



# Värmereducerande grönstrukturer

## – Hur kan gröna strukturer användas för att lindra den urbana värmeöeffekten?

---

*Heat reducing green structures – How can green structures be used to ease the urban heat island effect?*

Nils Vestlund

Självständigt arbete • 15 hp  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Fakultet för naturresurser och jordbruksvetenskap  
Institutionen för stad och land  
Landskapsarkitektprogrammet - Uppsala  
Uppsala 2021



# Värmereducerande grönstrukturer — Hur kan gröna strukturer användas för att lindra den urbana värmeöeffekten?

*Heat reducing green structures – How can green structures be used to ease the urban heat island effect?*

Nils Vestlund

**Handledare:** Josefin Wangel, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för stad och land  
**Examinator:** Ulla Myhr, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för stad och land

**Omfattning:** 15 hp  
**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E  
**Kurstitel:** Självständigt arbete i landskapsarkitektur  
**Kurskod:** EX0861  
**Program/utbildning:** Landskapsarkitektprogrammet - Uppsala  
**Kursansvarig inst.:** Institutionen för stad och land

**Utgivningsort:** Uppsala  
**Utgivningsår:** 2021  
**Omslagsbild:** Illustration av författaren baserad på bildmaterial från Google (2021).  
**Upphovsrätt:** Alla bilder i arbetet används med erforderliga tillstånd.  
**Elektronisk publicering:** <https://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** gröna strukturer, värmeöeffekten, värmerelaterad ohälsa, stadsklimat

## **Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakultet för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för stad och land

Avdelningen för landskapsarkitektur

## Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

## Sammanfattning

Det här arbetet undersöker gröna strukturer som åtgärd för att motverka värmeöeffekten i svenska städer. Värmeöeffekten innebär att det urbana landskapets dygnsmedeltemperatur är högre än i omgivande ruralt landskap. Detta fenomen uppstår främst genom de byggda elementens materialegenskaper och avsaknaden av kylande vegetation i staden. Värmeöeffekten bidrar till värmerelaterad ohälsa hos stadens invånare och är ett potentiellt ökande problem i och med klimatförändringar, urbanisering och förtätningstrenden inom svensk stadsplanering.

I arbetet identifierades gröna strukturer med dokumenterade effekter på den urbana värmeön. För att exemplifiera hur och till vilken grad dessa gröna strukturer är möjliga att applicera i urban miljö applicerades de gröna åtgärderna genom en skissartad gestaltning inom två områden av olika stadstyp i Uppsala. Åtgärderna analyseras för att, i den grad det är möjligt, kvantifiera de värmeö-reducerande effekterna. Arbetet lyfter också fram viktiga synergieffekter från de gröna strukturerna.

*Nyckelord:* gröna strukturer, värmeöeffekten, värmerelaterad ohälsa, stadsklimat

## Abstract

This writing examines green structures as a measure to ease the heat island effect in Swedish cities. Heat island effect refers to the phenomena of higher average day temperature in cities compared to its surrounding rural landscape. This, foremost due to the heat-absorbing abilities of build materials and the lack of vegetation in the city. The heat island effect contributes to heat-related disease and is a potentially increasing problem because of climate changes, urbanization and the trend of densification in Swedish city planning.

The writing identified green structures with documented effects on the heat island effect. These measures were implied in a schematic design in two areas of different city-type in the city of Uppsala, Sweden. This, to exemplify how and to what extent green structures are possible to apply in the different areas. The measures are analysed to, in the most conceivable way, quantify the heat island reducing effects. The writing also points out important synergy effects of the green structures.

*Keywords:* green structures, heat island effect, heat-related disease, urban climate

# Innehållsförteckning

<b>Figurförteckning</b> .....	<b>7</b>
<b>1. Inledning</b> .....	<b>9</b>
1.1. Syfte.....	10
1.2. Frågeställning .....	10
1.3. Avgränsning.....	10
<b>2. Metod</b> .....	<b>11</b>
<b>3. Bakgrund</b> .....	<b>13</b>
3.1. Värmerelaterad ohälsa .....	13
3.1.1. Ohälsa vid ökad dygnsmedeltemperatur .....	14
3.1.2. Effekterna av värmerelaterad ohälsa i Sverige.....	14
3.2. Värmeeffekten och dess orsaker.....	15
3.2.1. Materialegenskaper hos stadens byggda och anlagda element .....	15
3.2.2. Stadens struktur.....	16
3.2.3. Andelen hårdgjorda ytor .....	17
3.2.4. Vegetation.....	17
3.2.5. Stadens storlek och invånarantal.....	18
3.3. Ett potentiellt växande problem - klimatförändringar och urbanisering .....	18
3.4. Exempel på hur värmeeffekten kan motverkas .....	19
3.5. Uppsalas värmeö.....	20
3.5.1. Värmeeffekten i olika stadstyper.....	20
3.5.2. Villaområden .....	20
3.5.3. Höghusområden .....	21
3.5.4. Kvarterstad .....	21
3.5.5. Industristad .....	21
3.6. Sammanfattning av bakgrundsundersökning .....	22
<b>4. Resultat</b> .....	<b>23</b>
4.1. Kvarterstaden .....	23
4.1.1. Förutsättningar i kvarterstaden .....	24
4.1.2. Gatuträd .....	25

4.1.3.	Parkorg .....	27
4.1.4.	Gröna tak .....	28
4.1.5.	Gröna fasader .....	29
4.1.6.	Sammanfattning: gröna strukturer i kvartersstaden.....	30
4.2.	Industristaden .....	31
4.2.1.	Förutsättningar i industristaden .....	31
4.2.2.	Gatuträd .....	32
4.2.3.	Park.....	34
4.2.4.	Gröna tak .....	35
4.2.5.	Infiltrerbara ytor.....	36
4.2.6.	Sammanfattning av gröna strukturer i industristaden .....	37
4.3.	Ytterligare åtgärder för att motverka värmeöeffekten.....	37
4.3.1.	Bilfria stads kärnor .....	37
4.3.2.	Föreskrifter i lagboken .....	38
4.3.3.	Långsiktig planering .....	38
<b>5.</b>	<b>Slutsats och diskussion .....</b>	<b>39</b>
5.1.	Effekternas omfattning.....	39
5.2.	Framtida undersökningar.....	40
<b>6.</b>	<b>Referenser.....</b>	<b>41</b>
6.1.	Foton och kartor .....	43

# Figurförteckning

Samtliga illustrationer i arbetet är gjorda av författaren. En del av figurerna är baserade på foto- eller kartmaterial från Google eller innehåller skalpersoner från skalgubbar.se. Detta redovisas nedan samt i figurernas bildtext.

Figur 1. Schematisk illustration över sambandet värmerelaterad ohälsa och temperatur i Sverige. ....	13
Figur 2. Beskrivande illustration över begreppet himmelsfaktor. ....	16
Figur 3. Karta över Uppsala med exempelområdena undersökta i arbetet utmarkerade. Karta: © Lantmäteriet (2021) .....	23
Figur 4. Kvarterstaden idag. Karta: © Google (2021c).....	24
Figur 5. Illustration kvarterstaden med gröna strukturer applicerade. Karta: © Google (2021c).....	25
Figur 6. Illustration gatuträd i kvarterstaden. Foto: © Google (2021d). Skalperson: Skalgubbar.se.....	26
Figur 7. Illustration parktorg i kvarterstaden. Foto: © Google (2021d).. Skalperson: Skalgubbar.se.....	27
Figur 8. Illustration gröna tak i kvarterstaden. Foto: © Google (2021d) .....	28
Figur 9. Illustration gröna fasader i kvarterstaden. Foto: © Google (2021d). Skalperson: Skalgubbar.se.....	29
Figur 10. Industristaden idag. Karta: © Google (2021a).....	31
Figur 11. Illustration industristaden med gröna strukturer. Karta: © Google (2021a).....	32
Figur 12. Illustration gatuträd i industristaden. Foto: © Google (2021b). Skalperson: Skalgubbar.se.....	33
Figur 13. Illustration park i industristaden. Foto: © Google (2021b). Skalperson: Skalgubbar.se.....	34
Figur 14. Illustration gröna tak i industristaden. Foto: © Google (2021b).....	35
Figur 15. Illustration infiltrerbara ytor i industristaden. Foto: © Google (2021b)	36





# 1. Inledning

Det finns ett samband mellan folkhälsa och klimat. I en rapport från 2015 beskriver Folkhälsomyndigheten ett tydligt samband mellan värme och hälsa där effekterna av värmen resulterar i både en ökning i sjukhusinläggningar och dödlighet (Folkhälsomyndigheten 2015: 19).

Ett exempel för hur det beskrivna sambandet mellan värme och dödlighet kan arta sig är värmeböljan under sommaren 2018. Sommaren slog flera varmerecord och på många håll i landet uppmättes både temperaturer över 30 °C flera dagar i rad och så kallade tropiska nätter, det vill säga dygn då temperaturen aldrig sjunker under 20 °C (Läkartidningen 2019:116). Under denna högsommar dog över 750 personer fler än förväntat, dödsfall som förknippas med den extrema värmen (ibid.).

I en ytterligare rapport från Folkhälsomyndigheten beskrivs hur värmerelaterad ohälsa är större bland den urbana befolkningen än den rurala (Folkhälsomyndigheten 2018: 11). En bidragande faktor till detta är den urbana värmeeffekten (Thorsson 2012:27). Fenomenet värmeeffekt är väldokumenterat och innebär att temperaturen i en stad är högre än temperaturen i omgivande landskap. Den förhöjda temperaturen beror främst på materialegenskaperna hos byggda element och ytor i staden vilka jämfört med naturliga material har en högre förmåga att absorbera, lagra och avge värme (Thorsson 2012: 11). Värmeeffekten är främst ett nattligt fenomen då störst skillnad mot det rurala landskapet är i avsvlningsförmåga. Under natten kan skillnaderna mot omgivande landskap uppmätas till så mycket som 10 °C och effekten ökar generellt med storleken på staden (ibid.). Detta resulterar i att de boende inom urbana områden inte kan återhämta sig från värmen under natten och försätts under konstant påfrestning av värme (Thorsson 2012:27).

Rådande urbanisering i Sverige leder både till att en allt större del av befolkningen bor i urbana landskap samt att städerna blir större och på så vis uppåddar en allt kraftigare värmeeffekt (Boverket 2019). Detta samt framtidens klimatprognoser, vilka spår både generellt högre medeltemperaturer och allt mer frekventa värmeböljor, gör värmerelaterad ohälsa i urbana landskap till ett växande problem. Det finns dock sätt att motverka värmeeffekten och oftast lyfts grönytor och

vegetation fram som en del av lösningen (Thorsson 2016, Uppsala Kommun 2014, Francesco et al. 2019 & Folkhälsomyndigheten 2018).

Uppsala län beräknas ha den största befolkningsökningen av alla län i Sverige under de tio kommande åren (SCB 2020). Det är sannolikt att en stor del av ökningen kommer ske inom Uppsala tätort. Uppsala är också en stad som utför ett mycket ambitiöst klimatarbete vilket uppmärksammades senast i maj 2020 då Uppsala tog emot pris som Årets svenska klimatstad 2020 från världsnaturfonden (WWF 2020). Uppsala fick priset bland annat för sitt arbete med att främja cykeln som färdmedel, sin satsning på solceller samt ambitionen att senast 2050 vara en klimatpositiv stad (WWF 2020). Uppsalas urbanisering samt höga klimatambitioner gör staden till en intressant stad att undersöka värmereducerande grönstruktur inom.

## 1.1. Syfte

Syftet med den här uppsatsen är att ur landskapsarkitekturens perspektiv redogöra för hur en välplanerad och omfattande urban grönstruktur kan motverka värmeeffekten och i förlängningen lindra den ohälsa som urbana värmeöar bidrar till.

## 1.2. Frågeställning

Hur kan gröna strukturer appliceras i Uppsala för att effekterna från stadens urbana värmeö ska reduceras?

## 1.3. Avgränsning

Mitt arbete avgränsar sig till vad som är relevant i svenska städer med potentiell problematik kring värmeöeffekten. Det vill säga större städer med både en rådande urbanisering och förtätning. Jag kommer främst att analysera och återge forskning utförd i svensk kontext men kan också komma att använda mig av exempel från andra länder när det är relevant och det saknas liknande material från Sverige. Föreslagna tillvägagångssätt och åtgärder i min analys kommer dock helt och hållet att relatera till svenska förhållanden och appliceras inom två områden i Uppsala.

## 2. Metod

Detta arbete bestod av en skissartad gestaltning baserad på en inledande bakgrundsundersökning. För att underbygga gestaltningen och därmed svara på frågeställningen uppsöktes relevanta artiklar inom de ämnen som detta arbete berör. De aktuella ämnena var värmerelaterad hälsa, värmeöeffekten, åtgärder för att stävja värmeöeffekten och klimatprognoser. För att finna trovärdig och vetenskaplig litteratur gjordes sökningar i databaserna Primo och PubMed. Sökorden "värmeöeffekt", "urban värme", "stadsklimat" och "värmerelaterad ohälsa" användes och källorna valdes ut beroende på hur stor grad de berör gröna strukturer. Med gröna strukturer åsyftas i detta arbete alla typer av urbana element som innefattar någon form av vegetation. Information hämtades även från statliga myndigheter samt Uppsala kommun. Christofer Åström konsulterades i informationssökandet för att säkerställa att tongivande litteratur inom ämnet inte förbiseddes. Han arbetar som forskare vid Institutionen för folkhälsa och klinisk medicin på Umeå Universitet där han själv studerar hur höga temperaturer påverkar människans hälsa. Han medverkar även i några av studierna som använts som källor till det här arbetet.

Flera potentiellt värmereducerande gröna strukturer identifierades genom bakgrundsundersökningen. Strukturerna testades sedan genom enkla gestaltningar inom två olika typer av urbana områden i Uppsala. Detta för att exemplifiera hur dessa värmeö-reducerande strukturer skulle kunna tillämpas i stadsmiljö. Gestaltningarna är skissartade och består både av tillskott av gröna strukturer uppritade översiktligt i ett kartunderlag samt på en mer detaljerad nivå i foto. I kartunderlagen synliggörs omfattningen av de gröna strukturerna i stadsområdet. I foto redovisas vilket uttryck och utrymme strukturerna upptar i ett mer mänskligt perspektiv. Framst två kriterier styrde hur gestaltningarna utfördes. Primärt eftersträvades en så omfattande applicering av gröna strukturer som möjligt. Detta i förhoppningen att uppbåda ett så stort hypotetiskt värme-reducerande resultat som möjligt. Omfattningen av de gröna strukturerna begränsades dock av ambitionen att skapa realistiska gestaltningar. Rimligtvis skulle tillämpning av de gröna strukturerna i praktiken begränsas av till exempel utrymme och kostnad samt andra intressen och funktioner i staden.

Exempel-områdena består av ett 100 000 m<sup>2</sup> stort område kvarterstad i centrala Uppsala och ett 130 000 m<sup>2</sup> stort område industristad direkt öster om Uppsalas stadskärna. Områdenas storlek är begränsad med tanke på omfattningen av det här arbetet. De har dock varit stora nog för att de gröna strukturerna ska kunna appliceras i tillräckligt stor omfattning inom den skissartade gestaltningen. Tillräckligt stor omfattning för att möjliggöra en hypotetisk värme-reducering. Områdestyperna kvarterstad och industristad valdes då de är identifierade som de två typer av stadsstrukturer med störst utsatthet för urbana värmeöar (Uppsala Kommun 2014:16). De två områdestyperna skiljer sig även mycket i byggnadernas, gatornas och de gröna ytornas struktur och representerar därför olika typer av urban värmeö. De värmeö-reducerande åtgärderna kan därför variera mellan de olika områdena och ger därmed möjlighet till en mer omfattande redogörelse för hur värmeö-reducerande åtgärder kan appliceras i urbana miljöer.

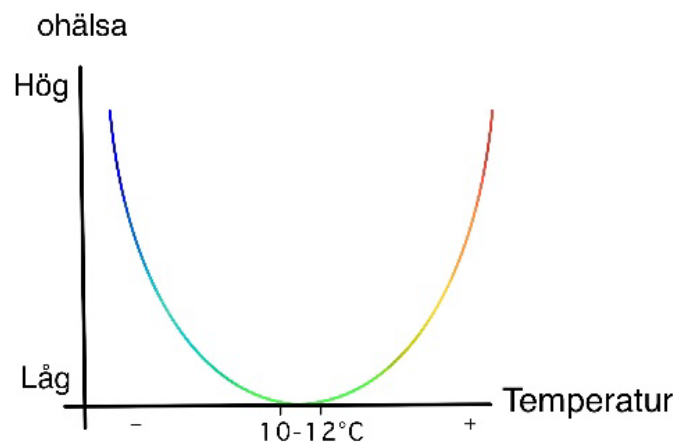
Till sist analyserades effekterna från de gröna strukturerna i den skissartade gestaltningen. De gröna strukturerna jämfördes med liknande åtgärder och dess effekter som presenteras i andra vetenskapliga undersökningar med uppmätta eller uppskattade värmereducerande resultat. Bland dessa undersökningar finns både datorsimulationer, matematiska samband samt faktiska exempel på när den urbana värmeön faktiskt har reducerats. Detta för att i den mån det går kvantifiera effekten av de gröna strukturerna inom arbetets två exempelområden.

### 3. Bakgrund

I bakgrunden förklaras värmerelaterad ohälsa och värmeöeffekten. Avsnittet redogör också för orsakerna bakom värmeöeffekten, varför den är ett potentiellt växande problem i svenska städer och introducerar Uppsalas värmeö.

#### 3.1. Värmerelaterad ohälsa

Hälsa är tätt sammankopplat med temperatur. Både temperaturer över och under den optimala dygnsmedeltemperaturen har negativa effekter på hälsa och sambandet kan beskrivas genom en U-formad kurva (Figur 1) (Folhälsomyndigheten 2015:17).



*Figur 1. Schematisk illustration som visar den exponentiellt ökande ohälsan vid temperaturer både över och under den optimala dygnsmedeltemperaturen i Sverige.*

### 3.1.1. Ohälsa vid ökad dygnsmedeltemperatur

Den optimala dygnsmedeltemperaturen skiljer sig mellan olika delar av världen. Befolkningen på olika platser anpassar sig olika väl till värme beroende av vilka temperaturer den utsätts för. I Sverige är den optimala dygnsmedeltemperaturen 10–12 °C men i till exempel Miami är den 27 °C (Folkhälsomyndigheten 2015:17). Variationen i optimal dygnsmedeltemperatur är anledningen till att värmerelaterad ohälsa förekommer även i länder som Sverige där temperaturerna i ett globalt perspektiv är relativt låga (ibid.).

Det är inte vetenskapligt fastställt hur snabbt en befolkning kan anpassa sig till varmare medeltemperaturer och på det sättet undvika en ökad ohälsa till följd av ökade temperaturer. Det är möjligt att det tar allt ifrån flera år till flera generationer. Dock är det fastställt att dödligheten är större i urbana landskap än i rurala vid värmeböljor och att den är större i städer med en större värmeeffekt (Folkhälsomyndigheten 2015:18; Francesco et al. 2019:1108). Därför kan det antas att befolkningen inte anpassar sig snabbt nog för att motverka ökad ohälsa till följd av varmare temperaturer i städer. Följaktligen kan slutsatsen dras att den urbana värmeeffekten bidrar till den värmerelaterade ohälsan och att den effekten kommer att bli större i takt med att städerna blir större och klimatet blir varmare.

### 3.1.2. Effekterna av värmerelaterad ohälsa i Sverige

I Sverige uppstår alltså negativa effekter på folkhälsan redan vid dygnsmedeltemperaturer från 13 °C och uppåt. Effekterna är dock relativt låga vid temperaturer nära den optimala dygnsmedeltemperaturen men ökar ju varmare det blir (Folkhälsomyndigheten 2015:17). De negativa effekterna ökar också ytterligare vid vissa tröskelvärden, det vill säga värden där effekterna från värme ökar språngartat utan att följa det tidigare statistiska sambandet. Till exempel ökar den relativa risken att avlida i förtid med 5,1 % per grad över ett tröskelvärde på 21 °C i dygnsmedeltemperatur under sommarmånaderna (Rocklöv 2010:2607). Effekterna verkar också öka ytterligare vid flera varma dygn i rad, så som vid en värmebölja (Folkhälsomyndigheten 2015:19)

De negativa hälsoeffekterna sträcker sig från milda till allvarliga symptom som uttorkning och kramper till dödsfall (Folkhälsomyndigheten 2015:20). En möjlig fysiologisk orsak till värmerelaterad dödlighet är den extra belastningen på hjärtat till följd av att kroppen behöver kyla ner sig själv (Folkhälsomyndigheten 2015:17). Värmen påverkar främst äldre personer och befolkningen över 65 år är i många studier fastställd som den känsligaste åldersgruppen (Folkhälsomyndigheten 2015:21–22). Även personer med ett nedsatt hälsotillstånd till följd av till exempel sjukdomar i andningsorganen, hjärt- och kärlsjukdomar, metaboliska sjukdomar

och psykiatriska sjukdomar hör till gruppen med ökad risk för värmerelaterad ohälsa (ibid.).

Under en värmebölja, så som under sommaren 2018 när cirka 750 dödsfall inträffade till följd av värmen, är dödligheten främst relaterad till den nattliga värmen (Folkhälsomyndigheten 2018:11). De relativt varma nätterna gör att människor inte får tillfälle att återhämta sig från den värme de utsatts för under dagen och att kroppen utsätts för en konstant värmerelaterad påfrestning (ibid.). Den här typen av värme både dag- och nattetid påverkar inte bara de äldre utan även andra åldersgrupper (Folkhälsomyndigheten 2015:11)

## 3.2. Värmeöeffekten och dess orsaker

Fenomenet värmeöeffekt innebär att urbana landskap, eller städer, har en högre dygnsmedeltemperatur än omkringliggande rurala landskap. Värmeöar är främst ett nattligt fenomen och skillnaderna mellan urbant och ruralt landskap är som störst några timmar efter att solen har gått ner (Thorsson 2012:11). I stora städer kan medeltemperaturskillnaden då vara så stor som 10 °C (ibid.). Effekten uppstår främst på grund av att stadens byggnader och hårdgjorda ytor avsvanar mycket långsammare än omgivande rurala landskap och på så vis skapar ett eget lokalklimat (ibid.)

Ohälsa till följd av höga temperaturer beror på summan av påfrestningar från värme samt möjligheten att vila från de höga temperaturer en kropp är utsatt för (Thorsson 2012:27–28). Därför är både dygnsmedeltemperaturen, orsakad av värmeöeffekten i en stad, och lokala och mikroklimatförhållanden, såsom inomhustemperaturer eller temperaturen under en trädkrona, relevanta företeelser. Luftomblandning gör att temperaturen på en plats kan överföras på andra platser i staden (Uppsala kommun 2016:15). Således kan även kylande effekter på lokala klimat eller mikroklimat minska den totala värmeöeffekten inom hela det urbana området. Faktorerna som påverkar den urbana värmeöeffekten är stadens materialegenskaper, struktur, andel hårdgjorda ytor, vegetationsmängd och storlek (Thorsson 2012:12).

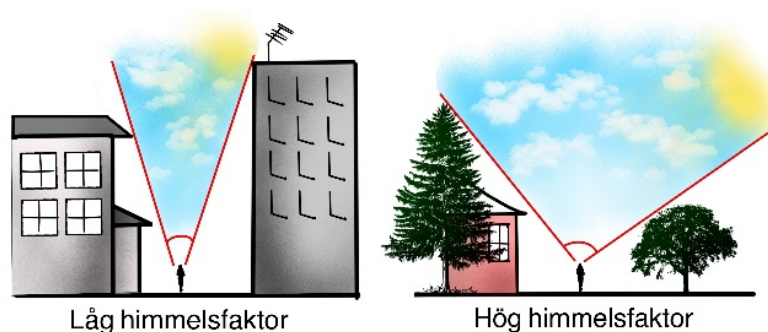
### 3.2.1. Materialelegenskaper hos stadens byggda och anlagda element

Hårda material såsom betong, tegel, sten och asfalt har mycket högre förmåga att lagra och avge värme än naturliga och mjuka material (Thorsson 2012:14). Således kommer till exempel en byggnad i betong eller en asfaltsyta ge upphov till en högre dygnsmedeltemperatur än vad en gräsmatta eller skog hade gjort.

Materialegenskaperna som har störst påverkan är albedo, emissivitet och värmekapacitet (ibid.). Albedo beskriver ett materials reflektionsförmåga där ett högt albedo innebär att mycket strålning reflekteras från ytan. Mörka material har lågt albedo och blir därför varmare medan ljusare och andra högre reflekterande material så som speglar reflekterar mycket ljus och blir svalare. En stads värmeöeffekt kan således motverkas med hjälp av högre reflekterande material och ytbeläggningar (Thorsson 2012:15). Emissivitet innebär ett materials förmåga att avge strålning. En låg emissivitet innebär att endast lite strålning avges från materialet och att materialet blir varmare. De i staden vanliga materialen betong, tegel, asfalt, glas, gips och trä har en relativt låg emissivitet vilket bidrar till uppvärmning i staden (ibid.). Värmekapacitet beskriver ett materials förmåga att lagra värme. Många av materialen i urbana landskap har en relativt hög värmekapacitet (ibid.). Värmen i materialen avges under natten när solen inte längre värmer upp ytorna och bidrar till att temperaturen i staden inte sjunker lika snabbt. (ibid.)

### 3.2.2. Stadens struktur

Hur stadens byggnader är utformade och placerade påverkar också hur stor värmeöeffekt som kan uppstå. Strukturen påverkar främst hur stor del av solljuset som når och kan värma upp marken (Thorsson 2012:12). Hur mycket sol som når en yta eller en plats i staden kan beskrivas genom begreppet himmelsfaktor. Begreppet syftar till hur stor andel av himlen, max 180°, som kan ses från en punkt. Himmelsfaktorn är stor i öppna landskap och liten bland höga element så som höghus eller stora träd som skymmer himlen (figur 2). En lägre himmelsfaktor medför att mindre solljus når marken och värmeöeffekten lindras. Således kan den dagliga värmeöeffekten reduceras av förtätning trots att förtätning ofta medför andra faktorer som bidrar till värmeöeffekten, så som värmelagrande material eller fler hårdgjorda ytor.



Figur 2. Illustration som förklarar begreppet himmelsfaktor och visar hur en högre bebyggelse ger en lägre himmelsfaktor.



Under soliga dagar påverkar även byggnaderna och gatornas orientering värmeeffektens storlek. En gata i nord-sydlig riktning kommer under en kort tid mitt på dagen vara maximalt utsatt för solens strålar oavsett hur höga de omgivande byggnaderna är. En öst-västlig gata kommer istället att vara som mest utsatt för solen tidigt och sent på dagen och påverkas i högre grad av hur höga och skuggande de omgivande byggnaderna är. (Thorsson 2012:12–13)

### 3.2.3. Andelen hårdgjorda ytor

I och med att ytor i asfalt, betong och sten har större värmelagrande materialegenskaper än en gräsmatta eller andra icke hårdgjorda ytor som till exempel grus så ger en större andel hårdgjorda ytor generellt sett en större värmelagrande effekt och således en större värmeeffekt (Thorsson 2012:16). Hårdgjorda ytor infiltrerar inte heller vatten utan leder undan vattnet till exempelvis en dagvattenbrunn. Detta leder till en lägre avdunstning än ifall vattnet hade fått infiltrerats i en icke hårdgjord yta (ibid.). Avdunstning är en energikrävande process som kyler ytan och luften omkring ytan och den lägre avdunstningen på hårdgjorda ytor medför alltså en större värmeeffekt i staden (ibid.). I Korea och Japan har olika städers värmeöar och deras andel hårdgjorda ytor jämförts. Där synliggörs ett tydligt samband mellan hög värmeeffekt och hög andel hårdgjorda ytor. I jämförelsen ökar värmeöns maximala intensitet i grova drag med strax över 1 °C per 10 % ökad andel hårdgjord yta (Park 1987:243).

### 3.2.4. Vegetation

Under soliga dagar är vegetation, främst i form av träd, ett effektivt solskydd. Som solskydd erbjuder träden en direkt kylande effekt på en invånare som vistas under trädkronan. Den skuggade ytan blir dessutom inte uppvärmd av solens strålar. Ett endaste gatuträd gör inte signifikant skillnad på den totala värmeeffekten i en stad men direkt under trädkronan kan temperaturskillnaden bli så stor som 14 °C (Thorsson 2012:17). Förutom kylning genom att skugga ytor i staden så reducerar vegetation värmeeffekten genom transpiration (ibid.). Eftersom transpiration innebär en energikrävande avdunstning medför även detta en kylande effekt på luften omkring vegetationens bladverk (Thorsson 2012:16). Flera studier visar ett samband mellan den totala arean av trädens löv på en plats och hur stor den kylande effekten kan bli (Teleghani 2017). Genom detta kan slutsatsen dras att vegetation i alla former, då alla växters näringsupptag bygger på transpiration, alltid kommer att ha en kylande effekt på luften runt omkring sig och i förlängningen på stadens klimat. Effekten från ett enstaka växtexemplar är försumbar i sammanhanget men den sammanlagda effekten från hela stadens vegetationsmängd gör skillnad.

Vegetationens höga albedo, jämfört med mörka byggmaterial, kan också ha reflekterande och således kylande effekt (Thorsson 2012:14). Hur väl vegetation fungerar som ett kylande element beror på val av art, placering och mark- och vattenförhållanden. Till exempel kommer ett välmående och välvuxet träd både att skugga en större yta och uppbåda en större transpiration (Thorsson 2012:18). Allra störst vegetationsvolym och därigenom värmereducerande effekt uppnås genom att plantera vegetation i flera skikt, det vill säga markskikt, buskskikt och trädskikt (Thorsson 2012:29). Även fasad och takvegetation kan reglera temperaturer i staden, främst minskar det uppvärmningen av byggnader (Thorsson 2012:16).

### 3.2.5. Stadens storlek och invånarantal

Större och mer invånartäta städer genererar en större värmeeffekt (Oke 1973:769). Detta beror till viss del av att en större stad generellt sett innebär fler och större byggda och hårdgjorda strukturer men även på värmen som avges och produceras från människor, människors bilar, uppvärmning av hus och industrier i staden (Thorsson 2012:19).

## 3.3. Ett potentiellt växande problem - klimatförändringar och urbanisering

Risken finns att den värmerelaterade ohälsan till följd av värmeeffekten blir ett allt större problem i takt med klimatförändringarna vi står inför. Enligt SMHI:s klimatscenarier kommer medeltemperaturen i Sverige att öka mellan 2 och 8 °C fram tills slutet av århundradet (SMHI u.å.). På grund av värmeeffekten kan ökningen komma att vara som störst i urbana landskap. I och med klimatförändringarna kommer även värmeböljorna, så som under sommaren 2018, att bli ett allt vanligare fenomen (MSB 2019). Enligt MSB kommer också värmeböljorna att bli kraftigare och ställa allt högre krav vad gäller anpassningsåtgärder och krisberedskap.

Ett varmare klimat riskerar också medföra nya förutsättningar för den urbana grönskan. Framförallt stadsträd är redan i dagsläget känsliga mot torka och höga temperaturer, ett problem som kan tänkas förvärras och bidra till en oönskad ond cirkel då träden verkar temperatursänkande. Detta ställer ytterligare krav på artval, skötsel och växtbäddar i urbana miljöer.

En ytterligare orsak till att värmeeffekten kan komma att bli ett allt större problem är framtida städers storlek och struktur. Eftersom det i Sverige idag pågår en urbanisering blir antalet invånare som berörs av värmeeffekten fler samtidigt som städerna blir större (Boverket 2019). Boverket spår att både urbanisering och

ytterligare förtätning är att förvänta av framtiden samt lyfter fram förtätningen som en förutsättning för framtida städernas hållbarhet, framförallt för att minska bilberoendet (Boverket 2019 & Boverket 2016:6–7). Större städer, med ett större invånarantal, innebär en kraftigare värmeeffekt (Oke 1973:777–778). Även tätare städer ger en genomsnittligt större urban värme än mindre täta (Francesco et al. 2019:1108).

Förtätningens förstärkande effekter på värmeeffekten kommer sannolikt till stor del från avsaknaden av grönytor i en tätare stad och de gröna strukturerna försvåras eller omöjliggörs av platsbrist. Framtida förtätning kommer alltså att ställa ytterligare krav på en innovativ utformning av staden ifall allt större värmeeffekter ska motverkas.

### 3.4. Exempel på hur värmeeffekten kan motverkas

En rad olika variabler påverkar alltså hur stor värmeö som skapas i en stad. Således finns det flera sätt att reducera värmeön. Oftast lyfts gröna ytor, det vill säga all form av växtbegrädd urban markyta, och urban vegetation fram som de effektivaste lösningarna (Thorsson 2012; Uppsala kommun 2014; Teleghani 2017; Folkhälsomyndigheten 2018), kanske främst för att det är en av få effektiva åtgärder som sänker stadens temperatur både under dagtid och nattetid (Folkhälsomyndigheten 2018:28). Användning av ljusa material, med hög reflektiv förmåga, istället för mörka föreslås dock också som en åtgärd för att reducera den urbana värmeön och det finns exempel som talar för att både grönområden, vegetation samt ljusa material kan ha en kylande effekt på staden.

I en studie av små gröna ytors påverkan på lokala temperaturer i likvärdiga kvarter i Seoul (Park 2017) påvisas hur relativt små parker, i studien omnämnda som små gröna ytor, kan göra skillnad. Temperaturer upp till 1,93 °C svalare uppmättes i kvarteren med små grönytor jämfört med kvarteren utan. Grönytorna i undersökningen är inte större än till exempel en fotbollsplan, det vill säga cirka 7000 m<sup>2</sup>, och gör större skillnad desto rikligare med vegetation de innehar (Park 2017:207).

I en annan studie påvisar Rosenfeld et al. (1995) genom en simulation hur användningen av högreflektiva tak kan ha stor inverkan på den urbana värmeön i Los Angeles. I simulationen visas det hur ett utbyte av taken inom ett 100 000 km<sup>2</sup> stort område från mörka till ljusa tak kan sänka stadens temperaturer med 2–4 °C (Rosenfeld et al. 1995:8–9). I samma studie argumenterar Rosenfeld et al. för hur ljusa tak är en billig lösning som reducerar behovet av luftkonditionering i byggnaderna med ljusa tak vilket i längden minskar både energianvändning och

kostnad (Rosenfeld et al. 1995:2). Användningen av luftkonditionering är rimligtvis inte lika omfattande i svenska städer som i Los Angeles så den energi- och kostnadsreducerande effekten bör inte bli lika stor.

Det finns argument för att gröna åtgärder så som parker och annan urban vegetation bör premieras framför till exempel högreflektiva material för att reducera värmeeffekten i städer. Framförallt på grund av alla de positiva synergieffekterna som gröna strukturer bidrar med förutom den kylande effekten. Dessa synergieffekter innefattar bland annat ekosystemtjänster så som biologisk mångfald, luftrening och pollinering (Boverket 2020b). Ekosystemtjänster som är vitala för en hållbar stad.

### 3.5. Uppsalas värmeö

En stad av Uppsalas storlek kan uppbåda en genomsnittlig värmeö av cirka 2–4 °C (Oke 1973:777–778). Förutom temperaturskillnaderna mellan städer och det rurala landskapet så genererar värmeöeffekten temperaturskillnader inom städerna. Detta då olika typer av stadsstruktur skapar både olika kraftiga och varierande typer av värmeöar.

#### 3.5.1. Värmeöeffekten i olika stadstyper

I Uppsala är stadstyperna med den lindrigaste värmeöeffekten villaområden och höghusområden av typen hus i park (Uppsala kommun 2014:14). Gemensamt för de båda typerna av områden är den höga andelen gröna ytor och vegetation som ryms mellan byggnadskropparna och hårdgjorda ytor (ibid.).

Stadstyperna med den största värmeöeffekten i Uppsala är kvartersstaden och industristaden (ibid.). Gemensamt för dessa två typerna av områden är den höga graden hårdgjorda ytor och avsaknad av både vegetation och gröna ytor. Byggnadsstruktur och byggnadstyp skiljer dock de två typerna av områden åt och de skilda strukturerna uppbådar två olika sorters värmeöar, en nattlig och en daglig. Kvartersstad innehåller nästan alltid ett större antal invånare än till exempel industristad vilket gör att fler utsätts av just kvartersstadens värmeö. Båda stadstyperna resulterar dock i uppvärmd lufttemperatur som kan påverka hela stadens urbana värmeö och hela stadens invånare. Detta gör värmeö-reducerande åtgärder relevanta för alla stadstyper.

#### 3.5.2. Villaområden

I ett villaområde är bebyggelsen varken storskalig eller tät. Detta gör att mängden värmelagrande material inte blir stor och att det får plats med gott om grönska

mellan husen. I denna typ av områden bildas det knappt någon värmeö alls även om områdena via vinden kan påverkas av resterande stads förhöjda temperatur (Uppsala Kommun 2014:15)

### 3.5.3. Höghusområden

Uppsala höghusområden består till största delen av punkthus i flera våningar fritt stående i större grönområden (Uppsala Kommun 2014:15). Den stora volymen grönska och den låga andelen hårdgjorda ytor bidrar till att värmeöeffekten inte blir så stor. Det ska dock nämnas att den stora mängden grönytor i Uppsalas höghusområden inte är representativ för hur alla höghusområden utformas i Sverige i allmänhet och i världen i synnerhet. I storstäder runt om i världen går det att finna höghusområden där byggnaderna är placerade tätare med endast gator som skiljer dem åt så som i det vi i Sverige kallar för kvarterstad. I sådana områden kan värmeöeffekten antas bli avsevärt större.

### 3.5.4. Kvarterstad

Stadstypen kvarterstad består generellt sett av flervåningshus i tre till fem våningar placerade i ett rutnät åtskilda av gator relativt smala i relation till byggnadernas höjd. Byggnadsmönstret bryts ibland upp av ett torg, en mindre park eller en större gata. De skuggande byggnaderna i kvarterstaden hindrar solens uppvärmningseffekter av stadens gator under soliga dagar men den stora volymen värmelagrande material saktar ner avsvältningsprocessen efter att solen har gått ner. De snäva gaturummen kan också hindra vinden vilket resulterar i en hämmad luftomblandning och en långsammare avsvälning. Detta resulterar i en värmeöeffekt som inte är särskilt stor under dagen men som är allt större under natten (Uppsala Kommun 2014:13–14).

### 3.5.5. Industristad

Industristad består främst av industrifastigheter och präglas av stora hårdgjorda ytor och gator utformade med biltrafik i fokus samt vitt utbredda men låga byggnadskroppar. Avsaknaden av byggnader med en betydande skuggeffekt och de värmelagrande ytorna, främst asfalt, som dominerar stadstypen gör att den under soliga dagar är kraftigt uppvärmd av solens strålning. Dock är volymen värmelagrande material i form av byggnadskroppar inte så stor och de vidsträckta ytorna och låga byggnaderna möjliggör en stor luftomblandning. Detta resulterar i en värmeöeffekt som i motsats till värmeöeffekten i kvarterstaden är stor under dagen men snabbt svalnar av under natten (Uppsala kommun 2014:15–16).

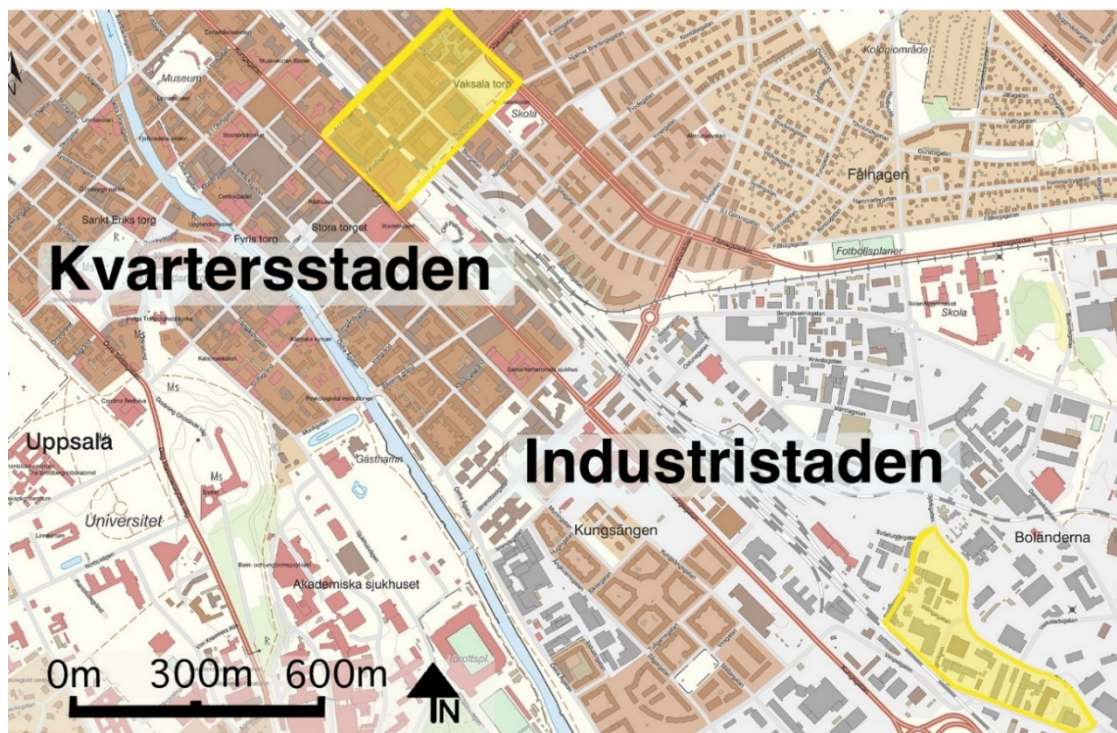
### 3.6. Sammanfattning av bakgrundsundersökning

Genom bakgrundsundersökningen identifierades fem olika typer av värmereducerande gröna strukturer möjliga att tillämpa inom stadstyperna kvartersstad och industristad. Dessa är valda på grund av sin värmereducerande förmåga och möjlighet att tillämpa i urban miljö. Elementen i fråga är gatuträd, parkytor, gröna tak, gröna fasader och infiltrerbara ytor och bildar tillsammans en del av en stads grönstruktur. I bakgrundsundersökningen framgick också hur den främsta parametern för hur stor värmereducerande effekt som kan uppbådas genom de gröna strukturerna är i vilken mängd de tillämpas. Därför har strukturerna i gestaltningen tillämpats i hög grad.

Genom bakgrundsundersökningen har också förutsättningarna för värmeöar i Uppsala granskats. Detta för att identifiera i vilka områden inom Uppsala som uppbådar störst värmeö och därför skulle kunna vara mest relevanta att tillämpa värmereducerande åtgärder i.

## 4. Resultat

I den här delen av arbetet appliceras gröna strukturer inom de två områdena kvarterstaden och industristaden. Detta för att exemplifiera samt undersöka hur strukturerna skulle kunna arta sig rent praktiskt och vilka effekter de skulle kunna medföra. Appliceringen av de gröna strukturerna synliggör även begränsningarna med lösningen både generellt och applicerad inom de två stadstyperna kvarterstad och industristad.

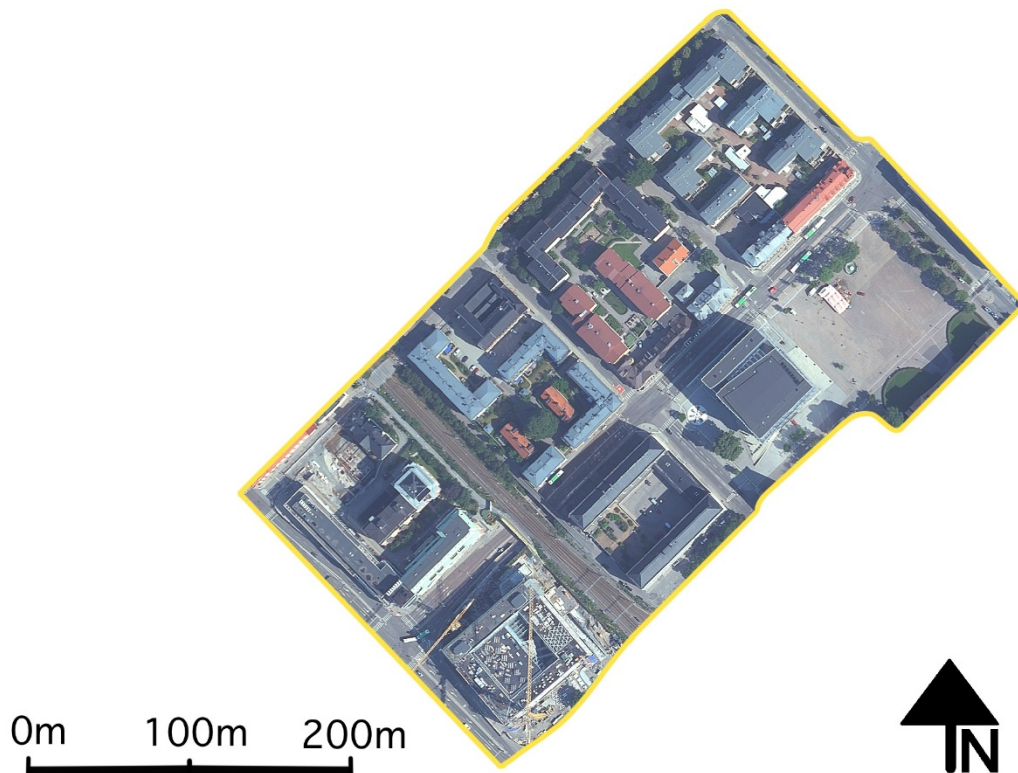


Figur 3. Karta över Uppsala som visar vart i staden de undersökta exempelområdena är lokaliserade. Karta: © Lantmäteriet (2021)

### 4.1. Kvarterstaden

Kvarterstaden består av sex kvarter med bostäder, kontor och handel, ett konserthus och ett stort torg (figur 4). Området är lokaliserat i centrala Uppsala och angränsar till vad man skulle kunna räkna som Uppsala centrum (figur 3). Genom

området sträcker sig Vaksalagatan, en gata vältrafikerad av både biltrafik, busstrafik och fotgängare. I kvarteret längst nordväst i området ligger en galleria med bland annat en matvarubutik. Gallerian och konserthuset attraherar besökare till området och bidrar, tillsammans med övriga mindre verksamheter, till vistelse inom området av andra än bara de boende. På torget bedrivs torghandel i formen av matvagnar, matvaruförsäljning och ibland större marknader.



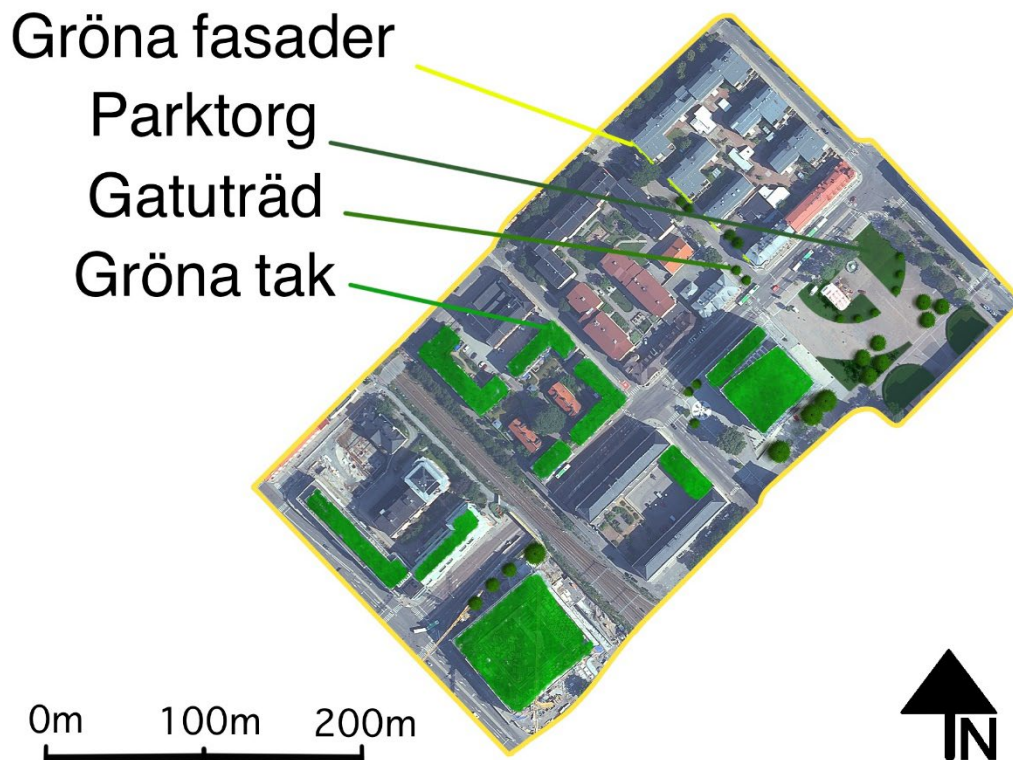
Figur 4. Karta som visar hur kvartersstaden ser ut idag. Karta: © Google (2021c).

#### 4.1.1. Förutsättningar i kvartersstaden

Grönytorna inom området är i princip obefintliga förutom några mindre bostadsgårdar. Bostadsgårdarnas grönytor begränsas då de till stor andel är bebyggda med gårdshus vilket är typiskt för kvartersstaden. Det är tätt mellan husen och de allra flesta är placerade med fasaden direkt i anslutning till trottoaren. Även detta typiskt för kvartersstaden. Husen är dock, förutom konserthuset, inte högre än fem till sex våningar och tillåter solens strålar att träffa gatorna under större delarna av dagen. På gatorna med trädrader bildas dock gaturum där träden och huskropparna tillsammans ger upphov till en låg himmelsfaktor och bidrar till ett både kallare mikroklimat och lokalklimat. En stor mängd stadsträd finns inom området, i alla fall jämfört med ännu mer centrala delar av staden. Träden är av olika ålder, skick och art. Områdets hårdgjorda ytor består uppskattningsvis av lika



stora delar asfalt, betongplattor och marksten till den största delen i mörkt utförande och således med lågt albedo. Sammanfattningsvis bidrar de stora volymerna värmealstrande material i byggnaderna och på markytorna till en långsam avsvälning och främst en nattlig värmeö.



Figur 5. Illustration som visar kvartersstaden med gröna strukturer applicerade.  
Karta: © Google (2021c)

#### 4.1.2. Gatuträd

Inom den intensivt exploaterade kvartersstaden är det ont om plats för tillägg av gatuträd och i principskissen placerades 28 träd ut (figur 5; figur 6). 28 träd är på intet sätt det maximala antalet det är möjligt att få plats med i området men det är ett rimligt tillägg med tanke på det utrymme som finns inom området. Gatuträdens storlek kan variera mycket beroende på vilken art som används och trädet behöver både ha ordentligt med plats i gaturummet för att breda ut sin krona och under mark för att rotsystemet ska få det utrymme det behöver. Med modern teknik kan dock växtbäddar konstrueras i hårdgjorda ytor utan att stora markvolymen krävs. Det finns även trädartssorter med speciella habitus och växtsätt som tar mindre plats i gaturummet, till exempel så kallade pelarsorter som växer smalt istället för att breda ut sin krona.



Figur 6. Illustration som visar hur gatuträd kan appliceras i kvartersstaden.  
Foto: © Google (2021d). Skalperson: Skalgubbar.se

### *Gatuträds effekter på värmeö*

Gatuträd har en tydlig effekt på mikroklimatet under trädkronan. Trädet kan kyla en yta med tiotals grader genom sin skuggande effekt under en solig dag samt sänka temperaturen i luften under trädkronan med cirka 1 °C (Thorsson 2012:17). Ifall gatuträden placeras intill fasader kan yttemperaturerna på fasaden reduceras mellan 11–25 °C vilket kan sänka temperaturen inne i byggnaden under soliga dagar (Akbari et al. 1997:144). Effekten på stadsklimatet från enskilda gatuträd är försumbar men vegetation i allmänhet har en kylande effekt på stadsklimatet. Således kan det antas att det genom att höja antalet gatuträd i kvartersstaden går att uppnå en kylande effekt både på lokalklimatet och i kombination med åtgärder i resten av staden en effekt på stadsklimatet. Storleken på denna effekt är dock mycket svår att uppskatta.

### *Synergieffekter från gatuträd*

Gatuträd kan genom sin evapotranspiration avlasta dagvattennätet samt bidra till mer attraktiva bostadsområden och handelsområden (Uppsala Kommun 2014:23). Träd i urbana miljöer utgör också en stor del av de äldre lövträd som finns i Sverige och kan därför bidra till biologisk mångfald som annars kan gå förlorad (Boverket 2020). Invånarnas psykiska hälsa kan också påverkas positivt av träd i staden (Boverket 2020; Marselle 2020).

### *Nackdelar och begränsningar med gatuträd*

Inom kvartersstaden är platsbristen en mycket begränsande faktor vad gäller planteringen av gatuträd. De hårdgjorda ytorna ställer också mycket höga tekniska krav på de konstgjorda växtbäddarna och gör anläggningen av träden till ett dyrt ingrepp.

### 4.1.3. Parktorg

Inom kvartersstaden finns ett stort torg. Stora delar av detta torgs hårdgjorda ytor skulle kunna bytas ut mot gröna och infiltrerbara ytor utan att torget förlorar sin funktion (figur 6; figur 7). Åtgärden skulle till och med kunna bjuda in till ytterligare aktivitet och vistelse på platsen. Gröna ytor i staden har en reducerande effekt på den urbana värmeö och på värmerelaterad ohälsa (Francesco et al. 2019:1108). För att grönytan ska ha så stor reducerande effekt på värmeö som möjligt ska den innehålla vegetation i både mark-, busk- och trädskikt (Thorsson 2012:18).



Figur 7. Illustration som visar hur torget i kvartersstaden skulle kunna se ut som ett parktorg istället. Foto: © Google (2021d). Skalperson: Skalgubbar.se

#### *Parktorgs effekter på värmeö*

Grönytorna på ett parktorg kan antas ha liknande kylande effekter som grönytorna i en park. Enligt principskissen över parktorget skulle de gröna ytornas area summeras till 5000 m<sup>2</sup>. Enligt Folkhälsomyndigheten (2018) kan parkytor av denna storlek ge upphov till en lokal nedkylning mellan 1–4 °C. I en jämförelse mellan kvarter av denna storlek med och utan denna typ av mindre grönområden i Seoul har temperaturskillnader upp till 1,93 °C uppmätts (Park 2017:207). Parktorget består dock inte av en sammanhängande grönyta och stora volymer vegetation i kanske framförallt buskskiktet är inte möjligt på platsen då det hade skadat torgets öppna karaktär i för hög grad. Detta gör att stora kylande effekter inte är sannolikt. Enligt Parks (1987) modell bidrar ökningen av andelen infiltrerbara ytor i sig också med en reducerande effekt på värmeöeffekten. Den procentuella förändringen i andelen infiltrerbara ytor skulle dock vara marginellt större inom området och oansenligt liten i ett stadsperspektiv.

### *Synergieffekter från parktorg*

Ett parktorg istället för ett traditionellt torg kan ge upphov till ytterligare besökare vilket i sin tur kan gynna omkringliggande verksamheter. Ett parktorg har också potential att gynna fysisk aktivitet bland stadens befolkning samt utgöra en plats för möten.

### *Nackdelar och begränsningar med parktorg*

Ett parktorg har inte lika stort utrymme för handelsverksamhet som det befintliga torget. Den här typen av stora torg med möjlighet att omvandla till parktorg är begränsade till antalet inom en stad. Torgen finns inte i varje kvarter och de är oftast mindre än i detta exempel.

## 4.1.4. Gröna tak

En stor del av ytorna i kvartersstaden består av tak. De flesta platta taken i staden kan utvecklas till gröna tak med enkel och låg vegetation. I principskissen ritades gröna tak till en area av nästan 10 000 m<sup>2</sup> in (figur 5; figur 8).



*Figur 8. Illustration som visar hur gröna tak kan appliceras i kvartersstaden.  
Foto: © Google (2021d)*

### *Gröna taks effekter på värmeö*

De gröna taken har en kylande effekt på byggnaden de är anlagda på samt bidrar till reduktion av stadens värmeö genom att kyla luften kring taket via evapotranspiration (Uppsala kommun 2014:24). Genom sin kylande effekt på inomhusmiljön så skulle det gröna taket avlasta de som vistas i byggnaden från värmestress. I en simulation över Toronto byttes alla platta tak i staden ut mot gröna tak vilket resulterade i en minskad medeltemperatur i staden med 0.5–2 °C beroende på säsong (Missios et al. 2005:57). En reduktion av värmeöns så stor som

2 °C från samma åtgärd är inte rimlig i Uppsala eftersom Uppsala är en mycket mindre stad med mycket mindre värmeöeffekt än Toronto.

#### *Synergieffekter från gröna tak*

Gröna tak avlastar kvartersstadens dagvattensystem genom att infiltrera och magasinera vatten. Taken minskar dessutom energiåtgången i byggnaden genom sin kylande effekt på varma dagar och genom en isolerande effekt under kalla dagar (Uppsala Kommun 2014:27). Gröna tak kan också bidra till biodiversiteten i området både som en boplats och plats för föda åt fåglar och insekter men även som växtplats för lokala växtarter (Uppsala Kommun 2014:26).

#### *Nackdelar och begränsningar med gröna tak*

Etablering av gröna tak på befintliga byggnader är ibland svårt och lämpar sig endast för byggnader med platt tak. De befintliga byggnaderna är ofta inte konstruerade så att ett allt för tungt tak kan anläggas vilket resulterar i tunna växtmedium vilket omöjliggör större växter.

### 4.1.5. Gröna fasader

En grön fasad är en vägg som låtit överväxas av klättrväxter (figur 9). Växterna kan antingen klättra på egen hand eller på en klättranordning så som uppsända vajrar eller en spalje. Gröna fasader är ett sätt att få plats med vegetation i tätbebyggda områden där det annars kan vara svårt med urymme. Inom kvartersstaden finns det flera väggar med potentialen att bli gröna fasader.



Figur 9. Illustration som visar hur gröna fasader skulle kunna appliceras i kvartersstaden.  
Foto: © Google (2021d). Skalperson: Skalgubbar.se

### *Gröna fasaders effekter på värmeö*

Genom skuggning och genom att det uppstår ett luftlager mellan växten och fasaden kan klättrväxter sänka temperaturen inne i byggnaden och, på samma sätt som de gröna taken, under varma dagar avlasta människor inne i byggnaden från värmestress (Uppsala Kommun 2014:27). Klättrväxter kan också genom sin transpiration bidra med en reducerande effekt på värmeön. Effekten bör dock rimligtvis inte vara allt för omfattande då den totala bladverksvolymen inte är så stor.

### *Synergieffekter från gröna fasader*

Gröna fasader kan i vissa fall ses som ett tillskott rent estetiskt samt sänka behovet av luftkonditionering och därigenom energianvändningen i byggnaderna de klär (Uppsala Kommun 2014:28). Gröna fasader skulle också kunna verka buller-reducerande och som habitat för till exempel insekter (ibid.).

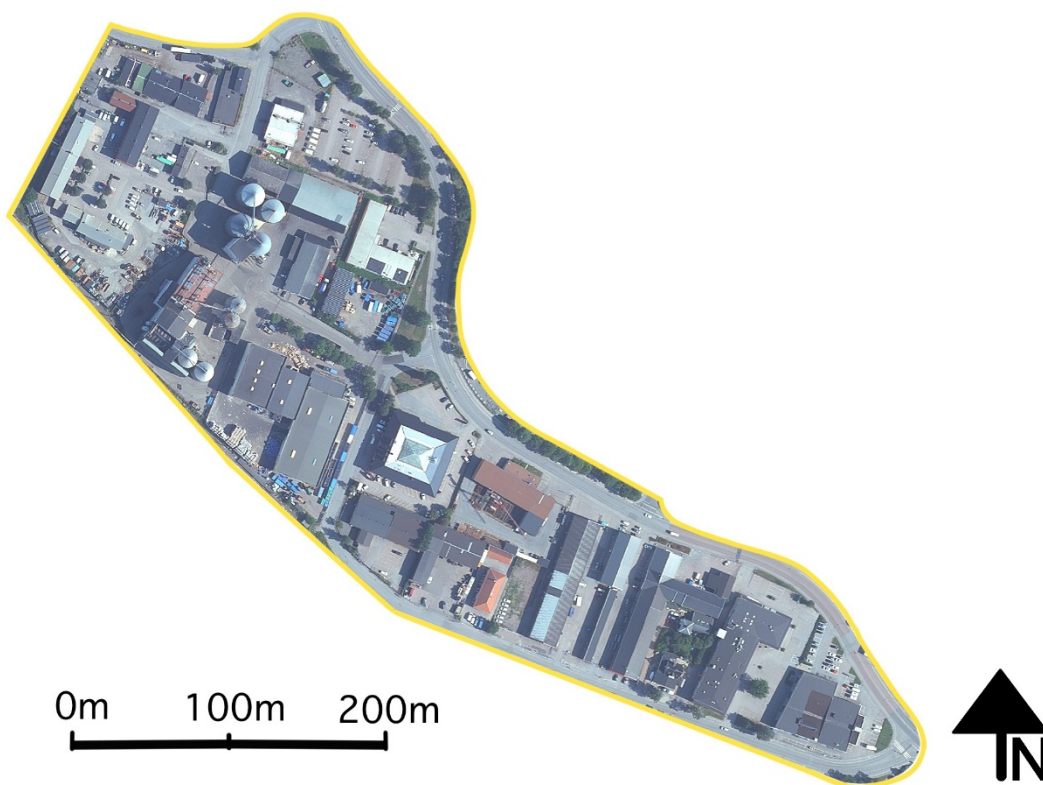
### *Nackdelar och begränsningar med gröna fasader*

Vissa klättrväxter kan lämna spår på byggnadernas fasader. En del byggnader har också fasader av så pass högt estetiskt värde att det inte är rimlig att täcka den med vegetation.

## **4.1.6. Sammanfattning: gröna strukturer i kvartersstaden**

Åtgärderna har rimligtvis en viss reducerande påverkan på områdets värmeö. De gröna strukturerna i kvartersstaden var dock svåra att applicera i tillräcklig omfattning för att ha mer än en liten värmereducerande effekt. I dagsläget innebära detta en liten effekt på en relativt liten värmeö. I en potentiell framtid med en antagligen allt kraftigare värmeöeffekt blir dock den kylande effekten av gröna strukturer i kvartersstaden väldigt begränsad. Detta med en allt högre grad värmerelaterad ohälsa som följd. Åtgärderna kan inte heller förväntas ha en särskilt stor inverkan på stadens totala värmeö.

Det ska dock poängteras att åtgärderna medför ett stort antal positiva synergieffekter. Både energisparande effekter, psykiskt och fysiskt folkhälsofrämjande effekter, samt ekologiska effekter så som främjande av biologisk mångfald. Detta är vitala beståndsdelar för att skapa framtidens hållbara städer (Boverket 2004:8).



Figur 10. Illustration som visar hur industristaden ser ut idag. Karta: © Google (2021a)

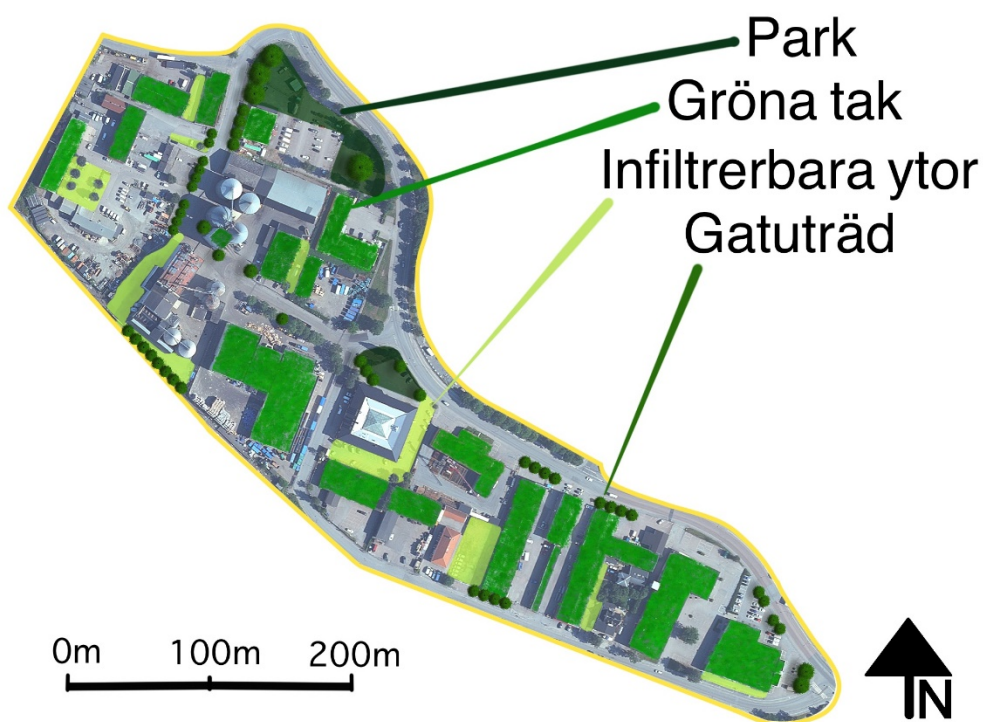
## 4.2. Industristaden

Industristaden är belägen direkt öster om Uppsalas stadskärna och består huvudsakligen av vidsträckt lokaler i en till två våningar (figur 3; figur 10). Området huserar en rad olika arbetsplatser och verksamheter så som djurfoderproduktion, diverse grossister och ett större gym. Området trafikeras både av biltrafik, busstrafik och fotgängare men är i stort planerat med biltrafiken i fokus. Områdets syd-västra sida är avgränsad av järnvägsräls.

### 4.2.1. Förutsättningar i industristaden

Även inom industriområdet är förekomsten av grönytor i stort sett obefintlig. Ett mindre antal träd finns i områden men består till största delen av mindre alléträd. Då huskropparna, framförallt i relation till sin egen och gatornas utbredning, är låga så bidrar de inte med någon avsevärd skuggande funktion. Industristadens gator och övriga ytor har således en hög himmelsfaktor och är under soliga dagar kraftigt utsatta för solens strålar. Markytorna i industristaden består nästan helt och hållet av asfalt och erhåller därför ingen infiltrationsförmåga samt en hög värmealstrande förmåga. De stora ytorna mellan byggnaderna samt byggnadernas ringa höjd

möjliggör dock en stor luftomblandning och skapar en god avsvlningsförmåga inom området. Områdets utsatthet för sol samt de hårdgjorda ytorna men regleringen via en hög avsvlningsförmåga riskerar alltså resultera främst i en daglig värmeö. I och med att det i området främst ligger arbetsplatser och verksamheter snarare än bostäder befolkas området dock nästan uteslutande under dagtid. På grund av den kraftiga dagliga värmeön och luftomblandningen riskerar dock också den varma luften från området att bidra till värmeön i andra delar av staden.



Figur 11. Illustration som visar hur industristaden med gröna strukturer applicerade.  
Karta: © Google (2021a)

#### 4.2.2. Gatuträd

Till skillnad mot i kvartersstaden finns det i industristaden gott om plats för gatuträd. I principskissen placerades 53 träd ut och det är utrymmesmässigt möjligt att få plats med fler (figur 11; figur 12). De flesta träden har gott om plats och storsvuxna träddarter kan väljas.





Figur 12. Illustration som visar hur gatuträd skulle kunna appliceras i industristaden.  
Foto: © Google (2021b). Skalperson: Skalgubbar.se

### *Gatuträds effekter på värmeön*

Gatuträdens kylande effekt är tydligast i mikroklimatet under trädkronan där lufttemperaturen sänks något och yttemperaturen på den skuggade marken sänks kraftigt (Thorsson 2012:17). Då det inte vistas så mycket människor i industristadens gaturum är kanske inte förbättringen av mikroklimatet den mest relevanta effekten. Träd har dock en reducerande effekt på stadens värmeö och i industristaden är det på grund av de stora ytorna med stor sannolikhet billigare och enklare att anlägga nya växtbäddar och plantera fler träd än i kvartersstaden.

### *Synergieffekter från gatuträd*

Precis som gatuträden i kvartersstaden kan gatuträd i industristaden avlasta dagvattennätet, bidra till biologisk mångfald samt ge goda effekter på psykisk hälsa för de som vistas i området.

### *Nackdelar och begränsningar med gatuträd*

I och med att träden anläggs i hårdgjorda ytor krävs avancerade växtbäddar. Dessa växtbäddar gör att träden blir dyra att anlägga. På grund av industristadens olika typer verksamheter kan det också inom vissa delar av området ställas höga krav på framkomlighet för stora fordon. Detta begränsar möjligheterna för trädplantering på vissa platser i industristaden.

### 4.2.3. Park

I principskissen över industristaden föreslogs två mindre parker (figur 11). Parkerna utgör tillsammans en yta på 7 000 m<sup>2</sup> och föreslås främst på ytor som idag är parkeringsytor. Parkerna utgörs främst av gräsmattor och vegetation i flera skikt (figur 13). I parkerna finns utrymme till större träd än i gaturummet.



Figur 13. Illustration som visar hur en park skulle kunna se ut i industristaden.  
Foto: © Google (2021b). Skalperson: Skalgubbar.se

#### *Parkers effekter på värmeön*

Parker har en väldokumenterad reducerande effekt på värmeöeffekten, en effekt som lyfts fram av de flesta som behandlar ämnet (Uppsala Kommun 2014; Thorsson 2016; Folkhälsomyndigheten 2018; Francesco et al. 2019). Hur stor den kylande effekten blir beror till största delen av hur stor parken är och de föreslagna parkytorna är dessvärre relativt små (Folkhälsomyndigheten 2018:25). Studier visar dock att även mindre parker kan göra betydande skillnad på det lokala klimatet. Detta visas till exempel i studien på olika kvarter i Seoul där kvarteren med små grönområden var upp till 2 °C mindre varma än kvarteren utan (Park 2017:207).

#### *Synergieffekter från parker*

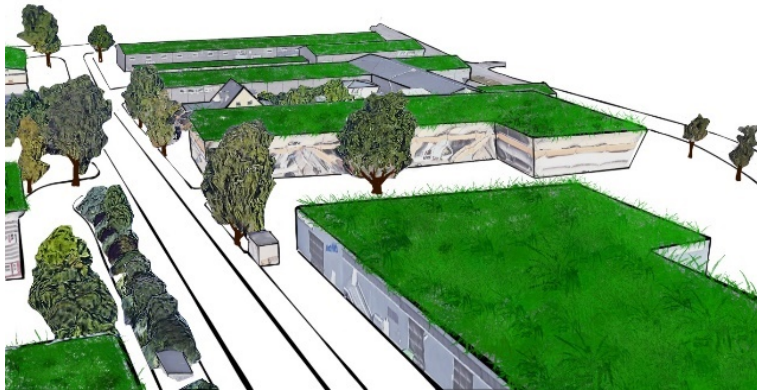
Parker bidrar förutom med påverkan på värmeöeffekten också med en lång rad ekosystemtjänster. De bidrar med kulturella ekosystemtjänster så som fysisk hälsa, mentalt välbefinnande och sociala interaktioner. De bidrar även med stödjande och reglerande ekosystemtjänster så som biologisk mångfald, jordmänsbildning, luftrening och pollinering (Boverket 2020b).

### *Nackdelar och begränsningar med parker*

Parker är dyra att anlägga och oftast i behov av skötsel. Hur dyr och skötselintensiv en park är beror dock på hur den är gestaltad och behöver därmed inte vara en stor nackdel. Även om det inom industriområdet finns stora ytor att anlägga parker på så kommer parken inkräkta på en näringsidkares område och med största sannolikhet påverka dess verksamhet.

### 4.2.4. Gröna tak

Uppskattningsvis utgörs nästan en fjärdedel, det vill säga över 40 000 m<sup>2</sup>, av områdets plana ytor av tak som är platta nog för att anlägga gröna tak (figur 11; figur 14).



*Figur 14. Illustration som visar hur gröna tak skulle kunna appliceras i industristaden.  
Foto: © Google (2021b)*

### *Gröna taks effekter på värmeö*

Eftersom taken utgör en väldigt stor del av alla ytor i industristaden är det möjligt att ett utbyte till gröna tak skulle ha en stor effekt på den lokala värmeö och i förlängningen bidra med en reducerande effekt på stadens värmeö. Effekternas omfattning är svåra att uppskatta men det är möjligt att liknande men inte lika stora effekter som i simulationen över gröna tak i Toronto skulle kunna uppnås. I den simulationen byttes alla platta tak ut mot gröna tak med en värmereducerande effekt på stadens medeltemperatur på 0.5–2 °C (Missios et al. 2005:57).

### *Synergieffekter från gröna tak*

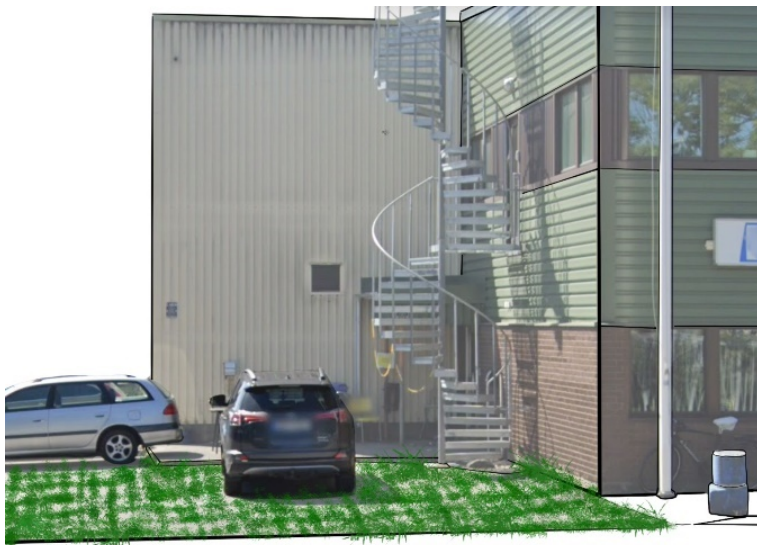
Liknande synergieffekter som i kvartersstaden så som avlastning av dagvattensystemet, reducerade kylbehov i byggnaderna och ökad biodiversitet i området är möjliga (Uppsala Kommun 2014:26–27). Det är möjligt att gröna tak i industristaden skulle ha ännu större positiva effekter på biodiversiteten än gröna tak i kvartersstaden. Detta på grund av att byggnaderna är mycket lägre i industristaden vilket underlättar spridning av både djur och växter till taken.

### *Nackdelar och begränsningar med gröna tak*

Precis som de gröna taken i kvartersstaden kan gröna tak i industristaden vara svåra att anlägga av byggnadstekniska orsaker.

#### 4.2.5. Infiltrerbara ytor

En stor del av de asfalterade ytorna inom industristaden skulle kunna bytas ut till infiltrerbara ytor så som grus, gräsmatta, armerat gräs, planteringar eller gräsmatta. I principskissen över industriområdet omgestaltades parkeringsytor, refuger och övriga ytor som inte behöver vara asfalterade för att behålla sin funktion till infiltrerbara ytor istället (figur 11; figur 15).



*Figur 15. Illustration som visar hur infiltrerbara ytor skulle kunna appliceras i industristaden.  
Foto: © Google (2021b)*

#### *Infiltrerbara ytors effekter på värmeön*

En infiltrerbar yta bidrar till mindre uppvärmning än en hårdgjord yta. Både på grund av att den har sämre värmelagrande egenskaper och att den ger upphov till infiltration istället för avrinning av dagvatten. De infiltrerbara ytorna i industristaden sänkte tillsammans med parkytan områdets andel hårdgjorda ytor med uppskattningsvis 20 % till 30 %. En åtgärd i sådan storleksgrad skulle ifall den implementerades i en hel stad enligt Park (1987) sänka den maximala värmeeffekten med ungefär 1°C och man kan dra slutsatsen att samma effekt uppnås på det lokala klimatet.

#### *Synergieffekter från infiltrerbara ytor*

Större andel infiltrerbara ytor avlastar dagvattensystemet och kan bidra till en bättre vattenkvalitet (Uppsala Kommun 2014:37).

### *Nackdelar och begränsningar med infiltrerbara ytor*

Infiltrerbara ytor kan i vissa fall ge ett skrämmande intryck om man jämför med till exempel asfalt eller betongplattor. Skötseln och kostnaden är även större för planteringar, gräsmattor och armerat gräs än för hårdgjorda ytor.

#### 4.2.6. Sammanfattning av gröna strukturer i industristaden

Åtgärderna skulle sannolikt ha en betydande effekt på områdets värmeö och tillsammans med åtgärder i andra delar av staden även ha en betydande effekt på hela stadens värmeö. Reduceringen av industristadens dagliga värmeö skulle kunna medföra goda hälsoeffekter för de arbetande i området och genom effekten på hela stadens värmeö medföra goda hälsoeffekter på hela stadens befolkning.

Även inom industristaden bidrar de gröna åtgärderna förutom sina värmeö-reducerande effekter med en lång rad positiva synergieffekter. Synergieffekter som är energisparande, psykiskt och fysiskt hälsofrämjande och ekologiska effekter.

### 4.3. Ytterligare åtgärder för att motverka värmeöeffekten

De kylande effekterna från tillämpningen av gröna strukturer i kvartersstaden kan alltså inte anses kraftfulla nog för att motverka en stor värmeöeffekt. Kvartersstaden representerar dessutom en stadstyp där en stor andel av befolkningen bor. Därför kan det i sådana typer av stadsstruktur behövas ytterligare, ännu mera omfattande, åtgärder och förändringar för att kyla det lokala klimatet. För att stävja den totala värmeöeffekten i storstäder krävs sannolikt också omfattande förändringar på staden som helhet.

#### 4.3.1. Bilfria stadskärnor

Det är uppenbart att platsbristen är det enskilt största hindret för tillräckliga värmeö-reducerande åtgärder inom kvartersstaden. En lösning på detta problem med flera ytterligare potentiella goda effekter är införandet av bilfria stadskärnor. Bilfria stadskärnor innebär i de flesta fall inte helt bilfria stadskärnor utan stadskärnor utan privat bilism. Detta skulle inom kvartersstaden frigöra plats för grönska då de flesta parkeringarna och vissa av gatorna skulle kunna tas ur bruk.

Förutom möjligheten att applicera gröna värmeö-reducerande åtgärder i högre grad kan bilfria stadskärnor ge reducerade koldioxidutsläpp från staden, bullerreducering, förbättrad fysisk och psykisk hälsa för befolkningen samt ökad handel i området (Khreis & Nieuwenhuijsen 2016:253, 258).

### 4.3.2. Föreskrifter i lagboken

Lagförändringar som ger incitament till att tillämpa gröna strukturer så som gröna tak skulle kunna användas för att både kommuner och privata fastighetsägare ska göra vad som krävs för ett bättre stadsklimat. Till exempel är 14 % av alla tak i Tyskland gröna tack vare byggnadsföreskrifter (Uppsala Kommun 2014:25). Liknande åtgärder fast med någon form av krav på andel grönytor eller vegetationsvolym för fastigheter skulle också kunna ha positiva effekter på stadsklimatet.

### 4.3.3. Långsiktig planering

Långsiktig planering för att tillämpa värmeö-reducerande effekter som är svåra att applicera på befintliga urbana miljöer skulle kunna ha goda effekter. Ju tidigare i planeringsprocessen som hänsyn tas till stadens potentiella värmeö desto lättare är den att motverka. Genom långsiktig planering för att motverka värmeöeffekten skulle samtliga gröna lösningar presenterade i det här arbetet vara lättare att applicera i tillräcklig omfattning. Gröna tak, gröna fasader och en välplanerad och stadsomfattande grönstruktur i form av parker och gröna gator som bryter upp framtidens täta stadsstruktur skulle i tillräcklig mängd kunna ha en mycket stor effekt på stadens värmeö.

## 5. Slutsats och diskussion

De gröna strukturerna går att applicera i olika stor grad samt på olika sätt i de två stadstyperna. Till exempel applicerades parkytor både i skissen över gröna strukturer i kvartersstaden och i skissen för industristaden. I kvartersstaden applicerades dock parkytorna i formen av ett parktorg istället för en park så att torgets ursprungliga funktioner inte ska försvinna. Alla åtgärder är inte heller möjliga eller rimliga att tillämpa i båda områdena. Till exempel tillämpades gröna fasader endast som en grön lösning i kvartersstaden.

Åtgärderna har definitivt kylande effekter på mikroklimat, lokalklimat och på hela stadens värmeö. Det svåra är att fastställa hur stora effekterna kan vara. Vad gäller effekterna på hela städens värmeö måste det också tas i beaktande att i ett försök att reducera en stads värmeö så skulle åtgärder behöva appliceras över hela staden inom en lång rad olika typer av stadsstrukturer och inte bara inom två områden som i denna undersökning. Det är svårt att fastställa hur stora de värmeö-reducerande effekterna av att applicera gröna strukturer på en hel stad skulle bli. Det är dock rimligt att de skulle vara stora nog för att ha en positiv effekt på befolkningens hälsa. Förutom denna effekt skulle en utökad grönstruktur också föra med sig en lång rad goda synergieffekter samtidigt som nackdelarna skulle vara få.

Gröna tak, gröna fasader och gatuträd planterade längs med fasader sänker också temperaturen inuti byggnaderna de är applicerade på eller vid. Detta resulterar antingen i bättre temperaturer för de som vistas i byggnaderna eller en reducerad energiåtgång till följd av minskat kylbehov. I och med att människor vistas inomhus i så stor grad, i kvartersstaden dygnet runt och i industristaden under arbetsdagen, så bör även detta medföra goda hälsoeffekter förutom effekterna från en reducerad värmeö.

### 5.1. Effekternas omfattning

Åtgärderna inom kvartersstaden och industristaden var mycket lika varandra men med den främsta skillnaden att de kan appliceras i mycket mindre grad inom kvartersstaden. Detta leder fram till slutsatsen att åtgärderna inom kvartersstad som stadstyp inte har en kylande effekt nog stor för att stävja större värmeöar. I stora

städer med en stor värmeö, sannolikt bestående till stor del av en stadsstruktur lik den i kvartersstaden, blir alltså värmeöeffekten för svår att motverka med hjälp av gröna strukturer. Med tanke på Sveriges framtida klimat, pågående urbanisering samt rådande trend vad gäller förtätning kommer alltså svenska städers värmeöar sannolikt bara bli större och större oavsett värmeö-reducerande åtgärder eller inte. Detta innebär att fler och antagligen mycket större åtgärder kommer att behövas ifall den framtida värmeöeffekten med tillhörande värmerelaterade ohälsa ska stävjas.

## 5.2. Framtida undersökningar

Det finns element av osäkerhet i resultatet av det här arbetet. Framst kanske vad gäller de slutsatser som dragits om värmeö-reducerande åtgärder utifrån exempel och forskning utförda i andra städer och delar av världen. Hur en åtgärd kan komma att påverka mikroklimat, lokalt klimat och hela stadsklimatet på en plats är beroende av en lång rad olika variabler och att ta hänsyn till dem alla är omöjligt vid ett arbete av den här storleksgraden. Detta gör att de flesta av de presenterade effekterna är grova uppskattningar om potentiella effekter. Framst är det i storleken av effekterna från grönstrukturerna presenterade i arbetet det finns en osäkerhet.

För att säkerställa effekterna från de gröna strukturerna presenterade i arbetet skulle det sannolikt krävas avancerade simulationer över Uppsalas stadsklimat. Denna typ av simulationer är möjliga att utföra men det krävs en helt annan typ av arbete utfört av personer med kompetens inom fler kunskapsområden än landskapsarkitektur. I en framtid med allt större värmerelaterade problem i urbana miljöer över hela världen är det möjligt att den typen av undersökningar blir allt vanligare och ett viktigt verktyg inom stadsplanering.

Samtidigt lyfts det dock i detta arbete fram flera argument som talar för att de presenterade gröna strukturerna skulle ha reducerande effekter på en stads värmeö. Lösningar som i kombination med ytterligare åtgärder med stor sannolikhet skulle bidra till betydande reduktion av en stads värmeö.



## 6. Referenser

- Akbari, H., Bretz, S., Kurn, D., Hanford, J. (1997). *Peak power and cooling energy savings of shade trees*. Energy and Buildings. LBNL-41293  
<https://escholarship.org/uc/item/7w22p9mq> [2021-03-23]
- Boverket (2016). *Rätt tätt - en idéskrift om förtätning av städer och orter*. Boverket.  
<https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2016/ratt-tatt-en-ideskraft-om-fortatning-av-stader-orter.pdf> [2021-03-11]
- Boverket (2019). *Urbanisering*.  
<https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/bostadsmarknad/bostadsfor-sorjning/flyttningar/urbanisering/> [2021-01-26] [2021-01-26]
- Boverket (2020a). *Biologisk mångfald*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/teman/ekosystemtjanster/praktiken/mangfald/> [2021-02-17]
- Boverket (2020b). *Gör grönskan till en naturlig del av staden*.  
<https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/planeringsfragor/ekosystemtjanster/> [2021-02-22]
- Folkhälsomyndigheten (2015). *Hälsoeffekter av höga temperaturer – En kunskapssammanställning*. (Artikelnr. 15048). Solna/Östersund. Folkhälsomyndigheten.  
<https://www.folkhalsomyndigheten.se/publicerat-material/publikationsarkiv/h/halsoeffekter-av-hoga-temperaturer-en-kunskapssammanstallning/> [2021-01-19]
- Folkhälsomyndigheten (2018). *Värmestress i urbana utemiljöer*. (Artikelnr. 18061). Solna/Östersund. Folkhälsomyndigheten.  
<https://www.folkhalsomyndigheten.se/publicerat-material/publikationsarkiv/v/varmestress-i-urbana-utomhusmiljoer--forekomst-och-mojliga-atgarder-i-befintlig-bebyggelse/> [2021-01-21]
- Francesco, S., Armstrong, B., Åström, C. & Coelho, M. (2019). *How urban characteristics affect vulnerability to heat and cold: a multi-country analysis*. International Journal of Epidemiology. 1-12. [https://www.researchgate.net/publication/331564425\\_How\\_urban\\_characteristics\\_affect\\_vulnerability\\_to\\_heat\\_and\\_cold\\_a\\_multi-country\\_analysis](https://www.researchgate.net/publication/331564425_How_urban_characteristics_affect_vulnerability_to_heat_and_cold_a_multi-country_analysis) [2021-01-21]
- Khreis, H., Nieuwenhuijsen, M. (2016). *Car free cities: Pathway to healthy urban living*. Environment International. 94. 251–262.

- [https://www.researchgate.net/publication/303814646\\_Car\\_free\\_cities\\_Pat\\_hway\\_to\\_healthy\\_urban\\_living/link/59dd29d5a6fdcc276fa290ba/download](https://www.researchgate.net/publication/303814646_Car_free_cities_Pat_hway_to_healthy_urban_living/link/59dd29d5a6fdcc276fa290ba/download) [2021-02-24]
- Marselle, M.R., Bowler, D.E., Watzema, J. (2020). *Urban street tree biodiversity and antidepressant prescriptions*. *Sci Rep* 10, 22445  
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-79924-5> [2021-02-17]
- Missios, P., Banting, D., Doshi H., Li, J., Au, A., Currie, B., Verrati, M. (2005). *Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto*.  
[https://www.researchgate.net/publication/291164191\\_Report\\_on\\_the\\_Environmental\\_Benefits\\_and\\_Costs\\_of\\_Green\\_Roof\\_Technology\\_for\\_the\\_City\\_of\\_Toronto](https://www.researchgate.net/publication/291164191_Report_on_the_Environmental_Benefits_and_Costs_of_Green_Roof_Technology_for_the_City_of_Toronto) [2021-02-18]
- MSB (2019). *Värmebölja*.  
<https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/naturolyckor-och-klimat/varmebolja/> [21-03-11]
- Oke, T.R. 1973: *City size and the urban heat island*. *Atmospheric Environment* 7:769–779.  
[https://www.researchgate.net/publication/248403918\\_City\\_Size\\_and\\_the\\_Urban\\_Heat\\_Island](https://www.researchgate.net/publication/248403918_City_Size_and_the_Urban_Heat_Island) [2021-02-09]
- Park H-S. (1987). *City size and urban heat island intensity for Japanese and Korean cities*. *Geographical Review of Japan, Series A*. 1987;60(4):238-50.  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/grj1984a/60/4/60\\_4\\_238/\\_pdf/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/grj1984a/60/4/60_4_238/_pdf/-char/en) [2021-02-19]
- Park J., Kim J-H., Lee D. K., Park C. Y., Jeong S. (2017). *The influence of small green space type and structure at the street level on urban heat island mitigation*. *Urban Forestry & Urban Greening*. 21. 203-212.  
[https://www.researchgate.net/publication/312198588\\_The\\_influence\\_of\\_small\\_green\\_space\\_type\\_and\\_structure\\_at\\_the\\_street\\_level\\_on\\_urban\\_heat\\_island\\_mitigation](https://www.researchgate.net/publication/312198588_The_influence_of_small_green_space_type_and_structure_at_the_street_level_on_urban_heat_island_mitigation) [2021-01-19]
- Rocklöv J, Forsberg B. *The effect of high ambient temperature on the elderly population in three regions of Sweden*. *International journal of environmental research and public health*. 2010;7(6):2607-19.  
[https://www.researchgate.net/publication/45275842\\_The\\_Effect\\_of\\_High\\_Ambient\\_Temperature\\_on\\_the\\_Elderly\\_Population\\_in\\_Three\\_Regions\\_of\\_Sweden](https://www.researchgate.net/publication/45275842_The_Effect_of_High_Ambient_Temperature_on_the_Elderly_Population_in_Three_Regions_of_Sweden) [2021-02-05]
- Rosenfeld A.H., H. Akbari S., Bretz B.L., Fishman D.M., Kurn D., Sailor, H. Taha. *Mitigation of heat islands: materials, utility programs, updates*. *Energy and Buildings*. 1995;22(3):255-265.  
[https://www.aivc.org/sites/default/files/airbase\\_6827.pdf](https://www.aivc.org/sites/default/files/airbase_6827.pdf) [2021-02-08]
- SMHI (u.å). *Klimatscenarier*.  
<https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/klimatscenarier/> [2021-03-11]

- Taleghani, M. (2018). *Outdoor thermal comfort by different heat mitigation strategies - a review*. Renewable & Sustainable Energy Reviews. 81. <https://www.semanticscholar.org/paper/Outdoor-thermal-comfort-by-different-heat-a-review-Taleghani/7e53ae138ecda71fd2684e581ef41d91ae4362df> [2021-01-19]
- Thorsson, S. (2012) *Stadsklimatet - åtgärder för att sänka temperaturen i bebyggda områden*. (FOI-R--3415--SE). Stockholm/Göteborg: FOI/Göteborgs universitet. <https://www.foi.se/rest-api/report/FOI-R--3415--SE> [2021-01-21]
- Uppsala Kommun (2014). *Underlagsrapport: Planering för en varmare stad*. (KSN-2014-132). Uppsala: Stadsbyggnadsförvaltningen. <https://www.uppsala.se/kommun-och-politik/publikationer/planering-for-en-varmare-stad/> [2021-03-11]
- Åström, C., Bjelkmar, P. & Forsberg, B. (2019). *Ovanligt många dödsfall i Sverige sommaren 2018: drygt 600 kan ha dött till följd av värmeböljan*. Läkartidningen, 16:e Maj. <https://lakartidningen.se/klinik-och-vetenskap-1/artiklar-1/originalstudie/2019/05/ovanligt-manga-dodsfall-i-sverige-sommaren-2018/> [2021-01-19]

## 6.1. Foton och kartor

- Google. (2021a). Boländerna, Uppsala. Flygfoto [Kartografiskt material]. <https://www.google.se/intl/sv/earth/> [2021-03-21]
- Google. (2021b). Boländerna, Uppsala. [Foto]. Tillgänglig: Google Street View. <https://www.google.se/intl/sv/earth/> [2021-03-21]
- Google. (2021c). Centrum, Uppsala. Flygfoto [Kartografiskt material]. <https://www.google.se/intl/sv/earth/> [2021-03-21]
- Google. (2021d). Centrum, Uppsala. [Foto]. Tillgänglig: Google Street View. <https://www.google.se/intl/sv/earth/> [2021-03-21]
- Lantmäteriet (2021) Uppsala. Karta [Kartografiskt material] <https://minkarta.lantmateriet.se> [2021-03-21]
- Skalgubbar. (2021). [Skalperson]. Tillgänglig: <https://skalgunbar.se/> [2021-03-21]