



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds-  
och växtproduktionsvetenskap

# **Ett bidrag till utvärdering av trädshantering av ett framtida urbant klimat**

– En studie av vatten- och torkstress påverkan på tillväxt hos *Prunus avium*, *Prunus mahaleb* och *Prunus padus*

A contribution to the evaluation of trees' responses to a future urban climate  
- A study of water- and drought stress impact on growth in *Prunus avium*, *Prunus mahaleb* and *Prunus padus*

*Elin Rowicki*

## **Ett bidrag till utvärdering av trädsk hantering av ett framtida urbant klimat**

**– En studie av vatten- och torkstress påverkan på tillväxt hos**

***Prunus avium, Prunus mahaleb och Prunus padus***

A contribution to the evaluation of trees' responses to a future urban climate

- A study of water- and drought stress impact on growth in

Prunus avium, Prunus mahaleb and Prunus padus

*Elin Rowicki*

**Handledare:** Anna Levinsson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

**Bitr handledare:** Patrick Bellan, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

**Examinator:** Frida Andreasson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** G2E

**Kurstitel:** Självständigt i arbete i landskapsarkitektur, G2E – Landskapsingenjörprogrammet

**Kurskod:** EX0841

**Program:** Landskapsingenjörprogrammet

**Utgivningsort:** Alnarp

**Utgivningsår:** 2020

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** *Prunus*, träd, klimat, urban miljö, torkstress, vattenstress, sekundärtillväxt

## **Förord**

Framtiden förväntas innehålla fler extrema väderhändelser med ökade temperaturer, perioder med torka och intensivare skyfall med översvämningar. Detta blir framförallt påtagligt i urban miljö som består av många hårdgjorda ytor som dels genom den urbana värmeö-effekten både alstrar och reflekterar värme, dels består av opermeabla ytor vilket skapar stora avrinningsområden och följaktligen översvämningar. Träd fångar upp nederbörd och kan på så vis minska belastningen på dagvattenhanteringen och konsekvenserna av skyfall. Därför är det viktigt att hitta arter som kan hantera klimatutmaningarna för att kunna göra långsiktigt hållbara trädval.

Med den bakgrunden avser detta arbete undersöka och utvärdera hur vatten- och torkstress påverkar trädarters tillväxt.

Jag vill tacka Anna Levinsson för möjligheten att vara en del av forskningsexperimentet på SLU och för stöd och goda råd under arbetets gång. Jag vill även tacka Patrick Bellan för goda råd under handledningen och tack till Björn Wiström för hjälp med datahantering. Er kompetens har inspirerat och hjälpt mig hålla fokus i arbetet.

Elin Rowicki  
Alnarp, 2020-03-13

## Sammanfattning

Vid Sveriges lantbruksuniversitet Alnarp pågår ett forskningsexperiment där Anna Levinsson, Björn Wiström, Tobias Emilsson och Henrik Sjöman undersöker utvecklingen hos träd som utsätts för vatten- eller torkstress. Syftet är att utvärdera arter som kan hantera framtidens klimat, vilket förväntas innehålla fler perioder av torka och översvämningar. Insamlad data från forskningsexperimentet analyseras för att identifiera kritiska värden för vatten- och torkstress.

I en del av denna studie undersöktes tre arter ur släktet *Prunus*. Arterna, *Prunus avium*, *Prunus mahaleb* och *Prunus padus* delades in i tre lika stora grupper som utgjordes av två behandlingar och en kontroll. I de två behandlingarna utsattes plantorna för ett stress-test där de antingen torkstressades eller vattenstressades, den tredje gruppen vattnades regelbundet. Efter testet skördades växtmaterialet och har därefter torkats och vägts. Viktdata från studien har analyserats för att undersöka hur sekundärtillväxt påverkas av vatten- och torkstress hos respektive art.

För att ge perspektiv på studiens relevans redogörs även för framtidens klimatprognoser och vilken betydelse träden har för det lokala klimatet i urban miljö. Studien ger även en grundläggande förståelse för de växtfysiologiska funktioner som är sammanlänkade med stress och den påverkan det har på trädens utveckling.

Arterna representerar enligt litteraturen olika stresstolerans. *Prunus padus* anses vara fuktföredragande men har i studien visats ha betydligt mer tillväxt under torkstress än vid kontinuerlig bevattning. Särskilt rotttillväxten ökade 38.53 % mer vid torkstress. *Prunus mahaleb* anses vara torktålig och har i studien bekräftat detta genom att ha snarlik tillväxt under torkstress som vid kontinuerlig bevattning. *Prunus avium* anses ha en stresstolerans mellan dessa extremer och har i studien haft tydligt mindre tillväxt både under tork- och vattenstress. Samtliga arter har minst tillväxt under vattenstress. Särskilt rotttillväxten är mindre under den behandlingen, vilket visar att den syrebrist som vattenstressen innebär påverkar växterna i studien i större utsträckning än vad motsvarande period av torka gör.

Resultaten, särskilt de gällande *Prunus padus* har varit anmärkningsvärda i jämförelse med vad som varit förväntat av arten enligt litteraturen. Men då flera överlevnadsmekanismer i träden sker på bekostnad av tillväxt, betyder avsaknaden av tillväxt hos de övriga arterna inte nödvändigtvis att arten inte kan hantera stressen. Detta visar att fler och utökade vetenskapliga försök är nödvändiga för en korrekt utvärdering av trädarters hantering av framtidens förändrade förutsättningar i urban miljö.

## Abstract

At the Swedish University of Agriculture Alnarp, a research experiment is underway in which Anna Levinsson, Björn Wiström, Tobias Emilsson and Henrik Sjöman examine the development of trees that are exposed to water or drought stress. The purpose is to evaluate species that can handle the future urban climate, which is expected to contain more periods of drought and flooding. Collected data from the research experiment is analyzed to identify critical values for water and drought stress.

In one part of this study, three species of the genus *Prunus* were examined. The species, *Prunus avium*, *Prunus mahaleb* and *Prunus padus* were divided into three equal groups consisting of two treatments and one control. In the two treatments, the plants were subjected to a stress test where they were either dehydrated or water stressed, the third group was watered regularly. After the test, the plant material was harvested and then dried and weighed. Weight data from the study has been analyzed to investigate how secondary growth is affected by water and drought stress of each species.

To give a perspective on the study's relevance, future climate forecasts and the significance of trees for the local climate in urban environment are also addressed. The study also provides a basic understanding of the plant physiological functions that are linked to stress and the impact it has on tree development.

According to the literature, the species represent different stress tolerance. *Prunus padus* is considered to prefer moist soils but has shown in the study to have more growth during drought stress than in continuous irrigation. In particular, root growth increased 38.53 % during drought stress. *Prunus mahaleb* is considered to be drought tolerant and it has been confirmed in the study by having similar growth during drought as during continuous irrigation. *Prunus avium* is considered to have a stress tolerance between these two extremes and has according to this study, clearly had less growth both during drought and water stress. All species have the least growth during water stress. In particular, root growth is less active during water stress, which shows that the oxygen deficiency caused by water stress affects the plants in the study to a greater extent than the corresponding period of drought does.

The results, especially regarding *Prunus padus*, have been remarkable in comparison to what was expected of the species according to the literature. But since several survival mechanisms in the trees occur at the expense of growth, the lack of growth in the other species does not necessarily mean that the species cannot handle the stress. This shows that more extensive scientific experiments are necessary for a correct evaluation of tree species' responses to the future conditions in the urban environment.

## Innehållsförteckning

<b>1.</b>	<b>Inledning</b>	s.1
1.1.	Bakgrund och problembeskrivning	s.1
1.2.	Syfte	s.1
1.3.	Frågeställning	s.2
1.4.	Avgränsning	s.2
<b>2.</b>	<b>Material och metod</b>	s.3
2.1.	Material	s.3
2.2.	Forskningsexperimentet	s.4
2.3.	Studie av biomassa och dataanalys	s.4
2.4.	Litteratur	s.5
<b>3.</b>	<b>Framtidens klimatscenario</b>	s.6
3.1.	Träden och klimatet i urban miljö	s.7
<b>4.</b>	<b>Växtfysiologi och stress</b>	s.8
4.1.	Trädens vattenupptag	s.8
4.2.	Trädens tillväxt	s.10
4.3.	Generellt om stress	s.11
4.4.	Innebörden och konsekvenser av torkstress	s.12
4.5.	Innebörden och konsekvenser av vattenstress	s.13
4.6.	Strategier för torkstress	s.14
4.7.	Strategier för vattenstress	s.15
<b>5.</b>	<b>Resultat</b>	s.16
5.1.	Artsammanställning	s.16
5.2.	Ovanjordisk biomassa	s.18
5.3.	Underjordisk biomassa	s.19
5.4.	Total biomassa	s.20
5.5.	Kvoten mellan rot/skott	s.21
<b>6.</b>	<b>Diskussion</b>	s.22
6.1.	Prunus padus	s.22
6.2.	Prunus mahaleb	s.23
6.3.	Prunus avium	s.24
6.4.	Övergripande diskussion	s.25
<b>7.</b>	<b>Slutsats</b>	s.27
	<b>Referenser</b>	s.28

# 1. Inledning

## 1.1 Bakgrund och problembeskrivning

Vatten är den andra största miljöfaktorn, efter ljus, som påverkar trädens tillväxt (Taiz, 2015). I urban miljö är rotutrymmet ofta begränsat, vattentillgången varierande och sällan optimal för trädens utveckling (Roloff, 2016). Detta gör att det är vanligt att träd i urban miljö behöver ersättas i förtid. Ur ett perspektiv där vi bör bevara jordens resurser, är det därför fördelaktigt att låta träd bli så gamla som möjligt. Dessutom ökar även de ekosystemtjänster som träden ger, i takt med trädens åldrande. Exempel på dessa som är relevanta för urban miljö är beskuggning, avkylning av gaturum, koldioxidlagring, luftförbättring och bättre hantering av dagvatten (Liptan, 2017).

Med de klimatförändringar som sker idag och förväntas öka i framtiden, förutspås fler och längre perioder av torka och översvämningar (Kjellström et al 2014). Eftersom växtförutsättningarna förändras i ett sådant scenario är det viktigt att idag identifiera de arter som kan hantera mer extrema klimatförhållanden i ett långsiktigt perspektiv. En studie av hur olika arter reagerar i dessa extrema situationer är således nödvändig för att få en förståelse för hur dessa förutsättningar påverkar trädens tillväxt.

Av den anledningen pågår ett forskningsexperiment vid Sveriges lantbruksuniversitet Alnarp som utförs av Anna Levinsson, Björn Wiström, Tobias Emilsson och Henrik Sjöman. Experimentets syfte är att utvärdera hur arter kan hantera framtidens förändrade växtförutsättningar. Experimentet undersöker specifikt utvecklingen hos träd som utsätts för vatten- eller torkstress. Insamlad data från forskningsprojektet analyseras för att identifiera kritiska värden. Dessa värden fungerar som vägledning för att kunna välja rätt art på rätt plats utifrån dess specifika förutsättningar.

I detta arbete studeras *Prunus avium* (fågelbär), *Prunus mahaleb* (vejksel) och *Prunus padus* (hägg). De tre arterna representerar olika stresstolerans. *Prunus mahaleb* är en mycket torktålig art medan *Prunus padus* är fuktföredragande och *Prunus avium* anses ha en stresstolerans som är mitt emellan dessa extremer (Sjöman & Slagstedt, 2015).

## 1.2 Syfte

På grund av de förändrade växtförutsättningarna i urban miljö är denna studie relevant för att bidra med mer kunskap om arterna och hur de kan komma att hantera ett framtida klimat. Denna kunskap är nödvändig för att öka chanserna att få långlivade träd som kan tolerera de problem som kan uppstå i urban miljö till följd av de förväntade klimatförändringarna. Syftet med arbetet är att undersöka hur den sekundära tillväxten hos tre *Prunus*-arter påverkas av vatten- och torkstress, med anledning av de ökade perioder av torka och översvämningar som förutspås.

Målet är att ge en bild av hur arterna påverkas av olika typer av vattenstress och genom resultatet bidra med djupare kunskap om arterna. Kunskapen ska kunna utnyttjas för att precisera framgångsrik användning av dem, utifrån förutsättningar på en specifik plats.

### **1.3 Frågeställning**

Utifrån de förändrade växtförutsättningarna som förväntas ske i urban miljö i framtiden avser arbetet undersöka hur träd reagerar och hanterar dessa situationer och ska specifikt besvara frågeställningen:

Hur påverkar vatten- och torkstress den sekundära tillväxten hos *Prunus avium*, *Prunus mahaleb* och *Prunus padus*?

### **1.4 Avgränsning, genomförande**

Materialet i denna studie kommer från ett kontrollerat försök i växthus som pågick under en månads tid. Detta innebär att studien inte har testat hur arterna reagerar i situationer utomhus eller i urban miljö. Även om syftet med studien är att bidra med information om hur arterna kan hantera stress i urban miljö, är studiens kontrollerade former viktiga för att studera arternas utveckling under just vatten- och torkstress. I urban miljö finns flera faktorer som kan påverka utvecklingen som till exempel temperatur och vind. Genom att utföra studien i växthus utesluts andra faktorer som inte är i fokus i studien.

Eftersom studien genomförts i ett växthus har medeltemperaturen varit något över normal sydsvensk temperatur utomhus. Temperatur kan påverka växternas funktion och tillväxt, men då plantorna i studien har utsatts för samma temperatur, undersöks därför inte värme-tolerans. Endast reaktioner kopplade till vattentillgång undersöks och endast reaktioner under tillväxtperioden då testet utfördes, alltså inte hur växterna reagerar under vintervila.

Även växtsubstrat kan påverka utvecklingen eftersom substrat har olika närings- och vattenhållande förmåga. Då arter har olika krav på vatten- och näringstillgång kan de vara olika gynnade av substratet vilket medför en viss risk att jämförelsen i studien inte är helt rättvis. Substratet som användes under testperioden var Hekla Regnbädd från Bara Mineraler, vilket är ett vanligt förekommande substrat i urban miljö. Det har väldränerande egenskaper vilket gör att det inte finns någon risk för att övervattna kontrollgruppen. Denna aspekt behandlas dock inte i studien, alla plantor har varit planterade i samma slags växtsubstrat. Studien görs med utgångspunkten att samtliga växter haft samma förutsättningar.



## 2. Material och metod

### 2.1. Material

I studien ingick 72 st plantor varav 24 st *Prunus avium*, 24 st *Prunus mahaleb* och 24 st *Prunus padus*. En förväxling mellan två plantor, en *P. mahaleb* och en *P. padus* gjorde att två togs bort från studiens resultat för att inte vara missvisande. Därför är det 70 st plantor som redovisas i arbetet.

Materialet har valts främst då det enligt litteraturen (Nitzelius, 1958) finns en bred ståndortsamplitud mellan arterna inom släktet vilket gör det fördelaktigt för jämförande studier. *Prunus* är även ett vanligt förekommande släkte i urban miljö vilket gör det relevant att studera närmare. Även den goda tillgången på materialet hos plantskolor var en avgörande faktor till varför släktet var lämpligt att använda i studien.

*Prunus avium* är ett snabbväxande träd som blir 15 - 20 m högt och 10 - 15 m brett. Det är en inhemsk art som växer naturligt i södra Sverige upp till Värmland. Den förekommer i hela Europa, även i Kaukasus och västra Sibirien. Arten är syrekrävande och utvecklas dåligt på marker med stillastående vatten. Arten trivs på näringsrika, genomsläppliga jordar, gärna i öppna lägen och används i landskap- och parksammanhang men också i urban miljö med hårdgjorda ytor (Sjöman & Slagstedt, 2015b). *Prunus avium* växer som bäst i djupa friska jordar (Trees and shrubs online, 2019) men utvecklas dåligt om marken är för fuktig/blöt (Nitzelius, 1958).

*Prunus mahaleb* blir 3 - 6 m hög och bred. Arten förekommer naturligt i centrala och södra Europa (Treesandshrubsonline.org, 2019) men återfinns förvildad i Sverige och västra Asien. Det är en torktålig art som trivs i varma, torra, soliga lägen (Sjöman & Slagstedt, 2015b). *Prunus mahaleb* utvecklas väl i sandiga och väl-dränerade jordar (Trees and shrubs online, 2019).

*Prunus padus* är en snabbväxande art som blir 8 - 12 m hög och 6 - 10 m bred. Arten förekommer i nästan hela Europa samt norra och mellersta Asien. Arten trivs på fuktiga marker med hög mullhalt. Den kan även växa i sandiga jordar men kräver då att grundvattnet är högt för att den ska kunna utvecklas väl (Sjöman & Slagstedt, 2015b).

Det studerade växtmaterialet kom från samma leverantör. Höjden på plantorna var mellan 60 - 80 cm. Det levererades barrotat och krukades på våren innan knoppotspring. Plantorna hölls välvattnade i växthus fram till dess att försöket satte igång.

## 2.2. Forskningsexperimentet

De 72 plantorna delades slumpmässigt upp i tre lika stora behandlingsgrupper, bestående av åtta individer av varje art i varje behandlingsgrupp, för att studera hur de hanterade olika typer av stress. I en behandling utsattes plantorna för vattenstress genom att hålla krukorna nedsänkta i vatten. Dessa jämförs med en grupp som utsattes för torkstress genom att efter etablering vara helt utan bevattning. Den tredje gruppen fungerade som kontroll där plantorna vattnades regelbundet så att krukorna kontinuerligt hölls nära substratets fältkapacitet. Stressperioden varade i 30 dagar. Vid stressperiodens slut skördades all kvarvarande biomassa. Varje planta delades upp i två delar, en ovanjordisk och en rotdel som lades i separata påsar för att kunna studera hur tillväxten ovan- och under jord har påverkats under behandlingarna. Det är studien av det skördade växtmaterialet som detta arbete utgår från.

## 2.3. Studie av biomassa och dataanalys

Påverkan av vatten- och torkstress på sekundärtillväxt har undersökts genom vägning av biomassa av trädplantor från forskningsexperimentet på SLU Alnarp. Att väga biomassa är ett konkret sätt att kunna avläsa hur individuella plantors tillväxt ser ut.

Studien inleddes med att växtmaterialet lades i torkskåp i 85 grader i 72 timmar för att säkerställa att det endast är biomassa som vägs. Därefter har varje påse med växtmaterial vägts (se Bild 1 & 2) och påsens vikt dragits från resultatet för att endast representera biomassan. Vågen som använts är en KERN ABD som visar resultat i gram med fyra decimaler för att få en så precis vägning som möjligt. Torkning och vägning har utförts i laboratorium på SLU Alnarp.

Den viktdata som tagits fram har först sammanställts i Microsoft Excel och sedan behandlats i programmet R med hjälp av forskare Björn Wiström, vid SLU Alnarp. I programmet har signifikansanalys genomförts som tar fram P-värden, vilket visar vilken signifikans behandlingarna har på resultatet. Det är ett mått på sannolikheten för att resultatet visar en faktisk behandlingseffekt och inte endast beror på slump och naturliga variationer. Ifall P-värdet är 0,05 innebär det att sannolikheten för slump är 5 %. Detta ger då en 95 % sannolikhet att det visar en faktisk behandlingseffekt (Statistiska konsultgruppen, 2016). P-värdet är därmed ett sätt att utläsa resultatets statistiska signifikans. Ju lägre P-värde, desto starkare signifikans.

Medelvärden och procentsatser har tagits fram för att presentera skillnaderna mellan arterna och behandlingsgrupperna, vilka presenteras i tabeller. Med Björn Wiströms hjälp har transformerings gjorts, vilka presenteras i diagram. Transformerings är matematiska behandlingar som genomförs för att stabilisera variansen mellan de olika grupperna som studeras vilket gör resultatet mer strömlinjeformat (Miljöstatistik, 2020).

De uppgifter som tagits fram från viktdata är vikt på ovanjordisk biomassa och rötter, total vikt och kvoten mellan rot och skott, Kvoten mellan rot och skott undersöks för att utläsa hur plantan har reglerat sin tillväxt och antingen investerat i skott- eller rotutveckling.



Bild 1 & 2. Visar vägning av växtmaterial. Av: Elin Rowicki

## 2.4. Litteratur

Litteraturen som används för att ge bakgrund och kontext till arbetet har hämtats från böcker i biblioteket på Sveriges lantbruksuniversitet i Alnarp och från vetenskapliga artiklar och rapporter publicerade på bibliotekets söktjänst. Materialet som används har valts ut utifrån relevans för frågeställningen och arbetets syfte.

### 3. Framtidens klimatscenarion

SMHI, Naturvårdsverket och Statens energimyndighet har sammanfattat klimatforskning från rapporter av IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change). I denna sammanfattning framgår att de ökade utsläppen av växthusgaser är den främsta orsaken till ökade temperaturer, vilket påverkar vädret globalt. Nederbörd förväntas öka i redan regniga områden och minska i de områden som redan är torra. Även extrema väderväxlingar förväntas öka, vilket leder till översvämningar och perioder av torka (Kjellström et al. 2014).

Det har även skett stora förändringar i atmosfären där nya högre halter av olika ämnen har uppmätts. Vid tidpunkten för IPCC:s rapport var halterna av koldioxid, metan- och lustgas i atmosfären högre än de varit på 800 000 år. Ökningen av koldioxid går att härleda till förbränning av fossila bränslen (Kjellström et al. 2014).

Globalt sett har sedan år 1950 antalet kalla extrema väderhändelser minskat medan antalet varma extrema väderhändelser har ökat. Eftersom den globala temperaturen fortsätter att stiga kan även denna utveckling förväntas fortsätta. Klimatförändringarna påverkar även olika ekosystem och fortsatta ökningar av extrema väderhändelser som värmeböljor, översvämningar, torka och bränder förväntas göra dessa system än mer utsatta (Kjellström et al. 2014).

Prognoser över hur Sveriges temperatur kommer att se ut fram till år 2100 visar att värmeböljor kommer att bli vanligare. De extrema vädersituationer som hittills uppstått var 20:e år kan förväntas återkomma vart 5:e eller vart 3:e år (Kjellström et al. 2014). Prognoser över nederbörden i Sverige visar att den kommer att öka. Antalet dagar med skyfall förväntas bli fler och få ökad intensitet. Beroende på vilket scenario som beräknas, förväntas nederbörden vid slutet på seklet, 2070 - 2100 vara 15, 25 eller 40 % högre än vid föregående sekelslut 1970 - 2000 (Kjellström et al. 2014).

### **3.1.Träden och klimatet i urban miljö**

Urban miljö skiljer sig ofta från trädens naturliga växtplatser. I urbana situationer utsätts de för olika typer av stress som höga temperaturer, sträng kyla, vatten- och näringsbrist och kompaktering (Pålstam, 2003). En ökad global temperatur gör att marken blir torrare vilket gör att det finns mindre tillgängligt vatten för vegetation. Detta blir särskilt påtagligt i städer där träden i begränsade växtbäddar samsas med hårdgjorda material och annan underjordisk infrastruktur (Pålstam, 2003). De hårda materialen i urban miljö värms lätt upp av solen, vilket bidrar till högre lufttemperatur. Att markmaterialen är opermeabla gör att regnvatten rinner bort, något som vidare ökar uppvärmningen (Pålstam, 2003). Denna temperaturökning kallas den urbana värmeö-effekten (urban heat island effect) vilket betyder att den urbana staden har högre temperatur än omkringliggande landsbygd (Sjöman & Slagstedt, 2015a). Detta sätter höga krav på det växtmaterial som ska överleva dessa perioder med stress och extremt väder i urban miljö.

Träd bidrar med ekosystemtjänster som spelar en viktig roll i att hantera det lokala klimatet, särskilt för att minska konsekvenserna av skyfall. Genom deras förmåga att fånga upp nederbörd minskar avrinning och därmed belastningen på dagvattensystemet. Vatten som inte evaporerar rinner ner för grenarna, stammen och infiltreras i marken för att sedan tas upp av rötterna. Effekterna av ett skyfall kan därmed lindras tack vare träden. De bidrar även med lokal nedkylning tack vare att skuggan kyler ner hårdgjorda material vilken minskar temperaturökningen. De renar även luften, lagrar koldioxid och är en viktig boplats för insekter och djur vilket bidrar till biodiversiteten i staden. Det krävs dock att trädet är av större storlek för att dessa fördelar ska ge någon effekt. Det är därför viktigt att träden får en möjlighet att utvecklas väl och bli gamla för att vi ska kunna ta del av alla fördelar (Liptan, 2017).

## 4. Växtfysiologi och stress

### 4.1. Trädens vattenupptag

Eftersom träd står fast på samma plats under sin livslängd har de utvecklat olika responser och strategier för att hantera påfrestande yttre faktorer (Xu, 2015). Till skillnad från djur är växter uppbyggda av celler med stela cellväggar av cellulosa. Detta gör att det kan skapas ett tryck (som kallas turgor) inuti växten som hjälper till att transportera vatten från roten, till stammen och ut i bladen för att sedan transpirera (Taiz, 2015). Växter strävar konstant efter en balans av vatten i upptag, transport och transpiration för att funktionerna i växten ska kunna upprätthållas (Taiz, 2015). Funktionerna som är kopplade till turgor trycket är bland annat transport inuti växten, cellförstoring och stomata (även kallat klyvöppningar) vilket styr transpirationen av vatten och gasutbyte från bladen (Taiz, 2015).

Vatten är en av de viktigaste resurserna för växters överlevnad, men ofta också den resurs som är mest begränsad, (Taiz, 2015) särskilt i urban miljö där växterna samsas med hårdgjorda material (Pålstam, 2003). Av allt vatten som växten tar upp transpireras 97 % ut igen i atmosfären, 2 % stannar kvar i växten och 1 % används till fotosyntes eller andra processer. Detta innebär att växtens höga omsättning av vatten gör att de ofta kräver mer vatten än vad som finns tillgängligt i de urbana förutsättningarna. Den höga andelen vattenförlust förklaras med att för varje koldioxidmolekyl som växten tar upp, förloras 400 vattenmolekyler (Taiz, 2015). Eftersom vatten är en grundläggande resurs för bibehållande av växtens funktioner och överlevnad, ger brist på vatten stora konsekvenser. Exempel på dessa är rötternas förmåga att ta upp näring ur marken och bladens förmåga att ta upp koldioxid i atmosfären. Även transporten av näringsämnen inom växten påverkas av förändringar i vattentillgången. (Mooney et al. 199).

Fördelningen av biomassan på ovan- och underjordiska delar i växten kan förändras beroende på miljön kring växten. Denna kvot baseras på en balans mellan fotosyntes i bladen och vattenupptag från rötterna. De underjordiska delarna växer med hjälp av energin från fotosyntesen, tills behovet överstiger den energi som de ovanjordiska delarna genererar. På motsvarande sätt växer skotten och bladen med hjälp av vatten från rötterna, tills vattenbehovet överstiger den kapacitet som rötterna har att ta upp vatten. Ifall tillgången på vatten förändras, förändras också denna balans. Om den tillgängliga vattenmängden minskar, minskar också utvecklingen av de ovanjordiska delarna och resurserna kan istället omfördelas till att investera i rotutveckling vilket sedan gynnar vidare tillväxt av de ovanjordiska delarna (Taiz, 2015).

Stress behöver inte heller endast vara negativt utan kan i korta perioder gynna tillväxt. En planta som tidigt i sin utveckling utsätts för kort period av vatten- eller torkstress kan ofta hantera situationen bättre nästa gång. Tillväxten hämmas då inte i samma utsträckning vid framtida stress (Kozłowski & Pallardy, 2002). Detta beror på att växten

kan behålla en del av de hormoner som triggas vid stress långt efter att stressen avtagit, vilket gör att de är förberedda till nästa stressperiod (Taiz, 2015). Mekanismerna som gynnas av kortare perioder av stress är förmåga att justera den osmotiska potentialen, vilket styr transporten av näringsämnen, elasticiteten i cellvävnad och omfördelning av tillväxt till rötter eller skott (Kozlowski & Pallardy, 2002).

## 4.2. Trädens tillväxt

För att ett träd ska kunna växa krävs kolhydrater som genereras av fotosyntesen, olika hormoner som möjliggör fysiologiska processer, mineraler, vatten för att behålla turgortrycket i plantan och yttre miljöfaktorer som är gynnande för växten och inte hämmar de inre processerna (Kozłowski et al. 1991). Tillväxten delas in i två delar, den primära och sekundära. Den primära tillväxten avser tillväxt från apikala meristem som knoppar och rotspetsar. Skotttillväxten påverkas särskilt av hur lång period som växten kan fotosyntetisera, perioder av torka och fjolårets vitalitet och förutsättningar (Oliver & Larson, 1996). Den sekundära tillväxten kommer från två typer av laterala meristem, det vaskulära kambiet och korkkambiet och avser tillväxt som genererar förtjockning av rötter, stam och grenar (Taiz, 2015). Den kommer igång senare på våren efter att den primära skotttillväxten aktiverar hormoner som stimulerar den sekundära tillväxten (Oliver & Larson, 1996). Det är den sekundära tillväxten som ger stabilitet till vedartade växter och möjliggör trädens höjdtutveckling (Taiz, 2015).

Rötterna behöver vara anpassningsbara för att kunna förse växten med byggstenarna för tillväxt under olika förutsättningar (Taiz, 2015). Tillväxten av rötter på små plantor pågår hos de flesta arter under hela året ifall markfukten och temperaturen är gynnsam för arten. Ofta sker även extra rottillväxt under tidig vår innan skotten börjar växa, samt under hösten när skotttillväxten avstannat (Oliver & Larson, 1996). På så vis fördelar plantan sin tillväxt och fokuserar antingen på ovanjordiska eller underjordiska delar. Det behöver finnas en jämn balans i fördelningen mellan rot och ovanjordiska delar. Dels för att växten ska kunna ta upp vatten men också för att den ska kunna fotosyntetisera. Kvoten mellan rot och skott visar hur växten investerat sin tillväxt i relation till vattentillgången i marken (Schulze et al, 2005). Stress påverkar skotttillväxt mer än fotosyntesen, vilket gör att tillväxten dirigeras om till rötterna och därmed kan öka kvoten mellan rot och skott. På samma vis avstannar rottillväxten tillfälligt till förmån för skott- och bladutveckling ifall växten drabbas av avlövnning och därmed får mindre bladyta som kan fotosyntetisera (Kozłowski et al. 1991). Den omgivande miljön styr den kapacitet som växten har att tillgå (Schulze et al, 2005) och växten kan justera tillväxten utifrån de miljöförhållanden som finns omkring (Taiz, 2015).

Hur skotttillväxten ser ut varierar mellan arter och individer och förändras även med trädets ålder. Omgivande miljö, som torka och översvämning, påverkar tillväxten särskilt tydligt hos unga plantor och mycket gamla träd (Oliver & Larson, 1996). Rötternas tillväxthastighet varierar även under året beroende på säsong (Oliver & Larson, 1996). Tillväxten är i början hos unga plantor långsam fram tills det att fler blad och ett bredare rotsystem har utvecklats vilket gör att plantan kan öka sina resurser och sin tillväxt (Oliver & Larson, 1996). Träden kan även lagra näring i barken under tillväxtsäsongen som kan användas senare när vårens tillväxt påbörjas (Taiz 2015).



### 4.3. Generellt om stress

Definitionen av stress, i botanisk bemärkelse, är yttre omständigheter som hindrar en växt från att uppnå sin fulla genetiska potential i höjdtveckling, vikt och reproduktion, vilket sammantaget räknas till den totala biomassan (Taiz, 2015). Både vatten- och torkstress påverkar näringstillgången. Reduktionen av näringsupptaget i växten yttrar sig på flera sätt. Det påverkar bladen, tillväxt och hormoner i xylemet. Studier visar att växten skickar signaler med hjälp av hormoner via vatten i xylemet från roten till de ovanjordiska delarna för att hantera situationen. Hormoner som hämmar tillväxt och påbörjar nedbrytning av växten utsöndras, vilket leder till att klyvöppningarna stängs och bladfällning påbörjas (Mooney et al. 1991).

Hur fort dessa signaler från rötterna rör sig i växten varierar mellan arter och växtens storlek. Hos örtartade växter kan signalen nå fram inom några minuter medan det kan dröja som mest ca 10 dagar hos stora barrträd (Mooney et al, 1991). Reaktionen hos lövträd kan därför variera eftersom signalen från rötterna har olika långt att färdas beroende på storlek. Signaler med hjälp av hormoner är därför kanske inte alltid den mest effektiva lösningen för träden. Det finns därför fler sätt för växten att kommunicera mellan skott och rot. Även trycket i floemet påverkas av vattenstressen vilket också skickar signaler att reglera socker och koldioxidhalten i växten (Mooney et al, 1991).

Faktorer som påverkar växtens stresstolerans är dels genetiska och skiljer sig mellan arter, men även frökällan kan spela roll för plantans tolerans. Framförallt påverkar även längden på stress perioden och under vilken årstid detta inträffar, alltså om växten är i vila eller i aktiv tillväxt (Xu, 2015).

#### **4.4. Innebörden och konsekvenser av torkstress**

Det som händer vid torkstress är att cellerna, som vanligtvis är fyllda med vatten torkar ut, vilket i sin tur påverkar flera fysiologiska processer i växten. Vatten behövs för att fotosyntesen ska fungera vilket gör att växten vid torka inte kan producera nya byggstenar för tillväxt. Utan vatten minskar även turgortrycket vilket gör att näringstransporten i växten försvagas och växten slokar (Taiz, 2015). Torkstressen påverkar näringsomsättningen i växten på två sätt. Främst för att det inte finns något vatten som kan transportera näringsämnen inuti växten, men också för att näringen i marken blir otillgänglig för växten vid torka (Mooney et al. 1991).

Näringsämnena försvinner från växten i olika takt. Halterna av kalium och magnesium minskar först till följd av den minskade cirkulationen och vattenpotentialen i växten. Kvävehalterna förblir höga till en början även under torka men sjunker efterhand som mineraliseringen i marken avtar då det organiska materialet torkar upp och blir otillgängligt för växten (Mooney et al. 1991). Träd med näringsbrist blir glest förgrenade medan växter med god tillgång till näring blir buskiga. Detta beror på att växter med näringsbrist fokuserar på huvudskottet istället för att skapa fler grenar (Taiz, 2015).

Ved som utvecklats under torkstress har ofta starkare cellväggar som producerar mer lignin än cellulosa, vilket gör att vattentransporten och den vattenhållande förmågan förbättras (Taiz, 2015). Detta är ett sätt för trädet att vara bättre förberedd inför nästa period av torka. Längre perioder av torka kan dock resultera i att fotosyntesen hämmas, membran och proteiner destabiliseras i växten, bladen fälls och cellerna i växten dör (Taiz, 2015).

#### **4.5. Innebörden och konsekvenser av vattenstress**

Vid översvämningar blir marken vattenmättad vilket förhindrar gasutbytet i marken. Den låga syrehalten skapar ett tryck som gör att näringen blir otillgänglig för växten. När syretillgången blir lägre avstannar även mikrobiella funktioner i marken som nitrifikation och ämnen utsöndras som är giftiga för växter (Blom & Voesebeck, 1996). Det syre som finns kvar används upp av organismer i marken efter bara några timmar (Kozłowski et al. 1991). Översvämningar förändrar markstrukturen genom att aggregat bryts ner. I denna miljö trivs bakterier som i sin tur minskar näringsämnena i marken och bidrar till denitrifikation. Vattenmättningen gör även att nedbrytningen av organiskt material minskar till hälften av den nedbrytningshastighet som jordar vanligtvis har. En kompakterad mark i urban miljö blir också syrefattig, men minskningen av syre sker långsammare i kompakterad mark än vid översvämning (Kozłowski et al. 1991).

När en växt utsätts för vattenstress sker flera förändringar inuti plantan och dess ämnesomsättning. Mängden tillväxthormoner ändras vilket påverkar flera funktioner (Kozłowski et al. 1991). Till exempel påverkas membranstrukturen i celler, sockerhalt, proteintillverkning och enzymer (Xu, 2015). Fotosyntesen reduceras kraftigt under översvämningar eftersom stomata stängs vilket minskar upptaget av koldioxid, vilket är grunden för växtens uppbyggnad (Kozłowski, 1991). Även proteintillverkningen dämpas (Taiz, 2015) och därmed minskar den ovanjordiska tillväxten genom att blad inte kan utvecklas och förlängningen av skott och frögroningen hindras (Kozłowski et al. 1991). Dessa faktorer gör att växten åldras och bladen faller för tidigt. Förändringarna i växten kan ge skador och leder oftast till att plantan till slut dör (Kozłowski et al. 1991).

Minskad syrehalt resulterar ofta dessutom i minskad rottillväxt eller att tillväxten upphör helt. Existerande rotsystem kan även förmultna då svampar som kan leva i syrefattiga miljöer får ökad aktivitet under dessa förhållanden (Kozłowski et al. 1991). Rötternas tillväxt påverkas på grund av detta ofta mer än skotttillväxten, vilket skapar obalans när översvämningen avtar och trädets rötter då inte kan förse de ovanjordiska delarna med tillräckligt med vatten och näring. Skadorna på rotsystemet gör också att näringsupptaget från jorden minskar (Kozłowski et al. 1991).

Hur träd påverkas av översvämningar varierar mellan olika arter och beror även på tillfället, intensiteten, hur länge översvämningen pågår samt trädets ålder (Kozłowski & Pallardy, 2002). Små plantor och mycket gamla träd är generellt känsligare för stress (Kozłowski et al. 1991). Vatten i rörelse är enklare att hantera än stillastående, då rörelsen bidrar till att vattnet kan syresättas av atmosfären (Kozłowski et al. 1991). Det finns även arter som kan fortsätta fotosyntetisera även under låga syre- och koldioxidhalter vilket ger dem en större chans att överleva vattenstress (Blom & Voesebeck, 1996).

#### 4.6. Strategier för torkstress

För att hantera torka har träd utvecklat olika strategier, antingen genom att behålla vatten eller genom att öka absorptionen för att balansera för vatten som förlorats genom transpirationen. Dessa förmågor varierar mellan arter beroende på deras egenskaper (Kozlowski & Pallardy, 2002).

Strategier för att tolerera torka sker ofta på bekostnad av tillväxt. Genom att t.ex. stänga stomata i bladen för att undvika vattenförlust hämmas fotosyntesen (Smith & Griffiths, 1993). Bladens främsta funktion i växten är att fotosyntetisera vilket ger växten energi till att utvecklas. Under stress hämmas utvecklingen av blad, vilket skapar en negativ spiral i näringstillgången och tillväxten. Detta gäller dock inte för de arter som har förmågan att hålla stomata öppna även under låga potentialer (Taiz et al. 2015).

Morfologiska strategier för att behålla vatten kan vara att bilda mindre blad vilket minskar transpirationen, kontroll över stomatans storlek, öppningsfrekvens och vattenanvändningseffektivitet (Smith & Griffiths, 1993). Ett annat sätt för träden att bevara vatten är genom att fälla löv. Detta gör att bladmassan minskar, vilket även gör att transpirationen minskar. En del arter kan för att öka absorptionen också investera i rotutveckling i ett försök att hitta mer vatten i marken (Mooney et al. 1991).

Omfördelning av resurser till att utveckla mer rotvolym är vanligt för växter som utsätts för torra och näringsfattiga miljöer (Kozlowski & Pallardy, 2002). Hos många arter krymper rötterna vid torka, vilket skapar ett tomrum mellan roten och jorden. Adventivrötterna hjälper då även till med att återfå kontakt med jorden (Smith & Griffiths, 1993).

Förmågan att kunna justera den osmotiska potentialen är en viktig strategi för att hantera torka. Detta innebär att växten kan samla näringsämnen och använda dessa för att sänka turgortrycket och därmed kunna absorbera vatten även under låga vattenpotentialer (Taiz, 2015). Egenskapen att kunna justera den osmotiska potentialen efter behov skiljer sig mellan olika arter (Kozlowski & Pallardy, 2002). Det har visats skillnader i den osmotiska potentialen mellan växter som är mer- eller mindre torktåliga. De arter som är mer torktåliga har ofta lägre osmotisk potential och kan också sänka den för att anpassa omsättningen i växten (Mooney et al. 1991). En anpassningsbar osmotisk potential kan innebära att fotosyntesen kan fortgå och kan även skydda från de giftiga joner som utsöndras i marken. Detta sker dock på bekostnad av näringsämnen som krävs för att upprätthålla potentialen (Kozlowski & Pallardy, 2002). Arter som trivs bättre på friska marker har ofta högre osmotisk potential och visar inte någon förmåga att justera den (Mooney et al. 1991).

#### 4.7. Strategier för vattenstress

Toleransen för översvämning varierar mellan arter, där vissa kan överleva ett par säsonger med rotsystemet under vatten medan andra inte överlever mer än några veckor (Mooney et al. 1991). Som tidigare nämnts blir jorden syrefattig när den är vattenmättad. Växter som lever i våtmarker har utvecklat morfologiska fördelar som kompenserar för syreförlusten under mark. Till exempel vävnad i de ovanjordiska delarna som kan ta upp koldioxid och syre för att transportera ner till rötterna och ut i rotzonen (Kozłowski et al. 1991).

En annan strategi är att utveckla adventivrötter för att hitta utrymmen i marken med syre samt för att kompensera för eventuell förmultning av det ursprungliga rotsystemet (Kozłowski & Pallardy, 2002). De arter som enkelt kan omfördela sina resurser till att investera i rotutveckling har större chans att överleva vattenstress (Kozłowski & Pallardy, 2002).

Vissa arter som tål översvämning kan även utveckla särskilda stora lenticeller på de stam- och rottdelar som är under vatten. Dessa hjälper växten att bli av med skadliga ämnen som bildats på grund av vattenstressen och bidrar med lufttillförsel (Kozłowski & Pallardy, 2002). Ett kännetecken för *Prunus* arter är att de har mycket lenticeller (Nitzelius, 1958), men inför detta arbete har inte någon information hittats om dessa är effektiva för gasutbyte vid översvämningar.

I en studie gjord 1973 av Rowe och Beardsell visades *P. mahaleb* och *P. avium* vara extremt känsliga för översvämning. *P. padus* ingick inte i studien (Kozłowski et al. 1991).

## 5. Resultat

Resultatet från vägningen av plantornas biomassa presenteras här i sin helhet. Generellt har de plantor som varit vatten- och torkstressede vägt mycket mindre än sin kontrollgrupp och därmed haft mindre tillväxt. Ett undantag är dock *Prunus padus* som haft mer tillväxt under torka i jämförelse med kontrollgruppen. Samtliga arter har under vattenstress mindre rotvolym än ovanjordiska delar, vilket visas i kvoten mellan rot/skott (se Tabell 1, 2 och 3)

### 5.1 Artsammanställning

<i>Prunus avium</i>						
	Kontroll	Torkstress	% differens	Vattenstress	% differens	P-värde
Ovanjordisk vikt	20	12.7	-36.5	12.8	-36	0.01
Rot vikt	49.68	28.25	-43.14	7.09	-85.91	0.001
Total vikt	70.7	41.3	-41.58	21.1	-70.16	0.001
Kvot rot/skott	2.393	1.96	-18.09	0.798	-66.65	0.001

Tabell 1. Visar medelvärdet på vikten av biomassan hos *Prunus avium* efter försöksperioden. Siffrorna i orange visar att tillväxten varit mindre än hos kontrollgruppen. Den procentuella differensen visar skillnaden i jämförelse med kontrollgruppen. Konstruerad av: Elin Rowicki

<i>Prunus mahaleb</i>						
	Kontroll	Torkstress	% differens	Vattenstress	% differens	P-värde
Ovanjordisk vikt	12.9	11.3	-12.4	10.5	-18.6	0.01
Rot vikt	14.39	14.3	-0.63	6.88	-52.19	0.001
Total vikt	26.1	24.1	-7.66	15.6	-40.23	0.001
Kvot rot/skott	0.908	1.05	+15.64	0.551	-39.32	0.001

Tabell 2. Visar medelvärdet på vikten av biomassan hos *Prunus mahaleb* efter försöksperioden. Siffrorna i orange visar att tillväxten varit lägre än kontrollgruppen. Siffrorna i grönt visar att tillväxten varit större än kontrollgruppen. Den procentuella differensen visar skillnaden i jämförelse med kontrollgruppen. Konstruerad av: Elin Rowicki

<i>Prunus padus</i>						
	Kontroll	Torkstress	% differens	Vattenstress	% differens	P-värde
Ovanjordisk vikt	16.2	12.5	-22.84	10.1	-37.65	0.01
Rot vikt	12.82	17.76	+38.53	5.36	-58.19	0.001
Total vikt	30.1	31.4	+4.32	16.3	-45.85	0.001
Kvot rot/skott	0.669	2.756	+311.69	0.343	-48,73	0.001

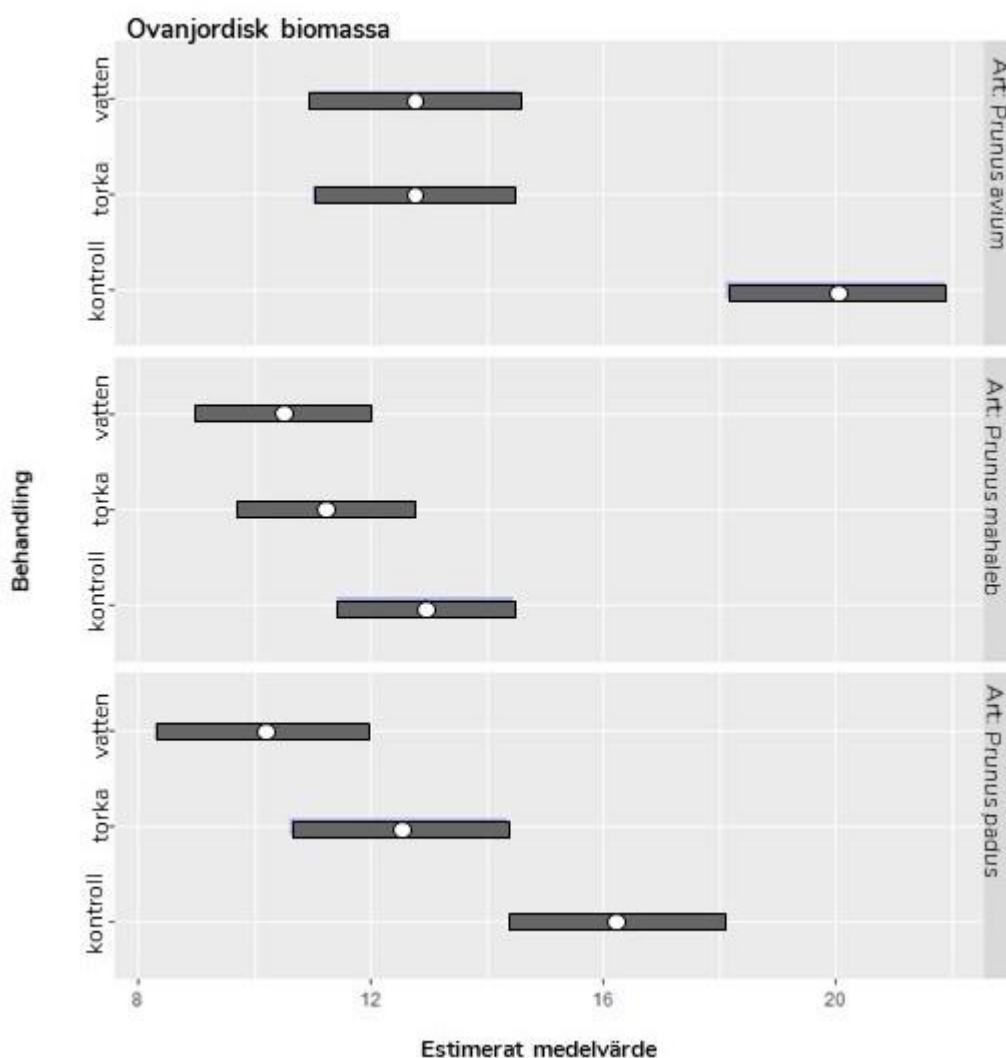
Tabell 3. Visar medelvärdet på vikten av biomassan hos *Prunus padus* efter försöksperioden. Siffrorna i orange visar att tillväxten varit lägre än kontrollgruppen. Siffrorna i grönt visar att tillväxten varit större än kontrollgruppen. Den procentuella differensen visar skillnaden i jämförelse med kontrollgruppen. Konstruerad av: Elin Rowicki

Tabell 1 visar att de torkstressade plantorna av arten *P. avium* har 36,5 % och de vattenstressade 36 % mindre vikt i ovanjordiska delar i jämförelse med kontrollgruppen. Rotvikten hos *P. avium* är tydligt mindre på de plantor som varit vattenstressade. Rotutvecklingen är 43,14 % mindre hos de torkstressade än kontrollgruppen medan rotvikten hos de vattenstressade är 85,73 % mindre än kontrollgruppen. *P. avium* har störst skillnad i total vikt mellan de stressade plantorna och kontrollgruppen. De vattenstressade plantorna har 70,16 % lägre total vikt och de torkstressade 41,58 % lägre i jämförelse med kontrollgruppen. Kvoten 2.393 visar att arten normalt har mycket större rotsystem än ovanjordiska delar men efter torkstress sjönk kvoten med 18,09 % och efter vattenstress med 66.65 %.

Tabell 2 visar att *P. mahaleb* är den art som haft minst, men mest jämn tillväxt mellan de olika behandlingarna. De vattenstressade plantorna har utvecklats minst ovan jord, med 18,6 % mindre vikt i jämförelse med kontrollgruppen. De torkstressade har utvecklats lite mer, med 12,4 % mindre ovanjordisk vikt än kontrollgruppen. Rotvikten hos *P. mahaleb* är lägst hos de vattenstressade plantorna som har 52,19 % mindre vikt i jämförelse med kontrollgruppen. Rotvikten och den totala vikten skiljer sig minimalt mellan de torkstressade och kontrollgruppen, endast 0,63 % mindre underjordisk vikt och 7,66 % mindre total vikt. De vattenstressade har 40,23 % mindre total vikt än kontrollgruppen. Kvoten mellan rot och skott i kontrollgruppen är 0.908, vilket innebär att arten normalt har något mindre rotvikt än ovanjordisk vikt. De torkstressade plantorna har investerat i mer rottillväxt än i de ovanjordiska delarna och därmed ökat kvoten med 15,64 %. De vattenstressade plantornas kvot är 39,32 % mindre än kontrollgruppen. Detta innebär att de vattenstressade plantornas ovanjordiska delar väger dubbelt så mycket som rötterna.

Tabell 3 visar att *P. padus* har störst spridning på hur tillväxten av de ovan- och underjordiska delarna påverkats av behandlingarna. De ovanjordiska delarna väger 37,65 % mindre hos de vattenstressade plantorna och de torkstressade 22,84 % mindre än kontrollgruppen. Rötterna hos de torkstressade väger 38,53 % mer än kontrollgruppen. De vattenstressade har den lägsta tillväxten av de tre arterna med 58,19 % mindre rotvikt i jämförelse med kontrollgruppen. De torkstressade har 4,32 % mer i total vikt än kontrollgruppen medan de vattenstressade har 45,85 % mindre vikt än kontrollgruppen. Kvoten 0.669 i kontrollgruppen visar att de ovanjordiska delarna nästan väger dubbelt så mycket som rötterna. De torkstressade plantornas rotvikt är däremot nästan tre gånger så mycket som den ovanjordiska vikten med en kvot på 2.756. De vattenstressade plantornas kvot är 48,73 % lägre än kontrollgruppen.

## 5.2 Ovanjordisk biomassa



**Figur 1.** Visar biomassan av de ovanjordiska delarna hos samtliga arter efter behandlingarna. Diagrammet är uträknat med roten ur transformerad. Framtagen av: Björn Wiström (2020) SLU

Figur 1 visar vikten på de ovanjordiska delarna hos samtliga arter. Y-axeln visar behandlingen, X-axeln visar det estimerade medelvärdet och spridningsmättet av biomassans vikt hos respektive grupp.

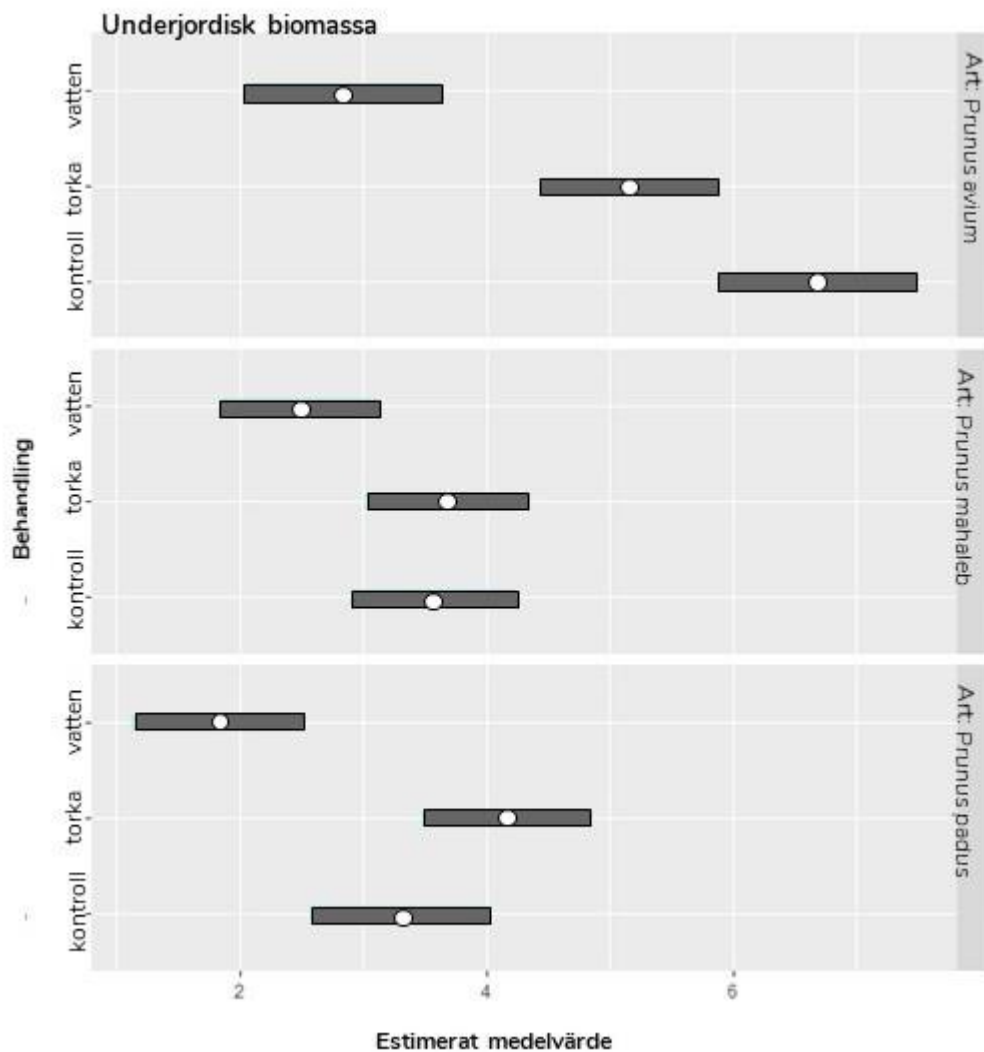
De stressade *P. avium* har nästintill identisk utveckling medan kontrollgruppen har nästan dubbelt så stor tillväxt ovan jord. Torkstress och vattenstress hämmar alltså tillväxten ovan jord lika mycket hos arten.

*P. mahaleb* har liknande utveckling hos varje behandlingsgrupp, dock något mer tillväxt ovan jord hos de torkstressade och ytterligare något mer tillväxt i kontrollgruppen.

*P. padus* är den art som har störst skillnad mellan de stressade plantorna, men även hos denna art har kontrollgruppen störst tillväxt ovan jord.



### 5.3 Underjordisk biomassa



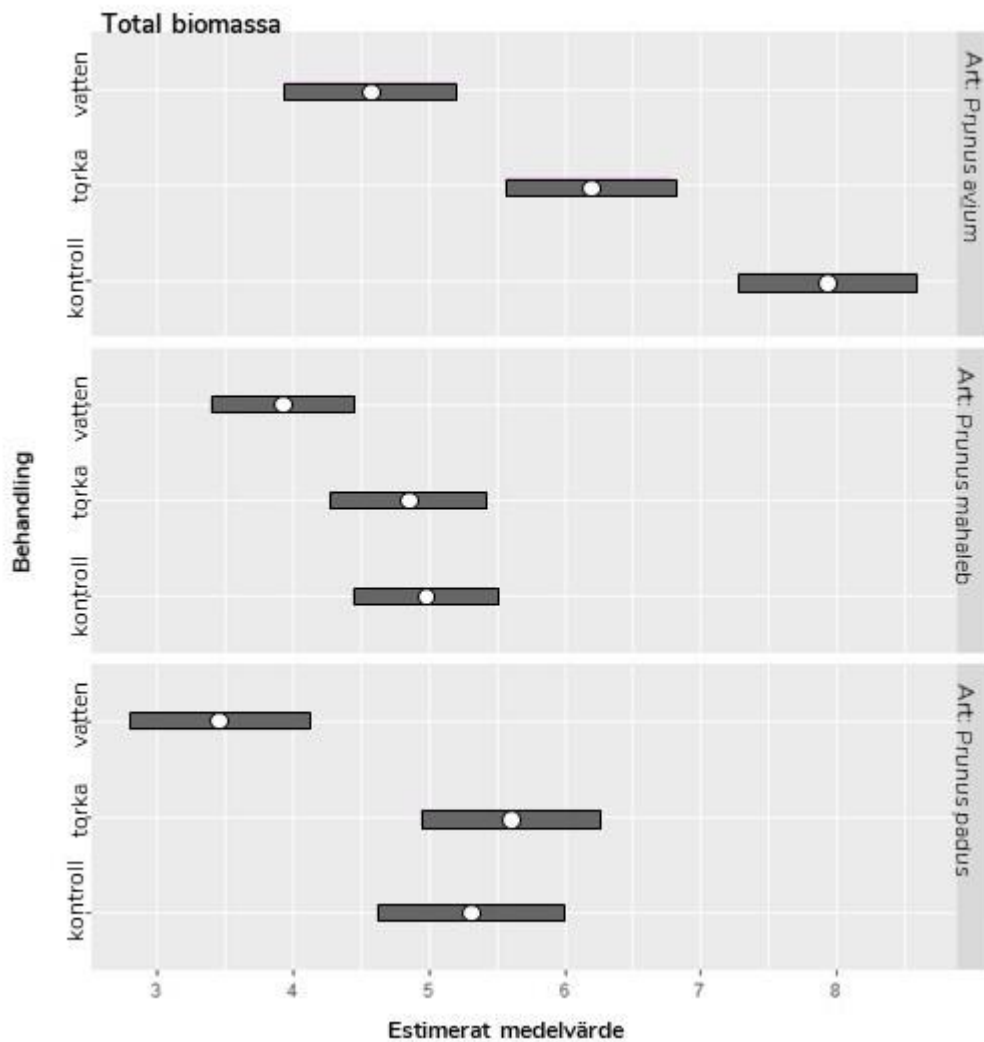
**Figur 2.** Visar biomassan av underjordiska delar hos respektive art efter behandlingarna. Diagrammet är uträknat med roten ur transformerad. Framtagen av: Björn Wiström (2020) SLU

Rotvikten är störst hos *P. avium*s kontrollgrupp och något lägre hos de torkstressade plantorna. De vattenstressade har avsevärt mycket mindre rotvikt.

Hos *P. mahaleb* är rotvikten hos de torkstressade lite mer än kontrollgruppen medan de vattenstressade har tydligt mindre rotvikt.

De torkstressade *P. padus* påtagligt mer rotvikt än kontrollgruppen medan de vattenstressade har påtagligt mindre rotvikt.

## 5.4. Total biomassa



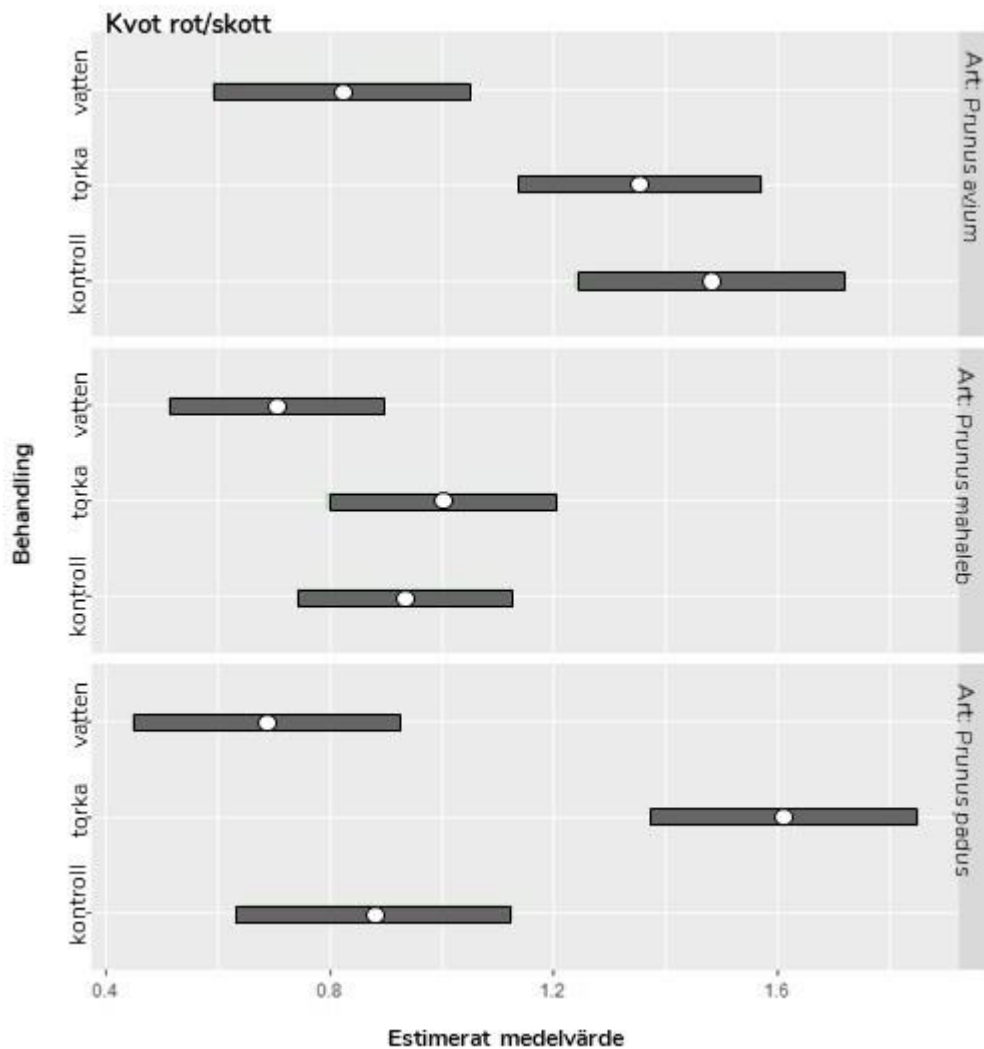
**Figur 3.** Sammanställning av total vikt av plantornas under- och ovanjordiska delar efter behandlingarna. Diagrammet är uträknat med roten ur transformerad. Framtagen av: Björn Wiström (2020) SLU

De vattenstressade *P. avium* har avsevärt mindre total vikt än kontrollgruppen. Även de torkstressade plantornas har mindre total vikt i jämförelse med kontrollgruppen.

De torkstressade *P. mahaleb* har endast lite mindre i total vikt än kontrollgruppen medan de vattenstressade väger något mindre.

Hos *P. padus* har de torkstressade mer i total vikt än kontrollgruppen medan de vattenstressade har betydligt mindre.

## 5.5 Kvoten mellan rot/skott



**Figur 4.** Visar en sammanställning av förhållandet mellan rot och skott efter behandlingarna. Diagrammet är uträknat med roten ur transformerad. Framtagen av: Björn Wiström (2020) SLU

Kvoten hos de torkstressade och kontrollgruppen *P. avium* är liknande men de torkstressade har något lägre kvot medan de vattenstressade har betydligt lägre kvot.

*P. mahaleb* har relativt lik kvot mellan behandlingsgrupperna men något mer hos de torkstressade och lägst kvot hos de vattenstressade.

De torkstressade *P. padus* har betydligt större kvot än kontrollgruppen och de vattenstressade har något mindre i jämförelse med kontrollgruppen.

## 6. Diskussion

I resultatet är det tydligt att arterna haft mer tillväxt under torkstress än vattenstress. Särskilt har rotvikten varit större än de ovanjordiska delarna under torka. Man kan därför dra slutsatsen att arterna omlokaliserat sina resurser och prioriterat rottillväxt i ett försök att hitta mer vatten i substratet, dock med varierande resultat. Den art som haft mest anmärkningsvärd utveckling efter stressbehandlingarna är *P. Padus* och därför inleds diskussionen med fokus på just den arten.

### 6.1. *Prunus padus*

De torkstressade plantorna av *P. padus* har överlag mer tillväxt än de vattenstressade, men skillnaden är tydligast i rotvikten. Rötterna hos de torkstressade väger 38,53 % *mer* än kontrollgruppen medan de vattenstressade väger 58,19 % *mindre* (se Tabell 3 och Figur 2). Detta är anmärkningsvärt då arten anses hantera fuktiga förhållanden bättre än torra (Sjöman & Slagstedt, 2015b). Ökningen av rottillväxt under torka syns även tydligt på kvoten mellan rot och skott där kvoten är 2.756 efter torka i jämförelse med kontrollgruppens 0.669. Kvoten 0.669 visar att de ovanjordiska delarna väger nästan dubbelt så mycket som rötterna vid kontinuerlig bevattning, vilket betyder att arten normalt sett prioriterar att utvecklas ovan jord. Detta innebär att arten kunnat omlokalisera sina resurser med goda resultat och gjort en avsevärt större investering i rottillväxt under torka för att hantera stressen. Under vattenstress är kvoten däremot endast 0.343 vilket innebär att rotsystemet nästan halverats under den behandlingen.

*P. padus* har även oväntad tillväxt av de ovanjordiska delarna efter behandlingarna. De torkstressade plantorna har 22,84 % mindre ovanjordisk vikt i jämförelse med kontrollgruppen medan de vattenstressade har 37,65 % mindre än kontrollgruppen (se Tabell 3). Detta är anmärkningsvärt då arten anses vara den mer fuktföredragande av de tre studerade arterna. Teoretiskt bör därför de vattenstressade ha utvecklats mer, men studien visar det motsatta. I studien är *P. padus* den art som haft minst tillväxt av de tre under vattenstress. Detta visar att arten även kunnat investera i mer ovanjordisk biomassa under torkstress än vad som förväntats av arten.

De torkstressade plantorna har ökat 4,32 % *mer* i total vikt än kontrollgruppen (se Tabell 3 och Figur 3). Detta visar att torkstressen påverkat tillväxten positivt, särskilt under jord. De vattenstressade har däremot 45,85 % *mindre* total vikt, vilket visar att arten haft svårt att utvecklas under vattenstress, trots att arten anses vara den som kan hantera fukt bäst av de tre som är med i studien. *P. padus* har alltså mer tillväxt både ovan- och under jord under torkstress än under vattenstress, vilket tyder på att arten kan hantera torka bättre än vad som förväntats. Då arten haft god tillväxt även under torkstress visar det att arten troligtvis kan fotosyntetisera bättre även under låga vattenpotentialer, i jämförelse med de andra arterna i studien, vilket ger den mer energi att investera i tillväxt, specifikt rottillväxt. Som tidigare nämnt är *P. padus* en snabbväxande art vilket märks på plantornas tillväxt under testperioden.

## 6.2. *Prunus mahaleb*

*P. mahaleb* har haft en likartad tillväxt oavsett vilken behandling de utsatts för. De vattenstressade plantorna har dock överlag haft något mindre tillväxt, medan de torkstressade har haft liknande, men lite mindre tillväxt än kontrollgruppen. Arten anses vara den mest torktåliga av de tre studerade arterna vilket också visar sig genom att skillnaderna i tillväxt mellan de torkstressade och kontrollgruppen är minimal i samtliga resultat. Den största skillnaden mellan kontrollgruppen och de torkstressade visas i vikten av ovanjordiska delar där de torkstressade har 12,4 % mindre vikt och de vattenstressade har 18,6 % mindre vikt i jämförelse med kontrollgruppen (se Tabell 2 och Figur 1). Det visar att arten investerat i mer tillväxt ovan jord under torkstress än under vattenstress. Eftersom *P. mahaleb* är den art som anses vara mer torktålig, är det rimligt att de torkstressade plantorna har utvecklats något mer än under vattenstress, men kontrollgruppen har trots allt en signifikant större tillväxt ovan jord.

Rotvikten hos de torkstressade *P. mahaleb* är anmärkningsvärt nog endast 0,63 % mindre än kontrollgruppen. De vattenstressade har däremot 52,19 % mindre tillväxt av rötter (se Tabell 2 och Figur 2). Att den behandlingsgruppen har minst tillväxt stämmer även överens med den tidigare studien från år 1973 av Rowe och Beardsell där arten visades vara extremt känslig för vattenstress (Kozlowski et al. 1991).

Den totala vikten mellan kontrollgruppen och de torkstressade *P. mahaleb* skiljer sig endast med 7,66 % (se Tabell 2 och Figur 3). Detta innebär att arten har god förmåga att omlokalisera sina resurser och hanterar torka bra. De ovanjordiska delarna får under torkstress stå tillbaka lite till förmån för rotinvestering.

Detta bekräftar att *P. mahaleb* är torktålig, troligtvis på grund av artens förmåga att justera den osmotiska potentialen och bibehålla turgortryck vilket möjliggör nästintill lika god tillväxt under torka som vid regelbunden vattentillförsel. Till skillnad från *P. padus* har *P. mahaleb* däremot inte någon ökad tillväxt, utan förmågan att hantera torkan sker enligt studien på bekostnad av ökad tillväxt.

Kvoten mellan rot/skott hos kontrollgruppen är 0.908 medan de torkstressade har en kvot på 1.05 (Se Tabell 2 och Figur 4). Detta innebär att arten har kunnat lokalisera om sina resurser till att investera något mer i rottillväxt under torka, vilket visar på artens torktåliga och anpassningsbara egenskaper. De vattenstressade plantornas rotvikt är däremot nästan hälften av den ovanjordiska med en kvot på 0.551. Detta innebär att arten inte kunnat investera i underjordisk tillväxt under vattenstress vilket stämmer överens med den stresstålighet som arten anses ha.

### 6.3. *Prunus avium*

De stressade plantorna hos arten *P. avium* har nästintill identisk tillväxt ovan jord. I jämförelse med kontrollgruppen har de torkstressade 36,5 % och de vattenstressade 36 % mindre vikt (se Tabell 1 och Figur 1). Detta tyder på att tillväxten av de ovanjordiska delarna påverkas signifikant av stressbehandlingen men också att de ovanjordiska delarna utvecklas liknande av både tork- och vattenstress hos arten.

Tabell 1 och Figur 2 visar däremot en markant skillnad i rotutveckling mellan stressbehandlingarna. De torkstressade har kunnat omfördela resurserna till att investera i rotutveckling nästan dubbelt så mycket som de vattenstressade i ett försök hitta vatten och näring utanför den ursprungliga rotzonen.

Tabell 1 och Figur 3 visar att *P. avium* är den art som har störst skillnad i total vikt mellan grupperna. De vattenstressade har 70,16 % mindre total vikt och de torkstressade 41,58 % mindre i jämförelse med kontrollgruppen. Detta tyder på att arten har en god förmåga att omfördela sina resurser till att investera mer i rotutveckling som strategi för att hantera torkstressen.

*P. avium* har den högsta kvoten i fördelningen av rot och skott, vilket innebär att arten har störst rotsystem av de studerade, vid kontinuerlig bevattning. Arten anses vara snabbväxande och det utbredda rotsystemet kan vara en av orsakerna till att den kan ha snabb tillväxt. Kontrollgruppen har kvoten 2,393 (se Tabell 1 och Figur 4) dvs nästan 2,4 gånger mer rotvikt än skott normalt sett. De torkstressade har kvoten 1.96 vilket innebär att tillväxten under jord avstannat något under torka men att rötterna fortfarande nästan väger dubbelt så mycket som delarna ovan jord. De vattenstressade plantorna har kvoten 0.798 vilket innebär att rotvikten är något mindre än vikten ovan jord. Detta visar att arten haft svårt att investera i rottillväxt i den syrefattiga miljö som vattenstress innebär och att rotsystemet till stor del troligtvis förmultnat.

## 6.4 Övergripande diskussion

För att kunna dra slutsatser om hur andra arter reagerar på vatten- och torkstress behövs studier som inkluderar fler arter och fler replikat. I denna studie användes endast tre arter, men en större studie pågår där fler arter och individer ingår vilket ger större säkerhet i bedömningen av hur arter hanterar den stress de utsätts för.

Två av de studerade arterna har till stor del reagerat som förväntat utifrån de egenskaper som presenterats i avsnitt 2.1.1 Material. Detta gäller dock inte för *Prunus padus* då de torkstressade plantorna ökat sin tillväxt och gjort en betydande rotinvestering i jämförelse med kontrollgruppen. Detta tyder på att arten kan hantera torka avsevärt mycket bättre än vad som var förväntat. *Prunus mahaleb* har haft en förväntad utveckling med en snarlik tillväxt under torkstress jämfört med kontrollgruppen. Slutsatsen är att arten hanterar torka genom att justera den osmotiska potentialen, på bekostnad av tillväxt. *Prunus avium* tycks inte ha samma förmåga att justera osmotisk potential och omfördelning av resurser eftersom arten har störst skillnad i total vikt mellan kontrollgruppen och de växter som utsatts för stresstesten.

*P.avium* och *P.padus* anses vara snabbväxande (Sjöman & Slagstedt, 2015b) vilket är en faktor att ha i åtanke vid bedömning av arternas tillväxt. Trots att testet endast pågått i 30 dagar, kan artens specifika anlag speglas i den tillväxt som kan avläsas under perioden. Som tidigare nämnt spelar varaktigheten på stressen roll för hur arterna reagerar (Xu, 2015). Eftersom denna studie avser en stressperiod vid ett tillfälle på 30 dagar, kan studien inte uttala sig om hur arterna hade reagerat under längre eller vid återkommande perioder av stress. Viktigt att komma ihåg är att överlevnadsmekanismer i växten sker på bekostnad av tillväxt (Smith & Griffiths, 1993). Att plantorna inte vuxit så mycket kan alltså ändå tyda på att de kan hantera stress under kortare perioder till exempel genom att använda sina resurser till att behålla turgortrycket, men då med begränsad tillväxt. Enligt litteraturen påverkar även intensiteten och långvarigheten på stressperioden hur växten kan hantera situationen (Kozlowski & Pallardy, 2002).

Den låga tillväxten av rötter hos de vattenstressade plantorna i studien är troligtvis effekten av de anaeroba processer som gör att rotsystemet förmultnar under översvämningar (Kozlowski et al. 1991). Detta tyder på att arterna är mer känsliga för den syrebrist som uppstår vid vattenstress, än för torka. Vattenstress är, som litteraturen och denna studie visat, svår för många arter att hantera och kräver specifika morfologiska anpassningar. Det verkar därför vara enklare för de tre *Prunus*-arterna som studerats att bevara vatten i biomassan under torkstress jämfört med att transportera syre till rötterna under vattenstress. Detta tyder på att konsekvenserna av vattenstress större än torkstress, enligt studien som genomförts.

I urban miljö kan jorden ofta bli kompakterad och syrefattig vilket därmed hämmar tillväxten (Kozlowski et al. 1991). Vi kan därför dra slutsatsen att det är viktigt att se till

att marken inte blir kompakterad och att träden får tillgång till syre för att kunna ha en god tillväxt och överleva i urban miljö.

Plantorna i studien var unga och kan därför vara mer känsliga för stress än vad äldre plantor skulle vara. Litteraturen har visat att små plantor och mycket gamla träd är de som påverkas mest av olika typer av stress (Oliver & Larson, 1996). Ifall äldre plantor hade använts i studien skulle utfallet därför troligtvis varit annorlunda. Äldre träd kan även ackumulera näring från tidigare växtsäsonger vilket kan vara till hjälp under perioder av stress (Taiz 2015). Därför kan det ses som en fördel att materialet i studien är ungt för att kunna göra en korrekt utvärdering av stressresponsen för unga plantor. En annan aspekt av plantornas storlek i studien är att det vanligtvis inte planteras träd i den kvaliteten i urban miljö. I landskapsplanteringar kan det förekomma små plantor som då planteras tätare, men i urban miljö är det vanligast att träden har fått växa till sig i några år på plantskolan innan de planteras ut (Sjöman & Slagstedt, 2015a).

Signifikansanalysen som gjorts på resultaten, (vilket visas som P-värde i Tabell 1, 2 och 3), visar att det finns en tydlig interaktionseffekt av behandlingarna på plantornas tillväxt. Detta betyder att resultatet inte beror på slumpmässiga variationer. Eftersom det är en stark signifikans i resultatet visar det att metoden och resultatet är pålitliga och därmed relevanta för vidare studier.



## 7. Slutsats

Arterna i studien har under vattenstress visat tydlig begränsning av tillväxt, särskilt rottillväxt. Även torkstress innebär generellt en hämning av tillväxt, dock inte lika påtaglig som för vattenstress. Detta visar att för mycket vatten varit svårare att hantera än avsaknaden av detsamma. Åtminstone under den långvariga stress som studien innebar, och i den storlek som plantorna var i.

Litteraturen menar att korta perioder av stress i början av en växts utveckling kan vara fördelaktiga. Men eftersom båda typer av stress påverkar fotosyntes, näringstillgång och därmed tillväxt, kan man konstatera att växter som utsätts för stress under längre- eller upprepade perioder, kraftigt kommer att försvagas och i värsta fall dö.

Sammanfattningsvis har *Prunus padus* visat sig vara mer torktålig än förväntat då arten haft ökad tillväxt under stressperioden och kan därför med fördel användas oftare i urbana miljöer, där det kan uppstå perioder av torka. Arten har däremot haft minst tillväxt under vattenstress utav de studerade arterna. *Prunus mahalebs* torktålighet har bekräftats men utan ökad tillväxt under perioden. Vattenstressen har dock påverkat tillväxten något negativt. *Prunus avium* hanterar torkstress bättre än vattenstress men har visat tydlig negativ påverkan på tillväxt efter båda stressbehandlingarna.

Studien har visat att det finns en tydlig interaktionseffekt av behandlingarna vilket innebär att tillvägagångssättet i studien är pålitligt för framtida vidare studier, i sökandet efter arter som kan hantera framtidens förändrade förutsättningar. Resultatet kan därför ses som en betydande del i ett större arbete med att testa och utvärdera arter för att kunna välja de som kan bli långlivade i urban miljö i framtiden.

## Referenser

Blom & Voeselek. (1996) TREE vol. II, no. 7 July: ss. 290-295.

Hossain, Mohammad Anwar., Wani, Shabir Hussain., Bhattacharjee, Soumen., Burritt, David J. & Tran, Lam-Son Phan. (red.) (2016). *Drought Stress Tolerance in Plants, Vol 1 Physiology and Biochemistry*. Cham: Springer International Publishing

Kozlowski, Theodore Thomas, Kramer, Paul J. & Pallardy, Stephen G. (1991). *The physiological ecology of woody plants*. San Diego: Academic Press

Kozlowski, T.T & Pallardy, S.G. (2002). Acclimation and Adaptive Responses of Woody Plants to Environmental Stresses. *The Botanical Review*, 68(2), ss. 270-334.

Källström. Abrahamsson. Boberg. Jernbäcker. Karlberg. Morel. Sjöström. (2014) *Uppdatering av det klimatvetenskapliga kunskapsläget*. Norrköping. Naturvårdsverket, Energimyndigheten, SMHI. Klimatologi nr 9 2014. ISSN: 1654-2258.

Liptan, Thomas W. & Santen, David J. (2017). *Sustainable stormwater management - a landscape-driven approach to planning*. Timber Press

Miljöstatistik (2020). Datatransformationer. Tillgänglig:  
<http://www.miljostatistik.se/transformationer.html> [2020-03-09]

Mooney, Harold A., Winner, William E. & Pell, Eva J. (red.) (1991). *Response of plants to multiple stresses*. San Diego: Academic Press

Nitzelius, Tor (1958). *Boken om träd: en illustrerad beskrivning av inhemska och främmande träd och deras odling i vårt land*. Stockholm: Saxon & Lindströms förl.

Oliver & Larson. (1996). *Forest stand dynamics*. Update ed. New York: Wiley

Pålstam, Ylva (2003). *Träd i stadsmiljö: goda exempel för fler och friskare träd i våra tätorter*. Stockholm: Svenska kommunförbundet

Roloff, Andreas (red.) (2016). *Urban tree management [Elektronisk resurs] for the sustainable development of green cities*. Chichester: Wiley Blackwell

Schulze, E.-D., Beck, E. & Müller-Hohenstein, K. (2005). *Plant ecology*. Berlin: Springer

Smith, J. Andrew C. & Griffiths, Howard (red.) (1993). *Water deficits: plant responses from cell to community*. Oxford: BIOS Scientific Publishers

Sjöman, H (2007) Movium. *Trädarters tolerans - naturliga förhållanden som en riktlinje för ett mer kvalificerat växtval för stadens varierande ståndortsförhållanden*. Tillgänglig: <http://www.movium.slu.se/tradarters-tolerans-naturliga-forhallanden-som-en-riktlinje-ett-mer-kvalificerat-vaxtval-stadens> [2020-02-20]

Sjöman, Henrik & Slagstedt, Johan (red.) (2015a). *Träd i urbana landskap*. 1. uppl. Lund: Studentlitteratur

Sjöman, Henrik & Slagstedt, Johan (2015b). *Stadsträdslexikon*. 1. uppl. Lund: Studentlitteratur

Statistiska konsultgruppen (2016). *P-värde*. Tillgänglig: <http://stat-grp.se/entry/p-values> [2020-02-17]

Sullivan, C. Y. and Eastin, J. D., (1974). Plant physiological responses to water stress. *Agricultural Meteorology*. 14: 113 -127

Taiz, Lincoln, Zeiger, Eduardo, Møller, Ian Max & Murphy, Angus S. (red.) (2015). *Plant physiology and development*. 6. ed. Sunderland, Massachusetts, U.S.A.: Sinauer Associates

Trees and Shrubs Online (2020) *Prunus avium*. Tillgänglig: <https://treesandshrubsonline.org/articles/prunus/prunus-avium/> [2020-02-22]

Trees and Shrubs Online (2020) *Prunus mahaleb*. Tillgänglig: <https://treesandshrubsonline.org/articles/prunus/prunus-mahaleb/> [2020-02-22]

Trees and Shrubs Online (2020) *Prunus padus*. Tillgänglig: <https://treesandshrubsonline.org/articles/prunus/prunus-padus/> [2020-02-22]

Xu, L. Pana, Y. Yua, F. (2015). Effects of water-stress on growth and physiological changes in *Pterocarya stenoptera* seedlings. *Scientia Horticulturae* vol. 190 11–23