



Chilenska träd i Malmös framtida klimat

Torktåliga trädarter för urbana miljöer år 2100

Johanna Gustavsson

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för Landskapsarkitektur, Planering och Förvaltning
Trädgårdsingenjörsprogrammet Design
Alnarp 2025



Chilenska träd i Malmös framtida klimat. Torktåliga arter för urbana miljöer 2100

Chilean trees in Malmö's future climate. Drought-tolerant tree species for urban sites in 2100

Johanna Gustavsson

Handledare:	Kamil Chojnowski, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Examinator:	Mona Wembling, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Omfattning:	15hp
Nivå och fördjupning:	Grundnivå, G2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i Landskapsarkitektur
Kurskod:	EX0841
Program/utbildning:	Trädgårdsingenjörsprogrammet: design - kandidatprogram
Kursansvarig inst.:	Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Utgivningsort:	Alnarp
Utgivningsår:	2025
Omslagsbild:	<i>Quillaja saponaria</i> . Ramos Leiva, M. (2020). (CC BY-NC 4.0)
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd eller har en Creative Commons-licens. Illustrationer och foton av författaren om inget annat anges.
Nyckelord:	gatuträd, stadsträd, urbana träd, framtida träd, klimatförändringar, Chile, torktåliga trädarter

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Sammanfattning

Klimatet förändras i snabb takt, vilket gör det nödvändigt att vidta åtgärder för att skapa hållbara och välmående urbana trädlandskap. Den ökande urbaniseringen leder till tätare städer med fler hårdgjorda ytor, samtidigt som högre medeltemperaturer och långa perioder av låg nederbörd utsätter stadsträden för allt fler stressfaktorer. Detta påverkar i synnerhet de inhemska och traditionellt använda träarterna.

Klimatförändringarna kräver ett skifte mot användning av arter som är bättre anpassade för att hantera framtidens utmanande urbana förhållanden. Chile, med sin långsträckt geografi från norr till söder, har ett mycket varierat klimat som omfattar arida, semiarida och fuktiga regioner. Framför allt har medelhavsklimatet i de centrala delarna av landet tvingat växtarter att utveckla anpassningar för att klara långa perioder av torka.

Syftet med denna studie är att fördjupa förståelsen av hur klimatförändringarna påverkar Malmös trädbestånd. Studien kommer att undersöka vilka chilenska träarter som kan vara lämpliga för de torra ståndorter som förväntas i Malmös framtida klimat år 2100.

Nyckelord: gatuträd, stadsträd, urbana träd, framtida träd, klimatförändringar, Chile, torktåliga träarter

Abstract

The climate is changing rapidly, and action is required to create thriving and sustainable urban tree landscapes. Increased urbanization, resulting in denser cities with more paved surfaces, combined with rising mean temperatures and periods of low precipitation, introduces additional stress factors for urban trees, especially for the nordic native and traditionally used tree species.

Climate change necessitates a shift toward species better equipped to withstand the challenging conditions of future urban environments. Chile, with its extensive geography stretching from north to south, features a highly diverse climate that includes arid, semi-arid, and humid regions. Notably, the Mediterranean climate in the country's central parts has forced plant species to develop adaptations to endure prolonged drought periods.

The purpose of this study is to deepen the understanding of how climate change affects Malmö's tree population. The study will explore which Chilean tree species might be suitable for the dry sites expected in Malmö's future climate by the year 2100.

Keywords: street trees, urban trees, city trees, future trees, climate change, Chile, drought-tolerant tree species

Innehållsförteckning

1.	Inledning.....	7
1.1	Syfte och frågeställningar	9
2.	Bakgrund	10
3.	Metod och material	14
3.1	Litteraturstudie	14
3.2	Datainsamling	14
3.3	Urval av chilenska trädarter	14
4.	Litteraturstudie	16
4.1	Klimatförändringar	16
4.2	Klimatförändringarnas effekter på stadsträd	20
4.3	Trädselektion	26
4.4	Chiles klimat och artrikedom	27
4.5	Chilenska trädarters anpassningar till torka.....	31
	Resultat	33
4.6	Urval av chilenska trädarter	33
5.	Diskussion.....	39
6.	Slutsats	44
	Referenser	45

1. Inledning

Idag lever 55% av världens befolkning i städer och denna siffra väntas öka till 68% till år 2050 (UN 2018). I takt med att städer växer ökar också behovet av klimatanpassade åtgärder för att minska klimatavtrycket och förhöja livskvalitén för invånarna. Att integrera natur och ekosystem med det byggda landskapet ses ofta som en lösning på problemet (Sjöman & Anderson, 2023:20). Stadsträd utgör en viktig del av grönstrukturen och har flera viktiga funktioner. Bland annat renar de luften, skänker svalkande skugga vid värmeböljor, lagrar koldioxid, dämpar buller och avlastar dagvattensystem. De utgör också viktiga boplatser för många fåglar och insekter (Malmö Stad 2024).

Stadens varierade klimat och ståndorter

Deak-Sjöman et al. (2015) skriver att ståndorter i staden varierar stort och innefattar flera olika klimat och växtmiljöer. Från skyddade, rika parkmiljöer till torra, hårdgjorda och vindutsatta gator och torg. Stadens hårdgjorda miljöer utgör utmanande odlingsplatser, inte minst för våra inhemska träd. Ökad förtätning leder bland annat till förhöjda temperaturer och torka, luftföroreningar och påverkar vindhastigheten i staden.

Författarna beskriver hur klimatet i en stad påverkas av en mängd olika faktorer, varav den främsta är dess geografiska läge. Altitud och topografiska variationer i det omgivande landskapet kan ge stora skillnader i det lokala klimatet. Andra faktorer är årsnederbörd och dess fördelning över året samt soltimmar och solintensitet. Luftfuktighet, medeltemperatur och vindhastighet kan variera kraftigt under året och har också en inverkan på stadens klimat. Vidare förklarar författarna att begreppet klimat kan delas in i underbenämningarna mesoklimat, lokalklimat och mikroklimat.

Mesoklimatet har en utsträckning på 10 – 200 km och omfattar därmed ofta det urbana landskapet i sin helhet, lokalklimat uppstår på områden som stäcker sig ca 100 meter till ca 50 km och mikroklimatet kan uppstå på mycket små områden, från enstaka millimetrar upp till ca 1000 meter, se figur 1.



Figur 1. Klimatet i en stad kan delas in i mikroklimat, lokalklimat och mesoklimat – från små till stora områden. Illustrerad av författaren med inspiration från Deak-Sjöman et al. 2015:238)

Mikroklimat i staden förlänger växtsäsongen

Sjöman & Anderson (2023) menar att mikroklimat som uppstår i städer kan leda till en månads förlängning av växtsäsongen jämfört med omgivande landsbygd. Värmen leder till tidigare bladutspring och en senarelagd lövfällning vilket skapar stress för många träd som är "programmerade" för en kortare och betydligt svalare växtsäsong. Vidare framhåller författarna att träd från varmare delar av världen gynnas av detta mikroklimat och att dessa träd också blir hårdigare eftersom den förlängda växtsäsongen ger dem tid att rusta sig inför de kalla vintermånaderna. Mognadsfasen är därmed avgörande för vinterhårdighet och en lång växtsäsong kan säkerställa detta. Författarna nämner exemplet *Magnolia macrophylla* från sydöstra USA, som tolererar temperaturer ned till -34 grader Celsius. Trots detta är arten inte hårdig i södra Sverige, även om temperaturen aldrig sjunker så lågt. Den begränsande hårdigheten beror på att trädet inte hinner fullborda sin mognadsprocess under Sveriges korta perioder med tillräckligt höga temperaturer. Dock menar författarna att det finns ett stort urval exotiska trädarter som kan användas när växtsäsongen förlängs och den totala värmesumman ökar (Sjöman & Anderson, 2023:61).

1.1 Syfte och frågeställningar

Syfte

Syftet med studien är att skapa en fördjupad förståelse för klimatförändringarnas konkreta effekter på dynamiken av stadsträd och med detta som verktyg kunna föreslå hållbara och långsiktiga lösningar.

Frågeställningar

Hur påverkar klimatförändringar trädens tillväxt och överlevnad i urbana miljöer?

Vilka chilenska trädarter kan fungera i gatu- och torgmiljö i Malmö år 2100?

Avgränsning

De föreslagna chilenska trädarterna ska fungera i specifik gatu-och torgmiljö i Malmö (zon 1) under framtida klimatförhållanden enligt utsläppsscenario RCP4,5. Fokus läggs på träd som kan vara lämpliga på torra odlingsplatser.

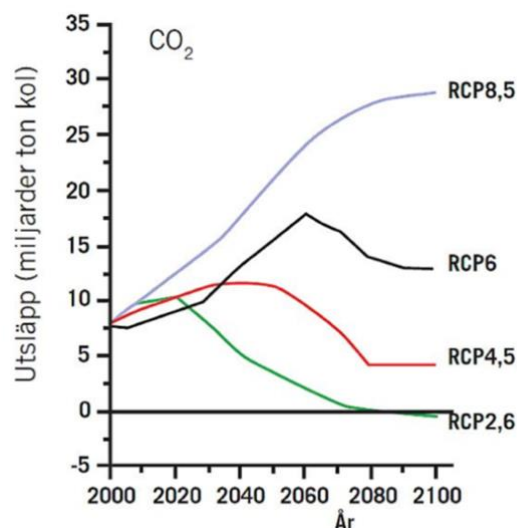
2. Bakgrund

Modellering av framtida klimat

I FN:s mellanstatliga klimatpanel Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) har i uppdrag att utvärdera det globala klimatets tillstånd i syfte att ge beslutsfattare ett viktigt kunskapsunderlag för att förstå klimatförändringarna, dess effekter och risker samt möjligheter att möta dem. IPCC:s senaste utvärdering av det globala klimatets tillstånd är den sjätte utvärderingsrapporten (AR6), vars syntesrapport publicerades den 20 mars 2023. Syntesrapporten betonar att mänsklig påverkan otvetydigt har värmt upp klimatsystemet genom utsläpp av växthusgaser. Den globala medeltemperaturen var 1,1°C högre under perioden 2011–2020 jämfört med 1850–1900, och de globala utsläppen har fortsatt att öka (IPCC 2023).

WMO (World Meteorological Organization) har bekräftat att 2024 är det varmaste året som hittills uppmätts, med en global genomsnittstemperatur på 1,55 grader Celsius över förindustriella nivåer (1850–1900). Situationen är kritisk för att nå Parisavtalets långsiktiga mål att begränsa uppvärmningen till väl under 2 grader, men det är fortfarande möjligt att uppnå detta mål om kraftfulla åtgärder vidtas (WMO 2025).

IPCC:s femte utvärderingsrapport AR5 2013–2014 använder fyra scenarier för att beräkna framtida klimatförändringar. Utifrån dessa scenarier och med hjälp av långa mätserier av både globala och regionala data beräknas det framtida klimatet. RCP står för Representative Concentration Pathway och är de utsläppsscenarier som används som underlag för att modellera framtida klimatförändringar, se *figur 2*. De olika RCP:erna belyser omfattningen av de åtgärder som behövs för att klara det internationellt beslutade målet om max två graders ökning av den globala temperaturen. RCP-scenarierna baseras på antaganden om växthusgasutsläppens utveckling, markanvändning och utveckling för utsläpp av luftföroreningar. Utvecklingsbanorna kan nå



Figur 2. Globala CO₂-utsläpp 2000–2100 enligt fyra RCP-scenarier – från höga (RCP8,5) till minskande och negativa utsläpp (RCP2,6) (Sjökvist et al. 2025).

genom en mängd olika kombinationer av ekonomiska, teknologiska, demografiska och politiska utvecklingar. RCP4.5 är ett så kallat mellanscenario där koldioxidutsläppen kulminerar vid år 2040 för att sedan minska (SMHI u.å.b).

Urbana värmeö-effekten

Staden genererar en betydligt högre värmesumma jämfört med det omgivande landskapet, ett fenomen som mäts genom den urbana värmeöeffekten, se figur 3. De främsta orsakerna till värmeöeffekten är kopplade till materialegenskaperna hos markbeläggning och byggnaders fasader, samt stadens rumsliga struktur. Solstrålning reflekteras och absorberas olika beroende på materialtyp. Asfalt är ett exempel på ett material som absorberar mer värme än det reflekterar. Avkylningen, som sker nattetid genom långvågig strålning mot det kalla himlavalvet, är effektivare på landsbygden än i städer, där synfaktorn är lägre. Synfaktorn är ett mått på hur mycket himmel som kan ses från marknivå. Begreppet *urban canyon* beskriver tätbebyggda stadsområden där smala gator och höga byggnader ger en låg synfaktor (Deak-Sjöman et al., 2015:242–247).



Figur 3. Bilden visar den urbana värmeö-effekten den 27 juli 2018 i centrala Malmö. Betydligt svalare lufttemperaturer uppmättes i grönområden och längs kusten än i tätbebyggda och hårdgjorda områden. I Västra och Mellersta hamnen uppmättes lufttemperaturer uppemot 42 grader (Sonesson et al. 2024).

Ekosystemtjänster

Ekosystemtjänster beskriver ekosystemens direkta och indirekta bidrag till människors välbefinnande och kan delas in i fyra olika kategorier; stödjande, reglerande, försörjande och kulturella. De stödjande ekosystemtjänsterna är

fundamentala för de övriga kategorierna och innefattar bland annat biodiversitet, fotosyntes och biokemiska kretslopp. De reglerande tjänsterna är de som påverkar miljöfaktorer och klimat som koldioxidlagring, reglering av vind och temperatur, filtrering av luftföroreningar och dagvattenhantering. Försörjande ekosystemtjänster är de tjänster som ger oss direkta resurser som syre och rent vatten eller material som livsmedel och råvaror. De kulturella ekosystemtjänsterna omfattar bland annat rekreation och turism, pedagogik och estetiska värden (Boverket 2023; Sjöman & Anderson, 2023).

Malmö arbete för ett hållbart och klimatresilient stadslandskap

Att Malmö är en stad i framkant när det gäller träd kan styrkas genom dess fyrfaldiga erkännande som "Tree City of the World" (Tree Cities of the World u.å.a). För att en stad ska erhålla utmärkelsen måste den uppfylla fem kriterier. Först ska det finnas en ansvarig enhet som hanterar trädvården. Staden måste också ha regler eller policyer som styr skötseln av stadens träd. En uppdaterad inventering eller bedömning av trädbeståndet krävs för att planera framtida insatser. Dessutom måste en årlig budget vara avsatt för trädhantering. Slutligen ska staden anordna en årlig trädrelaterad aktivitet för att öka medvetenheten och engagera invånarna i trädvårdsarbetet (Tree Cities of the World u.å.b).

I Malmö Stads Trädrapport 2024 framhålls träden som fundamentala byggstenar i skapandet av ett långsiktigt hållbart och klimatresilient stadslandskap. Ekosystemtjänsterna som träden bidrar med ger mätbara ekonomiska fördelar. För att förbättra stadens grönstruktur och för att träden ska kunna leverera förväntade ekosystemtjänster arbetar Malmö mot tydliga mål om krontäckningsgrad och jämn artfördelning i dess trädbestånd (Bromell et al 2025).

Strategier för grönare stadsmiljöer

I rapporten "Yggdrasil – The Living Nordic City" presenteras 3-30-300-modellen, som syftar till att skapa grönare och mer hälsofrämjande stadsmiljöer. Modellen strävar efter att alla invånare, oavsett om de bor i en stad, ett mindre samhälle eller en by, ska kunna se minst tre träd från sin bostad, skola eller arbetsplats. Företrädesvis bör träden vara av större storlek, eftersom färre, men större träd har en starkare positiv psykologisk effekt än flera mindre träd.

Siffran 30 representerar målet om en krontäckningsgrad på minst 30 %, vilket avser andelen av stadens yta som täcks av trädkronor när man ser staden från ovan. Slutligen anger siffran 300 det maximala avståndet på 300 meter som en bostad bör ha till närmaste grönområde. Dessa grönområden bör vara tillräckligt stora eller ha sådana kvaliteter att de fungerar som

sociala mötesplatser, erbjuder skugga och ger en naturupplevelse som kontrasterar mot den omgivande stadsmiljön.

Rapporten innehåller också riktlinjer för hållbara urbana trädlandskap, där *10-20-30-regeln* utgör en central aspekt. Denna regel syftar till att skapa en bättre balanserad artfördelning i städers trädbestånd. Enligt regeln får ingen enskild art utgöra mer än 10 % av det totala beståndet, inget släkte mer än 20 %, och ingen växtfamilj mer än 30 %. Genom att upprätthålla en jämn fördelning mellan arter, släkten och familjer blir trädbeståndet mer motståndskraftigt och minskar risken för storskaliga förluster till följd av klimatförändringar och sjukdomar (Konijnendijk et al., 2025).

3. Metod och material

3.1 Litteraturstudie

Den övergripande metodologin som använts för att undersöka ämnet är litteraturstudie. Genom studien skapades dels en övergripande förståelse för de urbana trädbeståndens betydelse och vilka utmaningar som finns kopplat till deras framtida bevarande, dels för hur trädselektion bäst tillämpas för urbana miljöer i ett framtida klimat. Till studien användes litteratur i form av vetenskapliga artiklar, rapporter och faktablad. Även kurslitteratur och föreläsningar inom utbildningen utgör en grund för studien. Hortikulturella böcker och facklitteratur användes från SLU biblioteket på Alnarp samt Malmö Stadsbibliotek.

3.2 Datainsamling

Eftersökning av vetenskapliga artiklar har gjorts i databaserna Primo, Web of Science, Research Gate och Google Scholar. För att samla in data som rör stadsträds lämplighet i ett förändrat klimat användes sökord som *climate change* i kombination med sökorden *urban trees*, *drought toleran**, *stress toleran** och *abiotic stress*. De chilenska trädens vetenskapliga namn har använts som sökord för att undersöka vilken typ av forskning som gjorts på specifika trädarter. För att utreda eventuella aggressiva spridningstendenser har de vetenskapliga namnen på trädarterna i kombination med sökord som *invasive* använts.

För att jämföra källor om arternas naturliga utbredning har data studerats från Global Biodiversity Information Facility (<https://www.gbif.org/>) och POWO (<http://www.plantsoftheworldonline.org>).

SMHI:s klimatscenariotjänst har använts för att få en inblick i vad forskningen visar om framtida klimat. Klimatdata som behandlar nutida medelvärden av temperatur och nederbörd i olika regioner i Chile har hämtats från Climate-Data.org (<https://www.climate-data.org/>)

Under resor till Chile har observationer gjorts av artförekomst i urbana och naturliga växtmiljöer.

3.3 Urval av chilenska trädarter

För att bedöma trädens lämplighet för hårdgjorda urbana miljöer i Malmö har särskilda egenskaper använts som kriterium. Träden ska överleva och växa i

de utmanande torra ståndorterna i Malmös framtida klimat och måste därmed tolerera perioder av torka, höga vindhastigheter och en årlig medeltemperatur på 11,6 – 12,1 grader Celsius. I den mån det går ska trädens eventuella motståndskraft mot sjukdomar och skadedjur undersökas samt dess fysiologiska påverkan av saltanvändning, för att styrka argument kring deras användbarhet.

För att bestämma urvalet av lämpliga chilenska trädarter för Malmös framtida klimat har trädens naturliga utbredningsområden på platser i Chile där klimatet motsvarar det som förväntas i Malmö studerats. Urvalet av de chilenska arterna lämplighet har diskuterats via skriftlig kommunikation med civilingenjör Ignacio Astenga som för närvarande studerar landbaserad miljörestaurering vid Universidad de Chile i Santiago och som har stor kunskap om chilenska trädarter.

4. Litteraturstudie

4.1 Klimatförändringar

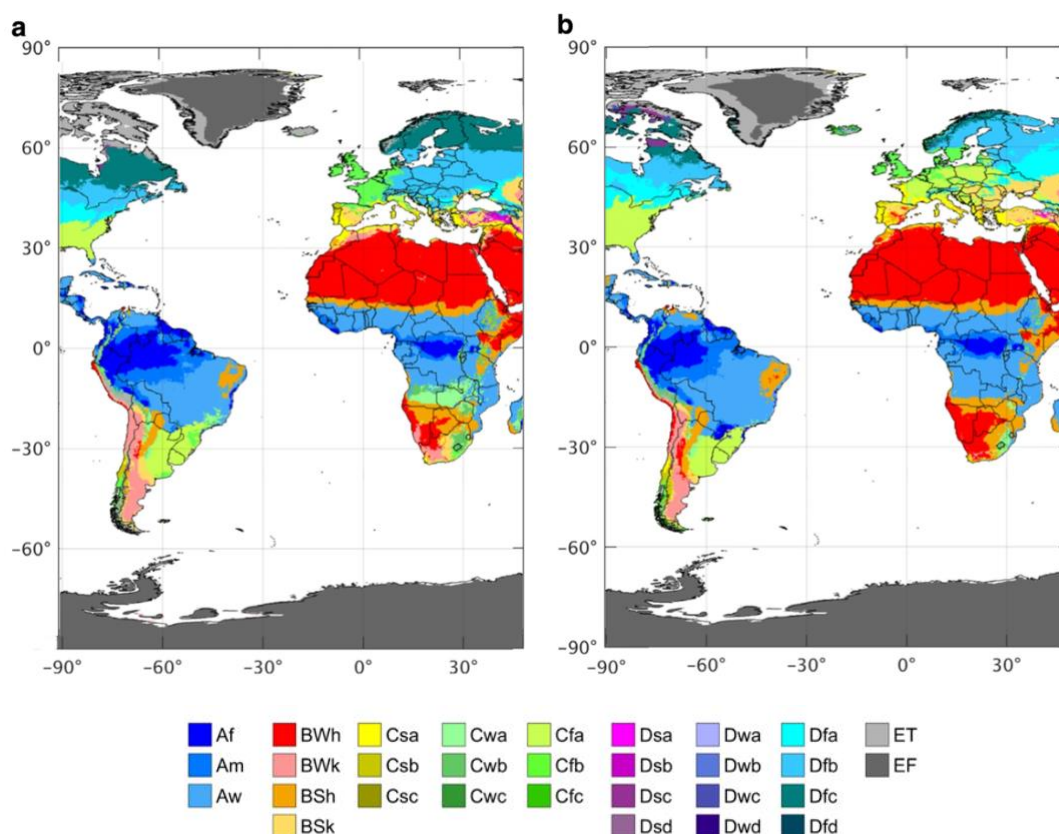
Framtida stadsklimat

Bastin et al. (2019) genomförde en studie med syftet att öka förståelsen för hur klimatförändringar påverkar världens städer. Resultaten visar en tydlig visualisering av problemet genom att jämföra framtida städers klimat med det nuvarande klimatet i andra städer. Detta underlättar beslutsfattandet för stadsplanerare och politiker. Studien visade att även under ett optimistiskt klimatscenario (RCP 4.5) kommer 77 % av framtidens städer att ha ett klimat som liknar det i en annan nuvarande stad, medan 22 % förväntas utveckla ett klimat utan någon nuvarande motsvarighet. I städer på norra halvklotet förskjuts klimatet mot varmare förhållanden som i genomsnitt motsvarar platser cirka 1000 km söderut (med en hastighet på ~20 km/år), medan städer i tropikerna blir torrare.

Enligt studien kan vi år 2050 förvänta oss att London blir lika varmt som Barcelona, Madrid som Marrakech, Seattle som San Francisco och Stockholm lika varmt som Budapest (Bastin et al., 2019). Naturvårdsverket menar att det endast krävs en grads ökning av medeltemperaturen för att Sydsverige ska få ett klimat som liknar det som råder i centrala Tyskland idag (Naturvårdsverket 2024).

Förändrade klimatzoner

Köppen-Geiger-systemet klassificerar klimat i fem huvudtyper och 30 underkategorier baserat på temperatur, nederbörd och deras säsongsvariationer. Eftersom växtlighet speglar klimatet, används denna klassificering för att kartlägga biomer globalt, där regioner inom samma klass har liknande växtlighet. Systemet utvecklades i slutet av 1800-talet och används fortfarande brett, särskilt inom ekologisk modellering och klimatförändringsforskning eftersom klimat är den främsta faktorn för växtlighetens globala fördelning. Beck et al. (2018) har tagit fram en uppdaterad klimatklassificeringskarta som visar klimatzonernas förändring från perioden 1980–2016 till 2071–2100 beräknat utifrån det värsta utsläppsscenariet RCP8.5, se *figur 4*. Enligt den framtida klassificeringskartan får både södra Sverige, de brittiska och irländska öarna och centrala Chile Cfb-klimat. Cfb hör till de tempererade klimattyperna och kännetecknas av milda vintrar, svala till varma somrar och jämn nederbörd året runt.



Figur 4. Klimatzonsindelning enligt Köppen-Geigers klassificering baserat på utsläppsscenarioet RCP8.5 (Beck et al., 2018). Del **a** visar perioden 1980–2016 och del **b** perioden 2071–2100. De olika färgerna representerar olika klimattyper, såsom tropiskt klimat (blått), torrt klimat (rött till orange), tempererat klimat (grönt), kallt klimat (magenta till mörkturkos) och polarklimat (grått). Kartan har bearbetats genom beskärning för att minska utrymmet utan att påverka den geografiska tolkningen.

Förväntade effekter av klimatförändringarna i Sverige

Enligt Naturvårdsverket (2024) är framtida effekter av klimatförändringarna i Sverige en ökad nederbörd och därmed ökad risk för översvämningar samtidigt som vattenbrist och torka kommer att förekomma oftare i södra Sverige. Temperaturzoner förväntas flytta norrut vilket innebär att växtperiodens längd ökar med flera veckor och på vissa platser upp till flera månader. SMHI:s (u.å.a) klimatmodeller förutspår ett mildare klimat och kraftigare nederbörd i norra Sverige medan södra Sverige blir varmare utan större förändringar i nederbörd. De ökade temperaturerna förväntas främst under vintern.

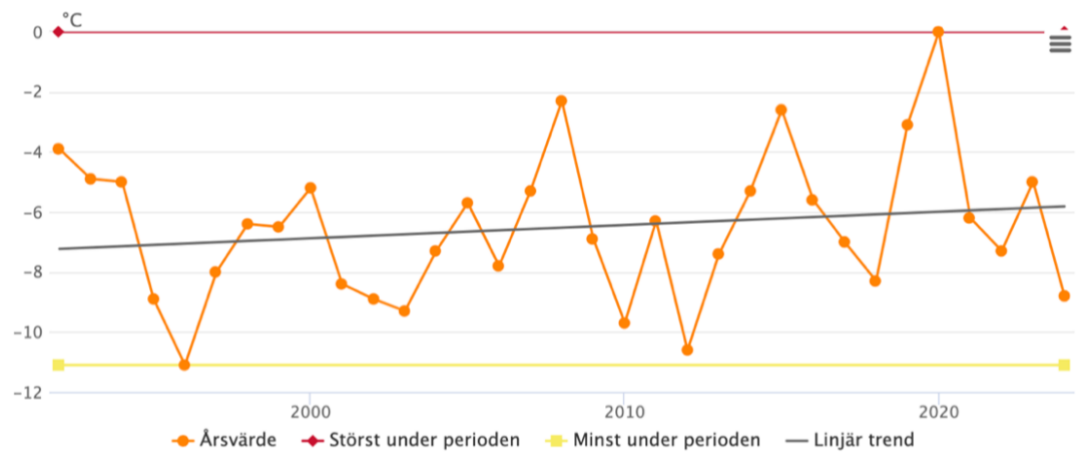
Klimatförutsättningar i Malmö

Malmö har ett idag maritimt tempererat klimat (Cfb enligt Köppen-Geiger-systemet), vilket innebär milda vintrar, svala somrar och jämn nederbörd året om. Stadens kustnära läge gör den särskilt exponerad för starka västvindar från Öresund (SMHI, u.å.c).

Under perioden 1991–2020 var den årliga medeltemperaturen i Malmö 9,1 °C. År 2024 uppmättes årsmedeltemperaturen till 10,7 °C, en av de högsta noteringarna på tre decennier (Malmö Stad 2025a). Enligt SMHI:s klimatscenariotjänst förväntas medeltemperaturen öka med 2,5–3 °C till år 2071–2100 jämfört med perioden 1971–2000, baserat på utsläppsscenarioet RCP4,5. Detta skulle alltså innebära att Malmös årsmedeltemperatur hamnar mellan 11,6 – 12,1 °C.

Standardnormalvärdet för årlig nederbörd i Malmö är 658 mm. Under 2024 föll 619 mm nederbörd, betydligt mindre än året innan då årsmedelnederbörden uppgick till 913 mm vilket var det högsta uppmätta värdet under perioden 1991–2020 (Malmö Stad 2025b).

Vintertemperaturerna i Malmö varierar kraftigt från år till år, se *figur 5*. Den lägsta dygnsmedeltemperaturen under perioden 1992 – 2024 uppmättes år 1996 och låg på -11,1 °C medan den högsta uppmättes till 0,0 °C år 2020. År 2024 var den lägsta dygnsmedeltemperaturen -8,8 °C. Den linjära trenden visar dock på ökande lägsta dygns temperaturer (Malmö Stad 2025c).



Figur 5. Diagrammet visar årsvärden för de lägsta uppmätta dygnsmedeltemperaturerna vid Heleneholm i Malmö mellan 1992 och 2024. Den linjära trenden (svart linje) indikerar att vintertemperaturerna blir mildare (Malmö Stad 2025c).

Växtsäsongen blir längre

SMHI:s klimatscenariotjänst visar att vegetationsperioden enligt RCP4,5 kommer starta 50–60 dygn tidigare under perioden 2071–2100 jämfört med 1971–2000, och avslutas 10–20 dygn senare (SMHI 2025). Växtsäsongen i Sverige under 2024 var den näst längsta i modern tid och varade 12 dagar längre än i slutet av 1800-talet. Detta beror på ovanligt höga temperaturer, vilket gjorde att lövsprickningen kom tidigare än normalt. Kartläggningen, genomförd av Svenska fenologinätverket på uppdrag av SLU och Länsstyrelserna, visar även att växtsäsongen var sex dagar längre än genomsnittet under perioden 2011–2023 (SLU, u.å.).

Ökad risk för värmeböljor

Under värmeböljan som drabbade flera länder i centrala och norra Europa 2018 uppmättes de högsta medeltemperaturerna från juni till augusti sedan 1881. Effekterna på vegetation kunde observeras över stora områden, se *figur 6*. Leaf Area Index (LAI) är ett kvantitativt mått som beskriver den totala bladytan i förhållande till markytan under ett träd. LAI används som ett verktyg för att analysera och optimera skuggningseffekter för växter, människor och byggnader (Sjöman & Anderson, 2023:512). Under juli månad uppvisades den största negativa avvikelser i LAI över nordvästra Europa sedan år 2000 (Neuwirth et al 2021).

Enligt SMHI ökar antalet dygn med maxtemperaturer över 25 grader, så kallade högsommardagar, från dagens snitt på 10,5 dygn per år till 29 dygn per år vid slutet av århundradet, vid RCP4.5 (SMHI 2025).



Figur 6. Satellitbilder över Skåne från sommaren 2017 (t.v.) och 2018 (t.h.). Bilden från 2018 visar tydligt torrare förhållanden i landskapet jämfört med 2017, vilket syns i den minskade grönskan och de brunare tonerna. Skillnaden illustrerar effekterna av den extrema torkan som drabbade Sverige under sommaren 2018. (Rymdstyrelsen/EU/Copernicus Sentinel, 2018)

4.2 Klimatförändringarnas effekter på stadsträd

Förändrade klimatförhållanden och deras påverkan på stadsträd

Några effekter av klimatförändringarna som redan är tydliga är ökande temperaturer och perioder av torka. Enligt Toomer et al. (2024) leder instabilitet i klimatet till variationer i klimatismönster och ökad förekomst av extremväder. Författarna framhåller att de rådande klimatförändringarna ställer stadsplanerare inför stora utmaningar och som kräver ett strategiskt arbete för att skapa långsiktigt hållbara stadsmiljöer. De redan hårda växtbetingelserna för stadsträd kommer med ett förändrat klimat och tätare städer att bli än mer extrema. Stressfaktorer som torka, översvämningar och höga temperaturer förväntas påverka träden.

Vidare belyser Toomer et al. att det förändrade klimatet också påverkar dynamiken hos en del redan introducerade exotiska arter. Några av de exotiska arter som tidigare hållit sig på sin plats kommer att uppvisa mer aggressiva spridningsförmågor.

Främmande invasiva arter

Främmande arter kan vara djur, växter, svampar eller mikroorganismer och när dessa snabbt sprider sig och orsakar skador på naturen, människors hälsa eller ekonomin betraktas de som invasiva (Naturvårdsverket 2025). På uppdrag av Naturvårdsverket och Havs- och vattenmyndigheten och med syftet att kartlägga riskerna med främmande arters påverkan på inhemsk biologisk mångfald har SLU ArtDatabanken tagit fram en riskklassificerad lista över främmande arter. Efter en översiktlig genomgång av främmande arter med utgångspunkt i IUCN:s metodik EICAT lades fokus på 1033 arter som riskklassificerats enligt metoden GEIAA. Metoden användes i kombination med klimatmodeller med utsläppsscenario RCP8,5 (SLU 2019). GEIAA använder tre kriterier för att kvantifiera en arts invasionspotential: Medianlivslängden för en population i det aktuella området, den årliga ökningstakten i utbredningsområde, mätt i meter per år och andelen av ekosystem som koloniserats av arten. För att bedöma artens ekologiska effekt används kriterier som interaktion med hotade eller nyckelarter och påverkan på övriga inhemska arter genom exempelvis konkurrens eller predation. Andra kriterier som används är artens påverkan på sällsynta och allmänna ekosystem, risk för hybridisering och genetisk introgression med inhemska arter och spridning av parasiter eller patogener (Strand et al. 2018).

Trädens fysiologiska sårbarhet i förändrande klimat

Enligt Hirons & Thomas (2018) är vattentillgång en avgörande faktor för ett träds tillväxtmöjligheter förutsatt att lämpliga temperaturförhållanden råder. Vatten upprätthåller cellturgor, möjliggör fotosyntes och transporterar näringsämnen. Vidare förklarar Hirons & Thomas att trots att träd innehåller stora mängder vatten kräver de ännu mer för att kunna fungera. Endast 1–5 % av det upptagna vattnet behålls i biomassan och resten förloras genom transpiration. Denna vattenförlust är en konsekvens av fotosyntesen, då öppna klyvöppningar släpper in koldioxid och leder ut vatten i form av avdunstning. Samtidigt skapar denna process det sug som transporterar vatten och näringsämnen från marken (Hirons & Thomas 2018:239).

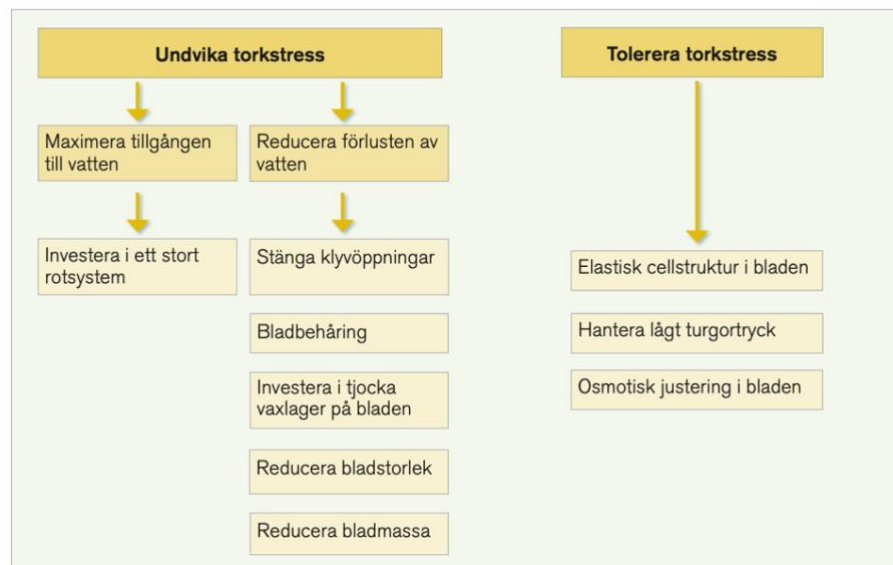
Toomer et al. (2024) framhåller att trädens behov av vatten påverkas av faktorer som temperatur och vindhastighet. Potentiell evapotranspiration (PET) uppskattar hur mycket vatten som avdunstar från växter och mark när vattentillgången är tillräcklig för normal tillväxt. PET visar därmed hur mycket vatten träd behöver för att överleva och växa.

Enligt författarna förväntas PET öka vid Royal Botanic Gardens, Kew i London från 750 mm till 875 mm per år fram till 2090-talet. Författarna lyfter två alternativa lösningar på problemet. Antingen genom att öka vattentillgången med hjälp av ökad bevattning och förbättring av markens vattenhållande förmåga eller genom att välja arter och proveniensers med lägre vattenbehov.

Träds strategier för att hantera torkstress

Sjöman et al. (2020) framhåller att arter tvingas till anpassningar för att bli framgångsrika i naturliga växtsystem och genom att identifiera vilka olika egenskaper en trädart har utrustat sig med ges god vägledning för hur och var den kan användas. Vidare förklarar författarna att växtegenskaper kopplade till torkstress kan delas in i två huvudkategorier - undvikande eller tolererande, se *figur 7*. De undvikande egenskaperna är de investeringar växten gör för att undvika att hamna i torkstress. Undvikande egenskaper handlar om att trädet antingen försöker maximera tillgången på vatten eller att hushålla med de vattenresurser som finns. Träd kan maximera vattenupptagning genom att investera i ett stort och brett rotsystem. Rotsystemet kan fungera som vattenreserv när inte mer resurser finns att tillgå. För att minska transpirationen och på så vis reducera vattenförlusten kan träd stänga klyvöppningarna eller investera i behåring eller tjocka vaxlager på bladen. Att fälla blad är också en undvikande strategi då transpirationen reduceras.

När trädet gjort allt det kan för att undvika vattenförlust och inga fler resurser finns att tillgå går trädet in i en mer akut torkstress. Bland annat är bladens och veddelarnas cellstruktur avgörande för trädets överlevnadsförmåga i detta skede. Detta beskrivs som tolererande egenskaper och indikerar hur länge trädet kan tolerera detta stresspåslag innan det får permanenta skador och i värsta fall dör. Författarna menar därmed att genom att utvärdera cellstrukturen i bladen hos olika trädarter ges värdefull guidning i arters och genotypers tolerans för torka (Sjöman et al. 2020).



Figur 7. Träds strategier för att hantera torra växtförhållanden kan delas in i undvikande och tolererande (Sjöman et al. 2020).

Fysiologiska och strukturella anpassningar hos tolererande trädarter

Enligt en studie av Hannus et al. (2021) kan turgortryckmätning möjliggöra kvantitativ bedömning av träds fysiologiska torktolerans. När bladcellerna har fullt turgortryck är de saftspända. Vid torka försvinner vattnet inne i bladcellerna som då utsätts för negativt tryck och bladcellerna trycks ihop. Torktåliga arter har utvecklat egenskaper för att tolerera detta negativa tryck genom att utveckla tjockare och mer elastiska cellväggar.

Turgortryckmätning är en metod som har utvecklats för att mäta hur stort negativt tryck olika arter kan klara av innan cellstrukturen kollapsar. Arter som inte kan hantera mer än -2,5 MPa anses känsliga för torka och lämpar sig inte för varma och torra innerstadsförhållanden. De som kan hantera ett negativt turgortryck på lägre än -3 MPa är däremot mer robusta då deras cellstruktur kan utstå det negativa trycket längre.

Enligt Hiron & Thomas (2018:369–376) är trädarter med tolererande strategier ofta bäst lämpade för torra urbana miljöer. Toleransstrategier

inkluderar osmotisk justering vilket är en fysiologisk mekanism som hjälper växter att klara av vattenbrist genom att ändra cellernas osmotiska potential för att bättre behålla och ta upp vatten. När en växt utsätts för torka börjar dess celler ackumulera osmotiskt aktiva ämnen. En strukturell egenskap som påverkar torktolerans är dess sårbarhet för kavitation som kort kan förklaras som luftbubblor i ledningsvävnaden. Variationen i sårbarhet är stor bland trädarter och de från torrare miljöer är ofta mindre sårbara.

Ökad spridning av sjukdomar och skadedjur

Historiskt sett har Sveriges kalla klimat skyddat träd från många skadeorganismer och sjukdomar. Men med ett förändrat klimat och stigande temperaturer ökar risken för att nya patogener etablerar sig och sprids (Naturvårdsverket, 2024). Samtidigt som vissa skadeorganismer gynnas av ett varmare klimat, försvagas många trädarter och blir mer mottagliga för angrepp (Toomer et al., 2024). Enligt Sjöman et al. (2024) domineras många urbana trädbestånd av ett fåtal arter, vilket gör dem särskilt utsatta för spridning av skadegörare. Bland de mest oroande hoten finns asiatiska långhorningar (*Anoplophora glabripennis*), smaragdpraktbagge (*Agrilus planipennis*), samt svampsjukdomar som *Phytophthora ramorum* och askskottsjuka (*Hymenoscyphus fraxineus*). Den asiatiska långhorningen har redan orsakat stora problem i andra länder och kan bli ett växande hot även i Sverige i takt med att klimatet blir mildare. Sårbarheten blir särskilt tydlig i trädbestånd med låg diversitet. Malmö är ett exempel där almsjukan orsakade stora förluster då omkring 40 000 träd dog till följd av sjukdomen (Bromell et al., 2025).

Klimatanpassning och framtida trädval

För att möta framtidens klimatförändringar krävs strategisk planering av urbana trädbestånd. Klimatmodeller används idag för att uppskatta arters framtida ekologiska nischer genom att jämföra nuvarande utbredning med klimatdata för olika regioner. På så sätt kan man förutse var vissa arter kommer att trivas i framtiden, även om modellerna inte tar hänsyn till genetiska variationer inom arten. Enligt klimatprognoserna förändras parklindens (*Tilia x europaea*) sannolika utbredningsområde mellan perioderna 1981–2010 och 2071–2100. Arten förväntas få bättre förutsättningar i nordligare och svalare delar av landet, medan dess lämplighet i sydvästra Sverige minskar (Trädkontoret u.å.).

I Malmö Trädrapport 2024 redovisas den aktuella artfördelningen i stadens trädbestånd. Fördelningen mellan familjer, släkten och arter i Malmö följer i stort sett 10-20-30-regeln, men enligt rapporten ligger vissa arter nära den övre gränsen, vilket motiverar en mer återhållsam plantering.

Parklind (*Tilia x europea*) är den vanligaste arten och utgör 7,6% av beståndet, följt av bok (*Fagus sylvatica*) med 5,9%. Oxel (*Sorbus intermedia*) med 5,4%, vitpil (*Salix alba*) med 5,1% och sötkörbär (*Prunus avium*) utgör 4,7% (Bromell et al. 2025). Nässlander och Östberg (2025) framhåller att urbana värmeöeffekter, begränsade växtbäddar och klimatförändringar försvårar överlevnaden för många inhemska arter. De betonar att ökad artdiversitet är avgörande för att skapa stabila, resilienta och motståndskraftiga trädbestånd.



Figur 8. Parklinden (*Tilia x europea*), som är den vanligaste arten i Malmös trädbestånd, väntas få sämre förutsättningar i Malmös framtida klimat.

Inhemska och exotiska arter i framtida stadsmiljöer

Användandet av inhemska kontra exotiska trädarter är ett omdebatterat ämne. Vissa menar att inhemska trädarter bör användas i så stor utsträckning som möjligt för att gynna den inhemska biologiska mångfalden. Men för att träden ska vara av värde för biologisk mångfald måste de vara välanpassade för det hårda klimat som råder i staden. I artikeln *Diversification of the urban forest – Can we afford to exclude exotic tree species?* diskuteras huruvida stadsplanering och skogsbruk kan och bör förlita sig på enbart inhemska trädarter. Det naturliga trädbeståndet i Skandinavien är relativt begränsat på grund av istidens påverkan. Av 30 inhemska trädarter i Sverige är endast 14 utom risk att drabbas av skadedjur och sjukdomar. Av dessa 14 skulle endast fyra arter tolerera att leva

stadsmiljö; fågelbär (*Prunus avium*), en (*Juniperus communis*), oxel (*Sorbus intermedia*) och avenbok (*Carpinus betulus*). Endast två av dessa bedöms dessutom vara tillräckligt tåliga för framtida klimatförhållanden. Det blir därmed omöjligt att förlita sig på enbart på inhemska arter för att skapa hållbara urbana ekosystem (Sjöman et al., 2016).

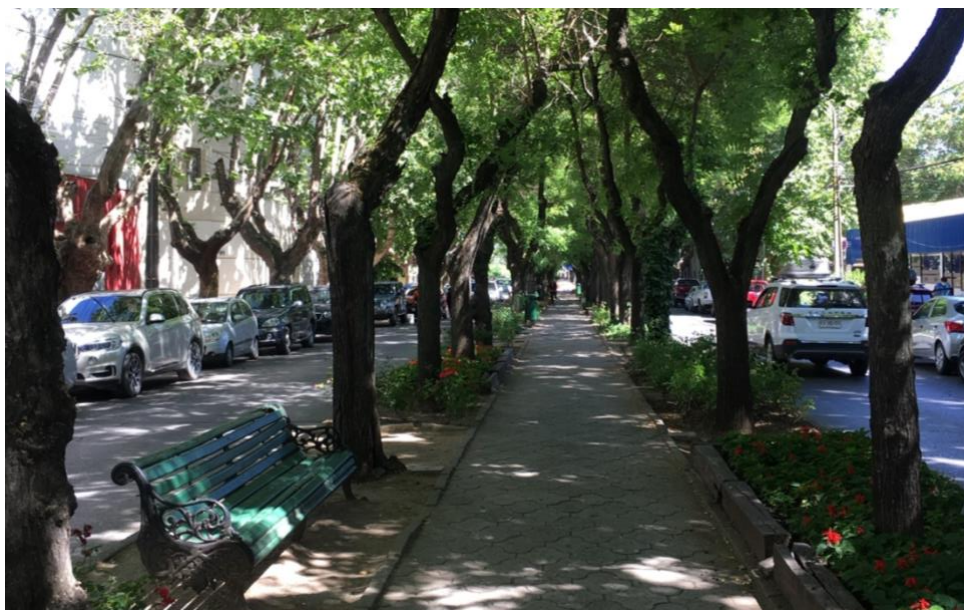
För att skapa stabila och hållbara urbana ekosystem krävs en hög diversitet bland arter och släkten (Hirons et al. 2021; Sjöman et al. 2011). I en studie som undersöker diversiteten och utbredningen av arter och släkten bland stadsträd i 10 nordiska städer visade resultaten bland annat att *Tilia* var det mest dominerande släktet i Århus, Köpenhamn, Esbo, Göteborg, Helsingfors, Oslo och Stockholm. Studien undersökte också fördelningen av inhemska kontra exotiska trädarter. Antalet exotiska arter var större än antalet inhemska arter i både gatu- och parkmiljö. Däremot översteg antalet individer av inhemska arter antalet exotiska i samtliga städer och miljöer, förutom i parkmiljöer i Århus. Den avslutande rekommendationen från studien är att öka diversiteten av släkten och arter genom att utnyttja lokala erfarenheter av sällsynta arter från lokala databaser över stadsträd, särskilt i gatumuljöer där behovet är som störst (Sjöman et al. 2011).

Sjöman & Andersson (2023:31) understryker att en vanlig missuppfattning är att endast inhemska trädarter kan bidra till biologisk mångfald. De lyfter exemplet att exotiska trädarter kan bidra till en längre blomningssäsong och därmed stödja pollinatörer, vilket också är en viktig aspekt av urban biologisk mångfald.

4.3 Trädselektion

Sjöman och Anderson (2023) betonar vikten av att välja trädarter anpassade för stadens varma och soliga miljöer, med särskilt fokus på artens förmåga att tåla höga temperaturer. Många arter med ursprung i områden med varma somrar lämpar sig väl för urbana miljöer med torra och exponerade växtplatser. Den ökade värmen medför dock också högre nivåer av evapotranspiration, vilket ställer krav på rymliga växtbäddar med fuktbevarande jord. Ett alternativ är att välja arter som är toleranta mot både värme och torka.

Författarna understryker att det är avgörande att noggrant utvärdera vilka arter som är lämpliga för att skapa ett resilient och hållbart stadslandskap. Information i litteraturen är ofta begränsad och fokuserar främst på estetiska aspekter som blomning och höstfärger. Om träden inte är välmående kan de inte heller leverera de ekosystemtjänster som förväntas. Ett träd som sommartid tappar sina blad som en stressreaktion bidrar inte med viktiga funktioner, vilket i förlängningen påverkar stadsinvånarnas hälsa negativt. För att fatta välgrundade beslut bör urvalet baseras på funktionella kriterier snarare än enbart estetiska, även om det senare också har sitt värde. Sjöman och Anderson (2023) föreslår att man delar in kriterierna i primära och sekundära för att kunna göra mer strategiska val. Bland de primära faktorerna lyfts en noggrann analys av odlingsplatsen fram som tar hänsyn till klimat, mikroklimat, exponering, markens egenskaper och dräneringsförmåga. En annan grundläggande aspekt är växtens härdighet, en välbekant faktor inom all typ av odling.



Figur 9. Träd skänker välbehövd skugga i staden Talca i centrala Chile, som har medelhavsklimat med mycket varma sommardagar.

Härdighet

Både det amerikanska och det brittiska härdighetssystemet delar in länderna i olika zoner baserade på lägsta vintertemperatur. Det finns en generell uppfattning om att växters härdighet bestäms av dess förmåga att tolerera ett visst antal minusgrader men faktum är att härdighet är mer komplext än så. Förutom klimatologiska parametrar spelar också faktorer som odlingsläge, plantans mogenhet och dess proveniens in (Grimshaw & Bayton, 2009:5). Wahlsteen (2018) förklarar att till skillnad från det amerikanska och det brittiska zonindelningssystemet är det svenska inte enbart baserat på medelvärde av minimitemperaturen, utan också odlingserfarenhet. Vidare menar Wahlsteen att användning av det amerikanska härdighetssystemet i Sverige kan vara problematiskt då stora delar av USA har mycket högre värmesumma under sommaren vilket beroende på art kan påverka den både negativt och positivt. I boken *New Trees – Recent Introductions to Cultivation* tar Grimshaw och Bayton upp exemplet med introducerade trädarter i England. De förklarar att viteken (*Quercus alba*) har en låg tillväxt medan rödlönn (*Acer rubrum*), och rödek (*Quercus rubra*) växer snabbare trots att de tre arterna har samma härdighet mot kalla temperaturer. Skillnaden i tillväxt beror på att arterna kräver olika mycket värme (Grimshaw & Bayton, 2009:8). Växtens härkomst, så kallat proveniens, styr härdigheten och det går därför att hitta både härdiga och mindre härdiga individer av samma art, beroende på var dess frö är hämtat. Proveniensen är därmed avgörande när man väljer växter för ett land med så stora temperaturskillnader som Sverige. Vidare är även sommarens temperatursumma viktig för främst exotiska arter (Wahlsteen 2018). Forskning visar stora skillnader i torktolerans beroende på var ursprungsmaterialet kommer ifrån (Sjöman et al 2020).

4.4 Chiles klimat och artrikedom

Inget annat land i världen sträcker sig så långt från norr till söder som Chile med dess 4329 kilometer, vilket gör det till ett land av enastående kontraster. Atacamaöknen i norra Chile är den torraste öknen på jorden medan landets södra delar består av tempererad regnskog och inlandsis. Landet kan beskrivas som en biogeografisk ö på grund av dess isolerande geografiska barriärer. Landet kantas av stilla havet i väst och bergskedjan Anderna i öst (Gardner et al. 2022).

Klimat

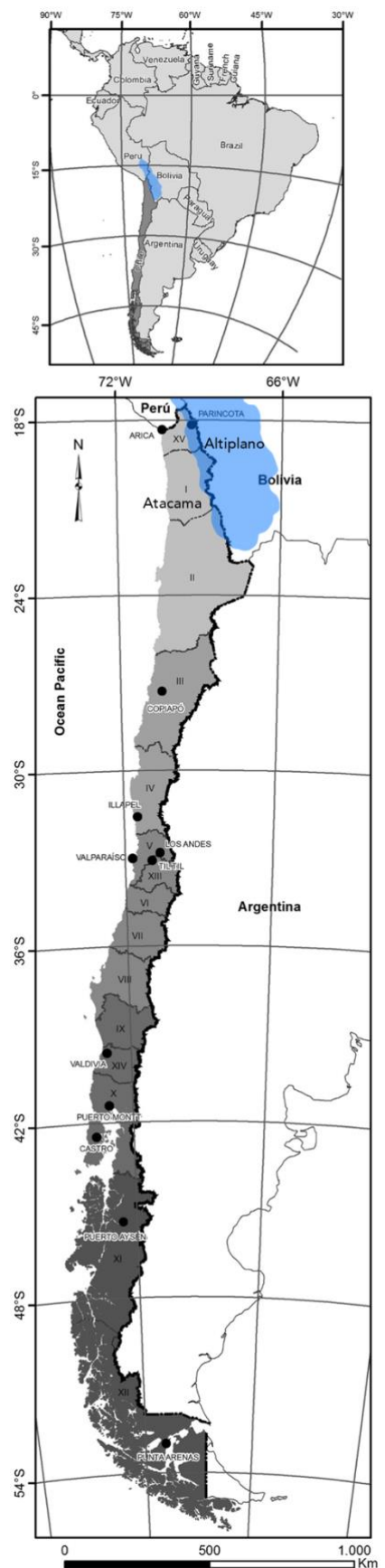
Sydamerikas klimat påverkas av den intertropiska konvergenzonen (ITCZ, se *begreppsförklaring nedan*) och dess cirkulationssystem. En nyckelfaktor för Chiles klimat är den årliga rörelsen av högtrycksområdet i södra Stilla havet, som under sommaren förskjuts söderut och skapar ett medelhavsklimat i centrala Chile, mellan latituderna 30°S och 38°S. Samtidigt kan tropiska regn nå norra högplatåområdet Altiplano, se markerat i blått i figur 10, men denna påverkan avtar vid cirka 23°S då Anderna fungerar som en klimatisk barriär. Under vintern rör sig högtrycket norrut, vilket gör att västliga vindar från sydväst ger intensiv nederbörd, särskilt kring 47°S (Moreira-Muñoz 2011).

En annan avgörande faktor är den kalla Humboldtströmmen, som sänker kusttemperaturen och förstärker torkan i västra Sydamerika genom temperaturinversion, se *begreppsförklaring nedan*. Detta resulterar i en nederbördsgradient där regnmängden minskar från cirka 5 000 mm i sydväst till 0 mm i Atacamaöknen, med undantag för tropiska regn som når norra Altiplano från Amazonas (Moreira-Muñoz 2011).

ITCZ är ett område kring ekvatorn där passadvindar från norra och södra halvklotet möts. Det leder till kraftig stigande luft, vilket skapar molnbildning och mycket nederbörd. ITCZ rör sig norrut och söderut med årstiderna och påverkar regnperioder i tropikerna (Yan 2005).

Temperaturinversion innebär att temperaturen stiger med höjden, i stället för att minska. Det bildas då ett stabilt skikt i atmosfären som hindrar luften från att blandas om vertikalt. Detta skapar en inversion som hindrar moln och regn från att bildas (SMHI u.å.d).

Figur 10. Karta över Chile och dess administrativa regioner. Atacamaöknen breder ut sig i de övre regionerna XV, I & II som angränsar till Peru och Bolivia. De centrala regionerna V, XIII, VI, VII & VIII kännetecknas av medelhavsklimat. Den övre kartan visar Chiles läge i Sydamerika i förhållande till grannländerna (Sarricolea et al. 2016).



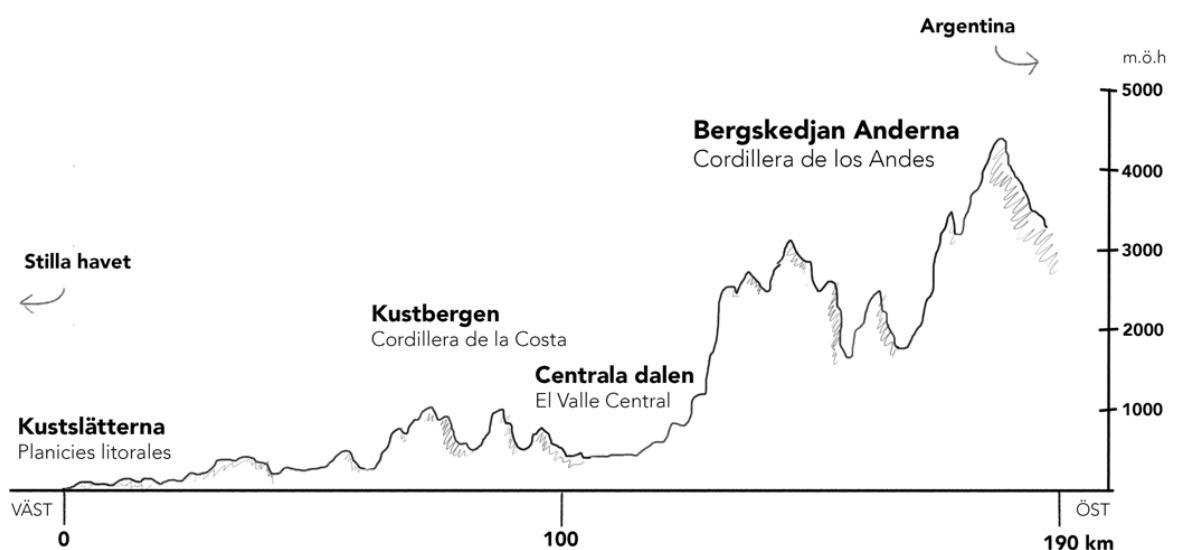
Geografi

Bland Chiles imponerande geografiska kontraster, förutom världens torraste öken i norr och mäktiga inlandsisfält i söder, finns aktiva vulkaner, gejsrar och fjordar samt en vidsträckt kustlinje. Längs med kusten reser sig den lägre kustbergskedjan Cordillera De La Costa, se *figur 11*. En dalgång kallad Valle Central breder ut sig mellan kustbergen och de högresta Anderna. Vulkanen Ojos del Salado är den högsta toppen i de chilenska Anderna och når 6 893 m ö.h. Skillnaderna i altitud bidrar till landets mycket varierande klimat (Moreira-Muñoz 2011).

Höjdskillnaderna mellan kusten och de höga Anderna ger upphov till olika bioklimatiska zoner längs höjdprofilen, se *figur 12*. I kombination med den latitudiella klimatgradienten skapar detta en variation av geografiska förhållanden som starkt påverkar Chiles vegetation från de torra landskapen i norr till de fuktiga tempererade regnskogarna i söder (Moreira-Muñoz 2011).



Figur 11. Topografisk zonindelning i Chile, med markering av de fyra huvudsakliga geografiska regionerna: kustslätterna (turkos), kustbergen (gult), centrala dalen (grönt) och Anderna (blått). Kartan visar även placeringen av städerna Valparaíso, Santiago, Talca och Concepción vilka är belägna i centrala Chiles medelhavsklimat. Den röda linjen markerar den tvärgående höjdprofil över landet vid latituden för Santiago, som visas i figur 12 nedan.



Figur 12. Altitudvariation i centrala Chile baserat på data från Gayó et al. (2019). Illustrationen visar höjdprofil vid 33°S latitud, markerat i rött i figur 11.

Vegetationsmönster och artrikedom

Chiles huvudsakliga skogstyper kan brett delas in i tre typer; sklerofyllskog, tempererad regnskog och subpolär skog, se *begreppsförklaring nedan* (Gardner et al. 2022). Den andinska vegetationen återfinns i extrema, högt belägna miljöer och sträcker sig från 17°30'S till cirka 40°S längs Andernas västra sluttning. Denna stora latitudinella spridning skapar en betydande variation i artsammansättningen både i höjd- och nord-sydlig riktning. Vegetationen är som mest utvecklad i de intermediära höjdzonerna, där de lägre områdena präglas av torka medan de högsta påverkas av låga temperaturer (Moreira-Muñoz 2011).

Chiles unikt varierade klimat och stora skillnader i altitud bidrar till landets stora artrikedom. Landets isolerande geografiska karaktär både på fastlandet och de avlägsna ögrupperna Juan Fernández och Rapa Nui (Påskön) har resulterat i ett stort antal unika arter. Den inhemska floran består av 4 295 arter varav 1 936 stycken är endemer, vilket utgör 46%. Därmed är Chile det land med högst andel endemiska arter i hela Sydamerika (Gardner et al. 2022).



Figur 13. Fuchsia magellanica växer vilt intill vattendrag i de Nothofagusdominerade skogarna i naturreservatet Reserva Nacional Altos de Lircay i närheten av Talca, i de centralchilenska Anderna.

Sklerofyllskog kännetecknas av lågväxta, tåliga

träd och buskar med hårda, läderartade blad anpassade till varma, torra somrar och fuktiga vintrar. I Chile kallas detta ekosystem *Bosque Esclerofilo* (sklerofyllskog) och *Matorral* (busklandskap) och är en av världens fem Medelhavsekosystem. Dessa områden har hög biologisk mångfald men är också mycket hotade på grund av jordbruksexpansion, urbanisering, skogsbränder och klimatförändringar. En långvarig torka, kallad "megatorrperioden", har kraftigt påverkat vegetationen och orsakat stor tr addedöd (Smith-Ramírez et al. 2023).

Tempererad regnskog i södra Chile är ett unikt ekosystem som kännetecknas av hög nederbörd, fuktigt klimat och tät, flerskiktad växtlighet. Den skiljer sig från tropiska regnskogar genom att den ofta domineras av färre trädarter, framför allt barrträd, och att den finns i ett svalare klimat. Skogen är rik på endemiska växtarter och fungerar som en

viktig kolsänka, vilket gör den betydelsefull för det globala klimatsystemet. Trots detta hotas ekosystemet av bland annat avverkning och klimatförändringar (Männikkö 2024).

Subpolär skog finns i södra Chile och Argentina. Den domineras av trädsläktet *Nothofagus* och är anpassad till ett kallt, blåsigt och nederbördsrikt klimat. Skogen består av både lövfällande och städsegröna trädarter, och växtligheten är ofta lågväxt på grund av de starka vindarna. Området har en relativt låg biologisk mångfald, men hyser flera unika växtarter som bara finns här (Schipper & González-Maya 2024).

Centrala Chiles medelhavsklimat matchar Kew's framtida klimat

Planting for the Future: Kew's Landscape Succession Plan är en framarbetad plan för hur Royal Botanical Gardens i Kew, London ska bevara sina träd. Enligt rapporten riskerar ungefär hälften av arboretumets 11 000 träd att dö till följd av klimatförändringarna. Planen är baserad på prognoser som visar hur det framtida klimatet i London ser ut år 2090. I en världskarta markeras de områden runt om i världen som idag matchar förhållandena som väntas i London. Flera områden med medelhavsklimat är markerade; runt medelhavet, Sydafrika, västra delar av USA, södra Australien och Nya Zeeland samt centrala Chile (Toomer et al., 2024).

4.5 Chilenska trädarters anpassningar till torka

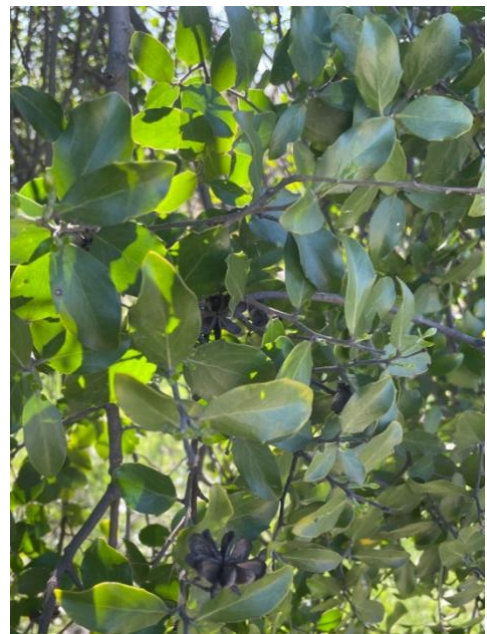
Anpassningar till Medelhavsklimat

Växter som lever i Medelhavsklimat har utvecklat särskilda egenskaper för att kunna uthärda varierande långa perioder av torka. En vanlig anpassning är utvecklingen sklerofylla blad det vill säga hårda läderartade blad med en tjock kutikula som skyddar mot uttorkning. En annan strategi är att fälla löven vid torka för att på så sätt hushålla med vattenresurserna. Träd med en säsongsbunden morfologisk variation utvecklar två olika typer av blad; mjuka och torkkänsliga under vinter och vår som ersätts av robusta och torktåliga blad under sommaren. Anpassningar kan också ses i rotsystemen hos buskar och träd i medelhavsklimat. Fröplantor tenderar att snabbt utveckla en pålrot och äldre plantor investerar ofta i bildandet av en stor mängd finrötter nära markytan.

Eftersom det torra klimatet bidrar till frekventa naturliga skogsbränder har växterna ofta utvecklat strategier för att säkerställa deras överlevnad under dessa extrema förhållanden. Näringsfattiga jordar är också vanliga i områden med medelhavsklimat vilket också tvingar växterna som lever där till anpassningar (Dallman, 1998:29)

Sklerofylla blad

Städsegröna, sklerofylla blad är typiska för många medelhavsväxter, se figur 14. Bladstrukturen skiljer sig stort från de bredare och mjukare bladen hos de vinterlövfällande arterna i de nederbördsrika och varmttempererade delarna av norra Europa. Sklerofylla blad är ofta mindre till ytan och av grövre tjocklek på grund av är det tjocka vaxlagret, kutikula, och inre stödjande vävnad. Tjockare blad innebär en stor investering av energi för träden som vanligtvis kompenseras med längre varaktighet – de flesta sklerofylla städsegröna bladen har en livslängd på två år och fälls främst under sommarens torrperiod. Vattenförlusten i bladen sker huvudsakligen genom små ytporer som är kantade av specialiserade skyddsceller som reglerar storleken på öppningen till en kammare under (stomata). Skyddscellerna fungerar som hydrauliska ventiler och justerar porstorleken efter ljusintensitet, temperatur och luftfuktighet. Vanligtvis är öppningarna i stomata mindre hos sklerofyllblad än hos mjukare lövfällande blad, vilket minskar vattenförlusten. Stomata på vissa blad är nedsänkta i gropar som kan blockeras ytterligare av hår eller vaxtubuli. Vattenförlusten minskar också genom att stomata placeras på de mer skuggade undersidorna av sklerofyllbladen. Även om minskningen av vattenförlusten skyddar löv från att torka ut, saktar den också ner fotosynteshastigheten genom att begränsa insläppet av koldioxid från luften. Fotosyntes är avgörande för växternas tillväxt och reproduktion. En minskad hastighet av fotosyntes är ett pris som sklerofyllväxter betalar för deras förmåga att överleva sommartorka. Växter med sklerofyllblad är vanligtvis städsegröna, en anpassning som gör att fotosyntesen kan fortsätta under större delen av året. Hastigheten för fotosyntes saktar ner på vintern på grund av kallt väder, kortare dagar och lägre solljusvinkel och den högsta frekvensen av fotosyntes för många städsegröna växter är på våren och hösten. Sklerofyllblad har i allmänhet ett högt fiberinnehåll och lågt näringsvärde, vilket gör dem mindre attraktiva för betande djur och insekter. Många sklerofyllträd och buskar producerar också aromatiska oljor som stöter bort rovdjur (Dallman, 1998:29–34).



Figur 14. Quillaja saponaria är en av de vanligaste trädarterna i de central Chilenska sklerofyllskogarna. Arten har utvecklat tjocka sklerofylla blad som en anpassning för att utstå perioder av torka.

Resultat

4.6 Urval av chilenska trädarter

Nedan presenteras ett urval av trädarter som är naturligt förekommande i centrala Chile. Denna region kännetecknas av medelhavsklimat med varma, torra somrar och milda, nederbördsrika vintrar. Klimatet i området har format en rik och anpassningsbar flora, där flera arter uppvisar strategier för att hantera torka, näringsfattiga jordar och temperaturskiftningar. De utvalda arterna är representativa för olika ekologiska nischer och växtmiljöer inom denna klimatzon, och inkluderar både lövfällande och städsegröna träd. Dessa arter förekommer även i urbana miljöer i Chile, vilket gör dem intressanta i ett sammanhang där klimatanpassning, resiliens och biologisk mångfald i stadsträdplanering står i fokus.

***Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.**

Familj: Nothofagaceae

Andra namn: Roble (Chile), roble beech (Eng)

Naturlig utbredning: I Chile växer *N. obliqua* från provinsen Cardenal Caro längs kusten och från Curicó i foten av Anderna, ner till det centrala låglandet i provinsen Llanquihue. Söder om provinsen Malleco är det en dominerande art i det centrala dalområdet och förekommer på altituder upp till 1 500 m.ö.h. i Anderna (García & Ormazabal, u.å).

Ståndort: I de nordliga delarna av dess utbredningsområde växer den på de södervända lägre sluttningarna av Anderna och kustbergen, där avdunstningen är lägre. I detta område är den genomsnittliga nederbörden så låg som 400 mm och temperaturen kan nå upp till 35°C under varma somrardagar, med en torrperiod som kan vara mellan sex och åtta månader (I. Astenga, personlig kommunikation 25 februari 2025).



Figur 14. *Nothofagus obliqua* växer i en torr söderslänt i foten av Anderna, 3,5 mil sydost om Reserva Nacional Altos de Lircay (Palacios, M. 2025)

Beskrivning: Lövfällande träd som i Chile kan bli upp till 40 meter högt. Har ofta en något krokig stam och en smal krona. I den juvenila fasen är barken slät med horisontella band av lenticeller och vid stigande ålder spricker barken upp i breda, grunda, rektangulära plattor med upprullade kanter (Trees and Shrubs Online u.å.c). De nordligaste populationerna i Chile har anpassat sig till det torra klimatet genom att ha inrullade blad för att minimera avdunstning, samt att fälla blad vid torka (I. Astenga, personlig kommunikation 25 februari 2025).

Övrigt: Sydbokarnas släkte *Nothofagus* består av 40 arter som alla är hemmahörande i den södra hemisfären. Av dessa förekommer nio arter i Sydamerika varav tre är endemiska i Chile (Royal Botanic Garden Edinburgh u.å.).

Nothofagus är ett uråldrigt släkte som kan kännas igen på flera vitt skilda kontinenter. Sydboksskogarnas uppkomst kan dateras till ca 100 miljoner år sedan på superkontinenten Gondwana. När kontinenten bröts upp 30 miljoner år senare spreds sydbokarnas utbredningsområde vilket kan ses i dess nutida förekomster i Australien, Nya Guinea, Nya Kaledonien, Nya Zeeland och Sydamerika (Gardner et al. 2022:154).

Nothofagus obliqua är en av de mest mångsidiga inom släktet då den tål stora variationer av både temperatur och fuktighet. Arten kan ses användas som stadsträd i södra Chile, men dess användande begränsas av dess storlek då de chilenska stadsmiljöerna saknar utrymme för den (I. Astenga, personlig kommunikation 25 februari 2025). *N. obliqua* är tillsammans med *N. antarctica* de arter inom släktet som bäst anpassat sig till klimatet i Storbritannien, Irland och angränsande delar av Europa och självsår sig rikligt i dessa områden. Enligt International Dendrology Society har *N. obliqua*, tack vare sin snabba tillväxt, använts för att återställa trädbestånd efter stormskador i södra England. Arten har dock visat sig vara sårbar för patogenen *Phytophthora pseudosyringae*. Sedan de europeiska bosättningarnas ankomst har stora delar av *N. obliquas* ursprungliga utbredningsområde i Sydamerika degraderats, men i mindre exploaterade områden kan ståttliga, fristående träd fortfarande ses växa på fälten. Dessa miljöer, som påminner om europeiska parklandskap, antyder en möjlig användning av arten för klimatanpassning och diversifiering av trädbestånd i det engelska landskapet (Trees and Shrubs Online u.å.c).



Figur 16. Nothofagusdominerade skogar i naturreservatet Reserva Nacional Altos de Lircay bestående av arterna *Nothofagus glauca*, *N. obliqua*, *N. macrocarpa* och *N. dombeyi*. Fotografiet visar en sydsluttning på ca 1 200 m.ö.h. där vegetationen är anpassad till ett klimat med varma, torra somrar med temperaturer upp mot 35°C samt milda snöklädda vintrar.

***Quillaja saponaria* Molina**

Familj: Quillajaceae

Andra namn: Quillay (Chile), soap bark tree, såpträd

Naturlig utbredning: I Chile förekommer *Q. saponaria* mellan latituderna 30° och 38° (Astenga). Den växer både i den centrala dalen och i bergskedjorna, från havsnivå och upp till 1 600 m.ö.h. (García & Ormazabal, u.å.).

Ståndort: *Q. saponaria* växer bäst i medelhavsklimat, på platser med en årlig medeltemperatur runt 14 °C och årlig nederbörd mellan 150 och 1500 mm, koncentrerad till vintermånaderna. Arten förekommer främst på soliga slätter och sluttningar, som kan ligga upp till 1500 m över havet, ofta på platser med gles vegetation. Betydande temperaturskillnader råder inom artens naturliga utbredningsområden på de västra sluttningarna av kustbergen och de norra och södra sidorna av Andernas fot. På dessa platser är den genomsnittliga minimitemperaturen mellan -3,2 °C och 9,4 °C och genomsnittliga maximitemperaturen från 16,5 °C till 31,3 °C men med förekommande extrema temperaturer på -5,7 °C och 40,7 °C (Delporte et al. 2021).

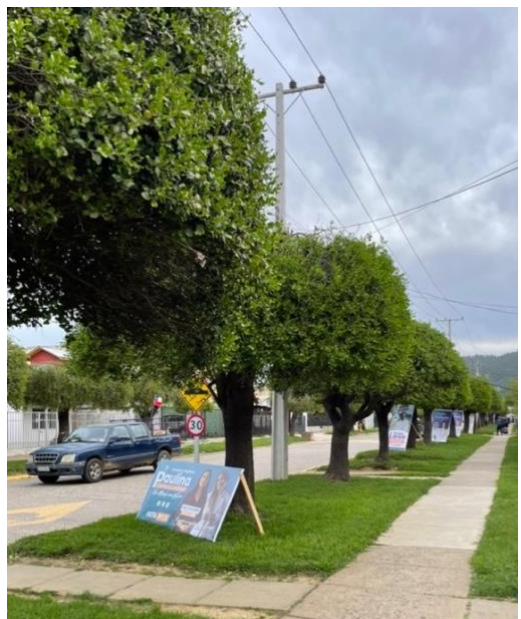
Beskrivning: Upprätt växtsätt med rundad krona och hängande grenar (García & Ormazabal, u.å.). *Q. saponaria* blir ett enkel- eller flerstammigt träd och kan nå en höjd på 15 meter med en stamdiameter på upp till 1 meter. Barken som är slät och ljusbrun hos unga träd, antar en mörkare gråaktig färg med längsgående sprickor när trädet åldras. Nya skott är dunhåriga. De glänsande elliptiska sklerofylla bladen är 2–4 cm långa och 1–2,5 cm breda. Blomställningarna består av en till fem tvåkönade blommor, se omslagsbild. De femflikiga frukterna som påminner om stjärnanis (*Illicium*) sitter kvar på trädet under en lång tid, se figur 14 (Trees and Shrubs Online u.å.b)



Övrigt: *Q. saponaria* är en av de mest dominerande arterna i de centralchilenska sklerofyllskogarna och är den inhemska art som används mest i Santiago (I. Astenga, personlig kommunikation, 21 februari, 2025).

Artepiteten syftar till barkens innehåll av saponiner som traditionellt använts som tvålsubstitut men har numera ett brett användningsområde (Trees and Shrubs Online u.å.b). Quillaja-saponiner har väckt vetenskapligt intresse på grund av sina cytotoxiska, antivirala och immunstimulerande egenskaper och studier har även visat att quillajaextrakt som är rika på saponiner kan ha larvdödande, nematocida, svampdödande och leverskyddande effekter (Delporte et al. 2021).

En strategi för att hantera torka hos *Q. saponaria* är att utveckla en djup pålrot. Fröplantor kan utveckla en pålrot ner till en meters djup under dess första år (Dallman, 1998:34).



Figur 17 & 18. *Quillaja saponaria* är ett vanligt stadsträd i centrala Chile. Den får som friväxande ett upprätt habitus med hängande grenar som det observerade exemplaret i Parque Bustamente, Santiago (övre bild). Träden klarar även en hård beskärning vilket är en fördel i de chilenska ofta utrymmesbegränsade gaturummen. Nedre bild: Beskurna individer observerade i Curepto som är beläget i Kustbergen 5 mil nordost om Talca.

Delporte et al. (2021) påpekar att *Q. saponaria* utvecklar djupa och horisontellt breda rotsystem vilket effektiviserar vatten- och näringsupptaget. Vidare menar författarna att trädets höga förmåga att utvecklas i näringsfattiga och eroderade jordar gör det användbart för markstabilisering, skogsplantering och återställning av degraderad mark.

***Maytenus boaria* Molina**

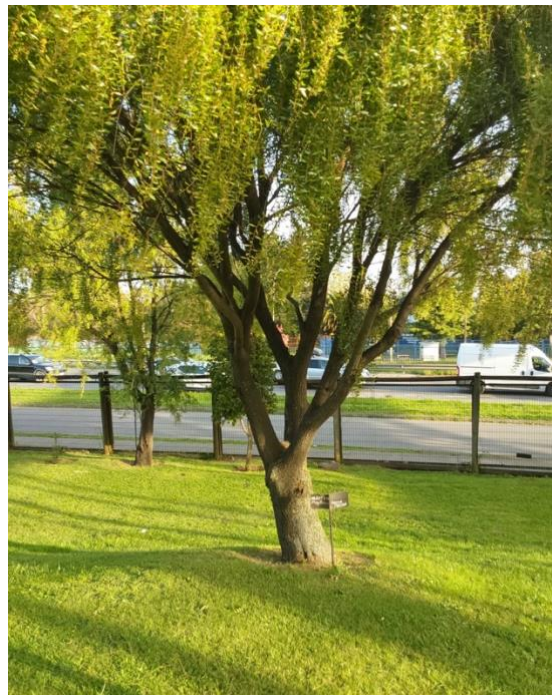
Familj: Celastraceae

Andra namn: Maitén (Chile), Chilean mayten (Eng)

Ståndort: *M. boaria* har en förmåga att etablera sig i mycket utmanande topografiska miljöer, såsom mellan klippor och stenblock eller i biomassa som hindrar andra arter att gro. I den norra delen av sin utbredning utnyttjar den fukt som samlas i dessa sprickor. Den är också förknippad med växtmiljöer vid vattendrag där den växer likt *Salix* (I. Astenga, personlig kommunikation 25 februari 2025). Arten är ej skuggtolerant (Hirons & Sjöman 2025).

Naturlig utbredning: förekommer mellan latituderna 29° och 53°, från det torra medelhavsklimatet till det kalla och fuktiga Patagonien (García & Ormazabal u.å.).

Beskrivning: Ett städsegrönt buskträd eller träd som i naturliga miljöer kan bli 21 meter högt (García & Ormazabal u.å.). I odling blir det sällan högre än 10 meter (Hirons & Sjöman 2025). Trädet får en oval krona med hängande grenar och bladen är lansettlika eller smalt äggrunda till smalt elliptiska och avsmalnande i båda ändarna. Bladen blir 2,5 till 5 cm långa och 0,6 till 1,9 cm breda och med en fint sågtandad kant. Bladskäften är korta och smala och knappt åtskilda från den avsmalnande bladbasen. De små grönaktigt vita blommorna sitter i kluster om två till fem i bladvecken på årsskotten. Blommorna är



Figur 19. Även *Maytenus boaria* är ett vanligt förekommande stadsträd. Bilden visar en individ växandes i kuststaden Concepción (Flores, J. 2024)

huvudsakligen enkönade (men både han- och honblommor finns på samma planta) och utvecklas till ärtstora kapslar med två frön inslutet i ett rött fröhölje (Trees and Shrubs u.å.a).

Övrigt: *M. boaria* är en mycket anpassningsbar art som är ett vanligt förekommande stadsträd i centrala Chile (I. Astenga, personlig kommunikation 25 februari 2025). Arten introducerades till Storbritannien 1829 men nuvarande bestånd härstammar troligen från frön insamlade under mitten av 1920-talet. Bean beskrev trädet som sällsynt i odling och nämner en individ som 1968 uppmättes till 9 meter. Vidare nämns exempel av individer som i sydvästra England bär frukt och förökat sig med fröplantor. Epitetet *boaria* betyder ”för boskap” och syftar till att bladverket använts som utfodring till boskap (Trees and Shrubs u.å.a). Arten sprider sig med rotskott vilket bör tas i beaktning vid val av växtplats (Hirons & Sjöman 2025). Arten används som stadsträd i Kalifornien. På grund av dess invasiva tendenser har arten förbjudits i Nya Zeeland.

5. Diskussion

Klimatanpassning i Malmö

I "Malmö Trädrapport 2024", författad av Bromell et al. (2025), presenteras det pågående arbetet med att klimatanpassa staden genom att skapa ett robust och varierat trädbestånd. Malmö Stad arbetar utifrån tydliga mål för både krontäckningsgrad och en jämn fördelning mellan slakten, familjer och arter. Jämfört med andra nordiska städer har Malmö en relativt god artfördelning, men en tydlig överrepresentation av parklind (*Tilia x europaea*) kan ses i stadens trädbestånd.

Analysen från Trädkontoret visar att klimatförändringarna kan påverka parklindens utbredning i sydvästra Sverige negativt (Trädkontoret u.å.). De försämrade förutsättningarna gör arten mer sårbara för skadedjur och sjukdomar. För att säkerställa ett motståndskraftigt och långsiktigt hållbart urbant trädbestånd är det därför viktigt att stötta upp den befintliga grönstrukturen med arter som är bättre rustade för framtidens klimat.

Behovet av trädarter med anpassningar till torka

Malmöns framtida klimat förväntas bli varmare, med fler värmeböljor och längre perioder av torka (SMHI u.å.a). Den ökande förtätningen av städer förstärker dessutom den urbana värmeöeffekten, vilket leder till ökad evapotranspiration, högre vattenförbrukning och torkstress hos stadsträd (Sjöman et al. 2024). Enligt Bastin et al. (2019) förväntas stadsklimat år 2050 likna det som idag råder cirka 1000 km söderut. Många av de arter som används i dagens städer är dåligt anpassade till höga temperaturer och torka. Som en försvarsmekanism faller de sina löv i förtid för att minska vattenförlusten, vilket i sin tur begränsar fotosyntesen och energiupptaget, och därmed hämmar normal tillväxt (Hirons & Thomas 2018).

För att klimatanpassa stadens trädbestånd krävs därför torktåliga arter. Chiles varierade klimat och stora artrikedomen, formad genom långvariga anpassningar, erbjuder ett brett urval av träd som kan hantera urbana förhållanden bättre än många inhemska arter. Eftersom Londons framtida klimat förväntas likna det medelhavsklimat som råder i centrala Chile idag, kan även arter från högre altituder eller sydligare delar av Chile vara väl lämpade för södra Sveriges framtida klimat.

Reglerande ekosystemtjänster i stadens tuffaste ståndorter

Den ökande värmen i städer hotar människors hälsa och välbefinnande. En reglerande ekosystemtjänst som träden kan bidra med för att hantera den ökande värmen är transpirationens nedkylande effekt på luften. Men för att

träden ska kunna fortsätta transpirera krävs det att de har anpassade strategier. Hiron & Thomas (2018) rekommenderar arter som klarar av att behålla sina klyvöppningar öppna så att transpirationen kan fortgå. Om målet är att träden ska bibehålla denna typ reglerande ekosystemtjänst bör således denna egenskap tas i beaktning vid val av trädart.

En annan viktig klimatreglerande ekosystemtjänst är trädkronornas förmåga att skapa skugga. Täta kronor ger effektiv skuggning, men det krävs rätt typ av träd för att klara de soliga och varma förhållandena i staden. Träd som reagerar på torka genom att fälla sina blad förlorar snabbt sin funktion.

Implementering av chilenska trädarter

Quillaja saponaria är en pionjärart som är väl anpassad till exponerade odlingsplatser. Med sina täta kronor och förmåga att behålla bladen även under extrem torka bidrar den till ett stabilt mikroklimat och förbättrad klimatreglering i urbana miljöer.

Delporte et al. (2021) menar att *Q. saponaria* utvecklas bäst i medelhavsklimat, på platser med en årlig medeltemperatur runt 14 °C men framhåller samtidigt de stora temperaturskillnader inom artens naturliga utbredningsområden, där genomsnittliga minimitemperaturer är mellan -3,2 °C och 9,4 °C och genomsnittliga maximitemperaturer från 16,5 °C till 31,3 °C. Enligt SMHI (2025) väntas Malmös medeltemperatur öka från 9,1 °C till 11,6 – 12,1 °C vid scenario RCP4.5 (SMHI 2025). Med tanke på den ökande medeltemperatur i kombination med förstärkta urbana värmeö-effekter i det framtida stadslandskapet bör specifika genotyper av *Q. saponaria* vara användbara som stadsträd i Malmö, men för att säkerställa trädets lämplighet krävs ytterligare studier av dess egenskaper.

Även *Maytenus boaria* bör vara hårdig i Malmös framtida klimat då det är en mycket anpassningsbar art som växer i varierande klimat och ståndorter. Arten är städsegrön och kan därmed bidra med reglerande ekosystemtjänster även i torrare perioder. Dock har arten på vissa platser uppvisat invasiva tendenser då den sprider sig med rotskott. Noga utvärdering av dess invasionspotential och ekologiska effekter krävs för ett hållbart nyttjande av arten.

N. obliqua är anpassad till ett brett spektrum av klimatförhållanden och har visat sig vara ett snabbt växande träd som kan trivas i både torra och fuktiga miljöer. Dess robusthet och snabba tillväxt gör den användbar för markstabilisering och återplantering efter skador, vilket skulle kunna vara värdefullt för att återuppbygga och stärka stadens gröna infrastruktur. Den har visat god förmåga att klara torka och låga nederbördsmängder, men kan i

storlek bli problematisk i stadslandskap, särskilt om det finns begränsat utrymme för trädens växtbäddar.

De tre arterna erbjuder fördelar i form av torktålighet och anpassning till olika klimatförhållanden, men deras användning i städer kräver noggrant övervägande av växtbäddens storlek, spridningsförmåga och potentiell påverkan på ekologiska system. För att säkerställa långsiktig framgång bör dessa trädarter testas och övervakas noggrant, särskilt för att förhindra oönskad spridning och konkurrens med inhemska arter. Genom att använda en kombination av anpassade arter kan ett mer robust och hållbart trädbestånd skapas som bättre står emot framtida klimatpåfrestningar.

Tillämpning av inhemska kontra icke inhemska trädarter

I debatten kring användandet av exoter i urbana trädbestånd används argumentet att inhemska arter bäst främjar vår inhemska biologiska mångfald. Däremot understryker Sjöman & Anderson (2023) att även exoter kan främja den inhemska mångfalden, bland annat genom att bidra med habitat och förlängning blomningssäsongen. Vidare menar författarna att förluster av stora delar av städernas trädbestånd riskeras om det inte är uppbyggt av en stor variation arter som är flexibla och resilienta mot klimatförändringar, sjukdomar och skadedjur (Sjöman & Anderson, 2023:28–29). De inhemska arterna är inte anpassade till framtidens stadsmiljöer och det blir därmed omöjligt att skapa hållbara stadsmiljöer enbart med inhemskt växtmaterial (Sjöman et al., 2016). Flera källor är enade om att inhemska arter bör främjas genom att användas i så stor utsträckning som möjligt och på mycket noggrant utvalda ståndorter som i skyddade parker, grönyteområden och trädgårdar. Det verkar mer troligt att vår inhemska biologiska mångfald riskerar större förluster om vi inte inkluderar exotiska arter i våra framtida urbana trädbestånd.

Osäkerheter i klimatprognoser

Trots klimatmodeller och prognosverktyg kan vi inte veta hur framtiden faktiskt kommer att se ut. Utfallet beror på hur väl världens länder lyckas med att sänka utsläppen. Utsläppsscenario RCP4,5 anses vara ett optimistiskt utfall som innebär att utsläppen ökar fram till år 2040 för att sedan minska. Om utsläppen i stället fortsätter att öka kommer konsekvenserna bli betydligt allvarigare, med högre temperaturer, mer extrema väderhändelser och större påfrestningar på ekosystem och trädens överlevnad i urbana miljöer.

Osäkerhet kring användandet nya arter

Bristen på pålitlig vägledning gör det utmanande att använda ovanliga och otraditionella trädarter i nya miljöer (Sjöman et al. 2020). För att avgöra en främmande arts lämplighet i ett förändrat klimat krävs noggranna studier av dess egenskaper för att balansera fördelar och risker. En central metod för att kvantifiera torktålighet är turgortryckmätning, som ger insikt i hur väl trädet kan hantera vattenbrist (Hannus et al. 2020).

Vid valet av nya arter är det viktigt att väga potentiella fördelar, såsom ökad motståndskraft och biodiversitet, mot risker som invasivitet och ekologisk obalans. Urvalet av chilenska trädarter grundas än så länge på hypoteser, vilket gör att träden behöver testas och utvärderas innan deras långsiktiga lämplighet kan fastställas. Flera faktorer måste beaktas i utvärderingen; inte bara artens förmåga att tåla torka, utan också dess mottaglighet för skadedjur och sjukdomar som förväntas öka i takt med klimatförändringarna. Dessutom är det avgörande att förstå hur arten påverkas av urbana stressfaktorer som luftföroreningar, höga salthalter och markens pH-värde. Endast genom att noggrant analysera dessa aspekter kan trädarternas långsiktiga hållbarhet säkerställas i framtida urbana landskap.

Träden kräver utrymme både ovan och under mark

Träd kräver tillräckligt utrymme för både kronor och rötter, men i takt med att städer förtätas ovan och under mark blir detta alltmer utmanande. Ofta planeras trädens utrymme sent i processen, efter att övrig infrastruktur redan tagit plats. Träd med undvikande strategier för att hantera torkstress utvecklar ofta stora och djupa rotsystem, vilket kräver generöst tilltagna växtbäddar för att säkra vatten- och näringsupptaget.

Stadens rumsliga utformning påverkar dessutom vindförhållandena. Breda, raka gator kan både förstärka och dämpa vindhastigheter, vilket ställer krav på träden att ha en robust struktur. För att rötterna ska kunna förankra träden ordentligt och stå emot vinden måste växtbäddarna vara väl dimensionerade. Samtidigt bidrar vinden till ökad evapotranspiration, vilket gör odlingsplatserna torrare.

Delporte et al. (2021) lyfter fram *Quillaja saponaria* som ett exempel på ett träd som utvecklar djupa och horisontellt utbredda rotsystem för att effektivisera vatten- och näringsupptaget. Dess förmåga att trivas i näringsfattiga och eroderade jordar gör det dessutom användbart för markstabilisering, skogsplantering och återställning av degraderad mark.

Hur resultaten kan användas i stadsplanering

Ett hållbart och motståndskraftigt urbant trädlandskap kräver en bred variation av arter (Sjöman et al. 2016; Hiron et al. 2020; Konijnendijk et al. 2025). Långsiktig planering är avgörande för att minimera framtida förluster och identifiera vilka arter som är minst mottagliga för sjukdomar och skadedjur (Sjöman & Östberg 2019). Genom att utforma successionsplaner, likt den som används för Kew, kan sårbara arter och utsatta områden kartläggas för att undvika luckor i trädbeståndet.

Trots Malmös jämna artfördelning finns fortfarande stora områden med monokulturer, exempelvis det omfattande bokbeståndet (*Fagus sylvatica*) i Pildammsparken. Dessa träd är betydelsefulla för platsens karaktär, men resurser har redan krävts för att bekämpa utbrott av *Phytophthora* i beståndet. Att Toomer et al. (2023) pekar ut *Fagus sylvatica* som en riskart i Londons framtida klimat är ytterligare skäl till oro.

För att säkerställa ett vitalt och klimatreglerande trädlandskap bör Malmö implementera en liknande successionsplan. Detta skulle bidra till att långsiktigt bevara funktion och mångfald i det urbana trädbeståndet, även under framtida klimatförhållanden.

6. Slutsats

Klimatet förändras i större takt än någonsin till följd av människans utsläpp av växthusgaser. Några av effekterna som redan är synliga i Malmö är en förändrad växtsäsong, ökande medeltemperaturer, mer frekventa värmeböljor och perioder av torka. Detta innebär olika fysiologiska påfrestningar för stadsträden som ökad torkstress vilket resulterar i reducerad tillväxt och nedsatt vitalitet. De förhöjda temperaturerna ökar risken för spridning av sjukdomar och skadedjur och de träd som redan är utsatta för stress blir mer sårbara. Insatser krävs för att bevara våra urbana trädbestånd. Sveriges inhemska arter bör främjas i största möjliga mån genom att planteras i skyddade miljöer som trädgårdar, parker och grönområden där de ståndortsmässiga betingelserna matchar arternas krav. I de utmanande hårdgjorda stadsmiljöerna som gator och torg bör utgångspunkt för trädselektion grundas i torktåliga arter. I Chile finns arter som har ett stort utbredningsområde och därmed många genotyper. Flera av dem växer i medelhavsklimat med torra varma somrar och svala fuktiga vintrar. Det finns således möjlighet att hitta arter som skulle vara väl anpassade för Malmös framtida klimat. Ett urval av torktåliga chilenska trädarter föreslås i detta arbete, men för att göra en pålitlig bedömning av deras lämplighet krävs ytterligare utvärderingar av dess egenskaper.

Avslutande tankar

Forskningen om klimatförändringarnas effekter och möjliga åtgärder är mer relevant än någonsin. Mycket kan vinnas genom att fortsätta utvecklingen av urbana trädlandskap, och framtida studier är avgörande för att möta det växande behovet av vägledning i trädselektion för urbana miljöer. Träd har en central roll i att klimatanpassa städer och motverka förlusten av biologisk mångfald. Att förstå träds värde och deras bidrag till mer hälsofrämjande stadsmiljöer är därför av största vikt.

Referenser

- Bastin J-F, Clark E, Elliott T, Hart S, van den Hoogen J, Hordijk I, et al. (2019) Understanding climate change from a global analysis of city analogues. PLoS ONE 14(7): e0217592. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217592>
- Beck, H.E., Zimmermann, N.E., McVicar, T.R., Vergopolan, N., Berg, A. & Wood, E.F. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. Scientific Data, 5 (1), 180214. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>
- Boverket (2023). *Ekosystemtjänster*.
<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/oversiktsplan/allmannaintressen/hav/naturvarden/ekosystemtjanster/> [2025-02-13]
- Bromell, L., Pira, L., Bellan, P. & Svensson, M. (2025) *Malmö Trädrapport 2024*. Malmö Stad.
https://malmo.se/download/18.cc49022193d3c460671939d/1742391121211/Tr%C3%A4drapport%202024_gk_webb_tillg.pdf [2025-03-20]
- Dallman, P R. (1998) *Plant Life in the World's Mediterranean Climates: California, Chile, South Africa, Australia, and the Mediterranean Basin*. 1 uppl., University of California Press.
- Deak Sjöman, J., Sjöman, H. & Johansson, E. (2015). Staden som växtplats. I: Sjöman, H. & Slagstedt, J. (red.) Träd i urbana landskap.
- Delporte, C., Rodríguez-Díaz, M. & Cassels, B.K. (2021). Quillaja saponaria Molina. I: Máthé, Á. & Bandoni, A. (red.) Medicinal and Aromatic Plants of South America Vol. 2. Springer International Publishing. 461–473.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-62818-5_36
- García, N. & Oramazabal, C. (2008) *Arboles Nativos de Chile* Colegio de Ingenieros Forestales de Chile. Enersis & Fundación Huinay.
<https://cifag.cl/recursos-disponibles/publicaciones/> [2025-01-30]
- Gardner, M.F., Hechenleitner V., P. & Hepp C., J. (2022). Plants from the Woods and Forests of Chile. Royal Botanical Garden Edinburgh, Edinburgh.
- Grimshaw, J. & Bayton, R. (2009). *New Trees: Recent Introductions to Cultivation*, Kew Publishing, The Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, UK.
- Gayó, E., McRostie, V., Campbell, R., Flores Fernandez, C., Maldonado, A., Uribe, M., Santoro, C., Christie, D., Muñoz, A. & Gallardo, L. (2019). Geohistorical records of the Anthropocene in Chile. Elem Sci Anth, 7.
<https://doi.org/10.1525/elementa.353>
- Hannus, S., Hiron, A., Baxter, T., McAllister, H.A., Wiström, B. & Sjöman, H. (2021). Intraspecific drought tolerance of Betula pendula genotypes: an evaluation

- using leaf turgor loss in a botanical collection. *Trees*, 35 (2), 569–581.
<https://doi.org/10.1007/s00468-020-02059-7>
- Hirons, A.D., Watkins, J.H.R., Baxter, T.J., Miesbauer, J.W., Male-Muñoz, A., Martin, K.W.E., Bassuk, N.L. & Sjöman, H. (2020). Using botanic gardens and arboreta to help identify urban trees for the future. *PLANTS, PEOPLE, PLANET*, 3 (2), 182–193. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10162>
- Hirons, A.D. & Sjöman, H. (2025). Tree Species Selection for Green Infrastructure A Guide for Specifiers. Trees & Design Action Group. Issue EN 1.4/2025.
https://www.tdag.org.uk/uploads/4/2/8/0/4280686/tdag_speciesguidev1.4.03.pdf [2025-03-24]
- IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)].
 IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
- Konijnendijk, C., Lind, C., Littke, H., Voets, D., Oudin, A., Ostberg, J., Ågren, K., Nässlander, G., Adamsson, G., Enger, P., Larson, A., Johnsrud, H., Scharin, E., Schoon, P., Thoresen, W. & Vogel, E. (2025). Yggdrasil - The Living Nordic City. Implementing nature-based solutions through the 3+30+300 principle.
- Malmö Stad (2024). *Träd i Malmö*.
<https://malmo.se/Stadsutveckling/Sa-utvecklar-vi-staden/Gronska-och-vatten/Trad-i-Malmo.html> [2025-01-28]
- Malmö Stad (2025a). *Årsmedeltemperatur*.
<https://miljobarometern.malmo.se/klimat/klimat-och-vaderstatistik/temperatur/compare/> [2025-02-13]
- Malmö Stad (2025b). *Årsnederbörd*.
<https://miljobarometern.malmo.se/klimat/klimat-och-vaderstatistik/nederbord/compare#mbContentMenu> [2025-02-13]
- Malmö Stad (2025c). *Lägsta dygnsmedeltemperatur*.
<https://miljobarometern.malmo.se/klimat/klimat-och-vaderstatistik/lagsta-dygnsmedeltemperatur/> [2025-03-19]
- Moreira-Muñoz, AS. (2011) Plant geography of Chile. Dordrecht: Springer International Publishing.
- Männikkö, F.N. (2024). *Rainforests*.
<https://www.ebsco.com/research-starters/zoology/rainforests> [2025-05-22]
- Naturvårdsverket (2024). *Klimatförändringarnas effekter i Sverige*.
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatforandringar/klimatet-i-framtiden/effekter-i-sverige/> [2025-01-28]
- Naturvårdsverket (2025). *Främmande invasiva arter*.

<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/invasiva-frammande-arter/vad-ar-ifa/definition/> [2025-03-05]

- Neuwirth, B.; Rabbel, I.; Bendix, J.; Bogena, H.R.; Thies, B. (2021) The European Heat Wave 2018: The Dendroecological Response of Oak and Spruce in Western Germany. *Forests* 2021, 12, 283. <https://doi.org/10.3390/f12030283>
- Nässlander, G. & Östberg, J. (2025) Framtidens Träd i Sverige. Movium Fakta Royal Botanic Garden Edinburgh (u.å.). Nothofagus | The Endemic Plants of Chile. <https://chileanendemics.rbge.org.uk/taxonomic-groups/nothofagus> [2025-02-24]
- Sarricolea, P., Herrera-Ossandon, M & Meseguer- Ruiz, Ó. (2017) Climatic regionalisation of continental Chile, *Journal of Maps*, 13:2, 66-73, DOI: 10.1080/17445647.2016.1259592
- Schipper, J. & González-Maya, J. (2024). *Magellanic subpolar forests*. <https://www.ebsco.com/research-starters/forestry/magellanic-subpolar-forests> [2025-05-22]
- Sjöman, H. & Anderson, A. (2023). *The essential tree selection guide: for climate resilience, carbon storage, species diversity and other ecosystem benefits*. Filbert Press.
- Sjöman, H., Hirons, A., Bassuk, N. & Levinsson, A. (2020) Utvärdering av torktoleranta träd. Movium Fakta
- Sjöman, H., Morgenroth, J., Sjöman, J.D., Sæbø, A. & Kowarik, I. (2016) 'Diversification of the urban forest—Can we afford to exclude exotic tree species?', *Urban Forestry & Urban Greening*, 18, pp. 237–241. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.06.011>.
- Sjöman, H. & Östberg, J. (2019). Vulnerability of ten major Nordic cities to potential tree losses caused by longhorned beetles. *Urban Ecosystems*, 22 (2), 385–395. <https://doi.org/10.1007/s11252-019-0824-8>
- Sjöman, H., Östberg, J. & Bühler, O. (2011). Diversity and distribution of the urban tree population in ten major Nordic cities. *Urban Forestry & Urban Greening - URBAN FOR URBAN GREEN*, 11. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2011.09.004>
- Sjöman, H., Watkins, H., Kelly, L., Hirons, A., Kainulainen, K., Martin, K. & Antonelli, A. (2024). Resilient trees for urban environments: The importance of intraspecific variation. *Plants, People, Planet*, 6, 1180–1189. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10518>
- SLU (u.å). *Tolv dagar längre växtsäsong i Sverige till följd av rekordvarmt år*. <https://www.slu.se/ew-nyheter/2025/2/tolv-dagar-langre-vaxtsasong-i-sverige-till-foljd-av-rekordvarmt-ar/> [2025-02-21]
- SLU (2019). *Riskklassificering av främmande arter*.

- <https://www.slu.se/artdatabanken/arter-och-natur/Dagens-natur/riskklassificering-av-frammande-arter/> [2025-03-05]
- SMHI (u.å.a). *Klimatförändringen är tydlig redan idag*.
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatet-forandras/klimatforandringen-ar-tydlig-redan-idag> [2025-01-29]
- SMHI (u.å.b). *RCP scenarier*. SMHI.
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatmodeller-och-scenarier/rcp-er-den-nya-generationen-klimatscenarier-1.32914> [2025-02-20]
- SMHI (u.å.c). *Sveriges klimat*.
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/sveriges-klimat> [2025-02-19]
- SMHI (u.å.d). *Inversion*.
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/atmosfarens-cirkulation/inversion> [2025-05-22]
- SMHI (2025). *Klimatscenariotjänsten*. <https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/klimatscenariotjansten/klimatscenariotjansten> [2025-03-19]
- Smith-Ramírez, C., Grez, A., Galleguillos, M., Cerda, C., Ocampo-Melgar, A., Miranda, M.D., Muñoz, A.A., Rendón-Funes, A., Díaz, I., Cifuentes, C., Alaniz, A., Seguel, O., Ovalle, J., Montenegro, G., Saldaña-Cortés, A., Martínez-Harms, M.J., Armesto, J.J. & Vita, A. (2023). Ecosystem services of Chilean sclerophyllous forests and shrublands on the verge of collapse: A review. *Journal of Arid Environments*, 211, 104927.
<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104927>
- Sonesson, L., Toft, E. & Englund, M. (2024) *Extremvärme i Malmö. Vem drabbas och hur kan vi lindra effekterna?* Rapportnummer 04/2024. Miljöförvaltningen, Malmö Stad.
<https://malmo.se/download/18.724ecffc19377eed037e92/1733730125314/MN-2023-5606-V%C3%A4rmerapport%20Malm%C3%B6+Korrigeradekartor-tillg%C3%A4nglig2.pdf> [2025-02-12]
- Strand, M., Aronsson, M., & Svensson, M. (2018) *Klassificering av främmande arters effekter på biologisk mångfald i Sverige – ArtDatabankens risklista*. ArtDatabanken Rapporterar 21. ArtDatabanken SLU, Uppsala.
- Toomer, S., Freeth, T.H., Martin, K.W.E. (2024). *Planting for the Future: Kew's Landscape Succession Plan*. Royal Botanic Gardens, Kew.
<https://spaces.hightail.com/receive/11KbKvSWwp> [2025-01-22]
- Tree Cities of the World (u.å.a). *Recognised Cities*.
<https://treecitiesoftheworld.org/directory.cfm> [2025-03-07]
- Tree Cities of the World (u.å.b). *Standards for Recognition*.
<https://treecitiesoftheworld.org/standards.cfm> [2025-03-07]
- Trees and Shrubs Online (u.å.a). *Maytenus boaria* Mol.

- <http://beanstreesandshrubs.org/browse/maytenus/maytenus-boaria-mol/>
[2025-02-21]
- Trees and Shrubs Online (u.å.b). *Quillaja Saponaria* Molina.
<https://www.treesandshrubsonline.org/articles/quillaja/quillaja-saponaria/>
[2025-02-22].
- Trees and Shrubs Online (u.å.c). *Nothofagus obliqua*.
<https://www.treesandshrubsonline.org/articles/nothofagus/nothofagus-obliqua/> [2025-03-22]
- Trädkontoret (u.å.). Klimatprognoser.
<https://tradkontoret.se/resurser/klimatprognoser/> [2025-03-24]
- UN (2018). *68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN* | UN DESA | United Nations Department of Economic and Social Affairs. <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html> [2025-03-09]
- Yan, Y.Y. (2005). Intertropical Convergence Zone (ITCZ). I: Oliver, J.E. (red.) Encyclopedia of World Climatology. Springer Netherlands. 429–432.
https://doi.org/10.1007/1-4020-3266-8_110
- Wahlsteen, E (2018). *Växt- och ståndortskännedom*. [Internt material]
- WMO (2025). *WMO confirms 2024 as warmest year on record at about 1.55°C above pre-industrial level*.
<https://wmo.int/news/media-centre/wmo-confirms-2024-warmest-year-record-about-155degc-above-pre-industrial-level> [2025-03-04]

Bildförteckning

- Ramos Leiva, M. (2020). [Fotografi]. *Quillaja Saponaria*.
<https://www.inaturalist.org/photos/261743301>
(CC BY-NC 4.0) [2025-03-23]
- Palacios, M. (2025). [Fotografi]. *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.
<https://www.inaturalist.org/photos/465007459>
(CC BY-NC 4.0) [2025-05-22]
- Flores, J. (2024). [Fotografi]. *Maytenus boaria* Molina
<https://www.inaturalist.org/photos/438107205>
(CC BY-NC 4.0) [2025-05-22]

Publicering och arkivering

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

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

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

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

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

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

