Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

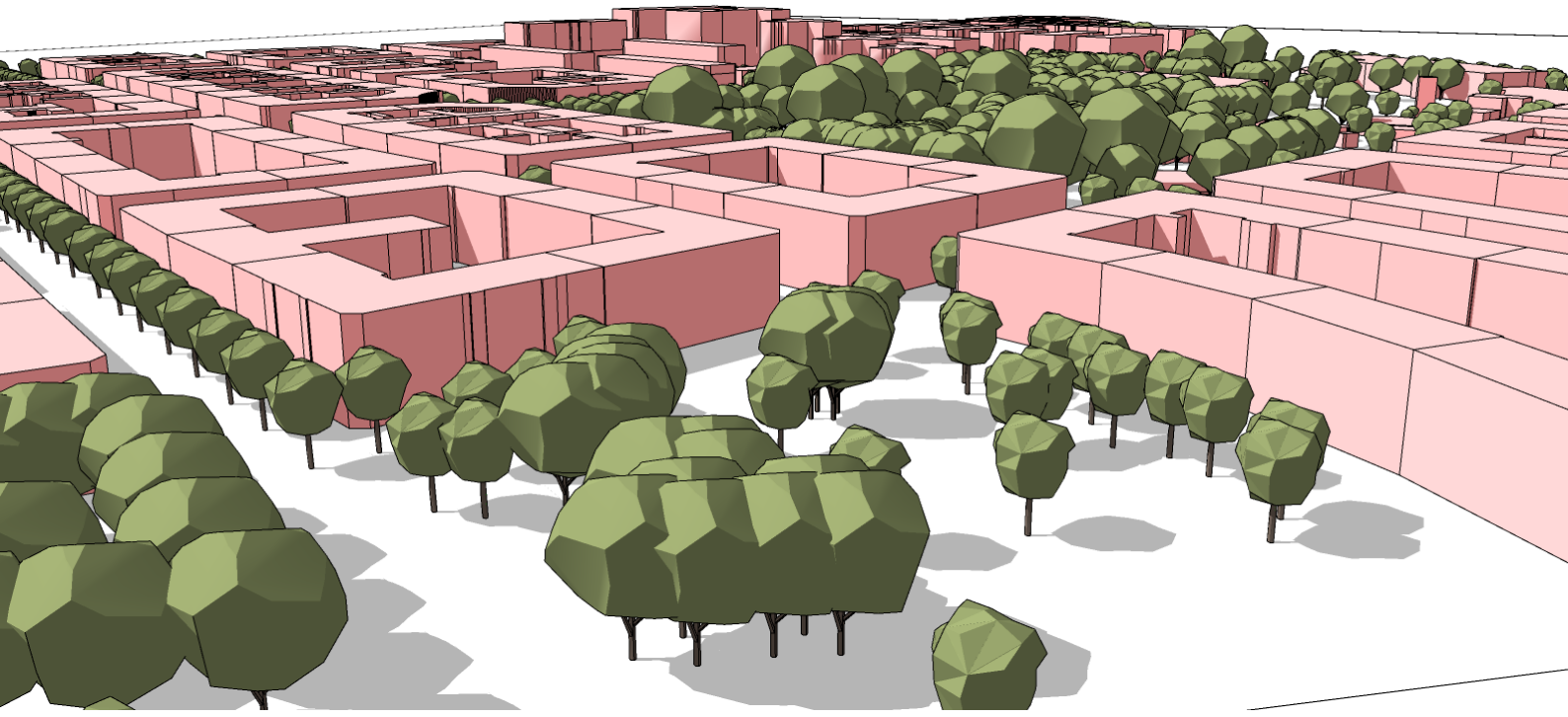
Vad kommer 1 % höjning av krontäckningsgraden få för effekt för Möllevångens lokalklimat?

– En analys av projektet Grönare Möllan med fokus på ekosystemtjänsten temperaturreglering

How will 1 % increase of the crown coverage effect the local climate on Möllevången?

– A analysis of the project Grönare Möllan with focus on the ecosystem service temperature regulation

Clara Zetterlund



Examensarbete • 30 hp
Landskapsarkitekturprogrammet
Alnarp 2019

Vad kommer 1 % höjning av krontäckningsgraden få för effekt för Möllevångens lokalklimat?

– En analys av projektet Grönare Möllan med fokus på ekosystemtjänsten temperaturreglering

How will 1 % increase of the crown coverage effect the local climate on Möllevången?

– A analysis of the project Grönare Möllan with focus on the ecosystem service temperature regulation

Clara Zetterlund

Handledare:	Johanna Deak Sjöman, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Bitr. handledare:	Henrik Sjöman, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Examinator:	Åsa O. Sang, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Bitr. examinator:	Anna Sunding, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Omfattning:	30 hp
Nivå och fördjupning:	Avancerad nivå, A2E
Kurstitel:	Independent Project in Landscape Architecture
Kursansvarig inst:	Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Kurskod:	EX0846
Program/utbildning:	Landskapsarkitektprogrammet
Utgivningsort:	Alnarp
Utgivningsår:	2019
Omslagsbild:	Producerad i SketchUp av Clara Zetterlund
Elektronisk publicering:	https://stud.epsilon.slu.se
Nyckelord:	urban värmeö, yttemperatur, strålningstemperatur, trädkrontäckning, temperaturreglering

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap
Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Abstract

The thesis includes a scientific analysis of the actual effect of increasing the tree canopy coverage rate in an urban environment in Malmö in terms of the ecosystem service temperature regulation. The background is a project called *Grönare Möllan* which is operated by the municipality of Malmö and includes the planting of 163 new trees within the area Möllevången which is 53 hectares in size. According to the municipality's own calculations this act will increase the canopy coverage rate by 1 %. The aim of the work is to evaluate how large the effects of the proposal *Grönare Möllan* will have on the local climate regarding temperature regulation, and to investigate whether these effects can be further developed in terms of spatial qualities linked to temperature regulation. This is done through an analysis of the ground cover distribution linked to surface temperatures and through a shading study linked to the location of the new tree species.

The purpose of this work is to investigate the impact of urban trees on thermal comfort and to highlight the importance of understanding the link between tree canopy measure and site qualities of temperature regulation. It concludes how deep knowledge in climate planning is a prerequisite for creating long-term sustainable cities.

The result from this study shows a 3 % increase in the canopy coverage rate in the area of Möllevången as a result of the proposal *Grönare Möllan*, which differs from Malmö's own calculation. Theoretically, this increase gives effects on the local temperature through a larger amount of tree-shaded area compared to today. In the summertime, an expected decrease in surface temperatures in street environments caused by tree shade can be up to 19 °C, compared to an unshaded paved surface, which, due to spatial parameters, also causes lower radiation temperatures. This is regarded as positive, since the urban heat island effect is likely to increase by future climate change, which poses major challenges to Malmö's ability to handle heat-related problems. The temperature-reducing effect caused by the proposal *Grönare Möllan* can cover more areas and also benefit a greater part of the inhabitants through adjustments of tree species and the position of the trees.

In winter time, an increased amount of shaded surface will cause a reduction in surface temperature by up to 4 °C, which in winter time is considered negative for thermal comfort. However, an increase in the number of trees will have effects on wind flows, which in winter time has a greater temperature regulating effect than solar radiation. This study does not include the movement of wind in the area and therefore cannot provide a comprehensive picture of the tree's impact on the local climate in that respect.

Sammanfattning

Uppsatsen innefattar en vetenskaplig analys av den faktiska effekten av att höja trädkrontäckningsgraden i en urban miljö i Malmö mätt i ekosystemtjänsten temperaturreglering. Bakgrunden är projektet Grönare Möllan som drivs av Malmö stad och omfattar en plantering av 163 nya träd inom området Möllevången som är 53 hektar stort, vilket enligt kommunens egna beräkningar kommer höja krontäckningsgraden med 1 %. Målet med arbetet är att utvärdera hur stora effekter förslaget Grönare Möllan kommer ha på lokalklimatet avseende temperaturreglering, samt att undersöka om dessa effekter kan utvecklas ytterligare avseende rumsliga kvaliteter kopplat till reglering av temperatur. Detta görs genom en analys av marktäckfördelningen kopplat till yttemperaturer samt genom en beskuggningsstudie kopplat till aktuella trädarters placering.

Syfte med arbetet är att undersöka stadsträdens inverkan på den termiska komforten och att belysa vikten av sambandet mellan beräkning av trädkrontäckning och platsspecifika effekter på temperatur samt hur en god kunskap om klimatplanering är en förutsättning för att skapa långsiktigt hållbara städer.

Resultatet från aktuell studie visar en höjning av krontäckningsgraden med 3 % inom området Möllevången till följd av förslaget Grönare Möllan, vilket skiljer sig från Malmö stads egen beräkning. Teoretiskt sätt ger denna höjning effekter på den lokala temperaturen genom en större mängd trädbeskuggad yta jämfört med idag. Sommartid kan en förväntad sänkning av yttemperaturer i gatumiljö orsakad av trädskugga vara upp till 19 °C, jämfört med en icke beskuggad hårdgjord yta, vilket beroende på rumsliga parametrar även orsakar lägre strålningstemperaturer. Detta anses som positivt eftersom den urbana värmeö-effekten, som ställer stora utmaningar på Malmös förmåga att hantera värmerelaterade problem, med stor sannolikhet kommer förvärras i och med framtida klimatförändringar. Den temperaturreducerande effekten orsakad av förslaget Grönare Möllan kan omfatta fler ytor och även gynna en större del av invånarna, genom justeringar av placering och val av trädart.

Vintertid kommer en ökad mängd beskuggad yta orsaka en sänkning av yttemperaturen med upp till 4 °C, vilket vintertid anses negativt för den termiska komforten. Däremot kommer en ökning av antalet träd ge effekter på vindflöden, vilket vintertid har en större temperaturreglerande effekt än vad solstrålning har. Denna studie innefattar inte vindens rörelse i området och kan därför inte ge en heltäckande bild av trädens påverkan på lokalklimatet.

Förord

Detta är en masteruppsats inom landskapsarkitektur och sista delen av min utbildning till landskapsarkitekt vid Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp. Något som verkligen engagerat mig under utbildningen är klimatförändringarna och stadsträdens förmåga att lindra effekten av dessa. Därför var det självklart att göra mitt exjobb om stadsträd på något sätt. Min praktik på Malmö stad hade en avgörande roll i sökandet efter den perfekta frågeställningen. Där fick jag vara delaktig i projektet Grönare Möllan som väckte ett intresse och en nyfikenhet att ta reda på hur stora effekter insatsen kommer generera sett till ekosystemtjänster. Jag vill tacka Caroline Larsson, projektledare för Grönare Möllan, för all hjälp med arbetet och för det alltid positiva bemötandet!

Jag vill också rikta ett stort tack till Malmö stad som gett mig en utmärkt arbetsplats och sammanhang med alla viktiga delar som kontinuerliga kaffepauser, höj och sänkbart skrivbord och välbehövlig input. Jag hoppas att mitt exjobb kan fungera som ett vägledande underlag för kommunens arbete med liknande insatser som syftar till att höja stadens krontäckningsgrad. Kanske kan denna uppsats även bidra till en framtid med städer som innehåller både välmående träd och välmående människor.

Jag vill rikta ett jättestort tack till min handledare Johanna Deak Sjöman vars hjälp varit utomordentlig och hållit min glöd vid liv genom hela arbetets gång.

Clara Zetterlund
Alnarp, augusti 2019

Innehållsförteckning

FIGURFÖRTECKNING....8

TABELLFÖRTECKNING....9

1. INLEDNING....10

1.1 BAKGRUND....11

1.2 MÅL & SYFTE....13

1.3 FRÅGESTÄLLNING....13

1.4 AVGRÄNSNING....13

1.5 METOD....15

Möllevångens uppbyggnad och bakgrund....15

Litteraturstudie....15

Analyser....15

1.6 BEGREPPSFÖRKLARING....22

2. MÖLLEVÅNGEN....24

2.1 MÖLLEVÅNGEN – ETT OMRÅDE FÖR UMGÄNGE OCH KULTURELLA UPPLEVELSER....28

2.2 MÖLLEVÅNGENS RUMSLIGA UPPBYGGNAD....30

Trädkrontäckning....33

Parker....35

2.3 VAD ÄR GRÖNARE MÖLLAN?....37

Placering....37

Trädkrontäckning....39

Växtbäddsuppbyggnad....40

Trädarter....40

3. LITTERATURSTUDIE....42

3.1 STADSKLIMATET....43

Strålning....43

Temperaturmätning....44

Urban värmeö & albedo....45

Vind....46

Vattenbalans....47

Malmös klimat idag....47

Klimatförändringarna....48

3.2 TRÄDENS EFFEKT PÅ STADSKLIMATET....48

Övergripande....48

Temperaturreglering....50

3.3 HÄLSA & TERMISK KOMFORT I STADEN....57
Sommar....57
Vinter....59
3.4 SAMMANFATTNING....60

4. RESULTAT....62
4.1 MARKTÄCKEANALYS....63
4.2 TEMPERATURANALYS....67
Temperaturkarta sommar....67
Temperaturkarta vinter....67
Temperatur park....72
4.3 BESKUGGNINGSANALYS....74
Beskuggningsanalys sommar....74
Beskuggningsanalys vinter....75
4.4 ANALYS AV ARTVAL....80

5. DISKUSSION & PROCESSREFLEKTION....82
5.1 MARKTÄCKEANALYS....83
5.2 TEMPERATURANALYS....84
Temperaturkarta sommar....85
Temperaturkarta vinter....86
5.3 BESKUGGNINGSANALYS....88
Beskuggningsanalys sommar....88
Beskuggningsanalys vinter....90
5.4 ANALYS AV ARTVAL....92
Gata....93
Torgyta....96
Park....99

6. AVSLUTNING....102
6.1 SLUTSATS....103
6.2 FRAMTIDSSPANING....105
Kan det bli för mycket träd?....105
Vad spelar tidsperspektivet för roll?....106
Hur ser framtiden ut?....107

7. REFERENSER....110

BILAGA 1....119

Figurförteckning

KAPITEL 1 - INLEDNING

Figur 1. Storleksgrupper för park- och gatuträd, illustrerad av Clara Zetterlund. 16

KAPITEL 2 - MÖLLEVÅNGEN

Figur 2. Karta över Skandinavien, Skåne län och Malmö kommun, illustrerad av Clara Zetterlund. 26

Figur 3. Ortofoto Möllevången, Malmö, hämtad från WebGIS (2019). 27

Figur 4. Fotografi från 1920-talet av Far i hatten, restaurang, bar, café och ölträdgård i Malmö Folkets park, ursprungligen ett vykort från Gleerups förlag. 29

Figur 5. Falsterbogatan, tvärställda parkeringsplatser, uteservering och gatuträd, foto Clara Zetterlund. 30

Figur 6. Ystadsgatan, närbutik med verksamhet på trottoaren , foto Clara Zetterlund. 30

Figur 7. Karta Möllevången, cykelstråk och målpunkter, illustrerad av Clara Zetterlund. 31

Figur 8. Karta Möllevången, verksamhet utomhus, illustrerad av Clara Zetterlund. 32

Figur 9. Karta Möllevången, marktäckefördelning, illustrerad av Clara Zetterlund. 33

Figur 10. Karta Möllevången, marktäckfördelning per park, illustrerad av Clara Zetterlund. 34

Figur 11. Flygfoto Folkets park, Malmö år 1923 (Malmö stadsarkiv, 2019). 36

Figur 12. Flygfoto Folkets park, Malmö år 2016 (WebGIS, 2019). 36

Figur 13. Karta Möllevången, placering av Grönare Möllan, illustrerad av Clara Zetterlund. 38

KAPITEL 3 - LITTERATURSTUDIE

Figur 14. Kort- och långvågig strålning utifrån Matzarakis et al (2010), illustrerad av Clara Zetterlund. 44

Figur 15. Klimatsimulering utförd i ENVI-met på yttemperaturer i Lomma Hamn 15 juli klockan 12:00 (Deak Sjöman, 2019). 53

Figur 16. Klimatsimulering utförd i ENVI-met på yttemperaturer i Lomma Hamn 15 januari klockan 12:00 (Deak Sjöman, 2019). 53

Figur 17. Klimatsimulering utförd i ENVI-met av Hans Rosenlund på strålningstemperaturer på en fiktiv bostadsgård i Malmö 15 juli klockan 14:00 (Saarela, 2014). 54

Figur 18. Klimatsimulering utförd i ENVI-met på strålningstemperaturer i Lomma Hamn 15 juli klockan 13:00 (Deak Sjöman, 2019). 54

Figur 19. Klimatsimulering utförd i ENVI-met på strålningstemperaturer i Lomma Hamn 15 januari klockan 12:00 (Deak Sjöman, 2019). 55

KAPITEL 4 - RESULTAT

Figur 20. Falsterboplan, marktäckefördelning nutid, illustrerad av Clara Zetterlund. 63

Figur 21. Falsterboplan, marktäckefördelning Grönare Möllan, illustrerad av Clara Zetterlund. 63

Figur 22. Möllevången, marktäckefördelning nutid, illustrerad av Clara Zetterlund. 64

Figur 23. Möllevången, marktäckefördelning Grönare Möllan, illustrerad av Clara Zetterlund. 65

Figur 24. Möllevången, temperaturanalys sommar nutid, illustrerad av Clara Zetterlund. 68

Figur 25. Möllevången, temperaturanalys sommar Grönare Möllan, illustrerad av Clara Zetterlund. 69

Figur 26. Möllevången, temperaturanalys vinter nutid, illustrerad av Clara Zetterlund. 70

Figur 27. Möllevången, temperaturanalys vinter Grönare Möllan, illustrerad av Clara Zetterlund. 71

Figur 28. Möllevången, Park cool island effect, illustrerad av Clara Zetterlund 73

Figur 29. Modell av Möllevången producerad i SketchUp av Clara Zetterlund. 74

Figur 30. Storleksgrupper för park- och gatuträd, illustrerad av Clara Zetterlund. 75

Figur 31. Möllevången, beskuggningsanalys nutid, 15 juli klockan 08:00, 12:00 och 16:00, producerad i SketchUp av Clara Zetterlund. 76

Figur 32. Möllevången, beskuggningsanalys Grönare Möllan, 15 juli klockan 08:00, 12:00 och 16:00, producerad i SketchUp av Clara Zetterlund. 77

Figur 33. Möllevången, beskuggningsanalys nutid, 15 januari klockan 08:00, 12:00 och 16:00, producerad i SketchUp av Clara Zetterlund. 78

Figur 34. Möllevången, beskuggningsanalys Grönare Möllan, 15 januari klockan 08:00, 12:00 och 16:00, producerad i SketchUp av Clara Zetterlund. 79

KAPITEL 5 - DISKUSSION

Figur 35. Klimatsimulering utförd i ENVI-met av Hans Rosenlund på strålningstemperaturer på en fiktiv bostadsgård i Malmö 15 juli klockan 13:00 (Saarela, 2014). 85

Figur 36. Möllevången, beskuggningsanalys Grönare Möllan, 15 juli klockan 16:00, producerad i SketchUp av Clara Zetterlund. 89

Figur 37. Möllevången, beskuggningsanalys Grönare Möllan, 15 januari klockan 12:00, producerad i SketchUp av Clara Zetterlund. 91

Figur 38. Trelleborgsgatan, 15 juli kl. 12:00, producerad i SketchUp av Clara Zetterlund. 93

Figur 39. Claesgatan, 15 juli kl. 10:30, kl. 14:30 och kl. 16:30. Producerad i SketchUp av Clara Zetterlund. 95

Figur 40. Torgyta utanför Coop, 15 juli kl. 14:00, producerad i SketchUp av Clara Zetterlund. 96

Figur 41. Södra Fisketorget, 15 juli kl. 16:00, producerad i SketchUp av Clara Zetterlund. 97

Figur 42. Möllevångstorget, ortofoto juli 2016 (WebGIS, 2019). 98

Figur 43. Sankt Knuts Torg, ortofoto juli 2016 (WebGIS). 98

Figur 44. Falsterboplan, 15 juli kl. 12:00 och kl. 16:00, nutid och förslaget Grönare Möllan, producerad i SketchUp av Clara Zetterlund. 100

Figur 45. Falsterboplan, 15 januari kl. 12:00 för, nutid och förslaget Grönare Möllan, producerad i SketchUp av Clara Zetterlund. 101

Tabellförteckning

Tabell 1. Linjedigram över förhållandet mellan markvolym och trädstorlek, sammanställd av Clara Zetterlund utifrån Urban (2008). 39

Tabell 2. Växtlista över samtliga trädarter som innefattas av projektet Grönare Möllan uppdelat i park- och gatuträd (Larsson, 2019). 41

Tabell 3. Tabell över albedovärde för olika material översatt från Santamouris (2011). 46

Tabell 4. Tabell över vindens avkylande effekt, sammanställd av Clara Zetterlund utifrån SMHI (2019e). 59

Tabell 5. Växtlista med planerade trädarter för projektet Grönare Möllan, innehåller parkträd för Falsterboplan och samtliga gatuträd. 80-81

Tabell 6. Växtlista med planerade trädarter för gator med öst till väst riktning. 94

Tabell 7. Växtlista med planerade trädarter för torgyta utanför Coop. 96

Tabell 8. Växtlista med planerade trädarter för Södra Fisketorget. 97

Tabell 9. Växtlista med planerade trädarter för Falsterboplan. 100

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Bakgrunden till detta arbete har varit ett projekt som heter Grönare Möllan som drivs av Malmö stad och omfattar en plantering av 163 nya träd i området Möllevången. Projektet genomförs med hjälp av Boverkets bidrag för Grönare Städer där syftet är att utveckla städer till gröna hälsosamma platser och bidra till att nå miljökvalitetsmålet God bebyggd miljö (Boverket, 2019). Av de 163 nya träd som innefattas av förslaget Grönare Möllan planeras 100 stycken för parkmiljö och 63 stycken för gatumiljö. Åtgärden kommer enligt Malmö stad höja den totala krontäckningsgraden för Möllevången med 1 % vilket är eftersträvansvärt då områdets krontäckning idag ligger runt 10 %, vilket är bland det lägsta inom Malmö innerstad (Larsson, 2019). Byggstart för projektet planeras för mars 2020 och slutdatum beräknas till december 2020.

Förutom att höja krontäckningsgraden kommer träden även att bidra med ekosystemtjänster. Stödet från Boverket skapar på så sätt en möjlighet att undersöka hur en kvalitetsfylld satsning av en ökad trädkrontäckning ser ut. En nyfikenhet och ett behov uppstod av att ta reda på vad denna, till synes lilla höjning, på 1 % faktiskt kan göra för skillnad. Hur stora är tjänsterna vi kan hämta hem om vi satsar på trädplantering i stadsmiljö i en skala som denna? Både ekologiska och ekonomiska argument som kan stärka trädens plats i stadsplaneringen behövs för att motivera politiker och medborgare att investera i stadsträd. Förutom att vara uppmärksam över platsernas rumsliga förutsättningar är även frågor som rör artsammansättning och etablering viktiga. Även hur trädens funktioner kan kopplas till Möllevångens identitetsskapande kvaliteter är intressant, det vill säga hur träden kan ha en positiv inverkan på platsen som en dynamisk umgänges- och mötesplats. Genom en vetenskaplig analys av förslaget Grönare Möllan kan man visa på möjligheter och svårigheter med att öka grönska i redan befintlig stadsmiljö och visa på den eventuella nyttan av en sådan åtgärd.

Uppsatsen omfattar en studie av den faktiska effekten av att plantera 163 träd på Möllevången mätt i ekosystemtjänsten temperaturreglering. Att studera Malmö utifrån ett temperaturperspektiv är relevant då staden idag har högst årsmedeltemperatur i Sverige (SMHI, 2019a) och kommer enligt SMHI:s prognoser fortsättningsvis vara landets varmaste plats (Persson et al, 2011). Eftersom klimatet står inför betydande förändringar under det kommande århundradet kommer den urbana värmeö-effekten ställa stora utmaningar på Malmös förmåga att hantera värmerelaterade problem.

Den urbana värmeö-effekten, som gör Malmö och andra storstadsområden varmare än omgivande landskap, har betydande effekt för människors hälsa och välbefinnande, vilket även kan ge omfattande ekonomiska konsekvenser (Lindberg & Grimmond, 2011). Ett exempel är värmeböljan i Europa 2003 som sammantaget skördade mer än 52 000 liv vilket gör den till en av de dödligaste klimatrelaterade katastroferna i västerländsk historia (Larsen, 2016). Orsaken till en förhöjd temperatur i stadsmiljö är till stor del andelen hårdgjord yta och dess förmåga att absorbera och lagra värme vilket gör att intensiteten i värmeö-effekten står i relation till graden av mänsklig påverkan genom urbanisering.

Problemet med en förhöjd temperatur i staden kommer med stor sannolikhet förvärras i och med klimatförändringarna. Enligt SMHI:s klimatanalys för Skåne län kommer årsmedeltemperaturen för

Malmö stiga från 8,4 °C till 13 °C till slutet av seklet (Persson et al, 2011). I dessa siffror finns inte lokala påverkningar som värmeö-effekten med i beräkningarna vilket betyder att medeltemperaturen för Malmö under vissa perioder antagligen kommer ligga på 1–7 °C högre än beräknat, om vi kan anta att värmeö-effekten ser likadan ut år 2100 (Christen & Vogt, 2004; Eliasson, 1996; Eliasson, 1994; Bärring et al, 1985).

En ökning av lufttemperaturen med 2–3 °C sommartid beräknas tredubbla frekvensen av värmeböljor, vilket kan leda till allvarliga hälsoproblem och öka antalet värmerelaterade sjukdomar och dödsfall (WHO/WMO/UNEP, 1996). Värmeböljor drabbar människor i städer hårdast, stadsträd kan därför spela en betydande roll eftersom de kan lindra värmeö-effekten och skapa ett behagligare klimat för människan (Deak Sjöman et al, 2015; Luxmoore et al, 2005). Möllevången är en stadsdel med ett rikt socialt liv där människor vistas utomhus i en stor grad (Malmö stad, 2006).

Konarska et al (2014) bekräftar att ett enda stadsträd har förmågan att minska värmerelaterade påfrestningar i urban miljö, vilket talar för att en ökning av träd kan komma att påverka Malmöbornas hälsa och komfort. Samtidigt är det viktigt att inte enbart se till sommarhalvåret utan även undersöka hur trädens temperaturreglerande egenskaper påverkar klimatet året om. På våra nordliga breddgrader skapar detta en viss komplexitet där trädens arkitektoniska uppbyggnad blir särskilt viktig – det vill säga hur blad- och grenverkens karaktär inverkar på beskuggning, dels under sommaren dels under vintern.

Genom trädens placering intill byggnader kan även effekter på den årliga energianvändningen uppnås genom skuggning av fasader sommartid och genom vindskydd av byggnader vintertid (Deak Sjöman et al, 2016; Nikoofard et al, 2011; Akbari & Konopacki, 2004). En låg energiförbrukning för uppvärmning och nedkylning av byggnader minskar i sin tur utsläppen från anläggningar för el- och värmeproduktion, vilket i förlängningen lindrar uppvärmningen av vår planet (Glaumann & Nord, Uteklimat, 1993; Luxmoore et al, 2005). Genom att minska intensiteten av värmeön kan man även indirekt minska behovet av att kyla ner bostäder, butiker och bilar, vilket också dämpar den globala uppvärmningen (Luxmoore et al, 2005).

Planeten står inför stora klimatförändringar som kommer orsaka en längre vegetationsperiod och i huvudsak milda, regniga vintrar och heta, torra somrar med intensiva värmeböljor (Persson et al, 2011). Kommuner, politiker, arkitekter och organisationer som styr utvecklingen av våra städer har en avgörande inverkan på hur väl stadens utformning hanterar effekterna av klimatförändringarna. Utan en förståelse och respekt för vilka konsekvenser utformningen kan ha på klimatet kan oönskade effekter uppstå som kan förvärra situationen ytterligare (Brown, 2010).

Utan god kunskap om klimatplanering kan vi inte heller dra nytta av stadsträdens fulla potential gällande dess många ekosystemtjänster (Deak Sjöman et al, 2015). Detta motiverar mig att skaffa mig en djupare förståelse för klimatets mekanismer och undersöka hur stadsträd kan användas i en smart klimatplanering. Arbete består därför av en analys av förslaget Grönare Möllan utifrån dess effekt på den lokala temperaturen, samt en reflektion över hur förslagets utformning och artval kan justeras för att ytterligare utveckla dess kapacitet som ett temperaturreglerande element året runt.

1.2 Mål & syfte

Målet med arbetet är att utvärdera hur stora eller små effekter förslaget Grönare Möllan kommer ha på lokalklimatet på Möllevången avseende temperaturreglering, samt att undersöka om dessa effekter kan utvecklas ytterligare avseende rumsliga kvaliteter kopplat till reglerande av temperatur.

Mitt syfte är att undersöka stadsträdens inverkan på den termiska komforten och att belysa vikten av en god kunskap om klimatplanering som en förutsättning för att kunna bygga långsiktigt hållbara städer. Målgrupp för resultatet är landskapsarkitekter och planerare som vill få en djupare inblick i klimatplanering för städer och i synnerhet hur träd kan påverka lokalklimatet i en urban miljö. Min förhoppning är att uppsatsen ska fungera som ett vägledande underlag för Malmö stad i arbetet med liknande insatser som syftar till att höja stadens krontäckningsgrad, men även till att föra en kritisk diskussion över hur kvantitativa insatser, som att öka antalet träd inom en stadsdel, hänger samman med kvalitativa aspekter där den platsspecifika nyttan blir avgörande.

1.3 Frågeställning

Frågeställningen består av två delar:

- Vilken temperaturreglerande roll spelar 1 % höjning av krontäckningsgraden för lokalklimatet på Möllevången?
- Kan effekten av temperaturreglering utvecklas ytterligare genom att justera placeringen och valet av trädart?

1.4 Avgränsningar

I denna uppsats behandlas i huvudsak träd i stadsmiljö, men andra växtmaterial som gräs, buskar och perenner har också en inverkan på lokalklimatet i en urban miljö och kommer därför att inkluderas i marktäckeanalysen, men resterande analyser kommer endast omfatta träd då fokus för Grönare Möllan projektet är krontäckningsgraden vilket är direkt kopplat till trädkronor.

Gällande ekosystemtjänster är det endast den temperaturreglerande nyttan som träd bidrar till som kommer undersökas. Andra ekosystemtjänster kopplat till träd är dagvattenhantering, luftrening, biologisk mångfald, mikroklimatreglering genom vindutjämning och lufttillströmning, samt estetiska och kulturella värden. Dessa kommer kortfattat behandlas i den inledande delen av litteraturstudien men kommer inte studeras på djupet kopplat till Grönare Möllan projektet då fokus för denna studie är ekosystemtjänsten temperaturreglering. Trädens påverkan på värme- och ljusförhållanden för inomhusmiljön kommer beröras utifrån de olika väderstreckens inverkan. För att avgränsa uppsatsens omfattning kommer inte faktiska siffror av dess effekt på energiförbrukningen att beröras.

Samtliga analyser görs för både vinter- och sommarförhållanden för att resultatet ska vara relevant för Sveriges klimat. Temperatur- och beskuggningsanalysen är begränsade till att endast redovisa

solida trädkronor. För vinterförhållanden innebär det att ingen hänsyn tagits till det faktum att en stor del av Möllevångens trädbestånd befinner sig i ett avlövat tillstånd. Anledningen till detta är att den variation av arkitektonisk uppbyggnad av vinterkronor som finns representerad inom området anses vara för omfattande för att behandla i denna studie. Programvaran SketchUp som används för beskuggningsanalysen anses därför ge ett för godtyckligt resultat om ett allmängiltigt objekt i form av ett avlövat träd används.

Gällande temperaturanalysen är det endast yttemperaturer som undersöks. Studier som behandlar strålningstemperatur avhandlas också i litteraturstudien men ingår endast som ett diskussionsunderlag. Ett mått på strålningstemperatur är relevant eftersom det möjliggör koppling till fysisk komfort med hjälp av ett PET-index. PET (fysiologisk ekvivalent temperatur) är ett värde som indikerar hur människokroppen fysiologiskt upplever den termiska komforten, och beräknas i detta arbete utifrån RayMan-modellen utvecklad av Matzarakis et al (2010).

Anledningen till att en grafisk kartläggning i form av en temperaturkarta inte har genomförts för strålningstemperatur är den komplexitet som ingår i ett mått på strålningstemperatur. Förhållandet mellan byggnaders höjd och bredd, vertikala material, termisk lagring, himmelsexponeringsfaktorn och andra faktorer som är svåra att överföra från en plats till en annan, påverkar strålningstemperaturen så pass mycket att en grafisk sammanställning skulle bli högst osäker och spekulativ. Platsrelevanta studier gällande strålningstemperatur ingår därför endast som ett diskussionsmaterial. Med hjälp av vetenskapliga publikationer och liknande fallstudier är det däremot möjligt att genomföra en analys av yttemperaturen som anses ge ett mer pålitligt resultat, eftersom denna inte är beroende av samma komplexitet vad gäller rumsliga förhållanden.

1.5 Metod

För att besvara de givna frågeställningarna har arbetet delats upp i fyra olika delar: 1) en genomgång av Möllevångens rumsliga uppbyggnad och historiska bakgrund, samt en presentation av projektet Grönare Möllan, 2) en litteraturstudie om temperatur kopplat till stadsmiljön, människan, träd etc., 3) ett antal analyser av förslaget Grönare Möllan, 4) en diskussion av resultatet från den vetenskapliga bakgrunden och analyserna, där förslagets temperaturreglerande kapacitet utvärderas.

Möllevångens uppbyggnad och bakgrund

Möllevångens historiska bakgrund behandlar till stor del Folkets parks historia och har därför inhämtats från boken *Malmö Folkets park* av Haraldsson (2017) samt från Malmö stads egna hemsida (Malmö stad, 2019b). Malmö stads *Utvecklingsplan för Möllevångens stadsmiljö* (2006) har bidragit med information kring områdets uppbyggnad och förutsättningar. Två studentarbeten om gentrifieringen av Möllevången av Sekaric (2014) samt Malmborg och Berg (2012) har också bidragit till bakgrundsbeskrivningen.

Information om projektet Grönare Möllan inhämtades genom granskning av material från Malmö stad, i huvudsak Förstudierapporten Grönare Möllan, författad av projektledaren Larsson (2019). Förstudierapporten är i dagsläget ett internt dokument som inte är tillgängligt för allmänheten.

Litteraturstudie

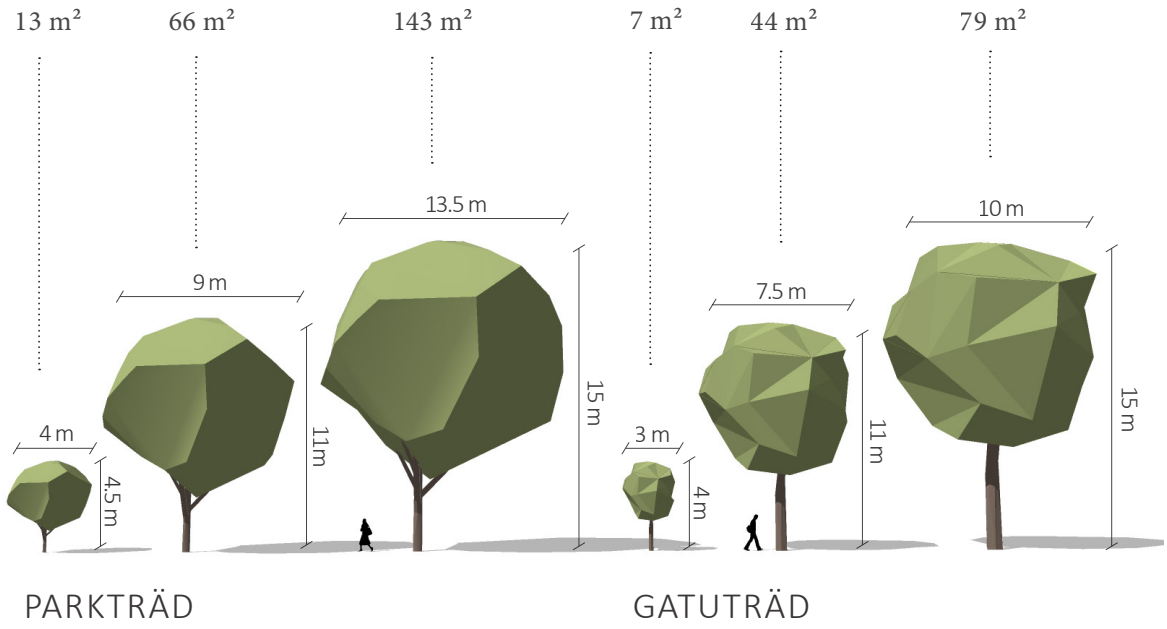
En litteraturstudie genomfördes av vetenskapliga publikationer som finns tillgängliga gällande faktorer som påverkar stadsklimatet, klimatplanering, träds förmåga att reglera temperatur i en urban miljö och värmens effekt på hälsa och rekreation. Detta kompletterades av en grundläggande studie av klimatförändringarnas effekt för Malmö.

Studien omfattade böcker, vetenskapliga artiklar, avhandlingar, forskningsrapporter och hemsidor som var relevant för ämnet och hittades via sökningar i Primo, Epsilon, ResearchGate och Google Scholar, samt genom kontakt och rekommendation från ämneskunniga. Följande sökord användes: *mean radiant temperature, surface temperature, urban heat island, park cool island, tree shade effect, cooling effect, heat stress, windbreak tree design* och *daylight tree design*. Litteraturstudien utgör grunden för en kritisk diskussion kring hur Grönare Möllan kommer påverka temperaturregleringen och följdaktningen den fysiska komforten i stadsdelen.

Analyser

Fyra olika analyser har genomförts: martäckeanalys, temperaturanalys, beskuggningsanalys samt en analys av artvalet, för att ta reda på vilken förväntad effekt förslaget Grönare Möllan skulle kunna ha på klimatet och temperaturregleringen på Möllevången. För att öka förståelsen för hur stor eller liten differensen blir har samtliga analyser gjorts utifrån de två aktuella scenarierna: nutid (dvs delområdet som det ser ut idag) och utifrån förslaget Grönare Möllan.

Mot bakgrund av Deak Sjöman et al (2015) som framhåller att trädets storleksutveckling varierar stort beroende på art och ståndort har denna studie tagit hänsyn till dessa skillnader eftersom storleken på varje trädindivid påverkar marktäckefördelningen, temperaturen och beskuggningen. Det har dock varit motiverat att göra en förenkling på grund av Möllevångens omfattande storlek (53 hektar) och eftersom området hyser en stor variation i både art- och åldersfördelning. För träden som innefattas av Grönare Möllan har därför tre storleksgrupper (litet träd, mellanstort träd och stort träd) använts för samtliga analyser. Utöver detta har en skillnad mellan park- och gatuträd använts gällande bredden eftersom gatumiljön inte tillåter trädkronan att breda ut sig på samma sätt som i parkmiljön. Gatumiljön leder ofta till en beskärning av trädkronan för att tillgodose trafikens krav på fritt trafikutrymme, vilket också minskar trädkronans bredd. För träd i parkmark har följande uppdelning använts: A) Litet träd. 4,5 meter höjd, 4 meter bredd, B) Mellanstort träd. 11 meter höjd och 9 meter bredd, och C) Stort träd. 15 meter höjd och 13,5 meter bredd. För träd i gatumiljö har följande uppdelning använts: A) Litet träd. 4 meter höjd, 3 meter bredd, B) Mellanstort träd. 11 meter höjd och 7,5 meter bredd, C) Stort träd. 15 meter höjd och 10 meter bredd (se figur 1).



Figur 1. Storleksgrupper för park- och gatuträd som använts för samtliga analyser. Värden som redovisas är höjd, bredd och projicerad trädkrona uppifrån mätt i kvadratmeter, illustrerad av Clara Zetterlund.

Fyra olika analyser har genomförts: martäckeanalys, temperaturanalys, beskuggningsanalys samt en analys av artvalet, för att ta reda på vilken förväntad effekt förslaget Grönare Möllan skulle kunna ha på klimatet och temperaturregleringen på Möllevången. För att öka förståelsen för hur stor eller liten differensen blir har samtliga analyser gjorts utifrån de två aktuella scenarierna: nutid (dvs delområdet som det ser ut idag) och utifrån förslaget Grönare Möllan.

Mot bakgrund av Deak Sjöman et al (2015) som framhåller att trädets storleksutveckling varierar stort beroende på art och ståndort har denna studie tagit hänsyn till dessa skillnader eftersom storleken på varje trädindivid påverkar marktäckefördelningen, temperaturen och beskuggningen. Det har dock varit motiverat att göra en förenkling på grund av Möllevångens omfattande storlek (53 hektar) och eftersom området hyser en stor variation i både art- och åldersfördelning. För träden som innefattas av Grönare Möllan har därför tre storleksgrupper (litet träd, mellanstort träd och stort träd) använts för samtliga analyser. Utöver detta har en skillnad mellan park- och gatuträd använts gällande bredden eftersom gatumiljön inte tillåter trädkronan att breda ut sig på samma sätt som i parkmiljön. Gatumiljön leder ofta till en beskärning av trädkronan för att tillgodose trafikens krav på fritt trafikutrymme, vilket också minskar trädkronans bredd. För träd i parkmark har följande uppdelning använts: A) Litet träd. 4,5 meter höjd, 4 meter bredd, B) Mellanstort träd. 11 meter höjd och 9 meter bredd, och C) Stort träd. 15 meter höjd och 13,5 meter bredd. För träd i gatumiljö har följande uppdelning använts: A) Litet träd. 4 meter höjd, 3 meter bredd, B) Mellanstort träd. 11 meter höjd och 7,5 meter bredd, C) Stort träd. 15 meter höjd och 10 meter bredd (se figur 1).

När det gäller trädens ålder har ett tidsperspektiv på 25 år efter etablering använts eftersom det möjliggöra en konsekvent referens till den litteratur som använts som underlag för temperaturanalyserna, det vill säga Deak Sjöman (2016) som också studerar 25 år gamla träd. Utgångspunkten för uppdelningen av aktuell artlista i dessa tre storleksgrupper har varit *Tree Species Selection for Green Infrastructure* av Hirons och Sjöman (2018) som presenterar förväntad storleksutveckling för en mängd olika trädarter.

Gällande Möllevångens redan befintliga träd har information från Malmö stads interna kartsystem WebGIS (2019) gett en verklighetsförankrad bild av trädens storlek sett uppifrån. När det gäller beskuggningsanalysen krävs mer omfattande information om varje trädindivids form vad gäller höjd, bredd och avstånd från mark till trädkrona, för att förstå skuggbildningen. Variationen inom Möllevångens trädbestånd sett till dessa parametrar är stor. På grund av arbetets relativt korta tidsomfattning har en generalisering av storleken för befintliga gatu- och parkträd därför gjorts för att effektivisera arbetsförloppet, således har storleksgrupperna använts för beskuggningsanalysen (se figur 1 samt metodrubrik nedan: Beskuggningsanalys).

Denna studie med samtliga analyser utgår från den information som fanns tillgänglig när arbetet utfördes under mars till juli 2019. Faktorer kan komma att förändras med tiden vilket kan göra en del av materialet som presenteras här inaktuellt, detta gäller särskilt uppgifter om förslaget Grönare Möllan. När denna studie utfördes hade projektet Grönare Möllan inte genomförts av Malmö stad, utan var i en föränderlig planeringsfas där en del förutsättningar och beslut fortfarande hängde i luften. Därför kommer förslaget Grönare Möllan som presenteras här sannolikt inte vara exakt det förslag som i slutändan kommer genomföras av Malmö stad.

Marktäckeanalys

En analys av stadsdelen Möllevången och dess rumsliga uppbyggnad som den ser ut idag gjordes genom att titta på marktäckefördelningen för hela området för att ta reda på hur stor andel av ytan som är hårdgjord respektive vegetationsbeklädd. Sex stycken olika marktäckeskategorier fastställdes till 1) byggnader, 2) ogenomsläppligt markmaterial, 3) trädkronor, 4) buskage, 5) perennytor, och 6) vatten. Marktäcke 2) ogenomsläppliga markmaterial innefattar asfalt, marktegel, natursten, betong och grusytor, där samtliga material kan ha olika grader av genomsläpplighet. För denna studie ansågs dock en sammanslagning vara acceptabel för att underlätta redovisningen.

Information om marktäckefördelningen hämtades från Malmö stads interna kartsystem (WebGIS, 2019), där varje marktäcke exporterades som en separat fil i form av en pdf. Dessa filer bearbetades sen i Adobe Photoshop där den procentuella fördelningen av de olika marktäckena beräknades. Fördelningen av de olika marktäckena redovisas i procent i form av ett cirkeldiagram. Analysen utgår från en vy ovanifrån, vilket innebär att marktäckeskategorier som överlappar varandra resulterar i att den kategori som ligger undertill inte ger utfall på täckningen sett uppifrån. Till exempel kommer gräs som ligger under en trädkrona inte synas i det procentuella cirkeldiagrammet utan ytan räknas istället som täckt av träd.

Gällande de 63 gatuträd som innefattas av Grönare Möllan har trädarter för varje aktuell gata specificerats av Malmö stad, och redovisas därför i både kartmaterialet och i den procentuella marktäckefördelningen enligt de tre storleksgrupperna för gatumiljö (se figur 1). Gällande de 49 träd planerade för parken Falsterboplan har både placering och art specificerats av Malmö stad och redovisas därför i både kartmaterialet och i den procentuella marktäckefördelningen enligt de tre storleksgrupperna för parkmiljö.

Gällande de 51 resterande träd som är planerade för parkmark i Folkets park och Mandeln har Malmö stad i nuläget endast gjort en uppskattning över antalet träd per park. Placering och artval har inte specificerats, därav redovisas ingen placering eller artval för träden i Folkets park och Mandeln. Däremot har en beräkning gjorts över förväntad krontäckningsyta som dessa träd kan komma att bidra med och är därmed inkluderade i den procentuella marktäckefördelningen av aktuell analys. För samtliga av dessa parkträd har storlekskategorin Mellanstort träd för parkmark (höjd 11 m, bredd 9 m) använts. Det mellanstora trädet för parkmark ansågs som ett acceptabelt medelvärde för att ge en uppfattning om hur förslaget Grönare Möllan i sin helhet kommer påverka marktäckefördelningen. För denna beräkning av förväntad krontäckning i Folkets park och Mandeln har ingen hänsyn till eventuella överlappande trädkronor tagits eftersom det i dagsläget inte finns information om placering. Beräkningen är utförd utifrån ett antagande att alla trädkronor är frilagda. En framtida gestaltning av Folkets park och Mandeln kan sannolikt innebära en överlappning av trädkronor i viss mån, vilket medför konsekvenser på den totala trädkrontäckningen.

Delar av Folkets park kan idag anses vara en hårdgjord miljö på grund av parkens stora andel ogenomsläppliga markmaterial. Detta medför en kritisk reflektion huruvida parken bör betraktas som parkmark eller hårdgjord miljö med likheter till exempelvis gator och torgytor. På grund av en frånvaro

av extensivt nätverk av kablar och ledningar såsom VA- och el-kablar i Folkets park (som ofta återfinns i gatumiljö i en högre grad) kan platsen accepteras som mer parkmark än hårdgjord miljö (WebGIS, 2019). Utan mängder av underliggande infrastruktur kan ordentliga växtbäddar grävas ut och större grönytor skapas som möjliggör infiltration av dagvatten. Följaktligen har denna analys utgått från att Folkets park är parkmark, och har därför använt ett träd från storlekskategorin anpassad för parkmark.

Temperaturanalys

En temperaturanalys över Möllevångens förväntade yttemperatur gjordes utifrån resultatet från litteraturstudien och marktäckeanalysen. På grund av budget och tidsram för projektet har det inte varit möjligt att genomföra egna empiriska mätningar av yttemperatur i området eller simuleringar för sammanlagd strålningstemperatur (till exempel i programvaror som ENVI-met). Därför har klimatanalyser från studier som överensstämmer med Malmös geografiska plats och meteorologiska förhållande använts och hänsyn tagits till Möllevångens rumsliga uppbyggnad, marktäcken och material. Det innebär att temperaturanalysen som presenteras i detta arbete är en teoretisk slutsats utifrån vetenskapliga publikationer och ger därför endast en initial uppskattning av hur den lokala temperaturen kan komma att påverkas av en ökning av antalet träd.

En uppskattning av yttemperaturen för varje marktäcke gjordes utifrån klimatsimuleringar från Lomma (Deak Sjöman, 2016), med stöd i vetenskapliga publikationer av Armson et al (2012) och Brown (2010). Följaktligen användes de 6 marktäckeskategorier som redovisas för marktäckeanalysen: 1) byggnader, 2) hårdgjorda ytor (ogenomsläppligt markmaterial), 3) trädkronor, 4) buskage, 5) perennytor, och 6) vatten. Temperaturanalysen gjordes för både sommar- och vinterförhållanden och utgår från klockan 12:00 på dagen. Utgångspunkten för medeltemperaturen i Malmö är hämtad från SMHI och avser en dag i juli och en dag i januari (SMHI, 2019c).

Gällande klimatsimuleringarna från Lomma Hamn utförd av Deak Sjöman (2019) utgår dessa från väderparametrar (lufttemperatur, vindhastighet och relativ luftfuktighet) från SMHI:s väderstation i Malmö, detta eftersom Lomma inte har en egen väderstation. Med anledning av detta har samma värden för lufttemperatur, vindhastighet och relativ luftfuktighet använts för aktuell temperaturanalys. Således kan samma yttemperaturer för respektive marktäcke i Lomma antas förekomma även på Möllevången under samma meteorologiska förhållanden. Hur temperaturen förändras inom området Lomma Hamn beroende på marktäcke ligger därför till grund för uppbyggnaden av aktuell temperaturanalys av Möllevången. Det vill säga temperaturanalysen som presenteras i detta arbete är en avbild av klimatsimuleringarna från Lomma Hamn (Deak Sjöman, 2019).

En förenkling av yttemperaturen för samtliga hårdgjorda material på Möllevången har gjorts eftersom dessa (asfalt, grus, betong och marktegel) har bakats ihop till ett marktäcke. För samtliga hårdgjorda material har därför ett likartat värde för albedo använts. I verkligheten kan albedovärdet sträcka sig från 0 till 1 och utgår från materialets reflektion som i sin tur baseras på materialets färg. Till exempel har grus ett högre albedo än exempelvis nylagd asfalt, vilket gör att grusytor kommer svalna fortare än asfalterade ytor som är mörkare till färgen (Oke, 1987). Denna studie har inte tagit hänsyn till dessa skillnader utan utgår från att alla hårdgjorda material har samma albedo, det vill säga samma yttemperatur. Albedovärdet för vegetation som gräs, träd och buskar är högre än värdet för hårdgjorda

material. Detta innebär att vegetation har en högre reflektionsförmåga och absorberar inte värme i lika hög grad som de hårdgjorda ytorna (Oke, 1987).

Beträffande de 63 nya träd som ska stå i gatumiljö och de 49 nya träd som ska stå i parken Falsterboplan har både placering och art specificerats av Malmö stad och redovisas därför i temperaturkartan enligt de tre storleksgrupperna för gatu- och parkmiljö (se fiur 1). De nya träden för Folkets park och Mandeln är inte inkluderade i temperaturkartan eftersom placering och art inte har specificerats av Malmö stad.

Ett antal studier bekräftar att träd planterade i grupper har en större reducerande effekt på både strålningstemperatur och yttemperatur jämfört med solitära träd (Deak Sjöman, 2016; Saarela, 2014; Armson et al, 2012; Andrade & Vieira, 2007). Med anledning av detta har den lägsta yttemperaturen markerats där det är höga koncentrationer av antal träd, det vill säga en grupp av träd. Ett medelvärde på 4 meter in från kanten av trädgruppens yttre kronor har använts som ett mått på vart denna svalare temperaturen börjar. Detta mått på 4 meter är godtyckligt och har ingen vetenskaplig grund, utan används här som ett visuellt stöd för att synliggöra vart trädgrupper förekommer samt att det sannolikt förekommer en svalare temperatur där.

Beskuggningsanalys

Analyserna över områdets fördelning av marktäcke och temperatur kompletterades av en beskuggningsstudie i 3D-programmet SketchUp. En modell över delområdet Möllevången byggdes upp med hjälp av en grundkarta över Malmö i form av en dwg-fil tillhandahållen av Malmö stad, som sedan förberedes i AutoCAD innan den importerades till SketchUp. Med hjälp av byggnadernas höjd och avstånd till varandra kunde en solstudie göras. Modellen geolokaliserades utifrån Möllevångens exakta geografiska plats för att få en korrekt skuggbild. Förutom delområdet Möllevången inkluderades även de byggnader som ligger närmast delområdesgränsen eftersom dessa påverkar skuggbilden inom området. För att effektivisera arbetsförloppet togs ingen hänsyn till eventuella sadeltak, mansardtak, valmat tak eller andra typer av sluttande tak. Varje byggnad i modellen förseddes istället med ett platt tak. Detta ger konsekvenser på skuggbildningen men skillnaden mellan sluttande och platt tak anses vara så pass liten att det inte ger en signifikans för denna studie (se bilaga 1 på sidan 119).

Beskuggningsanalysen genomfördes för både sommar- och vinterförhållanden, utgångspunkten var en dag i juli och en dag i januari, som över stämmer med tidpunkten för temperaturanalysen. Beskuggningsanalysen genomfördes för klockslagen 08:00, 12:00 och 16:00 för att ge en uppfattning om hur skuggbildningen från träd och byggnader ser ut under förmiddag och eftermiddag.

För att ta reda på vilken förväntad effekt träden från förslaget Grönare Möllan har på skuggbildningen adderades dessa i SketchUp-modellen. Gällande de 63 träd som ska stå i gatumiljö och de 49 träd som ska stå i parken Falsterboplan, har både placering och art specificerats av Malmö stad och redovisas därför i SketchUp-modellen enligt de tre storlekgrupperna för gatu- och parkmiljö (se figur 1). De nya träden för Folkets park och Mandeln är inte inkluderade i SketchUp-modellen eftersom placering och art inte har specificerats av Malmö stad.

För redan befintliga träd inom området Möllevången gjordes en generalisering av dess storlek för att effektivisera arbetsförloppet. För samtliga befintliga gatuträd användes storleksgruppen Mellanstortträd för gata (höjd 11 m, bredd 7.5 m). För befintliga parkträd användes en blandning av Mellanstort träd för park (höjd 11 m, bredd 9) och Stort träd för park (höjd 15 m, bredd 13.5 m). Folkets park innehåller ett antal 100-åriga träd med oerhört stora kronor, dessa individer har i SketchUp-modellen försetts med en ännu större storlek (höjd 25 m, bredd 20 m) för att bättre efterlikna verkligheten. Befintliga träd på innergårdar innefattas inte av beskuggningsanalysen då dessa inte finns med i Malmö stads interna kartsystem (WebGIS, 2019).

Utifrån resultatet från litteraturstudien kunde en uppskattning av trädens förväntade effekt på temperaturregleringen göras genom att identifiera om dess placering är en beskuggad eller solbelyst plats sommartid, samt hur dessa påverkar ljusinsläppet in i byggnader vintertid. För analysen av juli fokuserar resultatet särskilt på klockan 16:00 eftersom Malmö sommartid har högst temperatur på eftermiddagen vilket gör att beskuggning har som störst effekt då (SMHI, 2019c). För analysen av januari fokuserar resultatet särskilt på klockan 12:00 eftersom solen har störst inverkan då. För Malmö 15 januari har solen sin uppgång 08:26 och nedgång 16:07 vilket gör resultatet från beskuggningsanalysen för klockan 08:00 och 16:00 mindre relevanta (Sunrise and Sunset, 2019).

Analys av artval

Den aktuella växtlistan för förslaget Grönare Möllan analyserades utifrån följande parametrar för varje individuell art: kronans genomsläpplighet vintertid, tidpunkt för bladutspring, bladmassans täthet och eventuell övrig relevant information som till exempel tolerans för torka och skugga eller krav på värme och ljus. Litteratur som använts som underlag är *Staden som växtplats,* kapitel 3 av Deak Sjöman et al (2015), *Stadsträdslexikon* av Sjöman och Slagstedt (2015), *Tree Species Selection for Green Infrastructure* av Hirons och Sjöman (2018), *Collins Tree Guide* av Johnson och More (2006) samt en vetenskaplig artikel av Deak Sjöman et al (2016) *Branch Area Index of Solitary Trees: Understanding Its Significance in Regulating Ecosystem Services.*

Utifrån ovanstående information samt resultatet från resterande analyser kunde ett resonemang kring de olika trädarternas placering och lämplighet som temperaturreglerande element föras. Utifrån denna diskussion kunde justeringar gällande placering och artval som kan utveckla Grönare Möllans temperaturreglerande kapacitet formuleras.

1.6 Begreppsförsklaring

Albedo Ett mått på reflektionsförmåga, den mängd ljus som reflekteras tillbaka av en belyst yta (Christen & Vogt, 2004). Ett albedo på 1,00 betyder att allt ljus reflekteras tillbaka och ett värde på 0,00 betyder att inget ljus reflekteras. Snö har ett högt albedo medan svart asfalt har ett lågt albedo.

Bladyteindex (eng: Leaf Area Index, LAI) ett mått på den totala arean bladyta per andel markyta, ett högre index innebär en tätare sammansättning av bladmassa (Myneni et al, 1997).

Gatukanjon (eng: urban canyon) ett djupt gaturum, d v s en smal gata med höga byggnader, kallas för raviner eller kanjoner (Deak Sjöman et al, 2015).

Himmelsexponeringsfaktorn (eng: Sky View Factor) är ett mått på den mängd himmel som är synlig och inte avskärmas från exempelvis byggnader och träd. Mängden sikt (synling himmel) inverkas sedan på den långvågig strålning som kan strålas ut till atmosfären (Oke, 1987). Ju tätare bebyggelsen är desto mer avskärmas himmeln och därmed värmestrålningen som lämnar staden.

Krontäckning Även kallat trädkrontäckning, är ett mått på hur mycket av en tvådimensionell yta som är täckt av trädkronor sett uppifrån (Jennings et al, 1999). Redovisas ofta i procent i relation till icke krontäckt yta.

Klimatanpassning Åtgärder som bidrar till att skapa ett samhälle anpassat för att klara klimatförändringar som till exempel värmeböljor och extremregn.

Lidar (eng: light detection and ranging) ett mätinstrument som använder laserljus för att skanna av omgivningen och ge en tredimensionell bild (Nationalencyklopedin, Lidar, 2019).

Lokalklimat De klimat som existerar i ett område som sträcker sig från ca 100 meter till ca 50 km (Oke, 1987; Erell et al, 2011).

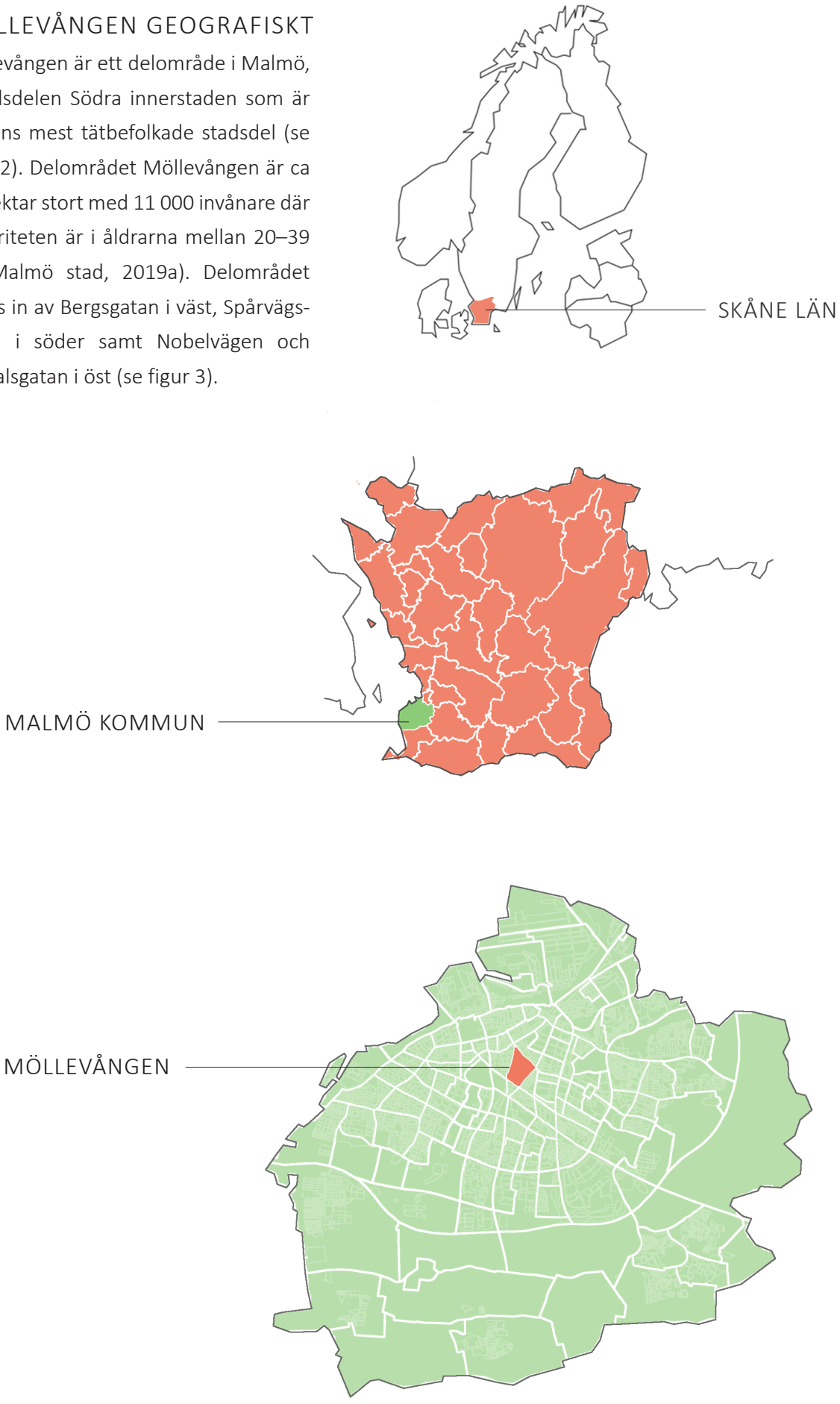
Lufttemperatur Luftens temperatur som oftast mäts med en termometer skyddad från solstrålning på en höjd av 1,5–2 m över marken för att undvika påverkan från markytans egenskaper (SMHI, 2019b).

Mikroklimat	De klimat som existerar i ett område som sträcker sig från ringa millimeter upp till ca 1000 meter (Oke, 1987; Erell et al, 2011).
PCI	(eng: Park cooling island) är det fenomen som gör en park påtagligt svalare än omgivande hårdgjord miljö (Chow et al, 2011). Parkens svalare klimat kan, beroende på dess storlek, påverka ett större område än vad som innefattas av parkens gränser.
PET	Fysiologisk ekvivalent temperatur (eng: Physiologically Equivalent Temperature) är ett värde som indikerar hur människokroppen fysiologiskt upplever den termiska komforten, dvs hur man uppfattar värme eller kyla beroende på omgivande strålning, vind etc. (Matzarakis et al, 2010).
Resiliens	Förmågan hos ett system att återhämta sig efter en störning/chock och sedan anpassa sig till nya förhållanden (Gunderson & Holling, 2002).
Strålningstemperatur	Sammanslagen strålningstemperatur (eng: Mean Radiant Temperatur) är den sammanlagda summan av kortvågig- och långvågig strålning som människokroppen exponeras för och har därför störst påverkan på mänsklig termisk komfort (Thorsson et al, 2007). Kan ha stora lokala variationer.
Termisk komfort	Ett begrepp som används för att beskriva hur ett utrymme upplevs av människan temperaturmässigt (Glaumann & Nord, 1993).
Urban värmeö	(eng: Urban Heat Island, UHI) är ett storstadsområde som är påtagligt varmare än omgivande landsbygd (dvs obebyggda eller glest bebyggda områden) med störts temperaturskillnad nattetid (Christen & Vogt, 2004). Orsaken är bland annat andelen hårdgjord yta och dess förmåga att absorbera och lagra värme.
Yttemperatur	Kallas även marktemperatur (eng: surface temperature) och är ett mått på den marknära luftens temperatur (Armson et al, 2012). Skiljer sig ofta från lufttemperaturen då fasta föremål har en större lagringskapacitet än luft.

2. MÖLLEVÅNGEN

MÖLLEVÅNGEN GEOGRAFISKT

Möllevången är ett delområde i Malmö, i stadsdelen Södra innerstaden som är stadens mest tätbefolkade stadsdel (se figur 2). Delområdet Möllevången är ca 53 hektar stort med 11 000 invånare där majoriteten är i åldrarna mellan 20–39 år (Malmö stad, 2019a). Delområdet ringas in av Bergsgatan i väst, Spårvägsgatan i söder samt Nobelvägen och Amiralsgatan i öst (se figur 3).



Figur 2. Karta över Skandinavien, Skåne län och Malmö kommun, illustrerad av Clara Zetterlund, 2019.

Figur 3. Ortofoto Möllevången, Malmö (WebGIS, 2019).

2.1 Möllevången- ett område för umgänge och kulturella upplevelser

Namnet Möllevången kommer från det skånska ordet mölla (kvarn) och vång (del av åkermark), och fick sitt namn på grund av ett flertal åkerkvarnar som fanns på platsen under 1500-talet (Malmö stad, 2019b). Området bestod på den tiden till stor del av åkermark för bland annat tobaks- och rapsodling.

När industrialiseringen tog fart vid sekelskiftet anlades Möllevångstorget och Bergsgatan (Malmö stad, 2019b). Ett antal industrier upprättades längs med Bergsgatan och bostäder för industriarbetarna byggdes. Det var Malmös första stora bostadsområde byggt för enbart arbetare och Möllevången blev därför ett fackligt och politiskt fäste för många arbetsrelaterade demonstrationer (Sekaric, 2014; Haraldsson, 2017). Bebyggelsen planerades och uppfördes som en kvarterstad med tydlig stadskaraktär och få grönytor.

Avsaknaden av rekreationsområden för arbetarna på Möllevången samt svårigheten att hitta mötesplatser eller lokaler för arbetarrörelsens möten ledde till att Malmös socialdemokratiska förening köpte en bit mark i området som omvandlades till Folkets park, Sveriges första folkpark (Haraldsson, 2017). Marken hade tillhört Frans Suell, grundaren av Malmös hamn, som under slutet av 1700-talet byggde Möllevångsgården, som idag ligger på Parkgatan intill Folkets park. Markerna runt omkring var då kala och sumpiga ängar och fält. Ett stort sankområde öster om gården grävdes och dikades ut under 1806–1807, och här började en park anläggas, vad som senare skulle komma att bli Folkets park. Frans Suells grundtanke var att parken skulle vara tillgänglig och öppen för allmänheten, för att kunna sprida kunskap om natur och odling. Offentliga parker var ovanliga i Sverige fram till mitten av 1800-talet, och de som fanns var endast öppna för människor från de övre samhällsklasserna. Möllevångsgårdens trädgård blev Malmös första offentliga park där vem som helst kunde ströva fritt (ibid.)

Efter att Frans Suell gick bort 1817 köptes parken av handlaren P.G. Barkman som lät anlägga en brunnsanläggning, som under den tiden var mycket populärt (Haraldsson, 2017). Under senare delen av 1800-talet började parken däremot förfalla och blev snabbt en plats för fylleri, slagsmål och busliv som pågick fram tills att Malmös socialdemokratiska förening tog över och en välbehövlig upprustning gjordes. Det kommande tio åren växte parkens utbud i takt med dess besökare och blev ett föredöme för alla nya folkparker i Sverige. Tack vare många ideella krafter och arbetsinsatser fick parken ett brett utbud som innefattade dansbanor, teaterscener och serveringar tillsammans med stora områden för lek och parkpromenader. Folkets park ägdes av Malmös socialdemokratiska förening under det kommande hundra åren, och blev som planerat arbetarrörelsens stora mötesplats och spelade en betydande roll i att stärka gemenskapen mellan arbetarna (Haraldsson, 2017).

I takt med att socialdemokraterna tog mer makt och steg i rang blev parkens funktion som arbetarrörelsens mötesplats mindre viktig. Bokningar av artister och stjärnor stod i fokus istället för gemenskap, agitation och kulturell bildning, och parken blev tillslut en dominerande nöjesplats för hela folket med berg-och-dalbana, pariserhjul och radiobilar (Haraldsson, 2017).

Figur 4. Historiskt foto av Far i hatten, restaurang, bar, café och ölträdgård i Malmö Folkets Park på 1920-talet. Ursprungligen ett vykort från Gleerups förlag.

Möllevången är idag enligt Malmö stad en hörnsten i stadens nöjesliv och fortfarande en viktig samlingsplats för restauranger och nattklubbar, konserter, dans och teater (Malmö stad, 2019b). Platsen har förvandlats från ett arbetarklassområde till att idag vara ett center för kulturarbetare. En stor mångfald i utbudet av butiker, en stark torghandel, ett rikt socialt liv samt en blandning av kulturer och invånare med skilda bakgrunder ger Möllevången dess identitet. Kulturen sätter sin prägel på stadslivet och stadsbilden vilket lockar många unga människor. De boende är vanligtvis i åldrarna mellan 20 och 40 år och bostäderna består till stor del av små lägenheter (Malmborg & Berg, 2012). På senare år har även fler och fler barnfamiljer flyttat in och utbudet av butiker och restauranger har förändrats. En följd av detta är en större efterfrågan av större lägenheter. Enligt Malmborg och Berg (2012) har det generellt skett en förändring hos barnfamiljer angående när man väljer att flytta från området. Vanligtvis väljer invånarna att flytta från innerstaden i samband med att deras barn födds, idag väljer föräldrar i större utsträckning att bo kvar några år till. Detta talar för att behovet av en god utomhusmiljö med tillgång till lekplatser och grönområden förstärks när antalet barn i området ökar.

Möllevången anses vara under en pågående gentrifieringsprocess vilket ger en större segregation. (Sekaric, 2014; Malmborg & Berg, 2012). Som en följd av detta förändras den kulturella utformning som idag finns i området och som enligt Malmborg och Berg (2012) är vad som gör Möllevången attraktivt och unikt.

2.2 Möllevångens rumsliga uppbyggnad

Amiralsgatan, Nobelvägen och Bergsgatan som omger stadsdelen är tre av Malmös mest trafikerade gator (Malmö stad, 2006). Spårvägsgatan har något mindre trafik medan alla gator inom området har låga trafikflöden. Ystadsgatan har en separat cykelbana och är områdets viktigaste cykelstråk (se figur 7). Gatorna är relativt breda och har en blandning av tvärställda och längsgående parkeringsplatser. På det gator med tvärställda parkeringar har det på vissa ställen planterats träd vilket gör att gatan upplevs som smalare (se figur 5). En del gator har byggts om för att sänka bilarnas hastighet och förbättra för de oskyddade trafikanterna då det sker relativt många olyckor i området (Malmö stad, 2006). Flest trafikolyckor inträffar på Ystadsgatan och Claesgatan men även Södra Parkgatan har en förhållandevis hög andel olyckor (se figur 7) (WebGIS, 2019). Enligt Malmö stad (2006) spelar träden en stor roll i att dämpa intrycket av den höga andel bilar som står parkerade längs gatorna. Ett visuell smalare gaturum med hjälp av träd kan också leda till sänkt körhastighet vilket kan motverka trafikolyckor.

Figur 5. Falsterbogastan med tvärställda parkeringsplatserl, uteservering och gatuträd, foto Clara Zetterlund.

Figur 6. Ystadsgatan med uteservering, närbutik med verksamhet på trottoaren, gatuträd och cykelbana foto Clara Zetterlund.

Möllevången är i huvudsak uppbyggt som en kvartersstad vilket innebär att innergårdarna skärmas av med hjälp av byggnader från den offentliga miljön. De senaste åren har antalet bostadsrätter ökat men majoriteten av lägenheterna består fortfarande av hyresrätter (Malmborg & Berg 2012). Än idag är förekomsten av gröna miljöer och ytor för rekreation låg, medan antalet invånare är hög. Enligt Malmö stad (2006) leder detta till att även gaturummet i stor utsträckning används för utevistelse. Många närbutiker har en del av sin verksamhet på trottoaren och det finns gott om uteserveringar i området, vilket gör stadsdelen levande (se figur 6 & 8). Målpunkter i form av affärer och arbetsplatser finns i stort sett överallt vilket ger ett rikt socialt liv med mycket folk i rörelse (se figur 7). Trots detta är bristen på ytor för rekreation och lek stor enligt Malmö stad, framför allt för barn och ungdomar (Malmö stad, 2006). Sett till den höga andel utomhusaktiviteter som pågår i området kan man anta att särskild hänsyn till mikroklimat och komfort i det offentliga rummet skulle kunna ge effekter på människors välmående.

Figur 7. Illustrerad av Clara Zetterlund

CYKELSTRÅK & MÅLPUNKTER MÖLLEVÅNGEN

© Malmö stad

Figur 8. Illustrerad av Clara Zetterlund

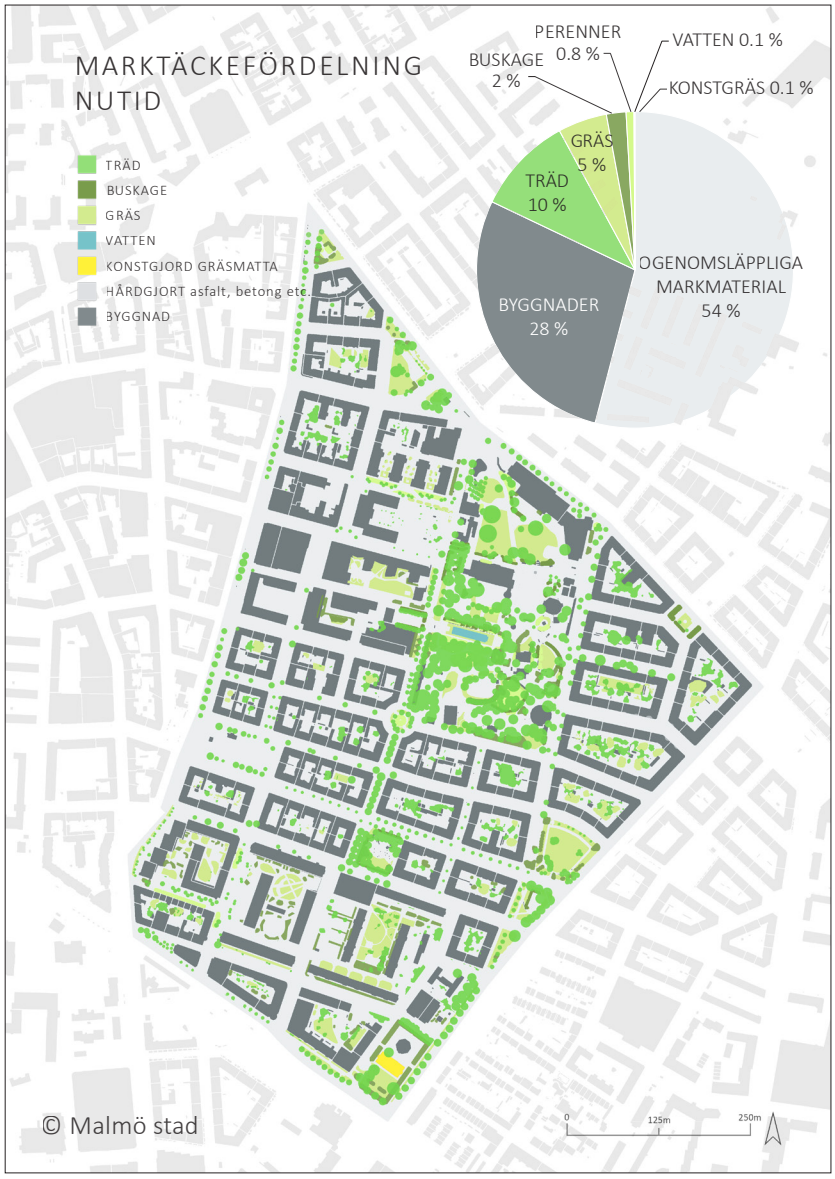
VERKSAMHETER UTOMHUS MÖLLEVÅNGEN

© Malmö stad

Trädkrontäckning

Möllevången har idag ca 900 offentliga träd där 8 % utgörs av barrträd och resterande 92 % av lövträd. Enligt Malmö stads egna beräkningar har Möllevången en trädkrontäckning på 8 % (Larsson, 2019). Denna beräkning är gjord med hjälp av Lidar (eng: light detection and ranging), ett mätinstrument som använder laserljus för att skanna av omgivningen och ge en tredimensionell bild (Nationalencyklopedin, Lidar, 2019). Efter jämförelse av lidar-analysen som utfördes 2015 och ett ortofoto från 2017 framkom ett underskott av trädkronor i underlaget från Lidar. En kompletterande beräkning utfördes därför vilket gav en trädkrontäckning på 10 % för Möllevången (se figur 9). Ytterligare en beräkning av Malmös trädkrontäckning gjordes 2018 av SWECO, baserat på laserscanning och flygfoto, som fann att Möllevången har en krontäckning inom spannet 5-10 % (Sjöström & Törnros, 2018). Utifrån detta underlag kommer trädkrontäckningen för Möllevången härifrån antas ligga runt 10 % vilket bedöms vara en acceptabel sammanjämkning av samtliga siffror.

- **8 % krontäckning:** Malmö stads Lidaranalys 2015
- **10 % krontäckning:** Malmös stads Lidaranalys 2015 + ortofoto 2018
- **5–10 % krontäckning:** Swecos beräkning 2018



Figur 9. Marktäckefördelning Möllevången, illustrerad av Clara Zetterlund

Figur 10. Illustrerad av Clara Zetterlund

MARKTÄCKEFÖRDELNING PER PARK

Andel vegetationsytor/ hårdgjorda ytor

Parker

Folkets park

Möllevångens största lekplats finns i Folkets park och är en av Malmös mest besökta, och har därför stor betydelse för Malmö stads invånare. Parken har ca 2.6 miljoner besökare per år och är mycket populär bland både boende på Möllevången och människor från andra stadsdelar (Malmö stad, 2019a). Parken erbjuder en rad olika aktiviteter och verksamheter som till exempel en konstfrusen isbana, minigolf, terrarium, Barnens scen, foodtrucks, restaurang och en bar i form av Far i Hatten samt nattklubben Moriskan. Med andra ord ryms det en hel del byggnader och hårdgjorda ytor i parken vilket göra att endast 51 % utgörs av grönytor. Parken är på 7,1 hektar och har en krontäckning på 36 % (WebGIS, 2019).

En jämförelse av ett flygfoto av parken från år 1923 (se figur 11) och ett flygfoto från idag (se figur 12) visar på en tydlig minskning av trädkronor. På det historiska fotot står träden så tätt att de helt skymmer restaurangen vid namn Far i Hatten, medan byggnaden idag är i princip frilagd från trädkronor.

Falsterboplan

Falsterboplan benämns ofta som Jesusparken och ligger söder om Folkets park. Parken har en yta på 0,5 hektar där 85 % av marktäckeytan består av gröna material där andelen träd utgör 17 % (WebGIS, 2019). Söder om parken ligger ett mindre grönområde som nästan helt upptas av en hundrastgård.

Mandeln

Mandeln är en mindre grönyta i norra delen av Möllevången på 0,3 hektar och består till 76 % av gröna ytor där andelen träd utgör 34 % (WebGIS, 2019). Här finns en hundrastplats och några bänkar samt stora uppvuxna träd. Enligt Malmö stad är det en viktig grön oas för området, men i dagsläget används inte parken i någon större utsträckning (Malmö stad, 2006).

Varbergsplan

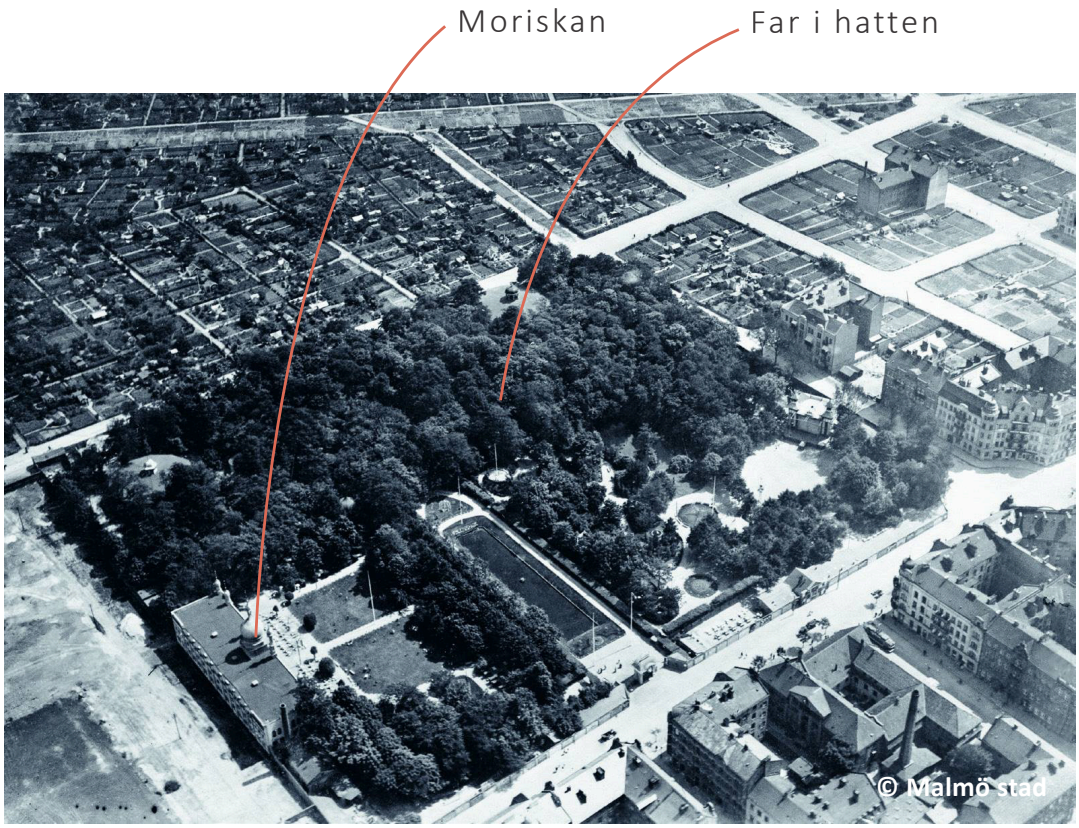
Varbergsplan består av en temalekplats som är mycket uppskattad och utnyttjas flitigt av barn i området. Platsen är 0,2 hektar stor och består till stor del av gummiasfalt och grus (WebGIS, 2019). Ett antal större uppvuxna träd ramar in området vilket gör att 75 % av platsen består av gröna material där träden utgör 60 %.

Karlskronaplan

Karlskronaplan är en mycket liten grästäckt yta på 0,08 hektar längs med Amiralsgatan med två små nyplanterade pilar som utgör 4 % av ytan (WebGIS, 2019).

Södervärnsplan

Vid vattentornet mellan Nobelvägen och Spårvägsgatan ligger en multisportarena med konstgräs samt en grästäckt yta som tillsammans är 0,3 hektar där träden utgör 36 % av ytan (WebGIS, 2019).



Figur 11. Flygfoto av Folkets park, Malmö år 1923 taget från nordväst (Malmö stadsarkiv, 2019). Parken har en hög täckningsgrad av trädkronor, restaurangen Far i hatten ligger dold under träden.

Figur 12. Flygfoto av Folkets park, Malmö år 2016 taget från väst (WebGIS, 2019). Restaurangen Far i hatten är näst intill frilagd från trädkronor på grund av den låga täckningsgraden av trädkronor.

2.3 Vad är grönare Möllan?

Grönare Möllan är ett projekt som drivs av Malmö stad med hjälp av Boverkets bidrag för Grönare städer. Bidraget kan sökas av kommuner för åtgärder som utvecklar stadsgrönska och ekosystemtjänster i urbana miljöer. Syftet med projektet är att utveckla städer till gröna hälsosamma platser och bidra till att nå miljökvalitetsmålet God bebyggd miljö (Boverket, 2019).

Området Möllevången valdes ut av kommunen eftersom det är en av de platser i urbana Malmö med lägst procentuell krontäckning enligt Förstudierapporten för Grönare Möllan (Larsson, 2019). Genom projektet planerar man plantera 163 nya träd, varav 63 stycken i gatumiljö och 100 stycken i parkmiljö. Insatsen ökar krontäckningen för Möllevången med 1 % enligt Malmö stads egna beräkningar där ett medelvärde för mängden kvadratmeter varje träd ger i krontäckning har använts.

Placering

Malmö Stad har valt ut aktuella gator för projektet utifrån dess möjlighet och behov av träd. Faktorer som har varit vägledande är ledningar och rör under mark samt gatans möjlighet att omhänderta dagvatten avseende brunnars placering och gatans fall. Gatornas nuvarande utformning med klackar mellan tvärställda parkeringsplatser ger goda möjligheter att plantera träd längs gatorna utan att ta trottoaryta i anspråk. Gator med tvärställda parkeringsfickor är extra gynnsamt eftersom större träd kan planteras utan att komma alltför nära fasaden. Gatornas befintliga lutning ger också möjlighet att omhänderta dagvatten i växtbäddarna utan alltför omfattande ombyggnad av gatan. Planen är att ta ett antal parkeringsplatser i anspråk för att göra plats för träden. Detta uppmuntras av polisen som vill minska antalet bilar i området som en del i att hantera drogförsäljning och problem med buskörning (Larsson, 2019). Även boende har ställt sig positiva till att minska antalet parkeringsplatser om åtgärden kan minska trafiken i området. Åtgärden kommer även att ge ett visuellt smalare gaturum, vilket förväntas sänka körhastigheterna i området, något som både boende och polis uppfattar som ett problem idag. I anslutning till träden kan det finnas möjlighet för uteservering och cykelparkering. Gällande de 63 träd som ska stå i gatumiljö har både placering och art specificerats för varje gata (se figur 13).

Gällande de 100 träd som är planerade för parkmark har Malmö stad i nuläget specificerat placering och artval för Falsterboplan, men inte för Folkets park och Mandeln. För dessa två parker har Malmö stad endast gjort en uppskattning av antalet träd per park. Därav redovisas ingen placering eller artval för träden i Folkets park och Mandeln i figur 13.

Under 2018 planterades 25 stycken träd på Falsterboplan. Dessa räknas in i de 163 träd som omfattas av projektet Grönare Möllan och redovisas därför inte i kartmaterialet över Möllevången idag, utan är en del av kartunderlaget för det nya förslaget (se figur 13). Tillsammans med de ytterligare 24 planerade träd för Falsterboplan ges totalt 49 stycken nya träd för parken. Dessa placeras till stor del längs med parkens gränser och förstärker således parkens inramning. De nya trädens placering baseras dels på hur parken sett ut historiskt och dels på att Malmö stad vill avskärma platsen från de trafikerade vägarna. Att behålla en öppen yta i mitten har också varit styrande för att erbjuda solljus

Figur 13. Illustrerad av Clara Zetterlund

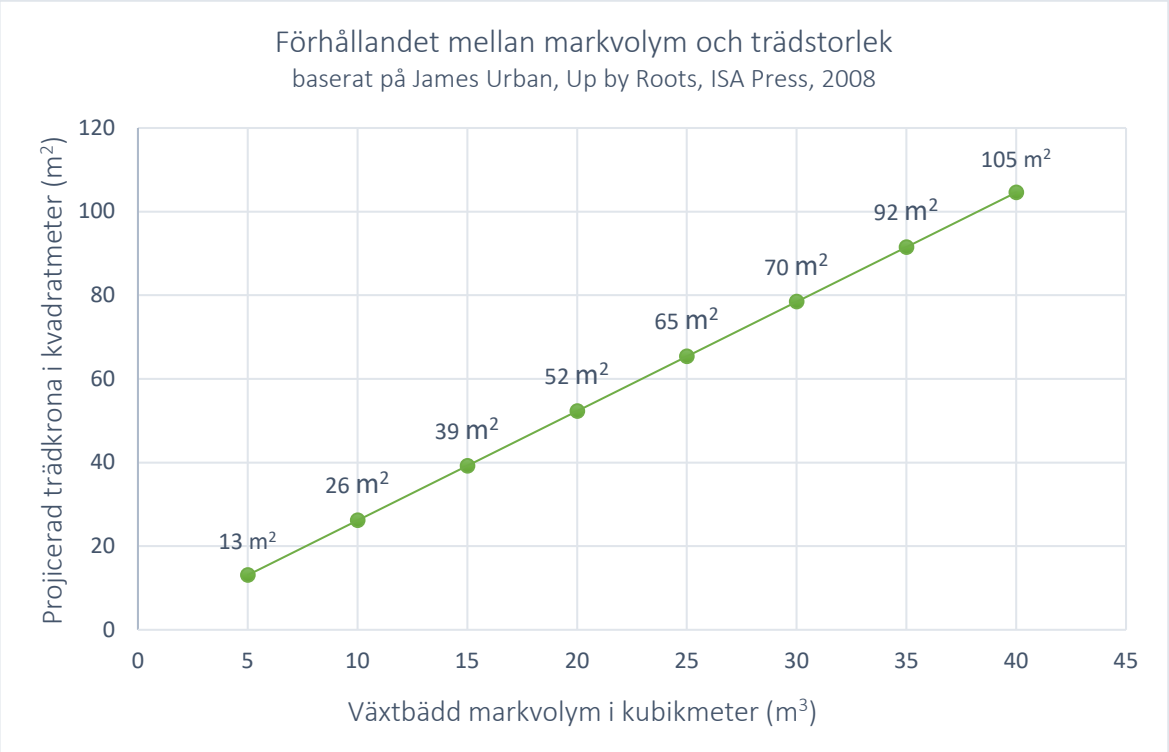
GRÖNARE MÖLLAN PLACERING

© Malmö stad

och en öppen lek-och aktivitetsyta. Tät vegetation längs parkens gränser har tagits bort under åren med anledning av polisens behov av bättre insyn i parken. Malmö stad har tagit hänsyn till detta genom att välja nya arter med lite högre stam för fortsatt insyn och trygghet.

Trädkrontäckning

Då Möllevången är 53 hektar stor innebär en höjning av krontäckningen med 1 % att 0,53 hektar krontäckningsyta adderas. Hur stor och bred varje trädkrona blir varierar avsevärt beroende på art, rotutrymme samt närings- och vattentillgång. Forskning visar att det finns ett förhållande mellan mängden tillgänglig jord och trädets storlek, där storleken på växtbädden avgör den maximala storleken som trädet kan uppnå under sin livstid i urban miljö (Urban, 2008; Kopinga, 1991; Lindsey & Bassuk, 1991). Förhållandet mellan markvolym och trädstorlek har kartlagts av James Urban (2008) och redovisas i diagrammet nedan (se tabell 1).



Tabell 1. Linjedigram av förhållandet mellan storleken på trädets växtbädd i kubikmeter och trädets storleksutveckling sett uppifrån i kvadratmeter (Urban, 2008).

För de planerade växtbäddarna för Grönare Möllan har Malmö stad utifrån Urban's (2008) kalkyl fastställt ett medelvärde för trädens förväntade storlek i uppvuxet tillstånd, men man har inte tagit hänsyn till den möjliga variationen i kronstorlek beroende art och beroende placering i parkmark eller i hårdgjord miljö. Malmö stad har utgått från att varje träd ges en markvolym på 15 kubikmeter vilket beräknas ge en projicerad trädkrona på 39 kvadratmeter för vad som kan anses som ett "uppvuxet" träd enligt Urban (2008).

Växtbäddsuppbyggnad

I projektet kommer växtbäddarna att vara mellan 15–30 kubikmeter stora beroende på vad som är möjligt, där ambitionen är att få till så stora som möjligt (Larsson, 2019). Stora växtbäddar är önskvärt då de kan omhänderta en större mängd dagvatten samt att det gynnar trädens tillväxt vilket ger en större nytta sett till ekosystemtjänster. Av de 63 träd som ska planteras i gatumark ska 25 stycken sättas i så kallade regnbäddar, det vill säga växtbäddar som kan omhänderta och magasinera dagvatten. Av dessa kommer tre olika växtbäddssubstrat att användas för att testa och utvärdera dess vattenhållande och näringstillförande förmåga. De tre olika substraten är Stockholmsmodellen, Malmömodellen med pimpsten samt en blandning av pimpsten, kompost och biokol. Övriga gatuträd sätts i växtbäddar enligt Malmö stads standardmodell. För träden i parkmark kommer också olika substrat testat, bland annat ”levande” jordar med färdig mykorrhiza i samarbete med Sveriges lantbruksuniversitet, Alnarp.

Trädarter

Malmö har under de senaste åren planterat en omfattande del exotiska trädarter i gatumiljö, som visat sig klara den urbana miljöns klimatrelaterade påfrestningar betydligt bättre än inhemska arter (Larsson, 2019). Fastighet- och gatukontoret har som internt mål att öka artrikedomen i stadens trädbestånd för att öka dess resiliens för klimatförändringar och sjukdomar. I Grönare Möllan projektet har därför en stor variation av exotiska trädarter som är värmegynnande och torktåliga valts ut för gatumiljö. En variation i växtmaterial medför även en större visuell variation gällande blomning, fruktsättning och höstfärger. Träden som ska planteras i parkmark är en blandning av inhemskt och exotiskt växtmaterial. Behovet av föryngring av trädbeståndet i framför allt Folkets park är stort (Larsson, 2019). Nedan redovisas samtliga arter för hela området, inklusive de parkträd som inte redovisas i kartmaterialet (se tabell 2).

Växtlista

GATUTRÄD	
Vetenskapligt namn	Svenskt namn
Alnus x spaethii 'Spaeth'	Berlineral
Catalpa speciosa 'Heartland'	Katalpa
Crataegus x mordenensis 'Snowbird'	Pärlhagtorn
Crataegus punctata 'Ohio Pioneer'	Mexikansk hagtorn
Cercis siliguastrum	Judasträd
Cotinus obovatus	Perukbuske
Eucommia ulmoides 'Empozman'	Gutaperkaträd
Ginkgo biloba 'Autumn Gold'	Ginkgo
Ginkgo biloba 'Fastigiata Blagon'	Pelarginkgo
Ginkgo biloba 'Princton Sentry'	Ginkgo
Ginkgo biloba 'Tremonia'	Ginkgo
Gymnocladius dioicus 'Espresso'	Kaffeträd
Heptacodium miconioides	Jasmintry
Koelreuteria paniculata	*Kineträd*
Koelreuteria paniculata 'Summerburst'	Kineträd
Ostrya japonica	Humlebok
Paulownia elongata	Kejsarträd
Paulownia fortunei 'Minfast'	Kejsarträd
Paulownia tomentosa 'Hulsdonk'	Kejsarträd
Paulownia '9501'	Kejsarträd
Cedrus libani	Libanonceder
Pinus leucodermis	Ormskinnstall
Pinus nigra	Svarttall
Prunus ceracifera 'Nigra'	Blodplommon
Pyrus calleriana 'Chanticler'	Kinesiskt päron
Pyrus regellii	Kaukasiskt päron
Robinia x margretta 'Casque Rouge'	Margarettarobinia
Robinia psuedoacacia 'Appalachia'	Robinia
Robinia pseudoacacia 'Unifoliola'	Helbladig robinia
Styphnolobium japonica 'Millstone'	Pagodträd
Zelkova serrata 'Village Green'	Zelkova

PARKTRÄD	
Vetenskapligt namn	Svenskt namn
Buxus sempervirens	Buxbom
Cornus kousa var. chinensis cvs	Kinesisk blomsterkornell
Cotinus coggygria 'Young Lady'	Perukbuske
Cotinus obovatus 'Flame'	Amerikansk perukbuske
Ginkgo biloba 'Autumn Gold'	Ginkgo
Heptacodium miconioides	Jasmintry
Heptacodium miconioides 'Tianshan'	Jasmintry
Koelreuteria paniculata	Kineträd
Koelreuteria paniculata 'Beachmaster'	Kineträd
Koelreuteria paniculata 'Rosseels'	Kineträd
Malus floribunda	Rosenapel
Paulownia 'Shantong'	Kejsarträd
Paulownia tomentosa	Kejsarträd
Pinus nigra	Svarttall
Prunus amygdalus persica	Persikomandel
Prunus ceracifera fk Cecilia E	Körsbärsplommon
Prunus persica 'Riga'/'Frost'	Persika
Prunus subhirtella 'Autumnalis'	Vinterkörsbär
Prunus subhirtella 'Fukubana'	vårkörsbär
Prunus 'The Bride'	Prydnadskörsbär
Robinia pseudoacacia 'Nyersegi'	Robinia
Robinia pseudoacacia 'Semperflorens'	Robinia
Styphnolobium japonica	Pagodträd
Syringa x chinensis	Kinesisk syren

Tabell 2. Växtlista över samtliga trädarter som innefattas av projektet Grönare Möllan uppdelat i park- och gatuträd (Larsson, 2019).

3. LITTERATURSTUDIE

3.1 Stadsklimatet

> ***” One responsibility of a landscape architect - arguably one of the most important responsibilities - is to design environments that will create microclimates that are within people’s range of tolerance so that people using the space will be thermally comfortable.” (Brown, 2010, s. 13)***

Brown (2010) har en teori om att platser som inte fungerar ur ett klimatperspektiv kommer försvinna tids nog. En plats som erbjuder en dålig termisk komfort för människan kommer göra att få använder platsen. Landskap med ett bättre mikroklimat kommer därför sannolikt leva kvar längre eftersom det får ett större värde för besökarna.

Utan en förståelse för vilka konsekvenser landskapsarkitekturens utformning kan ha på lokal- och mikroklimatet kan oönskade effekter uppstå och platser kan komma att bli oanvändbara. Genom att förstå de grundläggande mekanismerna som styr hur mikroklimatet fungerar kan vi skapa utomhusplatser med en god termisk komfort. Denna litteraturstudie avser att erbjuda just detta. Stadslandskapets geometri och struktur påverkar solstrålning, temperatur, luftfuktighet och vindförhållanden, där samtliga har en inverkan på den termiska komforten. Dessa klimataspekter kommer behandlas övergripande och avslutas med en genomgång av klimatförändringarnas förväntade utveckling i Malmö med fokus på temperaturökningen, samt värmens effekt på människors hälsa.

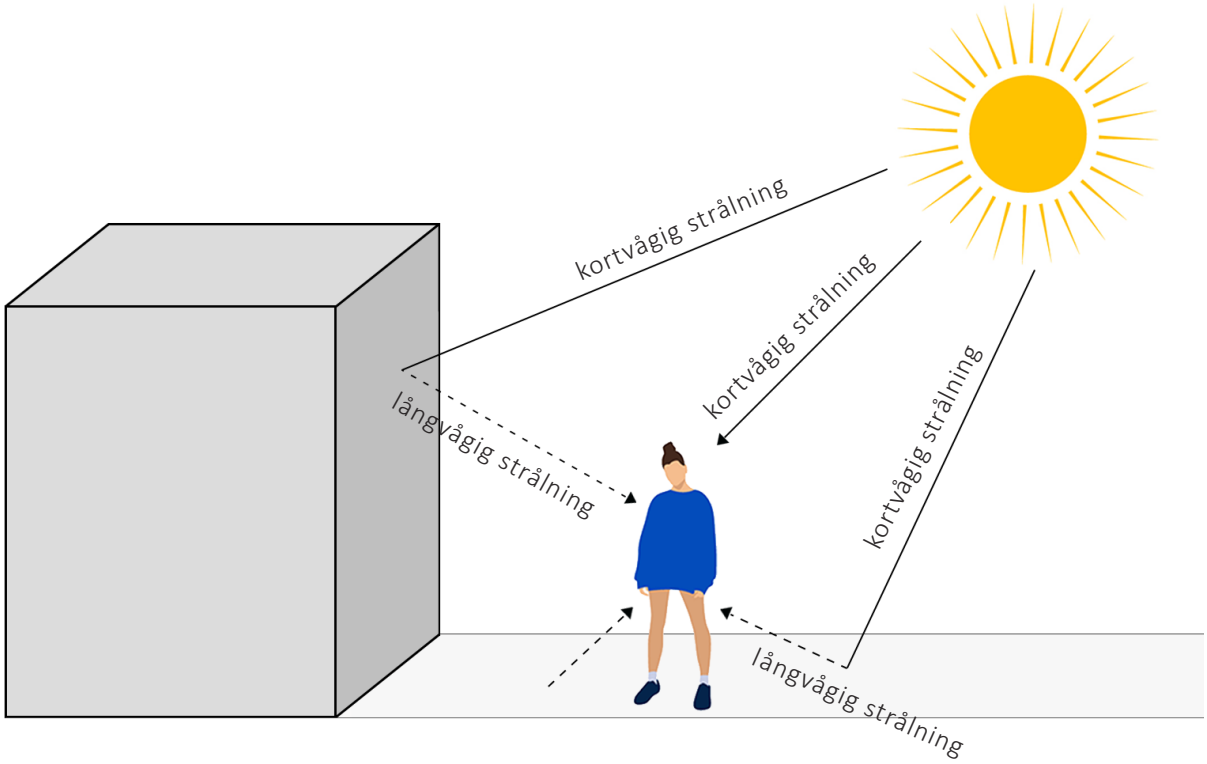
Strålning

Strålning från solen kan delas upp i direkt strålning och diffus strålning. Direkt strålning är det solljus som når jorden utan att reflekteras eller spridas på vägen. Diffus strålning är det solljus som försvagas på väg ner till jorden, genom till exempel moln, som gör att strålningen reflekteras och sprids. Solstrålning som träffar ett föremål kan alltså antingen passera genom (det vill säga transmitteras), reflekteras eller absorberas (Oke, 1987).

Strålningen från solen är kortvågig och är den typ som värmer upp stadens material mest (Mattsson, 1979). Långvågig strålning (även kallad värmestrålning) är utstrålningen från marken och andra föremål. Alla föremål emitterar en utgående långvågig strålning som påverkar lokalklimatet, men denna strålning är mindre koncentrerad än solstrålningen (den kortvågiga). Stadens geometri avgör hur mycket långvågig strålning som kan strålas ut till atmosfären. Ju tätare bebyggelsen är desto mer avskärmas himmeln och därmed värmestrålningen som lämnar staden. Detta fenomen kallas himmelsexponeringsfaktorn (eng: sky view factor, SVF) och påverkar avkylningen av både urbana och vegetativa ytor (Upmanis et al, 1998).

Sommartid är det kort- och långvågiga strålningsflöden som har störst inverkan på människans komfort (Matzarakis et al, 2007). Både kortvågig och långvågig strålning värmer upp föremål men eftersom den kortvågiga strålningen omfattar mer energi kan den värma upp material mer effektivt (Mattsson, 1979). Direkt solstrålning, dvs kortvågig, kan göra att det känns mer än 10 °C varmare i solen än

i skuggan (Glaumann & Nord, 1993). Lägger man till den långvågiga strålningen som reflekteras tillbaka från omgivande ytor ökar den upplevda temperaturen ytterligare (se figur 14). Vegetation kan genom beskuggning förhindra direkt kortvågig solstrålning från att nå marken och kan därför sänka temperaturen.



Figur 14. Solen utstrålar kortvågig strålning. När denna träffar ytor reflekteras strålning i olika riktningar och blir då till långvågig strålning. Kombinationen av kort- och långvågig strålning är en avgörande parameter för hur varmt klimatet upplevs (Matzarakis et al, 2010), illustrerad av Clara Zetterlund.

Temperaturmätning

Temperatur kan mätas på olika sätt, det som är mest relevant för detta arbete är den faktiska upplevda temperaturen för människan. Ett vanligt sätt att beskriva temperatur är genom ett mått av lufttemperaturen, men hur varma vi känner oss beror på graden av strålning vi utsätts för från solen och omgivande material, och inte på lufttemperaturen (Thorsson et al, 2007; Brown, 2010; Eliasson, 1996). Luften kan inte värmas upp av solstrålning utan förblir densamma oavsett om mätinstrumentet befinner sig i skugga eller solljus (Brown, 2010, ss. 48-56).

Ett bättre mått på upplevd värme erhålls därför genom att mäta strålningstemperaturen (eng: mean radiant temperature, MRT) som beskriver den sammanslagna värmestrålningen av kortvågig och långvågig strålning (Thorsson et al, 2007). Strålningstemperatur mäts genom att ta hänsyn till fuktighet, vindhastighet, solvinkel samt molntäckning och är enligt Thorsson et al (2007) samt Matzarakis et al (2007) den viktigaste meteorologiska parametern för hur vi upplever och påverkas av vädret under varma och soliga dagar.

Befinner du dig på en solbelyst asfalterad parkeringsplats eller en gräsmatta i skugga kommer din upplevelse av värmen skilja sig åt. Skillnaden i lufttemperatur kommer däremot förbli näst intill

obefintlig, eftersom luften inte värms upp av strålning, men det gör asfalt, gräs och människokroppen. Strålningstemperatur är därför, till skillnad mot lufttemperatur, direkt kopplad till stadens geometri och vegetationsstruktur, då dessa påverkar mängden solinstrålning som når mark och byggnadsfasader. Detta gör att strålningstemperaturen kan ha stora lokala variationer.

Dessa lokala variationer av strålningstemperatur är viktiga ur ett hälsoperspektiv då människor i urban miljö riskerar att utsättas för värmestress beroende på var de befinner sig. En studie genomförd i Stockholmsregionen av Thorsson et al (2014) visar att hög strålningstemperatur dagtid är, jämfört med lufttemperatur, en avsevärt säkrare indikator för värmestress och värmerelaterade dödsfall. Även detta talar för att strålningstemperatur bör användas för att bedöma risken för värmerelaterade hälsoeffekter.

Genom att fastställa den sammanlagda strålningstemperaturen är det möjligt att beräkna den exakta fysiologiska ekvivalenta temperaturen (eng: Physiologically Equivalent Temperature, PET) vilket ger ett termiskt index på hur människokroppen fysiologiskt upplever den termiska komforten, det vill säga hur du uppfattar värme och kyla. Beroende på vindhastighet och luftfuktighet kan temperaturen till exempel upplevas som flera grader lägre än den faktiska uppmätta lufttemperaturen (Matzarakis et al, 2007). Här kan det termiska indexet PET ge ett värde på hur en viss strålningstemperatur upplevs av människan. I denna studie kommer PET beräknas utifrån RayMan-modellen utvecklad av Matzarakis et al (2010) som tar hänsyn till samtliga meteorologiska parametrar som påverkar termisk komfort.

En lufttemperatur på 20 °C tillsammans med en strålningstemperatur på 35 °C kan beroende på vindhastighet och luftfuktighet ge olika PET-värden från RayMan-modellen. En luftfuktighet på 53 % och en låg vindhastighet på 1 m/s kan i detta scenario ge en upplevd temperatur på 22.6 °C. Ökar vindhastigheten till 5 m/s sänks den upplevda temperaturen till 17.3 °C. Med ett annat värde på luftfuktighet, strålnings- och lufttemperatur ändras PET-värdet ytterligare, detta belyser hur den upplevda temperaturen påverkas av olika faktorer.

Urban värmeö & albedo

En urban värmeö (eng: Urban Heat Island, UHI) är ett storstadsområde som är påtagligt varmare än omgivande landsbygd med störst temperaturskillnad nattetid. Exakt temperaturskillnad varierar beroende på stadslandskapets geometri och struktur, dess värmelagrande kapacitet, synfaktor mot himlen samt värme genererad av fordonstrafik och industrier (Deak Sjöman et al, 2015; Akbari et al, 2001; Christen & Vogt, 2004). En minskad andel vegetation och en större mängd hårdgjorda ytor som motverkar infiltration av dagvatten påverkar också i stor grad intensiteten av värmeön.

Enligt Christen och Vogt (2004) är värmeö-effekten normalt mellan 1–3 °C men kan under vissa omständigheter vara betydligt större. Studier från Göteborg visar en temperaturskillnad på 5 °C för både luft- och yttemperatur mellan stadsmiljö och landsbygd (Eliasson, 1996). En annan studie från Göteborg fann en urban värmeö-effekt på 3.5–6 °C (Eliasson, 1994). Vidare erbjuder Bärring et al (1985) ett resultat från Malmö där en maximal urban värmeö uppmättes till 7 °C nattetid.

Anledningen till att temperaturskillnaden är som störst nattetid beror på stadens begränsade synfaktor mot himlen (himmelsexponeringsfaktorn), det vill säga en reducerad utstrålning av långvågig strålning. Under natten sker en effektiv avkylning av marken på landsbygden genom att värmen strålas tillbaka mot det kalla himlavalvet, vilket leder till en lägre lufttemperatur. Utstrålningen från staden begränsas av omgivande byggnader och ses som den viktigaste förklaringen till att det är varmare inne i städerna (Erell et al, 2011; Oke, 1987; Christen & Vogt, 2004).

En större mängd mörka ytor bidrar också till stadens varmare klimat. Mörka hårdgjorda material har generellt ett lågt albedo, dvs en låg reflektionsförmåga som gör att en stor del av strålningen absorberas och lagras som värme i materialet (Brown, 2010). Asfalt är ett material med ett mycket lågt albedo, det vill säga majoriteten av solstrålningen kommer inte att reflekteras utan istället absorberas av materialet och lagras som värme. Asfaltsytan lagrar därför värme dagtid för att sedan utstråla värmen långt efter att solen gått ner. En ytas albedo har alltså en direkt påverkan på värmeöns intensitet (Akbari et al, 2001; Christen & Vogt, 2004). Generellt kan materialets färg indikera dess albedo då mörkare färg tyder på ett lägre albedo (se tabell 3). Med kunskap om hur olika material alstrar värme är det alltså möjligt att minska mängden värme som lagras i staden genom att använda material med ett högre albedo (Brown, 2010). Som exempel kan ett vitt tak reflektera 75 % av solens strålar, jämfört med ett svart tak som reflekterar endast 5 %.

Material	Albedovärde
Asfalt	0,05–0,20
Betong	0,10–0,35
Sten	0,20–0,40
Tegel ljus	0,30–0,50
Tegel mörk	0,20–0,30

Tabell 3. Albedovärde för olika material översatt från Santamouris (2011).

Stadsmiljöns förhöjda halt av utsläpp jämfört med landsbygden bidrar också till värmeöns intensitet. Utsläpp från trafik, industrier och läckage från byggnader genererar en antropogen värme som kan ha stora lokala variationer (Brown, 2010).

Faktorer som gör stadsmiljö varmare än landsbygden:

- en ökad absorption av kortvågig strålning
- en reducerad utstrålning av långvågig strålning (låg himmelsexponeringsfaktor)
- en större värmekapacitet (låg albedo)
- en mindre mängd vegetation och lägre luftfuktighet
- en större mängd luftföroreningar vilket genererar antropogen värme

Vind

Vindförhållandena i en urban miljö skiljer sig i stor utsträckning från landsbygden på grund av stadens bebyggelsestruktur som skapar en friktion vilket bromsar upp vindflödet. Vindhastigheten på landsbygden är därför generellt sett högre än inne i staden men de lokala vindarna i stadsmiljön kan vara påtagligt kraftigare och mer turbulenta (Glaumann & Westerberg, 1988; Oke, 1987). Höga

byggnader längs långa gator kan generera ett vindflöde från taktopparna ner till gatunivån vilket ger turbulenta och kraftiga vindar som kan göra platsen svår att använda vintertid.

Vindens framfart kan däremot vara välbehövlig under sommaren då den enligt Brown är den främsta källan till avkylning av varma föremål som till exempel människor och hus. Värmeö-effekten är som störst vid svag vind och klart väder, vinden kan därför ha en stor betydelse i att dämpa effekten av värmeön. Enligt Erell et al (2007) kan en vindhastighet på endast 2m/s göra att värmeön sällan överskrider 5–6 °C, oberoende av andra meteorologiska faktorer, enligt mätningar gjorda i Adelaide, Australien. Förutom att vinden påverkar stadens vatten- och värmebalans samt hur människan fysiskt upplever klimatet, kan den också ha en inverkan på hur luftföroreningar bromsas och sprids.

Vattenbalans

På grund av stadens stora mängd hårdgjorda material, varifrån dagvatten leds bort, skapas ett torrare klimat än på landsbygden. Detta leder till en lägre grundvattennivå eftersom smält- och regnvatten hindarnas från att infiltreras ner i marken. Detta i kombination med en högre lufttemperatur gör att även luftfuktigheten är lägre i staden än på landsbygden.

Nederbörd över staden är ofta större än på landsbygden på grund av varmare luft som stiger och gynnar molnbildning (Glaumann & Nord, 1993). Sommaren karakteriseras av stora nederbördsmängder under kort tid vilket belastar stadens dagvattensystem, och riskerar att orsaka översvämningar.

Parkmark har i regel betydligt fuktigare förhållanden än en hårdgjord miljö men vattenbalansen är i högsta grad påverkad även här, jämfört med landsbygden. Som exempel kan infiltrationsmöjligheten för en anlagd gräsmatta vara 40–50 % lägre än för motsvarande naturmark, på grund av sämre jordstruktur och markkompaktering (Deak Sjöman et al, 2015).

Malmös klimat idag

Malmö präglas av ett maritimt klimat då det ligger längs Skånes västliga kust. Enligt *Atlas över Skåne* innebär det kraftiga vindar med västlig riktning från oktober till mars, mindre nederbörd och mindre temperaturvariationer (SNA, 1999). Närhet till havet har också en fördröjande effekt på årstiderna. Under vintern är havet varmare än land viket ger ett mildare klimat som gör att hösten varar längre. Våren kommer senare eftersom havet då kyler och under sommaren har västvindarna en svalkande effekt eftersom ytvattnet i Nordatlanten är svalare än den uppvärmda luften. Däremot varar sommaren längre i Skåne jämfört med resten av Sverige, tack vare dess sydliga läge är det Sveriges i genomsnitt varmaste landskap (Ibid.).

Malmö har enligt referensperioden 1961–1990 högst årsmedeltemperatur i Sverige med 8.4 °C (SMHI, 2019a). Den varmaste månaden är juli med en medeltemperatur på 17.1 °C och den kallaste är i februari på 0,0 °C. För jämförelse har Stockholm en årsmedeltemperatur på 6.6 °C, även här är februari den kallaste månaden med en medeltemperatur på - 3.1 °C och juli den varmaste med en medeltemperatur på 17.2 °C.

Klimatförändringarna

Detta avsnitt tar sitt avstamp i SMHI:s Klimatanalys för Skåne län av Persson et al (2011). Rapportens framtidsberäkningar bygger på observationer och beräkningar av SMHI samt klimatscenarier från den internationella klimatforskningen. Analyser av Skånes framtidsklimat avser tidsperioden fram till år 2100. Här används den så kallade standardnormalperioden 1961–1990 som referens enligt internationell praxis.

Malmö har idag högst årsmedeltemperatur i landet och kommer enligt SMHI:s beräkningar att stiga från 8.4 °C till 13 °C vid slutet av seklet, vilket ger en längre vegetationsperiod och i huvudsak milda, regniga vintrar och heta, torra somrar med intensiva värmeböljor. För jämförelse kommer Skåne läns medeltemperatur stiga från 7.2 °C till 11 °C. I dessa siffror finns inte lokala påverkningar som värmeö-effekten med i beräkningarna. Det betyder att medeltemperaturen i Malmö under vissa perioder antagligen kommer ligga på 1–6 °C högre än beräknat, om vi kan anta att värmeö-effekten ser likadan ut år 2100.

För temperaturutvecklingen under de fyra årstiderna finns endast information avseende länets medelvärden tillgängligt och inte platsspecifikt för Malmö. Samtliga årstider visar på en tydlig ökning, men vintermånaderna har den största stigningen från dagens medelvärde på – 0.6 °C till ca + 7 °C vid 2100 (Persson et al, 2011). Det tyder på att snö och is i Skåne kommer vara mycket ovanligt i framtiden.

3.2 Trädens effekt på stadsklimatet

Vegetation i stadsmiljö kan reglera det urbana klimatet genom att påverka värme- och vattenbalansen samt utveckling av vindhastighet och luftfuktighet, vilket ger effekter för mänsklig termisk komfort (Robitu et al, 2006; Givoni, 1991; Shashua-Bar & Hoffman, 2000; Deak Sjöman et al, 2015). Nedan presenteras en övergripande introduktion av dessa faktorer, som följs av en djupare genomgång av trädens effekt på temperaturregleringen.

Övergripande

För vegetation i urban miljö anses den största avkylande effekten komma från beskuggning. Hur stor effekten blir beror på struktur, densitet och tjocklek av trädets bladmassa (Givoni, 1991). Effekten vegetation har på vindförhållande beror också till stor del på typ av växtmaterial, dess struktur och densitet samt planteringstäthet (Glaumann & Westerberg, 1988). Träd kan dämpa vindhastigheter i en urban miljö vilket kan vara fördelaktigt för den mänskliga termiska komforten under vinterhalvåret. Samma fenomen kan dock göra att luftföroreningar inte transporteras bort och skingras i samma utsträckning, vilket är en betydelsefull aspekt i stadsmiljön som förhindrar att koncentrationer av föroreningar skapas (Givoni, 1991; Glaumann & Westerberg, 1988). Enligt Glaumann och Westerberg (1988) samt Deak Sjöman et al (2015) är det viktig att vara medveten om de effekter sortval och placering av träd har på den lokala luftcirkulationen för att förhindra att oönskade effekter uppnås.

Liknande paradox kan uppstå gällande trädens effekt på energihushållning för byggnader. Sommartid har beskuggning av fasader och fönster en positiv inverkan på värmehushållningen (Akbari et al, 2001; Akbari & Konopacki, 2004), men vintertid är solinstrålningen en viktig aspekt, både som passiv uppvärmning av byggnader och för ljusinsläpp till bostaden (Nikoofard et al, 2011; Givoni, 1998). Trädets höjd och kronuppbyggnad påverkar värme- och ljusförhållanden även vintertid och kan alltså ha en negativa inverkan på energihushållningen och tillgång till dagsljus. Ur denna aspekt är det fördelaktigt med arter som tappar sina blad tidigt på hösten samt har ett sent bladutspring på våren eftersom det möjliggör ett utnyttjade av solstrålarna under de kyliga veckorna under vår och höst, för att sedan erbjuda välbehövlig skugga under sommarsäsongen (Deak Sjöman et al, 2016). Detta bekräftas av Cantón et al (1994) och Gardner & Sydnor (1984) som framhåller att det optimala stadsträdet för ett tempererat klimat har en mycket låg genomsläpplighet av solljus sommartid, samtidigt som trädet har en mycket hög genomsläppligheten vintertid. Detta berörs närmare under nästa rubrik.

Andra tjänster stadsträden kan bidra med är interception av dagvatten, vilket innebär att en tät lövad trädkrona fångar upp regnet innan det når marken, därifrån kan det sedan avdunsta eller fördröjas genom att långsamt transporteras till marken via stam och grenar. Beroende på krontäthet och lövstruktur kan kronan hålla 1–3 mm nederbörd innan det börjar droppa igenom (Glaumann & Nord, 1993). Detta, tillsammans med den mängd vatten som sugs upp under mark via rötterna, minskar belastningen på stadens avloppssystem och därmed risken för översvämning. Vegetationen har även en inverkan på luftkvalitén genom att en del föroreningar tas upp av bladens klyvöppningar, och en del föroreningar fastnar och lagras på bladytan (Deak Sjöman et al, 2015).

Stadsmiljön är en komplex växtmiljö som ställer höga krav på vegetationens förmåga att hantera olika stressfaktorer (Deak Sjöman et al, 2015). I en urban miljö kan trädens solinstrålning kraftigt begränsas beroende på byggnadernas höjd och gatans geografiska riktning. För ett träd som står i skugga stora delar av dagen ges konsekvenser på dess form och estetiska kvaliteter. Dock kan de svalare klimat som skuggan ger vara positivt för trädet under heta sommardagar eftersom de bidrar till en långsammare evapotranspiration, det vill säga en bättre vattenhushållning. Enligt Deak Sjöman et al (2015) är torkstress det största hotet mot stadsträdens tillväxt och hälsa. I en hårdgjord stadsmiljö är mängden vatten tillgängligt för trädets rötter kraftigt begränsat på grund av en låg grundvattennivå och en effektiv ytavrinning (Nielsen et al, 2007).

Markkompaktering och rördragning är ytterligare aspekter som försvårar utvecklingen av ett brett och stort rotsystem. Markföroreningar och en begränsad återföring av organiskt material påverkar också markförhållandena. Konsekvensen blir ofta en reducering av trädets fotosynteskapacitet vilket påverkar dess vitalitet och hämmar tillväxten (Deak Sjöman et al, 2015). Däremot kan stadens höga temperatur och delvis vindskyddande läge erbjuda platser som är mer gynnsamma för vissa arter än omkringliggande landsbygd (Glaumann & Nord, 1993).

Temperaturreglering

Idag finns en mängd studier som visar på vegetationens förmåga att sänka temperaturen genom beskuggning och transpiration (Zhang et al, 2017; Spronken-Smith & Oke, 1998; Chang et al, 2007; Lindberg & Grimmond, 2011; Ng et al, 2012). Sambandet mellan en ökning av grönytor i urban miljö och en sänkning av värmeö-effekten är tydlig. Enligt Rowntree et al (1982) kan uppskattningsvis 25–50 % av den förhöjda lufttemperaturen i staden orsakad av värmeö-effekten sänkas med hjälp av vegetation. Studier visar att lufttemperaturen kan sänkas lokalt med 1–3 °C, och under ideala förhållanden upp till 5–7 °C (Eliasson, 1996; Upmanis et al, 1998; Shashua-Bar & Hoffman, 2000; Spronken-Smith & Oke, 1998). Kunskap om vilka faktorer som skapar dessa ideala förhållanden behövs för att kunna uppnå en maximal svalkande effekt. Nedan presenteras en redogörelse av aktuell forskning som kan ligga till grund för välgrundade åtgärder för att hantera stadens värmerelaterade problem med hjälp av stadsträd.

Evapotranspiration

När det kommer till hantering av solstrålning skiljer sig vegetation från hårdgjorda ytor då den största delen av solstrålningen som träffar ytan av ett växtmaterial absorberas av lövverket för att användas till fotosyntes. Detta kallas för evapotranspiration och är processen när vatten absorberas av rötterna för att sedan transporteras genom växten och avges som vattenånga från lövets klyvöppningar (Luxmoore et al, 2005). Vattnet omvandlas från flytande form till gas vilket tar upp värme från omgivningen. Detta gör att vegetation värmer upp luften mindre än hårdgjorda ytor, som istället absorberar solstrålningen för att därefter värma upp sin omgivning. Så länge trädets rötter har tillgång till vatten kan en kylningseffekt uppnås via evapotranspiration, men under torra och varma perioder håller trädet sina klyvöppningar stängda för att hushålla med sitt vatten, och kan således inte bidra till en temperatursänkning. Enligt en studie utförd i Göteborg fann man ingen transpirativ kylningseffekt dagtid under varma sommardagar, utan endast nattetid när temperaturen var lägre (Konarska et al, 2016).

Beskuggning

För träd i urban miljö anses den största avkylande effekten komma från beskuggning eftersom det hindrar solstrålningen från att nå underliggande ytor. Effekten är som störst under växtsäsongen när lövträd har en fullt lövad krona, och kan då enligt Heisler (1986) minska solstrålning upp till 90 %. Trädkronan minskar även den mängd värme som tas upp av ytan som skuggas, det vill säga dess lagring och konvektion av värme, vilket gör yttemperaturen lägre (Shashua-Bar & Hoffman, 2000). Hur stor effekten blir avgörs av trädets storlek och kronans täthet, det vill säga hur mycket strålning som tränger igenom, vilket kan variera stort mellan olika arter och under trädets livstid (Givoni, 1991; Gardner & Sydnor, 1984; Heisler, 1986; Konarska et al, 2013; Deak Sjöman, 2016). Generellt sett ökar den temperatursänkande förmåga i takt med trädets stigande ålder genom ökad höjd, bredd och krontäthet. Enligt studier genomförda av Armson et al (2013) har träd med ett högre bladyteindex en större temperatursänkande effekt på yttemperaturen eftersom dessa ger en tätare skugga. Faktorer som varierande ståndortsförhållanden och beskärning, som ofta återfinns i gatumiljön, kan dock ge stora skillnader i genomsläpplighet även inom samma art.

Som tidigare nämnts kan höga byggnader längs smala gator tillsammans med vårt nordliga klimat kraftigt begränsa solinstrålningen som når marken. Om gatuträd placeras på en redan beskuggad yta kommer trädets temperatursänkande förmåga inte komma till nytta samtidigt som dess ståndortsförhållande kompromissas. Vintertid kan trånga gator innebära en kraftigt beskuggad och kall växtplats vilket kan ge konsekvenser på trädets vitalitet.

Trots att skuggan från ett träd och skuggan från en solid byggnad med blotta ögat kan se likvärdiga ut så kommer en större mängd solstrålning att passera genom trädet, medan ingen strålning passerar genom byggnaden (Brown, 2010). Detta beror på att trädet endast använder det som för människan är synligt solljus. Den osynliga delen av solens strålar, även kallad infraröd strålning, passerar igenom lövverket vilket gör att en människa som sitter i skuggan av ett träd utsättas för en viss mängd strålning, till skillnad från en människa som skuggas av en solid byggnad där den infraröda strålningen blockeras helt (ibid.). Trädskuggan kan därför uppfattas som varm och behaglig jämfört med skuggan från en byggnad som kan kännas kall och fuktig.

Som nämnts tidigare kan även ett avlövat träd ge en påtaglig skugga och har därför en inverkan på den mänskliga komforten vintertid. De trädarter och sorter med klot- respektive pyramidformad krona ger i allmänhet en tätare skugga (Dyer, 2013). Enligt en studie utförd av Deak Sjöman et al (2016) gällande genomsläpplighet av solljus för en rad olika trädarter i avlövat tillstånd, framkom att variationen var stor mellan olika arter. Skillnaden mellan den minst genomsläppliga kronan (*Carpinus betulus* ’Fastigiata’) och den mest genomsläppliga kronan (*Ginkgo biloba*) var 67 %. Detta innebär att olika lövfällande arter påverkar ljusinsläppet och uppvärmningsbehovet vintertid olika mycket beroende på dess kronarkitektur.

Träden kan även ha en negativ inverkan på den termiska komforten utomhus om de skuggar till exempel lekplatser eller andra områden som behöver ha ett behagligt klimat för att de ska nyttjas under vinterhalvåret. Enligt Dyer (2013) är det därför viktigt att i stadsmiljö välja rätt träd för bästa resultat och funktion av platsen. För att undvika negativa konsekvenser vintertid kan man enligt Deak Sjöman (2016) använda lövfällande träd med en gles grenstruktur som till exempel *Catalpa speciosa*, *Paulownia tomentosa*, *Juglans mandshurica* och *Ginkgo biloba* på strategiska platser som kan behöva en god solinstrålning. Som tidigare nämnts är ett sent bladutspring och tidig lövfällning också aspekter att överväga för att utnyttja solstrålningen så länge som möjligt under vinterhalvåret. Detta eftersom träd som utvecklar sina blad tidigt förhindrar solinstrålningen under en period då behovet av den varma solen är av större betydelse. Eftersom gatumiljön ofta innebär att träden placeras nära byggnader är beskuggningen vintertid en viktig aspekt att ha med sig.

Träd som skuggar fasader sommartid kan däremot ge ett behagligare inomhusklimat och därmed minska energibehovet för avkylning av byggnaden (Nikoofard et al, 2011; Heisler, 1986; Sawka et al, 2013; Akbari et al, 2001). För detta ändamål är det enligt Sawka et al (2013) mest fördelaktigt med en placering väst eller öst om byggnaden i fråga. En västlig placering bekräftas av Simpson och McPherson (1996) samt Nikoofard et al (2011) som den mest effektiva placeringen då trädet kan generar långa skuggor som träffar en stor del av fasaden under eftermiddagen, när lufttemperaturen

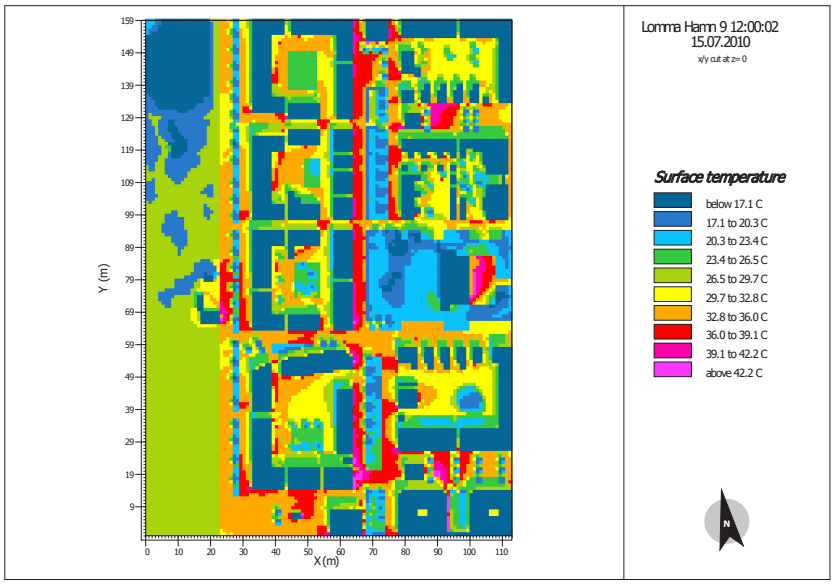
oftast är som högst. Träd placerade öst om byggnaden ger istället störst effekt under förmiddagen då behovet av värmereducering inte är lika stort. På grund av solens instrålningsvinkel i södra Sverige kommer träd placerade syd om byggnaden ha en begränsad effekt på avkylning av inomhusklimatet sommartid (Sawka et al, 2013). Enligt Heisler (1986) har en sydlig placering endast effekt sommartid om trädet står nära fasad och fönster. En placering norr om byggnaden har ingen signifikant effekt på energibehovet för avkylning (Mcpherson & Simpson, 2003).

Gällande vintertid är en sydlig placering mest negativ eftersom dess beskuggning då orsakar den effektivaste nedkylningen av byggnaden, vilket leder till en ökning av energibehovet för uppvärmning samt en begräsning av ljusinsläpp (Hildebrandt & Sarkovich, 1998). Arter med en tät grenarkitektur vintertid kan däremot vara fördelaktiga för mikroklimatet eftersom de kan dämpa vindhastigheter effektivt. Detta kan uppnås genom en strategisk placering vid gathörn norr om byggnaden eller en bit bort från fasaden där höga vindhastigheter orsakar en stark vindavkylande effekt (Deak Sjöman et al, 2016).

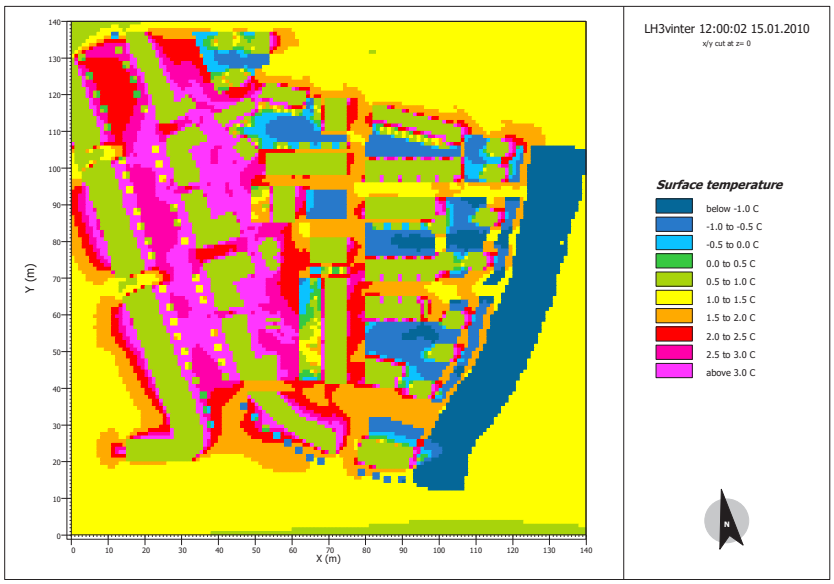
Som tidigare nämnts är det strålningstemperaturen som är mest relevant för hur människan upplever klimatet och inte lufttemperaturen (Thorsson et al, 2007; Brown, 2010). Beskuggningens effekt på luftens temperatur är enligt studier ej signifikant (Armson et al, 2012; Brown, 2010; Saarela, 2014). I detta avsnitt är det därför den sammanlagda strålningstemperaturen översatt till ett PET index som är relevant för att studera mänsklig termisk komfort. Yttemperaturen är också relevant eftersom beskuggning av en yta sänker dess temperatur, vilket bidrar till en minskad värmelagring i staden vilket minskar intensiteten av värmeö-effekten (Armson et al, 2013). För att få konkreta siffror på hur stora lokala variationer av yt- och strålningstemperatur som kan uppnås med hjälp av trädskuggor kommer ett antal studier presenteras nedan.

Yttemperatur

För en studie utförd i Manchester, England fann man att beskuggning orsakad av träd kunde sänka yttemperaturen med upp till 19 °C (Armson et al, 2012). Liknande resultat återfinns i ett tidigare nämnt exempel från Brown (2010, s. 52) där mätningar av yttemperaturen på en asfalterad parkeringsplats en varm dag visade en skillnad på 20 °C mellan en yta i trädskugga och en i fullt solljus. Resultatet överensstämmer närmast med en studie över Lomma Hamn där yttemperaturen av en hårdgjord yta sänktes med upp till 19 °C orsakad av trädskugga (se figur 15) (Deak Sjöman, 2019). Klimatsimuleringen är utförd för juli klockan 12:00 och visar att yttemperaturen i hög grad påverkades av skuggbildningen från byggnader och vegetation. Från studien i Lomma genomfördes även simuleringar av yttemperatur under januari vilket ger ett relevant vetenskapligt underlag för temperaturanalysen för Möllevången (se figur 16) (Deak Sjöman, 2019). Resultatet visar att yttemperaturerna vintertid påverkades på liknande sett även om temperaturskillnaderna inom området är betydligt lägre under vintern jämfört med juli. Vintertid skilde yttemperaturen endast 4 °C mellan det varmaste marktäcket och det kallaste.



Figur 15. Klimatsimulering av yttemperaturer i Lomma Hamn 15 juli kl 12:00. Svalast temperatur är markerad med blått färgfält och högst temperatur med rosa. Figuren visar att yttemperaturen i hög grad påverkas av beskuggning från byggnader och träd, med en maximal temperatursänkning på 19 °C orsakad av trädskugga (Deak Sjöman, 2019).

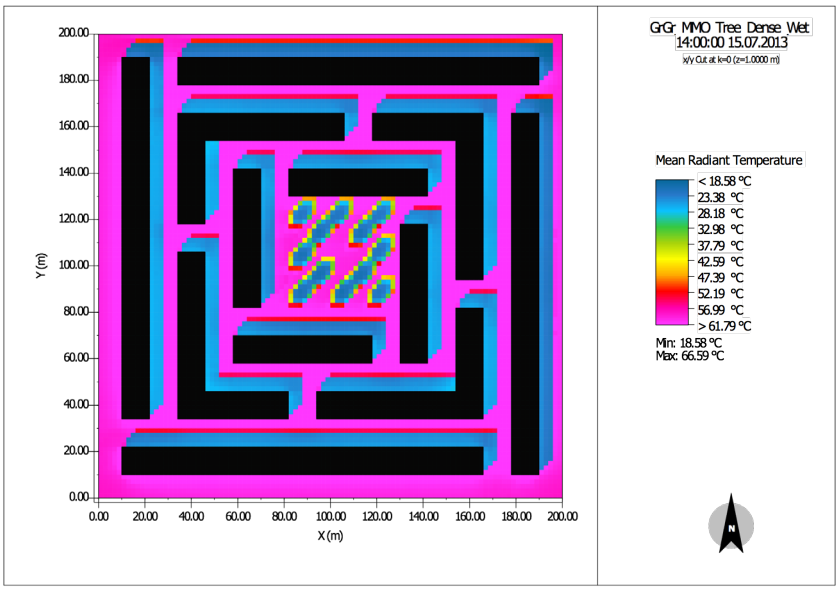


Figur 16. Klimatsimulering av yttemperaturer i Lomma Hamn 15 januari kl 12:00. Figuren visar att yttemperaturen påverkas av beskuggning från byggnader och träd, med en maximal temperatursänkning på 4 °C orsakad av trädskugga. Vintertid är temperaturskillnaden betydligt lägre än för sommartid (Deak Sjöman, 2019).

Strålningstemperatur

En fallstudie utförd i sydvästra Tyskland fann att strålningstemperaturen sänktes med 30.8–34.1 °C orsakat av trädskugga (Streiling & Matzarakis, 2003). Studien genomfördes under september år 2000 och undersökte skillnad i effekt mellan enskilda träd och grupper av träd, resultatet visade att grupper gav en större reducerande effekt av strålningstemperaturen.

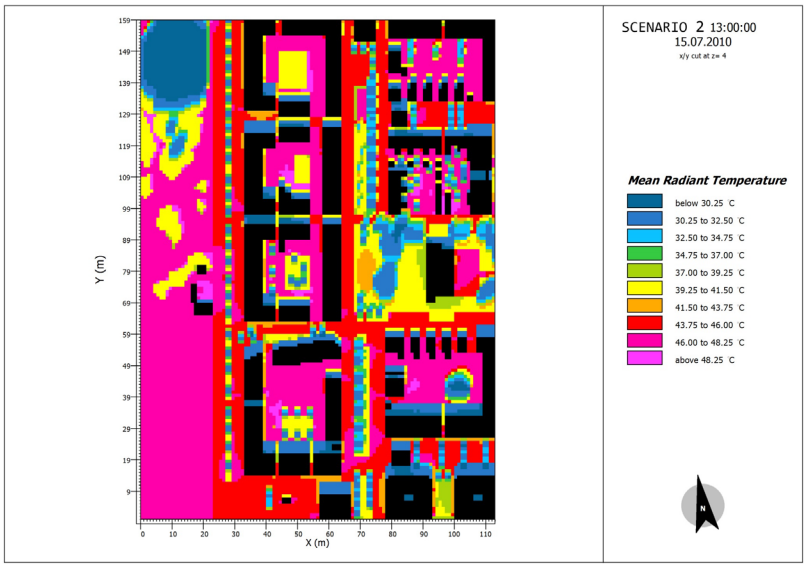
Studier av strålningstemperatur från Lomma (Deak Sjöman, 2016) och Malmö (Saarela, 2014; Johansson, 2008) erbjuder ett underlag som är mycket relevant för Möllevången ur ett geografiskt perspektiv. Klimatsimuleringar utförda i ENVI-met av Hans Rosenlund för en fiktiv bostadgård i Malmö visade en skillnad i strålningstemperatur på upp till 40 °C mellan en yta i fullt solljus och en yta beskuggad av ett träd (se figur 17) (Saarela, 2014). Simuleringen gjordes med en lufttemperatur på 19 °C kl 14:00 i juli på en bostadsgård omringad av 12 m höga byggnader, vilket bromsar upp vinden och ger mycket låga vindhastigheter. Två olika täckningsgrader av trädens kronor testades och resultatet



Figur 17. Klimatsimulering av strålningstemperatur på en fiktiv bostadsgård i Malmö med träd som har en tät krona den 15 juli kl 14:00. Simuleringen är utförd i ENVI-met av Hans Rosenlund (Saarela, 2014).

visade att träd med en låg täckningsgrad, det vill säga en gles krona, gav en högre strålningstemperatur än under träd med en tätare krona. En ökad täckningsgrad i kronan ger en större andel skugga, och därmed en lägre temperatur och värmebelastning för människan. Strålningstemperaturen skilde 10–20 °C mellan glesa och täta kronor.

Klimatsimuleringar utförda i ENVI-met från Lomma Hamn visade en skillnad i strålningstemperatur på upp till 18 °C orsakad av trädskugga (se figur 18) (Deak Sjöman, 2016). Simuleringarna gjordes med en lufttemperatur på 20.5 °C kl 13:00 den 15 juli. En klimatsimuleringar från Norra Sorgenfri, Malmö utförda i ENVI-met av Johansson (2008) ger ytterligare ett platsrelevant exempel för Möllevången. Där skilde strålningstemperaturen 20- 30 °C under skuggan av ett träd respektive en icke beskuggad hårdgjord yta.



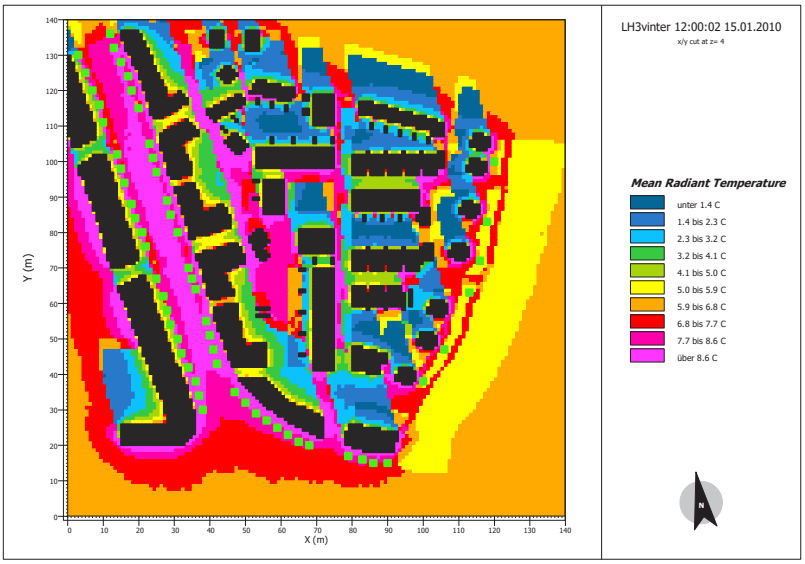
Figur 18. Klimatsimulering av sammanlagd strålningstemperaturer 1.6 meter över mark i Lomma Hamn 15 juli kl 13:00 (Deak Sjöman, 2019).

För att förstå vad dessa strålningstemperaturer ger för PET-index, det vill säga hur varmt klimatet upplevs av människan, krävs förutom strålnings- och lufttemperatur, meteorologiska data för vindhastighet och relativ luftfuktighet. Vindhastighet och strålningstemperatur påverkas i sin tur av

stadslandskapets struktur och orientering, och kan kraftigt variera mellan olika platser. Förhållandet mellan byggnadernas höjd och bredd, himmelsexponeringsfaktorn, vertikala material, termisk lagring samt gatukanjonens orientering är avgörande parametrar som genom konfiguration kan orsaka en variation i strålningstemperatur över ett intervall på mer än 30 °C (Herrmann & Matzarakis, 2012). Med anledning av detta varierar även resultatet från ovan nämnda studier.

För att illustrera vindhastighetens påverkan kommer strålningstemperaturen översatt till ett PET-index för Lomma Hamn presenteras utifrån två olika vindhastigheter. RayMan modellen används för att beräkna PET utifrån parametrarna lufttemperatur, luftfuktighet och vindhastighet. Med en lufttemperatur på 20.5 °C, luftfuktighet på 60 % och en vindhastighet på 4 m/s kommer den högsta strålningstemperaturen i Lomma Hamn på 48.2 °C upplevas som 21.7 °C. Sänks vindhastigheten till 0.35 m/s stiger den upplevda temperaturen till 34 °C. Detta illustrerar vilken betydelse vinden har för att skapa en svalkande bris under heta sommardagar. Hur varmt det känns att stå i skuggan av ett träd kommer med en vindhastighet på 4 m/s och en vindhastighet på 0.35 m/s kännas som 17.5 °C respektive 20.5 °C. Strålningstemperaturens reducering på maximalt 18 °C ger således en upplevd temperaturskillnad på 13.5 °C vid en låg vindhastighet på 0.35 m/s. Den sänkta vindhastigheten på 0.35 m/s orsakas i Lomma Hamn av vegetation och byggnader som bromsar upp vindflödet. En vindhastighet på 0.35 m/s är mer sannolikt för Möllevången än en hastighet på 4 m/s eftersom delområdet ligger betydligt mer i lä från havsvindar än Lomma Hamn, och kommer därför inte ha samma avkylande effekt.

Från studien i Lomma Hamn gjordes även simuleringar av strålningstemperatur för vintertid (15 januari) vilket ger ett relevant vetenskapligt underlag för temperaturanalysen för Möllevången (se figur 19). Enligt klimatsimuleringen sänktes strålningstemperaturen med upp till 5.4 °C orsakat av trädskugga (Deak Sjöman, 2019). Översatt till ett PET-index ger det en upplevd temperatursänkning på 0.6 °C med en lufttemperatur på 0 °C, luftfuktighet på 90 % och en vindhastighet på 8 m/s. Vintertid är det vinden som har störst påverkan på den termiska komforten, att befinna sig i skuggan av ett träd spelar således mindre roll när det blåser kraftigt. En vindhastighet på 8 m/s och en lufttemperatur på



Figur 19. Klimatsimulering av sammanlagd strålningstemperaturer 1.6 meter över mark i Lomma Hamn 15 januari kl 12:00 (Deak Sjöman, 2019).

0 °C ger en upplevd temperatur på ca -7 °C, oavsett om du befinner dig i skugga eller sol. Eftersom Lomma Hamns geografiska position är precis vid havet kan något lägre vindhastigheter förväntas på Möllevången då platsen ligger mer skyddat från starka havsvindar. Vindens avkylande effekt kan således förväntas vara lägre än vad som presenteras här.

Sett till vegetation är det träd som har den största temperatursänkande effekten enligt samtliga studier ovan. Andra vegetationstyper som gräs, perenner och buskar har också haft en reducerande effekt på strålningstemperaturen men träd har haft störst kapacitet. Ett antal studier bekräftar att täta trädkronor eller träd planterade i grupper har en större reducerande effekt på både strålningstemperatur och yttemperatur jämfört med solitära träd (Deak Sjöman, 2016; Saarela, 2014; Armson et al, 2012; Andrade & Vieira, 2007; Streiling & Matzarakis, 2003). Streiling och Matzarakis (2003) framhåller därför att träd bör planteras i grupper för att uppnå störst temperaturreducerande effekt.

Parkens klimat

Lufttemperatur i stadsmiljön varierar beroende på typ av marktäcke. En grön park i en urban miljö kan effektivt bidra till minskningen av högre lufttemperaturer orsakade av den urbana värmeö-effekten genom beskuggning och avkylning via evapotranspiration (Brown, 2010; Chow et al, 2011; Declet-Barreto et al, 2013; Chang et al, 2007; Eliasson, 1996). Den lufttemperatursänkning som sker från hårdgjord miljö till en större park kan ha samma förhållande som den genomsnittliga temperaturskillnaden mellan stad och landsbygd, det vill säga den urbana värmeö-effekten som kan vara upp till 6 °C (Spronken-Smith & Oke, 1998; Eliasson, 1996; Upmanis et al, 1998).

Parkens svalare klimat påverkar ett större område än vad som innefattas av parkens gränser, detta område med en lägre temperatur kallas park cool island (PCI) (Chow et al, 2011). Hur stor ytan är som påverkas finns det inget entydigt svar på. Studier från Tel-Aviv visar att den avkylande effekten från en park kan spridas upp till 100 meter in i den hårdgjorda miljön (Shashua-Bar & Hoffman, 2000). Andra studier visar att utbredningen är begränsad till ungefär en parkbredd, det vill säga parkens diameter (Spronken-Smith & Oke, 1998; Jauregui, 1991). För mindre parker på omkring 1,9 – 9,9 hektar visar en studie från Mexiko att PCI är proportionell till parkens storlek, dvs svalare lufttemperatur sprider sig inte utanför parkens gränser (Barradas, 1991). Dock bestrider detta ett faktiskt exempel från Vancouver, Kanada där Trafalgar Park på 4,86 hektar hade ett uppmätt PCI på 2 °C svalare lufttemperatur som bredde ut sig en parkbredd (Spronken-Smith & Oke, 1998).

Ett antal studier fastställer dock parkens storlek som en stark indikator på hur långt den svalare luften kan sprida sig och hur stor effekten blir (Chang et al, 2007; Upmanis et al, 1998; Lin et al, 2015; Saito et al, 1990–1991). I en studie från Göteborg gällande Slottsparken på 156 hektar uppmättes en PCI effekt på 5,9 °C med en spridning på 1 km (Upmanis et al, 1998). Detta motsvarar ungefär parkens bredd vilket stämmer in på tidigare studier av Spronken-Smith och Oke (1998). Utbredningen från Vasaparken på 3,6 hektar från samma studie var mindre då den svalare lufttemperaturen endast spred sig 30 – 40 m utanför parkens gräns, och effekten mättes till 2 °C. Detta har likheter med en studie från Japan av en park på 2,25 hektar med en PCI på 4 °C som kylde ner sin omgivning upp till

20 m från parken (Saito et al, 1990–1991). Slutligen studerades även Gubberoparken i Göteborg som är en mindre park på 2,4 hektar och där ingen spridning av svalare luft kunde uppmätas trots att parken hade ett PCI på 1,7 °C (Upmanis et al, 1998). Detta förklaras med hänvisning till att området runt Gubberoparken består av byggnader som är parallella med parkgränsen vilket förhindrar luften från parken att tränga in i det bebyggda området och minimerar därför spridningen av PCI effekten.

Förutom parkens storlek finns det andra faktorer som kan påverka en parks avkylande effekt: dess uppbyggnad, typ av vegetation, mängd bevattning och omgivande markanvändning (Spronken-Smith & Oke, 1998). Utifrån detta kan PCI delas upp i två parametrar: hur hög den avkylande effekten blir och när under dygnet som den har sin maximala effekt.

En park med främst öppna gräsmattor når sin maximala PCI strax innan soluppgång medan en park med en större mängd trädkronor når sin maximala PCI under eftermiddagen (Spronken-Smith & Oke, 1998). Nattetid är det alltså öppna gräsmattor, det vill säga parker med en hög himmelsexponeringsfaktor, som är svalast. Det är mängden sikt mot himmelen som bidrar till avkylningen nattetid. Trädens kronor fungerar som ett lock som hindrar värmeväxlingen och därmed avkylningen (Chang et al, 2007). Det gör att yttemperatur i parker med en hög krontäckning är varmare nattetid än öppna gräsmattor. Under dagtid är det däremot trädens utbredning och krontäckning som är avgörande för nedkylning av parken (Declet-Barreto et al, 2013; Spronken-Smith & Oke, 1998; Chang et al, 2007). Ju högre täckningen av trädkronor och buskar är tillsammans, desto svalare lokalklimat skapas i parken jämfört med sin hårdgjorda omgivning.

3.3 Hälsa och termisk komfort i staden

Klimatet har stor betydelse för hur vi använder offentliga platser (Zacharias et al, 2001; Nikolopoulou et al, 2001; Thorsson et al, 2004; Wilson et al, 2008). Trots Malmös relativt svala och nordliga klimat kan det under sommaren uppstå perioder av mycket höga temperaturer, inte minst i stadsmiljön, som kan bli påfrestande för människors hälsa. Tillgång på skugga kan i vissa fall vara avgörande för om lekplatser eller uteserveringar används. På samma sätt kan vindflöden och tillgång till solljus under vinterhalvåret vara avgörande för att mikroklimatet ska upplevas som behagligt. I detta kapitel presenteras därför en genomgång av hur människans hälsa och termiska komfort påverkas av mikroklimatet för både sommarhalvåret och vinterhalvåret.

Sommar

Förhöjda temperaturer är idag en ledande orsak till dödsfall kopplade till naturfenomen, och förväntas öka ytterligare i och med den globala uppvärmningen (Kovats & Hajat, 2008; Cutter & Borden, 2008; Mccarthy et al, 2010; Meehl & Tebaldi, 2004; SOU, 2007:60). För tempererade klimat, som innefattar södra delen av Sverige, beräknas frekvensen av värmeböljor att tredubblas när lufttemperaturen ökar med 2–3 °C sommartid, vilket kan leda till allvarliga hälsoproblem och öka antalet värmerelaterade sjukdomar och dödsfall (WHO/WMO/UNEP, 1996). Enligt Sherwood och Huber (2010) kommer en måttlig global uppvärmning utsätta en stor del av jordens befolkning för extrema värmepåfrestningar,

medan en svår globala uppvärmning kommer ge katastrofala och mycket förödande konsekvenser.

Den stora värmeböljan i Europa 2003 och Ryssland 2010 orsakade tiotusentals värmerelaterade dödsfall (Robine et al, 2008; Barriopedro et al, 2011). I båda fallen var dödligheten som störst i de urbaniserade områdena Paris och Moskva. Urbana områden är särskilt sårbara för värmeböljor på grund av klimatfaktorer som fuktighet, solstrålning, svag vind och luftföroreningar, som alla är exceptionellt förhöjda inne i staden jämfört med i ett landsbygdsområde. Dessa bidrar till en ökad hälsorisk vilket gör att värmeböljor oftast drabbar människor i städer hårdast. Människor med tidigare hjärt-och kärlsjukdomar samt respiratoriska sjukdomar anses också ha en ökad risk för värmerelaterade sjukdomar och dödsfall (Basu & Samet, 2002). Detsamma gäller äldre personer och spädbarn samt människor med låg socioekonomisk status.

Hur människan upplever klimatet hänger samman med kroppens egen värmebalans. Kroppen hanterar en hög värmeexponering genom att svettas för att behålla normal temperatur, vilket under längre perioder kan leda till uttorkning och värmeslag. Detta eftersom höga temperaturer och en hög luftfuktighet minskar människokroppens förmåga att transportera bort metabolisk värme på ett effektivt sätt (Sherwood & Huber, 2010). Människan har en kroppstemperatur runt 37 °C som kan variera något mellan olika individer. Under normala förhållande ligger hudtemperaturen på runt 35 °C eller lägre, detta eftersom huden måste vara kallare än kroppstemperaturen för att metabolisk värme ska kunna ledas till huden (Basu & Samet, 2002). Om hudtemperaturen är över 35 °C under en längre period innebär det att även kroppstemperaturen höjs vilket kan leda till hypertermi, det vill säga en kroppstemperatur på över 37,5 °C. Dödliga nivåer uppnås vid en kroppstemperatur på 42–43 °C vilket orsaks av en hudtemperatur på 37–38 °C. Enligt Basu och Samet (2002) innebär detta att tillräckligt långa perioder med temperaturer som orsakar en hudtemperatur på över 35 °C ger en olämplig livsmiljö för människan.

Enligt Sherwood och Huber (2010) kommer detta för första gången ske vid en global uppvärmning på ca 7 °C, vilket kan ge upphov till mindre områden på jorden där människokroppens metaboliska värmespridning skulle vara omöjlig, vilket i så fall skulle göra dessa platser olämpliga för människan att vistas på. En uppvärmning på 11–12 °C skulle utöka dessa områden till att täcka större delen av dagens befolkningsutbredning.

Den urbana värmeön orsakar idag en förhöjd temperatur i Malmö jämfört med omkringliggande landsbygd. De faktum att Möllevången är en stadsdel med ett rikt socialt liv där människor vistas utomhus i en stor grad (Malmö Stad, 2006) talar för att en ökning av påfrestningar orsakade av värme kommer ge effekter för invånarnas hälsa och välbefinnande, vilket kan resultera i omfattande ekonomiska konsekvenser. Hälsoriskerna förknippade med värme anses vara större än de förknippade med kyla i Skandinavien, detta eftersom planetens nordliga befolkning inte har anpassat sig lika bra till värme som till kyla (Rocklöv & Forsberg, 2008). Trädens inverkan på temperaturer och hur de kan bidra till svalka och behagliga utomhusmiljöer under heta sommardagar spelar därför en betydande roll.

Enligt Wilson et al (2008) förväntas stigande temperaturerer i Storbritannien leda till en ökning av

användandet av utomhusmiljön på grund av flera skäl. Människor förväntas spendera mer tid utomhus eftersom det varmare klimatet möjliggör en längre säsong för utomhusaktiviteter som tillagning av mat, picknick, socialt umgänge etc. Utomhusaktiviteter förväntas också pågå under en större del av dygnet jämfört med idag, särskilt i takt med förändringen mot en 24 timmars stad. Organiserade sportevent förväntas förläggas på mer varierade tider för att undvika exponering av för hög solstrålning och temperatur mitt på dagen. Efterfrågan på solsken och frisk luft förväntas även att öka till följd av kraftigt artificiellt nerkylda butiker och arbetsplatser. Liknande scenario kan inträffa även i Malmö då platsen anses ha ett förhållandevis likartat klimat som Storbritannien.

Vad som anses vara en behaglig utomhustemperatur för människan varierar relativt stort men enligt Wilson et al (2008) kan en lufttemperatur på 20 °C anses vara komfortabel för en majoritet enligt en studie utförd i Storbritannien. Samma studie framhöll att en lufttemperatur på 24 °C gör att fler människor väljer att sitta i skuggan än i solen.

Vinter

Under vinterhalvåret är det vinden som är avgörande för människans termiska komfort (Glaumann & Westerberg, 1988; Givoni, 1991; Brown, 2010). När vindhastigheten ökar byts luften ut snabbare intill huden och kroppens värmeförlust ökar. Därav påverkar vindhastigheten hur kallt människan upplever klimatet. Till exempel kommer en lufttemperatur på 0 °C tillsammans med en vindhastighet på 5 m/s ger en upplevd temperatur på -5 °C (SMHI, 2019e). Detta kallas för wind chill factor och illustreras i tabell 4.

Lufttemperatur (°C)

°C	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35
2m/s	9	3	-2	-8	-14	-20	-26	-32	-37	-43
5m/s	8	1	-5	-11	-17	-24	-30	-36	-42	-49
10m/s	6	0	-7	-14	-20	-27	-34	-40	-47	-53
15m/s	5	-2	-8	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-56
20m/s	5	-2	-9	-16	-23	-31	-38	-45	-52	-59
25m/s	4	-3	-10	-17	-25	-32	-39	-46	-53	-60
30m/s	4	-4	-11	-18	-26	-33	-40	-47	-55	-62

Tabell 4. Tabellen visar vindens avkylande effekt på människans hud vid olika temperaturer och vindhastigheter (SMHI, 2019e). Beroende på lufttemperatur och vindhastighet kan vi fysiskt uppleva temperaturen som betydligt lägre än vad termometern visar.

Vindavkylningen ökar med sjunkande temperatur, men vindhastigheten har ändå en större betydelse än vad den faktiska lufttemperaturen har (Glaumann & Westerberg, 1988). Ett exempel på detta är det faktum att vindavkylningen är större i Malmö än vad den är i Luleå för juli och januari. Blåsten i Malmö har således större betydelse för vindavkylningen än kylan i Luleå. Enligt Glaumann och Westerberg

(1988) är en medelvindhastighet på 5 m/s en allmängiltig gräns för när vinden upplevs som störande och vid 10 m/s blir vindkraften på kroppen så påtaglig att framkomligheten kan försvåras för äldre och rörelsehindrade. Trots att detta arbete huvudsakligen fokuserar på trädens temperaturreglerande kapacitet är det viktigt att poängtera hur vindens framfart i stadsmiljö är en viktig faktor eftersom det har betydelse för hur behaglig vi upplever en plats och därmed hur väl den utnyttjas.

Sveriges nordliga geografiska läge gör även solljuset till en viktig faktor under vinterhalvåret. Även när solen står som högst ges långa skuggor i mitten av januari, vilket påverkar människans tillgång till solljus. Vitamin D produceras naturligt när huden träffas av solens strålar och kan vara av stor betydelse för människans hälsa då en brist på D-vitamin kan kopplas till en rad sjukdomar (Humble, 2007). Framför allt kan en brist på D-vitamin försämra kroppens förmåga att ta upp kalcium, vilket påverkar skelett- och muskelfunktion. Det finns även forskning som tyder på att brist på D-vitamin kan ha betydelse för uppkomsten av andra sjukdomar, däribland cancer (Lappe et al, 2007) och kardiovaskulära sjukdomar (Giovannucci et al, 2008; Wang et al, 2008). Som nämnts tidigare kan beskuggning av fasader och fönster ha positiv inverkan sommartid men under den solfattiga vintern är solinstrålningen och ljusinsläpp in i bostäder en viktig aspekt som kan ha betydelse för malmöbornas hälsa.

3.4 Sammanfattning

Möllevången – från dåtid till nutid

- Möllevångens bebyggelse upprättades under sekelskiftet som en kvartersstad med tydlig stadskaraktär och få grönytor, vilket lever kvar än idag (Malmö stad, 2019b).
- Folkets park har historiskt sett varit ett viktigt grönområde som Malmös första offentliga park och Sveriges första folkpark (Haraldsson, 2017),
- Möllevången är idag en stadsdel med ett högt invånarantal och en hög grad av utomhusvistelse (Malmö stad, 2006). Detta tillsammans med höga rekreativa och kulturella värden skapar en viktig umgänges- och mötesplats vilket gör den offentliga miljön betydelsefull.
- Genom åtgärder som gynnar den termiska komforten kring människors bostäder och arbetsplatser kan Möllevångens höga rekreativa och sociala värden utvecklas ytterligare året runt.

Hur påverkar träd lokalklimatet?

- Den stora temperaturreducerande effekten kommer från beskuggning, men om ytan redan skuggas av en huskropp har trädet i sig ingen effekt på temperaturen (Armson et al, 2013; Brown, 2010). Med rätt placering kan träd däremot bidra till ett svalare mikroklimat som kan vara mycket välbehövligt på lekplatser, uteserveringar och torg under sommarens heta dagar.

- Träd intill byggnader kan beroende på väderstreck och kronans struktur, minska ljusinsläppet in i bostäder, vilket ger negativa konsekvenser för människans välbefinnande under den långa och solfattiga vintern (Akbari et al, 2001). På samma sätt kan trädens placering intill byggnader ge positiva effekter på energibehovet för nedkylning av bostäder och arbetsplatser sommartid.

- Träd i en urban miljö ger effekter på vindflödet vilket kan påverka skingrandet av luftföroreningar negativt (Glaumann & Westerberg, 1988; Oke, 1987), samt dämpa vindens avkylande effekt på människor, föremål och värmeö-effekten (Erell & Williamson, 2007). Vindens förmåga att skapa svalkande briser under sommar kan vara av stor betydelse för den termiska komforten.

- Träd planterade i grupp ger en större temperaturreducerande effekt än individuella träd (Streiling & Matzarakis, 2003).

- På grund av marktäckefördelningen i en stad har parker ett svalare klimat än den hårdgjorda stadsstrukturen. Ju högre täckningen av trädkronor och buskar är tillsammans, desto svalare lokalklimat skapas i parken dagtid jämfört med sin hårdgjorda omgivning. Den svalare luften (PCI) kan sprida sig in i den omkringliggande hårdgjorda miljön beroende byggnadernas rumsliga förhållanden och parkens storlek (Chow et al, 2011).

- En park med en hög trädkrontäckning ger ett svalare klimat dagtid men ett varmare klimat nattetid, jämfört med en park med stora öppna gräsytor som ger ett varmare klimat dagtid, men kyls av snabbare nattetid på grund av himmelsexponeringsfaktorn (Spronken-Smith & Oke, 1998).

Klimatförändringarna och människors hälsa

- Ökad komfort vid värmeböljor minskar risken för värmerelaterade sjukdomar och dödsfall (Basu & Samet, 2002). Att långsiktigt rusta stadsdelen för framtidens varmare klimat kan därför gynna den framtida malmöbons hälsa och välbefinnande.

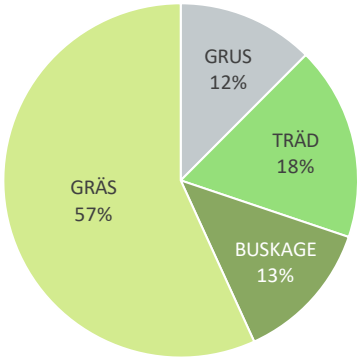
- Även om klimatet går mot varmare temperaturer innebär vinterhalvåret, framför allt i Malmö med dess höga vindhastigheter, ett besvärligt klimat. Genom att sänka vindavkylningseffekten genereras ett bättre mikroklimat vilket kan öka användandet av utomhusmiljön.

4. RESULTAT

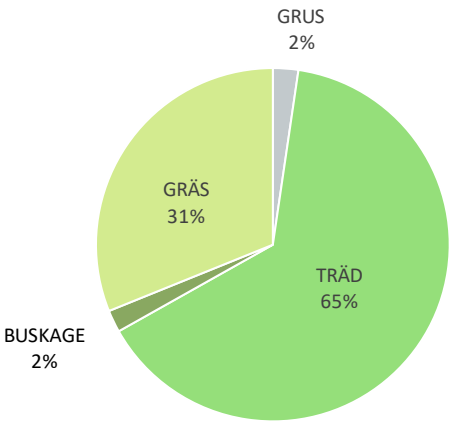
4.1 Marktäckeanalys

Utifrån aktuell storleksindelning av träden som omfattas av Grönare Möllan har en alternativ uppskattning av förväntad höjning av krontäckningsyta gjorts än Malmö stads egen beräkning. Resultatet av denna analys visar en höjning av trädkrontäckningen med 3 % vilket är 2 procentenheter högre än Malmö stads egen beräkning (se figur 22 & 23). Den totala krontäckningen för området Möllevången höjs därför från 10 % till 13 %, det innebär en ökning med 3 procentenheter. Detta innebär att marktäckefördelningen för området förändras med en ökning av andelen krontäckt yta och en minskning av framför allt hårdgjorda material samt en minimal minskning av gräsytor i parkmiljön (så pass liten att den inte är synlig i procentsatsen).

Gällande Falsterboplan visar en jämförelse mellan nutid (se figur 20) och förslaget Grönare Möllan (se figur 21) en markant skillnad i trädkrontäckning. Förslaget innebär att trädkrontäckningen höjs från 18 % till 65 % vilket är en skillnad på 47 procentenheter.



Figur 20. Marktäckefördelning Falsterboplan nutid, redovisat i plan och i cirkeldigram, illustrerad av Clara Zetterlund.

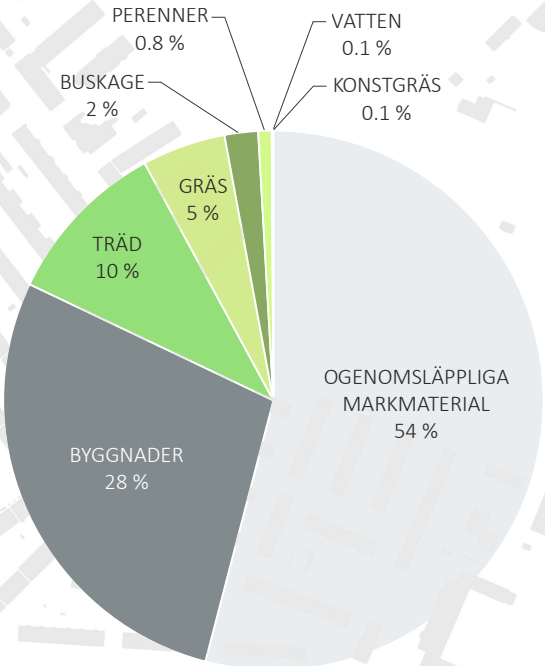


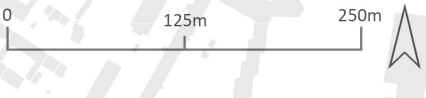
Figur 21. Marktäckefördelning Falsterboplan med förslaget Grönare Möllan, redovisat i plan och i cirkeldiagram, illustrerad av Clara Zetterlund.

Figur 22. Illustrerad av Clara Zetterlund

MARKTÄCKEFÖRDELNING NUTID

- TRÄD
- BUSKAGE
- GRÄS
- VATTEN
- KONSTGJORD GRÄSMATTA
- HÅRDGJORT asfalt, betong etc.
- BYGGNAD

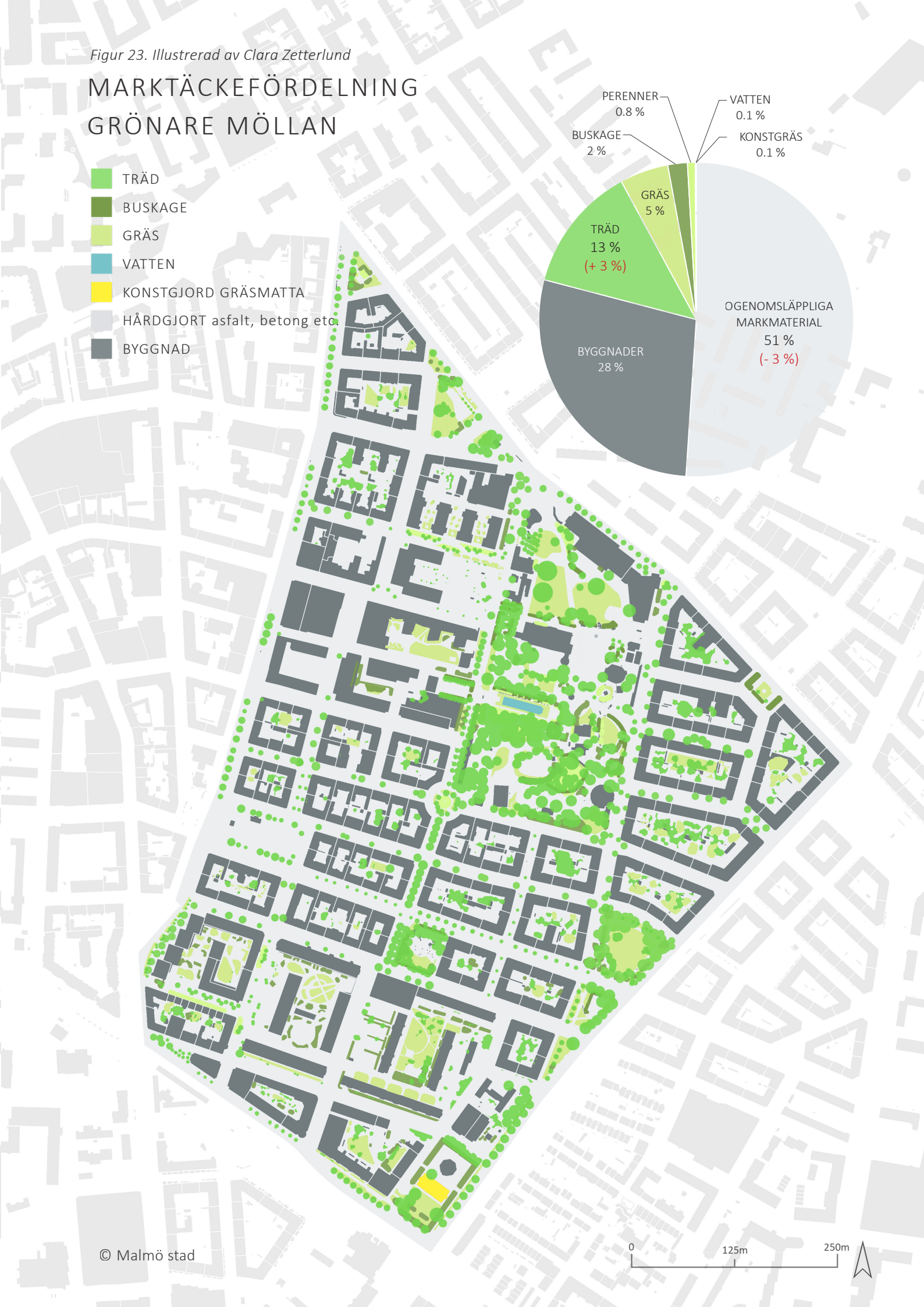




© Malmö stad

Figur 23. Illustrerad av Clara Zetterlund

MARKTÄCKEFÖRDELNING GRÖNARE MÖLLAN



© Malmö stad

4.2 Temperaturanalys

Temperaturkarta sommar

Temperaturkartan visar den högsta yttemperaturen på hårdgjorda ytor och den lägsta under träd. En jämförelse mellan temperaturkartan för idag (se figur 24) och temperaturkartan för förslaget Grönare Möllan (se figur 25) visar fler ytor med en svalare temperatur, eftersom det nu finns fler träd. Sommartid kan en förväntad sänkning av yttemperaturen orsakad av trädskugga i gatumiljö vara upp till 19 °C jämfört med en icke trädbeckuggad hårdgjord yta. Gällande parken Falsterboplan visar en jämförelse större sammanhängande ytor av svalare temperatur, eftersom där nu finns fler tätt planterade träd.

Temperaturkarta vinter

Temperaturkartan visar den högsta yttemperaturen på hårdgjorda ytor och den lägsta under träd. Skillnaden mellan Möllevången idag (se figur 26) och förslaget Grönare Möllan (se figur 27) är fler ytor med en svalare yttemperatur. Vintertid kan en förväntad sänkning av av yttemperaturen orsakad av trädskugga i gatumiljö vara upp till 4 °C. Gällande parken Falsterboplan visar en jämförelse större sammanhängande ytor av svalare temperatur eftersom där nu finns fler tätt planterade träd. Temperaturskillnaderna mellan olika typer av ytor är mindre under vintern än under sommaren vilket gör att temperaturkarteringen endast är uppdelad i tre olika spann.

Figur 24. Illustrerad av Clara Zetterlund

TEMPERATURANALYS SOMMAR

Yttemperatur nutid

© Malmö stad

Figur 25. Illustrerad av Clara Zetterlund

TEMPERATURANALYS SOMMAR

Yttemperatur Grönare Möllan

© Malmö stad

Figur 26. Illustrerad av Clara Zetterlund

TEMPERATURANALYS VINTER

Yttemperatur nutid

© Malmö stad

Figur 27. Illustrerad av Clara Zetterlund

TEMPERATURANALYS VINTER

Yttemperatur Grönare Möllan

© Malmö stad

Temperatur parker

Teoretiskt sett genererar en ökning av träd, det vill säga en ökning av krontäckningen, för samtliga parker lägre temperaturer dagtid med sin maximala effekt på eftermiddagen och högre temperaturer nattetid jämfört med idag. Detta eftersom träden erbjuder välbehövlig skugga under eftermiddagen men begränsar samtidigt himmelsexponeringsfaktor vilket begränsar avkylningen nattetid.

Eftersom Malmö har ett relativt liknande klimat som Göteborg vad gäller temperatur (SMHI, 2019d), samt att resultatet från studien Upmanis et al (1998) överensstämmer med annan forskning, kan studier kring PCI gällande Möllevångens parker eventuellt innebära liknande resultat. En sannolik slutsats är att Folkets park (7,1 ha) har en högre PCI än Falsterboplan (0,47 ha) och Mandeln (0,34 ha). Spridningen av PCI-effekten kan tänkas vara mellan 20–40 m för Folkets park sett till dess storlek, och en kort till ej signifikant spridning för Mandeln och Falsterboplan (se figur 28). Detta baseras dels på parkernas storlek och dels på byggnadernas rumsliga förankring som begränsar eventuell spridning av PCI för både Mandeln och Falsterboplan. Som behandlats i litteraturstudien kommer en byggnad som står parallellt med parkgränsen förhindra svalare luft från parken att tränga in i det bebyggda området (Upmanis et al, 1998).

Att uppskatta ett förväntat medelvärde för PCI-effekten utifrån aktuell litteraturstudie anses vara opålitligt. Av Spronken-Smith och Oke (1998) studie från Kanada kan dock en typisk PCI effekt fastställas till 1–2 °C svalare lufttemperatur. Tillsammans med resultatet från Upmanis et al (1998) studie från Göteborg som visade en temperatursänkning på 1,7–2 °C (för parker med liknande storlek som Folkets park i Malmö) skulle detta kunna ge en fingervisning av hur PCI effekten kan se ut för nämnd park. Dock förevisar Chang et al (2007) att om en park har 50 % hårdgjorda ytor eller mer är det högst troligt att den svalkande effekten uteblir helt under eftermiddagen. Parken blir istället en så kallad värmeö, det vill säga varmare än sin omgivning. Detta fenomen uppmättes i ett flertal parker i Taiwan, och bör enligt författarna undvikas i utformningen av stadsparker. Folkets park på Möllevången består i dagsläget av ca 49 % hårdgjorda ytor i form av byggnader och markbeläggning av grus, betong och tegel, samt har en trädkrontäckning på 36 %. Folkets park skulle därför teoretisk sett kunna fungera som en värmeö och orsaka en förhöjd temperatur i en redan varm stad. En ökning av krontäckningen i Folkets park är i så fall mycket välbehövlig.

Mandeln och Falsterboplan är så pass små till ytan att allmänna uppskattningar för PCI effekten anses vara högst spekulativt och osäkert.

Figur 28. Illustrerad av Clara Zetterlund

PARK COOL ISLAND EFFECT

Potentiell spridning av av parkens svalare klimat in i den hårdgjorda miljön

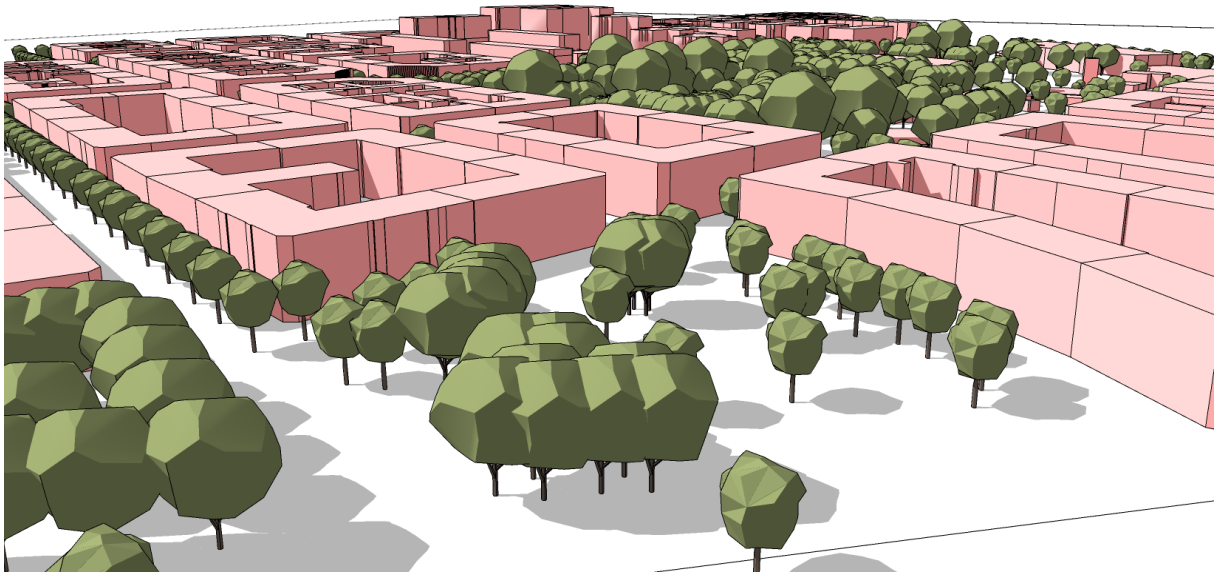
Spridning av PCI-effekt

Blockering av PCI-effekt

Park cooling island är det fenomen som gör en park påtagligt svalare än omgivande hårdgjord miljö. Parkens svalare klimat kan, beroende på dess storlek, påverka ett större område än vad som innefattas av parkens gränser.

© Malmö stad

4.3 Beskuggningsanalys



Figur 29. Modell av Möllevången uppbyggd i SketchUp av Clara Zetterlund.

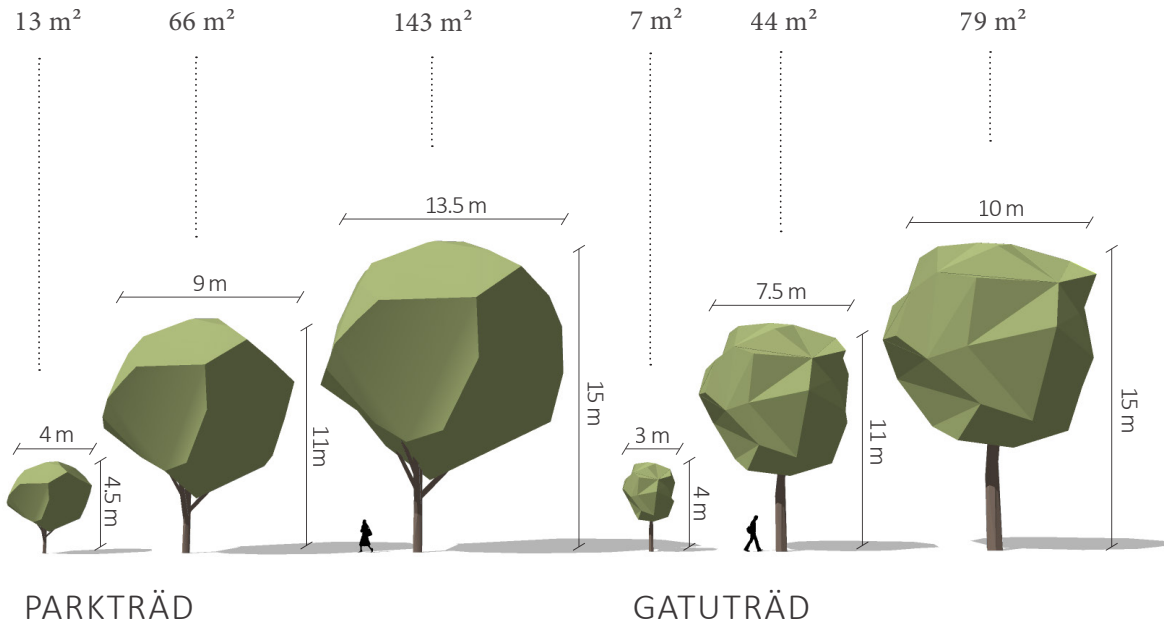
Beskuggningsanalys sommar

Figur 31 och 32 på nästa uppslag visar beskuggningsanalysen för 15 juli med klockslagen 08:00, 12:00 och 16:00 utifrån Möllevången idag samt utifrån förslaget Grönare Möllan. När solen står som högst (analys från kl 12:00) sträcker sig skuggbildningen en liten bit utanför den projicerade trädkronan. Klockan 08:00 och 16:00 är skuggorna längre och täcker därför en större yta av Möllevången. En jämförelse mellan beskuggningsanalysen för Möllevången idag (se figur 31) och beskuggningsanalysen av förslaget Grönare Möllan (se figur 32) visar fler beskuggade ytor eftersom det nu finns fler träd som ger skugga.

En analys av placeringen av gatuträden kopplat till slagskuggor från byggnader visar att under eftermiddagen klockan 16:00, men även klockan 12:00 kommer träden på framför allt Simrishamns-gatan och en del av träden på Trelleborgsgatan att stå i slagskugga, på grund av dess placering längs gatans södra del (se figur 32). Även träden på Ängelholmsgatan och Claesgatan drabbas av slagskugga på eftermiddagen och förmiddagen på grund av gatans riktning. Träden placerade på Kristianstadsgatan, Monbijougatan samt en del av träden på Trelleborgsgatan står istället längs gatans norra del vilket gör att dessa inte drabbas av slagskugga i lika hög grad. Istället genererar dessa en beskuggning av husfasad och eventuellt fönster under eftermiddagen.

Majoriteten av träden utanför Coop står i solljus även på eftermiddagen trots dess placering öster om byggnaden. Detta beror på att byggnaden är så pass låg (3 m hög) att den inte orsakar långa slagskuggor.

Placeringen av de nya träden på Södra Fisketorget, tillsammans med befintlig trädrad, genererar en effektiv beskuggning av fasaden på eftermiddagen. Klockan 8.00 på morgonen står träden istället i skuggan av byggnaden.



Figur 30. Storlekgrupper för park- och gatuträd som använts i beskuggningsanalysen. Värden som redovisas är höjd, bredd och projicerad trädkrona uppifrån mätt i kvadratmeter, illustrerad av Clara Zetterlund.

Gällande parken Falsterboplan visar en jämförelse av nutid och Grönare Möllan något större sammanhängande ytor av beskuggad mark. Trots den relativt stora ökningen av antalet träd på Falsterboplan är skillnaden sett till beskuggad yta i parken relativt liten, på grund av trädens täta placering som gör att de beskuggar varandra i stor grad. Placeringen av träd längs parkens yttre kanter garanterar en öppen solbelyst yta i mitten. Enligt de storleksgrupper som använts för aktuell analys kommer den skugga som träden orsakar klockan 16:00 inte nå byggnaden norr om parken och därav inte påverka energibehov eller ljusinsläpp.

Beskuggningsanalys vinter

Figur 33 och 34 på sidan 76-77 visar beskuggningsanalysen för 15 januari med klockslagen 08:00, 12:00 och 16:00 utifrån Möllevången idag samt utifrån förslaget Grönare Möllan. I januari är solstrålningen som når marken klockan 12:00 kraftigt begränsad för både Möllevången idag och för förslaget Grönare Möllan, på grund av de långa skuggor som orsakas av byggnader och träd (se figur 33 och 34). Klockan 08:00 är solstrålningen obefintlig och klockan 16:00 är den näst intill obefintlig.

Placeringen av de nya träden som innefattas av Grönare Möllan står i stor utsträckning i slagskugga från en byggnad eller andra träd klockan 12:00, vilket också är fallet för majoriteten av Möllevångens redan befintliga trädbestånd.

Enligt de storleksgrupper som använts för aktuell analys kommer den höga andel nya träd i Falsterboplans norra del orsaka beskuggning av fasad och fönster för byggnaden norr om parken. En jämförelse av den nutida skuggbilden av fasaden visar en begränsning i ljusinsläpp som en följd av förslaget Grönare Möllan.

BESKUGGNINGSANALYS
NUTID - SOMMAR

15 juli 08:00 | 15 juli 12:00 | 15 juli 16:00

Figur 31. Beskuggningsanalys producerad i SketchUp av Clara Zetterlund.

BESKUGGNINGSANALYS
GRÖNARE MÖLLAN - SOMMAR

15 juli 08:00

15 juli 12:00

15 juli 16:00

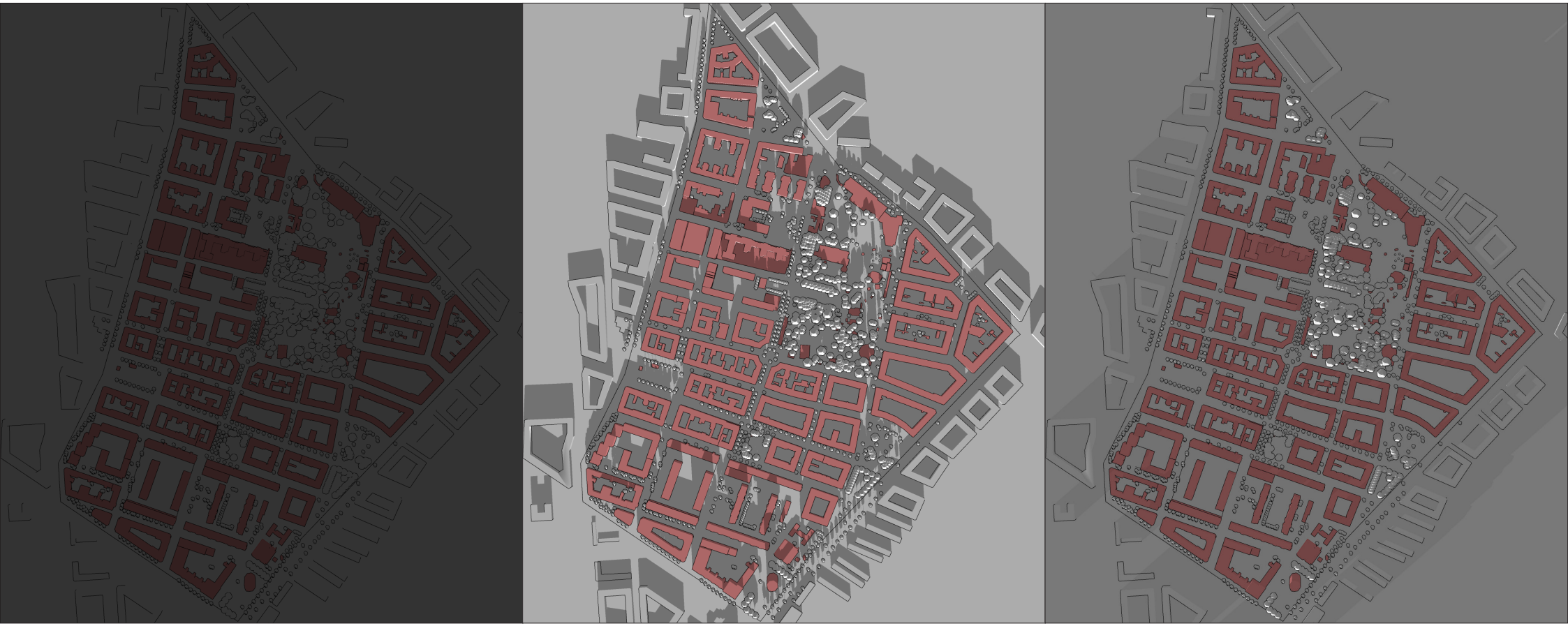
Figur 32. Beskuggningsanalys producerad i SketchUp av Clara Zetterlund.

Befintligt träd

Grönare Möllan träd

BESKUGGNINGSANALYS
NUTID - VINTER

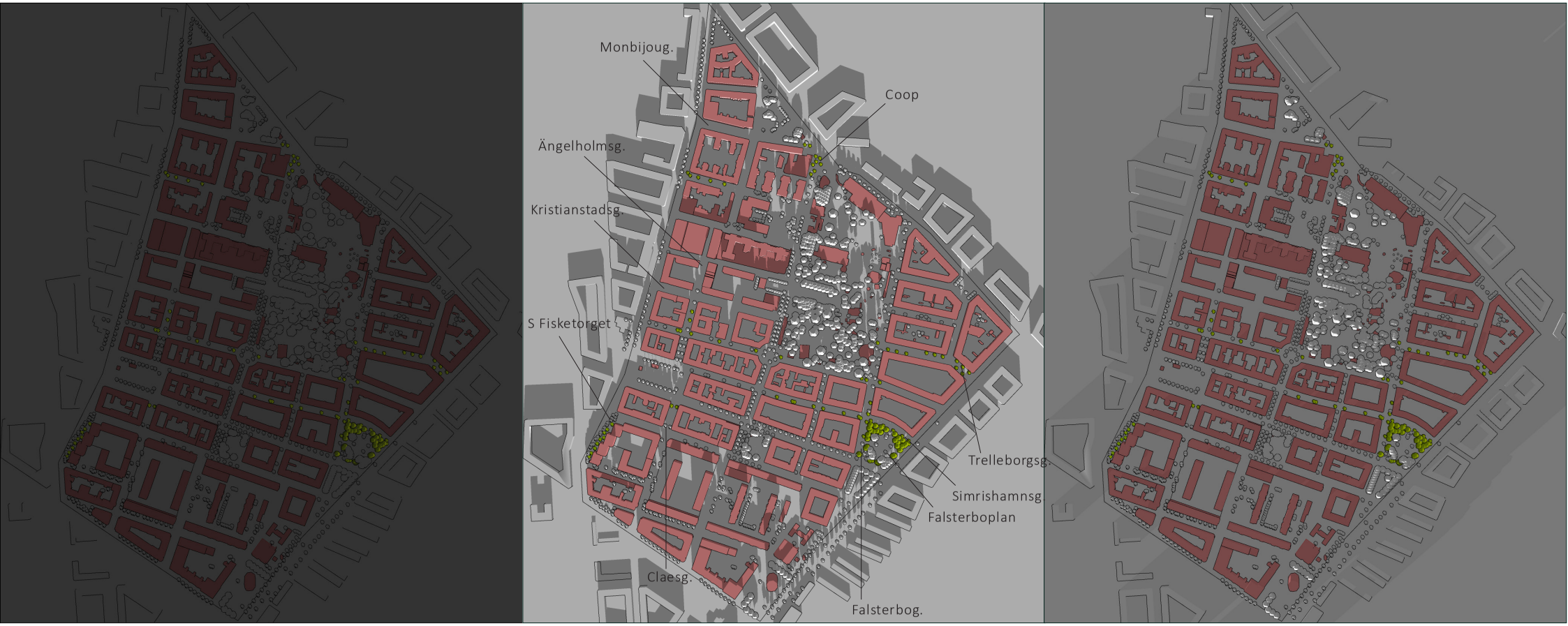
15 januari 08:00 | 15 januari 12:00 | 15 januari 16:00



Figur 33. Beskuggningsanalys producerad i SketchUp av Clara Zetterlund.

BESKUGGNINGSANALYS
GRÖNARE MÖLLAN - VINTER

15 januari 08:00 | 15 januari 12:00 | 15 januari 16:00



Figur 34. Beskuggningsanalys producerad i SketchUp av Clara Zetterlund.

Befinligt träd

Grönare Möllan träd

4.4 Analys av artval

Tabell 5. Växtlista med aktuella trädarter för projektet Grönare Möllan, innehåller parkträd för Falsterboplan och samtliga gatuträd. Parametrar som redovisas är artens storleksgrupp, kronans genomsläpplighet vintertid, tidpunkt för bladutspring, bladmassans täthet och eventuell övrig relevant information. Analysen bygger på Sjöman och Slagstedt (2015b), Hirons och Sjöman (2018), Johnson och More (2006) samt Deak Sjöman et al (2016).

GATA

Art / Placering	Antal	Storleksgrupp	Genomsläpplighet vinter	Bladutspring*	Bladmassa sommar	Kommentar
Monbijougatan						
Catalpa speciosa 'Heartland'	2	MELLANSTOR	gles	sent	medium	Något känslig för torka
Gymnocladus dioicus 'Espresso'	1	MELLANSTOR	mkt gles	mkt sent	medium	
Pinus leucodermis	2	MELLANSTOR	medium	vintergrön	medium	
Kristianstadsgatan						
Koelreuteria paniculata	2	MELLANSTOR	gles	sent	medium	mkt ljus- och värmekrävande
Paulownia tomentosa 'Hulsdonk'	1	STOR	gles	sent	tät	
Paulownia fortunei 'Minfast'	4	STOR	gles	sent	tät	
Cedrus libani	2	STOR	tät	vintergrön	tät	mkt värmekrävande, något skuggtålig
Trelleborgsgatan						
Crataegus punctata 'Ohio Pioneer'	3	MELLANSTOR	medium	normalt	tät	något skuggtålig
Ginkgo biloba 'Autumn Gold'	3	MELLANSTOR	mkt gles	normalt	gles	
Koelreuteria paniculata	5	MELLANSTOR	gles	sent	medium	mkt ljus- och värmekrävande
Simirishamnsgatan västra delen						
Ginkgo biloba 'Autumn Gold'	3	MELLANSTOR	mkt gles	normalt	gles	
Ostrya japonica	2	MELLANSTOR	medium	normalt	medium/tät	skuggtålig
Zelkova serrata 'Village Green'	3	STOR	medium/tät	normalt	tät	skuggtålig
Simirishamnsgatan östra delen vid Folkets park						
Pinus nigra	3	STOR	tät	vintergrön	tät	
Cercis siliquastrum	2	MELLANSTOR	medium	sent	medium	ljus- och värmekrävande
Robinia x margaretta 'Casque Rouge'	1	STOR	gles	sent	gles	intolerant för skugga

GATA	**Claesgatan**						
	Alnus x spaethii 'Spaeth'	2	MELLANSTOR	medium	normalt	medium	intolerant för skugga
	Ängelholmsgatan						
	okänt	2	–	–	–	–	
	Falsterbogatan						
	Pinus nigra	1	STOR	tät	vintergrön	tät	
	Paulownia elongata	1	STOR	gles	sent	tät	
	Heptacodium miconioides	2	LITEN	medium	normalt	medium	
TORG	**Coop / Norra Parkgatan**						
	Styphnolobium japonicum 'Regent'	2	STOR	gles	sent	gles	
	Koelreuteria paniculata	5	MELLANSTOR	gles	sent	medium	mkt ljus- och värmekrävande
	Pinus nigra	3	STOR	tät	vintergrön	tät	något skuggtålig
	Södra Fisktorget						
	Crataegus x lavallei 'Carrierei'	2	MELLANSTOR	medium	normalt	tät	ljuskrävande, släpper bladen sent (nov/dec)
	Gingko biloba 'Autumn Gold'	2	MELLANSTOR	mkt gles	normalt	gles	
	Gleditsia triacanthos 'Skyline'	2	STOR	gles	sent	gles	intolerant för skugga
PARK	**Falsterboplan**						
	Malus floribunda	10	LITEN	medium	normalt	medium	
	Syringa x chinensis	6	LITEN	medium	normalt	medium	
	Ginkgo biloba 'Autumn Gold'	5	MELLANSTOR	mkt gles	normalt	gles	
	Koelreuteria paniculata	3	MELLANSTOR	gles	sent	medium	mkt ljus- och värmekrävande
	Pinus nigra	1	STOR	tät	vintergrön	tät	något skuggtålig
	Robinia pseudoacacia 'Semperflorens'	9	STOR	gles	sent	gles	
	Robinia pseudoacacia 'Nyersegi'	5	STOR	gles	sent	gles	
	Paulownia tomentosa	10	STOR	gles	sent	tät	

*normalt bladutspring = april-maj, sent bladutspring = maj-juni.

5. DISKUSSION & PROCESSREFLEKTION

5.1 Marktäckeanalys

Marktäckeanalysen visar en högre krontäckning än Malmö stads egen beräkning. Detta beror på att storleksindelningen som använts i denna studie skiljer sig från Malmö stads antagande att varje träd kommer generera 39 kvadratmeter krontäckningsyta, vilket ger en höjning på 1 %. Resultatet från denna studie utgår från de tre storleksgrupperna anpassade för gatu- och parkmiljö (se figur 1, kapitel 1) och ger istället en höjning på 3 % av trädkrontäckningen inom delområdet Möllevången till följd av förslaget Grönare Möllan. Storleksgrupperna som använts i denna analys är ett sätt att försöka få ett mer verklighetsbaserat mått som tar hänsyn till de tekniska förutsättningar som skiljer sig mellan park- och gatumiljö, samt storleksvariationen mellan olika arter.

I parkmark finns det oftast större utrymme för trädets rötter än den designerade växtbädden, vilket ger en större tillväxt (Deak Sjöman et al, 2015). Gatumiljön leder ofta till en beskärning av trädkronan för att tillgodose trafikens krav på fritt trafikutrymme, vilket också minskar trädkronans storlek. Skillnad i potentiell storlek beroende på art skiljer sig också stort mellan till exempel Syringa x chinensis och Styphnolobium japonica och är därför relevant att ta hänsyn till vid beräkning av förväntad trädkrontäckning. Med det sagt är storleksgrupperna som använts i denna studie också en förenkling av verkligheten. Även inom varje storleksgrupp finns en variation i höjd och bredd för respektive art. Att titta på varje art individuellt och göra en djupare undersökning av dess förväntade storleksutveckling, istället för att använda sig av generaliserade storleksgrupper, skulle kräva en större tidsrymd men generera ett resultat som bättre speglar verkligheten.

Andra faktorer som påverkar storleksutvecklingen är kvalitén på etableringsbevattning och markstruktur, planteringsstöd, beskärning och slitage samt växtmaterialets tolerans för den aktuella växtplatsen (Sjöman et al, 2015c). Till exempel är en del av trädarterna för gatumiljö i Grönare Möllan förslaget solkrävande. Här kan en placering i slagskugga göra att trädet inte utvecklas storleksmässigt på ett för arten normalt sätt, och ger således inte en lika stor krontäckningsyta som planerat (Sjöman & Slagsted, 2015a). Ovan nämnda faktorer synliggörs inte i den aktuella analysen, men kan ha en inverkan på resultatet av insatsen sett till den totala trädkrontäckningen. Vidare utgår studien från ett tidsperspektiv när träden är 25 år efter etablering. Med stigande ålder antas träden växa sig större vilket också förväntas påverka den totala trädkrontäckningen.

Trädens förväntade storlek utgör stommen i samtliga analyser vilket gör resonemanget ovan till en viktig diskussion att ha med vid tolkning av resultatet. Med en annan uppskattning av de förväntade trädstorlekarna, som skiljer sig från den som använts i aktuell studie, skulle resultatet kunna förändras för samtliga analyser. Detta är också orsaken till skillnaden mellan Malmös stads beräkning av förväntad krontäckning och vad som presenteras i denna studie. Skillnaden belyser vikten av en kritisk granskning av vilka verktyg som används för att beräkna förväntad trädkrontäckning. Resultatet kan peka åt olika håll beroende på vilket verktyg eller tillvägagångssätt som används vilket påverkar trovärdigheten.

Trädens täta placering i parken Falsterboplan innebär att mindre trädarter står under större trädarter och syns därför inte sett uppifrån. Det innebär att dessa dolda träd inte ger något utslag på

marktäckefördelningen och kan därför inte öka krontäckningsgraden för området. Träden blir därför i stort sett utan värde sett till områdets totala krontäckning. Detta medför en kritisk diskussion kring vilka värden ett mått på krontäckningsytan faktiskt representera. Vegetation i flera skikt i form av träd och buskar kan tillföra andra värden än solitära träd, som till exempel en attraktiv lekmiljö för barn (Mårtensson, 2004), en högre biologisk mångfald (Lönngren & Persson, 1995) och en högre interception av dagvatten (Florgård & Palm, 1980). Med endast ett mått på den totala trädkrontäckningen kan dessa värden inte synliggöras. Måttets relevans kan därför ifrågasättas för beskrivning av trädens ekosystemtjänster.

Bladyteindex (eng: Leaf Area Index) är ett exempel på ett annat sätta att mäta volymen av ett trädbestånd genom en beräkning av storleken på den totala bladytan (Myneni et al, 1997). Jämfört med trädkrontäckning, som ger ett tvådimensionellt mått, ger bladyteindex ett tredimensionellt mått av trädkronans utbredning. Två olika träd kan ha lika stor kronutbredning sett uppifrån men om höjden på kronan skiljer sig åt kommer dess effekter på omgivningen göra likaså. Ett högre bladyteindex innebär en tätare sammansättning av bladmassa vilket generellt sett ger större inverkan på omgivningen genom sänkta temperaturer, upptagning av luftföroreningar, koldioxidbindning och skuggbildning. Ett exempel är skillnaden mellan en *Populus nigra* 'Italica' (italiensk pelarpoppel) och en *Prunus cerasifera* (plommonträd) som i en tvådimensionell planvy kan ha samma utbredning (krondiameter 4-6 m) men i en tredimensionell vy kan höjden på kronan skilja sig med upp till 10 meter mellan de två arterna. Med måttet bladyteindex synliggörs dessa skillnader, i motsatts till måttet trädkrontäckning där det inte värderas.

För detta arbete där temperaturreglering undersöks är det framför allt skillnaden i trädskuggans utbredning och arkitektoniska uppbyggnad som är relevant. Enligt Armson et al (2013) har träd med ett högre bladyteindex en större temperatursänkande effekt eftersom dessa ger en tätare skugga. Detta förordar en jämförelse av de två olika måttens relevans för mätning av ekosystemtjänsten temperaturreglering. För Möllevången skulle ett mått på ökningen av bladyteindex generera ett annat resultat än vad måttet på trädkrontäckning ger. Även här belyser skillnaden vikten av en kritisk granskning av vilka verktyg som används för att beräkna trädens effekt på lokalklimatet. Resultatet kan peka åt olika håll beroende på vilket verktyg som används vilket påverkar trovärdigheten, och i förlängningen påverkar det även förståelsen och uppskattningen av trädens värde.

Precis som för krontäckning varierar volymen av bladmassan beroenden på trädets ålder, art, etablering och omgivningens tekniska förutsättningar, vilket gör att även för detta mått skulle en generalisering kring förväntad storlek behöva göras.

5.2 Temperaturanalys

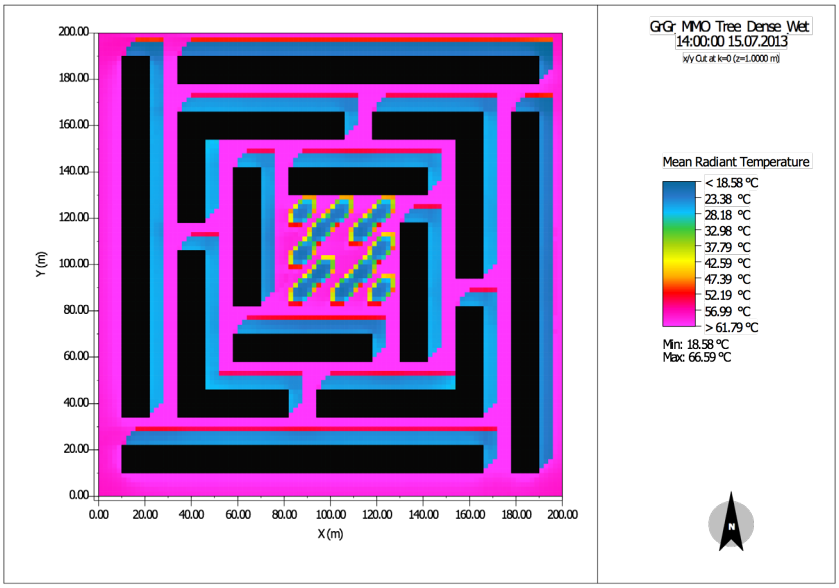
Höjningen av krontäckningsgraden på 3 % inom delområdet Möllevången kommer få effekkter på den lokala temperaturen. Temperaturkartorna utgår från en tidpunkt på dagen när solen står som högst, och visar endast en uppskattning av yttemperaturer kopplat till typ av marktäcke. Den avkylande effekten orsakad av beskuggning från träd och byggnader kommer påverka en större yta under

förmiddag och eftermiddag, än vad som redovisas i temperaturkartorna. Resultatet ger därför inte en heltäckande bild av hur klimatet upplevs av människan. I diskussionen nedan kopplas resultatet till strålningstemperatur och vindhastighet från liknande studier för att ge en bättre uppfattning av hur förslaget Grönare Möllan kan komma att påverka den termiska komforten på Möllevången.

Temperaturkarta sommar

Resultatet från analysen av yttemperaturer för juli månad diskuteras nedan utifrån de strålningstemperaturer som presenterats i litteraturstudien från liknande studier, samt utifrån vindens påverkan.

Som redogjorts för i litteraturstudien visar klimatsimuleringen av en fiktiv bostadsgård i Malmö en skillnad i strålningstemperatur på upp till 40 °C orsakat av trädskugga (Saarela, 2014). Strukturen på byggnaderna som omger bostadsgården i denna simulering kan ifrågasättas då den inte efterliknar en bebyggelsestruktur som förekommer i Sverige (se figur 35). Bostadsgården är innesluten av tre lager av byggnader placerade i ett mönster som går att likna en labyrint. Vinden blir med denna placering sannolikt högst begränsad inne på gården. Resultatet är därför inte representativt för den kvarterstruktur som förekommer på Möllevången och bör således inte användas som referens.



Figur 35. Klimatsimulering av strålningstemperatur på en fiktiv bostadsgård i Malmö med träd som har en tät krona den 15 juli kl 14:00. Simuleringen är utförd i ENVI-met av Hans Rosenlund (Saarela, 2014). Bebyggelsestrukturen efterliknar inte Möllevången vilket gör studien till en mindre fördelaktig referens för aktuell temperaturanalys.

Klimatsimuleringar utförda för Lomma Hamn har en kvarterstruktur som bättre efterliknar Möllevången. Strålningstemperaturen reducerades här med maximalt 18 °C orsakat av trädskugga vilket ger en upplevd temperaturskillnad på 13.5 °C (PET). Liknande resultatet kan förväntas för Möllevången, även om Lomma sannolikt har en högre vindhastighet på grund av dess placering intill havet. Klimatsimuleringar från Norra Sorgenfri inne i Malmö (Johansson, 2008) ger ett resultat som är något mer relevant för Möllevången på grund av dess placering skyddad från havsvindarna. Där skilde strålningstemperaturen 20–30 °C mellan skuggan av ett träd respektive en icke beskuggad hårdgjord yta. Översatt till ett PET-index utifrån de aktuella väderparametrarna för analysen (lufttemp 19.0 °C, luftfuktighet 40 %, vindhastighet 0,35 m/s) ger detta en upplevd temperaturskillnad på 12–17 °C

mellan att stå i fullt solljus eller stå i skuggan av ett träd. Denna upplevda temperaturskillnad på 12–17 °C tillsammans med den upplevda temperaturskillnaden på 13.5 °C från Lomma hamn ger tillsammans en fingervisning om hur trädens temperaturreducerande effekt kan komma att upplevas på Möllevången.

Som redogjorts för i litteraturstudien kommer en ökning av antalet träd med största sannolikhet ge effekter på vindflödet men eftersom ingen vindstudie genomförts inom ramen för detta arbete kan endast en teoretisk diskussion om vindens roll på Möllevången föras. I både Saarelas (2014) studie av en bostadsgård i Malmö och i Deak Sjömans (2016) studie av Lomma Hamn sänktes vindhastigheten som en följd av en ökning av vegetation. Således kommer en ökning av träd på Möllevången sannolikt generera sänkta vindhastigheter. Som redogjorts för i litteraturstudien kan detta påverka den urbana värmeön och bortskingrandet av luftföroreningar negativt, beroende på omgivningens rumslighet (Erell & Williamson, 2007; Glaumann & Westerberg, 1988). Detta kan generera en högre värmesumma än vad som är önskvärt utifrån mänsklig komfort. Vindens förmåga att skapa svalkande briser under sommaren kan vara av stor betydelse för den termiska komforten. En ökning av träd kan således bromsa vindflöden vilket ger ett varmare klimat, samtidigt som träden kan sänka yttemperatur och strålningstemperatur genom beskuggning vilket ger ett svalare klimat. På så sätt blir det viktigt att skräddarsy placeringen av träd i förhållande till omgivningen så att man i största mån kan ta hänsyn till den komplexitet som finns i stadsbebyggelsen.

Temperaturkarta vinter

Resultatet från analysen av yttemperaturer för januari månad diskuteras nedan utifrån de strålningstemperaturer som presenterats i litteraturstudien från liknande studier, samt utifrån vindens påverkan. Som redogjorts för i litteraturstudien är det vinden som har störst påverkan på människans termiska komfort vintertid, och är därför något man bör ha i åtanke vid tolkning av resultatet av temperaturkartan för januari. Eftersom ingen vindstudie genomförts inom ramen för detta arbete kan endast en teoretisk diskussion om vindens roll på Möllevången föras. Som nämnts tidigare representerar temperaturkartan endast förväntade yttemperaturer och inte hur man faktiskt upplever klimatet. På samma sätt påverkas klimatet vintertid i allra högsta grad av att solen står lågt på himlen vilket ger långa skuggor från byggnader och träd. Därför är även den kompletterade beskuggningsanalysen viktigt att ha i åtanke vid tolkning av resultatet.

Temperaturkartan visar de svalaste temperaturerna under trädkronorna. Sett till solens strålar kommer det vara svalast i en träddunge men sett till vinden kan detta i själva verket vara en av de varmare platserna på Möllevången vintertid. Detta eftersom strukturen av flera träd tillsammans kan bromsa upp och sila vinden, och därmed ge lä inne i eller bakom dungen (Glaumann & Westerberg, 1988). En ökning av antalet träd på Möllevången kan därför ge ett varmare klimat genom att vindens avkylande effekt dämpas, vilket står i kontrast till aktuell temperaturanalys. Däremot kan träden komma att blockera solens strålar vilket genererar ett svalare klimat, vilket synliggörs i aktuell temperaturanalys.

En koppling till strålningstemperatur blir därför intressant eftersom det tar hänsyn till vindfaktorn. Enligt klimatsimuleringen för Lomma Hamn sänktes strålningstemperaturen med upp till 5.4 °C

orsakat av trädskugga, men upplevelsemässigt var temperaturskillnaden mellan att stå i solljus eller i skuggan av ett träd mycket liten (Deak Sjöman, 2019). Översatt till ett PET-index var den upplevda temperatursänkningen endast 0.6 °C (med en lufttemperatur på 0 °C, luftfuktighet på 90 % och en vindhastighet på 8 m/s). Detta beror på att vinden är den avgörande faktorn och inte solen, att befinna sig i skuggan spelar följaktligen mindre roll när det blåser kraftigt. En plats i lä kan däremot få ett betydligt varmare mikroklimat med hjälp av solstrålning. Träd som vindreducerande element kan därför ha stor inverkan på den termiska komforten.

Temperaturanalysen för januari tar inte hänsyn till att majoriteten av träden på Möllevången, både befintliga och de som innefattas av Grönare Möllan, befinner sig i ett avlövat tillstånd vintertid. Detta ger konsekvenser på genomsläpplighet av solstrålning och vindflöden. Anledning till att aktuell temperaturanalys endast redovisar solida trädkronor är att den variation i arkitektoniska uppbyggnad av grenverket som finns representerad inom området anses vara för omfattande för att gå in på i denna studie. Därav kommer endast en teoretisk diskussion om genomsläpplighetens påverkan att föras.

Genomsläppligheten skiljer sig åt mellan olika arter beroende på lövfällning och grenuppbyggnad. En hög genomsläpplighet av solljus kan enligt resonemanget ovan ge positiva effekter eftersom det bidrar till uppvärmning av platser som behöver ett varmare klimat för att de ska nyttjas. Enligt detta resonemang är det en fördel att använda arter med en gles grenuppbyggnad som släpper igenom mycket solljus. En tätare krona kan däremot dämpa vinden mer effektivt vilket, som tidigare nämnts, har en stark positiv effekt sett till den termiska komforten under den kalla och blåsiga vintern. Dock finns det risk för lokala turbulensrörelser om alltför täta vegetationsskärmar skapas, trädkronor med en 40 % genomsläpplighet är därför att föredra jämfört med tätare kronor (Kristersson et al, 1988). Följaktligen är trädartens arkitektoniska uppbyggnad betydelsefull året runt.

Sammanfattningsvis innebär föreslaget Grönare Möllan jämfört med nuläget fler gatu- och parkträd, vilket teoretiskt sätt dämpar höga vindhastigheter som ofta uppstår i bebyggelsestruktur av långa öppna gator. Som redogjorts för i resonemanget ovan innebär fler träd även en begränsning av solinstrålningen vilket ger svalare temperaturer. Detta kan bli extra påtagligt på till exempel lekplatser där barnfamiljer kan ha behov av att uppehålla sig en längre tid även under vintern. Även för vinterhalvåret blir det därför viktigt att skräddarsy placeringen av träd i förhållande till omgivningen så att man i största mån kan ta hänsyn till den komplexitet som finns i stadsbebyggelsen.

5.3 Beskuggningsanalys

Aktuella beskuggningsanalyser är gjorda för Malmös geografiska position och är således inte representativt för andra delar av Sverige. Skuggbildningen kan skilja sig markant beroende på vart man befinner sig i landet. Till skillnad från analysen av yttemperaturer så ger beskuggningsanalysen en tydligare uppfattning över hur träd och byggnader kan komma att påverka temperaturerna även under förmiddag och eftermiddag.

Beskuggningsanalys sommar

Beskuggningsanalysen för juli tar inte hänsyn till eventuella skillnader i bladyteindex och grentäthet mellan olika trädarter vilket har konsekvenser på skuggbildningen. Samtliga träd i SketchUp, både befintliga och nya, representeras av en solid form utan genomsläpplighet. Detta ger konsekvenser på genomsläpplighet av solstrålning, och därmed skuggbildningen, och är därför viktiga att ha med sig vid tolkning av resultatet. Det finns en risk att mängden beskuggad yta i analysen är något hög jämfört med verkligheten eftersom en variation mellan trädarternas genomsläpplighet förekommer i verkligheten.

Som redogjorts för i diskussion kring temperaturanalysen så förändras yttemperaturen när skuggor adderas. När solen står som högst vid kl. 12:00, har skuggbildningen en liten utbredning, yttemperaturerna kan då antas likna de som presenteras i resultatet av temperaturanalysen. Under förmiddag och eftermiddag, så som i beskuggningsanalyserna för kl. 08:00 och kl. 16:00, genereras en större skuggbildning eftersom skuggan då sträcker sig utanför den direkta trädkronan, och skapar därför större ytor med en svalare yttemperatur. Yttemperaturerna under trädkronorna presenterade under rubrik *4.2 Temperaturanalys* kan därför antas täcka en större yta under förmiddag och eftermiddag kopplat till beskuggningsanalysen. Även slagskuggor från byggnader har större effekt på framför allt eftermiddagen vilket påverkar trädens potential som temperaturreducerande element.

För beskuggningsanalysen för juli är resultatet från klockan 16:00 (se figur 36) särskilt intressant eftersom Malmö har högst temperatur på eftermiddagen under sommaren, vilket gör att beskuggningen har som störst effekt då (SMHI, 2019c). Analysen för klockan 16:00 visar att för gator med en öst till väst orientering står träd placerade längs gatans södra del i slagskugga från närliggande byggnader (Simrishamnsgatan och Trelleborgsgatan). Detta gör en placering av träd längs gatans norra del mer fördelaktig sett till trädets temperaturreducerande förmåga orsakad av beskuggning eftersom ytan inte berörs av slagskugga i samma utsträckning (Monbijougatan och Kristianstadsgatan). Med Trelleborgsgatan som exempel med träd på båda sidorna blir det tydligt från analysen kl. 16:00 att träden på norrsidan inte står i total slagskugga från byggnaden i samma utsträckning som träden placerade på gatans sydliga del. Dessa träd kan därför ge en större effekt som temperaturreducerande element genom sin beskuggning av gatan.

En placering längs gatans nordliga del genererar även en beskuggning av fasad och fönster vilket gynnar energihushållningen då de hjälper till att kyla ner bostaden. Gällande beskuggning av fasader med ändamålet att sänka energibehovet är det dock enligt litteraturstudien mest effektivt med

Beskuggningsanalys juli kl 16:00

Figur 36. Beskuggningsanalys av Grönare Möllan den 15 juli kl 16:00, med aktuella platser inringade, producerad i SketchUp av Clara Zetterlund.

träd placerade väster om byggnaden (Sawka et al, 2013; Simpson & McPherson, 1996). Sett till Trelleborgsgatan, Kristianstadsgatan och Monbijougatan är träden placerade syd om aktuell byggnad, vilket enligt litteraturstudien ger en svag temperatursänkande effekt på inomhusklimatet om trädens placering inte är väldigt nära fasaden (Heisler, 1986). Samtliga träd på dessa gator anses vara mycket nära då avståndet mellan trädets mittpunkt och byggnadens början ligger mellan 3.2 m och 5.2 m. Däremot kan denna placering ge mindre fördelaktiga effekter vintertid vilket diskuteras under nästa rubrik.

En placering av träd väst om byggnaden, vilket anses som mest effektivt enligt litteraturstudien, återfinns på Ängelholmsgatan och Claesgatan. Dock orsakar de höga byggnaderna på trädens vardera sida långa slagskuggor vilket både kl. 08:00 och kl. 16:00 helt täcker träden samt helt eller delvis täcker fasaden av byggnaden på respektive sida. Träden placerade på Södra Fisketorget har också en västlig placering om byggnaden men ett längre avstånd från nästa byggnad till väst, vilket gör att träden inte hamnar i slagskugga. Trädraden orsakar en tät beskuggning av fasad och fönster, som sannolikt kommer ge effekter på inomhusklimatet.

Gällande parken Falsterboplan visar analysen från kl. 16:00 att förslaget Grönare Möllan inte kommer leda till beskuggning av norrliggande byggnad (se figur 36). Detta gäller endast för de storleksgrupper som använts för aktuell studie och för tidpunkten kl. 16:00 den 15 juli. Som tidigare nämnts kan resultatet komma att förändras beroende på trädens storleksutveckling, samt tidpunkt på säsongen. Lite senare på eftermiddagen eller senare på sommaren kan skuggorna mycket väl nå fram till fönster och fasad. Förlaget kommer däremot med säkerhet leda till att en större sammanhängande yta av parkmarken beskuggas under en längre period av dagen, jämfört med idag tack vara den täta placeringen. Detta kommer generera ett svalare klimat i parken.

Beskuggningsanalys vinter

Beskuggningsanalysen för januari tar inte hänsyn till att majoriteten av träden som innefattas av Grönare Möllan befinner sig i ett avlövat tillstånd vintertid. Detta gäller även för Möllevångens befintliga träd där majoriteten också är lövfällande arter. Skuggbildningen vintertid beror i allra högsta grad på trädarten eftersom kronans grenuppbyggnad och genomsläpplighet av solstrålning varierar stort i avlövat tillstånd.

Anledning till att aktuell beskuggningsanalysen endast redovisar solida trädkronor är att den variation av vinterkronor som finns representerad inom området Möllevången anses vara för omfattande för att gå in på i denna studie. Ett allmängiltigt objekt i form av ett avlövat träd anses inte finnas tillgängligt i programmet SketchUp eftersom den arkitektoniska uppbyggnaden varier stort beroende på art. Därav kommer endast en teoretisk diskussion om trädkronans påverkan vintertid att föras.

På grund av detta är det högst sannolikt att mängden beskuggad yta orsakad av träd på Möllevången är lägre än vad som visas i analysen. Dock gör gatuträdens placering att majoriteten redan står i slagskugga från byggnader klockan 12:00 (se figur 37), vilket gör graden av genomsläpplighet mindre väsentlig. Gällande förslaget Grönare Möllan är skuggan orsakad av träden i Falsterboplan

Beskuggningsanalys januari kl 12:00

Figur 37. Beskuggningsanalys av Grönare Möllan den 15 januri kl 12:00, med aktuella platser inringade, producerad i SketchUp av Clara Zetterlund.

mest signifikant eftersom dessa inte står i slagskugga från omkringliggande byggnader i lika stor utsträckning. Beskuggningsanalysen av Falsterboplan den 15 januari kl. 12:00 visar att träden i mycket hög grad beskuggar fasaden vilket kan hindrar dagsljus från att nå in till bostäderna samt öka behovet av energi för uppvärmning av bostäderna (se figur 37). Detta beror på att en stor del av de nya träden i Falsterboplan har placerats längs kanten av parkens norra del vilket sommartid garanterar en öppen solbelyst yta i mitten av parken, men ger desto mer effekt på omkringliggande byggnader vintertid.

Detta bekräftas av tidigare studier som framhäver att träd placerade söder om en byggnad vintertid orsakar en effektiv beskuggning av fasad och fönster vilket ger konsekvenser för energihushållning och ljusinsläpp (Hildebrandt & Sarkovich, 1998). I enlighet med resonemanget ovan om trädens faktiska genomsläpplighet vintertid kan dock tätheten på denna beskuggning antas vara glesare än vad som presenteras i analysen, och därmed inte begränsa dagsljuset i lika stor utsträckning som analysen visar. Med anledning av detta anses resultatet av beskuggningsanalysen för januari vara otillförlitligt eftersom det presenterar en bild av beskuggningen som skiljer sig betydande från verkligheten.

5.4 Analys av artval

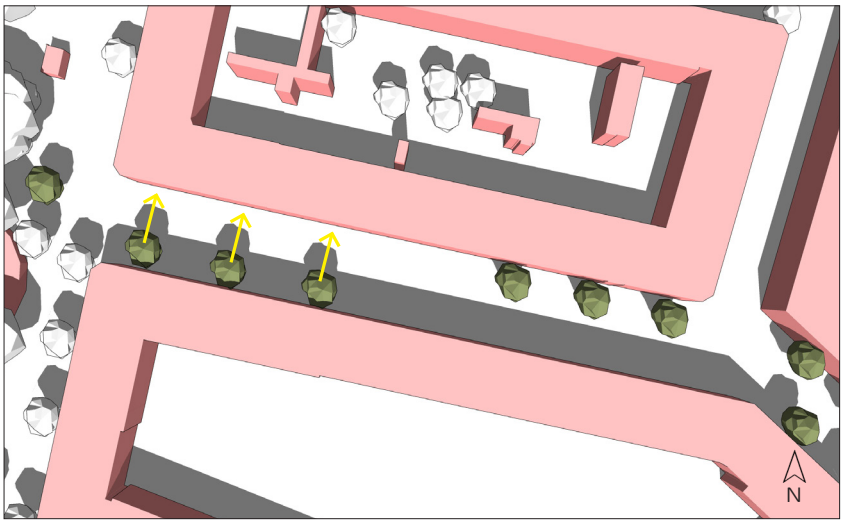
Nedan förs en diskussion om det aktuella artvalet för Grönare Möllan utifrån dess placering och lämplighet som temperaturreglerande element. Justeringar gällande placering och artval som kan utveckla förslaget Grönare Möllan kommer presenteras i denna diskussion. De aktuella gator som valts ut av Malmö stad för Grönare Möllan projektet har varit utgångspunkten för dessa justeringar, då de anses vara gaturum med behov av vegetation, både som ett hastighetssänkande element för biltrafik och för att öka trivsel, avkylning sommartid samt vindskydd vintertid. Den aktuella fördelningen mellan park- och gatuträd är gjord utifrån Malmö stads budget för projektet och har därför också varit utgångspunkten för dessa justeringar eftersom det bibehåller en realistisk förankring.

De justeringar som presenteras här har inte tagit hänsyn till eventuella befintliga förutsättningar i form av rör och ledningar under mark eller permanenta parkeringsplatser, vilket i högsta grad påverkar förslagets genomförbarhet och därmed dess förankring i verkligheten. I denna studie är fokus ekosystemtjänsten temperaturreglering, således syftar diskussionen till att visa hur just denna ekosystemtjänst kan utvecklas ytterligare. På så sätt kan diskussionen fungera som ett underlag för inspiration och konkret kunskapsinhämtning kring stadsträds temperaturreglerande funktion. Men det förslag som presenteras här kommer sannolikt inte vara fullt genomförbart på grund av tekniska förutsättningarna för varje individuell plats. Beroende på plats och kontext kan det finnas andra värden än temperaturreglering som erfordras vilket kan kräva andra lösningar.

Gata

Väst till öst riktning

Gällande Simrishamnsgatan och en del av träden på Trelleborgsgatan kan dessa flyttas till gatans norra del för att undvika en placering i slagskugga, vilket annars begränsar dess temperaturreducerande effekt (se figur 38). För de gator med öst till väst riktning, det vill säga Simrishamnsgatan, Trelleborgsgatan, Kristianstadsgatan och Monbijougatan, innebär det att samtliga träd skulle stå längs gatans nordliga del nära norrliggande byggnadsfasad. Denna placering ökar både mängden beskuggad yta i gaturummet samt mängden beskuggade byggnadsfasader och fönster, vilket sommartid ger ett behagligare inomhusklimat samt sänker energibehovet för nedkylning av inomhusmiljön.



Figur 38. Trelleborgsgatan, 15 juli klockan 12:00, planerade träd är markerade i grönt. Träden längs gatans södra del står i slagskugga av byggnaden. En placering längs gatans norra del ger en växtplats med större tillgång på solljus samtidigt som en beskuggning av fasad och fönster möjliggörs.

För att förhindra en kraftig beskuggning av husfasaden vintertid, (vilket påverkar energihushållningen negativt, begränsar ljusinsläpp till bostäder och ger ett svalare utomhusklimat) har aktuella trädarter för Grönare Möllan undersökts. Som redogörs för i litteraturstudien och i diskussionen är det fördelaktig med träd som har en gles vinterkrona och ett sent bladutspring för att ta tillvara på solljuset under vinterhalvåret. Planerade trädarter för ovan nämnda gator för förslaget Grönare Möllan presenteras i tabell 6.

Gymnocladus dioicus 'Espresso', *Paulownia ssp.*, *Koelreuteria paniculata* och *Catalpa speciosa* 'Heartland' är för platsen särskilt fördelaktiga val på grund av dess glesa grenarkitektur vintertid, sena bladutspring, samt täta bladmassa som ger en svalkande skugga under sommarens hetaste period. Även *Robinia ssp*. och *Ginkgo biloba* har ett sent bladutspring vilket anses mycket fördelaktigt utifrån dess placering. Däremot kan dessa träd inte erbjuda en lika tät skugga sommartid som ovan nämnda arter. En tätare skugga kan uppnås med hjälp av trädarter med en tätare bladmassa. Till exempel kan *Gingko biloba* bytas ut till någon sort av *Paulownia* som också har en gles vinterkrona men en betydligt tätare sommarkrona samt ett sent bladutspring. Den mycket glesa vinterkronan hos *Gingko biloba* kan dock vara fördelaktigt för platser som kräver en hög andel solljus vintertid. Dock är det bra att ha i åtanke att arten erbjuder mycket små effekter på vindhastigheten.

Art / Placering	Storlek*	Genomsläpp vinter	Bladutspring**	Bladmassa sommar	Kommentar
Monbijougatan					
Catalpa speciosa 'Heartland'	M	gles	sent	medium	Något känslig för torka
Gymnocladus dioicus 'Espresso'	M	mkt gles	mkt sent	medium	
Pinus leucodermis	M	medium	vintergrön	medium	
Kristianstadsgatan					
Koelreuteria paniculata	M	gles	sent	medium	mkt ljus- och värmekrävande
Paulownia tomentosa 'Hulsdonk'	S	gles	sent	tät	
Paulownia fortunei 'Minfast'	S	gles	sent	tät	
Cedrus libani	S	tät	vintergrönt	tät	mkt värmekrävande, något skuggtålig
Trelleborgsgatan					
Crataegus punctata 'Ohio Pioneer'	M	medium	normalt	tät	något skuggtålig
Ginkgo biloba 'Autumn Gold'	M	mkt gles	normalt	gles	
Koelreuteria paniculata	M	gles	sent	medium	mkt ljus- och värmekrävande
Simirishamnsgatan västra delen					
Ginkgo biloba 'Autumn Gold'	M	mkt gles	normalt	gles	
Ostrya japonica	M	medium	normalt	medium/tät	skuggtålig
Zelkova serrata 'Village Green'	S	medium/tät	normalt	tät	skuggtålig
Simirishamnsgatan östra delen vid Folkets park					
Pinus nigra	S	tät	vintergrönt	tät	
Cercis siliquastrum	M	medium	sent	medium	ljus- och värmekrävande
Robinia x margaretta 'Casque Rouge'	S	gles	sent	gles	intolerant för skugga

* L = liten, M = mellanstor, S = stor. ** Normalt bladutspring = april-maj, sent bladutspring = maj- juni.

Tabell 6. Växtlista med planerade träd för gator med öst till väst riktning. Parametrar som redovisas är artens storleksgrupp, kronans genomsläpplighet vintertid, tidpunkt för bladutspring, bladmassans täthet och eventuell övrig relevant information. Underlag: Sjöman och Slagstedt (2015b), Hirons och Sjöman (2018), Johnson och More (2006) samt Deak Sjöman et al (2016).

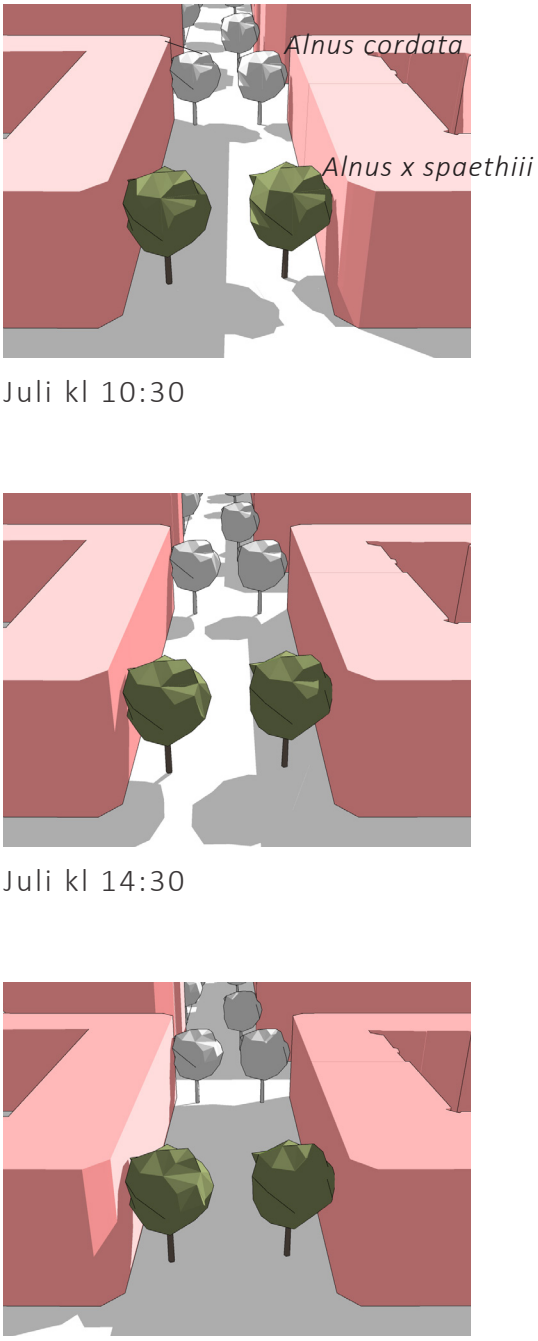
Pinus nigra, *Pinus leucodermis* och *Cedrus libani* orsakar på grund av sin vintergröna krona en jämn skugga året runt, vilket enligt resonemanget ovan inte anses fördelaktig, men sett till dess vinddämpande effekt vintertid kan trädet med rätt placering göra stor nytta för mikroklimatet. Inslag av vintergröna trädkronor kan därför anses fördelaktigt för att sila och därmed dämpa vindhastigheter i gatumiljön vintertid. Detta kräver dock en väl genomtänkt placering för att inte blockera solljus på ett ogynnsamt sätt.

Resterande lövfällande träd för aktuella gator, det vill säga *Crataegus punctata* 'Ohio Pioneer', *Ostrya japonica* och *Zelkova serrata* 'Village Green' är, precis som de vintergröna barrträden, mindre fördelaktiga ur ett temperaturreglerande perspektiv då deras relativt täta vinterkronor ger något kraftigare beskuggning vintertid än ovan nämnda lövfällande arter. Sett till sommaren är bladutspringet normalt och bladmassan tät vilket tillsammans med det faktum att arterna är relativt skugg- och torktåliga gör att det kan frodas på en del komplicerade växtplatser som kan uppstå i stadsmiljön, vilket trots allt gör artvalet tämligen fördelaktigt för Möllevången.

Norr till söder riktning

Gällande Claesgatans är den planerade trädarten för de två nya träden *Alnus x spaethii* 'Spaeth', som enligt Hirons och Sjöman (2018) tolererar skugga dåligt. För den aktuella placeringen kan det därför vara ett mindre fördelaktigt artval eftersom det enligt beskuggningsstudien placerar träden i slagskugga från byggnaden en stor del av dagen (se figur 39). Valet av placeringen och trädarten var sannolikt ett sätt att koppla ihop träden med de två individerna av *Alnus cordata* planterade år 1988 längre söder ner på gatan. Skillnaden i mängd solinstrålning mellan dessa två platser skiljer sig dock åt. De befintliga *Alnus cordata* träden har tillgång till sol stor del av dagen på grund av dess placering i en fyrvägskorsning som förhindrar byggnaderna från att beskugga trädens placering. *Alnus cordata* är även mycket torktålig och tolererar skugga något bättre än *Alnus x spaethii* (Hirons & Sjöman, 2018) och kan således vara ett bättre val för den aktuella platsen.

Gällande Ängelholmsgatan har artval inte specificerats ännu. Aktuell placering innebär liknande ljusförhållande som Claessgatan, vilket kräver en skuggtålig art för att utnyttja trädets fulla potential. Längre ner på samma gata står Prunus sargentii planterad 2005 som enligt litteraturen är delvis tolerant för skugga och har således en god utveckling på platsen (Hirons & Sjöman, 2018). Av aktuella trädarter för Grönare Möllan utgörs det mest skuggtåliga växtmaterialet av *Pinus nigra*, *Cedrus libani*, *Crataegus punctata* 'Ohio Pioneer', *Ostrya japonic*a och *Zelkova serrata* 'Village Green', och kan således vara ett fördelaktigt val för platsen.

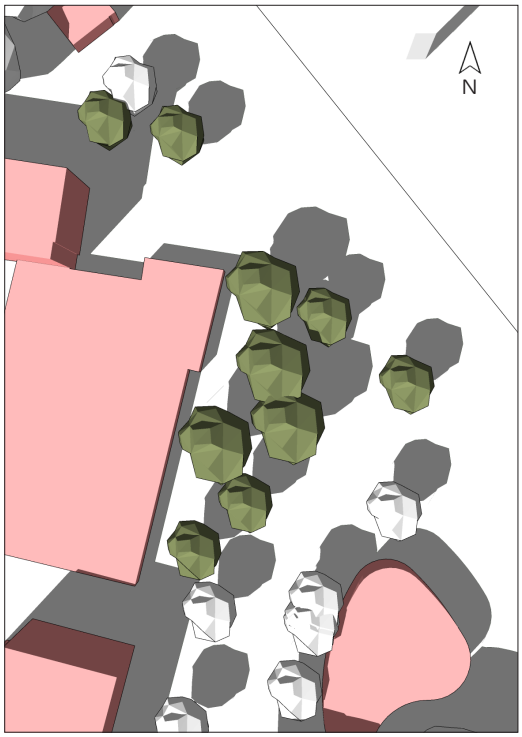


Figur 39. Claesgatan, 15 juli kl. 10:30, 14:30 och 16:30. Vyn är tagen från norr med utblick mot söder. De två planerade Alnus x spaethii 'Spaeth' markerat i grönt står i slaggskugga en stor del av dagen, till skillnad från de två Alnus cordata längre ner på gatan.

Torgyta

Utanför Coop

Torgytan utanför Coop bedöms som en plats i stort behov av temperaturreducerande åtgärder och anses därför som ett mycket bra val att omfattas av förslaget Grönare Möllan (se figur 40). Anledningen är den låga byggnaden öster om platsen som inte genererar några större slagskuggor på eftermiddagen vilket skapar en öppen solbelyst hårdgjord yta.



Figur 40. Torgyta utanför Coop, 15 juli kl. 14:00. Låg byggnad till öster om platsen ger en icke signifikant slagskkugga.

Planerade trädarter för platsen presenteras i tabell 7. På grund av de tre vintergröna tallarna (*Pinus nigra*) kommer en variation i beskuggningsgrad mellan sommar och vinter inte orsakas av dessa träd. Sett till vinterklimatet kan lövfällande träd vara mer fördelaktigt för platsen eftersom de släpper fram mer solljus men en vintergrön krona kan ha en mer effektiv vinddämpande funktion vilket också kan spela en betydande roll sett till mikroklimatet på platsen. Inslag av vintergröna trädkronor som ett komplement kan därför anses fördelaktigt för att sila och därmed dämpa vindhastigheter.

Art / Placering	Storlek*	Genomsläpp vinter	Bladutspring**	Bladmassa sommar	Kommentar
Coop / Norra Parkgatan					
Styphnolobium japonicum 'Regent'	S	gles	sent	gles	
Koelreuteria paniculata	M	gles	sent	medium	mkt ljus- och värmekrävande
Pinus nigra	S	tät	vintergrön	tät	något skuggtålig

* L = liten, M = mellanstor, S = stor. ** Normalt bladutspring = april-maj, sent bladutspring = maj- juni.

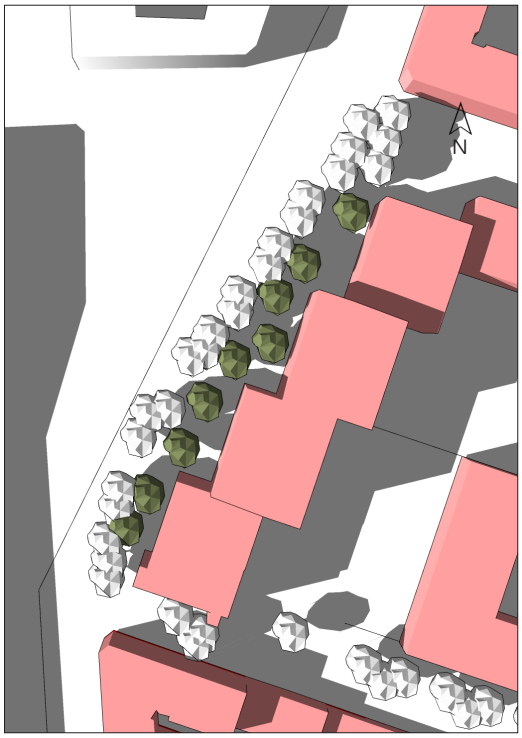
Tabell 7. Växtlista med aktuella träd för torgytan utanför Coop. Parametrar som redovisas är artens storleksgrupp, kronans genomsläpplighet vintertid, tidpunkt för bladutspring, bladmassans täthet och eventuell övrig relevant information. Underlag: Sjöman och Slagstedt (2015b), Hirons och Sjöman (2018), Johnson och More (2006) samt Deak Sjöman et al (2016).

De planerade lövfällande trädarterna har en gles grenstruktur vintertid samt ett sent bladutspring, vilket anses positivt. *Koelreuteria paniculata* har en relativt tät krona sommartid samt är ljus- och värmekrävande vilket gör den till ett fördelaktigt val för platsen. Gällande *Styphnolobium japonicum* 'Regent' är trädkronan sommartid gles. En tätare skugga kan uppnås genom att till exempel använda

någon sort av *Paulownia* som också har en gles grenstruktur men en betydligt tätare sommarkrona. Dock kan det finnas fördelar med en variation i beskuggningens täthet vilket dessa tre trädarter (*Pinus nigra*, *Koelreuteria paniculata*, *Styphnolobium japonicum* 'Regent') skapar, eftersom de erbjuder möjlighet att välja svalka utifrån behov.

Södra Fisketorget

Södra Fisketorgets behov av temperatur-reducerande åtgärder anses vara mindre än torgytan framför Coop på grund av platsens existerande trädrad av totalt 20 stycken träd fördelat på 4 olika arter (*Ginkgo biloba*, *Pinus nigra*, *Gleditsia triacanthos* 'Skyline' och *Crataegus x lavallei* 'Carrierei') (se figur 41). Träden planterades 2017 vilket gör att beståndet idag är relativt litet, men förväntas med åren kunna generera en stor beskuggad yta. De befintliga trädens västliga placering om byggnaden ger också goda förutsättningar för ett behagligt inomhusklimat under sommaren. Ytterligare träd längs med byggnadens västra sida, som föreslås av Malmö stad, kommer generera en ännu effektivare beskuggning av fasad och fönster vilket framför allt kommer bli påtagligt under vintern. Slutsatsen är därav att de 6 träd planerade för Södra Fisketorget kan ha en större positiv effekt som temperaturreglerande element på andra platser inom området Möllevången än på Södra Fisketorget.



Figur 41. Södra Fisketorget, 15 juli kl. 16:00. De planerade träden tillsamamns med befintliga träd genererar en mycket effektiv beskuggning.

Art / Placering	Storlek*	Genomsläpp vinter	Bladutspring**	Bladmassa sommar	Kommentar
Södra Fisktorget					
Crataegus x lavallei 'Carrierei'	M	medium	normalt	tät	ljuskrävande, släpper bladen sent
Gingko biloba 'Autumn Gold'	M	mkt gles	normalt	gles	
Gleditsia triacanthos 'Skyline'	S	gles	sent	gles	intolerant för skugga

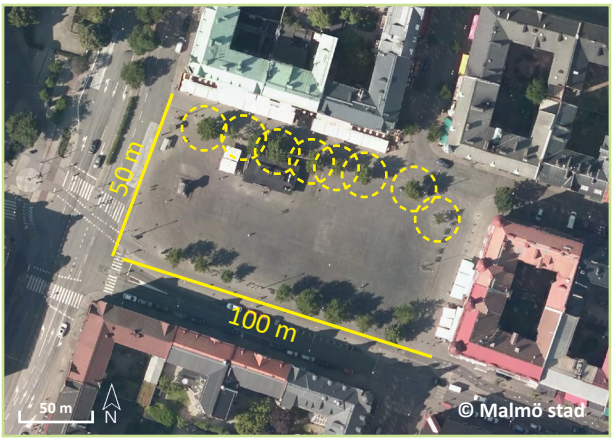
* L = liten, M = mellanstor, S = stor. ** Normalt bladutspring = april-maj, sent bladutspring = maj- juni.

Tabell 8. Växtlista med planerade träd för Södra Fisketorget. Parametrar som redovisas är artens storleksgrupp, kronans genomsläpplighet vintertid, tidpunkt för bladutspring, bladmassans täthet och eventuell övrig relevant information. Underlag: Sjöman och Slagstedt (2015b), Hirons och Sjöman (2018), Johnson och More (2006) samt Deak Sjöman et al (2016).

Möllevångstorget

Möllevångstorget innefattas inte av projektet Grönare Möllan men anses enligt denna studie vara en plats med ett stort behov av temperaturreglering för både sommar och vinter. Torget är en av Möllevångens mest aktiva områden sett till utomhusaktivitet i form av daglig torghandel som lockar många besökare tillsammans med en stor mängd uteserveringar (se analys: Möllevången verksamheter utomhus, sida 30). Sommartid genererar den öppna solbelysta platsen höga temperaturer samtidigt som samma förutsättningar ger kraftiga vindar vintertid (se figur 42).

Befintligt trädbestånd består av 18 stycken *Tilia x europaea* (Parklind) planterade mellan 1950 och 1995 (WebGIS, 2019). Majoriteten av träden är därför 50–70 år gamla men har haft en kraftigt begränsad storleksutveckling, som sannolikt orsakats av ett för platsen dåligt artval och eventuellt undermåliga växtbäddar. *Tilia x europaea* är enligt Hirons och Sjöman (2018) ett mindre fördelaktigt val för gatumiljö på grund av dess känslighet för torka. Ursprungligen (år 1973) innehöll torget 21 stycken träd men 3 stycken har tagits bort, förmodligen på grund av skadade eller döda individer.



Figur 42. Möllevångstorget, ortofoto juli 2016 (WebGIS, 2019) som visar en begränsad och varierad storleksutveckling hos torgets 18 stycken Tilia x europaea. Gula cirklar representerar en referens till storleken på Platanus x hispanica på St Knuts torg (se figur 43).

Utifrån en jämförelse med Sankt Knuts torg i Malmö (se figur 43), som innehåller 21 stycken *Platanus x hispanica* (Hybridplatan) i åldrarna 29–44 år, är skillnaden i trädkronornas storlek stor, trots att dessa träd är yngre än Möllevångstorgets lindar. På en för arten fördelaktig växtplats kan även *Tilia x europaea*, precis som *Platanus x hispanica*, utvecklas till ett mycket stort träd. Med en trädart som bättre kan hantera platsens förutsättningar kan även en betydligt större vinst i form av ekosystemtjänster genereras. *Platanus x hispanica* är ett fördelaktigt val även för Möllevångstorget eftersom arten har ett sent bladutspring, en gles grenarkitektur vintertid och en tät bladmassa sommartid. *Platanus x hispanica* är värmegynnande och

Figur 43. Sankt Knuts Torg, ortofoto juli 2016 (WebGIS, 2019) som visar 21 stycken Platanus x hispanica planterade mellan 1975–1990. Den gula cirkeln representerar trädens kronutbredning och används som referens till träden på Möllevångstorget (se figur 42).

har potential att bli ett mycket stort träd med bred krona, det vill säga generera en stor skuggbildning sommartid. Andra exempel på fördelaktiga trädarter för en torgyta som Möllevångstorget är *Platanus orientalis*, *Paulownia ssp*., *Alnus cordata*, *Tilia tomentosa* och *Celtis occidentalis*.

Med en art bättre anpassad för Möllevångstorgets ståndort ges en snabbare tillväxt vilket givetvis ger större individer. Sommartid innebär det en skuggbildning som täcker en större yta. Vintertid innebär det en större vinddämpande effekt på torget, än vad dagens befintliga träd erbjuder. Således skulle en större vinst sett till temperaturreglering uppnås genom att placera en del av förslagets gatuträd på Möllevångstorget, istället för till exempel Södra Fisketorget. Träden skulle då vara till nytta för en större del av invånarna som vistas i området. I så fall skulle en placering längs torgets östra och västra sida vara fördelaktigt. En trädrad till öst innebär en västlig placering om byggnaden vilket sommartid genererar en välbehövlig beskuggning av fasad och fönster under eftermiddagen. Byggnaden är i dagsläget mycket utsatt temperaturmässigt på grund av avsaknaden av svalkande skugga. En ny trädrad längs torgets västra del skulle också ge en effektiv beskuggning under eftermiddagen sommartid, vilket kan gynna människor som uppehåller sig på platsen för till exempel torghandel.

Park

Gällande parkerna kan den temperaturreducerande effekten orsakad av trädbeskuggning sommartid främja en större del av invånarna genom en justering av mängden planerade träd per park. Av de 100 planerade träden för parkmark ska det enligt förslaget Grönare Möllan planteras 9 träd i Folkets park, 42 träd i Mandeln och 49 träd i Falsterboplan. Genom att minska antalet planerade träd för Falsterboplan och Mandeln, och istället öka andelen planerade träd för Folkets park kan effekten nå ut till fler människor på grund av det höga besökstrycket på parken. I dagsläget skulle Folkets park teoretiskt sätt kunna fungera som en urban värmeö på grund av dess höga andel hårdgjorda material (Chang, Li, & Chang, 2007), vilket också gör en ökning av trädkrontäckningen mycket välbehövlig.

Gällande Falsterboplan innebär förslaget Grönare Möllan en tät placering av de nya träden i parkens kanter. Detta skapar en öppen solbelyst yta i mitten samtidigt som den täta placeringen gör att de mindre trädarterna (*Malus floribunda* och *Syringa x chinensis*) hamnar under de större trädarterna (*Robinia pseudoacacia ssp*., *Paulownia tomentosa* och *Pinus nigra*) (se tabell 9). Majoriteten av de större träden utgörs av *R. pseudoacacia* ’Semperflorens’ och ’Nyersegi’ vilka på grund av sin glesa krona anses släppa igenom en acceptabel mängd solljus till träden undertill. Resterande träd erbjuder en bred variation i beskuggning. *Paulownia tomentosa* och *Pinus nigra* har en tät bladmassa medan *Koelreuteria paniculata* har en mellantät och *Ginkgo biloba* har en mycket gles bladmassa. En variation i beskuggningens täthet kan vara mycket fördelaktigt, framför allt i en park, där besökarna kan välja grad av svalka efter behov. Följaktligen anses blandningen av trädarter i Falsterboplan vara god.

Art / Placering	Storlek*	Genomsläpp vinter	Bladutspring**	Bladmassa sommar	Kommentar
Falsterboplan					
Malus floribunda	L	medium	normalt	medium	
Syringa x chinensis	L	medium	normalt	medium	
Ginkgo biloba 'Autumn Gold'	M	mkt gles	normalt	gles	
Koelreuteria paniculata	M	gles	sent	medium	mkt ljus- och värmekrävande
Pinus nigra	S	tät	vintergrönt	tät	något skuggtålig
Robinia pseudoacacia 'Semperflorens'	S	gles	sent	gles	
Robinia pseudoacacia 'Nyersegi'	S	gles	sent	gles	
Paulownia tomentosa	S	gles	sent	tät	

* L = liten, M = mellanstor, S = stor. ** Normalt bladutspring = april-maj, sent bladutspring = maj- juni.

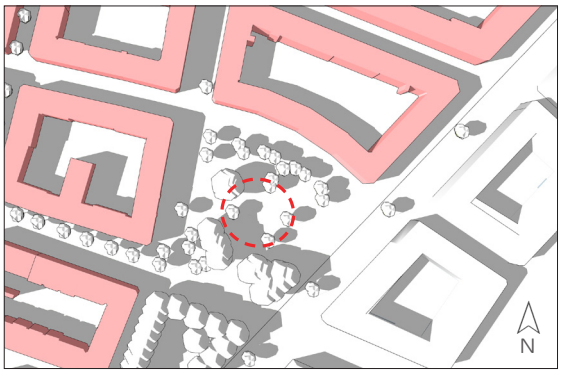
Tabell 9. Växtlista med planerade träd för Falsterboplan. Parametrar som redovisas är artens storleksgrupp, kronans genomsläpplighet vintertid, tidpunkt för bladutspring, bladmassans täthet och eventuell övrig relevant information. Underlag: Sjöman och Slagstedt (2015b), Hirons och Sjöman (2018), Johnson och More (2006) samt Deak Sjöman et al (2016).

NUTID

Juli kl 12:00

GRÖNARE MÖLLAN

Juli kl 12:00



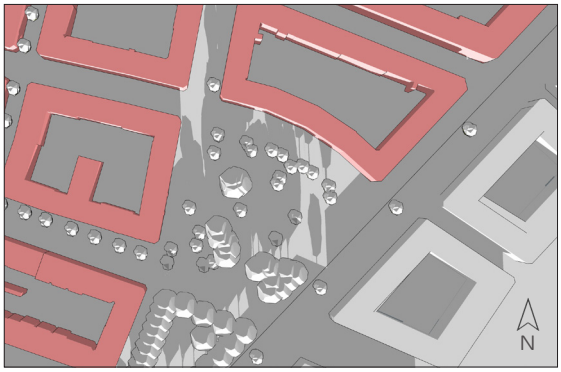
Juli kl 16:00

Juli kl 16:00

Figur 44. Falsterboplan, 15 juli kl. 12:00 och kl. 16:00, jämförelse mellan nutid och förslaget Grönare Möllan. Placeringen av de nya trädens längs parkens kant säkrare en öppen solbelyst yta i mitten, vilket markeras med en röd cirkel.

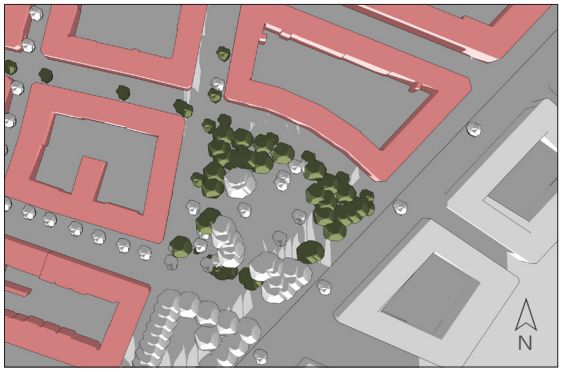
Placeringen av träden längs parkens kanter begränsar ljusinsläppet vintertid för byggnaden norr om parken vilket anses mindre fördelaktigt (se figur 45). En alternativ placering av träden längre in i parken kan förhindra detta, men då blir en bedömning av vad som är viktigast för denna specifika plats aktuell. Träd längs parkens kanter säkrar en solbelyst plats i mitten och erbjuder möjlighet till aktiviteter som kräver öppna ytor. Dessutom hjälper det till att avskärma platsen från de trafikerade vägarna Nobelvägen och Ystadsgatan. Beroende på platsens funktion och förutsättningar väger vissa värden tyngre än andra, vilket erfordrar en god kännedom om kontexten för att kunna skapa en god design.

NUTID



Januari kl 12:00

GRÖNARE MÖLLAN



Januari kl 12:00

Figur 45. Falsterboplan, 15 januari kl 12:00, jämförelse mellan nutid och förslaget Grönare Möllan. Placeringen av de nya träden längs parkens kant orsakar en begränsning av ljusinsläpp till bostäderna i norrliggande byggnad.

6. AVSLUTNING

6.1 Slutsats

Här redovisas en kortfattad sammanfattning av svaret på frågeställningens två delar.

Vilken temperaturreglerande roll spelar 1 % höjning av krontäckningsgraden för lokalklimatet på Möllevången?

Marktäckeanalysen visar en högre krontäckning än Malmö stads egen beräkning. Detta beror på att storleksindelningen som använts i denna studie skiljer sig från Malmö stads antagande att varje träd kommer generera 39 kvadratmeter krontäckningsyta, vilket ger en höjning på 1 %. Resultatet från denna studie utgår från de tre storleksgrupperna anpassade för gatu- och parkmiljö och ger istället en höjning på 3 % av trädkrontäckningen inom delområdet Möllevången till följd av förslaget Grönare Möllan.

Höjningen av krontäckningsgraden på 3 % inom delområdet Möllevången kommer få effekter på den lokala temperaturen. Sommartid kommer både parkträd och gatuträd som innefattas av förslaget Grönare Möllan orsaka en större mängd trädbeskuggad yta jämfört med idag vilket ger lägre yt- och strålningstemperaturer i den direkta trädskuggan. Sommartid kan en förväntad sänkning av yttemperaturen orsakad av trädskugga i gatumiljö vara upp till 19 °C jämfört med en icke trädbeskuggad hårdgjord yta, vilket beroende på rumsliga parametrar även orsakar lägre strålningstemperaturer. Träden kan därför skapa ett behagligare klimat både ute och inne och sänka energibehovet för nedkylning av framförallt bilar, köpcenter och arbetsplatser, som är aktuellt i dagsläget i Sverige. Trädens påverkan på vindflöden kan dock ha negativa effekter sommartid eftersom en dämpning av vindhastigheten leder till en högre upplevd temperatur och förhindrar bortskingrandet av luftföroreningar.

Vintertid kommer effekten av en höjning av krontäckningsgraden på 3 % orsaka lägre yttemperaturer i skuggan av träden med upp till 4 °C, vilket vintertid anses som negativt för den termiska komforten. En ökning av antalet träd kan, beroende på art och placering, begränsa tillgång till dagsljus och kyler ner byggnaden vilket kräver en högre energiåtgång för uppvärmning av inomhusmiljön. Däremot kommer en höjning av trädkronstäckningen ge effekter på vindflöden och vindhastigheter, vilket vintertid har en större temperaturreglerande effekt än vad solstrålningen har, och bidrar därför till ett behagligare klimat. En studie av vindens framfart inom området omfattas däremot inte av detta arbete. Resultatet ger därför inte en heltäckande bild av trädens påverkan på lokalklimatet eftersom endast en teoretisk diskussion kring vindens effekt kan föras.

Gällande Möllevångens parker kommer en ökning av träd ge lägre temperaturer dagtid, men högre temperaturer nattetid. En ökning av trädkrontäckningen, framför allt för Folkets park, skulle sannolikt även öka spridningen av parkens svalare luft till den omkringliggande hårdgjorda miljön. En generell sänkning av lufttemperaturen med 1–2 °C kan enligt denna studie förväntas som park cool islandeffekt för Folkets park med en spridning på 20–40 meter, vilket bygger på forskning av Spronken-Smith och Oke (1998) samt Upmanis et al (1998).

Kan effekten utvecklas ytterligare genom en justering av placeringen, och val av trädart?

Den temperaturreducerande effekten orsakad av trädbeskuggning sommartid kan omfatta fler ytor genom att en del av de planerade gatuträden flyttas till ytor som inte berörs av slagskugga från byggnader i lika stor utsträckning. En alternativ placering diskuteras under rubrik *5.4 Analys av artval* där gator med väst till öst riktning bör ha träd placerade längs gatans nordliga del. Denna placering ökar både mängden beskuggad yta i gaturummet samt mängden beskuggade byggnadsfasader och fönster, vilket sommartid ger ett behagligare inomhusklimat samt sänker energibehovet för nedkylning av inomhusmiljön.

För att förhindra negativa konsekvenser vintertid krävs ett noggrant val av trädart utifrån dess genomsläpplighet vintertid som påverkas av kronans uppbyggnad. För ett fördelaktigt klimat för både sommar och vinter krävs träd med ett sent bladutspring och en tidig avlövning, samt en tät krona sommartid och ett glest grenverk vintertid. Exempel på sådana trädarter som har potential att generar ett gynnsamt klimat året runt sett till värme- och ljusförhållande diskuteras under rubrik *5.4 Analys av artval*.

Vidare kan den temperaturreducerande effekten orsakad av trädbeskuggning sommartid vara till nytta för en större del av populationen om placeringen anpassas efter platser med en hög andel utomhusaktivitet. Med utgångspunkt i analysen över *Möllevångens befintliga utomhusverksamhet* på s. 32 anses en temperaturreglerande åtgärd på Möllevångstorget mycket välbehövlig. Detta eftersom effekten av träd här främjar en större del av invånarna som bor och verkar i området, samt att träden på platsen idag underpresterar sett till ekosystemtjänster på grund av dess undermåliga storleksutveckling. Förslag på placering och artval för Möllevångstorget utifrån ekosystemtjänsten temperaturreglering diskuteras under rubriken *5.4 Analys av artval*.

En alternativ fördelning av de 100 träd planerade för parkmark skulle också kunna utveckla effekten av insatsen ytterligare, genom att minska antalet nya träd för Falsterboplan och Mandeln, och istället öka andelen planerade träd för Folkets park. I dagsläget skulle Folkets park teoretiskt sätt kunna fungera som en urban värmeö på grund av dess höga andel hårdgjorda material (Chang, Li, & Chang, 2007), vilket gör en ökning av trädkrontäckningen mycket välbehövlig. Det höga besökstrycket på Folkets park, jämfört med resterande parker, gör att en ökning av antalet träd även skulle gynna en större del av befolkningen.

6.2 Framtidsspaning

Kan det blir för mycket träd?

Användningen av träd i en urban miljö är onekligen en knepig paradox: träd är nödvändiga för en god boendemiljö samtidigt som de kan ha negativa konsekvenser till följd av en ogynnsam placering. Som redogjorts för i diskussionen av resultatet kan ett träds placering vara fördelaktig för mikroklimatet sommartid men ge negativa konsekvenser vintertid, och vice versa. Även under samma årstid kan en paradox uppstå där trädet sänker temperaturen genom beskuggning och samtidigt höjer temperaturen genom att dämpa vindflödet.

För att skapa termisk komfort i dagens stadslandskap behövs oftast åtgärder som höjer strålnings-temperaturen vintertid, medan sommartid kräver åtgärder som sänker strålningstemperaturen. Kunskap om solens bana, skuggbildningar, materials termiska egenskaper, albedo, etc., är därför mycket värdefullt för att kunna optimera den termiska komforten året runt. Detsamma gäller för ljusinsläpp till bostäder och en effektiv energihushållning.

Exempel på vad stadsträd kan bidra med är visuella och kulturella kvaliteter, energibesparing, reducering av atmosfärisk koldioxid, upptag av luftföroreningar, temperaturreglering samt biologisk mångfald, men sällan kan alla dessa värden uppnås för varje träd. För att ett träd ska ge ett multifunktionellt värde måste en noggrann analys av platsens behov och förutsättningar genomföras. Detta kan medföra ett behov av en avvägning mellan vilket värde som är viktigast för den aktuella platsen. Som ett exempel kan inte träd placerade i slagskugga bidrar till en temperaturreducering, men kanske ge ett visuellt smalare gaturum som sänker bilhastigheter vilket kan vara mycket värdefullt. Trädet kan också bidra med en effektiv dagvattenhantering och sänkta vindhastigheter trots att beskuggningen eventuellt orsakar en långsammare tillväxt. Därmed finns det ett behov av ett ställningstagande kring om nyttan trädet erbjuder väger tyngre än eventuella konflikter. Genom att förstå vegetationens påverkan och platsens behov kan den faktiska avsikten med trädet uppnås och fördelarna maximeras.

Därför är det minst lika viktigt att vara införstådd med de negativa effekter träd i stadsmiljö kan orsaka. Som redogjorts för i litteraturstudien kan stadsträd minska ljusinsläppet till bostäder, vilket ger negativa konsekvenser för människans välbefinnande under den långa och solfattiga vintern (Akbari et al, 2001). På samma sätt kan trädens placering intill byggnader ge negativa effekter på energibehovet för uppvärmning vintertid då trädskuggan kyler ner byggnaden. Den vinddämpande effekten som är välbehövlig vintertid, kan sommartid ge höga koncentrationer av luftföroreningar samt påverka värmeö-effekten negativt vilket genererar ett ännu varmare klimat (Glaumann & Westerberg, 1988; Oke, 1987; Erell & Williamson, 2007).

Detta medför ett kritiskt resonemang kring behovet av träd. För Möllevången innebär det ett ställningstagande för varje specifik plats om till exempel värmereducering genom beskuggning sommartid är mer önskvärt än en soluppvärmd plats vintertid. Minst lika viktig är åtgärdens effekt på vinden för varje specifik plats, som kan vara nyckeln till ett drägligt klimat under sommarens hetaste

dagar, samtidigt som de kan försämra klimatet markant för människan under vinterhalvåret. Utifrån detta resonemang är det naturligt att ställa sig frågan om ett träd bedöms lämpligt för platsen eller inte. På samma sätt som ”rätt träd på rätt plats” är något att sträva efter är platsens behov av träd också viktig att ta ställning till. En slutsats är att en hållbar utomhusmiljö innehåller rum som kan brukas året runt vilket kräver kontextanpassade lösningar där träd kanske inte är den enda komponenten i en god klimatdesign.

Däremot är fördelarna med att använda just vegetation för att förbättra klimatet många. Den enorma variationen i storlek, struktur, funktion och därmed användningsområde, möjliggör en rad olika kontextanpassade lösningar. Trädkronans arkitektur är ett exempel på hur genomsläppligheten, och därmed tillgång till skugga eller solljus, kan justeras utifrån platsens specifika behov. Skillnader i bladmassa och grenverk kan skapa olika djup av skugga vilket skiljer sig från skuggbildningen från byggnader och andra solida objekt. Kunskap om skillnaden i effekt mellan olika arter, samt förmågan att göra en avvägning mellan konflikterande behov, är därför väsentlig.

Vad spelar tidsperspektivet för roll?

Resultatet från denna studie utgår från ett tidsperspektiv där träden är 25 år efter etablering. Med stigande ålder antas träden växa sig större vilket gör att deras effekt på temperatur och vindhastighet kommer förändras. Som tidigare nämnts kan till exempel äldre träd med bredare krona minska strålningstemperaturen mer effektivt än yngre individer (Deak Sjöman, 2016), samtidigt som de kan ha större effekter på vindflöden vilket kan påverka den urbana värmeön och bortskingrandet av luftföroreningar beroende på omgivningens rumslighet (Erell & Williamson, 2007; Glaumann & Westerberg, 1988). Med andra ord skiljer sig dessa effekter åt ordentligt mellan ett nyplanterat träd och ett gammalt träd. I diskussionen av resultatet av marktäckeanalysen (rubrik 4.1) framförs ett antal aspekter som påverkar trädens storleksutveckling. Bland annat leder ofta det kraftigt begränsade utrymmet under mark, till följd av omfattande rör- och ledningsdragningar, till en begränsad tillväxt hos träd i gatumiljö (Deak Sjöman et al, 2015). Utöver detta tillåts inte träden bli gamla på grund av att de befinner sig i en ständigt föränderlig miljö som inte sällan gör att träden skadas eller tas bort i samband med underhåll och renovering av rör, ledningar och gaturummet ovan mark. Resultatet blir träd som byts ut eller tas bort innan dess fulla potential vad gäller ekosystemtjänster har uppnåtts.

Mot bakgrund av detta är det enligt Deak Sjöman et al (2015) viktigt att kunna läsa av platsens funktion för att på förhand förstå vilka konflikter som kan tänkas uppstå som förhindrar trädet från att utvecklas till en storväxt individ. Även här är platsens faktiska förutsättningar att ta hand om ett träd på lång sikt viktigt att ta ställning till innan beslut om eventuellt plantering tas. Detta är inte minst aktuellt för Grönare Möllan för att de ekonomiska resurser som tas i anspråk för inköp av växtmaterial, plantering, etablering och skötsel inte ska gå förlorade, och i slutändan även kunna kompenseras av de långsiktiga ekologiska och tekniska nyttorna som insatsen slutligen kommer bidra med. Detta tankesätt är särskilt angeläget att föra in dels i befintlig och kompakt stadsstruktur och dels i nya förtätningsprojekt. När

vi planerar stadens grönstruktur planerar vi för framtiden och fördelarna med träd växer i takt med att trädet växer. Detta gör ett långsiktigt tidsperspektiv till en viktig aspekt eftersom träd som inte utvecklas till storväxta individer ofta inte kan erbjuda de ekosystemtjänster som vi så ofta förväntar oss.

Hur ser framtiden ut?

Den temperaturhöjning som klimatförändringarna innebär kommer få stora konsekvenser för människor bosatta i städer. De hälsorisker som ett varmare klimat medför (WHO/WMO/UNEP, 1996), tillsammans med ett ökat behov av utomhusvistelse (Wilson et al, 2008) ställer omfattande krav på utomhusmiljöns förmåga att erbjuda ett behagligt och hälsosamt klimat året runt.

Ett led i att möta dessa krav är att använda träd som ett temperaturreglerande element. Dock kräver framtidsklimatet en mer utvecklad kompetens kring dess effekter, framför allt när det gäller sommarklimatet då förhöjda temperaturer kommer vara som mest påtagligt. Att tänka långsiktigt genom strategisk placering av vegetation samt bevara vitala och stora trädindivider är som tidigare nämnts en förutsättning för att få ut maximal förtjänst av varje träd. Något vi inte har råd att slarva bort i ljuset av de kostnader som är förknippade med plantering och etablering, samt de omfattande ekonomiska konsekvenserna som ett varmare klimat kommer innebära kopplat till invånarnas hälsa och välbefinnande.

Värdet av träd som en tjänst för den urbana människan att nyttja ökar i takt med att klimatet förändras (McPherson et al, 1997). När faktorer som extremväder, stigande temperaturer, förhöjda halter av luftföroreningar, koldioxidutsläpp och nederbörd blir allt mer påtagliga påverkas också människans perception av stadsträdets värde, eftersom vi vet att träd kan hjälpa till att dämpa effekten av dessa faktorer. Detta kan leda till en ökning av samhällspolitiska incitament för större trädplanteringar, som insatsen Grönare Möllan eller till exempel MillionTrees NYC. Således ökar också behovet av kunskap kring de konsekvenser en sådan insats innebär.

Det var den svåra bostadsbristen för 50 år sedan som frammanade miljonprogrammet, ett bostadsbyggande i rekordfart med stora krav på kvantitet, men ringa krav på kvalité. Insatser i form av stora trädplanteringsprogram har vissa likheter med miljonprogrammet. Ett problem eller kris uppstår, ett verktyg för att hantera problemet finns, detta verktyg används följaktligen i stor skala för att ge en stor effekt. Det råder ingen tvekan om att miljonprogrammet ledde till en stor mängd bostäder, eller att insatser som MillionTrees NYC leder till att stadens trädbestånd ökar. Men för att lösa en kris, vare sig det är bostadsbrist eller ett snabbt förändrande klimat, är det riskfyllt att fokusera på kvantitet istället för kvalitet. Även om intentionerna är goda resulterade miljonprogrammet i hård kritik mot såväl sin arkitektur som sin boendemiljö.

Klimatkrisen utmanar städernas förmåga till anpassning såväl som människans förmåga till långsiktig planering och denna utmaning kräver kunskap. Utan en förståelse för vilka konsekvenser placering av

träd i stadslandskapet kan orsaka kan vi inte heller ta del av den fulla potential som stadsträdet faktiskt kan erbjuda, och riskerar därför att inte få ut de tjänster som vi så gärna vill ha. Vetenskaplig forskning som dokumenterar värdet och effekten av träd i olika situationer behövs för att förstå vinsten av en insats som Grönare Möllan. Träd är fantastiska på många sätt men det är också viktigt att understryka att det inte kan vara lösningen på alla problem som uppstår i en urban miljö. Många gånger krävs ett tvärvetenskapligt tillvägagångssätt där träden spelar en viktig roll i ett större sammanhang.

De inflytande som Möllevångens urbana trädbestånd har på det lokala klimatet, samt dess sociala och kulturella betydelse för människorna som bor och vistas här, förstärker behovet av en uppskattning och förståelse för den faktiska roll de kan spela i framtidsklimatet.

7. REFERENSER

Akbari, H., & Konopacki, S. (2004). Energy effects of heat-island reduction strategies in Toronto, Canada. Energy, 29(2), 191–210. doi:10.1016/j.energy.2003.09.004

Akbari, H., Pomerantz, M., & Taha, H. (2001). Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. Solar Energy, 70(3), 295-310. doi:10.1016/S0038-092X(00)00089-X

Andrade, H., & Vieira, R. (2007). A climatic study of an urban green space: the Gulbenkian Park in Lisbon (Portugal). Finisterra- Revista Portuguesa de Geografia, XLII(84), 27–46.

Armson, D., Rahman, M. A., & Ennos, A. R. (2013). A Comparison of the Shading Effectiveness of Five Different Street Tree Species in Manchester, UK. Arboriculture & Urban Forestry, 39(4), 157-164.

Armson, D., Stringer, P., & Ennos, A. (2012). The effect of tree shade and grass on surface and globe temperatures in an urban area. Urban Forestry & Urban Greening, 11(3), 245-255. doi:10.1016/j.ufug.2012.05.002

Barradas, V. (1991). Air temperature and humidity and human comfort index of some city parks of Mexico City. International Journal of Biometeorology, 35(1), 24-28. doi:10.1007/BF01040959

Barriopedro, D., Fischer, E., Luterbacher, J., Trigo, R., & García-Herrera, R. (2011). The hot summer of 2010: redrawing the temperature record map of Europe. Science (New York, N.Y.), 332(6026), 220–224. doi:10.1126/science.1201224

Basu, R., & Samet, J. (2002). Relation between Elevated Ambient Temperature and Mortality: A Review of the Epidemiologic Evidence. Epidemiologic Reviews, 24, 190–202.

Boverket. (den 6 mars 2019). Grönare städer. Hämtat från Boverket: https://www.boverket.se/sv/bidrag--garantier/stod-for-gronare-stader/

Brown, R. (2010). Design with microclimate, the secret to comfortable outdoor spaces. Washington: Island Press.

Bärring, L., Mattsson, J., & Lindqvist, S. (1985). Canyon geometry, street temperatures and urban heat island in Malmö, Sweden. Journal of Climatology 5, 433-444.

Cantón, M. A., Cortegoso, J. L., & de Rosa, C. (1994). Solar permeability of urban trees in cities of western Argentina. Energy and Buildings 20(3), 219–230. doi:10.1016/0378-7788(94)90025-6

Chang, C., Li, M., & Chang, S. (2007). A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks. Landscape and Urban Planning, 80(4), 386–395. doi:10.1016/j.landurbplan.2006.09.005

Chow, W. T., Pope, R., Martin, C. A., & Brazel, A. J. (2011). Observing and modeling the nocturnal park cool island of an arid city: horizontal and vertical impacts. Theoretical and Applied Climatology, 103(1), 197–211. doi:10.1007/s00704-010-0293-8

Christen, A., & Vogt, R. (2004). Energy and radiation balance of a central European city. International Journal of Climatology, 24(11), 1395–1421. doi:10.1002/joc.1074

Cutter, S. L., & Borden, K. A. (2008). Spatial patterns of natural hazards mortality in the United States. International Journal of Health Geographics, 7(1), 64. doi:10.1186/1476-072X-7-64

Deak Sjöman, J. (2016). The hidden landscape on fine-scale green structure and its role in regulating ecosystem services in the urban environment. Alnarp: Department of Landscape Architecture, Planning and Management, Swedish University of Agricultural Sciences.

Deak Sjöman, J. (den 30 januari 2019). Stadsträd och klimatanpassad design. Stadsträdsseminarium. Sveriges lantbruksuniversitet, Alnarp.

Deak Sjöman, J., Hirons, A., & Sjöman, H. (2016). Branch Area Index of Solitary Trees: Understanding Its Significance in Regulating Ecosystem Services. Journal of Environmental Quality, 45(1), 175–187. doi:10.2134/jeq2015.02.0069

Deak Sjöman, J., Sjöman, H., & Johansson, E. (2015). Staden som växtplats, kap. 3. i H. Sjöman, & J. Slagstedt, Träd i urbana landskap (ss. 231-329). Lund: Studentlitteratur.

Declet-Barreto, J., Brazel, A., & Martin, C. (2013). Creating the park cool island in an inner-city neighborhood: heat mitigation strategy for Phoenix, AZ. Urban Ecosystems, 16(3), 617–635. doi:10.1007/S112

Dyer, A. (2013). Krontätheten hos olika lövträdarter i avlövat tillstånd en studie av trädkronors genomsläpplighet av solljus under vintern. Alnarp: Sveriges Lantbruksuniversitet.

Eliasson, I. (1994). Urban-suburban-rural air temperature differences related to street geometry. Phys. Geography 15, l-22.

Eliasson, I. (1996). Urban Nocturnal Temperatures, Street Geometry and Land Use. Atmospheric Environment, 30(3), 379-392. doi:10.1016/1352-2310(95)00033-X

Erell, E., & Williamson, T. (2007). Intra-urban differences in canopy layer air temperature at a mid-latitude city. International Journal of Climatology, 27(9), 1243–1255. doi:10.1002/joc.1469

Erell, E., Pearlmutter, D., & Williamson, T. (2011). Urban microclimate: designing the spaces between buildings. Earthscan.

Florgård, C., & Palm, R. (1980). Vegetationen i dagvattenhanteringen. Solna: Naturvårdsverket.

Gardner, T. J., & Sydnor, T. D. (1984). Interception of summer and winter insolation by 5 shade tree species. J Am Soc Hortic Sci, 109(4), 448–450.

Giovannucci, E., Liu, Y., Hollis, B., & Rimm, E. (2008). 25-Hydroxyvitamin D and Risk of Myocardial Infarction in Men: A Prospective Study. Arch Intern Med.168(11), 1174–1180. doi:10.1001/archinte.168.11.1174

Givoni, B. (1991). Impact of planted areas on urban environmental quality: A review. Atmospheric Environment. Part B, Urban Atmosphere, 25(3), 289–299. doi:10.1016/0957-1272(91)90001-U

Givoni, B. (1998). Climate Considerations in Building and Urban Design. Van Nostrand Reinhold.

Glaumann, M., & Nord, N. (1993). Uteklimat. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet: Stad & Land nr. 113, Movium, Institutionen för landskapsplanering, Sveriges Lantsbruksuniversitet .

Glaumann, M., & Westerberg, U. (1988). Vind. Solna: Svensk byggtjänst.

Gunderson, L. H., Holling, C. S. (2002) Panarchy. Understanding transformations in human and natural systems. Island Press, Washington.

Haraldsson, S. (2017). Malmö Folkets park. Malmö: Bokförlaget arena .

Heisler, G. M. (1986). Effects of individual trees on the solar radiation climate of small buildings. Urban Ecology, 9(3-4), 337-359. doi:10.1016/0304-4009(86)90008-2

Herrmann, J., & Matzarakis, A. (2012). Mean radiant temperature in idealised urban canyons—examples from Freiburg, Germany. International Journal of Biometeorology, 56(1), 199–203. doi:10.1007/s00484-010-0394-1

Hildebrandt, E., & Sarkovich, M. (1998). Assessing the cost-effectiveness of SMUD'S shade tree program. Atmospheric Environment, 32(1), 85–94. doi:10.1016/S1352-2310(97)00183-0

Hirons, A., & Sjöman, H. (2018). Tree Species Selection for Green Infrastructure: A Guide for Specifiers. Trees & Design Action Group.

Humble, M. (2007). D-vitaminbrist kanske vanligare än vi trott- prevention och behandling skulle kunna ge oanade effekter. Läkartidningen nr 11, volym 104, 853-857.

Jauregui, E. (1991). Influence of a large urban park on temperature and convective precipitation in a tropical city. Energy and Buildings, 15- 16, 457- 463.

Jennings, S., Brown, N., & Sheil, D. (1999). Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. Forestry, 72(1), 59–74. doi:10.1093/forestry/72.1.59

Johansson, E. (2008). ENVI-simulering Norra Sorgenfri.

Johnson, O., & More, D. (2006). Collins tree guide : the most complete field guide to the trees of Britain and Europe. London: Harpercollins Publishers.

Konarska, J., Lindberg, F., Larsson, A., Thorsson, S., & Holmer, B. (2013). Transmissivity of solar radiation through crowns of single urban trees—application for outdoor thermal comfort modelling. Theoretical and Applied Climatology, 117(3-4), 363–376. doi:10.1007/s00704-013-1000-3

Konarska, J., Uddling, J., Holmer, B., Lutz, M., Lindberg, F., Pleijel, H., & Thorsson, S. (2016). Transpiration of urban trees and its cooling effect in a high latitude city. International Journal of Biometeorology, 60(1), 159–172. doi:10.1007/s00484-015-1014-x

Kopinga, J. (1991). The effects of restricted volumes of soil on the growth and development of street trees. Journal of Arboriculture, 17(3), 57-63. doi:10.1016/0006-3207(92)91167-Q

Kovats, R., & Hajat, S. (2008). Heat stress and public health: a critical review. Annual Review of Public

Health, 29, 41–55. doi:10.1146/annurev.publhealth.29.020907.090843

Kristersson, E., Lindholm, G., & Nilsson, K. (1988). Växter som vindskydd. Stad & Land (Nr.62).

Lappe, J., Travers-Gustafson, D., Davies, K., Recker, R., & Heaney, R. (2007). Vitamin D and calcium supplementation reduces cancer risk: results of a randomized trial. The American Journal of Clinical Nutrition, 85(6), 1586–1591. doi:10.1093/ajcn/85.6.1586

Larsen, J. (2016). Setting the Record Straight: More than 52,000 Europeans Died from Heat in Summer 2003. Eco-Economy Update. Washington DC: Earth Policy Institute. Hämtat från http://www.earth-policy.org/plan_b_updates/2006/update56

Larsson. (2019). Förstudierapport Grönare Möllan. Malmö: Malmö stad, Stadsmiljöenheten.

Lin, W., Yu, T., Chang, X., Wu, W., & Zhang, Y. (2015). Calculating cooling extents of green parks using remote sensing: Method and test. Landscape and Urban Planning, 134, 66–75. doi:10.1016/j.landurbplan.2014.10.012

Lindberg, F., & Grimmond, C. (2011). The influence of vegetation and building morphology on shadow patterns and mean radiant temperatures in urban areas: model development and evaluation. Theoretical and Applied Climatology, 105(3), 311–323. doi:https://doi.org/10.1007/s00704-010-0382-8

Lindsey, P., & Bassuk, N. (1991). Specifying soil volumes to meet the water needs of mature urban street trees and trees in containers. Journal of Arboriculture 17(6), 141–149. doi:10.1016/0006-3207(92)91131-B

Luxmoore, D., Jayasinghe, M., & Mahendran, M. (2005). Mitigating temperature increases in high lot density sub-tropical residential developments. Energy & Buildings, 37(12), 1212–1224. doi:10.1016/j.enbuild.2004.12.017

Lönngren, G., & Persson, B. (1995). Stadens biologiska mångfald. Alnarp: Sveriges Lantbruksuniversitet.

Malmborg, S., & Berg, M. (2012). Utvecklingen av Möllevången- En studie om gentrifiering. Malmö: Malmö Högskola, kultur och samhälle.

Malmö stad. (2006). Utvecklingsplan för Möllevångens stadsmiljö, Förslag till årgärder. Malmö: Malmö stad Gatukontoret.

Malmö stad. (den 19 mars 2019a). Fakta och statistik. Hämtat från Malmo.se: https://malmo.se/Kommun--politik/Fakta-och-statistik.html

Malmö stad. (den 6 mars 2019b). Möllevången. Hämtat från Malmo.se: https://malmo.se/Kultur--fritid/Kultur--noje/Arkiv--historia/Kulturarv-Malmo/L-O/Mollevangen.html

Malmö stadsarkiv. (den 2 juli 2019). Bildarkiv. Hämtat från https://bildarkivet.malmo.se/asset-bank/action/viewDefaultHome?browseType=accessLevels

Mattsson, J. O. (1979). Introduktion till mikro- och lokalklimatologin (Vol. 1. uppl.). Malmö: Liber Läromedel.

Matzarakis, A., Rutz, F., & Mayer, H. (2007). Modelling radiation fluxes in simple and complex environments—application of the RayMan model. International Journal of Biometeorology, 51(4), 323–334. doi:10.1007/s00484-006-0061-8

Matzarakis, A., Rutz, F., & Mayer, H. (2010). Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model. International Journal of Biometeorology, 54(2), 131–139. doi:10.1007/s00484-009-0261-0

Mccarthy, M., Best, M., & Betts, R. (2010). Climate change in cities due to global warming and urban effects. Geophysical Research Letters, 37(9), n/a–n/a. doi:10.1029/2010GL042845

Mcpherson, E., & Simpson, J. (2003). Potential energy savings in buildings by an urban tree planting programme in California. Urban Forestry & Urban Greening, 2(2), 73-86. doi:10.1078/1618-8667-00025

McPherson, E., Nowak, D., Heisler, G., Grimmond, S., Souch, C., Grant, R., & Rowntree, R. (1997). Quantifying urban forest structure, function, and value: the Chicago Urban Forest Climate Project. Urban Ecosystems, 1(1), 49–61.

Meehl, G., & Tebaldi, C. (2004). More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century. Science (New York, N.Y.), 305(5686), 994–997. doi:10.1126/science.1098704

Myneni, R., Nemani, R., & Running, S. (1997). Estimation of global leaf area index and absorbed par using radiative transfer models. IEEE T. Geosci. Remote, 35, 1380-1393.

Mårtensson, F. (2004). Landskapet i leken : en studie av utomhuslek på förskolegården. Alnarp: Sveriges Lantbruksuniversitet.

Nationalencyklopedin. (den 16 april 2019a). Lidar. Hämtat från Nationalencyklopedin: http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/lidar

Ng, E., Chen, L., Wang, Y., & Yuan, C. (2012). A study on the cooling effects of greening in a high-density city: An experience from Hong Kong. Building and Environment, 47, 256–271. doi:10.1016/j.buildenv.2011.07.014

Nielsen, C., Bühler, O., & Kristoffersen, P. (2007). Soil water dynamics and growth of street and park trees. Arboricult urban For 33, 231-245.

Nikolopoulou, M., Baker, N., & Steemers, K. (2001). Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter. Solar Energy, 70(3), 227–235. doi:10.1016/S0038-092X(00)00093-1

Nikoofard, S., Ugursal, V., & Beausoleil-Morrison, I. (2011). Effect of external shading on household energy requirement for heating and cooling in Canada. Energy and Buildings, 43(7), 1627–1635. doi:10.1016/j.enbuild.2011.03.003

Oke, T. R. (1987). Boundary layer climates (Vol. 2. ed.). London: Routledge.

Persson, G., Sjökvist, E., Åström, S., Eklund, D., Andreasson, J., Johnell, A., & . . . Nerheim, S. (2011). Klimatanalys för Skåne län. Norrköping: SMHI.

Robine, J., Cheung, S., Le Roy, S., Van Oyen, H., Griffiths, C., Michel, J., & Herrmann, F. (2008). Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. Comptes Rendus- Biologies, 331(2), 171–178. doi:10.1016/j.crvi.2007.12.001

Robitu, M., Musy, M., Inard, C., & Groleau, D. (2006). Modeling the influence of vegetation and water pond on urban microclimate. Solar Energy, 80(4), 435–447. doi:10.1016/j.solener.2005.06.015

Rocklöv, J., & Forsberg, B. (2008). The effect of temperature on mortality in Stockholm 1998—2003: A study of lag structures and heatwave effects. Scandinavian Journal of Public Health, 36(5), 516–523. doi:10.1177/1403494807088458

Saarela, L. (2014). Att sänka temperaturer i stadsmiljö- en studie av trädens effekt på en bostadsgård i Malmö. Alnarp: Sveriges Lantbruksuniversitet.

Saito, I., Ishihara, O., & Katayama, T. (1990–1991). Study of the effect of green areas on the thermal environment in an urban area. Energy Build, 15(16), 493–498. doi:10.1016/0378-7788(90)90026-F

Santamouris, M. (2011). Energy and Climate in the Urban Built Environment. New York: Routledge.

Sawka, M., Millward, A., Mckay, J., & Sarkovich, M. (2013). Growing summer energy conservation through residential tree planting. Landscape and Urban Planning, 113, 1-9. doi:10.1016/j.landurbplan.2013.01.006

Sekaric, T. (2014). Vems Möllevången? En studie av gentrifieringen. Malmö: Malmö Högskola, Fakulteten för kultur och samhälle.

Shashua-Bar, L., & Hoffman, M. (2000). Vegetation as a climatic component in the design of and urban street. An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. Energy and Buildings, 31, 221–235. doi:10.1016/S0378-7788(99)00018-3

Sherwood, S., & Huber, M. (2010). An adaptability limit to climate change due to heat stress. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 107(21), 9552–9555. doi:10.1073/pnas.0913352107

Simpson, J., & McPherson, E. (1996). Potential of tree shade for reducing residential energy use in California. Journal of Arboriculture. 22(1), 10-18.

Sjöman Deak, J., Hirons, A., & Sjöman, H. (2016). Branch AreaIndex of Solitary Trees: Understanding Its Significance in Regulating Ecosystem Services. Journal of Environmental Quality, 45(1), 175–187. doi:10.2134/jeq2015.02.0069

Sjöman, H., & Slagsted, J. (2015a). Rätt träd på rätt plats, kap 4. i H. Sjöman, & J. Slagsted, Träd i urbana landskap (ss. 331-360). Lund: Studentlitteratur.

Sjöman, H., & Slagstedt, J. (2015b). Stadsträdslexikon (1. uppl.). Lund: Studentlitteratur.

Sjöman, H., Slagstedt, J., & Lagerström, T. (2015c). Växthantering, kap 5. i H. Sjöman, & J. Slagstedt, Träd i urbana landskap (ss. 363-417). Lund: Studentlitteratur.

Sjöström, M., & Törnros, T. (2018). Malmö trädkrontäckning. SWECO.

SMHI. (den 26 februari 2019a). Dataserier med normalvärden för perioden 1961-1990. Hämtat från SMHI: http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/dataserier-med-normalvarden1.7354#contactForm

SMHI. (den 13 maj 2019b). Hur mäts lufttemperatur? Hämtat från SMHI: https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/hur-mats-lufttemperatur-1.3839

SMHI. (den 22 maj 2019c). Ladda ner meteorologiska observationer. Hämtat från SMHI.se: https://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/#param=airTemperatureMeanMonth,stations=active,stationid=53300

SMHI. (den 22 maj 2019d). Månads-, årstids', och årskartor. Hämtat från SMHI.se: http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/kartor/monYrTable.php?myn=7&par=tmpAvv

SMHI. (den 05 maj 2019e). Vindens kyleffekt. Hämtat från SMHI: http://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/vindens-kyleffekt-1.259

SNA. (1999). Atlas över Skåne. Gävle: Sveriges Nationalatlas, Kartförlaget.

SOU. (2007:60). Sverige inför klimatförändringarna- hot och möjligheter. Klimat- och sårbarhetsutredningen.

Spronken-Smith, R. A., & Oke, T. R. (1998). The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climate. s. Int. J. Remote Sensing, 19(11), 2085-2104. doi:10.1080/014311698214884

Streiling, S., & Matzarakis, A. (2003). Influence of single and small clusters of trees on the bioclimate of a city: a case study. Journal of Arboriculture 29(6), 309-316.

Sunrise and Sunset. (den 27 maj 2019). Soluppgång och solnedgång Malmö 2019. Hämtat från sunrise-and-sunset.com: https://www.sunrise-and-sunset.com/sv/sun/sverige/malmoe/2019/januari

Thorsson, S., Lindberg, F., Eliasson, I., & Holmer, B. (2007). Different methods for estimating the mean radiant temperature in an outdoor urban setting. International Journal of Climatology, 27(14), 1983–1993. doi:10.1002/joc.1537

Thorsson, S., Lindqvist, M., & Lindqvist, S. (2004). Thermal bioclimatic conditions and patterns of behaviour in an urban park in Göteborg, Sweden. International Journal of Biometeorology, 48(3), 149–156. doi:10.1007/s00484-003-0189-8

Thorsson, S., Rocklöv, J., Konarska, J., Lindberg, F., Holmer, B., Dousset, B., & Rayner, D. (2014). Mean radiant temperature – A predictor of heat related mortality. Urban Climate, 10, 332–345. doi:10.1016/j.uclim.2014.01.004

Upmanis, H., Eliasson, I., & Lindqvist, S. (1998). The influence of green areas on nocturnal temperatures in a high latitude city (Göteborg, Sweden). International Journal of Climatology, 18(6), 681–700. doi:10.1002/(SICI)1097-0088(199805)18:6<681::AID-

JOC289>3.0.CO;2-L

Urban, J. (2008). Up By Roots: Healthy Soils and Trees in the Built Environment. Champaign, IL: InternationalSociety of Arboriculture.

Wang, T. J., Pencina, M. J., Booth, S. L., Jacques, P. F., Ingelsson, E., Lanier, K., . . . Vasan, R. S. (2008). Vitamin D deficiency and risk of cardiovascular disease. Circulation no. 117 (4), 503-11. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.107.706127

WebGIS. (2019). Hämtat från Malmö stads interna webbkarta med geografisk information: http://webgis.intra.malmo.se/spatialmap

WHO/WMO/UNEP. (1996). Climate and health: the potential impacts of climate change. McMichael, AJ., Haines, A., Slooff, R., Kovats, S. (eds).

Wilson, E., Nicol, F., Nanayakkara, L., & Ueberjahn-Tritta, A. (2008). Public Urban Open Space and Human Thermal Comfort: The Implications of Alternative Climate Change and Socio-economic Scenarios. Journal of Environmental Policy & Planning, 10(1), 31–45. doi:10.1080/15239080701652615

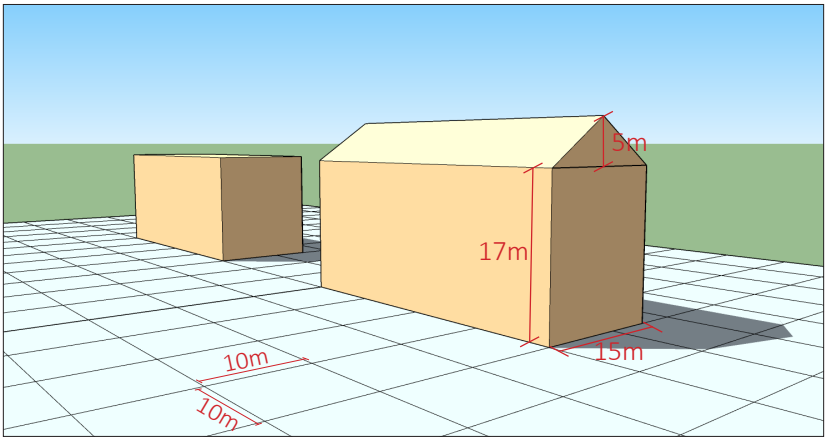
Zacharias, J., Stathopoulos, T., & Wu, H. (2001). Microclimate and Downtown Open Space Activity. Environment and Behavior, 33(2), 296–315. doi:10.1177/0013916501332008

Zhang, Y., Murray, A. T., & Turner, B. T. (2017). Optimizing green space locations to reduce daytime and nighttime urban heat island effects in Phoenix, Arizona. Landscape and Urban Planning, 165, 162–171. doi:10.1016/J.LANDURBPLAN.2017.04.009

BILAGA 1

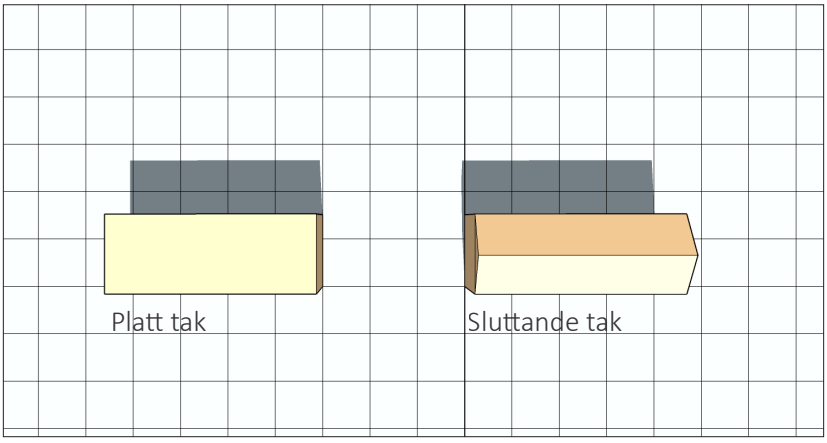
Slagskugga- jämförelse mellan platt tak & sluttande tak

För att genomföra beskuggningsstudien byggdes en modell över Möllevången upp i SketchUp. För att effektivisera arbetsförloppet togs ingen hänsyn till sluttande tak. Varje byggnad i modellen förseddes istället med ett platt tak. Detta ger konsekvenser på skuggbildningen men skillnaden mellan sluttande och platt tak anses vara så pass liten att det inte ger en signifikans för denna studie. Här presenteras den analys som ligger till grund för detta antagande.



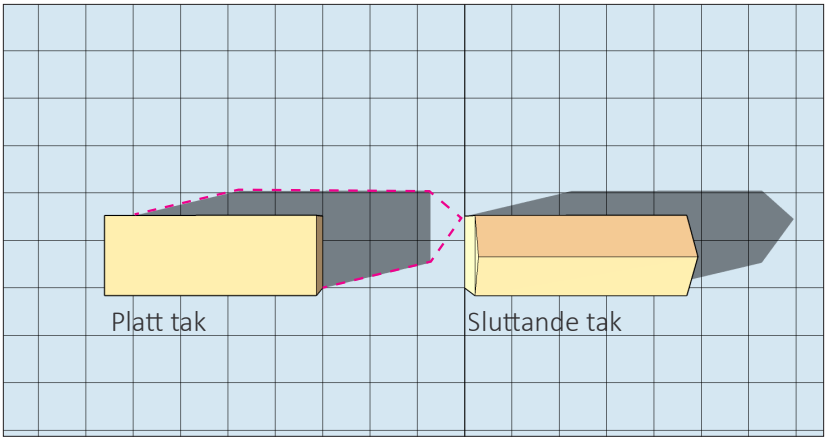
Modellen

För analysen av slagskuggans utbredning används två byggnader med höjd 17 m och bredd 15 m. Den ena byggnaden är försedd med ett sluttande tak vilket gör den 5 meter högre på sin högsta punkt. Rutnätet är 10 x 10 m och fungerar som ett visuellt stöd för att synliggöra skillnaden i skuggans täckning.



15 juli kl 12:00

Mitt på dagen i juli har skuggbildningen näst intill identisk utbredning från en byggnad med ett platt tak som från en byggnad med ett sluttande tak.



15 juli kl 16:00

Vid kl 16 på eftermiddagen sträcker sig slagskuggan från sadeltaket längre än från det platta taket men skillnaden är en begränsad yta på grund av takets avsmalnande form.