



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur,  
trädgårds- och  
växtproduktionsvetenskap

# Att bromsa en biologisk bulldozer

Hantering av *Phytophthora*, ett hot mot stadens träd

Författare: Ida Paronen



Självständigt arbete • 15 hp  
Landskapsingenjörsprogrammet  
Alnarp 2017

Att bromsa en biologisk bulldozer - Hantering av *Phytophthora*, ett hot mot stadens träd

To restrain a biological bulldozer - Coping with *Phytophthora*, a threat towards trees in urban spaces

Författare: Ida Paronen

Handledare: Frida Andreasson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Examinator: Johan Östberg, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Examensarbete i landskapsarkitektur för landskapsingenjörer

Kurskod: EX0793

Program: Landskapsingenjörsprogrammet

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2017

Omslagsbild: Johan Östberg (2015)

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

Nyckelord: *Phytophthora*, trädssjukdom, patogen, bekämpning, fungicid, stad

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

## Sammanfattning

Avsikten med det här arbetet är att undersöka *Phytophthora* i relation till träd i hårdgjorda, urbana miljöer. Det finns mycket litet skrivet om *Phytophthora* och stadsmiljöer, och det här arbetet undersöker om det finns anledning att studera ämnet djupare. Vidare är syftet att sammanställa möjliga åtgärder för att förebygga – respektive stävja ett redan introducerat *Phytophthora*-angrepp i en urban miljö.

De förhållanden under vilka *Phytophthora* frodas korrelerar i många hänseenden väl med de förhållanden som har identifierats som utmärkande för urbana hårdgjorda miljöer. Förhållandena kan sammanfattas som: (i) fuktiga förhållanden, (ii) höga pH-värden, (iii) regniga somrar och milda vintrar. Ämnet kan därför behöva studeras närmare. Därtill framgår att träd i hårdgjorda miljöer ofta är mycket stressade, vilket gör att de är särskilt mottagliga för *Phytophthora*-angrepp.

Av studien framgick att det inte går att helt stävja ett redan introducerat angrepp av *Phytophthora*, men att vissa kemiska och biologiska behandlingar har visat lovande resultat. Av allt att döma är det mest effektiva sättet att arbeta i förebyggande syfte genom exempelvis kartläggning, välgrundade val av trädarter samt sörjande för en god vitalitet hos träden.

# Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och problem	1
1.3 Material och metod	2
1.4 Avgränsningar	2
2 Phytophthora – biologi, symptom och klimatets betydelse	3
2.1 Biologi och spridningsmekanismer	3
2.2 Biologiska egenskaper som gör Phytophthora svår att hantera	4
2.3 Symptom vid ett angrepp	5
2.3.1 Symptom vid markburen Phytophthora	5
2.3.2 Symptom vid luftburen Phytophthora	7
2.4 Klimatförhållanden	7
2.4.1 Vatten	7
2.4.2 Markens kemi	8
2.4.3 Klimatförändringar	8
3 Staden som ståndort	10
3.1 Markförhållanden i en hårdgjord miljö	10
3.2 Förhållanden ovan mark	11
4 Åtgärder	13
4.1 Förebyggande åtgärder	13
4.1.1 Förberedelse	13
4.1.2 Goda växtförhållanden	13
4.1.3 Val av växt	14
4.1.4 Plantskoleledet	15
4.1.5 Arbetsätt och hygien	16
4.2 Åtgärder när ett angrepp är konstaterat	17
4.2.1 Kemiska behandlingar	17
4.2.2 Biologiska behandlingar	18
5 Diskussion	19
5.1 Varför skulle träd i urban miljö kunna vara utsatta vid ett angrepp av Phytophthora?	19
5.1.1 Kan Phytophthora trivas i urban miljö?	19
5.1.2 Mottaglighet hos träd	20
5.2 Hur kan en arbeta för att förhindra spridning av Phytophthora i urban miljö?	20

5.3 Hur kan en arbeta för att dämpa effekterna av Phytophthora i urban miljö när angreppet redan är ett faktum?	21
5.4 Metoddiskussion	22
6 Slutsats	23
7 Källförteckning	24
7.1 Internetkällor	28
8 Bilagor	29
8.1 Termer och begrepp	29

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

*“When considering globalization and Phytophthora it is hard to envisage any good news”*  
(Scott et al., s. 230, 2013)

*Phytophthora* är ett släkte av mikroorganismer, varav de flesta arterna inom släktet fungerar som växtpatogener (skadegörare på växter) som kan ha en ödeläggande effekt på växter och växtsamhällen. Det här framgår särskilt tydligt av släktets namn – “phyto” härstammar från grekiskans “växt”, och “phthora” från “förstörare” (Park & Eberhart, 2017). I Australien har patogenen tilldelats smeknamnet “biologisk bulldozer” och i USA räknas *Phytophthora* som det enskilt största hotet mot landets skogar (Scott et al., 2013; Balci & Bienapfl, 2013). Patogenen utgör även ett tilltagande problem i södra Sverige, och förväntas bli så även i landets nordligare delar (Witzell & Cleary, 2017). *Phytophthora* har spridits genom internationell handel med plantor (Scott et al., 2013). Som introducerad patogen i ett ekosystem kan *Phytophthora* agera epidemiskt, då befintlig växtlighet saknar ett utvecklat försvarssystem mot den sedan tidigare okända patogenen (Witzell & Cleary, 2017).

En del forskare menar att framtida klimatförändringar kommer att innebära alltmer förmånliga förhållanden för *Phytophthora*, och att patogenen därför kan förväntas bli ett växande internationellt problem i världens skogar (Witzell & Cleary, 2017; Scott et al., 2013; Jung et al., 2013). Framtidens klimatförändringar kommer emellertid att påverka den urbana miljön i ännu större utsträckning än landsbygden (Deak Sjöman et al., 2015), varför ett angrepp av *Phytophthora* borde kunna slå särskilt hårt mot stadens växtlighet. Det tycks emellertid inte finnas något skrivet om *Phytophthora* i relation till stadsmiljö och något sådant samband har således aldrig konstaterats. Samtidigt framgår tydligt att stadens växtlighet kommer att spela en betydande roll vid hantering av just de framtida klimatförändringarna; träd och trädkronstäckning är av särskilt stor vikt för att hålla ett drägligt mikroklimat i staden (Deak Sjöman et al., 2015).

## 1.2 Syfte och problem

Mot bakgrund av att *Phytophthora* förväntas bli ett ökande problem i Sverige är det aktuellt att sammanställa den information som finns att tillgå gällande hantering av patogenen. Eftersom *Phytophthoras* effekt på träd i urbana miljöer verkar vara ett relativt outforskat område, kommer det här arbetet huvudsakligen att behandla *Phytophthora* i relation till träd i urbana miljöer. Arbetet ämnar utreda varför träd i urbana miljöer skulle kunna vara utsatta vid ett angrepp av

*Phytophthora*, samt som vad går att göra i förebyggande syfte såväl som när ett angrepp är konstaterat i en urban miljö. De frågor som kommer att behandlas kan sammanfattas som följande:

- Varför skulle träd i urban miljö kunna vara utsatta vid ett angrepp av *Phytophthora*?
- Hur kan en arbeta för att förhindra spridning av *Phytophthora* i urban miljö?
- Hur kan en arbeta för att dämpa effekterna av *Phytophthora* i urban miljö när angreppet redan är ett faktum?

### 1.3 Material och metod

För att utreda problemet har en litteraturstudie av diverse forskningsrapporter och vetenskapliga artiklar genomförts. 2013 sammanställde CABI, Centre for Agriculture and Biosciences International, en antologi på ämnet *Phytophthora*. I antologin, *Phytophthora – A Global Perspective*, ingår texter skrivna av världsledande forskare på ämnet växtpatogener. I antologin redogörs för patogenens biologi och i texterna ges en djupare insikt i problematiken rörande *Phytophthora*. Det finns mycket litet skrivet om *Phytophthora* i relation till de förhållanden som finns i Sverige, men år 2017 släpptes en rapport om hantering av *Phytophthora* i sydsvenska skogar. Rapporten är skriven av Johanna Witzell och Michelle Cleary, på uppdrag av Skogssällskapet. I den här texten formuleras konkreta åtgärder för att hantera *Phytophthora* i rurala miljöer. Vissa av de förslag som framkommer i Witzell och Clearys text kan anses vara relevanta även för urbana miljöer.

I *Träd i det urbana landskapet*, sammanställd av Henrik Sjöman och Johan Slagstedt (2015) redogörs närmare för de förhållanden som träd lever under i stadsmiljö. Tillsammans med Philip J. Crauls *Urban soils: applications and practices* (1999) utgör dessa stommen för kapitel 3, staden som ståndort.

I litteraturstudien förekommer en del termer och begrepp som kan vara främmande för läsaren, av den anledningen ligger en ordlista som en bilaga till arbetet.

### 1.4 Avgränsningar

Den urbana miljön inbegriper ett mycket komplext nät av olika strukturer, det är således omöjligt att diskutera stadsståndorten som en enda, förenklad struktur. I avgränsande syfte kommer det här arbetet att inriktas mot träd i hårdgjorda miljöer.

## 2 *Phytophthora* – biologi, symptom och klimatets betydelse

### 2.1 Biologi och spridningsmekanismer

Under en lång tid placerades *Phytophthora* taxonomiskt i familjen *Myceteeae*, och ansågs vara en svamp (Ribeiro, 2013). Det var först under mitten av 1980-talet som arterna inom släktet började diskuteras som ”svamplika” snarare än som äkta svampar (Barr, 1992). Idag är rådande konsensus att *Phytophthora* tillhör riket *Stramenopila* och klassen *Oomycota*, arterna inom släktet betraktas således numera som algsvampar (Ribeiro, 2013). Inom släktet finns idag fler än 80 arter beskrivna, men vissa menar att mörkertalet är stort (Brasier, 2009).

*Phytophthora* har förmågan att föröka sig vegetativt, asexuellt och sexuellt (Ribeiro, 2013). *Phytophthora* har, likt äkta svampar en form av förgrenat nätverk, som kallas mycel. Den vegetativa förökningen hos *Phytophthora* sker med hjälp av mycelet, som har förmågan att sprida sig från cell till cell hos värdväxten för att livnära sig på dess innehåll. Enligt Ribeiro (2013) är *Phytophthora* unikt i att ha ett mycel som är diploid, vilket innebär att det har två kromosomuppsättningar istället för en, och patogenen kan därför reproducera exakta kopior av de egna cellerna. Ribeiro (2013) hävdar också att *Phytophthora* skiljer sig från vanlig svamp genom att ha ett mycel vars celler inte innehåller kitin.

Den asexuella förökningen sker genom att mycelet bildar så kallade sporangiofor, vilka bär sporangier – en säckliknande förökningskropp (Witzell & Cleary, 2017). Från sporangierna kan en hyf, en trådliknande struktur som bildar mycel, gro eller förändras till en zoospor. Zoosporerna är en typ av svärmspor som har förmågan att simma och infektera nya värdceller. För att snabbt kunna svara på kemiska signaler i marken har zoosporer ingen cellvägg, men omges istället av en tunn hinna (Irwing & Grant 1984). Genom kemiska signaler, skickade från rötterna, attraheras zoosporerna till värdväxtens rötter där angreppet introduceras (Dorrance, 2013). När zoosporen har nått den nya värdcellen bildas där en cysta, från vilken en ny hyf gror. Från hyfen sprider sig därefter *Phytophthora* mellan växtens celler med hjälp av mycelet. Zoosporer har förmågan att röra sig sex centimeter i mark, men avsevärt längre sträckor om de färdas i vatten (Witzell & Cleary, 2017). Klamydosporer är en annan typ av spor som bildas vid asexuell förökning, dessa får emellertid betraktas som överlevnadsstrukturer snarare än som mekanismer för effektiv spridning (Ribeiro, 2013).

Produkten av sexuell förökning hos *Phytophthora* kallas för oosporer, dessa bildas av två könsliga mycelhyfer och kan ske genom förökning mellan två lika, eller två olika individer. Det förra benämns homotalli och det senare heterotalli (Ribeiro, 2013). Oosporer skiljer sig från zoosporer genom att ha en tjock cellvägg, vilken möjliggör att oosporen kan överleva under en lång tid. Av den anledningen benämner Witzell och Cleary (2017) oosporer som ”vilosporer”. När de yttre förhållandena är de rätta gror oosporen, varpå antingen en ny hyf uppstår, eller så



kan ett könsligt sporangium bildas. Det könsliga sporangiet kan därefter bilda en hyf, eller bilda zoosporer som kan infektera nya växtceller (Judelson & Blanco, 2005).

*Phytophthora* kan förekomma som luftburen såväl som markburen (Witzell & Cleary, 2017). Hos luftburen *Phytophthora* är sporangioforernas sporangier avfallande och kan spridas med vinden eller med regndroppar. När de slutligen når en värdväxt tas de huvudsakligen upp av växtens blad, men det finns luftburna arter som även kan angripa värdväxten genom marken (ibid).

Vissa arter av *Phytophthora* är värdspecifika, vilket innebär att de har specialiserat sig på och angriper enbart växter av en särskild art, medan andra är mer flexibla och kan angripa en stor andel växter (Thines, 2013). Av de arter som angriper träd finns följande dokumenterade i Sverige: *Phytophthora quercina*, *Phytophthora syringae*, *Phytophthora cactorum*, *Phytophthora ramorum*, *Phytophthora cambivora*, *Phytophthora plurivora*, *Phytophthora alni* subsp. *uniformis* och *Phytophthora alni* subsp. *alni* (Witzell & Cleary, 2017).

## 2.2 Biologiska egenskaper som gör *Phytophthora* svår att hantera

Kurt Lamour (2013), forskare på ämnet växtpatogener vid Tennessee's universitet, konstaterar följande gällande utsikterna för utveckling av effektiva strategier för att kontrollera *Phytophthora*:

“One thing that is clear after 150+ years of research is that *Phytophthora* will often find a way around our best control efforts”

(s. 35, 2013)

En rad orsaker diskuteras som bidragande till att *Phytophthora* är svår att kontrollera, dessa sammanfattas av Ribeiro (2013) som: (i) homotalli, (ii) heterotalli, (iii) snabb utveckling av olika reproduktionsstrukturer, (iv) förmågan att mutera samt (v) förmågan att hybridisera. Med homotalli menas att organismen är självfertil, den besitter således både manliga och kvinnliga reproduktionsstrukturer. Homotalli förekommer hos mer än hälften av arterna i släktet *Phytophthora*, och innebär att patogenen kan reproducera sig sexuellt inom samma typ. Heterotalli är en förmåga som de flesta arterna har, och innebär att *Phytophthora* kan reproducera sig sexuellt genom korsning mellan olika typer (Ribeiro, 2013). Heterotalli hos *Phytophthora* innebär att olika arter av patogenen kan hybridisera, och enligt Witzell och Cleary (2017) kan ”avkomman” ha egenskaper som ursprungsarterna saknar. Författarna skriver att hybridarten kanske infekterar andra värdväxter eller fungerar som mer aggressiva skadegörare än föräldrarna (ibid). Heterotalli kan ge en uppsättning av genetiskt olika individer, vilket enligt Lamour (2013) ger rätt förutsättningar för en epidemi. Därtill är *Phytophthora* benägen att mutera, vilket innebär att smittan är anpassningsbar och har förmågan att utveckla resistens mot eventuella hot (Ribeiro, 2013).

*Phytophthora* har en förmåga att utveckla olika reproduktionsstrukturer, vilka diskuteras i föregående avsnitt som oosporer, klamydosporer och sporangier. Av dessa har både oosporer och klamydosporer förmågan att förekomma latent i marken under en lång tid, inväntandes gynnsamma förhållanden för att infektera en värdväxt (Judelson & Blanco, 2005). *Phytophthora* är på så sätt förrädisk – marken kan alltså vara infekterad av *Phytophthora* utan att ge några symptom på angrepp (Jung et al. 2013).

Enligt Jung et al. (2013) är patogenen hemibiotrof, vilket innebär att den kan livnära sig på såväl levande som döda celler. I angreppets inledande fas livnär sig *Phytophthora* på växtens levande celler, i en form av symbios, varpå den byter form och blir nekrotrof, vilket innebär att den dödar och livnär sig på växtens cellinnehåll. Det här ger ett förlängt sjukdomsförlopp som gör att det kan ta lång tid för växten att utveckla symptom, och för angreppet att upptäckas (ibid).

Kitin är en viktig komponent i cellväggarna hos svampar, och många av de fungicider (svampbekämpningsmedel) som finns tillgängliga är komponerade för att störa produktionen av kitin hos svampar (Witzell & Cleary, 2017). Andra fungicider fungerar genom att påverka svampliknande organisms produktion av ergosterol – en fettsubstans som möjliggör tillväxt (ibid). *Phytophthoras* cellväggar saknar emellertid kitin och behöver inte producera ergosteroler för att växa, vilket gör att ett angrepp inte kan bekämpas med hjälp av vanliga fungicider (Ribeiro, 2013).

## 2.3 Symptom vid ett angrepp

Med anledning av stor diversitet och flexibilitet inom släktet *Phytophthora* kan det vara problematiskt att beskriva generella symptom av ett angrepp. Hur ett angrepp ter sig beror på ett flertal faktorer, däribland det angripna trädets art, patogenens art och på vilken geografisk plats angreppet tar plats. Balci och Bienapfl (2013) visar på hur ett angrepp av samma patogen, men i olika miljöer, kan skilja sig från varandra med ett exempel. I exemplet lyfts fram hur *Phytophthora lateralis* har antagits vara en markburen patogen, vilket är den huvudsakliga form arten tar i amerikanska skogar, men att nya fynd av *Phytophthora lateralis* har visat att den kan förekomma som luftburen i Frankrike och Taiwan (ibid). Författarna skriver att klimatet alltså är avgörande vad gäller angreppets beteende, men även gällande hur allvarligt ett angrepp blir. *Phytophthora alni* har exempelvis verkat ödeläggande i Europa men förekomst av patogenen i Alaska har inte haft samma betydande konsekvenser (Balci & Bienapfl, 2013). Några karaktäristiska symptom har emellertid definierats för markburen – respektive luftburen *Phytophthora*.

### 2.3.1 Symptom vid markburen *Phytophthora*

Jung et al. (2013) beskriver visuella symptom av markburen *Phytophthora* på fullvuxna träd som: (i) klorotiska, små blad, (ii) trädets krona blir glesare och dör tillbaka samt (iii) nekrotiska partier som liknar mörkbruna flammor vid trädbasens inre bark. Witzell och Cleary (2017)

skriver att markburen *Phytophthora* angriper trädets finrötter, vilket försvårar trädets upptag av näring och vatten, och orsakar den retardation som Jung et al. (2013) beskriver. Ett skadat rotsystem kan inte förse trädets med den nödvändiga näringen, vilket leder till minskad förgrening och hämrad tillväxt av grenarnas sidoskott (ibid). Witzell och Agostinelli (2012) poängterar att inventering av trädets krona med fördel utförs innan bladsprickningen under vårvintern, med anledning av att trädkronornas struktur då är som mest framträdande. Trädkronornas transparens utvärderas emellertid bäst under tidig sommar, då de ska vara som frodigast och eventuella avvikelser i frodighet då är som mest utmärkande (ibid).

Jung et al. (2013) skriver att *Phytophthoras* multicykliska natur ger ett långdraget sjukdomsförlopp, vilket innebär att det tar ett tag innan angreppet har nått en sådan omfattning att patogenen konsumerar en större del av trädets finrötter än vad trädets orkar ersätta. Under tiden för angreppet är emellertid trädets allmäntillstånd påtagligt nedsatt och angrepp från andra, sekundära, skadegörare underlättas (ibid). Av den anledningen förekommer ofta sekundära skadegörare, såsom röta och svamp, på träd som är angripna av *Phytophthora* (figur 1). Det är ofta de sekundära skadegörarna som slutligen tar död på trädets (Jung et al., 2013). Träd vars rotsystem har attackerats av *Phytophthora* för att sedan angripas av röta har en tendens att falla vid starka vindar, varför rotvältor, stambrott och avbrutna stora grenar är vanligt förekommande i angripna bestånd (Witzell & Cleary, 2017). Då ett angrepp av *Phytophthora* sällan ger lika tydliga symptom som en sekundär skadegörare, kan det hända att den primära skadegöraren (*Phytophthora*) förbises och den sekundära skadegöraren felaktigt antas vara det huvudsakliga problemet (ibid).

Vid såväl markburen som luftburen *Phytophthora* kan ibland ett infekterat träd uppvisa stamskador i form av mörka fläckar och ”blödande” sår (figur 2). Stamsår kan uppstå invid rothalsen såväl som högt upp på stammen, och vid omfattande skador kan trädets ha svårt att transportera näring och vatten (Witzell & Cleary, 2017). En tjärliknande, rostfärgad vätska kan strila ut ur såret då *Phytophthora* växer under trädets bark och förstör dess vävnad (ibid). Witzell och Cleary (2017) skriver att förekomst av stamsår bör betraktas som en indikator på ett långt



**Figur 1.** Sekundär skadegörare på en individ av arten *Fagus sylvatica* (bok) som är angripen av *Phytophthora*. Foto: Frej Örnberg (2017).



**Figur 2.** Blödande stamsår med ett mycket karaktäristiskt utseende. Foto: Johan Östberg (2015).

framskridet angrepp, men reserverar sig för att ett angrepp mycket väl kan vara omfattande utan att några stamsår uppstår.

### 2.3.2 Symptom vid luftburen *Phytophthora*

Luftburen *Phytophthora* introduceras huvudsakligen hos värdväxten genom dess blad. En bladinfektion känns enligt Parke och Eberhart (2017) igen på att bladen får missfärgade partier som upplevs vattniga. Partierna bildar så småningom små fläckar, eller kilformade skador i oregelbundet brun-svart färg. Skadorna kan utgå ifrån bladets mittnerv, bladskafet eller stammen (ibid).

## 2.4 Klimatförhållanden

Vilka klimatförhållanden som finns på platsen är avgörande för *Phytophthoras* framgångsrika spridning och etablering hos värdväxten. Vettrains et al. (2005) hävdar att parametrar som vattentillgång, markens kemi och klimat är särskilt väsentliga.

### 2.4.1 Vatten

Förekomsten och utbredningen av *Phytophthora* är nära associerat med den vattentillgång och markfukt som finns på den aktuella platsen. Hög markfukt har visat sig innebära svårare angrepp av *Phytophthora*. I en studie av ett infekterat bestånd av *Alnus* (al) i Bayern noterades att de individer som stod under fuktigare förhållanden hade mer omfattande och längre gången sjukdom än de som stod på en väl-dränerad ståndort (Jung & Blaschke, 2004). Erwin och Ribeiro (1996) förklarar att *Phytophthora* blir mer spridningsbenägen under fuktiga markförhållanden med anledning av att patogenen då börjar producera mer sporangier, vilka i sin tur bildar zoosporer som släpps i marken och kan följa vattnets rörelser i sökandet efter en ny värdcell.

Vattnets rörelse i landskapet spelar sålunda en stor roll för *Phytophthoras* spridning. I samma, ovannämnda studie av ett *Alnus*-bestånd i Bayern kartlades förekomsten av *Phytophthora*, och det klargjordes att *Phytophthora* på platsen har spridits med vattendrag och infekterat individer intill dessa (Jung & Blaschke, 2004). Jung et al. (2013) skriver att de allvarligaste angreppen av *Phytophthora*, där dödligheten är över 50 %, hittas i områden som: (i) säsongvis översvämmade strandkanter, (ii) i permanent blöta träsk eller (iii) i säsongvis vattensjuka jordar. Jung et al. (2003) hävdar att *Phytophthora* kan orsaka särskilt allvarliga rotskador då en översvämning följs av en period av torka. Ett fenomen som kan förklaras genom att *Phytophthora* har angripit trädets rötter under de förmånliga förhållanden som översvämningen innebär, och att det skadade rotsystemet sedan inte förmår att hantera den följande torkan (Jung, 2009).

#### 2.4.2 Markens kemi

Forskare har sett att omfattningen av ett angrepp till viss del beror på markens beskaffenhet och kemi. Jung et al. (2013) skriver att förekomsten och mortaliteten vid angrepp av *Phytophthora* är störst på tunga, basiska lerjordar; liknande observationer har gjorts på svensk mark (Jönsson et al., 2005). Jung et al. (2013) reserverar sig emellertid för att stor ödeläggelse även har gått att observera på platser med lågt pH och god dränering, förhållanden som inte korrelerar med de som vanligtvis förknippas med allvarliga fall av *Phytophthora*. Författarna drar slutsatsen att dessa undantagsfall beror av att *Phytophthora* då fungerar som en opportunistisk patogen och att när förhållandena till slut är de rätta, som vid ett ordentligt regn, bryter infektionen ut (ibid).

Förhållandet mellan *Phytophthora* och förhöjda saltnivåer har varit föremål för ett antal studier. I ett utredande projekt, utfört av Soum Sanogo (2004) vid New Mexico State University, analyserades utvecklingen av *Phytophthora capsici* i relation till saltnivåer över det normala. Arbetets resultat visade på att ett angrepp under förhöjda saltnivåer blev svårare än under normala förhållanden. Resultaten visade även att den torra vikten av *Phytophthoras* mycel ökade med 8 till 16% och att mycelets radiala storleksutveckling tilltog med 5 till 30% under salthaltiga förhållanden. Sanogo (2004) framhåller emellertid att *Phytophthoras* förmåga att bilda sporangier och zoosporer samtidigt blir tydligt nedsatt. Resultaten korrelerar med de som framkommit vid andra studier, där *Phytophthora* av andra arter har varit objekt för undersökning (ibid). Vid ett forskningsprojekt, genomfört av Swiecki och MacDonald (1991), studerades angrepp av *Phytophthora parasitica* på tomatplantor. I studien framkom, liksom i den utförd av Sanogo, att förhöjda saltnivåer innebär att befintliga angrepp av patogenen blir svårare med anledning av mycelets ökade tillväxt, men reducerar *Phytophthoras* förmåga att bilda asexuella spridningsstrukturer (ibid). Sanogo (2004) avsåg även att utreda huruvida det finns något samband mellan salttåliga plantor och resistens mot *Phytophthora*, resultaten visade emellertid inte på något samband. Salttåliga plantor är, av allt att döma, således lika benägna att angripas av *Phytophthora* som plantor med normal salttolerans. Studien visade dock att plantor som faktiskt har utvecklat resistens mot *Phytophthora* bibehöll förmågan till resistens, även under saltstress (ibid).

#### 2.4.3 Klimatförändringar

Med anledning av pågående och kommande klimatförändringar kan vi vänta oss framtida förhållanden som korrelerar mycket väl med de förhållanden under vilka *Phytophthora* frodas. I relation till det här påtalas risken att *Phytophthoras* effekter kan komma att bli avsevärt svårare (Witzell & Cleary, 2017). I Europa har en stor mängd träd av släktet *Quercus* (ek) fallit offer för *Phytophthora* i modern tid, och orsaken anses vara klimatförändringar. Jung et al. (2013) förklarar orsakerna till ek-döden som: (i) högre vintertemperaturer, (ii) regnigare vintrar samt (iii) tunga regn som följs av perioder av torka. I Pildammsparken i Malmö, där hela parkens bestånd av *Fagus* (bok) är angripet av *Phytophthora*, har ett liknande samband noterats. Witzell och Agostinelli (2012) poängterar att beståndet har tvingats utstå stress med anledning av

förändringar i vädermönster. Beståndet har utsatts för torka såväl som översvämning, ovanligt höga vintertemperaturer och regniga somrar, allt vilket banar väg för *Phytophthora*-infektioner. Författarna konstaterar att väderförhållandena med största sannolikhet har bidragit till utvecklingen av *Phytophthora* i Pildammsparken (Witzell & Agostinelli, 2012).

Ett varmare klimat kan komma att innebära att svenska träd infekteras av *Phytophthora*-arter som i dagsläget enbart orsakar skada i södra Europa (Witzell & Cleary, 2017). *Phytophthora cinnamomi* har orsakat stor ödeläggelse i Australien, och är den art som har fått smeknamnet ”en biologisk bulldozer” (Scott et al., 2013). Arten upptäcktes nyligen på prydnadväxter i Sverige, men klimatförhållandena är ännu inte de rätta för att arten ska kunna verka förödande (Witzell & Cleary, 2017). *Phytophthora ramorum* är en annan art, vilken kan komma att orsaka stor skada i Sverige. Arten sprider sig genom luften, och är således särskilt svår att hantera. Både *Phytophthora cinnamomi* och *Phytophthora ramorum* är kända för att angripa växter av väldigt många arter, flera vilka förekommer naturligt i Sverige (ibid). *Phytophthora ramorum* angriper exempelvis såväl lövträd som barrträd (Denman et al., 2005).

## 3 Staden som ståndort

Det urbana rummet utgör en mycket komplex ståndort. Deak Sjöman et al. (2015) skriver att stadens klimat, i samband med mänsklig påverkan i stadslandskapet, ger en växtmiljö som i många hänseenden skiljer sig från våra stadsträds naturliga habitat. Problemen uppstår redan i planeringsstadiet – staden anpassas inte för att tillmötesgå trädens levnadsvillkor. Bassuk och Trowbridge (2004) skriver att stadslandskapet istället är utformat för att möta kraven från fotgängare, bilar och byggnader, och att träd sedan placeras ut i marginalerna – sällan med tillräckligt utrymme. På samma ämne skriver Deak Sjöman et al. (2015) att den förtätning som har tagit plats under 1900-talet, ovan såväl som under mark, ger allt svårare växtförhållanden för våra stadsträd. Kanske svårast, konstaterar de, är de växtförhållanden som utgör en hårdgjord miljö (ibid).

### 3.1 Markförhållanden i en hårdgjord miljö

Craul (1999) karakteriserar urbana jordar genom att lyfta fram vanligt förekommande egenskaper hos dessa. Författaren skriver att urbana jordar ofta är heterogena, vilket innebär stora strukturella skillnader vertikalt såväl som horisontellt. Jorden kan ha en kornfördelning, kemiska egenskaper och lerhalt som skiljer sig abruptt från de i intilliggande partier (ibid). En heterogen markprofil kan påverka markens gasutbyte, dränering och vattenhållande förmåga. Vidare skriver författaren att urbana jordar ofta är kompakterade som en följd av mekaniskt slitage, bearbetning av jorden samt packning vid anläggning (ibid).

I växtbäddar belägna i en hårdgjord yta kan ingen naturlig nybildning av jord ske, på grund av att organiskt material städas bort och ingen förna kan bildas (Craul, 1999). Mikroorganismers aktivitet i marken är följaktligen knappt befintlig och näring kan inte tillföras marken på naturligt vis (ibid). Av den anledningen lider stadsträd ofta av näringsbrist (Bradshaw et al., 1995).

Under vintertid saltas hårdgjorda ytor för att bekämpa is och snö, och vid smältning kan sedan saltet komma att följa med smältvattnet ned i växtbädden (Deak Sjöman et al., 2015). Saltet kan därefter förstöra jordens struktur genom att sönderdela markens aggregat och resultera i ytterligare kompaktering (ibid). Därtill kan salthaltiga markförhållanden ge omvänd osmos hos växtens celler, vilket innebär att trädens rötter utsöndrar vatten i marken för att balansera salthalten mellan växtens celler och den omgivande jorden (ibid). Enligt Sieghardt et al. (2005) innebär den omvända osmosen att finrötterna dör, och trädets förmåga till vatten- och näringsupptag blir betydligt nedsatt.

Därutöver har urbana jordar generellt sett ett högre pH-värde än en naturligt skapad jord (Craul, 1999). Det beror delvis på att byggnadsmaterial, såsom cement och murbruk, i anslutning till och i marken, utsöndrar kalcium vid vittring. Andra faktorer som ger den urbana jorden ett högt pH är bevattning med kalkrikt vatten och saltning av hårdgjorda ytor. Annat avfall såsom glas, metall, asfalt och rester av kemiska bekämpningsmedel kan också vara inblandade i den urbana jorden och påverka den kemiska balansen (ibid). Enligt Deak Sjöman et al. (2015) är

förorenad mark mer regel än undantag när det kommer till urbana jordar. Än idag kan mark och grundvatten förgiftas av kemikalier och material som tillförts marken för årtionden sedan, och i trafikerade miljöer tillkommer ständigt nya föroreningar (ibid).

Vidare skriver Bassuk och Trowbridge (2004) att vattenbalansen är ett av de största problemen som stadens träd tvingas hantera. Växtbäddar som är belägna i hårdgjorda ytor utmärker sig genom att ofta vara mycket torra för att plötsligt svämmas över vid ett kraftigt regn (Deak Sjöman et al., 2015). I en växtbädd med liten mängd jord finns nämligen en begränsad vattenhållande förmåga, vilket ger dessa kraftiga fluktuationer (Bassuk & Trowbridge, 2004). Vidare är marktemperaturen högre i staden än vad den är i rurala områden. Det innebär att jorden snabbt blir torr, ökar nedbrytningen av organiskt material och förlänger trädens vegetationsperiod (Craul, 1999).

I staden kan den underjordiska infrastrukturen vara komplicerad, och stadens träd delar det underjordiska utrymmet med ledningar, kablar och rör (Deak Sjöman et al., 2015). Den underjordiska infrastrukturen behöver oundvikligen underhållas med jämna mellanrum och marken behöver då brytas upp. Vid sådana ingrepp skadas ofta stadsträdens rotsystem (ibid).

### 3.2 Förhållanden ovan mark

I stadsmiljö skiljer sig även situationen ovan mark från den i naturen. Slagstedt et al. (2015) skriver exempelvis att urbana och rurala miljöer inom samma område kan skilja sig betydligt från varandra temperatursmässigt; i en urban miljö är klimatet ofta så mycket som en till två växtzoner varmare.

Därtill är staden inbäddad i ljus året runt – en faktor som kan verka stressande på träd. Deak Sjöman et al. (2015) skriver att belysning från nära belägna gatlyktor kan inverka på trädens



**Figur 3.** Spontan cykelställ. Foto: Frej Örnberg (2017).

fotoperiod, göra träden mer mottagliga för luftföroreningar, orsaka vattenförlust och lura träden att invintra för sent. Vid för sen invintring kan träden chockas av att klimatet plötsligt inte motsvarar det förväntade, och ta skada (ibid).

Sjöman et al. (2015) beskriver hur människors levnadsmönster i urbana miljöer kan utgöra ett problem för de träd som tvingas dela denna miljö med människan. I staden koncentreras en stor andel människors liv på en relativt liten yta, och denna yta utsätts därför för en påtaglig mängd mekaniskt slitage. Författarna skriver att träd i urbana miljöer ofta får utstå påkörningsskador från trafikanter, agera spontana cykelställ och utsätts för vandalism (figur 3). En stor del av det mekaniska slitaget uppstår



emellertid vid skötselinsatser, genom oförsiktighet vid gräsklippning och städning. Skadorna kan resultera i avbrutna grenar, skadade rötter och stamsår, genom vilka skadedjur och sjukdomar kan angripa trädet (ibid).

# 4 Åtgärder

## 4.1 Förebyggande åtgärder

Det mest effektiva sättet att arbeta förebyggande mot *Phytophthora* är att förhindra dess introduktion i nya områden, redan smittade såväl som osmittade (Witzell & Cleary, 2017).

### 4.1.1 Förberedelse

Enligt Cunniffe et al. (2016) är ett angrepp enklast att hantera om det upptäcks i ett tidigt skede, och Witzell och Cleary (2017) rekommenderar därför att även osmittade bestånd kontrolleras emellanåt. Visuell bedömning av ett trädbestånd är emellertid sällan tillräcklig för att konstatera eller avfärda ett angrepp; det beror bland annat på att patogenen kan förekomma latent och resultera i ett långsamt sjukdomsförlopp (Jung et al., 2013). I en undersökning där mottagligheten av *Phytophthora cambivora* hos olika genetiska varianter av *Castanea sativa* (äka kastanj) studerades, framgick dessutom att patogenen har en förmåga att invadera plantvävnad utan att ge skador (Robin et al., 2006). Witzell och Cleary (2017) skriver att en inledande helhetsbedömning kan ge en indikation på om platsen är angripen av *Phytophthora*, men att prover från jorden, trädens rötter och från eventuella stamsår måste tas för att kunna fastställa huruvida ett bestånd är infekterat eller inte.

Enligt Jung et al. (2013) är långsiktiga försvarsprogram det mest effektiva sättet att hantera *Phytophthora*. Författarna fastslår att kunskap om släktet *Phytophthora* i kombination med kännedom om den aktuella arten bör utgöra stomme för formulering av hanteringsprogram. Olika arter av *Phytophthora* har olika beteendemönster, men beteendet kan även skilja sig inom arten med anledning av hybridisering inom samma art och beroende på den miljö i vilket angreppet tar plats (Balci & Bienapfl, 2013). Därför är det viktigt att arbeta lokalt genom artbestämning och genom att observera patogenens beteende på platsen (Jung et al., 2013). För att undvika spridning av *Phytophthora* från ett område där patogenen är konstaterad till ett osmittat område, är det viktigt att ha sjukdomens utbredning ordentligt kartlagd (Witzell & Cleary, 2017). Alla ingrepp i det infekterade området dokumenteras, så även förändringar i vädermönster och patogenens svar på dessa. De förberedelser som krävs för att kunna hantera eventuella angrepp kräver en stor kunskap hos den personal som förväntas hantera problemet.

### 4.1.2 Goda växtförhållanden

Forskning har visat på att plantor som är vid god vigör, har betydligt lättare att hantera ett angrepp av *Phytophthora*. Abiotisk - såväl som biotisk stress har däremot bevisats accelerera sjukdomsförloppet hos värdväxten och resultera i snabbare nedvissning och mortalitet (Jung et al., 2013). En god etablering av nyplanterade träd och tillfredsställande växtförhållanden är därför särskilt viktigt att sörja för i miljöer där *Phytophthora* kan utgöra ett hot. Särskilt

avgörande är vattenbalansen, och av den anledningen är det viktigt att tillgodose växten med en jämn vattentillgång, men även med en väl-dränerad växtbädd (ibid). För att undvika kraftiga fluktuationer i vattentillgång kan hårdgjorda ytor utformas på ett sådant sätt att ytvatten aktivt leds ned i växtbäddar och överskottsvatten kan ledas bort med hjälp av dräneringsledningar (Slagstedt et al., 2015).

Vidare bör växtbädden kunna försörja trädet med en tillräcklig mängd näring, möjliggöra gasutbyte och ha goda kemiska egenskaper (Craul, 1999). För att kunna erbjuda trädet dessa förhållanden, behövs en god struktur hos jorden i växtbädden där marken inte är kompakterad, och inte heller riskerar att kompakteras. För att ytterligare försäkra sig om att marken inte ska kompakteras bör vägsalt aldrig tillåtas nå växtbädden (ibid).

Mekaniskt slitage i form av påkörningsskador, vandalisering och skador efter lek kan minskas med hjälp av olika tekniska lösningar (Deak Sjöman et al., 2015). För att undvika skador i samband med skötselmoment som gräsklippning och röjning, kan skötselpersonalen med fördel förses med grundläggande kunskap om träd. Är personalen insatt i vilka konsekvenser oförsiktighet kan ha, borde risken för skötselskador åtminstone kunna reduceras. En annan form av mekaniskt slitage uppstår då ledningar, rör och kablar i hårdgjorda ytor behöver underhållas och markens brytas upp (ibid). Deak Sjöman et al. (2015) föreslår därför att planering av stadens grönska kan koordineras med planering av stadens infrastruktur. Infrastrukturen kan med fördel separeras från trädens utrymme, genom att exempelvis lägga rör på ena sidan av en gata, och placera träd på den andra sidan (ibid).

#### 4.1.3 Val av växt

”Rätt träd på rätt plats” är något som diskuteras av yrkesverksamma inom den gröna sektorn, och innebär att man ska välja trädart efter de förutsättningar som finns på den aktuella platsen. Den valda trädarten bör ha god tolerans för de ovanjordiska såväl som underjordiska förhållandena (Sjöman & Slagstedt, 2015). Finns det därutöver en risk för ett *Phytophthora*-angrepp på en plats, ställs ännu större krav på beställarens kunskap. Valet av träd beror då även på vilken art av *Phytophthora* som finns, eller misstänks finnas i området. Innan nya träd planteras bör beställaren värna om att plantera arter som är ståndortsanpassade, men som dessutom inte kan utgöra värdväxt för den aktuella patogenen (Jung & Blaschke, 2004). Många arter av *Phytophthora* angriper ett brett spektrum av träd, medan vissa arter av *Phytophthora* är värdspecifika och angriper enbart individer av en särskild art; *Phytophthora alni* attackerar exempelvis uteslutande individer av släktet *Alnus* (al). Konstateras *Phytophthora alni* på en plats är det därför olämpligt att återplantera al på samma lokal (ibid). För att undvika att introducera *Phytophthora* på en ny plats bör utsatta arter planteras först då de är ordentligt kontrollerade efter symptom på *Phytophthora* (ibid). Witzell och Cleary (2017) skriver att beställaren av träd med fördel kan beställa täckrotsplantor som har odlats utan direkt kontakt med marken, och undvika barrotsplantor som odlats i marken på plantskolan. Plantornas rotsystem kan lämpligen även

kontrolleras innan plantering. Vid en visuell bedömning kan förekomst av nekrotiska rotpartier avfärdas eller konstateras, och snabbtester kan ge ytterligare säkerhet (ibid).

Witzell och Cleary (2017) skriver att det huvudsakligen är lövträd som blir infekterade, och att barrträd tycks vara relativt förskonade från *Phytophthora*-angrepp. Författarna skriver att av de *Phytophthora*-arter som finns dokumenterade i Sverige idag, är *Phytophthora plurivora*, *Phytophthora cambivora* och *Phytophthora cactorum* kända för att angripa just barrträd, men att mottagligheten hos barrträd är mindre än hos lövträd. De menar att anledningen kan vara att barrträd har genetiska eller kemiska egenskaper som försvårar introduktion och spridning av *Phytophthora* (ibid). Angående vilka trädindivider som mest framgångsrikt hanterar ett angrepp av *Phytophthora* skriver Witzell och Cleary (2017) att trädets ålder är en annan faktor som spelar roll. Författarna skriver att unga plantor, som ännu inte har hunnit utveckla ett ordentligt rotsystem, visserligen kan vara känsliga för rotskador, men att de har en större förmåga att ersätta de skadade finrötterna med nya. Äldre träd, som på så sätt får anses mindre flexibla, kan ha svårare att ersätta finrötterna (ibid). I fallet med Pildammsparken i Malmö rekommenderar Witzell och Agostinelli (2012) av samma anledning en mer frekvent cirkulation av träd i parken, för att beståndet ska utgöras av yngre och mer motståndskraftiga individer.

Witzell och Cleary (2017) skriver att trädbestånd med stor artvariation kan ge stabilare ekosystem än monokulturer, då de olika individerna är olika mottagliga för *Phytophthora*. Genom att sprida riskerna för ett angrepp av *Phytophthora*, kan trädbestånd således ges större möjlighet att hantera patogenen. Vidare skriver författarna att användning av trädarter som är särskilt känsliga för *Phytophthora* kan fungera som en indikator på ett nyligen introducerat angrepp. Det finns emellertid inga sådana inhemska arter i Sverige (ibid).

Framtagning av växtmaterial med resistens mot *Phytophthora* har haft viss framgång. Metoden har exempelvis varit framgångsrik för att begränsa förekomsten av *Phytophthora cinnamomi* hos *Eucalyptus marginata* (Jarrah) och *Phytophthora lateralis* hos *Chamaecyparis lawsoniana* (ädelcypress) (Hüberli et al., 2003; Bower et al., 2000). Sanogo och Bosland (2013) skriver emellertid att den stora diversitet som kan finnas inom *Phytophthora*-arterna utgör ett problem då man försöker ta fram resistenta växter, det kan enligt författarna förekomma stora regionala skillnader. Därför föreslår författarna att man, istället för att försöka ta fram en ”universell lösning”, arbetar lokalt genom att analysera de specifika symptomen och utreda vilka arter som finns på den aktuella platsen. För att ta fram ett växtmaterial som verkligen är resistent måste platsens förutsättningar och de aktuella *Phytophthora*-arternas unika genetiska egenskaper tas hänsyn till. Den här kunskapen nås endast genom molekylbaserade tester (ibid).

#### 4.1.4 Plantskoleledet

Plantskolor utgör en knypunkt varifrån växtmaterial distribueras; här tas eget växtmaterial fram men en stor del köps även in (inte sällan från andra länder) för att säljas vidare (Witzell & Cleary, 2017). Enligt en studie utförd av Jung et al. (2016) är över 90% av Europas plantskolor smittade med *Phytophthora*. I plantskolor har *Phytophthora* närmast ultimata förhållandena för

att spridas, men även för att mötas och hybridisera för att bilda nya genetiska varianter. Plantskoleledet har således identifierats som ett kritiskt led för att förhindra spridning av *Phytophthora* (Witzell & Cleary, 2017). Enligt Dunstan et al. (2013) pågår ett arbete för att ta fram ett certifikat i Amerika, vilket ska förhindra spridning av *Phytophthora* till och från plantskolor. Något liknande certifikat verkar inte finnas i Sverige.

Jung och Blaschke (2004) har tagit fram en rad rekommendationer till plantskolor för hantering av *Phytophthora alni*, strategierna går emellertid även att applicera vid hantering av andra *Phytophthora*-arter. Metoden går ut på att beröva *Phytophthora* på värdarter och förhindra att nya arter introduceras i plantskolan. Författarna skriver följande: (i) implementera växelbruk vid förekomst av värdspecifik *Phytophthora*, (ii) odla växter från frö, eller inför grundlig kontroll av inköpt växtmaterial, (iii) låt inte bevattning ske med ytvatten eller vatten från naturliga vattendrag och (iv) undvik att introducera nya arter av *Phytophthora* med jordpartiklar från infekterade områden (Jung & Blaschke, 2004). Kännedom om vilka arter av *Phytophthora* som finns i plantskolan är avgörande för korrekt hantering, det är exempelvis angeläget att inte plantera nya växter som kan agera värdväxt på en plats där *Phytophthora* är konstaterad. Angående *Phytophthora alni* skriver emellertid Jung och Blaschke (2004) att fält med angripen *Alnus* inte bör kombineras med andra växter, det med anledning av risken att *Phytophthora alni* lär sig angripa det nya växtmaterialet. För att eliminera risken för nya angrepp, understryker författarna att plantor som har fröodlats i plantskolan är att föredra framför inköpt växtmaterial (ibid). Med anledning av att vattendrag har identifierats som en vanlig spridningsväg för *Phytophthora*, är det dessutom olämpligt att bevattna plantskolornas växter med vatten från naturliga vattenansamlingar såsom dammar, sjöar och floder (Witzell & Cleary, 2017).

Vid internationell planthandel kan inte växtpass och sundhetscertifikat intyga att plantan är fri från *Phytophthora*, men bara att den är fri från karantänartssjukdomar (Witzell & Cleary, 2017). Många arter av *Phytophthora* är nämligen redan väletablerade i Europa och ingår därför inte i karantänartlistan (ibid).

#### 4.1.5 Arbetssätt och hygien

I Australien har framgångsrika arbetssätt tagits fram för att förhindra spridning av *Phytophthora*. Enligt Hee et al. (2013) rekommenderas: (i) ta in experter för att avgränsa det infekterade området, (ii) begränsa hur fordon, infekterade plantor och jord rör sig mellan drabbade och friska områden, (iii) förhindra rörelser av vatten från smittade områden till friska, (iv) arbeta för att göra befolkningen medvetna om *Phytophthora* och (v) ta fram resistent växtmaterial. Witzell och Cleary (2017) skriver att fordon och verktyg ska rengöras noggrant vid transporter mellan ett drabbat till ett odrabbat område, och poängterar även att verktyget för rengöring måste desinficeras vid förflyttning. Rengöring med hjälp av enbart vatten är inte tillräckligt för att bli av med smittan, istället rekommenderas en klörlösning som får verka mellan tio till femton minuter före inträde i det friska området. Vidare kan människors och fordons rörelser i det infekterade området med fördel begränsas då marken är fuktig, då jord har en större benägenhet

att fastna och *Phytophthora* en större benägenhet att spridas vid fuktig väderlek (ibid). I naturområden förekommer angrepp av markburen *Phytophthora* huvudsakligen i närheten av vandringsleder och stigar – vilket enligt Witzell och Cleary (2017) beror på att människor och djur sprider patogenen genom att bära med sig smittan från en plats till en annan. I strävan att förhindra vidare spridning av *Phytophthora* är det således viktigt att områdets brukare görs medvetna om problemet. Författarna föreslår hygienstationer med borstar för fordon och skor i utkanten av skogar som utnyttjas som rekreationsytor. Ytterligare ett alternativ är att installera ”fotbad” för att desinficera fotgängares skor (ibid).

## 4.2 Åtgärder när ett angrepp är konstaterat

Enligt Yakabe och MacDonald (2010) är ett redan etablerat angrepp mer eller mindre omöjligt att bli av med. I Australien har man emellertid nått viss framgång efter att ha skövlat vegetation och behandlat områden i karantän med fungicider och rökmedel för att bli av med *Phytophthora cinnamomi*, en särskilt invasiv art av *Phytophthora* (Scott et al., 2013).

### 4.2.1 Kemiska behandlingar

Kaliumfosfit är en typ av kemisk behandling som kan användas för att stävja en redan introducerad patogen av släktet *Phytophthora*, men är mest effektiv vid användning i förebyggande syfte (Scott et al., 2015). I Australien har emellertid angrepp av *Phytophthora cinnamomi* hämmats på ett framgångsrikt sätt genom injicering av kaliumfosfit direkt i stammen på de angripna träden, och genom att spraya kaliumfosfit i luften – varpå träden tar upp ämnet genom bladens stomata (Hee et al., 2013). King et al. (2010) förklarar att kaliumfosfit i hög koncentration verkar hämmande på *Phytophthora* genom att minska tillväxten av mycel, orsaka svällning hos hyferna och ge deformerade hyfgrenar. Vidare orsakar kaliumfosfiten att patogenens zoosporer, klamydosporer och sporangier lyserar – vilket innebär att membranet löses upp eller faller samman (ibid). Mindre doser av kaliumfosfit ska emellertid inte verka hämmande på själva angreppet, men fungera genom att aktivera trädets egna resistensmekanismer (Scott et al., 2015). Olika arter av *Phytophthora* svarar olika framgångsrikt på behandlingen, vilket förklaras av Darakis et al. (1997) som avhängigt på hur mycket kaliumfosfit artens mycel tar upp. Enligt Witzell och Cleary (2017) ska behandling med kaliumfosfit helst utföras i maj eller tidigt i juni, på grund av att träden då aktivt transporterar vatten, med vilket substansen kan spridas hos individen. Den bästa tiden för behandling är på morgonen, men inte i anslutning till nederbörd (ibid).

Hee et al. (2013) lyfter emellertid fram att kaliumfosfit bör användas med viss försiktighet. Författarna skriver att det förekommer växter som har dött av eller utvecklat fytotoxinitet efter att ha kommit i kontakt med ämnet. Fytotoxinitet är en typ av toxisk skada som uppstår hos en växt efter exponering av någon form av substans, och de symptom som en växt kan uppvisa vid fytotoxinitet är: (i) nekros på bladen, (ii) avlövning, (iii) minskad rottillväxt, (iv) ofungerande reproduktionsfunktioner och (v) kloros (ibid). I Sverige får kaliumfosfit inte användas för att

behandla *Phytophthora*-infektioner. Enligt Witzell och Cleary (2017) beror det på att kaliumfosfit enbart är registrerat som ett vitaliserande och tillväxtfrämjande medel, men författarna menar att möjligheten att använda substansen mot *Phytophthora* borde undersökas närmare.

Rökmedel är en annan form av kemisk behandling som har visat sig vara effektiv för att hantera *Phytophthora*, men utan att orsaka skador hos den exponerade växten (Granke et al., 2013). Genom att inskränka *Phytophthoras* spridning i marken begränsar rökmedlet infektionen (ibid). Ploetz et al. (2013) skriver emellertid att effekterna av rökmedel är förrådiska, och att *Phytophthora* kan återinfektera behandlad jord, och resultera i ett ännu svårare angrepp.

#### 4.2.2 Biologiska behandlingar

Hee et al. (2013) skriver att det finns organismer med potential att användas för att kontrollera *Phytophthora*. Organismerna består av växtpatogener och jordburna mikroorganismer som konkurrerar, skapar antibios (omöjliggör samexistens) eller parasiterar på *Phytophthora* (Costa et al., 2000). Vid en studie, utförd redan 1989, upptäckte Gees och Coffey att svampen *Myrothecium roridum* verkar hämmande på *Phytophthora cinnamomi*. Vidare skriver Hee et al. (2013) att jordburna mikroorganismer som *Penicillium funiculosum*, *Trichoderma harzianum*, *Epicoccum purpurascens* och *Streptomyces griseoalbus* uppvisat stävjande förmåga. Mykorrhizasvamp kan enligt Norman och Hooker (2000) stimulera värdväxtens försvarsmekanismer och på så vis motarbeta *Phytophthora*.

Andra former av biologisk bekämpning innebär att man mulchar eller tillsätter kompost i jorden. Enligt Hee et al. (2013) hämmas *Phytophthoras* effekter av mulching med anledning av aktiviteten hos nedbrytande enzymer som utsöndras av svampar, i färd att bryta ned mulchen. Enligt Aryantha och Guest (2006) består kompostens hämmande effekt däremot av bakterier och svampar som redan finns i kompostens gödsel. Studier visar att *Phytophthora cinnamomi* påverkas av extrakt från *Gracillaria chilensis*, en röd alg, genom hämmande tillväxt av patogenens mycel (Jiménez et al., 2011).

Witzell och Cleary (2017) framhåller emellertid att olika arter av *Phytophthora* skiljer sig från varandra gällande preferenser i markförhållanden, och att det av den anledningen är svårt att bekämpa ett angrepp genom att manipulera markens egenskaper. Det finns exempelvis arter av *Phytophthora* som har klarat att hantera mycket låga pH-värden (Jung et al., 2013) och patogenen är mycket benägen att mutera för att hantera nya förhållanden (Witzell & Cleary, 2017).

## 5 Diskussion

### 5.1 Varför skulle träd i urban miljö kunna vara utsatta vid ett angrepp av *Phytophthora*?

#### 5.1.1 Kan *Phytophthora* trivas i urban miljö?

De förhållanden under vilka *Phytophthora* bäst trivs har identifierats och kan sammanfattas som följande: (i) fuktiga förhållanden, (ii) tunga lerjordar, (iii) höga pH-värden samt (iv) regniga somrar och milda vintrar (Jung et al., 2013; Witzell & Cleary, 2017).

Av studien framgår att situationen i hårdgjorda ytor generellt sett mycket väl motsvarar de förhållanden som är förknippade med *Phytophthora*, med undantag för parametern ”tungt lerjordar”. Av litteraturstudien framgår att *Phytophthora* sprids med hjälp av vattendrag och att angrepp initieras under fuktiga förhållanden, gärna under en översvämning (Jung et al., 2013). Sett till hur växtbäddar i urbana miljöer har en benägenhet att just svämmas över vid ett kraftigt regn (Deak Sjöman et al., 2015), skulle sådana omständigheter ge *Phytophthora* möjlighet att angripa träd i urban miljö. Därtill framgår att översvämning följt av en period av torka är relaterat till särskilt allvarliga angrepp av *Phytophthora* (Jung et al., 2013), och kraftiga fluktuationer är karaktäristiskt för växtbäddar i just urbana miljöer (Craul, 1999).

Som en följd av bevattning med kalkrikt vatten, saltning av hårdgjorda ytor samt kalciumutsöndrande, hårda material, är höga pH-värden utmärkande för marken i hårdgjorda ytor (Craul, 1999). Störst förekomst av *Phytophthora* har visat sig påträffas på just ståndorter där pH-värdena är höga (Jung et al., 2013), och det kan därför finnas anledning att misstänka att *Phytophthora* kan frodas i hårdgjorda miljöer.

Av studien framgår att klimatet i staden skiljer sig från rurala miljöer genom högre genomsnitts-temperaturer (Slagstedt et al., 2015). Vintrarna är således generellt sett varma, vilket ger gynnsamma förhållanden för *Phytophthora* (Jung et al., 2013). Framtida klimatförändringar förväntas ge ännu varmare medeltemperaturer och regnigare klimat, och de här förändringarna förväntas ge ett särskilt stort utslag i urbana miljöer (Deak Sjöman et al., 2015). Stadens förhållanden kan därför i ännu större utsträckning komma att gynna *Phytophthora*.

Eftersom att *Phytophthora* ofta sprids med hjälp av människor, fordon och djur (Witzell & Cleary, 2017) borde den stora mängden av rörelse som förekommer i urbana miljöer kunna underlätta spridning av patogenen. I hårdgjorda ytor blir det visserligen svårare för jordpartiklar att nå underliggande mark, men spridning med hjälp av vatten skulle kunna vara möjlig. I hårdgjorda ytor förhindras infiltreringen av vatten ned i marken vilket innebär att nederbörd behöver omhändertas av system för bortledning av vatten (Slagstedt et al., 2015), och vid bortledningen borde eventuella mikroorganismer kunna spridas med vattnet. För att ge stadsträd en större tillgång till vatten och förbättra deras livsvillkor, leds ytvatten ibland till och med ned i trädens växtbäddar och det vatten som bildar överskott i växtbädden leds därefter bort med hjälp



av dräneringsledningar (ibid). Det här ger å ena sidan en jämn vattentillgång, vilket kan resultera i friskare stadsträd som har en större förmåga att hantera eventuella *Phytophthora*-angrepp, men borde å andra sidan även kunna innebära att vattnet infekteras för att sedan spridas vidare genom staden. Om det ytvatten som leds ned i växtbädden dessutom bär med sig salt från de hårdgjorda ytorna, kan ett eventuellt angrepp accelerera (Sanogo, 2004).

### 5.1.2 Mottaglighet hos träd

Av studiens resultat framgår att stress genomsyrar livet för träd i urbana miljöer. I hårdgjorda miljöer är jordens struktur ofta bristfällig, tillgången till näring sällan tillräcklig och markens kemiska egenskaper kan vara vådliga för växten (Craul, 1999). Därtill kan träden luras att invintra för sent med anledning av stadens höga temperaturer och konstgjorda belysning, vilket kan skada och stressa träden (Deak Sjöman et al., 2015). Träd i hårdgjorda miljöer är även utsatta för människor och maskiner, och får därför utstå en stor mängd mekaniskt slit, vilket försvagar individerna (ibid). Jung et al. (2013) poängterar att just stressade och försvagade individer är mer mottagliga för skadegörare, och att sjukdomsförloppet hos dessa är troligt att framskrida mycket snabbt vid ett *Phytophthora*-angrepp (Jung et al., 2013).

Salt kan skada stadens träd genom att förstöra markens aggregatstruktur (Deak Sjöman et al., 2015), men kan även leda till att ett angrepp av *Phytophthora* blir mer allvarligt. I studien framkom att *Phytophthoras* mycel kan växa vid salthaltiga förhållanden (Sanogo, 2004), och i hårdgjorda miljöer saltas marken under vintertid för att bekämpa is och förebygga olyckor. Saltet försvinner sedan inte bara när isen och snön har försvunnit, men följer med smältvattnet – kanske ned i växtbäddar.

## 5.2 Hur kan en arbeta för att förhindra spridning av *Phytophthora* i urban miljö?

Av litteraturstudien framgår att det mest fruktsamma sättet att hantera *Phytophthora* är genom förebyggande arbete; noggrann kartläggning, strukturerat arbete och kunskap är essentiellt (Witzell & Cleary, 2017). *Phytophthora* är av naturen svår att hantera och det finns en stor diversitet inom släktet, varför hanteringsprogram med fördel skräddarsys för den aktuella patogenen. Av studien framgår att flera arter av *Phytophthora* redan finns i Sverige, och att eliminera patogenen inte är möjligt (ibid). Istället bör en värna om att förhindra spridning av *Phytophthora* från smittade till osmittade områden, men en bör även värna om att undvika att sprida smittan från ett smittat område till ett annat. Det med anledning av att *Phytophthora* har förmågan att hybridisera och bilda nya varianter, vilka kan utgöra ännu större hot för växter och växtsamhällen (Ribeiro, 2013).

Eftersom att *Phytophthora* har en förmåga att förekomma latent i marken och orsaka ett långsamt sjukdomsförlopp (Jung et al., 2013), upptäcks *Phytophthora* sällan förrän angreppet är

långt framskridet. Då det finns större möjligheter till framgångsrik hantering om angreppet upptäcks i ett tidigt stadie (Cunniffe et al., 2016), kan svenska förvaltningar med fördel arbeta med visuell bedömning och utföra snabbtester i stickprov i bestånd som anses friska.

Av studiens resultat framgår att det finns en rad tillvägagångssätt för att förhindra spridning av *Phytophthora*, men även dessa försvåras av *Phytophthoras* natur och inga definitiva lösningar kan ges. Därför bör en försiktighet och följsamhet införlivas inom förvaltningar. Vid nyplantering av träd, kan en exempelvis välja en växt som är resistent mot *Phytophthora* eller en trädart som inte kan agera värdväxt för den specifika *Phytophthora*-arten. På grund av förmågan att hybridisera förekommer emellertid ofta lokala skillnader hos samma *Phytophthora*-art och en växt som kan anses resistent på en lokal kanske inte alls har samma förmåga på en annan (Sanogo & Bosland, 2013). Att arbeta lokalt genom att identifiera den lokala patogenens genetik och därefter ta fram resistent växtmaterial anpassat för denna, har diskuterats som en möjlighet (ibid). Av studien framgår emellertid att *Phytophthora* har förmågan att anpassa sig till det nya växtmaterialet, och att en trädart som ännu inte har kunnat agera värdväxt åt en *Phytophthora*-art kan komma att göra det vid exponering av patogenen.

Trädbestånd som innehåller en bred palett av arter har enligt Witzell och Cleary (2017) en större förmåga att hantera *Phytophthora* än monokulturer. Att arbeta med artdiversitet hos träd i urbana miljöer skulle därför kunna vara ett framgångsrikt tillvägagångssätt. Det finns emellertid inte särskilt många inhemska arter som klarar de tuffaste ståndorterna i staden, och mer exotiskt växtmaterial kan kanske behövas för att skapa den här artrikedomen. Men sett till att den internationella planthandeln har identifierats som en spridningsväg för *Phytophthora*, är tillvägagångssättet inte helt oproblematiskt i dagsläget. I de svenska plantskolorna skulle ett strukturerat arbete och kunskap om *Phytophthora* kunna förhindra spridning av patogenen. Det är emellertid idag konsumentens eget ansvar att ställa krav på ett friskt växtmaterial, och ett plantskolecertifikat likt det som utvecklas i USA hade kunnat underlätta konsumentens roll.

Träd i hårdgjorda miljöer befinner sig i regel på platser där rörelsen av människor och fordon är stor, och de arbetssätt och hygienrutiner som rekommenderas i litteraturstudien är således svåra att applicera vid ett angrepp i den här typen av miljö. Det är exempelvis komplicerat att praktiskt genomföra en avstängning av ett centralt torg, en gata eller väg eller att förlita sig på att fotgängare, djur och fordon ska genomgå en grundlig rengöring när de lämnar ett sådant område. Det är emellertid möjligt att informera befolkningen om problemet genom att sätta upp skyltar där de ombeds att i största möjliga mån undvika spridning av växtmaterial och jord.

### 5.3 Hur kan en arbeta för att dämpa effekterna av *Phytophthora* i urban miljö när angreppet redan är ett faktum?

När *Phytophthora* väl är introducerad på en plats är det i princip omöjligt att bli av med angreppet, och en bör istället försöka göra det bästa av situationen genom att undvika patogenens spridning. Det finns emellertid behandlingar som kan dämpa effekterna av *Phytophthora*. Av

kapitel ”4.2 Åtgärder när ett angrepp är konstaterat”, framgår att *Phytophthoras* biologi försvårar kontrollåtgärder som går ut på att arbeta med kemiska och biologiska substanser som har en stävande verkan. Vid exponering har *Phytophthora* nämligen en förmåga att mutera för att hantera substanser och förhållanden som utgör ett hot (Ribeiro, 2013). Av den anledningen bör kemiska och biologiska behandlingar användas med viss försiktighet, och behandlingens konsekvenser följas upp.

Om ett träd i stadsmiljö skulle dö till följd av ett *Phytophthora*-angrepp bör den infekterade jorden fraktas bort innan ett nytt träd planteras på platsen. Det är emellertid mycket svårt att helt avlägsna en mikroorganism (Yakabe & MacDonald, 2010), varför ytterligare säkerhetsåtgärder måste tas. Samma trädart bör då inte återplanteras, men istället bör en individ som är resistent mot den specifika arten av *Phytophthora* väljas. Därtill ska den nya plantan vara fri från andra former av *Phytophthora* för att undvika hybridisering. Med anledning av att *Phytophthora* bereder väg för andra skadegörare som i sin tur ofta felaktigt antas vara den huvudsakliga orsaken till trädets nedsatta vitalitet, undgår dessvärre *Phytophthora* ibland att upptäckas (Witzell & Cleary, 2017). *Phytophthora* fungerar emellertid ofta som en markburen patogen som kan ligga latent i jorden under en lång tid (Ribeiro, 2013), varför det är essentiellt att döda träd analyseras och inga nya värdväxter planteras på platsen.

## 5.4 Metoddiskussion

Valet av att utföra en litteraturstudie var ett rationellt beslut, grundat i arbetets begränsade omfattning. Metoden har varit passande för att svara på de frågor som behandlas i arbetet, men läsaren bör vara medveten om att det här arbetet inte presenterar några nya fakta, och att ingen egentlig forskning således har tagit plats. Istället vill arbetet uppmana till forskning genom att visa på att ämnet kan behöva studeras närmare. Inventering av *Phytophthora*-drabbade urbana områden, och uppföljning av utvecklingen hos dessa kunde ge större kunskap om saken.

Värt att notera är att den större delen av forskningen på ämnet ligger på en internationell nivå, varför viss reservation gentemot informationens aktualitet för svenska förhållanden är lämplig.

## 6 Slutsats

Hårdgjorda miljöer skulle i många hänseenden kunna utgöra en gynnsam miljö för *Phytophthora*; förhållanden ovan såväl som under marknivå korrelerar till stor del väl med de förhållanden som är förknippade med patogenen. Dessa kan sammanfattas som: (i) fuktiga förhållanden, (ii) tunga lerjordar, (iii) höga pH-värden samt (iv) regniga somrar och milda vintrar. Av studien framgår även att träd som står i hårdgjorda miljöer lever under svåra förhållanden och är således mycket stressade, vilket leder till att mottagligheten för *Phytophthora* är särskilt hög och att ett angrepp kan göra särdeles allvarlig skada. Med anledning av att kommande klimatförändringar förväntas slå särskilt hårt mot urbana miljöer, finns det möjlighet att staden i ännu större utsträckning skulle kunna utgöra ett gynnsamt habitat för *Phytophthora*. Av litteraturstudiens resultat framgår således att det kan finnas anledning att vidare undersöka *Phytophthora* i relation till stadsmiljö.

När *Phytophthora* har introducerats på en lokal är det i princip omöjligt att bli av med angreppet. Det finns en rad kemiska och biologiska substanser som har använts i stävande syfte, men sett till patogenens förmåga att mutera och hybridisera finns anledning att misstänka att *Phytophthora* skulle kunna utveckla resistens mot dessa vid storskalig exponering. Resultaten pekar åt att det bästa sättet att hantera *Phytophthora* är att förebygga nya angrepp, och hindra spridning av patogenen från drabbade till friska områden. Det kan vara fruktsamt att arbeta lokalt med kartläggning av *Phytophthoras* utbredning och beteende. För att kunna uppnå tillfredsställande resultat är kunskap inom förvaltningen absolut grundläggande.

## 7 Källförteckning

- Aryantha, N.P. & Guest, D.I. (2006). Mycoparasitic and Antagonistic Inhibition on *Phytophthora cinnamomi* Rands by Microbial Agents Isolated from Manure Composts. I *Plant Pathology Journal*, 5(3), s. 291-298.
- Balci, Y. & Bienapfl, J.C. (2013). *Phytophthora* in US Forests. I Lamour, K. (red). *Phytophthora a global perspective* (CABI Plant Protection Series ; 2). Wallingford: CABI, s. 135-145.
- Barr, D.J.S. (1992). Evolution and kingdoms of organisms from the perspective of a mycologist. *Mycologia*, (1), s. 1-11.
- Brasier, C.M., Kirk, S.A., Delcan, J., Cooke, D.E.L., Jung, T. & Man In't Veld, W.A. (2004). *Phytophthora alni* sp. nov. and its variants: designation of emerging heteroplloid hybrid pathogens spreading on *Alnus* trees. I *Mycological Research* (108), s. 1172-1184.
- Deak Sjöman, J., Sjöman, H. & Johansson, E. (2015). Staden som växtplats. I Sjöman, H., & Slagstedt, J. (red.) *Träd i urbana landskap* (1. uppl. ed.). Lund: Studentlitteratur, s. 231-330.
- Bower, A.D., Casavan K., Frank, C., Goheen, D., Hansen, E.M., Marshall, K., Snieszko, R. & Sutton, W. (2000). Screening Port Orford cedar for resistance to *Phytophthora lateralis*: results from 7000+ trees using a branch lesion test. I Hansen, E.M. & Sutton W. (red). *Phytophthora Diseases of Forest Trees*. Proceedings of an International Congress, Grants Pass, Oregon, 1999. Oregon, USA: Forest Research Laboratory, Oregon State University Press, s. 99–100.
- Bradshaw, A., Hunt, B. & Walmsley, T. (1995). *Trees in the urban landscape: principles and practice*. London: Spon.
- Costa, J.L.S., Menge, J.A. & Casale, W.L. (2000). Biological control of *Phytophthora* root rot of avocado with microorganisms grown in organic mulches. I *Brazilian Journal of Microbiology* (31), s. 239–246.
- Craul, P.J. (1999). *Urban soil – Applications and Practices*. New York: Wiley.
- Cunniffe, N.J., Cobb, R.C., Meentemeyer, R.K., Rizzo, D.M. & Gilligan, C.A. (2016). Modeling when, where, and how to manage a forest epidemic, motivated by sudden oak death in California. I *PNAS* (113), s. 5640–5645.

Darakis, G., Bourbos, V. & Skoudridakis, M. (1997). Phosphonate transport in *Phytophthora capsici*.

*Plant Pathology* (46), s. 762–772.

Denman, S., Kirk, S.A., Brasier, C.M. & Webber J.F. (2005). In vitro leaf inoculation studies as an indication of tree foliage susceptibility to *Phytophthora ramorum* in the UK. *Plant Pathology* (54), s. 512–521.

Dorrance, A, E. (2013). *Phytophthora sojae* on Soybean. I Lamour, K. (red). *Phytophthora a global perspective* (CABI Plant Protection Series; 2). Wallingford: CABI, s. 79-86.

Erwin, D., & Ribeiro, O. (1996). *Phytophthora diseases worldwide*. St. Paul, Minn.: APS Press.

Gees, R. & Coffey, M. (1989) Evaluation of a strain of *Myrothecium roridum* as a potential biocontrol agent against *Phytophthora cinnamomi*. *Phytopathology* (79), s. 1079–1084.

Granke, L., Quesada-Ocampo, L., Hausbeck, M. (2013). *Phytophthora capsici* in the Eastern USA. I Lamour, K. (red). *Phytophthora a global perspective* (CABI Plant Protection Series; 2). Wallingford: CABI, s. 96-103.

Hee, W.Y., Torreña, P.S., Blackman, L.M., Hardham, A.R. (2013). *Phytophthora cinnamomi* in Australia. I Lamour, K. (red). *Phytophthora a global perspective* (CABI Plant Protection Series; 2). Wallingford: CABI, s. 124-134.

Hüberli, D., Tommerup, I.C., Colquhoun, I. & Hardy, G.E. St J. (2003). Measuring resistance in Jarrah, *Eucalyptus marginata*, to *Phytophthora cinnamomi*: what factors change disease expression? I McComb J.A., Hardy, G.E., St J. & Tommerup, I. (red.) *Phytophthora in Forests and Natural Ecosystems*. Proceedings of the Second International Meeting of IUFRO Working Party 7·02·09. Albany, Western Australia, 2001. Perth, Australia: Murdoch University.

Irving H., & Grant B.R. (1984). The effect of calcium on zoospore differentiation in *Phytophthora cinnamomi*. *Journal of General Microbiology* (130), s. 1569-1576.

Jiménez, E., Dorta, F., Medina, C., Ramírez, A., Ramírez, I. & Peña-Cortés, H. (2011). Antiphytopathogenic activities of macro-algae extracts. *Marine Drugs* (9), s. 739–756.

Judelson H.S. & Blanco F.A. (2005). The spores of *Phytophthora*: weapons of the plant destroyer.

*Nature Reviews Microbiology* (3), s. 47-58.

- Jung, T. (2009). Beech decline in Central Europe driven by the interaction between *Phytophthora* infections and climatic extremes. I *Forest Pathology* (39), s. 73–94.
- Jung, T. & Blaschke, M. (2006). *Phytophthora* dieback of alders in Bayern: distribution, pathways and management strategies. I Brasier, C.M., Jung, T. & Oßwald, W. (red). *Progress in Research on Phytophthora Diseases of Forest Trees*, Forest Research, Farnham, Hampshire, UK, s. 61–66.
- Jung, T. & Blaschke, M. (2004). *Phytophthora* root and collar rot of alders in Bayern: distribution, modes of spread, and possible management strategies. I *Plant Pathology* (53), s. 197–208.
- Jung, T., Nechwatal, J., Cooke, D.E.L., Hartmann, G., Blaschke, M., Oßwald, W.F., Duncan, J.M. & Delatour, C. (2003). *Phytophthora pseudosyringae* sp. nov., a new species causing root and collar rot of deciduous tree species in Europe. *Mycological Research* (107), s. 772–789.
- Jung, T., Vettrai, A.M., Cech, T., Vannini, A. (2013). The Impact of Invasive *Phytophthora* Species on European Forests. I Lamour, K. (red). *Phytophthora a global perspective* (CABI Plant Protection Series ; 2). Wallingford: CABI, s. 146-158.
- Jönsson, U., Jung, T., Sonesson, K. & Rosengren, U. (2005). Relationships between *Quercus robur* health, occurrence of *Phytophthora* species and site conditions in southern Sweden. *Plant Pathology* (54), s. 502–511.
- King, M., Reeve, W., Van der Hoek, M.B., Williams, N., McComb, J., O'Brien, P.A. & Hardy, G.E.S.J. (2010) Defining the phosphite-regulated transcriptome of the plant pathogen *Phytophthora cinnamomi*. *Molecular Genetics and Genomics* (284), s. 425–435.
- Lamour, K. (2013). Characterizing *Phytophthora* Populations. I Lamour, K. (red). *Phytophthora a global perspective* (CABI Plant Protection Series ; 2). Wallingford: CABI, s. 28-36.
- Norman J.R., & Hooker J.E. (2000). Sporulation of *Phytophthora fragariae* shows greater stimulation by exudates of non-mycorrhizal than by mycorrhizal strawberry roots. *Mycological Research* (104), s. 1069–1073.
- Ploetz, R.C. (2013). *Phytophthora* Root Rot of Avocado. I Lamour, K. (red). *Phytophthora a global perspective* (CABI Plant Protection Series; 2). Wallingford: CABI, s. 197-203.

- Ribeiro, O.K. (2013). A Historical Perspective of *Phytophthora*. I Lamour, K. (red). *Phytophthora a global perspective* (CABI Plant Protection Series; 2). Wallingford: CABI, s. 1-10.
- Robin, C., Morel, O., Vettrano, A.M., Vannini, A., Perlerou, C. & Diamandis, S. (2006). Genetic variation in susceptibility to *Phytophthora cambivora* in European chestnut (*Castanea sativa*). I *Forest, Ecology and Management* (226), s. 199–207.
- Sanogo, S. (2004) Response of chile pepper to *Phytophthora capsici* in relation to soil salinity. I *Plant Disease* (88), s. 205–209.
- Sanogo, S., & Bosland, P.W. (2013). Biology and Management of *Phytophthora capsici* in the Southwestern USA. I Lamour, K. (red). *Phytophthora a global perspective* (CABI Plant Protection Series; 2). Wallingford: CABI, s. 87-95.
- Scott, P., Burgess, T. & Hardy, G.E. (2013). Globalization and *Phytophthora*. I Lamour, K. (red). *Phytophthora a global perspective* (CABI Plant Protection Series ; 2). Wallingford: CABI, s. 226-232.
- Shaw, D.S., & Khaki, I.A. (1971). Genetical evidence for diploidy in *Phytophthora*. I *Genetical Research* (17), s. 165–167.
- Sieghardt, M., Mursch-Radlgruber, E., Paoletti Couenberg, E., Dimitrakopoulos, A., Rego, F., Hatzistatthis, A., Randerup, T. (2005). The abiotic urban environment: Impact of urban growing conditions on urban vegetation. I Konijnendijk, C., Nilsson, K., Randrup, T. & Schipperijn, J. (red). *Urban Forests and Trees [electronic resource]: A Reference Book*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Slagstedt, J., Gustafsson, E-L., Stål, Ö. (2015). I Sjöman, H., & Slagstedt, J. (red.) *Träd i urbana landskap*. 1. uppl. Lund: Studentlitteratur, s. 541-603.
- Swiecki, T.J., & MacDonald, J.D. (1991). Soil salinity enhances *Phytophthora* root rot of tomato but hinders asexual reproduction by *Phytophthora parasitica*. *Journal of the American Society for Horticultural Science* (3), s. 471-477.
- Thines, M. (2013). Taxonomy and Phylogeny of *Phytophthora* and Related Oomycetes. I Lamour, K. (red). *Phytophthora a global perspective* (CABI Plant Protection Series; 2). Wallingford: CABI, s. 11-18.



Trowbridge, P.J., & Bassuk, N. (2004). *Trees in the urban landscape: site assessment, design, and installation*. Hoboken, N.J.: John Wiley.

Ulrich, R.S. (1984). View through a window may influence recovery from surgery. *Science* (224), s. 42–421.

Vettraino, A.M., Morel, O., Perlerou, C., Robin, C., Diamandis, S. & Vannini, A. (2005). Occurrence and distribution of *Phytophthora* species in European chestnut stands, and their association with ink disease and crown decline. *European Journal of Plant Pathology* (111), s. 169–180.

Yakabe, L. E., & MacDonald, J. D. (2010). Soil treatments for the potential elimination of *Phytophthora ramorum* in ornamental nursery beds. *Plant Diseases* (94), s. 320-324.

Witzell, J., & Agostinelli, M. (2012). *Inventering av Phytophthoraskador på bok i Pildammsparken*. SLU, Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap. Alnarp.

Witzell, J., & Cleary, M. (2017). Rapport till Skogssällskapet: *Hantering av Phytophthora i sydsvenska lövskogar*. SLU, Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap. Alnarp.

## 7.1 Internetkällor

Parke, J. & Eberhart, J. (2017). *Forest Phytophthoras of the world*. URL: <http://forestphytophthoras.org/phytophthora-basics> [2017-02-17]

# 8 Bilagor

## 8.1 Termer och begrepp

**Diploid cell-** celler som innehåller två uppsättningar av kromosomer.

**Ergosterol-** fettsubstans som möjliggör tillväxt hos svampliknande organismer.

**Fungicid-** svampbekämpningsmedel.

**Hemibiotrof-** en organism som först parasiterar på levande celler, för att sedan bli nekrotrof och leva på döda celler.

**Heterotalli-** en organisms förmåga att reproducera sig sexuellt genom korsning av olika typer.

**Homotalli-** förmågan hos en organism att reproducera sig sexuellt inom samma typ.

**Hybrid-** produkten av sexuell förökning mellan två genetiskt skilda individer.

**Hyf-** celltrådar som bildar mycel.

**Kitin-** ämne som ingår i cellväggen hos svampliknande organismer.

**Klamydospor-** produkt av asexuell förökning. En tjockväggad spor som inväntar goda förhållanden för att infektera en värdcell.

**Mutation-** cellförändringar.

**Mycel-** nätverk av hyfer. Den vegetativa delen hos svampliknande organismer.

**Oospor-** produkten av sexuell förökning. En tjockväggad spor som inväntar goda förhållanden för att infektera en värdcell.

**Patogen-** något som orsakar sjukdom. I det här fallet en algsvamp.

**Sporangium-** en säckliknande förökningskropp som bildar hyfer eller zoosporer.

**Zoospor-** produkt av asexuell förökning. En spor som sprider organismen genom att simma för att söka en ny värdcell att infektera.

