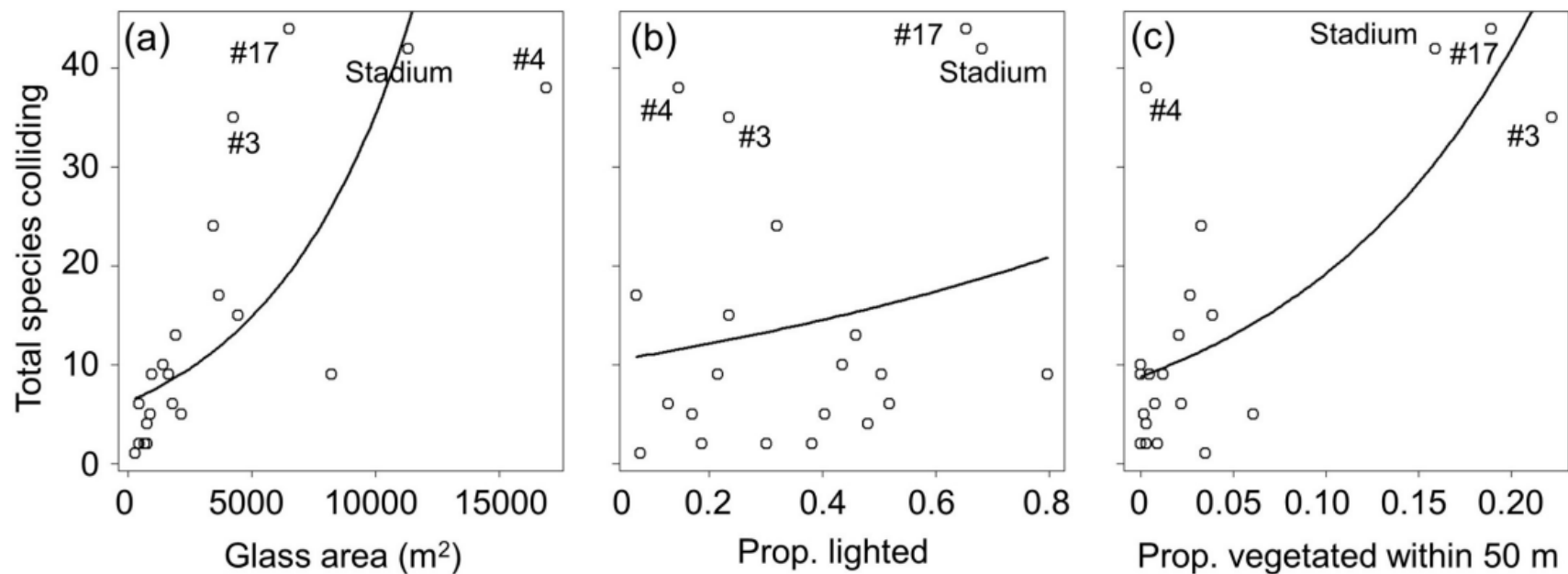


Fig 4. Correlates of numbers of species colliding (all buildings). Relationships between total numbers of species observed as casualties (including both fatal and non-fatal collisions) and (a) glass area, (b) proportion of glass area with lighting emitted at night, and (c) proportion of land covered by vegetation within 50 m. The four buildings estimated to cause the greatest numbers of collisions, including the stadium, are labelled (numbers represent unique numeric codes used for purposes of current study); For results based on 17 buildings with these 4 potential outliers removed, see text and S2 Fig.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224164.g004>

Bewijslast *Klimaatadaptatie* op bedrijventerreinen



Klimaatadaptatie- samenvatting inzichten (1)

Samenvatting inzichten uit wetenschappelijk onderzoek

Hitte buitenruimte

- [K1: Er bestaan geschikte klimaatsimulatieprogramma's die de werkelijkheid op een vrij nauwkeurige manier kunnen benaderen. Hoewel er een grote overlap zit tussen metingen en de gemodelleerde klimaatparameters is er wel een afwijking. Er vallen dus aan de hand van de output geen garanties te stellen over exacte waarden, wel kan dit programma gebruikt worden voor een goede indicatie én om verschillende inrichtingsscenario's onderling te vergelijken.](#)
- [K2: Bomen hebben een impact op de temperatuur op bedrijventerreinen: ze bieden schaduw en absorberen straling en verdampen water, waardoor ze de luchttemperatuur en de oppervlaktetemperatuur om hen heen verlagen. Dit werkt door op een lagere stralingstemperatuur \(Mean Radiant Temperature, MRT\) en een lagere gevoelstemperatuur. Dat effect is vooral lokaal onder de boomkroon \(m2-niveau\), niet op het niveau van het gehele bedrijventerrein \(ha-niveau\).](#)
- [K3: Tijdens hittegolven kan in de schaduw van bomen met een dicht bladerdek de gevoelstemperatuur tot ruim 10 graden lager liggen dan buiten de schaduw. De temperatuur van versteende oppervlakten is in die schaduw ruim 20 graden koeler, de luchttemperatuur een paar graden lager.](#)
- [K4: De mate waarin onder bomen een lagere temperatuur heerst dan daarbuiten, verschilt per ondergrond. Bij bestrating is het verschil met en zonder boomschaduw veel groter dan bij gras. Dit komt omdat bestrating nu eenmaal harder opwarmt dan gras, en boomschaduw dus een groter verschil maakt.](#)
- [K5: Om tot voldoende schaduwwerking en daarmee tot voldoende koeling te komen is het cruciaal dat bomen een hoge bladbedekking en een lage boomkroon hebben. De bladdichtheid en boomkroonvorm verschillen per boomsoort.](#)
- [K6: Verdamping draagt bij aan verkoeling, hoewel dit niet zoveel is als de verkoelende werking van schaduw. Bomen verdampen significant meer wanneer ze in een waterdoorlatende oppervlakte staan, wat belangrijk is voor boomgroei. Op deze wijze is een vitale boom te realiseren die bijdraagt aan allerlei ecosysteemdiensten.](#)
- [K7: De boomsoortkeuze heeft significant invloed op de verkoelingspotentie. Sommige boomeigenschappen werken op verkoeling door schaduw, en andere op een verhoogde verdamping. Het is belangrijk om de boomkeuze te laten aansluiten bij lokale omgevingseigenschappen -zoals waterbeschikbaarheid- om de grootste verkoeling te genereren. Zo verkoelen over het algemeen bomen met dunne, donkere bladeren het meeste. Verder speelt de bladdichtheid een grote rol voor schaduwwerking.](#)
- [K8: De kroonvorm van de boom \(cilindervormig, bolvormig of kegelvormig\) heeft slechts een zeer minimaal effect op het koelend vermogen van de boom.](#)
- [K9: De locatie en oriëntatie van vergroeningsmaatregelen zijn van invloed op het te bereiken koelingseffect. Met klimaatsimulaties kan hierin tot een optimale keuze gekomen worden.](#)

Klimaatadaptatie- samenvatting inzichten (2)

Samenvatting inzichten uit wetenschappelijk onderzoek

- [K10: Hoewel bomen voor hittebeperking een zeer effectieve oplossing zijn, is het inzetten van bomen vanwege beperkte ruimte op kavels en overige buitenruimte niet overal mogelijk. Groendaken en -gevels kunnen ook koelen, maar het uitstralend koelingseffect naar de omgeving is verwaarloosbaar klein.](#)

Hitte in bedrijfsgebouwen

- [K11: Hoewel groengevels een minimaal effect hebben op het omgevingsklimaat, dragen groengevels via verschillende mechanismen wel significant bij aan het koelen van gebouwen. Dit effect is bij hittegolven duidelijk waarneembaar middels infrarood camera's.](#)
- [K12: Uit metingen in experimenteel onderzoek blijkt dat de binnentemperatuur van met klimplanten begroeide modelgebouwen aanzienlijk minder opwarmt \(4.9-7.4 graden\) dan een modelgebouw zonder klimplanten. Van de geteste klimplanten blijkt klimop daarbij het beste het gebouw tegen hitte te isoleren.](#)

Wateroverlast op bedrijventerreinen

- [K13: De meeste vergroeningsmaatregelen presteren goed in het voorkomen van teveel run-off \(water naar riool\), mits de intensiteit van de buien laag is \(ca. 2mm/u\). Dit is ongeacht de duur \(paar uur of enkele dagen\) van de regenbui.](#)

- [K14: De effectiviteit van vergroeningsmaatregelen voor hemelwaterinfiltratie neemt pas af vanaf een zeer extreme regenbui \(1/100 jaar\). Dit is echter afhankelijk van factoren zoals infiltratiecapaciteit van de bodem.](#)
- [K15: Bij een toevoeging van 5%, 10% en 15% van het oppervlakte aan groen, valt het hemelwater respectievelijk terug te dringen naar: 96%, 88% en 76% tijdens extreme regenbuien \(die minder dan 1/100 jaar voorkomen\). Het vergroten van de groenfractie heeft dus direct invloed op de hoeveelheid water dat is af te vangen. Uit dit onderzoek blijkt ook dat een grotere hoeveelheid groen in het begin exponentieel werkt voor waterberging.](#)
- [K16: Wanneer extensieve maatregelen getroffen worden om wateroverlast te beperken, is een significante hoeveelheid van de zware regenbuien te bergen. Ongeveer ¼ van het hemelwater valt te infiltreren bij een 40mm per dag regenbui. Het KNMI classificeert 50mm per dag regen als een dag met zware neerslag. Deze uitkomst komt tot stand bij een toevoeging van 40% Low Impact Developments \(LID\). In de toekomst streven we naar een grotere fractie waardoor de infiltratie nog hoger zal zijn.](#)
- [K17: Raingardens \(infiltratietuinen\) kunnen een bijdrage leveren aan het verminderen van de wateroverlast. Onderzoek laat zien dat raingardens 10-20% tot meer dan 70% van het piekbui-water kunnen opvangen, afhankelijk van de lokale setting en de omvang en duur van de bui.](#)

Klimaatadaptatie- relevante bronnen voor bewijslast

Bronnen

- Alves, F.M., A. Gonçalves, M.R. del Caz-Enjuto, The use of envi-met for the assessment of nature-based solutions' potential benefits in industrial parks—a case study of argales industrial park (valladolid, Spain), Infrastructure 7 (2022) 85.
- Bajšanski, I., S. Savić, J. Dunjić, D. Milošević, V. Stojaković, B. Tepavčević, Mitigating urban heat island effects using trees in planters with varied crown shapes, Energy and Buildings, Volume 325, 2024, 115034.
- Balany F, Muttill N, Muthukumaran S, Wong MS, Ng AWM., 2022. Studying the Effect of Blue-Green Infrastructure on Microclimate and Human Thermal Comfort in Melbourne's Central Business District. Sustainability.14(15):9057.
- Guerri, G., A. Crisci and M. Morabito, 2023. Urban microclimate simulations based on GIS data to mitigate thermal hot-spots: Tree design scenarios in an industrial area of Florence, Building and Environment, Volume 245.
- Kim J, Lee J, Song Y, Han H, Joo J. Modeling the Runoff Reduction Effect of Low Impact Development Installations in an Industrial Area, South Korea. Water. 2018; 10(8):967.
- Ottelé, M. "The green building envelope." Vertical Greening, Delft (2011).
- Rahman, M.A., C. Hartmann, A. Moser-Reischl, M.Freifrau von Strachwitz, H. Paeth, H. Pretzsch, S. Pauleit and T. Rötzer, Tree cooling effects and human thermal comfort under contrasting species and sites, Agricultural and Forest Meteorology, Volume 287, 2020, 107947.
- Rahman, M.A., L.M.F. Stratopoulos, A. Moser-Reischl, T. Zölch, K.H. Häberle, T. Rötzer, H. Pretzsch and S. Pauleit, Traits of trees for cooling urban heat islands: A meta-analysis, Building and Environment, Volume 170, 2020, 106606.
- Thomsit-Ireland, F., E.A. Essah, P. Hadley and T. Blanuša (2020). "The impact of green facades and vegetative cover on the temperature and relative humidity within model buildings". Building and Environment, 181.
- Yang, B. and D.K. Lee, Planning strategy for the Reduction of Runoff Using Urban Green Space. Sustainability 2021, 13(4), 2238.
- Zhang, Linying & Ye, Zehao & Shibata, Shozo. (2020). Assessment of Rain Garden Effects for the Management of Urban Storm Runoff in Japan. Sustainability. 12. 10.3390/su12239982.



Bewijslast klimaatadaptatie

Hitte buitenruimte





Inzicht

Er bestaan geschikte klimaat simulatieprogramma's die de werkelijkheid op een vrij nauwkeurige manier kunnen benaderen. Hoewel er een grote overlap zit tussen metingen en de gemodelleerde klimaatparameters is er wel een afwijking. Er vallen dus aan de hand van de output geen garanties te stellen over exacte waarden, wel kunnen deze programma's gebruikt worden voor een goede indicatie én om verschillende inrichtingsscenario's onderling te vergelijken.

Relevantie

In plaats van tijdens hittegolven daadwerkelijke metingen uit te voeren is het gebruik van een klimaat simulatieprogramma als *ENVI-met* een geschikte methode om te bepalen wat het effect is van het plaatsen van groenblauwe maatregelen op bedrijventerreinen op de gevoelstemperatuur in de buitenruimte. Men hoeft niet te wachten tot het heet is, noch tot het groen feitelijk is aangepland en volgroeid, maar kan met de modelresultaten een goede inschatting krijgen van de koelingscapaciteit die ontstaat door het aanplanten van groen. Dit werkt veel sneller, en zorgt ervoor dat voor veel voorkomende situaties op bedrijventerreinen aan de voorkant kan worden verkend of groen een effectief middel is om voldoende koeling op de gewenste plekken te bereiken.

Inzicht K1: Vergroeningssimulaties voor het bepalen van omgevingsklimaat



Onderzoekers hebben op een Spaans bedrijventerrein onderzoek gedaan naar de geschiktheid van het gebruik van microklimaatssimulaties om het omgevingsklimaat te bepalen.

Het artikel laat zien dat ondanks de soms over- of onderschatting van parameters in het model van ENVI-met, er een sterke overlap bestaat in de trends tussen gemeten waarden en gemodelleerde waarden. Hierdoor is het mogelijk om de relatieve verandering te analyseren in verschillende scenario's van implementatie van maatregelen om zo de verkoelende waarde te benaderen.

De verkoelingspotentie kan gebruikt worden om met klimaatscenario's te berekenen hoeveel dagen hittestress er hedendaags en in de toekomst jaarlijks te verminderen zijn, zodat werknemers en bedrijfsprocessen niet gehinderd worden door de hitte..



Inzicht

Bomen hebben een impact op de temperatuur op bedrijventerreinen: ze bieden schaduw en absorberen straling en verdampen water, waardoor ze de luchttemperatuur en de oppervlaktetemperatuur om hen heen verlagen. Dit werkt door op een lagere stralingstemperatuur (Mean Radiant Temperature, MRT) en een lagere gevoelstemperatuur. Dat effect is vooral lokaal onder de boomkroon (m^2 -niveau), niet op het niveau van het gehele bedrijventerrein (ha-niveau).

Relevantie

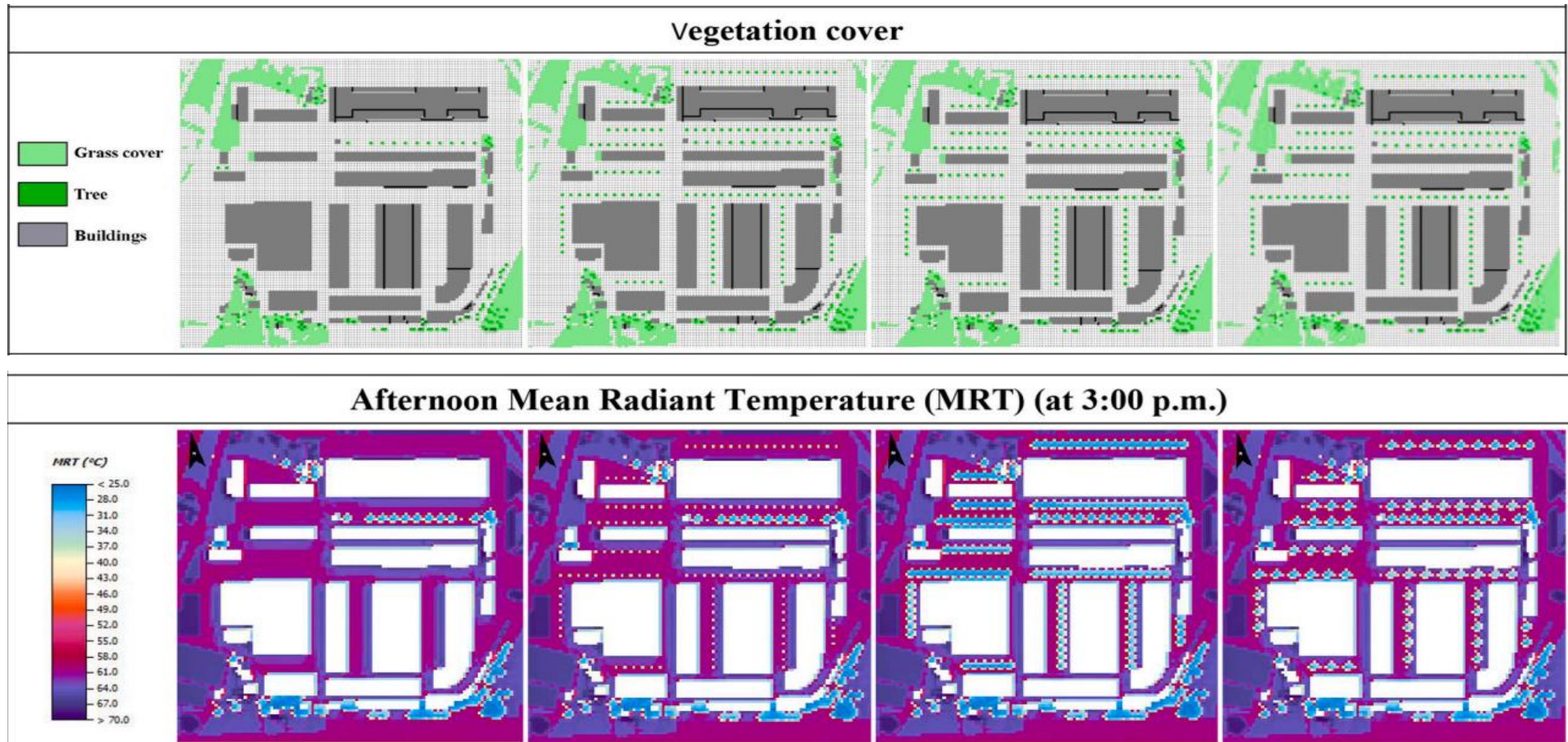
De oppervlaktetemperatuur en de stralingstemperatuur dalen significant op de plekken waar bomen staan (m^2 -niveau). Het creëren van koele microklimaten onder en rondom bomen is daarom de meest geschikte oplossing om het omgevingsklimaat te verbeteren: dus bomen dáár inzetten waar de koeling gewenst is.

Op de schaal van een bedrijventerrein (gemiddeld 27 ha, met veel bebouwing en bestrating) kan men niet verwachten dat door aanplant van bomen de gehele luchttemperatuur significant daalt. Dit komt omdat de luchttemperatuur door wind over honderden meters gemengd/gemiddeld wordt en slechts een klein deel van het bedrijventerrein vergroenen daardoor te weinig impact heeft.

Inzicht K2: Groen draagt bij aan plaatselijke verlaging temperatuur



Onderzoekers hebben op een industrieterrein in Florence, Italië, gesimuleerd wat een toevoeging van bomen in verschillende oriëntaties betekent voor de oppervlaktetemperatuur, mean radiant temperature en de luchttemperatuur gemiddeld over het gehele gebied.



Inzicht K2: Groen draagt bij aan plaatselijke verlaging temperatuur



De gemiddelde oppervlakte temperatuur op het gehele bedrijventerrein daalt met **4,1** graden Celsius bij toevoeging van ongeveer 10% kroonbedekking en 2,3 graden Celsius bij toevoeging van 6% kroonbedekking.

De gemiddelde luchttemperatuur daalt over het gehele bedrijventerrein gemiddeld minimaal met slechts 0,2 en **0,4** graden Celsius bij de aanbreng van respectievelijk 6% en 10% kroonoppervlakte.

De mean radiant temperature (MRT) daalt gemiddeld over het hele bedrijventerrein met 3,4 graden Celsius en **6,0** graden Celsius bij verhoging van respectievelijk 6% en 10% kroonoppervlakte. De MRT is de gemiddelde temperatuur van alle oppervlakken rondom een persoon, gewogen naar hun stralingsvermogen en wordt gebruikt om de invloed van oppervlaktetemperaturen uit te drukken op het thermisch comfort. Kroonoppervlakte heeft door afkoeling van de omliggende oppervlaktetemperaturen, het tegenhouden van instraling en het meewegen van het bladerdek sterke invloed op de MRT.

Direct onder bomen kunnen de oppervlaktetemperatuur en MRT significant dalen. Dit is echter een hele lokale koeling.

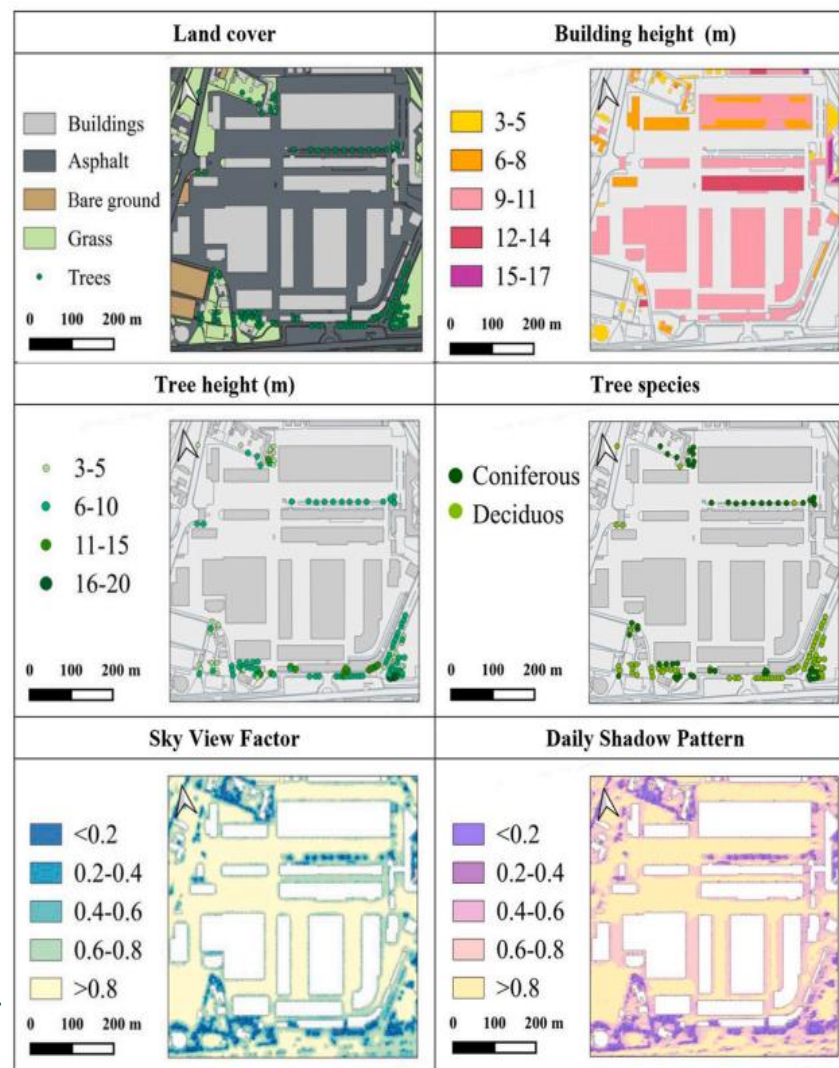


Fig. 3. Urban characteristics of the study area obtained from geospatial and LiDAR data.



Inzicht

Tijdens hittegolven kan in de schaduw van bomen met een dicht bladerdek de gevoelstemperatuur tot ruim 10 graden lager liggen dan buiten de schaduw. De temperatuur van versteende oppervlakten is in die schaduw ruim 20 graden koeler, de luchttemperatuur een paar graden lager.

Relevantie

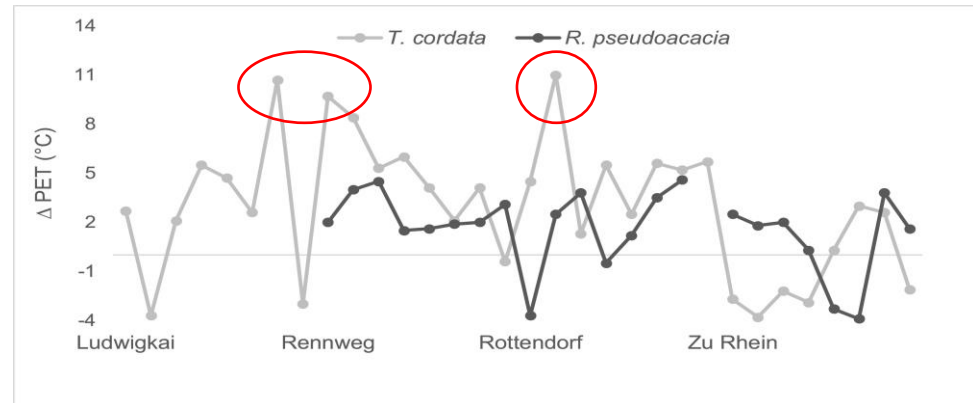
Tien graden verschil in gevoelstemperatuur scheelt tijdens een hittegolf enorm in de hoeveelheid hittestress. Koele plekken of koele routes zijn dan ook effectief voor het welzijn van werknemers die bij hoge temperaturen in de buitenruimte werken of pauzeren. Omdat bomen voor een koel microklimaat zorgen, is het verstandig de juiste bomen te plaatsen op die plekken waar mensen in de buitenruimte zitten of wandelen.

Inzicht K3: Toevoeging van groen voor verlaging van lokale gevoelstemperatuur



Volgens een studie van Rahman et al. in de versteende gebieden in Würzburg, Duitsland koelt de inheemse boom *Tilia cordata* (winterlinde) de gevoelstemperatuur lokaal (direct onder de boomkroon) tot **11 graden Celsius**. De oppervlakte temperatuur van het asfalt daalde zelfs met **23 graden Celsius** door het aanbrengen van schaduw. De luchttemperatuur direct onder de boom wordt tot **3 graden Celsius** verkoeld door verdamping. Dit bestaat uit een vergelijking tussen metingen op een zelfde locatie in de stad op vergelijkbare plekken, onder de boom en niet onder de boom. De metingen zijn gedaan op 5 zomerse dagen in het warme en droge zomerjaar 2018.

Doorgaans wordt de *Physical Equivalent Temperature (PET)* gebruikt om de gevoelstemperatuur aan te duiden. Deze indicator komt tot stand door luchttemperatuur, MRT, luchtvochtigheid, windsnelheid, kledingisolatie en persoonsgebonden metabolisme mee te wegen.



In bovenstaande grafiek is te zien dat de boomsoort significante invloed heeft op de verkoeling. De winterlinde verkoelt meer dan de acacia omdat het meer verdampt en meer bladoppervlakte heeft (+35%). Het valt op dat de gevoelstemperatuurdalingen in sommige gevallen negatief uitvallen, hier wordt de gevoelstemperatuur dus hoger. Volgens Rahman et al. is dit te verklaren door lokale verschillen in de straat. In de Zu-Rhein Strasse is er bijvoorbeeld onder de bomen soms warmer gemeten dan buiten de invloed van bomen. Dit wordt verklaard door dagelijkse variaties in verkeersbelasting, luchtvochtigheid en luchtcirculatie. Zo kan antropogene warmte blijven hangen onder de boomkronen. Luchtvochtigheid speelt een significante rol in de rekenmethode van de gevoelstemperatuur.



Inzicht

De mate waarin onder bomen een lagere temperatuur heerst dan daarbuiten, verschilt per ondergrond. Bij bestrating is het verschil met en zonder boomschaduw veel groter dan bij gras. Dit komt omdat bestrating nu eenmaal harder opwarmt dan gras, en boomschaduw dus een groter verschil maakt.

Relevantie

Op plekken waar werknemers in de buitenruimte actief zijn of bederfelijke producten liggen opgeslagen, kan tijdens hete dagen boomschaduw voor een aangename temperatuur zorgen. Is er nu sprake van flinke hittestress op bijvoorbeeld een lunchplek met een versteende ondergrond, dan zullen bomen met voldoende schaduw daar een groot verschil in gevoelstemperatuur bewerkstelligen. Benut daarom de aanwezigheid van (volgroeide) bomen om tot koele plekken te komen (*'verplaats het terras naar de boom'*) of plant snelgroeende bomen met een brede kroon en dicht bladerdek op die plekken waar koelte gewenst is (*'breng een nieuwe boom naar het terras'*).

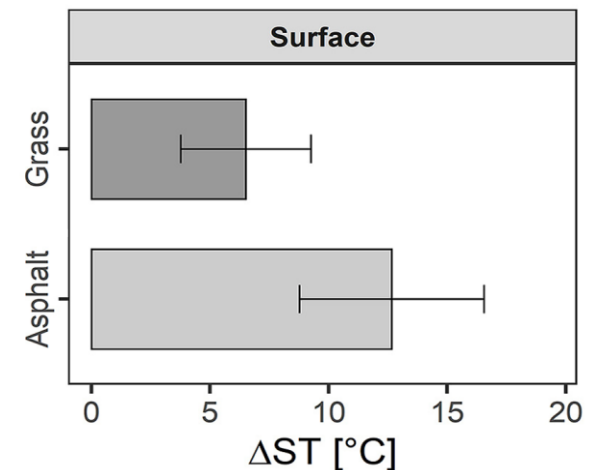
Inzicht K4: Het verkoelend vermogen van boomschaduw



Bomen verkoelen door te verdampen, schaduw te bieden en het absorberen van straling. De mate waarin een boom verkoelt is afhankelijk van boomspecifieke eigenschappen. Onderzoekers hebben literatuuronderzoek gecombineerd met remote sensing en gaan op zoek naar welke eigenschappen van bomen in steden het meeste bijdragen aan verkoeling van het materiaal onder een boom, en of deze verschillen te wijden zijn aan locatiespecifieke eigenschappen.

De verkoeling die optreedt bij boomschaduw hangt veelal af van de ondergrond. ΔST staat voor de verkoelde surface temperature (oppervlakte temperatuur) van het materiaal direct onder de boom.

Er is onderscheid gemaakt tussen verharding (asfalt) en tussen gras. Het valt op dat bomen die boven verharding staan, de verharding significant meer verkoelen dan boven gras (respectievelijk gemiddeld 12 graden t.o.v. 7 graden).





Inzicht

Om tot voldoende schaduwwerking en daarmee tot voldoende koeling te komen is het cruciaal dat bomen een hoge bladbedekking en een lage boomkroon hebben. De bladdichtheid en boomkroonvorm verschillen per boomsoort.

Relevantie

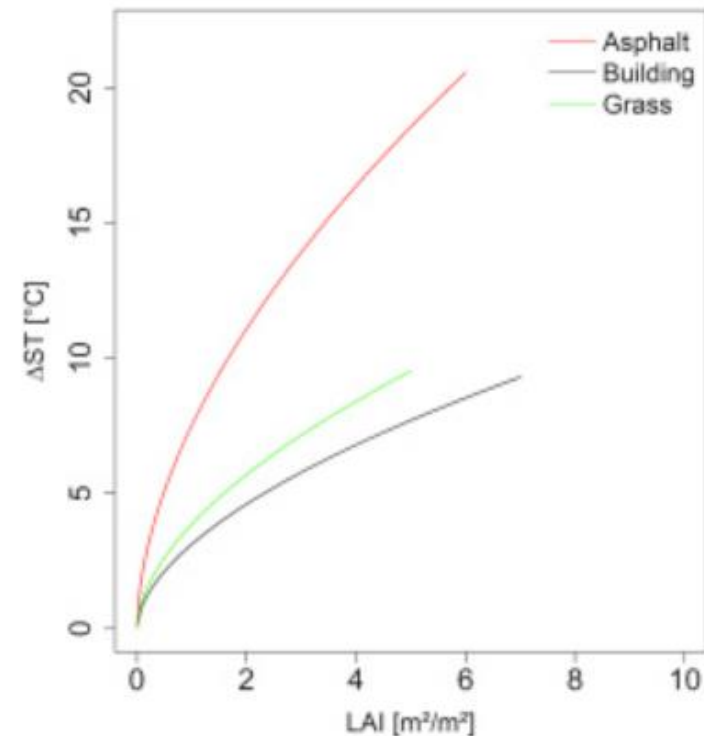
Voor klimaatadaptieve werklandschappen wordt er geadviseerd rekening te houden met de juiste boomsoort om verkoeling te optimaliseren. Een dikker bladerdek leidt tot meer schaduw en significantere verkoeling van het oppervlakte onder de boom. Het is daarnaast aanbevolen om lage takken niet te snoeien waar mogelijk. Tenslotte, een boom die onvoldoende ondergrondse ruimte krijgt, zal niet vitaal worden en minder bladbedekking hebben, en dus minder koelen.

Met bovenstaande adviezen kan een hovenier een voorstel doen voor de inrichting van koele plekken en routes op bedrijfskavels en de openbare ruimte op bedrijventerreinen.

Inzicht K5: Hoge bladdekking en lage boomkroon doen er toe



De Leaf Area Index (LAI), ofwel bladdichtheid, is gedefinieerd als het oppervlakte blad dat zich bevindt binnen een oppervlakte bodem. Bladbedekking verbetert alle drie de verkoelingsmechanismen en is daarom zeer effectief. In de figuur onder is te zien dat een hogere bladvorming (hogere LAI) leidt tot een hogere verkoeling door schaduw. Een LAI van 4 (m² blad per m² oppervlakte) verkoelt de ondergrond met 50% meer dan een boom met LAI van 2. Het wordt daarom aanbevolen om bomen te planten met een hoge bladbedekking en het gebruik van verschillende soorten voor een kroongelaagdheid. Bomen met een lage boomkroon hebben de voorkeur. Het is ook aanbevolen om lage takken niet te snoeien waar mogelijk.





Inzicht

Verdamping draagt bij aan verkoeling, hoewel dit niet zoveel is als de verkoelende werking van schaduw. Bomen verdampen significant meer wanneer ze in een waterdoorlatende oppervlakte staan, wat belangrijk is voor boomgroei. Op deze wijze is een vitale boom te realiseren die bijdraagt aan allerlei ecosysteemdiensten.

Relevantie

Bomen op bedrijventerreinen die voldoende water kunnen verdampen, koelen meer en groeien beter. Het is daarom cruciaal dat de ondergrond rond de boom waterdoorlatend is, of – in een versteende setting – tenminste voldoende water bevat.

Er moeten daarom vooraf maatregelen getroffen worden om de dichtslibbing van verharding of compactisering van de ondergrond door zwaar verkeer te voorkomen. Dit kan bijvoorbeeld door het plaatsen van ondergrondse waterretentiekratten die de druk verdelen.

Inzicht K6: Beter verkoelend vermogen bomen door evapotranspiratie

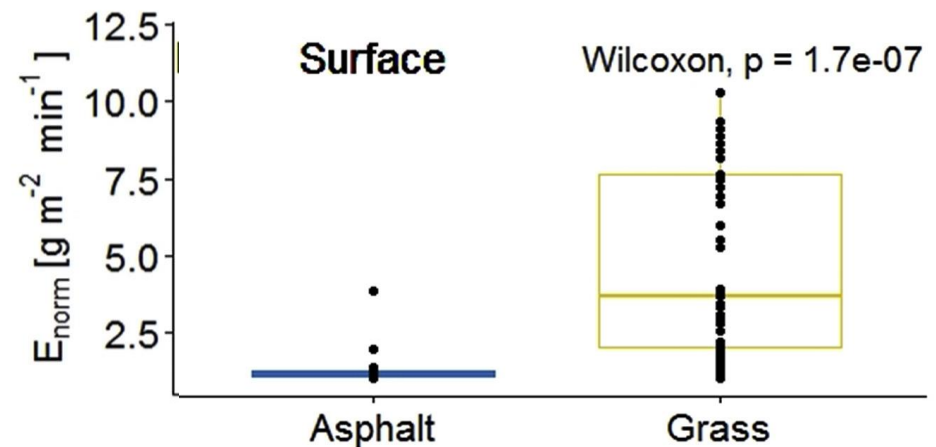


Naast verkoeling door schaduw treedt er ook verkoeling op door verdamping. Verdamping is sterk afhankelijk van de waterbeschikbaarheid. De studie van Rahman et al. laat zien dat er in een stedelijke setting gemiddeld vijf keer meer verdamping plaatsvindt bij bomen die zich bevinden in een waterdoorlatende omgeving ten opzichte van asfalt.

Dit illustreert ook het belang van waterbeschikbaarheid op de boomvitaliteit. Bomen die ruimte krijgen om te kunnen groeien en voldoende water beschikbaar hebben kunnen gezond groeien en daarmee meer ecosysteemdiensten leveren.

Belangrijk om te vermelden dat bij bomen de verkoeling door verdamping gering is in vergelijking met verkoeling uit schaduw. Het koelen werkt namelijk vooral om de luchttemperatuur te doen dalen, wat zich diffuus uitspreidt in de bredere omgeving. Schaduw voorkomt het opwarmen van mensen door zonnestraling, en is juist effectief op de m².

Verdamping van een boom in waterdoorlatende ondergrond en ondoordringbare ondergrond





Inzicht

De boomsoortkeuze heeft significant invloed op de verkoelingspotentie. Sommige boomeigenschappen werken op verkoeling door schaduw, en andere op een verhoogde verdamping. Het is belangrijk om de boomkeuze te laten aansluiten bij lokale omgevingseigenschappen -zoals waterbeschikbaarheid- om de grootste verkoeling te genereren. Zo verkoelen over het algemeen bomen met dunne, donkere bladeren het meeste. Verder speelt de bladdichtheid een grote rol voor schaduwwerking.

Relevantie

Bij het inrichten van bedrijventerreinen is het ten behoeve van (toekomstige) hittestress-reductie belangrijk dat er rekening gehouden wordt met de boomsoort keuze die aansluit bij een zo hoog mogelijke capaciteit om te koelen.

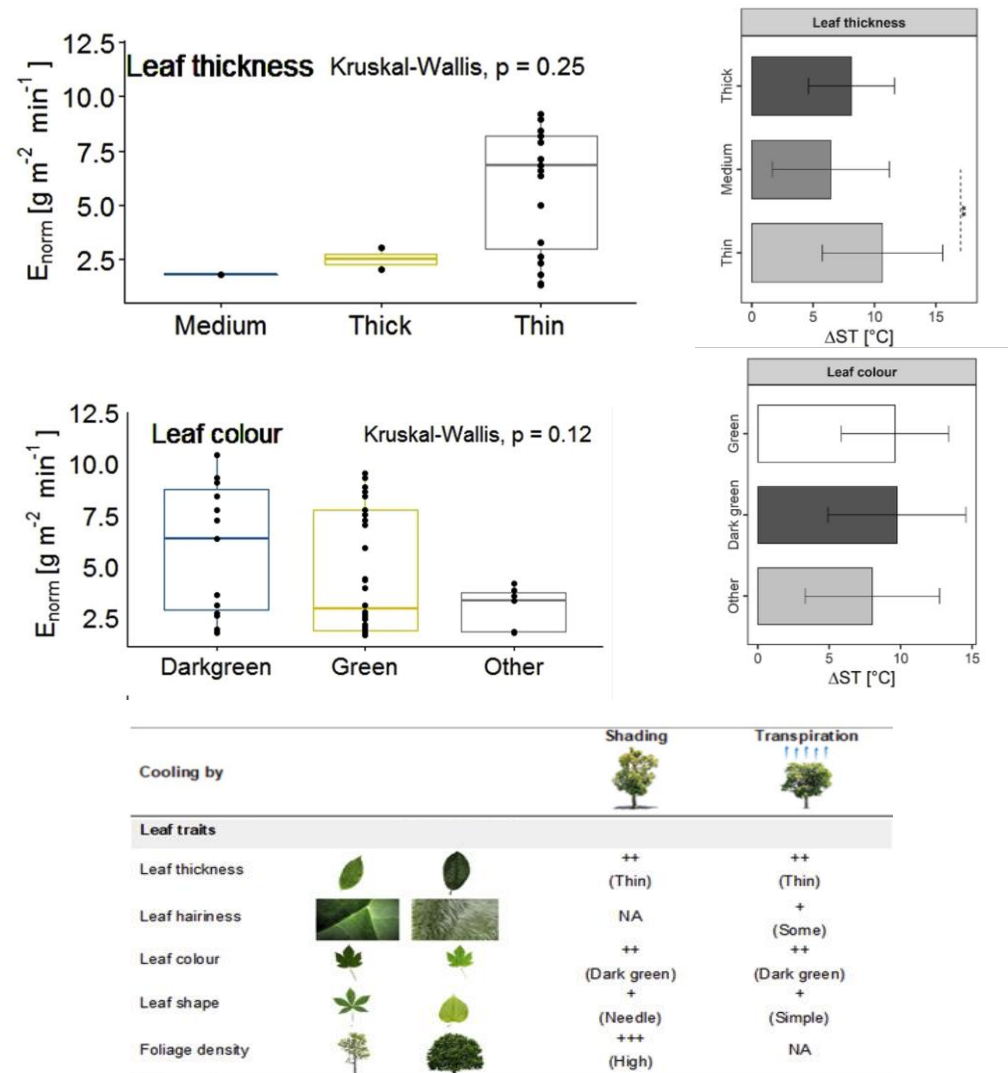
Inzicht K7: Boomkeuze ook afhankelijk van lokale omgevingseigenschappen



De mate waarin een boom verkoelt is afhankelijk van boomsoort specifieke eigenschappen.

Onderzoekers hebben literatuuronderzoek gecombineerd met *remote sensing* (satellietdata) op zoek naar de eigenschappen van bomen in steden die het meeste bijdragen aan verkoeling van het oppervlakte onder een boom, en of deze verschillen te wijden zijn aan locatie specifieke eigenschappen.

- Bomen met donkergroene bladeren leiden gemiddeld tot bijna drie keer zoveel verdamping en 2,5 graden meer verkoeling van het oppervlakte onder de boom
- Bomen met dunne bladeren leiden gemiddeld 2,5 graden meer verkoeling van het oppervlakte onder de boom dan dikke bladeren. Bomen met dunne bladeren verdampen tot 3 keer zo veel dan middel-dikke bladeren.



Inzicht K8: Kroonvorm is weinig bepalend voor het verkoelend vermogen



Inzicht

De kroonvorm van de boom (cilindervormig, bolvormig of kegelvormig) heeft slechts een zeer minimaal effect op het koelend vermogen van de boom.

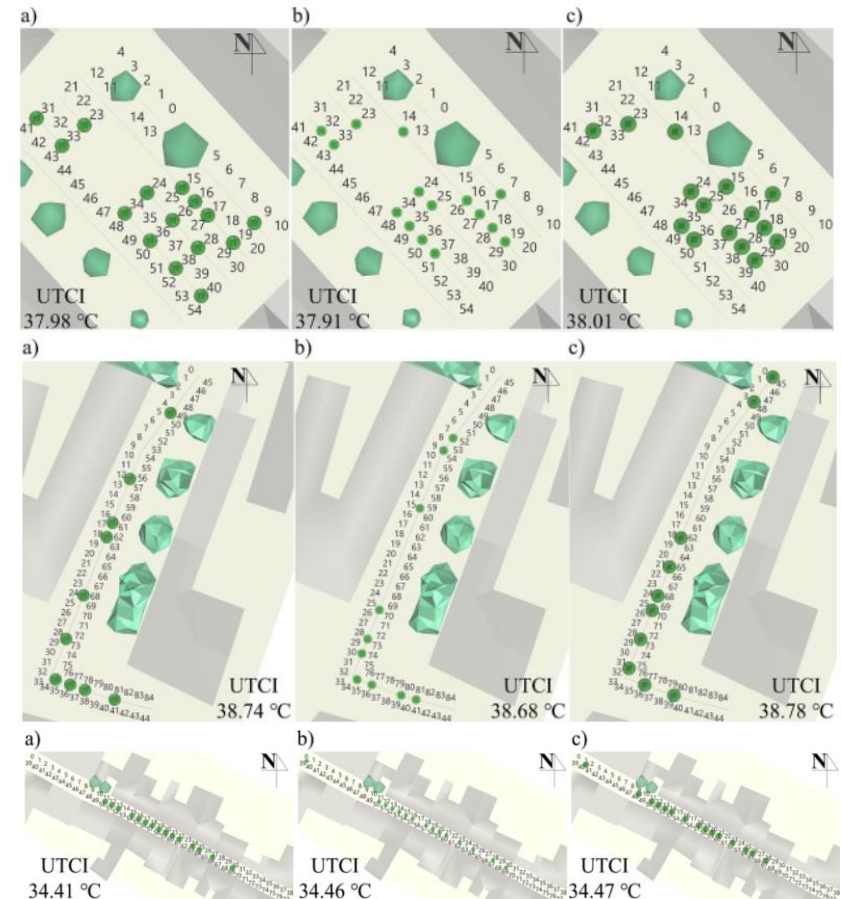
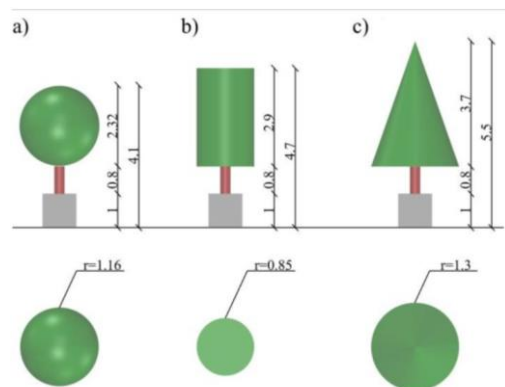
Relevantie

Bij het inrichten van bedrijventerreinen kan er rekening gehouden worden met de boomsoort keuze die aansluit bij een zo hoog mogelijke verkoeling. Daarmee hoeft geen rekening te worden gehouden met de verschillende kroonvormen van boomsoorten omdat dat voor koeling vrijwel niets doen.

Inzicht K8: Kroonvorm is weinig bepalend voor het verkoelend vermogen



Onderzoek naar de koelende werking van groen in versteende omgevingen in Novi Sad, Servië laat zien dat de vorm van boomkronen nauwelijks invloed heeft op de hittedeductie. Bomen met een kroon in de vorm van een bol, een cilinder en een kegel zijn onderzocht, elk met een identiek kroonvolume. Het onderzoek gebruikte temperatuurmetingen, een optimalisatie van locatie en berekening van de Universal Thermal Climate Index (UTCI) met de software Ladybug. In alle drie de studies kwamen bomen met een kroon in de vorm van een bol en een cilinder het beste naar voren, hoewel het verschil klein is. Bomen met een cilindervormige kroon koelen ongeveer 0,1 graden meer dan de andere vormen, dus verwaarloosbaar..





Inzicht

De locatie en oriëntatie van vergroeningsmaatregelen zijn van invloed op het te bereiken koelingseffect. Met klimaatsimulaties kan hierin tot een optimale keuze gekomen worden.

Relevantie

Het vergroenen van bedrijventerreinen kost ruimte en geld. Om dat zo effectief mogelijk in te zetten voor het creëren van koele plekken en routes is het belangrijk te weten met welke groenblauwe inrichting het gewenste resultaat bereikt wordt. Het bepalen van de meest geschikte plek kan nauwkeurig door middel van klimaatsimulaties.

Inzicht K9: Klimaatsimulaties voor bepalen lokatie en oriëntatie groen



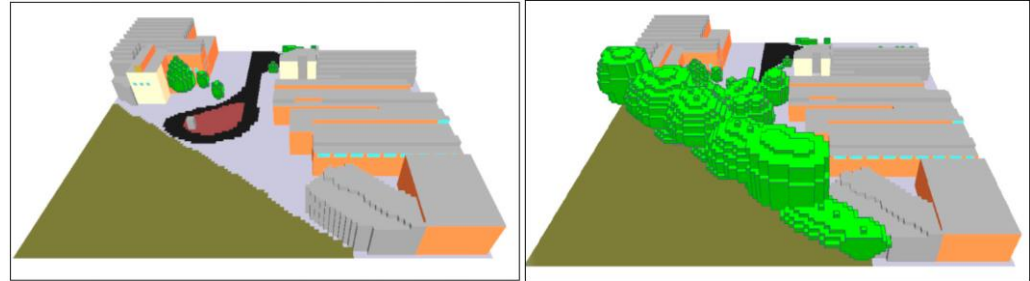
Onderzoek onderschrijft het belang van simulaties om tot een succesvol klimaatadaptief ontwerp te komen.

“Greening simulations are necessary to develop target urban mitigation strategies.”

De oriëntatie van groene maatregelen maakt namelijk significant uit voor het verkoelende effect. Ter illustratie is er in het hittemodel *ENVI-met* een deel van een industrieterrein in Valladolid, Spanje gesimuleerd. Voor dit bedrijventerrein zijn verschillende vergroeningsscenario's doorgerekend. Dit leverde vanuit het hittemodel de volgende inzichten op:

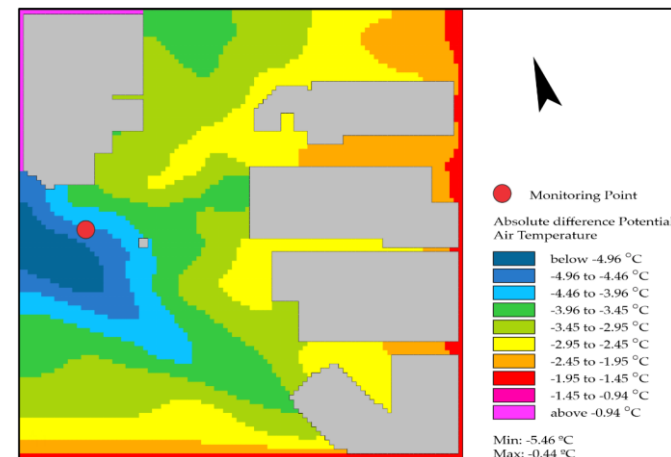
1) De luchtverkoeling die optreedt door aanbreng van vegetatie wordt diffuus verspreid in de windrichting. Volgens deze simulatie kan de luchttemperatuur lokaal verlaagd worden met 5 graden.

F.M. Alves, A. Gonçalves, M.R. del Caz-Enjuto, The use of envi-met for the assessment of nature-based solutions' potential benefits in industrial parks—a case study of argales industrial park (valladolid, Spain), Infrastructure 7 (2022) 85, <https://doi.org/10.3390/infrastructures7060085>.



Voor implementatie NbS

Na implementatie NbS



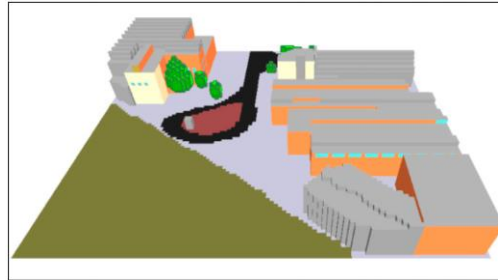
Verschied in luchttemperatuur na implementatie van NbS

Inzicht K9: Klimaatsimulaties voor bepalen lokatie en oriëntatie groen

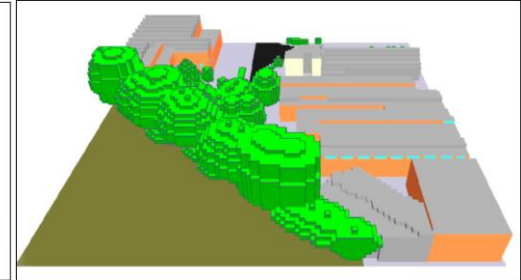


2) In het scenario van het toevoegen van groen (lage bomen/struiken) treedt een verlaging van de stralingstemperatuur (Mean Radiant Temperature, MRT) alleen op direct onder de boom. De MRT onder bomen werd in deze studie in het gehele gebied onder de bomen overdag verlaagd worden met 19 graden en komt voornamelijk doordat het bladerdek van de bomen de directe straling absorbeert.

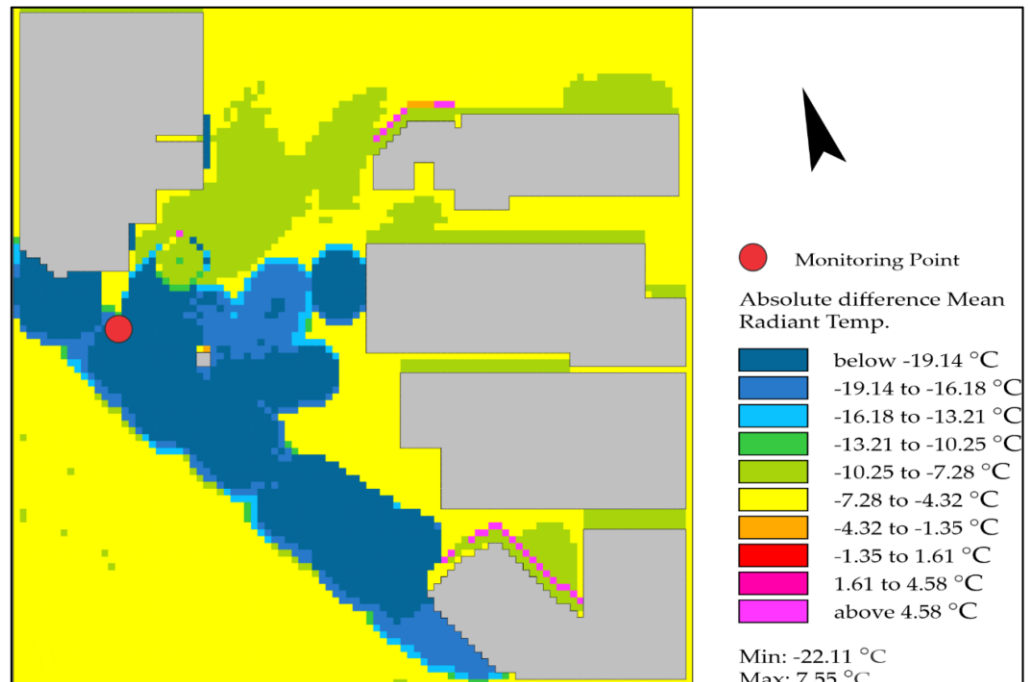
F.M. Alves, A. Gonçalves, M.R. del Caz-Enjuto, The use of envi-met for the assessment of nature-based solutions' potential benefits in industrial parks—a case study of argales industrial park (valladolid, Spain), Infrastructure 7 (2022) 85, <https://doi.org/10.3390/infrastructures7060085>.



Voor implementatie NbS



Na implementatie NbS



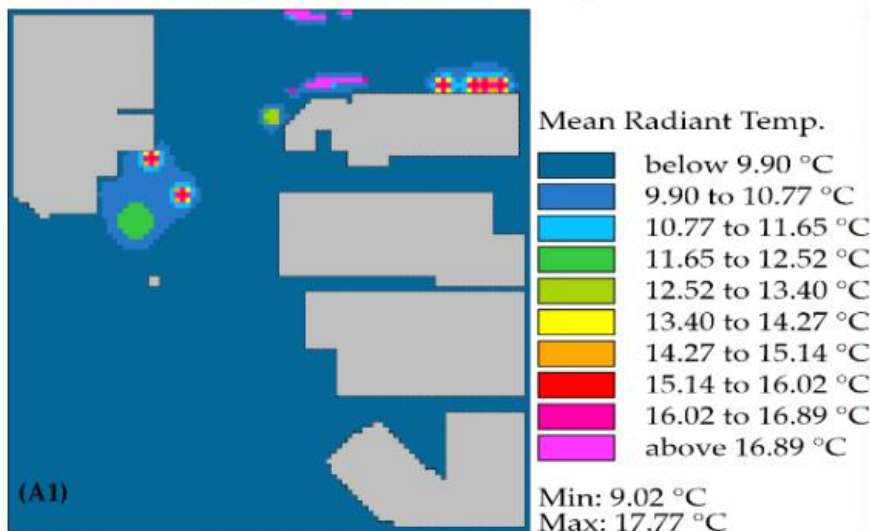
Verskil in MRT Na implementatie NbS

Inzicht K9: Klimaatsimulaties voor bepalen lokatie en oriëntatie groen



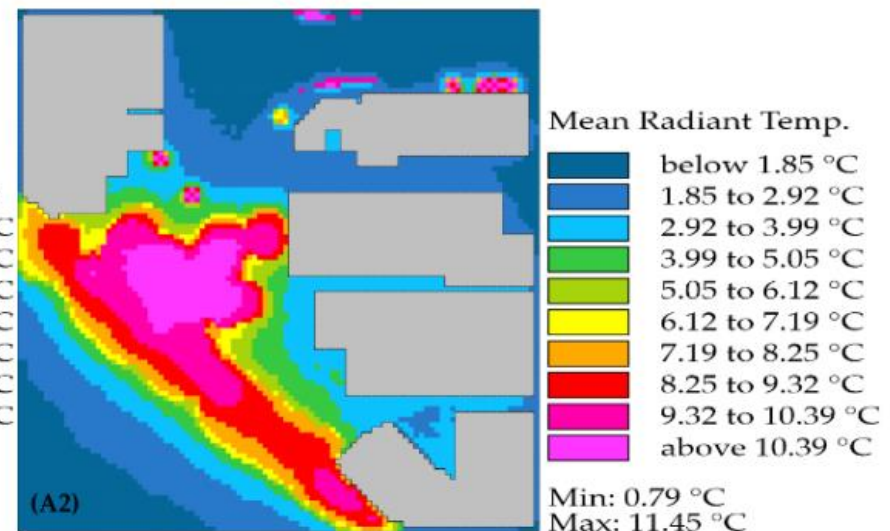
3) De stralingstemperatuur (Mean Radiant Temperature, MRT) kan door de aanbreng van vegetatie in de schaduw ook juist verhoogd worden. Dit fenomeen komt vaak voor in de ochtend en nacht en wordt uitgelegd omdat de omgeving van de boom al is afgekoeld door de schaduw, maar de boom langzaam de straling die het overdag heeft opgevangen uitzendt. Het is in de vroege ochtend echter nog niet warm, dus van hitteoverlast door de hogere temperatuur onder de bomen is geen sprake.

Base Scenario



Situatie om 5 uur in de ochtend in het scenario zonder groen.

NBS Scenario



Situatie om 5 uur in de ochtend in het scenario met groen (bomen): de temperatuur onder de bomen ligt 5-10 graden hoger op dan de rest van het kavel.



Inzicht

Hoewel bomen voor hittebeperking een zeer effectieve oplossing zijn, is het inzetten van bomen vanwege beperkte ruimte op kavels en overige buitenruimte niet overal mogelijk. Groendaken en -gevels kunnen ook koelen, maar het uitstralend koelingseffect naar de omgeving is verwaarloosbaar klein.

Relevantie

Zet het juiste middel in voor het juiste doel: groendaken en -gevels zijn interessant voor gebouwkoeling, maar niet voor het koelen van plekken op het kavel rondom bedrijfsgebouwen.

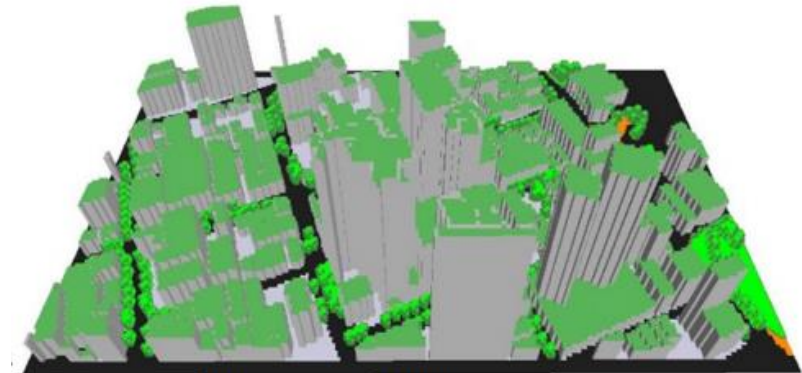
Inzicht K10: Groendaken en groengevels dragen enkel bij aan gebouwkoeling



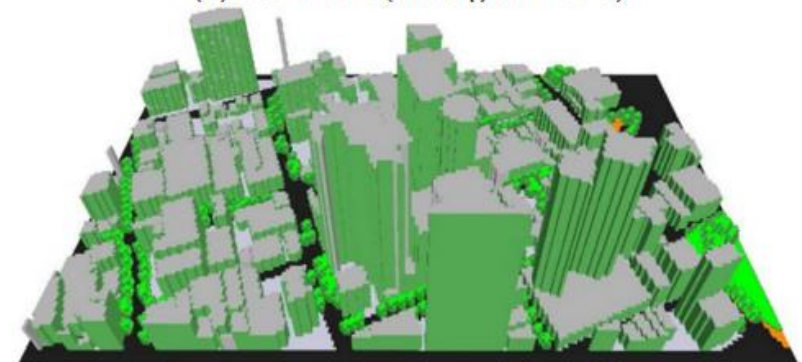
In een *ENVI-met* simulatie van het business district van Melbourne komt de volgende maximale verkoeling van luchttemperatuur in de zomer na aanbreng van groene daken, groene gevels en oppervlaktewater naar voren als

- Alle daken vergroenen: 0,27 graden
- Alle gevels vergroenen: 0,47 graden
- 3 vijvers 100cm diep: 0,51 graden

Dit is de maximum temperatuurdaling die lokaal optreed in de buitenruimte op 1,5 meter hoogte. Deze cijfers illustreren hoe minimaal het effect van gebouwgroen is op de omgevingstemperatuur.



(b) Scenario C (100% green roofs)



(d) Scenario E (100% green walls)



Bewijslast klimaatadaptatie

Hitte in bedrijfsgebouwen





Inzicht

Hoewel groengevels een minimaal effect hebben op het omgevingsklimaat, dragen groengevels via verschillende mechanismen wel significant bij aan het koelen van gebouwen. Dit effect is bij hittegolven duidelijk waarneembaar middels infrarood camera's.

Relevantie

Met de natuurlijke verkoeling door klimplanten kunnen koelingskosten van het gebouw bespaard worden. TU Delft doet binnen het NGF programma Werklandschappen van de Toekomst hier nader onderzoek naar.

Inzicht K11: Kostenbesparing gebouwkoeling door groengevels



Onderzoek laat zien hoe de straling van de zon op een groene gevel voor een groot deel wordt opgevangen door verschillende mechanismen van de beplanting en slechts een beperkt deel (5-30%) van de warmte het gebouw bereikt.

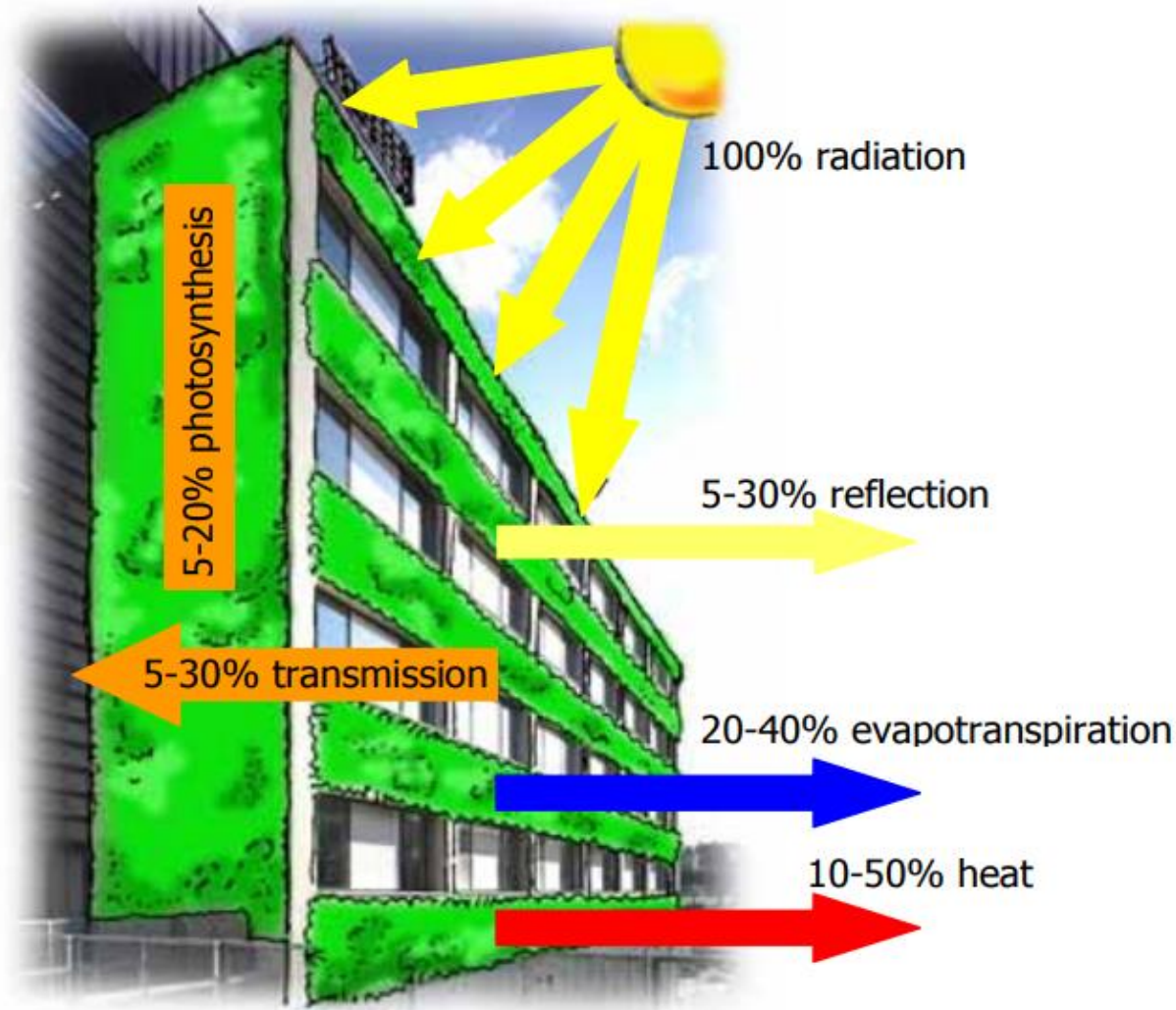


Figure 5.1 Schematisation of the energy balance of vegetation (adapted from Krusche et al., 1982) translated at building level for a green façade.

Inzicht K11: Kostenbesparing gebouwkoeling door groengevels



Infraroodopnamen tijdens een hittegolf laten duidelijk zien dat een met klimplanten (wilde wingerd) bedekte gevel aanzienlijk koeler is dan de onbedekte gevels ernaast.



Figure 3.14 Boston ivy (Parthenocissus) rooted in the soil and applied directly against the façade in Delft summer 2009.

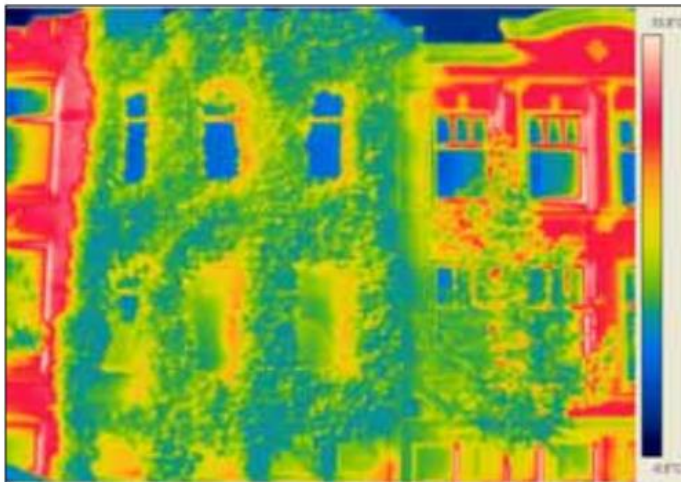


Figure 3.15 Photograph taken of the same façade with an infrared camera (FLIR) with ambient air temperature 21 °C.



Inzicht

Uit metingen in experimenteel onderzoek blijkt dat de binnentemperatuur van met klimplanten begroeide modelgebouwen aanzienlijk minder opwarmt (4.9-7.4 graden) dan een modelgebouw zonder klimplanten. Van de geteste klimplanten blijkt klimop daarbij het beste het gebouw tegen hitte te isoleren.

Relevantie

Bedrijfsgebouwen bestaan veelal uit kale gevels, vaak beperkt geïsoleerd. Naast warmteverlies in de winter is opwarming tijdens hittegolven een steeds groter probleem. Met de natuurlijke verkoeling door klimplanten kunnen koelingskosten van het gebouw bespaard worden, omdat met klimplanten begroeide gevels een reductie van de binnentemperatuur kunnen bewerkstelligen. Let op: het daadwerkelijke effect is afhankelijk van gebouwkenmerken en aard van de beplanting. TU Delft doet binnen het NGF programma Werklandschappen van de Toekomst hier nader onderzoek naar.

Inzicht K12: Klimop heeft grote isolerende werking tegen hitte in gebouw



In dit onderzoek is de temperatuur binnen en buiten van een 'modelgebouw' (een bakstenen huisje) gemeten voor vier situaties: zonder planten (linksboven), begroeid met klimhortensia (rechtsboven), wilde wingerd (linksonder) en klimop (rechtsonder). Doordat de modelgebouwtjes hetzelfde gebouwd zijn en op dezelfde locatie staan, is het verschil in temperatuur tussen de vier situaties te herleiden tot de impact die de verschillende plantensoorten maken ten opzichte van het onbegroeide modelgebouw en ten opzichte van elkaar.



[Download: Download high-res image \(860KB\)](#)

[Download: Download full-size image](#)

Fig. 5. Top left to bottom right: Bare model 'building' and 'buildings' covered with *Pileostegia viburnoides*, *Parthenocissus tricuspidata* and *Hedera helix*, with roof and sensors *in situ*: set up for summer 2015.

Inzicht K12: Klimop heeft grote isolerende werking tegen hitte in gebouw



Uit de metingen aan de binnentemperatuur van de modelgebouwtjes komen significante waarden: het onbegroeide modelgebouw blijkt op een warme dag vanaf de ochtendtemperatuur naar de middag zo'n 13 graden op te warmen. Bij de begroeide modelgebouwtjes is dat aanzienlijk lager (tussen 5.6 en 7.7. graden), waarbij klimop het modelgebouw het minst doet opwarmen (5.6 graden). Ten opzichte van het kale modelgebouw scheelt dat 7.4 graden opwarming binnen in het gebouw.

Table 4. Mean $\pm$ SD 'internal' temperature ($^{\circ}\text{C}$) in summer 2015 and the associated LSDs with three replicates per treatment, d.f. = 8*.

Scenario	Cold	Cold	Cold	Warm	Warm	Warm
Time	03:00– 05:00	14:00– 17:00	Difference	03:00– 05:00	14:00– 17:00	Difference
Ambient external temperature ($^{\circ}\text{C}$)	14.0 $\pm$ 1.3	18.7 $\pm$ 0.1	4.7 $\pm$ 1.3	14.4 $\pm$ 3.4	26.1 $\pm$ 3.6	11.7 $\pm$ 4.1
Bare	18.5 $\pm$ 1.2	22.2 $\pm$ 1.9	4.1 $\pm$ 1.9	18.9 $\pm$ 2.6	31.0 $\pm$ 3.8	13.0 $\pm$ 3.2
<i>Hedera</i>	18.6 $\pm$ 1.1	19.1 $\pm$ 0.8	0.7 $\pm$ 0.9	18.9 $\pm$ 2.1	23.8 $\pm$ 2.8	5.6 $\pm$ 2.1
<i>Pileostegia</i>	18.5 $\pm$ 1.1	20.0 $\pm$ 1.1	1.6 $\pm$ 1.2	18.9 $\pm$ 2.4	26.1 $\pm$ 3.2	7.7 $\pm$ 2.4
<i>Parthenocissus</i>	18.7 $\pm$ 1.1	20.0 $\pm$ 1.0	1.3 $\pm$ 1.0	19.1 $\pm$ 2.3	26.1 $\pm$ 3.3	7.4 $\pm$ 2.6
p value	0.438	< .001	< .001	0.617	< .001	< .001
LSD	0.15	0.57	0.64	0.37	1.57	1.70

'Cold' days were when the mean ambient temperature between 14:00 and 17:00 at the UoR MO was $<19^{\circ}\text{C}$. 'Warm' days were when the mean ambient temperature between 14:00 and 17:00 at the UoR MO was $>23^{\circ}\text{C}$. 'Difference' indicates the difference between the afternoon and morning temperatures. Numbers in bold indicate that those values are significantly different from others in the same column (ANOVA, $p < 0.05$).



Bewijslast klimaatadaptatie

Wateroverlast op bedrijventerreinen





Inzicht

De meeste vergroeningsmaatregelen presteren goed in het voorkomen van teveel run-off (water naar riool), mits de intensiteit van de buien laag is (ca. 2mm/u). Dit is ongeacht de duur (paar uur of enkele dagen) van de regenbui.

Relevantie

Groene infrastructuur kan effectief langdurige regenbuien infiltreren op bedrijventerreinen waardoor het rioolsysteem minder belast wordt, grondwaterpeilen worden aangevuld en de kans op wateroverlast teruggedrongen wordt.

Inzicht K13: Vergroening leidt tot mindere run-off regenwater naar riool



Er is door middel van een modelsimulatie onderzoek gedaan naar de run-off reductie (minder water op straat of riool) bij de verschillende waterbergende maatregelen tijdens langdurige regen van relatief lage intensiteit (ca. 2mm/h). Uit de studie blijkt dat ongeacht de duur van de regenbui, veel vergroeningsmaatregelen succesvol het hemelwater succesvol kunnen infiltreren.

Namelijk; Er zit namelijk weinig verschil tussen de hemelwater reductie bij een (E8 - Een 2mm/h regenbui voor 21 uur lang) of een (E10 – 1.9mm/h voor 7 uur) bui. Dit zijn beide lichte regenbuien.

	Total Rainfall	Duration	Mean Intensity
	(mm)	(h)	(mm/h)
E8	40.5	21	2
E9	19.8	8	2.5
E10	13.7	7	1.9
E11	33.2	16	2.1

LID Facility	Event				Mean
	E8	E9	E10	E11	
Vegetated area (VA)	95.5	79	91.2	86.7	88.1
Tree filter box (TF)		73.8		86.7	90.1
Garden pot (GP)	No runoff	No runoff	No runoff	No runoff	No runoff
Infiltration ditch (ID)					
Rain barrel (RB)	23.6	50	29.2	32.6	33.9
Infiltration block (IB)	34.4	39.6	85.4	45.1	51.1
Permeable pavement (PP)	87.1	59.4	65.9	67.3	69.9



Inzicht

De effectiviteit van vergroeningsmaatregelen voor hemelwaterinfiltratie neemt pas af vanaf een zeer extreme regenbui (1/100 jaar). Dit is echter afhankelijk van factoren zoals infiltratiecapaciteit van de bodem.

Relevantie

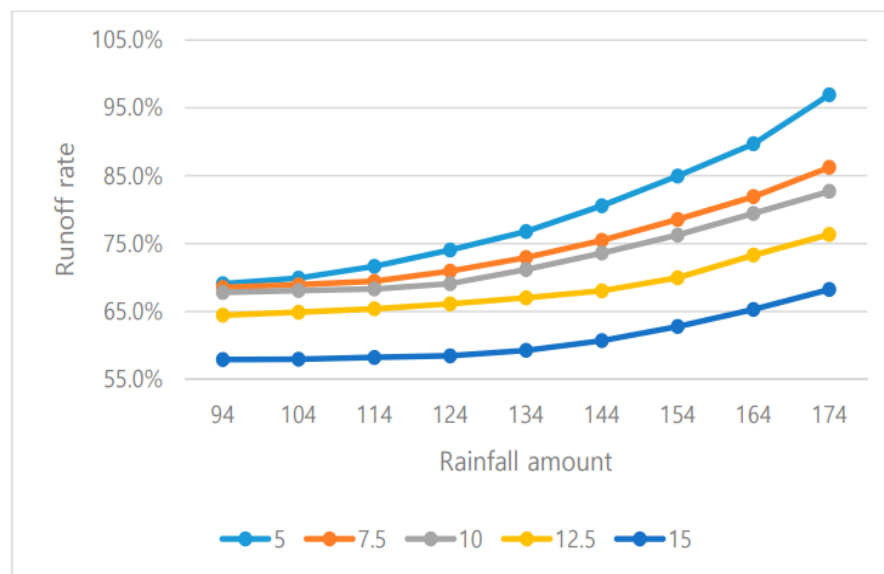
Bedrijfsterreinen kunnen door het aandeel groen voor infiltratie en verdamping te vergroten een groot deel hemelwater dat terecht komt in het riool verminderen. Dit kan leiden tot een lager wateroverlast risico. De intensiteit van de bui vermindert pas de effectiviteit van groen bij zeer extreme regenbuien wanneer de grond goed waterdoorlatend is, waardoor groene maatregelen voor veruit de meeste buien een geschikte oplossing zijn op bedrijfsterreinen.

Inzicht K14: Hemelwaterafvoer door groen werkt ook bij zware regenbuien



In een onderzoek van Yang et al. wordt de fractie groen en regenintensiteit/duur getoetst in een stedelijke setting op de reductie stedelijke hemelwaterafvoer. De hoofdbevindingen waren:

Wanneer de regenintensiteit toeneemt neemt de hemelwater-runoff ook toe. Dit blijft vrij constant tot een regenbui van 104 tot 124mm/d, wat zeer uitzonderlijk is (1/100 jaar). Pas bij extreme zware regenbuien neemt de effectiviteit dus af. Dit is afhankelijk van de waterdoorlaatbaarheid van de bodem.



(a) Rainfall amount and green space ratio (%).

Feature	Imperviousness (%)	Size (m)	Total Area (%)
Road	100	6 (2 lanes), 12 (4 lanes) width	22.56
Sidewalk	100	4 width	13.14
Building	100	-	40.00

Variable	Value
Total area	200 m by 200 m
Cell size	2 m by 2 m (total 10,000 cells)
Landscape slope	2.5%
Sewer size	40 × 50 × 60 cm (120 L)
Sewer intake	1 m ³ /min



Inzicht

Bij een toevoeging van 5%, 10% en 15% van het oppervlakte aan groen, neemt de afvoer van hemelwater naar het riool af met respectievelijk 4%, 12% en 24% tijdens extreme regenbuien (die minder dan 1/100 jaar voorkomen). Het vergroten van de groenfractie heeft dus direct invloed op de hoeveelheid water dat is af te vangen. Uit dit onderzoek blijkt ook dat een grotere hoeveelheid groen in het begin exponentieel werkt voor waterberging.

Relevantie

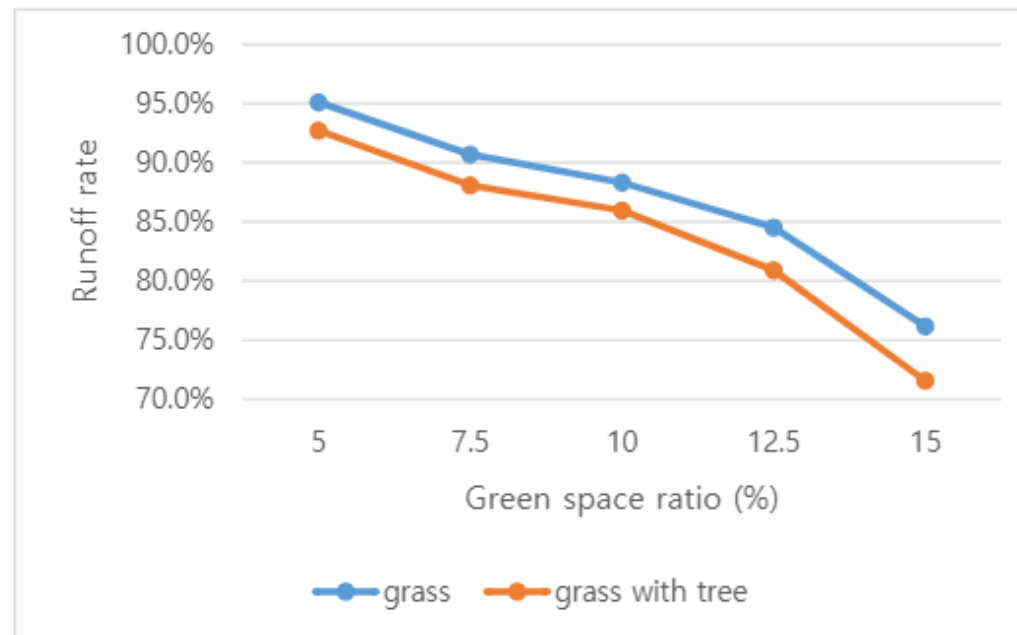
Door het verhogen van de groenfractie met gras (en bomen) valt er een deel van het hemelwater te infiltreren op bedrijventerreinen. Echter, bij een groenfractie van 15% kan slechts 24% van het hemelwater geborgen worden wat ontoereikend is omdat zoveel extra groen lastig te realiseren is op bedrijventerreinen. Er is dus vraag naar effectievere groenmaatregelen om water te bergen zodat er een hoger rendement gehaald kan worden op een kleiner oppervlakte (bijvoorbeeld wadi's en raingardens).

Inzicht K15: Meer groen geeft een grotere hemelwaterafvoer bij extreme regen



Een groter aandeel aangrenzend groen leidt tot een hogere runoff reductie. Bij 10% groen valt een runoff reductie van 12% te verwachten. Bij meer groen lijkt een toevoeging groen extra effectiever te werken, de volgende 12% van runoff reductie treedt namelijk op bij maar bij 5% extra. De aanbreng van bomen in het gras volgt dezelfde trendlijn maar vangt tussen de 2 en de 5% meer water af.

Deze cijfers komen uit een modellering waarin een zware regenbui van 134mm/2h is gesimuleerd in een stedelijke setting.



(a) Green space ratio and green space structure.



Inzicht

Wanneer extensieve maatregelen getroffen worden om wateroverlast te beperken, is een significante hoeveelheid van de zware regenbuien te bergen. Ongeveer $\frac{1}{4}$ van het hemelwater valt te infiltreren bij een 40mm per dag regenbui. Het KNMI classificeert 50mm per dag regen als een dag met zware neerslag. Deze uitkomst komt tot stand bij een toevoeging van 40% Low Impact Developments (LID). In de toekomst streven we naar een grotere fractie waardoor de infiltratie nog hoger zal zijn.

Relevantie

Bedrijfventerreinen kunnen ook door aanbreng van Low Impact Developments, de wateroverlast tijdens regenbuien van 40mm/dag significant beperken.

Inzicht K16: Wateroverlast beperkend vermogen van Low Impact Developments



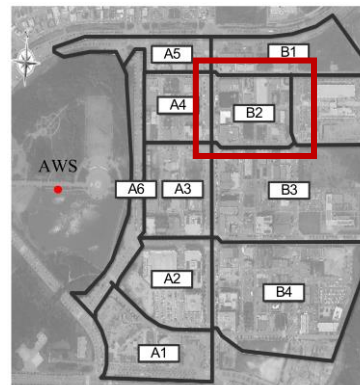
Bij een onderzoek op een industriegebied in Zuid-Korea zijn verschillende groene maatregelen geëvalueerd op basis van een hemelwater infiltratie simulatie (SWMM). Het gebied B2 ondervindt vier verschillende regenbuien (E8 tm E11, intensiteiten duur beschreven op vorige slide).

Op gebied B2 zijn zes verschillende maatregelen toegevoegd: 1) groene infrastructuur, 2) boomfilterbak, 3) infiltratie plantcontainer, 4 wadi, 5) regenton en 6) waterdoorlaatbare verharding. 40% van het oppervlakte bestaat uit waterinfiltrerend oppervlakte dmv Low Impact Development. De verdeling van maatregelen is rechts onder te zien.

Uit de simulatie blijkt dat op dit stuk campus de gemiddelde runoff reduction van al deze buien neerkomt op 28,9%. Dit is wanneer 40,6% van het oppervlakte bestemd is voor een vorm van LID maatregel. Dit is een stuk van 7 jaar geleden, in de toekomst willen we meer dan 40% LID.

Modeling the Runoff Reduction Effect of Low Impact Development Installations in an Industrial Area, South Korea

		Event				Mean
		E8	E9	E10	E11	
B2	VA, ID, PP, GP, TF, RB	22.8	28.4	32.7	31.7	28.9



Vegetated area (VA)
Tree filter box (TF)
Garden pot (GP)
Infiltration ditch (ID)
Rain barrel (RB)
Infiltration block (IB)
Permeable pavement (PP)

Sub-Basin	Drainage Area			Type of LIDs	Unit	Quantity	Note
	Total (m ²)	LID (m ²)	LID Ratio (%)				
B2	30,624	12,425	40.6	VA	m ²	47.5	1 ea
				ID	m	85	170 m ²
				PP	m ²	2866	
				GP	m	25.5	
				TF	ea	11	21.78 m ²
				RB	ea	14	11.34 m ²



Inzicht

Raingardens (infiltratietuinen) kunnen een bijdrage leveren aan het verminderen van de wateroverlast. Onderzoek laat zien dat raingardens 10-20% tot meer dan 70% van het piekbui-water kunnen opvangen, afhankelijk van de lokale setting en de omvang en duur van de bui.

Relevantie

In gebieden met veel gebouwen en bestrating is door toenemende frequentie en omvang van piekbuien steeds meer wateroverlast te verwachten. Bedrijventerreinen horen bij dit type gebieden, en lopen daardoor kans op schade aan pand en goederen, en overlast met betrekking tot de bedrijfsprocessen en toegang tot het bedrijventerrein.

Het slim benutten van bedrijfstuinen als raingarden kan helpen de (toekomstige) overlast te verminderen. Wageningen University & Research onderzoekt binnen het NGF programma Werklandschappen van de Toekomst hoe raingardens en andere natuurlijke maatregelen het meest effectief kunnen worden ingezet.

Inzicht K17: Ook infiltratietuinen dragen bij aan verminderen wateroverlast



Opbouw van een typische raingarden: waarbij het regenwater de raingarden inloopt (vanaf links), door de vegetatie deels wordt vastgehouden en infiltreert, en er ook een overloop is (rechts) voor als de capaciteit van de raingarden bereikt wordt. De bodem bestaat uit een grondsoort waarin het water snel kan wegzakken.

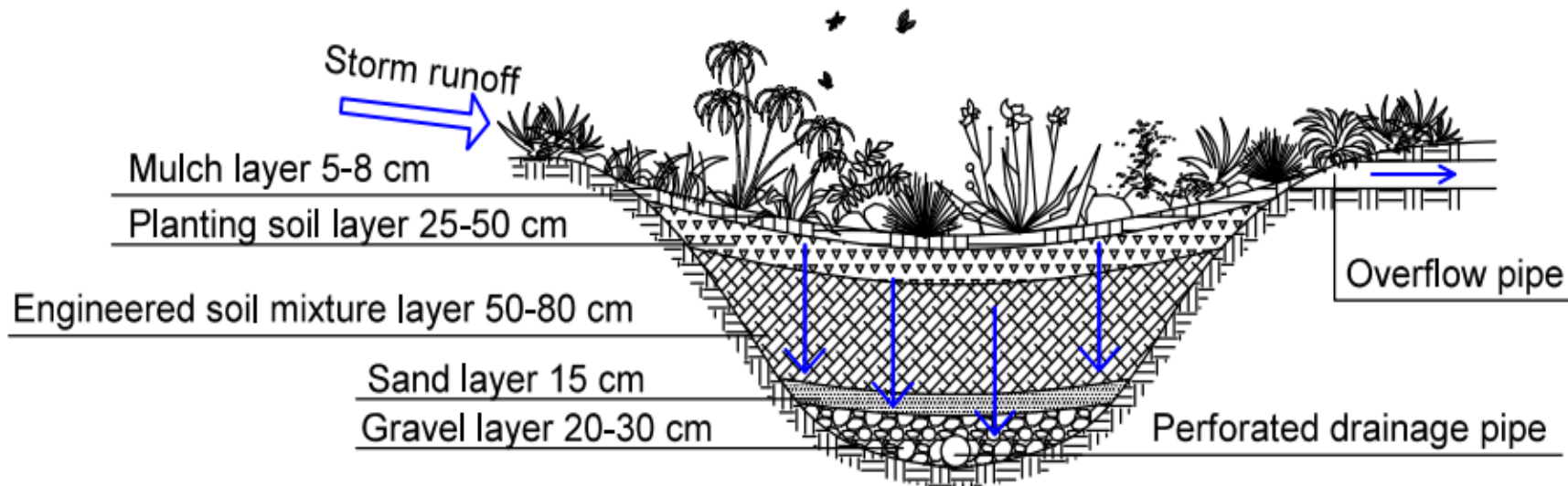


Figure 2. Diagram of a typical rain garden structure.



Overzicht van prestaties van raingardens in verschillende studies. Het % vastgehouden regenwater(' runoff') varieert van 23-97%, waarbij ontwerp van de raingarden en het af te wateren gebied op de raingarden belangrijke factoren zijn.

Table 1. Summary of percent runoff and pollutant retention by rain gardens.

Location	Runoff	TSS	TN	TP	COD	Evaluation Methods	Study
North Carolina, USA	78	-	40	65	-	Field sampling and laboratory analysis	[21]
Xi'an, China	97	-	-	-	-	Runoff sampling and laboratory analysis	[22]
Melbourne, Australia	33	-	-	-	-	Field sampling and laboratory analysis	[23]
Washington, USA	48-74	87-93	-	67-83	-	Event-based, flow-paced composite sampling and laboratory analysis	[24]
Istanbul, Turkey	23-85	-	-	-	-	Field sampling and laboratory analysis	[25]
Maryland, USA	-	22	-	74	-	Field sampling and laboratory analysis	[26]
North Carolina, USA	-	83	62	48	-	Refrigerated auto-sampling and laboratory analysis	[27]
Maryland, USA	-	93	-	90	-	Refrigerated auto-sampling and laboratory analysis	[28]
Indiana, USA	26	54	34	47	28	L-THIA-LID 2.1 model	[29]
Kuala Lumpur, Malaysia	23	41	29	-	-	Storm Water Management Model (SWMM)	[30]

Bijlage: Onderzoeksverantwoording en longlist geraadpleegde publicaties



Onderzoeksverantwoording

Achtergrond en aanleiding

Met de literatuurstudie wordt een bijdrage geleverd aan de opgave om de wetenschappelijke bewijslast met betrekking tot de baten van nature-based solutions voor klimaatadaptatie en biodiversiteit te versterken. Er zijn in Nederland al de nodige rapporten en praktische brochures verschenen voor actoren die werk willen maken van natuurinclusieve bedrijventerreinen. Hierin worden de baten van groen genoemd en soms ook effecten van vergroeningsmaatregelen uitgedrukt in de betekenis voor klimaatadaptatie en biodiversiteit. Helaas ontbreekt daarbij de onderbouwing vanuit wetenschappelijk onderzoek en zijn de inzichten enkel gebaseerd op expertoordelen. Deze literatuurstudie kan helpen om meer zicht te krijgen op de wetenschappelijke bewijslast, ofwel in hoeverre kunnen we wetenschappelijk onderbouwen hoe en onder welke condities vergroening van bedrijventerreinen positief doorwerkt op (opgaven voor) biodiversiteit en klimaatadaptatie.

Doel en onderzoeksvragen

In het [inleidend hoofdstuk](#) zijn de doelen en onderzoeksvragen van de literatuurstudie vermeld. Hieronder een beschrijving van hoe de studie is uitgevoerd.

Aanpak

➤ Identificeren van zoektermen

Om relevante internationale literatuur te vinden, zijn (Engelstalige) zoektermen geïdentificeerd, rondom de centrale begrippen biodiversiteit en klimaatadaptatie, en belangrijke onderliggende concepten/principes. Ook mogelijke bijbehorende vergroeningsmaatregelen zijn als zoekterm vastgelegd.

Deze zijn aangevuld met ruimtelijke zoektermen, gerelateerd aan de context van bedrijventerreinen. Het gaat dan om termen die het bedrijventerrein als geheel omvatten, maar bijvoorbeeld ook om termen gerelateerd aan specifieke typen bedrijventerreinen of schaalniveaus. Gelet is op varianten in spelling en meervoudsvormen om de zoekresultaten te verbreden. Output vormde een lijst met (engelstalige) zoektermen.

De lijst van zoektermen staat [hier](#).

➤ Zoekstrategie

De focus van de literatuurstudie was het vinden van bewijslast uit gereviewde publicaties. Om die reden is gebruikt gemaakt van internationale databanken. In eerste instantie is het platform Scopus gebruikt, dit is aangevuld met ook zoekopdrachten in Web of Science en Google Scholar

Om tot relevante publicaties te komen, zijn zoektermen gecombineerd en is gebruik gemaakt van statements als AND, OR en NOT, wildcards (*) en aanhalingstekens bij termen bestaande uit meerdere woorden. Daarnaast zijn specifieke filters gebruikt, onder meer op publicatiejaar en Engelse taal.

Bij weinig resultaten was het nodig enkele zoektermen te laten vervallen. Aanvankelijk bleef daarbij overeind staan dat de studies op bedrijventerreinen uitgevoerd moesten zijn. Het laten vallen van zoektermen had dan betrekking op bijvoorbeeld minder combinaties van aan biodiversiteit of klimaatadaptatie gerelateerde zoektermen. In tweede instantie (de zogenaamde tweede ronde) zijn voor kernconcepten rond biodiversiteit en klimaatadaptatie (denk aan groendaken, ...) ook enkele zogenaamde *sleutelpublicaties* geselecteerd die niet specifiek bedrijventerreinen als onderzoeksgebied hebben (zie paragraaf over selecteren van resultaten).

In relatie tot de meest interessant geachte publicaties is ook de sneeuwbalmethode gebruikt: voor recente sleutelpublicaties is in de referentielijst van deze studies gezocht naar andere mogelijke relevante studies. Voor oudere sleutelpublicaties is bekeken welke mogelijk relevante en recentere studies de betreffende publicatie hebben geciteerd.

➤ Selecteren en analyseren van resultaten

In eerste instantie hebben we -zoals hiervoor aangegeven- enkel studies op bedrijventerreinen geselecteerd. Vervolgens hebben we voor deze studies op basis van titel en samenvatting beoordeeld of de publicatie relevant kan zijn. Studies buiten de scope van de studie (zoals over waterzuivering of luchtverontreiniging of gezondheid van medewerkers) zijn uit de selectie verwijderd. Het resultaat bestond uit 43 studies over biodiverse en 44 studies over klimaatadaptieve bedrijventerreinen.

Onderzoeksverantwoording

Aanvullend is beschikbare grijze literatuur over de Nederlandse context toegevoegd (6 publicaties).

De verzamelde publicaties vormen een longlist met 93 studies. Die zijn vervolgens nader geëvalueerd in relatie tot de vier selectiecriteria i) wetenschappelijke kwaliteit, ii) verwachte impact, ii) vernieuwend karakter en iii) praktische toepasbaarheid in Nederland. Dit leidde tot een score van minder relevant tot zeer relevant. Van de studies met scores (zeer) relevant zijn 21 artikelen (10 voor biodiversiteit, 11 voor klimaatadaptatie) nader bestudeerd en vervolgens de inzichten uit deze publicaties besproken in deze literatuurstudie. Deze bespreking bestaat uit drie onderdelen: het samenvattend inzicht dat uit de betreffende publicatie naar voren komt, de relevantie hiervan voor de praktijk van de Nederlandse bedrijventerreinen en – ter illustratie en nadere duiding – een aantal figuren/tabellen uit de daadwerkelijke publicatie met een korte tekst daarbij. De eerste twee onderdelen zijn bedoeld om beleidsmakers, uitvoerende organisaties en mede-onderzoekers kort en krachtig mee te nemen in de uitkomsten van de literatuurstudie. De figuren/tabellen uit de oorspronkelijke publicatie zijn voor hen die meer in detail willen weten waar de inzichten zich precies op gebaseerd zijn.

Het resultaat van bovenstaande exercitie leverde niet alleen de nodige inzichten op, maar liet ook zien welke kennislacunes er zijn in het wetenschappelijk onderzoek dat is uitgevoerd op bedrijventerreinen. Een deel van deze kennis is echter voor andere stedelijke settings (e.g. woonwijken) wel verzameld en de inzichten daaruit zijn eveneens (deels) relevant voor bedrijventerreinen. Als voorbeeld hoe groendaken en -gevels omgaan met hitte. Vandaar dat een aantal (sleutel)publicaties zijn toegevoegd die niet zijn uitgevoerd op specifiek bedrijventerreinen. Dit geldt met name voor 'klimaatadaptatie'. Bij 'biodiversiteit' is ook een bredere scope mogelijk, echter het aantal ecologische concepten/principes en deelonderwerpen dat mogelijk toepasbaar is op bedrijventerreinen is bijzonder groot. Denk aan hoe kolonisatie en dispersie bij dieren in stedelijk gebied verloopt, of hoe vegetatiesuccessie zich voltrekt vanuit pionierssituaties. Eerst zal meer uitgewerkt moeten worden welke biodiversiteitsconcepten nu relevant zijn voor de Nederlandse bedrijventerreinen, vervolgens kan specifieke literatuur worden gezocht indien die niet in deze literatuurstudie al is meegenomen.

Op de volgende pagina's is de *longlist* van geselecteerde publicaties weergegeven, apart voor biodiversiteit en voor klimaatadaptatie.

Vetgedrukt is de *shortlist*, ofwel de als meest relevante beoordeelde publicaties die

Longlist literatuur biodiversiteit

Vetgedrukt zijn de meest relevante publicaties, die in deze brochure zijn uitgelicht.

Adams C.A., Fernández-Juricic E., Bayne E.M., St. Clair C.C. (2021). Effects of artificial light on bird movement and distribution: a systematic map. *Environmental Evidence*. 10(1),37. DOI: 10.1186/s13750-021-00246-8

Amador-Cruz F., Nolasco H.M., Santiago-Hernández M. (2022). Note about the ecological value of an industrial area in central Mexico; [Nota sobre el valor ecológico en una zona industrial del centro de México]. *Lilloa*. 59(2). DOI: 10.30550/j.lil/2021.59.1/2022.07.05

Arcadis (2021). Onderzoek naar het vergroenen van bedrijventerreinen; Rapportage. Arcadis, STEC groep, TAUW.

Bonthoux S., Voisin L., Bouché-Pillon S., Chollet S. (2019). More than weeds: Spontaneous vegetation in streets as a neglected element of urban biodiversity. *Landscape and Urban Planning*. 185. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2019.02.009

Brooks P.R., Nairn R., Harris M., Jeffrey D., Crowe T.P. (2016). Dublin Port and Dublin Bay: Reconnecting with nature and people. *Regional Studies in Marine Science*. 8. DOI: 10.1016/j.rsma.2016.03.007

Cardskadden H., Lober D.J. (1998). Environmental stakeholder management as business strategy: The case of the corporate wildlife habitat enhancement programme. *Journal of Environmental Management*. 52(2). DOI: 10.1006/jema.1997.0170

Cascone S., Gagliano A., Poli T., Sciuto G. (2019). Thermal performance assessment of extensive green roofs investigating realistic vegetation-substrate configurations. *Building Simulation*. 12(3). DOI: 10.1007/s12273-018-0488-y

Cieplik A., Krodziewska M., Franiel I., Starzak R., Sowa M., Spyra A. (2022). The Role of Habitat Protection in Maintaining the Diversity of Aquatic Fauna in Rural and Industrial Areas. *Water (Switzerland)*. 14(23),3983. DOI: 10.3390/w14233983

Cirkel, D.G., B.R. Voortman, T. van Veen, R.P. Bartholomeus (2018-). "Evaporation from (Blue-)Green Roofs: Assessing the Benefits of a Storage and Capillary Irrigation System Based on Measurements and Modeling." *Water*. 10(9),1253.

Colding J., Barthel S., Bendt P., Snep R., van der Knaap W., Ernstson H. (2013). Urban green commons: Insights on urban common property systems. *Global Environmental Change*. 23(5). DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2013.05.006

Halassy M., Csecserits A., Kovacsics-Vári G., Kövendi-Jakó A., Reis B.P., Török K. (2020). First year woody survival supports feasibility of forest-steppe reconstruction as an alternative to landscaping in industrial areas. *Ecological Engineering*. 158,106050. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2020.106050

Hecht, K., L. Haan, H.A.B. Wösten, P. Hamel, S. Swaminathan, A. Jain (2025). "Rocks and walls: Biodiversity and temperature regulation of natural cliffs and vertical greenery systems." *Building and Environment*. 268, 112308.

Heesche J., Braae E.M., Jørgensen G. (2022). Landscape-Based Transformation of Young Industrial Landscapes. *Land*. 11(6),908. DOI: 10.3390/land11060908

Hillenaar, M. en E. Komen (2022). Waar is de biodiversiteit op bedrijventerreinen?; De biodiversiteit van zes bedrijventerreinen onder de loep. Leeuwarden: Studentenrapport Van Hall Larenstein.

Iknayan K.J., Heath S.K., Terrill S.B., Wenny D.G., Panlasigui S., Wang Y., Beller E.E., Spotswood E.N. (2024). Patterns in bird and pollinator occupancy and richness in a mosaic of urban office parks across scales and seasons. *Ecology and Evolution*. 14(3),e10958. DOI: 10.1002/ece3.10958

Ilie D., Cosmulescu S. (2023). Spontaneous Plant Diversity in Urban Contexts: A Review of Its Impact and Importance. *Diversity*. 15(2),277. DOI: 10.3390/d15020277

Longlist literatuur biodiversiteit

Juhasz A. (1992). Environmental impact assessment and geocological mapping in industrial areas. *Foldrajzi Ertesito*. 41(45748).

Koscikova Z., Krivtsov V. (2023). Environmental and Social Benefits of Extensive Green Roofs Applied on Bus Shelters in Edinburgh. *Land*. 12(10),1831. DOI: 10.3390/land12101831

Lao S., Robertson B.A., Anderson A.W., Blair R.B., Eckles J.W., Turner R.J., Loss S.R. (2020). The influence of artificial night at night and polarized light on bird-building collisions. *Biological Conservation*. 241,108358. DOI: 10.1016/j.biocon.2019.108358

Liu J., Zhao Y., Si X., Feng G., Slik F., Zhang J. (2021). University campuses as valuable resources for urban biodiversity research and conservation. *Urban Forestry and Urban Greening*. 64,127255. DOI: 10.1016/j.ufug.2021.127255

Loss S.R., Lao S., Eckles J.W., Anderson A.W., Blair R.B., Turner R.J. (2019). Factors influencing bird-building collisions in the downtown area of a major North American city. *PLoS ONE*. 14(11),e0224164. DOI: 10.1371/journal.pone.0224164

Loss S.R., Will T., Marra P.P. (2015). Direct Mortality of Birds from Anthropogenic Causes. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 46. DOI: 10.1146/annurev-ecolsys-112414-054133

Macgregor C.J., Scott-Brown A.S. (2020). Nocturnal pollination: An overlooked ecosystem service vulnerable to environmental change. *Emerging Topics in Life Sciences*. 4(1). DOI: 10.1042/ETLS20190134

Matthies S.A., Rüter S., Schaarschmidt F., Prasse R. (2017). Determinants of species richness within and across taxonomic groups in urban green spaces. *Urban Ecosystems*. 20(4). DOI: 10.1007/s11252-017-0642-9

Mayrand, F. and P. Clergeau (2018). "Green Roofs and Green Walls for Biodiversity Conservation: A Contribution to Urban Connectivity?." *Sustainability*. 10(4), 985.

Miller J.R., Hobbs R.J. (2002). Conservation where people live and work. *Conservation Biology*. 16(2). DOI: 10.1046/j.1523-1739.2002.00420.x

Oke C., Bekessy S.A., Frantzeskaki N., Bush J., Fitzsimons J.A., Garrard G.E., Grenfell M., Harrison L., Hartigan M., Callow D., Cotter B., Gawler S. (2021). Cities should respond to the biodiversity extinction crisis. *npj Urban Sustainability*. 1(1),11. DOI: 10.1038/s42949-020-00010-w

Patankar P., Desai I., Shinde K., Suresh B. (2007). Ecology and breeding biology of the Cattle Egret *Bubulcus ibis* in an industrial area at Vadodara, Gujarat. *Zoos' Print Journal*. 22(11). DOI: 10.11609/jott.zpj.1566.2885-8

Perivoliotis D., Arvanitis I., Tzavali A., Papakostas V., Kappou S., Andreakos G., Fotiadi A., Paravantis J.A., Souliotis M., Mihalakakou G. (2023). Sustainable Urban Environment through Green Roofs: A Literature Review with Case Studies. *Sustainability (Switzerland)*. 15(22),15976. DOI: 10.3390/su152215976

Pike M., Spennemann D.H.R., Watson M.J. (2017). Building use by urban commensal avifauna in Melbourne central business district, Australia. *Emu*. 117(3). DOI: 10.1080/01584197.2017.1331706

Pocock M.J.O., Hamlin I., Christelow J., Passmore H.-A., Richardson M. (2023). The benefits of citizen science and nature-noticing activities for well-being, nature connectedness and pro-nature conservation behaviours. *People and Nature*. 5(2). DOI: 10.1002/pan3.10432

Ruziman H.H., Ismail A., Mohti A., Radzun K.A., Pardi F. (2023). Toward healthy urban streets: Diversity of roadside tree species in industrial area of Shah Alam, Selangor, Malaysia. *Biodiversitas*. 24(5). DOI: 10.13057/biodiv/d240520

Longlist literatuur biodiversiteit

Serret H., Raymond R., Foltête J.-C., Clergeau P., Simon L., Machon N. (2014). Potential contributions of green spaces at business sites to the ecological network in an urban agglomeration: The case of the Ile-de-France region, France. Landscape and Urban Planning. 131. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2014.07.003

Snep, R.P.H. (2009). Biodiversity conservation at business sites: options and opportunities. Wageningen University and Research.

Snep R., Van Ierland E., Opdam P. (2009). Enhancing biodiversity at business sites: What are the options, and which of these do stakeholders prefer? Landscape and Urban Planning. 91(1). DOI: 10.1016/j.landurbplan.2008.11.007

Snep R.P., Kooijmans J.L., Kwak R.G., Foppen R.P., Parsons H., Awasthy M., Sierdsema H.L., Marzluff J.M., Fernandez-Juricic E., de Laet J., van Heezik Y.M., 2016. Urban bird conservation: presenting stakeholder-specific arguments for the development of bird-friendly cities.

Snep, R.P.H., Opdam, P., Baveco, Wallis de Vries, M.F., Timmermans, W., Kwak, R.G.M., Kuypers, V., 2006. How peri-urban areas can strengthen animal populations in cities: a modeling approach. Biol. Conserv. 127, 345–355.

Snep R.P.H., Ottburg F.G.W.A. (2008). The 'habitat backbone' as strategy to conserve pioneer species in dynamic port habitats: Lessons from the natterjack toad (Bufo calamita) in the Port of Antwerp (Belgium). Landscape Ecology. 23(10). DOI: 10.1007/s10980-008-9266-z

Snep R.P.H., WallisDeVries M.F., Opdam P. (2011). Conservation where people work: A role for business districts and industrial areas in enhancing endangered butterfly populations? Landscape and Urban Planning. 103(1). DOI: 10.1016/j.landurbplan.2011.07.002

Solanki H.A., Pandit B.R. (2003). Biological spectrum of the flora of industrial area near Vadodara City, Gujarat State, India. Ecology, Environment and Conservation. 9(1).

Spyra A., Strzelec M. (2015). Substrate choice by the alien snail Ferrissia fragilis (Gastropoda: Planorbidae) in an industrial area: A case study in a forest pond (Southern Poland). Biologia (Poland). 70(8). DOI: 10.1515/biolog-2015-0126

Thierry C., Pisanu B., Machon N. (2022). Both landscape and local factors influence plant and hexapod communities of industrial water-abstraction sites. Ecology and Evolution. 12(2),e8365. DOI: 10.1002/ece3.8365

Tordoni E., Napolitano R., Nimis P., Castello M., Altobelli A., Da Re D., Zago S., Chines A., Martellos S., Maccherini S., Bacaro G. (2017). Diversity patterns of alien and native plant species in Trieste port area: exploring the role of urban habitats in biodiversity conservation. Urban Ecosystems. 20(5). DOI: 10.1007/s11252-017-0667-0

Torelli R., Balluchi F. (2023). Biodiversity management approaches in small and innovative businesses: insights from a systems thinking perspective. Social Responsibility Journal. 19(7). DOI: 10.1108/SRJ-03-2022-0113

Urbancová L., Albrechtová P., Klimko T., Stalmachová B., Žampachová D. (2014). Biodiversity of the plant communities and increment of the woody species in the industrial areas (Moravian-Silesian region, Czech republic). International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. 1(5).

Longlist literatuur klimaatadaptatie

***Vetgedrukt** zijn de meest relevante publicaties, die in deze brochure zijn uitgelicht.*

Akbari H., Cartalis C., Kolokotsa D., Muscio A., Pisello A.L., Rossi F., Santamouris M., Synnefa A., Wong N.H., Zinzi M. (2016). Local climate change and urban heat island mitigation techniques - The state of the art. Journal of Civil Engineering and Management. 22(1). DOI: 10.3846/13923730.2015.1111934

Alves, F.M., A. Gonçalves, M.R. del Caz-Enjuto (2022). The use of envi-met for the assessment of nature-based solutions' potential benefits in industrial parks—a case study of argales industrial park (valladolid, Spain), Infrastructure. 7(85).

Ariani N.M., Wijaya M.I.H., Priambudi B.N. (2021). Understanding Spatial Planning Policies in Responding to Urban Heat Island Using GIS Analysis in the Kendal Industrial Area. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 887(1),12021. DOI: 10.1088/1755-1315/887/1/012021

Bajšanski, I., S. Savić, J. Dunjić, D. Milošević, V. Stojaković, B. Tepavčević (2024). Mitigating urban heat island effects using trees in planters with varied crown shapes, Energy and Buildings. 325, 115034.

Balany F., Muttill N., Muthukumaran S., Wong M.S., Ng A.W.M. (2022). Studying the Effect of Blue-Green Infrastructure on Microclimate and Human Thermal Comfort in Melbourne's Central Business District. Sustainability (Switzerland). 14(15),9057. DOI: 10.3390/su14159057

Cascone S. (2019). Green roof design: State of the art on technology and materials. Sustainability (Switzerland). 11(11),3020. DOI: 10.3390/su11113020

Cascone S., Catania F., Gagliano A., Sciuto G. (2018). A comprehensive study on green roof performance for retrofitting existing buildings. Building and Environment. 136. DOI: 10.1016/j.buildenv.2018.03.052

Cascone S., Coma J., Gagliano A., Pérez G. (2019). The evapotranspiration process in green roofs: A review. Building and Environment. 147. DOI: 10.1016/j.buildenv.2018.10.024

Cotoarba L., Florescu C., Badaluta C., Visescu M. (2020). Storm-water management in industrial areas in built-up area and non-built-up areas of localities. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 960(2),22091. DOI: 10.1088/1757-899X/960/2/022091

Fox M., Morewood J., Murphy T., Lunt P., Goodhew S. (2022). Living wall systems for improved thermal performance of existing buildings. Building and Environment. 207,108491. DOI: 10.1016/j.buildenv.2021.108491

Gao J., Wang R., Huang J., Liu M. (2015). Application of BMP to urban runoff control using SUSTAIN model: Case study in an industrial area. Ecological Modelling. 318. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2015.06.018

Gadish I., Saaroni H., Pearlmutt D. (2020). Assessment of Thermal Comfort Conditions in Public Spaces of a Densifying Urban Business District. PLEA 2020 - 35th PLEA Conference on Passive and Low Energy Architecture Planning Post Carbon Cities, Proceedings. 2. DOI:

Gadish I., Saaroni H., Pearlmutt D. (2023). A predictive analysis of thermal stress in a densifying urban business district under summer daytime conditions in a Mediterranean City. Urban Climate. 48,101298. DOI: 10.1016/j.uclim.2022.101298

Gao J., Wang R., Huang J., Liu M. (2015). Application of BMP to urban runoff control using SUSTAIN model: Case study in an industrial area. Ecological Modelling. 318. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2015.06.018

Longlist literatuur klimaatadaptatie

Guerri G., Crisci A., Morabito M. (2023). Urban microclimate simulations based on GIS data to mitigate thermal hot-spots: Tree design scenarios in an industrial area of Florence. Building and Environment. 245,110854. DOI: 10.1016/j.buildenv.2023.110854

Hien W.N., Yu C., Tee W.S., Chung C. (2006). Exploring the thermal benefits of plants in industrial areas with respect to the tropical climate. PLEA 2006 - 23rd International Conference on Passive and Low Energy Architecture, Conference Proceedings.

Hiemstra, J. A. (2018). Groen in de stad: Waterhuishouding.

Hiemstra, J. A., Saaroni, H., & Amorim, J. H. (2017). The urban heat Island: Thermal comfort and the role of urban greening. The urban forest: cultivating green infrastructure for people and the environment, 7-19.

Jayasooriya V.M., Muthukumaran S., Ng A.W.M., Perera B.J.C. (2018). Multi Criteria Decision Making in Selecting Stormwater Management Green Infrastructure for Industrial areas Part 2: A Case Study with TOPSIS. Water Resources Management. 32(13). DOI: 10.1007/s11269-018-2052-z

Jayasooriya V.M., Ng A.W.M., Muthukumaran S., Perera C.B.J. (2020). Optimization of green infrastructure practices in industrial areas for runoff management: A review on issues, challenges and opportunities. Water (Switzerland). 12(4),1024. DOI: 10.3390/W12041024

Kim J., Lee J., Song Y., Han H., Joo J. (2018). Modeling the runoff reduction effect of low impact development installations in an industrial area, South Korea. Water (Switzerland). 10(8),967. DOI: 10.3390/w10080967

Kluck, J., Klok, L., Solcerová, A., Kleerekoper, L., Wilschut, L., Jacobs, C. en Dankers, R. (2020). De hittebestendige stad: Een koele kijk op de inrichting van de buitenruimte. Hogeschool van Amsterdam.

Kuitert, K. en Maas, R. (2016). Prettige plekken: Handboek mens & openbare ruimte (1ste editie). Acquire Publishing BV.

Lai P.-Y., Koh W.S., Gopalan H., Liu H., Leong D., Lee H., Goh J., Lim J.Y., Ang J., Peh G., Cher G., Eng C.H., Goh J.L., Tan E., Tan J. (2023). Outdoor environmental comfort evaluation for retail planning in a tropical business district using Integrated Environmental Modeller. PLoS ONE. 18(3 March),e0282106. DOI: 10.1371/journal.pone.0282106

Lin T.-P., Matzarakis A., Hwang R.-L. (2010). Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. Building and Environment. 45(1). DOI: 10.1016/j.buildenv.2009.06.002

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). DOI: 10.1016/j.buildenv.2011.07.014

Ottelé, M (2011). "The green building envelope." Vertical Greening, Delft.

Peng S., Cui H., Ji M. (2018). Sustainable Rainwater Utilization and Water Circulation Model for Green Campus Design at Tianjin University. Journal of Sustainable Water in the Built Environment. 4(1),4017015. DOI: 10.1061/JSWBAY.0000841

Putri N.A., Hermawan R., Karlinasari L. (2021). Measuring thermal comfort in a built environment: A case study in a Central Business District, Jakarta. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 918(1),12024. DOI: 10.1088/1755-1315/918/1/012024

Rahman, M.A., C. Hartmann, A. Moser-Reischl, M.Freifrau von Strachwitz, H. Paeth, H. Pretzsch, S. Pauleit and T. Rötzer, Tree cooling effects and human thermal comfort under contrasting species and sites, Agricultural and Forest Meteorology, Volume 287, 2020, 107947.

Longlist literatuur klimaatadaptatie

Rahman, M.A., L.M.F. Stratopoulos, A. Moser-Reischl, T. Zölch, K.H. Häberle, T. Rötzer, H. Pretzsch and S. Pauleit, Traits of trees for cooling urban heat islands: A meta-analysis, Building and Environment, Volume 170, 2020, 106606.

Rizaldi B., Idri G., Suwarno E., Mujiyono (2019). Design of drainage system on industrial area Kampung Cina, Dobo City, Aru Islands Regency, based on Eco drainage using with HEC-RAS 4.0. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 669(1),12038. DOI: 10.1088/1757-899X/669/1/012038

Schippa G., Interlandi S., Russo P., Branca F. (2018). Green restoration of the industrial area of the city of Catania for improving urban resilience and sustainability. Acta Horticulturae. 1215. DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1215.56

Srivanit M., Hokao K. (2013). Evaluating the cooling effects of greening for improving the outdoor thermal environment at an institutional campus in the summer. Building and Environment. 66. DOI: 10.1016/j.buildenv.2013.04.012

Susca T. (2022). Nature-Based Solutions Applied to the Built Environment to Alleviate Climate Change: Benefits, Co-benefits, and Trade-offs in a Geographical Multi-scale Perspective. Handbook of Climate Change Mitigation and Adaptation: Third Edition. 3. DOI: 10.1007/978-3-030-72579-2_123

Thomsit-Ireland F., Essah E.A., Hadley P., Blanuša T. (2020). The impact of green facades and vegetative cover on the temperature and relative humidity within model buildings. Building and Environment. 181,107009. DOI: 10.1016/j.buildenv.2020.107009

Wang X., Rong G., Sun S., Zheng T., Hu L. (2021). Campus rainwater control and benefit analysis based on low impact development. Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering. 39(12). DOI: 10.3969/j.issn.1674-8530.20.0162

Wang Y., Van Roon M. (2020). Water Sensitive design as an ecologically based urban design approach to facilitate stormwater resilience for industrial areas in Auckland. International Low Impact Development Conference 2020: Setting the Vision for the Next Twenty Years - Proceedings of the International Low Impact Development Conference 2020. DOI: 10.1061/9780784483114.001

Wang Y., van Roon M., Knight-Lenihan S. (2021). Opportunities and challenges in water sensitive industrial development: an Auckland case study, New Zealand. International Journal of Sustainable Development and World Ecology. 28(2). DOI: 10.1080/13504509.2020.1783717

Wang Y., Yang Y., Liu D., Zhang Z., Ren W., Sun Y., Li F. (2024). Local insights into industrial nature-based solutions: A comparative study between Northwest China and New Zealand. Cities. 150,105037. DOI: 10.1016/j.cities.2024.105037

Wang Y., Yang Y., Sun Y., Lyu S., Zhang Z., Liu D., Wei S., Liu S., Wang M. (2023). Public perception and preferences of industrial green infrastructure in Northwest China. Ecological Indicators. 156,111123. DOI: 10.1016/j.ecolind.2023.111123

Wang Y., Zacharias J. (2015). Landscape modification for ambient environmental improvement in central business districts - A case from Beijing. Urban Forestry and Urban Greening. 14(1). DOI: 10.1016/j.ufug.2014.11.005

Wong N.H., Kardinal Jusuf S., Aung La Win A., Kyaw Thu H., Syatia Negara T., Xuchao W. (2007). Environmental study of the impact of greenery in an institutional campus in the tropics. Building and Environment. 42(8). DOI: 10.1016/j.buildenv.2006.06.004

Xi T., Li Q., Mochida A., Meng Q. (2012). Study on the outdoor thermal environment and thermal comfort around campus clusters in subtropical urban areas. Building and Environment. 52. DOI: 10.1016/j.buildenv.2011.11.006

Longlist literatuur klimaatadaptatie

Yang, B. and D.K. Lee (2021). Planning strategy for the Reduction of Runoff Using Urban Green Space. Sustainability. 13(4), 2238.

Zhang, L. & Ye, Zehao & Shibata, Shozo (2020). Assessment of Rain Garden Effects for the Management of Urban Storm Runoff in Japan. Sustainability. 12. 10.3390/su12239982.

Zheng X., Zou Y., Lounsbury A.W., Wang C., Wang R. (2021). Green roofs for stormwater runoff retention: A global quantitative synthesis of the performance. Resources, Conservation and Recycling. 170,105577. DOI: 10.1016/j.resconrec.2021.105577

Overzicht van zoektermen literatuursearch

Bedrijventerrein	Biodiversiteit	Klimaatadaptatie	Concepten	Concepten (vervolg)	Effecten: Methode	Effecten: resultaten/kengetallen
Zoektermen	Zoektermen	Zoektermen	Zoektermen	Zoektermen	Zoektermen	Incline
business site(s)	Biodiversity	Climate change	Nature based solutions	rooftop restaurant	Review study	Increase
business park	Greening	Resilience	Ecosystem services	rooftop bar	Empirical	Incline
industrial area	Green spaces	Heat waves, map, stress, (urban) island	Rewilding	Biophillicia	Monitoring	Birds
industrial estate	Ecological	Water redundancy	Green/blue infrastructure	biophillic design	Repeated measures (naming)	Butterflies
business premises	Ecological restoration	Drought	Urban wilderness	permeable paving	Effects	Bees
port area	Nature inclusive	Cooling	Returning to nature	raingarden	Impact	Insects
office park	Fauna, Birds, mammals, bees, butterflies, insects	Flood(ing)	Renaturalization	bioswale	Mitigate	Flora
business district(s)	Flora, trees, flowers, grass,	Urban flooding, pluvial flooding	Brownfield regeneration	stormwater management		Fauna (grass...)
campus	Green/greening/green infrastructure	Stormwater runoff, surface water runoff	Urban resilience	rainwater management		Ditches
high tech surroundings cities	Swales	Adaptation, adaptation measures	Green label	rainwater infiltration		Ponds
urban	Water, blue infrastructure	heavy rainfall, high intensity rainfall	Urban forestry	sport		Retention roofs
high tech campus	Nature based solutions	Inundation	food-forest	sports pitch		Permeable parking lots
work surroundings		Water stress, water shortage	pocket park	tree growing site		Retention
entreprise		Air pollution, air quality	Blue green infrastructure	tree soil		detention
CBD (central business district)		Rain storms, thunderstorms	Green-blue	amsterdam tree soil		infiltration
		Downdrafts, tornadoes	BGI			water filtration
		Hail	urban green space			grey water
		urban heat island (effect)	city trees			water circular
		climate adaptation	street trees			water smart
		temperature	green roof			water sensitive
		Cooling	blue green roofs			i-Tree
		Swales	solar roofs			
		Cool spots	biodiverse roofs			
		Water storage	energy roofs			
		Sponge	blue green energy roofs			
		Water system	roofgarden			

Colofon

Auteurs: Fransje Langers, Robbert Snep en Loudon Kremer

Dit document is ontwikkeld door Wageningen Environmental Research binnen het project Werklandschappen van de Toekomst.

Versie: maart 2025

Dit document is ontwikkeld door Wageningen Environmental Research in samenwerking met Stec Groep binnen het Nationaal Groeifonds programma Werklandschappen van de Toekomst.

 2025 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

DOI: 10.18174/690499



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Werklandschappen
van de Toekomst