



Den gröna infrastrukturens värde i staden

- En studie om klimatåtgärder för stigande medeltemperatur med observation från Barcelona

Kevin Persson

Självständigt arbete • 15hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Landskapsingenjörsprogrammet
Alnarp 2023



Den gröna infrastrukturens värde i staden

- En studie om klimatåtgärder för stigande medeltemperatur med observation från Barcelona

The value of green infrastructure in the city

- A study on climate actions for global warming with observation from Barcelona

Kevin Persson

Handledare: Lisa Norfall, SLU, Landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Examinator: Matilda Alfengård, SLU, Landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i landskapsarkitektur, G2E - Landskapsingenjörsprogrammet
Kurskod: EX0841
Program/utbildning: Landskapsingenjörsprogrammet
Ämne: Landskapsplanering
Kursansvarig inst.: Landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Utgivningsort: Alnarp
Utgivningsår: 2023
Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Grön infrastruktur, Klimatreglering, Urban miljö, Grönplan, City biodiversity index, Värmeöeffekt, Stadsförtätning.

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds och växtproduktionsvetenskap
Instruktionen för Landskapsarkitektur, Planering och förvaltning

Förord

Det här examensarbetet är avslutet på mina tre år på Sveriges lantbruksuniversitet vid Alnarp som har varit helt fantastiska och lärorika. Skolan och kamraterna kommer att vara saknade. Mitt intresset för det gröna har funnits sedan tidig ålder, men under mina år på skolan har jag fått förståelse om hur viktig den gröna infrastrukturen är för att lösa framtidens utmaningar i städer som i sin tur detta arbetet handlar om.

Jag vill tacka alla som på ett eller annat sätt varit mig till hjälp under examensarbetets gång.

Ett särskilt stort tack till min handledare Lisa Norfall som visat stort engagemang i arbetet genom förstklassig vägledning, uppmuntran och konstruktiva synpunkter under arbetets gång.

Slutligen ett stort tack till mina föräldrar och vänner som alltid trott på mig och stöttat mig under hela arbetets gång trots ett ämne ni knappt förstått er på.

Abstract

This essay is written with the background of the ongoing global warming and urbanization. The essay is a deepening of the current situation in the example of the city of Barcelona with concrete examples of solutions for Swedish cities against urban heat islands. With the work, I hope to be able to provide both the individual reader and the Swedish cities with the preservation of connections between theory and practice and, through new knowledge, raise new questions about the formulation of the problem to secure future urbanization.

The consequences of global warming are heat waves that will become significantly more frequent and more prolonged as the average temperature on earth continues to rise. In cities which are densely built the consequences of the heat waves are heat stress, which is a direct threat to human health. Urban green areas and green infrastructure have the potential to help the city adapt to the changing climate and provide better living conditions for the inhabitants. As the cities continue to densify, the area for green infrastructure will become smaller and smaller. A hypothesis that Scandinavian cities lack planning and preparedness for heat waves through green infrastructure will be confirmed in the essay because the focus has been on other climate measures. Scandinavian cities have not previously had to deal with a hot climate, but now the cities need to rethink for the future. Therefore, Barcelona's urban green areas will be analyzed by their current green status and how they are valued through an analysis model called the City Biodiversity Index. Which strategies that are used for the vision of a green city in municipal planning documents will also be analyzed. The city of Barcelona is chosen because it has a significantly warmer climate all year round and has had for a long time. Scandinavian cities can therefore be inspired by effective solutions from them. Examples from Barcelona's actions to be a resilient city against heat waves will be presented. However, the continued densification of the future is a remaining threat in all cities, which will make it more difficult to construct planned green values as a climate measures. Therefore, the conclusion is that Scandinavian cities must make higher demands on the integration of greenery in the city's future buildings. The conclusion will be a basis for Scandinavian cities' future work in planning to be a resilient city against heat waves and continue to provide good living conditions for the inhabitants.

Keywords: Green infrastructure, Climate regulation, Urban environment, Green plan, City biodiversity index, Heat island effect, Urban heat islands, Urban densification.

Innehållsförteckning

1. Inledning	7
1.1 Bakgrund	7
1.2 Problemformulering.....	8
1.3 City Biodiversity Index (CBI)	9
1.4 Mål.....	10
1.5 Syfte.....	10
1.6 Frågeställning.....	10
1.7 Avgränsning.....	10
2. Metod och material	11
2.1 Forskningsdesign	11
2.2 Val av indikatorer CBI	12
2.3 Krav på data i CBI	12
3. Förstudie	13
3.1 Vad är värmeöar.....	13
3.2 Hur fungerar värmeöar.....	14
3.2.1 Emissivitet.....	14
3.2.2 Albedo	15
3.2.3 Strålningstemperatur	16
3.3 Konsekvenser av värmeöar.....	16
4. Beredskap och lösningar	18
4.1 Beredskap för värmeböljor	18
4.1.1 Kortsiktigt planerande	18
4.1.2 Långsiktigt planerande	18
4.2 Vegetation som värmereglering	19
5. Förklaring av Indikatorers funktioner	20
5.1 Indikator 1, Andel naturliga områden i staden.....	20
5.2 Indikator 2, Förbindelseåtgärder för att motverka fragmentering.....	20
5.3 Indikator 10, Reglering av mängden vatten	21
5.4 Indikator 11, Klimatreglering: fördelar med träd och grönytor.....	22
6. Resultat	23
6.1 Slutresultat för Barcelona enligt CBI-indikatorerna.....	23

6.1.1	Indikator 1	23
6.1.2	Indikator 2	23
6.1.3	Indikator 10	24
6.1.4	Indikator 11	24
6.2	<i>Styrdokument i Barcelona stad</i>	25
6.2.1	Nuvarande naturplan.....	25
6.2.2	Åtgärder i enlighet med naturplanen	25
6.3	<i>Beredskap i Barcelona</i>	26
6.3.1	Beredskap inför värmeböljor	26
6.3.2	Beredskap genom fysisk planering	28
7.	Slutsats	29
7.1	<i>Åtgärder nuläge Sverige</i>	29
7.2	<i>Åtgärder för framtida Sverige</i>	30
7.3	<i>Konkreta tips till svenska städer</i>	32
8.	Diskussion	33
8.1	<i>Framtida diskussion</i>	34
8.2	<i>Metoddiskussion</i>	35
8.3	<i>Vidarforskning</i>	37
9.	Referenslista	38

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Den stigande medeltemperaturen är idag ett väl medvetet faktum med många negativa konsekvenser. Förändringarna som sker i klimatet snabbare än vad forskningen pekat på innan (Greenpeace, 2021). 2015 bjöd FN in världens alla länder till ett klimatmöte i Paris för att diskutera den pågående klimatkrisen. Under mötet skrev samtliga länder under det kända Parisavtalet för att tillsammans bekämpa klimatkrisen. Parisavtalet innefattar en handlingsplan för begränsandet av den globala uppvärmningen. Alla länder som ingår i Parisavtalet har egna nationella åtagande som skall redovisas för FN (UN, 2021).

2021 presenterade FN:s klimatpanel IPCC bestående av de främsta klimatforskarna sin senaste rapport som sammanfattar den allra senaste vetenskapen och beskriver klimatets nuläge. I den senaste rapporten påpekar forskarna att om inte utsläppen av växthusgaser halveras inom 10 år kommer temperaturhöjningen passera 1,5° innan år 2030 (IPCC, 2021). I tidigare rapporter av FN förutsåg dock forskarna större marginaler för att kunna förhindra den stigande medeltemperaturen. Dåtidens vetenskap tydde på en period av 20 år innan medeltemperaturen skulle nå över 1,5° vilket skulle betyda fram till 2040 (UN, 2021).

Som beskrivs i IPCC:s rapport blir det globala klimatet allt varmare vilket innefattar en varmare framtid för Sverige också. Ett av problemet med den förhöjda medeltemperaturen är förekomsten av värmeböljor som blir allt tätare och dessutom mer utdragna över tid. Enligt en rapport från myndigheten för samhällsskydd och beredskap utförd av SMHI har man räknat fram att i slutet av detta århundrade kommer värmeböljor i Skandinavien att inträffa ungefär vart femte år jämte tidigare genomsnitt på vart 20e år. (MSB, 2020) I studien framkommer även att förändringen på återkomsttiden av värmeböljor inte är proportionellt med medeltemperaturshöjningen eftersom återkomsttiden variera på var man befinner sig geografiskt. En förhållandevis liten medeltemperaturshöjning på 0,5° ifrån idag skulle innebära att förekomsten av värmeböljor på många håll mer än fördubblas. Värmetopparna kommer att bli mer extrema och ske oftare enligt dagens prognoser (ibid).

1.2 Problemformulering

Högre temperaturer under längre tid är dåligt för människans hälsa, främst negativt för äldre, barn och sjuka. Enligt en studie från Umeå universitet med uppgifter från folkhälsomyndigheten har det beräknats att ungefär 700 människor dog i förtid på grund av värmeböljan som ägde rum 2018 i Sverige. Att människors hälsa och liv är utsatta under värmeböljor är ett stort problem (Bjelkmar, 2019). Med klimatsituationen och värmeproblemen i städerna förklarade står det fast att temperaturen måste bli lägre på sikt. Därför är det viktigt att planera för temperatursänkande åtgärder i framtidens städer (Klimatanpassning, 2020).

Svenska städer har aldrig tidigare i historien behövt hantera extrem värme på det sätt som de förväntas behöva göra i framtiden. Därmed är det viktigt att svenska städer agerar redan nu med klimatåtgärder inför framtidens värme. På boverkets hemsida finns olika publikationer som beskriver hur samhällsplaneringen kan klimatanpassas (Boverket, 2023). Det nämns fysisk planeringen i stadsmiljön som ett sätt för att kyla och hantera den på sikt varma staden med hjälp av träd och grönytor (SMHI, 2020). Gemensamt för dessa publikationer är att dem alla publicerats för relativt längesedan under åren 2007-2011. Lägesstatusen för klimatet har ändrats de senaste 10 åren, därför kan publikationernas aktualitet ifrågasättas speciellt eftersom dessa publikationer ska vara autentiska och agera som viktigt grundmaterial att luta sig på för regioner och kommuner.

Dessutom behandlas ämnet om förhöjda temperaturer i stadsklimatet väldigt lågfrekvent i boverkets största publikationen "Klimatanpassning i planering och byggande" utgiven 2011 (Boverket, 2011). I publikationen redogörs ett urval olika konkreta klimatåtgärder där det synliggörs att avsnitten för förhöjda temperaturer i stadsklimatet är betydligt kortare och inte alls lika utförligt beskrivna jämfört med ämnen som ökad nederbörd och höjda havsnivåer. Den bristande närvaron av ämnet i publikationen kan både tolkas som att kännedomen är relativt liten eller att stigande temperaturer ses som ett framtida problem snarare än ett aktuellt problem. Prioriteringen av förhöjda vattennivåer och ökad nederbörd antas ses som mer allvarliga och aktuella (Boverket, 2011). Barcelona har ett medelhavsklimat som innebär betydligt varmare temperaturer året runt än i Sverige (Utrikespolitiska institutet, 2023). Därför är kännedomen betydligt högre i Barcelona gällande höga temperaturer i stadsklimaten. Därför finns det mycket att lära av en stad som Barcelona för att hitta effektiva lösningar på hantering av värmen i Svenska städer framöver.

1.3 City Biodiversity Index (CBI)

För att mäta värden av grön infrastruktur som i sin tur motverkar förhöjda temperaturer i stadsklimatet har en metod kallad CBI valts för att användas i arbetet.

För att kunna mäta och övervaka den biologiska mångfalden lanserades 2008 ett system kallat Singapore-index (SI) (CBD, 2021). Singapore-index togs fram i uppdrag från FN-konvektionen om biologisk mångfald. Systemet består av flertalet indikatorer som tillämpas på en hel nation. Indikatorerna berör i stora drag ekosystemtjänster, biologisk mångfald, ledning och styrning. Utifrån inmätta värden för den specifika nationen bedöms indikatorerna enskilt utifrån ett poängsystem. Slutligen bedöms alla indikatorerna som tillsammans resulterar i ett betyg om vilken status nationen befinner sig i biologisk mångfald (CBD, 2021).

Efter att Singapore-index lanserades fann man behov av ett liknande system avsett för tillämpning på städer istället för en hel nation. I enlighet med behovet introducerades därför City Biodiversity Index (CBI) år 2014. CBI-systemet är en vidareutveckling av Singapore-index som också utvecklats av FN-konvektionen om biologisk mångfald (CBD, 2014). CBI är uppdelat i två delar, en del där staden identifieras och andra delen där olika indikatorer bedöms. Systemet är annars mycket likt Singapore-Index fast har färre indikatorer för att enklare kunna tillämpas på städer. CBI har 28 stycken indikatorer i den senaste utgåvan, släppt 2021 (CBD, 2021).

1.4 Mål

Målet med detta arbete är att presentera förslag på konkreta åtgärder och resonemang kring anpassningar till klimatförändringarna i Svenska städer med hjälp av grönplanering. Idéerna till förslagen kommer att grunda sig i studerandet av hur Barcelonas grönplanering ser ut med särskilt fokus på hur staden använt sig av City Biodiversity Index i sitt arbete med klimatanpassningen.

1.5 Syfte

Syftet med detta arbete är att undersöka hur ett framtida varmare klimat i Svenska städer bör hanteras med hjälp av genomtänkt grönplanering.

1.6 Frågeställning

- *Vad kan svenska städer dra nytta av utifrån Barcelonas grönplan för att kunna sänka temperaturen under värmeböljor?*

1.7 Avgränsning

Denna studie har avgränsats till att undersöka hur staden Barcelona arbetar med klimatanpassningar genom grönstruktur samt utvecklandet av grönstrukturen utifrån CBI-modellen. Den valda stadens yta har begränsas i sitt omfång på 10,2km² och därav kommer inte förorter att räknas med. Avgränsningen i undersökningen om en stad (Barcelona) samt kontexten med generella åtgärdsförslag presenterade för svenska städer har gjorts i beaktning på den satta tidsramen för arbetet.

2. Metod och material

2.1 Forskningsdesign

Uppsatsens kunskapsinsamling har genomförts med både kvalitativa och kvantitativa undersökningsmetoder och faller därmed in under “mixed methods research”. Användandet av olika metoder beskrivs dessutom som the “the convergent design” av Creswell och Creswell (2018). Kvantitativ kunskapsinsamling är en metod som bygger på mätbar data uttryckt med siffror så som forskningsdata, fallstudier och användandet av CBI metoden i denna uppsats. Kvalitativ kunskapsinsamling är vetenskapliga metoder för insamling och förklaring i text som i uppsatsen behandlar vetenskapliga artiklar, kommunala styrdokument och annan litteratur. Forskningsdesignen i uppsatsen utgör vad Olsson och Sörensen (2011) benämner som metodtriangulering eftersom flera olika metoder gällande samma ämne eller problem används.

För att redovisa hur myndigheterna efterföljer sina styrdokument används den kvantitativa metodiken. Genom kvantitativa metoder kan även effekter på stadsmiljön av kommunernas agerandet kartläggas och identifieras för framtida klimatsscenario. Som en del av de kvantitativa metoderna har City Biodiversity Index applicerats på Barcelona för att ta reda på hur Barcelona arbetar för att bli en mer motståndskraftig stad mot klimatförändringarna i framtiden. CBI som metod innehåller olika indikatorer varav fyra relevanta för ämnet valts ut.

De kvalitativa metoderna användes i syfte att redogöra och skapa förståelse för hur Sverige och Barcelona prioriterar och agerar i planeringsfrågor som berör grön infrastruktur och arbetet med att motverka värmeöar. Det kvantitativa resultat från City Biodiversity Index har sedan undersökts och värderats tillsammans med Barcelonas visioner avseende grön infrastruktur som hämtats ur olika styrdokument genom en dokumentanalys. Resultaten från varje indikator ur CBI studien värderas och jämförs med resultatet från styrdokumentet och de ger en komplett uppskattning på Barcelonas nuvarande situation och hur de förbereder sig för framtiden (CBD, 2021). Allt källmaterial har valts selektivt och kritiskt främst i avseende på när källan publicerats och av vem. Resultatet utav de två metoderna kvalitativ och kvantitativ kompletterar varandra och bidrar till uppsatsens reliabilitet, validitet och trovärdighet.

2.2 Val av indikatorer CBI

Av totalt 28 indikatorerna i CBI finns det fyra stycken som är speciellt framtagna för grön infrastruktur. De fyra följande indikatorer nedan beskriver skalan av nuvarande uppmätta värden på grön infrastruktur (CBD, 2021). Data som framkommer ifrån denna metod kommer att agera som underlag för att jämföra hur olika typer av plandokument speglar verkligheten. Det är därför mycket viktigt att underlaget är så komplett som möjligt för att ge en korrekt spegling, därmed kommer samtliga fyra indikatorer inriktade på grön infrastruktur att användas.

- Andel naturliga områden i staden.
- Förbindelseåtgärder eller ekologinätverk för att motverka fragmentering.
- Reglering av mängden vatten, (andel genomsläpplig yta i staden).
- Klimatreglering, andelen trädäckning i staden.

2.3 Krav på data i CBI

De fyra utvalda indikatorerna har gemensamt att de bygger på värden utifrån satellitbilder och ortofoton. För att få ett så exakt resultat som möjligt av varje indikator är noggrannheten viktig på värdena (Stockholms stad, 2021). Därför finns Group on Earth Observation (GEO) en internationell organisation grundad i USA 2003, med syfte att förbättra och säkerhetsställa ett långsiktigt observationssystem för internationell samordning (Group on Earth Observation, u.å). GEO är ett samarbete mellan flera länder där en av de viktigaste ingående delarna är att förstå hur klimatet förändras. I projektet studeras den globala miljön utifrån jordobservationer och inhämtar sin data från flyg och satellitbilder men även mätningar på land och i vatten (Rymdstyrelsen, 2018).

En av grundtankarna med GEO är att det framtagna materialet tydliggörs och delas fritt mellan medlemmarna. GEO:s medlemmar är 114 länder och 144 internationella organisationer. Att data om den globala miljön blir tillgänglig för samtliga medlemsländer och organisationer medför i sin tur tillgodosedda behov både vetenskapligt, socialt och ekonomiskt (Group on Earth Observation, 2023).

För att få ett så exakt som möjligt resultat i CBI kombineras data från GEO med lokal data från staden som undersöks. Resultatet av den sammanställda informationen kan sedan matas in direkt i gällande indikator. De fyra nämnda indikatorerna kräver olika data och bedöms på olika sätt, därför behövs en djupare kunskap om respektive indikator för att förstå hur de fungerar och vilken typ av data som behövs (Kleeschulte, 2016).

3. Förstudie

3.1 Vad är värmeöar

Alla städer innefattar mer eller mindre tät bebyggelse och är därför utsatta för den globala uppvärmningen (Folkhälsomyndigheten, 2019). Städer påverkas hårt av temperaturhöjning eftersom det uppstår en stor skillnad i strålningstemperatur, fukt och vindförhållanden. Denna förändring i stadsklimatet, främst med fokus på värmestrålning kallas för den urbana värmeöeffekten (Boverket, 2019a). Skillnaden sker på grund av en stor kontrast mellan naturliga miljöer och urbana miljöer. Förenklat finns både mindre och större bidragande orsaker till värmeöeffekten. Orsaken till skillnaden i värme över landskapet beror främst på förekomsten av hårdgjorda ytor och skuggförhållanden (MSB, 2020). Värmeöeffekten är mer påtaglig beroende på termiska egenskaper för byggnadsmaterial, infrastrukturen, värmeutsläpp, luftföroreningar och vindförhållanden (Oke 1981).

Hur drabbande värmeöeffekten är beror på hur tätt bebyggda områdena är och överlag skapar bebyggda miljöer högre temperatur än omgivande landskap eftersom volymen av vegetativa ytor är betydligt mindre, detta sammanhanget redovisas på illustrationen nedan (Perini & Magliocco, 2014).

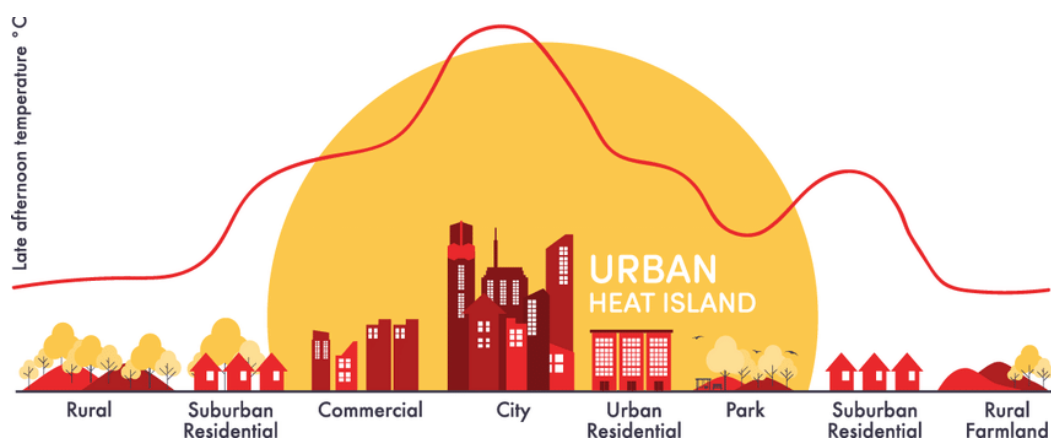


Illustration på värmeöar i landskapet. Bildkälla: (Western Sydney Regional, 2018)

3.2 Hur fungerar värmeöar

Till de mindre påverkande orsakerna hör värmeutsläpp som ofta innefattas av spillvärme som frigörs från till exempel uppvärmning eller avkylning av fastigheter i staden, även transporter i olika verksamheter bidrar med ett överskott av värme (SMHI, 2020). Hur höga och breda byggnaderna är påverkar vindförhållandena som kan orsaka vindbarriärer. Vindbarriärer gör så att cirkulationen av luft blir väldigt liten och därmed upplevs ingen kylande effekt av blåsten som normalt kan kännas i ett öppet landskap eller nära kusten (MSB, 2020). En av de största orsakerna till att värmeöar skapas är byggmaterials termiska egenskaper (MSB, 2020). Termiska egenskaper beskriver hur mycket energi ett specifikt material kan rymma samt hastigheten för att leda vidare energin (Sundberg, 1991).

I praktiken handlar det om hur en hårdgjord yta eller en byggnad i staden absorberar och frigör energi över en specifik tid (MSB, 2020). Varje material har en specifik termisk "tröghet" som innebär förmågan att lagra energin, bevara och successivt frigöra den. Termisk tröghet varierar beroende på materialets densitet, och värmeegenskaper. Energin som sparas i hårdlagda ytor och byggnader kommer från solljus och lagras som värme i materialet (Sundberg, 1991). Hårda material som sten lagrar mer värme än vegetation och har därför en långsammare termiska tröghet. Lagrad värme i hårda material avges under natten och höjer på så vis lufttemperaturen (MSB, 2020).

3.2.1 Emissivitet

För att beskriva ett materials eller en ytas egenskap att leda själva energin används begreppet emissivitet som är ett mått på hur mycket energi en yta utstrålar vid en given temperatur. Emissiviteten varierar mellan olika material beroende på olika parametrar så som våglängd, temperatur, vinkel och ytstruktur. Emissivitet mäts i värdet mellan 0-1 (RISE, 2020).

När en yta eller ett material utsätts för solstrålning absorberas värme tills den avger samma mängd värme som den absorberar. Detta fenomenet kallas för Termisk jämvikt och tar olika lång tid att uppnå beroende på materialets eller ytans emissivitet (NE, 2023). Material eller ytor med hög termisk emissivitet så som betong och takpapp utstrålar värme lättare än ytor med låg termisks emissivitet eftersom de också absorberar värmen snabbare. Därmed når ytor med hög termisk emissivitet termisk jämvikt vid lägre temperaturer än ytor med låg termisk emissivitet. (Wong et al, 2008).

3.2.2 Albedo

Albedo är ett mått på olika ytors förmåga att reflektera ljus det vill säga kortvågig strålning från solen. Albedovärdet mäts på en skala från 0-1, ju högre värde desto mer solljus reflekteras bort från ytan (Naturskyddsföreningen, 2017). Det innebär att en yta med lågt albedovärde absorberar mycket av den kortvågiga strålningen. I genomsnitt är jordens albedovärde 0,3 vilket kan likställas med att 30% av ljuset som når jorden reflekteras bort (Akbari et al, 1992). I genomsnitt har vegetation ett albedo mellan 0,20-0,25 men värdet kan variera beroende på väderklimat. En asfalterad yta som är så mörk en yta kan bli och väldigt statisk har ett lågt albedo mellan 0,08-0,15 (Taha et al. 1992).

I studien “The potential for reducing urban air temperatures and energy consumption through vegetative cooling” av Kurn et al (1994) uppmättes albedot för en trädunge till hela 0,4. Albedovärdet 0,4 kan likställas med värdet av en ljus yta alltså ett högt albedo trots att trädungen till synes är relativt mörk till sin färg. Anledningen till att värdet för trädungens yta blev så högt beror på att energiåtgången från evapotranspiration räknades med. Undersökningen ägde rum i Los Angeles under sommaren när solens genomsnittliga inkommande energi uppmättes till 400W per m². Samtidigt uppmättes energiåtgången från evapotranspirationsprocessen till 80W per m². Det ekvivalenta albedot för trädungen beräknades då med $albedo = \frac{80W \text{ per } m^2}{400W \text{ per } m^2} + 0,2$ vilket ger värdet 0,4 (Kurn et al, 1994).

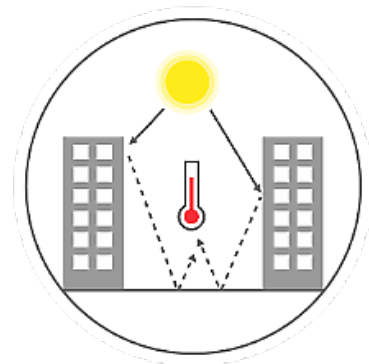
Från studien klargörs alltså att vegetation kan ge ett ännu högre albedo än genomsnittligt beräknat under sommaren. Förståelsen av ytors olika albedo är därför viktigt för att sänka temperaturen i urbana klimat och motverka värmeöar. Därmed kan en ökad mängd vegetation och ytor med högt albedo i städer ge en reducerad innerstadstemperatur (Akbari et al, 1992). Själva temperatursänkningen av högt albedo sker inte genom direkt nedkylning utan genom att byta ut ytor med lågt albedo. Nedan visas en tabell med sammanställning av olika ytors emissivitet och albedovärde enligt (Santamouris, 2006).

Material/ yta	Emissivitet	Albedo
Fuktig mörk jord	0.98	0.05
Lövskog	0.98	0.20
Kortklippt Gräs	0.95	0.26
Betong	0.94	0.3
Tjärpapp tak	0.93	0.05

3.2.3 Strålningstemperatur

Strålningstemperaturen kan vara betydligt högre i tätt bebyggda områden än ett glest bebyggt område eftersom mängden icke naturligt material är högre (SMHI, 2020). Strålningstemperaturen varierar också beroende på hur mycket energi solen avger (Thorson 2012). Temperaturen är dock generellt högre i öppna områden som ett stenbelagt torg jämfört med extremt tätt bebyggda områden som innefattas av smala gator och små innergårdar där mängden direktstrålad värme från solen inte når husfasaderna eller ner på marken (MSB, 2020).

Variationen på strålningstemperaturen kan variera stort inom ett litet område i staden eftersom topografin, det vill säga byggnadsgeometrin kan se väldigt olika ut (SMHI, 2020). Topografin påverkas av variationen på byggnadshöjder, gatubredder, gaturiktningar och växtlighetens höjd. Beroende på hur topografin är utformad påverkas i sin tur luftflöden och reflektion som kan vara både kortvågig och långvågig (Ruefenacht & Acero, 2017). Till höger illustreras ett exempel där solens energi strålar på husfasaderna som i sin tur höjer lufttemperaturen i utrymmet mellan byggnaderna.

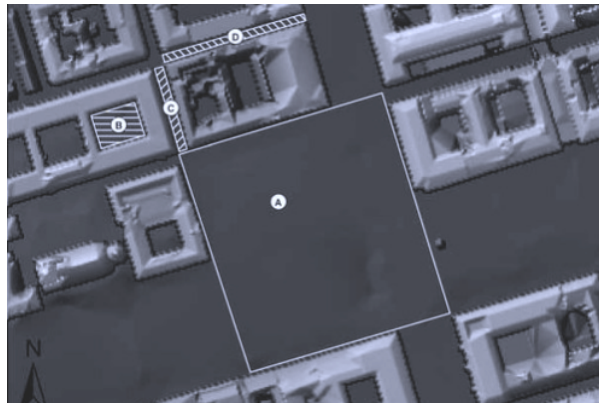


Bildkälla: (SMHI, 2020)

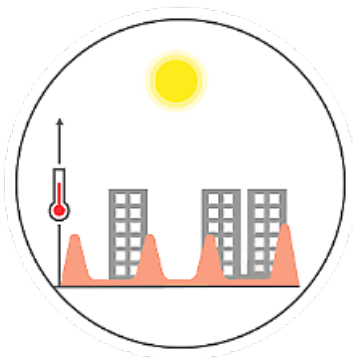
3.3 Konsekvenser av värmeöar

Värmestrålning är den huvudsakliga konsekvensen av värmeöarna eftersom områdena innefattas av stor mängd hårdgjorda ytor och byggnader (Folkhälsomyndigheten, 2018). Värmestrålning sker utan hänsyn till vind, luftfuktighet eller avkylning. I stadsmiljöer blir människan exponerad av hög värmestrålningen som sker under en värmebölja. Värmestrålningen som människan upplever kallas för strålningstemperatur (Taleghani et al, 2015). För att till exempel kunna granska värmerelaterade dödsfall har strålningstemperaturen visat sig vara en bättre källa än den faktiska lufttemperaturen (SMHI, 2020). Värmestrålningen från de hårdgjorda ytorna och byggnaderna ökar även behovet av nedkylning i form av luftkonditionering i byggnader vilket påverkar elförbrukning. Enligt Akbari, Pomerantz och Taha (2001) ökar elförbrukningen i staden med 2-4% för varje 1°C lufttemperaturen höjs.

I en studie från International Journal of Climatology utförd av Thorsson et al (2010) i Göteborg undersöktes fyra olika platser för att se skillnaden på dagsmedelstrålningstemperaturen. De utvalda platserna var ett torg (A), en innergård (B), en nord-sydorienterad (C) och en öst-västorienterad gata med hus på båda sidor om (D). De olika platserna är markerade på bilden till höger. I bildens vänstra nedre hörn finns en norrpil för orientering av väderstrecken.



Figur X. Bildkälla: (Thorsson et al. 2010).



Bildkälla: (SMHI, 2020)

Resultatet ur studien visar genomsnittlig dagsmedelstrålningstemperatur för de olika platserna: (A) 53,1 °C. (B) 41,6 °C. (C) 42,1 °C. (D) 31,7 °C (Thorsson et al, 2010). Temperaturskillnaden mellan de olika platserna varierade stort, högst uppmätt temperatur hade torget. Under samma undersökta tid hade innergården och gatorna betydligt lägre temperatur eftersom de inte fick lika mycket direktstrålad värme från solen (ibid). Bilden till vänster illustrerar hur värmen varierar beroende på byggnadsstrukturen.

Enligt en studie från SMHI (2020) där Stockholms stad undersökts har man sett att värmeöarna som längst påverkar lufttemperaturen inom en 2 kilometers radie. Städer som är placerade nära större vattendrag, hav och naturmiljöer har överlag ett "luftutbyte" som går relativt snabbt även under värmeböljor. Förenklat drabbas städer utan närhet till vattendrag och naturmiljöer hårdare av stillastående luft. Därför är det viktigt att fokusera på förändringar i närområdet inom en radie på 2 kilometer eftersom värmeeffekten är som störst inom den utsträckningen (MSB, 2020).

4. Beredskap och lösningar

4.1 Beredskap för värmeböljor

4.1.1 Kortsiktigt planerande

Med den stigande medeltemperaturen och värmeöar i städer som konsekvens står det tydligt att åtgärder måste sättas i verk för att hantera den eskalerande situationen. För att agera snabbt när en värmebölja slår till gäller det att statliga myndigheter, kommunala verksamheter och vården har god beredskap (MSB, 2020). God beredskap är till för att värna om människors liv och hälsa samt minska antalet dödsfall. Beredskapen innefattas av handlingsplaner och råd för hur varje individ ska agera i en värmebölja (Folkhälsomyndigheten, 2023). Denna typ av beredskap är sekundär vilket innebär att åtgärderna bara hjälper när värmeböljan redan har slagit till, beredskapen minskar alltså inte problemen över tid i framtiden. En effektiv sekundär lösning i redan bebyggda stadsdelar är att öka reflektionen, alltså mängden ljus som reflekteras bort från en yta och på så sätt sänker temperaturen i staden (Thorsson, 2012). Praktiskt handlar det om att höja albedovärdet, alltså ljusa upp mörka ytor som tak, väggar och trottoarer som har ett lågt albedovärde. Ljusa tak hjälper även till avsevärt med att sänka innertemperaturen inuti bostadshus och därmed behövs de inte kylas lika mycket. På så sätt minskas även kylkostnaderna och värmeutsläppen från kylanläggningar. (Urban Heat Island, 2021).

4.1.2 Långsiktigt planerande

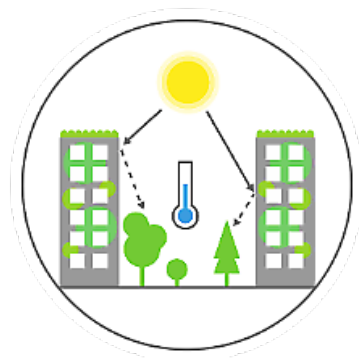
För att skapa hälsosamma städer på längre sikt behövs mer genomtänkt fysisk planeringen i stadsmiljön (MSB, 2020). Som tidigare nämnt är stadens infrastruktur och byggnadsgeometri helt betydande för hur värmeöarna uppstår (SMHI, 2020). Det som styr värmeöeffekten är till exempel höjd, placering och avstånd mellan byggnader (Thorsson, 2012). Hur staden byggs reglerar mängden solljus som släpps in, strålningen som avges och reflektionsstrålningen. Städer kan därför genom fysisk planering på sikt hantera värmeböljor bättre. Det är viktigt att ha potentiella värmeöar i betänkande så tidigt som möjligt i ett planeringsstadium. Därför måste en långsiktig plan inrättas kring hur en stad skall arbeta för att bekämpa problematiken med värmeöar. För att motverka värmeöeffekten behövs det inrättas mer urban grön infrastruktur och fler naturbaserade lösningar (ibid).

4.2 Vegetation som värmereglering

Vegetation har många olika ekosystemtjänster, några av dem kan bidra med att reglera den omgivande temperaturen och på så sätt motverka förhöjda temperaturer i staden (MSB, 2020). Mängden vegetation inom staden, den totala ytan i grupp och var den är placerad spelar stor roll för att kunna sänka temperaturen effektivt. Vegetationens specifika egenskaper så som art, storlek, form, täthet och ålder påverkar också hur mycket temperaturen kan sänkas (Ali-Toudert och Mayer, 2005). Den mest effektiva ekosystemtjänsten för att sänka temperaturen är skuggan som kan sänka lufttemperaturen någon enstaka grad (Boverket, 2019b). Skuggan är dock betydligt mer effektiv på den upplevda temperaturen som kan kännas 5-7 grader kallare i skuggan (Armson et al, 2012).

Den näst bästa ekosystemtjänsten är transpiration som sker i växters klyvöppningar som en del av fotosyntesen där vattnet skiftar form från vätska till gasform (Olsson, 2011). När vattnet transpireras ger det en kylande effekt på lufttemperaturen (U.S. Environmental Protection Agency, 2008). Beroende på hur snabbt transpirationen sker från en växt är den olika effektiv, ju snabbare transpirationshastighet desto bättre kylningseffekt (Armson et al. 2012). Minst omtalade ekosystemtjänsten är förmågan att inte reflektera värmestrålning i samma utsträckning som hårda material (MSB, 2020). Om värmestrålningen inte reflekteras vidare lika mycket innebär det en lägre strålningstemperatur (ibid). Enligt en studie publicerad i International Journal of Low-Carbon Technologies kan växtväggar i stadsmiljö sänka strålningstemperaturen med 4 grader en varm sommardag (Djedjig et al, 2015). Anledning till att det blir så mycket kallare är för att värmen inte reflekteras vidare mellan husväggarna och lagras i materialen (ibid)

Även gröna tak är ett effektivt sätt att bearbeta värmen i städer och byggnader. Ett grönt tak består av växtlighet istället för traditionella takmaterial som papp, plåt och takpannor. Växtligheten på gröna tak består som vanligast av olika sorter sedum, örter och gräs (vegtech, u.å). I tätt bebyggda områden kan de gröna taken ha en stor påverkan för att sänka temperaturen. Inte bara sänker det lufttemperaturen inom området och staden utan även i byggnaden eftersom värmestrålningen inte är densamma som traditionella tak (Musco, 2016). Bilden till höger illustrerar hur vegetation sänker temperaturen genom transpiration och skugga.



Bildkälla: (SMHI, 2020)

5. Förklaring av Indikatorers funktioner

I detta avsnitt kommer all fakta tillhandahållas från samma källa närmre bestämt Convention on Biological Diversity (CBD) som är en konvention av FN som har tagit fram CBI-systemet. (CBD, 2021)

5.1 Indikator 1, Andel naturliga områden i staden

Indikatorn mäter andelen naturliga områden av stadens totala landyta. Ett naturligt område definieras av ett naturligt ekosystem som sköter sig själv. Till naturliga områden hör inte starkt störda eller konstgjorda landskap som präglas av stark mänsklig påverkan. Några konkreta exempel på naturliga områden är skogar, naturliga gräsmarker, sötvattenträsk, bäckar och sjöar. Parker, vägkanter och urbana planteringar betraktas dock inte som naturliga.

Vilken data behövs:

För att få ett resultat i denna indikator behöver andelen areal av naturliga områden räknas ut. Indikator tar dock också hänsyn till restaurerade och neutraliserade områden, eftersom man vill uppmuntra städer till att återställa negativt påverkade ekosystem.

Hur man gör:

Arealen av de naturliga områdena adderas och divideras sedan med den totala arean av staden. Slutligen multipliceras svaret med 100%.

$(\text{Total area naturliga område}) \div (\text{Totalt landområde av staden}) \times 100 \%$

Poängsystem:

Om andelen naturliga områden är mer än 20% av den totala arealen stadsyta poängsätts det till högsta poäng som är 4.

5.2 Indikator 2, Förbindelseåtgärder för att motverka fragmentering

Indikatorn ger ett värde på anslutningsmöjligheterna mellan fragmenterade ytor, med andra ord ett sätt för att mäta mängden splittrade ytor och skalans på hinder så

som vägar och banbrytande miljöer annat än naturliga. Denna indikatorns poäng förbättras när fler de uppdelade ytorna är anslutna till varandra.

Vilken data behövs:

För att få fram ett resultat i denna indikator behövs storlek på stadens naturliga områden och avståndet mellan områdena/ ytorna.

Hur man gör:

Resultatet räknas fram med hjälp av en 2-stegsmetod. Först beräknas så kallad effektiv nätstorlek, effektive mesh size (EMS). Enhet för EMS uttrycks i Ha och beskriver totalarean av alla sammanlagda naturliga ytor i staden.

$$\text{Effective mesh size} = \frac{1}{A_{\text{total}}} (A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + \dots + A_n^2)$$

A_{total} är totala arean av undersökt område. A är storleken på varje naturligt område, områdena skall vara mer än eller lika med 100 m från varandra. n är antal naturliga områden.

I den andra uträkningen beräknas sannolikheten för att två eller flera områden valda slumpmässigt i staden kopplas samman.

.Det räknas på följande vis = $\frac{EMS}{A_{\text{total}}}$

Poängsystem:

När det sista steget är beräknat skall sannolikheten landa på ett värde mellan 0-1 (0-100%). 0 poäng är mindre eller lika med 20%, 4 poäng är mer eller lika med 79%

5.3 Indikator 10, Reglering av mängden vatten

Indikatorn tar reda på andelen genomsläppliga ytor i staden förhållandevis sätt till stadens totala area. Till genomsläppliga ytor räknas parker, vägkanter och de redan identifierade naturliga områdena från indikator 1 som skrivits om tidigare.

Vilken data behövs:

För att få fram ett resultat i denna indikator kan man göra på två sätt; 10A behövs arean av all genomsläpplig yta i staden räknas fram. Om det går att räkna bort konstgjorda permeabla ytor så som vattenmagasin och regnbäddar skall det göras. Marina områden inom staden skall inte heller räknas in. Den andra metoden 10B går ut på att räkna fram motsatsen till genomsläppliga ytor det vill säga ogenomträngbara ytor. Närmare bestämt skall andelen av ogenomträngliga områden beräknas. Ogenomträngliga definieras av att de inte dräneras till

genomträngliga områden eller dagvattenvegeterade system såsom som biofilter och regnbäddar.

Hur man gör:

Metod 1; (10A) Alla de framräknande genomsläppliga områdena i staden divideras sedan med stadens totala landområde för att få fram en procentdel som berättar hur mycket av stadens landområde som är genomsläpplig yta.

$$(\text{Totalt permeabelt område}) \div (\text{Totalt landområde av staden}) \times 100 \%$$

Metod 2; (10B) Framräknande ogenomträngliga områden i staden divideras med stadens totala landområde

$$(\text{Totalt effektivt genomträngligt område}) \div (\text{Total area av staden}) \times 100\%$$

Poängsystem:

Beroende på vilken metod som används poängsätts värdet såklart annorlunda. För metod 10A delas poäng ut för procentandel genomsläpplig yta inom staden, för att nå upp till 1 poäng krävs till exempel 30-30%. För 10B delas poängen istället för procentandel effektiva ogenomtränglig yta i staden. Som exempel ger andelen 24,9-10% 1 poäng. Eftersom ogenomtränglig yta är motsatsen till genomsläpplig blir poängsättningen för 10B istället lägre ju högre procentandel till skillnad från 10A.

5.4 Indikator 11, Klimatreglering: fördelar med träd och grönytor

Indikatorn mäter andelen trädtäckning inom staden, träd som inkluderas är de som är naturligt förekommande och planterade i en stad. Andelen ger ett uppskattat värde på stadens klimatregleringar genom kolbindning, skuggning, transpiration och minskad andel reflekterande ytor som sänker ytttemperaturen i stadslandskapet.

Vilken data behövs:

Beräkning av den totala trädtäckningsytan inom en stad som baseras på trädkronornas täckning ovanifrån.

Hur man gör:

För att få fram andelen trädtäckning divideras summan trädtäckning med den totala ytan av hela staden.

$$(\text{Trädkronor täckning}) \div (\text{Totalt landområde av staden}) \times 100\%$$

Poängsystem:

Poängsättningen av indikator utgörs av en procentandel, till exempel ger andelen 25-39,9% 2 poäng.

6. Resultat

6.1 Slutresultat för Barcelona enligt CBI-indikatorerna

6.1.1 Indikator 1

Enligt Global forest watch hade Barcelona år 2010 1300 hektar naturskog/ naturliga områden, men i en senare observation från 2021 hade staden förlorat 427 hektar av de tidigare 1300 hektar naturskog (Global forest watch, 2021). Det vill säga att den totala ytan naturskog vid observation 2021 uppmättes till 873 hektar, vilket är lika med 24,2 % av Barcelonas totala gröna täckning, 3 611 hektar. 873 hektar är 8,7% av stadens totala area 10 020 hektar (Ajuntament de Barcelona, 2020). Andelen 8,7% naturliga områden skulle i CBI resultera i 2 poäng för Barcelona eftersom procentvärdet för arean av naturliga områden ligger inom spannet 7-13,9% (CBD, 2021).

6.1.2 Indikator 2

Slutresultatet som togs fram 2015 gjordes utifrån den första versionen av CBI och summan av den effektiva nätstorleken var 292,5 hektar, som resulterade i 1 poäng (Concordia University, 2016) . I den första versionen för indikator 2 av CBI 2014 fanns inte tvåstegs metoden för att räkna fram resultatet, då räknades bara den effektivaste nätstorleken (CBI, 2014). Men i den nya versionen av CBI 2021 beräknas korrelationen mellan effektiva nätstorleken och totala arealen naturligt område. Med det nya sättet att räkna blir istället uträkningen 292,5 ha effektiv nätstorlek dividerat på den totala arealen naturliga områden det vill säga 873 ha. $292,5 \div 873 = 0,33$ med andra ord 33% koherens, vilket också bara resulterar i 1 poäng inom spannet av 20%-39,9% (CBD, 2021). Indikatorpoängen är alltså oförändrad om man jämför resultatet från 2014 med senaste resultat från 2021.

6.1.3 Indikator 10

Stadens gröna infrastruktur, som omfattar offentliga och privata grönområden och träd, täcker 3 611 hektar av staden. 3 611 hektar är lika med 35,3 % av stadens totala yta som är 10 020 hektar enligt Barcelona stad. 35,3% kan verka som ett relativt högt tal för grön täckning i staden men faktum är att Barcelona endast uppnår 1 poäng, eftersom procentandelen ligger mellan 30-39,9%. Men i verkligheten är Barcelonas 3 611 hektar gröna infrastruktur uppdelat i olika kategorier. 1 076 hektar är bara urban grönska medan 1 795 hektar avser det kommunala distrikt inom Collserola naturpark och 740 är privat grönska. Av de 3 611 hektaren kan 1795 hektar räknas bort eftersom det egentligen inte är innanför staden gränser utan bara tillhör staden (Ajuntament de Barcelona, 2020). Detta skulle innebära att den totala ytan grön infrastruktur som faktiskt kan ta emot vatten inom staden bara är 1 816 hektar vilket innebär 18,1% som skulle resultera i 0 poäng <30% (CBD, 2021).

6.1.4 Indikator 11

I ett projekt från 2016 benämnt Earth Observation in support of the City Biodiversity Index presenterades ett resultat för denna indikator som var 20,73% och gav därmed 2 poäng utifrån den gamla versionen av CBI från 2014. Resultatet på 20,73% innefattar även träd från nationalparken Serra de Collserola (Kleeschulte, 2016). Nya siffror på andel trädtäckning uppgår till 15% inom staden och inräknat med Serra de Collserola hela 25% (Ajuntament de Barcelona, 2017). Enligt den senaste versionen av CBI ser poängsättningen lite annorlunda ut. För samma procentandel trädtäckning ges i den nya versionen lägre poäng. För att få 2 poäng i den nya versionen krävs det mellan 25-39,9% medan det i den äldre versionen endast krävs 19,2-29%. Alltså har en ganska stor förändring skett i denna indikator vid en jämförelse mellan den första versionen som utgavs 2014 till andra och senaste från 2021 (CBD, 2021).

6.2 Styrdokument i Barcelona stad

I detta avsnitt undersöks olika styrdokument som reglerar grönstrukturen Barcelona. Avsnittet innefattar endast en källa (Ajuntament de Barcelona, 2020).

6.2.1 Nuvarande naturplan

Barcelonas nuvarande naturplan Barcelona Nature Plan 2030 är en plan som innehåller mål för att kunna uppnå visionen för år 2050 om en stad med en funktionell, miljövänlig infrastruktur med välfördelade och tillgängliga grönområden kopplade till stadskärnan. Syftet är att maximera sociala och miljömässiga tjänster, framför allt dem som har att göra med hälsa och med anpassningar till klimatförändringar. Barcelonas urbana nätverk skall bevaras och förbättras som en del av jordens naturarv. Träden benämns som speciellt viktiga för naturarvet och för närvarande är Barcelona ansvariga för cirka 310 800 enskilda träd. Generationer, både nuvarande och framtida, skall kunna njuta av kontakten med naturen och engagera sig i skapandet av grönområden och bevarande och förbättring av den biologiska mångfalden. Barcelonas naturplan omfattar totalt 20 åtgärder och 100 projekt.

6.2.2 Åtgärder i enlighet med naturplanen

Detta avsnitt redogörs åtgärder i enlighet med Barcelonas naturplan "Barcelona Nature Plan 2030". Avsnittet innefattar endast en källa (Ajuntament de Barcelona, 2020).

För att uppnå de ovan nämnda målen i Barcelonas naturplan listas tjugo åtgärder varav många berör träd. Naturplanens övergripande mål är bland annat att öka stadens gröna infrastruktur och maximera dess ekosystemtjänster. Forskning om effekter av klimatförändringar skall främjas för att förstå vilka tjänster som gör staden motståndskraftig mot klimatförändringarna. Bättre skydd för specifika arter och förbättrade livsmiljöer som en del av bevarandet i biologisk mångfald. Biologisk mångfald och natur skall integreras i stadens infrastruktur. I dokumentet anges att spetskompetens skall säkerställas inom urban design och vid design av byggnader och lokaler.

Det nämns också att det skall ges förbättrad kunskap om växtlighetens effekter på människors hälsa genom att utveckla och stärka ekologisk förvaltning, som i sin tur stödjer bevarandet av den biologiska mångfalden på jorden och gynnar folkhälsan. Invånarnas och samhällets värdesättning på grönytor skall höjas genom kunskap och uppskattning av stadsnaturen. På så sätt främjas medborgarnas engagemang i stadsnaturens bevarande och förbättring. Förbättra alla medborgares tillgång till stadsnaturen, skapa ett fridfullt och välkomnande offentligt utrymme, och främja

en kultur av delat offentligt rum. Främja och prioritera gatulivet för gemenskapsplatser för att leva, träffas och leka.

Barcelona skal succesivt utveckla ett nätverk av gröna korridorer för att utgöra en verklig och funktionell ekologisk infrastruktur som möjliggör sammanlänkning av grönområden och omgivande naturlig livsmiljö till stadsmiljöer. Bland annat också etablera fler "superblocks" i stadsdelar där människor bor och arbetar, superbloksen är idag ett redan välkänt koncept i Barcelona. Expandera urbangrönska på gator, parker och torg, stads kvarter på innergårdar, grönsaksträdgårdar, uteplatser, barterrasser, gröna tak, balkonger, väggar, industriområden, tillfälligt obebodda tomter och andra livskraftiga utrymmen.

Ovannämnda åtgärder har resulterat i följande beslut om att:

Att öka Barcelonas grönyta med 160 hektar fram till 2030, för att uppfylla klimatåtagandet från 2015 om 1m² mer grönyta per invånare. Öka naturaliserade områden med 100 hektar samt skapa 10 skyddsområden för biologisk mångfald. Visionen är också att fördubbla antalet deltagare i naturaktiviteter. Under programmet get green har Barcelona synliggjort 40 projekt som skall genomföras.

6.3 Beredskap i Barcelona

6.3.1 Beredskap inför värmeböljor

Under de senaste 65 åren har den genomsnittliga årstemperaturen ökat med 1,2 grader i Katalonien som är den region som staden Barcelona ligger i. Uppskattade värden baserade på nuvarande hastighet för utsläppsmängden säger att medeltemperaturen i regionen kan stiga över 3 grader i slutet på detta århundradet (Ajuntament de Barcelona, 2022). I Barcelonas klimatplan bekräftas också att överdriven värme leder till ökning av dödlighet och sjuklighet, särskilt i de mest utsatta grupperna.

Därför har Barcelona bestämt sig för, sedan en tid tillbaka, att göra staden mer motståndskraftig inför stigande globala temperaturer. Det innebär att Barcelonas kommunfullmäktige utvecklat och utvecklar åtgärder för att hantera höga temperaturer under värmeböljor. Barcelona har främst arbetat med hanteringsplaner för de mest utsatta grupperna, såsom äldre, spädbarn, personer med kroniska tillstånd eller personer med funktionell mångfald som har begränsad rörlighet och svårt att ta hand om sig själva (Ajuntament de Barcelona, 2022).

Som beredskap har därför Barcelona infört en hanteringsplan som aktiveras när en värmebölja slår till. Hanteringsplanen står i standby-läge mellan 1 juni till 15 september och har olika nivåer av beredskap. Enligt Barcelonas kommunfullmäktiges 2018-2030 klimatplan aktiveras högsta beredskap och om temperaturen förväntas att hålla sig över 33,6 grader i tre dagars följd. Beredskapsplanen innefattar massutskick av viktig information till allmänheten. Äldreomsorgen stärks, hemtjänsten och televården vidtar specifika åtgärder för att ta hand om känsliga människor i en värmebölja (Ajuntament de Barcelona, 2022).

Till exempel kan hemtjänsten och televården leverera måltider till människor, luftkonditioneringssystem distribueras och utsatta människor flyttas till luftkonditionerade lokaler. Det ges energirådgivning för att hjälpa till med värmerelaterade frågor så att invånarna kan hålla behagliga temperaturer i hemmet. Staden erbjuder värmeklimatskydd som säkerställer behagliga inomhustemperaturer för de personer som kan vara i riskzonen på grund av värmen. Närmre bestämt rör det sig om fyrtio anläggningar som skall fungera som en klimatfristad. Därtill skall även så kallade komfortområden upprättas som innefattas av parker och trädgårdar som naturligt erbjuder skugga som kyla (Ajuntament de Barcelona, 2022).

Även enklare råd åt allmänheten ges som att hålla god isolering i huset, se till så att fönster och dörrar är täta mot luftläckor. Det rekommenderas även att rulla ner rullgardiner och persienner och att dem gärna skall vara mörkläggande. Användandet av markiser uppmanas stort eftersom det är den första barriären mot solens strålar och därför är mycket effektiva. Köpa vitvaror med låg energiförbrukning och lågenergilampor är rekommenderat eftersom de ger inte lika mycket uppvärmning av miljön i hemmet (Ajuntament de Barcelona, 2020).

Barcelona stad har även fått finansiering av UIA (Urban Innovation Action) som är ett program från Europeiska kommissionen för att anpassa skolor till klimatförändringar genom grönt, blått och grått. Projektet för Barcelona innebär att elva skolor skall anpassas genom blåa åtgärder som inkluderar vattenpunkter, gröna åtgärder med utrymmen för skugga och växtlighet och gråa åtgärder för att förbättra isoleringen på byggnaderna (UIA, 2022).

6.3.2 Beredskap genom fysisk planering

Mer långsiktiga planer utifrån fysisk planering av Barcelona stad handlar om till exempel gröna tak. Den första upphandlingen för gröna tak gjordes 2017 för att främja skapandet av gröna tak på bostadshus, utbildnings och hälsovårdsinrättningar samt andra byggnader (Ajuntament de Barcelona, 2020). En annan sak som är otroligt stor och speciell för just Barcelona de tidigare nämnda superblocs. Superblocksprogrammet ger Barcelona fördelar som inkluderar hållbar mobilitet, utrymmen för fridfulla torg, social integration, urban grönska och biologisk mångfald, optimerad användning av smarta resurser och förvaltning (Ajuntament de Barcelona, 2020).



Bild tagen ovanan ifrån på Barcelonas superblocs. Bildkälla: (Wehrli, 2018)

Förökningen av mängden skugga i stadens offentliga utrymmen är också ett pågående projekt. Ett exempel är pergolorna i staden med solpaneler ovanpå, som ger skugga och plats för människor att vila eller koppla av i. Det finns idag sexton områden där pergolor med solpaneler ger skugga och fler planeras. En av Barcelonas andra lösningar är att höja tillgängligheten av dricksvattenfontäner, siffran för existerande dricksfontäner idag är 1 714 stycken och dessa kan upptäckas från en mobilapp (Ajuntament de Barcelona, 2020).

7. Slutsats

I detta avsnitt kommer framtidslösningar mot värmeböljor att presenteras för svenska städer. Redovisade lösningar kommer att baseras på Barcelonas planering och lärda kunskaper under arbetets gång.

7.1 Åtgärder nuläge Sverige

Idag ligger fokuset i svenska städer inte så högt på beredskap för värmeböljor. Handlingsplaner för sekundära åtgärder finns som till exempel varningstjänsten för värmeböljor framtagen år 2014 av SMHI (SMHI, 2020). För att lätt nå information och råd från statliga myndigheter och län finns hemsidan klimatanpassning.se. Syftet med hemsidan är att hjälpa olika samhällsaktörer som kommuner att planera för framtidens hotande klimat (Klimatanpassning, 2023).

Planer direkt kopplade till värmeböljor är det dock lite fokus på, fokuset har istället varit riktat mot att lösa andra klimatproblem som skyfallshantering. Ett starkt bevis för prioriteringen är tidigare nämnd rapport "Klimatanpassning i planering och byggande" utgiven 2011 av Boverket. Problemet med omhändertagandet av dagvatten har hitintills varit relevant och akut (MSB, 2020). Men i en tidigare rapport från 2010 "Låt staden grönska - klimatanpassning genom grönstruktur" publicerad av Boverket behandlas ämnet om värmeöar betydligt mer. Rapporten förklarar ingående hur urbana värmeöar fungerar och varför träden är viktiga som temperaturreglerare i det urbana klimatet. Rapporten klargör hur statliga aktörer försöker motverka problemet med värmeböljor genom att ge planeringsförslag på regional, kommunal, stadsdels och kvartersnivå. Planeringsförslagen ges i form av översiktsplaner, detaljplaner och områdesbestämmelser (Boverket, 2010a).

Det kan handla om att planlägga för bättre närhet till grönområden och plantera in fler gatuträd som bidrar med skugga och transpiration. Konkreta exempel på klimatåtgärder från Barcelona är införandet av pergolor med solpaneler ovanpå. Pergolorna är en bra åtgärd även för Sverige eftersom det relativt enkelt kan byggas in i staden och bidrar med både elenergi och effektiv skugga att sitta under samtidigt som andelen vegetation blir högre i staden. Barcelonas målsättningen om 1m² mer grönyta per invånare fram till 2030 är även en bra klimatåtgärd. Målet är generellt men ändå individuellt eftersom det styrs av stadens storlek på antal invånare vilket gör det enkelt att applicera.

Men i takt med att städerna och hela världen blir mer bebyggt kommer det i framtiden vara svårt att planera för fler och större grönytor. Det kommer helt enkelt inte finnas plats för vegetation och grönska i framtidens förtätade städer. Lösningen är då att integrera naturen och vegetationen i framtidens byggnader. Därmed kommer det krävas regler mot fastighetsägare och beställare som bygger i tätt bebyggda områden där värmeöeffekten är som värst. Ägarna och beställarna kommer i sin tur behöva kräva byggföretag med spetskompetens inom integration av grönska i byggnader.

7.2 Åtgärder för framtida Sverige

Tidigare nämnt finns den statliga hemsidan klimatanpassning.se där rapporter som "Klimatanpassning i planering och byggande" och "Låt staden grönska - klimatanpassning genom grönstruktur" finns utgivna och som konstaterat inte tar upp tillräckligt konkreta åtgärder och där fokuset dessutom varit stort på skyfall.

I en annan rapport "Klimatanpassning i fysisk planering" även den publicerad på klimatanpassning.se som är utgiven av Sveriges länsstyrelse (2012) finns tydligare vägledning och strategier med konkreta förslag till kommuner och länsstyrelser. Denna rapport är skapad på länsnivå och har mycket tydligare huvudfokus för att redogöra åtgärder relaterade till ökade temperaturer. Likt tidigare presenterade rapporter är även denna främst riktad mot kommuner där förslag på olika åtgärder kan vidtas i plandokument. En av de mest påtalade åtgärderna är kartläggning av temperaturkänsliga områden bestående av hög och tät bebyggelse som bör skrivas in när översiktsplaner upprättas.

Vid upprättandet av översiktsplaner menar länsstyrelserna att det är minst lika viktigt att kartlägga närheten till grönområden och vatten för att ta hänsyn till vad för verksamheter som skall bedrivas var. Denna typ av kartläggning är ett verktyg för att till exempel inte placera ett äldreboende i ett område med hög risk för höga temperatur eftersom äldre människor tål värme sämre. Därför bör planerare och strateger inom kommuner aktivt skydda och utveckla grönområden samt vattendrag eftersom de förmildrar värmen i områden med tät bebyggelse. Även områdesbestämmelser, det vill säga bestämmelser för ett område utan detaljplan, föreslås att klimatanpassas så att till exempel storleken på grönytor kan regleras och anpassas för största möjliga kylningseffekt. För att maximera kylningseffekten kan flera faktorer regleras som till exempel vilken typ av vegetation som skall föreskrivas, med vilken krontäthet samt planteringsavstånd (Länsstyrelserna, 2012).

Vidare går det att läsa i Länsstyrelsernas rapport om att den ökade temperaturen kommer att få allt fler människor till att vilja vistas utomhus, därför kan det vara en god idé om kommuner och städer planerar och prioriterar skuggade platser för allmänheten. Ett framtida förnyat beteende bland befolkning i Sverige innefattas av mer vistelse utomhus som kommer att ställa betydligt högre krav att ytor för utomhusumgänge blir både fler samt större med bättre svalkande egenskaper.

Det är alltså nu som undersökningen av Barcelonas åtgärder blir intressanta eftersom de ligger betydligt längre fram i tiden med att uppfylla förutsättningarna för en trivsamt utomhusmiljö. Åtgärder för att öka mängden skugga med till exempel pergolor som i Barcelona, höja tillgängligheten av dricksvattenfontäner men även mer välkända åtgärder som gröna tak, gröna fasader, öppen dagvattenhantering och trädgårdar/ planteringar på bjälklag (Ajuntament de Barcelona, 2020). Åtgärder som just gröna tak påverkar även inomhusklimatet, därför föreslår länsstyrelserna att byggnaders yttre utformning skall regleras med hjälp av planbestämmelser. De föreslår även att framtida byggnaders material skall föreläggas av materialtyper som avvisar värme bättre. (Länsstyrelserna, 2012).

Framtida strategisk planering i Svenska städer bör därför ske med större ställningstagande till byggnaders utformning, materialval och integration av grönska. Åtgärder som just gröna tak påverkar även inomhusklimatet, därför föreslår länsstyrelserna att byggnaders yttre utformning skall regleras med hjälp av planbestämmelser. De föreslår även att framtida byggnaders material skall föreläggas av materialtyper som avvisar värme bättre. (Länsstyrelserna, 2012).

7.3 Konkreta tips till svenska städer

- Inventera och dokumentera stadens alla olika ytor, rangordna och klassificera ytorna utefter risk för högre temperatur. På så sätt kan man identifiera högprioriterade ytor och områden snabbt och agera med åtgärder, använd City Biodiversity Index.
- Vid inplanering av ny vegetation är det viktigt att placeringen sker med största omtanke på var det kan göra som mest skillnad för temperaturen. Prioritera och förbättra därför ytor med lågt albedovärde, till exempel mörka markbeläggningar, husfasader och tak.
- Vid strategisk planering skall införande av urbana gröna system behandlas med förtur eftersom beräkning av faktorer som växtzon och vindförhållande i ett tidigt skede ökar chanserna för effektiva och hållbara system.
- Placering av nya träd skall ske strategisk utefter stadens infrastruktur och byggnadsgeometri där dessa har som störst möjlighet att bidra med skugga och påverka vindförhållande. På så vis kan träden bidra med lägre lufttemperatur och bättre luftcirkulation.
- Välj rätt växt för rätt plats, det vill säga utefter klimat, fukt, vind, topografi, sol och skugga som ger växterna bättre förutsättningar för etablering och framtida trivsel. En god livskvalité för växten innebär att system som evapotraspirationen fungerar bra vilket i sin tur har en bättre kylande effekt som kan sänka lufttemperaturen.

8. Diskussion

Även om arbetet med att stoppa den globala uppvärmningen fortsätter är det en stor utmaning att klara. Högst sannolikt kommer medeltemperaturen fortsätta stiga och passera 1,5 graders höjning till år 2030 (Naturvårdsverket, 2023). Oavsett om världen lyckas verkställa målet om att halvera utsläppen till 2030 bör städer åtminstone förbereda sig på vad som kommer. Med den förhöjda medeltemperaturen kommer värmeböljor att inträffa oftare och slå till under längre tid (IPCC, 2023). Konsekvenser av fler värmeböljor är värmestress och ökad människodödlighet och därför måste åtgärder i städer vidtas nu. Att bereda sig för framtidens värmeböljor är i alla fall det minsta ansvaret som städer kan ta. Även om inte grundproblemet till den globala uppvärmningen löses kan städer fortsätta ha en god levandasmiljö för dess invånare genom att sänka temperaturen under värmeböljor (MSB, 2020).

Behovet av klimatåtgärder i städer varierar dock eftersom varje stad är unik och har kommit olika långt i arbetet med klimatåtgärder. För att uppnå ett gott resultat i arbetet med att göra staden motståndskraftig mot kommande värmeböljor behöver behovet av åtgärder noggrant identifieras. Genom att använda CBI-modellen kan det specifika behovet av klimatåtgärder lätt identifieras (CBD, 2021). Beroende på skalan av ytan samt vilka områden som inkluderas när staden bedöms utifrån CBI-modellen kan resultaten variera stort. Till exempel har Barcelona valt att inkludera delar av en tillhörande nationalpark när staden bedömde andelen trädtäckning (Concordia University, 2016). Inkluderandet av nationalparken resulterade i högre andel trädtäckning för staden. En hög andel trädtäckning ser givetvis fint ut på pappret för Barcelona men är mycket missvisande för stadens exakta status i grönvärden. Därför är det viktigt att CBI-modellen används rätt genom att endast inkludera relevanta områden. Relevanta områden är områden där påverkan av klimatförändringarna är som störst. Med andra ord gäller det områden som omfattas av tät bebyggelse där värmeöeffekten är som störst (Folkhälsomyndigheten, 2019).

Eftersom värmeöeffekten inte verkar över hela staden utan i små öar med störst verkan inom en radie på 2 kilometer bör därför behovet av åtgärder fastställas inom det specifika området (MSB, 2020). CBI-modellen skulle därmed kunna användas på enskilda mindre områden för att få ett individuellt resultat per område och på så sätt kan åtgärderna maximeras för att minska värmeöeffekten. När CBI-modellen används på rätt sätt efter det aktuella syftet fås ett mycket exakt resultat som möjliggör rätt agerande om klimatåtgärder för framtiden. För att städer ska fortsätta

utvecklas i arbetet med klimatåtgärder är det därför också viktigt att målen hela tiden blir högre (CBD, 2021). Genom att höja procentandelen per poäng i CBI utmanas städer på att nå de nya målen och högre poäng. T.ex. ger samma andel av trädtäckningen i nya upplagan av CBI från 2021 ett poäng mindre än den gamla från 2014 (CBD, 2014) (CBD, 2021).

Ur Barcelonas styrdokument går det att läsa om olika agerande för att bli och vara en motståndskraftig stad mot värmeböljor. En stor del av agerandet är beredskap i form av sekundära lösningar som till exempel värmeskyddade byggnader och utskick av viktig information (Ajuntament de Barcelona, 2022). Sådan typ av beredskap finns redan i Sverige och är inte heller direkt verkande mot värmeböljor i framtiden (Folkhälsomyndigheten, 2023). Därför prioriteras åtgärder för framtiden som begränsar den urbana värmeeffekten på sikt. Det är dock inte alla åtgärder som kommer att fungera perfekt i svenska städer. En av åtgärderna som listas är utökandet av superbloxen, en åtgärd som hade varit relativt svår att införa i svenska städer eftersom superbloxen är specifikt utformade för stadsbyggnadsstrukturen i Barcelona (Ajuntament de Barcelona, 2020). Relevanta åtgärder att inspireras av för svenska städer är de åtgärder som pekas ut som generella i Barcelonas styrdokument. De generella åtgärderna styrs i sin tur av behovet och stadens storlek vilket gör åtgärderna lätta att applicera på individuella städer (ibid).

8.1 Framtida diskussion

Hur Barcelona valt att använda CBI har redan diskuterats, idag finns ingen bättre analyseringsmodell än CBI och därför kan data som framkommer manipuleras så att den ser bra ut. För att mäta en så korrekt som möjlig data i nuläggssituationer gällande grönmassa borde därför CBI utvecklas med fler krav i faktorerna så att data blir samma för alla städer och på så sätt mycket mer representativ. Eftersom det idag inte finns några större fastställda krav av grön infrastruktur i bebyggelse ställs det ett oerhört stort ansvar för byggnadsaktörerna själva att ha det i eget intresse (Uppsala Kommun 2014:25). Även om bebyggelse regleras av bestämmelser i miljöbalken finns det alltså inget som driver arbetet med att utveckla gröna lösningar i bebyggelse (Boverket, 2010b).

Om det i framtiden införs byggnadsföreskrifter för bebyggelse i tätt bebyggda område utsatta för högre temperaturer skulle det hjälpt mycket i arbetet om en grönare infrastruktur. För bästa möjliga stadsklimat borde krav fastställas i lagboken om reglering av gröna tak, grönytor och annan vegetation för fastigheter. I Tyskland har 10% av alla tak idag någon typ av grönstruktur tack vare lagstadgade byggnadsföreskrifter (Vijayaraghavan, 2016).

Sverige har som miljömål att inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären efter år 2045 (Sveriges miljömål, 2023). Med ett sådant mål borde därför större krav på förnybar energi och materialval ställas, genom plandokument så att även bostäder i framtiden är klimatneutrala. Materialvalet och uppvärmningen/ nedkylning kan som tidigare berättat ha stor positiv påverkan på temperaturen i staden (MSB, 2020; Akbari et al, 1992).

När strategisk planering sker i dagsläget görs det utifrån beräkningar för det framtida klimatet. Problemet är att giltighetstiden för framtagna översiktsplaner oftast inte är längre än 2-3 decennier (Boverket, 2023b). Det betyder alltså att innan det hunnit uppkomma någon bebyggelse för det planerade området kan den beräknade klimatdatan i den dåvarande översiktsplanen vara utdaterad. Även om bebyggelse skulle finnas på en tomt samtidigt som en ny översiktsplan träder laga kraft kommer bebyggelsen stå betydligt längre än så. Därför behövs en mer långsiktig strategi i strategisk planering så att eftermodifikationer kan uteslutas. Med tidig strategisk planeringen kan en stad klara framtidens klimatförändringar och är i enlighet med EU en mycket bättre och billigare lösning än eftermodifikationer som kostar mer den dagen läget blir kritiskt (Musco 2016).

En metod för att tackla högre temperaturer som inte diskuterats i detta arbetet är genomträngliga vägbanor. Asfalt som tidigare diskuterats har ett mycket lågt albedovärde och alstrar därför mycket värme. Men det finns genomtränglig asfalt som låter regnvatten tränga ner i materialet och när det senare avdunstar ger det en kylande effekt. Normalt sätt har denna typ av asfalt bara använts som ljuddämpande åtgärd (Musco, 2016). Dess kylande effekt har upptäckts som en bieffekt och studerats av forskare vid universitetet i Shanghai. Av forskningsstudien framkom det att den genomträngliga asfalten var 9,4 °C kallare än traditionell asfalt, den kylande effekten höll dessutom i så länge som 7 dagar utan nytt regn (Liu et al, 2018).

8.2 Metoddiskussion

Reliabilitet talas det framförallt om inom de kvantitativa metoderna och undersökningarna. En god reliabilitet innebär därmed att sannolikheten för att resultatet i en kvantitativ undersökning blir det samma som om det skulle utförts av någon annan person eller mer än en gång (Hay, 2021). Reliabilitet i min uppsats uppskattas som hög eftersom forskningsdata som använts i den huvudsakliga metoden City Biodiversity Index bygger på bidrag av jordobservationsdata från Group on Earth Observation (GEO, 2023).

Jordobservationsdata har i sin tur granskats av FN och därmed kan kvalitén på informationen säkerhetsställas. Dessutom kombineras data från GEO med lokal data från städerna för att ytterligare nå så korrekt data som möjligt. Validitet beskriver hur bra den valda metoden besvarar det man säger sig mäta, alltså om undersökningarna och resultatet är relevanta utifrån frågeställningen (Hay, 2021). Validiteten uppskattas som medel eftersom ämnet för uppsatsen är ett växande ämne som det inte finns så mycket information om. Ämnet är också relativt nischat vilket har varit till fördel i informationssökandet från rapporter och styrdokument som lett till besvarandet av frågeställningen.

Trovärdigheten i uppsatsens källmaterial klassas som relativt hög eftersom källmaterialet som använts i dokumentstudierna valdes selektivt och kritiskt i avseende på framförallt när de publicerats eftersom tiden för ämnet är mycket relevant i den klimatutveckling som sker. Dessutom är en stor del av källorna utgivna av statliga, regionala och kommunala myndigheter. I Sverige gäller offentlighetsprincipen som ger allmänheten rätten till information om statens och kommunernas verksamhet. Därmed stiftar principen att vi har rätt till att få ta del av styrdokument och dessutom använda informationen i dem (Regeringskansliet, 2015). Offentliga handlingar som styrdokument inkluderar dock oftast inte känslig information trots offentlighetsprincipen. För de Spanska myndigheterna gäller inte offentlighetsprincipen, men styrdokument från Barcelona är ändå publicerade åt allmänheten som offentliga handlingar. Statliga, regionala och kommunala myndigheters offentliga handlingar betraktas som autentiska och ej oklara och anses därför inte medföra några risker av användandet i uppsatsen. (Bryman, 2016).

Syftet med uppsatsens resultat är att bidra vetenskapligt med förståelse om hur Barcelona och svenska städer arbetar med grön infrastruktur och effekterna av städernas prioriteringar. Största delen av uppsatsens sammanvägda resultat bygger på en avgränsning av Barcelona som resulterar i relativt låg extern validitet eftersom förslagna åtgärder åt svenska städer är synnerligen generaliserade och inte specifika. Barcelona är dock mycket representativt eftersom syftet är att ta lärdom från en stad i ett varmare klimat och därmed är den interna validiteten något som prioriterats mer i uppsatsen. En möjlighet till att förbättra den interna validitet ytterligare skulle vara att öka representativiteten, det vill säga vidare fördjupa kvalitativa och kvantitativa undersökningar och därmed inkludera fler städer i varma klimat inom avgränsningen. Resultatet från de olika städerna hade i sin tur kunnat diskuteras och jämföras. För en sådan insats skulle mer tid åt undersökning behövs vilket ej funnits inom den satta tidsramen för detta arbete.

8.3 Vidarforskning

Det finns god kunskap om globalklimatdata och lokal klimatdata gällande svenska städer att tillgå. Satsningar på just grön infrastruktur inom svenska städer är absolut en deciderad strategi för att minska temperaturhöjningarna. Dock saknas det medel för att utvärdera och följa upp specifika åtgärder som faktiskt görs för att motverka temperaturhöjningarna. CBI-systemet finns förvisso redan men det är inget system som ger information om effektivitet och möjlighet till förbättring.

För att utvärdera åtgärderna som görs skulle ett slags bedömningssystem behöva arbetas fram där åtgärder och metoder bedöms individuellt utefter effektiviteten. Intresset för ett sådant bedömningssystem finns inte i Sverige eftersom behovet ännu ej efterfrågats på grund av lägre temperaturer, inte ens på global nivå finns ett sådant system. Grön infrastruktur är något som idag, även om det inte tidigare nämnts, ofta kostar en del vilket inte alla städer har råd med.

Skulle ett individuellt bedömningssystem tas fram finns det i framtiden inget sätt att följa upp arbetet i utvecklandet av grön infrastruktur. På så sätt kan åtgärderna lätt kategoriernas och de mest effektiva och prisvärda åtgärderna pekas ut. Svenska städer skulle tillsammans kunna driva ett sådant arbete som alla i sin tur haft nytta av. Framförallt tror jag att det skulle behövas tas på global nivå eftersom svenska städer har det gott ställt och har råda att investera i grön infrastruktur. Vi måste av någon anledning förstå varför vi gör som vi gör, hur fungerar det och få det lättförstått för alla som arbetar med grön infrastruktur så att det i framtiden blir lättare att planera in det i alla städer.

För framtida forskning skulle denna studies arbete kunna kompletteras av undersökning och exempel av fler städer än Barcelona samt beröra på en mer nationell och global nivå än bara för svenska städer. Global uppvärmning är trots allt ett faktum och städerna kommer fortsätta att förtätas till nackdel för temperaturen. Att genomföra studien på en mer global nivå med mål att ta fram ett system där åtgärder mot förhöjda temperaturer blir poängsatta är ett sätt att säkra framtida hållbar urbanisering med hjälp av grönska.

9. Referenslista

- Ali-Toudert, F. och Mayer, H. 2005. Thermal comfort in urban streets with trees under hot summer conditions. Proc. 22th Conference on Passive and Low Energy Architecture (PLEA), Beirut, Lebanon, 13–16 November 2005, 2. (Hämtad 2023-02-22)
- Ajuntament de Barcelona. 2017. Master Plan for Barcelona’s Trees 2017 – 2037. <https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/Pla-director-arbrat-barcelona-ENG.pdf>. (Hämtad 2023-02-22)
- Ajuntament de Barcelona. 2022. All municipal services activated for the heatwave. https://www.barcelona.cat/infobarcelona/en/tema/environment-and-sustainability/all-municipal-services-activated-for-the-heatwave-2_1196224.html. (Hämtad 2023-02-22)
- Ajuntament de Barcelona. 2020. Barcelona green infrastructure and biodiversity plan. <https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/Barcelona%20green%20infrastructure%20and%20biodiversity%20plan%202020.pdf>. (Hämtad 2023-02-22)
- Akbari, H. Davis, S. Dorsano, S. Huang, J & Winnett, S. 1992. Cooling our Communities. A Guidebook on Tree Planting and Light-Colored Surfacing. United States Environmental Protection Agency, Washington D.C. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/2000G1NT.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1991+Thru+1994&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5Czyfiles%5CIndex%20Data%5C91thru94%5CTxt%5C00000014%5C2000G1NT.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyPURL> (Hämtad 2023-06-23)

- Akbari, H. Pomerantz, M & Taha, H. 2001. Cool Surfaces and Shade Trees to Reduce Energy Use and Improve Air Quality in Urban Areas.
https://www.researchgate.net/publication/222581591_Cool_Surfaces_and_Shade_Trees_to_Reduce_Energy_Use_and_Improve_Air_Quality_in_Urban_Areas (Hämtad 2023-06-19)
- Armson, D., Stringer, P., och Ennos, A. R. 2012. The effect of tree shade and grass on surface and globe temperatures in an urban area. Urban Forestry and Urban Greening 11(3). (Hämtad 2023-02-22)
- Bjellmar, Pär & Åström, Christofer & Forsberg, Bertil. 2019. Ovanligt många dödsfall i Sverige sommaren 2018. Läkartidningen. 116
<https://lakartidningen.se/klinik-och-vetenskap-1/artiklar-1/originalstudie/2019/05/ovanligt-manga-dodsfall-i-sverige-sommaren-2018/> (Hämtade 2023-03-01)
- Boverket. 2010a. Låt staden grönska Klimatanpassning genom grönstruktur.
<https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2010/lat-staden-gronska.pdf> (Hämtad 2023-08-17)
- Boverket. 2010b. Klimatanpassning i planering och byggande – analys, åtgärder och exempel.
<https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2011/klimatanpassning-i-planering-och-byggande-webb.pdf> (Hämtad 2023-08-24)
- Boverket. 2011. Klimatanpassning i planering och byggande - analys, åtgärder och exempel. <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2011/klimatanpassning-i-planering-och-byggande/>(Hämtad 2023-08-12)
- Boverket. 2019a. Grönska och vatten reglerar temperaturen vid värmeböljor.
<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/naturen/betydelse/reglerar-temp/> (Hämtad 2023-06-13)
- Boverket. 2019b. Grönska och vatten reglerar temperaturen vid värmeböljor.
<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/naturen/betydelse/reglerar-temp/> (Hämtad 2023-08-04)
- Boverket. 2023a. Klimatanpassning i planering.
<https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/planeringsfragor/klimat/klimatanpassning/> (Hämtad 2023-09-09)

- Boverket. 2023b. Översiktsplanens nytta och funktion.
<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/oversiktsplan/oversiktsplanen/nytta/> (Hämtad 2023-09-10)
- Bryman, A. 2016. Samhällsvetenskapliga metoder. 3 uppl. Stockholm: Liber.
(Hämtad 2023-06-19)
- Convention on Biological Diversity. 2014. City biodiversity index.
<https://www.cbd.int/subnational/partners-and-initiatives/city-biodiversity-index> (Hämtad 2023-02-25)
- Convention on Biological Diversity. 2021. The Singapore Index is the most comprehensive index on cities' biodiversity.
<https://www.cbd.int/article/2021-singapore-index> (Hämtad 2023-02-25)
- Creswell, J. W. & Creswell, J. D. 2018. Research design : qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. [e-bok] 5 uppl. Los Angeles, SAGE Publications, Inc. (Hämtad 2023-07-04)
- Djedjig, R., Bozonnet, E. och Belarbi, R. 2015. Experimental study of the urban microclimate mitigation potential green roofs and walls in street canyons. International Journal of Low-Carbon Technologies 10
- Folkhälsomyndigheten. 2018. Värmestress i urbana utomhusmiljöer - Förekomst och åtgärder i befintlig bebyggelse.<https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/e5286456e91c442a923c6884d84f79be/varmestress-urbana-utomhusmiljoer-18061-webb-181112.pdf> (Hämtad 2023-08-18)
- Folkhälsomyndigheten. 2019. Värme och människa i bebyggd miljö - Kunskapsstöd för åtgärder som minskar hälsoskadlig värme.
<https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/da3f008f2fbc4d9f8424a3eb73f0d1a5/varme-manniska-bebyggd-miljo.pdf> (Hämtad 2023-08-29)
- Folkhälsomyndigheten. 2023. Värmeböljor – vägledning till handlingsplaner.
<https://www.folkhalsomyndigheten.se/smittskydd-beredskap/krisberedskap/varmeboljor/> (Hämtad 2023-06-14)

- Klimatanpassning. 2023. Klimatanpassning i Sverige – en översikt.
<https://www.klimatanpassning.se/vem-gor-vad/overblick-klimatanpassning/klimatanpassning-i-sverige-en-oversikt-1.161178>
(Hämtad 2023-06-15)
- Kurn, D M. Bretz, S E. Huang, B & Akbari, H. 1994. The potential for reducing urban air temperatures and energy consumption through vegetative cooling. United States. <https://doi.org/10.2172/10180633> (Hämtad 2023-07-21)
- Liu, Y. Li, T. Peng, H. 2018. A new structure of permeable pavement for mitigating urban heat island. The science of The Total Environment:1119-1125. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.041> (Hämtad 2023-07-07)
- MSB. 2020. Fysisk planering i ett varmare klimat.
<https://www.msb.se/sv/publikationer/fysisk-planering-i-ett-varmare-klimat--en-fallstudie-for-stockholm/>. (Hämtad 2023-03-01)
- Nationalencyklopedin. 2023. Termisk jämnvikt.
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/termisk-j%C3%A4mnvikt> (Hämtad 2023-06-03)
- National Parks Board. 2014. USER'S MANUAL ON THE SINGAPORE INDEX ON CITIES' BIODIVERSITY
<https://www.cbd.int/authorities/doc/Singapore-Index-User-Manual-20140730-en.pdf>. (Hämtad 2023-02-12)
- Naturskyddsföreningen. 2017. Faktablad: Albedo.
<https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/vad-ar-albedo/> (Hämtad 2023-08-21)
- Naturvårdsverket. 2023. IPCC: Brådskande klimatåtgärder krävs för att säkra en hållbar framtid för alla.
<https://www.naturskyddsforeningen.se/artiklar/ipcc-bradskande-klimatagarder-kravs-for-att-sakra-en-hallbar-framtid-for-alla/> (Hämtad 2023-07-24)
- Nick Wehrli. 2018. Barcelona image from above. <https://www.pexels.com/sv-se/foto/stad-monster-abstrakt-arkitektur-5282585/>. (Hämtad 2023-03-18)
- Olsson, B. 2011. Växternas anpassning.
https://slunik.slu.se/kursfiler/BI1085/30114.1011/BengtOlsson_vt2011_BI1085_vaxternas_anpass.pdf (Hämtad 2023-06-26)

- Olsson, H, Sörensen, S. 2011. Forskningsprocessen : kvalitativa och kvantitativa perspektiv. Publicerad Stockholm. Liber. (Hämtad 2023-06-17)
- Oke, T.R. 1981. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. Journal of climatology 1(3). (Hämtad 2023-02-27)
- Perini, K. & Magliocco, A. 2014. Effects of vegetation, urban density, building height, and atmospheric conditions on local temperatures and thermal comfort. Urban Forestry & Urban Greening, Vol. 13, ss. 495-506. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1618866714000296> (Hämtad 2023-08-18)
- Regeringskansliet. 2015. Offentlighetsprincipen. <https://www.regeringen.se/sa-styrs-sverige/grundlagar-och-demokratiskt-deltagande/offentlighetsprincipen/> (Hämtad 2023-06-20)
- Rise research institutes of Sweden. 2020. Utveckling av referensmaterial och mätmetod för emissivitet mätning. <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/projekt/utveckling-av-referensmaterial-och-matmetod-for-emissivitet-matning> (Hämtad 2023-06-08)
- Ruefenacht, L. & Acero, J.A. 2017. Strategies for Cooling Singapore. Strategies for cooling Singapore a catalogue of 80+ strategies to mitigate urban heat island and improve outdoor thermal comfort. book, Singapore: Cooling Singapore. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000258216> (Hämtad 2023-09-10)
- Rymdstyrelsen. 2018. Group on Earth Observation. <https://www.rymdstyrelsen.se/rymddata/samarbeten-och-projekt/group-on-earth-observations/>. (Hämtad 2023-02-23)
- Santamouris, M. 2006. Environmental Design of Urban Buildings: An Integrated Approach. London, Sterling, VA. Earthscan. <https://www.scribd.com/document/358073587/Environmental-Design-of-Urban-Buildings-An-Integrated-Approach-pdf> (Hämtad 2023-09-08)
- SMHI. 2020. Högre temperaturer i staden. <https://www.smhi.se/forskning/forskningsenheter/meteorologi/varme-och-luftmiljo-i-stader/hogre-temperaturer-i-staden-1.160049>. (Hämtade 2023-02-27)

- Stockholms stad. 2021. City Biodiversity Index: Att mäta biologisk mångfald. <https://miljobarometern.stockholm.se/natur/city-biodiversity-index-att-mata-biologisk-mangfald/>. (Hämtad 2023-02-23)
- Sundberg, J. 1991. Termiska egenskaper i jord och berg. Hämtad från Statens geotekniska institut website: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:swedgeo:diva-129>. (Hämtad 2023-03-4)
- Sveriges länsstyrelse. 2012. Klimatanpassning i fysisk planering – Vägledning från länsstyrelserna. <https://www.lansstyrelsen.se/download/18.5776ebef1633bfa4a971476/1526372818986/klimatanpassning-fysisk-planering-vagledning-rapport.pdf> (Hämtad 2023-08-11)
- Sveriges miljömål. 2023. Utsläpp av växthusgaser till år 2045. <https://www.sverigesmiljomal.se/etappmalen/utslapp-av-vaxthusgaser-till-ar-2045/> (Hämtad 2023-06-12)
- Taha, H. Sailor, D. Akbari, H. 1992. High-Albedo Materials for Reducing Building Cooling Energy Use. LBL-31721, Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, CA. <https://www.osti.gov/servlets/purl/7000986> (Hämtad 2023-06-29)
- Taleghani, M. Kleerekoper, L. Tenpierik, M. & van den Dobbelsteen, A. 2015. Outdoor thermal comfort within five different urban forms in the Netherlands. Building and environment. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.03.014> (Hämtad 2023-06-16)
- Thorsson, S. Lindberg, F. Björklund, J. Holmer, B. and Rayner, D. 2011. Potential changes in outdoor thermal comfort conditions in Gothenburg, Sweden due to climate change: the influence of urban geometry. Int. J. Climatol., 31: 324-335. <https://doi.org/10.1002/joc.2231> (Hämtad 2023-07-02)
- Thorsson, S. 2012. Stadsklimatet- Åtgärder för att sänka temperaturen i bebyggda områden. Totalförsvarets forskningsinstitut: FOI-R—3415—SE. Stockholm: Totalförsvarets forskningsinstitut. (Hämtad 2023-03-8)
- United Nations. 2021. The Paris Agreement. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>. (Hämtad 2023-02-22)
- Urban Heat Island. 2021. The Urban Heat Island (UHI) Effect. https://www.urbanheatlands.com/#h.p_ID_32 (Hämtad 2023-06-09)

- Urban inovative actions. 2022. Barcelona. <https://uia-initiative.eu/en/just-urban-transitions/skills-green-future/uia-case-study-barcelona>. (Hämtad 2023-02-20)
- U.S. Environmental Protection Agency. 2008. Reducing urban heat islands: Compendium of strategies. Draft. <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium>. (Hämtad 2023-06-31)
- Utrikespolitiska institutet. 2023. Spaningen – Geografi och klimat. <https://www.ui.se/landguiden/lander-och-omraden/europa/spanien/geografi-och-klimat/> (Hämtad 2023-06-25)
- Vegtech. u.å. Gröna tak. <https://www.vegtech.se/produktkategorier/grona-tak/> (Hämtad 2023-07-19)
- Vijayaraghavan, K. 2016. Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. Renewable and sustainable energy reviews. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.119> (Hämtad 2023-07-18)
- Western Sydney Regional. 2018. heat Strategy and action plan. <https://ghhin.org/wp-content/uploads/Western-Sydney-Turn-Down-the-Heat-Strategy-and-Action-Plan-2018-1.pdf> (Hämtad 2023-08-26)
- Wong, E. Hogan, K. Rosenberg, J. & Denny, A. 2008. Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. U.S Environmental Protection Agency. Washington D.C. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-06/documents/basicscompendium.pdf> (Hämtad 2023-07-05)

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. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

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.