



Trädförslag för varma, solexponerade gator

Maximering av ekosystemtjänsten *reglerande av lokalklimat*

Amrén Frederick, Hansson August

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Landskapsingenjörsprogrammet - Uppsala
Uppsala 2025



Trädförslag för varma, solexponerade gator. Maximering av ekosystemtjänsten *reglerande av lokalklimat*

Tree proposal for warm, sun-exposed streets. Maximising the ecosystem service of local climate regulation.

Amrén Frederick, Hansson August.

Handledare: Bodil Dahlman, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för stad och land
Examinator: Sara Westerdahl, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för stad och land

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i Landskapsarkitektur
Kurskod: EX1004
Program/utbildning: Landskapsingenjörsprogrammet - Ultuna
Kursansvarig inst.: Institutionen för stad och land
Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2025
Omslagsbild: Foto: Frederick Amrén
Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd. Illustrationerna i arbetet är författarens egna om inget annat anges.
Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>
Nyckelord: Värmeöeffekt, temperaturreglering, skugga, urbana träd, trädskuggning, mikroklimat, hårdgjorda miljöer, reglering av lokalklimat, albedo.

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för stad och land
Avdelningen för landskapsarkitektur

Förord

Arbetet är ett gemensamt arbete mellan Frederick Amrén & August Hansson. Temperaturmätningen och skapandet av sammanhörande bilder utfördes av Frederick Amrén medan inledning är skriven av August Hansson. Resterande text är skriven tillsammans.

Sammanfattning

Ökande arealhårdgjorda miljöer i kombination med klimatförändringar ökar temperaturen i städer. Förtätning av städer sker på bekostnad av stadens grönytor, stadsnära naturområden, parker och öppna jordbrukslandskap ersätts med hårdgjorda ytor som fylls med byggnader. Framkomlighet, hållfasthet av material och grundläggande infrastruktur är nödvändigt för att en stad ska fungera samt klara de krav som ställs på urbana miljöer. Konsekvenser av en tätare stad med fler hårdgjorda ytor och färre grönytor leder till en ökad värmeö-effekt. Därför blir behovet av strategisk planering för temperaturreducerande åtgärder i staden allt viktigare. Gatuträden reglerar lokalklimatet genom evapotranspiration och skuggning och därför spelar de en viktig roll när det kommer till att reducera temperaturen på stadens gator och dess intilliggande byggnader. Syftet av undersökningen var att få en bild av hur skuggan från gatuträd påverkar temperaturer på hårdgjorda material. Detta utfördes genom att undersöka temperaturskillnader på Betty Petterssons gata, mellan skuggade och solexponerade delar på olika material, med olika färg. Syftet är även att ta fram ett trädförslag som maximerar reglerandet av lokalklimat på gatumiljöer. Trädförslaget togs fram genom en systematisk utsållning. För att besvara frågeställningarna grundades utsållningsprocessen för trädvalen i vetenskaplig litteratur, och en platsanalys genomfördes för att undersöka gatuträdens påverkan på temperaturskillnader mellan skuggade och solexponerade material. Arbetet resulterade i sju föreslagna träddarter som maximerar regleringen av lokalklimat på varma, solexponerade gator. Platsanalysens resultat visade att träden på Betty Petterssons gata hade liknande temperaturreglerande effekt jämfört med tidigare forskning, det vill säga gatuträds skugga sänker yttemperaturen på hårda markmaterial. Träd behövs för att sänka temperaturen på gator och byggnader, i vilken utsträckning träd bidrar med reglerande av lokalklimat beror på tätheten av kronan. Effekten skugga har på hårdgjorda material varierar också beroende på materialets albedo.

Nyckelord: Värmeöeffekt, temperaturreglering, skugga, urbana träd, trädsuggning, mikroklimat, hårdgjorda miljöer, reglering av lokalklimat, albedo.

Abstract

The increasing number of hardscaped areas in combination with climate change intensifies the temperature of cities. The densification of cities takes place at the expense of urban green spaces, with urban nature areas, parks, open agricultural landscapes being replaced by hard surfaces filled with buildings. Accessibility, the strength of materials and basic infrastructure are necessary for a city to function and meet the requirements of urban areas. The consequences of a denser city with more hardscaped areas and fewer green spaces leads to an increased urban heat island effect. Therefore, the need for strategic planning for temperature reduction measures in the city has

become increasingly important. Street trees regulate the local climate through the process of evapotranspiration and shading and therefore play an important role in reducing the temperature of streets in the city and their surrounding buildings. The purpose of the investigation was to get a clear picture of how street trees impact the temperature of hard materials. This was carried out by examining temperature differences between shaded and sun-exposed parts on different materials, with different colours. The aim was also to produce a tree proposal that maximizes the regulation of local climate on streets, which was developed through a systematic selection approach. To answer the problem statements the tree proposals were anchored in available literature, and a site analysis was conducted to examine the effect that the street trees had on temperature differences between shaded and sun-exposed materials. The systematic selection approach resulted in seven proposed tree species that maximize the regulation of local climate on hot, sun-exposed streets. The result of the site analysis showed that the trees on Betty Petterssons gata had similar temperature reducing effects in comparison to previous research, that is, the shade of street trees lowers the surface temperature of hard materials. Trees are needed to lower the temperature of streets and buildings and to what extent trees regulate the local climate depends on the density of their canopy. The effect that shade has on hard materials also varies depending on the materials albedo.

Keywords: Urban heat island, temperature regulation, shade, urban trees, tree shading, microclimate, hardscaped environments, climate regulation, albedo

Innehållsförteckning

Förord	4
Inledning	7
Syfte, frågeställning och avgränsning	9
1. Stadens klimat och effekten av skugga	10
1.1 Värmeöeffekten och Albedo	10
1.2 Ekosystemtjänster	11
1.3 Kylande effekten av träd i gatumiljö	11
1.3.1 Trädens reglerande av lokalklimat	11
1.3.2 Effekten av skugga på hårdgjorda ytor	12
1.3.3 Effekten av evapotranspiration	13
1.4 Hur påverkar nedkylningen?	14
1.4.1 Energi	14
1.4.2 Ekonomi & hållbarhet	15
1.4.3 Hälsa & socialt	15
2. Betty Petterssons gata	17
2.1.1 Detaljplan Rosendal	18
2.2 Vad är det för typ av ståndort	19
2.3 Artval i gatumiljö	19
3. Material och metod	21
3.1 Platsanalys:	21
3.2 Urvalskriterier för gatuträden	24
4. Resultat	28
4.1 Temperaturmätning vid undersökningsområdet	28
4.2 Steg 1: Ståndort & växtzon	36
4.3 Steg 2: Öönskade kvalitéer	37
4.4 Steg 3: Krontäthet	38
4.4.1 Slutgiltiga trädförslag	39
5. Diskussion	41
Slutsats	48
Referenser	49
Bilaga 1 Temperaturmätningssdata	54

Inledning

Till följd av klimatförändringar ökar världens temperatur, vilket i sin tur leder till ett allt varmare klimat (Naturvårdsverket 2024). Vidare, och till följd av den urbana värmeöeffekten ökar värmen i städer än mer (European Environment Agency 2023). I Europa och Norden kan det redan nu skilja upp mot 10 C när man jämför landsbygden med bebyggda stadsmiljöer (Naturvårdsverket 2019) och när det kommer till lokalklimatet på en specifik gata eller husvägg kan det avläsas stora skillnader i temperatur beroende på vilket material som använts (Boverket 2019).

Uppsala kommuns folkmängd har under de senaste åren ökat markant. År 2000 hade Uppsala kommun en folkmängd på 189 569 personer, och år 2023 ligger folkmängden på 245 329 (SCB 2023). År 2030 förväntas Sverige ökat sin befolkning till 11 miljoner och mellan 2019 och 2030 beräknas befolkningen i Uppsala län växa med 14,4 procent (SCB 2021).

I takt med att befolkningen växer ökar behovet av bostäder och nya stadsdelar. Områden som tidigare präglats av natur exploateras och nya hårdgjorda områden växer fram (Uppsala kommun u.å). Användandet av material som asfalt, betong och sten utgör en central del i städernas utformning för att uppnå aspekter som tillgänglighet, säkerhet och logistik (Boverket 2021). Problemet som uppstår med dessa material är att de alstrar och lagrar värme från solstrålar som sedan långsamt släpps under natten. Detta medför att temperaturen i staden inte kyls ned lika fort som kringliggande naturmark. Denna effekt benämns som den *urbana värmeöeffekten*. Större areal hårdgjort material, mindre andel grönska och tätare bebyggelse korreleras med en ökad urban värmeöeffekt (Folkhälsomyndigheten 2018).

Gatuträd bidrar med många olika ekosystemtjänster. De reglerar lokalklimat, gynnar biologisk mångfald, minskar luftföroreningar och sänker mängden buller i stadsmiljö. (Boverket 2019) Den kylande effekten som träd i gatumiljö bidrar med är stor. Upp till 80% av nedkylningen kommer från trädens skuggande effekter. Det finns ett direkt samband kopplat till trädens storlek, krontäckningsgrad, plats för trädplantering samt planteringsstäthet när det kommer till hur väl de reglerande ekosystemtjänsterna fungerar (Mullaney et al. 2014). För att maximera nyttan av dessa Gatuträd bör därför valet av art ses som centralt för att långsiktigt lyckas producera så mycket ekosystemtjänster som möjligt på en viss ståndort.

Den största orsaken till en ökad värmeöeffekt är ökningen i arealen av hårdgjorda ytor, förtätning och en minskning av vegetation i våra städer (Mohajerani 2017). Solexponerade gator i söderläge med hårdgjorda ytor löper stor risk att uppnå höga temperaturer. Ett exempel på en sådan gata är Betty Petterssons gata i Rosendal, Uppsala. Den östra delen av gatan är färdigbyggd och har i detta arbete använts som plats för temperaturmätningarna som vi gjorde. Gatan användes även som referens för trädförslagen till den västra delen av gatan, när den anläggs. Trädförslagen skall ge bra kylande effekt och vara applicerbara på andra solexponerade gator i zon 1–3.

En stor utmaning är att hitta lämpliga träd som klarar denna typ av gata och i hög grad kan bidra till att reglera lokalklimatet. För träd planterade i denna ståndort finns det flera utmaningar, till exempel kompaktionsrisk vid anläggning, undermåliga näringsförhållanden på grund av låg tillförsel av organiskt material samt den överhängande risken för torka då växtbädden ofta har ett lågt inflöde av vatten (Sjöman & Slagstedt 2015a, s.170). För att gatuträd på denna ståndort skall vara framgångsrika, och därmed ha förmågan att leverera ekosystemtjänster behöver de trivas på ståndorten.

Syfte, frågeställning och avgränsning

Syftet med studien är dels att undersöka gatuträdens påverkan på varma, byggda miljöer och att mäta den temperatursänkande effekten från trädens skugga på Betty Petterssons gata i Uppsala. På gatan undersöker vi även mikroklimatet, olika materials temperaturer och dess skillnad i temperatur i skugga jämfört med i sol.

Syftet är även att förstå vilka arter som klarar den tuffa ståndorten på gatan samtidigt som de ger maximal effekt på den reglerande ekosystemtjänsten reglerande av lokalklimat. Utifrån detta kommer trädförslag föreslås för Betty Petterssons gata i Uppsala som även skall vara applicerbara på andra liknande gator i mellersta och södra Sverige.

Frågeställningar:

Hur påverkar gatuträdens skugga temperaturen och mikroklimatet i hårdgjord gatumiljö med full sol?

Vilka träddarter kan användas för att maximera ekosystemtjänsten *reglerande av lokalklimat* i dessa miljöer?

Avgränsning

Träd bidrar med en rad olika ekosystemtjänster, reglerande, kulturella och försörjande. Bland dessa har vi valt att avgränsa oss till reglerande av lokalklimat, dels för att den valda platsen är en varm och utmanande miljö och har ett behov av temperaturreglering för att den under sommartid skall vara behaglig att vistas på. Vidare valde vi att fokusera på reglerande av lokalklimat genom att undersöka vilka gatuträd som trivs och kan leverera ekosystemtjänsten på gatans ståndort. Fokuset på en ekosystemtjänst grundar sig även i att arbetet inte skall gå utanför ramarna för omfånget av kandidatarbetet.

1. Stadens klimat och effekten av skugga

Hur klimatet i en stad ser ut beror på en mängd olika faktorer. Stadens geografiska plats i världen, om staden är placerad vid kusten (maritimt klimat) eller om staden är placerad i inlandet (kontinentalt klimat) eller om staden ligger i en dalgång eller högre upp i ett landskap bara för att nämna några (SMHI 2021). Det finns en rad olika underrubriker till begreppet klimat. Det finns makroklimat som inkluderar ett område på mer än 100 km. Det finns Mesoklimat som indikerar ett område på ca 10–200 km, sen finns det också lokalklimat som är en yta som stäcker sig ca 100 m till 50 km och sist finns mikroklimat som kan vara från en enstaka mätpunkt till en sträcka på 1000 m (Sjöman & Slagstedt 2015a, s.237–238).

1.1 Värmeeffekten och Albedo

Skillnaden i temperatur mellan landsbygd och innerstad kan var stora. Enligt Sjöman och Slagstedt (2015a, s.244–245) kan det skilja 1–3°C mellan landsbygd och stad. De menar även att dessa temperaturskillnader kan var mycket större beroende på förhållandet på platsen. Exempelvis kan det skilja upp till 19°C mellan en parkeringsplats och ett gångstråk genom en park. Enligt folkhälsomyndigheten (2019) blir den urbana värmeeffekten mer extrem ju större och ju mer tätbebyggt ett urbant område är. De menar på att en stad med 1 miljon invånare löper risk att bli upp mot 8°C varmare jämfört med omkringliggande miljö. Detta jämfört med en mindre tätort på ca 1000 invånare där värmeeffekten medför en ökning av cirka 2°C (Folkhälsomyndigheten 2019).

Materials egenskaper, stadens uppbyggnad och val av färg på material är alla olika bidragande faktorer till den värmeökande effekten som sker i urbana miljöer. Under dagen studsar eller absorberas solstrålarna som träffar ytorna. Mörka material så som asfalt och betong är dominerande i stadsmiljö, dessa material absorberar en stor del utav solljuset som träffar ytorna och reflekterar bara en liten del av solljuset tillbaka ut i atmosfären. Detta leder till att värmen lagras och är en bidragande faktor till en förhöjd temperatur av lokalklimatet (Sjöman & Slagstedt 2015a).

När det kommer till olika materials förmåga att reflektera solens strålar kan det variera mycket. Begreppet albedo används för att förklara dessa förhållanden, om en yta har albedo 0 innebär det att 100% av solstrålarna som träffar ytan absorberas in i materialet medan ett albedo på 1 innebär att 100% av solstrålarna reflekteras från materialets yta.(Univerity of Kent u.å). Ordet albedo betyder på latin vit (Vocabulary.com. u.å.). Ytor med ljusa färger har ett högt albedo (hög

vithet) och reflekterar stora andelar av solens strålar medan mörka material exempelvis asfalt har ett lågt albedo (lite vithet) absorberar stora delar av solens strålar (Norsk Polarinstitut u.å). Liu et al. (2024) argumenterar i sin vetenskapliga artikel för att en högre albedo är en effektiv strategi för att minska den urbana värmeöeffekten. Vidare berättar de att en väg i Tianjin, Kina som har ett högt albedo, i stället för en låg kan sänka yttemperaturen med maximalt 6°C. Fortsatt belyser de att den temperaturreducerande effekten av vägen med högt albedo var störst under sommaren.

1.2 Ekosystemtjänster

En ekosystemtjänst är ett sätt att belysa de fördelar och värden ett ekosystem har för människor. Dessa värden buntas ofta ihop till fyra olika kategorier: Stödjande ekosystemtjänster, som är väsentliga för att andra ekosystemtjänster skall fungera. Till exempel fotosyntes och olika naturliga kretslopp. Försörjande ekosystemtjänster, som bidrar med produktion av olika slags råvaror. Till exempel vatten och mat. Reglerande ekosystemtjänster som styr och reglerar naturmiljö genom bland annat reglering av lokalklimat och mark. Kulturella ekosystemtjänster, där naturen kan bidra med sinnliga upplevelser som till exempel välbefinnande och fysisk aktivitet (Naturvårdsverket 2024). Naturvårdsverket (2024) förklarar även vikten av att ha en stark grön infrastruktur, det vill säga ett fungerande nätverk av natur. Om en stor artvariation med genetisk variation finns tillsammans med att det finns många olika livsmiljöer inom ett landskap blir det en god grön infrastruktur. Detta kommer i sin tur leda till att förutsättningarna för grönstrukturen att leverera ekosystemtjänster är goda (Naturvårdsverket 2024).

1.3 Kylande effekten av träd i gatumiljö

Gatuträd bidrar med olika ekosystemtjänster, en av dessa tjänster är att kyla ner lufttemperaturen i en stad. Resultatet av trädens nedkylande effekt kan leda till en sänkning av lufttemperatur på 1–8 C. Nedkylningen från våra gatuträd visar inte bara effekter när det kommer till självaste temperaturen. Träden kan gynna ekonomin då dess skugga avlastar kylsystem för hushåll och verksamheter vilket i sin tur leder till lägre energiförbrukningskostnader. Träd bidrar även med positiva hälsoeffekter för stadens invånare (Killicoat et al. 2002). Träd sänker stadens temperatur på två sätt, skugga som blockerar solstrålar från att träffa markytan och fasader samt genom evapotranspiration.

1.3.1 Trädens reglerande av lokalklimat

En av de största reglerande ekosystemtjänsterna urbana träd producerar är reduktionen av värmestrålning i stadsmiljöer. En studie av ett trädbestånd i den

tyska staden Duisburg visade att upp till 58 procent av strålningen fångades av det urbana trädbeståndet och förhindrades att nå marken och gaturummet (Scholz et al. 2018).

I Rahman et al. (2019) vetenskapliga artikel beskriver han hur vegetation flertal gånger ha visat att dess egenskaper sänker lufttemperaturen med 0.5 – 5 C. Vidare i artikeln förklaras det hur permanent skugga från urban vegetation kan sänka yttemperaturer på en varm och solig dag med 12–20 C. När det kommer till både yttemperatur och lufttemperatur varierar det mycket angående hur effektivt gatuträd reglerar temperaturen. I vilken utsträckning träden sänker temperaturen beror på val av art, täthet och storlek av krona samt bladens utformning. När det kommer till dessa olika morfologiska egenskaper är tätheten av krona den viktigaste då den ger högst temperaturreglering (Rahman et al. 2019). I en rapport av Ettinger et al. (2024) förklarar dem hur träd kan reglera temperaturen i ett mycket större sammanhang. Träd med sin skugga och transpiration har visat på en genomsnittlig sänkning på 3,06 C genom hela USA. I studien trycker dem på faktumet att trädets storlek, och dess morfologiska egenskaper påverkar i vilken grad träden bidrar med reglerande av lokalklimat (Ettinger et al. 2024).

När det kommer till parker i stadsmiljö kan temperaturen skilja sig mellan parken och omkringliggande urbana miljö. Skuggan och evapotranspirationen från träden kan sänka temperaturen under natten i parken med 1–2 C (Sjöman & Anderson 2023). I en annan studie gjordes en undersökning över en tidsperiod på ett halvår där de jämförde temperaturskillnaderna mellan en park och det omkringliggande bebyggda området. Den högst uppnådda temperaturskillnaden under denna period visade att parken var 5,9 C kallare under natten. Den kylande effekten av parken är inte bara i parken utan påverkar upp till 1100m utanför sina gränser ut i det bebyggda landskapet (Upmanis et al. 1998).

Hur trädens kylande effekt skiljer sig mellan vinter och sommar är viktigt att ha i åtanke när det kommer till det svenska klimatet. Ytor i Sveriges städer behöver skugga från träden på sommaren när det är som varmast och behöver solens strålar på vintern när det är som kallast. På sommarhalvåret står solen högre än på vinterhalvåret vilket påverkar vinkeln på skuggan under olika årstider. Det är därför viktigt att ha i åtanke hur ett träd påverkar klimatet under året (Sjöman & Anderson 2023). Lövfällande träd är därmed av störst intresse eftersom de släpper genom ljus under vinterhalvåret till skillnad från städsegröna barrträd.

1.3.2 Effekten av skugga på hårdgjorda ytor

Mellan 60–80% av nedkylningen från träd kommer från deras möjlighet att skapa skugga. Kylande effekten från träd bygger på att träden, med framför allt sin

krona blockerar och reducerar mängden solstrålar som träffar marken (Jiao et al. 2024). Det är inte solens strålar i sig som värmer upp luften utan det är värmen som bildas när solstrålarna träffar jordens yta. När markytan har värmts upp avges denna värme ut i atmosfären (SMHI u.å). Med en reducerad mängd solstrålar som träffar marken blir det en reduktion av värme på fasader, markmaterial och i den omgivande luften (Jiao et al. 2024).

Byggnader, markiser, träd och andra strukturer i en stad bidrar med skugga, Turner et al. (2023) förklarar att den upplevda temperaturen kan sänkas med 10–20 °C på en varm sommardag i Arizona USA med hjälp av skugga. Detta grundar sig i att skuggan blockerar marken från solenergi vilket det minskar den reflekterande värmen från markmaterial, samt att andelen solstrålar som träffar människorna minskar när personen i fråga är i skugga (Turner et al. 2023).

Utseendet och uppbyggnaden av det enskilda trädet avgör hur väl det kan reducera mängden solstrålar som träffar marken. Egenskaper hos träd som påverkar mängden skugga är exempelvis höjd, storlek på krona, bladstorlek, gren och bladuppbyggnad samt färg på bladen (Jiao et al. 2024).

1.3.3 Effekten av evapotranspiration

Evapotranspiration är ett samlingsord för alla processer där vatten rör sig från marknivå mot atmosfären i form av gas (USGS 2018). Två av dessa processer, och där ordet evapotranspiration härstammar från är avdunstning (evaporation) och transpiration. Avdunstning är processen där nederbörd, via omvandling till gas rör sig upp mot atmosfären. Ett annat namn för avdunstning är evaporation (SMHI u.å). Transpiration är processen när en växt tar upp vatten från marken via sina rötter. Vattnet rör sig sedan genom växten och släpps slutligen ut via dess klyvöppningar (USGS 2018). Denna process använder värmen från luften för att möjliggöra frigörelsen av vattenånga, detta leder till att luften runt omkring kyls ner (EPA 2014). Det vill säga att det sker en omvandling av vatten från flytande till gasform som i sin tur sänker lufttemperaturen.

Via processen av transpiration kan ett träd frigöra upp mot 400L vatten per dag, vilket är lika effektivt som fem luftkonditioneringar i 20 timmar. (Akbari 2009) En högre värmesumma i stadsmiljö medför en högre grad evapotranspiration för träden som befinner sig där (Sjöman & Slagstedt 2015a, s.247). Detta på grund av att träd använder mer vatten genom processen evapotranspiration för att reglera dess temperatur i varma förhållanden än kalla (Akbari et al. 1992). Det är inte ett problem för gatuträd som har god tillgång till markfukt på sin växtplats vilket kan

uppnås genom anläggning av tillräckligt stora växtbäddar med goda förutsättningar för träden att nå vatten (Sjöman & Slagstedt 2015a, s.247).

1.4 Hur påverkar nedkylningen?

Det finns flera olika positiva effekter av trädens nedkylning och i detta avsnitt kommer olika effekter av de undersökas. Bland annat effekten på energianvändning i byggnader, de ekonomiska och hållbara effekterna samt effekten på människors hälsa och sociala samband. I följande underrubriker kommer dessa aspekter av nedkylningens effekter förklarar djupare.

1.4.1 Energi

Luftkonditionering är i stora delar av världen ett vanligt kylsystem, men detta kylsystem kräver energi i form av el (Polarpumpen u.å). Skuggan och nedkylningen i form av evapotranspiration från träd kan betydligt sänka en byggnads energikonsumtion då kylsystem som just luftkonditionering inte behöver användas i lika stor utsträckning för att kyla ner bostäderna. Hsieh et al. (2018) förklarar i sin rapport "Effects of tree shading and transpiration on building cooling energy use" hur energianvändningen i ett flervåningshus kan vara olika beroende på om våningen som mäts ligger över eller under en trädkrona. Det förklaras att det kan vara en 42% högre energiförbrukning på de våningar som ligger över höjden av trädkronan. Detta på grund av att dessa lägenheter över trädkronan är mer utsatta för solenergi som leder till en varmare fasad vilket i sin tur värmer upp lägenheterna och kräver mer nedkylning med hjälp av AC (Hsieh et al. 2018). Det tydliggörs där med att våningarna som ligger under och skuggas av träden har en betydligt lägre energikonsumtion. Energikonsumtionens sänkning grundar sig i att det inte krävs lika mycket energi från andra källor så som luftkonditionering för att kyla ner husen (Hsieh et al 2018).

En annan studie visar att en ökning på 10% av krontäckning kan sänka värme och energianvändningen för en byggnad med 5–10% (Mullaney et al. 2015). Mullaney et al. (2015) fortsätter att beskriva att forskning har visat att ett enstaka träd kan sänka den årliga uppvärmningskostnaden med 1,3%. Det förklaras även att nedkylningskostanden sommartid kan sänkas med 7% årligen. Ett ytterligare argument som nämns i artikeln som stärker att skugga sänker energiförbrukningen är i en studie från Auburn, Alabama. Där har det visats att ett boendes energiförbrukning kan minska med 3,8% om det är skuggat av ett träd jämfört med om det inte hade varit skuggat av ett träd (Mullaney et al. 2015).

1.4.2 Ekonomi & hållbarhet

Effekten av skugga från gatuträd kan även förbättra hållbarheten på olika hårdgjorda material. Man testade detta i ett experiment där man hade två identiska gator i Modesto, California. Båda gatorna hade en ytbeläggning av asfalt och låg i östlig till västlig riktning. På ena gatan planterades inga träd. På andra gatan planterades två olika trädslag i grupper. 12st Lagerströmia (*Lagerstroemia indica*) och 6st Chinese hackberry (*Celtis sinensis*). Den totala diameter på kronan skiljde sig mellan arterna, Lagerströmia hade en total krondiameter på 52,8 m och Chinese hackberry hade en total krondiameter på 82,2 m. Efter 30 år jämfördes gatorna utifrån hur ofta och hur mycket asfalten behövde underhållas samt lagas under den 30 åriga perioden, på så sätt beräknade man hur mycket kostnader man sparade på de två olika gatorna. Gatan som hade träd planterade visade sig i resultatet ge ekonomiska besparingar då det krävdes ett lägre underhåll på asfalten (McPherson 2005). Lagerströmian sparade 22.2 kr/m² på 30år jämfört med gatan utan träd. När det kommer till Hackberry trädet gav det kostnadsbesparingar på 77,6 kr/m² på 30 år jämfört med gatan utan träd. I denna studie såg man att diametern på kronan har en effekt på andelen skugga vilket gav effekt på hur ofta man var tvungen att laga gatan vilket i sin tur påverkade kostnader för underhållet (McPherson 2005).

Träd i stadsmiljö kan också höja värdet på omkringliggande byggnader. Parker kan dra upp priset på bostäder med 1500kr/kvm om dessa flerbostadshus ligger inom 500 m till en större park. Spacescape förklarar även att flerbostadshus som ligger inom 500 m till ett skogsområde ökar kvadratmeterpriset med 410kr (Spacescape 2007).

1.4.3 Hälsa & socialt

Grönytor tillsammans med gatuträd främjar sociala värden i samhället. Grönska reducerar stress, bidrar till bättre kontakt mellan invånare och ökar den fysiska aktiviteten hos medborgare eftersom att grönska uppmuntrar till att gå ut. Alléer och gatuträd skapar naturliga barriärer mellan bilgator och gångstråk vilket höjer säkerheten och komforten för fotgängare (Mullaney et al. 2015). Träd i stadsmiljö utplacerade med jämna mellanrum längs med en väg har visat att förare håller farten bättre. Det visar även att förare håller ett större fokus på vägen och inte blir lika distraherade, båda dessa faktorer har minskat olyckor i städer (Tarran 2009).

I en studie från Nederländerna undersökte man hur grönytor och hälsa hörde ihop. Man använde 10 000 människor från olika områden, vissa områden mer gröna och vissa områden mer urbana. I undersökningen hade man även människor från olika samhällsklasser. För att mäta och jämföra hälsan utgick man från tre faktorer. 1) Hur ofta man upplever symptom av sjukdom, 2) Egen Upplevd hälsa, 3) En

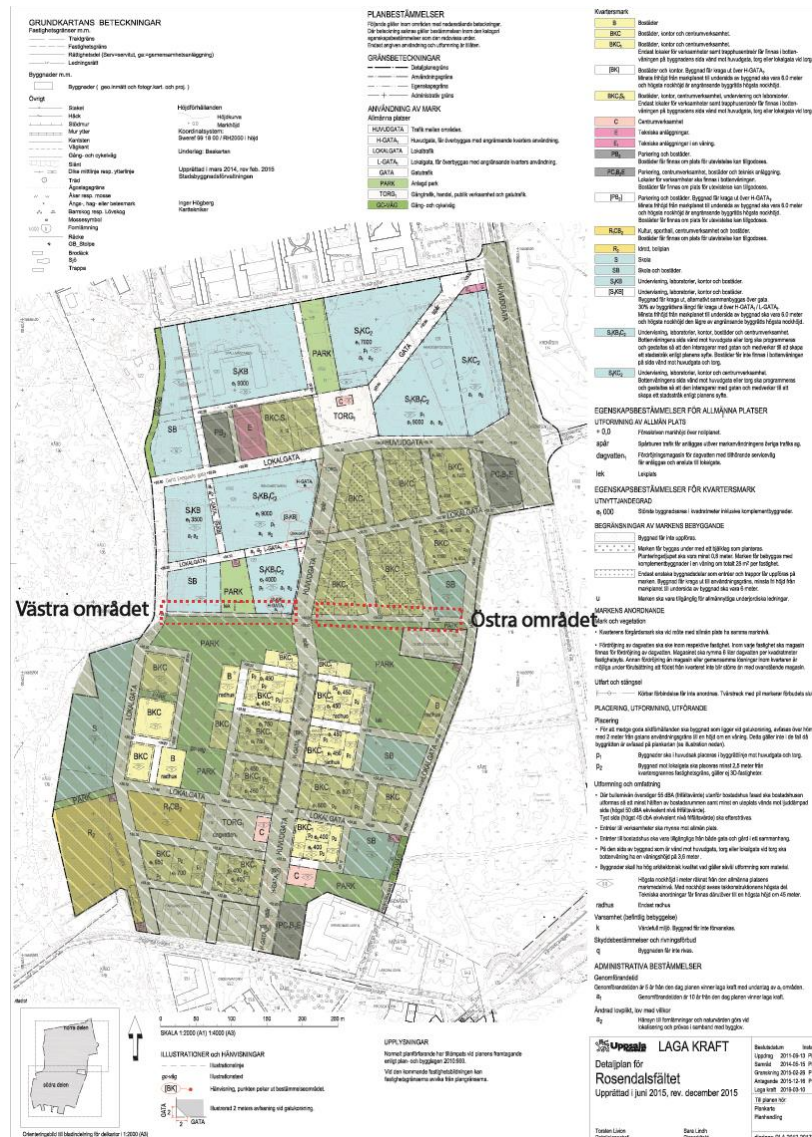
bedömning av psykisk hälsa. Resultatet visade utifrån dessa parametrar att människor som bodde grönnare områden, med mer träd och grönområden mådde mycket bättre jämfört med folk som bodde i mer gråa bostadsområden utan grönska (Tarran 2009).

På grund av den urbana värmeöeffekten blir personer med reducerad förmåga att reglera kroppstemperaturen särskilt utsatta vid värmeböljor i städer, vilket ofta är barn, äldre och personer med hälsoproblem (European Environment Agency 2023, Boverket 2019). Då temperaturskillnaden mellan stad och landsbygd kan vara upp mot 10°C behövs grönska som reglerar värmen och förhindrar att hårda material värms upp (Boverket 2019). Under de senaste 40 åren i Europa uppskattas värmeböljor vara orsaken till 90% av de totala dödsfallen från väderrelaterade händelser (European Environment Agency 2023). En riktlinje som många kommuner i Sverige använder sig av är närhet till grönområden. Eftersom när grönområden finns inom 200–300 meter från personers bostäder används det i större utsträckning av invånarna, som i sin tur tar del av dess hälsofrämjande effekter (Boverket 2023). Att ta hänsyn till dessa frågor vid planering av stadsmiljö är viktigt för den allmänna hälsan, och ett sätt att ta itu med det är att planera in och ta vara på gatutrådets reglering av lokalklimat (Boverket 2019).

2. Betty Petterssons gata

Inflytt och urbanisering i svenska städer leder till att nya stadsdelar växer fram (Regeringen u.å). Uppsalas stadsbyggnadsidé redogör för att städer ska anpassa sig till ett förändrat klimat, som leder till höga temperaturer och skyfall i och med detta skall ekosystemtjänster främjas (Uppsala kommun 2021). I den nyutvecklade stadsdelen Rosendal i Uppsala har många nya gator byggts. En av dessa gator är Betty Petterssons gata, en solexponerad, varm gata som enligt oss är ett typexempel för varma stadsgator i södra och mellersta Sverige. Boverket (2021) belyser att en fungerande stad ställer krav på funktionen av markbeläggning. Fortsatt redogör den för att valet av markbeläggning bestäms utifrån de kraven som ställs på funktion, så som lätt framkomlighet i gaturummet för fotgängare, cyklister och bilister. Högbelastade ytor begränsar urvalet av material tillgängligt i stadsmiljö. Materialet ska klara av snöröjning, stå emot skyfall, tjäle och tung trafik för att uppfylla krav (Boverket 2021).

Det finns alternativa markbeläggningar som kan sänka temperaturen på platsen, problemet som uppstår är att dessa markbeläggningar, till exempel gräs inte uppfyller de krav som ställs på en funktionell gatumiljö (Svensk byggtjänst u.å). För att gatans funktion och reglerandet av lokalklimat skall samexistera används gatuträd för dess temperaturreducerande egenskaper. Återkommande utmaningar med varma hårdgjorda ytor gör Betty Petterssons gata till en bra utgångspunkt. Gatan är varm och solexponerad, och är inte skuggad av andra byggnader. Detta medför att träden som står på gatan behöver förse den med all skuggning, vilket ger tydliga resultat av dess temperaturreducerande effekt på markbeläggningar och fasader.



Figur 1: Detaljplan för Rosendalsfältet med Betty Petterssons gata markerad och uppdelad i två områden, Östra och Västra. De grönstreckade områdena är där bebyggelse redan finns, och de områden som ej är ifyllda ska byggas. (Uppsala kommun 2015)

Längs Betty Petterssons gata vart den östra delen färdigställd 2020. Längs västra delen kommer byggnader uppföras och en liten park anläggas. Bebyggelsen och den öppna grönytan på västra delen kommer innebära liknande förhållanden, om än inte varmare, som den östra delen. Detta eftersom solinstrålningen blir högre vid öppna ytor. Genom figur 3 kan det även konstateras att båda parker som syns direkt söder om gatan i figur 1 är anlagda. Då den östra delen av gatan var färdigställd skedde undersökningen där.

2.2 Vad är det för typ av ståndort

Betty Petterssons gata i Uppsala är en stadsgata som sträcker sig öst till väst i norra Rosendal. Gatan är exponerad mot syd det vill säga att fasaden är riktad mot norr och det öppna naturområdet är riktad mot söder vilket medför att gatan är solexponerad en stor del av dagen. Gatan är till stor del uppbyggd med hårdgjort material, som gatans markbeläggning och intilliggande husfasader. Dessa förhållanden gällande läge på byggnad och grönyta kommer gälla för området som redan är bebyggt och kommer gälla för det som ska byggas, se figur 1 (detaljplan). Enligt Sjöman och Slagstedt (2015a, s.168) kan platser som dessa kategoriseras som ”hårdgjord stadsmiljö, Full sol”. Kännetecknande för hårdgjorda stadsmiljöer i full sol är dess värmelagrande kapacitet, materialet värms upp under dagen och släpper under natten den lagrade energin. Detta medför att platsen har en betydligt högre värmelagrande kapacitet jämfört med park- och naturmiljöer där transpiration av växter medför lägre värmelagrande kapacitet. Vattnets infiltration i marken minskar även drastiskt på platser som dessa eftersom vatten i hög grad leds mot dagvattenbrunnar och dräneras runt byggnaders fasader (Sjöman & Slagstedt 2015a, s.167–168).

Stor variation i markförhållanden råder ofta vid plantering av gatuträd. Markförberedelser för väg- och gatukonstruktioner samt konstruktionen av intilliggande byggnader kan leda till att träd som står nära varandra har helt olika förutsättningar att nå ut med sina rötter beroende på om marken har kompakterats vid anläggning (Sjöman & Slagstedt 2015a, s.168–169). För att hitta träd som trivs i denna typ av miljö kan naturen vägleda. Den soliga stadsgatumiljön efterliknar i många fall branta, solexponerade backar vända mot syd, där luftfuktigheten är låg och markförhållanden är torra (Sjöman et al. 2012). I undersökningsområdet (längs östra delen av Betty Petterssons gata) är ett flertal gatuträd planterade. Bland annat kentuckykaffe (*Gymnocladus dioica*) och robinia (*Robinia pseudoacacia*). Träden var vid undersökningstillfället unga och fortfarande små, då de planterades 2020.

2.3 Artval i gatumiljö

10-20-30 regeln är ett riktmärke för att uppnå artdiversitet i urbana trädbestånd. Regeln hänvisar till att det inte skall planteras mer än 10% av samma art, 20% av samma släkte och 30% av samma familj (Simons & Hauer 2014 se Santamour 1990). I *5-10-15 regeln* är reglerna detsamma, men procentsatserna har halverats vilket kan vara användbart på platser där det finns ett större antal arter som fungerar, medan det i kalla klimat eller tuffa ståndorter kan vara mer lämpligt med *10-20-30 regeln* eftersom artvalet blir begränsat (Nässlander 2022). För att uppnå

en artfördelning som följer dessa regler behövs det ett flertal trädarter som klarar de tuffa förhållanden som råder i varma hårdgjorda miljöer, och som samtidigt är resistenta mot skadedjur och sjukdomar som alltmer är problematiskt för inhemskt växtmaterial. Utifrån denna premiss kan exotiska, utländska arter hjälpa till att nå en tillräcklig diversitet av arter, släkten och familjer i gatumiljö (Sjöman och Slagsted 2015a, s.162).

En annan aspekt att diskutera vid val av art i gatumiljö är ifall det finns risk för invasivitet, speciellt vid plantering av exotiskt växtmaterial. Ett invasivt träd kategoriseras som ett träd som producerar avkomma långt bort från sin växtplats och ofta i stora volymer (Richardson et al. 2000) och som vid spridning riskerar att negativt påverka inhemska arter (Naturvårdsverket 2022).

Andra perspektiv att beakta vid val av arter i gatumiljö är ifall de har kvalitéer som anses oattraktiva på allmänna ytor eller som på annat vis ses som opassande för en gatumiljö. Bland dessa oönskade kvalitéer finns det arter med hög fruktsättning som är associerade med höga skötselkostnader (Liu och Slick 2022). Skötselkostnader stiger ifall de fruktsättande träden har sin krona över hårdgjorda material. När trädet släpper kladdig frukt behöver det avlägsnas från marken för att inte utgöra en fara för halka (Barker 1986). Det finns även arter som är mer benägna att drabbas av skadegörare. Ett exempel på det är parklind (*Tilia x europaea*) som lätt angrips av bladlöss på tuffa och torra ståndorter, som i varma stadsmiljöer (Eplanta u.å). Dessa bladlöss producerar honungsdagg vilket kan göra intilliggande markbeläggning och möbler otrevliga och klistriga. Aggressiv rotutveckling i gatumiljö kan lyfta markbeläggning. Några faktorer som ökar potentialen för lyftning är plantering av snabbväxande träd, små växtbäddar och plantering av träd som är stora vid full utveckling (Randrup et al. 2001). Slutligen bör de heller inte vara i stor risk av att drabbas av växtsjukdomar som riskerar den framtida utvecklingen och överlevnaden av trädet.

3. Material och metod

Valet av metoder grundar sig i att ge ett utförligt och nyanserat resultat. Att välja att göra en platsanalys gör att syftet kan uppnås då resultatet visar de exakta omständigheterna på Betty Pettersons gata på en varm sommardag. Olika värdefulla resultat från platsanalysen som hjälper till att besvara syftet är exempelvis mikroklimatet på platsen, mängden skugga från träd och olika materials påverkan på temperatur beroende på dess albedo. När det kommer till urvalsprocessen för trädförslagen är utgångspunkten att ge ett resultat gällande maximering av temperaturreglerande effekten av gatuträd, samtidigt som dem ska trivas på ståndorten och inte ha oönskade kvalitéer. Därigenom kommer trädförslagen vara applicerbara för den västra delen av Betty Petterssons gata. Trädförslagen är arter som vi anser kommer passa på den västra delen av gatan och maximera regleringen av lokalklimatet genom effekten av skugga. Genom detta svara vi på syftet att hitta trädarter som maximerar effekten av ekosystemtjänsten *reglerande av lokalklimat*.

3.1 Platsanalys:

Platsanalysen bestod av att mäta temperaturen på utvalda punkter (se *val av mätpunkter*, sida 20) av fasader och markbeläggningar på den östra delen av Betty Petterssons gata (se figur 1). Undersökningsområdet valdes på grund av dess närhet till den västra delen av gatan, sydexponerade riktning och angränsning till parkmiljö. Den västra delens av undersökningsområdet har ett snarlikt lokalklimat men är mer öppen och således mer solexponerad vilket kan medföra ännu högre temperaturer. Temperaturmätningen på östra delen genomfördes för att undersöka temperaturen av lokalklimatet på Betty Petterssons gata och för att understryka vikten av temperaturreglering på den västra delen av gatan, när den byggs.

Plats:

Betty Pettersons gata i Uppsala, Sverige. Koordinater 59°50'13.4"N 17°38'09.6"E.

Datum och väder:

Mätningarna valdes att utföras den 30/7/24 då det var en varm och solig dag. En sådan dag valdes på grund av att potentialen för skillnad mellan lufttemperaturen och temperaturen på hårda material då är som störst. Enligt SMHI är temperaturen 24 grader i luften med en byvind på 3 m/sek, klockan 12:17.

Mätningarna i undersökningen genomfördes under 1 dag.

Mättningsredskap: IR-Termometer "IR-810".

En IR-Termometer är ett instrument som används till att mäta temperaturer på ytor via omvandling av mängden detekterad infraröd strålning (ScienceDirect u.å).

Val av mätpunkter:

Mätpunkter valdes ut för att jämföra temperaturer mellan skuggade och fullt solbelysta delar av fasader, som var i olika material, samt olika typer av markbeläggningar i anslutning till byggnader. För att påbörja mätningen identifierades en plats där det förekom både full sol och trädskugga.

Undersökningsområdet bestod av östra delen av Betty

Pettersons gata i Rosendal, Uppsala.

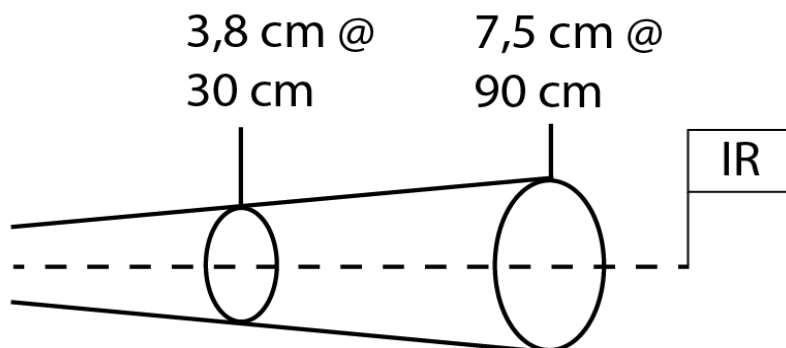


Figur 2: Karta över norra Rosendal, Uppsala med undersökningsområdet och den västra delen av Betty Petterssons gata markerat. Min karta © Lantmäteriet

Mätprocedur:

Baserat på ett av de rekommenderade avstånden i mätinstrumentets manual utförs samtliga mätningar med ett avstånd av 90 cm från mätningspunkten. Detta så att mätningspunkten ger ett representativt resultat på temperaturen av ytan. Avståndet säkerställs med hjälp av en måttstock. Förhållandet mellan avståndet från mätpunkten och uppmätt diameter är 12:1, vilket innebär att diametern av uppmätt punkt alltid är 7,5 cm. I nedanstående figur förklaras detta förhållande.

$$D:S = 12:1$$



Figur 3: Illustration av IR-Termometerns optiska förhållanden (Frederick Amrén 2025, baserat på manualen för IR-Termometer IR-810)

Eftersom mätinstrumentet skall kalibreras till lufttemperaturen placeras den i skuggigt läge innan mätningen påbörjas och för att säkerställa att alla mätpunkter har samma förhållanden sker mätningarna mot vägg i axelhöjd (170 cm), och mot mark sker de 90 cm ovanför.

Vid varje punkt mäts temperaturen under 10 sekunder för att säkerställa att mätinstrumentet har registrerat temperaturen korrekt, samt att alla uppmätta ytor skall få samma förutsättningar.

Mätpunkter mot fasad benämns med prefix: **F** och mätpunkter mot mark benämns med prefix: **M**

Genomförande av temperaturmätning:

Innan genomförandet av temperaturmätningen påbörjades lokaliserades mätpunkter som var solexponerade och skuggade. Punkterna valdes även ut för att de skilde sig åt gällande färg, material och vart på gatan de var placerade.

Temperaturmätningen startade klockan 12:33 med mätning av punkt F1. Därefter, i kronologisk ordning fortsatte mätningarna av punkt F2-F6 med sluttid 12:57.

Den sista mätpunkten mot fasad, mätpunkt F7 genomfördes på en annan, intilliggande byggnad. Detta för att få en bild över effekten som en kontinuerlig skugga har på en fasads temperatur. Här skuggade de högvuxna träderna från den

intilliggande parken fasaden i större utsträckning och skapade halvsugga på platsen. Mät punkt F7 registrerades klockan 13:17.

Klockan 13:27 inleddes mätningarna mot mark. Intill den första byggnaden, där mät punkt F1-F6 genomfördes skedde mätningarna av punkterna M1–M8 med en starttid på 13:27 och en sluttid på 13:36. Därefter genomfördes mätningarna av punkterna M9-M12 en bit ned på gatan. Den sista mätpunkten registrerades klockan 13:54.

Lufttemperaturen kontrollerades ständigt och höll sig konstant vid 24 grader under mätningens gång.

3.2 Urvalskriterier för gatuträden

Geografiskt valde vi att fokusera på artval för mellersta och södra Sverige, zon 1–3 utifrån de svenska växtzonerna. Detta eftersom utmaningarna gällande urbana värmeöar och trädens varma och torra ståndort är extra påtagligt i dessa områden. Växtzoner i Sverige utanför detta spann har generellt svalare somrar vilket medför andra förutsättningar för träd i hårdgjorda miljöer, full sol.

Valen av träd baseras på att deras rötter har möjlighet att nå ut till kringliggande mark. Detta eftersom utgångspunkten för trädförslagen baseras på att de trivs och har möjlighet att utvecklas på ståndorten.

För trädvalen har endast krontäthet under sommartid tagits i åtanke. Bladutspring, som påverkar när på året träden faller ut sina löv, eller grentäthet, som påverkar vinterskuggning har inte heller tagits i åtanke. Slutligen har krav på etableringsskötsel varit utanför ramarna för detta arbete.

För att göra valen av de träd som kommer maximera ekosystemtjänsten reglerande av lokalklimat valde vi att skapa en utsållningsprocess med olika kriterier. Målet med denna utsållningsprocess är att få fram arter som maximerar reglering av lokalklimat genom sin täta krona och som är applicerbara på Betty Petterssons gata samt andra liknande gator i mellersta och södra Sverige. För att listan skall resultera i rimliga trädförslag har vi tagit fram tre steg som sällar ut arter.

För att komma fram till kriterierna för utsållningsprocessen tog vi först inspiration från exempellistan ”exempel på arter i stadsmiljö, full sol” I boken *Träd i urbana landskap* av Sjöman och Slagstedt (2015a). Därefter undersökte vi med hjälp av boken *Stadsträdslexikon* av Sjöman och Slagstedt (2015b) vilka träd från

exempellistan som passade i svenska växtzonen 1–3. I böckerna *Stadsträdslexikon av Sjöman och Slagstedt* (2015b) och *The essential tree selection guide av Sjöman och Anderson* (2023) fanns mer detaljerade information om arterna. Information om önskade kvalitéer som några av arterna besatt gav oss inspiration till att använda det som nästa utsållningskriterie. Information om alla trädens krontäthet saknades från boken *Träd i urbana landskap Sjöman och Slagstedt* (2015b) därför behövdes egna bedömningar utifrån bilder samt jämförelser utifrån Stångbys sortimentsbeskrivningar (Stångby 2023).

I stora delar av vårt tillvägagångssätt gällande vår urvalsprocess har vi nästan uteslutande använt oss utav två böcker. Författarna till litteraturen *Stadsträdslexikon* och *Träd i urbana landskap* är väl etablerade i Europa när det kommer till kunskap om träd. Informationen i litteraturen är en sammanställning av information från olika personer, alltså en antologi, som sedan är sammanställd av författarna. Nackdelen med att en stor del av informationen kommer från två böcker är att det blir ett begränsat perspektiv, som kan leda till att resultatet tappas trovärdighet. Böckerna är inte heller nypublicerade vilket kan medföra att viss information är utdaterad. Fördelarna med att grunda våra trädförslag i dessa böcker är att de lyfter ett nordiskt perspektiv. Även om det bara är två böcker så finns det upp mot 10 medförfattare med olika bakgrund i olika ämnen. Enligt oss är det även väletablerade, utbildade medförfattare med god kunskap. Med alla dessa medskribenter blir valet att fokusera på dessa två källor mer välgrundat och det blir ej ett begränsat perspektiv.

Nedan följer stegen för trädvalen:

Steg 1: Ståndort & växtzon

Först sorterades de träd som inte fungerade på den valda ståndorten ut, det vill säga de som inte trivs i hårdgjord stadsmiljö i full sol, informationen togs från tabell 2.4 i boken *Träd i urbana landskap* (Sjöman & Slagstedt 2015a) där det fanns en lista på de träd som klarar den valda ståndorten. Vi sorterade även ut de träd som inte klarar växtzon 3, för att göra det läste vi information från boken *Stadsträdslexikon* (Sjöman & Slagstedt 2015b).

Steg 2: Önskade kvalitéer

Där efter sållades träd som hade önskade kvalitéer ut så som fruktsättning, risk för invasivitet, aggressiv rotutveckling, känslighet mot föroreningar och utrymmeskrävande för gatumiljöer. Informationen om de önskade kvalitéerna inhämtades från boken *Stadsträdslexikon* (Sjöman & Slagstedt 2015b).

Steg 3: Krontäthet

I steg tre granskades arterna utifrån deras krontäthet, varav de arterna med tätast krona ingick i det slutgiltiga resultatet. Resultatet baserades dels på tabell 3.3 i boken *Träd i urbana landskap* (Sjöman & Slagstedt 2015a), där en sammanställning av olika lövträds uppskattade bladmassa sommartid presenterades. Värdena i tabellen angavs som *gles*, *medium* och *tät*. Då alla träd inte fanns med i tabellen, tolkades krontätheten utifrån kompletterande information från *Stadsträdslexikon* (Sjöman & Slagstedt 2015b) och *Stångbys sortimentbeskrivningar* (Stångby 2023). För att säkerställa en enhetlig klassificering jämfördes våra egna bedömningar av krontäthet med informationen från tabell 3.3 i boken *Träd i urbana landskap* (Sjöman & Slagstedt 2015a) och anpassades till samma gradsystem.

Tabell 3.3 bygger på uppskattad bladmassa sommartid, uppskattning av trädens krontäthet har även skett när det kommer till kompletterande information av oss. Konsekvenserna av att vi endast har uppskattat krontätheten är att det finns en risk för felbedömningar samt en minskad precision. Fördelen är att vi har kunnat bygga en struktur som följer samma gradsystem, detta leder i sin tur till att vi har kunnat skapa en översiktligt bild för att identifiera trender och mönster. Vi har även möjliggjort jämförelse mellan olika arter då samma system används konsekvent genom metoden.

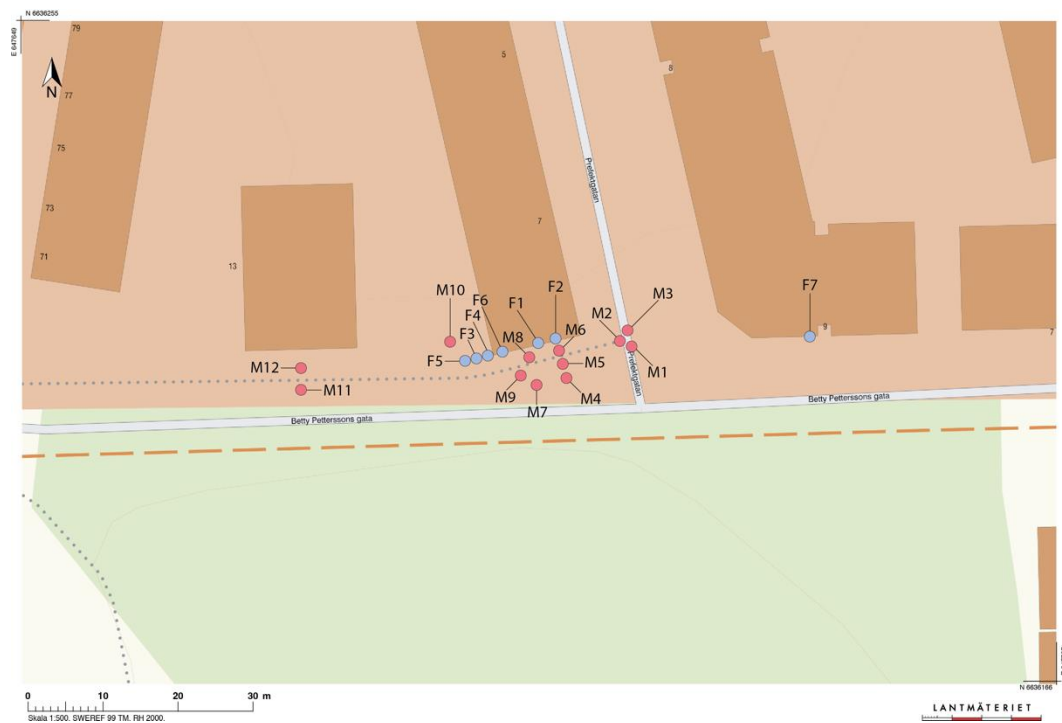
Träden måste överleva på platsen, vilket är grund för steg 1. I steg 2 sällas arter ut, som av olika anledningar inte passar i stadsmiljö. Vi valde detta steg för att träden inte skall vara problematiska i gatumiljö, för oss var det viktigt att träden inte bara var anpassade till ståndorten utan arterna skall också fungera väl i gatumiljö. Därför har parametrarna i steg 2 valts ut för att inte plantera träd som står i konflikt med gatumiljöns funktioner. Slutligen, valde vi att i steg 3 sälla ut träd som inte har en tät krona, då den temperaturreducerande effekten av träd är störst när tätheten av krona är ledande.

Valet av ordning föll sig naturligt när vi började fundera på hur vi skulle gå till väga med vår utsållningsprocess. För oss var det viktigt att träden skulle vara anpassade till gatumiljö för att kunna ge realistiska trädförslag. Ett träd som inte överlever på platsen ger ingen skugga men ett träd som överlever på platsen bidrar med skugga. Därför valde vi att börja med steg 1, ståndort & växtzon, för att sälla bort de träd som inte fungerar på platsen. Eftersom listan med trädarter från tabell 2.4 i boken *Träd i urbana landskap* (Sjöman & Slagstedt 2015a) är framtagna för träd i stadsmiljö ville vi med tanke på syftet också anpassa dessa träd till gatumiljö. Därför valde vi att sälla ut träd med önskade kvalitéer som steg 2.

Eftersom syftet med metoden är att hitta träd med tätast krona kan man argumentera för att utsållningsprocessen sker i fel ordning. Det hade varit en variant att göra steg 2 och 3 i omvänd ordning. Ifall vi hade gjort på detta vis, det vill säga att man först kollar på täthet på krona och sist kollar på oönskade kvalitéer hade kanske resultatet sätt annorlunda ut. Det går att argumentera för att de oönskade kvalitéerna kan förbises om trädet annars reglerar lokalklimatet väl. Ett exempel på det är att vi nu har sållat bort träd som är känsliga för förorenade miljöer men föroreningen på gatan är inte kartlagd, det vi har utgått ifrån är att vi har tagit det säkra för det osäkra. Risken som följer denna ordning som vi har valt för denna metod är att vi går miste om träd som annars trivts på platsen och reglerat lokalklimatet.

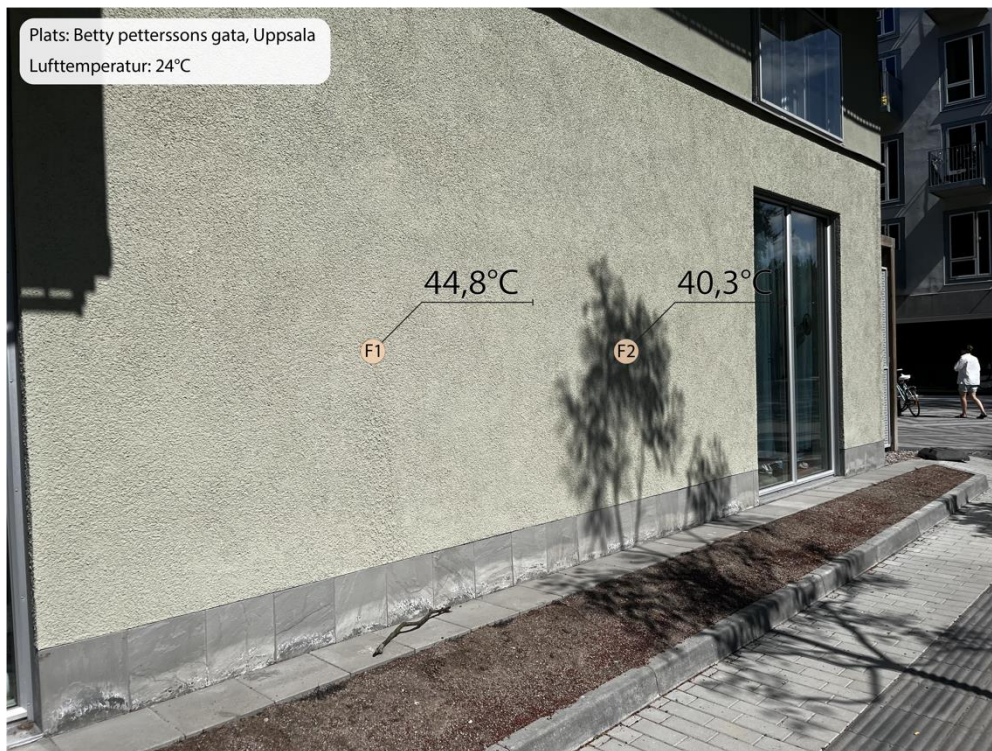
4. Resultat

I följande avsnitt redovisas, kommenteras och relateras resultat för platsanalysens temperaturmätningar och det slutgiltiga trädförslagen för vår valda ståndort med syfte att maximera reglerande av lokalklimat.



Figur 4: Mätpunkter utplacerade på en karta över Betty Petterssons gata Min karta © Lantmäteriet

4.1 Temperaturmätning vid undersökningsområdet



Figur 5: På bilden syns en fasad i putsad betong. Här syns mätningen av temperaturen på mätpunkterna F1-F2. Där F1 är solexponerad och F2 är skuggad.

Resultatet av mätningen på husfasaden i figur 5 visade att den del av fasaden som var skuggad av trädet (mätpunkt F2) hade 4,5°C lägre uppmätt temperatur än den solexponerade delen av fasaden (mätpunkt F1). På bilden ser man skuggan från ett relativt litet träd av arten kentuckykaffe (*Gymnocladus dioicus*), skuggan på husfasaden är till ytan liten och ger på grund av sin unga ålder en skir skugga. Temperaturskillnaden är jämfört med nästkommande bilder inte särskilt stor, detta kan bero på att skuggan är liten vilket gör att fasadens till största del under dagen är i full sol. Då trädet är litet och trädkronan inte är bred blir det en kortare period med skugga på mätpunkten när skuggan vandrar längs med husväggens fasad under dagen.



Figur 6: På bilden syns olika material och dess uppmätta temperaturer. Punkt F3 är mot grönska, punkt F4 mot metall, punkt F5 mot trä och punkt F6 mot fasad i betong.

I figur 6 uppmättes stora skillnader i uppmätt temperatur beroende på material. Mät punkt F3 hade lägst temperatur (24°C), följt av mät punkt F4 (29,4°C), F5 (36,1°C) och F6 (48,4°C). Skillnaden mellan mät punkt F3 och mät punkt F6 var 24,4°C. I bilden kan man se att mätpunkten på fasaden (F6) är betydligt varmare jämfört med resterande mätpunkter med andra material och färg. Utifrån detta kan vi dra slutsatsen av att husfasaden i putsad betong är i ett större behov av skuggning jämfört med den vita metallen (F4), växtmaterial (F3) och ramen av trä (F5) just på denna plats.



Figur 7: Bilden visar resultatet från temperaturmätningen av mätpunkten F7. Här syns en större, mer kontinuerlig skugga som skuggar den polerade betongfasaden.

I figur 7, där den polerade betongfasaden skuggas av intilliggande parkmark uppmättes en temperatur på 26°C. Om man jämför siffrorna gällande temperatur på fasad i mätpunkterna i föregående figurer (F1 och F6) med mätpunkten F7 i denna figur kan man se stora skillnader i temperatur. På mätpunkt F1 i figur 5 kan man se att den lilla skuggan gav en temperatur på fasaden uppmätt till 40,3°C, jämför man detta med mätpunkt F7 på denna figur kan man se effekten av att ha en större skugga som skuggar mätpunkten under en längre tid. Utifrån dessa resultat kan det skilja upp mot 14,3°C när jämförelse görs mellan effekten av en liten skugga på fasad och effekten av en stor skugga på fasad. Resultatet visar även att det är en skillnad på 22,4 °C mellan fasad som inte alls är skuggad (F6 figur 6) och fasad som har stor skugga större tid av dagen (F7).



Figur 8: Bilden visar resultatet från temperaturmätningen av mätpunkterna M1-M3. Där M1 är mätt mot grus, M2 mot en vit valpunktsplatta och M3 mot mörk asfalt.

De tre mätpunkter mot markmaterial i figur 8 visade en uppmätt temperatur på 31,7°C för mätpunkt M1, 26,1°C för mätpunkt M2 och 39,5°C för mätpunkt M3. Den största skillnaden i uppmätt temperatur var mellan mätpunkterna M2 och M3 där skillnaden var 13,4°C. Temperaturskillnaderna i figuren ovan syns kopplingen mellan värme på ytor med albedo. Mätpunkt M3 på svart asfalt har jämfört med resterande mätpunkter ett lågt albedo. Den vita valpunkts-plattan har ett högt albedo medan gruset har ett albedo på någonstans mitt emellan med sin gråa färg. Kopplingen mellan olika materials albedo och temperaturen på mätpunkterna blir tydlig här. Man kan se att det mörkaste materialet (M3) har högst ytemperatur och att det ljusaste materialet (M2) har lägst ytemperatur.



Figur 9: Bilden visar resultatet från temperaturmätningen av mätpunkterna M4-M6. M4 och M5 är mätta i skugga, medan M6 är mätt i full sol.

De tre mätpunkter mot markmaterial i figur 9 visade en uppmätt temperatur på 23,4°C för mätpunkt M4, 26,7°C för mätpunkt M5 och 59,8°C för mätpunkt M6. Arterna som ger skuggan är kentuckykaffe (*Gymnocladus dioica*). Den största skillnaden i uppmätt temperatur var mellan mätpunkterna M4 och M6 där skillnaden var 36,4°C. Resultatet från denna mätning tillsammans med figur 10 stärker ytterligare effekten av skugga och dess värmereglerande effekter. Mätpunkt M5 (ledstråket) har en temperatur på 26,7°C och ligger i skugga, om jämförelse med samma markmaterial fast med full sol i figur 10, M9 syns det en skillnad mellan skugga och sol på 11,4°C. Samma sak gäller för mätpunkt M4 i figuren ovan och mätpunkt M7 i figur 10. Även där syns en stor skillnad gällande temperatur på samma markmaterial kontra sol kontra skugga, med en skillnad på 13,7°C.



Figur 10: Bilden visar resultatet från temperaturmätningen av mätpunkterna M7-M9. M7 och M9 är mätta i full sol, medan M8 är mätt i skugga.

De tre mätpunkter mot markmaterial i figur 10 visade en uppmätt temperatur på 37,1°C för mätpunkt M7, 38,5°C för mätpunkt M8 och 38,1°C för mätpunkt M9. Den största skillnaden i uppmätt temperatur var mellan mätpunkterna M7 och M8 där skillnaden var 1,4°C. För att ytterligare stärka resultatet gällande olika markmaterials albedo och dess förmåga att ta till sig värme kan figuren ovan studeras. Här syns det tydlig hur det mörkare markmaterialet har en högre yttemperatur jämfört med den ljusare markbeläggningen.



Figur 11: Bilden visar resultatet från temperaturmätningen av mätpunkten M10. Mätpunkten M10 är på det organiska materialet gräs, i fullsol.

I figur 11 visas den uppmätta temperaturen av mätpunkt M10, där gräset uppmättes till en temperatur av 33,1°C. Denna temperatur är lägre jämfört med alla markmaterial förutom den vita plattan i figur 8. Det visar på att även fast gräs är en yta av vegetation har ett vitt hårdgjort material en kallare yttemperatur. Även fast gräsmattan i figur 11 har ett högt albedo har den en relativ låg yttemperatur i jämförelse med de andra mätpunkterna mot mark. Detta kan bero på processen av evapotranspiration som hjälper till att kyla ner luften i dess direkta anknytning.



Figur 12: Bilden visar resultatet från temperaturmätningen av mätpunkterna M11-M12. Båda mätpunkterna visar temperaturen i skuggat läge med två olika typer av material

De två mätpunkter mot markmaterial i figur 12 visade en uppmätt temperatur på 27,7°C för mätpunkt M11, 27°C för mätpunkt M12. Arterna som ger skuggan är robinia (*Robinia pseudoacacia*) och skillnaden i uppmätt temperatur mellan mätpunkterna M11 och M12 var 0,7°C. Till skillnad från mättningspunkt M4 och M5 var temperaturen för båda markmaterialen högre. Skillnaden i temperatur mellan de skuggade materialen uppmättes till 4,3°C mellan mätpunkt M4 och M11. Medan skillnaden i temperatur mellan M5 och M12 var 0,3°C. Detta kan bero på att trädskuggan nyligen förflyttat sig över markmaterial vilket visar på vikten av en stor, tät och bred krona.

4.2 Steg 1: Ståndort & växtzon

Ur litteraturen *Träd i urbana landskap* av Sjöman & Slagsted (2015a) har vi använt oss av tabell 2.4 för att se vilka träd som klarar vår valda ståndort. Och utifrån denna tabell har vi med hjälp av *Stadsträdslexikon* av Sjöman & Slagstedt (2015b) gjort ett urval av de träd som klarar växtzon 1–3. Alla växter i steg 2 klarar därmed den hårdgjorda urbana ståndorten och trivs i växtzon 1–3 och är de arter som visas i tabell 1.

4.3 Steg 2: Öönskade kvalitéer

I nedanstående tabell rödmärkas arter med öönskade kvalitéer i stadsmiljö. Öönskade kvalitéer inkluderar fruktsättning, risk för invasivitet, aggressiv rotutveckling, känslighet mot föroreningar och ett för stort krav på utrymme i gatumiljö. Informationen om arternas öönskade kvalitéer inhämtades från boken *Stadsträdslexikon* (Sjöman & Slagstedt 2015b). Dessa arter försvinner ur urvalsprocessen och går inte vidare till nästa steg.

De gulmarkerade arterna, det vill säga arterna som trycker upp markbeläggning är gula på grund av att de har en öönskad kvalité som kan åtgärdas på ett relativt enkelt sätt med tekniska lösningar. Vi anser att dess reglerande av lokalklimat överväger de negativa konsekvenserna av upptryckning av markbeläggning.

Tabell 1: Öönskade kvalitéer i stads- och gatumiljö inkluderar aggressiv rotutveckling, stor fruktsättning eller känslighet mot föroreningar. Tabellen tolkas på information från Stadsträdslexikon (Sjöman och Slagstedt 2015b).

Art	Svenskt namn	Öönskade kvalitéer i stadsmiljö.
<i>Acer campestre</i>	Naverlön	Nej
<i>Acer x zoeschense</i>	Dansk lön	Nej
<i>Cornus mas</i>	Körsbärskornell	Ja, frukt
<i>Crataegus x lavalleyi</i>	Glanshagtorn	Ja, frukt
<i>Crataegus x persimilis</i>	Sylhagtorn	Ja, frukt
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	Smalbladig silverbuske	Nej
<i>Fraxinus ornus</i>	Manna-ask	Nej
<i>Ginkgo biloba</i>	Ginkgo	Ja, frukt
<i>Koelreuteria paniculata</i>	Kinesträd	Nej
<i>Morus alba</i>	Vitt mullbär	Ja, frukt och frostkänslighet
<i>Pinus heldreichii</i>	Ormskinnstall	Nej
<i>Pinus nigra</i>	Svarttall	Ja, trycker upp markbeläggning
<i>Platanus x hispanica</i>	Hybridplatan	Ja, trycker upp markbeläggning
<i>Prunus x eminens</i> 'Umbraculifera'	Klotkörsbär	Ja, drabbas lätt av svamp, blom- och grentorka
<i>Prunus mahaleb</i>	Vejksel	Nej
<i>Pyrus communis</i>	Vanligt päron	Ja, Frukt
<i>Pyrus salicifolius</i>	Silverpäron	Nej
<i>Quercus cerris</i>	Turkisk ek	Nej

Quercus frainetto	Ungersk ek	Nej
Quercus macranthera	Persisk ek	Ja, för utrymmeskrävande för gatumiljöer
Quercus petraea	Bergek	Nej
Robinia pseudoacacia	Robinia	Ja, lyfter lätt beläggningar och visar invasiva tendenser
Sorbus aria	Vitoxel	Nej
Sorbus intermedia	Oxel	Nej
Sorbus latifolia	Bergoxel	Nej
Sorbus x thuringiaca 'Fastigiata'	Rundoxel	Nej
Sorbus torminalis	Tyskoxel	Nej
Ulmus 'New Horizon'	Hybridalm	Nej
Ulmus parvifolia	Kinesisk alm	Nej
Ulmus 'Rebona'	Hybridalm	Nej
Zelkova serrata	Zelkova	Nej

4.4 Steg 3: Krontäthet

I nedanstående tabell (tabell 2) har de rödmarkerade arterna med oönskad kvalitet sällats bort. Tätheten av trädarternas kronuppbyggnad är huvudpunkten när det kommer till dess förmåga att ge skuggning och maximera ekosystemtjänsten reglerande av lokalklimat. Syftet med att skapa denna tabell är för att finna de trädarter som har tätast krona sommartid. Eftersom trädens skugga bidrar med upp till 80% av den nedkylande effekten är kronans täthet parametern vi utgår ifrån i nästa urval (Jiao et al. 2024). Resterande delen av nedkylningen kommer från evapotranspiration och en tätare krona ökar även denna nedkylande effekt (Jiao et al. 2024).

Tabell 2: Uppskattning av bladmassa sommartid baserat på tabell 3.3 i Träd i urbana landskap (Sjöman & Slagstedt 2015a), information i Stadsträdslexikon (Sjöman & Slagstedt 2015b) samt egna uppskattningar baserat på (Stångbys stortimentsbeskrivningar 2023)

Art	Svenskt namn	Bladmassa sommartid
Acer campestre	Naverlön	Medium
Acer x zoeschense	Dansk lön	Medium

Elaeagnus angustifolia	Smalbladig silverbuske	Gles
Fraxinus ornus	Manna-ask	Gles
Koelreuteria paniculata	Kinesträd	Tät
Pinus heldreichii	Ormskinnstall	Gles
Pinus nigra	Svarttall	Medium
Platanus x hispanica	Hybridplatan	Tät
Prunus mahaleb	Vejksel	Gles
Pyrus salicifolius	Silverpäron	Medium
Quercus cerris	Turkisk ek	Medium
Quercus frainetto	Ungersk ek	Medium
Quercus petraea	Bergek	Medium
Sorbus aria	Vitoxel	Tät
Sorbus intermedia	Oxel	Tät
Sorbus latifolia	Bergoxel	Medium
Sorbus x thuringiaca ´Fastigiata´	Rundoxel	Tät
Sorbus torminalis	Tyskoxel	Tät
Ulmus ´New Horizon´	Hybridalm	Tät
Ulmus parvifolia	Kinesisk alm	Medium
Ulmus ´Rebona´	Hybridalm	Gles
Zelkova serrata	Zelkova	Medium

4.4.1 Slutgiltiga trädförslag

För att maximera gatuträdens reglerande av lokalklimat valdes alla träd med tät krona ut som visas i nedanstående sju träd (tabell 3). Alla träden i de slutgiltiga trädförslaget kontrollerades att de trivs i hårdgjorda stadsmiljöer i full sol, samt att de klarar av växtzon 3. Sedan skedde urvalet utifrån kategorierna oönskade kvalitéer i stadsmiljö (tabell 1) och krontäthet (tabell 2).

Tabell 3: Slutgiltigt trädförslag

Art	Svenskt namn	Bladmassa sommartid
Koelreuteria paniculata	Kinesträd	Tät
Platanus x hispanica	Hybridplatan	Tät
Sorbus aria	Vitoxel	Tät
Sorbus intermedia	Oxel	Tät
Sorbus x thuringiaca ´Fastigiata´	Rundoxel	Tät
Sorbus torminalis	Tyskoxel	Tät
Ulmus ´New Horizon´	Hybridalm	Tät

5. Diskussion

I detta kapitel diskuteras och analyseras de två resultaten av trädförslagen och temperaturmätningen. Vidare diskuteras metoden för inhämtning av material, vilket inkluderar dataunderlaget för temperaturmätningarna och trädförslaget. Sedan diskuteras andra nämnvärda aspekter av arbetet, bland annat frågor kring etik och hållbarhet, platsanalysen i relation till tidigare studier och diversitet i urbana trädbestånd. Avsnittet avslutas med ett antal förslag för vidare studier och en slutsats.

Summering av huvudresultat:

Temperaturen och mikroklimatet på Betty Petterssons gata i Uppsala mättes via temperaturmätningen under avsnitt 4.1. Den största temperaturskillnaden mellan samma markmaterial som var skuggad kontra solexponerad var mellan mätpunkt M6 och M8 där mättes till 21,3°C skillnad. Andra skillnader i temperatur visade att träden på gatan sänkte temperaturen på markbeläggning samt temperaturen på fasader. Mikroklimatet i gatumiljön blev därmed svalare vid de skuggade mätpunkterna än de solbelysta mätpunkterna av samma material.

Träden som valdes ut som resultat av vår undersökning för den valda platsen (tabell 3), som kategoriseras till ståndorten *hårdgjord gatumiljö med full sol*, och även har hög krontäthet för att maximera ekosystemtjänsten *reglerande av lokalklimat* är i bokstavsordning: *Koelreuteria paniculata* – kinesträd, *Platanus x hispanica* – hybridplatan, *Sorbus aria* – vitoxel, *Sorbus intermedia* – oxel, *Sorbus x thuringiaca 'Fastigiata'* – rundoxel, *Sorbus torminalis* – tyskoxel och *Ulmus 'New Horizon'* – hybridalm.

Via urvalsprocesserna har trädförslag för den västra delen av Betty Petterssons gata tagits fram, som även kan appliceras på andra, liknande gator i Sverige. Platsanalysen, med stöd av inhämtad forskning visar på effekten av gatuträds reglerande av lokalklimat.

Metoddiskussion

Urvalet av trädarter bygger på förmåga att reglera lokalklimat. Hade även andra ekosystemtjänster, så som de kulturella, stödjande, försörjande och resterande av de reglerande ekosystemtjänsterna tagits med hade andra arter kunnat bli aktuella. Vi har inte heller tagit hänsyn till dess lämplighet för gatuplantering avseende etableringsskötsel, frihöjdsbeskränkning eller tillväxttakt. Trädförslagen grundar sig

i dess temperaturreglerande prestation när de inte längre är juvenila, dock inte dess grentäthet, vilket är en indikation på trädens skuggning vintertid. Sommartid är den kylande effekten av träd viktig medan den värmande effekten av solstrålning är viktig vintertid.

Resultatet av temperaturmätningen grundar sig endast i mätningar som skedde den 30/7/24, alltså på sommaren och endast under en dag. Resultatet och skillnaden i temperatur kan således, och troligtvis varit annorlunda om mätningen ägde rum under andra lufttemperaturer, vindhastigheter, molnighet, val av utrustning och mätavstånd. Temperaturmätningens metod fungerade väl över en dag. Eftersom mätningarna endast skedde under en dag återstår frågetecken över hur lokalklimatet ser ut på morgon, eftermiddag och kväll. Även i ett större perspektiv - hur ser det ut under olika månader och årstider?

Metoden för trädförslagen fungerade väl för att få fram ett urval som kan passa på platsen avseende reglerande av lokalklimat. Dock tar den endast i hänsyn ett par aspekter och lämnar andra viktiga utanför exempelvis salt eller vindtålighet. Ekosystemtjänster som inte fick plats inom ramen för arbetet är fortsatt viktiga att ta i hänsyn vid val av träd i stadsmiljö. Speciellt med tanke på att det ofta sker trädplanteringar som naturbaserade lösningar i städer, exempelvis i kombination med ett lokalt omhändertagande av dagvatten, något som är särskilt vanligt vid nybyggen. Urvalen bygger i stor del på information inhämtat från böckerna *Träd i urbana landskap* (Sjöman & Slagstedt 2015a) och *Stadsträdslexikon* (Sjöman & Slagstedt 2015b). Böckerna är 10 år gamla, och andra lämpliga trädarter kan ha tagits fram genom genetiska mutationer eller inhämtning av träd från andra provenienser mer lämpade för ståndorten på gatan.

Insikter & kopplingar

Den största nya kunskapen som inhämtats från arbetet är vilken temperaturreglering som de planterade träden på Betty Petterssons gata i Uppsala bidrar med under en varm sommardag. Det visar att även små gatuträd bidrar med skuggning och därmed reglering av lokalklimat. Nämnvärt är att den skuggande effekten av träden kommer öka i takt med dess tillväxt, som därmed ökar dess reglering av lokalklimatet. (Jiao et al. 2024) och (Turner et al. 2023) presenterar att trädens storlek påverkar effekten av reglerande av lokalklimat, ett större träd bidrar med en större kylande effekt. Kopplingen till detta kan även dras till vår egen platsanalys där vi ser att träd med större krontäckningsgrad ger en kallare

yttemperatur jämfört med ett mindre träd då ett större träd ger en bredare och mer kontinuerlig skugga.

Hållbar utveckling och etik

Eftersom gatuträd bidrar med en rad olika ekosystemtjänster som förbättrar samhällets resiliens, hälsofrämjande egenskaper och erbjuder habitat och resurser som främjar den biologiska mångfalden bör projektering av träd ses som centralt vid planering av områden. Det finns argument för att stads- och gatuträd bör planteras, speciellt på varma solexponerade miljöer som grundar sig i etiska argument (European Environment Agency 2023). Dessa etiska argument är att alla ska ha rätt, oavsett rörelseförmåga till närliggande skugga. Denna skugga bör även finnas på gator där personer är i rörelse. En skuggad gata under en varm dag gör att risken för hälsofarlig överhettning blir mindre, något som är särskilt viktigt för barn och äldre. (Boverket 2019) Många kommuner har riktlinjer som säger att alla bör ha en rätt att vara nära en miljö med gröna inslag då de hälsofrämjande aspekterna bör vara lika fördelade mellan alla i samhället oavsett boendeform eller livssituation (Boverket 2023). En sammanlänkning mellan etiska och ekologiska perspektiv är att även andra arter än människan skall få livsrum i urbana miljöer. Detta kan gatuträd bidra med, exempelvis med deras produktion av mat och habitat för en rad olika arter (Naturvårdsverket 2024).

Diversitet i urbana trädbestånd

I boken *Träd i urbana landskap* (Sjöman & Slagstedt 2015a) argumenteras det för att ett hållbart trädbestånd inte bara behöver arter som trivs på platsen, utan diversiteten av arter planterade i området behöver vara tillräckligt hög för att minska risken för att hela trädbestånd drabbas av skadegörare eller växtsjukdomar samtidigt. Fyra av sju träd, alltså mer än hälften av trädförslaget som presenterades under avsnitt 4.4.1 består av oxlar. Det innebär att ifall dessa arter skulle implementeras på en större region hade planeringen behövt vara uppmärksam vid projekteringen av träd. Detta för att skapa ett hållbart och mångfaldigt trädbestånd som följer reglerna 5-10-15 eller 10-20-30, populariserat av Santamour Simons & Hauer (2014) se Santamour (1990) och presenterat av Nässlander (2022) i artikeln *Träddiversitet, men hur mycket?*

En annan aspekt att tänka på är ifall oxlarna som planterats på platserna som är i störst behov av temperaturreglering drabbas av en omfattande växtsjukdom, som till exempel almsjukan som har slagit ut stora delar av de urbana almarna. Då finns det en risk för att alla temperaturreglerare på en plats försvinner samtidigt, vilket inte är något som går att återskapa eller åtgärda fort. Nässlander (2022) redogör ett flertal olika strategier för att uppnå trädbestånd med god diversitet, där

ett sätt att plantera för att minska risken för spridning av en eventuell sjukdom, och att uppnå en högre diversitet på enskilda områden är att plantera blandalléer, där trädraderna består av olika arter träd.

Vidare har andra aspekter med att ha en stor del oxlar i trädbeståndet inte beaktats. Exempelvis kvantifieringen av trädens andra producerade ekosystemtjänster samt dess kulturella, försörjande och stödjande ekosystemtjänster.

Mätningar jämfört med tidigare studier

En tydlig koppling mellan studierna vi har tagit upp och våra egna mätningar som kan dras är effekten av skugga på hårdgjorda ytor. Både våra egna mätningar och de studier som har gjorts världen över visar på att trädens skugga sänker temperaturen på ytor i gatumiljö. I Rahman et al. (2019) artikel beskrivs det hur lufttemperaturen kan sänkas med 0,5–5°C tack vare träd. Vår egen platsanalys visar att temperaturen kan sänkas i ytterligare större utsträckning, i vissa fall upp mot 14°C skillnad mellan skugga och full sol. Vidare i Rahman et al. (2019) text beskrivs det hur permanent skugga kan sänka temperaturen med 12–20°C, denna siffra är lik skillnaderna i temperatur från våra egna mätningar mellan mätpunkt F7 och F1 där F1 är i full sol och F7 i en mer permanent skugga. Utifrån vår egen undersökning visar detta en temperaturskillnad på 18,8°C. Här syns vikten av att ha skugga över större delen av dagen då det ger en bättre kylande effekt.

En ytterligare koppling som kan dras mellan tidigare studier och vår egen platsanalys är när det handlar om temperaturens genomsnitt över en geografisk yta. I forskningsartikeln från Ettinger et al. (2024) framförs det att medeltemperaturen sänks med 3,06 C med hjälp av stadsträd i amerikanska städer. I vår egen studie är den genomsnittliga temperatursänkande effekten av gatuträd 4,3 C. Dessa siffror är intressanta då dem är relativt snarlika, skillnaderna i undersökningarna är storleken på området som har studerats. Det är en mycket stor skillnad i mätningarnas utbredning av yta, USA kontra Betty Petterssons gata.

I vilken grad temperaturen förändras varierar mycket, men det man kan se är att trädskugga alltid sänker temperaturen på ytorna. Variationen i effekten av temperaturreglering påverkas bland annat som tidigare nämnt av geografiskt läge, i vilken storlek på geografisk yta man har gjort studien, typ av art med dess olika morfologiska egenskaper.

Effekten av skugga gällande energikonsumtion av bostäder

I rapporten *Effects of tree shading and transpiration on building cooling energy use* (Hsieh et al 2018) beskrivs det hur träd kan sänka energikonsumtionen i byggnader då trädens skugga avlastar kylsystem. Rapporten av Hsieh et al. (2018) utgår från staden Nanjing i Kina, en stad som har andra klimatförutsättningar jämfört med Sverige. På sommaren i Sverige behövs skuggan för våra svenska städer och på vintern när det blir ett kallare klimat behövs solstrålar i större utsträckning (Sjöman & Anderson 2023). Slutsatsen utifrån detta är att träden som vi valt ut kommer ge en bra skuggning för våra svenska gator på sommaren men träden kommer också ge skugga på vintern vilket kan leda till att klimatet på gatorna samt temperaturen i husen bli ännu kallare på vintern. Konsekvenserna av skuggningen vintertid kan komma att leda till att energikonsumtionen vintertid kommer bli högre jämfört med om det inte hade funnits några träd som gav skugga på platsen. I vilken utsträckning skugga kommer bli ett problem eller om det ens kommer bli ett problem vet vi inte då vi inte har tagit i beaktning täthet av krona vid trädvalet.

Olika hårdgjorda material och konsekvensen av skugga

I detta arbete har vi pratat mycket om skuggans effekt på de hårda materialen. Målet med trädförslagen vi har tagit fram och att studera information angående skuggans effekt på urbana miljöer gör vi för att man lättare ska kunna bygga en svalare gata. En annan viktig aspekt utöver detta är vad för hårdgjorda material som gatorna och omkringliggande bostäder är byggda med. För att skapa en svalare urban miljö är det viktigt att ha albedo i åtanke. Det norska polarinstitutet (u.å) förklarar i sitt faktablad att olika färger på material reflekterar olika mycket solenergi, vilket påverkar temperaturen på platsen. I platsanalysen kan man även se att det kan skilja upp mot 13°C i olika materials temperatur under en varm sommardag. I figur 8 kan man se att den svarta asfalten med lågt albedo har en temperatur på 39,5°C medan bara några decimeter bort, på den vita valpunksplattan med högt albedo är temperaturen 26,1°C. Detta visar att vikten av val av färg på hårdgjort material väger tungt när det kommer till temperaturreglering på en varm solexponerad gata.

Ett intressant resultat kopplat till valet av material är hur stor påverkan skuggan är på de olika materialen. När det kommer till det mörkgrå ledstråket så är temperaturen i sol (M9) 38,1°C och i skugga (M12) 27°C. Detta är en skillnad på 11,1°C kallare på materialet i skuggan jämfört med materialet i solen. Om man jämför detta med den ljusgråa markbeläggningen där temperaturen på material i sol (M7) är 37,1°C och i skugga där temperaturen är 27,7°C. Här ser vi endast en skillnad på 9,4°C kallare temperatur på materialet. Skillnaden i dessa material är

att dem har olika albedo, där det mörkgråa ledstråket jämfört med den ljusgråa markbeläggningen har ett lägre albedo, det vill säga är av en mörkare färg och absorberar mer av solenergin. Skuggans effekt på dessa material skiljer sig och detta visar att skuggans har en större temperaturreglerande effekt på det mörkare materialet jämfört med det ljusa.

Som tidigare nämnt så kommer det alltid i en stad finnas behov av olika material för att upprätthålla de krav som ställs så som tillgänglighet, hållbarhet och framkomlighet (Boverket 2021). För att uppnå dessa krav kommer det behövas olika material med olika färg och albedo vilket man kan se i figur 8 där de olika funktionerna av markmaterial har olika färg. Slutsatsen man kan dra är att trädens temperaturreglerande effekt kommer ha en bättre effekt på de material som är mörka. Men lägst temperatur fås i kombination med material som är ljusa, alltså med högt albedo vilket man även kan se i figur 9.

Framtidssäkra trädvalen

Mycket av materialet som vi har studerat är information som nu är över 10 år gammalt. I boken *Stadsträdslexikon* (Sjöman & Slagstedt 2015b) nämner de ofta under de olika trädarterna hur man arbetar med genetiska modifikationer för att anpassa dem till vårt svenska klimat. Nu, drygt 10 år senare kan det finnas arter som har fått genetiska modifikationer, eller insamling av växtmaterial från andra provenienser, vilket kan göra dem hårdigare i kallare klimat och högre växtzoner. Därmed skulle de arter som finns idag kunna vara bättre lämpade för gatumiljön jämfört med de trädförslag som vi har kommit fram till.

Den ökade klimatförändringen tillsammans med värmeöeffekten kan leda till att växtzonerna som finns idag kommer förändras över tid. Vi har nu valt att bara hålla oss till växtzon 1–3 när vi har gjort växtförslagen. För att framtidssäkra våra trädförslag gällande maximering av reglerande av lokalklimat skulle man kunna argumentera för att de arter som idag bara klarar upp till zon 3 skulle kunna fungera i zon 4a eller till och med högre växtzoner. Samtidigt som trädförslagen vi har gjort skulle ha möjlighet att trivas i högre zoner skulle klimatförändringen mot ett varmare klimat också kunna leda till problem. Man skulle kunna argumentera för att det även kan komma att bli för varmt för vissa av de träd vi har valt i zonerna 1–3 vilket skulle leda till att man måste tänka om trädförslagen, och byta ut dem mot träd som har ännu högre tork- och värmeterolerans.

Vidare studier

Nedanför listas potentiella områden för vidare studier.

- Nya proveniensier av träd, både inrikes och från utlandet som kan fungera i stadsmiljö.
- Djupgående solstudier som jämför trädets ljusgenomsläpplighet.
- Val av gatuträd förankrat i maximeringen av flera ekosystemtjänster.
- Hälsa i staden kopplat till temperaturreglering.
- Trädens reglering av lokalklimat kombinerat med dagvattenhantering – kan urvalet av träd ökas?
- Långtidsstudie av ett område och värmemätningar året runt hos större och äldre träd.
- Träd med stor skillnad i sommar- respektive vinterskuggning. – vilka träd är bäst för det nordiska klimatet?
- Problematik med liten artvariation i valen av träd
- Trädvalens utmaningar och kostnadskalkyler – vad kostar etableringen i varma, tuffa ståndorter?

Slutsats

Detta arbete initierades för att undersöka trädskuggningens påverkan på mikroklimatet i varma och hårdgjorda miljöer, och att utvärdera vilka trädarter som maximerar reglerande av lokalklimat och samtidigt trivs på den ståndorten.

I och med detta har intressant data inhämtats från platsanalysen på Betty Petterssons gata, vars undersökningsresultat både stödjer idén av att gatuträd reglerar lokalklimat, och att ett högre albedo kan korreleras med lägre yttemperaturer på samma material. Resultatet av platsanalysen har även satts i samband med och styrkts av tidigare forskning.

Trädförslag togs fram utifrån principen av att maximera ekosystemtjänsten *reglerande av lokalklimat* genom att undersöka arters bladmassa på sommaren. Det slutgiltiga trädförslaget sammanställdes utifrån de tre olika stegen och sju arter återstod. Dessa arter var: *Koelreuteria paniculata* – kinesträd, *Platanus x hispanica* – hybridplatan, *Sorbus aria* – vitoxel, *Sorbus intermedia* – oxel, *Sorbus x thuringiaca 'Fastigiata'* – rundoxel, *Sorbus torminalis* – tyskoxel och *Ulmus 'New Horizon'* – hybridalm.

Referenser

- Akbari, H. (1992). *Cooling Our Communities: A Guidebook On Tree Planting And Light-Colored Surfacing*. <https://escholarship.org/uc/item/98z8p10x>. Lawrence Berkeley National Laboratory
- Boverket (2019). *Grönska och vatten reglerar temperaturen vid värmeböljor*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/naturen/betydelse/reglerar-temp/> [2025-02-27]
- Boverket (2019). *Urbana träd och ekosystemtjänster*. https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/praktiken/mangfald/urbana_trad/ [2025-02-17]
- Boverket (2021). *Hårdgjorda ytor*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/platser/hardgjorda/> [2025-03-10]
- Boverket (2023). *Att arbeta med riktlinjer i grönplanering*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/gronplan/att-arbeta/riktlinjer/> [2025-03-11]
- Eplanta.com (u.å). *Tilia x europaea 'Övedskloster' E – herrgårdslind 'Övedskloster' E*. https://eplanta.com/wp-content/uploads/plants_description/Tilia_x_europaea_Ovedskloster_E.pdf [2025-03-10]
- Ettinger, A. Bratman, G. Carey, M. Hebert, R. Hill, O. Kett, H. Levin, P. Murphy-Williams, M. & Wyse, L (2024). Street trees provide an opportunity to mitigate urban heat and reduce risk of high heat exposure. *Scientific Reports*. 14 (1). 1-10. https://www.researchgate.net/publication/378182049_Street_trees_provide_an_opportunity_to_mitigate_urban_heat_and_reduce_risk_of_high_heat_exposure
- European Environment Agency (2024). *Värmeböljor och andra klimatrelaterade extremhändelser är ett hot mot hälsan, särskilt för de mest utsatta*. <https://www.eea.europa.eu/sv/miljosignaler/signali-2023/artiklar/varmeboljor-och-andra-klimatrelaterade-extremhändelser>
- Folkhälsomyndigheten (2019) *Värme och människa i bebyggd miljö*. <https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/da3f008f2fbc4d9f8424a3eb73f0d1a5/varme-manniska-bebyggd-miljo.pdf> . 19043
- Folkhälsomyndigheten (2018). *Värmestress i urbana utomhusmiljöer*. <https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/e5286456e91c442a923c6884d84f79be/varmestress-urbana-utomhusmiljoer-18061-webb-181112.pdf> [2025-02-27]
- Hauer, R. (2014). *Species Diversity is a Numbers Game and More*. https://www.researchgate.net/publication/276075231_Species_Diversity_is_a_Numbers_Game_and_More

- Hsieh, C.M. Li, J.J. Zhang, L. & Schwegler, B. (2018). Effects of tree shading and transpiration on building cooling energy use. *Energy and Buildings*. 159, 382-397. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778817313294>
- Jiao, M. Jenerette G.D. Zhou, W. Wang, J. Zheng, Z. (2024). *Adaptive shading: How microclimates and surface types amplify tree cooling effects?*. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866724003443?ref=cra_js_challenge&fr=RR-1
- Killicoat, P. Puzio, E. Sringer, R. (2002). *THE ECONOMIC VALUE OF TREES IN URBAN AREAS: ESTIMATING THE BENEFITS OF ADELAIDE'S STREET TREES*. University of Adelaide. https://www.treenet.org/wp-content/uploads/2017/06/02TS-THE-ECONOMIC-VALUE-OF-TREES-IN-URBAN-AREAS_Killicoat-Puzio-Stringer.pdf
- Lantmäteriet (2025). *Uppsala. SWEREF 99 TM. RH 2000*. [Kartografiskt material] <https://minkarta.lantmateriet.se/> [2025-03-11]
- Lawry OAM, D. Gardner, J. Merrett, B. (2009) Proceedings of the 10th National Street Tree Symposium 2009. PEOPLE AND TREES: PROVIDING BENEFITS, OVERCOMING IMPEDIMENTS. S.63-112 https://treenet.org/wp-content/uploads/2021/10/2009_SymposiumProceedings_FINAL.pdf#page=77
- Liu, J. & Silk, F. (2022). Are street trees friendly to biodiversity? *Landscape and Urban Planning*.. 218, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104304>
- Liu, Y. Chu, C. Zhang, R. Chen, S. Xu, C. Zhao, D. Meng, C. Ju, M. & Cao, Z. Impacts of high-albedo urban surfaces on outdoor thermal environment across morphological contexts: A case of Tianjin, China. *Sustainable Cities and Society*. 100. 105038. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.105038>
- McPherson, E.G. & Muchnick, J. (2005).. EFFECTS OF STREET TREE SHADE ON ASPHALT CONCRETE PAVEMENT PERFORMANCE. *Journal of Arboriculture* 31(6), 303-310. <https://auf.isa-arbor.com/content/31/6/303>
- Mohajerani, A. Bakaric, J & Jeffrey-Bailey, T. (2017) The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete. *Journal of Environmental Management*. 197. 522-538. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.095>
- Mullaney, J. Lucke, T. & Trueman S.J. (2015).. A review of benefits and challenges in growing street trees in paved urban environments. *Landscape and Urban Planning* 134,157-166. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016920461400245X>
- Naturvårdsverket (2022). *Om invasiva främmande arter*. <https://www.naturvardsverket.se/globalassets/media/publikationer-pdf/8800/978-91-620-8819-4.pdf>. Vatten och havs myndigheten.
- Naturvårdsverket (2024). *Klimatförändringar*. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatforandringar/> [2025-01-03]

- Naturvårdsverket (2024). *Vad är ekosystemtjänster?*
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/mark-och-vattenanvandning/ekosystemtjanster/vad-ar-ekosystemtjanster/> [2025-02-08]
- Norsk Polarinstitut. (u.å). Albedo effect. <https://www.npolar.no/en/fact/albedo/> [2025-02-25]
- Nässländer, G. (2022). Utemiljö. Träddiversitet, men hur mycket?. 22/Nr 8.
<https://tradkontoret.se/wp-content/uploads/2022/11/Gustavs-tradspalt-Utemiljo-8-2022.pdf>
- Parker, P. (1986) Fruit Litter from Urban Trees. *Arboriculture & Urban Forestry*. 12 (12). 293-298. <https://doi.org/10.48044/jauf.1986.063>
- Polarpumpen (u.å). *Hur mycket el drar en AC?*
<https://www.polarpumpen.se/kunskapsbanken/ac-luftkonditionering-kunskapsbank/fast-installerad-ac-kunskapsbank/rakna-pa-ac/hur-mycket-el-drar-en-ac/> [2025-03-10]
- Rahman, M. Moser, A. Rötzer, T. & Pauleit, S. (2019). Comparing the transpirational and shading effects of two contrasting urban tree species. *Urban ecosystems*. 22. 683–697, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11252-019-00853-x>
- Randrup, T. Mcpherson, E.G. Costello, L.R. (2001) A review of tree root conflicts with sidewalks, curbs, and roads. *Urban ecosystems*. 5(3). 209-225.
https://www.researchgate.net/publication/226585348_A_review_of_tree_root_conflicts_with_sidewalks_curbs_and_roads
- Regeringskansliet. (u.å). *Agenda 2030 | Mål 11 | Hållbara städer och samhällen*.
<https://www.regeringen.se/regeringens-politik/globala-malen-och-agenda-2030/agenda-2030-mal-11-hallbara-stader-och-samhallen/>
- Richardson, D.M. Pyšek, P. Rejmánek, M. Barbour, M.G. Panetta, F.D. & West, C.J. (2000) Diversity and distribution. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and distributions*. 6(2), 93-107.
<https://doi.org/10.1046/j.1472-4642.2000.00083.x>
- Scholz, T. Hof, A. Schmitt T. (2018). Cooling Effects and Regulating Ecosystem Services Provided by Urban Trees—Novel Analysis Approaches Using Urban Tree Cadastre Data. *Sustainability* <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/3/712>
- Sciencedirect (u.å). *Infrared Thermometer*.
<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/infrared-thermometer> [2025-03-11]
- Sjöman, H & Anderson, A. (2023) *The essential tree selection guide: For climate resilience, carbon storage, species diversity and other ecosystem benefits*. Filbert Press.
- Sjöman, H. & Slagstedt, J. (red.). (2015a). *Träd i urbana landskap*. Studentlitteratur AB.
- Sjöman, H. Gunnarsson, A. Paulei, S. & Bothmer, R. (2012) Selection Approach of Urban Trees for Inner-city Environments: Learning from Nature. *Arboriculture & Urban Forestry*. 38(5). 194–204

- https://www.researchgate.net/publication/261871472_Selection_Approach_of_Urban_Trees_for_Inner-city_Environments_Learning_from_Nature
- SMHI (u.å). *Solen värmer jorden - jorden värmer atmosfären*.
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/artikelserie-fran-vader-och-vatten-om-atmosfarens-allmanna-cirkulation/solen-varmer-jorden---jorden-varmer-atmosfaren> [2025-03-10]
- SMHI (u.å). *Avdunstning*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/vattenbalans-och-vattnets-kretslopp/avdunstning> [2025-03-04]
- SMHI. (2021). *Vilka faktorer styr det lokala klimatet*.
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/jordens-klimat/vilka-faktorer-styr-det-lokala-klimatet-1.642> [2025-01-12]
- Spacescape. (2007). *Värdering av bostadsläget*. https://www.spacescape.se/wp-content/uploads/2021/03/Prisbildning-pa-bostader-i-Uppsala_200702.pdf [2025-03-05]
- Statistikmyndigheten (2021). *Prognos: Stora lokala skillnader när Sveriges befolkning växer*. (2021-05-06). Statistikmyndigheten.
<https://www.scb.se/pressmeddelande/prognos-stora-lokala-skillnader-nar-sveriges-befolkning-vaxer/> Statistikmyndigheten. [2025-02-10]
- Stångby sortimentbeskrivning (2023.) *Barrväxter*.
<https://media3.stangby.nu/2023/03/Vaxtkatalog-2023-04-Barrvaxter.pdf> [2025-02-18]
- Stångby sortimentbeskrivning (2023.) *Träd och buskar*.
<https://media3.stangby.nu/2023/03/Vaxtkatalog-2023-03-Trad-och-buskar.pdf> [2025-02-18]
- Svensk byggtjänst (u.å). *Byggkatalogen: Markbeläggningar*.
<https://byggkatalogen.byggtjanst.se/byggfakta/markbelaggning/417> [2025-02-20]
- Tarran, J. (2009). *PEOPLE AND TREES: PROVIDING BENEFITS, OVERCOMING*
- The United States Geological Survey (2018). *Evapotranspiration and the Water Cycle*.
<https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/evapotranspiration-and-water-cycle#overview> [2025-03-10]
- Turner, V.K. Middle, A & Vanos, J. (2023). *Shade is an essential solution for hotter cities*. *Nature*. 619 (7971). 694-697.
https://www.researchgate.net/publication/372666206_Shade_is_an_essential_solution_for_hotter_cities
- U.S. Environmental Protection Agency. (2014). *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-06/documents/treesandvegcompendium.pdf>
- University of Kent. (u.å). *Urban Albedo*. <https://research.kent.ac.uk/urbanalbedo/>
- Upmanis, H. Eliasson, I. Lindqvist, S. (1998). *The influence of green areas on nocturnal temperatures in a high latitude city* (Göteborg, Sweden). Göteborgs universitet.
<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/%28SICI%291097->

[0088%28199805%2918%3A6%3C681%3A%3AAID-JOC289%3E3.0.CO%3B2-L](#)

Uppsala kommun (u.å). *Uppsala växer*. <https://bygg.uppsala.se/samhallsbyggnad-utveckling/upsala-vaxer/> [2025-03-10]

Uppsala kommun. (2021). *Uppsala växer. Stadsbyggnadsiden*.
<https://bygg.uppsala.se/samhallsbyggnad-utveckling/upsala-vaxer/stadsbyggnadsiden/>

Vocabulary.com. (u.å.). *Albedo*. In Vocabulary.com Dictionary.
<https://www.vocabulary.com/dictionary/albedo>

Bilaga 1 Temperaturmätningsdata

I bilagan redovisas all insamlade data från temperaturmätningen som ägde rum den 30/7/24. Datan låg till grund, tillsammans med bilderna för redovisningen av resultatet under avsnitt 4.1.

Mätningpunkt F1 mot fasad			Mätningpunkt F2 mot fasad		
Sol	Full sol		Sol	Full sol	
Tid	12:33:00		Tid	12:39:00	
Trädart	x		Trädart	Kentucky kaffe	
Skuggning	x		Skuggning	Spräcklig skugga från träd	
Väggmaterial	Betong		Väggmaterial	Betong	
Temperatur i luften	24 c		Temperatur i luften	24c	
Färg	ljusgrön		Färg	ljusgrön	
Avstånd från mätpunkt	90 cm		Avstånd från mätpunkt	90 cm	
Uppmätt temperatur	44,8 c		Uppmätt temperatur	40,3	
Mätningpunkt F3 vegetation mot vägg			Mätningpunkt F4 mot vägg i metal		
Sol	Full sol		Sol	Full sol	
Tid	12:46:00		Tid	12:51:00	
Klätterväxt	Vildvin		Trädart	Ingen	
Skuggning	Ingen		Skuggning	Ingen	
Väggmaterial	Metal		Väggmaterial	Metal	
Temperatur i luften	24 c		Temperatur i luften	24 c	
Färg	Grå		Färg	Grå	
Avstånd från mätpunkt	90 cm		Avstånd från mätpunkt	90 cm	
Uppmätt temepratur	24 c		Uppmätt temperatur	29,4 c	

Mätningpunkt F5 mot vägg i trä			Mätningpunkt F6 mot vägg		
Sol	Full sol		Sol	Full sol	
Tid	12:54:00		Tid	12:57:00	
Trädart	Ingen		Trädart	Ingen	
Skuggning	Ingen		Skuggning	Ingen	
Väggmaterial	Trä		Väggmaterial	Betong	
Temperatur i luften	24 c		Temperatur i luften	24 c	
Färg	Trä		Färg	Ljusgrön	
Avstånd från mätpunkt	90 cm		Avstånd från mätpunkt	90 cm	
Uppmätt temperatur	36,1		Uppmätt temperatur	48,4 c	

Mätningpunkt F7 mot vägg					
Sol	Full sol				
Tid	13:17:00				
Trädart	Skog				
Skuggning	Halvskugga				
Väggmaterial	Polerad betong				
Temperatur i luften	24 c				
Färg	Grå				
Avstånd från mätpunkt	90 cm				
Uppmätt temperatur	26 c				

Mätningpunkt M1			Mätningpunkt M2		
Sol	Full sol		Sol	Full sol	
Tid	13:27:00		Tid	13:30:00	
Trädart	x		Trädart	x	
Skuggning	x		Skuggning	x	
Markmaterial	Grus		Markmaterial	Betong	
Temperatur i luften	24 c		Temperatur i luften	24 c	
Färg	Grus		Färg	Vit	
Avstånd från mätpunkt	90 cm		Avstånd från mätpunkt	90 cm	
Uppmätt temperatur	31,7 c		Uppmätt temperatur	26,1 c	
Mätningpunkt M3			Mätningpunkt M4		
Sol	Full sol		Sol	Full sol	
Tid	13:30:00		Tid	13:33:00	
Trädart	x		Trädart	Kentucky Kaffe	
Skuggning	x		Skuggning	Spräcklig skugga från träd	
Markmaterial	Asfalt		Markmaterial	Betong	
Temperatur i luften	24 c		Temperatur i luften	24 c	
Färg	Svart		Färg	Ljus grå	
Avstånd från mätpunkt	90 cm		Avstånd från mätpunkt	90 cm	
Uppmätt temperatur	39,5 c		Uppmätt temperatur	23,4 c	

Mätningpunkt M5			Mätningpunkt M6		
Sol	Full sol		Sol	Full sol	
Tid	13:35:00		Tid	13:36:00	
Trädart	Kentucky Kaffe		Trädart	x	
Skuggning	Spräcklig skugga från träd		Skuggning	x	
Markmaterial	Betong		Markmaterial	Grus	
Temperatur i luften	24 c		Temperatur i luften	24 c	
Färg	Svart		Färg	Grus	
Avstånd från mätpunkt	90 cm		Avstånd från mätpunkt	90 cm	
Uppmätt temperatur	26,7 c		Uppmätt temperatur	59,8 c	
Mätningpunkt M7			Mätningpunkt M8		
Sol	Full sol		Sol	Full sol	
Tid	13:38:00		Tid	13:36:00	
Trädart	x		Trädart	x	
Skuggning	x		Skuggning	x	
Markmaterial	Betong		Markmaterial	Betong	
Temperatur i luften	24 c		Temperatur i luften	24 c	
Färg	Ljusgrå		Färg	Svart	
Avstånd från mätpunkt	90 cm		Avstånd från mätpunkt	90 cm	
Uppmätt temperatur	37,1 c		Uppmätt temperatur	38,5c	

Mätningpunkt M9			Mätningpunkt M10		
Sol	Full sol		Sol	Full sol	
Tid	13:36:00		Tid	13:48:00	
Trädart	Kentucky kaffe		Trädart	x	
Skuggning	Spräcklig från träd		Skuggning	x	
Markmaterial	Grus		Markmaterial	Gräs	
Temperatur i luften	24 c		Temperatur i luften	24 c	
Färg	Grus		Färg	Grön	
Avstånd från mätpunkt	90 cm		Avstånd från mätpunkt	90 cm	
Uppmätt temperatur	38,1 c		Uppmätt temperatur	33,1c	
Mätningpunkt M11			Mätningpunkt M12		
Sol	Full sol		Sol	Full sol	
Tid	13:50:00		Tid	13:54:00	
Trädart	Robinia		Trädart	Robinia	
Skuggning	Full skugga från träd		Skuggning	Full skugga från träd	
Markmaterial	Betong		Markmaterial	Betong	
Temperatur i luften	24 c		Temperatur i luften	24 c	
Färg	Ljusgrå		Färg	Svart	
Avstånd från mätpunkt	90 cm		Avstånd från mätpunkt	90 cm	
Uppmätt temperatur	27,7c		Uppmätt temperatur	27c	

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

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

☒ JA, jag, Frederick Amrén har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☒ JA, jag, August Hansson har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

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