



Värmereducerande åtgärder för urbana mikroklimat

Heat-reducing measures for urban microclimates

Alice Ljungdahl & Ida Grundh

Handledare:	Kristin Wegren, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Examinator:	Gunnar Cerwén, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Bitr. examinator:	Stefan Lindberg, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Omfattning:	30 hp
Nivå och fördjupning:	Avancerad nivå, A2E
Kurstitel:	Independent Project in Landscape Architecture, A2E
Kurskod:	EX0846
Program/utbildning:	Landskapsarkitektprogrammet
Kursansvarig inst.:	Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Utgivningsort:	Alnarp
Utgivningsår:	2023
Omslagsbild:	Alice Ljungdahl och Ida Grundh
Nyckelord:	Klimatförändringar, värmeböljor, värmeöar, värmeöeffekt, klimatanpassning, temperaturreglering, värmereducerande åtgärder, värmereducering, mikroklimat, vegetation, skugga.
	Climate change, heat waves, heat islands, heat island effect, climate adaptation, temperature regulation, heat-reducing measures, heat reduction, microclimate, vegetation, shade

Sammandrag

Det står klart att rådande klimatförändringar har lett och kommer i framtiden att leda till ökade temperaturer samt fler och längre perioder av värmeböljor. Ökade temperaturer i kombination med värmeöeffekter medför att urbana miljöer är särskilt utsatta och människor som väljer att bosätta sig på sådana platser riskerar allvarliga konsekvenser när det gäller hälsa och välbefinnande. De negativa effekter värme har på människors hälsa är entydiga och kan leda till allvarliga följder som utmattning eller dödsfall. Värmeböljan i Sverige år 2018 är ett exempel på en allvarlig händelse med rekordhöga temperaturer i hela landet, där onormalt många dödsfall påvisades jämfört med samma period år 2017. Yrkesverksamma inom gestaltning- och projekteringsprocessen behöver ta till sig kunskapen om vilka värmereducerande åtgärder det finns att tillgå för att lindra värmeöeffekter och därmed forma framtidens resilienta och hållbara städer.

Arbetet berör åtgärder för värmereducering som yrkesverksamma inom gestaltning- och projekteringsprocessen kan tillämpa för att skapa goda urbana mikroklimat, året runt. Åtgärderna har studerats via en litteraturstudie och tillämpats i en så kallad tillämpningsstudie där vi har undersökt ett perspektiv för hur dessa kan tillämpas vid omprojektering och nyprojektering. De identifierade åtgärderna har delats in i kategorierna; material, vegetation, skugga, bebyggelsegeometri och vatten, vilka har visat sig vara aktuella under olika faser av planeringsstadiet samt i olika skalor. Åtgärder som berör bebyggelsegeometri är främst applicerbara i ett tidigt planeringsstadium och har stor inverkan i olika skalor; exempelvis påverkar placeringen av en enda byggnad skuggbilden över en dag och vid stora områden av tät bebyggelse sker generellt en hög värmelagring vilket leder till ökade urbana värmeöeffekter.

Vegetationens inverkan på mikroklimat är tydlig tack vare dess evaporativa kylning och skugggivande förmåga. Vitaliteten för dessa är högst relevant då träd som är livskraftiga kan bidra till mer evaporativ kylning och skugga, således krävs en växtbädd anpassad efter trädets förväntade slutstorlek. Lövfällande träd är att föredra för att uppnå ett gott urbant klimat året runt, då de tillåter solljus att skina igenom höst, vinter och vår samt skuggar

sommartid när solen är stark. Aspekter som är väsentliga att beakta vid växtval i urbana miljöer är därmed bladmassa, grenverk, bladutspring och bladfällning. Således är det inte bara viktigt hurvida vegetationen är närvarande i städerna, utan också vilka arter samt hur och var dessa är placerade.

Material har visat sig ha en stor inverkan på mikroklimat där permeabilitet, värmekapacitet och färg (albedo) är av stor betydelse. Permeabla markbeläggningar och ytor är genomsläppliga för vatten vilket kan bidra med markfukt, som i sin tur leder till lägre temperaturer. Vid torka kan den avkylande effekten via avdunstning från material och vegetation avta på grund av vattenbrist. Således är det viktigt att kombinera flera olika värmereducerande åtgärder i städerna, såsom högt albedo på material och skugggivande element som exempelvis torktoleranta träd, vilka förblir välmående trots längre perioder av torka.

Helårsperspektivet är i en svensk kontext, av yttersta vikt för att skapa resilienta, hållbara och trivsamma urbana miljöer där människor vill vistas både under heta sommarkvarnar och kyliga vinterdagar. Förekomsten av både soliga och skuggiga platser behöver existera så människan själv kan välja vart den vill vistas beroende på årstid och personliga behov. Genom att förstå hur material, vegetation, bebyggelsegeometri, vatten och skugga kan påverka en plats eller en hel stad, kan vi tillsammans skapa framtidens resilienta, hållbara och trivsamma urbana miljöer för alla individer, stora som små.

Nyckelord: Klimatförändringar, värmeböljor, värmeöar, värmeöeffekt, klimatanpassning, temperaturreglering, värmereducerande åtgärder, värmereducering, mikroklimat, vegetation, skugga.

Abstract

It is clear that current climate changes have led and will in the future lead to increased temperatures and more and longer periods of heat waves. Increased temperatures combined with heat island effects entails that urban environments are particularly vulnerable and the people who choose to settle in such places risk serious consequences in terms of health and well-being. The negative effects heat has on human health are clear and can lead to serious consequences such as exhaustion or death. The heat wave in Sweden in 2018 is an example of a serious event with record-high temperatures throughout the country, where an abnormally high number of deaths were detected compared to the same period in 2017. Professionals in the design and project-planning process need to acquire the knowledge of what heat-reducing measures that are available to alleviate heat island effects and thus shape the resilient and sustainable cities of the future.

The thesis concerns measures for heat reduction that professionals in the design and project-planning process can apply to create good urban microclimates, all year round. The measures have been studied through a literature study and applied in an application study where we have examined a perspective for how these can be applied in redesigning and new planning. The identified measures have been divided into the categories; materials, vegetation, shade, building geometry and water, which have proven to be relevant during different phases of the planning stage and at different scales. Measures that affect building geometry are mainly applicable in an early planning stage and have a large impact at different scales; for example, the placement of a single building affects the shadow image over a day and in large areas of dense built-up there is generally a high heat storage, which leads to increased urban heat island effects.

The impact of vegetation on microclimates is clear thanks to its evaporative cooling and shading ability. The vitality of these is highly relevant as trees that are thriving can contribute to more evaporative cooling and shade, thus a plant bed adapted to the expected final size of the tree is required. Deciduous trees are preferred to achieve a good urban climate all year round, as they allow sunlight to shine through during autumn, winter and

spring and provide shade during summer when the sun is strong. Aspects that are essential to consider when choosing plants in urban environments are thus leaf mass, branch density, leaf emergence and leaf shedding. Thus, it is not only important whether the vegetation is present in the cities, but also which species and how and where these are located.

Materials have been shown to have a major impact on microclimates where permeability, heat capacity and colour (albedo) are of great importance. Permeable ground coverings and surfaces are pervious to water, which can contribute to soil moisture, which in turn leads to lower temperatures. In droughts, the cooling effect through evaporation from materials and vegetation can decrease due to a lack of water. Thus, it is important to combine several different heat-reducing measures in cities, such as high albedo on materials and shading elements such as drought-tolerant trees that remain thriving despite longer periods of drought.

The year-round perspective is, in a Swedish context, of utmost importance to create resilient, sustainable and pleasant urban environments where people want to stay both during hot summer days and cold winter days. The existence of both sunny and shady places needs to exist so that people can choose where they want to stay depending on the season and personal needs. By understanding how materials, vegetation, building geometry, water and shade can affect a place or an entire city, can we together create resilient, sustainable and pleasant urban environments of the future for all individuals, large and small.

Key words: Climate change, heat waves, heat islands, heat island effect, climate adaptation, temperature regulation, heat-reducing measures, heat reduction, microclimate, vegetation, shade.

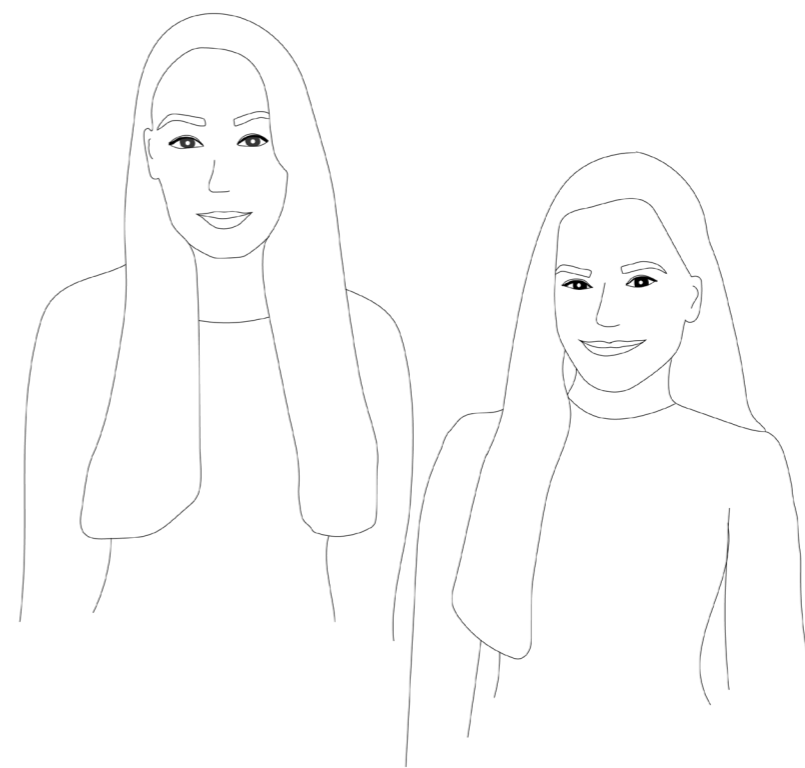
Förord

Vi har valt att skriva om detta ämne då vi ville fördjupa oss inom den kunskap som finns. Stundtals har det dock varit jobbigt då det blivit så påtagligt vilka utmaningar vi står inför. Under skrivandet har det däremot varit en lättnad att se att det finns åtgärder som kan tillämpas för att lindra effekten av dessa utmaningar lokalt, trots att det är ett globalt problem med ökade temperaturer. Vi hoppas att med detta arbete kunna bringa lite hopp i klimatångesten.

Vi vill tacka vår handledare Kristin Wegren som bidragit med värdefulla insikter, råd och peppning att fortsätta framåt. Vi vill även tacka Edge för er gästfrihet och goda frukostar samt vår mentor Kent Fridell som ställt upp som bollplank i alla lägen när frågor dykt upp under vägen.

Slutligen vill vi framförallt tacka varandra för den stöttning vi gett varandra när berget känns extra brant. Tillsammans har vi tagit oss upp, etapp för etapp. Ärlighet, positivitet och pepp har visat sig vara ett framgångsrikt recept. Här står vi nu, ett halvår senare, med ett arbete vi är stolta över!

Alice Ljungdahl & Ida Grundh
2023-05-12



Alice Ljungdahl Ida Grundh

Innehållsförteckning

1. Inledning	9	3. Tillämpningsstudie	41
1.1. Bakgrund	9	3.1. Stockholm stad	42
1.2. Mål & Syfte	11	3.1.1. Sofia skola	44
1.3. Frågeställning	11	3.1.1.1. Nulägesbeskrivning	44
1.4. Material & metod	12	3.1.1.2. Befintligt förslag	48
1.4.1. Litteraturstudie	12	3.1.1.3. Utvärdering av befintligt förslag	50
1.4.2. Tillämpningsstudie	12	3.1.1.4. Tillämpning av värmereducerande åtgärder i befintligt förslag	52
1.5. Avgränsning	13	3.1.2. Bjurbäcken bostadsgård	56
2. Litteraturstudie	14	3.1.2.1. Nulägesbeskrivning	56
2.1. Klimatet då, nu och i framtiden	15	3.1.2.2. Befintligt förslag	61
2.1.1. Klimatanpassad fysisk planering	15	3.1.2.3. Utvärdering av befintligt förslag	64
2.2. Värmeöar	16	3.1.2.4. Tillämpning av värmereducerande åtgärder i befintligt förslag	66
2.2.1. Värmeöeffekt	16	3.1.3. Sammanfattning - skugga, markmaterial & krontäckning	68
2.2.2. Exploatering och förtätning	18	4. Diskussion	70
2.2.2.1. Ytskiktets reflektionsförmåga	19	4.1. Litteraturstudie diskussion	71
2.2.2.2. Materialets termiska egenskaper	21	4.2. Tillämpningsstudie diskussion	72
2.2.3. Termisk komfort	22	4.3. Metoddiskussion	74
2.2.4. Mikroklimat	23	4.4. Slutsats	75
2.2.4.1. Simuleringar av mikroklimat	24	4.5. Vidare forskning	76
2.3. Staden som ståndort	26	5. Referenser	77
2.4. Vegetationens funktioner	29	Bilaga 1	81
2.4.1. Ekosystemtjänster	29	Bilaga 2	82
2.4.1.1. Ekosystemtjänster vid gestaltning	31	Bilaga 3	83
2.4.2. Trädens strategier för att hantera stress	33	Bilaga 4	84
2.4.2.1. Undvikande strategier	34	Bilaga 5	85
2.4.2.2. Tolererande strategier	34	Bilaga 6	86
2.5. Sammanfattning av åtgärder för ett gott mikroklimat	36		
2.5.1. Värmereducerande åtgärder	37		
2.5.2. Övriga åtgärder	40		

1. Inledning

Under vår utbildning på landskapsarkitektprogrammet har det vid ett flertal tillfällen diskuterats kring de ökade temperaturerna i urbana miljöer jämfört med landsbygd, den så kallade värmeöeffekten, både i en nationell och internationell kontext. Något vi saknar är en fördjupad förståelse för hur vi i våra framtida yrkesroller som landskapsarkitekter kan planera för att lindra värmeöeffekter, vilket har varit en stor motivation i detta arbete. Med hänsyn till de pågående klimatförändringarna och de förödande konsekvenser som kan kopplas till ökade temperaturer behöver kunskapen kring värmereducerande åtgärder belysas och tillämpas. Urbana miljöer bör i ett tidigt skede planeras och utformas utifrån förutsättningar som gynnar en komfortabel livsmiljö, med klimatanpassning i fokus.

1.1 Bakgrund

WWF (2022) betonar hur det klimathot vi står inför idag innebär förödande konsekvenser i form av förhöjda havsnivåer och en ökad mängd extremväder såsom torka, extremheta, stormar och skyfall. En följd av dessa extremväder är en ökad risk för översvämningar och skogsbränder. Dessa konsekvenser är till följd av rådande klimatförändringar och den globala uppvärmningen, vilket i sin tur innebär ett stort hot mot hela ekosystem. SMHI (2021a) beskriver hur de faktorer som tillsammans har påverkat de klimatförändringar som har uppstått hittills i historien, inte har skett jämnt fördelat över tiden. Exempelvis har utsläppen av växthusgas ökat markant efter 1900-talets mitt som dessförinnan legat på relativt låga nivåer. Den kraftiga ökningen av växthusgasutsläpp från 1900-talets mitt och framåt har resulterat i att utsläppen, under de senaste 30-50 åren, har varit en stor

drivande faktor i jordens uppvärmning. FN:s klimatpanel IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2022) betonar i en rapport svårigheterna med att uppnå de globala målen i Parisavtalet som trädde i kraft 2016. Målet är att hålla den globala uppvärmningen under 2°C och sträva efter att begränsa den till 1,5°C. Läget är akut för att i närtid inte överstiga en ökning i global medeltemperatur med 1,5 °C.

Sett ur ett historiskt perspektiv, menar WWF (2022) att det varierande avståndet till solen, den kemiska sammansättningen i atmosfären och kontinenternas förflyttning har påverkat det faktum att jordklotet har varit både kallare och varmare i perioder. Majoriteten av dessa historiska klimatförändringar, med perioder av varierande temperaturer, har skett under flera tusen års tid. De klimatförändringar och de ökade temperaturer som sker idag däremot, ökar med en ytterst hög hastighet. Den höga hastigheten innebär att de aktuella klimatförändringarna i stor utsträckning inte liknar de historiska klimatförändringarna. Vid de historiska klimatförändringar som däremot har skett i en hög hastighet, har det uppstått omfattande negativa påföljder för de då levande organismerna på vår planet, såsom djur och växter. Det som skiljer sig ifrån dessa historiska klimatförändringar är att dagens klimatförändringar beror på människan. Den största orsaken till detta är den omfattande mängd fossila bränslen, såsom kol, gas och olja, som vi människor har bränt och fortsättningsvis bränner (WWF 2022). Vidare menar SMHI (2021a) att det inte enbart är mänskliga faktorer som påverkar de rådande klimatförändringarna. Utöver den mänskliga påverkan finns det även en naturlig påverkan. De naturliga faktorernas påverkan är däremot lägre i förhållande till i hur stor utsträckning klimatet i dagsläget förändras. De resterande faktorerna, som har en stor bidragande effekt till dagens klimatförändringar, är de mänskliga faktorerna. Den mänskliga påverkan innefattar faktorer såsom typ av markanvändning, utsläpp av växthusgaser och aerosoler.

Till skillnad från utsläppen, det vill säga mänskliga faktorer, har de naturliga faktorernas påverkan på klimatet varit relativt låg under 1900-talet (SMHI 2021a).

Utöver att de rådande klimatförändringarna medför ett varmare klimat, förstärks de ökade temperaturerna ytterligare i städerna på grund av något som kallas för urban värmeöeffekt. Den urbana värmeöeffekten medför att områden med tät bebyggelse uppnår en högre temperatur än det omgivande landskapet. I vissa fall kan det uppstå en temperaturskillnad på upp till 10°C mellan urban miljö och omgivande rural miljö. Temperaturen kan även variera inom städerna och påverkas i stor utsträckning av vad för typ av ytmaterial som används och hur tillgången till vegetation ser ut (Boverket 2019a). Även MSB (2020a) beskriver olika faktorer som bidrar till att bebyggda områden genererar en högre temperatur än omgivande rurala områden. En faktor som bidrar till att temperaturen är högre i städerna jämfört med omgivande landsbygd, är den spillvärme som uppstår vid kylning och uppvärmning av byggnader. Ytterligare en faktor är omfattningen av hårdgjorda material som utgör en stor del av våra urbana miljöer. Flera av dessa material lagrar under dagen en större mängd värme och absorberar vanligtvis mer solljus än ytor bestående av exempelvis vegetation. Under natten, när de hårdgjorda materialen avger den lagrade värmen, ökar i sin tur lufttemperaturen. Boverket (2019a) redogör för hur de hårdgjorda materialen med sin lagrade värme fungerar som värmeavgivande element i städerna under nattetid, vilket innebär att det tar längre tid för en stad att kylas ner i jämförelse med omgivande landskap. En annan aspekt enligt Sjöman och Slagstedt (2015) är att olika material reflekterar bort mer eller mindre solinstrålning beroende på dess färg. En mörkare färg reflekterar bort en mindre mängd solinstrålning jämfört med exempelvis vit nysnö. Eftersom urbana miljöer till största del består av material med en mörkare färg, såsom asfalt, är det en stor del av den inströmmade solstrålningen som absorberas av materialen, istället för att reflekteras tillbaka ut i atmosfären.

Ett stort problem kopplat till att våra urbana miljöer blir allt varmare är de effekter värmen har på människors hälsa. Folkhälsomyndigheten (2022) skriver om de negativa effekterna värme och ökade temperaturer har på människors välmående. Konsekvenserna är beroende på individens allmänna hälsotillstånd samt dennes förmåga och motståndskraft till att hantera extrem värme. Särskilt utsatta grupper i samhället är individer med kroniska sjukdomar, barn och äldre. Andra utsatta grupper enligt en annan rapport utgiven av Folkhälsomyndigheten (2019b) är gravida, individer med fysisk och/eller psykisk funktionsvariation samt individer som tar vissa mediciner. Folkhälsomyndigheten (2022) beskriver hur de negativa effekterna kan uppvisas samma dag eller efter 1 till 2 dagar. Effekterna kan vara allvarliga, i form av värmeslag eller dödsfall, alternativt relativt milda som exempelvis utmattning. Längre perioder med ökade temperaturer har visat sig leda till allvarliga konsekvenser för invånarnas hälsa. Vidare beskriver Folkhälsomyndigheten värmeböljan i Sverige under 2018 som en allvarlig händelse med rekordhöga temperaturer i hela landet. Sommaren år 2018 påvisade onormalt många dödsfall enligt en studie gjord av Läkartidningen (2019), där drygt 635 fler dödsfall beräknades under vecka 27-31 jämfört med samma period år 2017. Även Burkart et al. (2016) beskriver hur ökade temperaturer kan leda till allvarliga konsekvenser för äldre (över 65 år) samt hur åtgärder i form av blågrön infrastruktur i urbana miljöer kan påverka temperaturen. Vegetation påverkar mikro- och mesoklimat genom att generera skugga och evapotranspiration, det vill säga avdunstning av vatten från mark och transpiration från växten. Hur pass mycket beror på växtens habitus, krondiameter, densitet av grenar och blad (Burkart et al. 2016). Med hjälp av flerskiktade bestånd med mark-, busk- och trädsikt skapas täta volymer och därmed mer avdunstning och större nedkylande effekt (Boverket 2019a). Det är däremot inte alltid att vegetation fungerar som en värmereducerande åtgärd. Burkart et al. (2016) menar nämligen att vegetation kan agera

vindskydd, vilket kan vara både gynnsamt, men även ogynnsamt under sommaren då luftrörelser begränsas och därmed även vindens svalkande effekt.

FN:s medlemsstater antog Agenda 2030 för hållbar utveckling under hösten 2015, vilket redogörs av Regeringskansliet (2016). Detta innebär att medlemsstaterna tog sig an att fram till år 2030 främja en rättvis och hållbar framtid. 3 av de totalt 17 målen vi berör i arbetet är följande:

Mål 3: Hälsa och välbefinnande

Mål 11: Hållbara städer och samhällen

Mål 13: Bekämpa klimatförändringarna

Baserat på ovan nämnda problem kopplat till värme och för att uppnå de globala målen med Agenda 2030, är det av stor vikt att redogöra vilka värmereducerande åtgärder som kan lindra den urbana värmeöeffekten på en specifik plats. Uppsatsen riktar sig till yrkesverksamma inom gestaltning- och projekteringsprocessen, för att vi tillsammans skall kunna skapa framtidens resilienta, hållbara och trivsamma urbana miljöer för alla individer, stora som små.

1.2. Mål & Syfte

Målet är att identifiera åtgärder för värmereducering som yrkesverksamma kan tillämpa inom gestaltning- och projekteringsprocessen. Vidare är målet att undersöka ett perspektiv för hur dessa kan tillämpas vid gestaltungsarbete.

Syftet med uppsatsen är att bidra med en fördjupad förståelse för vilka värmereducerande åtgärder yrkesverksamma inom gestaltning- och projekteringsprocessen kan tillämpa för att skapa resilienta och hållbara urbana miljöer.

1.3. Frågeställning

Vilka värmereducerande åtgärder kan lindra värmeöeffekter och hur kan dessa tillämpas vid gestaltning av urbana miljöer?

1.4. Material & metod

Arbetet består av en litteraturstudie och en tillämpningsstudie där metoden för dessa redogörs nedan.

1.4.1. Litteraturstudie

Den största delen av arbetet består av en litteraturstudie som berör bakgrunden till problematiken kring ökade temperaturer med klimatförändringar och hur det påverkar klimatet i urban miljö. Det finns flera aspekter som påverkar temperaturerna i urbana miljöer vilket utreds i litteraturstudien. I litteraturstudien identifieras och redogörs värmereducerande åtgärder som yrkesverksamma inom gestaltning- och projekteringsprocessen kan tillämpa för att skapa resilienta och hållbara urbana miljöer. Många kapitel har ett avslutande stycke med sammanfattande insikter för att förtydliga vad vi anser vara mest väsentligt inom kapitlet. Litteraturstudien avslutas med en sammanfattning av konkreta åtgärder för ett gott mikroklimat, där både värmereducerande åtgärder samt övriga åtgärder redogörs. De värmereducerande åtgärderna i sammanfattningen är i arbetet indelat i kategorierna; material, vegetation, skugga, bebyggelsegeometri och vatten. Baserat på litteraturstudien identifierades specifikt dessa kategorier som relevanta för yrkesverksamma inom gestaltning- och projekteringsprocessen.

Litteraturen består av vetenskapliga artiklar, böcker, tidningsartiklar, skrifter och rapporter från myndigheter. Dessa har inhämtats genom relevanta sökningar i SLU-bibliotekets söktjänst Primo, Science Direct, Google Scholar och andra sökmotorer som exempelvis Google. Många sökningar har lett till en snöbollseffekt vilket har hjälpt oss att hitta annan litteratur som varit relevant för arbetet. Viss litteratur har vi fått rekommendationer om

från personer på universitetet med relevant ämneskunskap. Vi har strävat efter att använda oss av ursprungskällor och så nypublicerad litteratur som möjligt för aktuell kunskap. Bredden på litteraturstudien har varit medveten då vi inte hade någon kunskap om ämnet sedan tidigare. Vi ville få en grundläggande förståelse för allt som kan påverka klimatet i urban miljö, från det stora perspektivet med klimatförändringar till det mindre med mikroklimat.

1.4.2. Tillämpningsstudie

En tillämpningsstudie har valts ut som en del av arbetets metodik för att konkretisera hur yrkesverksamma inom gestaltning- och projekteringsprocessen kan tillämpa värmereducerande åtgärder i praktiken. Detta genomförs i tillämpningsstudien med hjälp av två exempelplatser. Syftet med dessa utvalda exempelplatser är att undersöka ett perspektiv för hur värmereducerande åtgärder kan tillämpas både vid omprojektering av en befintlig plats samt vid nyprojektering.

Platserna som berörs i tillämpningsstudien är en befintlig skolgård (Sofia skola) som har omprojekterats av ett företag samt en bostadsgård (Bjurbäcken bostadsgård) som ännu inte är byggd och därav nyprojekterats av ett annat företag. Dessa två platser har valts ut i kommunikation och samarbete med företaget Edge, som medverkar i ett Vinnovaprojekt kallat Multifunktionell urban klimatanpassning i samverkan (MUKLIS). Vinnovaprojektets syfte är att skapa förutsättningar för att genomföra en effektiv och hållbar klimatanpassning. Fokus med projektet är att minska sårbarheten vid skyfall och värmeböljor med åtgärder som även skapar andra sociala, ekonomiska och miljömässiga nyttor.

I Stockholm finns det fyra platser inkluderade i Vinnovaprojektet, ytterligare en skolgård och en bostadsgård. Skälet till att vi valde ut Sofia skola är på grund av dess placering; i en tätbebyggd urban miljö på

Södermalm (Stockholm). Bjurbäcken bostadsgård valdes ut då vi hade mycket material att tillgå eftersom den har nyprojekterats av företaget Edge där vår mentor är verksam. Bostadsgården är belägen i Stockholms periferi men är lokaliserad i ett område som har pekats ut som ett fokusområde för framtida förtätning. Bostadsgården är relevant ur ett framtidsperspektiv då det finns ett samband mellan tät bebyggelse och värmeöeffekter.

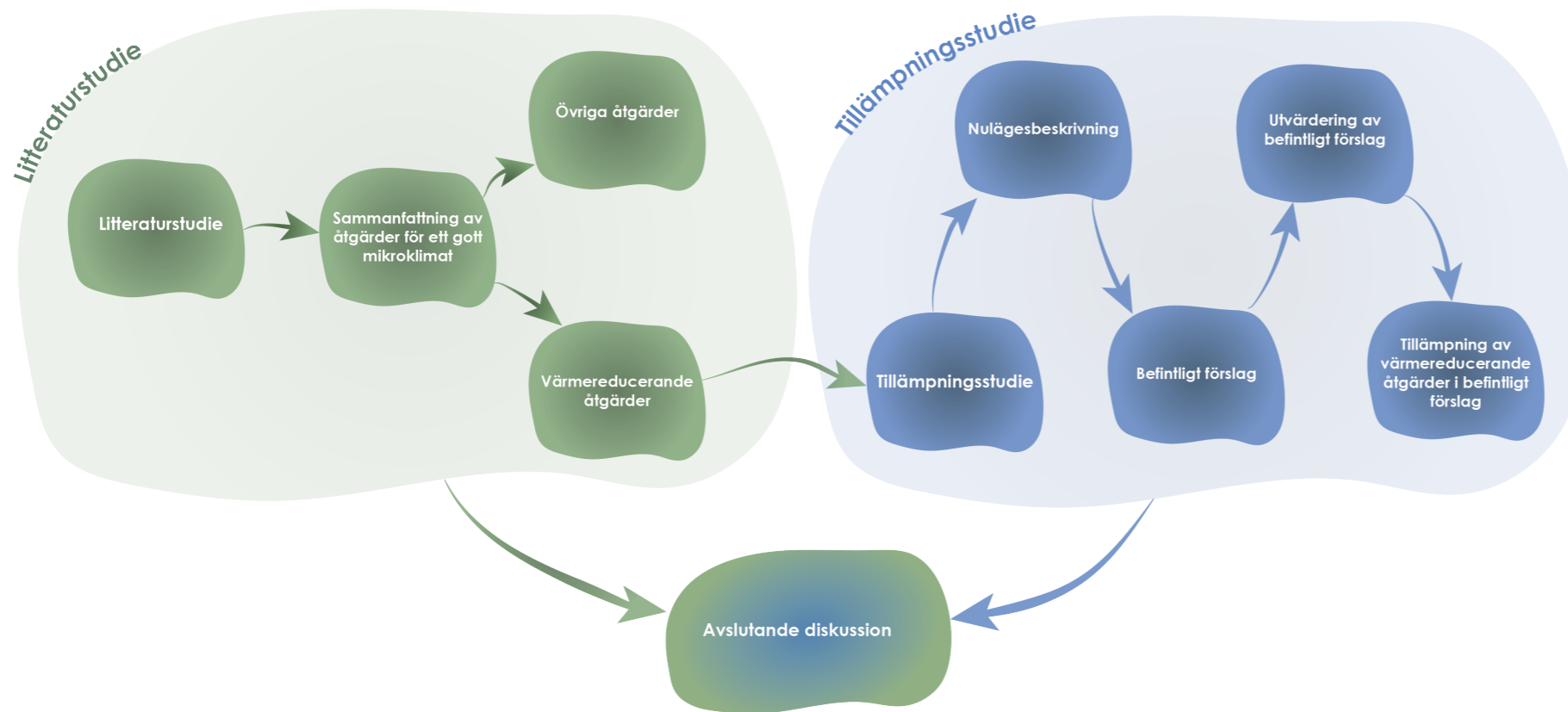
Tillämpningsstudien inleds med grundläggande information om Stockholm stad, där både skolgården och bostadsgården är/ska vara belägna, följt av en nulägesbeskrivning över platserna. Vidare presenteras de två befintliga förslagen framtagna av företagen, ett över skolgården och ett över bostadsgården. Inget av de befintliga förslagen har haft värmereducering som huvudfokus. Därefter följer en utvärdering av förslagen baserat på sammanfattningen av värmereducerande åtgärder. Utifrån identifierade förbättringsmöjligheter i utvärderingen har vi tillämpat värmereducerande åtgärder i de befintliga förslagen.

Se flödesschema över metoden på nästkommande sida.

1.4.3. Avgränsning

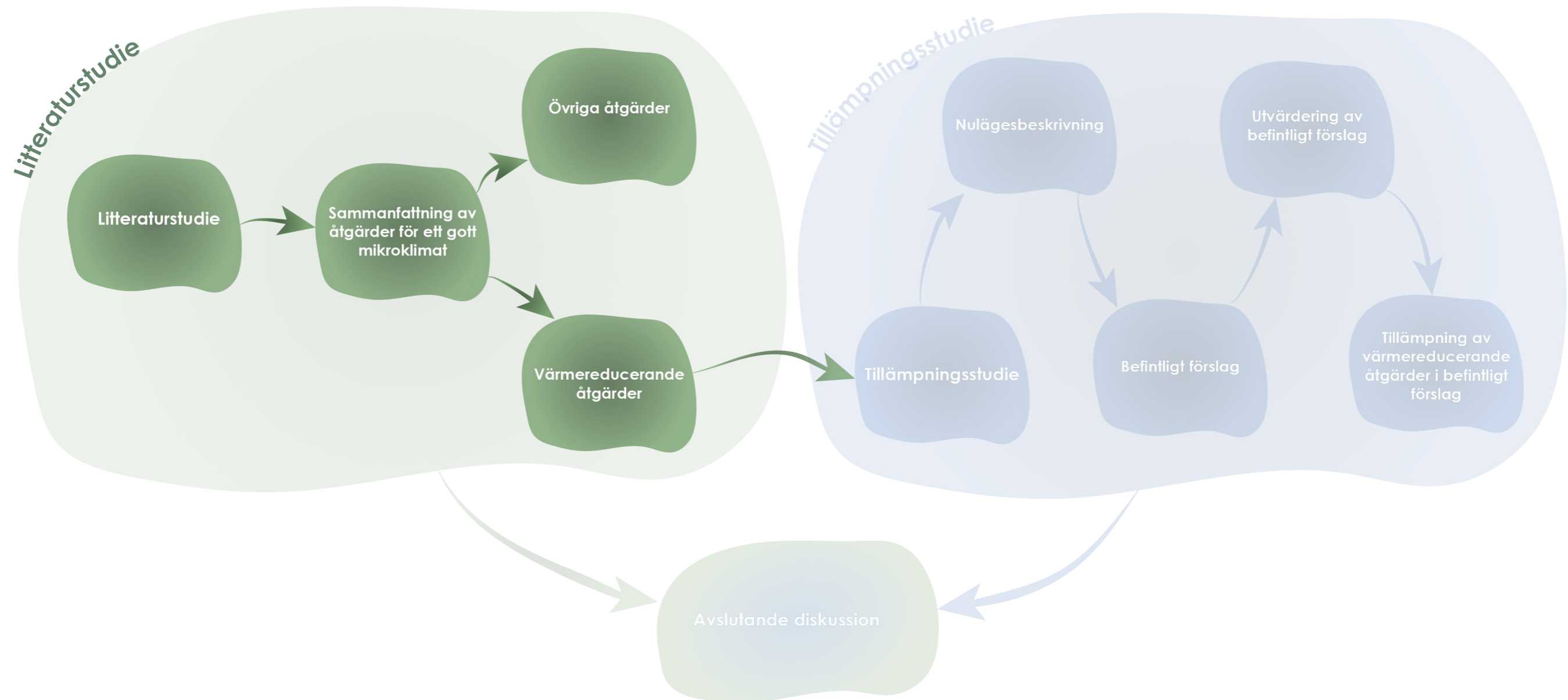
De värmereducerande åtgärder som identifierats i litteraturstudien är åtgärder som yrkesverksamma inom gestaltning- och projekteringsprocessen kan tillämpa för att skapa resilienta och hållbara urbana mikroklimat. Åtgärderna är därför relativt övergripande och berör aspekter som är relevanta för exempelvis landskapsarkitekter, vilket är vår framtida yrkesroll. Vidare berörs åtgärder som yrkesverksamma inom gestaltungs- och projekteringsprocessen kan påverka i utemiljön, det vill säga inte åtgärder som kan sänka temperaturen i inomhusmiljön. I arbetet har de delar som berör torktolerans för vegetation, främst avgränsats till träd.

Fokuset i arbetet har legat på värmereducerande åtgärder som gynnar människors förutsättningar för en god livsmiljö. Platserna i tillämpningsstudien, där de värmereducerande åtgärderna tillämpas, är lokaliserade i Stockholm och därför har arbetet en svensk kontext som utgångspunkt. De värmereducerande åtgärder som har identifierats är dock relativt generella och bör därför kunna tillämpas även i andra delar av världen. I tillämpningsstudien där värmereducerande åtgärder tillämpas i de befintliga förslagen, har vi inte tagit hänsyn till ekonomiska aspekter såsom materialkostnader, eller underjordiska aspekter såsom berggrund eller ledningar.



Figur 1. Flödesschema över metoden som redogör arbetets struktur. Framtagen av författarna.

2. Litteraturstudie



2.1. Klimatet då, nu och i framtiden

EEA (European environment agency) (2022) skriver hur medeltemperaturen i ett globalt perspektiv ökat med mellan 1,11°C till 1,14°C för perioden 2012-2021 i jämförelse med förindustriella perioden 1850-1900, som är den tidigaste uppmätta perioden. Således räknas perioden 2012-2021 som det varmaste decenniet någonsin. Året 2021 visade på temperaturer mellan 1,09°C och 1,16°C mer än under förindustriell tid, vilket har pekats ut som ett av de sex varmaste åren enligt den meteorologiska data som har uppmätts globalt. Här pekas antropogena aktiviteter (mänskliga effekter) ut som en stor del av denna uppvärmning, särskilt utsläppen av växthusgaser. Vidare skriver EEA hur den globala medeltemperaturen ökat stadigt sedan slutet på 1800-talet och hur ökningen sedan 1970-talet har varit särskilt stor med 0,2°C per decennium.

SMHI (2021b) har granskat temperaturökningen mellan perioderna 1860-1900 och 1991-2019 med hjälp av 35 stationer fördelade över Sverige. För varje år tas det fram medeltemperaturer för varje kalendermånad som sedan kan jämföras för att fastställa huruvida det varit en temperaturökning och i så fall hur mycket. SMHI konstaterar att det har skett en temperaturökning mellan 1,4°C till 2,1°C (då det varit en variation mellan stationerna). De största temperaturökningarna har skett i de östra och norra delarna av Sverige. Det har även visat sig vara en skillnad beroende på årstid; I norra Sverige har temperaturökningen mellan mätperioderna varit som störst under vinter och vår, medan i södra Sverige under våren. Generellt i hela landet har förändringen varit som minst i juni. Stationerna i Falun och Frösön har till och med visat en minskning av medeltemperaturen för

månaden med någon/några tiondels grader. I vissa delar av Norrland under mars och december har det uppmätts den största ökningen, som legat på runt 3 grader (SMHI 2021b).

MSB (2020b) beskriver hur framtidens klimatförändringar kommer att fortsätta utvecklas i linje med det vi observerar idag. Så länge mängden växthusgaser i atmosfären fortsätter att växa, kommer den globala uppvärmningen att fortlöpa. Den globala medeltemperaturen kommer att fortsätta öka med ytterligare ett par tiondels °C tills det uppstår en balans mellan atmosfär och hav, även om mängden växthusgas skulle stabilisera sig. Enligt MSB går det med säkerhet att konstatera att det i framtiden kommer att bli varmare, vilket kommer beröra hela jordklotet. Jämfört med förindustriell tid kommer det år 2040 uppstå en global temperaturökning med +1,5°C om den uppvärmningstakt som är aktuell fortgår. Runt år 2065 skulle det då innebära en global temperaturökning på +2°C. SMHI (2021d) förklarar att ifall den globala medeltemperaturen ökar med 2°C, skulle det innebära att det under vintern i norra Sverige uppstår en temperaturökning som sträcker sig över 3°C. Under somrarna i Sverige skulle det i de norra delarna av landet uppstå en temperaturökning på 1,5°C, medan det i resten av landet handlar om temperaturökningar mindre än 1,5°C. Naturvårdsverket (u.å.) betonar att om utsläppen fortgår i samma utsträckning som de gör nu, skulle en uppvärmning betydligt högre än vad som är Parisavtalets globala mål på 2°C uppstå. MSB (2020b) beskriver att oberoende av hur snabbt temperaturerna ökar i framtiden, kommer klimatet i alla världens områden påverkas. Ur ett globalt perspektiv skulle ett varmare klimat innebära ökad nederbörd, då större volymer vatten kan uppehålla sig i en varmare atmosfär. Detta skulle i sin tur innebära fler och mer intensiva skyfall, med tanke på att det hydrologiska kretsloppet förstärks.

Naturvårdsverket (u.å.) redogör för hur forskare kalkylerar framtidens klimat med hjälp av datorbaserade

klimatmodeller. I dessa modeller inkluderas även data om bland annat befolkningsutveckling och andra aspekter som påverkar mängden utsläpp av koldioxid i världen. Resultatet från klimatmodellerna presenteras i form av olika scenarion; ett som utgår ifrån intensiva och bestående minskningar av utsläpp, ett som utgår ifrån en intensiv ökning av utsläpp och ett scenario som utgår ifrån någon form av mellanting. Dessa scenarier används som verktyg vid beslutsfattning kring åtgärder för att minska utsläppen och vid frågor som berör anpassning till klimatförändringar.

Vidare menar Naturvårdsverket (u.å.) att smältande polaris och i dagsläget snötäckt tundra som i framtiden ersätts av vegetation, bidrar till att en minskad mängd solljus reflekteras bort från jordens yta. Detta kommer i sin tur leda till en förstärkt temperaturökning. En ytterligare aspekt som kommer att bidra till en ökad uppvärmning är att havets upptag och lagring av koldioxid inte bedöms kunna hantera den stora mängd utsläpp som existerar idag. Detta skulle innebära att större mängder koldioxid och metan frigörs och därav leda till en ännu mer omfattande uppvärmning. Andra framtida konsekvenser av klimatförändringarna kopplat till havet, är att stigningen av den genomsnittliga nivån för havsytan kommer att fortgå under 2000-talet och vidare under framtida sekel. Det är svårt att svara på exakt hur mycket, då detta beror på bland annat hur mängden utsläpp utvecklas. I ett scenario som visar på stora mängder framtida utsläpp beräknas en höjning av havsnivån bli 0,62-1,01 meter högre år 2100 jämfört med år 1995-2014. I ett annat scenario som istället visar på låga framtida utsläpp beräknas en höjning på 0,28-0,55 m.

2.1.1. Klimatanpassad fysisk planering

Thorsson (2012) beskriver vikten av att ha klimatet i åtanke vid fysisk planering och att detta bör ske i en så tidig fas som möjligt i planeringsprocessen. Detta kan

nämligen bidra till att användningen av offentliga miljöer såsom gator, torg och parker ökar samt förbättrad hälsa och välbefinnande bland människor. Att ha klimatet i åtanke vid fysisk planering kan även innebära att risker kopplat till klimat, exempelvis extremt kalla eller varma temperaturer, kan hanteras. Det kan även bidra till ett minskat behov av nedkylning respektive uppvärmning av byggnader. Vidare betonas även vikten av att utgå ifrån den specifika platsens egenskaper i form av platsens tilltänkta funktion, dess geografiska läge, klimat och topografi. Brown (2010) skriver att generellt är det mycket lättare att reducera värme med olika landskapselement, snarare än att öka den. Exempelvis kan topografin påverka mängden solinstrålning; kullar eller backar som vätter mot söder får den högsta intensiteten till skillnad mot om de har en nordlig riktning. Thorsson (2012) beskriver att det finns olika värmereducerande åtgärder för bebyggda områden som kan tillämpas i alla svenska städer. Hur den specifika platsens omgivning ser ut samt i hur stor utsträckning åtgärderna tillämpas, har en inverkan på hur stor effekten av dem blir. I en studie av mikroklimatet i staden diskuterar Hans Rosenlund (2017) hur ett gott klimat i urban miljö kan försäkras redan i planeringsprocessen och vidare i detaljprojekteringen. Rosenlund rekommenderar en klimatstudie där det kartläggs vindmönster, solinstrålning, nederbörd och temperatur. I ett senare skede i planeringsprocessen, för att försäkra ett gott urbant klimat, kan geometrin på gatustrukturen undersökas, liksom byggnadsvolymer, grönområden och vegetation. Det finns möjligheter och nytta med att ta hänsyn till mikroklimat i detaljprojekteringen för urban miljö, då dessa ytor kan påverka omkringliggande klimat och komfort.

2.2. Värmeöar

2.2.1. Värmeöeffekt

U.S. Environmental Protection Agency (EPA) (2008d) beskriver att när ytor som tidigare var obebyggda, permeabla och vattenhållande bebyggs och ersätts med impermeabla och torra ytor, bidrar det till fenomenet värmeöeffekt. Värmeöeffekt innebär att det är högre temperaturer i den urbana miljön jämfört med omkringliggande landskap. Det finns olika typer av värmeöeffekter, vilka beskrivs av Amorim et al. (2021) som yt-värmeöar (surface heat islands (SUHI)) och atmosfäriska värmeöar (atmospheric urban heat island (UHI)). De två typerna av värmeöeffekter besitter olika dynamiska kännetecken som inte enbart varierar under dygnet, utan beror också på typen av markanvändning, klimat, meteorologiskt tillstånd och geografiskt läge.

Yt-värmeöar (SUHI)

EPA (2008d) beskriver att yt-värmeöar infinner sig hela dygnet och är som mest intensiva under dagen och på sommaren. Denna typ av värmeö kan variera kraftigt mellan dag och natt samt beroende på position i staden. Enligt Amorim et al. (2021) representeras effekten av denna värmeö genom differensen i strålningstemperatur mellan naturliga ytor och impermeabla ytor. EPA (2008d) skriver att yt-värmeöar redovisas i termiska kartor där det går att urskilja vilka områden som har en högre yttemperatur än andra. De mäts med hjälp av fjärranalys (remote sensing) från satelliter eller flygplan.

Atmosfäriska värmeöar (UHI)

Atmosfäriska värmeöar definieras enligt EPA (2008d) av varmare luft i urban miljö jämfört med närliggande rural miljö. Under dagen är effekten av denna värmeö liten eller

till och med icke existerande, den är som mest intensiv på vintern, under natten eller innan gryning. Atmosfäriska värmeöar redovisas i isothermiska kartor och i grafer över temperaturutvecklingen. Resultatet mäts med hjälp av väderstationer.

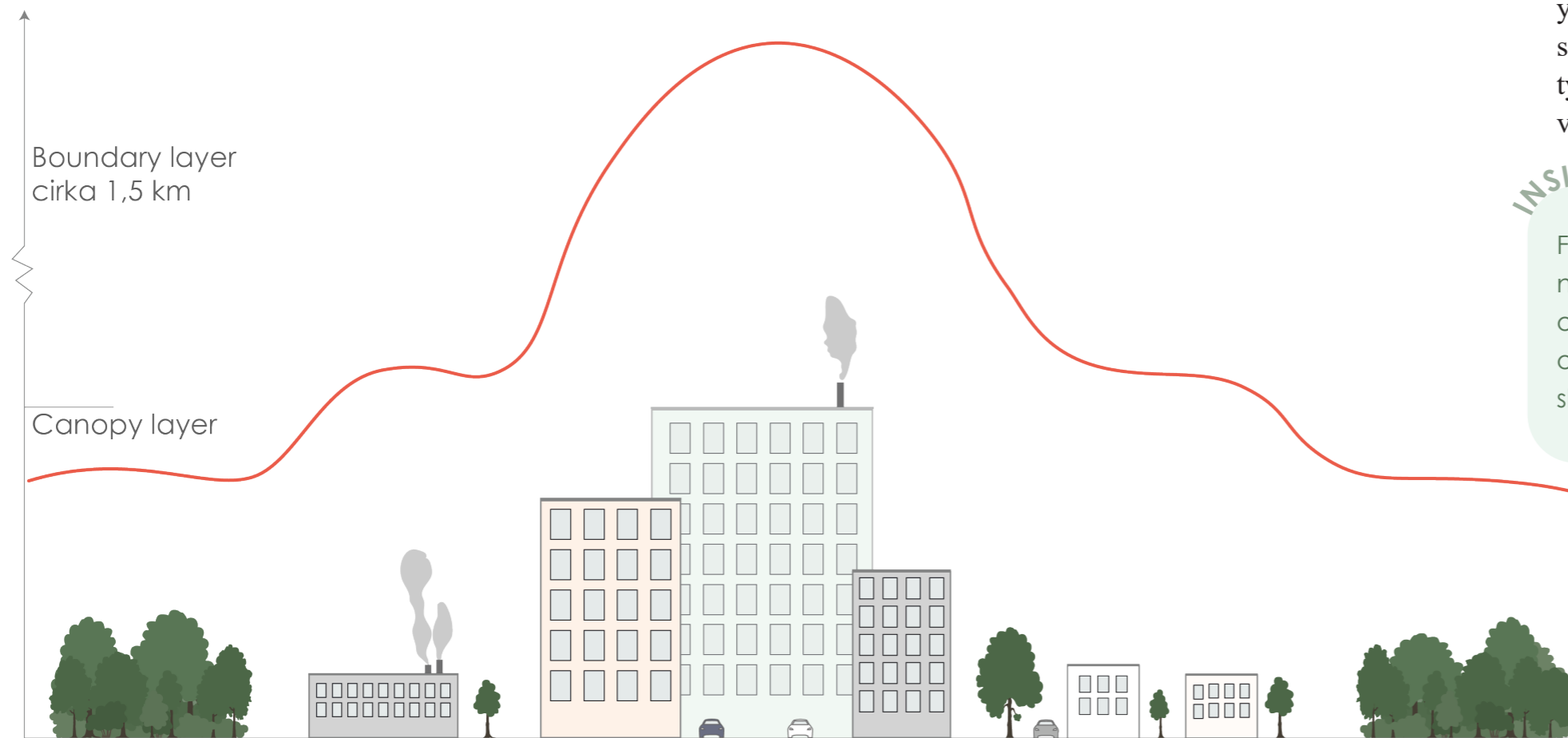
Atmosfäriska värmeöar kan delas in i två typer/nivåer:

- Canopy layer urban heat islands: Brukar vara den som refereras till i diskussioner kring urbana värmeöar och innefattar atmosfären där människor rör sig (vistelsezon), mellan marknivå och upp till toppen av byggnaderna.
- Boundary layer urban heat islands: Sträcker sig från taken på husen upp till den punkt där de urbana miljöerna inte längre influerar atmosfären, vilket vanligtvis inte är längre än 1,5 km från markytan.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA) (2008d) menar att väderfenomen har stor inverkan på båda typerna av värmeöar (SUHI och UHI). De är som mest intensiva när det är lite vind och klar himmel. Anledningen till detta är att tjocka molntäcken hindrar solinstrålningen från att värma upp städerna. Starka vindar minskar temperaturskillnaden mellan urbana och rurala områden genom att blanda upp den atmosfäriska blandningen av varm och kall luft. Amorim et al. (2021) har analyserat intensiteten av värmeöeffekter, hur de kan skilja sig mellan dag och natt samt hur de ser sig i städer med olika förutsättningar. Studien har gjorts i Presidente Prudente (Brasilien) och i Rennes (Frankrike). För att kunna genomföra studien har lufttemperaturer uppmätts och yttemperaturkartor tagits fram av satellitbilder från Landsat 8. Undersökningen registrerade effekten av yt-värmeöar (SUHI) genom att jämföra temperaturen för impermeabla ytor och naturliga ytor, på nästkommande sida följer två tabeller över de uppmätta temperaturerna i Brasilien och Frankrike, sammanställt av författarna:

Brasilien, Presidente Prudente			
	Lägst (°C)	Högst (°C)	Total differens
Dagtid	26 vegetationsyta	40,4 kompakt låg bebyggelse	14,4
Natttid	13,2 spridda träd	23,9 kompakt låg bebyggelse	10,7

Frankrike, Rennes			
	Lägst (°C)	Högst (°C)	Total differens
Dagtid	0 spridda träd	9,8 stor låg bebyggelse	9,8
Natttid	-4,3 låg vegetation	7,8 vatten	12,1



Figur 2. Konceptuell bild på värmeeffekter där den röda linjen representerar hur temperaturen ökar ju tätare bebyggelsen är. Framtagen av författarna baserad på information från EPA (2008d).

Enligt Oke (1987) kan vatten när det väl blivit varmt sjunka långsamt i temperatur vilket kan värma lufttemperaturen. Det krävs mycket energitillförsel för att sänka och öka temperaturen på vatten.

Vad gäller den atmosfäriska värmeö (UHI) så skriver Amorim et al. (2021) att temperaturdifferensen jämfördes mellan urban miljö och en mätpunkt i omgivande rural miljö. Det konstaterades att effekten var som starkast nattetid. Undersökningen gjordes under 30 (Frankrike, Rennes) respektive 31 (Brasilien, Presidente Prudente) dagar. I Rennes kunde den högsta temperaturdifferensen nattetid registreras på 5,4°C och i Presidente Prudente var den 9,1°C.

Vidare skriver Amorim et al. hur resultatet bevisar att det finns en distinkt differens på hur glesbebyggda och vegetationsklädda områden har lägre luft- och yttemperaturer i jämförelse med tätt bebyggda områden som istället visar på högre temperaturer. Detta är särskilt tydligt när atmosfäriska värmeöar är som intensivast, det vill säga på natten (Amorim et al. 2021).

INSIKTER

Från detta kapitel tar vi med oss att glesbebyggda och naturliga vegetationsklädda områden har lägre luft- och yttemperaturer i jämförelse med tätt bebyggda områden, vilket är viktigt att ha i åtanke för att kunna skapa goda livsmiljöer.

2.2.2. Exploatering och förtätning

Förr i tiden var det vanligt att människor som bodde på landsbygden flyttade in till städerna, vilket då var orsaken till städernas tillväxt, vilket beskrivs av Boverket (2019b). Denna typ av omflyttning pågår däremot inte alls i lika stor utsträckning längre i Sverige och mängden befolkning på landsbygden har upphört att minska. Begreppet som beskriver processen där en ökad mängd människor inom ett land flyttar från landsbygd till stad kallas för urbanisering. Idag ser strukturen inom urbaniseringstrenden annorlunda ut jämfört med tidigare. När människor förr i tiden flyttade från landsbygd till städerna, minskade antalet bosatta på landsbygden i samma takt och utsträckning som befolkningen ökade i städerna. Idag däremot ökar antalet människor i städerna mer än vad landsbygdens befolkning minskar. Boverket (2019b) menar att de största städerna och storstadsregionernas fortsatta tillväxt beror på en ökad inflyttning av människor från utlandet i kombination med ett födelseöverskott av människor. Urbaniseringen kan beskrivas på ytterligare ett sätt, med hjälp av en indikator som kallas för tätortsgrad eller urbaniseringsgrad. Här undersöks urbaniseringen genom att titta på hur stor del av den totala befolkningen inom ett land som bor i tätorter. Mellan 1970 och 2010 ökade urbaniseringsgraden med 4 procentenheter, från 81% till 85%. Eftersom att 1,3% av Sveriges totala yta år 2010 utgjordes av tätorter, går det att konstatera att 85% av den svenska befolkningen då bodde på endast 1,3% av landets totala yta (Boverket 2019b). I en mätning av urbaniseringsgraden år 2020 gjord av SCB (Statistiska centralbyrån) (2022) bodde 88% av Sveriges befolkning i tätorter. Det har alltså skett en ökning av urbaniseringsgraden på ytterligare 3 procentenheter mellan år 2010 och 2020.

I en publikation från Boverket (2016) beskrivs det hur den ökade mängden bosatta i Sveriges större orter och städer

har lett till en stor brist på bostäder i flera kommuner. I samband med att efterfrågan av bostäder har ökat är det flera orter och städer som har expanderat utåt i storlek. När städer växer utåt innebär detta konsekvenser i form av att värdefull jordbruksmark eller naturmark går förlorade och att människor i större utsträckning blir beroende av bilen. En annan strategi är därför att bygga inåt i staden, nämligen genom förtätning. Vid förtätning kan bostäder byggas utan att värdefull mark, såsom naturmark, tas i anspråk. Förtätning innebär också att tillgången till kollektivtrafik ökar och att det blir kortare resvägar generellt om det byggs inåt i staden i närheten av redan befintliga infrastrukturnät. Trots att Boverket lyfter många fördelar med förtätning benämns även en del av utmaningarna med strategin. Det finns bland annat stora problem kring att grönytor inom städerna bebyggs och att ljud- och ljusförhållanden påverkas negativt av en tät och hög bebyggelse. För att uppnå en hållbar utveckling av våra städer behöver vi därför vara extra observanta kring de prioriteringar som görs i samband med förtätning (Boverket 2016).

En annan konsekvens av att bygga täta städer är en ökad värmeoeffekt. De urbana miljöernas struktur och karaktär påverkar i stor utsträckning temperaturen. Bland annat finns det ett samband mellan ökad värmeoeffekt och tät bebyggelse i urbana miljöer (Sera et al. 2019). Folkhälsomyndigheten (2019a) menar att ju tätare och större bebyggelsen är, desto starkare blir den urbana värmeoeffekten. Det finns även ett samband mellan väremöars intensitet och städernas storlek. I en tätort med 1000 invånare kan det uppstå en värmeoeffekt där tätorten har 2°C högre temperatur än omgivande landskap. I en storstad med en miljon invånare, kan värmeoeffekten bli så pass intensiv att temperaturskillnaden mellan stad och omgivande landsbygd uppnår 8°C.

Vid fysisk planering är det viktigt att tänka på hur bebyggelsens geometri influerar temperaturen (Thorsson

2012). Bebyggelsegeometri innefattar aspekter såsom bebyggelsens höjd, form och riktning samt avstånd mellan bebyggelsen (Folkhälsomyndigheten 2019a). Geometrin påverkar värmeöars uppkomst och utsträckning samt temperaturskillnader mellan olika områden inom den urbana miljön (Thorsson 2012). Hur bebyggelsegeometrin ser ut har en stor inverkan på det urbana klimatet, där avståndet mellan byggnaderna är en av de faktorer som påverkar mest (Folkhälsomyndigheten 2019a). Tät bebyggelse kan ha både positiva och negativa effekter på de urbana miljöernas temperatur. De negativa aspekterna är att tät bebyggelse, jämfört med gles bebyggelse, lagrar en större mängd värme som dessutom avges under en längre tidsperiod. De positiva aspekterna är att tät bebyggelse bidrar till minskad solinstrålning, vilket i sin tur innebär en lägre yt- och lufttemperatur tack vare den skugga som byggnaderna avger under dagtid (Thorsson 2012; Folkhälsomyndigheten 2019a). Vidare beskriver Folkhälsomyndigheten (2018) i en annan rapport att de varmaste platserna under dagtid är soliga och vindskyddade platser nära bebyggelse med lite eller ingen växtlighet. Under nattetid är istället de varmaste platserna centralt lokaliserade områden med tät bebyggelse där det endast finns lite eller ingen växtlighet alls.

Bebyggelsestäthet, det vill säga hur tätt det är mellan byggnaderna, kan undersökas på olika sätt. Ett sätt är att undersöka förhållandet mellan byggnadernas höjd och bredden på markytan mellan byggnaderna. Ett annat sätt, som även är det vanligaste, är att undersöka himmelsfaktorn. Himmelsfaktorn är ett mått för hur stora delar av himlen som är synbar inom ett 180-graders perspektiv från en viss punkt (Folkhälsomyndigheten 2018). Sjöman och Slagstedt (2015) menar att himmelsfaktorn ofta är begränsad av hög och tät bebyggelse i städer. Skillnaden på himmelsfaktorns storlek i staden, jämfört med på landsbygden, är en av de största orsakerna till att det är varmare i städerna. Anledningen till detta är att marken på landsbygden kyls ner under natten, genom att långvägig

strålning avges ut mot den kalla himlen. Denna avkyllning leder därefter till en lägre lufttemperatur. I städerna däremot, där himmelsfaktorn är mindre, tar avkyllningen betydligt längre tid eftersom att den långvågiga strålningen begränsas av kringliggande byggnader. I storstäder med en tät bebyggelsestruktur och därav en ytterst begränsad himmelsfaktor, kan lufttemperaturen under natten vara 10-12°C högre i staden jämfört med omgivande landsbygd (Sjöman & Slagstedt 2015).

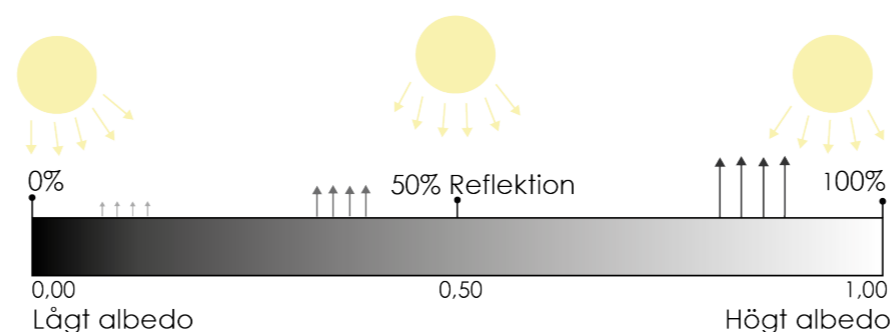
INSIKTER

Det finns flera fördelar med förtätning av städer men det är viktigt att tänka på vilka ytor som bebyggs för att undvika att värdefulla grönytor inom staden exploateras. Nackdelar med att exploatera städer utåt samt förtätning är att det ökar omfattningen av möjliga värmeöffekter. Bebyggelsegeometrin i urbana miljöer har en stor inverkan på klimatet. Avståndet mellan byggnaderna är en av de faktorer som påverkar mest och det finns ett samband mellan ökad värmeöffekt och tät bebyggelse i urbana miljöer.

2.2.2.1. Ytskiktets reflektionsförmåga

De viktigaste faktorerna kopplade till värmeöffekter är materialegenskaperna i urbana miljöer såsom markbeläggning och husfasader (Sjöman & Slagstedt 2015). Olika ytor har olika förmågor att reflektera solstrålning och för att mäta reflektionsförmågan används måttet albedo (vithet) skriver Naturskyddsföreningen (2021). Mer specifikt mäter albedo materialet eller ytans förmåga att reflektera kortvågig strålning från solen. Hur mycket en yta kan reflektera solstrålar presenteras i en skala på 0,00 till 1,00 (0% till 100%), ju högre albedo desto mer solljus reflekteras. Exempelvis så absorberar mörka material som svarta kläder mer av solens strålar en solig sommardag i jämförelse med ljusa material som

vita kläder, vilket gör det svarta plagget avsevärt varmare. Taha (1997) skriver hur grus med ett albedo på 0,09 visade på en temperatur på 30°C mer än omgivande luft, medan en vit yta med 0,61 i albedo endast var 5°C varmare än omgivande luft. Vidare beskriver Taha hur en förhöjning av albedovärdet på yt- och takbeläggningar tillsammans med en ökad mängd vegetation i den urbana miljön kan vända de negativa konsekvenser som uppstår till följd av värmeöffekten. Meteorologiska simuleringar har visat att lufttemperaturen kan minska med 2°C vid en måttlig ökning av det urbana albedot. Om en mer extrem ökning av det urbana albedot skulle tillämpas, kan det leda till en lokal sänkning av lufttemperaturen med 4°C.



Figur 3. Principbild som förklarar albedo. Framtagen av författarna baserad på information från Naturskyddsföreningen (2021) och Oke (1988).

Den andel kortvågiga strålar som når jordens markyta och inte reflekteras tillbaka som kortvågig strålning absorberas av materialet som i sin tur ger ifrån sig värme som långvågig strålning (Naturskyddsföreningen 2021). Om strålningsbalansen är jämn mellan inkommande kortvågig strålning och utgående långvågig strålning så sker ingen inverkan på vårt klimat ur ett längre tidsperspektiv, vilket beskrivs av Eckersten et al. (2004). Klimatet blir kallare om atmosfärens albedo ökar vid exempelvis en skogsbrand eller vulkanutbrott, då stora mängder partiklar samlas som hindrar att kortvågig strålning från solen når jorden. Eckersten et al. förklarar vidare hur det på ett motsvarande sätt kan leda till ett varmare klimat om koldioxidhalten höjs, vilket i sin tur

ökar den ingående långvågsstrålningen från atmosfären mot jorden. Detta stöds även av Naturskyddsföreningen (2021) som kopplar växthuseffekten till detta ämne då vissa våglängder av värmestrålningen som är på väg att lämna jorden absorberas av växthusgaser i atmosfären, vilket leder till ökade temperaturer. Strålningsbalansen kan skilja sig mellan enskilda platser och tidpunkter enligt Eckersten et al. (2004), vilket kan påverka det storskaliga meteorologiska läget eller i mindre skala det lokala mikroklimatet. Lokalt kan vegetation förhindra att solstrålningen når markytan genom att verka som ett filter. Albedot för vegetationen är beroende på struktur och färg. Vegetationens inverkan på den lokala miljön stöds även i en artikel av Taha (1997) då en mätning i Los Angeles urbana delar kunde registrera ett högre albedo för ett område som hade mer omfattande och tät vegetation jämfört med omkringliggande delar.

Oke (1988) skriver hur albedot för urban miljö har undersökts i länder som exempelvis Japan, Nigeria, Tyskland och England. Sammanställningen visar en variation mellan länderna på 0,09 till 0,23 med ett medelvärde på ungefär 0,15. Enligt Taha (1997) har Nordafrikanska länder ett högre albedo (0,30-0,45) i jämförelse med Europeiska länder (0,15-0,20), medan Naturskyddsföreningen (2021) skriver hur jordklotet har ett genomsnitt på 0,30. Thorsson (2012) skriver hur slitage och nedsmutsning av ytor påverkar reflektionsförmågan. Ljusa ytor får snabbt sämre reflektionsförmåga och kräver därmed mycket underhåll. Asfalt får istället ökad reflektionsförmåga alltefter att bindemedlet oxiderar och materialet ljusnar. Albedo är relevant i samband med de smältande isarna då nysnö har ett albedo på 0,9, medan smältande snö har ett albedo på 0,5, vilket betyder att 50% av solstrålarna reflekteras i jämförelse med 90%. Havsytan har ett väldigt lågt albedo på 0,08 och med smältande glaciärer skapas mer öppna värmeabsorberande hav, som i sin tur smälter ännu mer is. Således kan albedo influera klimatförändringar och ett varmare klimat.

Yta / Material	Albedovärde	Yta / Material	Albedovärde
Asfalt	0,05-0,20	Färg: Vit/vitlasyr	0,50-0,90
Betong	0,10-0,35	Färg: Röd/Grön/Brun	0,20-0,35
Sten	0,20-0,40	Färg: Svart	0,02-0,15
Vitmålad stenfasad	0,80	Torr sand	0,20-0,30
Tegel, ljus nyans	0,30-0,50	Lövfällande vegetation	0,20-0,30
Tegel, röd	0,20-0,30	Jord	0,30
Mörk tegel & skiffer	0,20	Gräs	0,30
Kalksten	0,30-0,45	Barrskog	0,10-0,15
Trä (ek)	0,10	Nysnö	0,80-0,90
Tjära & grus	0,08-0,18	Galvaniserat stål	0,35
Takpannor, tegel	0,10-0,35	Vitt gips	0,93
Skiffer	0,10	Vitt pigment	0,85
Halm	0,15-0,20	Grått pigment	0,30
Korrugerad plåt	0,10-0,16	Grus & singel	0,72
Sedum	~0,30		

Figur 4. Tabell över olika material/ytors albedovärde. Framtagen av författarna baserad på information från Santamouris (2001) samt översatt av Sjöman och Slagstedt (2015).

Kalla tak

En åtgärd för att lindra de negativa effekterna av värmeöar är enligt EPA (2008a) att använda sig av kalla tak (cool roofs) eftersom att en bidragande faktor till värmeöeffekten är mängden mörka varma tak som finns i städerna. Kalla tak har använts i mer än 20 års tid och består av material som har en hög reflektionsförmåga (høgt albedo). Under väldigt varma sommardagar kan dessa material uppnå en temperatur på cirka 28-33°C lägre än traditionella takmaterial som till exempel taktegelpannor. Vid en jämförelse mellan material som används för kalla tak och material som används för traditionella tak reflekterar de förstnämnda bort betydligt större mängder solstrålning. Traditionella takmaterial absorberar runt 85-95% av solenergin, så endast 5-15% av den inkomna solstrålningen reflekteras tillbaka ut i atmosfären. De

kallaste materialen som används för kalla tak absorberar 35% av den inkommande strålningen och 65% reflekteras tillbaka ut i atmosfären.

EPA (2008a) beskriver hur olika material för kalla tak används för olika varianter av tak där det nedan görs en indelning av låglutande tak och brant lutande tak. Låglutande tak är nästan helt plana medan brant lutande tak har en lutning på mer än 5 cm per 30 cm. De material som i första hand används för låglutande kalla tak är olika typer av takbeläggningar och enskiktsmembran, vilka förklaras nedan:

För låglutande tak

- Kalla takbeläggningar: Dessa beskrivs som olika ytbehandlingar vilka med fördel appliceras på låglutande tak som är i gott skick. Konsistensen på beläggningarna påminner om trögflytande målarfärg och de går att applicera på flera olika befintliga ytor som till exempel grus-, metall- och asfaltytor. Beläggningar för kalla tak brukar delas in i två olika varianter, nämligen elastomeriska och cementbaserade. De elastomeriska beläggningarna innehåller ett membran som är vattentätt. De cementbaserade beläggningarna är däremot permeabla och därför är det viktigt att takmaterialet under beläggningen är vattentätt. Båda typerna av beläggningar har gemensamt att de reflekterar bort minst 65% av den inkommande solstrålningen.
- Enskiktsmembran för kalla tak: Enskiktsmembran används, precis som kalla takbeläggningar, på låglutande tak och består av prefabricerad plåt i ett enda lager.

Vidare beskriver EPA (2008a) att det finns fler material tillgängliga på marknaden för låglutande kalla tak, än för brant lutande kalla tak. Utbudet av material för brant lutande kalla tak har dock ökat med tiden och det finns numera bland annat olika varianter av taktegelpannor och målade plåttak.

För brant lutande tak

- Kallfärgade taktegelpannor: Vars pigment reflekterar bort infraröd solstrålning. Beroende på vilken färg dessa tegelpannor har reflekterar de bort mellan 25-70% av solstrålningen. Helt vanliga tegelpannor däremot, som oftast består av betong eller lera, reflekterar bort mellan 10-30%.
- Kallfärgade plåttak: Kan användas för brant lutande tak som likt de kallfärgade taktegelpannorna består av pigment som reflekterar bort infraröd strålning. Reflektionsförmågan hos denna typen av plåtmaterial ligger mellan 20-90%.

På vintern, då solinstrålningen är eftertraktad för uppvärmning av byggnader, kan kalla tak med dess höga reflektionsförmåga vara till en nackdel. EPA (2008a) beskriver dock hur denna nackdel inte är särskilt omfattande i relation till de fördelar som kalla tak innebär sommartid. Värmeenergin från solen vintertid är nämligen lägre jämfört med den oönskade värmeenergin sommartid. På vintern är antalet soltimmar färre, samtidigt som solen står betydligt lägre än på sommaren, vilket leder till en mindre intensiv solinstrålning.

Kalla markbeläggningar

“Kalla markbeläggningar” är enligt EPA (2012) en åtgärd som kan tillämpas för att reducera negativa konsekvenser av värmeöeffekter. Det finns en del kalla markbeläggningar ute på marknaden och det pågår även framtagande av fler varianter. Denna typ av beläggningar kan uppnå lägre yttemperaturer och lagrar oftast en mindre mängd värme än vanliga traditionella markbeläggningar, som exempelvis impermeabel asfalt. I en studie av Pomerantz et al. (2000) undersöktes yttemperaturer för traditionella, impermeabla ytor av asfalt och betong. Studien genomfördes i Kalifornien mellan klockan 8 till 18 en dag i september. Mitt på dagen runt klockan 13 uppmättes de högsta yt-

temperaturerna vilka varierade mellan 47°C och 56°C. EPA (2012) beskriver att trots att ny betong kan anses vara en kall markbeläggning, blir materialet mörkare med tiden vilket leder till att dess reflektionsförmåga reduceras. De kalla markbeläggningar som finns idag har antingen ett högt albedovärde eller så är de permeabla. Nedan följer några exempel på kalla markbeläggningar enligt EPA (2012):

- Traditionella ljusa asfaltbeläggningar: Dessa kan innan anläggning blandas ut med ett material som har ett högt albedovärde för att ljusa upp färgen på asfalten. En traditionell asfaltyta kan även efter att den har anlagts behandlas med ett uppljusande material, vilket ökar ytans reflektionsförmåga. Denna variant av kalla markbeläggningar har använts under flera årtionden på olika typer av platser, såsom motorvägar och parkeringsytor.
- Traditionella ljusa betongbeläggningar: Användbart på flera olika typer av platser, så som parkeringsytor och vägar.
- Andra reflekterande markbeläggningar: Dessa kan bestå av flera olika typer av material och används vanligtvis på platser med lite trafik, som exempelvis trottoarer eller parkeringsplatser. Ett exempel på reflekterande markbeläggningar är färgad asfalt eller betong, där det kan tillsättas ett visst pigment som ljusar upp materialet och ökar dess reflektans.
- Permeabla markbeläggningar utan vegetation: I dessa typer av markbeläggningar finns det hålrum som gör dem genomsläppliga för vatten. Vattnet kan sedan rinna vidare ner till skikten under markbeläggningen. Exempel på några permeabla markbeläggningar utan vegetation är; permeabel betong, porös asfalt (dränasfalt), gummiasfalt och marktegel eller betongplattor.

Gummiasfalt tillverkas genom att i asfalten blanda ner strimlade gummibitar. Boverket (2015) menar att trots att gummiasfalt är ett tåligt material kan det innehålla hälsofarliga ämnen.

Marktegel eller betongplattor finns enligt EPA (2012) med olika sorters ytbehandlingsfärger vilka har som syfte att öka reflektionsförmågan.

Användningsområdena för dessa permeabla markbeläggningar utan vegetation varierar beroende på vilken typ av material det är. Exempelvis används gummiasfalt på motorvägar som en bullerreducerande åtgärd. För vissa permeabla markbeläggningar är de vanligaste användningsområdena mindre trafikerade platser som exempelvis småvägar eller parkeringsytor.

- Permeabla markbeläggningar med vegetation: Metall, betong eller plast kan användas för att skapa en beläggningsstruktur med hålrum i, där det kan växa gräs (gräsarmering) eller annan grönska. Dessa typer av markbeläggningar används vanligen på platser där det är lite trafik för att undvika att vegetationen tar skada (EPA 2012).

INSIKTER

De viktigaste faktorerna kopplade till värmeeffekter är alla mörka material i urbana miljöer, såsom markbeläggningar, tak och husfasader. Material med ett högt albedo (ljus färg) reflekterar mer solljus och ett lågt albedo (mörk färg) som exempelvis asfalt, reflekterar bort mindre solljus. När ett material reflekterar bort stora delar solljus absorberas mindre värme, vilket leder till lägre temperaturer. Underhåll av ljusa ytor är viktigt då slitage och nedsmutsning försämrar reflektionsförmågan. Asfalt blir däremot ljusare med

tiden alltefter bindemedlet oxiderar. Om albedovärdet på yt- och takbeläggningar höjs tillsammans med en ökad mängd vegetation kan negativa konsekvenser som uppstår till följd av värmeöeffekten lindras. En annan åtgärd för att lindra värmeöeffekten är att använda permeabla markbeläggningar både med och utan vegetation.

2.2.2.2. Materialets termiska egenskaper

Utöver att olika material absorberar olika stora mängder solinstrålning, varierar även värmekapaciteten (Sjöman & Slagstedt 2015). Det finns två olika aspekter som påverkar materialets termiska beteende. Den ena aspekten är materialets värmekapacitet, vilket förklaras som kapaciteten att lagra värmeenergi. Den andra aspekten är värmekonduktivitet, vilket mäter värmeenergens förmåga att förflytta sig igenom materialet. Vid en jämförelse av värmekonduktiviteten mellan trä och betong framgår det att trä har en lägre värmekonduktivitet än betong, där trä har ett värde på 0,14 och betong 1,7 (Sandin 2010). Vattens värmekonduktivitet ligger på 0,6 och luft har ett värde på 0,026. Alltså leder vatten värme mer effektivt än luft (Nevander & Elmarsson 1994). Materialets värmekapacitet beror endast på två faktorer; mängden beståndsdelar materialet innehåller samt de olika beståndsdelarnas karaktär. Således är det inte strukturen på materialet eller beståndsdelarnas orientering som påverkar hur stor värmekapacitet ett material har. Ifall exempelvis en av beståndsdelarna inom ett material skulle fördubblas i antal, skulle detta innebära att denna specifika beståndsdel bidrar med ett dubbelt så stort tillskott till materialets värmekapacitet (Nilsson 2004).

För att kunna lindra värmeeffekter betonar Thorsson

(2012) att det är viktigt att ha olika materials värmekapacitet i åtanke. Materialets värmelagring reduceras nämligen om det har en låg värmekapacitet, vilket även innebär att yt- och lufttemperaturerna nattetid blir lägre. Viktigt att ta hänsyn till är att material som har en låg värmekapacitet genererar ökade yt- och lufttemperaturer under dagtid. Flera material, så som asfalt, tegel, betong och sten har en hög värmekapacitet och lagrar därför mycket värme som sedan avges nattetid (Sjöman & Slagstedt 2015). Coutts et al (2007) menar att ju tätare ett bebyggt område är, desto högre blir värmelagringen generellt. Thorsson (2012) beskriver hur material som har ett högt albedovärde även benämns som kalla material och att tillämpning av dessa är en värmereducerande åtgärd. Genom att använda ljusa material (högt albedovärde) reduceras värmelagringen och yttemperaturen i fasader och mark. En aspekt som är viktig att tänka på är dock att material som är extremt högre reflekterande kan leda till bländning.

Sjöman och Slagstedt (2015) beskriver hur olika material lagrar olika mycket värme, där en jämförelse görs mellan en stenmur och ett metallräcke. Under en varm dag under sommarmånaderna upplevs ett metallräcke extremt varmt vid beröring, till skillnad från en stenmur. Däremot lagrar stenmuren under dagen en stor mängd värme (solenergi). Denna värme i form av energistrålning avges vidare under nattens timmar. Metallracket håller inte värmen lika länge som stenmuren och avger inte någon värme nattetid. Sten är alltså ett exempel på ett material som snarare lagrar solenergin istället för att omedelbart omvandla den till höga temperaturer, vilket däremot metall gör. Därför går det att konstatera att trots att metallracket under dagen upplevs varmare, bevarar stenmaterialet värmen under en längre period. Enligt Brown (2010) får en stenmur som är placerad i öst-västlig riktning hög intensitet av solstrålning mitt på dagen och som högst under vintern när solen står lågt på himlen. Om muren är placerad i nord-sydlig riktning blir den största intensiteten solstrålning

morgon (östsidan) och eftermiddag (västsidan) året om. Om lövfällande klättrväxter däremot täcker stenmuren kommer muren att förbli sval eftersom den då avger mindre värme under heta sommarmånader.

INSIKTER

Från detta kapitel är insikter vi tar med oss att materialens värmelagrings- och värmeledningsförmåga påverkar dess termiska beteende. För att kunna lindra negativa konsekvenser av värmeöffekter är det viktigt att ha materialens värmekapacitet (hur mycket värme de lagrar) i åtanke vid planering av urbana miljöer. Materialets värmelagring reduceras om det har en låg värmekapacitet, vilket även innebär att yt- och lufttemperaturerna nattetid blir lägre. Material med en låg värmekapacitet genererar dock högre yt- och lufttemperaturer under dagtid. Ju tätare ett bebyggt område är, desto högre blir värmelagringen generellt. Tillämpning av kalla material (högt albedovärde) är en värmereducerande åtgärd, då detta innebär en lägre värmelagring. Viktig att tänka på är att extremt högre reflekterande material kan leda till bländning. Lövfällande vegetation skuggar på sommaren och släpper igenom solljuset på vintern.

2.2.3. Termisk komfort

Termisk komfort beskrivs enligt Karlsson och Ståhl (2012) som ett tillstånd då en människa upplever välbehag i relation till den termiska miljön. I detta tillstånd finns det enligt individen själv inget önskemål om att det ska bli kallare eller varmare. Detta brukar i sin tur beskrivas som att individen i sin helhet är i termisk jämvikt med dess omgivning. Termisk jämvikt innebär att det är en balans mellan en människas värmeproduktion och kroppens värmeavgivning, samtidigt som kroppens temperatur är oföränderlig. För att uppnå termisk komfort är det flera

aspekter som är av betydelse. Delvis påverkar olika personliga faktorer såsom vikt, kön, längd samt personens aktivitetsnivå och klädsel. Andra faktorer som påverkar den termiska komforten är de klimatförutsättningar som råder på den plats där personen vistas. Dessa klimatförutsättningar är strålningstemperatur från ytor i omgivningen, lufttemperatur, luftfuktighet och vindförhållanden. Exempelvis beskriver Sjöman och Slagstedt (2015) att vid en uppmätt lufttemperatur på 5°C kan den upplevda lufttemperaturen istället bli 1°C, om vinden har en hastighet på 5 m/s. Folkhälsomyndigheten (2019b) beskriver hur en hög luftfuktighet leder till att höga temperaturer upplevs ännu högre, där 32°C upplevs som 43°C vid en relativ luftfuktighet på 75%. Thomas (2006) beskriver att vid temperaturer runt 28-30°C med en luftfuktighet på cirka 50% är en människa utan kläder generellt sett bekväm, om det finns tillgång till skugga.

Thorsson (2012) beskriver hur energiutbytet mellan en människas kropp och den omgivande miljön avgör den termisk komforten. För att kunna beräkna energiutbytet och dess effekt på olika fysiologiska och sensoriska reaktioner i en människas kropp, används olika varianter av index. De faktorer som påverkar energiutbytet, det vill säga platsens klimatförutsättningar och personliga faktorer, beräknas ihop till ett värde. Detta värde indikerar den sammanslagna effekt energiutbytet har på människokroppens fysiologiska och sensoriska reaktioner. En aspekt som inget av nutida index beaktar är de kulturella och psykologiska processer som påverkar hur olika människor upplever olika väder. Exempel på kulturella processer är normer, värderingar och regler, medan psykologiska processer kan vara olika attityder, erfarenheter, förväntningar, upplevd kontroll och preferenser. Detta är något som det däremot har forskats mer kring de senaste åren, där det finns studier som visar att kulturella och psykologiska processer påverkar cirka 50% av hur människor upplever olika väder (Thorsson 2012).

Termisk komfort varierar från person till person och är därför ett subjektivt ämne (Thomas 2006). Karlsson och Ståhl (2012) menar att det inte finns en gemensam klimatförutsättning som anses komfortabel för alla individer. En individs psykologiska aspekter, kön, hälsa och ålder spelar en stor roll när det gäller vilka klimatförutsättningar som anses komfortabla. Vid flertalet tester där grupper av människor har utsatts för en variation av olika klimat har det dock varit möjligt att konstatera att majoriteten av gruppen har en liknande uppfattning om vilket klimat som anses mest komfortabelt. Däremot har det, med tanke på att frågan kring termisk komfort är så subjektiv, i inga tester uppstått en klimatsituation där alla medverkande upplevde full tillfredsställelse och komfort. Vidare beskriver Karlsson och Ståhl att det finns ett så kallat PPD-index (predicted percentage dissatisfied), vilket fungerar som ett underlag för att klassificera termisk komfort. I ett PPD-index vägs människors fysiska aktivitet och beklädnad ihop med de rådande klimatförutsättningarna. Detta resulterar i en komfortekvation som anger hur en grupp människor anser att kombinationen av den fysiska aktiviteten, beklädnaden och klimatförutsättningarna ska vara för att gruppen ska trivas med temperaturen. Lindberg et al. (2013) menar att en lösning kopplat till termisk komfort är att skapa varierade utemiljöer med olika nivåer av skugga och ventilation. Detta innebär att individen själv kan välja att vistas på en plats vars temperatur möter personens begär och behov.

Folkhälsomyndigheten (2019b) beskriver hur människor påverkas av värme på olika sätt beroende på vilka temperaturer de är vana vid och den optimala dygnsmedeltemperaturen varierar i olika delar av världen;

- Stockholm: 11–12°C
- Miami: 27°C
- London: Cirka 20°C

Om dygnsmedeltemperaturen på en plats blir högre eller lägre än den optimala, ökar andelen dödsfall, där temperaturer som kan vara dödshotande för en viss befolkning anses normala för en annan. Sveriges befolkning har inte anpassat sig efter höga temperaturer till skillnad från befolkningar som bor i länder med ett varmare klimat. I dessa länder har människor anpassat samhället efter höga temperaturer genom att bland annat vila mitt på dagen då det är som varmast. Andra exempel på anpassningar är; stenhus byggda av tjocka väggar, tillgång till dricksvatten i offentliga miljöer, hus med små fönster som har luckor, samt bebyggelse under mark (Folkhälsomyndigheten 2019b).

Att människor påverkas på olika sätt av värme beroende på vilka temperaturer de är vana vid, är även något som Kalkstein och Davis (1989) redogör för. I en studie utförd i USA framgår det att de starkaste sambandet mellan värme och antal dödsfall, kunde identifieras i de delar av landet som generellt sett har ett svalare klimat. I de regioner som däremot har ett varmare klimat, var sambandet mellan värme och antal dödsfall inte lika starkt. Befolkningens sätt att akklimatisera sig efter värme på en regional nivå verkar ha en stor betydelse enligt författaren. En annan slutsats från studien är att människor under sommarsäsongen akklimatiserar sig efter värmen allteftersom, då höga temperaturer i början av sommaren ledde till fler dödsfall jämfört med när likartade väderförhållanden uppstod senare under sommaren.

INSIKTER

Insikter vi tar med oss är att människor påverkas på olika sätt av värme beroende på vilka temperaturer de är vana vid. Det finns flera aspekter som är av betydelse för att uppnå termisk komfort; vikt, kön, längd, personens aktivitetsnivå och klädsel. Även psykologiska (attityder, erfarenheter, förväntningar, upplevd kontroll och preferenser) och kulturella (normer,

värderingar och regler) processer påverkar cirka 50% av hur människor upplever olika väder. Klimatet har också stor inverkan på den upplevda temperaturen, såsom strålningstemperatur från ytor i omgivningen, lufttemperatur, luftfuktighet och vindförhållanden. Termisk komfort är subjektivt, så för att behaga en bred grupp människor är en lösning att skapa varierade utemiljöer så människan själv kan välja var den vill vistas; i sol, skugga, vind eller lä. En människa utan kläder är generellt sett bekväm med en temperatur runt 28-30°C och en luftfuktighet på 50%, om det finns tillgång till skugga.

2.2.4. Mikroklimat

Klimatet i en urban miljö kan delas in i olika kategorier; makro-, meso-, lokal- och mikroklimat vilket förtydligas av Sjöman och Slagstedt (2015). Makroklimat sträcker sig över cirka 100 km eller större, medan ett mesoklimat generellt brukar omfatta ett område på cirka 10-200 km, det vill säga hela den urbana miljön. Ett lokalklimat är i en något mindre skala och omfattar ett område från cirka 100 m-50 km. Mikroklimat innefattar klimatet på den minsta skalan, från några millimeter upp till 1 km och kan exempelvis vara en trädgård, ett dike, ett kvarter eller bakom en stenvmur som skapar ett avvikande klimat mot omgivningen genom att generera skugga och lä. Vidare skriver Sjöman och Slagstedt hur mikroklimatet kan skilja sig avsevärt på vissa platser i staden även om det bara är någon/några meter ifrån varandra. Exempelvis kan en parkeringsplats och en park skilja sig åt med 19°C. En undersökning i simuleringsprogrammet ENVI-met visar hur marktemperaturen mellan ett område av vegetation och träd uppvisar 17°C medan ytor med betong och asfalt visar en marktemperatur på upp till 42°C. Detta beskrivs även av Thorsson (2012), då val av byggmaterial i urban

miljö är relevant för lokal- och mikroklimat. Betong, asfalt och tegel absorberar, lagrar och avger mer värme till skillnad från naturliga, vegetationsklädda ytor. Även Brown (2010) beskriver hur temperaturen nära markytan är lägre i parker jämfört med omgivande asfalt eller betongytor.

Gehl (2011) belyser essensen av att ha mikroklimat i åtanke vid planering av våra urbana miljöer för att lindra negativa lokala klimatfaktorer. I Skandinavien är det essentiellt att genomföra klimatmedvetna val i stadsplaneringen då vinden är ett problem på grund av dess nedkylande effekt. Brown (2010) menar att vinden är ett väsentligt verktyg för att kyla ner platser, objekt eller människor till samma temperatur som vinden själv. Dock kan temperaturen för objektet bli lägre än luften om objektet är blött eller fuktigt, genom evaporativ kylning. Vinden kan även transportera parkernas svalare luft korta sträckor och kyla ner omkringliggande varma ytor. Även Gehl (2011) beskriver hur vindens rörelse kan påverka en plats avsevärt och att vid låg tät bebyggelse tenderar vinden att färdas över området. Höga byggnader tenderar snarare att fånga vinden som är 20-40 m upp och rikta den ner mot exempelvis en innergård. Gehl ger ett exempel i Danmark där låg bebyggelse i kombination med små innergårdar och byggnadernas placering gentemot solen skapar goda förutsättningar för ett behagligt lokalt klimat. Gehl menar att detta skapar ett godare klimat i den urbana miljön, jämfört med den omgivande blåsiga och kalla rurala miljön.

Enligt Brown (2010) sker generellt störst påverkan på mikroklimatet vintertid om vinden som blåser på ett varmt objekt kan reduceras. Sommartid sker vanligtvis störst påverkan om solinstrålningen som absorberas av ett föremål kan reduceras. Även Delshammar och Fors (2010) skriver hur stadens utformning påverkar hur vindklimatet blir i staden. Tät bebyggelse, gatornas

utformning, bebyggelsen och gatornas placering samt öppna platser påverkar vart vinden kan färdas. Oke (1987) skriver också hur byggnaders placering kan påverka mikroklimat avsevärt. I en stad med byggnadsstruktur i rutnät så skapas två typer av gatukanjoner (gaturum med byggnader på båda sidor) mellan byggnaderna som möts i en 90 gradig vinkel (se illustration över en gatukanjon på sidan 30). Varje kanjon kommer besitta olika mikroklimat som påverkas av vinkeln i förhållande till vind och sol. Utöver detta påverkas också mikroklimatet av kanjonernas geometri, byggnads- och markmaterial samt materialets karaktär i form av fukt-, värme- och strålningskapacitet.

Utöver placeringen av byggnader så skriver Gehl (2011) att häckar, vindskydd och träd reducerar vinden och därmed skapar goda mikroklimat anpassade för platsen. Delshammar och Fors (2010) menar att placeringen av vegetationen samt dess utformning är särskilt viktig. En åtgärd för att skapa ett behagligt lokalt klimat på varma platser enligt Thorsson (2012), är att använda sig av olika varianter av antingen flyttbara eller fasta solskydd, då dessa genererar skugga. Exempelvis kan ett staket riktat mot väst eller öst, enligt Brown (2010) bidra med skugga under hela året, skuggbilden blir som störst på vintern och minst på sommaren. Om staketet placeras vinkelrätt mot kalla vintervindar med en genomsläpplighet på 50% bidrar det till störst vindreducering.

INSIKTER

Insikter vi tar med oss från detta kapitel är vikten av att ha mikroklimat i åtanke vid planering av våra urbana miljöer, för att lindra negativa lokala klimatfaktorer. Ett mikroklimat kan skilja sig avsevärt på vissa platser i staden även om de bara är någon/några meter ifrån varandra. Flera studier visar att ytor med vegetation visar betydligt lägre temperaturer än ytor med exempelvis betong, asfalt eller tegel. Dessa material absorberar, lagrar och avger nämligen mer värme till skillnad från naturliga,

vegetationsklädda ytor. Vind kan transportera den svalare luften i exempelvis parker korta sträckor och kyla ner omkringliggande varma ytor. Vidare kan vind även kyla ner platser, objekt eller människor till samma temperatur som vinden själv. Temperaturen för objektet kan däremot bli lägre än luften om objektet är blött eller fuktigt, genom evaporativ kylning.

Tät bebyggelse, gatornas utformning, bebyggelsen och gatornas placering samt öppna platser påverkar hur vinden färdas, där dess rörelse kan påverka en plats avsevärt. Häckar, vindskydd och träd kan reducera vinden och därmed skapa goda mikroklimat anpassade för platsen. En åtgärd för att skapa skuggiga svala miljöer på varma platser är att använda olika varianter av antingen flyttbara eller fasta solskydd. Störst påverkan på mikroklimatet vintertid sker om vinden som blåser på ett varmt objekt kan reduceras. Sommartid sker vanligtvis störst påverkan på mikroklimatet om solinstrålningen som absorberas av ett föremål kan reduceras.

2.2.4.1. Simuleringar av mikroklimat

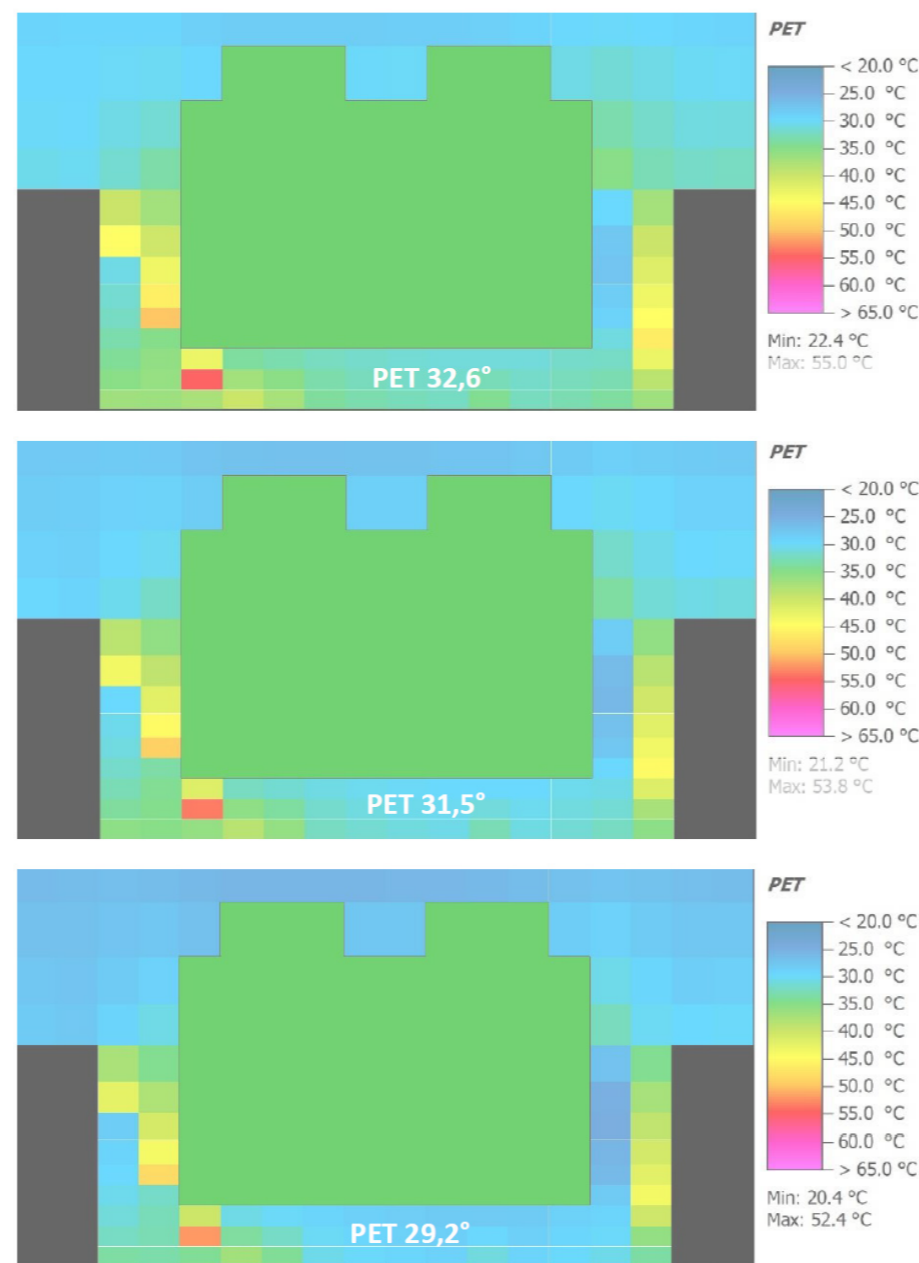
I en studie utförd av Rosenlund (2017) har datasimuleringar utförts med hjälp av simuleringsprogrammet ENVI-met, för att undersöka olika markbeläggningar och trädens inverkan på mikroklimatet i relation till vindens påverkan, temperatur samt relativ fuktighet. Vidare undersöks även trädens inverkan beroende på dess storlek, täthet och vitalitet. Trädkronornas täthet i studien beskrivs med Leaf Area Density (LAD). Vilket beskriver hur stor den totala bladytan är per volymenhet (m^2/m^3).

Trädkronorna i studien har följande värden:

- Glesa: LAD= 0,3 m^2/m^3
- Normala: LAD= 1,2 m^2/m^3
- Täta: LAD= 1,8 m^2/m^3

Studien, som är gjord i Växjö, visade att de termiska egenskaperna för markbeläggningar i form av albedo, värmekapacitet och densitet har en stor inverkan på mikroklimatet. Även träd påverkar mikroklimatet genom att bidra med skugga och kylande effekt via evapotranspiration. Det har även konstaterats att tätheten och storleken på kronan är av stor betydelse. För att få ett livskraftigt träd behöver växtbädden anpassas i storlek och därmed skapa god tillgång på vatten och syre. Markytans fukthalt har visat sig ha stor betydelse för temperaturen; vid hög fukthalt sker en evaporativ kylning medan en yta med låg fukthalt har motsatt effekt. Således påverkar markbunden fukt från vegetation och markyta, både den evaporativa kylningen samt trädens vitalitet. Thorsson (2012) menar att permeabla ytmaterial som släpper igenom och håller vatten bidrar till en ökad avdunstning, vilket i sin tur har en avkylande effekt. Exempel på permeabla ytmaterial är gräsarmering, kullersten och grus.

I Rosenlunds (2017) studie undersöktes olika scenarion där markfukten hade en stor betydelse för den termiska komforten (den för människan upplevda temperaturen). I ett gaturum med öppen jord och normala trädkronor ($LAD= 1,2 \text{ m}^2/\text{m}^3$) visade den termiska komforten (PET (Physiologically Equivalent Temperature)) $32,6^\circ\text{C}$ vid 10% markfuktighet, $31,5^\circ\text{C}$ vid 50% och $29,2^\circ\text{C}$ vid 90%. Således uppmättes en skillnad på $3,4^\circ\text{C}$ mellan låg och hög markfuktighet (se Figur 5). PET tolkar den faktiska temperaturen, luftrörelse, strålning, luftfuktighet och klädsel till en motsvarande upplevelse av inomhustemperaturen (där inverkan av luftrörelse och strålning är låg). Upplevd temperatur runt 20°C anses vara acceptabelt. Permeabla markbeläggningar som kan magasinera och lokalt omhändertaga dagvatten kan generellt hålla en högre fukthalt än impermeabla beläggningar. Då det sker en kylningseffekt vid evaporation, särskilt vid varmare temperaturer, talar detta för att hantera dagvatten lokalt (Rosenlund 2017).



Figur 5. Visar den termiska komforten (PET) i relation till andelen markfukt i ett gaturum med öppen jord och normaltäta trädkronor i juli kl 14. Överst: låg markfukt (10%) Mitten: normal markfukt (50%) Nederst: hög markfukt (90%). Publicerat med upphovspersonens tillstånd (Rosenlund 2017).

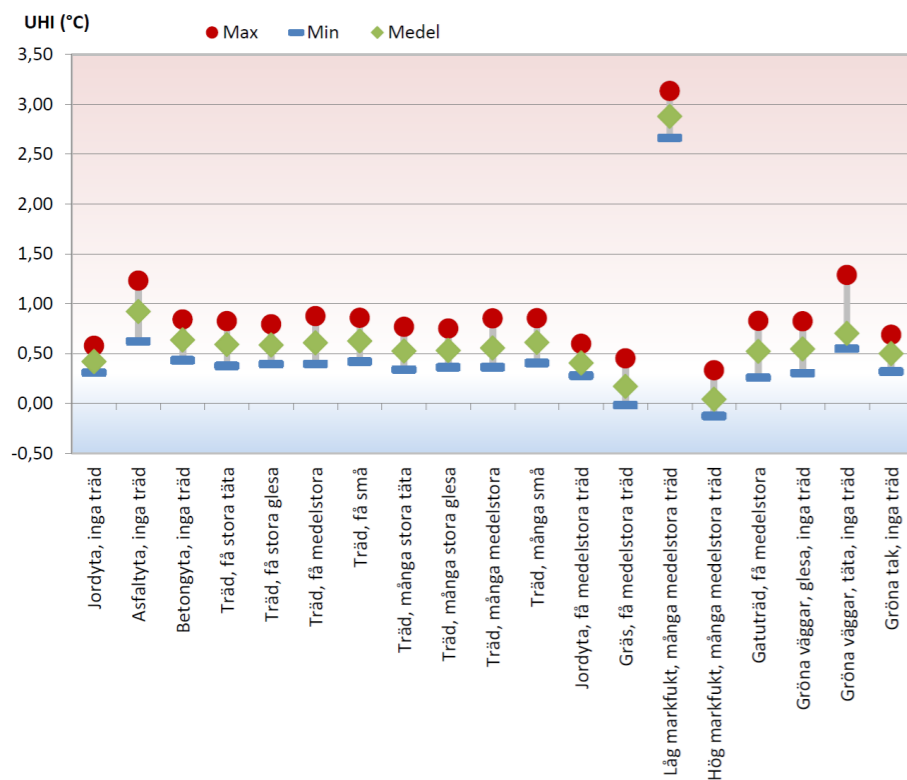
I en ytterligare studie av mikroklimatet i urban miljö har Hans Rosenlund (2014) studerat hur vegetation, markbeläggning och markfukt inverkar på omkringliggande klimat och komfort. Studien är gjord med datasimuleringar i ENVI-met för en generaliserad gatustruktur med ett torg (60x60m) i mitten. Studien undersökte bland annat värmeeffekter och termisk komfort. Trädkronorna i studien beskrivs med LAI (Leaf area index), vilket enligt Deak Sjöman et al. (2021) mäter växtens bladverk genom att beräkna förhållandet mellan den totala arean (m^2) av en sida på bladytan per täckt markyta (m^2). Valen av små och medelstora referensträd i Rosenlunds (2014) studie är baserade på fältstudier i Stockholm. Två trädmodeller representativa för stora träd (10 m kronhöjd och 15 m totalhöjd) skapades, baserade på normalvärden för poppel och lönn.

De små, medelstora och stora träden har följande värden:

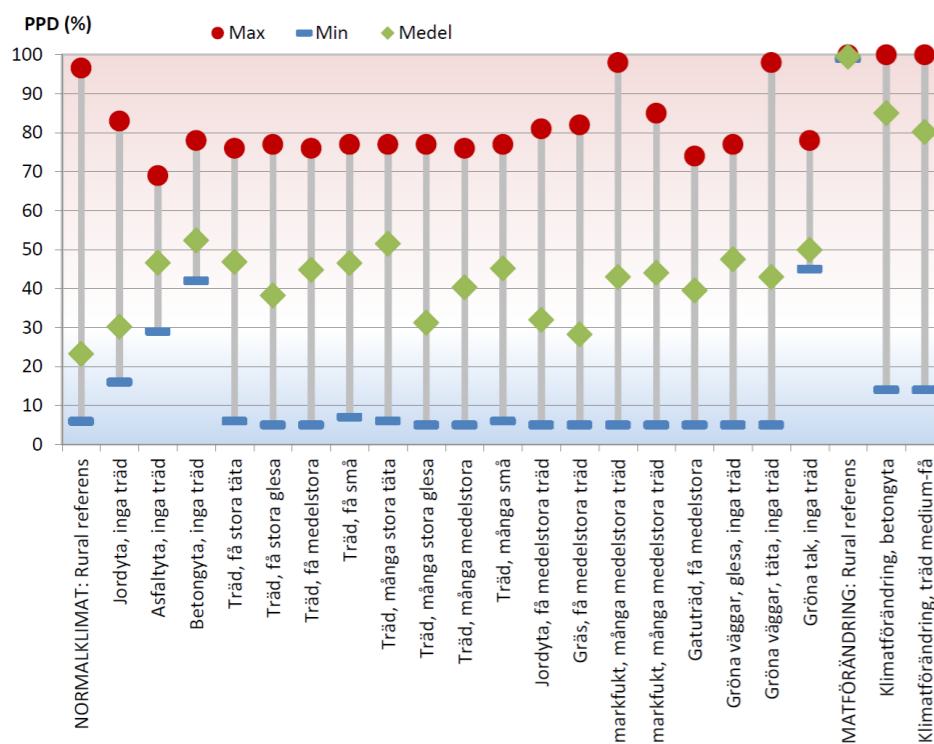
- Ginkgo (små), 6 m hög, LAI= 2,9
- Lind (medel), 10 m hög, LAI= 3,1
- Poppel (stor), 15 m hög, LAI= 3
- Lönn (stor), 15 m hög, LAI= 11

Studien visar att bäst värmereducerande effekt (jämfört med en rural referens) hade följande alternativ (se Figur 6 på nästkommande sida):

- Hög markfukt med många medelstora träd (24st)
- Gräsyta med få medelstora träd (12st)
- Öppen jordyta utan träd



Figur 6. Visar värmeöffekter (UHI) jämfört med en rural referens (obebyggd yta) för de olika alternativen i studien. Publicerat med upphovspersonens tillstånd (Rosenlund 2014).



Figur 7. Den termiska komforten för de olika alternativen i studien där ett medelvärde på 30% (PPD (Percentage of Persons Dissatisfied)) eller lägre klassificeras som acceptabel komfort. Publicerat med upphovspersonens tillstånd (Rosenlund 2014).

Rosenlund belyser markfukten som en särskilt viktig parameter i kylförmågan då det påverkar växternas evapotranspiration. I studien undersöktes hur lufttemperaturen påverkades när markfukten förändrades i markens tre olika nivåer: ytlig (0-20 cm ner), mellanskikt (20-50 cm ner) och djupskikt (mer än 50 cm ner). Normalläget uppgavs till en fukthalt på 50% (ytlig) och 60% (mellan- och djupskikt). Vid en halverad markfukt på 25% (ytlig), 30% (mellan) och 30% (djup) kunde en lufttemperatur på torget uppmätas till ca 2,2°C över normalläget. Rosenlund menar att träden i detta fall hade ytterst liten påverkan på temperaturen. Vid en förhöjd markfukt på 75% (ytlig), 90% (mellan) och 90% (djup) kunde en lägre temperatur uppmätas på ca -0,5°C lägre än normalläget.

Vidare undersöktes komfortnivån på torget. Många olika scenarier genomfördes och resultatet visar att den termiska komforten kunde skilja sig avsevärt beroende på position på torget. Sammantaget vid en bedömning för medelvärdet över hela torget, skapades en acceptabel komfort med följande alternativ (se Figur 7):

- Öppen jordyta utan träd
- Öppen jordyta med få medelstora träd (12st)
- Många stora träd med en gles krona (24st)
- Få medelstora träd med en gräsbevuxen markyta (12st)

Sammantaget för studien verkar träd ha särskild inverkan på den urbana komforten främst genom att generera skugga. I det svenska svala klimatet kan skugga från en alltför tät och omfattande vegetation leda till diskomfort. Permeabla jordtytor, markbeläggningar, gräsbevuxna ytor samt buskar har visat sig påverka komforten direkt i anslutning till vistelsezonen genom evaporation och evapotranspiration, till skillnad mot trädkronor som oftast är belägna högre upp. Hänsyn behöver även tas för att skapa goda vindförhållanden där det exempelvis är tänkt att vara vistelsezoner (Rosenlund 2014).

INSIKTER

Insikter vi tar med oss från detta kapitel är att de termiska egenskaperna för markbeläggningar i form av albedo, värmekapacitet och densitet har en stor inverkan på mikroklimatet. Träd och dess täthet samt storlek på kronan påverkar mikroklimatet genom att bidra med skugga och kylande effekt via evapotranspiration, där tätt planterade stora träd kan leda till att det blir för svalt i vistelsezonen även sommartid. Ett träd behöver god tillgång på vatten och syre i växtbädden för att kunna bli livskraftig och bidra med skugga. Markbunden fukt från vegetation och markyta har stor betydelse för temperaturen och komforten då det påverkar den evaporativa kylningen. Vid hög fukthalt sker en evaporativ kylning medan en yta med låg fukthalt har motsatt effekt. Hantering av dagvatten bör ske lokalt då det sker en kylningseffekt vid evaporation, särskilt vid varmare temperaturer. Markbeläggningar, gräsbevuxna ytor och buskar påverkar komforten direkt i anslutning till vistelsezonen genom evapotranspiration, till skillnad mot trädkronor som oftast är belägna högre upp.

2.3. Staden som ståndort

Stadsträdens förutsättningar har i en omfattande utsträckning förändrats sedan 1900-talets mitt och framåt. Sjöman och Slagstedt (2015) beskriver flera faktorer som bidrog till bättre förutsättningar för träden i staden innan mitten av 1900-talet. Bland annat fanns det betydligt mer utrymme under mark, då den nuvarande underjordiska infrastrukturen i form av exempelvis ledningar inte existerade i samma stora utsträckning förr. Detta bidrog i sin tur till att det fanns mer utrymme för trädens rötter. Idag är det vanligt att vatten leds bort och ner i ledningar,

då städerna till stor del består av hårdgjorda impermeabla material. Innan 1900-talets mitt leddes däremot inte vattnet bort i samma utsträckning som idag. Det fanns även en helt annan tillgång till näring, då djuren som drog vagnar gav ifrån sig gödsel som sedan spreds ut i staden och ner till rötterna.

Levinsson (2007) redogör för hur förutsättningarna idag ser annorlunda ut för ett träd i staden jämfört med ett träd på landsbygden. I stadsmiljön är tillgången på näring och vatten oftast betydligt mer begränsad eller mer ojämn. Dessutom innebär alla hårdgjorda material i staden att högre temperaturer uppstår, jämfört med på landsbygden. Begränsat rotutrymme, hårt packad mark i trädets närhet och skadegörelse är ytterligare tre aspekter som beskriver staden som växtmiljö. Vidare menar Levinsson att de ofta talas om staden som en enda ståndort. Det finns stora svårigheter i att fastställa en enda ståndort som representerar staden, då förutsättningarna kan vara väldigt varierande på olika delar inom ett mindre område. På exempelvis ett torg kan ett träd på den ena sidan av torget ha helt andra förutsättningar än ett träd på motsatt sida av torget.

Att staden inte är en enda homogen plats ur ett ståndortsperspektiv är något som även Sjöman och Lagerström (2007) betonar. Vidare beskrivs flera olika växtmiljöer inom stadsmiljön där ståndortsförhållandena skiljer sig markant. Det är exempelvis en stor skillnad på trädens förutsättningar i en frisk och frodig parkmiljö jämfört med längs en blåsig och torr gata, en omgärdad varm innergård eller en torgyta. Skulle den omgärdade varma innergården eller torget dessutom vara placerade ovanpå betongbjälklag med en begränsad jordvolym, uppstår det ytterligare variationer av ståndortsförhållanden inom staden (Sjöman & Lagerström 2007). Enligt en rapport av Jan-Olof Gullberg (2017) kan trädens förväntade storlek i stadens olika ståndorter endast uppgå till 75% av den maximala storleken.

Likt Levinssons (2007) exempel om hur två träd placerade på en varsin sida om ett torg kan innebära två helt olika ståndortsförhållanden, beskriver Sjöman och Lagerström (2007) hur två helt olika ståndortsförhållanden kan uppstå på en varsin sida om en och samma gata. Vid en gata placerad i ett visst väderstreck, omgiven av hög bebyggelse, kan nämligen två helt olika mikroklimat skapas på varsin sida om gatan. Mikroklimatet påverkar i sin tur växtmiljöns förutsättningar och även om alla träd längs med gatan skulle bestå av samma art, kan det uppstå en stor skillnad mellan trädens utveckling beroende på vilken sida av gatan träden står på.

Stål (2001) beskriver hur det finns vissa motstridigheter med att använda sig av begreppet stadsträd när det talas om träd i urban miljö. Oavsett om ett träd står i en gatumiljö eller i naturmark så är ett träd fortfarande ett träd. Alla träd kräver samma förutsättningar för att ha möjlighet att leva och utvecklas oavsett vilken miljö de växer. Vidare menar Stål att detta är något som ofta glöms bort när det planeras för träd i staden och att fokuset främst ligger på de estetiska kvaliteterna som de utvalda träden utgör. Markens förutsättningar tas det däremot inte hänsyn till i lika stor utsträckning. SMHI (2021c) betonar att städer inte är en naturlig miljö för träd att växa i. Det är vanligt att träd placerade i urbana miljöer tar skada av de ofta ofördelaktiga växtförhållandena. En annan bidragande faktor till att träd i urbana miljöer idag ofta mår dåligt kan vara bristande underhåll- och/eller etableringsskötsel samt felaktigheter vid plantering. Följande problem kan drabba träd i stadsmiljö enligt SMHI (2021c):

- Syrebrist: För att träden ska må bra är tillgången till marksyre en av de mest avgörande aspekterna, då det annars kan leda till koldioxidförgiftning. Impermeabla markbeläggningar kan leda till syrebrist och kompaktering, vilket kan resultera i att utrymmet för luft och vatten att transportera sig försvinner.

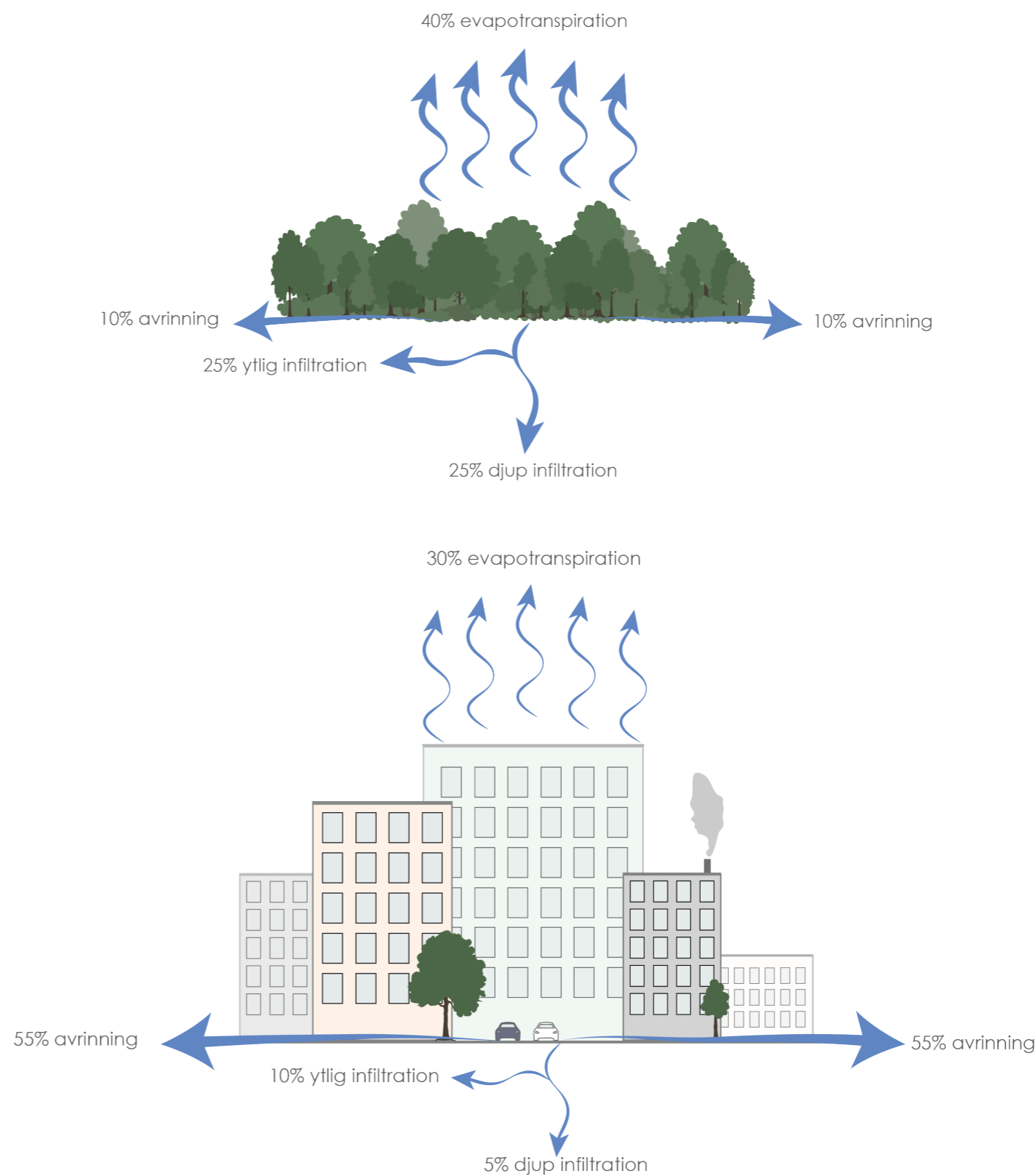
- Näringsbrist: Städer består till stor del av hårdgjorda impermeabla material snarare än öppna permeabla eller vegetationsklädda ytor. De impermeabla ytorna förhindrar organiskt material från att ta sig ner i jorden, vilket leder till brist på näring för växterna.
- Utrymmesbrist: I urbana miljöer finns det ofta begränsat utrymme för träden under mark. För att trädens rötter ska kunna utvecklas behövs det ett väl tilltaget utrymme.
- Vattenbrist: Stadens hårdgjorda impermeabla ytor är ett problem även när det kommer till vattenbrist. Dagvattnet kan inte infiltreras genom de täta materialerna. Sjöman och Slagstedt (2015) menar att regnvatten ofta leds bort i dagvattensystem istället för ner i marken eller växtbäddarna. Detta leder i sin tur till att träden i staden ofta inte får tillräckligt med vatten och att grundvattennivån sänks.
- Konflikt mellan ledningar och träd: Vidare beskriver SMHI (2021c) hur det längs med gator där träd står ofta uppstår problem i form av att rötter tränger in i ledningar där det kan finnas syre och vatten. Vid schaktning och reparationer av ledningar kan detta orsaka både omedelbara fysiska skador på rötterna samt kompaktering av jorden.
- Fysiska skador: Träd som står längs trafikerade gator kan utsättas för både fysiska skador och jordkompaktering, då ytan precis intill träden ofta används som antingen uppställningsplats eller köryta.
- Saltskador: På vintern när gatorna i staden halkbekämpas innebär detta att många träd utsätts för höga koncentrationer av salt. Det är relativt vanligt att saltet når trädens växtbäddar när snön och isen smälter. Sjöman och Slagstedt (2015) beskriver hur salt har en indirekt effekt på vegetationen genom

att aggregatstrukturen i jorden kan förstöras vilket begränsar syretillförseln i marken.

- Beskärningsskador: Vidare beskriver SMHI (2021c) att det i stadsmiljön är vanligt att felaktig beskärning av träd leder till beskärningsskador, då exempelvis stora beskärningssnitt på huvudstam kan leda till allvarliga skador.

Även Sjöman och Slagstedt (2015) beskriver hur problem under mark i form av vattenbrist, syrebrist, utrymmesbrist, saltskador, konflikter med underjordisk infrastruktur och brist på organiskt material är faktorer som kan hämma trädens tillväxt i staden.

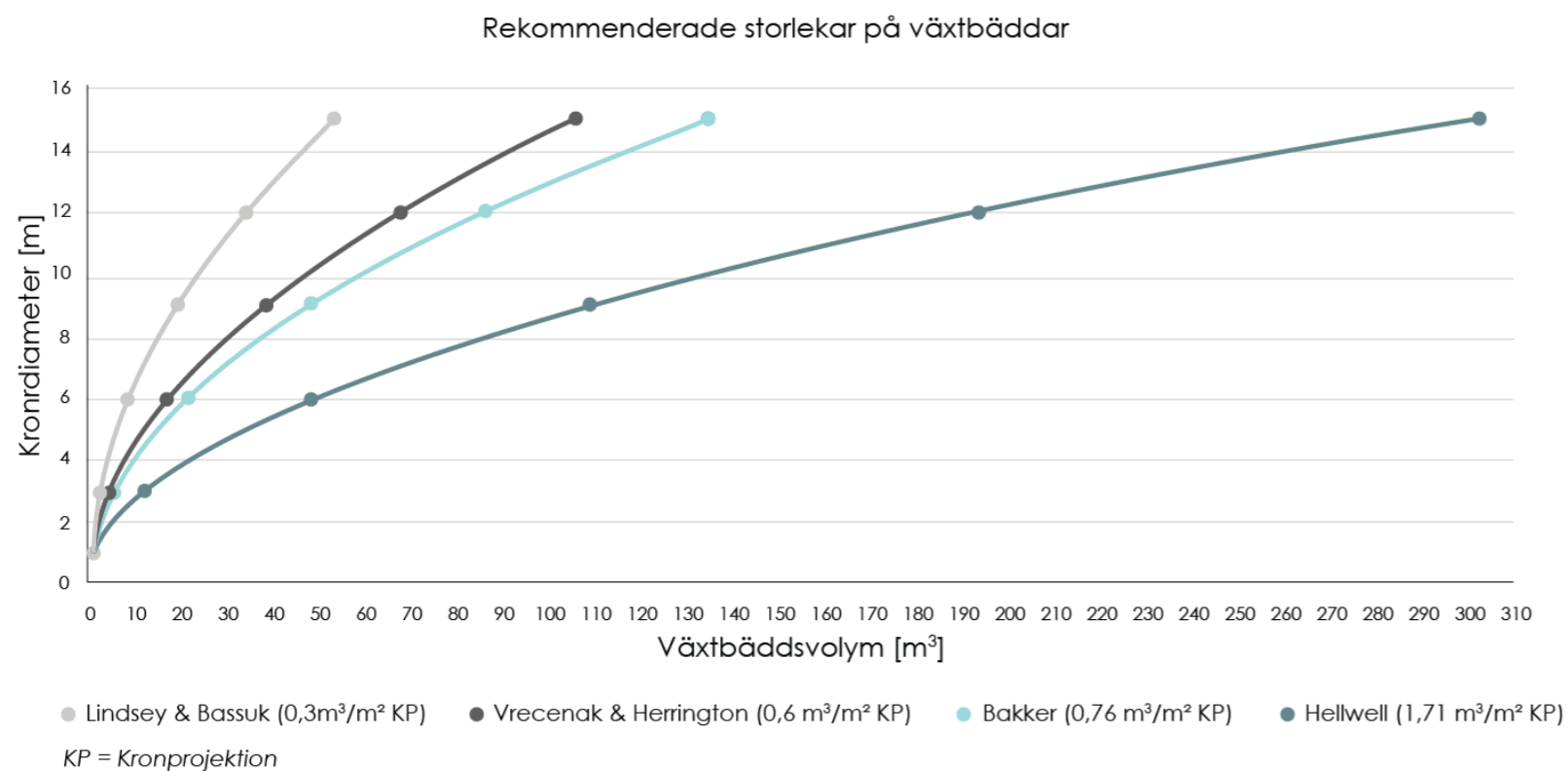
Vidare menar Sjöman och Slagstedt (2015) att de ovanjordiska förutsättningarna i staden däremot, kan bidra till en lämplig miljö för vegetation. Exempelvis kan det faktum att staden är varmare än omgivande landsbygd bidra till att staden blir 1-2 växtzoner varmare och därmed uppstår en mer gynnsam miljö för vegetation. Varmare temperaturer ökar även växtrötternas tillväxt. Under värmeböljan sommaren 2018 var det däremot många stadsträd som påverkades negativt av värmen (Sjöman & Slagstedt 2015). I en intervju i Svenska Dagbladet (SVD) (2018) beskriver Henrik Sjöman att torkan som uppstod till följd av värmen ledde till att bladen på björkar och lindar började bli gula redan i juni. De träd som drabbades hårdast av vattenbristen, till följd av de höga temperaturerna, var träden i de urbana miljöerna. Björkar är inte toleranta mot torka och visar tydliga tecken på vattenbrist. Som en strategi för att kunna överleva till nästa växtsäsong minimerar björken vattenförbrukningen genom att fälla sina blad. När trädet släpper sina blad uppstår det däremot negativa konsekvenser i form av att fotosyntesen uteblir under flera månader, vilket innebär att trädet försvagas inför nästa växtsäsong. Viktiga träd i staden kan gå förlorade vid extrema perioder av torka som denna. Om dessa stadsträd går förlorade uppstår dessutom



Figur 8. En jämförelse av infiltration, avrinning och evapotranspiration mellan tätbebyggda urbana miljöer, som till stor del består av impermeabla material och ett permeabelt grönområde. Framtagen av författarna baserad på information från EPA (2008d).

en ond spiral där städerna blir ännu varmare till följd av att träden, med dess avkylande effekt, dör. Ytterligare en aspekt som Sjöman betonar i intervjun är vikten av att använda mer torktoleranta trädarter i våra urbana miljöer. Det måste finnas trädarter som förblir gröna och välmående i våra städer, trots värme likt sommaren 2018 (SVD 2018). Även Thorsson (2012) betonar vikten av att välja arter som trivs i den tämligen varma, torra och förorenade växtmiljö som staden ofta är. Vid anläggning av vegetation på platser såsom torg och gator är tillgången på vatten begränsad, varav det i dessa lägen är extra viktigt att tänka på val av art. Arter som trivs i stadens varierande ståndorter bidrar i större utsträckning med skugga och kylande effekter. Utöver att välja lämpliga arter för stadens torra klimat är även diversiteten av arter viktigt för att undvika skadedjursangrepp och sjukdomar.

Figur 9. En jämförelse av några författares rekommenderade växtbäddsvolym (m³) i förhållande till förväntad kron diameter (m). Framtagen av Edge baserad på Lindsey och Bassuk (1992), redigerad av författarna. Publicerat med Edge tillstånd.



INSIKTER

Insikter vi tar med oss från detta kapitel är att det är viktigt att tänka på att den urbana miljön inte är en enda homogen växtplats ur ett ståndortsperspektiv. Det är exempelvis en stor skillnad på trädens förutsättningar i en frisk och frodig parkmiljö jämfört med längs en blåsig och torr gata, en omgärdad varm innergård eller en torgyta. Vid val av träd i urbana miljöer är det viktigt att tänka på de problem som stadsmiljön kan innebära (t.ex vattenbrist & näringsbrist). Dock kan det faktum att staden är varmare än omgivande landsbygd bidra till att staden blir 1-2 växtzoner varmare och att det därmed kan uppstå en mer gynnsam miljö för viss vegetation. Under värmeböljan sommaren 2018 var det däremot många inhemska stadsträd som påverkades negativt av värmen. En insikt är därför att det behövs mer torktoleranta trädarter i våra urbana miljöer. Det är viktigt att det finns träd som förblir välmående i våra städer, trots värmeböljor, då arter som trivs i stadens varierande ståndorter (bland annat väldigt torra) i större utsträckning bidrar med skugga och kylande effekt.

2.4. Vegetationens funktioner



2.4.1. Ekosystemtjänster

Naturskyddsföreningen (2023) förklarar ekosystemtjänster som produkter och tjänster vilka naturens ekosystem ger oss människor gratis. Ett ekosystem i naturen kan exempelvis vara ett korallrev, en stubbe, en myrstack eller en skog. Alla levande organismer ingår i något av naturens ekosystem och är därför känsliga mot störningar och förändringar, vilket kan leda till förödande konsekvenser för människors liv och hälsa.

Naturvårdsverket (2017) skriver hur samhället tjänar på att införa ekosystembaserade lösningar i form av miljöer med olika funktioner som kan bidra till resilienta ekosystem och biologisk mångfald. För att anpassa samhället inför klimatförändringar och minska de negativa effekterna behövs fungerande ekosystemtjänster. Ekosystemtjänster har blivit en viktig del i planeringen av urbana miljöer enligt Sjöman och Slagstedt (2015). Detta är något som även Delshammar och Fors (2010) belyser och menar att ekosystemtjänster är ytterst viktigt för en hållbar stadsutveckling. Att använda sig av många olika arter vid planering av urbana miljöer gynnar den biologiska mångfalden och skapar attraktiva platser för människor, djur och insekter. Attraktiva och hälsosamma städer är grunden för att skapa ekonomisk och social hållbarhet.

Träden har stor betydelse i staden i form av både estetiska och praktiska värden, vilket beskrivs av SMHI (2021c). Det rent estetiska är att de bidrar med grönska och det praktiska är luftrening, reducering av temperaturer samt att de tar upp och fördröjer dagvatten. Träd har en viktig del i hela stadens gröna nätverk och utgör habitat för

fåglar, insekter, djur, mossor, lavar och växter. Olika grönområden som sammanlänkas kan enligt Boverket (2019a) skapa spridningskorridorer för djur, växter och insekter att vandra genom. En större variation vad gäller arter och livsmiljöer ökar möjligheterna för kopplingar och processer mellan organismer och fysiska miljöer. På detta sätt skapas förutsättningar för ekologisk resiliens samt fler möjligheter för ekosystem att återskapa eller bevara processer och tjänster när miljön har förändrats, efter exempelvis en värmebölja eller skyfall.

Kulturella	Försörjande	Reglerande
Friluftsliv	Mat	Mindre koldioxid
Hälsa	Dricksvatten	Vattenrening
Ekoturism	Bränsle	Pollinering

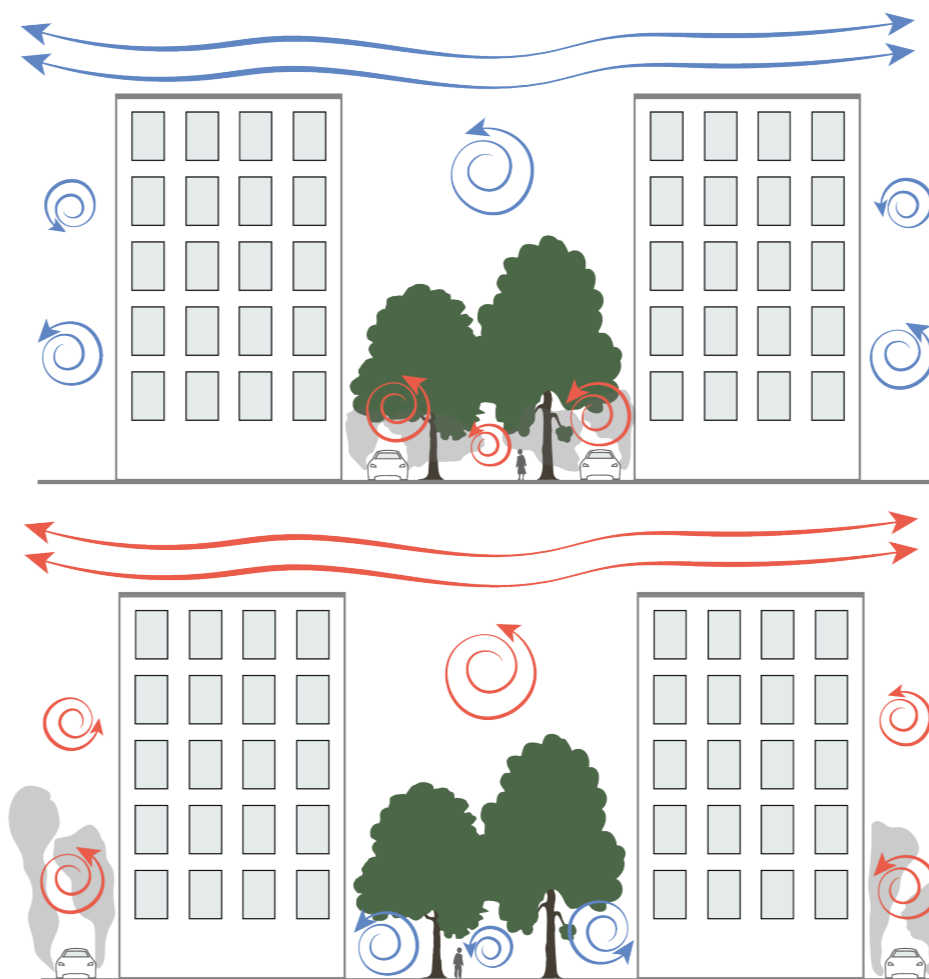
Stödjande ekosystemtjänster behövs för att de övriga tjänsterna skall fungera, som exempelvis fotosyntes, vattnets kretslopp och produktion av jordmån.

Figur 10. Exempel på ekosystemtjänster. Framtagen av författarna, fritt ritad från Naturskyddsföreningen (2023).

Grön infrastruktur i form av parker, bostadsområden och stadsträd bidrar till ekosystemtjänster på olika sätt, vilket förklaras av Sjöman och Slagstedt (2015). Vegetation är en naturlig del i de stödjande tjänsterna som exempelvis i hydrologiska processer. Till de kulturella tjänsterna bidrar grön infrastruktur genom att bringa identitet för en plats, bidra med rekreation, välbefinnande och hälsa. De försörjande tjänsterna bidrar i form av frukt, bär och material. En annan försörjande tjänst enligt Delshammar och Fors (2010) är att vegetation hjälper till att rena luften genom att samla upp partiklar på barr och blad. Träd har visat sig vara mest effektiva som luftrenare då de har störst total barr- och bladmassa i jämförelse med buskar och gräs. Vad gäller de reglerande tjänsterna bidrar grön infrastruktur till dagvattenhantering, vindutjämning och här ingår även lindring av värmeöeffekter (Sjöman & Slagstedt 2015). Vegetation lindrar värmeöeffekter genom avdunstning och beskuggning vilket sänker temperaturerna. Detta är särskilt viktigt för äldre eller

sjuka människor (Delshammar & Fors 2010).

Något att beakta är placeringen av vegetation, främst träd, då det vid vissa fall kan leda till sämre luftkvalitet i och med att växterna kan hindra att luftpartiklarna lämnar gatukanjonen. Ferranti et al. (2019) beskriver att detta är särskilt relevant vid smala gator med mycket trafik, då trädens kronor kan hindra att färsk luft blandar ut den förorenade luften. På samma sätt kan träd ha en positiv effekt genom att hindra förorenad luft blandas med ren luft i gatukanjonen om trafiken är belägen på utsidan av bebyggelsen (se Figur 11).



Figur 11. Bild som illustrerar hur luftföroreningar (övre) fångas under trädkronorna i den smala gatukanjonen. Luftföroreningar (nedre) kan hindras från att nå gatukanjonen om trafiken placeras på utsidan av bebyggelsen. Framtagen av författarna baserad på information från Ferranti et al. (2019).

Genom att kombinera vegetation i flera olika skikt, såsom mark-, busk- och trädskikt, stiger den kylande effekten eftersom den totala volymen vegetation blir större (Thorsson 2012). I en studie utförd av Shashua-Bar et al. (2009) undersöktes olika typer av vegetations kyleffekt i förhållande till dess vattenförbrukning. De platser vars vegetation undersöktes var innergårdar och uteplatser lokaliserade i en torr och varm urban miljö. Nedan följer en sammanställning av studiens slutsatser:

- Resultatet visade att gräs kombinerat med träd som genererar skugga, var den kombinationen som gav högst avkylande effekt med upp till 2°C (2 Kelvin).
- Då avkylningseffekten från enbart ett tygnät undersöktes, vilket genererade lika mycket skugga som träden, var avkylningseffekten obefintlig. Tvärtom orsakade tygnätet en mindre lufttemperaturökning på upp till 0,9°C (0,9 Kelvin).
- Vid anläggning av enbart gräs visade detta på att gräsytan hade en stor förbrukning av vatten samtidigt som den avkylande effekten var relativt liten. När gräset däremot skuggades av träd eller tygnät blev vattenförbrukningen 50% lägre samtidigt som den avkylande effekten blev högre.
- En annan slutsats från studien är att både tygnät och träd, med skuggan de avger, minskar ytemperaturen markant, vilket förbättrar den termiska komforten. För att förbättra den termiska komforten ännu mer kan träden eller tygnätet placeras ovanpå en gräsyta, då detta bidrar till att markens ytemperatur minskar ytterligare.
- En sista slutsats från studien är att träd är den mest effektiva metoden för att uppnå en minskning av lufttemperaturen i förhållande till dess vattenförbrukning.

Insikter vi tar med oss från detta kapitel är att fungerande ekosystemtjänster behövs för att anpassa samhället inför klimatförändringar och därmed lindra negativa effekter efter och under exempelvis en värmebölja eller ett skyfall. Vid gestaltning av urbana miljöer tjänar vi på att införa ekosystembaserade lösningar i form av miljöer med olika funktioner som kan bidra till resilienta ekosystem och biologisk mångfald. Exempelvis gynnar användning av olika arter den biologiska mångfalden och skapar attraktiva platser för människor, djur och insekter. Genom att kombinera vegetation i flera olika skikt, såsom mark-, busk- och trädskikt, stiger den kylande effekten eftersom den totala volymen vegetation blir större. Träd har estetiska och praktiska värden; luftrening, vindutjämning, reducering av värmeöeffekter, hantering av dagvatten samt utgör habitat och spridningskorridorer för djur, växter och insekter. Något att beakta är placeringen av vegetation, främst träd, då det vid vissa fall kan leda till sämre luftkvalitet i och med att växterna kan hindra att luftpartiklarna lämnar gatukanjonen.

2.4.1.1. Ekosystemtjänster vid gestaltning

Thorsson (2012) skriver att om hårdgjorda ytor i staden ersätts med grönska kan det leda till en temperatursänkning, både under dagen och natten. EPA (2008c) betonar att vid val av arter i urban miljö är det viktigt att tänka på rotsystemets storlek, slutgiltig höjd och kronarea, krav på sol, jord, vatten, temperatur, typ av blad, bär, frukt, blomning och eventuella allergener.

Taha (1997) beskriver hur meteorologiska simuleringar visade att en lufttemperatursänkning på cirka 2°C kan uppstå ifall det skulle ske en ökning av grönska i staden. Vidare kan vegetation, vid fördelaktiga meteorologiska

situationer, bidra till en minskning av lufttemperaturen med upp till 4°C. Exempelvis beskriver Rosenlund (2014) att ju högre temperatur, desto mer ökar den kylande effekten från träden, vilket författaren antyder beror på bladens ökade avdunstning i samband med den ökade värmen. Thorsson (2012) beskriver hur det finns potential att öka andelen grönska på många befintliga platser, till exempel på fasader och tak, vid statliga/kommunala ytor (skolgårdar, parker och torg), intill transportleder (bil-, cykel- och järnvägar) samt på privatägd mark. Områden eller ytor som har en tendens att bli uppvärmda är exempelvis torg, parkeringsytor, tak, fasader eller gator. Genom att anlägga växtlighet på fasader eller träd i närheten av byggnader sänks temperaturen med hjälp av beskuggning. Enligt EPA (2008c) kan gröna fasader reducera inomhustemperaturen då vegetationen skuggar fasaden, vilket sänker yttemperaturen. Vegetationen på fasaden bidrar även med evapotranspiration vilket kan reducera lufttemperaturen något. I en studie av Rosenlund (2014) undersöktes effekten av gröna fasader där simuleringen visade en temperaturökning i gaturummet, särskilt inuti grönskan och i nära anslutning. Grönskans ytstrukturer reducerar vindhastigheten och turbulenta luftströmlar, vilket leder till att avkylningen minskar.

För att träd ska bidra med en stor skuggtäckning beskriver Thorsson (2012) att stora trädkronor över hela, eller åtminstone en stor del av takytan, är att föredra. Vidare bör träden placeras öster, sydöst, söder, sydväst och väster om byggnaden för att generera skugga på fasaden. EPA (2008c) betonar att placeringen av träden noga behöver undersökas då det kan leda till att värdefull solenergi på vintern blockeras, då solen generellt står lågt på himlen, istället för att blockera den under sommaren, då solen står högt och skuggan är önskvärd. Träd bör planteras öster och väster om byggnaden för att skugga fasad och fönster på sommaren. Söder om byggnaden är också effektivt men hänsyn behöver då tas för byggnadshöjd, avstånd mellan träd och byggnad samt val av art så att inte trädet

blockerar önskvärd solenergi vintertid.

EPA (2008c) beskriver även hur kontinuerlig skötsel kan öka trädens livslängd samt optimera skuggtäckningen, genom att beskära trädets grenar till en höjd som släpper igenom vintersolen (när solen står lågt) men som blockerar solens strålar på sommaren (när solen står högt). Vad gäller trädens placering i relation till byggnaden så ska de inte stå mer än 9 till 15 meter ifrån för att bidra med skugga. Vidare kan buskar och klättrväxter planteras för att bidra med skugga vid solutsatta fönster, väggar och platser där träd inte får plats, eftersom de inte kräver lika mycket utrymme, varken under eller över jord. Klättrväxter kan användas på platser med väldigt begränsade utrymmen och växa till sig snabbt på spaljéer eller en pergola. Även Brown (2010) beskriver hur klättrväxter kan bidra med skugga; en pergola med lövfällande klättrväxter, som är vinklad mot söder, kan bidra med skugga under sommaren samtidigt som solljuset lyser igenom och värmer på vintern. En särskilt viktig parameter med skugga är att den minskar UV-strålning som kan leda till hudcancer eller andra allvarliga hälsoeffekter (EPA 2008c).

Då lövfällande träd inte begränsar solljuset i samma utsträckning under höst, vinter och vår som de gör på sommaren, är dessa att föredra framför vintergröna träd. Det är viktigt att tänka på hur tätt grenverk det lövfällande trädet har, då ett glesare grenverk med få grenar släpper igenom mer solljus (Thorsson 2012). Sjöman och Slagstedt (2015) beskriver hur exempelvis Manchurisk valnöt (*Juglans mandschurica*) har ett glest grenverk och därför släpper igenom mycket solljus vintertid, medan vårtbjörken (*Betula pendula*) har ett tätt grenverk, vilket begränsar stora mängder solljus vintertid. Det är även viktigt att ha olika trädarters bladutslag och bladfällning i åtanke. Ett sent bladutslag och en tidig bladfällning innebär att solens strålar kan lysa igenom träden och värma längre in på våren innan sommarvärmerna kommer samt på sensommaren när höstkylan börjar infinna sig.

Brown (2010) beskriver hur vegetation med en genomsläpplighet på cirka 50% fungerar som ett lämpligt vindskydd med dess goda vindreducerande förmåga. Om vegetationen skulle vara tätare än dessa 50% skapas däremot turbulens i anslutning till vegetationen, vilket i sin tur innebär att vindens nedkylande effekt ökar. Lövfällande träd är inte lika effektiva på att reducera vind på vintern som vintergröna arter. EPA (2008c) skriver hur vintergröna arter kan planteras i en rad vinkelrätt mot vindriktningen, vilket vanligtvis är nord och nordväst om en byggnad, för att blockera kalla vintervindar. Detta kan reducera värmebehovet under kalla vintermånader.

Art	Genomsläpplighet av ljus sommar/vinter (%)	Bladutspring
<i>Carya ovata</i> (Skidhickory)	15-28 / 66	Sent
<i>Catalpa speciosa</i> (Praktkatalpa)	24-30 / 52-83	Sent
<i>Gleditsia triacanthos</i> (Tagglöst korstörne)	25-50 / 50-85	Sent
<i>Liriodendron tulipifera</i> (Tulpanträd)	10 / 69-78	Sent
<i>Juglans nigra</i> (Svart valnöt)	9 / 55-72	Sent
<i>Aesculus hippocastanum</i> (Hästkastanj)	8-27 / 73	Tidigt
<i>Betula pendula</i> (Vårtbjörk)	14-24 / 48-88	Tidigt
<i>Acer platanooides</i> (Skogslönn)	5-14 / 60-75	Medium
<i>Acer saccharinum</i> (Silverlönn)	10-28 / 60-87	Medium
<i>Fagus sylvatica</i> (Bok)	7-15 / 83	Medium
<i>Quercus rubra</i> (Rödek)	12-23 / 70-81	Medium
<i>Tilia cordata</i> (Skogslind)	7-22 / 46-70	Medium
<i>Paulownia tomentosa</i> (Kejsarträd)	-	Sent
<i>Koeleruteria paniculata</i> (Kinesträd)	-	Sent
<i>Gymnocladus dioica</i> (Kentuckykaffeträd)	-	Sent
<i>Phellodendron amurense</i> (Sibiriskt korkträd)	-	Sent
<i>Robinia pseudoacacia</i> (Robinia)	-	Sent
<i>Picea pungens</i> (Coloradogran)	13-28 / 13-28	-
<i>Pinus strobus</i> (Weymouthtall)	25 - 30 / 25-30	-
Bladutspring:		Lövfällande
Tidigt (mars-april), Medium (april-maj), Sent (maj-juni)		Vintergröna

Figur 12. Exempel på olika trädarters genomsläpplighet på vinter/sommar samt tid för bladutspring. Framtagen av författarna där information om genomsläpplighet är baserad på Brown och Gillespie (1995) och information om bladutspring är baserad på Sjöman och Slagstedt (2015).

Gröna tak

Enligt EPA (2008b) bidrar gröna tak till att reducera värmeöffekter med hjälp av evapotranspiration och skugga till underliggande ytor, vilket minskar yttemperaturen och den omgivande lufttemperaturen. En studie av Rosenlund (2014) visar att gröna tak (i simuleringen 10 cm högt gräs) bidrar med en nedkylande effekt på taknivå och inte i vistelsezonen på gatunivå.

Genom att skugga taken beskriver Scholz-Barth och Tanner (2004) hur solinstrålningen reduceras vilket kan minska värmeöverföringen genom taket med närmare 100%. Vintertid när växterna är vilande och det inte sker någon evapotranspiration kan gröna tak bidra med isolering och hindra att värdefull värme lämnar byggnaden. Fukthalten i jorden avgör isoleringsförmågan; ju högre fukthalt desto sämre isolering. Vidare kan värmeförluster förhindras tack vare växternas variation i höjd och ytstruktur vilket reducerar kalla vintervindar. Under sommaren har gröna tak enligt EPA (2008b) en lägre yttemperatur än vanliga tak och kan installeras på nästan alla typer av byggnader, både befintliga och nybyggda.

Det finns två typer av gröna tak; extensiva och intensiva gröna tak som båda effektivt kyler omgivande luft vilket har positiv inverkan vid reduktion av värmeöffekter (Scholz-Barth & Tanner 2004; EPA 2008b). Vidare förklarar EPA (2008b) att extensiva gröna tak vanligtvis består av lågväxande succulenter på ett substratdjup på så lite som 5 cm, exempel på ett sådant är sedumtak. Intensiva gröna tak är mer komplexa och kan ha parkkaraktär innehållande buskar, träd och perenner med större rotsystem då substratdjupet är mer omfattande, vanligtvis minst 30 cm. Enligt Svensk byggtjänst (2021) definieras extensiva- och intensiva gröna tak baserat på skötsel och utseende, inte av tjockleken på växtbädden. Exempelvis kan ett grönt tak med substratdjup på 20 cm definieras som intensivt om det anlagts som en designad

perennplantering och extensivt om det anlagts som en lättkött ängsyta. Med ett stigande substratdjup ökar generellt valmöjligheterna av vegetation. Gröna tak med trädgård- eller parkkaraktär med större träd behöver ett substratdjup på minst 1000 mm. Extensiva gröna tak kräver skötselinsatser en till ett par gånger per år medan intensiva gröna tak kan kräva omfattande skötselinsatser ett flertal gånger per år för att upprätthålla önskad gestaltning, funktion och artsammansättning.

Vidare rekommenderar Svensk byggtjänst att använda sig av vegetation med hög vattenanvändning då det bidrar med evapotranspiration som kan sänka temperaturen i urban miljö. Problemet är att dessa växter ofta har svårt att tolerera torra varav torktoleranta succulenter motiveras. För hög avdunstning är generellt blandade planteringar med en rik artvariation effektiva. Det finns olika typer av vegetationssystem på tak; sedum, sedum-ört, äng, biotop, odlingsbäddar, blågröna och tak med trädgårds- eller parkkaraktär (Svensk byggtjänst 2021).

Vid planering av gröna tak behöver takets lutning tas i beaktning. Enligt Scholz-Barth och Tanner (2004) krävs förproducerade vegetationsmattor som monteras mekaniskt vid en taklutning brantare än 30°, detta är dock inte kostnadseffektivt samt att fördröjningen av dagvatten försämras avsevärt jämfört med på planare tak. EPA (2008b) beskriver att temperaturen för de gröna taken beror på platspecifika faktorer som exempelvis solexponering, geografiskt läge, växternas fukthalt och takets sammansättning. Utöver att reducera yt- och lufttemperaturen bidrar gröna tak med att absorbera CO₂ och föroreningar, fördröja och filtrera dagvatten, reducera buller, agera habitat åt djur och insekter samt bidra med estetiska värden och rekreation.

I en rapport av Scholz-Barth och Tanner (2004) mättes yt- och lufttemperaturen i Chicago (USA) mellan ett svart tjärtak och ett grönt tak. Det gröna taket bestod

av varierande substratdjup med extensiva lager på 7-10 cm och semi-intensiva lager med ett substratdjup på 20-25 cm. I de djupare delarna av taket stod totalt två träd. Den omgivande lufttemperaturen och yttemperaturen på taknivå mättes i augusti 2001 och nedan följer en tabell över de uppmätta temperaturerna, sammanställt av författarna:

	Grönt tak	Svart tjärtak	Total differens
Yttemperatur (°C)	32,7 - 48,3	76	27,7 - 43,3
Lufttemperatur (°C)	41,6	45,5	3,9

En ytterligare effekt var en minskning av värmeflödet från byggnaden, då snön var kvar under en längre period på det gröna taket jämfört med omgivande byggnader med vanliga tak (Scholz-Barth & Tanner 2004).

I en artikel av Liu och Bass (2005) redogörs effekterna med hjälp av datorsimuleringar om 50% av byggnadstaken ersätts med gröna tak, i Toronto (Kanada). De visade att temperaturerna kunde reduceras mellan 0,1°C till 0,8°C över hela staden. Om dessa tak även bevattnas reducerades temperaturerna (5 m över markytan) med ytterligare 2°C och bidrog med en reduktion på 1°C över ett ännu större geografiskt område. Således konstaterades det att fukt för evapotranspiration har en väsentlig betydelse för att reducera värmeeffekter. I en artikel av Bass et al. (2003) redogörs med hjälp av datorsimuleringar att gröna tak kan lindra värmeeffekter, dock inte lika effektivt som annan grön infrastruktur (träd och gröna korridorer). Simuleringarna visade att gröna tak kunde bidra med en temperatursänkning på 2°C (upp till 4,5 m från marken) för ett industriområde. För ett bostadsområde blev temperatursänkningen endast 0,5°C (upp till 4,5 m från marken) då området redan hade mycket träd och vegetation.

INSIKTER

Insikter vi tar med oss från detta kapitel är att ifall hårdgjorda ytor ersätts med grönska kan det leda till en temperatursänkning, både under dagen och natten. Placeringen av träden behöver nog undersökas då det kan leda till att värdefull solenergi på vintern blockeras, istället för att blockera solljuset under sommaren. Vegetationens genomsläpplighet samt om den är vintergrön eller lövfällande är relevant för dess vindreducerande förmåga. Gröna fasader kan reducera temperaturen inomhus genom beskuggning samt utomhus genom evapotranspiration. Däremot kan gröna fasader även leda till en temperaturökning i gaturummet då grönskans ytstrukturer reducerar vindhastigheten, vilket leder till att avkylningen minskar.

Gröna tak reducerar värmeeffekter med hjälp av evapotranspiration och skugga till underliggande ytor, vilket minskar yttemperaturen och den omgivande lufttemperaturen. Vidare absorberar gröna tak CO₂ och föroreningar, fördröjer och filtrerar dagvatten, reducerar buller, agerar habitat åt djur och insekter samt bidrar med estetiska värden och rekreation. Den nedkylande effekten sker på taknivå enligt en källa, medan andra källor menar att det sker en reduktion av temperaturen även i vistelsezonen på gatunivå. Sommartid kan värmeöverföringen in genom taket minska och vintertid kan gröna tak bidra med isolering. Fukthalten i jorden avgör isoleringsförmågan, ju högre fukthalt desto sämre isolering. Växternas variation i höjd och ytstruktur reducerar kalla vintervindar. Under sommaren har gröna tak en lägre yttemperatur än vanliga tak.

2.4.2. Trädens strategier för att hantera stress

Växter har utvecklat olika strategier för att hantera stress och extremväder som exempelvis skyfall, starka vindar, värmeböljor eller långa perioder av torka. Stressfaktorerna brukar enligt Sjöman och Slagstedt (2015) delas in i biotisk och abiotisk stress.

De biotiska stressfaktorerna är konkurrens från andra växter, slitage från djur och människor, sjukdomar, skadedjur och allelopati; vilket är växtens förmåga att avge ämnen från exempelvis rötterna som hindrar andra växters utveckling. Enligt Sæbø (2003) är de biotiska stressfaktorerna främst sjukdomar och skadedjur. Sæbø belyser hur en lösning är att använda kultivarer då de kan vara mer resilianta mot sjukdomar och skadedjur samt vara mer anpassade för klimatet i städerna. Vidare är en lösning att använda sig av många olika arter för att begränsa en eventuell spridning av sjukdomar och skadedjur samt säkra upp att inte alla stadsträd försvinner om en art skulle bli drabbad. Ett exempel är den holländska almsjukan (Dutch elm disease (DED, *Ophiostoma ulmi*)) vilket dödade många almar som hade en viktig roll i den gröna infrastrukturen i urban miljö (Sæbø et al. 2003).

De abiotiska stressfaktorerna kan delas in i fysiska och kemiska faktorer. De fysiska är klimatförhållanden som extremtemperaturer (höga eller låga), översvämningar (syrefattigt), torka, näringsbrist, vind (kontinuerlig eller varierad), ljusstillgång (soligt eller skuggigt) och ogynnsamma markegenskaper. De kemiska stressfaktorerna innefattar föroreningar i mark och luft, höga halter av salt samt ofördelaktiga pH-värden (Sæbø et al. 2003; Sjöman & Slagstedt 2015). Att placera rätt växt på rätt plats kräver en förståelse för alla de stressfaktorer som kan infinna sig, då det ofta är en kombination av flera olika stressförhållanden på en plats. Vid stress kan

fotosynteskapaciteten hämmas eller avta helt, vilket leder till reducering av växtens utveckling (Sjöman & Slagstedt 2015).

Som nämnt i tidigare avsnitt 2.1. med klimatförändringar som ter sig leda till ett varmare klimat behöver den urbana miljön rustas med torktoleranta växter för en hållbar framtida stadsutveckling (SVD 2018). Detta blir särskilt angeläget med de rådande värmeeffekterna som tas upp i avsnitt 2.2.1. För att hantera konstant eller tillfällig torka har träd utvecklat olika strategier, de kallas undvikande och tolererande vilket redogörs av Sjöman et al. (2020).

2.4.2.1. Undvikande strategier

De undvikande strategierna kan delas in i två kategorier varav en är att maximera vattentillgången. Den andra kategorin är att reducera vattenförlusten genom att minska blad/barrmassan eller storleken på bladen/barren, stänga klyvöppningarna, ha ett grovt vaxlager eller behåring på bladen (Sjöman et al. 2020).

Maximera vattentillgången

För att undvika att hamna i torkstress finns det enligt Sjöman et al. (2020) en strategi då växten maximerar vattentillgången. Detta görs enligt Sæbø (2003) genom att investera i ett omfattande rotsystem för att utöka tillgången till områden i marken där vatten förekommer. I urbana miljöer kan detta bli ett stort problem på grund av begränsade utrymmen för trädet att växa, speciellt under mark där utrymmet begränsas av underjordisk infrastruktur och jordkompaktering.

Reducera vattenförlusten

Under väldigt varma förhållanden eller när rotsystemet inte räcker till för att tillgodose trädets vattenbehov, behöver trädet hushålla med vattenresurser i rötter och vedartade delar (Sjöman et al. 2020). För att reducera

vattenförlusten hanteras torkstressen främst med ovanjordiska egenskaper (Sjöman & Slagstedt 2015). Den största förlusten av vatten sker genom klyvöppningar på trädets blad, det kallas transpiration och är ytterst viktigt för fotosynteskapaciteten (Kozłowski & Pallardy 1997). Vid tillfällig torka behöver därmed växten förbereda sig genom att minska klyvöppningarna för att inte bli av med för mycket vatten. Under allvarliga torrperioder kan trädet hamna i torkstress och behöva stänga klyvöppningarna helt, vilket medför att även fotosyntesen avstannar. Detta är en tillfällig lösning och är inte hållbar vid långvarig torka (Kozłowski et al. 1991; Sjöman & Slagstedt 2015).

Sjöman och Slagstedt (2015) beskriver att vid en värre period av torka kan trädet fälla blad tidigt på sommaren för att akut minska vattenförlusten, detta är särskilt vanligt för *Betula pendula* (björk), *Populus tremula* (asp) och *Sorbus aucuparia* (rönn). Större blad brukar generellt samla mer solenergi än små, vilket leder till mer transpiration och därmed större risk för uttorkning. Exempelvis så får *Carpinus cordata* (hjärtavenboken) och *Carpinus orientalis* (orientalska avenboken) mindre blad än *Carpinus betulus* (avenbok) då de härstammar från varmare klimat.

För att skydda bladen från värme och därmed ett ökat skydd mot avdunstning kan de förses med ett vaxlager (kutikula) som varierar i tjocklek beroende på art, vilket redogörs av Sjöman och Slagstedt (2015). *Quercus frainetto* (ungersk ek) och *Quercus cerris* (turkisk ek) är exempel på två ekar med tjocka vaxlager på bladen då de härstammar från klimat med mycket varma somrar. Även många två- och trebarriga tallar har utvecklat ett tjockt vaxlager (kutikula) på de små barren och hanterar torka väldigt väl, då vaxet bidrar till att de framgångsrikt kan hushålla med vattenresurserna. Ett silverfärgat vaxlager som vissa tallar har utvecklat, har i sin tur ett högre albedo och kan reflektera mer av solstrålarna än ett grönt vaxlager. Städsegröna (vintergröna) växter är flexibla och har en

förmåga att samla på sig solenergi även på vinterhalvåret, vilket inte lövfällande växter har. Flexibiliteten är tydlig för många tallarter som under torra och varma perioder kan hushålla med resurserna, exempel är *Pinus nigra* (svarttall), *Pinus sylvestris* (tall) och *Pinus heldreichii* (ormskinnstall).

I varma klimat har många träd en strategi att utveckla behåring på bladen då det svalkar och skyddar mot uttorkning, detta brukar vara särskilt utvecklat på bladets undersida. Exempel på en art med tydligt behårade blad är *Tilia tomentosa* (silverlind) (Sjöman & Slagstedt 2015).

2.4.2.2. Tolererande strategier

Sjöman et al. (2020) menar att när de undvikande strategierna inte längre räcker till för att förse trädet med vatten går trädet in i en så kallad akut torkstress. Detta innebär att det lagrade vattnet i växtens delar är förbrukat och att rötterna inte har möjlighet att leverera vatten till trädet. När trädet går in i akut torkstress är det de tolererande strategierna för att hantera torka som tar över. Här spelar trädets cellstruktur i blad- och vedartade delar en stor roll för hur skickligt trädet är på att hantera den akuta torkstressen. Hur länge ett träd kan tolerera torkstress, innan bestående skador i form av intorkade grenar eller att trädet i sin helhet dör, beror på trädets tolererande egenskaper.

Numera finns det ett sätt att mäta ett flertal av dessa tolererande egenskaper och i sin tur ta reda på hur tolerant respektive hur känslig en specifik trädart är för torkstress. Genom att analysera olika trädarters cellstruktur i bladen, går det att få en uppfattning om i vilken utsträckning olika arter och genotyper av träd tolererar torka (Sjöman et al. 2020). När trädets vattenbehov är tillgodosett är cellerna i bladen saftspända. Om vattenbrist däremot uppstår minskar saftspändheten i cellerna, vilket även benämns

som att turgortrycket i cellerna minskar (Sjöman & Slagstedt 2015). När turgortrycket minskar innebär detta ett negativt tryck i cellerna. Om torkstressen blir allt mer omfattande ökar det negativa trycket i cellerna, vilket innebär att bladen blir hängiga och att de småningom vissnar. När bladens celler inte längre kan hantera det negativa trycket och bladen vissnar, innebär detta att cellerna har kollapsat (Sjöman et al. 2020). När cellerna och dess struktur kollapsar upphör trädets förmåga att fotosyntetisera och lagra energi (Sjöman & Slagstedt 2015)

Trädens förmåga att hantera akut torkstress med en fortsatt bevarad struktur i cellerna varierar från art till art. En investering som vissa trädarter gör för att vid torkstress kunna bevara bladens cellstruktur, är att förse sig med mer resistent, extra tjocka cellväggar (Sjöman & Slagstedt 2015). Torktoleranta trädarter som härstammar från torra växtmiljöer, har utvecklat tjocka och därav mer elastiska cellväggar, vilket gör dem mer motståndskraftiga mot negativt turgortryck i cellerna (Sjöman et al. 2020). Även cellernas storlek har betydelse; en mindre storlek på cellerna, utöver att de har tjocka väggar, gör dem nämligen mer resistent mot ett negativt turgortryck och därav mer torktoleranta (Wright et al. 2004). Trädarter som naturligt växer på platser där det finns en riklig tillgång till vatten, har inte haft ett behov av att utveckla en elastisk cellstruktur för att kunna hantera torka. Vid plantering av dessa arter uppstår det därför ofta svårigheter för dem att hantera torra växtförhållanden (Sjöman et al. 2020).

Genom att undersöka hur lågt turgortryck ett träd kan hantera utan att cellstrukturen i bladen kollapsar, går det att kvantifiera dess kapacitet att tolerera torka, snarare än dess kapacitet att undvika torka (Bartlett et al. 2012). Arter med en elastisk cellstruktur i bladen har en bättre förmåga att upprätthålla fotosyntes och därmed lagra energi trots torra växtförhållanden. Arter som däremot inte har denna typen av cellstruktur tar till undvikande strategier istället

för att tolerera torkan, genom att bland annat stänga sina klyvöppningar eller vid fortsatt torka släppa sina blad, som nämnt i kapitel 2.4.2.. Detta leder i sin tur till att fotosyntesaktiviteten och därmed insamlingen av energi minskar (Sjöman & Slagstedt 2015).

Arter som kan hantera ett negativt turgortryck lägre än -3 MPa (Megapascal) räknas som torktoleranta. Arter som inte kan hantera ett negativt turgortryck längre än -2,5 MPa bedöms däremot vara känsliga för torra växtförhållanden. Dessa arter litar i stort sett på att rotsystemet konstant ska kunna tillhandahålla vatten och när akut torkstress uppstår har de en reducerad förmåga att hantera situationen (Sjöman et al. 2020).

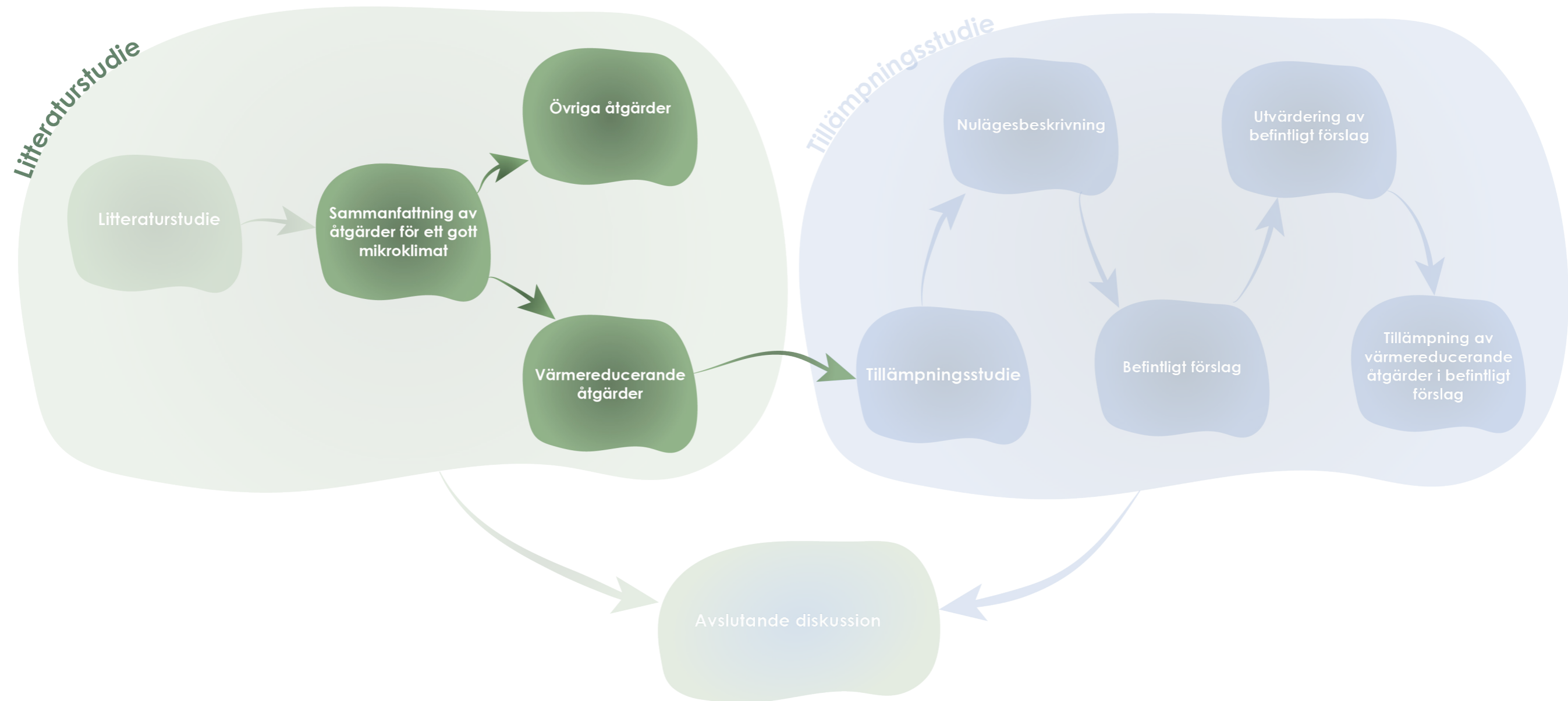
Figur 13. Tabell som visar på olika trädarters kapacitet att hantera torka, baserat på hur lågt turgortryck bladcellerna kan hantera (turgor loss point). Framtagen av författarna baserad på information från Sjöman et al. (2018, 2020).

Känsliga mot torka (arter med en turgor loss point runt -2 MPa)	Någorlunda känsliga mot torka (arter med en turgor loss point mellan ca -2,5 MPa & -3 MPa)	Någorlunda toleranta mot torka (arter med en turgor loss point mellan ca -3 MPa & -3,5 MPa)	Toleranta mot torka (arter med en turgor loss point mellan ca -3,6 MPa & -4,25 MPa)
Stewartia pseudocamelia Aesculus flava Halesia monticola Magnolia salicifolia Cladastris kentukea	Magnolia acuminata Magnolia tripetala Betula nigra Platanus occidentalis Cornus kousa Cercidiphyllum japonicum Liriodendron tulipifera Laburnum Juglans nigra Catalpa speciosa Nyssa sylvatica Acer miyabei	Liquidambar styraciflua Tilia americana Cercis canadensis Corylus colurna Gymnocladus dioicus Celtis occidentalis Parottia persica Ulmus parvifolia Tilia tomentosa Phellodendron amurense Carya ovata Zelkova serrata Acer x zoeschense Acer tataricum Prunus sargentii Ostrya carpinifolia	Quercus muhlenbergii Pyrus calleryana "Chanticlear" Cornus mas Eucommia ulmoides Quercus frainetto Quercus cerris Acer grandidentatum Quercus acutissima Ginkgo biloba Syringa reticulata Koelreuteria paniculata Acer monspessulanum

INSIKTER

Insikter vi tar med oss från detta kapitel är att växter har utvecklat olika strategier för att hantera stress och extremväder som exempelvis värmeböljor eller långa perioder av torka. Vid placering av rätt växt på rätt plats krävs en förståelse för alla stressfaktorer som kan infinna sig, då det ofta är en kombination av flera olika stressförhållanden på en och samma plats. Träd har utvecklat olika strategier för att kunna hantera konstant eller tillfällig torka, nämligen undvikande och tolererande strategier. De undvikande strategierna delas in i två kategorier; maximera vattentillgången och reducera vattenförlusten. Den tolererande strategin är att kunna hantera ett lågt turgortryck i bladens celler. När en trädart undviker torka istället för att tolerera den kan detta leda till att fotosyntesaktiviteten och därmed insamlingen av energi minskar.

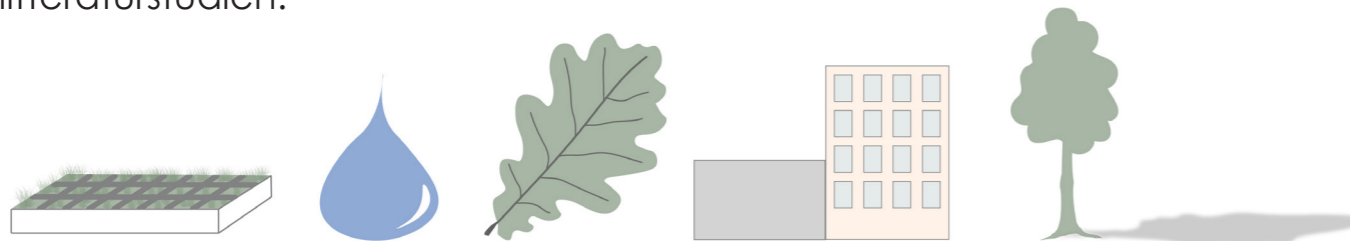
2.5. Sammanfattning av åtgärder för ett gott mikroklimat



2.5.1. Värmereducerande åtgärder

De värmereducerande åtgärderna i punktform är generella och inte platsbundna.

Nedan följer värmereducerande åtgärder, baserade på litteraturstudien:



Figur 14. Ikoner som illustrerar de 5 kategorierna av värmereducerande åtgärder; Material, Vatten, Vegetation, Bebyggelsegeometri och Skugga. Framtagen av författarna.

MATERIAL



- Markbeläggningar, tak och husfasader med ett högt albedo (ljusa material) (se Figur 4 för olika albedovärden).
- Material som har en låg värmekapacitet. Exempelvis bör traditionell asfalt, tegel, betong och sten undvikas i största möjliga mån då de lagrar mycket värme.
- Permeabla ytmaterial med eller utan vegetation. Exempelvis gräsarmering (av metall, betong eller plast), kullersten, grus, jord- eller gräsytor, dränasfalt, permeabel betong, gummi-asfalt samt tegel- eller betongblock.
- Vegetationsbeklädda ytor, då dessa genererar lägre temperaturer än exempelvis traditionell betong, asfalt och tegel.
- Trä som har en låg värmeledningsförmåga jämfört med exempelvis betong.
- Kalla tak: På låglutande tak kan ett högre reflekterande enskiktmembran anläggas, alternativt målas med en högre reflekterande beläggning. På brant lutande tak kan kallfärgade taktegelpannor eller kallfärgade plåttak anläggas, vars pigment reflekterar bort infraröd solstrålning.

VEGETATION



Träd

- Välanpassade växtbäddar för livskraftiga träd som kan bidra till evaporativ kylning och skugga (Se Figur 9 för rekommenderad storlek på växtbädd).
- Lövfällande träd bör placeras öster/sydöst/söder/sydväst/väster om byggnaden för att generera skugga på fasaden. Vid placering i söder behöver hänsyn tas för byggnadshöjd, avstånd mellan träd och byggnad samt val av art.
- Stora trädkronor som skuggar hela, eller åtminstone en stor del av takytan.
- Träd 9-15 m från byggnaden för att bidra med skugga.
- Uppstamning av träd för att tillåta solinstrålning på vintern (då solen står lågt) och blockering på sommaren (då solen står högt).

Övrigt

- Vegetation, som exempelvis buskar, i vistelsezonen.
- Vegetation i flera skikt (mark-, busk- och trädskikt) för att öka den kylande effekten.
- Lövfällande klättrväxter kan anläggas på material som lagrar mycket värme, exempelvis en stenmur, för att reducera dess värmeavgivning under sommaren.
- Vintergröna växter kan samla solenergi även under vinterhalvåret. Exempel på arter är *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris* och *Pinus heldreichii*, som under torra perioder kan hushålla med resurserna.
- Torktoleranta arter i torra urbana miljöer. Arter som kan hantera ett negativt turgortryck lägre än -3 MPa räknas som torktoleranta. (Se Figur 13 för olika arters kapacitet att hantera torka).
- Vaxlager på bladen vid varma och torra platser vilket skyddar bladen från värme och begränsar avdunstning. Exempel på arter är *Quercus cerris*, *Quercus frainetto* samt många två- och trebarriga tallar.

VEGETATION



- Behåring på bladen vid varma och torra platser vilket svalkar och skyddar mot uttorkning. Exempel på art är *Tilia tomentosa*.
- Större blad brukar generellt samla mer solenergi än små, vilket leder till mer transpiration och därmed större risk för uttorkning.
- Gröna tak reducerar temperaturen på sommaren och isolerar på vintern. För hög avdunstning på taken är generellt blandade planteringar med en rik artvariation effektiva.
- Gröna fasader kan reducera temperaturen inom- och utomhus. Ytstrukturen på vegetationen kan dock reducera vindhastigheten, vilket leder till att avkylningen minskar.

BEBYGGELSEGEOMETRI



- Ha bebyggelsegeometris inverkan på temperaturen i åtanke tidigt i planeringsstadiet då det finns ett samband mellan ökad värmeöeffekt och tät bebyggelse.

VATTEN



- Lokal hantering av dagvatten då hög markfukt bidrar till evaporativ kylning.

SKUGGA



- Topografin påverkar mängden solinstrålning; kullar eller backar som vetter mot söder får den högsta intensiteten till skillnad mot om de har en nordlig riktning.
- För att skapa skuggiga svala miljöer kan olika varianter av antingen flyttbara eller fasta solskydd användas.
- Ett staket kan, om riktat mot väst eller öst, bidra med skugga året runt. Skuggbilden blir som störst på vintern och minst på sommaren.
- En pergola eller spaljé med lövfällande klätterväxter (kräver mindre utrymme än träd), vinklad mot söder kan bidra med skugga under sommaren samtidigt som solljuset lyser igenom och värmer på vintern.



Konceptuella illustrationer, före och efter tillämpning av värmereducerande åtgärder på en innergård

2.5.2. Övriga åtgärder

De övriga åtgärderna i punktform är generella och inte platsbundna.

Nedan följer övriga åtgärder för ett gott mikroklimat, baserade på litteraturstudien:

VEGETATION



Träd

- Träd som inte är för stora och täta då det kan leda till diskomfort.
- Välanpassade växtbäddar för livskraftiga träd (Se Figur 9 för rekommenderad storlek på växtbädd).
- Trädens förväntade storlek i stadens olika ståndorter uppgår till 75% av den maximala storleken.

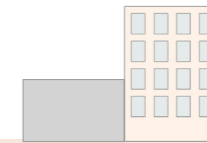
Övrigt

- Vid val av arter i urban miljö är det viktigt att tänka på rotsystemets storlek, slutgiltig höjd och kronarea, krav på sol, jord, vatten, temperatur, typ av blad, bär, frukt, blomning och eventuella allergener.
- Välj arter som trivs i stadens varierande utbud av ståndorter, rätt växt på rätt plats.
- Kultivarer kan vara mer resilianta mot sjukdomar och skadedjur samt vara mer anpassade för klimatet i städerna.
- Diversitet av arter för att begränsa en eventuell spridning av sjukdomar och skadedjur.
- Sent bladutspring och en tidig bladfällning för solinstrålning under vår och höst.
- Vintergröna växter reducerar vind bättre på vintern än lövfällande. Dessa bör placeras i en rad vinkelrätt mot vindriktningen, vanligen nord/nordväst.

VIND

- Häckar, vindsydd och träd kan reducera vind.
- Ett staket placerat vinkelrätt mot kalla vintervindar, med en genomsläpplighet på 50%, bidrar till optimal vindreducering.
- Helst 50% genomsläpplighet på vegetationen för optimal vindreducering.

BEBYGGELSEGEOMETRI

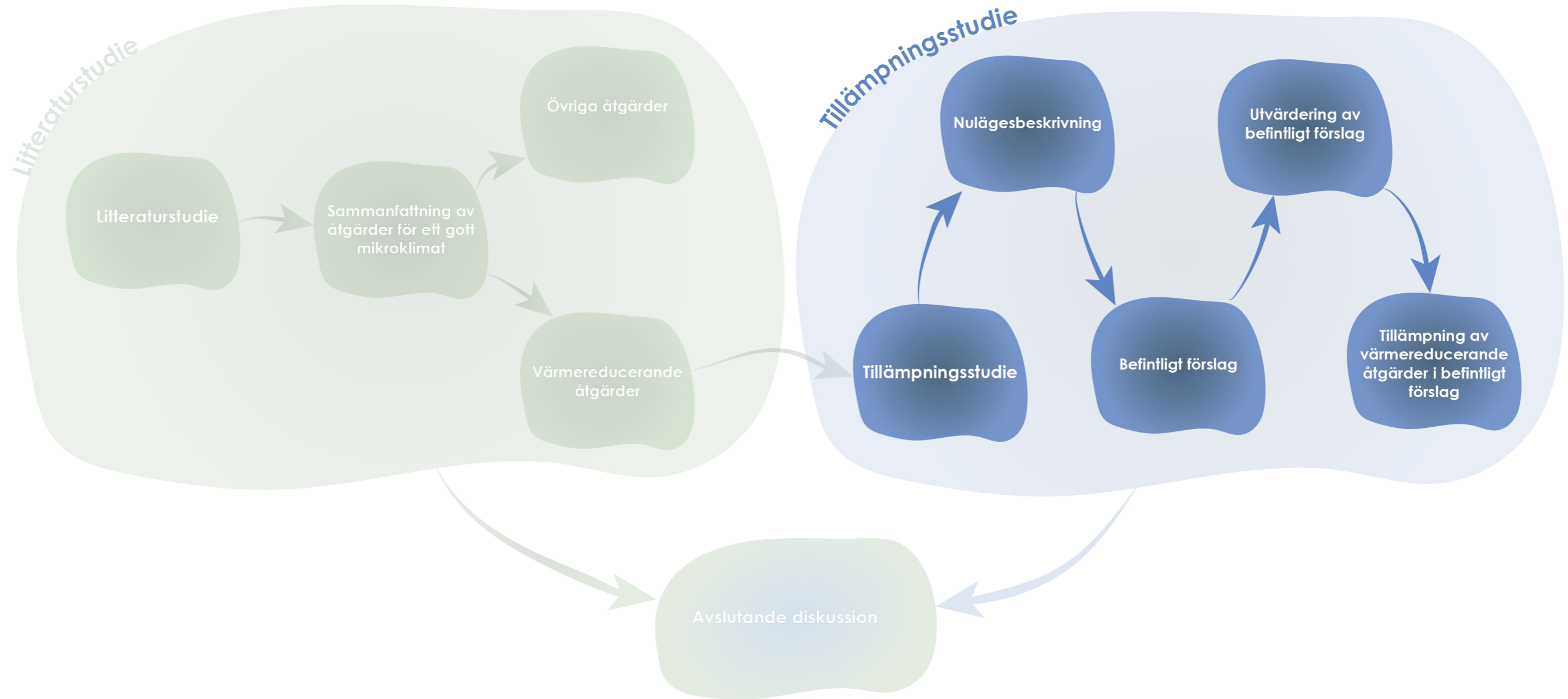


- Låg och tät bebyggelse: Vinden färdas över området.
- Hög bebyggelse: Vinden 20-40 m upp fångas och riktas ner mot exempelvis en innergård och skapar turbulens.

GENERELLT

- Prioritera ekosystemtjänster i urban miljö för resiliens mot klimatförändringar och extremväder.
- Varierade miljöer (sol/skugga/vind/lä) så människan själv kan välja vart den vill vistas beroende på begär och behov.

3. Tillämpningsstudie



3.1. Stockholm stad

Stockholm, som är Sveriges huvudstad, är beläget vid Sveriges östra kust vid Östersjön. Stockholms stad är Sveriges största kommun och hade enligt SCB (2023) en befolkningsmängd på 984 748 år 2022 (Stockholms stad 2022b). En prognos för befolkningsutvecklingen i Stockholm stad visar att antalet personer år 2031 kommer att ligga på 1 074 000. Vid år 2040 beräknas befolkningsmängden i Stockholm stad, enligt prognosen, öka till 1 184 000 personer (Stockholms stad 2022c). Stockholm stad innehåller 13 stadsdelsområden vilka är; Bromma, Farsta, Hägersten-Älvsjö, Hässelby-Vällingby, Kungsholmen, Norrmalm, Rinkeby-Kista, Skarpnäck, Skärholmen, Spånga-Tensta, Östermalm samt stadsdelsområdena för tillämpningsstudien; Enskede-Årsta-Vantör och Södermalm.

Sommaren 2018 i Stockholm uppmättes en 29 dagar lång period av värmebölja rapporterar SMHI (2023a), vilket är den längsta historiskt sett sedan år 1860. Med värmebölja menas en period på minst fem sammanhängande dagar med en högst uppmätt temperatur under ett dygn på minst 25°C eller högre enligt SMHIs definition.

Sedan år 1860 har den högsta årsmedeltemperaturen uppmätts år 2020 vilket var på 9,7°C och som lägst år 1867 vilket var 3,2°C. Årsmedeltemperaturen för 2022 i Stockholm uppmätte 8,8 °C, i Malmö 10,1°C och i Umeå 4,4°C (SMHI 2023a).

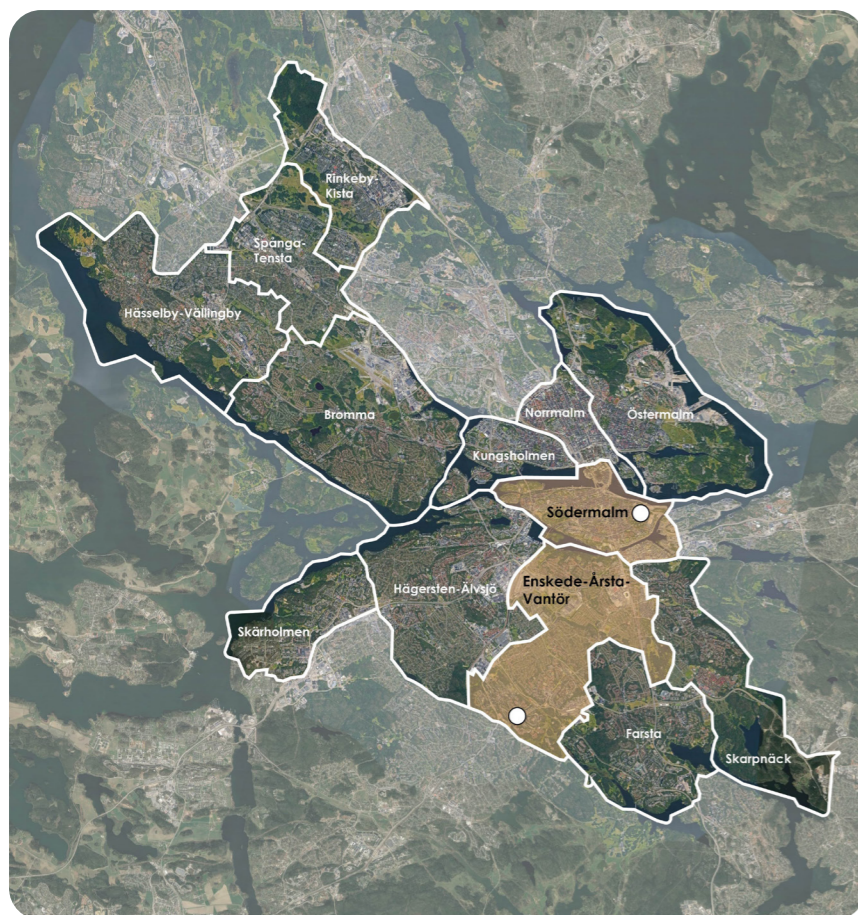


Enligt Riksförbundet Svensk Trädgård (2023) finns det två olika typer av växtzoner inom Stockholm stad, både zon 2 och 3. Södermalm och vidare söder, sydväst och öster ut klassificeras som zon 3, medans områden norr, nordost och väster om Södermalm klassificeras som zon 2. De stadsdelsområden inom Stockholm stad som berörs i tillämpningsstudien, Enskede-Årsta-Vantör och Södermalm, ligger i växtzon 3.

I en sammanställning från SMHI (2023b) redogörs medelvärden per månad för vindriktning (väderstreck) och vindhastighet (m/s) i Stockholm under år 2022.

Se värden nedan:

Januari = NNV 12 m/s
Februari = NNV 10 m/s
Mars = VNV 14 m/s
April = V 9 m/s
Maj = V 10 m/s
Juni = ÖSÖ 8 m/s
Juli = VNV 10 m/s
Augusti = V 9 m/s
September = SÖ 9 m/s
Oktober = V 11 m/s
November = V 9 m/s
December = NV 9 m/s



Figur A. Stadsdelsområdena i Stockholms stad. Cirklarna visar på områden för tillämpningsstudien. Framtagen av författarna baserad på information från Stockholm stad (2023c) med kartunderlag från Google Earth Pro (2020a) *Stockholm visningshöjd 45,73 km*, satellitbild [kartografiskt material], tillgänglig via Google Earth Pro appen [2023-03-17].

Enskede-Årsta-Vantör

I stadsdelsområdet Enskede-Årsta-Vantör bodde det 97 993 invånare år 2016, vilket enligt en prognos beräknas öka till 149 884 år 2040 (Stockholms stad 2022a). Stockholms stad (2023c) beskriver hur det inom stadsdelsområdet i sin tur finns 12 stadsdelar; Johanneshov, Rågsved, Östberga, Örby, Årsta, Stureby, Gamla Enskede, Enskedefältet, Enskede gård, Högdalen, Bandhagen och Hagsätra. Hagsätra och Rågsved är belägna i den södra delen av Enskede-Årsta-Vantör och angränsar till varandra. Tillsammans utgör Hagsätra och Rågsved ett av Stockholm stads fyra fokusområden för stadsutveckling. Inom fokusområdet finns det planer på att bygga cirka 3000 nya bostäder, förskolor, service- och kulturlokaler samt parker.

Södermalm

I stadsdelsområdet Södermalm bodde det enligt Stockholms stad (2022d) 128 684 invånare år 2016, vilket enligt en prognos beräknas öka till 148 486 år 2040. En stor del av Södermalms yta består av tät bebyggelse i rutnät och det finns en viss potential för stadsutveckling inom existerande kvartersstrukturer.

Utvecklingsmöjligheter inom Enskede-Årsta-Vantör & Södermalm

I Stockholms stads (2018) stadsutvecklingskarta framgår utvecklingsmöjligheter inom kommunen vilka delas in i kompletterings- och omvandlingsområden. Områden som ska kompletteras beskrivs som stadsdelar med en blandad bebyggelse där en omfattande komplettering rekommenderas. Förslag på komplettering är ett ökat antal bostäder, verksamheter, service, parker, gator, idrotts- och kulturplatser. För områden där omvandling ges som förslag ska dessa omvandlas till en blandad stadsbebyggelse bestående av service, verksamheter, bostäder, parker, gator, idrotts- och kulturplatser. Denna omvandling kan betyda att den befintliga markanvändningen delvis eller i sin helhet förändras. Enligt Figur C som visar stadsutvecklingsområden i Enskede-Årsta-Vantör, framgår det att en kompletterande stadsutveckling föreslås för majoriteten av områdena. Detta gäller exempelvis Hagsätra och Rågsved som är belägna längst ner söderut inom stadsdelsområdet, varav en av de två platserna som berörs längre fram i tillämpningsstudien (Bjurbäcken bostadsgård) är lokaliserad i Rågsved. Enligt Figur B som visar stadsutvecklingsområden inom Södermalm, framgår det istället att en omvandlande stadsutveckling föreslås för majoriteten av områdena. Den andra platsen som berörs längre fram i tillämpningsstudien (Sofia skola) är lokaliserad i den östra delen av Södermalm men inte inom ett stadsutvecklingsområde (Stockholms stad 2018).



Figur B. Stadsutvecklingsområden i Södermalm. Framtagen av författarna baserad på information från Stockholm stad (2018) med beskuret kartunderlag från Google Earth Pro (2020b) *Södermalm visningshöjd 45,73 km*, satellitbild [kartografiskt material], tillgänglig via Google Earth Pro appen [2023-03-17].

- Stadsutvecklingsområde - Omvandling
- Stadsutvecklingsområde - Komplettering



Figur C. Stadsutvecklingsområden i Södermalm. Framtagen av författarna baserad på information från Stockholm stad (2018) med beskuret kartunderlag från Google Earth Pro (2020c) *Enskede-Årsta-Vantör visningshöjd 45,73 km*, satellitbild [kartografiskt material], tillgänglig via Google Earth Pro appen [2023-03-17].

3.1.1. Sofia skola

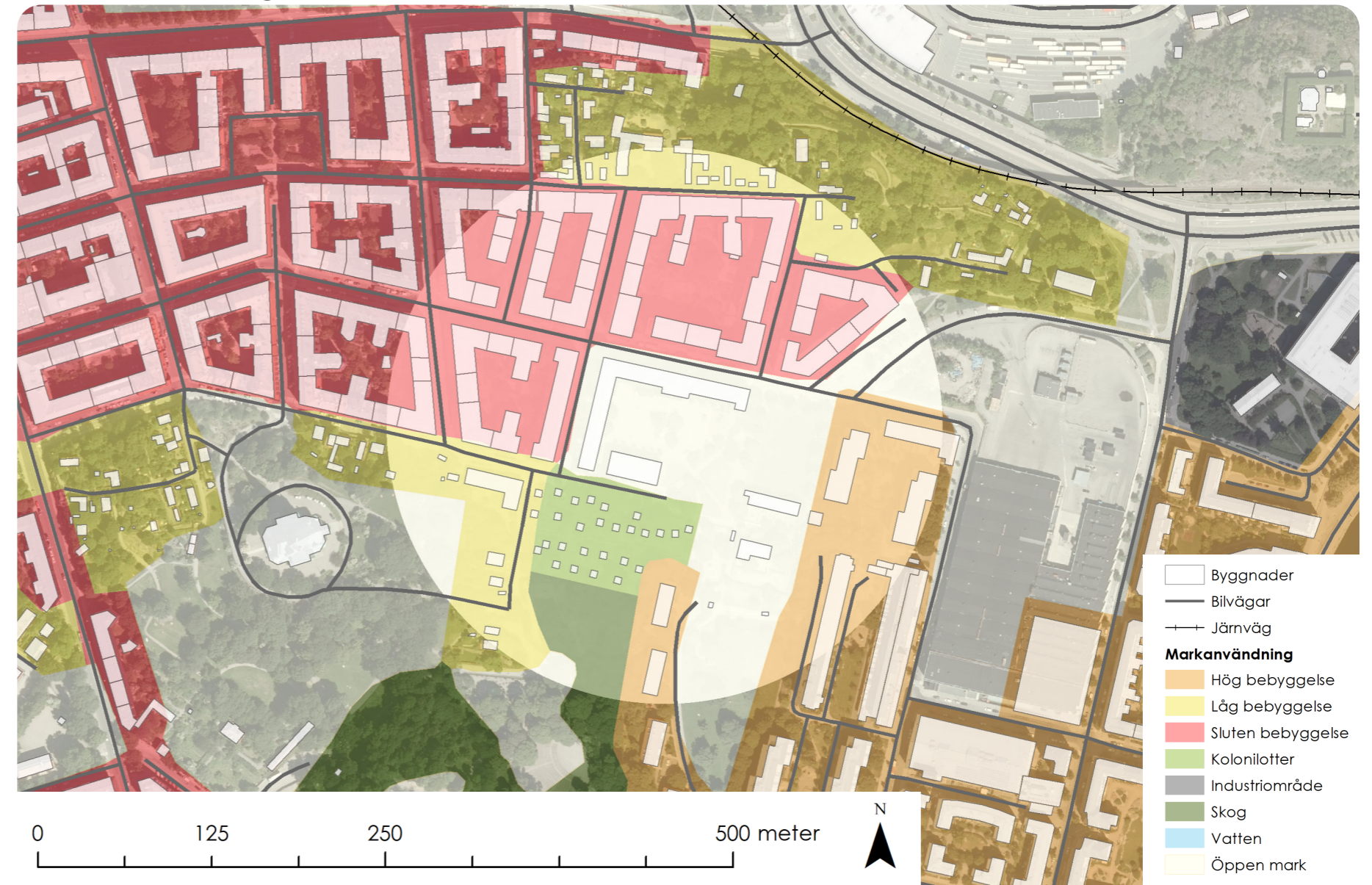


Figur D. Sofia skola (se streckad svart linje) i sitt sammanhang, östra delen av Södermalm. Kartunderlag från Google Earth Pro (2020d) Södermalm visningshöjd 5,43 km, satellitbild [kartografiskt material], tillgänglig via Google Earth Pro appen [2023-03-17]. Framtagen av författarna.

Sofia skola på Södermalm är en kommunal grundskola som byggdes år 1910, med 890 elever i klasserna F-9. Skolan ligger mellan Bondegatan och Skånegatan i direkt anslutning till Vitabergsparken, Tengdalsparken, ett koloniområde och en fotbollsplan (Stockholms stad 2023e).

3.1.1.1. Nulägesbeskrivning

Markanvändning

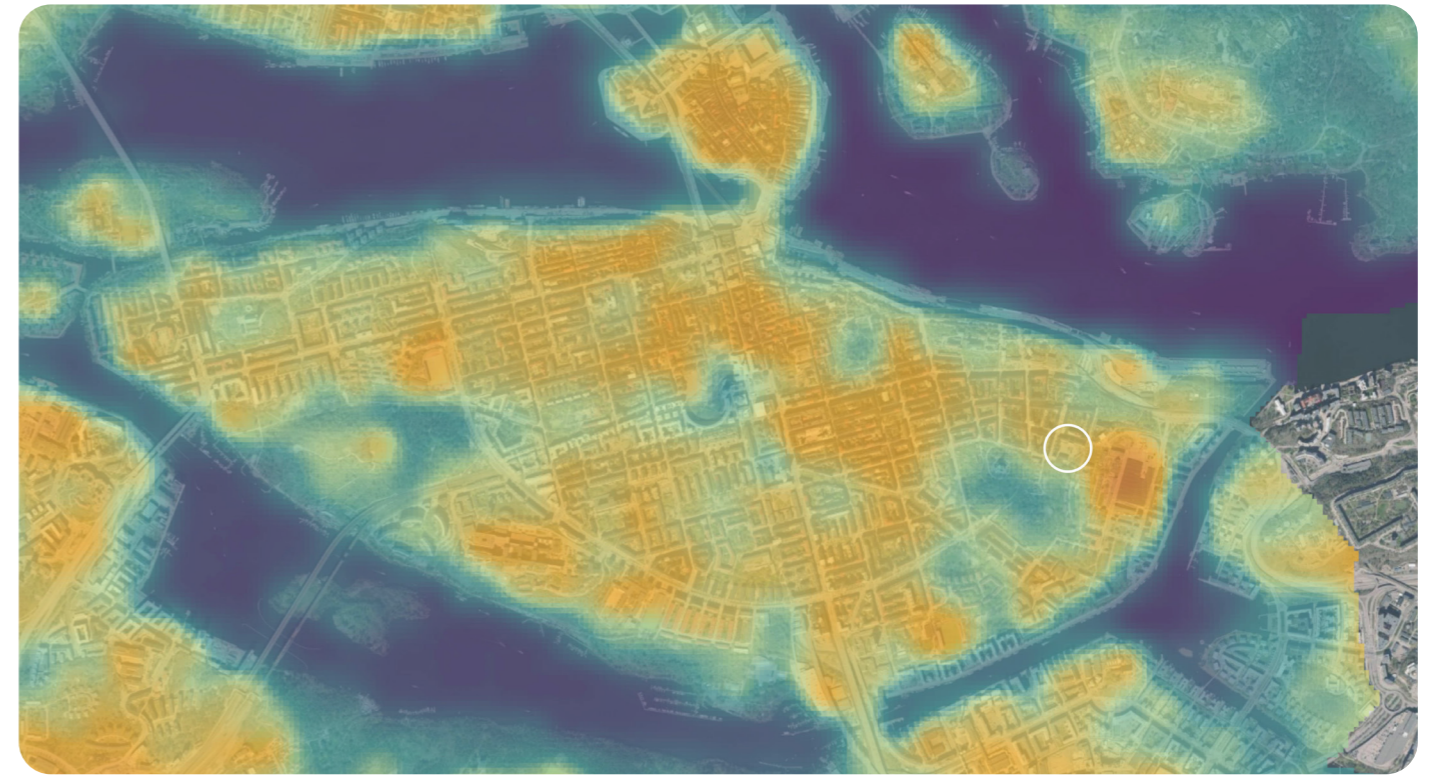
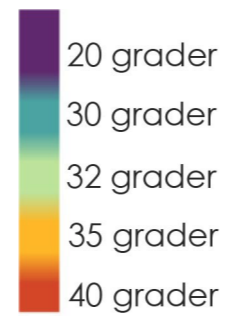


Figur E. Markanvändning i Sofia skolas omgivning. Den ljusa cirkeln indikerar ett avstånd på 200 meter från skolgårdens mitt. Kartograf: författarna. Fastighetskartan kommunikation, Fastighetskartan bebyggelse och Terrängkartan © Lantmäteriet och bakgrundskarta: Ortofoto RGB 0.25/0.50 m © Lantmäteriet (2017).

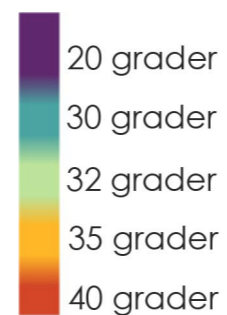
Markanvändningen i Sofia skolas omgivning består till stor del av olika typer av bebyggelse, där majoriteten utgörs av sluten och hög bebyggelse. Söder och sydväst om skolan finns en skog samt en park (Vitabergsparken) klassificerad som "Öppen mark" i Figur E.

Maximal strålningstemperatur

Den maximala strålningstemperaturen på Södermalm mellan åren 2013-2021 visar på att den plats med högst uppmätt strålningstemperatur ligger precis i anslutning till Sofia skola (se Figur F). Det går även att se hur strålningstemperaturen är betydligt lägre i Vitabergsparken som är lokaliserad sydväst om Sofia skola (se Figur G). Ortofotot i Figur F & G är från 2018 och den varmaste platsen som ligger direkt öster om Sofia skola utgörs av ett industrikvarter med en bussdepå. Nu har däremot bussdepån rivits och nybyggnation av ett bostadsområde med cirka 1240 lägenheter pågår (Stockholms stad 2023a). Det är därför oklart hur hög den maximala strålningstemperaturen kommer att bli på denna plats i framtiden.



Figur F. Maximal strålningstemperatur uppmätt mellan åren 2013-2021 för hela Södermalm (Stockholms stad 2023d). Den vita cirkeln indikerar Sofia skolas placering.



Figur G. Förstorat utsnitt av maximal strålningstemperatur uppmätt mellan åren 2013-2021 för Sofia skola och dess omgivning (Stockholms stad 2023d). Den vita cirkeln indikerar Sofia skolas placering.



Figur H. Flygfoto över Sofia skola. Kartdata: Google Earth Pro (2023a), © 2023 Maxar Technologies, Sofia skola, satellitbild [kartografiskt material], tillgänglig via Google Earth Pro appen [2023-04-12].

Befintlig vegetation

Vid mejlkontakt med SISAB (Skolfastigheter i Stockholm AB) framgick det att de befintliga träden inom fastighetsgränsen för Sofia skola utgörs av 28 stycken träd. De 28 träden utgörs i sin tur av 5 stycken

olika arter, nämligen 8 stycken fågelbär (*Prunus avium*), 1 hästkastanj (*Aesculus hippocastanum*), 6 naverlönnar (*Acer campestre*), 8 avenbokar (*Carpinus betulus*) och 5 vitpilar (*Salix alba*). Alla dessa träd kommer i samband med omprojekteringen av Sofia skola att

bevaras. Krontäckningen har beräknats till cirka 19% för arbetsområdet.



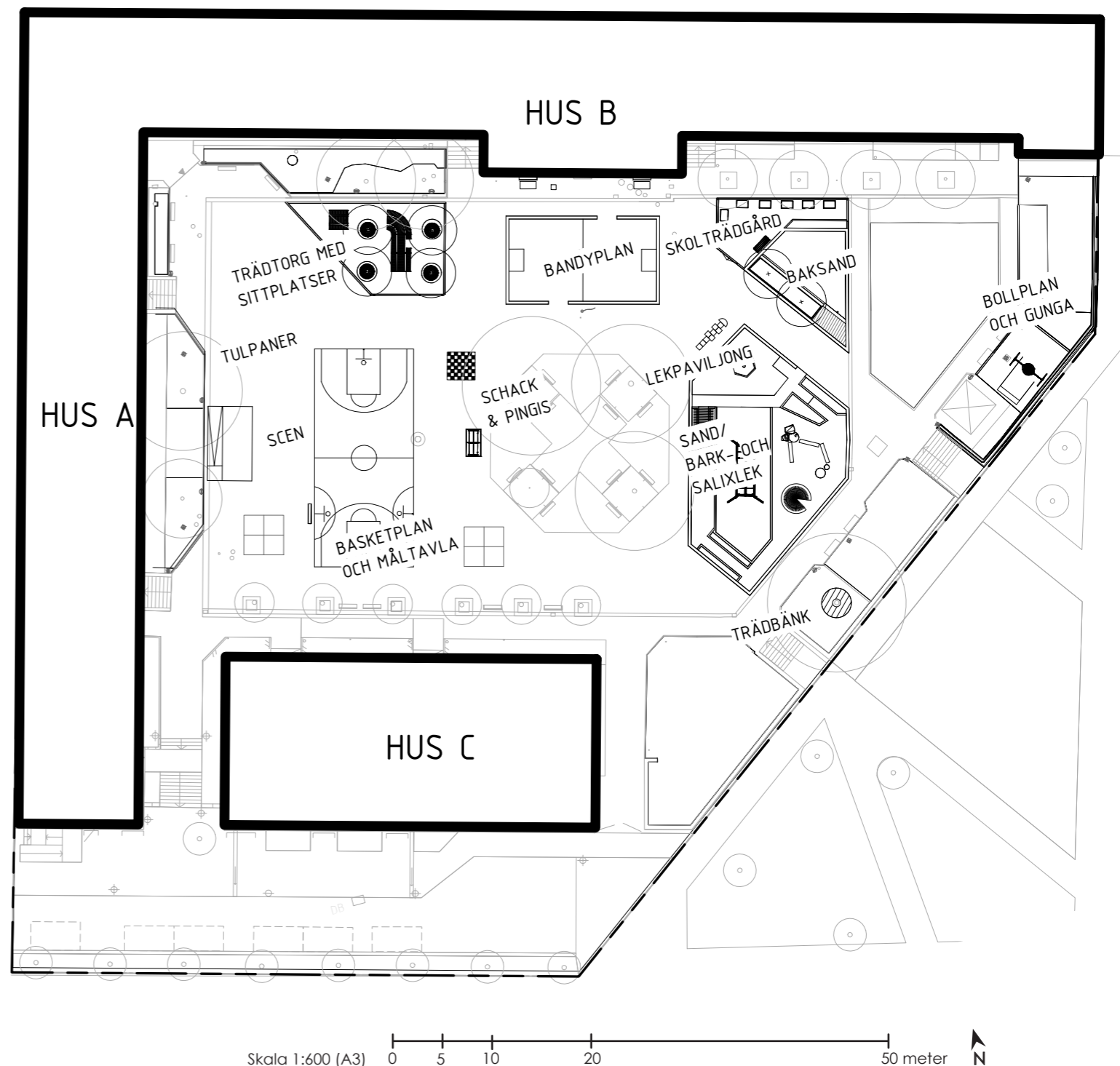
Figur I: Bilder över Sofia skola 2023-03-23, upphovsrätt författarna.

3.1.1.2. Befintligt förslag

Enligt internt material från beställaren SISAB (2023) har syftet med ombyggnationen varit att göra skolgården mer klimatanpassad, få in mer naturliga och genomsläppliga material, minska andelen asfalt och öka skuggtäckningen med hjälp av träd. Befintliga träd och större buskage har bevarats. Skolgården har en totalyta på cirka 6200 m² och det befintliga förslaget omfattar upprustning av cirka 2000 m².

Det har projekterats en omgestaltung av skolgården och här följer situationsplan, markplaneringsplan och växtlistor.

Situationsplan

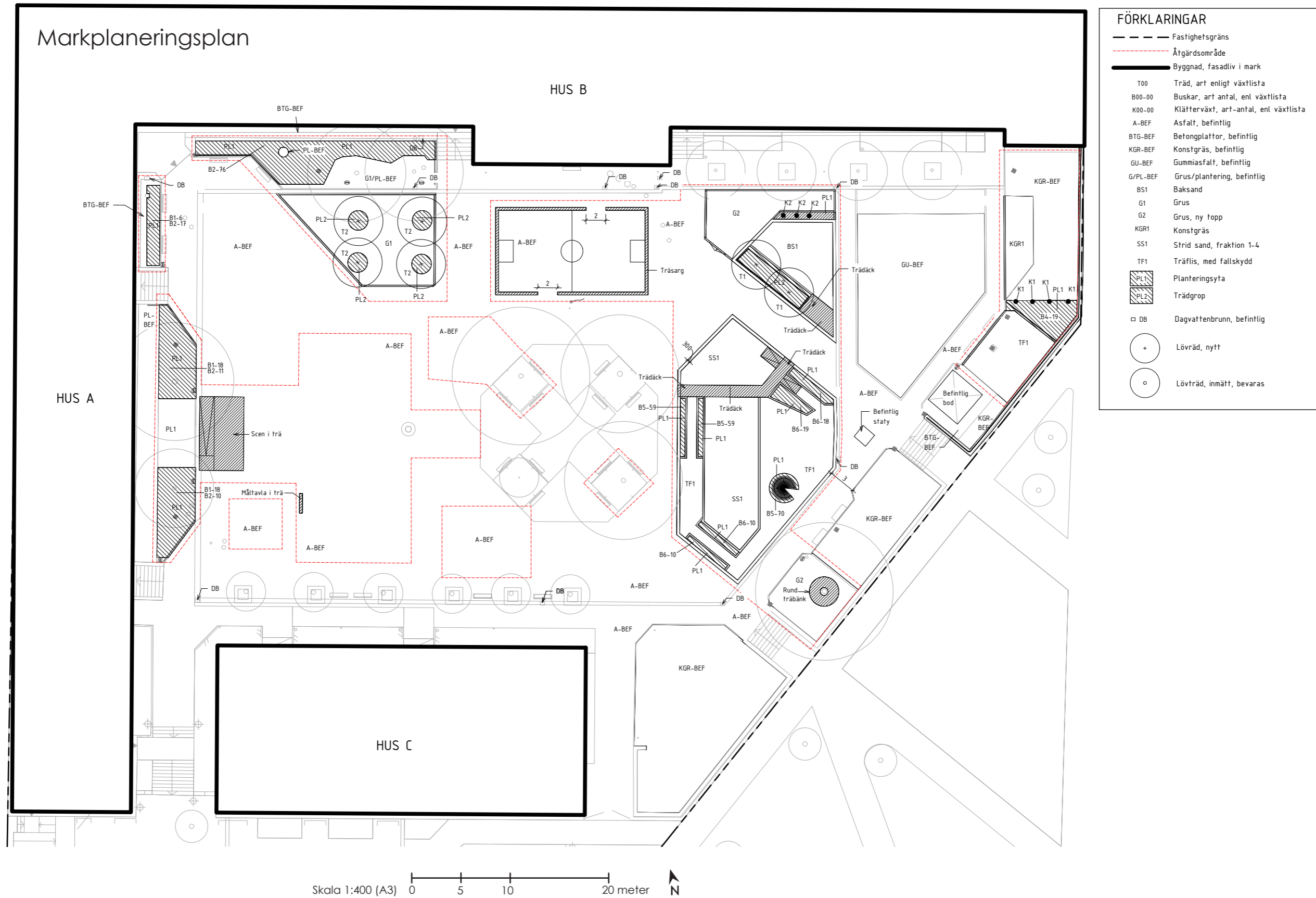


Figur J. Situationsplan framtagen av Cedervall, förenklad av författarna. Finns i sin helhet som Bilaga 1. Publicerat med beställaren SISAB:s tillstånd.

Växtlistor

Buskar				
Bet	Antal	Latinskt namn	Svenskt namn	Kvalitet
B1	42	Buddleja davidii Nanho Blue ('Nanho Petite Indigo')	Fjärilsbuske	Sol C/K 125-150, c/c 60 cm
B2	114	Buddleja davidii 'Pink Delight'	Fjärilsbuske	Sol C/K 125-150, c/c 60 cm
B3	8	Rubus Hösthallon-Gruppen 'Autumn Bliss'	Hösthallon	Busk C 3,5l, c/c 50 cm
B4	19	Salix purpurea	Rödvide	Busk C 3,5l, c/c 100 cm
B5	188	Salix viminalis	Korgvide	Th 200-250, c/c 10 cm
B6	57	Salix purpurea 'Nana'	Litet rödvide	Busk C 3,5l, c/c 50 cm
Klättrväxter				
Bet	Antal	Latinskt namn	Svenskt namn	Kvalitet
K1	4	Fallopia baldschuanica	Bokharabinda	A-kv Co
K2	3	Humulus lupulus	Humle	A-kv Co
Träd				
Bet	Antal	Latinskt namn	Svenskt namn	Kvalitet
T1	2	Elaeagnus angustifolia	Smalbladig silverbuske	Hst 3x 12-14 K
T2	4	Robinia pseudoacacia 'Semperflorens'	Robinia	Hst 4x 20-25 K

Figur K. Växtlistor med information från Cedervalls förslag. Sammanställt av författarna.



Figur L. Markplaneringsplan framtagen av Cedervall, förenklad och korrigerad av författarna. Finns i sin helhet som Bilaga 2. Publicerat med beställaren SISAB:s tillstånd.

3.1.1.3. Utvärdering av befintligt förslag

- baserat på sammanfattningen av värmereducerande åtgärder från kapitel 2.5.1.

Material

Vid en beräkning av de olika markmaterialen (se Figur M) på skolgården framgick det att de största delarna av gårdens totala yta består av asfalt och betong som lagrar mycket värme samt har ett lågt albedovärde. I förslaget är arean för vegetationsytor, vilka genererar lägre temperaturer än traditionell betong och asfalt, mindre än arean som utgörs av hårdgjorda ytor. Andelen konstgräs är nästan lika stor som andelen vegetationsytor. I förslaget finns vissa träelement såsom exempelvis två trädäck, vilka har en låg värmeledningsförmåga. Taken på skolbyggnaderna har en svart färg och fasaderna är gula och orangea.

Markmaterial	Yta (m ²)	Yta (%)
Asfalt	2175	44
Betong	1125	23
Vegetationsytor	522	10
Konstgräs	416	8
Grus	193	4
Gummiasfalt	189	4
Träflis	172	3
Strid sand	124	2
Baksand	49	1
Trä (trädäck)	29	0,6
Totalt	4994	100

Figur M. Markmaterial för det valda arbetsområdet på Sofia skola. Befintlig utformning tillsammans med Cedervalls omprojektering. Beräknat och sammanställt av författarna.

Den södra delen av skolans fastighetsområde har inte inkluderats i beräkningen, då vi ansåg att den inte är en del av skolgården och bland annat innehåller en bilväg. Denna avgränsning förklarar varför arbetsområdet omfattar 4994 m² och inte hela skolgårdens yta.

Vegetation

I förslaget föreslås 6st nya lövfällande träd vilka har placerats söder om den norra huskroppen. Våningsantalet (6 våningar) för en av byggnaderna inom arbetsområdet medför att taken inte kan bli beskuggade. De nya träden har placerats inom 9-15 m från huskroppen, vilket genererar skugga på husfasaden. Det förekommer två områden med flerskiktad vegetation där träd, buskar och perenner kombineras. Ett fåtal buskar (se Figur K) föreslås i vistelsezonen vilket kan bidra till en viss sänkning av temperaturen. Ett 2,5 m högt staket (se Bilaga 3) i östvästlig riktning med klätterväxter av lövfällande arten *Fallopia baldschuanica* (Bokharabinda) bidrar med skugga på sommaren och tillåter solinstrålning på vintern.

I Cedervalls förslag har det föreslagits två nya trädarter på skolgården; *Elaeagnus angustifolia* (Smalbladig silverbuske) (T1) vilket enligt Stångby Plantskola (u.å.) kan få en höjd på 4–6 m och en bredd på 4–6 m och *Robinia pseudoacacia* ‘Semperflorens’ (Robinia) (T2) vilket enligt Sjöman och Slagstedt (2015a) kan få en höjd på 18-20 m och en bredd på 8-10 m. De två föreslagna trädarterna är tork- och värmetåliga enligt Stångby Plantskola (u.å.) och *Robinia pseudoacacia* ‘Semperflorens’ har enligt Figur 12 ett sent bladutspring. Krontäckningen har beräknats till cirka 20% för arbetsområdet.

För att undersöka den förväntade slutstorleken och därmed skuggtäckningen för de nyplanterade träden så beräknades kubikmetern för planteringsytorna (PL2) där träden skall anläggas. Utifrån underlagen från beställaren SISAB framgår inte någon detaljerad ritning över dimensionerna av planteringsytorna utöver växtbäddarnas area vid markytan. Efter en mejlväxling med biträdande projektansvarig på SISAB framgick att det i dagsläget inte har tagits fram någon information och dimensionering av trädens växtbäddar. Utifrån dessa förutsättningar har djupen bestämts till 1 m samt en schaktslänt på 2:1, baserat på Malmö stads tekniska handbok (2023).

Planteringsytorna för T2 har beräknats till 0,78 m³ per träd och T1 till 11,2 m³ totalt vilket ger 5,6 m³ per träd. Baserat på Figur 9 och de två värdena i mitten i grafen kan en växtbäddsvolym på 0,78 m³ för T2 inte utläsas på grund av dess låga värde, vilket troligtvis kommer leda till en hämmad utveckling och därmed inte bidra till någon betydande skugga på skolgården. Planteringsytan för T1 med en växtbäddsvolym på 5,6 m³ per träd kan, enligt Figur 9 och de två värdena i mitten i grafen, leda till en kron diameter på ungefär 3 m. Även här innebär det förmodligen en hämmad utveckling för träden, vilka maximalt kan få hälften så bred krona som den smalbladiga silverbusken kan få vid en optimal växtplats.

Bebyggelsegeometri

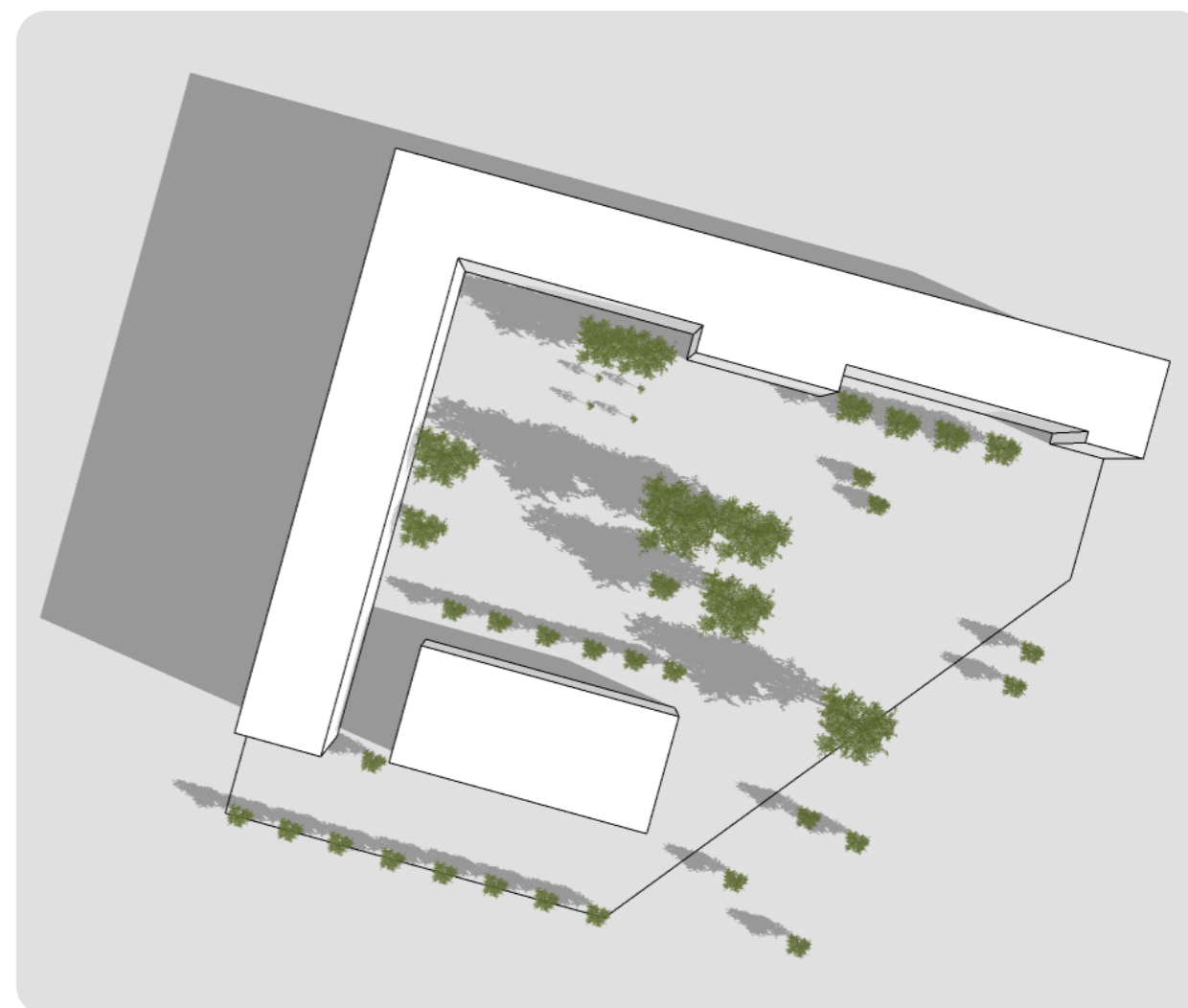
Byggnaderna som utgör Sofia skola är 6 våningar höga och det finns en stor öppen yta lokaliserad i söderläge mellan dem. Den mindre byggnaden i söder är cirka 3 våningar hög och genererar en del skugga på skolgården. Byggnaderna har sadeltak med varierande lutning. Majoriteten av den omkringliggande bebyggelsen utgörs av sluten och hög bebyggelse (Figur E).

Vatten

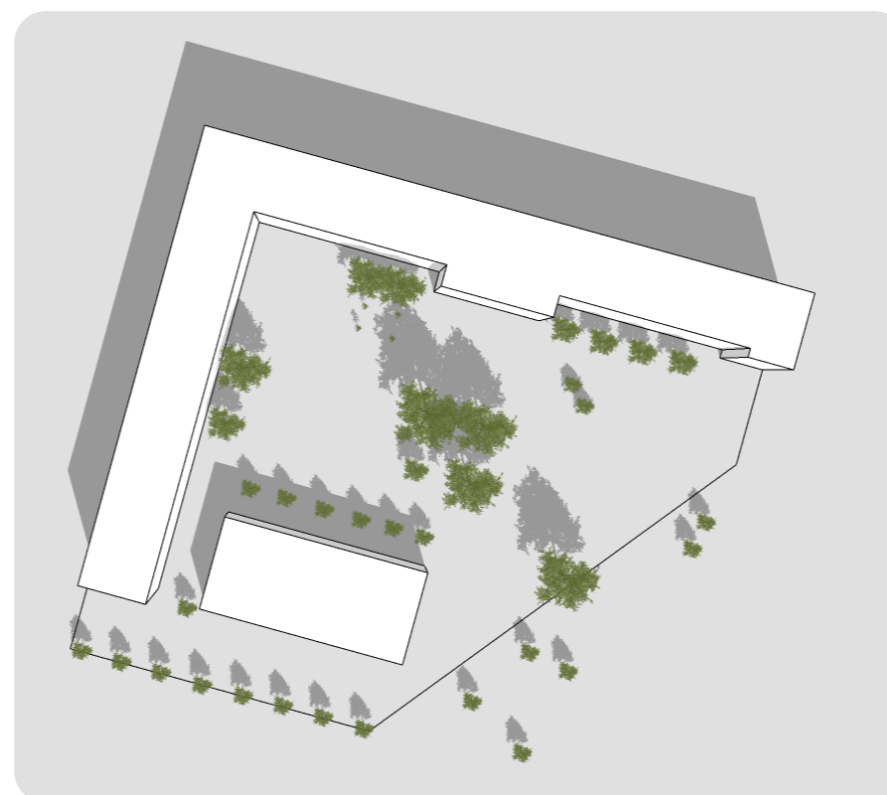
Utifrån de dokument vi har fått tilldelade om Sofia skola framgår det inget om att det skulle finnas någon lokal hantering av dagvatten. Däremot framgår det i markplaneringsplanen (se Bilaga 2) att det finns 11 stycken dagvattenbrunnar på skolgården.

Skugga

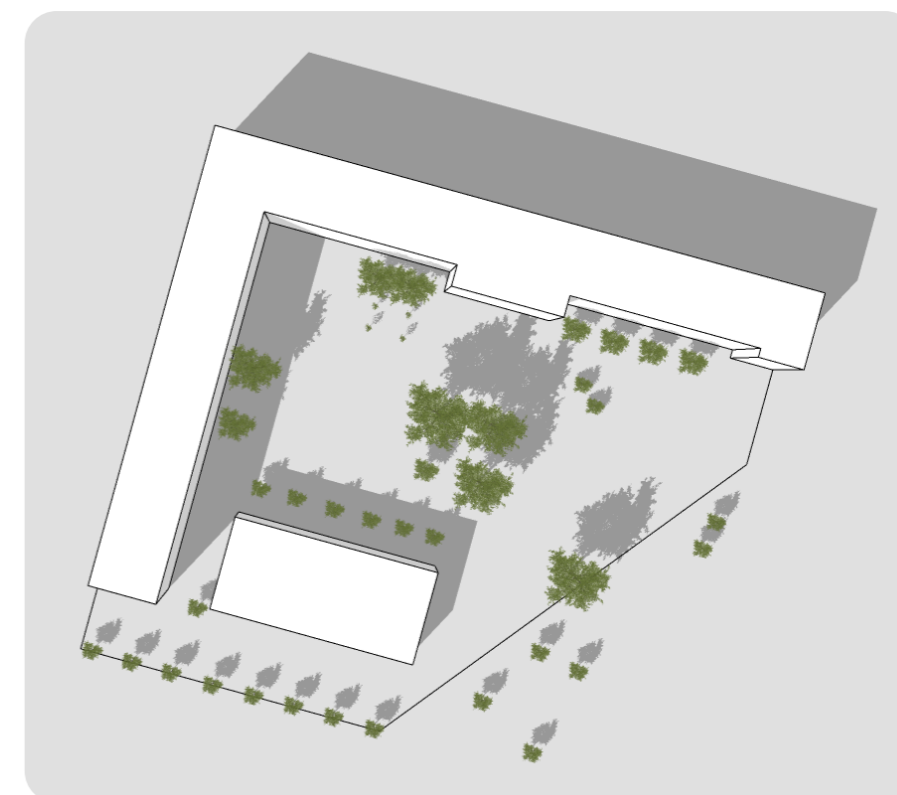
På skolgården finns det inga variationer i topografin som kan generera skugga då den högsta punkten är 49 cm högre än den lägsta (se Bilaga 2) med ett avstånd på cirka 60 meter mellan varandra. Utrustning som bidrar med skugga på skolgården utgörs av ett solsegel (se Bilaga 3) som beskuggar ytan med baksand. För att kunna analysera trädens och byggnadernas skuggbild har en skugganalys utförts. I skugganalysen har byggnadernas höjd uppskattats med hjälp av bildmaterial och Google Earth. De befintliga trädens storlek har i skugganalysen baserats på inmätt krondiameter av befintliga träd vilket framgår i Figur L. För storlek på de 6 träd som tillkommer i förslaget se föregående sida. Skugganalysen visar att under morgon, middag och eftermiddag är stora delar av skolgården belägen i sol men där finns även en del skugga. Aktivitetsytor (se Figur J & L för placering av aktivitetsytor) som basketplanen och lekytan med gummi-asfalt är belägna i sol både klockan 12 och 15.



Figur N. Skugga på skolgården den 17 augusti klockan 09. Framtagen av författarna.



Figur O t.v. Skugga på skolgården den 17 augusti klockan 12. Framtagen av författarna.



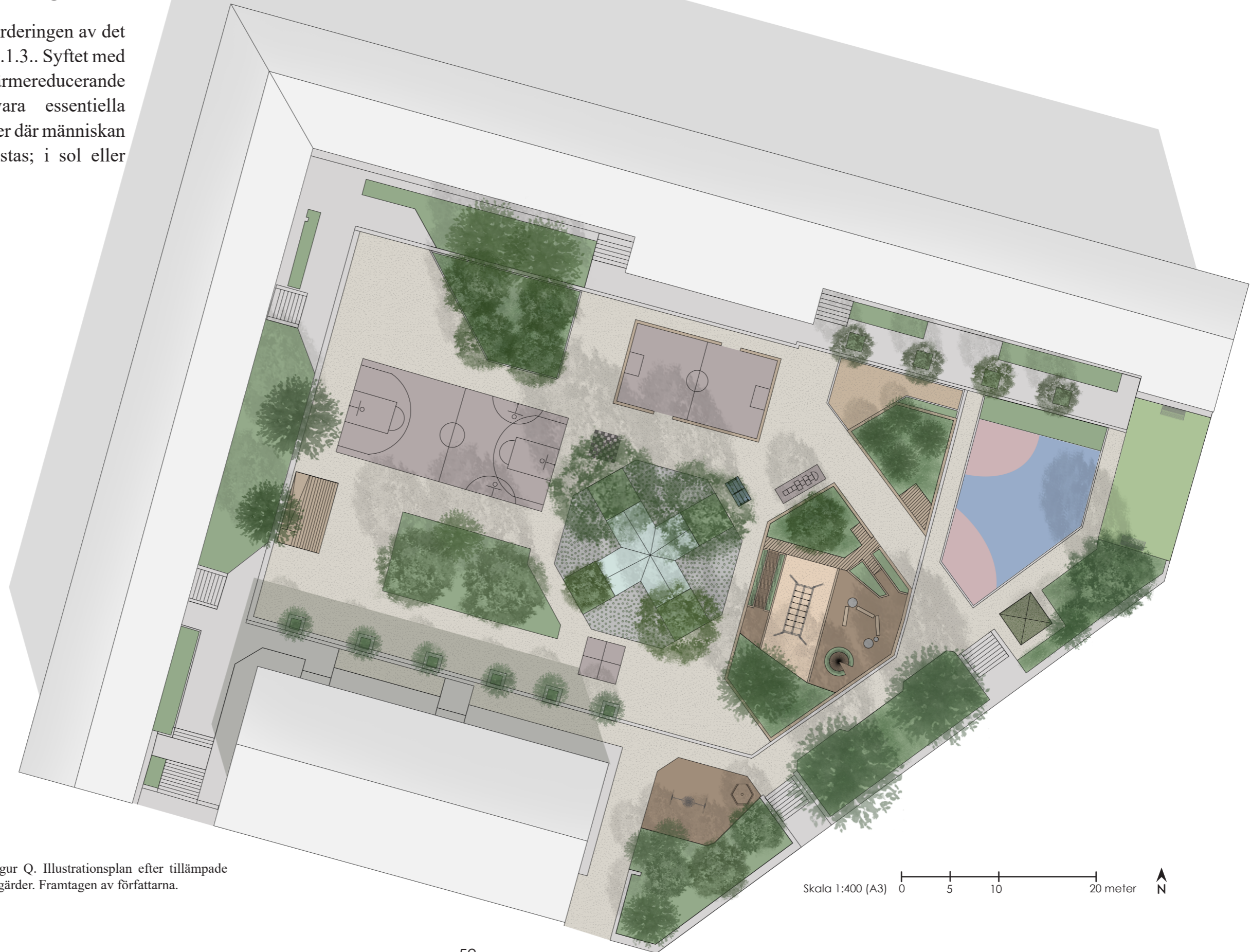
Figur P t.h. Skugga på skolgården den 17 augusti klockan 15. Framtagen av författarna.

3.1.1.4. Tillämpning av värmereducerande åtgärder i befintligt förslag

Detta kapitel grundar sig på utvärderingen av det befintliga förslaget, se kapitel 3.1.1.3.. Syftet med tillämpningen är att addera värmereducerande åtgärder men samtidigt bevara essentiella funktioner samt varierande miljöer där människan själv kan välja var den vill vistas; i sol eller skugga.

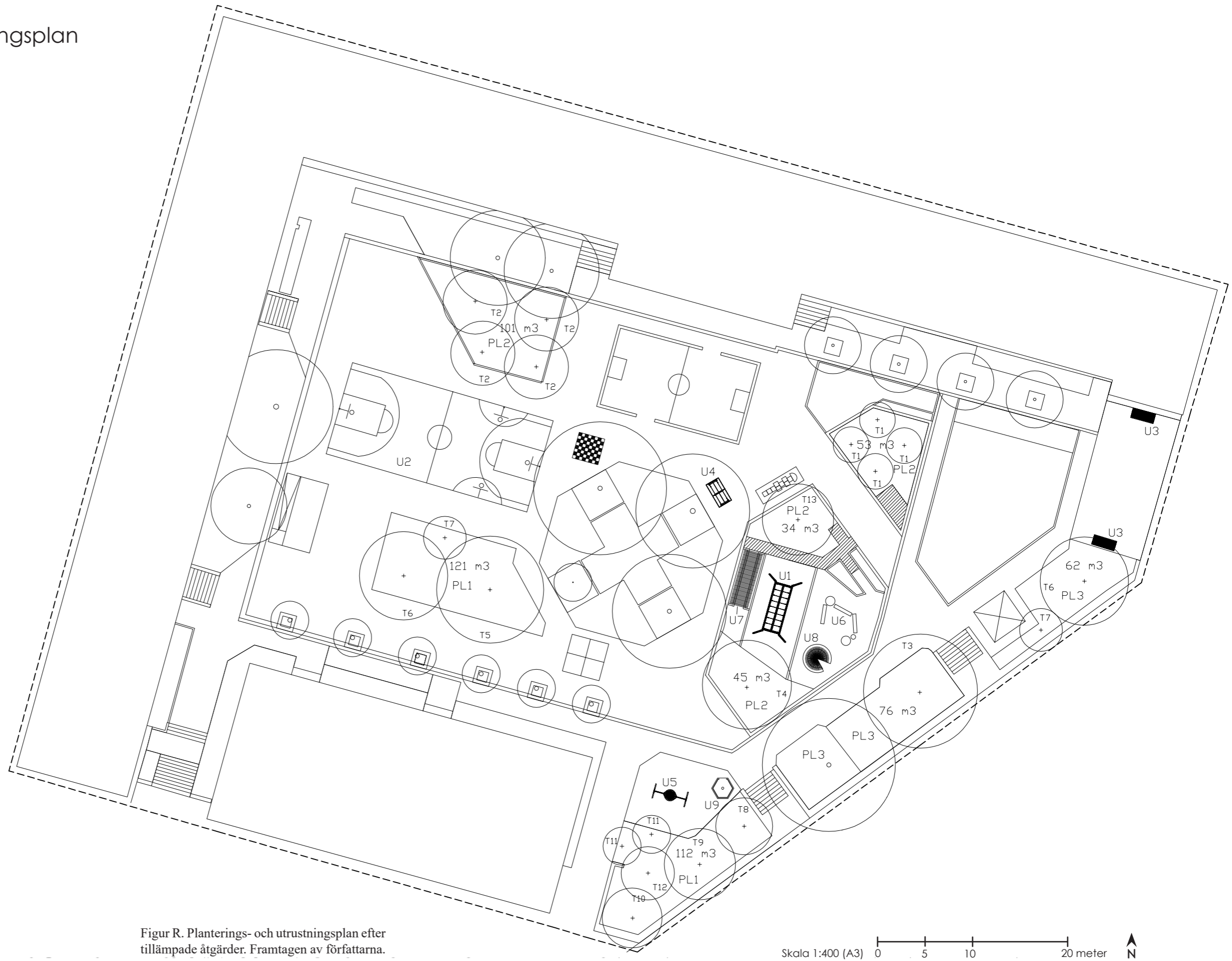
- Gräsmatta
- Vegetationsyta
- Grus
- Gräsarmering
- Betong
- Ljus dränasfalt
- Baksand
- Stridsand
- Gummiastfalt
- Gröna tak
- Träflis
- Trä (trädäck)

Figur Q. Illustrationsplan efter tillämpade åtgärder. Framtagen av författarna.



Planterings- och utrustningsplan

Vegetationszoner		
Bet	Utrustning	
PL1	Trädskikt	
PL2	Träd- och buskskikt	
PL3	Träd-, busk- och markskikt	
Urustningslista		
Bet	Antal	Urustning
U1	1	Repgunga
U2	1	Basketplan
U3	2	Bollmål
U4	1	Bordtennisbord
U5	1	Kompisgunga
U6	1	Liggande stockar och stenar
U7	1	Salixgång
U8	1	Salixkoja
U9	1	Lekpaviljong



Figur R. Planterings- och utrustningsplan efter tillämpade åtgärder. Framtagen av författarna.

De tillkomna trädarterna (11st (totalt 16st nya träd), se Figur S) i tillämpningen har valts ut utifrån Figur 13 med torktoleranta arter, då skolgården enligt Figur G är en varm plats. Trädarterna valdes även ut utifrån att de är hårdiga i zon 3 enligt Sjöman & Slagstedt (2015a). Några av trädarterna (*Carya ovata*, *Gymnocladus dioicus* & *Phellodendron amurense*) har enligt Figur 12 ett sent bladutsläpp. Ett sent bladutsläpp innebär att solens strålar kan lysa igenom träden och värma längre in på våren innan sommarvärmerna kommer. I Figur 12 framgår det även information kring *Carya ovatas* genomsläpplighet av ljus; 15-28% på sommaren och 66% på vintern.

De nya vegetationsytorna har delats in i PL1, PL2 och PL3 för att definiera i vilka skikt (träd-, busk- och markskikt) ytorna ska delas in i. Flerskiktade bestånd bidrar till mer avdunstning och därmed större nedkylande effekt. Utrustningen som har föreslagits i det befintliga förslaget har i största möjliga mån behållits alternativt bytt plats på skolgården. Exempelvis har basketplanen roterats för att få plats med en större växtbädd i nära anslutning som kan bidra med skugga på planen.

Träd				
Bet	Antal	Latinskt namn	Svenskt namn	Sluthöjd/bredd
T1	4	<i>Elaeagnus angustifolia</i>	Smalbladig silverbuske	5/5
T2	4	<i>Robinia pseudoacacia</i> 'Semperflorens'	Robinia	19/9
T3	1	<i>Carya ovata</i>	Skidhickory	14,5/12,5
T4	1	<i>Ostrya carpinifolia</i>	Humlebok	22,5/16
T5	1	<i>Quercus cerris</i>	Turkisk ek	20/15
T6	2	<i>Quercus frainetto</i>	Ungersk ek	16/12,5
T7	2	<i>Cornus mas</i>	Körsbärskornell	10/6
T8	1	<i>Prunus sargentii</i>	Bergkörsbär	10/8
T9	1	<i>Phellodendron amurense</i>	Sibirisk korrek	9/10
T10	1	<i>Gymnocladus dioicus</i>	Kentuckykaffe	17,5/8,5
T11	2	<i>Acer tataricum</i>	Rysk lönn	7,5/5,5
T12	1	<i>Acer x zoeschense</i>	Dansk lönn	9/7,5
T13	1	<i>Corylus columna</i>	Turkisk hassel	17,5/10

förslaget berör inte bebyggelsegeometri då det snarare är aktuellt i tidigare skeden i planeringsprocessen.

Material

De hårdgjorda ytorna av asfalt, en del av betongytorna samt konstgräset ersätts till mer permeabla ytmaterial eller material med ett högre albedo. Ytorna föreslås ersättas med vegetationsytor, gräsarmering (av antingen metall, betong eller plast), ljust grus och ljus dränasfalt. Betongplattorna närmast huskropparna och entréerna behålls då de har en viss permeabilitet samt är slitstarka, vilket är fördelaktigt där många människor rör sig. Det svarta taket på förrådet föreslås ersättas med ett extensivt grönt tak och de svarta taken på skolbyggnaden föreslås bytas ut mot ett kallfärgat plåttak som används för brant lutande tak, vilket reflekterar bort infraröd strålning.

Markmaterial	Yta (m ²)	Yta (%)
Grus	1683	34
Vegetationsytor	1326	27
Betong	883	17
Ljus dränasfalt	390	8
Gräsarmering	205	4
Gummiasfalt	189	4
Träflis	171	3
Strid sand	65	1
Baksand	53	1
Trä (träddäck)	29	0,6
Totalt	4994	100

Vegetation

Det föreslås omfattande åtgärder för att få en större variation av arter i mark-, busk- och trädskikt. Växtbäddarna för de nya träden (T1 & T2) i det befintliga förslaget ersätts med större, väl tilltagna växtbäddar, för att säkerställa en god utveckling och därmed öka andelen skugga och evaporativ kylning. De nya träden från det befintliga förslaget och de nytillkomna träden i tillämpningen (T3 till och med T13) har fått växtbäddar anpassade utifrån 75% av trädens förväntade slutstorlek (se slutstorlek i Figur S) då träd i stadens olika ståndorter enligt kapitel 2.3. endast kan uppgå till 75% av den maximala storleken. Därefter definieras storleken av växtbädden enligt Figur 9 (de två värdena i mitten i grafen). Krontäckningen har beräknats till cirka 34% för arbetsområdet.

Vatten

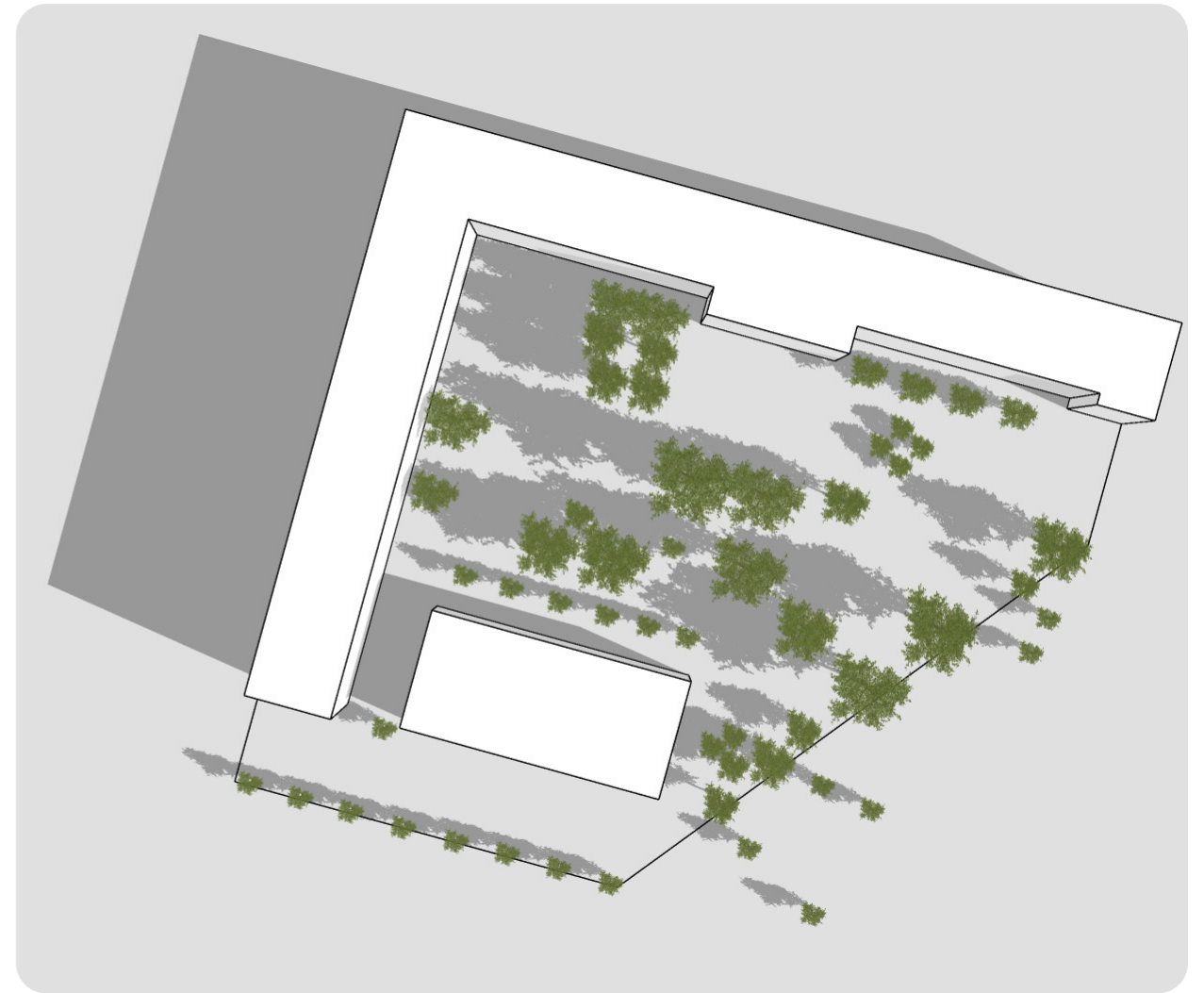
En ökning av vegetationsytor med 17 procentenheter föreslås, vilket bidrar till en ökad fördröjning och rening av dagvatten samt markfukt. Den förmodligen låga markfukten i anslutning till den impermeabla asfaltsytan ersätts med permeabla ytmaterial som bidrar till en högre markfukt. Se valda ytmaterial under Material.

Figur S t.v. Växtlista med växtförslag av träd. Framtagna av författarna. Sluthöjd och bredd på träd är baserade på information från Stångby Plantskola (u.å.) samt Sjöman och Slagstedt (2015a).

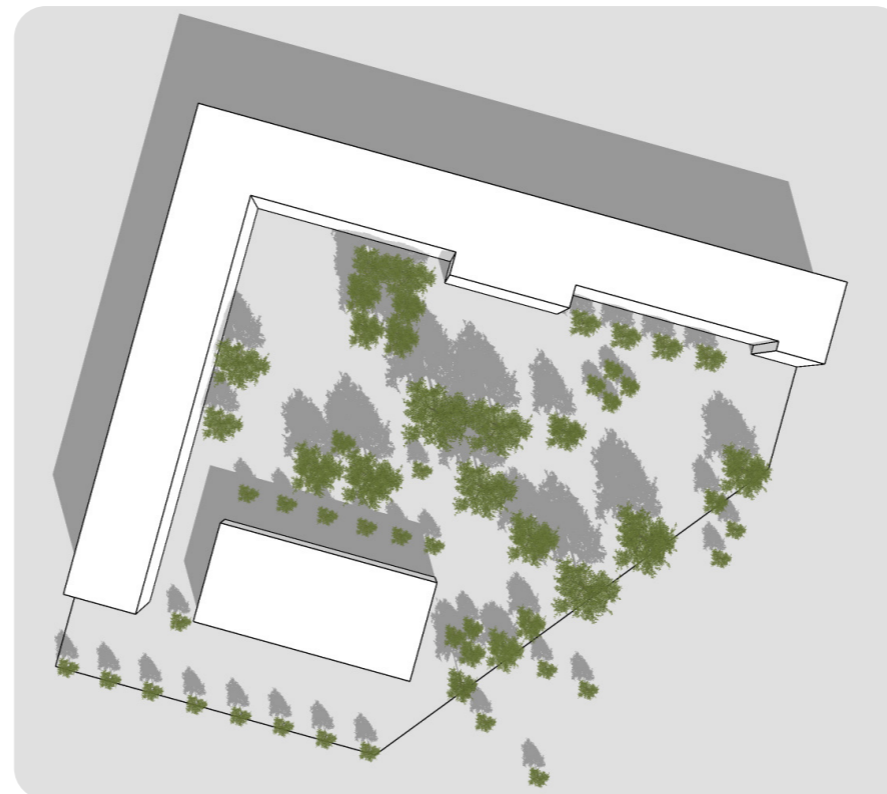
Figur T t.h. Markmaterial för arbetsområdet på Sofia skola efter tillämpade åtgärder. Beräknat och sammanställt av författarna.

Skugga

Under dagtid på skolgården i det befintliga förslaget finns det många solutsatta platser, som exempelvis basketplanen och ytan med gummi-asfalt, vilka föreslås beskuggas med hjälp av vegetation. Då skapas en relativt jämn fördelning mellan skuggiga och soliga platser, där människan själv kan välja var den vill vistas. I Figur V nedan framgår det att det vid klockan 12 på dagen finns delvis skugga vid alla aktivitetsytor inom skolgården (se aktivitetsytor i Figur Q).

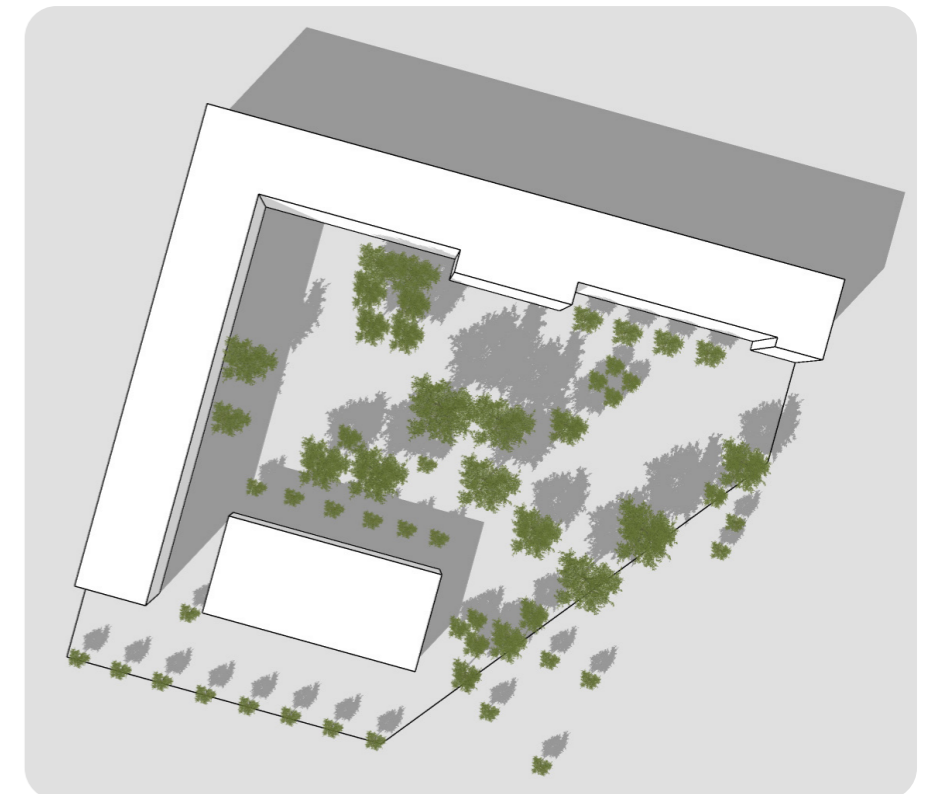


Figur U. Skugga på skolgården den 17 augusti klockan 09 efter tillämpade åtgärder. Framtagen av författarna.



Figur V. t.v. Skugga på skolgården den 17 augusti klockan 12 efter tillämpade åtgärder. Framtagen av författarna.

Figur X t.h. Skugga på skolgården den 17 augusti klockan 15 efter tillämpade åtgärder. Framtagen av författarna.



3.1.2. Bjurbäcken bostadsgård



Figur Y. Området där Bjurbäcken ska byggas (streckad svart linje) i sitt sammanhang, södra delen av Enskede-Årsta-Vantör (Rågsved). Gatan lokaliserad i sydväst direkt i anslutning till Bjurbäcken, heter Bjursättragatan. Kartunderlag från Google Earth Pro (2020e) 59°15'19.25"N 18°01'21.45"Ö visningshöjd 1,96 km, satellitbild [kartografiskt material], tillgänglig via Google Earth Pro appen [2023-03-17]. Framtagen av författarna.

Enligt Stockholmshem (u.å.) finns det planer på att till våren år 2023 bygga 125 stycken lägenheter fördelat på två flerfamiljshus bestående av sex våningar vardera, i anslutning till Bjursättragatan i centrala Rågsved. Vid Bjursättragatan planeras det för ett nytt stads kvarter där de två flerfamiljshusen med totalt 125 lägenheter och tillhörande bostadsgård utgör halva kvarteret. Stockholms stad (2023b) beskriver hur den andra halvan av kvarteret kommer att utgöras av drygt 200 bostadsrätter som ska byggas av Titania. De 125 lägenheter som byggs av Stockholmshem kommer att bli hyresrätter och är del av projektet Stockholmshusen, vilket är en satsning där målet är att med lägre kostnader och på ett snabbare sätt bygga nya bostäder. Taken på lägenhetshusen planeras att bli sadeltak med en svart färg och fasaderna planeras att utgöras av ljusa färger, såsom ljusgrön, ljusgul och ljusorange.



Stockholmshem (u.å.) menar att Stockholms stad satsar på att år 2030 ha byggt 140 000 nya bostäder varav det finns planer på att bygga 3000 av dessa i fokusområdet Hagsätra-Rågsved. Bostäderna i det nya stads kvarteret vid Bjursättragatan är en del av denna satsning. Ett syfte med byggandet av de nya bostadshusen är att göra området tryggare och mer levande. För att uppnå en stads karaktär i det nya kvarteret har entréerna på några av lägenhetshusen placerats ut mot Bjursättragatan. Flera förskolor och grundskolor är lokaliserade i närområdet och de som flyttar in i de nya lägenhetshusen kommer att ha god tillgång till kollektivtrafik med Rågsveds tunnelbanestation ett par hundra meter bort. I nära anslutning finns även Rågsveds naturreservat som utgörs av barr- och ädellövskog samt ängsmark (Stockholmshem u.å.).

Figur Z. Markanvändning i Bjurbäckens omgivning. Den ljusa cirkel indikerar ett avstånd på 200 meter från bostadsgårdens mitt. Kartograf: författarna. Fastighetskartan kommunikation, Fastighetskartan bebyggelse och Terrängkartan © Lantmäteriet och bakgrundskarta: Ortofoto RGB 0.25/0.50 m © Lantmäteriet (2017)

3.1.2.1. Nulägesbeskrivning

Markanvändning

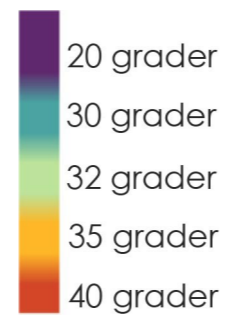
Markanvändningen i Bjurbäckens omgivning består till stor del av öppen mark och hög bebyggelse. Här finns också en hel del skog samt låg bebyggelse sydväst om området. Området där Bjurbäcken ska byggas klassificeras enligt Figur Z som "Öppen mark".

Maximal strålningstemperatur

Den maximala strålningstemperaturen mellan åren 2013-2021 i den södra delen av Enskede-Årsta-Vantör visar på att det finns ett tydligt samband mellan bebyggelse och högre strålningstemperatur (se Figur Å). I Figur Ä går det exempelvis att urskilja hur de lägsta strålningstemperaturerna är lokaliserade där det finns vegetation samt gles eller ingen bebyggelse alls.



Figur Å. Maximal strålningstemperatur uppmätt mellan åren 2013-2021 för den södra delen av Enskede-Årsta-Vantör (Stockholms stad 2023d). Den vita cirkeln indikerar området där bostadsgården Bjurbäcken ska byggas.



Figur Ä. Förstorat utsnitt av maximal strålningstemperatur uppmätt mellan åren 2013-2021 (Stockholms stad 2023d). Den vita cirkeln indikerar området där bostadsgården Bjurbäcken ska byggas.



Figur Ö. Flygfoto över området där bostadsgården Bjurbäcken ska byggas. Kartdata: Google Earth Pro (2023b), © 2023 Maxar Technologies, *Bjurbäcken*, satellitbild [kartografiskt material], tillgänglig via Google Earth Pro appen [2023-04-12].



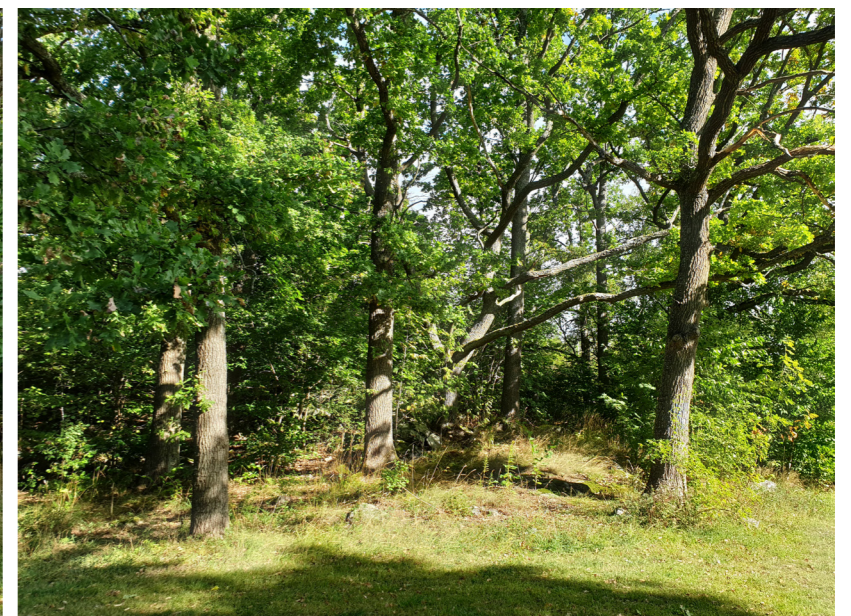
Figur AA. Den nya bebyggelsestrukturen vid Bjursätragatan i relation till befintlig vegetation. Byggnader med heldragen linje tillhör bostadsgården som berörs vidare i tillämpningsstudien. Byggnader med streckad linje kommer att bli en del av samma nya stads kvarter, men berörs inte vidare i tillämpningsstudien. Framtagen av författarna baserat på information från Stockholms stad (2017) med kartunderlag från Google Earth Pro (2020f) 59°15'19.25"N 18°01'21.45"Ö visningshöjd 558 m, satellitbild [kartografiskt material], tillgänglig via Google Earth Pro appen [2023-03-21].

Befintlig vegetation

Enligt en naturvärdesanalys publicerad av Stockholms stad (2017) framgår det att den nya bebyggelsen vid Bjursätragatan kommer att påverka befintlig vegetation på platsen (se Figur AA). I en klimatdeklaration gjord av Edge (2022) för projekteringen av bostadsgårdarna vid Bjursätragatan framgår det att totalt 120 träd kommer att tas ned i samband med nybyggnationen. Stockholms stad (2017) skriver att trädgruppen som är placerad där lägenhetshus 1 kommer att byggas har ett tydligt naturvärde.

Idag finns det 30 träd i trädgruppen; 26 stycken ekar, 3 stycken tallar, 1 rönn och 1 sälg. Huskropp 1 kommer att ha en stor påverkan på den befintliga trädgruppen då 27 träd eller mer kommer att tas ned.

Krontäckningen har beräknats till cirka 66% för arbetsområdet.



Figur BB. Bilder över området där bostadsgården Bjurbäcken ska byggas. Tagna av Lindbäcks, skriftligt godkännande att publiceras den 2023-03-20.

3.1.2.2. Befintligt förslag



Illustrationsplan

Följande stycke är baserat på ett samtal den 2023-03-23 med uppdragsansvarig landskapsarkitekt på Edge;

Förslaget har stort fokus på dagvattenhantering, biodiversitet och biologisk mångfald. Vilket avspeglas i variationen av arter (se samtliga växtlistor i Bilaga 6), bihotell, lokal fördröjning av dagvatten i form av regnbäddar, möjlighet för samling av regnvatten i den nedsänkta grönytan i mitten av bostadsgården samt öppna förstärkningslager. Ett annat fokus har varit att göra klimatsmarta val vad gäller material. Från system- till bygghandling har det exempelvis tagits bort en betongmur då betong har ett stort klimatavtryck. Totalt är det tre ekar som bevaras. Asfaltsytans dimensioner är anpassade för utryckningsfordons framkomlighet.

Figur CC. Illustrationsplan framtagen av Edge, förenklad av författarna. Publicerat med Edge tillstånd.

Planterings- och utrustningsplan



Figur DD. Planterings- och utrustningsplan framtagen av Edge, förenklad och korrigerad av författarna. För att framhäva litteran i planen har taken en ljusare färg än den svarta det planeras för. Finns i sin helhet som Bilaga 5. Publicerat med Edge tillstånd.

Växtlistor

Träd					
Bet	Antal	Latinskt namn	Svenskt namn	Kvalitet	Sluthöjd/bredd
T1	2	Alnus incana 'Laciniata'	Flikbladig gråal	högstam 4x kl 18-20	10,5/5,5
T2	3	Betula pendula fk Julita E	Vårtbjörk	högstam 4x kl 18-20	19/10
T3	1	Celtis occidentalis	Bäralm	högstam 4x kl 18-20	10/7
T4	6	Malus floribunda	Rosenapel	högstam 4x kl 18-20	4,5/4,5
T5	1	Prunus avium 'Heidi'	Sötkörsbär	stamhöjd 120-140, RCB/3xkl 16-18	5/3,5
T6	1	Prunus avium 'Lapins' E	Sötkörsbär	stamhöjd 120-140, RCB/3xkl 16-18	5/3,5
T7	1	Prunus avium 'Merton Glory' E	Sötkörsbär	stamhöjd 120-140, RCB/3xkl 16-18	9/6
T8	1	Prunus avium 'Stella'	Sötkörsbär	stamhöjd 120-140, RCB/3xkl 16-18	11,5/6,5
T9	4	Prunus cerasus 'Skuggmorell'	Surkörsbär	co 30 liter, omplanterad 3-4 års	5/3,5
T10	1	Prunus domestica 'Victoria'	Plommon	stamhöjd 120-140, RCB/3xkl 16-18	4/4
T11	1	Prunus domestica 'Reine Claude d'Oullins' E	Plommon	stamhöjd 120-140, RCB/3xkl 16-18	6/5
T12	1	Prunus 'Opal' E	Plommon	stamhöjd 120-140, RCB/3xkl 16-18	5/4
T13	3	Prunus padus FK Ultuna E	Hägg	högstam 3x kl 18-20	10/6
T14	1	Pyrus communis 'Jut'	Gråpäron	högstam, RCB/3xkl 16-18	5/3,5
T15	2	Quercus palustris	Kärrek	högstam 4x kl 20-25	17,5/11,5
T16	1	Quercus rubra E	Rödek	högstam 4x kl 20-25	22,5/15
T17	4	Quercus robur fk ULTUNA E	Skogsek	högstam 4x kl 18-20	22,5/17,5
T18	4	Salix caprea	Sälg	stambusk co 20-25 Air-Pot	10,5/6,5
T19	5	Sorbus aucuparia 'Fastigiata'	Pelarrön	ungträd co/kl 150-175	7/2

Bärbuskar				
Bet	Antal	Latinskt namn	Svenskt namn	Kvalitet
F1	2	Ribes (Krusvinbär-gruppen) 'Josta'	Krusvinbär	busk co 3,5 l
F2	1	Ribes rubrum (Röda Vinbär-gruppen) 'Jonkheer van Tets'	Röda vinbär	busk co 3,5 l
F3	2	Ribes rubrum (Svarta Vinbär-gruppen) 'Narve Viking'	Svarta vinbär	busk co 3,5 l
F4	1	Ribes rubrum (Rosa Vinbär) 'Pink champagne'	Rosa vinbär	busk co 3,5 l
F5	2	Ribes rubrum (Vita Vinbär-gruppen) 'Vit Jätte'	Vita vinbär	busk co 3,5 l
F6	1	Rubus (björnbär-gruppen) 'Chester'	Björnbär	busk co 3,5 l
F7	2	Rubus (björnbär-gruppen) 'Loch Tay'	Björnbär	busk co 3,5 l
F8	1	Ribes uva-crispa 'Black Velvet'	Krusbär	busk co 3,5 l
F9	1	Ribes uva-crispa 'Spine-free'	Krusbär	busk co 3,5 l
F10	1	Vaccinium angustifolium 'Emil'	Lågväxande hybridblåbär	busk co 2 l
F11	1	Vaccinium corymbosum 'Bluecrop'	Amerikanska blåbär	busk co 3,5 l
F12	1	Vaccinium corymbosum 'Patriot'	Amerikanska blåbär	busk co 3,5 l
F13	1	Ficus carica 'King'	Fikon	co 3,5 l 40-50

Buskar				
Bet	Antal	Latinskt namn	Svenskt namn	Kvalitet
B1	3	Amelanchier alnifolia FK Alvdal E 'Martin'	Bärhäggmispel	solitär 3x kl 150-175
B2	1	Amelanchier laevis fk BÄCKLÖSA E	Kopparhäggmispel	solitär 3x kl 150-175
B3	10	Amelanchier laevis fk BÄCKLÖSA E	Kopparhäggmispel	solitär 3x kl 150-175
B4	15	Aronia melanocarpa 'Glorie' E	Svartaronia	busk co 3,5 l, c/c 60 cm
B5	1	Aronia x prunifolia 'Viking'	Slånaronia	busk co 3,5 l
B6	9	Buddleja davidii NANHO BLUE	Syrenbuddleja	solitär co/kl 125-150
B7	4	Buddleja davidii NANHO WHITE	Syrenbuddleja	solitär co/kl 125-150
B8	108	Chamaecytis purpurea	Rosenginst	co 3,5 l, c/c 60 cm
B9	1	Cornus kousa var. Chinensis 'China Girl'	Kinesisk blomsterkornell	Solitär 3x kl, 125-150
B10	2	Corylus (Hasselnöt-gruppen) 'Jättenöt från Halle'	Hasselnöt	busk co 10 l
B11	3	Cotinus coggygria 'Young Lady'	Perukbuske	solitär co/kl 100-125
B12	3	Hamamelis x intermedia 'Arnold Promise'	Hybridtrollhassel	solitär 3x kl 100-125
B13	1	Hamamelis x intermedia 'Diane'	Hybridtrollhassel	solitär 3x kl 100-125
B14	467	Lonicera caerulea var. kamtschatica ANJA® E	Blåbärstry	busk co 3,5 l, c/c 60 cm
B15	54	Lonicera caerulea var. kamtschatica ANJA® E	Blåbärstry	busk co 3,5 l, c/c 60 cm
B16	72	Lonicera nitida 'Maigrun'	Myrtenry	busk co 3,5 l, c/c 60 cm
B17	251	Ribes alpinum 'Pumilium'	Dvärgmåbär	busk co 3,5 l, c/c 80
B18	1	Sambucus nigra Black lace	Blodfläder	solitär co/kl 125-150
B19	3	Sorbus frutescens fk Ås E	Pärrönn	solitär 3x kl, 125-150
B20	2	Viburnum furcatum	Japanskt gaffelolvon	solitär co/kl 50-60

Klättrväxter				
Bet	Antal	Latinskt namn	Svenskt namn	Kvalitet
K1	30	Hydrangea anomala ssp. Petiolaris	Klättherhortensia	co/kl 25-30
K2	30	Lonicera henryi	Vintertry	A-kval cc
K3	2	Clematis vitalba	Skogsklematis	A-kval cc
K4	10	Clematis montana var. grandiflora	Klematis	A-kval cc
K5	8	Clematis montana var. rubens 'Mayleen'	Klematis	A-kval cc
K6	8	Clematis 'Hagley Hybrid'	Klematis	A-kval cc
K7	58	Hydrangea anomala ssp. Petiolaris	Klättherhortensia	co/kl 25-30
K8	1	Vitis 'Reliance'	Vin	A-kval co 1,5 l, c/c 60 cm
K9	1	Vitis 'Somerset Seedless'	Vin	A-kval co 1,5 l

Häck- och landskapsväxter				
Bet	Antal	Latinskt namn	Svenskt namn	Kvalitet
H1	12	Aronia x prunifolia	Slånaronia	häck 50-80, c/c 100
H2	20	Cornus sericea 'Flaviramea'	Gullkornell	häck 50-80, c/c 100
H3	78	Lonicera caerulea fk FALUN E	Blåtry	häck 50-80, c/c 100
H4	95	Rosa glauca 'Nova' E	Daggros	häck 50-80, c/c 100
H5	12	Salix rosmarinifolia	Rosmarinvide	häck 50-80, c/c 100

Figur EE Växtlistor med information från Edge förslag. Sammanställt av författarna. Sluthöjd och bredd på träd är baserade på information från Stångby Plantskola (u.å.), Jespers Planteskole (u.å.), Tönnersjö Plantskola (u.å.) och Blomsterlandet (u.å.).

3.1.2.3. Utvärdering av befintligt förslag

- baserat på sammanfattningen av värmereducerande åtgärder från kapitel 2.5.1.

Material

Vid en beräkning av de olika markmaterialen (se Figur FF) på bostadsgården framgick det att vegetationsytorna utgör ungefär lika stor del som de hårdgjorda ytorna (asfalt och betong). Asfalt och betong har ett lågt albedovärde och hög värmekapacitet medan permeabla ytmaterial som vegetationsytor genererar lägre temperaturer. Taken på lägenhetshusen som omgärdar bostadsgården kommer att ha en svart färg och fasaderna planeras att utgöras av ljusa färger, såsom ljusgrön, ljusgul och ljusorange. Övrigt i Figur FF består av bland annat av kantstöd, friser och avfallsbehållare.

Markmaterial	Yta (m ²)	Yta (%)
Vegetationsytor	1513	45
Asfalt	1165	34
Betong	470	14
Övrigt	217	6,5
Baksand	12	0,4
Totalt	3377	100

Figur FF. Markmaterial för arbetsområdet på Bjurbäcken bostadsgård. Edge projekterade förslag. Beräknat och sammanställt av författarna.

Vegetation

I förslaget föreslås enbart lövfällande träd vilka har placerats i de rekommenderade väderstrecken (öster/sydöst/söder/sydväst/väster) om byggnaderna i den mån det går inom arbetsområdet. Våningsantalet (6 våningar) för de två byggnaderna inom arbetsområdet medför att taken inte kan bli beskuggade, detta är endast aktuellt för miljöhusen (1 våning). Vissa av träden har placerats inom 9-15 m från huskropparna vilket

genererar skugga på husfasaden. Gröna fasader i form av klättrväxter av arterna *Hydrangea anomala* ssp. *Petiolaris* (Klätterhortensia) (lövfällande) och *Lonicera henryi* (Vintertry) (vintergrön) har i förslaget placerats längs hela norra sidan av huskroppen placerad i norr. En spaljé är placerad i sydöstra delen av bostadsgården (vid sandlådan) klädd i tre olika arter av Klematis (Se Figur DD & EE). I förslaget föreslås en variation av arter och det förekommer områden med flerskiktad vegetation där träd, buskar och perenner kombineras. Ett flertal buskar (se Figur EE) föreslås i vistelsezonen vilket kan bidra till en sänkning av temperaturen. Krontäckningen har beräknats till cirka 36,1% för arbetsområdet.

För att undersöka den förväntade slutstorleken och därmed skuggtäckningen för de nyplanterade träden/buskträden så beräknades kubikmetern för växtbäddarna. Då växtbäddarna är belägna i större planterings/gräsytor kommer trädens rötter dock inte vara begränsade till enbart växtbädden utan kunna sprida sig över ett större utrymme. Dimensioneringen för växtbäddarna anses därför inte relevant för att beräkna förväntad sluthöjd för detta förslag. Växtbädden i sydväst vid kortsidan av byggnaden är däremot belägen i nära anslutning till hårdgjorda ytor vilket medför att dimensioneringen för denna växtbädd är väsentlig. Den har beräknats till 10 m³ baserat på djupet 1 m för växtbädd TG1 (se Bilaga 4), arean 16 m² samt en schaktslänt på 2:1 baserat på Malmö stads tekniska handbok (2023). Det är fem träd placerade i växtbädden på 10 m³ vilket ger dem 2 m³ vardera. Edge växtförslag för denna växtbädd (T19) är *Sorbus aucuparia* 'Fastigiata' (Pelarrönn) vilket enligt Stångby Plantskola (u.å.) har en sluthöjd på ungefär 7 m och en bredd på 2 m. Baserat på Figur 9 och de två värdena i mitten i grafen kan en växtbäddsvolym på 2 m³ leda till en kron diameter på ungefär 1-2 m vilket innebär en begränsad möjlighet för tillväxt.

Tack vare stora sammanhängande grönytor som möjliggör

för trädens rötter att sprida sig för att tillgå sitt vattenbehov ses inget direkt behov för torktoleranta arter i dagsläget.

Bebyggelsegeometri

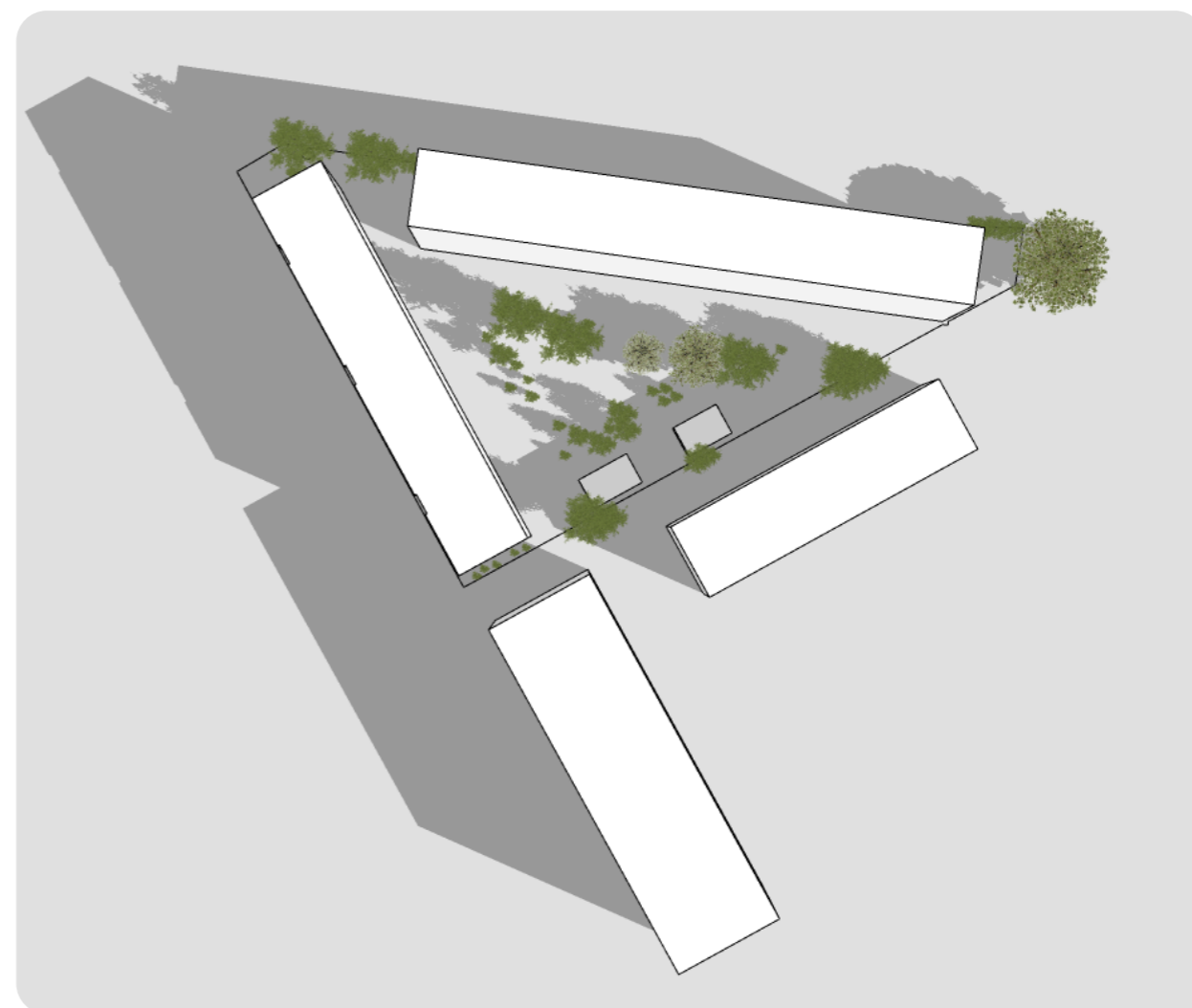
Byggnaderna som omger bostadsgården är 6 våningar höga med en öppen grönyta i mitten lokaliserad i söderläge. Bostadsgården beskuggas delvis av flerfamiljshuset som ska byggas söder om gården (se nästkommande sida). Den omkringliggande bebyggelsen består av gles hög bebyggelse (Figur Z).

Vatten

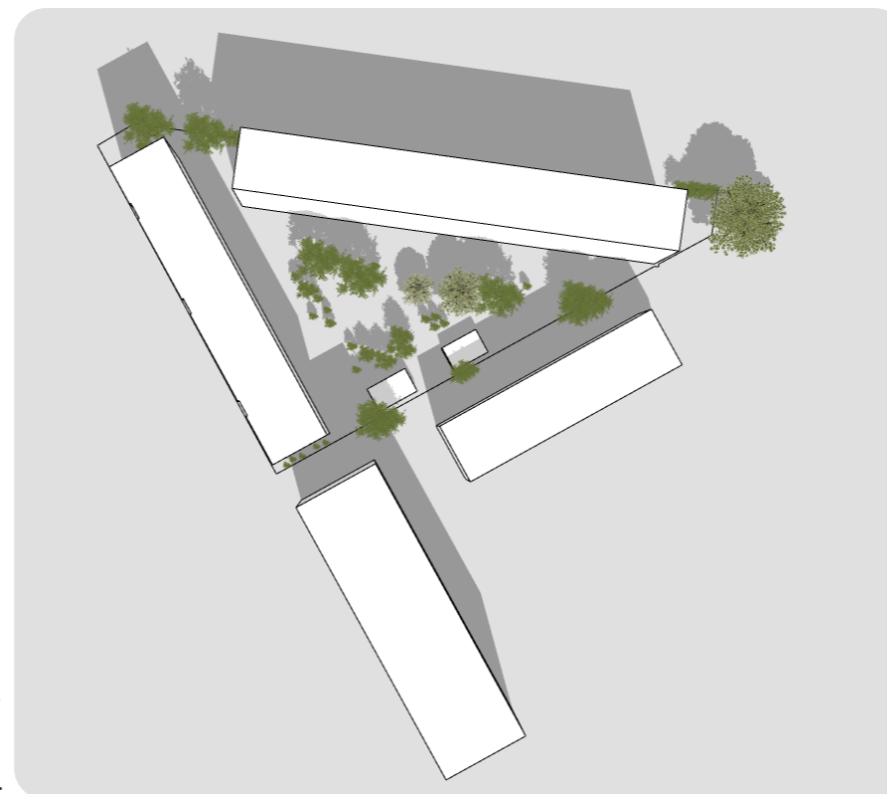
Lokal fördröjning av dagvatten finns på platsen i form av regnbäddar, öppna förstärkningslager samt möjlighet för infiltrering av dagvatten i den nedsänkta grönytan i mitten av bostadsgården.

Skugga

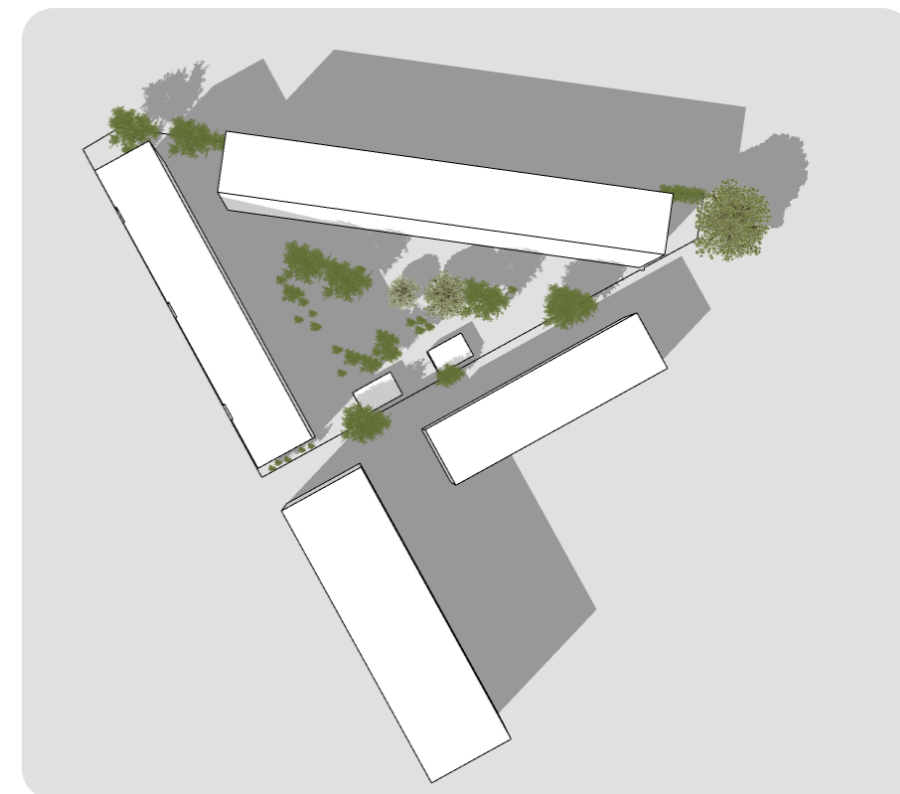
På bostadsgården finns det inga betydande variationer i topografin som kan generera skugga. För att kunna analysera trädens och byggnadernas skuggbild har en skugganalys utförts. I skugganalysen har byggnadernas höjd bestämts utifrån en detaljritning över bostadsgården. Enligt kapitel 2.3. kan trädens förväntade storlek i stadens olika ståndorter endast uppgå till 75% av den maximala slutstorleken (se Figur EE för slutstorlek). Trädens storlek i skugganalysen är baserade på denna siffra eftersom att växtbäddarna i förslaget är belägna i större plantering/gräsytor. Skugganalysen visar att under morgonen och mitt på dagen är fördelningen mellan skugga och sol på bostadsgården relativt jämn. På eftermiddagen är det mer skugga på bostadsgården men här finns även en del sol, bland annat vid sandlådan i den sydöstra delen av gården. Vid sandlådan finns det dock en spalje med klätterväxter som genererar skugga (se placering av sandlåda i Figur DD).



Figur GG. Skugga på bostadsgården den 17 augusti klockan 09. Framtagen av författarna.



Figur HH t.v. Skugga på bostadsgården den 17 augusti klockan 12. Framtagen av författarna.



Figur II t.h. Skugga på bostadsgården den 17 augusti klockan 15. Framtagen av författarna.

3.1.2.4. Tillämpning av värmereducerande åtgärder i befintligt förslag

Detta kapitel grundar sig på utvärderingen av det befintliga förslaget, se kapitel 3.1.2.3.. Syftet med tillämpningen är att addera värmereducerande åtgärder men samtidigt bevara essentiella funktioner samt varierande miljöer där människan själv kan välja var den vill vistas; i sol eller skugga.

Illustrationsplan

- Gräsmatta
- Vegetationsytor
- Grus
- Gräsarmering
- Betong
- Asfalt
- Baksand
- Gröna tak



Figur JJ. Illustrationsplan efter tillämpade åtgärder. Framtagen av författarna.

Skala 1:400 (A3) 0 5 10 20 meter N

Tillämpning av värmereducerande åtgärder i det befintliga förslaget berör inte bebyggelsegeometri då det snarare är aktuellt i tidigare skeden i planeringsprocessen.

Material

De hårdgjorda ytorna av asfalt och betongplattor ersätts i största möjliga mån av mer permeabla ytmaterial eller material med ett högre albedo. Ytorna föreslås ersättas med gräsarmering (av antingen metall, betong eller plast) och grus med ljus färg. De svarta taken på lägenhetshusen föreslås ersättas med extensiva gröna tak.

Markmaterial	Yta (m ²)	Yta (%)
Vegetationsytor	1513	45
Grus	841	25
Gräsarmering	367	10
Betong	233	7
Övrigt	217	6,5
Asfalt	194	6
Baksand	12	0,4
Totalt	3377	100

Figur KK. Markmaterial för arbetsområdet på Bjurbäcken bostadsgård efter tillämpade åtgärder. Beräknat och sammanställt av författarna.

Vegetation

Då det föreslås en stor variation av arter i mark-, busk- och trädskikt i väl tilltagna växtbäddar krävs inga omfattande åtgärder. Åtgärder föreslås för växtbädden i sydväst vid kortsidan av byggnaden där (T19) *Sorbus aucuparia* 'Fastigiata' (Pelarrönn) har föreslagits, då de enbart får 2 m³ vardera. Här kan tre träd tas bort och ersättas med tre buskar, för att ge en större växtbäddsvolym (5 m³ vardera). Mängden träd i förslaget bidrar till en god balans mellan soliga och skuggiga miljöer. Krontäckningen har beräknats till cirka 36% för arbetsområdet.

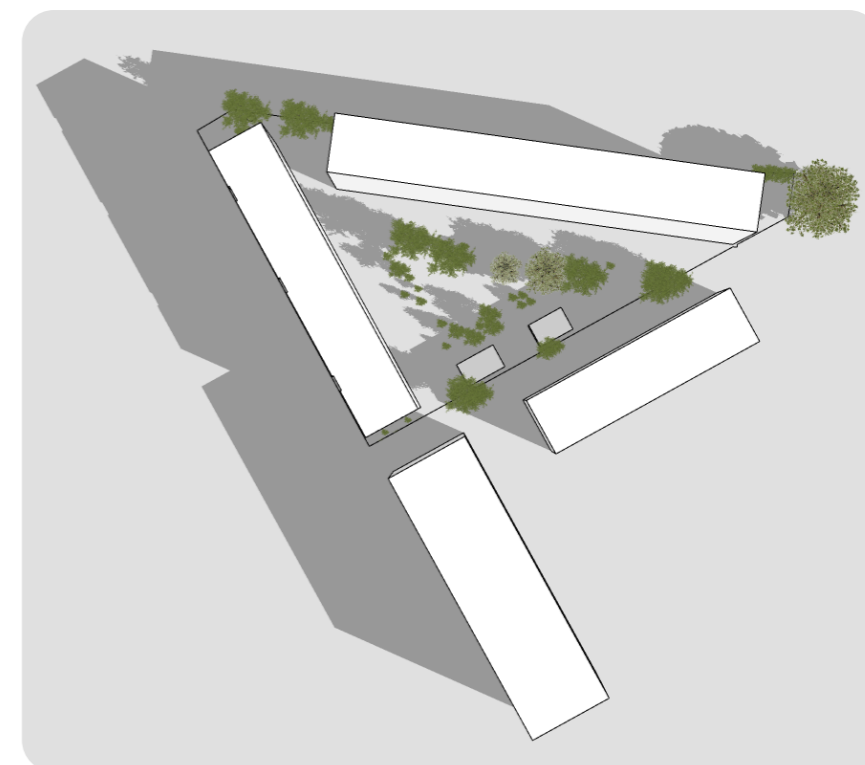
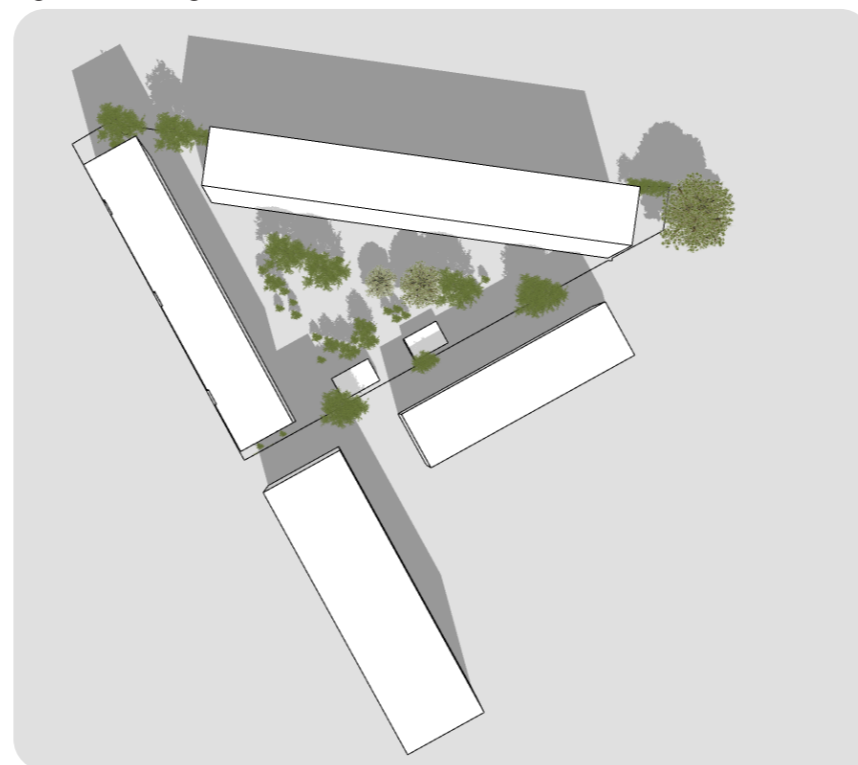
Vatten

Då stort fokus i det befintliga förslaget av bostadsgården har varit hantering och fördröjning av dagvatten behöver inte detta åtgärdas. Den förmodligen låga markfukten i anslutning till den impermeabla asfaltsytan och de till viss del permeabla betongplattorna ersätts med permeabla ytmaterial som bidrar till en högre markfukt. Se valda ytmaterial under Material.

Skugga

Då det under dagtid på bostadsgården finns en relativt jämn fördelning mellan skuggiga och soliga platser, där människan själv kan välja var den vill vistas, behöver inte detta åtgärdas. Varav skugganalysen är nästintill identisk som i det befintliga förslaget. På eftermiddagen (kl 15) är andelen beskuggade platser högre medan sandlådan är solutsatt (för placering av sandlåda se Figur JJ). Söder om sandlådan finns det dock en spaljé med lövfällande klätterväxter som genererar skugga (se placering av sandlåda i Figur DD).

Figur MM. Skugga på bostadsgården den 17 augusti klockan 12 efter tillämpade åtgärder. Framtagen av författarna.



Figur LL. Skugga på bostadsgården den 17 augusti klockan 9 efter tillämpade åtgärder. Framtagen av författarna.

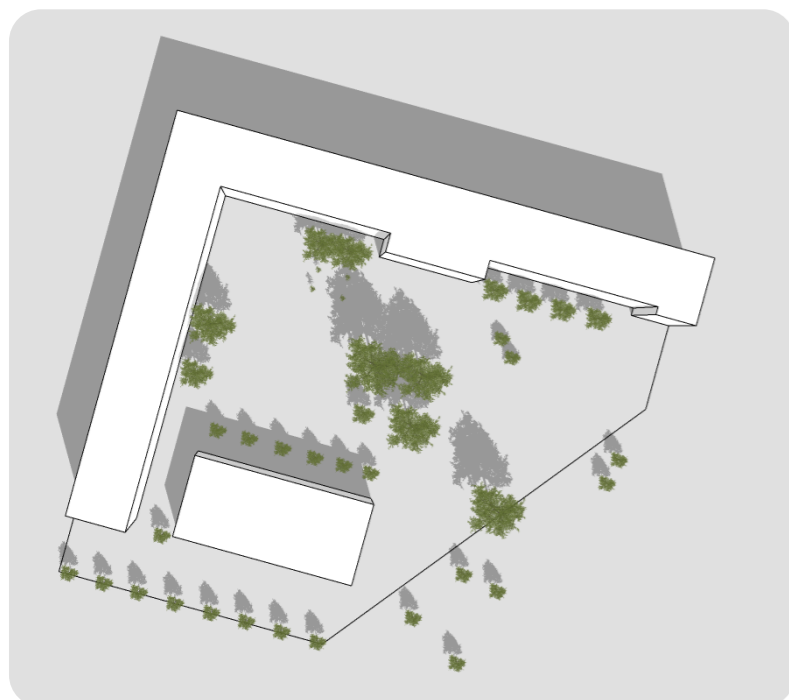
Figur NN. Skugga på bostadsgården den 17 augusti klockan 15 efter tillämpade åtgärder. Framtagen av författarna.



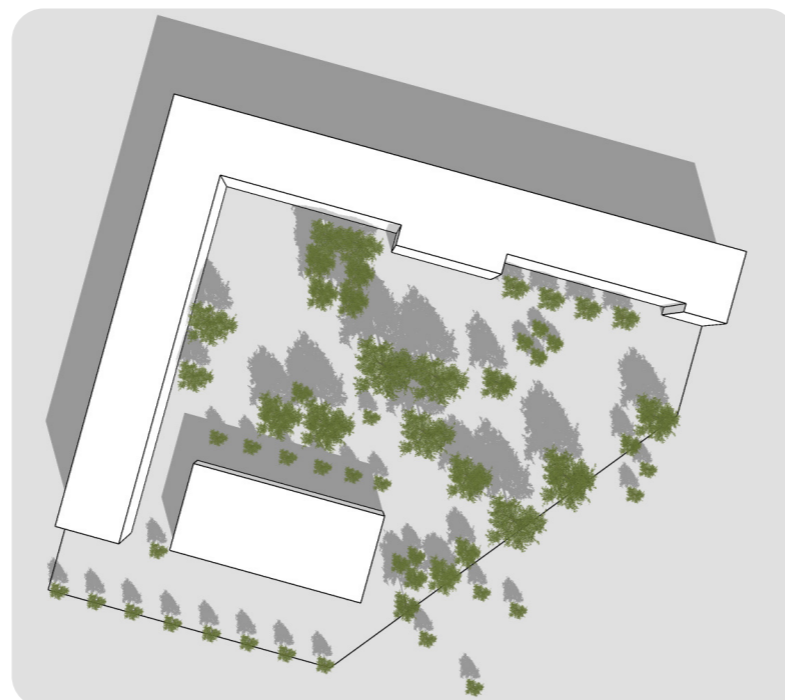
3.1.3. Sammanfattning

- Skugga, markmaterial & krontäckning

Sofia skola

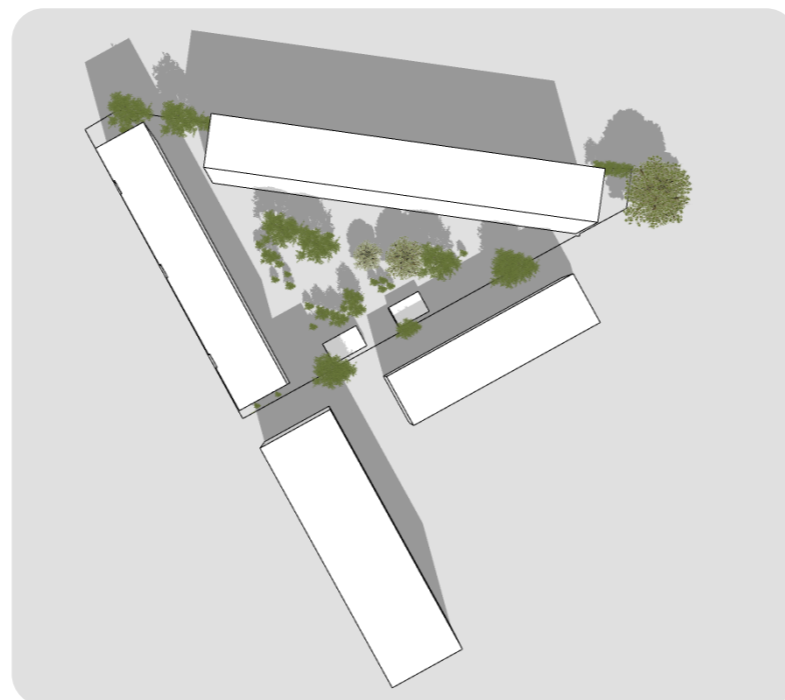
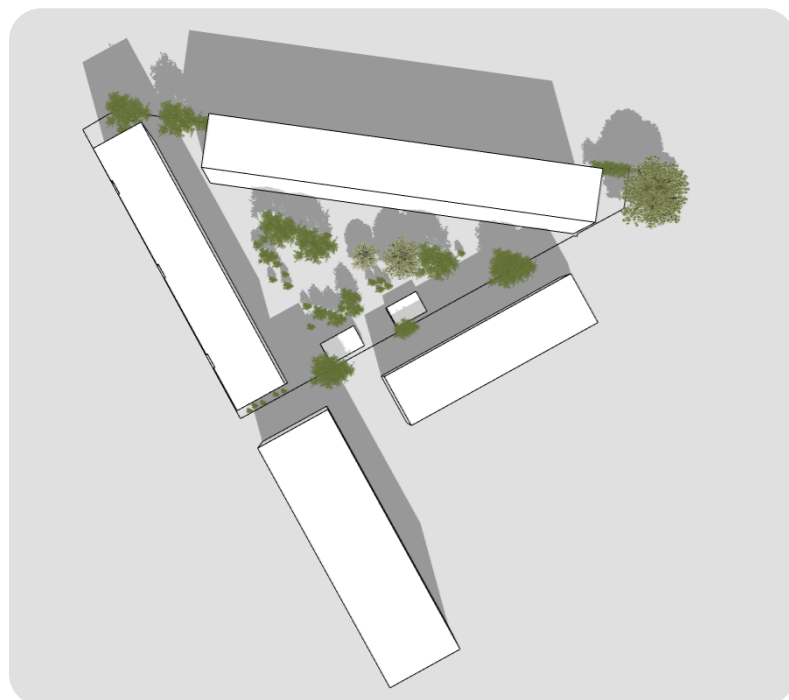


Befintligt förslag kl 12



Tillämpning av värmereducerande åtgärder kl 12

Bjurbäcken



	Bef. förslag	Tillämpning
Markmaterial	Yta (%)	Yta (%)
Asfalt	44	-
Betong	23	17
Vegetationsytor	10	27
Konstgräs	8	-
Grus	4	34
Gummi-asfalt	4	4
Träflis	3	3
Strid sand	2	1
Baksand	1	1
Trä (träddäck)	0,6	0,6
Ljus dränasfalt	-	8
Gräsarmering	-	4
Totalt	100	100

Figur PP. Krontäckning för arbetsområdet på Sofia skola. Nuläge, befintligt förslag och efter tillämpade åtgärder. Beräknat och sammanställt av författarna.

Krontäckning Sofia skola	
Stadie	(%)
Nuläge	19
Bef. förslag	20
Tillämpning	34

Figur OO. Markmaterial för arbetsområdet på Sofia skola för befintligt förslag och efter tillämpade åtgärder. Beräknat och sammanställt av författarna.

Figur QQ. Markmaterial för arbetsområdet på Bjurbäcken för befintligt förslag och efter tillämpade åtgärder. Beräknat och sammanställt av författarna.

	Bef. förslag	Tillämpning
Markmaterial	Yta (%)	Yta (%)
Vegetationsytor	45	45
Asfalt	34	6
Betong	14	7
Baksand	0,4	0,4
Övrigt	6,5	6,5
Grus	-	25
Gräsarmering	-	10
Totalt	100	100

Figur RR. Krontäckning för arbetsområdet på Bjurbäcken. Nuläge, befintligt förslag och efter tillämpade åtgärder. Beräknat och sammanställt av författarna.

Krontäckning Bjurbäcken	
Stadie	(%)
Nuläge	66
Bef. förslag	36,1
Tillämpning	36

INSIKTER

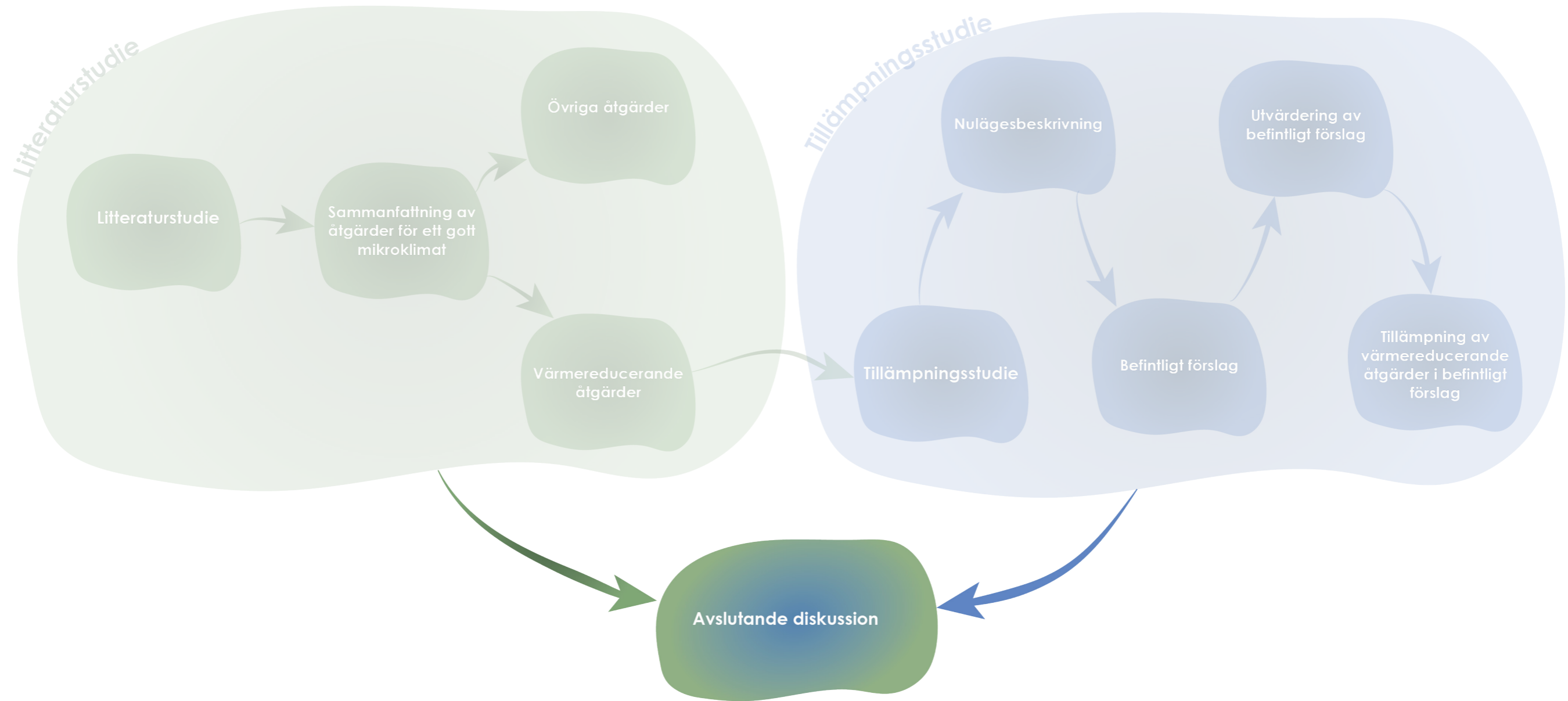
En insikt under vår tillämpningsstudie är att olika kategorier av värmereducerande åtgärder är aktuella under olika faser av planeringsstadiet samt i olika skalor. En annan insikt är att det vid ritbordet kan upplevas som enkelt att byta ut markmaterial och placera ut träd. I praktiken skulle detta möjligtvis inte kunna vara genomförbart på grund av platsens förutsättningar ovan och under mark eller ekonomiska begränsningar. Vårt fokus att skapa värmereducerande miljöer är ett smalt angreppssätt och i verkligheten är det troligtvis även andra prioriteringar som kan väga tyngre.

Prioriteringarna i vårt fall, var att bevara essentiella funktioner samtidigt som vi ville skapa en jämnare balans mellan soliga och skuggiga platser, där människor kan välja var de vill vistas beroende på årstid och behov. Eftersom båda våra exempelplatser utgör ett stort arbetsområde i förhållande till antal funktioner, uppstod det i dessa fall inte konflikter mellan att bevara essentiella funktioner och samtidigt skapa en balans mellan soliga och skugga platser. Vid framtida om- och nyprojekteringar, med eventuellt begränsade arbetsområden, kan detta innebära att det uppstår konflikter där exempelvis viktiga funktioner på platsen behöver bortprioriteras. Därav krävs en god kommunikation mellan olika beslutsfattare om vilka mål som är viktiga för den specifika platsen.

Konflikter uppdagades också vid valet av att ersätta mer slittåliga material med värmereducerande markmaterial, som exempelvis vegetationsytor och gräsarmering, vilka är känsliga för högt slitage. Vi gjorde avväganden genom att bevara mer slittåliga material där många människor rör sig men i övrigt fokuserade vi på att prioritera värmereducerande markmaterial. Dessa avväganden är viktiga att ha i åtanke och behöver anpassas efter den specifika platsens rörelsemönster.

Vad gäller växtval är en insikt att det behövs en god kännedom om platsens ovan- och underjordiska förutsättningar för att kunna projektera växtbäddar anpassade efter växtens förväntade slutstorlek och därmed säkerställa maximal evaporativ kylning och skugggivande förmåga från vegetationen.

4. Diskussion



FRÅGESTÄLLNING

“Vilka värmereducerande åtgärder kan lindra värmeöeffekter och hur kan dessa tillämpas vid gestaltning av urbana miljöer?”

4.1. Litteraturstudie diskussion

Värmereducering ur ett svenskt perspektiv

Värmereducerande åtgärder och värmeöeffekter ur ett svenskt perspektiv kan betraktas som irrelevant med tanke på det kalla klimatet under vinterhalvåret och de nedkylande vindarna i Skandinavien. Det stundtals varma klimatet under sommaren i Sverige har dock visat sig påverka både människor och växter negativt, där värmeböljan år 2018 påvisade onormalt många dödsfall. Även många lindar och björkar, främst de i städerna, påverkades starkt av torkan, där bladen gulnade redan i juni. En minskad bladmassa leder i sin tur till en sämre skuggtäckning som i sin tur påverkar människans livsmiljö negativt under heta dagar.

Med det sagt behöver yrkesverksamma inom gestaltning- och projekteringsprocessen planera våra framtida städer med temperaturen i åtanke, för att skapa resilienta och hållbara urbana miljöer där människor vill vistas under alla årstider. Vi ser utmaningar med att skapa goda urbana mikroklimat året runt, då det i en svensk kontext krävs en balans mellan att skapa svalkande miljöer sommartid som inte upplevs alltför kalla vintertid. Ytterligare en utmaning är att upprätthålla en balans mellan att bevara väsentliga funktioner på en plats och samtidigt planera för skugggivande element som exempelvis stora träd, vilka kräver gott om utrymme både över och under jord. En

lösning vi ser på dessa utmaningar är att skapa varierande miljöer ur ett helårsperspektiv som bland annat innefattar både soliga och skuggiga platser, där människan själv kan välja var den vill vistas beroende på årstid och personliga behov.

Värmeöar och bebyggelsegeometri

Exakt hur stor temperaturskillnaden är mellan rural och urban miljö samt hur den kan skilja sig inom städerna varierar, vilket troligen beror på att det är många olika faktorer som påverkar. Det meteorologiska läget, klimat, årstid, markanvändning och geografisk position beskrivs som relevanta för effekten av värmeöar. Dagtid kan tät bebyggelse vara fördelaktigt, då det minskar solinstrålningen jämfört med glesare bebyggelse. Nattetid är däremot de varmaste delarna i en stad, enligt vissa källor, ett centralt område bestående av tät bebyggelse med lite eller ingen växtlighet. Således har bebyggelsegeometrin stor inverkan på temperaturen både dagtid och nattetid i urban miljö. Oavsett hur intensiv effekten av värmeöar är så är det entydigt att den existerar och behöver lindras. Vid förtätning eller exploatering är det därmed essentiellt att både de negativa och positiva aspekterna med tät bebyggelse tas i beaktande.

Motstridigheter kring vegetation i urban miljö

Att grönska bidrar med ett flertal positiva aspekter är något som flera källor i litteraturstudien betonar. Träd i staden bidrar med både estetiska och praktiska värden; vacker grönska, luftrening, upptagning och fördröjning av dagvatten, reducering av temperaturer samt att de utgör habitat för exempelvis insekter, fåglar och lavar. Grönska i staden innebär däremot inte enbart positiva aspekter och det finns vissa negativa aspekter som är viktiga att ha i åtanke. Vid val av arter i urban miljö är det viktigt att tänka på att träd kan besitta eventuella allergener och att

det i staden ofta kan uppstå problem i form av att trädens rötter tränger in i ledningar. Trots att grönska bidrar med luftrening, är det viktigt att tänka på vegetationens placering, då trädens kronor kan hindra att färsk luft blandar ut den förorenade luften.

På gröna tak rekommenderas vegetation som har en hög vattenförbrukning. Dessa växter har ofta svårt att tolerera torka, varav torktoleranta växter som exempelvis suckulenter kan motiveras. Vegetation som har en hög vattenförbrukning bidrar med en hög evapotranspiration, vilket kan sänka temperaturen i urban miljö. Då växter som har en hög vattenförbrukning och därmed hög avkylande effekt ofta har svårt att tolerera torka, avtar troligtvis den nedkylande effekten under torka och extrema värmeböljor då den behövs som mest. Ifall dessa växters evapotranspiration och därmed avkylande effekt stannar av under torra och extremt varma perioder leder detta förmodligen till att värmen blir ännu mer intensiv på grund av utebliven evapotranspiration från vegetationen. Detta tyder på att växtval för yrkesverksamma inom gestaltning och projektering är komplicerat och att det ur ett värmereducerande perspektiv inte enbart går att välja växter utifrån vilka som har störst avkylande effekt, då även växtens tolerans mot torka behöver vägas in.

Trots att litteraturstudien till största del belyser flera negativa konsekvenser av värmeöeffekter berörs en positiv aspekt kopplat till ökade temperaturer i städerna. Enligt Sjöman & Slagstedt (2015) kan nämligen det faktum att staden är varmare än omgivande landsbygd bidra till att staden blir 1-2 växtzoner varmare och att det därmed kan uppstå en mer gynnsam miljö för viss vegetation. Viktigt att tänka på i samband med detta är dock att inhemska trädarter, såsom björkar och lindar, inte kan hantera långvarig torka och höga temperaturer likt värmeböljan år 2018. Med tanke på rådande klimatförändringar och värmeöeffekter skulle möjligtvis vegetationen i våra framtida städer behöva bytas ut mot arter som härstammar

från ett varmare klimat. Våra inhemska arter, skulle de endast trivas i de nordligare delarna av Sverige, eller kanske inte alls i vårt avlånga land? Vad skulle det betyda för de insekter, organismer och djur som är kopplade till dessa arter?

Vatten som både kylande och värmande element

Permeabla markbeläggningar kan magasinera och lokalt omhänderta dagvatten, vilket innebär att dessa kan hålla en högre fukthalt än impermeabla beläggningar. Markytans fukthalt har stor betydelse för temperaturen då det vid hög fukthalt sker en evaporativ kylning, medan en yta med låg fukthalt har motsatt effekt. Vid värmeböljor och torka då det är brist på vatten tros dessa permeabla material dock inte agera värmereducerande i samma utsträckning på grund av brist på markfukt.

Trots att det finns forskning som tyder på att hög markfukt har en kylande effekt, finns det även forskning som indikerar att vatten kan ha en värmande effekt. Vid gestaltning och projektering av goda livsmiljöer är det viktigt att vara medveten om att vatten kan ha både en värmande och nedkylande effekt.

4.2. Tillämpningsstudie diskussion

I tillämpningsstudien har både utvärderingen av de befintliga förslagen och tillämpningen av värmereducerande åtgärder i de befintliga förslagen, baserats på sammanfattningen av värmereducerande åtgärder (se kapitel 2.5.1.). De värmereducerande åtgärderna delades in i kategorierna; material, vegetation, bebyggelsegeometri, vatten och skugga. Under arbetet med tillämpningsstudien blev det tydligt att tillämpning

av de olika kategorierna av åtgärder är aktuella under olika faser av planeringsstadiet samt i olika skalor. Åtgärder som berör bebyggelsegeometri har under tillämpningsstudien inte varit aktuella att tillämpa. Detta eftersom att vi har arbetat i en mindre skala med enskilda gårdar där det redan fanns ett befintligt förslag och därmed en befintlig bebyggelsegeometri att förhålla sig till. Hade vi däremot tillämpat värmereducerande åtgärder i ett tidigare planeringsstadium eller i ett mer storskaligt perspektiv, hade det förmodligen funnits bättre förutsättningar att tidigt påverka bebyggelsegeometrin ur ett värmereducerande perspektiv. De kategorier av åtgärder som har berörts i tillämpningsstudien och som har varit aktuella i den skala och det stadium vi har arbetat i är därför material, vegetation, vatten och skugga. Trots att vind är ett väsentligt verktyg för att kyla ner platser på sommaren och att den på vintern ofta behöver reduceras för att skapa ett gott mikroklimat, inkluderades inte aspekter som berör vind i tillämpningsstudien. För att kunna vidta eventuella åtgärder och skapa ett gott mikroklimat året runt, hade vindens rörelse, hastighet och därmed inverkan behövt undersökas vidare i en vindstudie.

I tillämpningen av värmereducerande åtgärder i de befintliga förslagen har vi i största möjliga mån försökt bevara alla stråk och funktioner på platserna. Ur enbart ett värmereducerande perspektiv hade en tät plantering av stora träd över hela arbetsytan varit bäst då det bidrar till mycket skugga och evapotranspiration (transpiration och avdunstning). Vid gestaltning och projektering, anser vi att det behövs avväganden mellan essentiella funktioner och andelen skugga på en plats för att uppnå en god livsmiljö. Vi har därmed strävat efter att bevara eller skapa varierande miljöer året runt där människan själv kan välja var den vill vistas; i sol eller skugga.

En annan aspekt som är viktig att betona är att vi inte har suttit med på möten och följt projekteringsprocessen

för varken Sofia skola eller Bjurbäcken. Därav har vi inte erhållit någon information om önskemål från beställaren, ekonomiska förutsättningar, vilka prioriteringar som har funnits inom projekten eller underjordiska förutsättningar. Vad vi däremot har fått information om är att inget av projekten har haft värmereducering som huvudfokus.

Sofia Skola

Omprojekteringen av Sofia skola berör inte hela skolgården utan cirka 2000 m² av totalt cirka 6200 m². Anledningen till att omprojekteringen inte berör hela skolgården är okänt, vilket säkerligen begränsat valen och utformningen i det befintliga förslaget. I tillämpningen av värmereducerande åtgärder har vi valt att arbeta inom ett begränsat arbetsområde på totalt 4994 m² vilket troligtvis har bidragit till en större skillnad i vår utformning i jämförelse med det befintliga förslaget. Vi har inte undersökt torktoleransen bland de träd som finns på Sofia skola idag men enligt Figur 13 benämns ingen av dessa arter som torktoleranta. Med tanke på att flera av dessa träd har växt sig stora och därmed verkar må bra på platsen ser vi ingen anledning till att de i dagsläget skulle bytas ut. Ur ett framtidsperspektiv med ett varmare klimat kan det bli aktuellt, om behovet finns, att ersätta dessa med mer torktoleranta arter.

Permeabla markbeläggningar som kan magasinera och lokalt omhänderta dagvatten kan generellt hålla en högre fukthalt än impermeabla beläggningar. Hög markfukt bidrar till evaporativ kylning till skillnad från låg markfukt. Den stora andelen impermeabel asfalt på skolgården i det befintliga förslaget för Sofia skola innebär därför att det förmodligen är låg markfukt vid dessa områden. Asfalt har även ett lågt albedo samt lagrar och avger mycket värme. Dessa ytor har därför ersatts med ett ljus grus då det är en permeabel markbeläggning. Vissa delar av betongplattorna på skolgården har ersatts med gräsarmering, vilket är en permeabel markbeläggning. På ytorna närmast

huskropparna har vi valt att behålla betongplattorna, vilka hade kunnat ersättas med ett mer genomsläppligt material som exempelvis gräsarmering. Då EPA (2012) menar att gräsarmering vanligen används på platser där det är lite trafik för att undvika att vegetationen tar skada, ansåg vi det relevant att behålla betongplattorna vid entréerna där många människor rör sig. Viktigt att ha i åtanke är att trots grus och gräsarmering är permeabla markbeläggningar, agerar förmodligen inte dessa värmereducerande i samma utsträckning vid värmeböljor och torka då det troligtvis finns en brist på markfukt och därmed evaporativ kylning.

I tillämpningen av värmereducerande åtgärder har vi enbart haft slitage i åtanke när vi valde att behålla betongplattorna längs med skolans entréer. Att ha slitage i åtanke vad gäller fler materialval på platsen hade säkerligen varit högst relevant. Exempelvis så kommer grasmattan vid bollplanen vara särskilt utsatt för slitage. Asfalt är förmodligen mer slitåligt och kräver mindre skötsel än exempelvis gräsarmering eller grus vilket därmed kan öka skötselintensiteten på platsen. Gummiasfalten bevarades i tillämpningen då den räknas som ett genomsläppligt material. Trots att gummiasfalt är ett genomsläppligt och tåligt material kan det dock innehålla hälsofarliga ämnen vilket skulle kunna motivera ett annat val av material, förslagsvis strid sand eller träflis.

Efter vår tillämpning av värmereducerande åtgärder på skolgården har krontäckningsgraden ökat från 20% till 34%. Vi resonerade kring att fler skugggivande träd skulle kunna adderas i tillämpningen utan att det uppstår en obalans mellan skuggiga och soliga platser. I det befintliga förslaget har dock skolgården många essentiella funktioner och fler träd skulle troligtvis innebära att några av dessa funktioner hade behövt tas bort. Med detta sagt är aspekter som den specifika platsens storlek och innehåll av väsentliga funktioner viktigt att ta i beaktande vid val av antal skugggivande element, såsom träd.

Enligt litteraturstudien framgår det en viss motstridighet mellan att använda alltför tät vegetation, då detta i ett svenskt klimat kan leda till för svala miljöer även på sommaren. Andra källor belyser däremot att flerskiktad vegetation är att föredra för att skapa så stor avkylande effekt som möjligt. I vår tillämpning av värmereducerande åtgärder i de befintliga förslaget av Sofia skola har vi föreslagit tre olika typer av planteringar med en variation av olika skikt; PL1: Trädskikt, PL2: Träd- och buskskikt och PL3: Träd-, busk- och markskikt. Det var däremot svårt att avgöra hur fördelningen av de olika planteringarna skulle se ut för att få en bra balans mellan gles och tät vegetation, då vi saknade information om en rekommenderad procentuell fördelning av detta på en plats. Utifrån avsaknaden av information kring detta har vi istället utgått från att skapa en variation av de olika planteringstyperna så människan själv kan välja vart den vill vistas beroende på behov. Således är tätheten av vegetationen essentiell för mikroklimatet på en plats, varav en variation av dessa typer av planteringar är önskvärt vid gestaltning och projektering.

Bjurbäcken bostadsgård

Permeabla markbeläggningar som kan magasinera och lokalt omhänderta dagvatten kan generellt hålla en högre fukthalt än impermeabla beläggningar. Hög markfukt bidrar till en evaporativ kylning till skillnad från låg markfukt. Då de hårdgjorda ytorna i det befintliga förslaget för Bjurbäcken utgörs till stor del av impermeabel asfalt är det förmodligen en låg markfukt vid dessa områden. Asfalt har även ett lågt albedovärde samt lagrar och avger mycket värme. Dessa ytor har därför ersatts med grus och gräsarmering, som är permeabla markbeläggningar. Då EPA (2012) menar att gräsarmering vanligen används på platser där det är lite trafik för att undvika att vegetationen tar skada, ansåg vi det lämpligt att ha grus som markbeläggning längs gångstråken vid entréerna på bostadsgården, där många människor rör sig. Även de ytor

som utgörs av betongplattor i det befintliga förslaget har ersatts med grus för en ökad genomsläpplighet. Viktigt att ha i åtanke är att trots grus och gräsarmering är permeabla markbeläggningar, agerar förmodligen inte dessa värmereducerande i samma utsträckning vid värmeböljor och torka då det troligtvis finns en brist på markfukt och därmed evaporativ kylning.

I det befintliga förslaget av Bjurbäcken förekommer det både ytor med vegetation i flera skikt (träd-, busk-, och markskikt) samt ytor med enbart ett trädskikt. I litteraturstudien belyses motstridigheter kring tät vegetation, där det delvis framgår att en för tät vegetation i ett svenskt klimat, kan leda till för svala miljöer även på sommaren. Däremot framgår det även att flerskiktad tät vegetation är att föredra för att skapa så stor avkylande effekt som möjligt. Baserat på dessa motstridigheter var det svårt att avgöra hur fördelningen av de olika skikten skulle se ut för att få en bra balans mellan gles och tät vegetation, då vi saknade information om en rekommenderad procentuell fördelning på en plats. Då det fanns en variation av planteringsytorna bestående av ett eller flera skikt, valde vi att behålla utformningen av vegetationsytorna. I tillämpningen tog vi därmed enbart bort tre träd i en växtbädd för att säkerställa en god utveckling. Vi bedömde att det i dagsläget inte finns något behov av torktoleranta träd på bostadsgården eftersom träden föreslås placeras i stora sammanhängande grönytor, som i sin tur möjliggör för trädens rötter att sprida sig och därmed lättare tillgodose sitt vattenbehov. Med framtida stigande temperaturer samt fler och längre perioder av värmeböljor kan det bli aktuellt, om träden vantrivs, att ersätta eventuellt icke torktoleranta träd på bostadsgården med torktoleranta arter. Enligt Figur 13 benämns enbart *Celtis occidentalis* som någorlunda tolerant mot torka.

Vid tillämpningen av värmereducerande åtgärder i de befintliga förslaget av Bjurbäcken, var det svårt att bestämma huruvida vi skulle behålla den gröna fasaden på den norra sidan av den norra huskroppen

som vetter mot tunnelbanan. I litteraturstudien belyses delade meningar angående gröna fasader, där de både kan verka temperatursänkande men också leda till en temperaturökning i gaturummet där vegetationens struktur reducerar vinden. Trots dessa motstridigheter vad gäller gröna fasader, valde vi att behålla den gröna fasaden eftersom den är belägen i ett skuggigt norrläge. För yrkesverksamma inom gestaltning och projektering är det vid tillämpning av gröna fasader ur ett värmereducerande perspektiv, viktigt för att vara medveten om dessa motstridigheter och att avväganden behöver göras utifrån den specifika platsens förutsättningar.

4.3. Metoddiskussion

För att besvara frågan kring vilka värmereducerande åtgärder som kan lindra värmeeffekter har vi genomfört en litteraturstudie. Nästa steg har varit att ta denna kunskap vidare in i en tillämpningsstudie där vi har undersökt ett perspektiv för hur åtgärderna kan tillämpas vid gestaltning och projektering. Det faktum att vi har använt oss av en litteraturstudie som en del av vår metodik innebär en del begränsningar. Vid urval och tolkning av de referenser som utgör litteraturstudien finns det en viss problematik kring den mänskliga faktorn. Det vi har läst, tolkat och skrivit baserat på litteraturen har förmodligen en viss subjektiv påverkan samt att själva urvalet av litteratur blir en subjektiv handling i sig. Ifall vi hade haft ett annat urval av referenser i litteraturstudien hade förmodligen kategorierna av värmereducerande åtgärder sett annorlunda ut. Antalet åtgärder inom varje kategori (bebyggelsegeometri, vatten, skugga, vegetation och material) i sammanfattningen av värmereducerande åtgärder har påverkats av omfattningen av kunskap som faller in inom ramen för de olika kategorierna i litteraturstudien. Exempelvis utgör värmereducerande åtgärder i form av vegetation en stor del av litteraturstudien då vi fann det intressant och lärorikt inför yrkeslivet. Vatten

som värmereducerande åtgärd hade i litteraturstudien kunnat utvecklas ytterligare för att kunna få in fler perspektiv och kunskap om hur exempelvis vatten i form av fontäner kan bidra med värmereducering. Ytterligare en begränsning med litteraturstudien är att den litteratur som berör vegetation ur en svensk kontext är begränsad till relativt få författare, därmed skulle forskning från fler författare bidragit med fler perspektiv inom ämnet. En del av den inhämtade litteraturen baseras på myndigheter som inte alltid uppger källa (Boverket, Folkhälsomyndigheten, SMHI etc.), vilket gör dessa källor något mindre trovärdiga då vetenskapen om de är vetenskapligt grundade inte helt kan fastställas.

Inför valet av att dela in åtgärderna i de fem kategorierna fördes ett resonemang kring att ytterligare dela in kategorierna efter värmereducerande åtgärder som lämpar sig för planerings- respektive gestaltnings- och projekteringsprocessen. Exempelvis skulle åtgärder som omfattar större grönområden och bebyggelsegeometri kunna tillämpas på en storskalig nivå, tidigt i planeringsprocessen. Medan andra åtgärder, såsom materialval eller mer detaljerad utformning av vegetation, lämpar sig i en mer detaljerad skala under gestaltnings- och projekteringsprocessen. Vi beslutade oss dock för att inte göra denna indelning eftersom det var svårt att dra en tydlig gräns mellan vilka kategorier av åtgärder som i så fall skulle vara relevanta vid planering respektive gestaltning och projektering.

Valet av en tillämpningsstudie som metod hade kunnat bortprioriteras för att lägga mer tid på en mer omfattande litteraturstudie, vilket skulle kunna resultera i en mer gedigen sammanfattning av värmereducerande åtgärder. Trots att vi har sökt brett efter litteratur inom ämnet finns det en risk för att andra relevanta värmereducerande åtgärder, utöver dem som redogörs i litteraturstudien, har uteblivit som en viktig del av resultatet. Istället för en tillämpningsstudie hade ett annat angreppssätt kunnat

vara att undersöka olika kommuners översiktsplaner för att analysera hur de arbetar med värmereducering och komma med konkreta exempel på förbättringsåtgärder. Därmed hade åtgärderna kunnat konkretiseras och tillämpas på kommunnivå och inte enbart på de två utvalda exempelplatserna.

I tillämpningen av värmereducerande åtgärder har vi inte tagit hänsyn till ekonomiska aspekter såsom materialkostnader, eller underjordiska aspekter såsom berggrund och ledningar. Detta medför att vårt förslag ur ett realistiskt perspektiv kanske inte hade varit genomförbart på grund av för dyra materialval eller att underjordiska aspekter hade varit ett hinder för den utformning vi har föreslagit.

Vad gäller val av markmaterial i tillämpningen strävade vi främst efter genomsläppliga material som vegetationsytter, grus och gräsarmering. Där detta inte var möjligt i samma utsträckning som exempelvis på bollplanerna vid Sofia skola, valde vi en ljus dränasfalt. Något som varit svårt att avgöra är vilka av dessa olika markmaterial som är bäst ur ett värmereducerande perspektiv och huruvida genomsläppliga material bidrar till lägre temperaturer än vad ett högt albedo (ljusa färger) gör. Materialens värmereducerande effekt kan säkerligen variera beroende på om samhället befinner sig i en värmebölja med lång torka eller inte. Vid torka kan troligtvis inte de genomsläppliga materialen bidra med evaporativ kylning på grund av brist på markfukt och i dessa fall är troligen ett högt albedo av mer värde. Vi valde att tillämpa material som enligt litteraturstudien ansågs genomsläppliga samt har ett högt albedo. Eftersom vi inte hade någon kunskap om rangordning av dessa utifrån bäst värmereducerande effekt, har exakt utbredning och placering av dessa material gjorts utifrån rörelsemönster och för att skapa variationer av material på platserna. Typen av markmaterial påverkar inte bara temperaturer utan även upplevelsen av platsen, vilket vi försökte leva oss in i.

Trots att vi har tillämpat ett flertal olika värmereducerande åtgärder i de befintliga förslagen av Sofia skola och Bjurbäcken, där bland annat andelen vegetationsytor och krontäckningsgraden (från 20% till 34%) har ökat markant på Sofia skola, finns det inget som påvisar hur dessa åtgärder faktiskt påverkar temperaturen på platserna. För att undersöka effekten av vår tillämpning av värmereducerande åtgärder i förhållande till de befintliga förslagen hade simuleringar i exempelvis ENVI-met kunnat utföras, där aspekter som markfukt, termisk komfort och temperatur tas i beaktning.

I skugganalyserna som utgör en del av tillämpningsstudien, är husens höjder en uppskattning snarare än exakta samt att formen på husen är förenklad. En annan uppskattning i skugganalyserna är att trädens storlek är baserat på 75% av dess förväntade slutstorlek vilket är spekulerande. En generalisering är även gjord av trädens habitus och därmed har inte de olika trädarternas täthet av grenverk och bladmassa tagits hänsyn till. Sammantaget medför dessa aspekter att det finns vissa brister med skugganalyserna och att de inte visar på ett exakt resultat över hur skuggan på platserna kommer se ut. Ifall husen och trädens exakta form hade tagits hänsyn till, är det möjligt att skuggbilden på platserna hade sett annorlunda ut och därmed även tillämpningen av värmereducerande åtgärder. Skugganalyserna visar även hur platserna kan tänkas se ut efter det att träden har uppnått sin potentiella slutstorlek, vilket innebär att andelen skugga förmodligen kommer vara betydligt mindre fram tills att detta sker, efter flera års tid av gynnsam tillväxt.

4.4. Slutsats

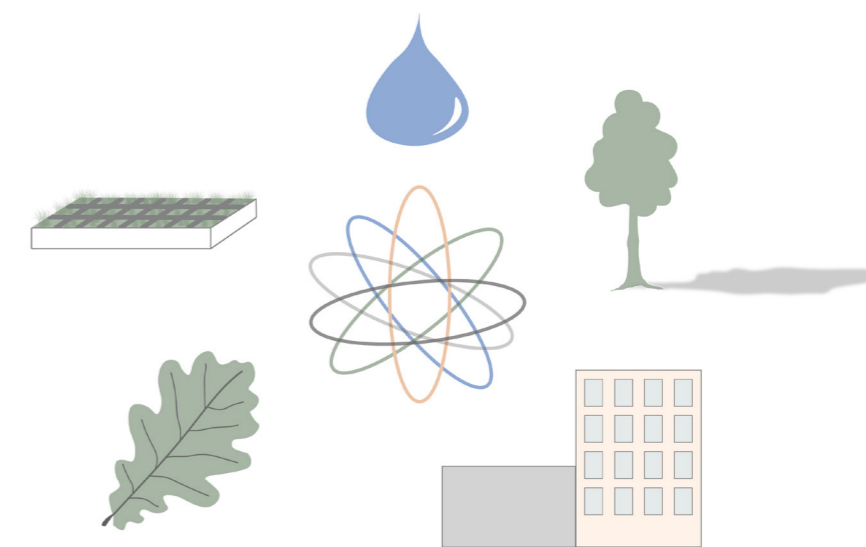
Det står klart att rådande klimatförändringar har lett och kommer att leda till ökade temperaturer samt fler och längre perioder av värmeböljor. Ökade temperaturer i kombination med värmeeffekter medför att urbana miljöer är särskilt

utsatta och människorna som väljer att bosätta sig på sådana platser riskerar allvarliga konsekvenser. De negativa effekter värme har på människors hälsa är entydiga och kan leda till allvarliga följder som utmattning eller dödsfall. De värmereducerande åtgärder som berörs i litteraturstudien som sedan tillämpas i tillämpningsstudien, på en befintlig plats och en nyprojekterad plats, visar hur åtgärder inom kategorierna material, vegetation, bebyggelsegeometri, vatten och skugga kan appliceras i våra urbana miljöer. Det är således inte för sent att förbereda och anpassa städerna inför framtida klimatkriser. Då sommaren 2023 förutspås bli lika het som sommaren 2018, vilket rapporteras av Aftonbladet (2023), behöver värmereducerande åtgärder tillämpas inom en snar framtid. Helårsperspektivet är i en svensk kontext av yttersta vikt för att skapa resilienta, hållbara och trivsamma urbana miljöer där människor vill vistas både under heta sommark dagar och kyliga vinterdagar. Förekomsten av både soliga och skuggiga platser behöver existera så människan själv kan välja vart den vill vistas beroende på årstid och personliga behov.

Vegetation har inverkan på mikroklimat tack vare dess evaporativa kylning och skugggivande förmåga. Vitaliteten för dessa är högst relevant då träd som är livskraftiga kan bidra till mer evaporativ kylning och skugga, således krävs en växtbädd anpassad efter trädets förväntade slutstorlek. Lövfällande träd är att föredra för att uppnå ett gott urbant klimat året runt, då de tillåter solljus att skina igenom höst, vinter och vår samt skuggar sommardag när solen är stark. Aspekter som är väsentliga att beakta vid växtval i urbana miljöer är därmed bladmassa, grenverk, bladutsläpp och bladfällning. Således är det inte bara viktigt huruvida vegetationen är närvarande i städerna, utan också vilka arter samt hur och vart dessa är placerade.

Materialval har stor inverkan på mikroklimat där permeabilitet, värmekapacitet och färg (albedo) är av stor betydelse. Permeabla markbeläggningar och ytor är genomsläppliga för vatten vilket kan bidra med

markfukt som i sin tur leder till lägre temperaturer. Under värmeböljor och torka kan den avkylande effekten via avdunstningen från material och vegetation avta på grund av vattenbrist. Således är det viktigt att kombinera flera olika värmereducerande åtgärder i städerna, såsom högt albedo på material och skugggivande element som exempelvis torktoleranta träd som förblir välmående trots längre perioder av torka. Åtgärder som berör bebyggelsegeometri är främst applicerbara i tidiga planeringsstadier och har stor inverkan i olika skalor; exempelvis påverkar placeringen av en enda byggnad skuggbilden över en dag och vid stora områden av tät bebyggelse sker generellt en hög värmelagring, vilket leder till ökade urbana värmeeffekter.



Figur 15. De 5 kategorierna av värmereducerande åtgärder, där kombinationen och samverkan mellan dessa är viktiga. Framtagen av författarna.

Yrkesverksamma inom olika stadier av planeringsprocessen behöver ta till sig kunskapen om vilka värmereducerande åtgärder det finns att tillgå för att lindra urbana värmeeffekter. Vikten av att skapa varierade miljöer utifrån ett helårsperspektiv där det blir en jämn balans mellan sol och skugga, behöver belysas. Genom att förstå hur material, vegetation, bebyggelsegeometri, vatten och skugga kan påverka en plats eller en hel stad, kan vi tillsammans skapa framtidens resilienta, hållbara och trivsamma urbana miljöer för alla individer, stora som små.

4.5. Vidare forskning

För att kunna vidta eventuella värmereducerande åtgärder och skapa ett gott mikroklimat året runt på en plats rekommenderar vi platsstudier, analyser och datorsimuleringar för att undersöka luft- och yttemperaturer, markfukt, balans mellan skugga och sol samt vindens rörelse och hastighet. Exempelvis antas asfaltsytor i tillämpningsstudien besitta en låg markfukt då de är impermeabla, en undersökning av platsen som indikerar låg markfukt skulle styrka valet av att byta ut dessa ytor mot mer permeabla material.

Alla föreslagna trädarter i tillämpningen av värmereducerande åtgärder i de befintliga förslagen är lövfällande och har baserats på Figur 13 där de klassificeras som "något toleranta mot torka" samt "toleranta mot torka". Trädarterna skulle däremot behöva utredas vidare angående genomsläpplighet av ljus, för att ta reda på hur mycket skugga de bidrar med under en varm sommardag respektive hur mycket värdefullt solljus de släpper igenom en kall vinterdag. Även huruvida de olika trädarterna har ett sent bladutslag och en tidig bladfällning skulle behöva undersökas vidare, för att avgöra om de kan bidra med solljus långt in på våren innan värmen kommer samt på hösten när det börjar bli kallt. Trots att vi vet att de föreslagna trädarterna i tillämpningen är torktoleranta, är det utifrån brist på information kring deras genomsläpplighet, bladutslag och bladfällning, inte säkert att dessa trädarter hade bidragit till ett gott mikroklimat året runt. De träd som föreslås i de befintliga förslagen av Sofia skola och Bjurbäcken hade också behövt utredas vidare angående genomsläpplighet, bladutslag och bladfällning då det endast framgår information om att *Robinia pseudoacacia* 'Semperflorens' har ett sent bladutslag. En procentuell fördelning av enskiktade och flerskiktade planteringar på en plats behöver utredas vidare för att kunna skapa en god variation av tät och gles vegetation.

För att hjälpa kommuner eller privata aktörer att prioritera vilka värmereducerande åtgärder som är lämpliga när det exempelvis råder platsbrist eller ekonomiska begränsningar, skulle åtgärderna kunna graderas utifrån effektivitet. Alla typer av material som generellt används i svenska städer, skulle behöva utredas utifrån grad av värmereducerande förmåga för ta reda på vilka av dessa som mest effektivt kan lindra framtida värmeeffekter. Det är därmed önskvärt att utveckla sammanfattningen av värmereducerande åtgärder (kapitel 2.5.1.) ytterligare för att skapa ett komplett ramverk som yrkesverksamma inom planering-, gestaltning- och projekteringsprocessen kan använda för att skapa framtidens resilienta och hållbara urbana miljöer.

5. Referenser

Aftonbladet (2023). *Långtidsprognosen: Kan bli 2018-värme i sommar*. <https://www.aftonbladet.se/a/764pBw> [2023-04-27]

Amorim, M.C. de C.T., Dubreuil, V. & Amorim, A.T. (2021). Day and night surface and atmospheric heat islands in a continental and temperate tropical environment. *Urban Climate*, 38, 100918. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100918>

Bartlett, M.K., Scoffoni, C. & Sack, L. (2012). The determinants of leaf turgor loss point and prediction of drought tolerance of species and biomes: a global meta-analysis. *Ecology Letters*, 15 (5), 393–405. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2012.01751.x>

Bass, B., Krayenhoff, E., Martilli, A., Stull, R.B. & Auld, H. (2003). The impact of green roofs on Toronto's urban heat island. *Proceedings of the First North American Green Roof Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities*, 292–304

Blomsterlandet (u.å.). *Sötkörsbär "Heidi"*. *Blomsterlandet.se*. <https://www.blomsterlandet.se/produkter/vaxter/utomhus/frukttrad/korsbarstrad/sotkorsbar-heidi-66088/> [2023-04-05]

Boverket (2015). *Gör plats för barn och unga! - En vägledning för planering, utformning och förvaltning av skolans och förskolans utemiljö*. Boverket. <https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2015/gor-plats-for-barn-och-unga-bokversion.pdf> [2023-03-14]

Boverket (2016). *Rätt tätt*. Boverket. <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2016/ratt-tatt/> [2023-01-30]

Boverket (2019a). *Grönska och vatten reglerar temperaturen vid värmeboljor*. Boverket. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/naturen/betydelse/reglerar-temp/> [2023-01-23]

Boverket (2019b). *Urbanisering*. Boverket. <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/bostads-marknad/bostadsforsorjning/flyttningar/urbanisering/> [2023-01-30]

Brown, R.D. (2010). *Design with Microclimate: The Secret to Comfortable Outdoor Space*. Washington, D. C., UNITED STATES: Island Press. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/slub-ebooks/detail.action?docID=3317501> [2023-03-07]

Brown, R.D. & Gillespie, T.J. (1995). *Microclimatic landscape design: creating thermal comfort and energy efficiency*. New York, N.Y: John Wiley.

Burkart, K., Meier, F., Schneider, A., Breitner, S., Canário, P., Alcoforado, M.J., Scherer, D. & Endlicher, W. (2016). Modification of Heat-Related Mortality in an Elderly Urban Population by Vegetation (Urban Green) and Proximity to Water (Urban Blue): Evidence from Lisbon, Portugal. *Environmental Health Perspectives*, 124 (7), 927–934. <https://doi.org/10.1289/ehp.1409529>

Coutts, A.M., Beringer, J. & Tapper, N.J. (2007). Impact of Increasing Urban Density on Local Climate: Spatial and Temporal Variations in the Surface Energy Balance in Melbourne, Australia. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 46 (4), 477–493. <https://doi.org/10.1175/JAM2462.1>

Deak Sjöman, J., Hirons, A., Bassuk, N. & Sjöman, H. (2021). Plant and Wood Area Index of Solitary Trees for Urban Contexts in Nordic Cities. *Arboriculture & Urban Forestry*, 47, 252–266. <https://doi.org/10.48044/jauf.2021.022>

Delshamar, T. & Fors, H. (2010). *Gröna och blå strukturer för en hållbar stadsutveckling*. Alnarp: Område landskapsutveckling, Sveriges lantbruksuniversitet. (Landskap trädgård jordbruk : rapportserie, 2010:16)

Eckersten, H., Gärdenäs, A. & Lewan, E. (2004). *Biogeofysik - en introduktion*. 6. uppl. Uppsala: SLU. https://www.researchgate.net/publication/351461435_Biogeofysik_en_introduktion

Edge (2022). Klimatdeklaration Bjurbäcken. [Internt material]

EPA (2008a). Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Cool Roofs. https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-05/documents/reducing_urban_heat_islands_ch_4.pdf [2023-03-06]

EPA (2008b). Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Green Roofs. https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-05/documents/reducing_urban_heat_islands_ch_3.pdf [2023-03-06]

EPA (2008c). Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Trees and Vegetation. https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-05/documents/reducing_urban_heat_islands_ch_2.pdf [2023-03-03]

EPA (2008d). Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Urban Heat Island Basics. https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-05/documents/reducing_urban_heat_islands_ch_1.pdf [2023-01-27]

EPA (2012). Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Cool Pavements. https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-05/documents/reducing_urban_heat_islands_ch_5.pdf [2023-03-06]

Ferranti, E.J.S., MacKenzie, A.R., Levine, J.G., Ashworth, K. & Hewitt, C.N. (2019). *First Steps in Air Quality for Built Environment Practitioners*. (A Trees and Design Action Group (TDAG) Guidance Document., Second edition). UK: London: University of Birmingham & TDAG. <http://epapers.bham.ac.uk/3069/> [2023-02-09]

Folkhälsomyndigheten (2018). *Värmestress i urbana utomhusmiljöer - förekomst och åtgärder i befintlig bebyggelse*. <https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/e5286456e91c442a923c6884d84f79be/varmestress-urbana-utomhusmiljoer-18061-webb-181112.pdf> [2023-01-30]

Folkhälsomyndigheten (2019a). *Kartläggning av bebyggelse med risk för höga temperaturer Metodbeskrivning av GIS-verktyg utifrån marktäckning*. <https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/ab816ad103404967a558acf879c4d50c/kartlaggning-bebyggelse-risk-hoga-temperaturer.pdf> [2023-01-30]

Folkhälsomyndigheten (2019b). *Värme och människa i bebyggd miljö - Kunskapsstöd för åtgärder som minskar hälsoskadlig värme*. <https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/da3f008f2fbc4d9f8424a3eb73f0d1a5/varme-manniska-bebyggd-miljo.pdf> [2023-03-22]

Folkhälsomyndigheten (2022). *Hälsoeffekter av värmeboljor – En kunskapssammanställning – Folkhälsomyndigheten*. (22084). <https://www.folkhalsomyndigheten.se/publikationer-och-material/publikationsarkiv/h/halsoeffekter-av-varmeboljor/> [2023-01-20]

Gehl, J. (2011). *Life Between Buildings: Using Public Space*. Washington, D. C., UNITED STATES: Island Press. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/slub-ebooks/detail.action?docID=3317590> [2023-02-02]

Gullberg, J.-O. (2017). *Dimensionering av växtbäddar för träd i Uppsala*. [Opublicerat material]

- IPCC (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khouradji, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_FullReport.pdf [2023-01-24]
- Jespers Planteskole (u.å.). *Jespers Planteskole*. <https://www.jespersplanteskole.dk/> [2023-04-05]
- Kalkstein, L. & Davis, R. (1989). Weather and Human Mortality: An Evaluation of Demographic and Interregional Responses in the United States. *Annals of The Association of American Geographers - ANN ASSN AMER GEOGR*, 79, 44–64. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1989.tb00249.x>
- Karlsson, H. & Ståhl, F. (2012). *Termisk komfort i lågenergihus och passivhus*. (SP Rapport 2012:13). Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:962677/FULLTEXT01.pdf> [2023-02-02]
- Kozlowski, T.T., Kramer, P.J. & Pallardy, S.G. (1991). Chapter 7 - Water Stress. I: Kozlowski, T.T., Kramer, P.J., & Pallardy, S.G. (red.) *The Physiological Ecology of Woody Plants*. San Diego: Academic Press. 247–302. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-424160-2.50011-2>
- Kozlowski, T.T. & Pallardy, S.G. (1997). CHAPTER 2 - The Woody Plant Body. I: Kozlowski, T.T. & Pallardy, S.G. (red.) *Physiology of Woody Plants (Second Edition)*. San Diego: Academic Press. 7–33. <https://doi.org/10.1016/B978-012424162-6/50019-3>
- Levinsson, A. (2007). *Trädens liv i staden: från etablering till vitalisering*. Alnarp: Movium, SLU. (Gröna fakta, 2007:7)
- Lindberg, F., Holmer, B., Thorsson, S. & Rayner, D. (2013). Characteristics of the mean radiant temperature in high latitude cities—implications for sensitive climate planning applications. *International Journal of Biometeorology*, 58 (5), 613–627. <https://doi.org/10.1007/s00484-013-0638-y>
- Lindsey, P. & Bassuk, N. (1992). Redesigning the urban forest from the ground below: A new approach to specifying adequate soil volumes for street trees. *Arboricultural Journal*, 16. <https://doi.org/10.1080/03071375.1992.9746896>
- Liu, K. & Bass, B. (2005). Performance of green roof systems. https://www.researchgate.net/profile/Brad-Bass/publication/44077726_Performance_of_green_roof_systems/links/0c96052b-4deed36266000000/Performance-of-green-roof-systems.pdf
- Läkartidningen (2019). Ovanligt många dödsfall i Sverige sommaren 2018. *Läkartidningen*. <https://lakartidningen.se/klinik-och-vetenskap-1/artiklar-1/originalstudie/2019/05/ovanligt-manga-dodsfall-i-sverige-sommaren-2018/> [2023-01-20]
- Malmö stad (2023). *Dokument, planer och program*. [text]. <https://malmo.se/Teknisk-handbok/Om-teknisk-handbok/Dokument-planer-och-program.html> [2023-04-04]
- MSB (2020a). *Fysisk planering i ett varmare klimat : En fallstudie för Stockholm*. (MSB1679). <https://www.msb.se/sv/publikationer/fysisk-planering-i-ett-varmare-klimat--en-fallstudie-for-stockholm/> [2023-01-23]
- MSB (2020b). *Säkert och osäkert i klimatscenarierna*. (MSB1677). <https://rib.msb.se/filer/pdf/29466.pdf> [2023-01-26]
- Naturskyddsföreningen (2021). *Vad är albedo? Naturskyddsföreningen*. <https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/vad-ar-albedo/> [2023-01-31]
- Naturskyddsföreningen (2023). *Vad är ekosystemtjänster? Naturskyddsföreningen*. <https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/vad-ar-ekosystemtjanster/> [2023-02-07]
- Naturvårdsverket (2017). *Argument för mer ekosystemtjänster*. (6736). Bromma.
- Naturvårdsverket (u.å.). *Klimatet i framtiden*. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatforandringar/klimatet-i-framtiden/> [2023-01-26]
- Nevander, L.E. & Elmarsson, B. (1994). *Fukthandbok: praktik och teori*. 2., rev. [och utök.] utg. Solna: Svensk byggtjänst.
- Nilsson, L.-O. (2004). *Fuktpåverkan på material : kritiska fuktnivåer (en informationsskrift)*. (Rapport TVBM (Intern 7000-rapport); Vol. 7178). Avd Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola.
- Oke, T.R. (1987). *Boundary layer climates*. Second edition. Methuen & Co. Ltd.
- Oke, T.R. (1988). The urban energy balance. *Prog Phys Geogr. Progress in Physical Geography*, 12, 471–508. <https://doi.org/10.1177/030913338801200401>
- Pomerantz, M., Pon, B., Akbari, H. & Chang, S.-C. (2000). *The Effect of Pavements' Temperatures on Air Temperatures in Large Cities*. (LBNL-43442). Berkeley, CA. https://eta-publications.lbl.gov/sites/default/files/2000_pomerantz_et_al_effect_of_pavement_temp_on_air_temp_in_large_cities.pdf [2023-03-06]
- Riksförbundet Svensk Trädgård (2023). *Zonkartan*. [Interaktiv karta]. <https://www.zonkartan.se/> [2023-03-16]
- Rosenlund, H. (2014). *Grågröna systemlösningar för hållbara städer*. (Vinnova – Utmaningsdriven innovation – Hållbara attraktiva städer, Diarienummer: 2012–01271). Delområde: Klimatpåverkan (WP5).
- Rosenlund, H. (2017). *Mikroklimatet i stadsplaneringen*. (Vinnova – Utmaningsdriven innovation – Hållbara attraktiva städer, Diarienummer: 2012-01271)
- Sandin, K. (2010). *Praktisk byggnadsfysik*. 1. uppl. Lund: Studentlitteratur.
- SCB (2022). *Tätorter i Sverige. Statistiska Centralbyrån*. <https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/miljo/tatorter-i-sverige/> [2023-01-30]
- SCB (2023). *Folkmängd efter region, civilstånd, ålder och år*. [Interaktiv hemsida]. https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__BE__BE0101__BE0101A/BefolkningNy/table/tableView-Layout1/ [2023-03-16]
- Scholz-Barth, K. & Tanner, S. (2004). *Green Roofs: Federal Energy Management Program (FEMP) Federal Technology Alert*. (DOE/EE-0298). National Renewable Energy Lab., Golden, CO (US). <https://www.osti.gov/biblio/15009602> [2023-03-06]
- Sera, F., Armstrong, B., Tobias, A., Vicedo-Cabrera, A., Åström, C., Bell, M., Chen, B.-Y., De, M., Zanotti, S., Coelho, M., Correa, P., De la Cruz, J.C., Tran, N.D., Magali, H.-D., Van, D., Forsberg, B., Guo, Y., Guo, Y., Hashizume, M. & Gasparrini, A. (2019). How urban characteristics affect vulnerability to heat and cold: a multi-country analysis. *International Journal of Epidemiology*, 1–12
- Shashua-Bar, L., Pearlmutter, D. & Erell, E. (2009). The cooling efficiency of urban landscape strategies in a hot dry climate. *Landscape and Urban Planning*, 92 (3), 179–186. <https://doi.org/10.1016/j.landscapeurbplan.2009.05.005>

landurbplan.2009.04.005

SISAB (2023). SOFIA SKOLA Malmen 1. [Internt material]

Sjöman, H., Hirons, A., Bassuk, N. & Levinsson, Anna (2020). Utvärdering av torktoleranta träd. Movium, SLU.

Sjöman, H., Hirons, A.D. & Bassuk, N.L. (2018). Improving confidence in tree species selection for challenging urban sites: a role for leaf turgor loss. *Urban ecosystems*, 21 (6), 1171–1188. <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0791-5>

Sjöman, H. & Lagerström, T. (2007). *Stadens hårdgjorda miljöer som växtplats*. Alnarp: Movium, SLU. (Gröna fakta, 2007:5)

Sjöman, H. & Slagstedt, J. (red.) (2015a). *Stadsträdslexikon*. 1. uppl.

Sjöman, H. & Slagstedt, J. (red.) (2015b). *Träd i urbana landskap*. 1:4. Lund: Studentlitteratur AB.

SMHI (2021a). *Klimatförändringar orsakade av människan | SMHI*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatpaverkan/klimatforandringar-orsakade-av-manniskan-1.3833> [2023-01-23]

SMHI (2021b). *Temperaturens ökning i Sverige sedan 1800-talet | SMHI*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/sveriges-klimat/temperaturens-okning-i-sverige-sedan-1800-talet-1.158913?f-bclid=IwAR2BEj1xM8jR3kMp5cczLeIC64ZyRTuHtxKtj9XMJxigbQ0n8Rbi00XNuXs> [2023-01-25]

SMHI (2021c). *Träd i stadsmiljö, fördjupning*. <https://www.smhi.se/klimat/klimatanpassa-samhallet/empel-pa-klimatanpassning/trad-i-stadsmiljo-fordjupning-1.117286> [2023-02-08]

SMHI (2021d). *Vad betyder +2 C global temperaturökning för Sveriges klimat? | SMHI*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatet-forandras/vad-betyder-2-c-global-temperaturokning-for-sveriges-klimat-1.92072> [2023-01-26]

SMHI (2023a). *Hur var vädret? - Stockholm*. [Interaktiv hemsida]. <https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/hur-var-vadret> [2023-03-16]

SMHI (2023b). *Års- och månadsstatistik | SMHI*. <https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/manadens-vader-och-vatten-sverige/manadens-vader-i-sverige/ars-och-manadsstatistik> [2023-03-16]

Stockholms stad (2017). Hagsätra och Rågsved - Förslag på kompensationsåtgärder kvarteret Bjurbäck-en. <https://etjanst.stockholm.se/Byggochplantjansten/pagaende-planarbete/planarende/2017-04553/process> [2023-03-30]

Stockholms stad (2018). *Lokala utvecklingsmöjligheter - Stockholm växer*. <https://vaxer.stockholm/tema/oversiktsplan-for-stockholm/lokala-utvecklingsmojligheter/> [2023-03-24]

Stockholms stad (2022a). *Enskede-Årsta-Vantör - Stockholm växer*. <https://vaxer.stockholm/tema/oversiktsplan-for-stockholm/lokala-utvecklingsmojligheter/enskede-arsta-vantor/> [2023-03-24]

Stockholms stad (2022b). *Om Stockholms stad - Stockholms stad*. <https://start.stockholm/om-stockholms-stad/> [2023-03-16]

Stockholms stad (2022c). *Statistik om Stockholm - Befolkningsprognos 2022*. <https://start.stockholm/globalassets/start/om-stockholms-stad/utredningar-statistik-och-fakta/statistik/befolkning/befolkning-sprognos-2022-tillganglighetsanpassad.pdf> [2023-03-16]

Stockholms stad (2022d). *Södermalm - Stockholm växer*. <https://vaxer.stockholm/tema/oversiktsplan-for-stockholm/lokala-utvecklingsmojligheter/sodermalm/> [2023-03-24]

Stockholms stad (2023a). *1 240 nya bostäder på östra Södermalm - Stockholm växer*. <https://vaxer.stockholm/projekt/nya-bostader-pa-ostra-sodermalm/> [2023-03-30]

Stockholms stad (2023b). *335 nya bostäder vid Bjursätragatan - Stockholm växer*. <https://vaxer.stockholm/projekt/nya-bostader-vid-bjursatragatan> [2023-03-27]

Stockholms stad (2023c). *Enskede-Årsta-Vantörs stadsdelsområde - Stockholm växer*. <https://vaxer.stockholm/omraden/enskede-arsta-vantors-stadsdelsomrade/> [2023-03-24]

Stockholms stad (2023d). *Miljödataportalen - Stockholms stad*. [Interaktiv karta]. <https://miljodataportalen.stockholm.se/> [2023-03-30]

Stockholms stad (2023e). *Sofia skola, F-9 - Stockholms stad*. <https://grundskola.stockholm/hitta-grundskola/grundskola/sofia-skola-f-9/> [2023-03-20]

Stockholmshem (u.å.). *Bjursätragatan, Rågsved. Stockholmshem*. <https://www.stockholmshem.se/vi-bygger/vi-bygger-nytt/bjursatragatan/> [2023-03-27]

Stål, Ö. (2001). Träd i urban miljö. *Trädbladet*, (8:1), s.17-20

Stångby Plantskola (u.å.). *Träd och buskar*. <https://media3.stangby.nu/2023/03/Vaxtkatalog-2023-03-Trad-och-buskar.pdf> [2023-04-05]

SVD (2018). Städernas träd klarar inte värmen. *Svenska Dagbladet*. <https://www.svd.se/a/1158Qy/stadernas-trad-klarar-inte-varmen> [2023-02-09]

Svensk byggtjänst (2021). *Grönatakhandboken*. 2. uppl. [2023-03-22]

Sæbø, A., Benedikz, T. & Randrup, T.B. (2003). Selection of trees for urban forestry in the Nordic countries. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2 (2), 101–114. <https://doi.org/10.1078/1618-8667-00027>

Taha, H. (1997). Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. *Energy and Buildings*, 25 (2), 99–103. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(96\)00999-1](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(96)00999-1)

Thomas, R. (red.) (2006). *Environmental design: an introduction for architects and engineers*. 3rd ed. London ; New York: Taylor & Francis.

Thorsson, S. (2012). *Stadsklimatet - åtgärder för att sänka temperaturen i bebyggda områden*. (FOI-R--3415--SE). Göteborg: Totalförsvarets forskningsinstitut. <https://www.foi.se/rest-api/report/FOI-R--3415--SE> [2023-01-30]

Tönnersjö Plantskola (u.å.). *Träd från A-Z. Tönnersjö Plantskola*. <https://tonnersjo.se/trad-fran-a-z/> [2023-04-05]

Wright, I.J., Reich, P.B., Westoby, M., Ackerly, D.D., Baruch, Z., Bongers, F., Cavender-Bares, J., Chapin, T., Cornelissen, J.H.C., Diemer, M., Flexas, J., Garnier, E., Groom, P.K., Gulias, J., Hikosaka, K., Lamont, B.B., Lee, T., Lee, W., Lusk, C., Midgley, J.J., Navas, M.-L., Niinemets, Ü., Oleksyn, J., Osada, N., Poorter, H., Poot, P., Prior, L., Pyankov, V.I., Roumet, C., Thomas, S.C., Tjoelker, M.G., Veneklaas, E.J. & Villar, R. (2004). The worldwide leaf economics spectrum. *Nature*, 428 (6985), 821–827. <https://doi.org/10.1038/nature02403>

WWF (2022). *Klimatförändringar - Vad är det? Världsnaturfonden WWF. Världsnaturfonden WWF*. <https://www.wwf.se/klimat/klimatforandringar/> [2023-01-20]

Referenser Google Earth Pro

Figur A. Google Earth Pro (2020a). *Stockholm visningshöjd 45,73 km*. Satellitbild [kartografiskt material]. Tillgänglig via Google Earth Pro appen [2023-03-17]

Figur B. Google Earth Pro (2020b). *Södermalm visningshöjd 45,73 km*. Satellitbild [kartografiskt material]. Tillgänglig via Google Earth Pro appen [2023-03-17].

Figur C. Google Earth Pro (2020c). *Enskede-Årsta-Vantör visningshöjd 45,73 km*. Satellitbild [kartografiskt material]. Tillgänglig via Google Earth Pro appen [2023-03-17].

Figur D. Google Earth Pro (2020d). *Södermalm visningshöjd 5,43 km*. Satellitbild [kartografiskt material]. Tillgänglig via Google Earth Pro appen [2023-03-17].

Figur Y. Google Earth Pro (2020e). *59°15'19.25"N 18°01'21.45"Ö visningshöjd 1,96 km*. Satellitbild [kartografiskt material]. Tillgänglig via Google Earth Pro appen [2023-03-17].

Figur AA. Google Earth Pro (2020f). *59°15'19.25"N 18°01'21.45"Ö visningshöjd 558 m*. Satellitbild [kartografiskt material]. Tillgänglig via Google Earth Pro appen [2023-03-21].

Figur H. Kartdata: Google Earth Pro (2023a), © 2023 Maxar Technologies. *Sofia skola*. Satellitbild [kartografiskt material]. Tillgänglig via Google Earth Pro appen [2023-04-12].

Figur Ö. Kartdata: Google Earth Pro (2023b), © 2023 Maxar Technologies. *Bjurbäcken*. Satellitbild [kartografiskt material]. Tillgänglig via Google Earth Pro appen [2023-04-12].

Godkännande för publicering av figurer och bilagor

Figur 5, 6 och 7: Skriftligt godkännande via mejl från upphovsperson Hans Rosenlund 2023-03-08

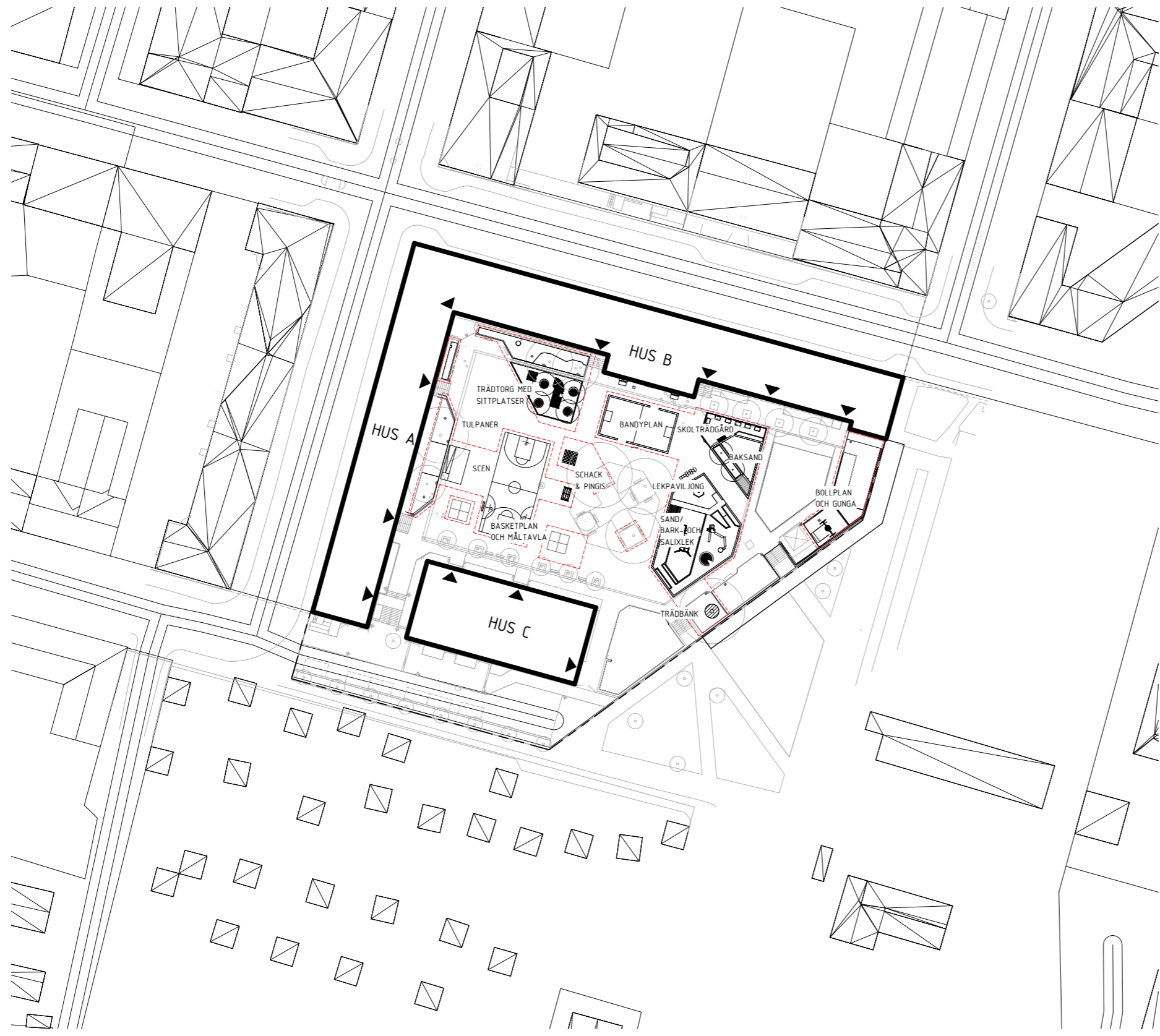
Figur 9: Skriftligt godkännande från Edge 2023-05-08

Figur CC & DD samt Bilaga X & X: Skriftligt godkännande från Edge och Stockholmshem 2023-04-18.

Figur J & L samt Bilaga X & X: Skriftligt godkännande via mejl från beställaren SISAB 2023-03-29.

Figur BB: Bilder på Bjurbäcken, skriftligt godkännande från Lindbäcks 2023-03-20.

Bilaga 1



FÖRKLARINGAR

- Fastighetsgräns
- - - - - Åtgärdsområde
- Byggnad, fasadliv i mark
- ▼ Entré
- ○ Lövträd Nytt/Befintligt

FÖRESKRIFTER

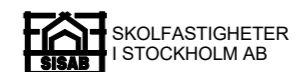
Alla mått i meter om ej annat anges.
Koordinatsystem SWEREF 99 18 00.
Höjdsystem RH 2000.

Ritningen baseras på underlag av varierande kvalitet (marksötselhandlingar samt till viss del inmätningar). För alla åtgärder måste därför befintlig situation bedömas på plats innan arbete utförs.

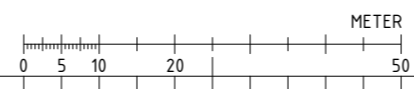
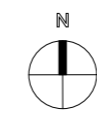
Befintliga träd ska bevaras och skyddas. Vid markåtgärder nära befintlig vegetation ska stor försiktighet iakttas så att rötter ej skadas.

HÄNVISNINGAR

- 1180-L-D-01- Rambeskrivning
- 1180-L-10-1-0001- Befintlighets- och rivningsplan
- 1180-L-16-1-0001- Markplaneringsplan
- 1180-L-18-1-0001- Planterings- och utrustningsplan

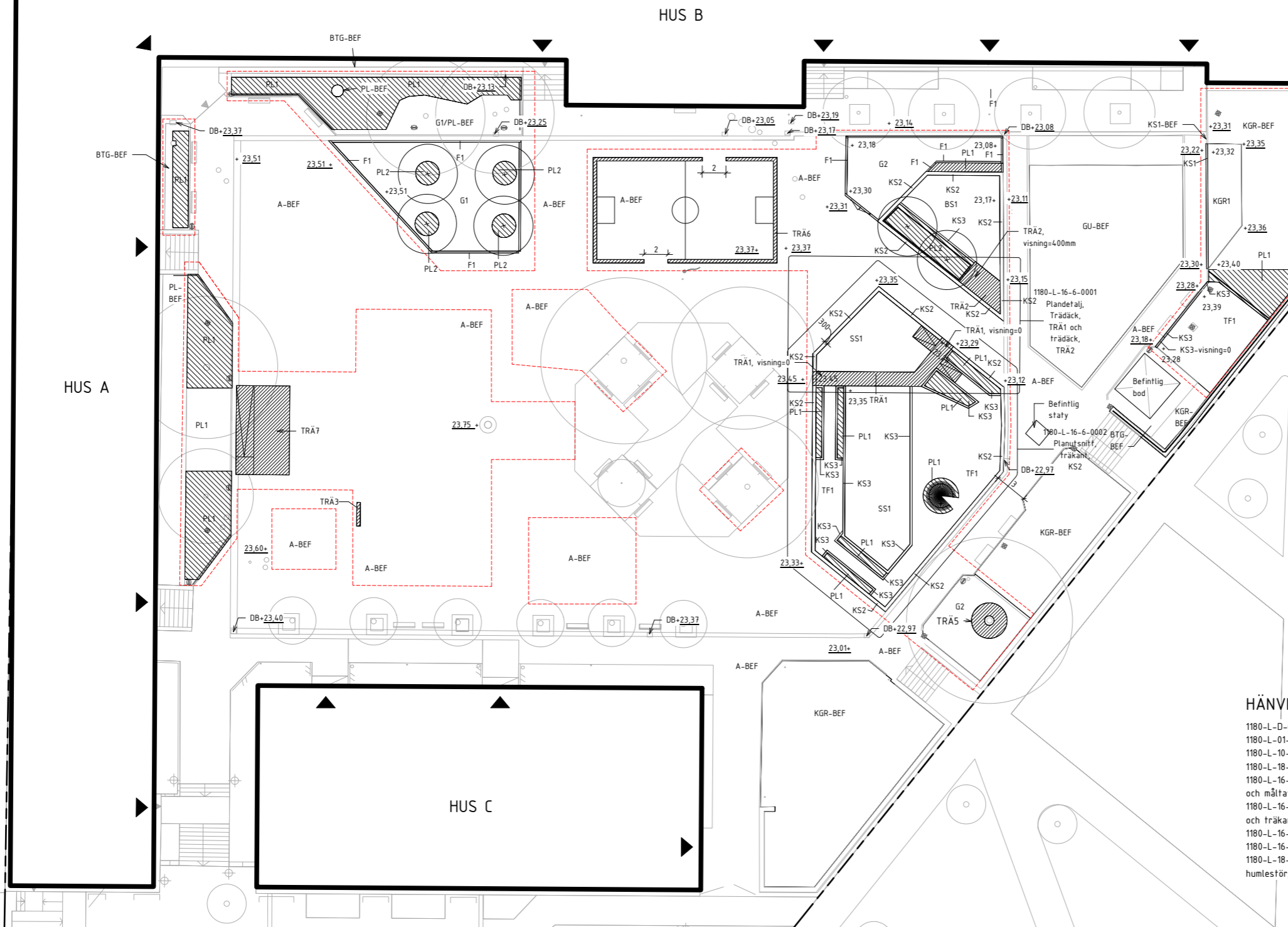


URSPRUNGLIG ARKITEKT:	BET	ÄNDRINGEN AVSER	SIGN	DATUM
RELATIONSRTITNING		SOFIA SKOLA Malmen 1 Situationsplan		
BYGGHANDLING				
FÖRFRÅGNINGSUNDERLAG				
FÖRSLAGSHANDLING				
BYGGLOVSRITNING				
RITADIKONSTR. AV	HANDLAGGARE	SKALA (A1) 1:500		
DATUM	ANSVARIG	ARBETSNUMMER	RITNINGNUMMER	BET
2023-01-20			1180-L-01-1-0001	



Bilaga 2

Plaggatan



FÖRKLARINGAR

- Fastighetsgräns
- - - - - Åtgärdsområde
- ▬ Byggnad, fasadliv i mark
- ▼ Entré
- +00.00 Plushöjd ny
- ±00.00 Plushöjd befintlig
- A-BEF Asfalt, befintlig
- BTG-BEF Betongplattor, befintlig
- KGR-BEF Konstgräs, befintlig
- GU-BEF Gummasfalt, befintlig
- G/PL-BEF Grus/plantering, befintlig
- BS1 Baksand
- G1 Grus
- G2 Grus, ny topp
- KGR1 Konstgräs
- SS1 Strid sand, fraktion 1-4
- TF1 Träflis, med fallskydd
- ▨ PL1 Planteringsyta
- ▨ PL2 Trädgrop
- ▨ TRÄ1 Trädäck, enligt detaljritning 1180-L-16-6-0001
- ▨ TRÄ2 Trädäck, enligt detaljritning 1180-L-16-6-0001
- ▨ TRÄ3 Måttavla, enligt detaljritning 1180-L-16-6-0001
- ▨ TRÄ5 Rund trädbank, enligt detaljritning 1180-L-16-6-0002
- ▨ TRÄ6 Träsarg, enligt detaljritning 1180-L-16-6-0002
- ▨ TRÄ7 Scen, enligt detaljritning 1180-L-16-6-0003
- ▬ KS1 Kantstöd av granit, visning 100 mm
- ▬ KS2 Kant av trä, visning 200 mm, enl detaljritning 1180-L-16-6-0003
- ▬ KS3 Kant av eklipers, 160x260, visning 100 mm, bredd 160 mm
- ▬ F1 Fris av smågäststen, dubbla rader
- DB-BEF Dagvattenbrunn, befintlig
- Lövräd, nytt
- Lövräd, inmätt, bevaras

HÄNVISNINGAR

- 1180-L-D-01- Rambeskrivning
- 1180-L-01-1-0001- Situationsplan
- 1180-L-10-1-0001- Befintlighets- och rivningsplan
- 1180-L-18-1-0001- Planterings- och utrustningsplan
- 1180-L-16-6-0001- Trädäck, TRÄ1, TRÄ2 och måttavla, TRÄ3
- 1180-L-16-6-0002- Rund trädbank, TRÄ5, träsarg, TRÄ6 och träkant, KS2
- 1180-L-16-6-0003- Scen, TRÄ7
- 1180-L-16-6-0004- Lekpaviljong, U21
- 1180-L-18-6-0001- Principdetalj salixkoja, U13, salixgång, humlestör, U17 och schackbräde

FÖRESKRIFTER

Alla mått i meter om ej annat anges.
 Koordinatssystem SWEREF 99 18 00.
 Höjdsystem RH 2000.

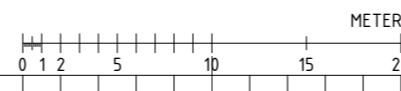
Ritningen baseras på underlag av varierande kvalitet (markskötselhandlingar samt till viss del inmätningar). För alla åtgärder måste därför befintlig situation bedömas på plats innan arbete utförs.

Befintliga träd ska bevaras och skyddas. Vid markåtgärder nära befintlig vegetation ska stor försiktighet iakttas så att rötter ej skadas.



RELATIONSRTITNING	<input checked="" type="checkbox"/>
BYGGHANDLING	<input type="checkbox"/>
FÖRFRÅGNINGSUNDERLAG	<input type="checkbox"/>
FÖRSLAGSHANDLING	<input type="checkbox"/>
BYGGLOVSRITNING	<input type="checkbox"/>
FÖRHANDSKOPIA	<input type="checkbox"/>

URSPRUNGLIG ARKITEKT:	BET	ÄNDRINGEN AVSER	SIGN	DATUM
SOFIA SKOLA				
Malmen 1				
Markplaneringsplan				
RITAD/KONSTR. AV	HANDLAGGARE			
DATUM	ANSVARIG	ARBETSNUMMER	RITINGSNUMMER	BET
2023-01-20			1180-L-16-1-0001	



Bet	Antal	Latinskt namn	Svenskt Namn	CC (cm)	Kvalitet	Anmärkningar
B1	42	Buddleja davidii 'Nanho Blue' ('Nanho Petite Indigo')	Fjärilsbuske	60	Sol C/K 125-150	
B2	114	Buddleja davidii 'Pink Delight'	Fjärilsbuske	60	Sol C/K 125-150	
B3	8	Rubus Hösthallon-Gruppen 'Autumn Bliss'	Hösthallon	50	Busk C 2,0l	
B4	19	Salix purpurea	Rödvide	100	Busk C 3,5l	
B6	57	Salix purpurea 'Nana'	Litet rödvide	50	Busk C 3,5l	
B5	188	Salix viminalis	Korgvide	10	Th 200-250	Tidig vårplantering 2024, när tjälen går ur marken

Bet	Antal	Latinskt namn	Svenskt namn	Kvalitet	Anmärkningar
K1	4	Fallopia baldschuanica	Bokharabinda	A-kv Co	Varje symbol motsvarar 3 planter.
K2	3	Humulus lupulus	Humle	A-kv Co	Varje symbol motsvarar 2 planter.

Utrustningslista

Bet	Antal	Utrustning
U1	7	Pallkrage 800x1200, typ Hornbach artnr. Art.nr 463876, staplas två och två, fylls med jord
U2	2	Långbord, typ Nola artnr. U17-83-HH LIN, stål pulverlackeras i RAL6011
U3	2	Långbord, typ Nola artnr. U17-84-R LIN, stål pulverlackeras i RAL6011
U4	1	Långbord, typ Nola artnr. U17-83-UH LIN, stål pulverlackeras i RAL6011
U5	1	Repgunga, typ Hags artnr. 8062081. Stålställning pulverlackeras i NCSS 2500N
U6	3	Basketstativ, typ Tress artnr. 652800
U7	1	Basketkorg, typ Tress artnr. 652846. Basketnät, typ Tress artnr. 652835
U8	2	Bollmål, typ Tress artnr. 653014
U9	1	Bordtennisbord, typ TRESS Bordtennisbord outdoor UV resistent, artnr. 711704
U10	1	Kompisgunga, typ Elverdal artnr. ORG1005CY
U11	3	Liggande stock, 2000 mm lång, 350 mm bred, grävs ner till synlig höjd max 300 mm
U12	1	Sten, 500 mm diameter, synlig höjd max 500 mm
U13	2	Sten, 1000 mm diameter, synlig höjd max 500 mm
U14	3	Humlestör, naturtröstolpe, 3000 mm lång, 100 mm bred, se detaljritning 1180-L-18-6-0002
U15	1	Salixgång, se detaljritning 1180-L-18-6-0002
U16	1	Salixkoja, se detaljritning 1180-L-18-6-0002
U17	1	Bänk, typ Hags artnr. 8077094.
U18	1	Lekpaviljong, se detaljritning 1180-L-16-6-0004
U19	1	Sandbord, typ Tress artnr. 713301
U20	4	Stamskydd, typ JOM artnr. 510303
U21	4	Markgaller, Klassiskt 2,0, Ø 1500/700, art.nr CLK15070, typ JOM
U22	3	Stolpe till solsegel, typ Lekolar artnr. 62 162. Avstånd mellan stolpar 5m. Förankras med betongfundament i mark.

Bet	Antal	Latinskt namn	Svenskt namn	CC (cm)	Kvalitet	Anmärkningar
P1	79	Anaphalis margaritacea	Pärlefernell	40	A-kv Co	
P2	166	Artemisia ludoviciana 'Silver Queen'	Vitmalört	30	A-kv Co	
P3	34	Asperula taurina	Skärmåra	30	A-kv Co	
P4	307	Dendranthema zawadskii 'Clara Curtis'	Höstkrage	25	A-kv Co	
P5	66	Eurybia herveyi 'Twilight'	Storbladig aster	35	A-kv Co	
P6	56	Fragaria vesca 'Rödluvan'	Smultron	20	A-kv Co	
P7	11	Leucanthemum vulgare 'Maikönigin'	Prästkrage	55	A-kv Co	
P8	47	Linaria purpurea 'Canon Went'	Purpursporre	20	A-kv Co	
P9	35	Lysimachia clethroides	Viftysing	35	A-kv Co	
P10	65	Mentha 'Strawberry'	Citronmynta	25	A-kv Co	
P11	142	Scutellaria scordifolia	Sibirisk frossört	30	A-kv Co	
P12	25	Spartina pectinata	Gullbandsgräs	45	A-kv Co	

Bet	Antal	Latinskt namn	Svenskt namn	Kvalitet	Anmärkningar
L1	2	Iris Reticulata-Gruppen 'D.J. Diji'	Väris		Höstplant. Varje symbol motsvarar 40 lökar, planteras i grupper om 5.
L2	4	Tulip gesneriana Darwinhybrid-Gruppen 'Pink Impression'	Darwintulpan		Likt ovan
L3	4	Tulipa Darwinhybrid-gruppen 'Apricot Impression'	Darwintulpan		Likt ovan
L4	4	Tulipa Darwinhybrid-Gruppen 'Daydream'	Darwintulpan		Likt ovan

Bet	Antal	Latinskt namn	Svenskt namn	Kvalitet	Anmärkningar
T1	2	Eleagnus angustifolia	Smalbladig silverbuske	Hst 3x 12-14 K	
T2	4	Robinia pseudoacacia 'Semperflorens'	Robinia	Hst 4x 20-25 K	

FÖRKLARINGAR

- Fastighetsgräns
- Åtgärdsområde
- Byggnad, fasadliv i mark
- Entré
- T00 Träd, art enligt växtlista
- B00-00 Buskar, art-antal, enl växtlista
- K00-00 Klätterväxt, art-antal, enl växtlista
- L00-00 Lökväxter, art-antal, enl växtlista
- P00-00 Perenner, art-antal enl växtlista
- U00 Utrustning enl utrustningslista

ST1 Staket, typ Gunnebo, höjd 2,5 meter, grön kulör.

ST2 Kastanjestaket runt skolträdgård

R1 Planteringskydd enligt detaljritning 1180-L-18-6-0001

G1 Grind av kastanjestölar, bredd 1,5 m

ML1 Målad linje, asfaltsmålning

ML2 Målad linje, bef. förbättringsmålas

Befintlig belysningsstolpe/ belysningspollare

Befintlig sopkorg

Lövråd, nytt

Lövråd, inmätt, bevaras

FÖRESKRIFTER

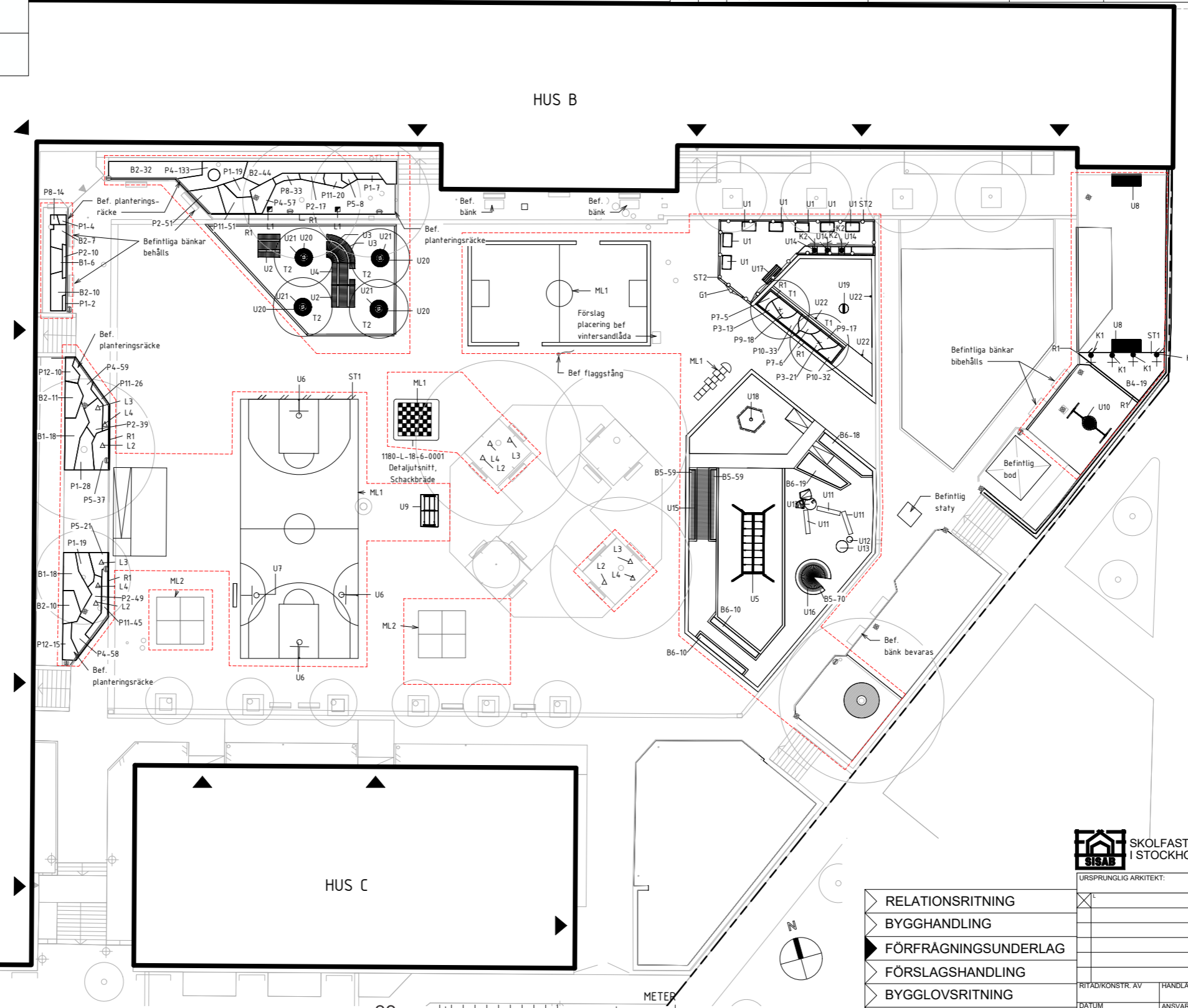
Alla mått i meter om ej annat anges. Koordinatssystem SWEREF 99 18 00. Höjdsystem RH 2000.

Ritningen baseras på underlag av varierande kvalitet (marksötselhandlingar samt till viss del inmätningar). För alla åtgärder måste därför befintlig situation bedömas på plats innan arbete utförs.

Befintliga träd ska bevaras och skyddas. Vid markåtgärder nära befintlig vegetation ska stor försiktighet iakttas så att rötter ej skadas.

HÄNVISNINGAR

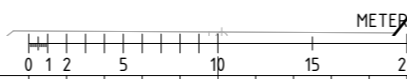
- 1180-L-D-01- Rambeskrivning
- 1180-L-01-1-0001- Situationsplan
- 1180-L-10-1-0001- Befintlighets- och rivningsplan
- 1180-L-16-1-0001- Markplaneringsplan
- 1180-L-16-6-0001- Trädäck, TRÄ1, TRÄ2 och måltavla, TRÄ3
- 1180-L-16-6-0002- Rund trädgård, TRÄ5, träsgård, TRÄ6 och träkant, KS2
- 1180-L-16-6-0003- Scen, TRÄ7
- 1180-L-16-6-0004- Lekpaviljong, U21
- 1180-L-18-6-0001- Principdetalj salixkoja, U13, salixgång, humlestör, U17 och schackbräde



<input checked="" type="checkbox"/>	RELATIONSRTITNING
<input checked="" type="checkbox"/>	BYGGHANDLING
<input checked="" type="checkbox"/>	FÖRFRÅGNINGSUNDERLAG
<input checked="" type="checkbox"/>	FÖRSLAGSHANDLING
<input checked="" type="checkbox"/>	BYGGLOVSRITNING
<input checked="" type="checkbox"/>	FÖRHANDSKOPIA



URSPRUNGLIG ARKITEKT:	BET	ÄNDRINGEN AVSER	SIGN	DATUM
	SOFIA SKOLA			
	Malmen 1			
	Planterings- och utrustningsplan			
RITAD/KONSTR. AV DATUM 2023-01-20	HANDLAGGARE ANSVARIG	ARBETSNUMMER 1180-L-18-1-0001	RITINGSNUMMER 1180-L-18-1-0001	SKALA (A1) 1:200 BET



Bilaga 4

41 40 2 35 36 37 38 39

ÄLVSJÖ 1:1



- ANMÄRKNINGAR**
- AM1 BEFINLIGT TRÄD/ROTSYSTEM TILL TRÄD SOM SKA BEVARAS.
 - AM2 SKYDDSZON FÖR TRÄD SOM STÅNGSLAS IN. ARBETEN INOM SKYDDSZON UTFÖRS SIST.
 - AM3 BERG I DAGEN SOM BEVARAS.
 - AM4 BAKSAND I SANDBARKBOD ENLIGT PLANTERINGS- OCH UTRUSTNINGSPÅN M-32-1-001
 - AM5 NEDGRÄVD KASSUN TILL AVFALLSBEHÅLLARE ENLIGT PLANTERINGS- OCH UTRUSTNINGSPÅN M-32-1-001
- HÄNVISNINGAR**
- SÄDD, PLANTERING OCH UTRUSTNING SE RITNING M-32-1-001

- FÖRKLARINGAR**
- GRANS FÖR ARBETSOMRÅDE. RITAD 1 M UTANFÖR GALLANDE GRÄNS
 - FASTIGHETSGRÄNS
 - BELÄGNINGSKANT
 - GRÄNS KVARTERSGATA
 - KS1 SÄRG TRÄ, VISNING 5 CM MOT SANDTYTA, VISNING 10 CM MOT ÖVRIGA TYTOR
 - KS2 KANT I RAD NATURSTEN 300-400 MM SÄTTS TILL 2/3 NED I UNDERLAGET
 - KS3 BETONGKANTSTEN SKARPKANT, 300 SATT I BETONG
 - KS4 GRANITKANTSTEN TYP RV2, 300 SATT I BETONG
 - KS5 GRANITKANTSTEN TYP RV2, 400 SATT I BETONG
 - F1 1 RAD BETONGPLATTA 350x350 I NIVÅ MED MARK
 - F2 1 RAD BETONGPLATTA 175x350 I NIVÅ MED MARK
 - F3 1 RAD BETONGPLATTA 350x350 LÅNGS FASAD
 - RD RÄNNDALSPLATTA SATT I BETONG
 - R RÄCKE PÅ MUR ENLIGT DETALJ PÅ M-30-6-004
 - LS LEDSTÅNG ENLIGT DETALJ PÅ M-30-6-004
 - L-STÖD BETONG, MURKRÖN HÖJD. VISNING 7 CM MOT PLANTERINGSYTA
 - M1 M-0000 TRAPPA BLOCKSTEN BETONG
 - TR NY HÖJD
 - +0.00 BEF HÖJD SOM BEVARAS
 - 0.00 BEF HÖJD SOM UTGÅR
 - +0.00 ILLUSTRATIONSLINJE - BELÄGNINGSGRÄNS
 - AVRINNINGSVECK/DIKES ANVISNING
 - BELYSNINGSTOLPE/LADDSTOLPE ELBLI ENLIGT EL-HANDLINGAR
 - MÄNING EXTRUDERAD MARKERINGSMASSA VIT SKYLT
 - UTBREDDNING PARKERING RÖRELSEHINDRADE
 - UTBREDDNING BALKONGER VÄN 2
 - NYTT TRÄD
 - NY SOLITÄRBUSKE
 - BEFINLIGT TRÄD SKYDDAT ENLIGT DETALJPLAN
 - BRUNNAR ENLIGT VA-HANDLINGAR
 - KANTSTENSVISNING I CM
- BELÄGGNINGAR**
- FÖR ÖVERBYGGNADSTYP SE NORMALSEKTIONS-RITNINGAR
- (A1) KÖRBANA ASFALTYTA, TOPPBELÄGGNING
 - (A2) GC-VÄG ASFALTYTA
 - (A3) KÖRBANA ASFALTYTA
 - (B1) GC-VÄG BETONGPLATTOR
 - (B2) UTEPLATS BETONGPLATTOR
 - (B3) GC-VÄG BETONGPLATTOR. MONSTER ENLIGT DETALJRITNING M-30-6-004
 - (PL) VÄXTBÄDD PLANTERINGSYTA JORD A. T.500 MM
 - (PL2) VÄXTBÄDD I ODLINGSLÅDA/PLANTERINGSKÄRL
 - (PL3) REGNBÄDD
 - (PL4) SVACKDIKE
 - (PL5) VÄXTBÄDD MED SUBSTRAT
 - (PL6) VÄXTBÄDD SURJORDSPLANTERING. T.500 MM
 - (PL7) VÄXTBÄDD FÖR GRÄS OCH ÄNG. T.200 MM
 - (TG) TRÄDGROP JORD A. T.1000 MM
 - (TG2) TRÄDGROP JORD A. T.800 MM
 - (TG3) TRÄDGROP I ÄNG. T.1000 MM
 - (BS) BAKBAR SAND T.400 MM
 - ÅTERSTÄLLNING
 - BOTTENUTBREDDNING MAGASIN
 - BOTTENUTBREDDNING BIODOL

BET	ANT	ANDREAN AVSER	SGN	DATUM
BYGGHANDLING				
Stockholmshem				
ed ge				
KOORDINATSYSTEM:		SWEREF 99 18 00		
HÖJDSYSTEM:		RH 2000		
BJURBÄCKEN				
UTFORMNINGSG- OCH NIVÅSÄTTNINGSPÅN				
SKALA	A1 1:200 A3 1:400	NUMMER	M-31-1-0 01	

Bilaga 5

ÄLVVSJÖ 1:1



FÖRKLARINGAR

- BEFINTLIGT TRÄD SOM SPARAS
- NYTT TRÄD HÖGSTAM
- NYTT TRÄD STAMBUSK/UNGTRÄD
- NY SOLITÄRBUSKE
- NY KLÄTTERVÄXT, A-KVALITET
- NY SOLITÄRPERENN, NY BÄRBUSKE, NY HÄCKPLANTA, A-KVALITET
- FINMAKADAM T:150 MM OVANPÅ VÄXTBÄDD.
- BIHOTELL, STENMJÖL 0-4, OVANPÅ VÄXTBÄDD.
- BIHOTELL, STENMJÖL 0-8, OVANPÅ VÄXTBÄDD.
- GRÄSSÄDD
- ÄNGSSÄDD
- PLANTERINGSYTA, ART - ANTAL
- ÅTERSTÄLLNING

UTRUSTNING

- Cykelpollare c/c 1,0 m. Plats för 2 cykel-p/pollare.
- Sofa med ryggstöd och armstöd
- Bänk
- Solssoffa
- Normalbord
- Papperskorg, 80 L
- Ddlingslåda
- Grill
- Fågelholk
- Trampsten
- Natursten
- Papperskorg, 140 L
- Insektshotell
- Spaljé enligt ritning M-30-6-003
- Sandlåda för halkbekämpning
- Sandbäckbord
- Skärm vid uteplats
- Spaljé av armeringsnät på fasad
- Böttentömmande avfallsbehållare för installation i nedgrävd kassun, restavfall
- Böttentömmande avfallsbehållare markstående, matavfall
- Planteringskärl

ANMÄRKNINGAR

- BEFINTLIGT TRÄD/ROTSYSTEM TILL TRÄD SOM SKA BEVARAS.
- SKYDDSZON FÖR TRÄD SOM STÄNGLÄS IN. ARBETEN INOM SKYDDZON UTFÖRS SIST.
- NATURMARK SOM ÅTERSTÄLLS.
- BERG I DAGEN SOM BEVARAS.
- PLATS FÖR FAUNADEPÅ T.E.X. TRÄDSTOCK. INGÅR E.J.I. ENTREPRENAD.
- GRÄSYTA SOM ÅTERSTÄLLS.

BET	ANT	ANDRNING AVSER	SEEN	DATUM
BYGGHANDLING				
Stockholmshem				
<i>ed se</i>				
KOORDINATSYSTEM:		SWEREF 99 18 00		
HÖJDSYSTEM:		RH 2000		
BJURBÄCKEN				
PLANTERINGS- OCH UTRUSTNINGSPÅN				
SKALA	A1 1:200 A3 1:400	NUMMER	M-32-1-0.01	

Bilaga 6

Samtliga växtlistor för det befintliga förslaget av Bjurbäcken

Träd				
Bet	Antal	Latinskt namn	Svenskt namn	Kvalitet
T1	2	Alnus incana 'Laciniata'	Flikbladig gråal	högstam 4x kl 18-20
T2	3	Betula pendula fk Julita E	Vårtbjörk	högstam 4x kl 18-20
T3	1	Celtis occidentalis	Bäralm	högstam 4x kl 18-20
T4	6	Malus floribunda	Rosenapel	högstam 4x kl 18-20
T5	1	Prunus avium 'Heidi'	Sötkörsbär	stamhöjd 120-140, RCB/3xkl 16-18
T6	1	Prunus avium 'Lapins' E	Sötkörsbär	stamhöjd 120-140, RCB/3xkl 16-18
T7	1	Prunus avium 'Merton Glory' E	Sötkörsbär	stamhöjd 120-140, RCB/3xkl 16-18
T8	1	Prunus avium 'Stella'	Sötkörsbär	stamhöjd 120-140, RCB/3xkl 16-18
T9	4	Prunus cerasus 'Skuggmorell'	Surkörsbär	co 30 liter, omplanterad 3-4 års
T10	1	Prunus domestica 'Victoria'	Plommon	stamhöjd 120-140, RCB/3xkl 16-18
T11	1	Prunus domestica 'Reine Claude d'Oullins' E	Plommon	stamhöjd 120-140, RCB/3xkl 16-18
T12	1	Prunus 'Opal' E	Plommon	stamhöjd 120-140, RCB/3xkl 16-18
T13	3	Prunus padus FK Ultuna E	Hägg	högstam 3x kl 18-20
T14	1	Pyrus communis 'Jut'	Gråpäron	högstam, RCB/3xkl 16-18
T15	2	Quercus palustris	Kärrek	högstam 4x kl 20-25
T16	1	Quercus rubra E	Rödek	högstam 4x kl 20-25
T17	4	Quercus robur fk ULTUNA E	Skogsek	högstam 4x kl 18-20
T18	4	Salix caprea	Sälg	stambusk co 20-25 Air-Pot
T19	5	Sorbus aucuparia 'Fastigiata'	Pelarrön	ungträd co/kl 150-175
Bärbuskar				
Bet	Antal	Latinskt namn	Svenskt namn	Kvalitet
F1	2	Ribes (Krusvinbär-gruppen) 'Josta'	Krusvinbär	busk co 3,5 l
F2	1	Ribes rubrum (Röda Vinbär-gruppen) 'Jonkheer van Tets'	Röda vinbär	busk co 3,5 l
F3	2	Ribes rubrum (Svarta Vinbär-gruppen) 'Narve Viking'	Svarta vinbär	busk co 3,5 l
F4	1	Ribes rubrum (Rosa Vinbär) 'Pink champagne'	Rosa vinbär	busk co 3,5 l
F5	2	Ribes rubrum (Vita Vinbär-gruppen) 'Vit Jätte'	Vita vinbär	busk co 3,5 l
F6	1	Rubus (björnbär-gruppen) 'Chester'	Björnbär	busk co 3,5 l
F7	2	Rubus (björnbär-gruppen) 'Loch Tay'	Björnbär	busk co 3,5 l
F8	1	Ribes uva-crispa 'Black Velvet'	Krusbär	busk co 3,5 l
F9	1	Ribes uva-crispa 'Spine-free'	Krusbär	busk co 3,5 l
F10	1	Vaccinium angustifolium 'Emil'	Lågväxande hybridblåbär	busk co 2 l
F11	1	Vaccinium corymbosum 'Bluecrop'	Amerikanska blåbär	busk co 3,5 l
F12	1	Vaccinium corymbosum 'Patriot'	Amerikanska blåbär	busk co 3,5 l
F13	1	Ficus carica 'King'	Fikon	co 3,5 l 40-50

Buskar				
Bet	Antal	Latinskt namn	Svenskt namn	Kvalitet
B1	3	Amelanchier alnifolia FK Alvdal E 'Martin'	Bärhäggmispel	solitär 3x kl 150-175
B2	1	Amelanchier laevis fk BÄCKLÖSA E	Kopparhäggmispel	solitär 3x kl 150-175
B3	10	Amelanchier laevis fk BÄCKLÖSA E	Kopparhäggmispel	solitär 3x kl 150-175
B4	15	Aronia melanocarpa 'Glorie' E	Svartaronia	busk co 3,5 l, c/c 60 cm
B5	1	Aronia x prunifolia 'Viking'	Slånaronia	busk co 3,5 l
B6	9	Buddleja davidii NANHO BLUE	Syrenbuddleja	solitär co/kl 125-150
B7	4	Buddleja davidii NANHO WHITE	Syrenbuddleja	solitär co/kl 125-150
B8	108	Chamaecytis purpurea	Rosenginst	co 3,5 l, c/c 60 cm
B9	1	Cornus kousa var. Chinensis 'China Girl'	Kinesisk blomsterkornell	Solitär 3x kl, 125-150
B10	2	Corylus (Hasselnöt-gruppen) 'Jättenöt från Halle'	Hasselnöt	busk co 10 l
B11	3	Cotinus coggygria 'Young Lady'	Perukbuske	solitär co/kl 100-125
B12	3	Hamamelis x intermedia 'Arnold Promise'	Hybridtrollhassel	solitär 3x kl 100-125
B13	1	Hamamelis x intermedia 'Diane'	Hybridtrollhassel	solitär 3x kl 100-125
B14	467	Lonicera caerulea var. kamtschatica ANJA@ E	Blåbärstry	busk co 3,5 l, c/c 60 cm
B15	54	Lonicera caerulea var. kamtschatica ANJA@ E	Blåbärstry	busk co 3,5 l, c/c 60 cm
B16	72	Lonicera nitida 'Maigrun'	Myrtenry	busk co 3,5 l, c/c 60 cm
B17	251	Ribes alpinum 'Pumillium'	Dvärgmåbär	busk co 3,5 l, c/c 80
B18	1	Sambucus nigra Black lace	Blodfläder	solitär co/kl 125-150
B19	3	Sorbus frutescens fk Ås E	Pärrön	solitär 3x kl, 125-150
B20	2	Viburnum furcatum	Japanskt gaffelolvon	solitär co/kl 50-60
Lökväxter				
Bet	Antal	Latinskt namn	Svenskt namn	Kvalitet
L1	88	Allium 'Mount Everest'	Skägglök	A-kval co, c/c 35 cm
L2	80	Chionodoxa lucilliae	Vårstjärna	A-kval co, c/c 35 cm
L3	370	Crocus tommasinianus	Snökrokus	A-kval co, c/c 15 cm
L4	370	Crocus tommasinianus 'Albus'	Vit snökrokus	A-kval co, c/c 15 cm
L5	370	Crocus vernus 'Pickwick'	Vårkrokus	A-kval co, c/c 15 cm
L6	15	Eremus robustus	Jättestäpplija	A-kval co, c/c 35 cm
L7	450	Fritillaria meleagris	Kungsängslilja	A-kval co, c/c 20 cm
L8	450	Galanthus nivalis	Snödroppe	A-kval co, c/c 20 cm
L9	450	Leucojum vernum	Snöklocka	A-kval co, c/c 20 cm
L10	450	Puschkinia scilloides 'Alba'	Porslinshyacint	A-kval co, c/c 15 cm
L11	450	Scilla siberica	Rysk blåstjärna	A-kval co, c/c 15 cm

Perenner				
Bet	Antal	Latinskt namn	Svenskt namn	Kvalitet
P1	98	Achillea 'Terracotta'	Röllika	A-kval co, c/c 35 cm
P2	34	Achillea 'Terracotta'	Röllika	A-kval co, c/c 35 cm
P3	75	Actaea racemosa	Silverax	A-kval co
P4	92	Agastache 'Black Adder'	Anisört	A-kval co, c/c 35 cm
P5	54	Anemone x hybrida 'Prinz Heinrich'	Höstanemon	A-kval co, c/c 35 cm
P6	52	Aquilegia vulgaris	Akleja	A-kval co, c/c 35 cm
P7	97	. Bistorta officinalis 'Superba'	Stor ormrot	A-kval co, c/c 35 cm
P8	92	Calamintha nepeta subsp. nepeta	Stenkyndel	A-kval co, c/c 35 cm
P9	54	Carex muskingumensis	Palmstarr	A-kval co, c/c 35 cm
P10	34	Carex pilosa 'Copenhagen Select'	Starr	A-kval co, c/c 35 cm
P11	139	Dryopteris filix-mas	Träjon	A-kval co, c/c 35 cm
P12	69	Euphorbia characias subsp. wulfenii	Törel	A-kval co, c/c 35 cm
P13	67	Eurybia divaricata	Vit skogsaster	A-kval co, c/c 35 cm
P14	157	Fragaria vesca 'Rödluvan'	Smultron	A-kval co, c/c 30 cm
P15	100	Fragaria x vesca 'Rebecka'	Smulgubbe	A-kval co, c/c 30 cm
P16	63	Geranium x cantabrigiense 'St. Ola'	Biokovonäva	A-kval co, c/c 35 cm
P17	34	Geranium phaeum 'Album'	Brunnäva	A-kval co, c/c 35 cm
P18	54	Helleborus niger	Julros	A-kval co, c/c 35 cm
P19	54	Helleborus orientalis	Orientalisk julros	A-kval co, c/c 35 cm
P20	14	Iris 'Harbor Blue'	Trädgårdsis	A-kval co, c/c 35 cm
P21	14	Iris 'Joanna'	Trädgårdsis	A-kval co, c/c 35 cm
P22	34	Lythrum salicaria	Fackelblomster	A-kval co, c/c 35 cm
P23	10	Miscanthus sinensis 'Yaku-jima'	Miskantus	A-kval co 2l, c/c 80 cm
P24	199	Miscanthus sinensis 'Gracillimus'	Miskantus	A-kval co 2l, c/c 50 cm
P25	34	Molinia caerulea 'Edith Dudzus'	Blåtåtel	A-kval co, c/c 35 cm
P26	182	Molinia caerulea arundinacea 'Transparent'	Jättetåtel	A-kval co, c/c 35 cm
P27	7	Peaonea lactiflora 'Festiva Maxima'	Luktpion	A-kval co 1 l, c/c 50 cm
P28	7	Peaonea lactiflora 'Sarah Bernhardt'	Luktpion	A-kval co 1 l, c/c 50 cm
P29	16	Polypodium vulgare	Stensöta	A-kval co, c/c 30 cm
P30	8	Rubus x stellarcticus 'Beata'	Allåkerbär	A-kval co 0,8 l, c/c 30 cm
P31	8	Rubus x stellarcticus 'Anna'	Allåkerbär	A-kval co 0,8 l, c/c 30 cm
P32	140	Rudbeckia fulgida 'Goldsturm'	Strålrudbeckia	A-kval co, c/c 35 cm
P33	34	Rudbeckia fulgida 'Goldsturm'	Strålrudbeckia	A-kval co, c/c 35 cm
P34	86	Sesleria nitida	Glansälväxing	A-kval co, c/c 35 cm
P35	48	Vaccinium vitis-idaea 'Red Pearl'	Lingon	A-kval co 1 l, c/c 30 cm
P36	52	Verbena bonariensis	Jätteverbena	A-kval co, c/c 35 cm
P37	52	Veronicastrum virginicum	Kransveronika	A-kval co, c/c 35 cm
P38	319	Vinca minor	Vintergröna	A-kval co, c/c 35 cm

Häck- och landskapsväxter				
Bet	Antal	Latinskt namn	Svenskt namn	Kvalitet
H1	12	Aronia x prunifolia	Slånaronia	häck 50-80, c/c 100
H2	20	Cornus sericea 'Flaviramea'	Gullkornell	häck 50-80, c/c 100
H3	78	Lonicera caerulea fk FALUN E	Blåtry	häck 50-80, c/c 100
H4	95	Rosa glauca 'Nova' E	Daggros	häck 50-80, c/c 100
H5	12	Salix rosmarinifolia	Rosmarinvide	häck 50-80, c/c 100
Klätterväxter				
Bet	Antal	Latinskt namn	Svenskt namn	Kvalitet
K1	30	Hydrangea anomala ssp. Petiolaris	Klätterhortensia	co/kl 25-30
K2	30	Lonicera henryi	Vintertry	A-kval cc
K3	2	Clematis vitalba	Skogsklematis	A-kval cc
K4	10	Clematis montana var. grandiflora	Klematis	A-kval cc
K5	8	Clematis montana var. rubens 'Mayleen'	Klematis	A-kval cc
K6	8	Clematis 'Hagley Hybrid'	Klematis	A-kval cc
K7	58	Hydrangea anomala ssp. Petiolaris	Klätterhortensia	co/kl 25-30
K8	1	Vitis 'Reliance'	Vin	A-kval co 1,5 l, c/c 60 cm
K9	1	Vitis 'Somerset Seedless'	Vin	A-kval co 1,5 l

Publicering och arkivering

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

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

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