

**Information om bidraget****Diarienummer:** 2017-01960**Bidragmottagare:** Amorim, Jorge**Medelsförvaltare:** Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut**Hemvist:** Forskningsavdelningen**Projekttitel (svenska):** Grön infrastruktur och klimat i Nordiska städer, idag och i framtiden: kunskapsläge och kunskapsluckor om interaktioner och effekter (G.I.Nord)**Bidragsperiod:** 2017-01-01 - 2018-12-31**Totalt beviljat belopp:** 1 496 776**Dispositionsdatum:** 2019-12-31**Utlysningsnamn:** Kunskap om och för samhällets klimatarbete - Nationella forskningsprogrammet om klimat**Bidragsform:** Synteser**Inriktning:** Synteser**Ämnesområde:** Formas**Information om återrapporteringen****Typ:** Vetenskaplig - Engångs**Period som rapportering avser:** 2017-01-01 - 2019-12-31**Vetenskaplig återrapportering registrerad och inskickad av:** Jorge Amorim

Vetenskaplig återrapportering

Inomvetenskapligt referat

Referatet (max 8000 tecken inklusive mellanslag) ska vara skrivet som ett abstract till en vetenskaplig uppsats, det vill säga det ska sammanfatta arbetets olika delar.

- Introduktion med syfte och hypotes
- Material och metoder
- Resultat
- Diskussion med slutsats
- Vetenskapliga uppsatser som eventuellt framkommit under projekttiden listas

Inomvetenskapligt referat

The synthesis project "Green Infrastructure in Nordic cities", G.I.Nord, aimed at identifying knowledge gaps, practical needs and obstacles to an efficient implementation of Urban Green Infrastructure (UGI) as a tool for climate change adaptation in Nordic cities. For this purpose, G.I.Nord gathered end-users, stakeholders and scientists working on urban planning and design, environment and climate. The method was based on the review of both scientific and grey literature, as summarized below.

One task consisted of the systematic review of peer-reviewed papers cited by the Web of Science Core Collection in the period between January 2008 and March 2018. From almost 6000 papers initially screened, over 100 studies were fully reviewed. We focused on two major categories of ecosystem services (ES) provided by UGI: (1) regulating services, which include benefits as the regulation of climate and both natural and anthropogenic hazards (heat, floods, air pollution and noise), and (2) cultural services, which encompass nonmaterial benefits from ecosystems, like recreation and positive experiences that translate into psychological and physiological health. The second task included the compilation and review of "grey" literature, visits to selected sites in Stockholm, Norrköping, Malmö and Copenhagen, and workshops aimed at sharing experiences with end-users and understanding their needs.

The main identified driver for the introduction and utilization of UGI in Nordic cities has historically been the regulation of urban runoff with different stormwater control measures, towards a decreased risk of flooding. Technologically advanced UGI solutions in this field include green roofs and green walls. The first have been used mainly as part of urban stormwater management, with the purpose of reducing runoff volume and thus avoiding overflow in the sewage pipe system. A general lack of data from multi-year measurements has been pointed out in literature, which ultimately limits the possibility to draw conclusions on long-time performance of green roofs. In general, there is limited understanding about green roof performance and function in cold and wet climates, and therefore the direct transfer of knowledge from drier climates is not sufficient.

In our systematic review we did not find support for the general assumption that UGI is unequivocally reducing the levels of air pollution in Nordic cities. While some measurement studies reported significantly lower concentrations of gaseous pollutants inside forest patches compared to open areas, most studies found opposite or no differences. The UGI's ability to reduce the atmospheric concentrations of coarse particulate matter (PM) in Nordic cities seems to be more certain, although the mechanism and pathway of PM removal from the atmosphere is yet to be fully established. These effects are coupled to the UGI's impact on natural emissions, its ability to take up gases and particles from the atmosphere, and changes to the transport by the mean wind and turbulent mixing as a result of the physical obstruction of flow by the vegetation.

There are also disservices linked to the UGI that need to be taken into consideration. Life cycle analyses indicate that well managed urban green areas typically act as sources for greenhouse gases, such as nitrous oxide and carbon dioxide. Grasses and trees grown in urban environments can be a significant local source of pollen. While deciduous trees may be favored for their heat regulating properties in summer, coniferous trees have been found to be particularly effective in reducing PM concentrations in Nordic cities.

The cooling capacity of urban green sites, known as the Park Cool Island (PCI) effect, has also been investigated. Temperature measurements in tree-covered parks in Gothenburg reveal an average daytime cooling of 0.8 °C, in line with reports from other climatic zones, reaching peak values of 1.5 °C during the hottest periods. This cooling effect was, in average, 0.6 °C stronger in the warm season, stressing the role of urban parks and forests on human comfort and wellbeing in a warmer future climate. However, aiming at maximizing the effectiveness of UGI as a climate adaptation measure in Nordic cities, more research is needed to be able to quantify the degree to which a vegetated area is capable of mitigating the urban heat island while allowing solar radiation to penetrate in winter when it is most necessary.

The effect on outdoor thermal comfort has been assessed mostly via the simulation of mean radiant temperature (MRT) over Swedish cities. Research shows that during hot summer days, heat stress conditions decline almost linearly as a function of increasing vegetation's cover, highlighting the role of MRT as a valuable parameter within climate sensitive planning. However, it neglects the convective cooling of wind, limiting its applicability. Other thermal comfort indices, such as the Universal Thermal Climate Index (UTCI), provide a wider and more complete assessment. It should also be taken in consideration that thermal, emotional and perceptual assessments of a physical place may be intertwined with psychological and cultural processes, rather than fixed by general thermal indices developed in line with physiological heat balance models.

Besides the regulating ES mentioned above, a calm atmosphere, sounds of nature and the experiences offered by contacting with fauna and flora are benefits that Nordic city dwellers are looking for when visiting a green space near home. There is substantial evidence that these experiences have positive impacts on emotional and physical wellbeing, sleep quality and perception of general health, namely cardiovascular. For this reason, cities are better scored on the rankings of life quality when an easy access to green spaces for physical activities or relaxation is provided.

Our review of technical reports and papers, the field visits and the contact with stakeholders during the workshops showed that knowledge and practical examples of UGI are available. However, the impacts on wellbeing, health and social aspects are not well understood and/or valued by city planners and other end-users. Because stormwater control has been a top priority in adaptation strategies, the cooling effect of vegetation is acknowledged only as a complementary ES. The hot summer of 2018 in Scandinavia has, however, enhanced the interest for the heat regulation capacity of UGI solutions.

Since Nature-based Solutions are rather new in climate change adaptation, the long term effects and the trade-offs, or disservices, of urban vegetation are often not fully clear to practitioners. For example, the maintenance of these infrastructures can be a problem, despite the available instructions. Stakeholders ask for methods for implementation and maintenance, good practices, planning tools and clear information. Laws, guidelines, political decisions and responsibility issues were pointed out as practical obstacles, as also the lack of cooperation between actors, insufficient technical competence and costs.

In parallel with the challenge of climate change, environmental hazards and urbanization, worldwide cities are changing towards compact urban development. This increases the competition over land resources and may ultimately compromise the ES that dwellers are dependent on. We conclude that, in order to stimulate climate sensitive planning in Nordic cities, including the implementation of efficient adaptation mechanisms, the ES provided by urban vegetation and the underlying interactions, co-benefits and disservices need to be better understood in the light of the specificities of high latitude cities.

Scientific paper from the project:

Amorim J.H., Engardt M., Sannebro M., Ribeiro I., Johansson C. Regulating and cultural ecosystem services of urban vegetation in Nordic cities: A systematic review. "Landscape and Urban Planning". (under review)

Populärvetenskaplig resultatsammanfattning på svenska

Sammanfattningen (max 6000 tecken inklusive mellanslag) ska innehålla:

- Bakgrund och syfte
- Teori och metod
- Huvudresultat
- Konklusion
- Lista på eventuella populärvetenskapliga publikationer från projektet

Förtätning och pågående klimatförändring ökar behovet av anpassningsåtgärder för att städerna skall behålla sin attraktionskraft. I internationella överenskommelser finns uttalade ambitioner att motverka klimatförändring och att anpassa samhället till dessa effekter. Urban Grön Infrastruktur (UGI) och naturbaserade lösningar kan bidra till att skapa mer hälsosamma och långsiktigt hållbara städer. För att öka användningen av UGI som en del i klimatanpassningen behöver vi förstå vilka kunskapsluckor och andra hinder som ligger i vägen.

SMHI och Stockholms stad har drivit syntesprojektet G.I. Nord som syftar till att: (1) identifiera framgångsfaktorer för UGI, utmaningar i dess tillämpning och kvarstående kunskapsluckor; and (2) identifiera, undersöka och visa goda exempel på hur UGI tillämpats i nordiska städer med syfte att reducera klimatförändringen och dess negativa effekter.

G.I. Nord sammanfattar läget för hur UGI används för klimatanpassning i nordiska städer såsom vi uppfattat det utifrån "grå litteratur", studiebesök och workshops. Sammanställningen visar att det finns mycket kunskap och många exempel på hur UGI kan se ut. De åtgärder som i dag görs i nordiska städer fokuserar huvudsakligen på behovet av att lösa dagvattenfrågor. Det finns färre exempel på städer som använder UGI lösningar som klimatanpassningsåtgärder när det gäller värmeböljor. Samtidigt är aktörerna medvetna om övriga positiva effekter som tillkommer såsom trivsel, svalka och biologisk mångfald.

Eftersom naturbaserade lösningar är ganska nya verktyg i klimatanpassningsarbetet så saknas ofta erfarenheter av långtidseffekter. Skötsel kan vara ett problem, trots bra anvisningar. Aktörerna pekar också på behovet av att engagera de boende kontinuerligt. Det tycks handla om att skapa en djupare förståelse för varför anläggningar ser ut som de gör och hur de ska skötas. Dessutom önskades metoder för anläggning och drift, goda exempel, planeringsverktyg och underlag om temperatur och vatten. Andra hinder som nämndes var kostnader, politiska beslut, lagstiftning, avsaknad av riktlinjer, förtätning och konkurrens om mark liksom planerings- och samordningssvårigheter. En tröghet i att ändra traditionellt planerande och utförande pekades också ut som hinder.

Projektet har också genomfört en vetenskaplig litteraturstudie för att fastställa kunskapsläget om samband mellan urbant klimat och UGI i nordiska städer. Undersökningen bestod av en systematisk genomgång av granskade artiklar publicerade i vetenskapliga tidskrifter som omnämns i "Web of Science" för perioden 2008-2018. Urvalsprocessen ledde till att drygt 100 artiklar, av de ursprungliga ca. 6000, analyserades.

Enligt sammanställningen gäller att om avståndet är mindre än 300 meter till grönområdet ökar användningen väsentligt och då främst för fysiska aktiviteter. En lugn miljö, naturens ljud och närkontakt med djur och växter är några av de nyttor som människor söker när de besöker ett grönområde nära hemmet. Dessa ekosystemtjänster har positiv inverkan på känslomässigt och fysiskt välbefinnande, sömnkvalitet och uppfattat generellt hälsotillstånd.

Införandet av UGI i nordiska städer har framförallt riktats åt att lösa dagvattenproblem. Teknologiskt avancerade lösningar inkluderar gröna tak och väggar. De första har använts huvudsakligen som en del av stadens strategi för skyfallshantering, i syfte att minska tillflöde av regnvatten till dagvattennätet. Generellt sett finns det begränsad förståelse för långvariga prestanda och funktion av grönt tak i kalla och våta klimat, och därför är den direkta överföringen av kunskap från torrare klimat inte tillräcklig.

Temperaturökningen i Norden, beroende på klimatförändringen, förväntas bli större än det globala genomsnittet. Detta ökar sannolikheten för värmeböljor liksom den vi upplevde sommaren 2018. I rekommendationer för hur värmestress kan minskas utomhus i nordiska städer föreslås lövträd istället för städsegröna träd. Orsaken är att lövträd ger skugga på sommaren men släpper igenom ljus under den mörka vintern. Men mer forskning behövs om interaktionerna mellan stadsplanering, klimatförändring, folkhälsa och välbefinnande i nordiska städer.

Vi har också undersökt hur urban vegetation påverkar luftmiljön i nordiska städer. Torrdeposition till träd och växter leder till upptag av luftföroreningar och minskande halter. Vegetationen kan även minska turbulens och omblandning av luft vid en gata, vilket istället leder till ökande halter. Från den systematiska granskningen av vetenskapliga artiklar går det inte att hitta entydigt stöd i påståendet att UGI är positivt för luftmiljön i de nordiska städerna. Tvärtom verkar många luftföroreningar, såsom kvävedioxid och kolväten istället ansamlas framför eller inne i trädgångar. Det verkar dock mer säkert att, framförallt, grövre partiklar (så kallade, PM10) tas upp av växtligheten. Effektiviteten av detta upptag skiljer sig mellan olika växter. Slutsatserna när det gäller kopplingen mellan UGI och luftföroreningar i nordiska städer motsäger tidigare internationella studier och det behövs mer data för att utreda detta.

Vi sammanfattar att det finns bra exempel och tillgänglig information som kan bidra till att inspirera och informera om UGI i Nordiska städer. Men ny kunskap behövs som gör det möjligt att fullt ut använda de olika ekosystemtjänster som levereras av UGI, inklusive gröna tak och väggar, som en klimatanpassningsåtgärd. Det skulle ge stöd för bättre stadsplanering, som integrerar kunskapsbaserad utformning av urbana gröna ytor och noggranna val av trädslag.

Populärvetenskapliga publikationer från projektet:

Rapport: Persson G., Wikberger C., Amorim J.H., 2018. Klimatanpassa nordiska städer med grön infrastruktur. Klimatologi Nr 50. SMHI. ISSN: 1654-2258. 60 p. <http://smhi.diva-portal.org/smash/get/diva2:1272429/FULLTEXT01.pdf>

Workshop: <https://www.smhi.se/forskning/forskningsomraden/luftmiljo/att-planera-for-varme-i-stadsmiljon-i-ett-framtida-klimat-1.139351>
