



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur,
trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Phytophthora ssp. som skadegörare på vedartat material i svenska park- och naturområden

- Introduktion, symptom och integrerad bekämpning

Phytophthora ssp. as a pathogen on woody plants in Swedish parks and natural environments

- Introduction, symptoms and integrated management

Sebastian Larsson Herrera



Självständigt arbete 15hp

Hortonomprogrammet

Alnarp 2015

***Phytophthora* ssp. som skadegörare på vedartat material i svenska park- och naturområden**

- Introduktion, symptom och integrerad bekämpning

***Phytophthora* ssp. as a pathogen on woody plants in Swedish parks and natural environments**

- Introduction, symptoms and integrated management

Sebastian Larsson Herrera

Handledare: Boel Sandskär, SLU, Institutionen för växtskyddsbiologi

Examinator: Erland Liljeroth, SLU, Institutionen för växtskyddsbiologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Kandidatarbete i trädgårdsvetenskap

Kurskod: EX0495

Program/utbildning: Hortonom

Examen: kandidatexamen i trädgårdsvetenskap

Ämne: trädgårdsvetenskap

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsmånad och -år: Juni 2015

Omslagsbild: Sebastian Larsson Herrera

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

Nyckelord: Phytophthora, karantänskadegörare, integrerad bekämpning, spridningsmekanismer, algsvamp, park, natur



Om inte annat anges så är det författarens egna bilder, vilka faller under Creative Commons licens.

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för biosystem och teknologi

Sammanfattning

Ett ökande problem inom Europa och Sverige är invasiva skadegörare på vedartad material av släktet *Phytophthora*. Dessa introducerade patogener har samevolverat med värdväxter i sin ursprungliga miljö. När dessa skadegörare sprids i andra ekosystem kan de orsaka ett epidemiskt sjukdomsförlopp på flertalet olika växter i sin nya miljö. *Phytophthora alni* subsp. *uniformis* är en typisk sådan skadegörare, vars geografiska ursprung är oklart men troligtvis är den en hybrid mellan två arter av *Phytophthora* som med hjälp av plantskolehandeln möts. Denna patogen har orsakat stor skada på vattennära alar i södra Sverige, och får idag anses vara etablerad. Den bristfälliga information som finns i Sverige pekar på det finns ett antal olika *Phytophthora*-arter som orsakar stora skador på våra ekosystem. I detta arbete ges en generell introduktion till släktet *Phytophthora*, dess unika egenskaper som skadegörare samt vilka olika arter som förekommer i Sverige. Vidare behandlas problematiken kring hur karantänskadegörare skall hanteras och när man bör rapportera till Jordbruksverket. I diskussionsdelen görs en ansats till att utvärdera hur insatser kan/bör utformas och implementeras i park- och naturverksamhet. Viktigt är att inse att detta inte är en skadegörare man enkelt kan bekämpa och bli av med. Istället bör man sikt etablera sådana insatser att introducerings- och spridningsrisk samt genomslagskraft av *Phytophthora*-arter förblir så små som möjligt för park- och naturområdets ekosystem.

Abstract

An increasing problem in Europe and Sweden (damaging woody material) is invasive pathogens of the genus *Phytophthora*. These introduced pathogens have co-evolved with host plants in their original environment. This means that when these pathogens are spread in other ecosystems they can cause damage on an epidemic scale in their new environment. A characteristic such pathogen is *Phytophthora alni* subsp. *uniformis*, which has an unknown geographic background but probably is a hybrid between two *Phytophthora* species that has met through the trade within plant nurseries. This pathogen should be considered to be established in Sweden and is causing extensive damage on riparian Alders in the southern parts. A general introduction to the genus *Phytophthora*, its unique traits as pathogen and the species known to exist in Sweden is given within this thesis. This thesis also considers the problematic aspects of how quarantine pathogens within this genus are treated and when to report to the Swedish Agricultural Board. In the discussion efforts that can be implemented in parks and natural environment are suggested. It is important to realize that pathogens like *Phytophthora* are hard to eradicate. The aims should be to on a long term basis implement such efforts that introduction, spread and impact of *Phytophthora* is minimized in ecosystems of parks and natural environments.

Innehåll

1. Introduktion	1
1.1. Historia	1
Litteratur	1
1.1.1. Som nyintroducerad art i andra ekosystem	1
1.2. Syfte & frågeställning	2
1.3. Material och metoder	2
2. Resultat	3
2.1. Generell beskrivning av <i>Phytophthora</i> ssp.	3
2.2. Växt-patogen relation	4
2.3. Egenskaper som gör <i>Phytophthora</i> problematiska	5
2.4. Smittospridning	6
2.4.1. Smittospridning kompliceras av handel med växter	6
2.4.2. Situationen i Sverige idag	6
2.4.3. Karantänskadegörare	7
2.5. Faktorer som påverkar möjlighet för <i>Phytophthora</i> att etablera sig	7
2.6. Symptombeskrivning och diagnostik	9
2.6.1. Jordburen	9
2.6.2. Luftburen	11
2.6.3. Diagnostik	12
3. Integrerat växtskydd & Diskussion	15
3.1. Förebyggande åtgärder	15
3.1.1. Arbetsmetoder & sanitet	15
3.1.2. Växtmaterialet & plantskolekrav	16
3.1.3. Jord, substrat, avfall & verktyg	16
3.1.4. Vatten	16
3.2. Akuta åtgärder	16
3.2.1. Handhavande i riskområden/begränsa spridning	17
3.2.2. Förändra mikromiljön	17
3.2.3. Hur hanterar man karantänskadegörare	17
3.2.4. Verksam substans	17
3.3. Långsiktiga åtgärder	18
3.3.1. Mikromiljön	18
3.3.2. Kartlägg och övervaka	18
3.3.3. Tolerant material	18
4. Slutsatser	19
Litteratur	22
A. Handlingsschema	23

1 ■ Introduktion

Phytophthora kommer från det grekiska phytón som betyder växt och phthorá som betyder förstörare. Detta släkte av växtskadegörare tillhör inte och är inte evolutionärt nära besläktat med riket Fungi (äkta svampar) utan riket kromalveolater och klassen Oomycota (algsvampar). I klassen Oomycota finns även andra viktiga växtskadegörare såsom till *Phytophthora* närbesläktade släktena *Pythium* samt *Peronosporaceae* (bladmögel (eng. Downy mildews)). Enligt utmärkta databasen för molekylär identifiering av *Phytophthora*: <http://www.phytophthoradb.org>, finns det i februari 2015, 123 beskrivna arter. C. Brasier (2009) tror att ett konservativt värde på antalet upptäckta *Phytophthora* arter ligger mellan 140-540. Intressant är den utveckling som skett sedan 2000 där tidigare identifiering av *Phytophthora* mest varit inriktad på de arter som uppträtt som agrikulturella skadegörare (C. Brasier, 2009). Enligt C. Brasier (2009), är 60% av de arter som upptäckts efter 2000 skadegörare som är associerade med skador på skogar samt naturliga ekosystem. I beaktande bör då tas att antalet upptäckta arter nära på fördubblats under denna period.

1.1. Historia

För ge en korrekt introduktion till släktet *Phytophthora* är det självklart att börja med den Irländska potatissvälten 1845-1846, då 25% av Irlands befolkning på 8 miljoner dog till följd av fattigdom och misslyckade skördar (Ribeiro m.fl., 2013). Denna svält vet man idag orsakades av potatisbladmögel, *Phytophthora infestans*, en då invasiv art till Europa som förmodligen spridits av människan från dess ursprung i Amerika. Men på den tiden var det

för många otänkbart att en svamp/svamplik organism skulle vara det som orsakade potatisbladmögel. Först 1876 namngav Anton de Bary skadegöraren som just *Phytophthora infestans* (Ribeiro m.fl., 2013).

Fram tills 1980-talet trodde forskarna att *Phytophthora* tillhörde riket Mycetae (äkta svampar). Vid mitten av 1980-talet placerades Oomycota i det nybeskrivna riket Chromista och den idag rådande vetenskapliga konsensusen är att *Phytophthora* tillhör riket Stramenopila (Ribeiro m.fl., 2013). I takt med att molekylär identifiering utvecklats har det blivit betydligt enklare att kategorisera arter av *Phytophthora* taxonomiskt. Dock uppstår vissa taxonomiska bekymmer med avseende på dess möjlighet att hybridisera mellan olika arter, vilket tas upp senare i rapporten.

1.1.1. Som nyintroducerad art i andra ekosystem

Det är som introducerad invasiv art i ekosystem som *Phytophthora* uppstår som allvarligare skadegörare. Det är viktigt att förstå att inte alla introducerade arter etablerar sig, utan kan ibland sakna överlevnadsmöjligheter i sitt nya ekosystem. Men de patogener som lyckas överleva på en ny plats kan ha en evolutionär fördel vilket kan orsaka epidemiskt sjukdomsförlopp. Detta epidemiska förlopp kan förklaras genom att en skadegörare som tas från sin ursprungsmiljö och introduceras i en annan har utvecklade mekanismer gentemot vilka de möjliga värdarterna i den nya miljö inte utvecklat resistens till.

- *P. cinammoni*, i Australien även benämnd 'Jarrah Dieback'. Denna jordburna invasiva art drabbar de värdefulla, unika

och artrika Jarrah urskogarna. Skadorna är enorma och över 1 miljon hektar har drabbats (2009) (Fisher m.fl., 2012). Endast i Australien beräknas det finnas mellan 2000-9000 inhemska mottagliga värdväxter för *P. cinnamoni*. Med detta breda värdväxtspektra gör sig *P. cinnamoni* förtjänt av sitt epitet som biologisk bulldozer (Fisher m.fl., 2012, Bilaga. Supplementary Information).

- *P. ramorum*, i Nordamerika kallad 'Sudden Oak Death' har orsakat epidemisk nivå av skadegörelse på *Lithocarpus densiflora* och ek, *Quercus* ssp. i delar av Kalifornien och Oregon (Rizzo m.fl., 2003). Skadeförloppet kan vara plötsligt och snabbt och kan med hjälp av vinden spridas långa sträckor¹. Denna skadegörare är invasiv dock med ett okänt geografiskt ursprung, det är troligt att plantskolor och den globala växthandeln är den bidragande orsaken till introduktion och spridning inom regionen (Liebhold m.fl., 2012).

1.2. Syfte & frågeställning

Syftet med detta arbete är att ge en aktuell bild över de mekanismer som *Phytophthora* uppvisar som skadegörare på vedartat material, samt att ge en representativ bild över hur situationen ser ut i Sverige idag både beredskapsmässigt samt vilka arter som existerar. Vidare är meningen att detta arbete skall ge en initial uppfattning över hur man skulle kunna hantera *Phytophthora* i Svenska park- och naturmiljöer.

Frågeställningarna är: (a) Hur ser generella drag och spridningsmekanismer ut för *Phytophthora* ssp.?; (b) Hur ser situationen ut i Sverige idag när det gäller beredskap för och spridning av *Phytophthora* ssp.?; (c) Hur skulle ett program för integrerad bekämpning i svenska park- och naturområden se ut?

¹Se länk för intressanta bilder
(www.stoppinginvasives.com)

1.3. Material och metoder

Arbetsgång var som följande: Först inhämtades generell kunskap genom att läsa de mest aktuella litterära sammanfattningarna som gjorts. Bland annat har CABIs utmärkta antologi om *Phytophthora* varit ett stort stöd. För att ta reda på den nuvarande kunskapen inom Sverige utfördes därefter en undersökning med hjälp av ett frågeformulär för att se ifall det finns några utarbetade bekämpningsstrategier samt hur park- och naturförvaltningar arbetar med detta. Därefter vidtogs litteraturstudier med fokus på aktuella forskningsrön och möjliga åtgärder som implementerats. Detta kompletterades med intervjuer samt mailkorrespondens med parkförvaltningar, forskare både inom och utanför Sveriges gränser samt med ansvariga hos Jordbruksverket och Skogsstyrelsen.

2. ■ Resultat

2.1. Generell beskrivning av *Phytophthora* ssp.

Till skillnad från andra närbesläktade Oomycota, såsom normalt nekrotrofa (lever på celler den dödar) *Pythium* samt biotrofa (lever på infekterande levande celler) *Peronosporaceae* är *Phytophthora* generellt hemibiotrof, dvs. den kan livnära sig både på levande celler (biotrof) och döda celler (nekrotrof) (Thines, 2013). Det innebär att växter angripna av *Phytophthora* ssp. kan ha en långsam symptomutveckling, då patogenen i det initiala stadiet inte är nekrotrof (Jung, Vettraino m. fl., 2013). *Phytophthora* ssp. livscykel är komplex med flera olika sporformer. Jung, Vettraino m. fl. (2013) hävdar att forskning under de två senaste decennierna visar på att omväxlande väder såsom häftiga regnväder och torra blir en bidragande för epidemisk förlopp *Phytophthora* ssp.. I Sverige kan omfattande skador av *Phytophthora alni* på klibbal (*Alnus glutinosa*) längs sydsvenska vattendrag kopplas ihop med perioder av högt vattenstånd (Bjelke, 2013). De klimatförändringar som Sverige beräknas utsättas för i framtiden blir således positiva för spridning och epidemiska sjukdomsförlopp av *Phytophthora*.

Likt äkta svampar så har *Phytophthora* en vegetativ tillväxtform där hyfer bildar **mycel**. Mycelet skiljer sig åt från det av arter i riket äkta svampar (fungi) genom att vara diploid i stora delar av livsstadiet, till skillnad från det haploida mycelet hos äkta svampar. Mycelet skiljer sig även åt i molekylära beståndsdelar då *Phytophthoras* cellväggar inte består av kitin (vilket endast finns i väldigt små eller inga mängder). Istället så består dessa av olika cellulosa- och glukannmolekyler (Mélida

m. fl., 2013).

När *Phytophthora* har etablerat sig i en värdväxt, sprider och livnär sig mycel av näring från växtceller. Detta mycel producerar en sporangiebärande struktur som kallas **sporangiofor**. Från ett asexuellt sporangium (plural = sporangia) kan antingen en hyf gro direkt eller differentieras till kortlivade zoosporer när förhållanden är de rätta (Judelson och Blanco, 2005).

Zoospor är en kortlivad encellig sportyp som med hjälp av två stycken flageller (extracellulära rörliga utskott) kan röra sig i jord (substrat) eller vatten. När ett till zoosporer differentierat sporangium öppnar sig, simmar zoosporer ut ur dessa, sprids och kan infektera nya växtceller. När en zoospor når en värdcell, förlorar den sin rörlighet och förvandlas till en **zoospor i cystform**. Från dessa zoosporer i cystform gror en **hyf** som genom stomata eller tryck penetrerar växtens epidermis. Därefter sprids mycelet från cell till cell (Agrios, 2004).

Oosporer är produkten av sexuell förökning mellan två olika könsliga mycelhyfer (oogonium och anteridium). Dessa kan antingen finnas var för sig på två olika sorters individer (typ 1 och typ 2) vilket då kallas heterotalli eller att samma sorts individ (typ 1) kan utveckla de två olika könsliga mycelhyferna detta kallar homotalli. Oosporen har en tjockväggad struktur som möjliggör långa överlevnadstider i jord i väntan på rätt förhållanden för att gro (Judelson och Blanco, 2005). När oosporen gror produceras antingen en hyf som direkt kan infektera värdväxten via öppningar såsom stomata eller lenticeller, eller så bildas ett könsligt sporangium. Det könsliga sporangiet är likt det asexuella och kan infektera genom direkt hyfbildning

eller genom utvecklandet av zoosporer (genom så kallad: zoosporogenesis) som i sin tur infekterar värdväxten (Judelson och Blanco, 2005).

Klamydosporer är en typ av sporer som bildas av mycel. Det är inte alla arter av *Phytophthora* som producerar denna typ av sporer. Klamydosporer har likt oosporer en tjockväggad struktur som gör den svår att bekämpa och möjliggör spridning och överlevnad. Medan sporangia utvecklas på rotytan bildas klamydosporer i cortex (Hardham, 2001).

På de arter av *Phytophthora* som infekterar och sporulerar på blad är sporangia på sporangioforerna avfallande (från engelskans deciduous), vilket innebär att de med hjälp av vind kan bäras iväg längre sträckor (Thines, 2013). Bland de luftburna arterna finns den för jordbruket viktiga skadegöraren *P. infestans*, men även karantänsskadegöraren *P. ramorum* samt *P. kernoviae*.

2.2. Växt-patogen relation

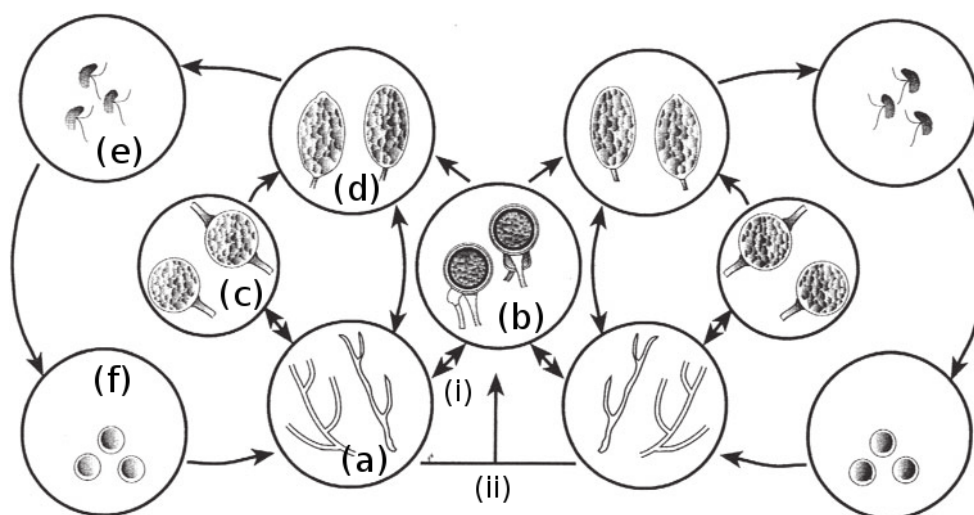
En stor del av den koldioxid växter tar upp från atmosfären släpps ut i rotzonen. Arter av *Phytophthora* uppvisar kemotaxis; zoosporer rör sig i riktning mot kemiska gradienter och potentiella värdväxter. En del av exsudaten i rotzonen fungerar som generella lockämnen (detta oavsett mottaglighet hos växt) och gradienten fungerar som riktningssigare för *Phytophthora*. Andra exsudat fungerar som specifika lockämnen: Till exempel är isoflavonerna från sojabönan (*Glycine max*) ett specifikt lockämne för *P. sojae* (Judelson och Blanco, 2005). Rörelsen av joner i rhizosfären skapar även unika elektrokemiska signaturer; Exempelvis attraherar den negativt laddade rotytan på kakao (*Theobroma cacao*) skadegöraren *P. palmivora*, men repellerar icke patogena arter av *Phytophthora* (Judelson och Blanco, 2005). Således uppvisar de rörliga zoosporerna hos *Phytophthora* både såväl elektrotaxis, kemotaxis samt thigmotaxis (förändring vid kontakt med annan organism).

För att kunna infektera en värdväxt utnytt-

jar *Phytophthora* ssp. flertalet effekter för att undgå växtens försvar, samt med enzymer bryta ner beståndsdelar av växtcellsväggar (bl.a. cellulosa, pektin och hemicellulosa) (Judelson och Blanco, 2005). De rörliga zoosporerna är metaboliskt aktiva och endast överlever timmar eller möjligtvis dagar om den inte infekterar en värdväxt. Distansen en zoospor kan röra sig i en vattenfilm är enligt Judelson och Blanco (2005) >6 cm, men är desto längre om de förs med vattenflöden.

När zoosporer från *Phytophthora* når värdväxtens yta gör den sig av med sina flageller och klistrar sig fast på växtens yta (Judelson och Blanco, 2005). Zoosporen som nu är i cystform (se (f) i figur 2.1) Zoosporen i cystform gror därefter omedelbart en hyf, som med hjälp av ett bildat appressorium (förtjockad hyf som skapar ett mekaniskt tryck) i kombination med nedbrytande enzym penetrerar växtens epidermis (Judelson och Blanco, 2005) föredragsvis i veck mellan cellväggar i epidermis (Hardham, 2001). I början av infektion så sprider sig hyfer i (omringat av växtcellens plasmamembran) och mellan växtceller (Hardham, 2001). Initialt upprättas ett biotrofiskt förhållande där *Phytophthora* livnär sig på värdväxtens levande celler. *Phytophthora* kan genom att använda cytoplasmiska effekter (protein som interagerar med växten) inducera programmerad celldöd hos sin värdväxt (Zhang m. fl., 2015) och därefter övergå till ett nekrotroft stadie. Växter kan även vid tidigt stadie inducera programmerad celldöd hos sig själva som ett försvar, detta för att stoppa spridningsmöjligheten inom växten för en patogen. Det är oftast i gränsen mellan död och levande vävnad som nya sporangioforer av *Phytophthora* utvecklas, vilka kan påskynda infektionsförloppet.

Viktigt att tänka på är att *Phytophthora* har en väldigt snabb sjukdomscykel och endast 2-3 dagar efter infektion åter kan sporulera (Hardham, 2001).



Figur 2.1.: Representativ bild över *Phytophthora* ssp. livscykel vilken visar de olika livsformerna: mycel (a), oospor (b), klamydospor (c), sporangia (d), zoospor (e) samt zoospor i cystform (f). Bilden visar även på sexuell förökning inom samma typ homotalli (i) samt mellan två olika typer heterotalli (ii). Bild med rättigheter från *Phytophthora: A Global Perspective*, CABI Plant Protection Series redigerad av K Lamour (Mars 2013).

2.3. Egenskaper som gör *Phytophthora* problematiska

Arter av *Phytophthora* uppvisar bland annat egenskaper såsom:

Homotalli

Självfertil, det räcker med en typ för reproduktion; drygt hälften av *Phytophthora* arterna är primärt självfertila (K. Lamour, 2013).

Heterotalli

Sexuell förökning genom korsning av olika typer (A1, A2). Endast några få arter avsaknar förmågan av att reproducera sig sexuellt genom heterotalli. (K. Lamour, 2013).

Mutationsbenägenhet

Populationer av *Phytophthora* är dynamiska. De kan endera vara utav en klonlinje såsom linjen EU1 utav *P. ramorum* i Europa (K. Lamour, 2013; Vercauteren m. fl., 2010), eller vara kombinationer av flera typer, såsom de komplicerade populationerna utav *P. infestans* i Norden

(Sjöholm, 2012). Resistens mot fungicider såsom mot t.ex. metalaxyl hos *P. ramorum* i Belgien, utvecklades på endast några år i början på 2000-talet till nästan total resistens (Vercauteren m. fl., 2010). Mutationsbenägenhet och resistensutveckling blir således hög över tid även i populationer med ursprung i en klonlinje.

Hybridisering

Till skillnad från andra patogener såsom de i riket svampar (fungi) uppvisar *Phytophthora* en benägenhet att hybridisera sig mellan både andra arter och mellan underarter; t.ex. är *Phytophthora alni* en allvarlig skadegörare på al (*Alnus*). Av *P. alni* finns tre olika kända underarter (alla patogena på al); *alni*, *multiformis* och *uniformis* vilka spridits i olika (ibland överlappande) områden i Europa. Genetiskt skiljer sig de olika underarterna åt. Sammantaget är *P. alni* en heteroploid art (olika antal kromosompar) där; *P. alni* subsp. *alni* är en nära-tetraploid art; som kan ha uppkommit vid flera tillfällen genom hybridisering mellan *P. alni* subsp. *uniformis* och

subsp. *multiformis* (Ioos m.fl., 2006). *P. alni* subsp. *uniformis* har tidigare kallats för den svenska hybridvarianten, detta för att den upptäcktes just här i Sverige 1996 (Clive M. Brasier, Kirk m.fl., 2004). Clive M. Brasier, Kirk m.fl. (2004) menar att det är troligt att denna art har introducerats här, samt att global växthandel möjliggjort dess hybridisering. I växthandeln kan hybridisering *P. alni* subsp. *uniformis* ha möjliggjorts genom mötet mellan de troliga förfäderna *P. alni* samt *P. cambivora* (Ioos m.fl., 2006). Viktigt är att inse att artbegreppet inom *Phytophthora* är problematiskt och DNA-markörer använts för att särskilja dessa åt vilket gör att en viss osäkerhet kan finnas.

Överlevnadsstrukturer

Då *Phytophthora* ssp. har en komplex livscykel med flera olika steg, se figur 2.1, där både sexuell och asexuell förökning kan ske blir populationerna komplexa med olika genetiska uttryck. Detta kombinerat med speciella vilostrukturer; såsom oosporer och klamydosporer gör att snabb bekämpning är omöjlig då *Phytophthora* i dessa former kan överleva utan värdmaterial. Detta innebär att patogener av denna typ enligt Ribeiro (2014) måste kontrolleras på ett integrerat sätt.

2.4. Smittospridning

2.4.1. Smittospridning kompliceras av handel med växter

C. M. Brasier (2008) menar att största risken för introduktion av nya allvarliga patogener idag ligger i handeln med växter samt det olicensierade insamlandet (både av professionella och amatörer) av växter. Det är troligt att arter av *Phytophthora* sprids genom handel med växter i plantskolehandeln (Pérez-Sierra m.fl., 2013). Detta innebär att plantskolor är en särskilt god plats för möjligheter att hybridisering ska ske då oftast flera olika sorters *Phytophthora* kan vara etablerade samtidigt. Ett

specifikt geografiskt ursprung kan vara svårt att identifiera, det är dock bevisat att plantskolehandel är en bidragande orsak till spridning av *Phytophthora*. Exempelvis har den för Nordamerika exotiska arten *Phytophthora ramorum* invaderat vid minst tre tillfällen (Pérez-Sierra m.fl., 2013).

2.4.2. Situationen i Sverige idag

De enkäter som skickades ut till olika park- och naturförvaltningar visar att kunskapen om *Phytophthora* är låg där de insatser som görs enbart beror på att de infekterade träden bedöms vara riskabla för de som nyttjar dessa områden. Dels upplevs det att det är intressant då detta är något man börjat prata om mer de senaste årtiondet. De svar som erhöles visade att utförda insatser främst syftade till att skydda besökare från fallande träd. Detta är liknande den tankegång Skogsstyrelsen har där insatser enbart görs för att rädda virkesvärdet¹. Problematiken synliggörs av att det idag finns bristfällig information om vilka typer av *Phytophthora* ssp. som förekommer som skadegörare på park- och naturområden. Man kan förvänta sig att flera andra arter av *Phytophthora* ssp. än de idag kända förekommer som skadegörare i Sverige, då lite information publicerats och ingen förteckning gjorts såvitt känt för författaren. Följande arter av *Phytophthora* är idag beskrivna i litteratur som förekommande som skadegörare på vedartat material i Sverige: *P. cactorum*, *P. quercina*, *P. cambivora*, *P. plurivora*, *P. syringae* två olika underarter av *P. alni*; subsp. *uniformis* och subsp. *alni*, karantänkadegöraren *P. ramorum* på till Sverige importerade rhododendron (Redondo, M.A. m.fl., 2014; Jönsson m.fl., 2003; Jordbruksverket, 2011; Pérez-Sierra m.fl., 2013). Man kan dock tänka sig att mörkertalet är betydande då få insatser gjorts för att undersöka situationen.

Det blir skillnad hur fall av *Phytophthora* hanteras, handlar det om en karantänkadegörare är Jordbruksverket ansvarigt. Om det handlar om en etablerad ska-

¹Enkät svar från Gunnar Isacson på Skogsstyrelsen

degörare bör en del av utbildningsansvaret för att arbeta fram ett växtskyddsprogram delvis ligga hos SLU. Problematiken fördjupas av att Sverige enligt fytosanitära avtal (SPS) skall ha information över vilka patogener som förekommer inom våra gränser, detta för att handel skall möjliggöras utan risk. Intressant är att Jordbruksverket år 2014 gjorde 131 inspektioner efter karantänskadegörarna (*P.ramorum* och *P.kernoviae*) i plantskolor och garden center, varvid 23 prov skickades för laboratorieanalys, varav 6 prov var positiva för *Phytophthora ramorum*. Detta innebär grovt räknat att 4,6% av alla inspektioner var positiva (Thulin, 2014). Inga inspektioner gjordes i skog samt 21 visuella inspektioner i naturområden (4 prov skickades på analys) varav inga var positiva.

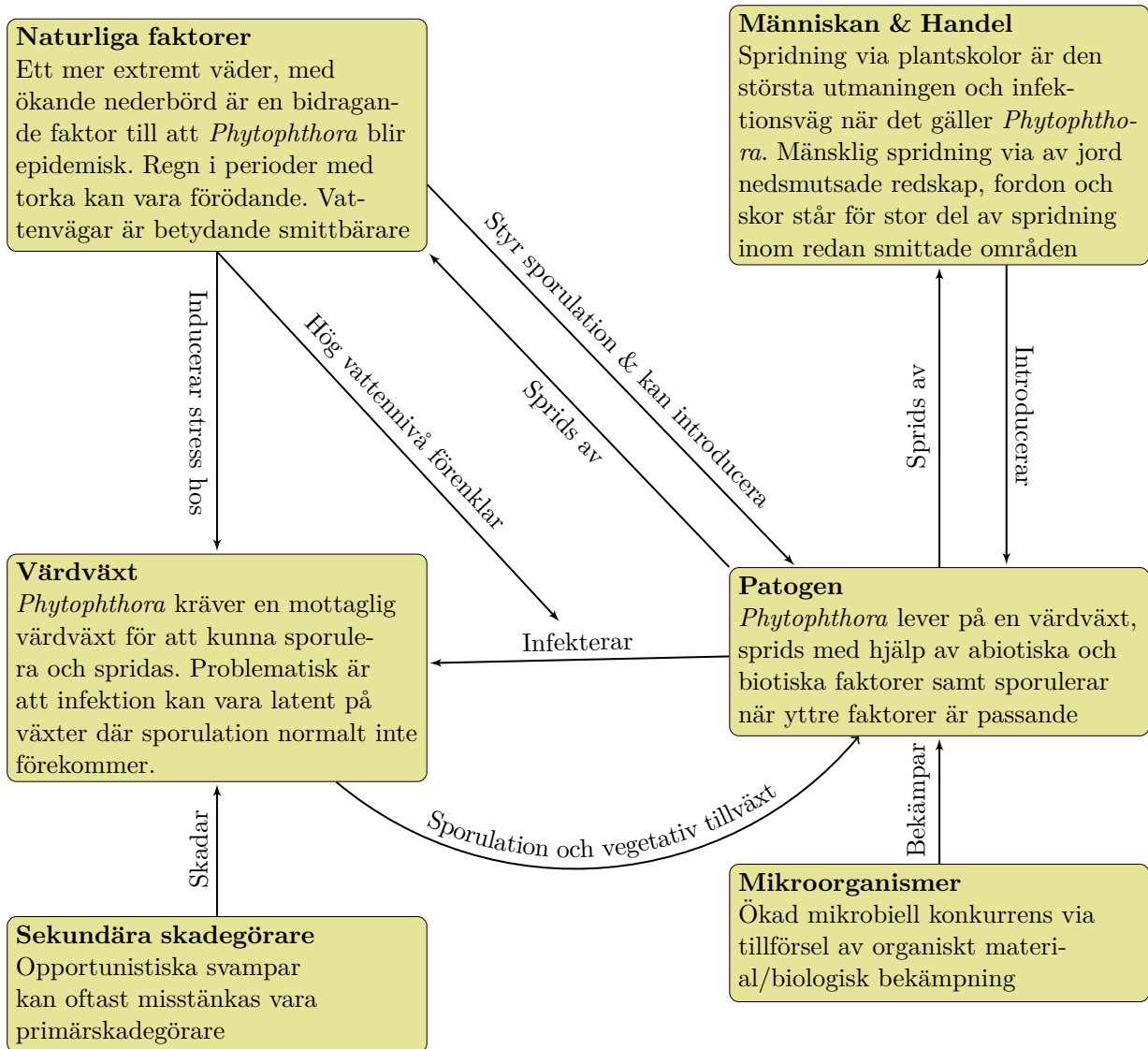
2.4.3. Karantänskadegörare

Idag är endast *Phytophthora ramorum* och möjligtvis *Phytophthora kernoviae* betraktade som karantänskadegörare. Att en art är klassad som karantänskadegörare medför ett särskilt ansvar för Jordbruksverket att undersöka huruvida denna finns på plantskolor och i naturområden samt om så är fallet sätta in vederbörliga resurser. Detta medför även särskild anmälningsplikt för de personer som arbetar dagligen inom park och naturområden, att rapportera misstänkta fall. Vad som föreligger vara symptom som skall rapporteras till Jordbruksverket förs en diskussion om i resultatdelen till denna rapport.

2.5. Faktorer som påverkar möjlighet för *Phytophthora* att etablera sig

Perioder av högstående vatten accelererar sjukdomsförlopp vilket är kopplat till klimatförändringar. En tydlig koppling har kunnat visas för bland annat *P. alni* nära flera vattendrag i Sverige, där perioder av översvämningar om inte initierat i alla fall accelererat sjukdomsförloppet betydligt (Bjelke, 2013). Dålig rutin när det gäller dränering av parkmarker

har liknande effekt på *Phytophthora* och kan leda till epidemisk utveckling. Vidare drar *Phytophthora* nytta av att klimatet är sådant att det möjliggör övervintring, eller såpass fuktigt att spridning är möjligt som i fallet *P. ramorum*. Förekommer ingen värdväxt, är det inte heller möjligt för patogenen att etablera sig. Handel med växter är avgörande för att invasiva arter av *Phytophthora* skall kunna introduceras, när det gäller fordon är det framförallt tunga arbetsfordon som är potentiella smittobärare (Jules m. fl., 2002). Se figur 2.2 för de olika faktorerna som påverkar *Phytophthora*.



Figur 2.2.: Modell över de faktorer som påverkar sjukdomsförlopp, etablering samt spridning av *Phytophthora*.

2.6. Symptombeskrivning och diagnostik

I denna del ges grundläggande information om de symptom som *Phytophthora* ssp. orsakar. På grund av dess livscykel kan patogenen förekomma latent, vilket innebär att det är först när den övergår till en mer aggressiv fas som man noterar problemet. När rotsystemet är det som attackerats primärt kan detta lätt misstolkas som att torka, utskuggning eller övervattning orsakar symptomen innan (och om) man inser faktiska problematiken. Generella långsamt utvecklande symptom såsom utglesning av trädkronan som t.ex. *Phytophthora quercina* orsakar på ek (*Quercus robur*) detta i kombination med tidig lövfällning på hösten samt mer eller mindre klorotiska blad är typiskt för de jordburna arterna. Vidare uppvisar infekterade träd oftast angrepp av sekundära skadegörare som i dessa fall får ses som opportunistiska och angriper först när träd försvagats i rotzonen. De olika kladerna illustrerade i det fylogenetiska trädet i figur 2.3 är det vedertagna sättet att gruppera olika arter av *Phytophthora*.

Blödande stamsår

Både de jordburna och luftburna sorterna kan orsaka blödande stamsår på flera olika trädarter. Utifrån de blödande såren är det svårt att dra slutsatser om vilken art av *Phytophthora* ssp. det är. Blödande stamsår ska ses som ett välutvecklat tydligt symptom som syns när det redan finns en etablerad smitta. Blödande stamsår bör ses som toppen av isberget, då *Phytophthora* ssp. primära förökningsplats är på rötter om jordburen eller blad om luftburen.

2.6.1. Jordburen

Rotröta

Symptom på rotröta är:

- Relativt små blad som kan vara klorotiska på t.ex. kastanj eller på bok (Jung, Vettraino m. fl., 2013).
- Döda grenar i krona som ger ett

förminskat uttryck (Jung, Vettraino m. fl., 2013)

- Blödande stamsår eller skador under bark med rödaktig tunga (Jung, Vettraino m. fl., 2013)
- Förminskat rotsystem, med nekrotiska skador (Jung, Vettraino m. fl., 2013)

Rotskador orsakade av *Phytophthora* gör även att angripna träd generellt är känsligare för torka, riskerar knäckas eller vältras vid stormar och lätt angrips av sekundära skadegörare (Jung, Vettraino m. fl., 2013). Vidare kan det vara svårt om inte omöjligt att utröna vilka *Phytophthora*-arter det är som orsakar skador utifrån symptom- och/eller skadebild då de kan ha överlappande värdväxtspektra. Samtidigt kan flera olika *Phytophthora*-arter vara problem inom en och samma region, som på ek (*Quercus* ssp.) där i vårt klimat *P. quercina*, *P. plurivora*, *P. cambivora* alla kan orsaka liknande skadebild (Jung, Vettraino m. fl., 2013; Jönsson m. fl., 2003). Generellt så kan även sägas att finns det symptom på ett träd i ett bestånd, så är närliggande träd även de infekterade och kommer över tid uppvisa symptom eller dö.

Phytophthora lateralis

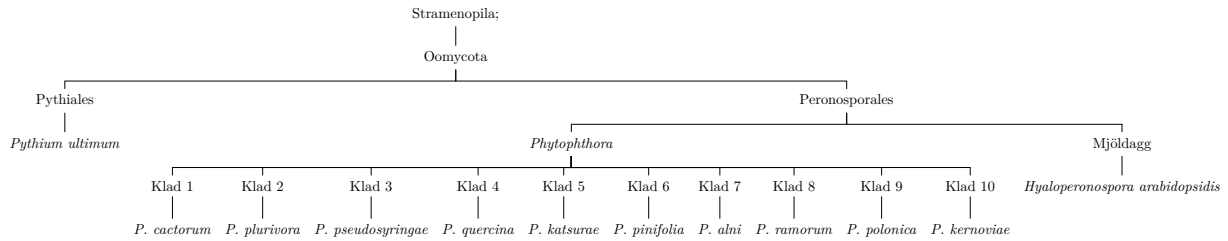
Klad: 8

Nyckelarter: *Chamaecyparis lawsoniana*

Andra värdväxter: *Taxus brevifolia*

Resurser för diagnostisering: EPPOs datablad om *P. lateralis*

P. lateralis orsakar främst rot- och kragröta på ädelcypress *Chamaecyparis lawsoniana* vilken bara är härdig i södra delar av landet. *C. lawsoniana* har främst planterats i privata trädgårdar men har möjligtvis även använts en del som lähäckor. En del i problematiken är *P. lateralis* nära släktskap med arter i klad 8 vilka är luftspridda. Vidare har man under vissa förhållanden har kunnat identifiera produktion av avfallande sporangia vilket medför att luftspridning är möjligt (Robin m. fl., 2011).



Figur 2.3.: Fylogenetiskt träd över Oomycota med exempel över arter i respektive klad (genetisk besläktad grupp) med *Phytophthora* samt de närmast besläktade familjerna (Kroon m. fl., 2011; Judelson, 2012)

Phytophthora plurivora

Klad: 2

Nyckelararter: *Fraxinus excelsior*, *Fagus sylvatica*, *Rhododendron* ssp.

Andra värdväxter: *Quercus* spp., *Acer platanoides*, *Acer pseudoplatanus*, *Tillia cordata*, *Betula pendula*, *Sambucus nigra*

Resurser för diagnosticering: Phytophthora Database faktasida om *P. plurivora*

För värdväxtlista se: (Jung och Burgess, 2009, Table 1)

P. plurivora ansågs tidigare vara *P. citricola*, men analyser av gener visar att detta är en egen art (Jung och Burgess, 2009). *P. plurivora* uppträder som skadegörare i Danmark, Norge och Sverige (Talgø m. fl., 2015; Orlikowski m. fl., 2011; Samuelsson m. fl., 2012). Prover i Danmark visar att askbestånd (*Fraxinus excelsior*) på flera ställen är drabbade (Orlikowski m. fl., 2011). Det problematiska är att flera andra arter i de skogar där ask växer också är mottagliga såsom bland annat *Betula pendula* och i lägre skiktet *Sambucus nigra* (Orlikowski m. fl., 2011). På grund av den genetiska variationen i Europa är stor misstänks skulle *P. plurivora* kunna vara en inhemsk europeisk art, dock saknas tillräckliga vetenskapliga bevis för denna hypotes (Schoebel m. fl., 2014). Utbredd växthandel är en av de bidragande orsakerna till att en vidare etablering över Europa skett. Geografisk isolering blir inte längre en begränsning för genflöde mellan olika populationer (Schoebel m. fl., 2014). Detta leder i sig till en högre variation av *P. plurivora* vilken uttrycker sig aggressivare mer utbredda skador.

Phytophthora cambivora

Klad: 7

Nyckelararter: *Fagus sylvatica*, *Abies* spp., *Acer* ssp. *Castanea sativa*

Andra värdväxter: *Quercus* ssp., *Aesculus hippocastanum*

Resurser för diagnosticering: Forest Phytophthoras fakta sida om *P. cambivora*

P. cambivora får idag anses vara en etablerad skadegörare över stora delar av Europa. Etablerade skadegörare regleras inte av handeln och fytosanitära avtal således finns det inget som stoppar denna. Den är väl utspridd i natur- och parkområden i Europa, och tillsammans med *P. plurivora* de mest aggressiva av ett komplex av *Phytophthora* som är orsaken till den nedåtgående trend sett till vigör hos och antalet bokar i Europa (*Fagus sylvatica*) (Jung, Vettraino m. fl., 2013).

Phytophthora alni

Klad: 7

Nyckelararter: *Alnus* ssp.

Resurser för diagnosticering: Forest Phytophthora faktablad om *P. alni*

P. alni har orsakat stor skada längs flera vattendrag i södra Sverige. Stora skador har märkts i samband med rikligt regnfall (Bjelke, 2013). De alar som drabbats mest är de som växer närmast vattnet, företrädesvis klibbal (*Alnus glutinosa*) (Bjelke, 2013). Denna skadegörare får idag anses vara etablerad i Sverige. Inga insatser görs heller för att begränsa dess

spridning ².

Phytophthora austrocedri

Klad: 8

Nyckelarter: *Juniperus communis*, *Austrocedri chilensis*

Andra värdväxter: *Chamaecyparis nootkensis*, *Chamaecyparis lawsoniana*,

Resurser för diagnostisering: Forestry commissions faktasida om *P. austrocedri*

P. austrocedri är en invasiv art som först upptäcktes som skadegörare i västra Patagonien, Argentina på *Austrocedri chilensis* (Forestry Commission, 2015c). Sedan första upptäckten i Storbritannien 2011 anses den nu där vara spridd i begränsade delar av flera regioner där den orsakar omfattande skada på en (*Juniperus communis*) (Forestry Commission, 2015c). Skulle delar eller hela kronor av en *J. communis* bli bruna, varvid under barken det finns brun/röda skador avgränsade mot friskt vitt vedmaterial (Forestry Commission, 2015c), bör det antas att *P. austrocedri* är den orsakande faktorn och eftersom denna skadegörare tidigare inte är konstaterad i Sverige bör man rapportera detta till Jordbruksverkets kännedom.

***Phytophthora* ssp.**

Phytophthora quercina, *Phytophthora cactorum*, *Phytophthora syringae* är andra i Sverige förekommande *Phytophthora*. Dessa arter bör alla ses som invasiva och bidrar till den samlade sjukdomsbild av *Phytophthora* som idag finns i Sverige.

2.6.2. Luftburen

Misstänks en luftburen *Phytophthora* på vedartat material skall detta rapporteras till Jordbruksverket då dessa är i regel karantänskadegörare. De luftburna *Phytophthora* arterna kräver högre luftfuktighet än jordburna. I takt med mer extremt väder är det mycket möjligt att någon av dessa skulle kunna etablera sig i park/naturområden i Sverige.

²Samtal med Jordbruksverkets Karin Nordin

Bladinfektioner

Symptom kan generellt sägas motsvara de för *P. ramorum*. Där infektioner med diffusa marginaler som ansamlas vid de fuktigare partierna av blad, såsom bladspetsar och -kanter. Oftast söker sig infektionen mot bladvenen och orsakar där lansettlika lesioner. Skador kan även uppkomma på stamdelar och är där avgränsade av en röd-brunaktig lesion.

Att en *Phytophthora* är luftburen innebär att dess sporer har utvecklat de nödvändiga mekanismerna för att kunna spridas långväga via vind. Infektion och skador under jord är för vissa av dessa negligierbara men kan vara en introduktionsväg. Istället är det via sporulation på värdväxters bladmassa som smittan främst sprids. Att luftburen *Phytophthora* kan föras långa sträckor är välkänt sedan länge från den agrikulturella sektorn, där både *P. capsici* samt *P. infestans* sprids via avfallande sporangia (K. H. Lamour m. fl., 2012). Även den för prydnadsväxter viktiga skadegöraren *P. tropicalis* har avfallande sporangia (K. H. Lamour m. fl., 2012). Mekaniken kan ses som att avfallande sporangia kan spridas över långa sträckor med vindar. När sedan yttre omständigheter är rätt kan antingen sporangium gro med en hyf direkt och infektera en värdväxt eller utveckla flertalet zoosporer som med hjälp av chemotaxis och vatten kan spridas till och infektera närliggande växt.

Phytophthora ramorum

Klad: 8

Nyckelarter där bladsporulering sker: *Larix kampfeae*/ssp.?, *Rhododendron* ssp., *Viburnum* ssp., *Camelia* ssp. samt *Pieris* ssp.

Andra växter där infektion kan ske: Över hundra värdväxter har identifierats, aktuella för våra breddgrader är bland annat bok (*Fagus sylvatica*), tysklönn (*Acer pseudoplatanus*), hästkastanj (*Aesculus hippocastanum*) samt sälg (*Salix caprea*).

Resurser för diagnostisering: California Oak Mortality Task Force (bla. symptombil-

der), EPPOs diagnostikprotokoll samt engelska Forestry Commissions

För värdväxtlista se: USDAs uppdaterade värdväxtlista

Symptom: På arter där sporulering sker på bladytan uppträder infektioner i de områden där vatten ansamlas, såsom bladspetsar och -kanter oftast är infektionen utdragen i bladvenens riktning. Infektionsområdena är oftast diffusa i gränsen mot frisk bladvävnad. *Phytophthora ramorum* orsakar inte några nämnvärda skador under jorden, dock kan jordbundna klamydosporer vara en spridningsväg ("Phytophthora ramorum" 2006).

Den i Europa historiskt förekommande klonlinjen betecknas EU-1, och är mer aggressiv än de två i Nordamerika funna linjerna NA-1, NA-2 (Grünwald m. fl., 2008). I delar av Skottland och nordvästra Irland har en för Europa ny och fjärde klonlinje dykt upp EU-2 (King m. fl., 2015). För första gången upptäcktes i England år 2009 dödliga infektioner i form av blödande stamsår orsakade av *P. ramorum* på ett för skogsindustrin viktigt barrträd; Japansk lärk (*Larix kaempferi*) (Forestry Commission, 2015b). Det visade sig snart att *L. kaempferi*, är en utomordentligt bra värd för sporulering utav *P. ramorum* vilket har lett till dramatiska insatser med bland annat helikopterspaning och omfattande (10000 hektar) fällning av planterad lärkskog (King m. fl., 2015). King m. fl. (2015) har även hittat naturligt infekterade hybridlärkträd (*Larix x eurolepis*) av *P. ramorum* EU-2, denna klonlinje kan möjligtvis vara än mer patogen på *Larix* än EU-1. Det är viktigt att skogsägare med planterad Lärk av alla typer övervakar sina bestånd för symptom då det är oklart vilken mottaglighet som finns hos hybridlärk (*L. x eurolepis*) samt Europeisk lärk (*L. decidua*) (Forestry Commission, 2015a). Ett av de positiva fallen av *P. ramorum* 2014 i plantskola/garden center var på rotsystemet av *Syringa vulgaris* (Thulin, 2014), denna typ av problematiska spridning bör ses som symptomatiskt för *Phytophthora*.

P. ramorum sporulerar i stora mängder i bladverk på flera växtarter, främst *Viburnum* ssp. samt *Rhododendron* ssp.. Från dessa luftin-

fektioner kan sedan sekundära skador som blödande stamsår uppstå på trädarter som inte drabbats av bladinfektioner *Fraxinus excelsior*, *Fagus sylvatica*.

Phytophthora kernoviae

Klad:10

Nyckelarter där bladsporulering sker: *Rhododendron ponticum*, *Rhododendron catawbiense*, *Magnolia* ssp.

Andra växter där infektion kan ske: *Fagus sylvatica*, *Aesculus hippocastanum*, *Prunus laurocerasus*, *Vaccinium myrtillus*.

Resurser för diagnostisering: FERAs faktablad om *P. kernoviae*, med viss värdväxtlista.

P. kernoviae har hittills endast hittats i Storbritannien, men är väl anpassad till tempererade klimat. Dess optimala temperatur är 18° C grader, och övre gräns är 26° C, detta menar Clive M. Brasier, Beales m. fl. (2005). *P. kernoviae* är en invasiv art som har liknande värdväxtspektra som *P. ramorum* och hittats i Storbritannien ibland på ofta liknande platser. Problematiskt är den möjliga skada *P. kernoviae* skulle kunna orsaka på blåbär *Vaccinium myrtillus*, vilket skulle ha stor påverkan på svenska ekosystem. I England har den hittats på blåbär i fyra separata områden i Cornwall där den sprids i landskapet (FERA, 2010). I EU hittade man år 2013 *P. kernoviae* på två ställen i skog på Irland, samt i en plantskola (Office, 2014). Det delvis överlappande värdväxtspektra som *P. kernoviae* delar med *P. ramorum*, *P. kernoviae* luftspridda spridningsmekanism innebär att en hel del uppmärksamhet har givits denna patogen vilken regleras på liknande sätt.

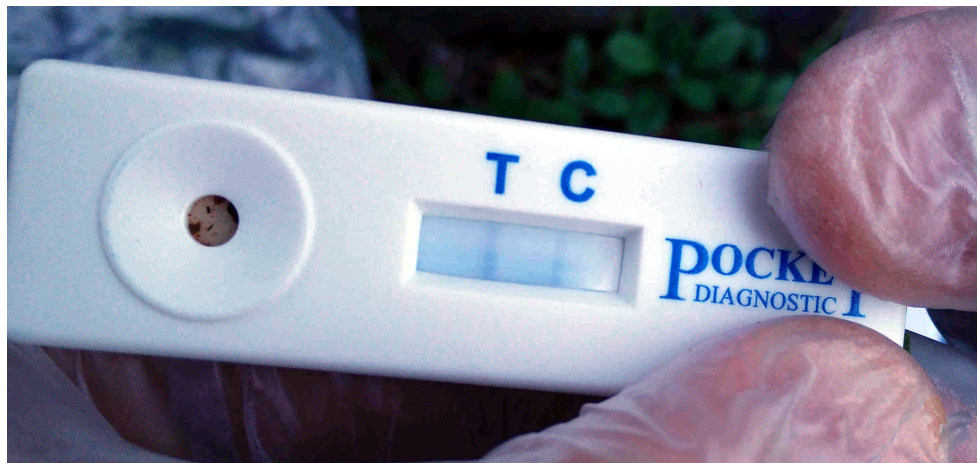
2.6.3. Diagnostik

Att veta vilken art man drabbats av är svårt om man inte tar hjälp av ett laboratorium för att göra en artbestämning. Om *Phytophthora* misstänks bör man ta kontakt med expert inom området för utförlig diagnostik. Misstänker man att det är *P. ramorum*, *P. lateralis*, *P. austrocedri* eller *P. kernoviae* bör alltid Jordbruks-

verket kontaktas. Genom en samlad symptom- bild kan man stor sannolikhet säga om det förekommer *Phytophthora* vid ett etablerat stadie, men skulle det med säkerhet behöva bedömas vid tidigt stadie är det lättaste sättet att använda ett immunanalystest för fält ett så kallat lateralt flödestest (från eng. **Lateral flow device**). Framtagna av Abbingdon Health under varumärket Pocket Diagnostics© är det ett i fält enkelt och väldigt användbart lateralt flödestest som finns för flera olika växtpatogener där ibland för *Phytophthora* ssp. (se figur 2.4). För att få en utförlig diagnostik kan ett prov samlas in och skickas för analys på laboratorium. Detta prov skall tas från gränsområdet mellan frisk och sjuk vävnad.



(a) Tydliga tjärlika fläckar basalt på stam och rotkrage (b) Blottlagt rödaktigt förstört floem typiskt för *Phytophthora* ssp.



(c) Snabbprov (Pocket Diagnostics©) av typen lateralt flöde indikerar på positivt för *Phytophthora* ssp.

Figur 2.4.: Provtagningsgång av misstänkt *Phytophthora* ssp. på jättejörk i Alnarpsparken, (*Betula maximowicziana*). När yttre symptom i form av tjärlika fläckar är tydliga (a) blottläggs floemet. Har det blottlagda floemet en symptomatisk rödhet (b) tas ett snabbprov (c). Är snabbprovet positivt för *Phytophthora* ssp. skall man anta att skadegöraren är etablerad. Vill man artbestämma bör samlat test skickas för analys, misstänker man karantänsskadegörare skall man rapportera till Jordbruksverket.

3 ■ Integrerat växtskydd & Diskussion

En av de stora utmaningarna med *Phytophthora* ssp. infektioner är problematiken att bekämpa dem, istället bör det strävas efter att ge patogenen de sämsta möjligheterna att kunna orsaka skada. För att kunna göra detta på ett korrekt sätt är det viktigt att ett växtskyddsprogram utvecklas och integreras i verksamheten, detta för att kunna arbeta aktivt med att hålla jordburna patogener i schack. Ett exempel på handlingsschema anpassat för Svenska parkområden visas på i bilaga A.1. Det är viktigt att utgå från att varje plats är unik, vilket medför att det individuella växtskyddsprogrammet i tillämpad form kommer se olika ut från plats till plats och bör alltid vara aktuellt för vidareutveckling.

Det är viktigt att både personal och besökare i drabbade områden förstår problematiken och att åtgärder sätts in tidigt för att förhindra ett problemet eskalerar. Denna uppsats tar inte upp huruvida kostnader för att implementera vissa insatser vägs upp gentemot ett trädbestånds ekonomiska värde. Men att implementera fytosanitära insatser för inköpt material samt åtgärder där man minskar möjligheten för *Phytophthora* att spridas i fält/landskap är grundläggande och bör vara ekonomiskt fördelaktigt. Vidare är det viktigt att fortlöpande utbilda sin personal i dessa frågor så de aktivt kan arbeta på ett korrekt sätt, samt om smitta förekommer informera besökare hur de kan minimera spridningsrisken.

3.1. Förebyggande åtgärder

Då *Phytophthora* är en invasiv patogen är det viktigt att inse vilka de möjliga vägarna in är. Detta kan vara plantskolematerial, jord/lera/substrat antingen direkt eller indi-

rekt via redskap, skor, passagerarfordon eller arbetsfordon. Lärdomar från Australien pekar på behov av att använda nyckelarter för att tidigt identifiera möjliga sjukdomsutbrott (O’Gara m. fl., 2006). Att jobba förebyggande innebär att integrera växtskyddet i sin verksamhet. Genom att ha goda rutiner som bygger på kunskap, erfarenhet och forskningsrön kan skadegörare upptäckas och bekämpas i ett tidigt stadi. Förebyggande åtgärder kan vara att göra rent verktyg efter användning men även innebära att informera en eventuell allmänhet som nyttjar området.

3.1.1. Arbetsmetoder & sanitet

Det är viktigt att personalen är informerad i växtskydd, att rörelse av misstänkt infekterat växtmaterial inte dras genom området utan förpackas samt transporteras bort eller bränns på plats (Ribeiro, 2014). Att tillämpa sanitära åtgärder såsom att tvätta rent skor, verktyg och fordon mellan områden eller rväxter är grundläggande för att begränsa spridning av flera olika patogener (Ribeiro, 2014). Det står klart att vägar har en essentiell roll i spridning av *Phytophthora* (Jules m. fl., 2002), där fordon är den primära vektorn för spridning av jordburen *Phytophthora*. Jules m. fl. (2002) pekar även på att de områden där korsningar och värdväxter står tätt ökar spridning av *Phytophthora*. Jules m. fl. (2002) visar att tunga arbetsfordon förmodligen innebär större riskmoment än lättare passagerarfordon då dessa gör att mer lera rör sig mellan områden. Genom att till exempel på en karta märka ut de platser där infektion misstänks förekomma eller förekommer kan man anpassa den dagliga rutinen så man jobbar från friska områden mot

sjuka vilket minskar spridning i landskapet (Ribeiro, 2014).

3.1.2. Växtmaterialet & plantskolekrav

Det råder idag konsensus att den globala handeln med växtmaterial möjliggör introduktion av nya arter av *Phytophthora* i tidigare icke-drabbade områden (Ribeiro, 2014; Jung, Vettraino m. fl., 2013). Kan växter sås från frön bör detta göras, är det inte möjligt är det viktigt att ha en särskild zon där nyinköpt material kan sättas i karantän så smitta kan upptäckas. Detta karantänområde bör inte besprutas med växtskyddsmedel som verkar mot *Phytophthora* då detta medför att symptom undantrycks och möjliggör för att en infektion senare kan spridas i landskapet. Att ställa krav på sin plantskola är essentiellt. Detta görs lämpligen genom att fråga hur deras rutiner ser ut för att upptäcka möjliga infektioner av *Phytophthora* i sin odling/verksamhet och vilka insatser som görs för att begränsa introduktion av *Phytophthora*. Det finns en problematik i att inköpta växter dör, och att slutsatsen dras att de är drabbade av uttorkning/övertvättning eller utskuggning. I sådana fall bör det tas i beaktande att detta även kan vara symptomatiskt för jordburen *Phytophthora*.

3.1.3. Jord, substrat, avfall & verktyg

Att flytta jord/substrat/avfall från plats till plats utan tillbörlig desinfektering eller pakering bör betraktas som ett riskbeteende där man ökar möjligheter för jordburna skadegörare att inokulera träd i nya miljöer (Jung, Vettraino m. fl., 2013). Det är viktigt att tänka över hur man hanterar planteringsjord samt kompost då misskötsel av detta eller dåliga rutiner lätt blir ett problem. Det kan vara så att det som betraktas som rent kan i kontakt med smutsiga skor bli infekterad av patogener. Det är viktigt att återanvänt substrat/krukmaterial tas om hand på ett korrekt sätt. Krukor och annat material kan steriliseras med hjälp av värme/ånga eller kasseras. Misstänkt sjukt material skall antingen brännas på plats eller packas i t.ex. påsar

för att på ett säkert sätt transporteras från plats för destruering eller industrikompostering. Det är viktigt att detta material inte dras igenom arbetsområden (Ribeiro, 2014). Även om spridning från blödande stamsår inte är den primära risken bör man beakta möjligheten att sprida sporer av *Phytophthora* på detta sätt. Rengör därför verktyg om möjligt mellan varje träd, eller åtminstone mellan olika platser. Detta har även begränsande effekt på andra skadegörare.

3.1.4. Vatten

Det är viktigt att känna till att en för hög vattennivå är den enskilt viktigaste faktorn för att *Phytophthoras* sjukdomsförlopp skall utvecklas och eskaleras till att bli en lokal epidemi (Ribeiro, 2014; Jung, Vettraino m. fl., 2013). Genom att vidta åtgärder som ökar dräneringen av översvämningsbenägna områden kan ett accelererat sjukdomsförlopp begränsas. Undvik stående vatten där stänk från regn kan skvätta på omgivning eller översvämma vägar. Detta är framförallt viktigt längs de vägar där allmänhet eller personal rör sig. Vidare kan den stress det medför för växter vars rötter översvämmas på grund av hög vattennivå vara direkt avgörande för att *Phytophthora* skall gå från små begränsade infektioner till att orsaka lokala epidemier.

3.2. Akuta åtgärder

Vid misstänkt infektion i ett nytt område kan flera olika insatser göras. Det finns tillfällen då eliminering av alla värdväxter inom en viss radie medfört att man lyckats eliminera patogenen. Begränsning av inockulum i landskap vid nyupptäckt infektion kan ernås genom att sprida grovt material såsom barkmull (men inte barr, eller sågspån), samt använda organiskt material för att öka den mikrobiella aktiviteten på den utsatta platsen (Ribeiro, 2014). Man kan även anta att närliggande växter av samma art (och möjligtvis även andra) är latent skadebärare och vid försök att utrota *Phytophthora* bör dessa tas bort och destrueras. Kemiska

bekämpningsmedel handlar främst om tillsats av fosfit vilket tas upp i 3.2.4 i detta arbete.

3.2.1. Handhavande i riskområden/begränsa spridning

Arbete i ett område med misstänkt smitta bör följa ett handhavande där vidare spridning av misstänkt patogen begränsas. Viktigt är det att kartlägga och i verksamheten utmärka de områden där patogen misstänks förekomma. Vid rörelse från ett sådant område bör verktyg, fordon samt skor/utrustning rengöras. Vid misstänkt luftburen skadegörare bör blad tas om hand och brännas för att minska inokulum. Genom att arbeta från friska mot sjuka områden minskar man möjligheten för *Phytophthora* att spridas i landskapet (Ribeiro, 2014).

3.2.2. Förändra mikromiljön

Att använda organiskt material är en bra möjlighet för att öka konkurrensen i rotzonen gentemot *Phytophthora* ssp. (Ribeiro, 2014). Studier på jordgubbar (*Fragaria x ananassa*) visar att mykorrhiza har en negativ effekt på *Phytophthoras* sporulation (Norman m. fl., 2000). Tidigare studier på *Chamaecyparis lawsonia* visar att arbuskulär mykorrhiza har en god suppressiv effekt på *Phytophthora cinamomi*. Inokulation av mikroorganismer som biologisk bekämpning är ett bra sätt att öka motståndskraften mot patogener. Mikrobiologi i växtskyddssyfte är ett komplext område som behöver mer forskning för att kunna implementeras på en mer kontrollerad skala.

3.2.3. Hur hanterar man karantänskadegörare

Misstänker man att man drabbats av karantänskadegörare såsom *P. ramorum* skall detta omedelbart rapporteras till Jordbruksverket. Om det är möjligt så är det viktigt att åtkomst för både besökare och arbetare begränsas. Måste arbeten ändå utföras bör spridning begränsas i så stor utsträckning som möjligt via tillämpandet av sanitära insatser.

Om ett eller flera av följande är sant skall misstanke omedelbart rapporteras till Jordbruksverket.

- Finns det relativt (<1-2 år) nyinköpt material av *Rhododendron*, *Viburnum* eller *Thuja* i närheten av blödande stamsår på *Fagus sylvatica*?

- Finns symptomatiska bladinfektioner, eller sådana vissnesymptom att *Phytophthora* kan misstänkas på *Magnolia* ssp., *Rhododendron* ssp., *Camelia* ssp., *Syringa* ssp., *Thuja* ssp. eller *Viburnum* ssp.?

- Finns det blödande stamsår på *Thuja* ssp., *Magnolia* ssp. eller *Fagus sylvatica* i anslutning till icke välmående bestånd av i paragrafen ovan nämnda växter.

Man bör även rapportera till Jordbruksverket om man misstänker att *Phytophthora* är den bakomliggande orsaken till rotskador på:

En (*Juniper communis*) eller Ädelcypress (*Chamaecyparis lawsoniana*)

Samt om det finns allmänna bladinfektioner på träd och buskar som med stor sannolikhet kan misstänkas vara orsakade av *Phytophthora* ssp.

3.2.4. Verksam substans

Ett av de mest vanligt förekommande substanserna för att motverka *Phytophthora* är fosfit (i formen kaliumfosfit). Detta är inte avsett (godkänt) att användas i växtskyddssyfte, men kan tillämpas som bladnäringsgiva och är direktverkande mot *Phytophthora* men inducerar även resistens hos växter och har en viss kurativ effekt på *Phytophthora* infektioner. I Sverige säljs kaliumfosfit bland annat under varunamnet Proalexin™. Detta ämne har använts i Pildammsparken i Malmö, men främst har den använts utomlands där den bland annat i Australien haft god effekt av riktade insatser via direkta trädinjektioner i områden drabbade av *Phytophthora*. Fosfit är även del i verksamma produkter såsom Aliette™ vilket används med god effekt i USA för att behandla stamsår¹. Detta ämne är dock inte godkänt

¹E-postkorrespondens med Olaf Ribeiro

inom EU/Sverige för detta ändamål.

3.3. Långsiktiga åtgärder

Långsiktiga åtgärder kan innebära att man för anteckningar över tid, vilka man vid behov återgå till för att försöka se när en infektion skett och vad mer som kan vara i riskzonen. Men även att anlägga nya dräneringsåtgärder eller på sikt anpassa och utveckla sin växtplan för att möta det hot som *Phytophthora* ssp. utgör. Även att anpassa den strategi man har för att ersätta äldre materialet kan göras och stor vinning kan ske av att man använder lokalt uppdraget växtmaterial. Ett sådant arbete kan i värdefulla miljöer göras på plats med hjälp av plantskolor som rådgivare och ansvariga för att hitta korrekt sjukdomsensat växtmaterial.

3.3.1. Mikromiljön

Ett aktivt arbete för att området skall ha så goda växtbetingelser som möjligt bör bygga på att genom tillförsel mikrobiellt aktivt organiskt material. Detta för att mikroorganismer ska kunna utvecklas och konkurrera mot jordburna patogena organismer. Detta kan innebära att man har god hand om sin kompost, vilken i sig bör bestå av så lokalt material som möjligt eller vara certifierad (ställ frågor till leverantör). En levande jord underlättar även dränering och vattenhållningsförmågan i t.ex. leriga jordar. Man ska dock vara medveten om att det inte är troligt att man lyckas konkurrera ut en patogen av sådan natur som *Phytophthora* utan det är med flera riktade insatser som en viss suppressivitet kan åstadkommas.

3.3.2. Kartlägg och övervaka

För att kunna se vad som sker och hur skadeproblematik utvecklas över tid är det viktigt att föra anteckningar över vilka insatser man gör i fält och hur det allmänna tillståndet i park-/naturområdet är. En tydlig översikt av vilka områden som är drabbade fås genom att kontinuerligt anteckna specifika symptom och markera dessa på kartor. I dessa anteckningar är det

även bra att föra in perioder av extremt väder såsom torka och översvämningar. Antecknandet bör ses som en viktig del i det integrerade växtskyddsarbetet mot denna typ av patogener då det är viktigt att ha underlag för att kunna förbättra rutiner och få en översyn. Genom att aktivt kartlägga misstänka områden kan bra rutiner skapas och minska risken för spridning över fält.

3.3.3. Tolerant material

Att finna växtmaterial som är resistent mot all typ av *Phytophthora* är svårt om inte omöjligt. Istället bör man undersöka vilka arter man möjligtvis är eller kommer drabbas av och därefter utveckla en strategi med att hitta rätt växtval. Detta bör ske i samråd med plantskolan som man arbetar med. Ställ även krav på vilka insatser plantskolor gör för att garantera att växtmaterialet är sjukdomsfritt speciellt i förhållande till *Phytophthora*. Att använda växtmaterial som är tolerant² mot *Phytophthora* ssp. infektioner är på sikt den bästa möjligheten för att öka trädbeståndets motståndskraft gentemot *Phytophthora* ssp.. Det är viktigt att i samrådan med plantskolor ta fram väl utvalda växter för de problem som förekommer. Generellt är det viktigt att inse att även toleranta arter kan vara mottagliga för *Phytophthora* om dålig hortikulturell praxis tillämpas samt om högt vattenstånd eller dålig dränering förekommer. Det kan även vara aktuellt att se över de olika nivåerna av växter som används så att buskar under träd inte är väldigt mottagliga för *Phytophthora* och på så sätt fungerar som en uppförkningsplats vilket medför ett ökat sjukdomstryck på närliggande växtmaterial.

²Se North Carolina University, cooperative extension lista över möjliga tolerant arter

4. ■ Slutsatser

De aggressiva egenskaper som skadegörare av typen *Phytophthora* uppvisar på vedartat material gör att detta släkte bör betraktas som ett ytterst allvarligt hot på våra ekosystem. De skador som blir på ekosystemet accelereras av att patogenen kan döda stora träd eller erosionsbindande nyckelarter som al i vattennära områden. Detta medför markanta förändringar i markmiljö såväl som i kronmiljö. Vilka de långsiktiga effekterna blir för lokala och regionala ekosystem är svårt att säga. Då det i dagsläget inte finns mycket publicerat, och transparens saknas över vilka arter som idag finns i Sverige behövs riktade insatser för att utveckla kunskap om hur man hanterar *Phytophthora* ssp.

De insatser som idag görs inom park- och naturförvaltningar för att kontrollera denna typ av patogener är ringa. Det är efter den enkätundersökning som genomfördes uppenbart att detta främst beror på bristande kunskap och metodik. Denna kunskapslucka bör täppas igen genom att införa ett samarbete mellan de olika aktörerna inom gröna sektorn. Ett gediget arbete krävs för att hitta nya integrerade metoder att bekämpa skadegöraren, både i form av resistent material men även genom integrerade växtskyddsstrategier och godkännandet av fosfit i någon form som växtskyddsmedel.

Växthandelsregleringar fungerar generellt dåligt mot denna typ av jordburen patogen. Det medför att efter en klonlinje av *Phytophthora* introducerats och spridits finns det en stor risk att patogenen återintroduceras vilket leder till en ökad genetisk variation. Denna variation ökar möjligheten för patogener att utvecklas, bli svårhanterliga och utvecklas till regionala epidemier. De karantänskadegörarna övervakas, men arter som borde men ännu in-

te hunnit regleras eller upptäckas hinner sprida och etablera sig. Oroväckande är att såpass hög procent (4,6%) av de visuella inspektioner som görs i plantskolor och garden centers är positiva för karantänskadegöraren *P. ramorum*. Denna bristfälliga övervakning i kombination med att mer växter säljs i butiker som inte specialiserat sig på växter (såsom den lokala livsmedelsbutiken) är problematiskt. Det är fullt möjligt att med tanke på den mängd växter som säljs att *Phytophthora ramorum* redan har introducerats i våra ekosystem men ännu inte hunnit etablera sig. Ett förändrat fokus bör också ligga i att kontrollera vilka genotyper av *Phytophthora* som introduceras, för dessa genotyper kan skilja sig i både patogenicitet och värdväxtspektra.

Det vore önskvärt att plantskolor utvecklade program som garanterar *Phytophthora*-fritt material. Det växtmaterial som används bör vara separerat från utländskt material. En stor del av denna insats bör ske genom mikroförökning. Dessa insatser bör vara riktade mot värdefulla park- och naturområden. Det är även viktigt att planteringar som sker vid återställning av naturområden är garanterat sjukdomsfria. Detta kan bara ske genom en bred samverkan mellan beställare och entreprenörer. Vidare är det viktigt att utveckla kontrollsystem för att kunna minska spridning mellan olika platser inom Sveriges gränser.

Litteratur

- Agrios, George N (2004). *Plant pathology*. Amsterdam; Boston: Elsevier Academic Press. ISBN: 0120445654 9780120445653.
- Bjelke, Ulf (2013). *Fjärranalys av skador på al utmed vattendrag och sjöar i södra och västra Sverige*. 13. SLU.
- Brasier, C. M. (2008). "The biosecurity threat to the UK and global environment from international trade in plants". I: *Plant Pathology* 57.5, s. 792–808. ISSN: 1365-3059. DOI: 10.1111/j.1365-3059.2008.01886.x.
- Brasier, Clive (2009). "Phytophthoras in Forests and Natural Ecosystems". I: s. 101–115.
- Brasier, Clive M., Paul A. Beales, Susan A. Kirk, Sandra Denman och Joan Rose (2005). "Phytophthora kernoviae sp. nov., an invasive pathogen causing bleeding stem lesions on forest trees and foliar necrosis of ornamentals in the UK". I: *Mycological Research* 109.8, s. 853–859. ISSN: 0953-7562. DOI: 10.1017/S0953756205003357.
- Brasier, Clive M., Susan A. Kirk, Jose Delcan, David E. L. Cooke, Thomas Jung och Willem A. Man In't Veld (2004). "Phytophthora alni sp. nov. and its variants: designation of emerging heteroploid hybrid pathogens spreading on Alnus trees". I: *Mycological Research* 108.10, s. 1172–1184. ISSN: 0953-7562. DOI: 10.1017/S0953756204001005.
- FERA (2010). *A threat to our woodlands, heathlands and historic gardens Phytophthora kernoviae*.
- Fisher, Matthew C., Daniel A. Henk, Cheryl J. Briggs, John S. Brownstein, Lawrence C. Madoff, Sarah L. McCraw och Sarah J. Gurr (2012). "Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health". I: *Nature* 484.7393, s. 186–194. ISSN: 0028-0836. DOI: 10.1038/nature10947.
- Forestry Commission, G. B. (2015a). *Forestry Commission - Plant Health - P ramorum FAQs*. URL: <http://www.forestry.gov.uk/forestry/infd-5ubesn#areeuropeanlarch> (hämtad 2015-03-18).
- (2015b). *Forestry Commission - Pests and diseases - Phytophthora ramorum*. URL: <http://www.forestry.gov.uk/pramorum> (hämtad 2015-03-18).
- (2015c). *Pests and Diseases - Phytophthora austrocedri*. URL: <http://www.forestry.gov.uk/forestry/infd-8rajz3> (hämtad 2015-03-14).
- Grünwald, Niklaus J., Erica M. Goss och Caroline M. Press (2008). "Phytophthora ramorum: a pathogen with a remarkably wide host range causing sudden oak death on oaks and ramorum blight on woody ornamentals". I: *Molecular Plant Pathology* 9.6, s. 729–740. ISSN: 1364-3703. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2008.00500.x.
- Hardham, Adrienne R. (2001). "The cell biology behind Phytophthora pathogenicity". I: *Australasian Plant Pathology* 30.2, s. 91–98.
- Ioos, Renaud, Axelle Andrieux, Benoît Marçais och Pascal Frey (2006). "Genetic characterization of the natural hybrid species Phytophthora alni as inferred from nuclear and mitochondrial DNA analyses". I: *Fungal Genetics and Biology* 43.7, s. 511–529. ISSN: 1087-1845. DOI: 10.1016/j.fgb.2006.02.006.
- Jönsson, U., L. Lundberg, Kerstin Sonesson och T. Jung (2003). "First records of soilborne Phytophthora species in Swedish oak forests". I: *Forest Pathology* 33.3, s. 175–179.
- Jordbruksverket (2011). *Phytophthora ramorum angriper Rhododendron och många andra arter*.
- Judelson, Howard S. (2012). "Dynamics and Innovations within Oomycete Genomes: Insights into Biology, Pathology, and Evolution". I: *Eukaryotic Cell* 11.11, s. 1304–

1312. ISSN: 1535-9778, 1535-9786. DOI: 10.1128/EC.00155-12.
- Judelson, Howard S. och Flavio A. Blanco (2005). "The spores of Phytophthora: weapons of the plant destroyer". I: *Nature Reviews Microbiology* 3.1, s. 47–58. ISSN: 1740-1526. DOI: 10.1038/nrmicro1064.
- Jules, Erik S., Matthew J. Kauffman, William D. Ritts och Allyson L. Carroll (2002). "Spread of an invasive pathogen over a variable landscape: a nonnative root rot on port orford cedar". I: *Ecology* 83.11, s. 3167–3181. ISSN: 0012-9658. DOI: 10.1890/0012-9658(2002)083[3167:SOAIP0]2.0.CO;2.
- Jung, Thomas och T.I. Burgess (2009). "Re-evaluation of Phytophthora citricola isolates from multiple woody hosts in Europe and North America reveals a new species, Phytophthora plurivora sp. nov." I: *Persoonia* 22, s. 95–110. ISSN: 0031-5850. DOI: 10.3767/003158509X442612.
- Jung, Thomas, Anna Maria Vettraino, Thomas Cech och Andrea Vannini (2013). "The Impact of Invasive Pytophthora species on European forests". I: *Phytophthora: a global perspective*. Utg. av Kurt Lamour. CABI plant protection series 2. Cambridge, MA: CABI, s. 146–158. ISBN: 9781780640938.
- King, K. M., A. R. Harris och J. F. Webber (2015). "In planta detection used to define the distribution of the European lineages of Phytophthora ramorum on larch (Larix) in the UK". I: *Plant Pathology*, n/a–n/a. ISSN: 1365-3059. DOI: 10.1111/ppa.12345.
- Kroon, Laurens P. N. M., Henk Brouwer, Arthur W. A. M. de Cock och Francine Govers (2011). "The Genus Phytophthora Anno 2012". I: *Phytopathology* 102.4, s. 348–364. ISSN: 0031-949X. DOI: 10.1094/PHYTO-01-11-0025.
- Lamour, Kurt, utg. (2013). *Phytophthora: a global perspective*. Cambridge, MA: CABI. ISBN: 9781780640938 1780640935.
- Lamour, Kurt H., Remco Stam, Julietta Juppe och Edgar Huitema (2012). "The oomycete broad-host-range pathogen Phytophthora capsici". I: *Molecular Plant Pathology* 13.4, s. 329–337. ISSN: 1364-3703. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2011.00754.x.
- Liebholt, Andrew M, Eckehard G Brockerhoff, Lynn J Garrett, Jennifer L Parke och Kerry O Britton (2012). "Live plant imports: the major pathway for forest insect and pathogen invasions of the US". I: *Frontiers in Ecology and the Environment* 10.3, s. 135–143. ISSN: 1540-9295. DOI: 10.1890/110198.
- Mélida, Hugo, Jose V. Sandoval-Sierra, Javier Diéguez-Uribeondo och Vincent Bulone (2013). "Analyses of Extracellular Carbohydrates in Oomycetes Unveil the Existence of Three Different Cell Wall Types". I: *Eukaryotic Cell* 12.2, s. 194–203. ISSN: 1535-9778, 1535-9786. DOI: 10.1128/EC.00288-12.
- Norman, J. R. och John E. Hooker (2000). "Sporulation of Phytophthora fragariae shows greater stimulation by exudates of non-mycorrhizal than by mycorrhizal strawberry roots". I: *Mycological Research* 104.9, s. 1069–1073. ISSN: 1469-8102. DOI: null.
- Office, Food {and} Veterinary (2014). *Results of National Surveys 2013 Phytophthora ramorum and Phytophthora kernoviae*.
- O’Gara, E., K. Howard, B. Wilson och GE St J. Hardy (2006). "Management of Phytophthora cinnamomi for biodiversity conservation in Australia: Part 1. A review of current management." I:
- Orlikowski, L. B., M. Ptaszek, A. Rodziewicz, J. Nechwatal, K. Thinggaard och T. Jung (2011). "Phytophthora root and collar rot of mature Fraxinus excelsior in forest stands in Poland and Denmark". I: *Forest Pathology* 41.6, s. 510–519. ISSN: 1439-0329. DOI: 10.1111/j.1439-0329.2011.00714.x.
- Parke, Jennifer L. och Niklaus J. Grünwald (2012). "A systems approach for management of pests and pathogens of nursery crops". I: *Plant Disease* 96.9, s. 1236–1244.
- Pérez-Sierra, Ana och Thomas Jung (2013). "Phytophthora in Woody Ornamental Nurseries". I: *Phytophthora: a global perspective*.

- ve. Utg. av Kurt Lamour. CABI plant protection series 2. Cambridge, MA: CABI. ISBN: 9781780640938.
- “Phytophthora ramorum” (2006). I: *EPPO Bulletin* 36.1, s. 145–155. ISSN: 1365-2338. DOI: 10.1111/j.1365-2338.2006.00927.x.
- Redondo, M.A., Boberg, J, Olsson, C och Oliva, J (2014). “Distribution and impact of Phytophthora species on alder (*Alnus* spp.) in Southern Sweden”. I: s. 77.
- Ribeiro, Olaf K. m. fl. (2013). “A historical perspective of Phytophthora.” I: *Phytophthora: A Global Perspective*. Utg. av K. Lamour. Vol. 2, s. 1.
- Ribeiro, Olaf K. (2014). “Phytophthora Diseases: Recognition & Control”. I: *Tree Care Industry XXV*, Number 10, s. 32–38.
- Rizzo, David M. och Matteo Garbelotto (2003). “Sudden oak death: endangering California and Oregon forest ecosystems”. I: *Frontiers in Ecology and the Environment* 1.4, s. 197–204. ISSN: 1540-9295. DOI: 10.1890/1540-9295(2003)001[0197:SODECA]2.0.CO;2.
- Robin, C., D. Piou, N. Feau, G. Douzon, N. Schenck och E. M. Hansen (2011). “Root and aerial infections of *Chamaecyparis lawsoniana* by *Phytophthora lateralis*: a new threat for European countries”. I: *Forest Pathology* 41.5, s. 417–424. ISSN: 1439-0329. DOI: 10.1111/j.1439-0329.2010.00688.x.
- Samuelsson, Hans, Hillevi Eriksson och Gunnar Isacsson (2012). “Ökade risker för skador på skog och åtgärder för att minska riskerna”. I:
- Schoebel, Corine N., Jane Stewart, Niklaus J. Gruenwald, Daniel Rigling och Simone Prospero (2014). “Population History and Pathways of Spread of the Plant Pathogen *Phytophthora plurivora*”. I: *PLoS ONE* 9.1, e85368. DOI: 10.1371/journal.pone.0085368.
- Sjöholm, Lina (2012). “How sexual reproduction affects the population biology of *Phytophthora infestans*”. I: ISSN: 1652-6880.
- Talgø, Venche, Maria Luz Herrero, Brita Toppe, May Bente Brurberg, Trude Slørstad, Robert Thurston och Arne Stensvand (2015). “*Phytophthora plurivora* found on broad leaf trees in western Norway”. I: Thines, Maro (2013). “Taxonomy and Phylogeny of *Phytophthora* and Related Oomycetes”. I: *Phytophthora: a global perspective*. Utg. av Kurt Lamour. CABI plant protection series 2. Cambridge, MA: CABI. ISBN: 9781780640938.
- Thulin, Barbara (2014). *Report on Phytophthora ramorum and P. kernoviae 2014*. Dnr . 6.4.17 - 12239/14.
- Vercauteren, A., I. De Dobbelaere, N. J. Grünwald, P. Bonants, E. Van Bockstaele, M. Maes och K. Heungens (2010). “Clonal expansion of the Belgian *Phytophthora ramorum* populations based on new microsatellite markers”. I: *Molecular Ecology* 19.1, s. 92–107. ISSN: 1365-294X. DOI: 10.1111/j.1365-294X.2009.04443.x.
- Zhang, Meixiang, Qi Li, Tingli Liu, Li Liu, Danyu Shen, Ye Zhu, Peihan Liu, Jian-Min Zhou och Daolong Dou (2015). “Two Cytoplasmic Effectors of *Phytophthora sojae* Regulate Plant Cell Death via Interactions with Plant Catalases”. I: *Plant Physiology* 167.1, s. 164–175. ISSN: 0032-0889, 1532-2548. DOI: 10.1104/pp.114.252437.

A.

Handlingsschema

Detta handlingsschema rekommenderas som ett grundläggande teoretiskt hanteringsschema men skall vidarearbetas för att i praktiken passa den situation som råder på den park eller naturförvaltning som vill tillämpa ett kontrollprogram för *Phytophthora*. De förändringar som görs skall vara logiska utifrån det dagliga arbetet. Det långsiktiga arbetet går ut på att ifrågasätta de vardagsrutiner som finns som förenklar spridning och påverkan av *Phytophthora*. Exempelvis så är spridning av patogen via lera på arbetsfordon en kontrollpunkt. Att nyttja avsköljningsplatser med biobäddar på passande platser uti verksamheten för att kunna göra rent de fordon och material som använts från lera är en del av den tillämpade skötseln.

Åtgärder som att öka dräneringen i äldre etablerade områden är problematiskt, det är därför viktigt att betänka hur man till exempel kan öka dräneringsmöjligheterna med hjälp av upphöjda planteringsbäddar vid nyplantering. Genom att aktivt arbeta vidare med ett hanteringsschema blir detta därför en tillgång till kunskap på den lokala arbetsplatsen som sedan kan utbytas med andra och en diskussion mellan olika parter kan föras.

Tabell A.1.: HACCP schema för hantering av *Phytophthora* anpassad från Parke m. fl. (2012)

Risk	Kritisk kontrollpunkt	Tillämpad skötsel
Mark	Stänk från kontaminerad mark Förflyttning av kontaminerad jord via redskap och utrustning (fordon, maskiner etc) Förflyttning av kontaminerad jord via anställda och besökare Kontaminering av jord via infekterat lövverk	Täck mark med barkflis men inte barr eller sågspån. Rengör material och utrustning vid arbete mellan zoner (Infekterad→Oinfekterad). Undvik om möjligt arbete vid blöt (lerigt) väderlek. Rengör skor vid rörelse mellan zoner (Infekterad→Oinfekterad), undvik stående vatten, lera samt organiskt material på gångar. Informera allmänheten om behovet att rengöra stövlar/skor efter besök. Rapportera misstänkt fall av luftburen smitta till Jordbruksverket. Undvik att infekterade blad ansamlas, samla upp dessa och bränn på plats eller förpacka till destruering.

Risk	Kritisk kontrollpunkt	Tillämpad skötsel
Vatten	Kontaminering via infekterat bevattningsvatten	Kontrollera eventuella dammar, desinfektera kontaminerat vatten eller använd kommunalt vatten.
	Spridning av patogen via vattenvägar samt accelererat sjukdomsförlopp orsakat av höga vattennivåer. Spridning av patogen via stänk	Undvik stående vatten, samla upp (dränera) och desinfektera om möjligt kontaminerat vatten Undvik stående vatten
Växtmaterial jord/substrat	Introduktion av patogen via växtmaterial	Sätt inköpt växtmaterial i karantän, utför eventuella tester, forsla bort infekterat växtmaterial på korrekt sätt alternativt bränn på plats. Barrotat material är att föredra. Samarbeta med plantskolor.
	Introduktion av patogen via jord/substrat	Se till att jord/substrat är rensat från patogen, förvara jord/substrat på korrekt sätt åtskilt från möjliga infektionsvägar. Vid behov desinfektera jord/substrat.
	Spridning via direktkontakt mellan mottagliga arter	Använd resistent arter, om möjligt eliminera mottagliga arter i närområde, se till att växterna har de bästa möjliga förutsättningarna.
	Spridning via återanvändande av containrar/ annat material Spridning via fuktighetshållande material	Använd nytt material alternativt desinfektera material Markduk främjar ett fuktigt mikroklimat under väven som är fördelaktig för infektion och spridning av Phytophthora
	Spridning via jord/substrat	Öka mängden organiskt material, samt se om möjligt till att den mikrobiella konkurrensen är så stor som möjligt.