



Länsstyrelsen
Västmanlands län

AVDELNINGEN FÖR NATURVÅRD



Askskottsjuka

Hur mår våra skyddsvärda askträd?

LÄNSSTYRELSENS RAPPORTSERIE

Rapport 2021:02

Titel: Askskottsjukan
Författare: Vikki Bengtsson, Pro Natura
Projektledare: Karin Sandberg och Anna Stenström
statistiska beräkningar: Phil Wheeler
Utgivare: Länsstyrelsen i Västmanlands Län
Diarienummer: 511-2814-2020
Omslagsbild: Vikki Bengtsson, Pro Natura
Foto: Vikki Bengtsson, Pro Natura

Innehåll:

Sammanfattning	2
Summary	4
Inledning	6
Hotbild	9
Metodbeskrivning	11
Resultat	12
Hamling och askskottsjuka.....	15
Hamling och dödlighet	16
Diskussion och litteraturgenomgång.....	19
Rekommendationer	25
Litteraturlista	27
Bilagor.....	35
Fältprotokoll för inventering av askskottsjuka	35

1 Sammanfattning

Gamla askar har stort kulturhistoriskt samt biologiskt värde i Sverige. Askskottsjuka är en svampsjukdom som angriper askar i hela landet och finns nu i stora delar av Europa. Den angripande svampen är en sporsäcksvamp som numera heter *Hymenoscyphus fraxineus*. Spridningen sker huvudsakligen med sporer med vinden utan hjälp av någon insekt (Kowalski & Holdenreider, 2009a; Queloz *et al*, 2011). *H. fraxineus* tros ha sitt ursprung i östra Asien där *Fraxinus manchuria* är dess värd och där är den inte sjukdomsalstrande (Zhoa *et al*, 2012).

För att följa upp askskottsjukans förlopp, inventerades 330 skyddsvärda askar (fördelade mellan askar som har hamlats för mer än 30 år sedan, sådana som hamlats inom de senaste tio åren och icke hamlade träd) i Västra Götaland år 2009, 2011, 2013, 2015 och 2020.

Enligt flera forskare (Coker *et al*, 2019, Kjaer *et al*, 2012, Gross *et al* 2015) är de flesta askträd mottagliga för sjukdomen och förmodligen visar bara runt 1 % av populationen någon slags resistens/tolerans.

Enligt genomförd inventering har 94,5 % av de skyddsvärda askarna i länet drabbats av askskottsjuka jämfört med 62 % 2009. Totalt sett har 70 askar dött sedan uppföljning började år 2009 (21 %).

2009 fanns det inget samband mellan stamomkrets och askskottsjuka (Bengtsson & Stenström, 2009), men år 2013, 2015 och 2020 var grövre träd signifikant mindre drabbade av askskottsjuka. Inga av de undersökta träden under 136 cm i omkrets var friska.

Vid 2020 års inventering fanns det en signifikant skillnad där träd som står skuggigt var hårdare drabbade än de som står öppet. Däremot fanns det fortfarande inget signifikant resultat när det gäller om trädet står i ett betat område eller ej. Dessa skillnader när det gäller bete och beskuggning fanns inte vid 2013 och 2015 års inventeringar.

Under tidigare års analyser har askskottsjukans effekter på hamlade träd skiljt sig mellan åren (Bengtsson *et al*, 2012; Bengtsson, 2014; Bengtsson, 2016). Analys på data från 2020 visar att det numera inte finns några skillnader mellan de tre olika klasser av träd när det gäller hur hårt drabbad kronan var av askskottsjuka. Däremot verkar träden i gruppen som har hamlats inom de senaste tio åren ha haft en högre dödlighet än träd som inte har hamlats på länge och träd som aldrig har hamlats.

Om en stor del av askarna dör eller tas ner i onödan utgör askskottsjuka ett stort hot mot skyddsvärda askar. Arter knutna till ask riskerar att minska under de kommande åren och för 115 arter är det hög risk att de dör ut i Sverige. Riskerna är dessutom stora att döda askar ersätts av träd som inte bär på samma biologiska mångfald eller i värsta fall inte ersätts alls.

Rekommendationer i dagsläget:

- Avverka inte askar i förebyggande syfte, varken friska, sjuka eller döda träd om de inte utgör en säkerhetsrisk.
- Undvik all beskärning av gamla askar tills vidare, om det inte finns akut risk för att de bryts sönder.
- Friska (inte sjuka) askar som har hamlats regelbundet kan fortsätta att hamlas tills vidare. Om det finns möjlighet så bör man inte hamla alla träd samma år, utan sprida ut åtgärderna under flera år. Börja gärna med nyhamling på unga, friska askar.
- Om askar måste tas ned, ersätt dem helst med lönn eller ek som hyser flest arter som annars använder ask. I andra hand kan övriga inhemska ädellövträd användas.
- Om möjligt, frihugg runt skyddsvärda askar om de står igenväxta.
- Om du hamlar, beskär eller tar ner askar, var noga med att rengöra dina verktyg mellan varje träd.
- Har du miljöstöd. Kontakta alltid din miljöstödshandläggare för samråd innan åtgärd. Mer information finns på din länsstyrelses hemsida.

2 Summary

Veteran ash trees have great cultural as well as biological significance in Sweden. Ash dieback is a fungal disease which affects ash across its entire distribution range in Sweden. The fungus which causes the disease is an ascomycete which is now called *Hymenoschyphus fraxineus*. The disease is spread primarily by airborne spores without the help of any insects (Kowalski & Holdenreider, 2009a; Queloz *et al*, 2011). *H. fraxineus* is thought to originate from East Asia where *Fraxinus manchuria* is the host and it is not pathogenic (Zhoa *et al*, 2012).

In order to follow the development of ash dieback, 330 veteran ash trees were surveyed (divided up into pollards cut more than 30 years ago, pollards cut less than ten years ago and maiden trees) in the County of Västra Götaland in 2009, 2011, 2013, 2015 and 2020.

According to several researchers (Coker *et al*, 2019, Kjaer *et al*, 2011; Gross *et al* 2015), the majority of ash trees are susceptible to the disease and that only around 1% of the population seems to have some kind of resistance/tolerance.

According to this survey 94,5% of the ash trees were affected by ash dieback in the county compared with 62% in 2009. In total 70 trees have died since the study began in 2009 (21%).

In 2009 there was no relationship between girth and ash dieback (Bengtsson & Stenström, 2009), but in 2013, 2015 and 2020, there was a significant relationship between girth and the impact of ash dieback. No trees under 136 cm in girth were completely healthy.

In 2020, there was a significant difference between the ash trees in the shade, which were more severely affected by ash dieback, compared with those trees standing in the open. This difference was not detected in 2013 or 2015. There was however still no significant difference between the trees in grazed and non-grazed areas.

In the previous analyses, the impact of ash dieback on pollards has varied between the years studied (Bengtsson *et al*, 2012; Bengtsson, 2014, Bengtsson, 2016). Analyses carried out in 2020 show that there is now no difference between the different classes of trees regarding the degree of symptoms on the crown. Trees in the group which have been more recently pollarded appear however, to have a higher mortality rate than the lapsed pollards and the trees that have never been pollarded.

If a large proportion of the population of ash trees die or are felled unnecessarily, then this disease is a great threat to the ancient ash trees. Species associated with ash are also likely to decline in the coming years and for 115 species there is a high risk that they will become extinct in Sweden. There is also a risk that dead ash will be replaced by trees which do not have the same biodiversity value or in the worst case, not replaced at all.

Current recommendations:

- Do not fell ash trees as a preventative measure; healthy, sick or dead trees if they do not present a safety risk.
- Avoid any tree surgery on old ash trees for the time being, if there is not an acute risk that they will fall apart
- Healthy ash trees which have been pollarded regularly should continue to be pollarded. If possible, avoid pollarding all trees in the same year, but spread the pollarding out over several years. It is worth starting cutting new pollards on young, healthy ash trees.
- If ash trees must be felled, replace them ideally with maple or oak which are suitable for the most number of species which otherwise use ash. Alternatively choose other native deciduous trees.
- If possible clear around old ash trees if they are in shaded conditions.
- If you pollard, prune or fell ash trees, ensure that you clean your tools between working on each tree.
- If you have any agricultural subsidies, always contact your advisor for advice before doing any work. More information is available on The County Administrative Board's website www.lansstyrelsen.se

3 Inledning

En femtedel av Sveriges askar finns i Västra Götaland (Skogsdata 2012). Många av dessa askar mår dåligt, har glesa kronor med döda grenar och sparsamt med löv. Askarna har drabbats av en sjukdom som kallas askskottsjuka, en svampsjukdom som angriper ask i hela dess utbredningsområde i landet. Askskottsjukan har spridits österifrån och finns nu rapporterad från stora delar av Europa inom askens utbredningsområde (se referenser i Enderle *et al*, 2019). Ask finns sedan 2010 på den Svenska Rödlistan och ändrade status från VU till EN på 2015 års rödlistan och i den kategorin är den kvar även på 2020 års lista (Artdatabanken, 2015; Artdatabanken, 2020).

Sjukdomen upptäcktes för första gången i Sverige 2001/2002 på Öland (Barklund, 2005). Två år senare hade den orsakat stora skador i hela askens utbredningsområde i Sverige. Enligt en nationell riktad skadeinventering av utslumpade provytor i Götaland som genomfördes av SLU under 2009 och 2010 så var ungefär 25 % svårt skadade eller döda och 50 % påtagligt utglesade av de 539 träd som undersöktes (Wulff & Hansson, 2011).



Figur 1 – Närbild av typiska skador (nekroser) som orsakas av *Hymenoscyphus fraxineus*.

Svampen som orsakar askskottsjuka är en sporsäcksvamp (ascomycet) som numera heter *Hymenoscyphus fraxineus* (Baral *et al* 2014). En nära besläktade art *H. albidus* (nästan omöjligt att skilja från *H. fraxineus*) är känd i hela Europa som nedbrytare av askbladens skaft. *H. albidus* är känd från Europa sedan 1851 och är inte sjukdomsalstrande (Kowalski & Holdnerieder, 2009a; Queloz *et al* 2011; Orlikowski *et al* 2011; Gross *et al*, 2014). McKinney *et al*, 2012a har även visat att *H. fraxineus* verkar ersätta den inhemska *H. albidus* i Danmark vilket gör att den sistnämnda arten kan bli en sällsynt företeelse på sikt. *Hymenoscyphus fraxineus* tros ha sitt ursprung i östra Asien på *Fraxinus manchuria* där det inte verkar vara sjukdomsalstrande (Zhoa *et al*, 2012; Gross *et al* 2014).

Under juli-september sprids svampens sporer med vinden från fruktkropparna som bildat på fjolårets nedfallna bladskaft, till askens blad, bladskaft och årsskott. Svampen tar sig sedan in genom bladets yta. Därefter sprider sig svampens hyfer in i blad och bladskaft och kan via bladskaftet växa in i skottet och döda innerbarken. Spridningen av svampen sker med sporer via luften utan hjälp av någon insekt. (Queloz, *et al*, 2011; Skogsskada, 2015).

Skotten blir rödaktiga eller bruna sedan svampen angripit innerbarken som dött och näring- och vattentillförsel stoppas som en konsekvens. Fjolårsskottens nya knoppar slår därför inte ut på våren (Kowalski & Holdenrieder, 2009b). Angreppen liknar frostsador och sprider sig senare vidare i grenarna och in i stammen, och det kan bildas döda partier på stammen. Angreppen kan leda till att såväl små plantor som stora träd dör (Pautasso *et al*, 2013; Gross *et al*, 2013). En annan viktig men ändå inte så väl förstådd dödsfaktor är nekrotiska kräftsår (fläckar med död vävnad) på stambasen. Dessa kräftsår, som sannolikt främst orsakas av *H. fraxineus*, följs ofta av rot- och stamröta där honungsskivlingar *Armillaria spp.* tros spela en viktig roll (Enderle *et al*, 2019). Vissa träd kan ha skador vid stambasen utan att kronan visar några symtom (Husson *et al.*, 2012), men det finns fortfarande många frågor kring detta (Enderle *et al*, 2019; Gross *et al*, 2014).

Omvärldsfaktorer som har visat någon typ av samband med askskottsjuka är torka, temperatur, vattenförhållanden, frost och förändrade vinterförhållanden (Schumacher *et al*, 2010; Gross *et al*, 2013). Grosdidier *et al*, 2018a visade att högre sommartemperaturer missgynnar sjukdomen i Frankrike. Marcais *et al*, 2017, Gross *et al* 2013 och Eklund, 2009 visade att askar som står i fuktiga miljöer i närheten av vattendrag verkar vara hårdare drabbade och hade större förekomst av stambasnekroser. Grosdidier *et al*, 2020 har påvisat att omgivningen där askarna står inte hade någon påverkan på askskottssjukas etablering, men starkt påverkade utvecklingen av sjukdomen över tid. De visade att sjukdomen, är betydligt mindre allvarlig där askar står i öppnare miljöer.



Figur 2 – Några hamlade askar som visar olika grad av symptom på askskottsjuka. Trädet i mitten var levande 2013, men dött 2015.

Grosdider et al; 2018b har visat att antalet sporer är som högst från juni till augusti. Detta gör att infektionstrycket ligger som högst under högsommaren.

På grund av den rådande kunskapsbristen år 2009, bestämde Länsstyrelsen i Västra Götalands län att utföra en inventering av skyddsvärda askar i länet under sommaren 2009 (Bengtsson & Stenström, 2009). Detta för att få en överblick av hur askskottsjukan har drabbat länet och för att kunna följa sjukdomens utveckling under de kommande åren. Uppföljningen av samma träd gjordes sedan 2011 (Bengtsson *et al*, 2012), 2013 (Bengtsson, 2014), 2015 (Bengtsson, 2016) och nu återigen 2020 tillsammans med Länsstyrelsen i Västmanlands län som är nationell koordinatör av Åtgärdsprogrammet för särskilt skyddsvärda träd.



Figur 3 – Svampens fruktkroppar, som sprider sporer, växer på askens fjolårsbladskaff på marken nedanför askarna.

4 Hotbild

Invasiva främmande arter är en av de fem största hoten mot biologisk mångfald i världen (Maxwell *et al*, 2016). Det är ovanligt, historisk sett, att främmande växtsjukdomar orsakar omfattande dödlighet hos ett värdträd. Spridningen av askskottsjukan har dock skett mycket snabbt och har orsakat en dramatisk minskning av askpopulationen över i stort sett hela Europa (Hultberg *et al*, 2020). Spridning beräknas ha varit mellan 30 – 70 km per år (Enderle *et al*, 2019; Ghelardini *et al*, 2017; Gross *et al*, 2013). Hur stor del av de svenska askarna som kommer att dö vet ingen, men det är osannolikt att trädarten kommer att försvinna i landet. En analys genomförd av Coker *et al*, 2019, har visat att inga områden har nått 100% dödlighet även efter 20 år, och det värst drabbade området, som är en planterad askskog, visade 85% dödlighet. En orsak till att askarna inte helt kommer att dö ut är att olika individer har olika motståndskraft. En ask som är symptomfri kan stå alldeles intill ett sjukt träd, förmodligen på grund av en stor genetisk variation inom askpopulationen. (Cleary *et al*, 2017; Barklund, 2005; Bengtsson & Stenström, 2009; McKinney *et al*, 2011; McKinney *et al*, 2012b; McKinney *et al*, 2014; Bengtsson *et al*, 2013).

H. fraxineus förekommer i nordöstra Asien där *Fraxinus mandshurica* är dess värd. I Asien verkar inte *H. fraxineus* vara sjukdomsalstrande (Zhoa *et al*, 2012; Gross *et al* 2014). På grund av den mycket stora genetiska variation som svampens population visar i Japan jämfört med den europeiska populationen, tycks *Hymenoscyphus fraxineus* vara introducerade till Europa, troligen nordöstra Polen (Kowalski *et al*, 2017), via odling av prydnadsträd. Den har därefter åtminstone delvis spritts med infekterade askar från plantskolor som sedan planterats i parker och skogar. Det här är ett exempel på vad handel med trädplantor kan leda till (Baral *et al*, 2014; Gross *et al*, 2012; Gross *et al*, 2014; Enderle *et al*, 2019; Stenlid, 2013). Askskottsjukan upptäcktes i Polen och Litauen i början av 1990-talet utan att sjukdomens orsak då var känd (Enderle *et al*, 2019; Przbyl, 2002).

Sjukdomen är ett stort hot mot Västra Götalands askpopulation. Det finns dessutom ytterligare ett hot i att markägare sågar ner sina askar på grund av okunskap eller för att de tror att detta minskar risken för spridning.

Gamla hamlade träd har stora biologiska och kulturhistoriska värden. Ask är ett träd som har stor kulturhistorisk betydelse. Många askar har hamlats och detta var det mest eftertraktade lövslaget för djurfoder. Därför har stora investeringar gjorts för att hamla askar och även för restaurering av gamla hamlade askar i Sverige. Viss forskning visar att restaurering av gamla hamlade askar är mer riskfyllt när askskottsjuka finns i området (Eklund, 2009) och andra har sett en del lovande resultat med att kvista angripna träd (Marciluniene *et al*, 2017; Stenlid, 2013). Här finns dock fortfarande ganska lite underlag och få vetenskapliga publikationer om hur man ska gå vidare med hamling och restaurering i förhållande till askskottsjuka. SLU och Skogforsk har under 3 år drivit ett projekt där man samlar in ympkvistar från träd i landskapet som visar få symptom trots exponering för sjukdomen (Cleary *et al*, 2017). Dessa kvistar ska testas för deras mottaglighet för sjukdomen och undersökas genetisk för jämförelse med askar som är mottagliga.

Askskottsjukan utgör ett stort hot mot den biologiska mångfalden som är kopplad till askar. 483 arter använder ask som värdträd. 11% av dessa arter är helt knutna till ask (obligata) och ytterligare 23% är starkt knutna till ask (Hultberg et al, 2020; Sundberg et al, 2019) exempelvis askpraktbaggen (*Agrilus convexicollis*), askvårtlav (*Pyrenula nitidella*), askticka (*Perenniporia fraxinea*) och asknätfjäril (*Euphydryas maturna*). När askpopulationen minskar finns en ökad risk att dessa arter försvinner. Hultberg et al, 2020 konstaterar att 115 arter är i högriskzonen för utdöende i Sverige till följd av askskottssjuka. I den gruppen är lavarna mest utsatta med ca 40% i högriskzonen. Forskningsresultat från SLU prognosticerar att bland annat den rödlistade epifyten aspfjädermossa, vilken ofta har ask som värdträd, kommer att minska ytterligare till följd av askskottsjukan (Roberge et al, 2011). Det finns också en risk att de träddarter som kommer att ersätta askar och till viss del även almar inte är rikbarksträd, utan lind eller utländska arter med annan typ av bark. Detta kommer att leda till en stor minskning av livsmiljön för de arter som är knutna till rikbarksträd (se även Jönsson och Thor, 2012). Hultberg et al, 2020 konstaterade att det inte finns ett trädslag som kan ersätta ask, snarare behövs minst nio olika trädslag.



Figur 4 – *Inonotus hispidus* (pålsticka) som är rödlistad och funnen på ask.

5 Metodbeskrivning

Genom åtgärdsprogrammet för skyddsvärda träd i kulturlandskapet, hade år 2009 cirka hälften av Västra Götalands län inventerats på skyddsvärda träd. I databasen för skyddsvärda träd fanns 2009 mer än 25 000 träd inlagda, varav 17 % var askar. Bland de inventerade askarna slumpades 352 askar ut, både hamlade och icke-hamlade träd. Femton askar togs bort eftersom de antingen inte hittades i fält, hade fel koordinater, eller för att det krävdes båt för att åka dit (2 stycken). Ytterligare sju träd har tagits bort från analysen eftersom de har fått kraftiga stormskador (tre träd) eller där det var svårt att vara säkert att samma träd inventerats mellan åren (fyra träd). Detta gör att cirka 8 procent (330 st) av de skyddsvärda askarna som var kända 2009 från Västra Götaland har ingått i inventeringen och analysen 2009, 2011, 2013, 2015 och 2020. Bland de hamlade askarna var det jämnt fördelat mellan de som hamlades för mer än 30 år sedan och de som hamlats inom de senaste tio åren. Askträden är inte jämnt fördelade över länet eftersom inventeringen av skyddsvärda träd inte var komplett år 2009. (Se även Bengtsson & Stenström, 2009).

Askarna hittades och inventerades i fält med hjälp av GPS och kartor. Askskottsjuka bedömdes med hjälp av symptom synliga i fält utan hjälp av några provtagningar. Hälsostatus i fält (dvs. skadenivå) visades av McKinney et al. (2011) vara starkt korrelerad med förekomsten av nekros och detta ansågs av författarna som ett pålitligt sätt att uppskatta *H. fraxineus* påverkan på askträd.

Träden bedömdes enligt en femgradig skala:

- 0 – helt frisk
- 1 – lätt angripet (ca < 10 % av kronan angripet)
- 2 – angripet (ca 10-30 % av kronan angripet)
- 3 – svårt angripet (ca > 30 % av kronan angripet)
- 4 – helt död

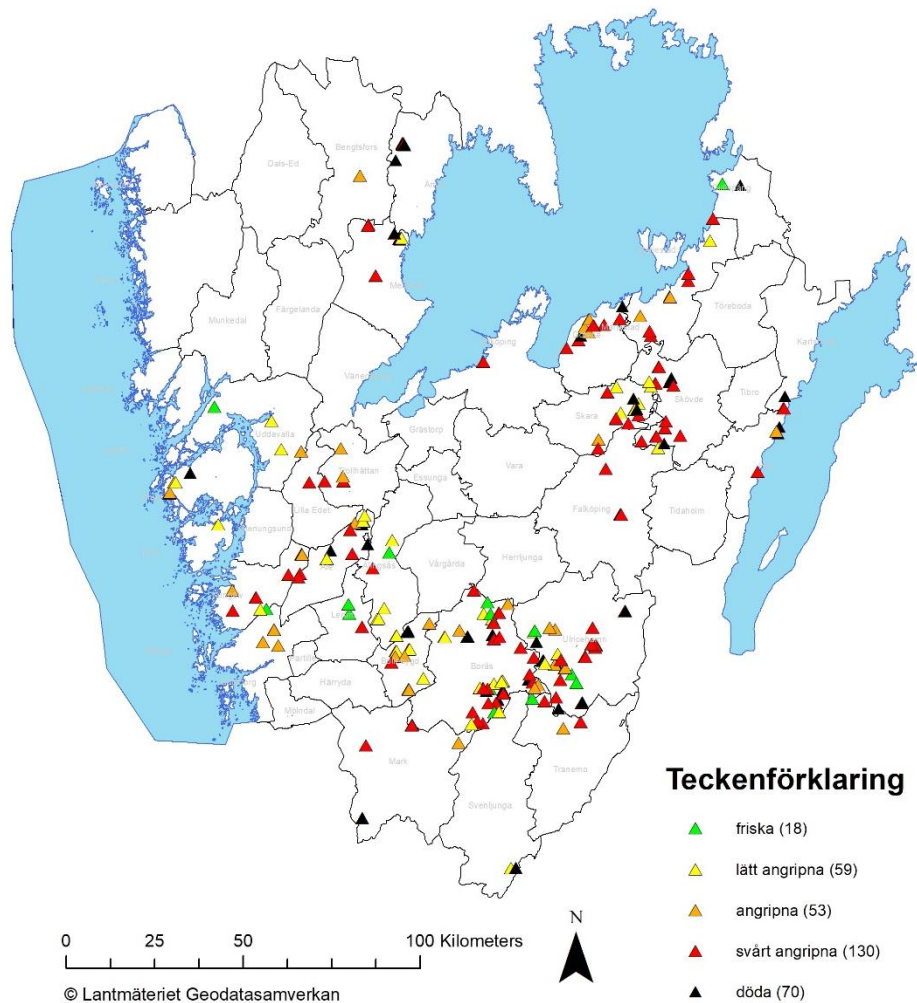
På fältblanketten (se Bilaga 1) finns kommentarsfält som fylldes i om så bedömdes lämpligt. År 2013 antecknades även beskuggning (öppet/halvöppet/slutet) och om området betades (bete/inget bete), och dessa faktorer bedömdes igen under 2020 års inventering.

Skillnader mellan åren har analyserats med chi-2-test. Korrelation mellan stamomkrets och hur drabbade askarna var av askskottsjuka gjordes med korrelationstest. Effekterna av hamling analyserades med ANOVA. En 2-vägs ANOVA gjordes på askskottsjuka med faktorerna slutenhet och bete. De statistiska analyserna gjordes med SPSS Statistics 26™.

Dödlighet mellan åren analyserades med en Friedmans tvåvägs variansanalys för rangordnade data (data paras med avseende på hamlingstyp och datum – det vill säga dödlighet för varje datum jämförs). Dödlighet mellan grupperna av träd analyserades med en Friedmans tvåvägs variansanalys för rangordnade data (data paras med avseende på år – det vill säga jämförelse mellan olika hamlingstyper).

6 Resultat

288 (330 minus 42 döda askar från inventeringar 2009, 2011, 2013 och 2015) askar inventerades i fält under juli och augusti 2020. När analysen gjordes för att jämföra med data från 2009, 2011, 2013 och 2015, användes 330 träd. (Bengtsson & Stenström, 2009; Bengtsson & Finsberg, 2012; Bengtsson, 2014; Bengtsson, 2016).

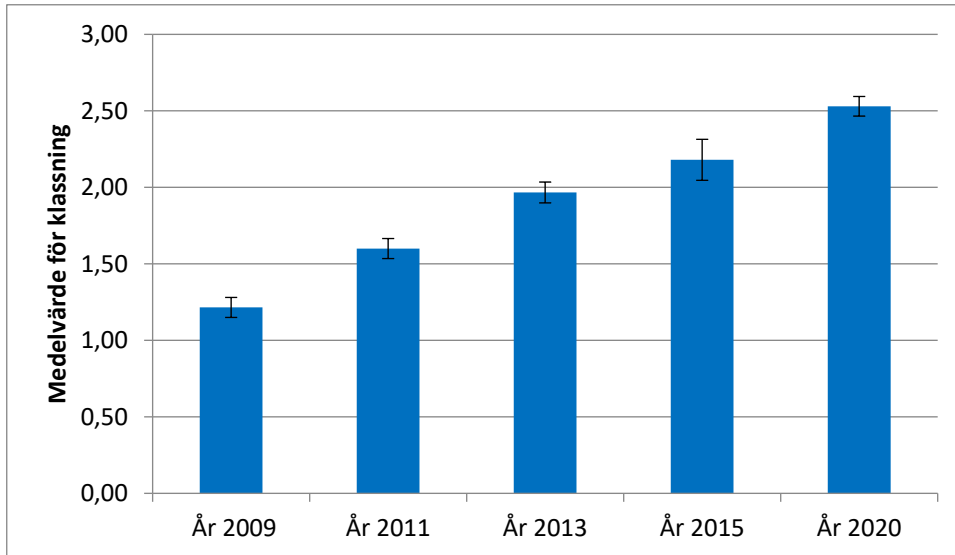


Figur 5 – Karta som visar var de inventerade askarna finns samt hur angripna de var 2020.

Skyddsvärda askar som drabbats av askskottsjuka finns spridda över hela länet, ingen del har klarat sig helt sett över hela övervakningsperioden 2009 till 2020. I den östra och norra delen av länet finns bara ett askträd som är helt friskt, de övriga 17 friska träden ligger i den västra delen av länet.

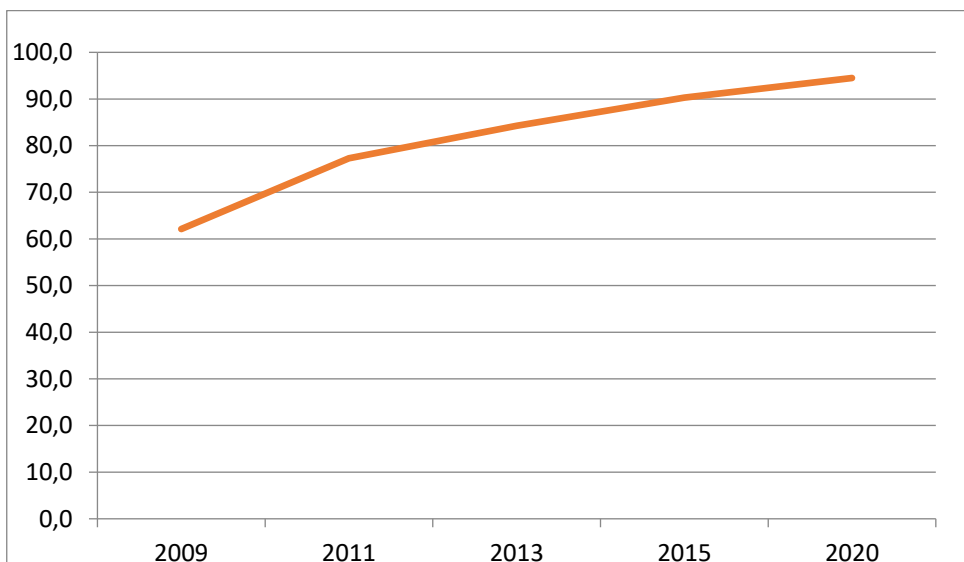
Fler skyddsvärda askar har smittats av askskottsjuka 2020 jämfört med 2009, 2011, 2013 och 2015 ($\chi^2_{0,05;16}=256,93$ $p<0,001$). Det fanns flera svårt angripna (130) och döda träd (70) år 2020 än vid en slumpmässig fördelning.

Medelvärde för askskottsjukeklassning har ökat från 1,22 år 2009 till 2,53 år 2020 där 0 är helt frisk och 4 är död. Det är en signifikant ökning mellan åren (ANOVA $f=69,22$; $p=0,001$).



Figur 6 – Medelvärde för askskottsjukeklassning har ökat mellan åren där 0 är helt frisk, 1 är lätt angripen, 2 är angripen, 3 är svårt angripen och 4 är helt död.

Av de skyddsvärda askarna hade 94,5% något tecken på askskottsjuka år 2020, jämfört med 90 % 2015, 84 % 2013 respektive 77 % och 62 % 2011 och 2009 (figur 7). Förhoppningen var att andelen av populationen som visade symptomen på askskottsjuka skulle börja plana ut i och med att askskottsjuka har funnits i Sverige sedan åtminstone 2002 (Barklund, 2009).

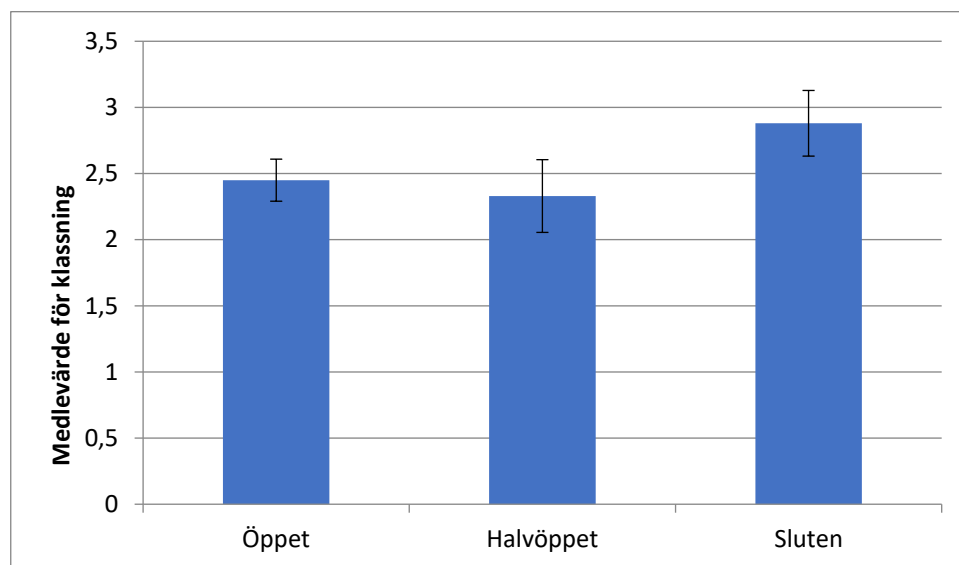


Figur 7 – 94,5 % av askarna hade askskottsjuka 2020 jämfört med 90%, 84 %, 77 % och 63 % åren 2015, 2013, 2011 och 2009.

Fler skyddsvärda askar har blivit drabbade av askskottsjuka. 56 träd som var friska vid 2009 års inventering nu är svårt drabbade (31) eller döda (25). Bara 18 askar är fortfarande friska.

Jämfört med 2009 har 18 träd blivit ”friskare” det vill säga 18 träd där påverkan av askskottsjuka har minskat. Detta är i linje med andra studier (Thomsen, 2010) som visar att vissa träd skjuter många nya skott i samband med sjukdomen vilket kan gör att kronan ser ut att ha flera löv än tidigare eller återuppbyggs med epikorma skott. Detta kan också förklaras genom att några av dessa träd blivit beskurna och då har sjuka grenar skurits bort eftersom 17 av dessa 18 träd tillhör gruppen träd som har hamlats på senare år. De senaste åren verkar också ha varit ett gynnsamt år för ask (och därmed har träden eventuellt kunnat producera flera löv och nya kvistar) något som kan förklara en minskning av symptomen.

2009 fanns det inget samband mellan stamomkrets och askskottsjuka (Bengtsson & Stenström, 2009), men 2013 och 2015 var sambandet mellan stamomkrets och påverkan av askskottsjuka statistisk säkerställd och grövre askar var mindre drabbade (Bengtsson, 2014; Bengtsson, 2016). År 2020 fanns också ett sådant samband mellan stamomkrets och påverkan av askskottsjuka statistisk säkerställd ($F=4,25$, $p=0,04$, $r^2=0,01$). Sambandet försvinner dock om man enbart analyserar icke hamlade träd ($F=9,53$; $p=0,47$, $r^2=0,005$). Grövre träd från alla grupper av träd var mindre påverkade och inga träd under 136 cm i stamomkrets (motsvarar 43 cm diameter) var friska år 2020 (inklusive hamlade träd). Denna trend förklarar dock bara en väldigt liten del av variationen i sjukdomen och av de inventerade träden var det bara ca 10% som hade en omkrets under 136 cm.



Figur 8 – Medelvärde för askskottsjukeklassning med hänseende på träskiktets slutenhet, där 0 är helt frisk, 1 är lätt angripen, 2 är angripen, 3 är svårt angripen och 4 är helt död.

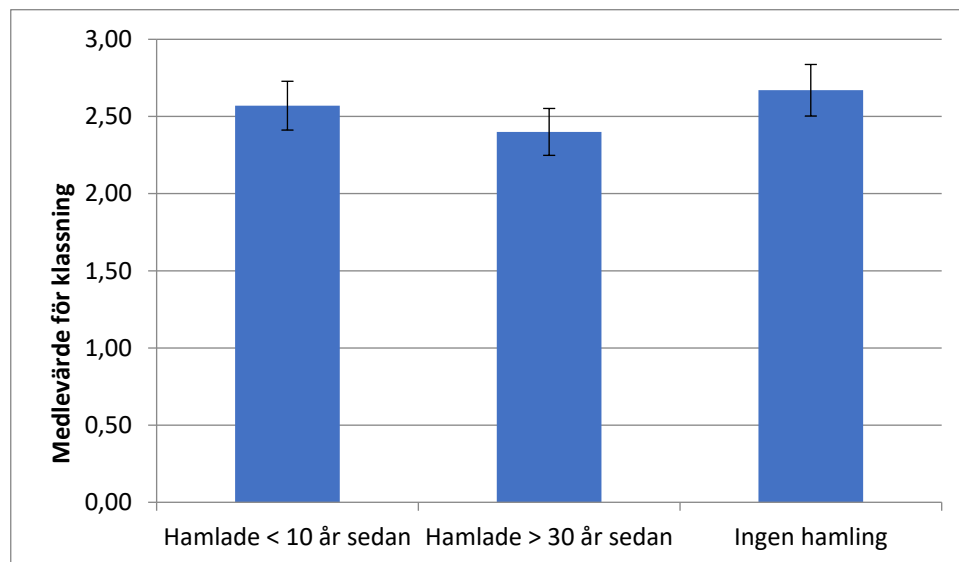
Vid 2020 års inventering samlades även data in om träskiktets slutenhet och förekomst av bete. Det fanns inga skillnader i hur hårt drabbade träden var av askskottsjuka beroende på hur skuggigt de står (slutet, halvöppet eller öppet) eller om det var betat eller inte vid 2013 och 2015 års inventeringen. (Bengtsson, 2016; Bengtsson, 2014). Däremot vid 2020 års inventering var det en signifikant skillnad i öppenhet – dvs träd som står

skuggigt var hårdare drabbade än de som står öppet (2-vägs ANOVA $F=4,08$; $p=0,018$). Däremot fanns det fortfarande ingen signifikant resultat när det gäller om trädet står i ett betat område eller ej ($F=0,03$; $p=0,86$).

6.1 Hamling och askskottsjuka

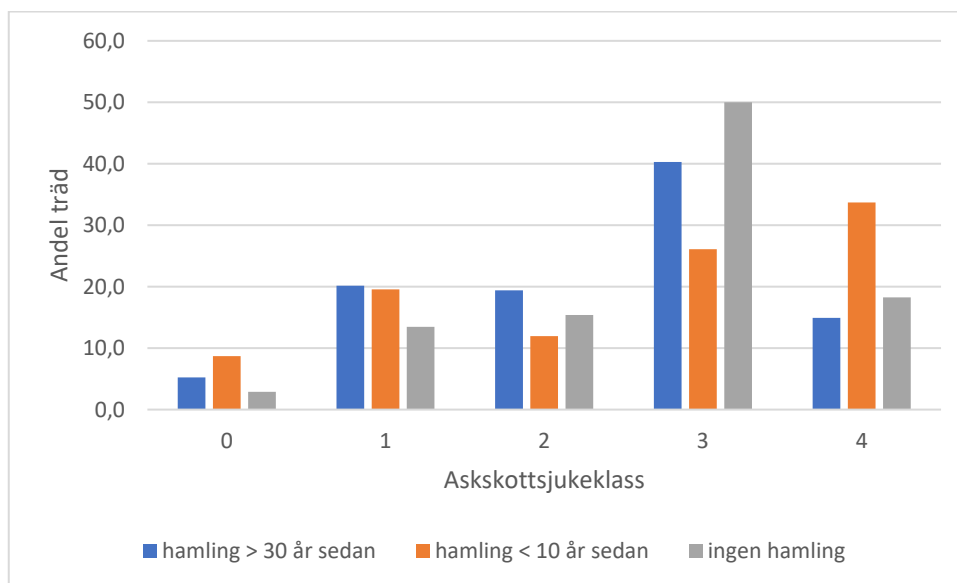
Under tidigare års analys har askskottsjukans uppmätta effekter på hamlade träd skiljt sig mellan åren (Bengtsson *et al*, 2013, Bengtsson, 2014, Bengtsson, 2016).

Resultaten år 2020 visade inga signifikant skillnad i hur hårt drabbade kronan av askskottsjuka träden var ($F= 1,72$, $df=2$, $p=0,18$) mellan de tre grupper (hamlats för 10 år sedan, hamlats för mer än 30 år sedan och träd som inte har hamlats), se figur 9 nedan.



Figur 9 – Påverkan av askskottsjuka mellan de olika hamlingstyperna, där 0=frisk, 1=lätt angripen, 2=angripen, 3=svårt angripen, 4=dött. Resultaten från 2020 visade att det var ingen skillnad mellan de olika grupper av träd (ANOVA $F=1,72$, $df=2$, $p=0,18$).

När man tittar på andel träd per hamlingstyp i varje askskottsjukeklass (figur 10) under 2020, syns en tydlig variation framförallt mellan klass 3 och 4, som väcker frågan om dödlighetstakt har 'gömts' inom medelvärde.



Figur 10 - andel träd per hamlingstyp och askskottsjukeklass år 2020.

6.2 Hamling och dödlighet

Totalt sett har 70 askar dött sedan uppföljning började år 2009. En jämförelse av dödlighet mellan åren och mellan de tre olika grupperna av träd har gjorts för att undersöka framförallt om hamling resulterade i högre dödlighet trots att medelvärden för hur hård drabbade kronan var av askskottsjuka inte skiljer sig.

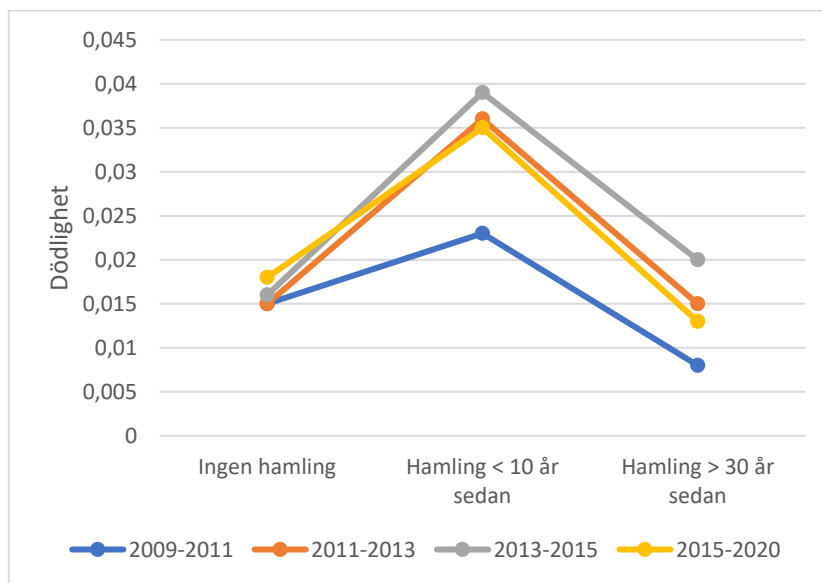
Tabell 1 – Antalet levande träd per år och grupp av träd.

Levande träd per grupp och år			
	Hamling >30 år sedan	Hamling < 10 år sedan	Ingen Hamling
2009	133	89	102
2011	131	85	99
2013	127	79	96
2015	122	73	93
2020	114	61	85

Tabell 2 Dödlighet per år och period (%) för olika hamlingstyper

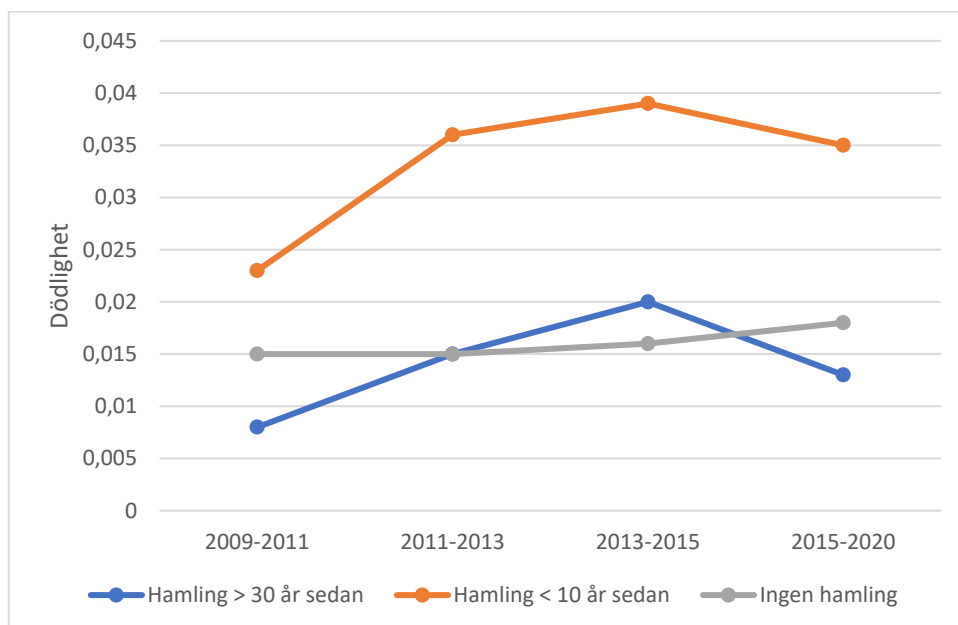
	Period			
	2009 - 2011	2011 - 2013	2013 - 2015	2015 - 2020
Hamling > 30 år sedan	0,008	0,015	0,020	0,013
Hamling < 10 år sedan	0,023	0,036	0,039	0,035
Ingen hamling	0,015	0,015	0,016	0,018

För dödlighet under de första sex åren (tre tidsperioder av två år var), (Friedmans tvåvägs variansanalys för rangordnade data där data paras med avseende på hamlingstyp och datum – det vill säga dödlighet för varje datum jämförs) fanns en signifikant skillnad ($\chi^2 = 6.0$, $DF = 2$, $p = 0,0498$). Mängden data var dock för liten för att man skulle kunna använda ett test för multipla jämförelser för att kunna undersöka var skillnaderna låg, men de rankade medelvärden för åren indikerade att det var högre dödlighet mellan 2011 och 2013 än mellan antingen 2009 och 2011 eller mellan 2013 och 2015. Figur 11 visar att dödlighet är ganska jämn under alla tidsperioder för de icke hamlade träd och i något mindre utsträckning för de träd som inte har hamlats på mer än 30 år. Dödligheten är dock förhöjd i den gruppen av träd som har hamlats i senare tid (hamling < 10 år sedan) och särskilt efter 2011.



Figur 11 Jämförelser av mortalitetstal (% årlig mortalitet) över tid för de olika behandlingarna (inprickade i diagrammet från data i tabell 2 där behandling (hamlingstyp) ligger längs x-axeln, mortalitet längs y-axeln och olika tidsperioder är markerat med olika färger).

När man jämför de olika grupperna av träd, med Friedmans tvåvägs variansanalys för rangordnade data (data paras med avseende på år – det vill säga jämförelse mellan olika hamlingstyper), fanns det också en signifikant skillnad ($\chi^2 = 6,0$, $DF = 2$, $p = 0,0498$). Som ovan, var dock datamängden för liten för att man skulle kunna använda ett test för multipla jämförelser, men de rankade medelvärden för de olika grupper av träd, indikerade att dödlighet var högre bland de träd som har hamlats inom de senaste 10 åren än i de andra två grupperna. Figur 12 nedan visar att även om den årliga, procentuella dödligheten förändras över tid för alla grupper, så är dödligheten relativt liten i träd som aldrig har hamlats och de träd som inte har hamlats på mer än 30 år. För de träd som har hamlats mer nyligen, ökar dödligheten snabbt de första två tidsperioderna (2009-2011 och 2011-2013) och verkar sedan plana ut (notera att detta resulterar i en dödlighet som är mer än dubbelt så stor som de övriga två grupperna efter ungefär fyra år, och detta upprätthålls åtminstone fram till 2020).



Figur 12 - Jämförelser av mortalitetstal (% årlig mortalitet) över tid för de olika behandlingarna (inprickade i diagrammet från data i tabell 2 där tidsperiod ligger längs x-axeln, mortalitet längs y-axeln och behandling (hamlingstyp) är markerat med olika färger).

7 Diskussion och litteraturgenomgång

Forskning kring askskottsjuka pågår fortfarande för fullt och nya artiklar publiceras i en strid ström. Trots att sjukdomen har funnits i Sverige i två decennier, är en liten andel askträd fortfarande friska även när många träd i deras närhet är väldigt sjuka (Bengtsson et al, 2017; Cleary et al, 2017; McKinney et al, 2014). Det finns 5,5% från vår population av enbart särskilt skyddsvärda askar som fortfarande är helt symptomfria. Detta är en högre andel än många forskare har befarat där man förväntar sig att bara 1-2% av askar har någon typ av motstånd (Enderle et al, 2019; Cleary et al, 2017; McKinney et al, 2014).

21% av vår population har dött sedan 2009 och det verkar också vara mycket lägre än vad som har redovisats från andra delar av Europa. Coker et al 2019, som har studerat resultat från flera olika studier, har sett att det är få askträd som är helt symptomfria, men att det inte finns några områden där alla askträd har dött. De har också sett att dödlighet i naturliga skogar är lägre än i planterade skogar. Coker et al, 2019 diskuterar att det kan bero på flera olika faktorer till exempel att naturliga skogar har träd som är bättre anpassade till sin växtplats, att det finns flera mikroorganismer som kan konkurrera ut *H. fraxineus*, att det finns mer variation i trädslag och därmed lägre smittorisk eller att ålder och storleken på träden är större vilket gör att det tar längre tid för dessa träd att dö. Det är svårt, enligt Coker et al, 2019 att veta vilka av dessa faktorer som ligger till grund för resultatet och att det bara kan vara en fördröjning i dödlighet; detta återstår att se.

I vår studie är större träd fortfarande friskare än mindre träd och detta har redovisats även i andra studier. Marcais et al, 2017 visade från områden i Frankrike och Belgien att dödlighet på små träd (under 5 cm dbh) var 35% per år jämfört med träd större än 25 cm i brösthöjd där dödlighet låg på 3,2% per år. Kirisits och Freinschlag, 2012 visade att utvecklingen av askskottsjuka var långsammare i äldre träd än i unga träd. Liknande resultat, där träd med större diameter klarar sig bättre än små träd, publicerades av Enderle et al, 2018 från Tyskland och Timmermann et al 2017 från Norge. Detta ligger i linje med resultaten från vår studie i Västra Götaland. Varför askar som är äldre och har större omkrets verkar klara sig bättre är inte kartlagt ännu. Det kan också vara så att det helt enkelt tar längre tid för svampen att sprida sig i ett större träd. En annan anledning kan vara att större och äldre träd kanske oftare står på mer optimala ställen (Coker et al, 2019). Det faktum att de har överlevt så länge och vuxit sig så stora skulle kunna indikera att de generellt kan ha en större motståndskraft. Tulik et al, 2018 har visat att årsringarna påverkas av askskottsjuka, vilket är inte oväntat. De visade att askar påverkade av askskottsjuka uppvisar reducerad kärldiameter och fiberlängd och att detta eventuellt kan påverka trädets styrka över tid.

Askträd i vår studie visade färre symptom på askskottsjuka om de står i öppna miljöer jämfört med skuggiga miljöer och detta skiljer sig från 2015 när vi inte hittade några statistiska skillnader kopplat till grad av beskuggning (Bengtsson, 2016; Bengtsson et al 2017). 2020 års resultat, och att det finns en förändring över tid, stämmer överens med en studie från Frankrike där Grosdidier et al, 2020 visade att omgivningen där askträd växer hade lite påverkan under en tidig fas när sjukdomen etablerade sig, men att omgivningarna starkt påverkade utvecklingen och spridningen av sjukdomen över tid. De visade att sjukdomen är betydligt mindre allvarlig när asktätheten är låg eller där askar växer i öppnare miljöer. Drenkhan et al, 2017 från uppföljning i Estland såg ett liknande mönster, att träd som växte under öppnare förhållanden var friskare. Skyddsvärda askar i Sverige finns ofta i odlingslandskap och kanske därmed i öppnare miljöer, vilket borde begränsa den totala effekten av askskottsjuka över tid. Det kan också vara en del av

förklaringen till varför vi har en låg dödlighet i vår population och även ytterligare en anledning att frihugga runt skyddsvärda askar som påverkas av igenväxning.

Klimatförändring tycks ha påverkat utvecklingen av askskottsjuka och även utvecklingen av andra trädjukdomar (Pautasso *et al*, 2012). Den storskaliga förekomsten av svampen visar att den tolererar ett brett spektrum av miljöförhållanden. Goberville *et al*, 2016 har visat genom modellering, att klimatförändring skulle kunna påverka askträd och svampen som orsakar askskottsjuka på olika sätt. Resultat skulle kunna vara en obalans i interaktionen till exempel genom att de utvecklar olika geografiska spridningsmönster över tid. Övriga miljöfaktorer som påverkar askskottsjuka inkludera pH värden och mängden organiskt material i jordmån. Turczański *et al*, 2019 visade att träd som var svårt skadade av askskottsjuka växte i områden med både högre pH och mer organiskt material. Grosdidier *et al*, 2018a undersökte påverkan från ett antal olika miljöfaktorer på utvecklingen av askskottsjuka i sydöstra Frankrike. De kom fram till att svampen som orsakar askskottsjuka förmodligen missgynnas av höga sommartemperaturer och har svårt att överleva när temperaturen överstiger 35°C. Det verkar dock råda konsensus att askskottsjuka gynnas av högre mark- och luftfuktighet, i synnerhet när det gäller utveckling av stamnekroser (Enderle, *et al*, 2019; Erfmeier *et al*, 2019). Havrdová *et al* 2017 hittade i sin studie från Tjeckien att askträd var svårare drabbade om de växte nära ett vattendrag och om trädbeståndet innehöll mycket ask. De såg också att askträd som växte i ett bestånd med ek var svårare drabbade än de som växte i ett bestånd med lönn.

Svampen verkar ganska motståndskraftig mot frost och torka: den tål frysning vid -20 ° C under åtminstone 2 månader och överlever även vid -70 ° C åtminstone under en månad (Gross *et al*, 2014). Men svampens mycel växer med högst hastighet runt 20 grader och slutar runt 30 grader i laboratorium (Kowalski and Bartnik, 2010; Pham *et al.*, 2013). I askvävnader är emellertid svampen mer värmekänslig och överlevnad beror inte bara på temperaturen, utan även på exponeringstid. Dessutom tolererar värdvävnaden en något högre temperatur än svampen (Hauptman *et al.*, 2013).

Samspelet mellan asken, svampen och miljön är komplexa. Bakys *et al*, 2013 visade att askar med sen knoppsprickning på våren var mer känsliga än askar med tidig knoppsprickning. Intressant att notera är att kloner vars blad gulnar tidigare under hösten var mindre mottagliga än de som gultade senare även om andelen av populationen med denna motståndskraft var väldigt liten (McKinney *et al*, 2011; Stener, 2012; Kirisits and Freinschlag, 2012). Utvecklingen av svampen verkar även vara långsammare bland de träd vars blad gultade tidigare (McKinney *et al*, 2012b).

Resistens mot sjukdomar eller tolerans i *F. excelsior* verkar vara en sällsynt företeelse genom hela Europa (Enderle *et al*, 2019). Generellt rapporteras att det är bara 1% av träd som har någon form av resistens/tolerans, vilket har indikerats i ett antal studier från flera länder (se referenser i Enderle *et al* 2019). Kjaer *et al*, 2017 har visat att det finns någon typ av aktivt försvar inblandade i resistens/tolerans, men hur detta fungerar är fortfarande okänt. Den naturliga variationen i genetisk resistens mot *H. fraxineus* inom olika askpopulationer, indikerar dock att en adaptiv potential finns för asken.

Lobo *et al*, 2015 har identifierat åtta specifika individer, som ingår i en grupp av mer än 140 lovande genotyper, där resistens förhoppningsvis kan fastställas. Detta utgör en del av ett nyligen initierat program för att hitta resistent askträd i Danmark. Enderle *et al*, 2015 har också hittat ett antal individer som visar en ökad resistens mot askskottsjuka i sydvästra Tyskland. Även i Sverige har det samlats mycket material från vitala och livskraftiga askar som växer mitt ibland svårt skadade träd. Detta som en del av ett projekt som SLU driver tillsammans med Skogsforsk där de samlade in material från mer

än 500 friska askar. Framöver kommer forskarna att följa de friska träden både på växtplatsen, i växthus och i laboratorier. De kommer att studera både hur sjukdomen utvecklas i askarna och vad det är i de friska träden som håller dem friska. Med den kunskapen hoppas man kunna odla fram friska träd som kan ersätta de sjuka träden i både skogar och stadsmiljöer (Cleary et al, 2017; Cleary, 2014). Forskare uppmuntrar generellt (Hultberg et al, 2020; Enderle et al, 2019; Cleary et al, 2017; Gross et al, 2014) att man behåller friska askar som finns bland hårt drabbade askar.

Askskottsjukan kommer förmodligen att drastiskt minska populationsstorleken hos sitt värdträd i Europa. Därmed hotas inte bara asken, utan också de organismer som är beroende av ask (Sundberg et al, 2019; Pautasso et al., 2013). I senare tid har några studier tagit upp frågan om påverkan på den biologisk mångfalden, i både Sverige, Polen och Storbritannien (Hultberg et al, 2020; Lubek et al, 2020; Mitchell et al, 2014, Littlewood et al 2014; Ellis et al, 2014; Jönsson och Thor, 2012). Hultberg et al, 2020 identifierade 483 arter i Sverige som är knutna till *F. exelsior*: 260 ryggradslösa djur, 87 lavar, 71 mossor och 65 svampar. Inga fåglar, däggdjur eller kärlväxter är knutna till ask i Artportalen. Femtiotvå "obligata" (använder bara ask) arter identifierades (4 svampar, 3 mossor, 43 ryggradslösa djur och 2 lavar) och dessutom 112 arter som angavs som "starkt knuten". De bedömer att det inte finns ett alternativt trädslag som kan fungera som värd för alla arter knutna till ask, utan att det behövs uppåt nio olika trädslag. Naturligtvis finns det inga alternativa trädslag som fungerar för arterna som är obligat knutna till ask. Ett liknande resultat presenterades från Storbritannien av Mitchell et al, 2017. Hultberg et al 2020 anger att ek, asp, tysklönn och bok tillsammans är värd för mer än 95% av ask-knutna arter, men att dessa trädslag endast utgör 4% av virkesvolym i Sverige (Nilsson et al, 2019). Enligt Hultberg et al, 2020 finns det 115 arter med hög risk för utrotning. Deras resultat belyser omfattande ekologiska konsekvenser av askskottsjuka som kan vara relevanta för andra invasiva arter och patogener som hotar andra trädarter och trädklädda ekosystem. Dessa prognoser speglas av att det finns mer än 120 arter knutna till ask som är rödlistade som en följd av askskottssjuka (Artportalen, 2020).

Löhmus & Runnel, 2014 övervakade epifytiska lavar (i synnerhet *Lobaria pulmonaria*) i en gammal skog i Estland som har påverkats av askskottsjuka. Arbetet visade att hälften av askarna dog under en femårsperiod. En epifytart försvann helt under den perioden och ytterligare tre kommer förmodligen att försvinna från området inom kort. *Lobaria pulmonaria* spred sig till färre än tjugo alternativa värdar under samma period. Lubek et al, 2020 visade i en studie från Białowieża Forest i Polen att 50% av lavfloran är hotad i områden där ask dominerar. Däremot visar de att 90% av lavfloran kan väntas överleva på landskapsnivå i just detta stora skogsområde på grund av hög variation i trädslagsfördelning och på grund av själva storleken på området. Deras resultat belyser vikten av en rumslig skala för biologisk bevarande. Skydd av stora, välbevarade skogsområden med en rik mångfald av värdträd som kan hysa lavar möjliggör kontinuerlig funktion av metapopulationsdynamik hos lavar. Dessa resultat understryker riskerna för biologisk mångfald, framförallt när landskapet redan har blivit utarmat på grund av intensivt skogsbruk eller andra exploateringar.

Hill et al, 2019 har undersökt vad askskottsjuka kan kosta Storbritannien. De kom fram till att det kan komma att kosta 7,6 miljard pund under de kommande 10 åren. Detta jämfördes med levande planthandel, som är känd som en viktig spridningskälla för trädssjukdomar, och är värd ca 4% av vad askskottsjuka beräknas kosta samhället.

Gross och Holdenreider, 2015 visade genom ett laboratorieexperiment på stamsår (vedvävnad) att *Hymenoscyphus fraxineus* var patogena på *Fraxinus mandshurica* var.

Japonica (en art som annars anses resistent mot askskottsjuka). Däremot var *Hymenoscyphus albidus* ickepatogen för denna värdart. Detta tyder på att försvarsmekanismen för *F. mandshurica* var. *japonica* verkar i dess blad och man efterlyser mer forskning om livscykeln och patogenicitet hos svampen i dess naturliga utbredningsmiljö. Detta är relevant forskning i och med att det kan belysa möjlighet för hur *F. exelsior* skulle kunna utveckla en försvarsmekanism. I naturen tappar trädet de flesta infekterade bladen innan patogenen når stammen (Schumacher et al., 2010). Detta kan vara en del av försvaret.

Ett av symptomen i samband med sjukdomen är skador i den yttre barken, vid stambasen, i synnerhet under fuktiga förhållanden (Marcais et al, 2016; Marcais et al, 2017). Orsak och utveckling för dessa stambasnekroser, och i synnerhet de relativa rollerna hos *H. fraxineus*, *Armillaria*-arter och *Phytophthora*-arter, är dock fortfarande kontroversiell (Langer, 2017; Enderle et al, 2019; Marcais et al, 2017; Gross et al, 2014; Hussén et al, 2012). I gamla träd är stambasskador tydligen svårare att upptäcka. Eventuellt kan det vara att på grund av de äldre trädens tjockare bark som dessa inte är lika utsatta för denna infektionsväg (Kirisits, 2013, *muntl.*). Rotsystem hos allvarligt infekterade träd kan också vara mer utsatta för angrepp av opportunistiska svampar (t.ex. *Armillaria* spp.), som kan påskynda askarnas död (Enderle et al, 2017; Bakys et al, 2009b, 2011; Enderle et al, 2013. Hussén et al, 2012; Skovsgaard et al. 2010), men i Tyskland hittades *Armillaria*- och *Phytophthora*-arter bara i stamnekroser med välutvecklad nedbrytning (Langer, 2017).

Det finns en del lovande resultat när det gäller att kvista angripna träd. Det gäller då att skära bort de angripna delarna av kronan och därigenom begränsa spridningen av svampinfektionen från att nå huvudstammen. Marciulyniene et al, 2017 visade att förekomst av *H. fraxineus* minskade med ökande avstånd från synliga nekros, och vid 30 cm saknades askskottsjukasvampen totalt från deras prover. Detta kan vara anledningen till att vissa hamlade träd blev ”friskare” över tid; de sjuka grenarna hade beskurits bort. Men, viktigt att tänka på är att man genom hamling gynnar utvecklingen av epikorma skott, oftast direkt från huvudstammen, som lätt kan infekteras igen av askskottsjukasvampen. Detta kan resultera i en kortare väg för svampen att ta sig in i huvudstammen (Bengtsson, et al, 2017; Cleary et al, 2017).

Skovsgaard et al 2017 har sammanställt rekommendationer för skogsbruk i askbestånd. Där sägs att när sjukdomen är etablerad, är den praktiskt taget omöjligt att kontrollera och eventuella rekommendationer på insatser som förts fram beror på förvaltningsmål, ståndort (fuktig eller torr), åldrar, trädslagsfördelning, sjukdomsbild med mera. Generellt rekommenderas att strategin bör vara konservativ och träd som är friska eller lätt skadade kan behållas. När askarna är svårt skadade är det föreslagna tillvägagångssättet att skörda kvarvarande kommersiellt virke före avskrivningar och att regenerera eller återplantera området med andra trädslag. I skogar med högre naturvärde så är det lämpligt att låta naturen ha sin gång (för en översikt, se Skovsgaard et al 2017). Detta är dock inte aktuellt för skyddsvärda askar. I princip kan asklöv tas bort från området, som en åtgärd som kan bromsa utvecklingen, men det skulle bara vara meningsfullt där nya infektioner från längre avstånd är osannolikt (Gross et al, 2014).

Undersökning av Schoebel et al, 2014 och Čermáková et al 2017 har hittat ett mycovirus i samband med infektion av *H. fraxineus*. Detta kan ha potential att bli ett biologiskt bekämpningsmedel, även om mer forskning kring detta behövs. Preliminära resultat från ett arbete av Cleary et al, 2014 tyder, även om antalet testade träd för olika genotyper

var begränsat, på att genetisk resistens mot *H. fraxineus* delvis kan förklaras med ett varierade svar på det phytotoxin som produceras av svampen.

Pautasso et al, 2015 pekar i sin litteraturgenomgång på vikten av samarbete för att hantera de numera globala problemen med olika sjukdomar samt att studera endofytsamhällen och deras påverkan på trädhälsa. Intressant är att författarna belyser rollen som endofyter (i det här fallet svamp, som lever inuti en annan levande växt) har vad gäller trädhälsa och endofyterna har också visats kunna styra markpatogener (Sieber, 2007; Tellenbach och Sieber, 2012; Tellenbach et al, 2013; Haňáčková et al 2017). Trädendofyter kan möjligen bidra till biologisk kontroll av infektionssjukdomar, öka tolerans för miljöstress eller bete sig som opportunistiska svaga patogener som potentiellt kan konkurrera med mer skadliga patogener (Pautasso et al, 2015). Trots detta så verkar inte forskning vara särskilt optimistisk angående möjlighet att använda endofytiska svampar i någon typ av biologisk kontroll (Schleger et al 2016; Schulz, 2017). Haňáčková et al, 2017 visade dock att 36 olika endofyter begränsade tillväxten av *H. fraxineus* med mellan 42-83%. Man kan tänka sig att gamla träd kan hysa en större mångfald av endofyter som eventuellt skulle kunna påverka utveckling av askskottsjuka.

Bengtsson et al, 2014 studerade hur kräftsår utvecklades på naturligt infekterade askträd. Det som var intressant var att kräftsåren bromsades upp när de hade nått en grenbas eller en förgrening med tre eller flera skott av samma storlek. Detta kan vara en förklaring till varför äldre träd verkar friskare då dessa oftast har en mer komplicerad kronarkitektur.

En positiv aspekt som beskrivs i många ovan citerade rapporter är den starka genetiska komponenten när det gäller mottaglighet för askskottsjukan vilket innebär att olika askindivider har olika motståndskraft. Därmed finns det goda förutsättningar för nyplanteringar med mer motståndskraftiga provinzienser i framtiden och man kan anta att naturlig selektion kommer att förhindra att asken kommer utrotas från Sverige. Detta i kombination med forskning från Villari et al, 2018 där de har utvecklat en metod som kan skilja mellan askträd som är resistenta och de som är mottagliga.

De skyddsvärda askarna har blivit hårdare drabbade med åren. 2020 var det bara 5,5 % av populationen som var symptomfri. Det finns knappt något tecken på att mängden träd som blir drabbade börjar plana ut. Enligt flera studier (Enderle et al 2019; Cleary et al, 2017; Gross et al, 2015; Sandberg, 2015; Kjaer et al, 2017) är det bara en liten andel av populationen som är tolerant eller resistent.

Dödligheten bland de skyddsvärda askarna i Västra Götalands län har varierat mellan olika perioder och även typ av träd. Det har legat mellan 1,4% och 3,8% och är, som väntat, högre än i andra populationer med gamla träd som tidigare har undersökts och som inte drabbats av en sjukdom (Bengtsson & Fay, 2009; Bengtsson & Bengtsson, 2009; Read et al 2010; Lonsdale, 2013) (data främst gällande ek och bok som naturligt nog inte har askskottsjuka). Däremot är dödligheten fortfarande förhållandevis låg och eventuellt speglar detta en långsammare utveckling av askskottsjuka i populationen av skyddsvärda askträd än vad man kanske kunde vänta sig med hänsyn till de prognoser som har publicerats (Coker et al, 2019).

Det är intressant att se att även om styrkan i de statistiska beräkningarna gör det svårt att avgöra var skillnader finns, verkar det som om träd som har hamlats i senare tid har haft en högre dödlighetstakt genom hela uppföljningsperioden. Om det betyder att en större andel av de hamlade träden kommer att dö eller bara att det går snabbare för dem att dö kan vi inte veta från vår data. Däremot har denna grupp även haft de friskaste träden. Detta speglar förmodligen det faktum att man, genom beskärning, i det här fallet hamling, kan skära bort sjuka delar av trädet (Marcilunien et al 2017). De nya skotten bli då

friska, åtminstone under en kort period. Anledningen till varför denna grupp av träd, trots detta, har en högre dödlighet har förmodligen att göra med att de nya skotten blir infekterade och att svampen har en kortare väg in till huvudstammen. Detta betyder att det är en svår balansgång med hamling; å ena sidan kan man eventuellt förlänga livet på trädet genom att skära bort askskottsjuka och å andra sidan kan man förkorta livet genom att bara ha unga skott som ger en kortare infektionsväg in till stammen.

Generellt har gamla träd, vare sig de har hamlats för länge sedan eller aldrig har hamlats, en mer komplex krona än yngre träd. De bygger oftare olika funktionella stamenheter som är skiljda från varandra. Detta är en överlevnadsstrategi där olika delar av ett och samma träd till en viss del kan anses som enskilda träd. Var och en av dessa enheter tillgodoser sitt eget energibehov och tar upp näring och vatten från den närmaste delen av rotsystemet. Även om det kan finnas en ömsesidig koppling mellan dessa enheter så kan de exempelvis reagera olika på samma beskärningsinsatser (Lonsdale, 2013). Detta kan vara en förklaring till varför gamla träd har en lägre dödlighet än yngre träd. (muntl. Lonsdale, 2013). Dessa träd kan också ha en fördel i och med att svampen har svårt att flytta sig där det finns ett komplext grenverk (Bengtsson et al, 2014).

För askskottsjukan finns ännu inga verksamma motåtgärder. Svampens spridning sker via luften. Askskottsjuka kan därför spridas långväga och är inte beroende av insekter som till exempel almsjuka är. Det finns därför ingen vinst med att ta ner ett enskilt träd som drabbats för att minska spridningsrisken. Det viktigaste i dagsläget är att samla in information om askpopulationer som visar förhöjd motståndskraft mot sjukdomen, för att förhoppningsvis kunna hitta resistent askar och undvika att ta in nya sjukdomar.

8 Rekommendationer

I samband med uppföljning 2013 (Bengtsson, 2014) och 2015 (Bengtsson, 2016) såg vi att det fanns en signifikant skillnad mellan hamlade och icke hamlade träd. Den skillnaden har nu försvunnit och alla träd är lika hårt drabbade av askskottsjuka, dessutom har träd som har hamlats på senare år haft en högre dödlighet.

Variationen inom de hamlade grupperna är stor vilket gör det svårt att ge några detaljerade rekommendationer. Vi avråder dock inte från hamling på askar som ingår i en regelbunden hamlingscykel om de är friska. Däremot om de är sjuka bör man låta bli eftersom risken finns att de då går en för tidig död tillmötes. Om det är praktiskt möjligt är det bra att undvika att hamla alla friska träd samtidigt och på så sätt sprida ut åtgärderna (och eventuella risker) över en längre tidsperiod. Här är det viktigt att följa upp vad som händer med askarna, hur drabbade de är och blir. Här kan det även vara värt att påbörja nyhamling av askar som inte visar några symptom idag.

Alla typer av beskärning av gamla askar kan få svåra konsekvenser för trädet även om det inte blir drabbat av askskottsjuka (Lonsdale, 2013). Andra studier (Eklund, 2009; Skovsgaard *et al*, 2010; Bakys *et al*, 2011, Skogsstyrelsen, 2013, Cleary *et al*, 2017) visar att askar som är försvagade av bland annat restaureringshamling har en ökad risk att drabbas av askskottsjukan. Därför rekommenderar vi att undvika alla typer av beskärning av gamla askar om det inte finns en akut risk för att de faller isär. Dessutom kan man, genom beskärning, korta ner avståndet för svampen mellan de nya skotten och huvudstammen (Marciulyniene *et al*, 2017; Stenlid, 2013).

Svampens spridning sker via luften. Det finns därför ingen vinst med att ta ner enskilda träd som drabbats av askskottsjuka för att minska spridningsrisken. Det kan till och med vara tvärtom; väldigt viktigt att behålla så många träd som möjligt för att hitta toleranta askar. Angripna skyddsvärda askar bör bara avverkas av säkerhetsskäl, när inga andra alternativ finns. Detta då många andra arter är knutna till asken. Här är det viktigt att desinficera redskapen mellan användning på olika träd och speciellt mellan olika områden. Detta är ett rekommenderat arbetssätt under alla omständigheter. Även om svampen sprids huvudsakligen via luften, kan det finnas en liten risk att spridning kan ske på andra sätt.

Länsstyrelsen rekommenderar att alla askar, om möjligt, får stå kvar. Det är naturligtvis dock alltid markägaren som fattar beslutet om sina träd. **I nuläget är det bästa rådet att behålla alla träd, även om de mår dåligt eller är hårt drabbade, och om de inte utgör en risk.** Gamla askar verkar inte dö i lika stor omfattning som yngre träd och därmed kanske de bär på några ännu oupptäckta hemligheter. Det kan även vara fördelaktigt att frihugga runt skyddsvärda askar om de står igenväxt.

Inventering eller uppföljning i framtiden är viktigt för att kunna följa utvecklingen av askskottsjukan i länet.

Viktigt att tänka på om man har askar:

- Avverka inte askar i förebyggande syfte, varken friska, sjuka eller döda träd, om de inte utgör en säkerhetsrisk.
- Undvik all beskärning av gamla askar tills vidare, om det inte finns akut risk för att de bryts sönder.
- Friska (inte sjuka) askar som har hamlats regelbundet kan fortsätta att hamlas tills vidare. Om det finns möjlighet så bör man inte hamla alla träd samma år, utan sprida ut åtgärderna under flera år. Börja gärna med nyhamling av unga friska askar.
- Det är viktigt att följa upp askarnas hälsotillstånd i synnerhet om man hamlar.
- Om möjligt, frihugg runt skyddsvärda askar om de står igenväxt.
- Om du hamlar, beskär eller tar ner askar, var noga med att rengöra dina verktyg mellan varje träd.
- Har du miljöstöd? Kontakta alltid din miljöstödshandläggare för samråd innan åtgärd. Har du produktionsbestånd med ask och är orolig, kontakta ditt Skogsstyrelsekontor.
- Mer information finns på Länsstyrelsens hemsida.
- Om askar måste tas ned, ersätt dem helst med lönn eller ek som hyser flest arter som annars använder ask. I andra hand kan övriga inhemska ädellövträd användas.

9 Litteraturlista

- Artdatabanken, (2010). Rödlistade arter i Sverige. Artdatabanken, Uppsala.
- Artdatabanken, (2015). Rödlistade arter i Sverige. Artdatabanken, Uppsala.
- Artdatabanken, (2020). Rödlistade arter i Sverige. Artdatabanken, Uppsala.
- Barklund, P. (2005). Askdod grasserar över Syd-och Mellansverige. *SkogsEko* 3, 11–13.
- Bakys, R. Vasaitis, R., Barklund, P., Ihrmark, K. and Stenlid, J. (2009a). Investigations concerning the role of *Chalara fraxinea* in declining *Fraxinus excelsior*. *Plant Pathology* 58, 284–292
- Bakys, R. Vasaitis, R., Barklund, P., Thomsen, I.M. and Stenlid, J. (2009b). Occurrence and pathogenicity of fungi in necrotic and non-symptomatic shoots of declining common ash (*Fraxinus excelsior*) in Sweden. *Eur J Forest Res* (2009) 128:51–60
- Bakys, R, Vasiliauskas A, Ihrmark K, Stenlid J., Menkis A & Vasaitis R. (2011): Root rot, associated fungi and their impact on health condition of declining *Fraxinus excelsior* stands in Lithuania. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 26:2, 128-135
- Bakys R, Vasaitis R., Skovsgaard JP. (2013). Patterns and Severity of Crown Dieback in Young Even-Aged Stands of European Ash (*Fraxinus excelsior* L.) in Relation to Stand Density, Bud Flushing Phenotype, and Season. *Plant Protection Science*. 2013;49(3):120.
- Baral, H., Queloz, V. & Hosoya, T. 2014, *Hymenoscyphus fraxineus*, the correct scientific name for the fungus causing ash dieback in Europe. *IMA fungus*, vol. 5, no. 1, pp. 79-80.
- Bengtsson, S.B.K., Barklund P., Brömssen C. V., Stenlid J.(2014). Seasonal Pattern of Lesion Development in Diseased *Fraxinus excelsior* Infected by *Hymenoscyphus pseudoalbidus*: e76429. *PLoS One*. 2014;9(4).
- Bengtsson, V & Fay, L. 2009. Veteran Pollard Survey Ashted and Epsom Commons, Surrey. City of London, Ashted Common.
- Bengtsson, V & Bengtsson O. 2009. Vårdplan för träd och buskskiktet inom naturreservat Gripsholms Hjorthage. In press.
- Bengtsson, V & Stenström, A. (2009). Inventering av askskottsjuka i Västra Götalands län 2009. Länsstyrelsen i Västra Götalands län, Naturvårdsenheten, rapport 2009:80.
- Bengtsson, V, Stenström, A & Finsberg, C. (2012). Askskottsjuka –ett nytt hot mot våra skyddsvärda träd?(Ash dieback – a new threat to our veteran trees? English summary), Naturvårdsenheten, rapport 2012:29.
- Bengtsson, V, Stenström, A & Finsberg, C. (2013). The impact of ash dieback on veteran and pollarded trees in Sweden. *Quarterly J. Forestry*, 107 (1), 27-33.
- Bengtsson, V. (2014) Askskottsjuka –ett fortsatt hot mot våra skyddsvärda träd? Naturvårdsenheten, rapport 2014:17.
- Bengtsson, V. (2016) Askskottsjuka –hur mår våra skyddsvärda ask träd? Naturvårdsenheten, rapport 2016:28.
- Bengtsson V. & Stenström A. (2017). Ash dieback – a continuing threat to veteran ash trees? In: Vasaitis R, Enderle R, editors. Dieback of European ash (*Fraxinus* spp.) –

Consequences and Guidelines for Sustainable Management. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences pp. 262–72.

Čermáková, V., Eichmeier, A., Herrero, N. and Botella, L. 2017. HfMV1 and Another Putative Mycovirus in Central European Populations of *Hymenoscyphus fraxineus*, the Causal Agent of Ash Dieback in Europe. *Baltic Forestry* 23(1): 107-115.

Cleary MR, Andersson PF, Broberg A, Elfstrand M, Daniel G, Stenlid J. (2014). Genotypes of *Fraxinus excelsior* with different susceptibility to the ash dieback pathogen *Hymenoscyphus pseudoalbidus* and their response to the phytotoxin viridiol - a metabolomic and microscopic study. *Phytochemistry*. 2014;102:115.

Cleary, M., Nguyen, D., Stener, L.-G., Stenlid, J., Skovsgaard, J.-P., 2017. Ash and ash dieback in Sweden: a review of disease history, current status, pathogen and host dynamics, host tolerance and management options in forests and landscapes. In: Vasaitis, R., Enderle, R. (Eds.), *Dieback of European Ash (Fraxinus spp.) - Consequences and Guidelines for Sustainable Management*, pp. 195–208.

Coker TLR, Rozsypálek J, Edwards A, Harwood TP, Butfoy L, Buggs RJA. (2019). Estimating mortality rates of European ash (*Fraxinus excelsior*) under the ash dieback (*Hymenoscyphus fraxineus*) epidemic. *Plants, People, Planet*, 2019;1:48–58. <https://doi.org/10.1002/ppp3.11>

Drenkhan R, Agan A, Palm K, Rosenvald R, Jürisoo L, Maaten T, et al. (2017). Overview of ash and ash dieback in Estonia. In: Vasaitis R, Enderle R, editors. *Dieback of European ash (Fraxinus spp.) – Consequences and Guidelines for Sustainable Management*. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences; p. 115–24.

Eklund, S. (2009). Hamling av Ask, *Fraxinus excelsior*, och hur det påverkar trädets utsatthet för askskottsjukan. Examensarbete Skövde Högskola.

Ellis, C.J., Coppins, B.J., Eaton, S. & Simkin, J. (2013). Implications of Ash Dieback for Associated Epiphytes. *Letters: Conservation Biology*, Volume 27, No. 5, 898–901

Enderle R, Peters F, Nakou A, Metzler B. (2013). Temporal development of ash dieback symptoms and spatial distribution of collar rots in a provenance trial of *Fraxinus excelsior*. *European Journal of Forest Research*. 2013;132(5):865-76.

Enderle R, Nakou A, Thomas K, Metzler B. (2015). Susceptibility of autochthonous German *Fraxinus excelsior* clones to *Hymenoscyphus pseudoalbidus* is genetically determined. *Annals of Forest Science*. 2015;72(2):183-93.

Enderle R, Metzler B, Riemer U, Kaendler G. (2018). Ash dieback on sample points of the National Forest Inventory in south-western Germany. *Forests* 2018;9(1):1–13. doi: 10.3390/f9010025.

Enderle R, Stenlid J, Vasaitis R. (2019). An overview of ash (*Fraxinus* spp.) and the ash dieback disease in Europe. *CAB Rev.* 14, 1-12. (doi:10.1079/PAVSNNR201914025)

Erfmeier A, Haldan KL, Beckmann L-M, Behrens M, Rotert J and Schrautzer J (2019) Ash Dieback and Its Impact in Near-Natural Forest Remnants – A Plant Community-Based Inventory. *Front. Plant Sci.* 10:658. doi: 10.3389/fpls.2019.00658

Ghelardini L, Migliorini D, Santini A, Pepori AL, Maresi G, Vai N, et al. (2017). From the Alps to the Apennines: possible spread of ash dieback in Mediterranean areas. In: Vasaitis R, Enderle R, editors. *Dieback of European ash (Fraxinus spp.) – Consequences*

- and Guidelines for Sustainable Management. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences; 2017. p. 140–49.
- Goberville, E., Hautekèete, N., Kirby, R. et al. (2016). Climate change and the ash dieback crisis. *Sci Rep* 6, 35303 (2016). <https://doi.org/10.1038/srep35303>
- Grosdidier, M., Ioos, R., & Marçais, B. (2018a). Do higher summer temperatures restrict the dissemination of *Hymenoscyphus fraxineus* in France? *Forest Pathology*, e12426. <https://doi.org/10.1111/efp.12426>
- Grosdidier, M., Ioos, R., Husson, C., Cael, O., Scordia, T., & Marçais, B. (2018b). Tracking the invasion: Dispersal of *Hymenoscyphus fraxineus* airborne inoculum at different scales. *FEMS Microbiology Ecology*, 94(5). <https://doi.org/10.1093/femsec/fiy049>
- Grosdidier M, Scordia T, Ioos R, Marçais B. (2020). Landscape epidemiology of ash dieback. *J Ecol.* 2020;00:1–11. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13383>
- Gross, A., Holdenrieder, O., Pautasso, M., Queloz, V and Sieber, T.N. (2013). *Hymenoscyphus fraxineus*, the causal agent of European ash dieback. *Molecular Plant Pathology*. DOI: 10.1111/mpp.12073
- Gross, A. and Holdenrieder, O. (2013) On the longevity of *Hymenoscyphus fraxineus* in petioles of *Fraxinus excelsior*. *For. Pathol.* 43, 168–170.
- Gross, A., Zaffarano, P.L., Duo, A. and Grünig, C.R. (2012) Reproductive mode and life cycle of the ash dieback pathogen *Hymenoscyphus fraxineus*. *Fungal Genet.Biol.* 49, 977–986.
- Gross, A., Holdenrieder, O., Pautasso, M., Queloz, V. and Sieber, T. N. (2014), *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, the causal agent of European ash dieback. *Molecular Plant Pathology*, 15: 5–21. doi: 10.1111/mpp.12073
- Gross A, Hosoya T, Queloz V. (2014) Population structure of the invasive forest pathogen *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. *Molecular Ecology*. 23(12):2943-60
- Gross, A., Holdenrieder, O. (2015), Pathogenicity of *Hymenoscyphus fraxineus* and *Hymenoscyphus albidus* towards *Fraxinus mandshurica* var. *japonica*. *Forest Pathology*, 45: 172–174. doi: 10.1111/efp.12182
- Haňáčková, Z., Havrdová, L., Černý, L., Zahradník, D. and Koukol, O. 2017. Fungal endophytes in ash shoots – diversity and inhibition of *Hymenoscyphus fraxineus*. *Baltic Forestry* 23(1): 89-106.
- Hauptman, T., Celar, F., de Groot, M. & Jurc, D. (2015). Application of fungicides and urea for control of ash dieback, *Forest - Biogeosciences and Forestry*, vol. 8, no. 2, pp. 165-171.
- Havrdová, L., Zahradník, D., Romportl, D., Pešková, V. and Černý, K. 2017. Environmental and Silvicultural Characteristics Influencing the Extent of Ash Dieback in Forest Stands. *Baltic Forestry* 23(1): 168-182.
- Hill, L., Jones, G., Atkinson, N, Hector, A, Hemery, G. and Brown, N. (2019). The £15 billion cost of ash dieback in Britain. *Current Biology* 29, R301–R316, May 6, 2019 © 2019 Elsevier Ltd. R315

- Hultberg, T., Sandström, J., Felton, A., Öhman, K., Rönnberg, J., Witzell, J. and Cleary, M. (2020). Ash dieback risks an extinction cascade. *Biological Conservation*. 244 , 108516 , 1-9
- Husson, C., Caël, O., Grandjean, J.P., Nageleisen, L.M. and Marçais, B. (2012). Occurrence of *Hymenoscyphus fraxineus* on infected ash logs. *Plant Pathol.* 61,889–895.
- Jönsson, M.T. and Thor, G. (2012) Estimating coextinction risks from epidemic tree death: affiliate lichen communities among diseased host tree populations of *Fraxinus excelsior*. *PLoS ONE*, 7, e45701.
- Kirisits, T. and Freinschlag, C. (2012) Ash dieback caused by *Hymenoscyphus fraxineus* in a seed plantation of *Fraxinus excelsior* in Austria. *J. Agric. Ext. Rural Dev.* 4, 184–191.
- Kjær, E.D., McKinney, L.V., Nielsen, L.R., Hansen, L.N. and Hansen, J.K. (2012). Adaptive potential of ash (*Fraxinus excelsior*) populations against the novel emerging pathogen *Hymenoscyphus fraxineus*. *Evol. Appl.* 5, 219–228.
- Kjær ED, McKinney LV, Hansen LN, Olrik DC, Lobo A, Thomsen IM, et al. Genetics of ash dieback resistance in a restoration context – experiences from Denmark. In: Vasaitis R, Enderle R, editors. *Dieback of European ash (Fraxinus spp.) – Consequences and Guidelines for Sustainable Management*. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences; 2017. p. 106–14.
- Kowalski, T. and Holdenrieder, O. (2009)a. The teleomorph of *Chalara fraxinea*, the causal agent of ash dieback. *For. Path.* 39 (2009) 304–308.
- Kowalski, T. and Holdenrieder, O. (2009)b, Pathogenicity of *Chalara fraxinea*. *Forest Pathology*, 39: 1–7. doi: 10.1111/j.1439-0329.2008.00565.x
- Kowalski T, Bartnik C. (2010). Morphological variation in colonies of *Chalara fraxinea* isolated from ash (*Fraxinus excelsior* L.) stems with symptoms of dieback and effects of temperature on colony growth and structure. *Acta Agrobotanica* 2010;63(1):99–106.
- Kowalski, T., Bilański, P. and Kraj, W. (2017). Pathogenicity of fungi associated with ash dieback towards *Fraxinus excelsior*. *Plant Pathology*, doi:10.1111/ppa.12667
- Langer G. Collar rots in forests of Northwest Germany affected by ash dieback. *Baltic Forestry* 2017;23(1):4–19.
- Littlewood NA, Nau BS, Pozsgai G, Stockan JA, Stubbs A, Young MR. Invertebrate species at risk from Ash Dieback in the UK. *Journal of Insect Conservation*. 2014;2015;19(1):75.
- Lobo, A., Hansen J.K., McKinney L.V., Nielsen L.R. & Kjær E.D. (2014) Genetic variation in dieback resistance: growth and survival of *Fraxinus excelsior* under the influence of *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29:6, 519-526, DOI: 10.1080/02827581.2014.950603
- Lobo A., McKinney L.V., Hansen J.K., Kjær E.D., Nielsen L.R., Holdenrieder O. (2015). Genetic variation in dieback resistance in *Fraxinus excelsior* confirmed by progeny inoculation assay. *Forest Pathology*. 2015;45(5):379-87.
- Löhmus, A. & Runnel, K. (2014). Ash dieback can rapidly eradicate isolated epiphyte populations in production forests: A case study, *Biological Conservation*, vol. 169, pp. 185-188.

- Lonsdale, (ed), 2013. Ancient and other veteran trees: further guidance on management. The Tree Council, London.
- Łubek, A., Kukwa, M., Czortek, P., Jaroszewicz, B. (2020). Impact of *Fraxinus excelsior* dieback on biota of ash-associated lichen epiphytes at the landscape and community level. *Biodiversity and Conservation* (2020) 29:431–450
- Marçais, B., Husson, C., Godart, L., & Caël, O. (2016). Influence of site and stand factors on *Hymenoscyphus fraxineus*-induced basal lesions. *Plant Pathology*, 65(9), 1452–1461. <https://doi.org/10.1111/ppa.12542>
- Marçais, B., Husson, C., Cael, O., Dowkiw, A., Saintonge, F.-X., Delahaye, L., ... Chandelier, A. (2017). Estimation of ash mortality induced by *Hymenoscyphus fraxineus* in France and Belgium. *Baltic Forestry*, 23(1), 159–167.
- Marciulyniene D, Davydenko K, Stenlid J, Cleary M. (2017). Can pruning help maintain vitality of ash trees affected by ash dieback in urban landscapes? *Urban Forestry & Urban Greening* 2017;27:69–75. doi: 10.1016/j.ufug.2017.06.017.
- Maxwell, S.L., Fuller, R.A., Brooks, T.M., Watson, J.E., (2016). Biodiversity: the ravages of guns, nets and bulldozers. *Nature* 536, 143–145.
- McKinney L V, Nielsen L R, Hansen J K and Kjær E D (2011). Presence of natural genetic resistance in *Fraxinus excelsior* (Oleraceae) to *Chalara fraxinea* (Ascomycota): an emerging infectious disease. *Heredity* 106, 788–797; doi:10.1038/hdy.2010.119
- McKinney, L.V., Thomsen, I.M., Kjær, E.D., Bengtsson, S.B.K. and Nielsen, L.R. (2012a) Rapid invasion by an aggressive pathogenic fungus (*Hymenoscyphus fraxineus*) replaces a native decomposer (*Hymenoscyphus albidus*): a case of local cryptic extinction? *Fungal Ecol.* 5, 663–669.
- McKinney, L. V., Thomsen, I. M., Kjær, E. D. and Nielsen, L. R. (2012b), Genetic resistance to *Hymenoscyphus fraxineus* limits fungal growth and symptom occurrence in *Fraxinus excelsior*. *Forest Pathology*. 42, 69-74. doi: 10.1111/j.1439-0329.2011.00725.x
- McKinney, L.V., Nielsen, L.R., Collinge, D.B., Thomsen, I.M., Hansen, J.K. & Kjær, E.D. (2014). The ash dieback crisis: genetic variation in resistance can prove a long term solution, *Plant Pathology*, vol. 63, no. 3, pp. 485-499
- Mitchell, R.J., Beaton, J.K., Bellamy, P.E., Broome, A., Chetcuti, J., Eaton, S., Ellis, C.J., Gimona, A., Harmer, R., Hester, A.J., Hewison, R.L., Hodgetts, N.G., Iason, G.R., Kerr, G., Littlewood, N.A., Newey, S., Potts, J.M., Pozsgai, G., Ray, D., Sim, D.A., Stockan, J.A., Taylor, A.F.S. & Woodward, S. (2014). Ash dieback in the UK: A review of the ecological and conservation implications and potential management options, *Biological Conservation*, vol. 175, pp. 95-109.
- Mitchell, R.J., Broome, A., Beaton, J.K., Bellamy, P.E., Ellis, C.J., Hester, A.J., Hodgetts, N.G., Iason, G.R., Littlewood, N.A., Newey, S., Pozsgai, G., Ramsay, S., Riach, D., Stockan, J.A., Taylor, A.F.S. and Woodward, S. 2017. Challenges in Assessing the Ecological Impacts of Tree Diseases and Mitigation Measures: the Case of *Hymenoscyphus fraxineus* and *Fraxinus excelsior*. *Baltic Forestry* 23(1): 116-140.
- Nilsson, P., Roberge, C., Fridman, J., Wulff, S., 2019. Forest Statistics 2019. Official Statistics of Sweden. 2019 Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå (ISSN 0280-0543, 138 p).

- Orlikowski, L. B., Ptaszek, M., Rodziewicz, A., Nechwatal, J., Thinggaard, K. and Jung, T. (2011), *Phytophthora* root and collar rot of mature *Fraxinus excelsior* in forest stands in Poland and Denmark. *Forest Pathology*. doi: 10.1111/j.1439-0329.2011.00714.x
- Pautasso, M., Thomas F. Döring, T.F., Garbelotto M., Pellis L. & Jeger M.J. (2012). Impacts of climate change on plant diseases—opinions and trends. *Eur J Plant Pathol* (2012) 133:295–313 DOI 10.1007/s10658-012-9936-1
- Pautasso, M., Aas, G., Queloz, V. and Holdenrieder, O. (2013) European ash (*Fraxinus excelsior*) dieback—a conservation biology challenge. *Biol. Conserv.* 158, 37–49.
- Pautasso, M., Schlegel, M. & Holdenrieder, O. (2015). *Forest Health in a Changing World*, *Microbial Ecology*, vol. 69, no. 4, pp. 826-842.
- Pham, T. L. H., Zaspel, I., Schuemann, M., Stephanowitz, H. & Krause, E. (2013) Rapid in-vitro and in-vitro detection of *Chalara fraxinea* by means of mass spectrometric techniques. *Am J Plant Sci.* 4, 444–453 (2013).
- Przybył, K. (2002) Fungi associated with necrotic apical parts of *Fraxinus excelsior* shoots. *For. Pathol.* 32, 387–394.
- Queloz, V., Grünig, C. R., Berndt, R., Kowalski, T., Sieber, T. N. and Holdenrieder, O. (2011), Cryptic speciation in *Hymenoscyphus albidus*. *Forest Pathology*, 41: 133–142. doi: 10.1111/j.1439-0329.2010.00645.x
- Read, H. J., Wheeler, C.P., Forbes, V.J. & Young, J. (2010). The current status of ancient pollard beech trees at Burnham Beeches and evaluation of recent restoration techniques. *Quarterly Journal of Forestry*, 2010.
- Roberge, J.M., Bengtsson, S.B.K., Wulff, S. & Snäll, T. (2011). Edge creation and tree dieback influence the patch-tracking metapopulation dynamics of a red-listed epiphytic bryophyte. *Journal of Applied Ecology*, 48(3), pp. 650-658.
- Schlegel, M., Dubach, V., von Buol, L., Sieber, T.N. (2016). Effects of endophytic fungi on the ash dieback pathogen. *FEMS Microbiology Ecology* 92(9):fiw142.
- Schlegel M, Queloz V and Sieber TN (2018) The Endophytic Mycobiome of European Ash and Sycamore Maple Leaves – Geographic Patterns, Host Specificity and Influence of Ash Dieback. *Front. Microbiol.* 9:2345. doi: 10.3389/fmicb.2018.02345
- Schoebel CN, Zoller S, Rigling D. (2014). Detection and genetic characterisation of a novel mycovirus in *Hymenoscyphus fraxineus*, the causal agent of ash dieback. *Infection, genetics and evolution : Journal of Molecular Epidemiology and Evolutionary Genetics in Infectious Diseases.* 2014;28:78-86.
- Schulz, B. 2017. Introduction Part 1: New Insights into Disease Development and Control of Ash Dieback. *Baltic Forestry* 23(1):1-3.
- Schumacher, J (2010)
http://archives.eppo.org/MEETINGS/2010_conferences/chalara/14_Schumacher/index.html
- Schumacher, J., Kehr, R. and Leonhard, S. (2010), Mycological and histological investigations of *Fraxinus excelsior* nursery saplings naturally infected by *Chalara fraxinea*. *Forest Pathology*, 40: 419–429. doi: 10.1111/j.1439-0329.2009.00615.x
- Sieber TN (2007) Endophytic fungi in forest trees: are they mutualists? *Fungal Biol Rev* 21:75–89. doi:10.1016/j.fbr.2007.05.004

- Skogsstyrelsen (2013). Ask och askskottsjukan i Sverige. (Meddelande 4). Jönköping.
- Skogsdata 2012. Riksskogstaxeringen, SLU. Umeå.
- Skovsgaard, J. P., Thomsen, I. M., Skovgaard, I. M. and Martinussen, T. (2010), Associations among symptoms of dieback in even-aged stands of ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Forest Pathology*, 40: 7–18. doi: 10.1111/j.1439-0329.2009.00599.x
- Skovsgaard JP, Wilhelm GJ, Thomsen IM, Metzler B, Kirisits T, Havrdová L, et al. (2017). Silvicultural strategies for *Fraxinus excelsior* in response to dieback caused by *Hymenoscyphus fraxineus*. *Forestry: An International Journal of Forest Research* 2017;90(4):455–72. doi: 10.1093/forestry/cpx012.
- Stener, L.-G. (2012) Clonal differences in susceptibility to the dieback of *Fraxinus excelsior* in southern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 28, 205–216.
- Stenlid, J. (2013). Askskottsjukan visar riskerna med global handel. In Björkman, C. & Stenlid, J. (red.) (2013). Svampar och insekter Rapport från Future Forests 2009-2012. Future Forests rapport series 2013:5. Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå, 44 pp.
- Strandberg, S. (2015). Ash decline in Jönköping and Östergötland counties:-current status and future prospects for *Fraxinus excelsior*. Master thesis, Uppsala, SLU. <http://stud.epsilon.slu.se>.
- Sundberg, S., Carlbert, T., Sandström, J., Thor, J., (2019). Värdväxters betydelse för andra organismer – med fokus på verdartade värdväxter. Artdatabanken Rapporterar 22. Artdatabanken SLU, Uppsala.
- Tellenbach C, Sieber TN (2012). Do colonization by dark septate endophytes and elevated temperature affect pathogenicity of oomycetes? *FEMS Microbiol Ecol* 82:157–168
- Tellenbach C, Sumarah MW, Grünig CR, Miller JD (2013). Inhibition of *Phytophthora* species by secondary metabolites produced by the dark septate endophyte *Phialocephala europaea*. *Fung Ecol* 6:12–18. doi:10.1016/j.funeco.2012.10.003
- Thomsen, I. M (2010). Impact of *Chalara fraxinea* on Danish forests. http://archives.eppo.org/MEETINGS/2010_conferences/chalara/08_Thomsen/index.html
- Timmermann, V., Nagy, N.E., Hietala, A.M., Børja, I. and Solheim, H. (2017). Progression of Ash Dieback in Norway Related to Tree Age, Disease History and Regional Aspects. *Baltic Forestry* 23(1): 150-158
- Tulik, M., Yaman, B., & Köse, N. (2018). Comparative tree-ring anatomy of *Fraxinus excelsior* with *Chalara* dieback. *Journal of Forestry Research*, 29(6), 1741-1749.
- Turczański, K., Rutkowski, P., Dyderski, M.K., Wrońska-Pilarek, D., & Nowiński, M. (2019). Soil pH and Organic Matter Content Affects European Ash (*Fraxinus excelsior* L.) Crown Defoliation and Its Impact on Understory Vegetation. *Forests*, 11, 22.
- Villari, C., Dowkiw, A., Enderle, R., Ghasemkhani, M., Kirisits, T., Kjaer, E., Marčiulytė, D., McKinney, L., Metzler, B., Rostgaard Nielsen, L., Pliūra, A., Stener, L.-G., Suchocka, V., Rodriguez-Saona, L., Bonello, P., Cleary, M., 2018. Advanced spectroscopy-based phenotyping offers solutions to the ash dieback epidemic. In: *Nature Scientific Reports*. 8, 17448 2018. <https://www.nature.com/articles/s41598-018-35770-0>.
- Wulff, S. & Hansson, P. (2011). Askskottsjukan I Götaland – Nationell riktad skadeinventering 2009 och 2010. Umeå: Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU.

Zhao, Y.-J., Hosoya, T., Baral, H.-O., Hosaka, K. and Kakishima, M. (2012)
Hymenoscyphus fraxineus, the correct name for *Lambertella albida* reported from Japan.
Mycotaxon, 122, 25–41.

10 Bilagor

10.1 Fältprotokoll för inventering av askskottsjuka

Trad Nr	
Stamomkrets	
Påverkan	
X koordinat	
Y koordinat	
Datum	
Inventerare	
Fast trad	
Bild Nr	
Askskottsjuka 0= Ingen påverkan 1=Max 10% påverkan 2=10 - 30% påverkan 3=Mer än 30% påverkan 4=Trädet dött	
Markanvändning/bete	
Kommentar	

Ingår i Länsstyrelsens rapportserie
ISSN 0284 - 8813

Har du frågor eller önskar fler exemplar, kontakta
Länsstyrelsen i Västmanlands län, 721 86 Västerås

Tfn 010-224 90 00 | Fax 010-224 91 10 | E-post: vastmanland@lansstyrelsen.se
www.lansstyrelsen.se/vastmanland