



TALLVEDSNEMATOD—

ANALYS AV KOSTNADER OCH RESURSÅTGÅNG VID BEKÄMPNING AV ETT UTBROTT I SVERIGE

Ljus Ola Eriksson, Tomas Nordfjell, Rolf Gref

Arbetsrapport 213 2008

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skoglig resurshushållning
S-901 83 UMEÅ
www.srh.slu.se
Tfn: 018-671000



ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR-213-SE

TALLVEDSNEMATOD—

ANALYS AV KOSTNADER OCH RESURSÅTGÅNG VID BEKÄMPNING AV ETT UTBROTT I SVERIGE

Slutrapport SJV 2008-04-01

Ljusk Ola Eriksson, Tomas Nordfjell, Rolf Gref

Förord

Jordbruksverket har av krisberedskapsmyndigheten fått i uppdrag att göra en konsekvensanalys av ett eventuellt angrepp av tallvedsnematod i svensk skog. Institutionen har fått i uppdrag från Jordbruksverket att klarlägga de ekonomiska förhållanden som kan vara förknippade med ett angrepp.

Synpunkter och kommentarer har kontinuerligt lämnats av personal vid Jordbruksverket. Den som på Jordbruksverket mest påtagligt medverkat till att både bredda och fördjupa analyserna är Ulrika Rinman; ett stort tack för det engagemang och den kunskap Ulrika bidragit med. Vid SLU har, utöver författarna, en rad kompetenser inbegripits. Vi vill här nämna forskningsledare Per-Magnus Ekö, Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap, och professor Torbjörn Elowson, Skogens produkter och marknader, båda SLU. Ansvar för de resultat och slutsatser som redovisas här vilar dock på författarna och inga andra.

Ljusk Ola Eriksson, Tomas Nordfjell, Rolf Gref

Umeå april 2008

Sammanfattning

Tallvedsnematoden *Bursaphelenchus xylophilus* finns naturligt i Nordamerika. Därifrån har den bland annat spridit sig till Portugal och Japan, där den orsakar stora skador på inhemska tallarter. En spridning till Sverige skulle kunna ske med import av virke eller träemballage. En etablering av tallvedsnematoden skulle kunna få allvarliga konsekvenser för hela den svenska skogssektorn. Det gäller inte minst de ekonomiska effekterna, som rör hela kedjan från möjligheterna att odla tall över tillgången på råvara generellt till exporten av, främst, sågade trävaror.

Tallvedsnematoden kan spridas till Sverige via levande plantmaterial, barkat och obarkat timmer, obehandlat sågat virke, flis, sågspån och träemballage av olika slag.

Tallvedsnematoden överförs till värdrädet via en vektorinsekt, tallbocken (*Monochamus*) då skalbaggen gnager bark och eller floem på levande träd (primär transmission) eller då skalbagghonan lägger ägg i färskt avverkat timmer eller i döende träd (sekundär transmission). Tallvedsnematoden angriper flera olika barrträdsarter. Av särskild stor vikt är att våra viktigaste inhemska barrträd, tall (*Pinus sylvestris*) och gran (*Picea abies*) tycks vara mottagliga för nematodinfektion. Vår tall är troligen mycket känslig. Gran är inte speciellt känslig (dvs dör i mycket liten utsträckning) men nematoder kan överföras och leva i träden utan att de vanligtvis visar symptom.

Syftet med rapporten är att kvantifiera de kostnader som är förknippade med bekämpning av ett lokaliserat angrepp av tallvedsnematoden. Beräkningarna utgår från två olika bekämpningsstrategier, Utrotning respektive Inneslutning. Utvärderingen görs för förutsättning som råder i olika geografiska regioner av Sverige. Utrotning karaktäriseras av att man avverkar alla barrträd inom ett givet område med en viss diameter, dvs en värdväxtfri zon. Den värdväxtfria zonen omfattar det smittade området samt en zon om minst tre km bredd som ska hindra vidare spridning. Kring den värdväxtfria zonen finns en övervakningszon som kontinuerligt genomsöks. Strategi Inneslutning innebär att man kring ett större område, den s k inneslutningszonen som innehåller det smittade området, lägger en värdväxtfri zon. Inom inneslutningen kan man fortsätta att bedriva skogsbruk. Utanför den värdväxtfria zonen finns på motsvarande sätt som för Utrotning en övervakningszon. Strategi Utrotning upprätthålls under en begränsad tid, 20 år, medan Strategi måste upprätthållas under evig tid. Känslighetsanalyser av kritiska antaganden görs.

De två strategierna kan tolkas som två extremer. Om upptäckt sker tidigt och det smittade området är mycket litet samt bekämpning sker snabbt kan ett minimalt, här ett område med 16 km:s radie, etableras. Om det inte går utan infektionen omfattar ett större område får man försöka innesluta området och, i någon mening, leva med infektionen under överskådlig tid. Analysen handlar således mindre om att utreda konsekvenserna av valet mellan två situationer som konsekvenserna av två olika situationer.

Analyserna har genomförts under vad som kallas standardförutsättningar. Enligt dessa har i strategi Utrotning den värdväxtfria zonen en diameter på 16 km och runt den ligger en

övervakningszon med en bredd på 10 km. I strategi Inneslutning har inneslutningen en diameter på 50 km. Runt den ligger den värdväxtfria zonen med en bredd på 3 km. Övervakningszonen har samma bredd som för Utrotning, dvs 10 km.

Kostnadsbilden påverkas av hur virket från det initiala uttaget av virket i den värdväxtfria zonen och virket från den kontinuerliga driften i inneslutningen kan hanteras. I det ena fallet förutsätts att allt virke kan hanteras som vanligt, dvs värderas som timmer och massaved. Detta fall kallas Min kostnad. Det andra fallet, Max kostnad, innebär att avverkningsvolymerna bara kan värderas som bioenergi.

De viktigaste iakttagelserna vad gäller kostnadsstrukturen för de två strategierna Utrotning och Inneslutning kan sammanfattas sålunda:

- Den helt dominerande kostnaden för båda strategierna är de som är förknippade med skogsmarken. Övriga ägoslag har marginell betydelse.
- Ser man till kostnad per ha skogsmark i den värdväxtfria zonen är den största kostnadsposten den förtidiga avverkningen.
- För strategi Inneslutning har även kostnaden för övervakning av övervakningszonen förhållandevis stor betydelse på grund av denna zons storlek under standardförutsättningarna. I fallet Max kostnad blir förlusten av virkesnetton i inneslutningen den dominerande kostnadsposten för denna strategi.
- Den totala kostnaden per ha skogsmark i den värdväxtfria zonen varierar mellan olika regioner. Kan timmer och massaved tas ut (Min kostnad) är den som lägst 26 tkr (region Nn) och högst 44 tkr (region Ss) vid strategi Utrotning. För strategi Inneslutning hamnar man ca 10 tkr högre. Måste veden i stället klassas som bioenergi (Max kostnad) varierar kostnaden mellan 34 och 62 tkr per ha för strategi Utrotning och mellan 43 och 72 tkr för strategi Inneslutning.
- Under standardförutsättningar vad gäller zonstorlek, region Hela landet samt att timmer och massaved kan tas ut (Min kostnad) är strategi Inneslutning ca 4 gånger så dyr som strategi Utrotning, 0.5 miljarder jämfört med 2.1 miljarder.
- Vid Min kostnad, standardförutsättningar vad gäller zonstorlek och region Hela landet ligger ca 80 % av kostnaden på den värdväxtfria zonen för strategi Utrotning och på knappt 70 % för strategi Inneslutning. För strategi Utrotning bibehålls kostnadsfördelningen i stort vid Max kostnad. För strategi Inneslutning bär i stället inneslutningen drygt 60 % av kostnaderna vid Max kostnad.
- Kostnaden för tallar som infekteras och dör i inneslutningen är begränsad. Under standardförutsättningarna kommer den aldrig över 10 % av den totala kostnaden för strategi Inneslutning även om man antar att 50 % av tallarna dör under en omloppstid. Detta gäller om man kan låta de döda tallarna stå kvar. Om de måste tas ut fördubblas kostnaden.

- Kostnaderna för strategi Utrotning växer i stort med kvadraten på diametern på den värdväxtfria zonen. Kostnaderna växer i stället i stort linjärt med diametern på inneslutningen vid strategi Inneslutning under Min kostnad.
- Har inneslutningen en standardstorlek på 50 km kan den värdväxtfria zonen i strategi Utrotning tillåtas bli upp 34 km i diameter och ändå vara mindre kostsam än strategi Inneslutning. Omvänt är Utrotning dyrare om diametern överstiger 34 km. Detta gäller vid Min kostnad; vid Max kostnad hamnar brytpunkterna på större diameter då Inneslutning i högre grad än Utrotning drabbas av de minskade intäkterna.
- Ökar man diametern på den värdväxtfria zonen i strategi Inneslutning från 3 km till 5 km ökar kostnaderna med ca en miljard vid Min kostnad och region Hela landet. Vid Max kostnad är motsvarande siffra 1.4 miljarder.
- Att kunna begränsa återplantera den värdväxtfria zonen vid strategi Utrotning efter 5 år i stället för 20 år har det i det närmaste försumbar inverkan.
- Att kunna begränsa åtgärdsperioden vid strategi Inneslutning från evig tid till 20 år skulle reducera kostnaderna med mellan ca 20 % (Min kostnad) och ca 30 % (Max kostnad).
- Vid etablerandet av den värdväxtfria zonen får man ett momentant ökat utbud av mellan 0.5 (region Nn) och 1.5 (region Sn) miljoner m³fub vid strategi Utrotning. Vid strategi Inneslutning ökar det momentana utbudet till mellan 1.5 (region Nn) och 3.0 (region Sn) miljoner m³fub. Det är så små volymer att det knappast påverkar prisbilden.
- Långsiktigt blir det ett minskat utbud från den värdväxtfria zonen jämfört med normalläget. Det rör sig om ca 50,000 respektive 150,000 m³fub per år för strategi Utrotning respektive strategi Inneslutning (region Hela landet). Det är så begränsade mängder att det inte påverkar prisbilden på virkesmarknaden.
- Exporten av rundvirke och flis är i dagsläget så begränsad att exportbegränsningar inte bör ha någon påverkan på prisbildningen på virkesmarknaden.
- Det antal maskiner och förare som under ett år behövs för att åstadkomma en värdväxtfri zon uppgår i alternativet Utrotning till 2-3 % av landets totala maskinpark. För alternativet Inneslutning är motsvarande värde 5-8 %. Båda alternativen är genomförbara, men strategi Utrotning är naturligtvis lättare att realisera med kort varsel.

Innehållsförteckning

FÖRORD	2
SAMMANFATTNING	3
1 INLEDNING	8
1.1 ALLMÄN BAKGRUND	8
1.2 ALLMÄNT OM TALLVEDSNEMATODEN (<i>BURSAPHELENCHUS XYLOPHILUS</i>)	8
1.2.1 Historik.....	8
1.2.2 Livscykel, biologi, spridning	10
1.2.3 Klimat- och fuktberoende	11
1.2.4 Värdräd	12
1.2.5 Spridningsvägar och risker	12
1.2.6 Skyddsåtgärder.....	13
1.3 SYFTE	14
2 MATERIAL OCH METODER	15
2.1 BEHANDLINGSSTRATEGIERNA	15
2.2 KOSTNADS OCH INTÄKTSFÖRUTSÄTTNINGAR	17
2.2.1 Intäkt av timmer och massaved	17
2.2.2 Pris på biomassa	18
2.2.3 Konventionell skörd samt skörd av unga skogsbestånd	18
2.2.4 Grotskotning.....	18
2.2.5 Bränning av skogsmark.....	18
2.2.6 Avverkning på myr- och bergimpediment.....	18
2.2.7 Avverkning av trädgrupper och enstaka träd på "icke skogsmark"	19
2.2.8 Övervakning och röjning av värdväxtfri zon.....	19
2.2.9 Övervakning av övervakningszonen.....	20
2.2.10 Resursåtgång maskiner och förare.....	20
2.3 BERÄKNINGSMODELL FÖR SKOGSMARK	20
2.3.1 Skoglig prognosmodell.....	20
2.3.2 Beräkningar för skogsmark olika zoner	21
2.4 SAMLAD KOSTNAD PER HEKTAR FÖR OLIKA ÄGOSLAG, STRATEGIER OCH REGIONER	22
3 RESULTAT	25
3.1 KOSTNADSBILD FÖR BEHANDLINGSSTRATEGIERNA	25
3.2 KÄNSLIGHETSANALYSER	27
3.2.1 Kostnader av tallvedsnematodangrepp i inneslutningen.....	27
3.2.2 Olika zonstorlekar.....	28
3.2.3 Återplantering efter 5 år i värdväxtfri zon i strategi Utrotning	31
3.2.4 Strategi Inneslutning endast under 20 år.....	31
3.3 RESURSÅTGÅNG OLIKA STRATEGIER.....	32
3.4 INDUSTRIELLA KONSEKVENSER	33
4 DISKUSSION	36
4.1 KOSTNADER FÖRKNIPPADE MED STRATEGIERNA	36
4.2 RISKER FÖRKNIPPADE MED STRATEGIERNA	37
4.3 OSÄKERHETSFAKTORER I KALKYLERNA	38
4.4 ALTERNATIVA TRÄDSLAG.....	39

4.5	INDUSTRIELLA KONSEKVENSER	39
4.6	VAD FÅR EN PREVENTIV ÖVERVAKNING KOSTA?	40
4.7	FÖRSLAG TILL ETT OPERATIVT SYSTEM	40
5	SLUTSATSER.....	41
	REFERENSER.....	43

1 Inledning

1.1 Allmän bakgrund

Tallvedsnematoden finns naturligt i Nordamerika. Därifrån har den bland annat spridit sig till Portugal och Japan, där den orsakar stora skador på inhemska tallarter. En spridning till Sverige skulle kunna ske med import av virke eller träemballage. En etablering av tallvedsnematoden skulle kunna få allvarliga konsekvenser för hela den svenska skogssektorn. Det gäller inte minst de ekonomiska effekterna, som rör hela kedjan från möjligheterna att odla tall över tillgången på råvara generellt till exporten av, främst, sågade trävaror.

Jordbruksverket har av krisberedskapsmyndigheten fått anslag att göra en konsekvensanalys av ett eventuellt angrepp av tallvedsnematod i svensk skog. För att kunna göra en sådan analys behöver Jordbruksverket uppgifter om kostnaderna för bekämpningen av tallvedsnematod i Sverige, kostnaderna för skogskador orsakade av nematoden samt kostnaderna för industrin. Institutionen för Skoglig Resurshushållning, SLU i Umeå, har åtagit sig arbetet med att ta fram och redovisa kostnader som uppkommer vid bekämpning av ett lokaliserat angrepp av tallvedsnematoden i svensk skog samt de kostnader som angreppet innebär för skogsbruket.

Inför arbetet med de ekonomiska konsekvenserna sammanställdes vid SLU relevant litteratur om tallvedsnematoden, dess naturliga förekomst, livscykel, biologi och spridning.

1.2 Allmänt om Tallvedsnematoden (*Bursaphelenchus xylophilus*)

1.2.1 Historik

Skogsindustrins internationalisering har inneburit en betydande import av såväl träråvara som träbaserade produkter. Detta innebär också att risken för införande av exotiska skadegörare ökar. Ett exempel härpå är tallvedsnematoden *Bursaphelenchus xylophilus*. Då Sverige har import av bl.a. flis och rundvirke kan risken för införande och spridning av tallvedsnematoden inte uteslutas (2006 flis 1.6 milj m³fub, varav 82 % barr, rundvirke 6.7 milj m³fub varav 47 % barr). Orsakerna till detta är bl.a. följande:

- nematoden sprids lätt med olika trämaterial, främst emballage, råflis, spån
- vektorinsekter som överför nematoden förekommer allmänt i hela Europa
- europeiska tallarter tycks sakna resistens och angrips lätt av nematoden
- då nematoden etablerats är den svår att utrota
- klimatförhållandena i södra Sverige är gynnsamma för nematoden

Tallvedsnematoden förekommer allmänt i Kanada, USA, Mexiko, Japan, Taiwan, Kina och Sydkorea. I USA har den rapporterats från åtminstone 28 delstater men betraktas inte som en primär parasit på inhemska tallarter. Introducerade tallarter däremot, angrips dock lätt och

dukar snabbt under. I Kansas där den identifierades för första gången 1979 utgör den en betydande parasit i julträdsodlingar och parkträd, främst på skandinavisk (*Pinus sylvestris*) och österrikisk tall (*Pinus nigra*) och förorsakar kännbara ekonomiska förluster.

Den viktigaste ekonomiska konsekvensen av tallvedsnematoden för det Nordamerikanska skogsbruket utgör det importförbud som införts för obehandlad flis och sågat virke. Mellan åren 1978 och 1989, innan kravet på behandling för barrved trädde i kraft, exporterade Kanada och USA ca 5 miljoner ton barrflis årligen till Skandinavien. All export av barrträdsflis har nu upphört vilket motsvarar ett ekonomiskt bortfall på ca 100 miljoner dollar/år i uteblivna exportintäkter (Wiffle & Peterson 1986, Warren & Linit 1993, Wingfield 1987, Evans et al. 1996).

I länder där tallvedsnematoden införts t.ex. Kina, Japan och Portugal utgör den en förödande skadegörare på ett flertal olika barrträdsarter och kan förorsaka stora ekonomiska förluster. Under slutet av 1970-talet uppskattades förluster förorsakade av tallvedsnematoden i Japan till 2,4 miljoner kubikmeter per år (Evans et al. 1996).

Symptom som antyder nematodangrepp registrerades för första gången 1905 i Japan men först år 1971 identifierades den kausala orsaken till angreppet. Efter att ha införts till Japan har nematoden spridit sig snabbt och förorsakat omfattande skador på japansk röd tall (*Pinus densiflora*) och svart tall (*Pinus thunbergii*). DNA analyser utförda på flera prov antyder att tallvedsnematoden infördes till Japan från USA med importerat infekterat virke. År 1985 inrapporterades angrepp på japansk svart och luchu tall (*P. luchuensis*) från Taiwan. År 1989 rapporterades tallvedsnematoden också från Kina och Sydkorea, även här främst på japansk vit (*Pinus parviflora*) och svart tall (Evans et al. 1996).

I USA upptäcktes nematoden i svampangripen virke 1934 men först 1979 klargjordes nematodens roll som parasit på introducerade tallarter i Missouri. Senare undersökningar har visat att tallvedsnematoden är en nordamerikansk art och att den inte utgör något större hot för de nordamerikanska skogarna (Wingfield 1987, Dwinell 1988).

I Europa har tallvedsnematoden tillsvidare endast etablerat sig i Portugal där de första angreppen rapporterades 1999 i Setubal regionen (PROLUNP 2006, Mota et al. 1999). Högst sannolikt spreds nematoden med importerat förpackningsmaterial (PROLUNP 2006). En rapport från 2006 anger att i ett område om ca 510,000 ha i Portugal kanske runt 100,000 ha består av *Pinus pinaster*¹ som är infekterade; inget tyder på att angreppen minskar även om man tycks ha lyckats med att begränsa spridningsområdena (Mota et al. 1999). I Portugal pågår ett omfattande arbete för att begränsa och bekämpa spridningen av tallvedsnematoden bl.a. genom att etablera buffert zoner omkring infekterade områden och att i möjligaste mån eliminera (destruera) infekterade träd. Åtgärderna är självfallet tidskrävande och dyra att genomföra och Portugal (kommer att behöva) får omfattande ekonomisk hjälp från EU för att genomföra programmen (Mota et al. 1999, Kommissionens beslut 2006/923/EG). Som en

¹ Möjligtvis har infektionen hittats även i på andra tallarter, dock inte *Pinus pinea*.

konsekvens av tallvedsnematodupptäckten i Portugal har samtliga EU stater sedan år 2000 genomfört undersökningar på förekomst av nematoden i sina skogar.

År 1984 påträffade Finland tallvedsnematoden i flis importerad från Kanada och USA vilket ledde till att Finland stoppade all import av flis från länder där nematoden förekom. I Sverige gjordes de första fynden i flis 1985 och i början av år 1986 förbjöds import av alla former av barrvirke och flis samt levande plantor av barrträd från länder med nematodförekomst. Då det fanns starka krafter i Nordamerika som motsatte sig förbudet gjordes försök med att gasa flis som importerades från Nordamerika till Sverige. Levande nematoder kunde dock hittas i lasten även efter gasning och metoden godtogs därför inte som tillräckligt effektiv. Till Sverige förekom i princip ingen import av sågat virke från Nordamerika men i Finland hittades år 1989 nematoder i sågat virke från Kanada. År 1986 listades tallvedsnematoden av den europeiska växtskyddsorganisation (EPPO) som karantänsskadegörare och från 1987 omfattas den av EU:s regelverk.

Under början av 1990-talet tog diskussionerna fart om värmebehandling av barrvirket. Idag ska allt barrvirke som importeras från länder där nematoden förekommer vara behandlat med någon av de metoder som anges i EU:s direktiv varav värmebehandling i nuläget är det enda tillämpbara alternativet. På grund av de ökade kostnader som detta medfört har importen av sågat virke från dessa länder i det närmaste upphört.

Nematoden har även påträffats i packmaterial av trä. I samband med upptäckten av tallvedsnematoden i Portugal år 1999 aktualiserades frågan om spridningsriskerna med förpackningsmaterial. Efter flertal fynd av tallvedsnematod i importerat förpackningsmaterial i Finland, Sverige och Frankrike beslöt Finland och därefter EU att tillfälligt kräva sundhetscertifikat för träemballage från länder där nematoden förekommer. En internationell standard för behandling och märkning av träemballage antogs under IPPC år 2002. Standarden antogs av EU år 2004 och från och med 1 mars 2005 ska allt förpackningsmaterial i trä som passerar över EU:s gräns uppfylla kraven i standarden. I och med att standarden antogs av EU släpptes kraven på sundhetscertifikat.

Tallvedsnematoden har ännu inte påträffats i växande skog i något av de nordiska länderna men risken anses ändå stor för att detta förr eller senare kan inträffa. Särskilt stor anses risken med virke och träprodukter från de asiatiska delarna av Ryssland. Nematoden har ännu inte rapporterats ifrån Ryssland men i gränsområdena i norra och nordvästra Kina förekommer den mer allmänt (Finnish Food Safety 2007).

1.2.2 Livscykel, biologi, spridning

Tallvedsnematoden överförs till värdrädet via en vektorinsekt, tallbocken (*Monochamus*) då skalbaggen gnager bark och eller floem på levande träd (primär transmission) eller då skalbaggschonon lägger ägg i färskt avverkat timmer eller i döende träd (sekundär transmission). Tallbocken angriper enbart träd eller stockar med bark. Tallbockens larver kläcks inom en vecka och livnär sig på floemceller. Tallvedsnematoder som överförs via primär transmission kan snabbt föröka sig i splintveden och där livnära sig på epitelceller i mägstrålar och hartskanaler. Ett angripet träd kan duka under inom några få veckor efter ett

angrepp. Nematoder som överförs via sekundär transmission livnär sig främst på blånadssvamp i veden. Träd som försvagats av torka, svamp- eller insektangrepp angrips i högre grad än träd i god vigör.

Tallvedsnematodens livscykel är komplex och omfattar en förökningscykel och en spridningscykel. Förökningscykeln som sker i splintveden på ett angripet träd omfattar sex olika stadier (ägg, fyra larvstadier och vuxenstadiet). Tiden från ägg till nematod kan under gynnsamt förhållande med rätt fukthalt, temperatur och näringstillgång vara så kort som 4 till 5 dagar. Det första stadiet sker inom ägget följt av kläckning och övergång till andra stadiet som snabbt förpuppas till tredje stadiet. Det finns två slags tredje stadium: a) larver som övergår till stadium fyra och slutligen utvecklas till nematoder som blir kvar i det infekterade trädet och b) ett inte tärande spridningsstadium. Nematodutvecklingen övergår till detta spridningsstadium under den slutliga infektionsfasen efter det att trädet dukat under och det sker endast i närvaro av tallbocks puppor i veden. Det tredje stadiets larver ansamlas på väggarna i förpuppningskammaren i xylemet och förpuppas till nya larver. Dessa larver är inte tärande utan specialiserade på överlevnad under transportfasen av livscykeln. Detta fjärde stadium larver tränga in och fäster sig i den unga tallbockens respirationssystem. Man har uppskattat att en enda tallbock kan vara bärare av 100 000 nematodlarver. Dessa kan överföras av tallbocken till ett nytt värdräd. Genast efter överföringen till värdrädet utvecklas larven till nematod. Utvecklingen från ägg till nematod tar 4 – 5 dagar och följs av en ca 28 dagars ägglägningsperiod med upp till 80 ägg/dag/nematod. Under gynnsamma förhållanden kan en enda nematodhona producera 260 000 ägg under 15 dagar.

Fytofag-stadiet börjar med att nematoden överförs av den fullvuxna tallbocken då denna gnager på det levande värdrädets bark. Där livnär sig nematoderna på epitelcellerna i märkestrålarna och hartskanalerna och förökar sig snabbt i splintveden. Döende parenkymceller är det första tecknet på nematodangrepp. Detta följs av en nedgång i kådflödet som inträffar 6 – 9 dagar efter infektionen och innan nematodpopulationen spridit sig från angreppsområdet. Efter det att kådflödet minskat och upphört ökar nematodpopulationen snabbt. I döda och döende träd kan tiotals miljoner nematoder förekomma. Detta medför också att vätsketransporten upphör och trädet dör av torka. Ibland kan nematoderna förekomma i sådan mängd att de rent mekaniskt hindrar vätsketransporten i xylemet.

Mykofag-stadiet sker i färskt avverkat timmer eller i döda eller döende träd. I Nordamerika är detta den vanligaste fasen och vanligen förorsakad av en sekundär transmission i samband med att en nematodinfekterad tallbockshona lägger ägg. I detta fall livnär sig nematoden på blånadssvamp (*Ceratocystis spp.*) eller andra svampar som påträffas i död ved (Warren & Linit 1993, Wingfield 1987, Dwinell 1988, Halik & Bergdahl 1990, Halik & Bergdahl 1992, Halik & Bergdahl 1993, Halik & Bergdahl 1994).

1.2.3 Klimat- och fuktberoende

Omgivningstemperaturen har en avgörande betydelse för utveckling och spridning av både tallvedsnematoden och tallbock. I laboratorieförsök har tallvedsnematoden förökat sig inom 12 dagar vid 15° C, 6 dagar vid 20° C och 3 dagar vid 30° C, vid högre temperaturer avstannar

tillväxten. I flishögar har man dock som temperatur optimum för nematoden registrerat så höga temperaturer som 35 – 40° C. Amerikanska undersökningar antyder att risken för spridning inte minskar om dagstemperaturen sommartid understiger 20° C.

Man kan dock anta att olika varieteter har olika temperaturoptima och att den temperaturökning som tycks pågå kommer att gynna nematodens spridning till nya områden.

Nematodens utveckling och överlevnad är starkt beroende av vedens fukthalt. Amerikanska undersökningar på tallflis visar att nematoden har ett överlevnadsoptimum vid ca 38 % fukthalt. Vid högre och lägre fukthalter utvecklas inte nematoden lika snabbt vilket sannolikt sammanhänger med förekomst av olika slags blånadssvampar i veden (Warren & Linit 1993, Wingfield 1987, Halik & Bergdahl 1990, Halik & Bergdahl 1992).

1.2.4 Vårdträd

Tallvedsnematoden angriper flera olika barrträdsarter. Av särskild stor vikt är att våra viktigaste inhemska barrträd, tall (*Pinus sylvestris*) och gran (*Picea abies*) tycks vara mottagliga för nematodinfektion. Vår tall är troligen mycket känslig. Gran är inte speciellt känslig (dvs dör i mycket liten utsträckning) men nematoder kan överföras och leva i träden utan att de vanligtvis visar symptom. Samma sak gäller för den introducerade contortan (*Pinus contorta*) (till viss del resistent, ”intermediate” enligt EPPO). *Pinus nigra*, *Pinus pinaster*, *Pinus mugo*, *Pinus cembra* och *Larix decidua* har i några försök visat sig vara nästan lika känslig som *Pinus sylvestris*. Många nordamerikanska barrträdsarter angrips sällan av tallvedsnematoden). De viktigaste är *Pseudotsuga menziesii*, *Sequoia sempervirens*, *Abies concolor*, *Thuja plicata*, *Tsuga canadensis* och *T. heterophylla*. Orsaken till den låga angreppsfrekvensen antas bero på vissa toxiska eller repellerande extraktivämen i veden (Evans et al. 1996, Halik & Bergdahl 1994).

1.2.5 Spridningsvägar och risker

Tallvedsnematoden kan spridas via levande plantmaterial, barkat och obarkat timmer, obehandlat sågat virke, flis, sågspån och träemballage av olika slag. Den ökade användningen av trädbränslen kan också innebära risk för spridning av tallvedsnematoden. Sverige kan komma att importera flis och spån som energiråvara från länder där nematoden kan förekomma.

Risken för att den sprids till Sverige kan inte uteslutas pga. av vår omfattande import av virke och olika slags produkter baserade på trä. Olika slags lastpallar, packlårar, omslag och underlägg utgör en betydande risk för spridning. Dessa produkter har inget egenvärde och tillverkas oftast av skadat virke av dålig kvalitet. Tallvedsnematoden tycks kunna överleva och föroka sig i barrträds flis. Då flis också utgör en kläckningsplats för tallbocken förefinns risk för spridning av nematoden. Det är inte uteslutet att icke-specifika vektorinsekter av släktena *Hylastes* och *Hyolobius* kan sprida nematoden (Evans et al. 1996, Schroeder & Magnusson 1989), men den i dag rådande hypotesen bland experter är att så inte är fallet.

I undersökningar på flis utförda i USA har man visat att nematoden förekom huvudsakligen i färsk flis och i flishögens yttersta skikt. Flis från de inre delarna av högen innehöll inte

nematoden om temperaturen översteg 60 ° C. Sådana temperaturer förekommer ofta i lagrad flis pga. mikrobiell aktivitet eller autooxidativ nedbrytning av lipider i veden. Temperatur optimum för nematodens förökning registrerades till 35 – 40° C. Nematodpopulationen minskade kraftigt vid temperaturer över 45° C och ingen ökning i antal nematoder under 21 dagar iaktogs vid temperaturer mellan 0 och 10° C. Nematoden överlevde inte längre än 3 dagar vid – 20° C. I flis infekterad av blånadssvampen *Ceratocystis* återfanns betydligt fler nematoder. Tallvedsnematoden överlevde inte i en anaerob miljö vid 38° C.

Amerikanska undersökningar på komposterad nematodinfekterad flis visar att nematoden kan överleva upp till 12 veckor i flisen om temperatur och fuktförhållandena är de rätta. Det framgick också att komposterad flis kan överföra nematoden till barrträdsplanter (Wingfield 1987, Dwinell 1988, Halik & Bergdahl 1990, Halik & Bergdahl 1992).

Skandinavisk tall (planter) visade sig vara synnerligen mottaglig för nematodöverföring från fliskompost (Wiffle & Peterson 1986, Evans et al. 1996).

1.2.6 Skyddsåtgärder

Det finns inga effektiva metoder för att förhindra tallvedsnematoden i levande träd. Vissa preventiva åtgärder som minskar eller förhindrar angrepp av tallbock minskar risken för angrepp. Infekterade träd bör avverkas och brännas. Flis kan behandlas med gasformig aluminium fosfin, metylbromid eller annat desinfektionsmedel som dödar nematoden men metoden är dyr och kräver omfattande säkerhetsåtgärder (Evans et al. 1996, Finnish Food Safety 2007). Värmebehandling och/eller ugntorkning av virke vid förhöjda temperaturer dödar nematoden. Mikrovågsbehandling av sågat timmer och flis har också visat sig kunna eliminera nematoder (Evans et al. 1996). Metoderna används dock inte ännu i fullskala. Japanska forskare har nyligen påvisats att svampar av släktet *Tricoderma* tycks hämma tillväxt och utveckling hos tallvedsnematoden. Metoden kan kanske i framtiden användas som ett biologiskt skyddsmedel (Maehara 2007).

Europeiska unionen har i ett kommissionsbeslut av den 13 februari 2006 ålagt medlemsstaterna att vidta åtgärder mot spridning av *Bursaphelenchus* gällande spridning i andra områden i Portugal än sådana där det är känt att denna inte förekommer och för att förhindra att densamma sprids inom gemenskapen. I beslutet fastslås att Portugal måste vidta fortsatta åtgärder för att få kontroll över spridningen och med mål att utrota nematoden. I beslutet slås också fast att medlemsstaterna bör ha möjlighet att vidta nationella åtgärder för att skydda sina territorier (Europeiska unionen 2006). Tillämpningen av förordningen i kortfattat sammandrag gäller bl.a. följande:

Mottagliga växter skall åtföljas av växtpass, samma sak gäller för mottagligt virke och ren bark med undantag av flis, spån, träavfall, packlådor, lastpallar, pallboxar etc. som kommer från områden där risk för infektion föreligger. Virke och ren bark skall dock ha genomgått värmebehandling för att uppnå kärntemperatur av minst 56° C i 30 min. Virket skall vara barkat och fritt från gnaghål större än 30 mm orsakad av insektlarver, ha en fuktkvot understigande 20 % av torrsubstans. Mottagligt virke i form av förpackningar såsom lådor, boxar, pallar skall ha genomgått värmebehandling, tryckimpregnering eller liknande

behandling för att säkerställa att inte levande nematoder förekommer. Virket skall förses med märkning eller åtföljas av växtpass. Träd som är angripna skall brännas eller under officiell kontroll flyttas till anläggningar för att flisas och användas som bränsle vid anläggningen eller omedelbart avbarkas på plats utanför skogen innan det flyttas till lagringsplats där det behandlas med lämpligt bekämpningsmedel eller för fuktig förvaring. Mottaglig bark skall destrueras genom bränning eller användas enbart som bränsle, värmebehandlas eller behandlas med insekticider. Avfallsrester skall omedelbart destrueras (brännas) på plats. Mottagligt virke i form av emballage såsom lådor, boxar, pallar etc. skall vara avbarkat, fritt från gnaghål, ha en fuktkvot understigande 20 %.

1.3 Syfte

Syftet med föreliggande arbete är att kvantifiera de kostnader som är förknippade med bekämpning av ett lokaliserat angrepp av tallvedsnematoden. Beräkningarna utgår från två olika bekämpningsstrategier, här kallade Utrotning respektive Inneslutning. Utvärderingen görs för förutsättning som råder i olika geografiska regioner av Sverige. Inflytandet av olika antaganden om viktiga intäcks- och kostnadspåverkande faktorer klarläggs.

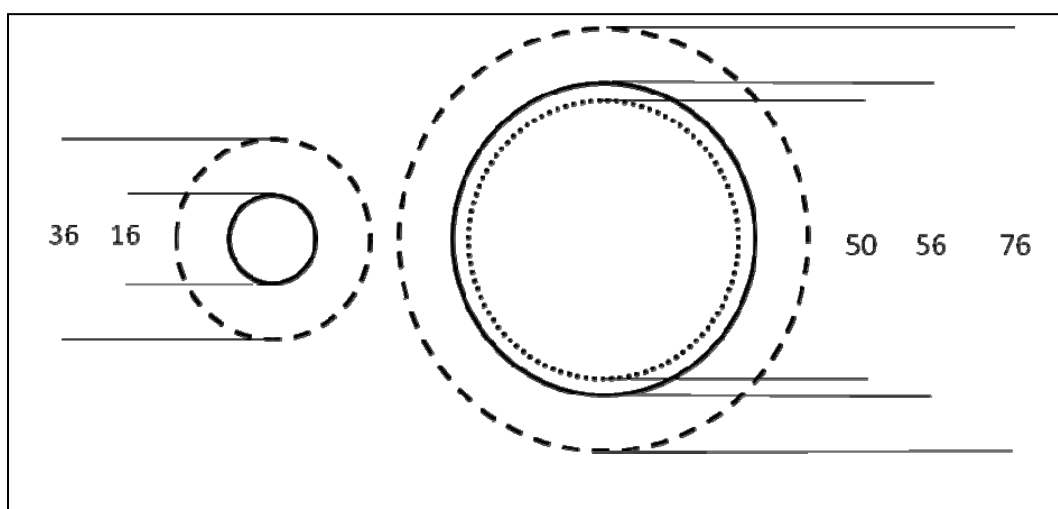
2 Material och metoder

Detta avsnitt är upplagt så att de grundläggande behandlingsformerna, eller behandlingsstrategierna, definieras först. Översiktligt anges vilka aktiviteter och kostnadsposter som medtagits i kalkylerna. Därefter går förutsättningarna igenom för de enskilda kostnads- och intäktsposterna. Då många, om än inte alla, av de enskilda intäkts- och kostnadsposterna hänför sig till skogsmarken presenteras därefter de beräkningsmodeller som använts för att estimerat kostnaderna för just detta markslag. Därefter presenteras de sammanställda kostnaderna per hektar för olika markslag. Det är dessa kostnader som sedan utgör grunden för de analyser som görs i resultatavsnittet.

2.1 Behandlingsstrategierna

De två behandlingsstrategier som analyseras benämns här Utrotning respektive Inneslutning. Utrotning karaktäriseras av att man avverkar alla barrträd inom ett givet område med en viss diameter, dvs en värdväxtfri zon. Den värdväxtfria zonen omfattar det smittade området samt en zon om minst tre km bredd som ska hindra vidare spridning. Kring den värdväxtfria zonen finns en övervakningszon som kontinuerligt genomsöks. Den värdväxtfria zonen förutsätts bli och förbli rensad från material som kan infekteras. Strategi Utrotning upprätthålls under en begränsad tid; enligt standardförutsättningarna som används här omfattar den perioden 20 år. Efter denna tid förutsätts infektionen vara utrotad.

Strategi Inneslutning innebär att man kring ett större område, den s k inneslutningszonen som innehåller det smittade området, lägger en värdväxtfri zon. Inom inneslutningen kan man fortsätta att bedriva skogsbruk. Utanför den värdväxtfria zonen finns på motsvarande sätt som för Utrotning en övervakningszon. Detta arrangemang måste enligt standardförutsättningarna upprätthållas under evig tid.



Figur 2.1. De två cirklarna till vänster visar strategi Utrotning och de tre till höger strategi Inneslutning (skalenlig). Yttre gränser: prickad linje – inneslutning; heldragen linje – värdväxtfri zon; streckad linje – övervakningszon. Siffror anger diameter i km på respektive zon vid standardförutsättningar.

I Figur 2.1 illustreras de två strategierna och storleken på de områden som standardförutsättningarna ger upphov till. Enligt dessa har i strategi Utrotning den värdväxtfria zonen en diameter på 16 km och runt den ligger en övervakningszon med en bredd på 10 km. I strategi Inneslutning har inneslutningen en diameter på 50 km. Runt den ligger den värdväxtfria zonen med en bredd på 3 km. Övervakningszonen har samma bredd som för Utrotning, dvs 10 km.

De två strategierna kan tolkas som två extremer. Om upptäckt sker tidigt och det smittade området är mycket litet samt bekämpning sker snabbt kan ett minimalt, här ett område med 16 km:s radie, etableras. Om det inte går utan infektionen omfattar ett större område får man försöka innesluta området och, i någon mening, leva med infektionen under överskådlig tid. Analysen handlar således mindre om att utreda konsekvenserna av valet mellan två situationer som konsekvenserna av två olika situationer.

De aktiviteter som utförs i respektive zon och de kostnader det ger upphov till beskrivs i Tabell 2.1. Till de kostnader som beskrivs där ska läggas kostnader för att upprätthålla karantänsbestämmelser. Dessa har dock inte kvantifierats i denna studie utan ligger implicit inbakade i förutsättningarna för hur virke från de berörda områdena kan omhändertas (se nedan alternativerna Min respektive Max kostnad). Viss övervakning och borttagning av material efter den initiala rensningen på ej skogsmark förekommer naturligtvis också men har inte medtagits i kalkylerna här då de dels är svåra att skatta, dels är helt marginella i sammanhanget.

Tabell 2.1. Beskrivning av aktiviteter och kostnadsposter
Värdväxtfri zon
Omedelbar avverkning och bortförande av allt potentiellt värdmaterial: <ul style="list-style-type: none"> • Kostnad på skogsmark av tidigarelagd avverkning med anpassad teknik jmf med konventionellt skogsbruk. • Kostnad på skogsmark av röjning av klena ungsogsbestånd. • Kostnad på skogsmark för sanering av små kvistar och i förekommande fall bränning. • Kostnad på ej skogsmark av bortagande av värdväxter.
Kontinuerlig aktivitet: <ul style="list-style-type: none"> • Kostnad för övervakning och röjning av skogsmark år vart 5-e år (strategi Utrotning tom år 20; strategi Inneslutning i all oändlighet)
Övervakningszon
Årlig övervakning och provtagning <ul style="list-style-type: none"> • Kostnad för övervakning (strategi Utrotning tom år 20; strategi Inneslutning i all oändlighet)
Inneslutning (bara strategi Inneslutning)
(I standardförutsättningarna inga särskilda åtgärder) ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Här skulle kostnader för nedsatt tillväxt på icke döda träd kunna inkluderas. Studier utförda på uppdrag av Statens Jordbruksverk antyder dock att nedsättningen är liten, varför detta inte medtagits i kalkylerna.

2.2 Kostnads och intäktsförutsättningar

2.2.1 Intäkt av timmer och massaved

För värdering av timmer av tall och gran har Norra skogsägarnas prislista, Region Umeå, fom 2007-08-13 använts för region Nn (se avsnitt 2.4 nedan för regionindelning) och för regionerna Sn, Sv och Ss har Mellanskogs prislista, Region Västmanland, Hösten 2007, använts. Löv går endast som massaved. Massaved har åsatts priset 300 kr per m³fub för samtliga trädslag i samtliga regioner. Detta massavedspris är angivet i Norra skogsägarnas prislista men ligger något lägre i Mellanskogs prislista. Samma pris har dock använts för att få samma relation mellan massavedspris och bioenergipris i samtliga regioner.

Kvalitetsfördelningen mellan olika kvaliteter av timmer av tall och gran har förutsatts vara den som anges i Skogsstatistisk årsbok (2007) utifrån data från VMF Nord för region Nn, Qbera för region Sn och Sv samt VMF Syd för region Ss. Med utgångspunkt från kvalitetsfördelningen har ett viktat pris av timmer per diameterklass och trädslag för respektive region skapats.

Konvertering av m³sk till m³fub av timmer och massaved sker med hjälp av of Ollas (1980) där relationen mellan volym på och under bark beräknats med Näslund (1947).

2.2.2 Pris på biomassa

En prisnivå som speglar dagens marknadspris är lätt att lägga in, men det är snabbt föränderligt och har också stark koppling till massavedspriset. Därför värderas bioenergi på följande sätt: För bioenergisortiment som i vanliga fall duger till timmer eller massaved används en prisnivå som är 70 % av massavedspriset vid bilväg. (Prisnivån är egentligen 80 % vid industri, men transportkostnaden för bioenergisortiment är högre än för rundvirke, varför nivån 70 % vid bilväg är rimlig). För bioenergisortiment som i vanliga fall inte duger till timmer eller massaved (dvs GROT, klenträäd rötved etc) används en prisnivå som är 40 % av massavedspriset vid bilväg.

2.2.3 Konventionell skörd samt skörd av unga skogsbestånd

Produktionen är en funktion av medelstamsvolym och utgår för konventionella skördare från Nurminen et al. (2006) och för ungskogsskörd från Kärhä (2006). Även för skotning utgår produktionen från samma referenser, men här är det medeltransportavståndet som är den viktiga variabeln. Eftersom dessa avverkningar inte följer vanlig planering så antas medeltransportavståndet vara längre än det genomsnittliga i Svenskt skogsbruk. Ett värde på 400 m används, vilket är dubbelt det vanliga genomsnittet. Kostnaden för en skördare antas till 750 kr/tim, en skotare antas kosta 650 kr/tim och en maskin för skörd av ungskog antas kosta 720 kr/tim.

2.2.4 Grotskotning

Normproduktiviteten är $26 \text{ m}^3/\text{s}/\text{tim}$ (Engblom 2007) vilket blir $26/2,5 = 10,4 \text{ m}^3/\text{f}$ biomassa/tim. Timkostnaden för grotskotaren är 670 kr/tim. Det här använda produktivetsvärdet är ca 30 % lägre än vad tex Brunberg (1991) redovisar. Eftersom Grotskotning i detta fallet skall utföras på ett sätt som inte kvarlämnar några grövre grenar, så bedöms den lägre produktiviteten i Engblom (2007) vara mera rimlig. Kostnad $670/10,4 = 64,4 \text{ kr}/\text{m}^3/\text{f}$ biomassa.

2.2.5 Bränning av skogsmark

Även efter den noggranna grotskörden som förutsätts, så bedöms att viss marken är lämplig att bränna för att kvarvarande barrträdsbitar skall ”destrueras”. Bränning kan också vara en lämplig åtgärd för att få ett bra lövuppslag. Bränning bedöms vara en lämplig åtgärd på 50 % av den totala skogsarealen. Bränning är en åtgärd där kostnaden per arealenhet sjunker kraftigt om den sammanhängande arealen att bränna är stor. I de fall som här kan vara aktuella är det stora arealer som gäller, och med ledning av Westerberg (1997) bedöms bränningskostnaden vara 2500 kr/ha.

2.2.6 Avverkning på myr- och bergimpediment

Data från Riksskogsinventeringen visar att i medeltal så står det $20 \text{ m}^3/\text{sk}$ på den mark som är klassificerad som myrmark och så mycket som $54 \text{ m}^3/\text{sk}$ på mark som är klassad som bergimpediment. Här antas att i medeltal är det 75 % av denna volym som består av tall eller gran, dvs $15 \text{ m}^3/\text{sk}$ på myrmark och $40 \text{ m}^3/\text{sk}$ på bergimpediment skall avverkas och transporteras bort. Rent generellt är det motormanuell avverkning som gäller här. Träden skall fällas och om de är stora även kapas. Kvistning utförs ej. Enligt norm för motormanuell

trädfällning (SLA 1988) är produktionen ca 10 m³/tim i gallring med medelstam 0,2 m³. Man bör vara medveten om att denna norm förutsätter en fysisk belastning som i dagsläget accepteras av ett mycket fåtal personer. I detta fallet (myr och bergimpediment) står träden mycket glest, och skall dessutom ofta kapas på mitten, varför en bedömd produktion är 30 % av ovan angivna, dvs 3 m³sk/tim. En motormanuellt arbetande person antas kosta 250 kr/tim, inklusive motorsåg och annan utrustning. Kostnad $250/3 = 83$ kr/m³sk

Transport fram till bilväg från dessa avverkningar skiljer sig kraftigt åt när det gäller myr och bergimpediment. På myren är det småskalig teknik (en liten band- eller hjulgående skotare) som gäller. Om det är riktigt glest och blött så är det än mera småskalig teknik och handlastning som kommer i fråga. På bergimpedimenten kan det i en hel del fall vara lämpligt med konventionella skotare, speciellt om de ändå används i angränsande vanliga bestånd. Men, om det handlar om bergsbranter eller dylikt så kan det ofta vara lämpligt med maskiner med vinsch utrustning, tex en lantbrukstraktor utrustad med lunningsvinch. Oberoende av vilken situation som gäller, så är produktiviteten låg. Med ledning av Gullberg (1991) beräknas produktionen vid skotning på myr till 1,5 m³sk/tim med ett maskinsystem som kostar 475 kr/tim. I genomsnitt för bergimpedimenten beräknas skotningsproduktiviteten till 2 m³sk/tim med ett maskinsystem som kostar 630 kr/tim. Det innebär i medeltal en kostnad på $(475/1,5 = 317, 630/2 = 315)$ 316 kr/m³sk. Sammantaget avverkning plus terrängtransport blir då: $83 + 316 = 399$ kr/m³sk.

2.2.7 Avverkning av trädgrupper och enstaka träd på ”icke skogsmark”

Arealen ”icke skogsmark, som består av naturbete, åkermark, bebyggd mark, fridlyst mark och övrig mark uppgår till mellan 7 och 33 % av totalarealen inom de olika regionerna. Detta är en mycket heterogen typ av mark där förhållandena kan variera kraftigt. Den ena ytterligheten är en trädgrupp ute på en åker, där det i princip bara är att köra dit med konventionell teknik och avverka. Den andra ytterligheten är stora träd i urban miljö som måste fällas bit för bit uppifrån av speciellt utbildad personal samtidigt som trafiken är avstängd på gator runt omkring. Om man uppskattar att det i genomsnitt finns 5m³sk/ha som måste avverkas på sådan mark, och att det i genomsnitt kostar 399 kr/m³sk att avverka, dvs samma som för myr och bergimpediment, så innebär det en uppskattad genomsnittskostnad av 1995 kr/ha. Produktivitet för motormanuell avverkning och för transport beräknas till densamma som på bergimpediment, dvs 3 m³sk/tim för det motormanuella arbetet och 2 m³sk/tim för transportarbetet.

2.2.8 Övervakning och röjning av värdväxtfri zon

Den värdväxtfria zonen går igenom och röjs vid behov på tallar. Det sker år 5,10,15 och 20 vid strategi Utrotning och vårt femte år i all evighet vid strategi Inneslutning. Produktionen vid lätt vanlig röjning är 1 ha/dag (Ligné 2004). Den röjning som här kommer att utföras är extremt lätt, men samtidigt måste det röjda materialet ”destrueras”. Här förutsätts att man samlar ihop och bränner. Med tanke på det så bedöms produktionen bli 1 ha/dag även i denna åtgärd. En motormanuellt arbetande person antas kosta 250 kr/tim, inklusive röjsåg och annan utrustning.

2.2.9 Övervakning av övervakningszonen

Övervakningskostnaden består av två huvudsakliga komponenter: dels inventering och provtagning på hyggen, dels övervakning och provtagning på övrig skogsmark.

Utifrån en antagen omloppstid, den därav följande årsytan samt antaganden om antal prov per hygge, kostnad per prov och dagsverkskostnad per inventerare har den årliga kostnaden skattats till 14 kr per hektar i norra Sverige och 20 kr i södra Sverige. Kostnad för inventering och provtagning på hyggen är således försumbar i sammanhanget.

Övervakning och provtagning på övrig skogsmark är större. Antag att inventeraren kan röra sig med en hastighet (inklusive trädbesiktning och ev provtagning) av 4 km/t och har en siktbredd på 50 meter. Han kan då klara av 4 hektar i timmen, eller 32 hektar per dag. Med en dagsverkskostnad på 3,500 kr och ett prov på vart 100:e hektar á 500 kr blir den årliga kostnaden per hektar skogsmark 114 kr. Sammantaget för båda komponenterna är således runt 130 kr per hektar skogsmark och år.

2.2.10 Resursåtgång maskiner och förare

Den trånga sektorn när det gäller resursåtgång är under det första året, när omfattande avverkningar skall utföras vid skapandet av en värdväxtfri zon. Här räknas på vilka resurser i form av maskiner, maskinförare och övrig personal som behövs för detta. Här förutsätts att maskiner utnyttjas 2500 tim/år, och att det för varje maskin åtgår 2 förare som arbetar i skift. Vidare förutsätts att motormanuella operatörer arbetar 1500 tim/år.

2.3 Beräkningsmodell för skogsmark

2.3.1 Skoglig prognosmodell

Den produktionsmodell som här används är en Markovmodell, eller matrismodell. Den utgår från en uppdelning av skogstillståndet i ett antal diskreta klasser, i den aktuella modellen runt 5,000 st. Dynamiken i modellen, tillväxten, är skattat på material från Rikskogstaxeringen (Sallnäs 1990) och har använts i flera internationellt publicerade studier (Sallnäs and Eriksson 1989; Eriksson et al. 2007). Modellen arbetar med framskrivningssteg om 5 år. En grundläggande egenskap är att den utgår från att skogsägaren utför sina åtgärder utifrån ett ekonomiskt perspektiv, dvs modellen ger en skattning av värdet för skogsägaren av skogen och skogsmarken utifrån ett privatekonomiskt perspektiv. Modellen värderar skogsbruket utifrån ett oändlighetsperspektiv, dvs skogsbruket förutsätts bedrivas ekonomiskt optimalt under en oändlig tidshorisont.

Två faktorer som är av avgörande betydelse för simuleringen av skogsägarens beteende, och därvid värdet av skogen, är skogsägarens prisförväntningar och den kalkylränta han använder. Båda är betydelsefulla då skogsbruk är en så långsiktig verksamhet. Resultatet av studien av Sallnäs and Eriksson (1989) ger vid handen att modellen beter sig rimligt om man förutsätter att skogsägaren agerar som om aktuella priser även återspeglar framtida priser. När det gäller kalkylräntan har den bestämts så att den satts till den kalkylränta som ger samma nivå som dagens faktiska avverkningsaktivitet i Sverige. Det har resulterat i en real kalkylränta efter skatt om 2.5 %. Det är samma kalkylränta som härleddes med förutsättningarna som användes

i studien av Eriksson et al. (2007). Denna kalkylränta har här använts för att skatta nuvärdet av samtliga förekommande kostnader och intäkter.

2.3.2 Beräkningar för skogsmark olika zoner

Beräkningarna för skogsmarken skiljer sig åt mellan de olika zonerna men är i princip lika för de två strategierna. Det som kan skilja mellan strategierna är den tidshorisont över vilken man vidtar olika åtgärder (20 år för strategi Utrotning och oändlighet för strategi Inneslutning).

Något som har stor betydelse för kalkylresultaten är hur virket vid den omedelbara avverkningen i den värdväxtfria zonen och virket från den över tiden löpande avverkningen i inneslutningen kan hanteras. Den ena extremen är att virket utan större problem kan hanteras som timmer och massaved. Det kommer nedan att kallas Min kostnad. Den andra extremen är där man måste göra bioenergi av all utfallande volym. Det fallet kommer att kallas Max kostnad.

På följande sätt beräknas kostnaden för ett hektar skogsmark för en given region:

Värdväxtfri zon:

Steg 1: Beräkna värdet av konventionellt skogsbruk (V_{konv}).

Steg 2: Beräkna netto av avverkning av all etablerad skog år 1 med anpassad avverkningsteknik (intäkter från timmer, massaved och bioenergi med avdrag för avverkningskostnader; V_{avv}).

Steg 3: Beräkna kostnad för röjning av ungskog år 1 reducerat med intäkt av bioenergi ($Kr_{öj}$).

Steg 4: Beräkna kostnad för bränning år 1 ($K_{brän}$).

Steg 5: Beräkna nuvärdet av kostnad för övervakning och röjning vart 5:e år ($K_{överv}$; tom år 20 för Utrotning, i all oändlighet för Inneslutning).

Steg 6: Beräkna värdet av nyanlagd skog om 20 år (V_{ny} ; gäller strategi Utrotning enligt standardförutsättningar, ej strategi Inneslutning).

Steg 7: Beräkna kostnad per ha skogsmark som:

$$V_{konv} - (V_{avv} - Kr_{öj} - K_{brän} - K_{överv} + V_{ny})$$

För beräkningen i Steg 2 har den skogliga prognosmodellen modifierats så att den tvingat fram avverkning av all etablerad skog år 1. Nettot från avverkningen, V_{avv} , är beroende på om virket kan hanteras och värderas som timmer och massaved (fallet Min kostnad) eller om det måste hanteras som bioenergi (fallet Max kostnad). Beräkningen av $Kr_{öj}$ i Steg 3 har baserats på aktuell areal ungskog och medelstam.

Övervakningszonens kostnad beräknas som nuvärdet av övervakningskostnaden per hektar (se avsnitt 2.3.9) av de första 20 åren för strategi Utrotning och nuvärdet av en oändlig betalningsström för strategi Inneslutning.

Inneslutningen bär i kalkylerna ingen särskild kostnad om virket där kan hanteras som vanligt (Min kostnad), dvs virket värderas som timmer och massaved. I det fall avverkningsvolymen

bara kan värderas som bioenergi (Max kostnad) har den skogliga prognosmodellen anpassats till denna värdering och ett motsvarande värde som V_{konv} beräknats. Benämnen den på bioenergi baserade värderingen för V_{bio} . Kostnaden för inneslutningen beräknas då som $V_{konv} - V_{bio}$. I det fall tallar antas dö till följd av angrepp tillkommer kostnader för detta (se avsnitt 3.2.1); i standardförutsättningarna har någon sådan kostnad inte medtagits. De olika kostnadsposterna återfinns i Tabell 2.5.

2.4 Samlad kostnad per hektar för olika ägoslag, strategier och regioner

För att återspegla kostnadsbilden vid angrepp under olika betingelser skapades fyra stycken syntetiska regioner. Avsikten är närmare bestämt att kunna spegla typiska förhållanden över landet, alltifrån norra Norrland till södra Sverige. I arbetet med att skapa dessa regioner har strävan varit att ta bort sådana områden som sannolikt är mindre relevanta, såsom fjällvärlden, och områden som i sammanhanget har väldigt speciella förhållanden, såsom Skåne och Gotland. Strävan har dessutom varit att göra regionerna så särpräglade som möjligt. Därvid har t ex Dalarna och Värmland inte tagits med för att göra en mer ”typisk” mellansvensk region. I Tabell 2.2 redovisas hur län och länsdelar komponerats ihop till respektive region Nn, Sn, Sv och Ss. Den areal som ingår motsvarar mindre än hälften av den totala landarealen i Sverige om drygt 41 miljoner ha.

Tabell 2.2. Län och länsdelar i olika regioner samt total areal exklusive sjöar (1000 ha)

Nn		Sn		Sv		Ss	
Norrbottnen kust	2635	Västernorrland	2145	Örebro	864	Östergötland	1078
Västerbottnen kust	1833	Gävleborg	1916	Västmanland	645	Skaraborg	797
				Uppsala	711	Älvsborg Dalsland	346
				Stockholm	659	Älvsborg Västergötland	756
				Södermanland	654	Göteborg	499
						Jönköping	1023
						Kronoberg	844
						Kalmar	1126
						Halland	522
						Blekinge	291
Summa	4468		4061		3533		7282

De ekonomiska konsekvenserna av en viss behandlingsstrategi är givetvis beroende av fördelningen av olika markanvändningsslag, eller ägoslag, i den aktuella regionen. Den ägoslagsfördelning som förutsatts i kalkylerna (se Tabell 2.3) motsvarar den som redovisas av Riksskogstaxeringen för de aktuella länen och länsdelarna. I Riksskogstaxeringens redovisning ingår inte sjöar, vilkas andel här skattats utifrån skillnaden i total areal och summa för ägoslagen redovisad areal. Region Hela landet är en region som i analyserna används för att redovisa summan över eller genomsnittet för samtliga regioner.

Tabell 2.3. Fördelning på ägoslag olika regioner

	Nn	Sn	Sv	Ss	Hela landet
Skogsmark	67.1%	74.6%	51.0%	55.7%	61.3%
Naturbete	0.1%	0.1%	1.6%	3.5%	1.7%
Åkermark	2.4%	3.3%	17.4%	15.0%	10.1%
Myr	17.7%	7.9%	3.4%	3.6%	7.6%
Berg	1.8%	2.7%	3.9%	4.0%	3.2%
Fjällbarrskog	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Fjäll	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Övrig mark	1.4%	2.0%	2.2%	2.1%	1.9%
Fridlyst	1.9%	1.1%	4.9%	2.0%	2.3%
Bebyggd mark	1.5%	1.5%	7.1%	4.4%	3.6%
Sjöar	6.0%	6.7%	8.7%	9.8%	8.1%

Med utgångspunkt från beskrivningen av ingående kostnads- och intäktskomponenter (se avsnitt 2.2), beräkningsgången (se 2.3.2) samt definitionerna av regioner och ägoslag (se detta avsnitt) är det nu möjligt att ange kostnadskomponenternas storlek för icke skogsmark (se Tabell 2.4) och skogsmark (Se Tabell 2.5).

Tabell 2.4. Kostnad för borttagande av värdväxter på olika ägoslag utom skogsmark (kr/ha)

Naturbete	3324
Åkermark	222
Myr	3324
Berg	8944
Fjällbarrskog	0
Fjäll	0
Övrig mark	0
Fridlyst ⁽¹⁾	-
Bebyggd mark	5000
Sjöar	0

⁽¹⁾ Fridlyst mark beräknas som skogsmark med skillnaden att något värde Vkonv inte ingår.

Tabell 2.5. Ingående kostnadskomponenter för skogsmark (kr/ha skogsmark); se definition av begrepp i avsnitt 2.3.2.

Region	Nn	Sn	Sv	Ss	Hela landet
Värdväxtfri zon					
Vkonv	23707	50468	45229	66641	48372
Vavv (Min kost)	10459	24614	15557	27281	20483
Vavv (Max kost)	2538	8848	3608	9439	6607
Kröj	3369	3572	2901	3320	3300
Kbrän	1306	1392	860	833	1079
Köverv (20 år)	5910	5910	5910	5910	5910
Köverv (evig kostnad)	15196	15196	15196	15196	15196
Vny	-2427	1910	1921	5009	1873
Övervakningszon					
Kostnad under 20 år	2102	2128	2160	2202	2143
Evig kostnad	5146	5210	5289	5391	5247
Inneslutning					
Vkonv-Vbio (Max kost)	16231	33211	30024	44803	32352

3 Resultat

Här kommer kostnaderna för de två strategierna att redovisas. Det sker uppdelat på de olika zonerna och för de olika regionerna. Detta sker också under olika förutsättningar vad gäller omfattningen av olika ägoslag. Huvuddelen av analyserna sker under vad som kallas standardförutsättningar, vilka sammanfattningsvis är:

- Strategi Utrotning: värdväxtfri zon diameter 16 km, övervakningszon bredd 10 km.
- Strategi Inneslutning: inneslutning diameter 50 km, värdväxtfri zon bredd 3 km, övervakningszon bredd 10 km.

Känslighetsanalyser görs sedan kring följande faktorer:

- Olika grad av angrepp på tallarna i inneslutningen (gäller bara strategi Inneslutning; utgångsläget är 0 % angrepp).
- Olika diameter på den värdväxtfria zonen (strategi Utrotning) och inneslutningen (strategi Inneslutning) samt bredden på den värdväxtfria zonen (strategi Inneslutning).
- Återplantering sker efter 5 år vid strategi Utrotning (utgångsläget är 20 år; övervakning sker dock fortsatt under 20 år).
- Behandlingsperioden för strategi Inneslutning begränsas till 20 år (utgångsläget är evig tid).

Under standardförutsättningarna redovisas sedan behov av avverkningsresurser och effekterna på virkesflödet som konsekvens av de åtgärder strategierna ger upphov till.

När det gäller kostnadsbilden för strategierna är den starkt beroende av hur virke från värdväxtfri zon och inneslutning kan tas tillvara. För att repetera: kan virket hanteras som timmer eller massaved redovisas det som alternativet Min kostnad, måste veden tas om hand som bioenergi och värderas som sådan har vi alternativet Max kostnader (se också avsnitt 2.3.2 ovan).

3.1 Kostnadsbild för behandlingsstrategierna

Inledande analyser har visat att kostnaderna i mycket hög grad är knutna till skogsmarken; övriga ägoslag är förhållandevis betydelselösa. Kostnadsnivån är således beroende av omfattningen av skogsmark. Basfallet utgörs här av den existerande sammansättningen av ägoslag (se Tabell 2.3); det fallet kallas här Bas. För region Hela landet är det 61 % skogsmark. En extrem vad gäller omfattningen av skogsmark utgörs av 100 % skogsmark (fall Max skogsmark), medan en annan extrem utgörs av fallet Max sjö, där skogsmarken utgör 33 % av totalarealen. I fallet Max sjö är sjöarealen satt till 50 % medan relationen mellan övriga ägoslag är konstant; situationen är tänkt att återspegla ett fall där angreppet är kustnära. Kostnaderna redovisas i Tabell 3.1 separat för Min kostnad och Max kostnad då dessa värderingsalternativ har stor betydelse.

Tabell 3.1. Kostnad för alternativen Utrotning och Inneslutning i olika zoner under standardantaganden vad avser zonstorlek (1) för region Hela landet (milj kr)

Kostnads-variant	Omfattning skog	Strategi	Zon			Summa
			Inne- slutning	Värdväxt- fri zon	Övervak- ningszon	
Min kostnad	Bas	Utrotning	0	432	107	539
		Inneslutning	0	1,427	667	2,094
	Max sjö	Utrotning	0	235	58	294
		Inneslutning	0	777	363	1,140
	Max skogsmark	Utrotning	0	689	175	864
		Inneslutning	0	2,268	1,087	3,355
Max kostnad	Bas	Utrotning	0	603	107	710
		Inneslutning	3,925	1,868	667	6,461
	Max sjö	Utrotning	0	328	58	387
		Inneslutning	2,138	1,018	363	3,518
	Max skogsmark	Utrotning	0	968	175	1,143
		Inneslutning	6,403	2,962	1,087	10,452

Av Tabell 3.1 framgår tydligt att strategi Inneslutning är betydligt dyrare än strategi Utrotning vid standardförutsättningar. Strategi Inneslutning är också mycket känsligare för hanteringsmöjligheterna av virket; när virket måste hanteras som bioenergi ökar kostnaderna från 0.5 till 0.7 miljarder kr i fallet Utrotning/Genomsnitt medan de för Inneslutning/Genomsnitt ökar från drygt 2 miljarder till drygt 6. Orsaken till den mycket större effekten för Inneslutning är den stora arealen skogsmark i själva inneslutningen som påverkas.

Förutom fallet Max kostnad och Inneslutning svarar kostnaderna i värdväxtfria zonen för mellan 75 % och 85 % av kostnaderna. I det fall virket från inneslutningen blir bioenergi står inneslutningen för drygt 60 % av totalkostnaden och uppgår till miljardbelopp.

Av Tabell 3.2 framgår att den allmänna bild som framkommer för region Hela landet kvarstår när resultaten bryts ned på regioner med olika skogliga förutsättningar, dvs strategi Utrotning är i samtliga regioner väsentligt billigare än strategi Inneslutning. Man kan notera att kostnaderna för strategi Utrotning inte varierar mellan regionerna i lika hög grad som för strategi Inneslutning.

Tabell 3.2. Total kostnad för alternativen Utrotning och Inneslutning för olika regioner (milj kr); förutsättningar identiska med dem i tabell 3.1

Kostnadsvariant	Omfattning skog	Strategi	Region			
			Ns	Sn	Sv	Ss
Min kostnad	Bas	Utrotning	458	625	465	581
		Inneslutning	1,804	2,461	1,804	2,229
	Max sjö	Utrotning	244	335	255	322
		Inneslutning	960	1,319	988	1,235
	Max skogsmark	Utrotning	657	827	896	1,031
		Inneslutning	2,616	3,263	3,443	3,947
Max kostnad	Bas	Utrotning	565	862	588	781
		Inneslutning	4,216	7,925	5,141	7,639
	Max sjö	Utrotning	301	462	322	433
		Inneslutning	2,244	4,248	2,814	4,233
	Max skogsmark	Utrotning	816	1,144	1,136	1,390
		Inneslutning	6,198	10,571	9,935	13,635

3.2 Känslighetsanalyser

Känslighetsanalyserna kommer här att variera ett antal ingående förutsättningar som är mycket osäkra och som hypotetiskt sett skulle kunna vara avgörande för kostnadsnivå eller val av strategi.

3.2.1 Kostnader av tallvedsnematodangrepp i inneslutningen

Den omfattningen i vilken tallar kommer att angripas och dö inom inneslutningszonen, där således angrepp konstaterats, är mycket osäker. Här har beräkningar gjorts där utgångspunkten varit att mellan 1 % och 50 % av tallarna dör. Procentsiffran beskriver andelen tallar som angrips under en omloppstid. Beräkningarna, som är schablonmässiga, utgår från att andelen som dör är jämt spridd över omloppstiden, dvs per år avgår den ansatta andelen under omloppstiden dividerat med omloppstiden. Detta tal multipliceras med den stående volymen tall för att ge volym död tall under det aktuella året. Vidare har här antagits att den levande volymen tall kommer att reduceras med samma absoluta volym varje år oavsett andelen som dör. Detta sker genom att anpassa avverkningen till död och tillväxt. Tillväxten har här antagits vara 3 % på den stående volymen. Avvecklingstiden för tallinnehavet, tillika omloppstid, har här satts till 100 år. Det innebär att efter denna tidpunkt finns det inga levande tallar kvar i inneslutningen utan de förutsätts då ha ersatts av andra trädslag.

Det finns i princip två sätt att hantera de döda tallarna. Det ena, och billigare, är att låta dem stå kvar, det andra att ta ut dem. Om de döda träden tas ut får man intäkter motsvarande bioenergi och kostnader för avverkning och terrängtransport som för avverkning på berg. Till denna post kommer ett förlorat netto på grund av att de döda träden, om de inte dött, hade gett

ett netto för normal avverkning. Detta netto har här satts till 200 kr per m³sk och motsvarar alltså en minuspost i kalkylen. Om de döda träden inte tas ut får man bara denna senare minuspost, dvs 200 kr per m³sk, med i kalkylen. De samlade netton som på detta sätt uppstår i respektive fall har diskonterats till nutidpunkt.

Av Tabell 3.3 framgår att kostnaden för talldöd är relativt begränsad och knappast påverkar valet av strategi om man kan låta de döda tallarna stå kvar. Måste de lämnas tas ut fördubblas i stort och blir en inte trivial del av kalkylen i det fall talldöden kan förväntas bli omfattande.

Tabell 3.3. Kostnad för talldöd i inneslutningen med 50 km diameter; strategi Inneslutning och region Hela landet (milj kr)

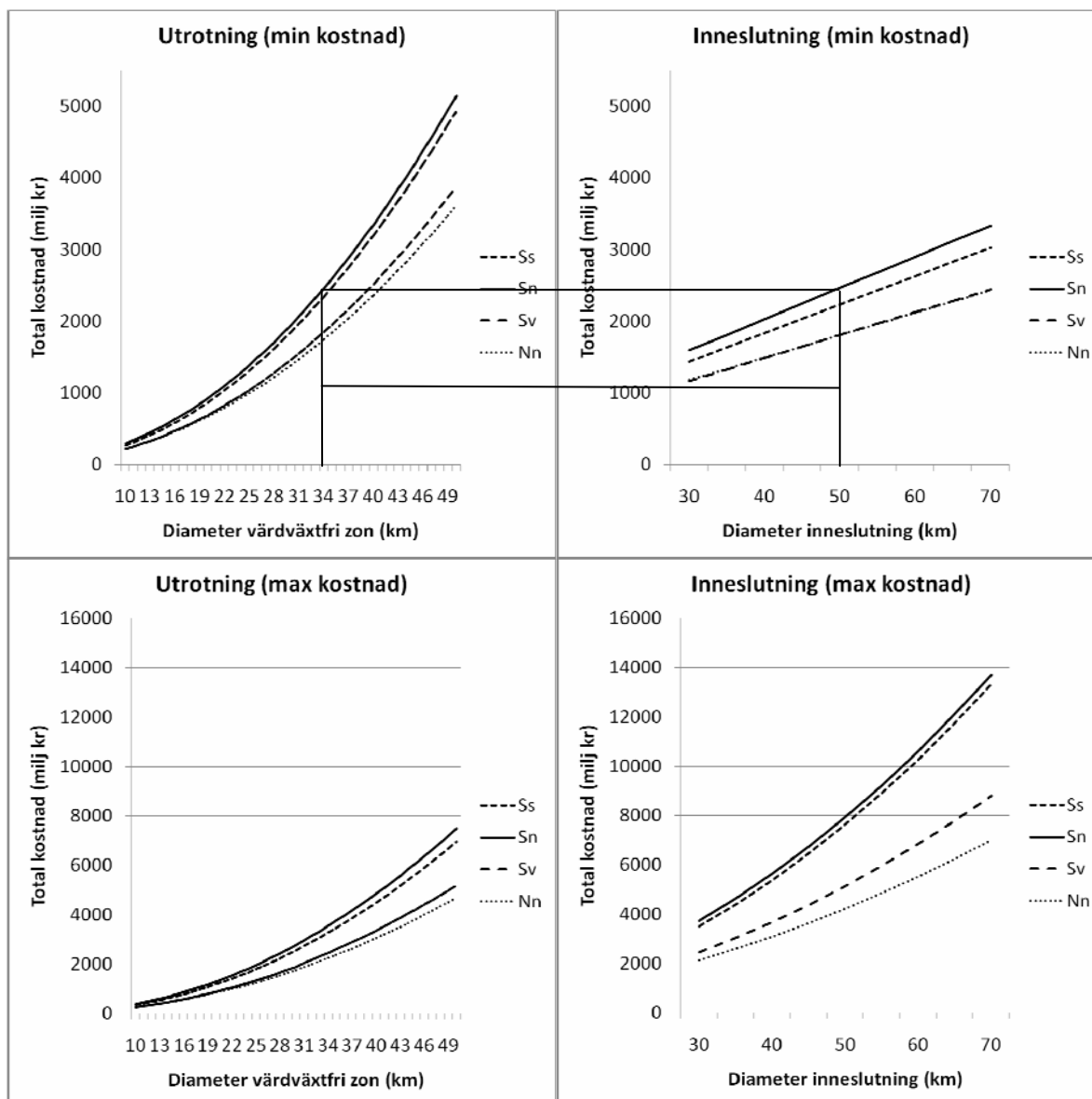
Åtgärd	Andel döda tallar under omloppstid					
	1 %	5 %	10 %	15 %	25 %	50 %
Låt stå	-3	-16	-31	-47	-79	-157
Borttransport	-6	-31	-61	-92	-153	-306

En antagen kortare antagen avvecklingstid, från 100 år till 70 år, ökar kostnaden för samtliga fall med 20 %. Det innebär att avvecklingstidens längd har viss men knappast avgörande betydelse för talldödens ekonomiska betydelse.

3.2.2 Olika zonstorlekar

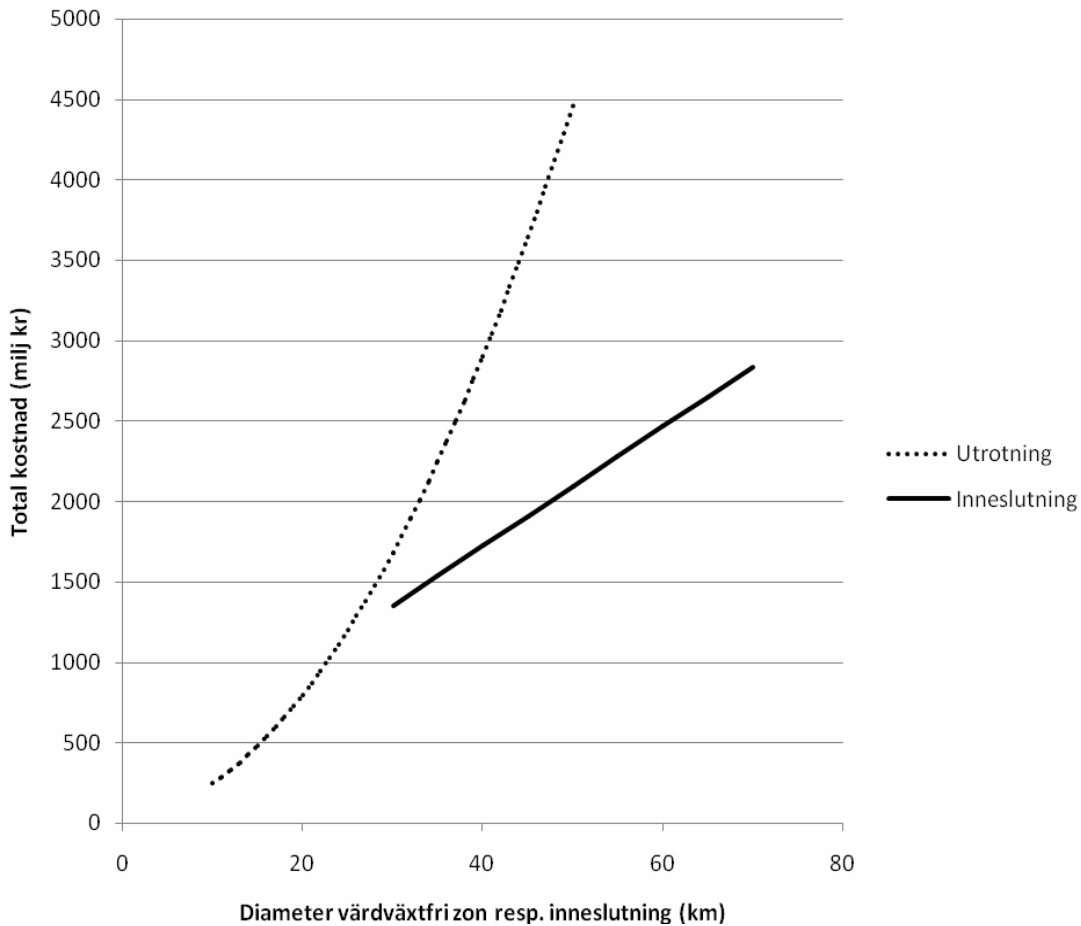
Analyserna i övriga delar av denna rapport utgår från vissa standardstorlekar på de olika zonerna. De två zonstorlekar som är av central betydelse för strategierna är den värdväxtfria zonen för strategi Utrotning och inneslutningen för strategi Inneslutning. Som framgår nedan har det stor betydelse hur virket kan hanteras i inneslutning och värdväxtfri zon, där således Min kostnad svarar mot att virket utan större problem kan hanteras som timmer och massaved medan Max kostnad innebär att all avverkning i de aktuella zonerna bara ger bioenergi av utfallande volym.

Det framgår att kostnaderna, som förväntat, ökar med kvadraten på diametern på den värdväxtfria zonen och nära linjärt med diametern på inneslutningen (Figur 3.1). Kan strategin Inneslutning hanteras enligt fallet Min kostnad kan denna strategi under vissa förutsättningar vad gäller diametern på inneslutningen dra mindre kostnader än strategi Utrotning. Utgår man från en diameter på 50 km på inneslutningen enligt standardförutsättningarna är strategi Utrotning dyrare om den värdväxtfria zonen för denna strategi överstiger ca 34 km. Vid Max kostnad förskjuts brytpunkterna mot större diametrar då strategi Inneslutning i högre grad än strategi Utrotning drabbas av de minskade intäkter denna situation är förknippad med.



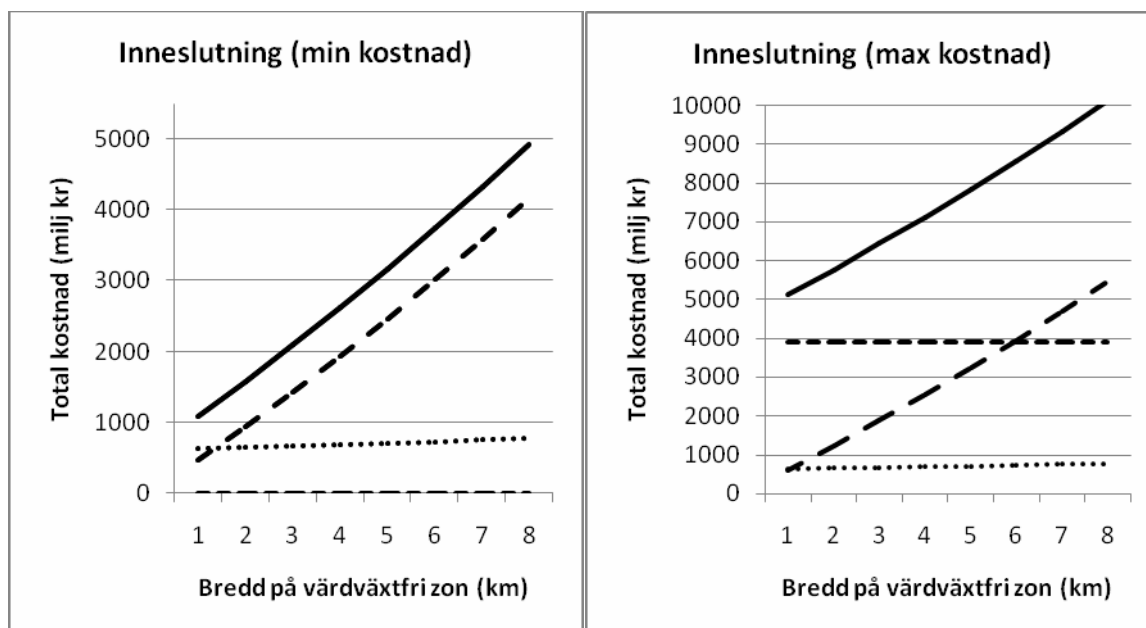
Figur 3.1. Total kostnad vid olika diameter på värdväxtfri zon för alternativet Utrotning och diameter på inneslutning för alternativet Inneslutning vid Min resp Max kostnad (se Tabell 3.1) för olika regioner.

Jämförelsen av strategierna Utrotning och Inneslutning vid Min kostnad framgår tydligare av Figur 3.2. Den är här gjord för region Hela landet. Vid ungefär 28 km diameter på den värdväxtfria zonen i Utrotning och ca 35 km diameter på inneslutningen i Inneslutning är kostnaderna jämförbara. För varje ökad kilometers diameter därutöver ökar strategi Inneslutnings komparativa fördel. Ett annat sätt att jämföra dem är att konstatera att om alternativet är en inneslutning enligt standardförutsättningarna om 50 km i strategi Inneslutning kan den värdväxtfria zonen i strategi Utrotning expandera till knappt 34 km diameter innan kostnaderna blir desamma för båda strategierna.



Figur 3.2. Total kostnad (milj. kr) vid olika diameter på värdväxtfri zon för alternativet Utrotning och diameter på inneslutning för alternativet Inneslutning vid min kostnad (se Tabell 3.1) för region Hela landet.

Ytterligare en känslighetsanalys med avseende på zonstorlek är betydelsen av den värdväxtfria zonen bredd i strategi Inneslutning (Figur 3.3). Kostnaden växer i stort sett linjärt med diametern på den värdväxtfria zonen. Vid alternativ Min kostnad växer kostnaden för den värdväxtfria zonen med i stort en miljard kr när man går från standardförutsättningen 3 km bredd till 5 km. Vid Max kostnad är kostnadsökningen nära 50 % större, 1.4 miljarder kr. Övervakningszonens kostnad berörs väldigt lite av en förändrad storlek på den värdväxtfria zonen och inneslutningen berörs, av naturliga skäl, inte alls.



Figur 3.3. Kostnad (milj. kr) för olika zoner vid olika bredd på värdväxtfri zon för alternativet Inneslutning vid Min och Max kostnad (se Tabell 3.1) för region Hela landet. (--- Inneslutning; - - - Värdväxtfri zon; ... Övervakningszon; — Total kostnad.)

3.2.3 Återplantering efter 5 år i värdväxtfri zon i strategi Utrotning

Det skulle hypotetiskt vara möjligt att efter en kortare tid än 20 återbeskoga den värdväxtfria zonen i alternativ Utrotning. Bevakning och rökning av den värdväxtfria zonen och övervakningszonen förutsätts fortfarande ske under 20 år. Tall får då inte användas. Som synes i Tabell 3.4 är den minskade kostnaden högst marginell, i sammanhanget försumbar. Det är tom lönsammare om man i region Nn kan vänta med återbeskogningen till en senare tidpunkt. Orsaken till dessa resultat är givetvis det begränsade värde som framtida netton har efter avdrag för etableringskostnad vid skogens etableringstidpunkt.

Tabell 3.4. Total kostnadsreduktion av att återplantera efter 5 i stället för 20 år för olika regioner för alternativet Utrotning vid (milj kr); övrigt enligt standardförutsättningar.

Ns	Sn	Sv	Ss
-15	13	10	26

Då prognosmodellen är svår att styra vad gäller trädslag förutsätter analysen här att gran kan användas med samma ekonomiska utbyte som tall. Det finns således en viss risk att kostnadsreduktionen är något överdriven.

3.2.4 Strategi Inneslutning endast under 20 år

Det skulle hypotetiskt kunna vara så att man efter 20 år drar slutsatsen att risken för angrepp är över och skyddsåtgärderna dras tillbaka. Konsekvenserna skiljer sig åt för de olika zonerna (Tabell 3.5). För inneslutningen är det helt och hållet en fråga om att efter 20 år kunna gå över

till normalt skogsbruk i det fall man måste hantera all ved som bioenergi under skyddsperioden (Max kostnad). I det motsatta fallet, Min kostnad, har det ingen betydelse. För den värdväxtfria zonen kan ny skog etableras. Detta har begränsat ekonomiskt värde (jämför resultat i avsnitt 3.2.3 ovan). Om övervakningen i övervakningszonen kan upphöra har det ett värde som under givna förutsättningar är tre gånger större än värdet av återbeskogning i den värdväxtfria zonen. Samtidigt ska man komma ihåg att övervakningskostnaden är mycket osäkert skattad.

Tabell 3.5. Kostnadsreduktion och total kostnad för alternativet Inneslutning vid upphörande av skyddsåtgärder efter 20 år i stället för oändligt skydd för region Hela landet (milj kr); övrigt enligt standardförutsättningar.

	Min kostnad	Max kostnad
Inneslutning	0	1532
Värdväxtfri zon	57	57
Övervakningszon	395	395
Kostnadsreduktion	452	1985
Total kostnad	1642	4476

3.3 Resursåtgång olika strategier

Under förutsättning att avverkningsåtgärderna skall genomföras under ett år så blir resursåtgången enligt följande: För alternativet utrotning så behövs det för de olika regionerna mellan 121 och 174 skogsmaskiner, fördelat på något fler skördare än skotare i de flesta regionerna. Samtidigt så behövs det för de olika regionerna mellan 241 och 349 maskinförare och mellan 32 och 48 motormanuellt arbetande, eller förare av mindre maskiner, för att hantera annan mark än skogsmark (Tabell 3.6).

För alternativet inneslutning är resursåtgången betydligt större. För alternativet inneslutning så behövs det för de olika regionerna mellan 300 och 434 skogsmaskiner, fördelat på något fler skördare än skotare i de flesta regionerna. Samtidigt så behövs det för de olika regionerna mellan 599 och 867 maskinförare och mellan 80 och 118 motormanuellt arbetande, eller förare av mindre maskiner, för att hantera annan mark än skogsmark (Tabell 3.7).

Tabell 3.6. Strategi Utrotning, värdväxtfri zon på 16 km diameter (20106 ha)

Region	Volym (m ³)					Antal				
	Etable- rad	Ung- skog	Träd myr	Träd berg	Träd stad, åker mm	Skö- rdare	Sko- tare	Fö- rare	Mo- ma ^(*) myr, berg	Mo- ma stad, åker
Nn	1018861	72760	53381	14476	7339	75	46	241	44	4
Sn	1962554	100614	23826	21714	8042	95	79	349	28	4
Sv	1098710	28227	10254	31365	33375	75	48	246	24	19
Ss	1695232	37386	10857	32170	27143	70	74	286	25	15

^(*) Moma = motormanuell (med motor- eller röjsåg)

Tabell 3.7. Strategi Inneslutning, värdväxtfri zon på 3 km utanför en inneslutning på 50 km diameter (49951 ha)

Region	Volym (m3)					Antal				
	Etable- rad	Ung- skog	Träd myr	Träd berg	Träd stad, åker mm	Skö- rdare	Sko- tare	Fö- rare	Mo- ma ^(*) myr, berg	Mo- ma stad, åker
Nn	2531240	180764	132620	35965	18233	186	114	599	108	10
Sn	4875736	249963	59192	53947	19979	237	197	867	69	11
Sv	2729617	70128	25475	77924	82916	187	119	612	60	46
Ss	4211604	92881	26974	79922	67434	173	183	712	62	37

^(*)Moma = motormanuell (med motor- eller röjsåg)

Rent generellt kan man konstatera att resursåtgången totalt sett är högst i region Sn, och att skillnaden mellan region Sv och Ss inte är större än ca 16 % beträffande det totala antalet förare och maskiner. Beträffande resursåtgången för att motormanuellt, och med mindre maskiner, åtgärda annan mark än skogsmark, så är det relativt lika mellan olika regioner. Den skillnad som finns är att i region Nn och Sn så är det i huvudsak myr och bergimpediment som åtgärdas, och i region Sv och Ss så är det i huvudsak åkermark, stadsmark, naturbete och övrig mark som åtgärdas.

Det antal maskiner och förare som under ett år behövs för att åstadkomma en värdväxtfri zon uppgår i alternativet utrotning till 2-3 % av landets totala maskinpark. För alternativet inneslutning är motsvarande värde 5-8 %.

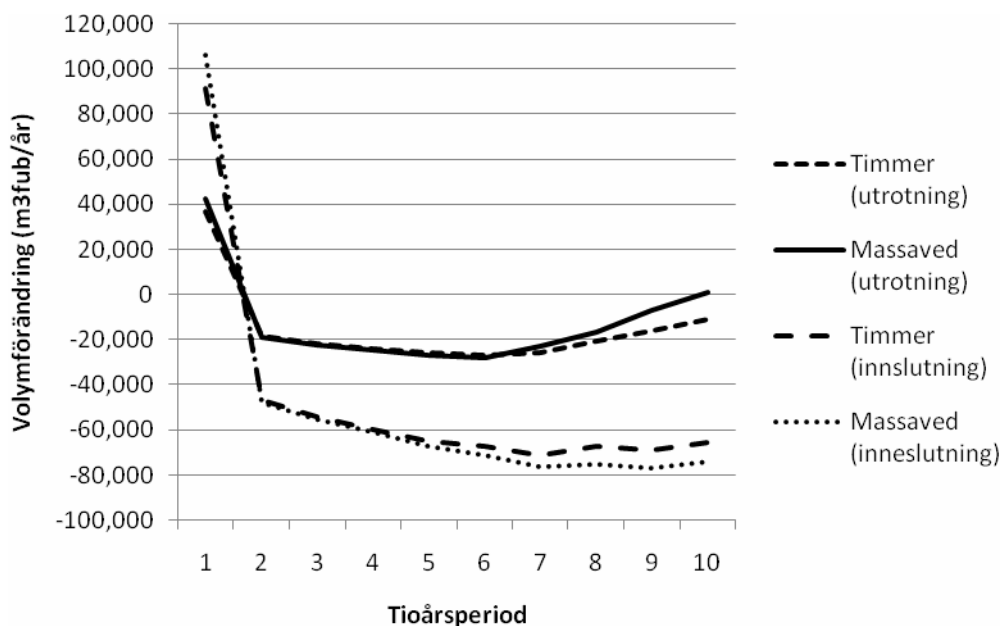
3.4 Industriella konsekvenser

Oavsett vilken strategi som tillämpas påverkar de virkesflödet på kort och lång sikt. Är förändringarna stora kan de få industriella konsekvenser i form av virkesbrist som leder till nedläggning eller underutnyttjande av existerande industriell kapacitet eller svårigheter att utnyttja ett plötsligt ökat utbud. Materialet i detta avsnitt berör bara timmer och massaved, alternativt bioenergi ur dessa sortiment, och inkluderar därför inte vad som kommer t ex från röjning av ungskog eller uttag från berg och myr.

Låt oss först studera den momentana effekten på virkesutbudet i den värdväxtfria zonen när den skapas vid respektive strategi under förhållanden motsvarande region Hela landet och standardförutsättningar för övrigt. Låt oss också förutsätta att virket kan hanteras som timmer och massaved och inte blir bioenergi. Tillskapas den värdväxtfria zonen under ett år blir det under detta år ett utbud utöver det som annars skulle kommit om ca 0.5 miljoner m³fub av timmer respektive massaved vid strategi Utrotning. Motsvarande siffra för strategi Inneslutning är 1.5 miljon m³fub av timmer respektive massaved. Tillskapas den värdväxtfria zonen under ett större antal år blir den naturligtvis den momentana effekten i motsvarande grad mindre.

Dessa momentana effekter gäller för ett genomsnitt av regionerna, dvs region Hela landet. För ett område motsvarande S_n , det med mest skog per ha, får man gå upp med ca 50 % och för ett område som N_n gå ned 50 %. Det innebär för region S_n ett ökat utbud om ca 0.75 miljoner m^3 fub av timmer respektive massaved vid strategi Utrotning och 3 miljoner m^3 fub vid strategi Inneslutning, jämfört med 0.5 respektive 1.5 miljoner för region Hela landet.. För region N_n är motsvarande siffror 0.25 miljoner m^3 fub vid strategi Utrotning och 0.75 miljoner m^3 fub vid strategi Inneslutning

Figur 3.4 visar de långsiktiga konsekvenserna (den första 10-årsperioden visar inte den momentana effekten år 1 då det är ett genomsnitt för hela perioden). Efter den momentana utbudsökningen under det första året uppstår en utbudsminskning under de kommande decennierna motsvarande den produktion som eljest skulle komma från området. Det rör sig om timmer respektive massaved om drygt 20 respektive omkring 60 tusen m^3 fub för strategi Utrotning respektive Inneslutning. Först efter 70 till 80 år börjar området åter producera i strategi Utrotning. I strategi Inneslutning sker naturligtvis ingen motsvarande ökning då området förutsätts vara ur produktion; möjligen kommer området att producera lövved, något som inte beaktats i dessa modeller.



Figur 3.4. Förändrat utbud av timmer respektive massaved för strategierna Utrotning och Inneslutning givet att timmer och massaved kan tas ut från inneslutning och värdväxtfri zon (m^3 fub per år under respektive 10-årsperiod). Region Hela landet och standardförutsättningar i övrigt.

Antar vi att virket blir bioenergi uppstår ett minskat momentant utbud av timmer respektive massaved om drygt 20 respektive 50 tusen m^3 fub för strategi Utrotning och Inneslutning. Den nivån kommer sedan att bibehållas i stort enligt Figur 3.4.

Går vi så över till att titta på själva inneslutningen för strategi Inneslutning kommer den att fortsätta producera. Emellertid, om detta virke blir bioenergi kommer ett minskat utbud om timmer respektive massaved att bli följd. Det rör sig om ca 200 tusen m³fub per år för respektive sortiment under de närmaste decennierna för att öka till närmare 300 tusen m³fub per år i slutet av seklet.

Ytterligare en industriell effekt uppstår om exporten av sågade trävaror begränsas. För sådana krävs att de är värmebehandlade. Effekterna på exporten av trävaror bör emellertid bli mycket begränsade, eller inga alls, då i princip allt sågat virke som exporteras redan i dag torkas artificiellt vid en temperatur på minst 70 grader C.

Exporten av rundvirke och flis uppgick 2006 till 3.0 respektive 0.5 milj m³fub, det allra mesta barr. Sammantaget representerar det ett värde om 3.2 miljarder kr. Dessa värden kan riskeras om exportrestriktioner genomförs. Emellertid är det bara en ytterst marginell del av det totala exportvärdet av skog- och skogsindustriprodukter om 122 miljarder kr. Dessutom har, främst till följd av exportavgifter på rysk export aviserade och införda efter 2006, trycket på marknaden för flis och rundvirke ökat väsentligt, något som gör export mindre attraktiv än tidigare. En överflyttning av ekonomisk ränta från skogsägare till industri kan inte uteslutas om skogsägare inte kan exportera rundvirke och flis; effekten borde dock vara begränsad då importen är mycket större än importen (2006 var värdet av exporten 3.2 miljarder och av importen 7.3 miljarder).

4 Diskussion

4.1 Kostnader förknippade med strategierna

Tittar man på kostnaderna för de två strategierna är det helt klart att strategi Utrotning är den billigare om de utförs på basis av sina respektive standardförutsättningar. Det är endast i det fall diametern på det inneslutna området i strategi Inneslutning kan reduceras, från 50 km till ca 35 km, samtidigt som diametern på den värdväxtfria zonen i strategi Utrotning ökar från 16 km till närmare 30 km. Alternativt, har inneslutningen en standardstorlek på 50 km kan den värdväxtfria zonen i strategi Utrotning tillåtas bli upp till 34 km i diameter och ändå kosta mindre än strategi Inneslutning. Detta gäller då vanligt skogsbruk kan bedrivas i inneslutningen (Min kostnad). Måste virke från detta område användas till bioenergi (Max kostnad) blir kostnaderna väsentligt högre för strategi Inneslutning; det rör sig här om miljardbelopp.

Orsaken till att strategi Utrotning är förenade med mindre kostnader under standardförutsättningarna har sin bakgrund i att den stora kostnaden för båda strategierna under Min kostnad är kostnaden för att upprätta den värdväxtfria zonen. Eftersom denna zon är mindre i strategi Utrotning än i strategi Inneslutning blir den förra billigare. Till detta bidrar att övervakningszonen i strategi Inneslutning också är större och skall upprätthållas under evig tid och inte bara under 20 år.

Måste virket vid etablerandet av den värdväxtfria zonen samt det som tas ut från inneslutningen användas som bioenergi (Max kostnad) drabbar det i första hand strategi Inneslutning. Dels är den värdväxtfria zonen större, dels är inneslutningen stor och permanent. Kostnaden för strategi Inneslutning blir under standardförutsättningarna ca tre gånger större vid Max kostnad än vid Min kostnad. För strategi Utrotning handlar det om ca 30 %. Slutsatsen är således att det är av stor betydelse, och då framför allt för strategi Inneslutning, hur man kan förfara med den ved som tas ut från värdväxtfri zon och inneslutning.

En konsekvens av att så mycket av kostnaden ligger i etablerandet av den värdväxtfria zonen är att det sedan inte har så stor betydelse hur lång behandlingstiden blir. Analysen av strategi Utrotning med återplantering efter 5 i stället för 20 år har i det närmaste ingen effekt på kostnaderna. Det gäller under förutsättning att övervakning fortsätter under 20 år; skulle även den kostnaden kunna begränsas till 5 år reduceras kostnaden totalt för strategi Utrotning med ca 20 %.

Större effekt än tidig återplantering i den värdväxtfria zonen i strategi Utrotning har en begränsning behandlingsperioden i strategi Inneslutning. Kunde denna period begränsas till 20 år i stället för att gälla för evigt skulle kostnaderna för strategin begränsas med mellan 20 % (Min kostnad) och 30 % (Max kostnad). Vid Min kostnad är det framförallt övervakningszonens kostnader som reduceras; vid Max kostnad kommer det största tillskottet från inneslutningen.

Studier gjorda på uppdrag av Statens jordbruksverk antyder att nematoden knappast kommer att förorsaka några större tillväxtnedsättningar på levande tallar. Däremot är det osäkert hur

stor andel av tallarna som angrips och dör i inneslutningen. Känslighetsanalyser visar att det sannolikt är av begränsad ekonomisk betydelse. Även om upp till hälften av den stående volymen av tall skulle angripas och dö representerar det inte mer än 7 % av de totala kostnaderna för strategi Inneslutning under Min kostnad (region Hela landet och standardförutsättningar). Under Max kostnad är kostnaden väsentligt mindre då virket redan i utgångsläget klassas som bioenergi och det är bara en ökad avverkningskostnad som drabbar de döda tallarna. Orsaken till att talldöden betyder så lite är främst att söka i det faktum att det är en så utdragen process. En annan orsak är att även om en så stor andel av tallarna skulle dö under en omloppstid så avverkas huvuddelen av tallarna på vanligt sätt (man kan säga att den ordinarie avverkningen föregriper nematoddöden). Även om 50 % av tallarna förväntas då under en omloppstid så utgör volymen av avverkade döda tallar bara drygt 10 % av den totala avverkningsvolymen år 1, en andel som successivt sjunker fram till år 100 år, det sista året det finns några tallar kvar i inneslutningen.

De olika regionerna skiljer sig åt kostnadsmässigt. Överslagsmässigt kan man säga att den billigaste regionen (Nn) har en kostnad av ca 80 % av kostnaden för region Hela landet medan den virkesrikaste (Sn) har en kostnad motsvarande 120 % av region Hela landet. Dessa siffror återspeglar för övrigt också skillnader i virkesvolymerna mellan regionerna, såväl momentant som långsiktigt.

Det antal maskiner och förare som under ett år behövs för att åstadkomma en värdväxtfri zon uppgår i alternativet Utrotning till 2-3 % av landets totala maskinpark. För alternativet Inneslutning är motsvarande värde 5-8 %. Det motsvarar för alternativet Utrotning mellan 121 och 174 skogsmaskiner beroende på region, fördelat på något fler skördare än skotare i de flesta regionerna. Samtidigt så behövs det mellan 241 och 349 maskinförare och mellan 32 och 48 motormanuellt arbetande, eller förare av mindre maskiner, för att hantera annan mark än skogsmark. Strategi Inneslutning ger en resursåtgång som är genomgående ca 2.5 gång så stor. Båda alternativen är genomförbara, men strategi Utrotning är naturligtvis lättare att realisera med kort varsel.

4.2 Risker förknippade med strategierna

Med risker menas här risker för spridning av nematoden. Spridning av nematoder utanför det område som avgränsas kan i princip uppkomma på två sätt. Det ena är att smittat virke förs ut. Den risken kan reduceras genom att virket används till bioenergi. Det innebär sönderdelning och förbränning. Dock finns även här risken att material blir lagrat för länge utanför ett kraftvärmeverk. Den risken betraktas dock som betydligt mindre än den risk som uppkommer om virket skall hanteras vid sågverk. I det senare alternativet krävs fler transporter, även av biprodukter, och exponeringen blir större.

Den andra risken är att avgränsningen går för långsamt, dvs. att det tar för lång tid att åstadkomma en värdväxtfri zon. Det är möjligt att strategi Utrotning, med tanke på att den omfattar mindre avverkningsvolymerna momentant och kräver mindre resurser, här har ett försteg.

Eftersom strategi Inneslutning innebär att nematoden för alltid finns inom landets gränser, så innebär detta också att risken för spridning på lång sikt är påtaglig. Det kommer att krävas mycket långtgående restriktioner, som i längden kan vara svåra att kontrollera, för att säkerställa att nematoder inte sprids utanför ett inneslutet område. Man kan inte komma bortse från att det finns ekonomiska incitament att smuggla ut virke från inneslutningen och sälja det utanför som virke med annan härkomst. Kontroll underlättas rimligen om virke bara får användas som bioenergi, och t ex transporteras ur inneslutningen i form av flis. Detta är dock, som framgår av beräkningarna, förenat med utomordentligt stora kostnader i form av förlorat virkesvärde.

4.3 Osäkerhetsfaktorer i kalkylerna

När det gäller merparten av avverkningsarbetet, dvs. relativt normala avverkningsåtgärder, finns det relativt stabila produktivitetsdata att stödja sig på, varvid osäkerheten inte är så stor. Däremot blir osäkerheten större för de mer ovanliga åtgärderna. Dessa representerar dock en mindre del av kostnaderna på skogsmark. Så representerar kostnaden för röjning mellan 10 % och 5 % av kostnaden att år 1 etablera den värdväxtfria zonen.

Kostnaden för sanering av icke skogsmark är mer osäkert skattad än den för åtgärder på skogsmark. Samtidigt är den övervägande delen av kostnader knutna till skogsmark varför den osäkerhet som är knuten till andra ägoslag är av underordnad natur.

Övervakningskostnaden utgör en förhållandevis stor kostnad i fallet Min kostnad; för strategi Utrotning ca 20 % och för strategi Inneslutning ca 30 %. Denna kostnad är osäkert skattad och skulle fordra separata fältstudier för att kunna preciseras bättre. Det är möjligt att t ex den gånghastighet som ansatts för inventeraren är för hög, och därmed kostnaden för låg.

En mycket osäker parameter rör omfattningen av den död av tallar tallnematoden kan förorsaka i inneslutningen. Emellertid är kostnaden för detta fenomen begränsad även om en mycket stor andel av tallarna dör. En förutsättning för detta resultat är att tallarna angrips och dör jämnt spritt över tiden; det är emellertid inte lätt att föreställa sig att processen kan ske på något annat sätt. En annan som påverkar kostnaderna är om de döda tallarna kan lämnas kvar, vilket är billigast, eller inte.

Sammantaget bedöms storleksordningen på de redovisade kostnaderna och resursåtgången vara tillförlitliga, eller så tillförlitliga som denna typ av kalkyler kan vara. Som antytts ovan ligger osäkerheten i denna problematik förmodligen på ett annat plan, nämligen i möjligheterna att kunna implementera en strategi på avsett sätt.

Det hindrar inte att man måste vara medveten om betydelsen av de underliggande antaganden som kalkylmodellen bygger på. Tre sådana ska här uppmärksammas: skattningen av värdet av skogsmark, kalkylräntan samt andra värden. Värderingen av skogsmarken utgår från att den ska skatta den ersättning skogsägaren kan kräva, alternativt den ekonomiska förlust han tvingas bära. Värderingen utgår enbart från de intäkter och kostnader skogsbruket ger upphov till. Emellertid har kalkyler som enbart bygger på netton från skogsbruket en tendens att underskatta värdet av skogsmarken. Det finns i allmänhet andra värden knutna till

skogsägandet än de rent monetära. Hur dessa värden påverkas av de olika strategierna är mycket svårt att kvantifiera.

Nära kopplad till skogsägarens värdering är valet av kalkylränta. Den ränta som använts här är vald med tanke på att den ger ett skogsbrukande som bäst svarar mot faktiskt agerande. Omvänt skulle man kunna säga att skogsägarna förefaller att göra sina kalkyler baserat på en real ränta efter skatt på 2.5 %. Den kan förefalla låg, men rör samtidigt en tillgång med ingen eller liten finansiell risk. Skulle en högre kalkylränta användas skulle kostnaderna minska. De främsta orsakerna till det är dels att värdet av stående skog och marken träden står på skulle minska, dels att den förtidiga avverkningen i den värdväxtfria zonen i mindre grad skulle stå i konflikt med normalt skogsbruk.

Utöver värden knutna till skogsbruk finns andra värden i skogen, värden som inte heller behöver vara knutna till skogsägaren utan kan nyttiggöras av andra intressenter. Det kan t ex röra sig om biodiversitets- och rekreationsvärden. Hur dessa värden påverkas av de olika strategierna fordrar egna studier.

4.4 Alternativa trädslag

Om tall inte kan odlas så kan man i allmänhet odla gran med likvärdigt ekonomiskt utbyte inom de områden som förutsätts bli behandlade. Det har också varit den underliggande förutsättningen vid beräkningen av kostnad förenad med talldöd. Contorta är ett alternativ som på många lokaler i norra Sverige har en bättre ekonomi än både gran och vanlig tall. Begränsningarna för contorta är här snarast knutna till effekter på biodiversitet, rennärning och risker förknippade med främmande trädslag.

Storskaligt är det björk som är det främsta alternativet till andra barrträd; i stort sett oavsett var man befinner sig i Sverige i dag är andelen av virkesförrådet omkring 10 %. Men, även när det gäller björk är det svårt att få kalkylen att tillnärmelsevis komma i paritet med granens resultat, även ifall då tillväxtbetingelserna och är de bästa och skötseln ändamålsenlig. Det beror till stor del på att timmerutbytet i genomsnitt är magert. Kostnaderna för etablering är också jämförelsevis stora. Däremot ser kalkylerna bättre ut för hybridasp och poppel. Men de är ju relativt oprövade i större skala och det finns risks för bakslag i form av skador och sjukdomar, särskilt vad gäller poppel. Med en ökad energiefterfrågan kan emellertid kalkylerna för vissa av trädslagen förbättras väsentligt i framtiden. Möjligheterna för ädelt löv är begränsade till de bästa markerna i södra Sverige.

4.5 Industriella konsekvenser

Etableringen av en värdväxtfri zon innebär ett initialt ökat utbud av timmer och massaved och sedan en långsiktig, för resten av seklet, sänkning. Etablering av den värdväxtfria zonen under ett år vid tillämpning av någon av strategierna under förhållanden som motsvarar någon av de regioner som använts här leder till en kortsiktig ökning av utbudet av timmer respektive massaved med mellan 0.5 och 2 miljoner m³fub. Denna förändring är inte större sett i förhållande till andra faktorer som varierar att den inte skulle kunna absorberas av

marknaderna utan att prisbilden förändras. Som jämförelse kan man ta effekterna av stormen Gudrun där mer än 50 miljoner m³ub berördes.

Om virket från den värdväxtfria zonen måste användas som bioenergi är de marknadspåverkande effekterna troligen än mindre. Det handlar här om ett årligt bortfall om mindre än 100 tusen m³ub per år.

Ett allmänt exportförbud från Sverige av flis och rundvirke skulle sannolikt ha liten effekt med tanke på att exporten är liten, och väsentligt mindre än importen.

Således bör inga extra kostnader tillskrivas strategierna på grund av effekter på industrin. Ökade transportkostnader kan i sig uppkomma kortsiktigt genom att ett lokalt stort utbud, som industrin lokalt inte är anpassat för, måste distribueras över en större region.

4.6 Vad får en preventiv övervakning kosta?

Oavsett strategi och område så medför ett angrepp stora kostnader. För förhållanden motsvarande region Hela landet uppgår kostnaderna till mellan 0.5 och 6 miljarder kr, framförallt beroende på hur virket från värdväxtfri zon och inneslutning kan hanteras.

Antag att den preventiva övervakningen utförs så att den ger absolut garanti att nematoder inte kommer in i landet. Med en kalkylränta på 2.5 %, den som genomgående använts här, skulle man för varje miljard i *förväntad* förlust således varje år kunna spendera 25 miljoner kr. Den förväntade förlusten är i sin tur en funktion av, på lång sikt, risken för angrepp om ingen kontroll utförs och den kostnad man räknar med att ett angrepp medför. Om denna studie kastat ljus över den senare aspekten så har återstår att skatta risken för angrepp utan preventiv övervakning för att få en mer kvalificerad skattning av förväntad förlust.

4.7 Förslag till ett operativt system

En fungerande organisation för att snabbt planera och implementera ett åtgärdsprogram fordrar naturligtvis många delar. Erfarenheterna från det arbete som gjorts här kan underbygga delar som kan användas för att bestämma hur zonerna kring smitthärden ska designas och för kostnadsberäkning. Här följer en skiss för hur en sådan del kan utformas:

1. Gör en avgränsning med ett GIS av zonerna med hänsyn till de konkreta förhållanden som råder kring smitthärden.
2. Klassa områden inom zonerna på olika ägoslag. För skogsmarken används den heltäckande beskrivning som finns i den sk kNN Sverige, en fjärranalytiskt framtagen beskrivning av all skogsmark i Sverige med pixlar om 25x25 meter.
3. Beräkningar av kostnader och volymer enligt metodiken här (kNN Sverige och den här använda skogliga produktionsmodellen är kompatibla vad gäller indatabehov).
4. Granska och revidera, vid behov gå tillbaka till steg 1.

Systemet skulle kunna hållas uppdaterat och testköras vid regelbundna övningstillfällen.

5 Slutsatser

De viktigaste iakttagelserna vad gäller kostnadsstrukturen för de två strategierna Utrotning och Inneslutning kan sammanfattas sålunda:

- Den helt dominerande kostnaden för båda strategierna är de som är förknippade med skogsmarken. Övriga ägoslag har marginell betydelse.
- Ser man till kostnad per ha skogsmark i den värdväxtfria zonen är den största kostnadsposten den förtidiga avverkningen.
- För strategi Inneslutning har även kostnaden för övervakning av övervakningszonen förhållandevis stor betydelse på grund av denna zons storlek under standardförutsättningarna. I fallet Max kostnad blir förlusten av virkesnetton i inneslutningen den dominerande kostnadsposten för denna strategi.
- Den totala kostnaden per ha skogsmark i den värdväxtfria zonen varierar mellan olika regioner. Kan timmer och massaved tas ut (Min kostnad) är den som lägst 26 tkr (region Nn) och högst 44 tkr (region Ss) vid strategi Utrotning. För strategi Inneslutning hamnar man ca 10 tkr högre. Måste veden i stället klassas som bioenergi (Max kostnad) varierar kostnaden mellan 34 och 62 tkr per ha för strategi Utrotning och mellan 43 och 72 tkr för strategi Inneslutning.
- Under standardförutsättningar vad gäller zonstorlek, region Hela landet samt att timmer och massaved kan tas ut (Min kostnad) är strategi Inneslutning ca 4 gånger så dyr som strategi Utrotning, 0.5 miljarder jämfört med 2.1 miljarder.
- Vid Min kostnad, standardförutsättningar vad gäller zonstorlek och region Hela landet ligger ca 80 % av kostnaden på den värdväxtfria zonen för strategi Utrotning och på knappt 70 % för strategi Inneslutning. För strategi Utrotning bibehålls kostnadsfördelningen i stort vid Max kostnad. För strategi Inneslutning bär i stället inneslutningen drygt 60 % av kostnaderna vid Max kostnad.
- Kostnaden för tallar som infekteras och dör i inneslutningen är begränsad. Under standardförutsättningarna kommer den aldrig över 10 % av den totala kostnaden för strategi Inneslutning även om man antar att 50 % av tallarna dör under en omloppstid. Detta gäller om man kan låta de döda tallarna stå kvar. Om de måste tas ut fördubblas kostnaden.
- Kostnaderna för strategi Utrotning växer i stort med kvadraten på diametern på den värdväxtfria zonen. Kostnaderna växer i stället i stort linjärt med diametern på inneslutningen vid strategi Inneslutning under Min kostnad.
- Har inneslutningen en standardstorlek på 50 km kan den värdväxtfria zonen i strategi Utrotning tillåtas bli upp 34 km i diameter och ändå vara mindre kostsam än strategi Inneslutning. Omvänt är Utrotning dyrare om diametern överstiger 34 km. Detta gäller

vid Min kostnad; vid Max kostnad hamnar brytpunkterna på större diameter då Inneslutning i högre grad än Utrotning drabbas av de minskade intäkterna.

- Ökar man diametern på den värdväxtfria zonen i strategi Inneslutning från 3 km till 5 km ökar kostnaderna med ca en miljard vid Min kostnad och region Hela landet. Vid Max kostnad är motsvarande siffra 1.4 miljarder.
- Att kunna begränsa återplantera den värdväxtfria zonen vid strategi Utrotning efter 5 år i stället för 20 år har det i det närmaste försumbar inverkan.
- Att kunna begränsa åtgärdsperioden vid strategi Inneslutning från evig tid till 20 år skulle reducera kostnaderna med mellan ca 20 % (Min kostnad) och ca 30 % (Max kostnad).
- Vid etablerandet av den värdväxtfria zonen får man ett momentant ökat utbud av mellan 0.5 (region Nn) och 1.5 (region Sn) miljoner m³fub vid strategi Utrotning. Vid strategi Inneslutning ökar det momentana utbudet till mellan 1.5 (region Nn) och 3.0 (region Sn) miljoner m³fub. Det är så små volymer att det knappast påverkar prisbilden.
- Långsiktigt blir det ett minskat utbud från den värdväxtfria zonen jämfört med normalläget. Det rör sig om ca 50,000 respektive 150,000 m³fub per år för strategi Utrotning respektive strategi Inneslutning (region Hela landet). Det är så begränsade mängder att det inte påverkar prisbilden på virkesmarknaden.
- Exporten av rundvirke och flis är i dagsläget så begränsad att exportbegränsningar inte bör ha någon påverkan på prisbildningen på virkesmarknaden.
- Det antal maskiner och förare som under ett år behövs för att åstadkomma en värdväxtfri zon uppgår i alternativet Utrotning till 2-3 % av landets totala maskinpark. För alternativet Inneslutning är motsvarande värde 5-8 %. Båda alternativen är genomförbara, men strategi Utrotning är naturligtvis lättare att realisera med kort varsel.

Referenser

- Brunberg T. 1991. Tillvaratagande av skogsbränsle. Skogsarbeten, Kista. Redogörelser nr 5.
- Dwinell, L. D. 1988. Ecology of pine wood nematode in southern pine chips piles. Southeastern Forest Experiment Station. Athens, Georgia, USA. Research Paper SE – 258.
- Engblom G. 2007. Systemanalys av skogsbränsletransporter. SLU, Inst för Skoglig Resurshushållning. Umeå. Arbetsrapport 175. ISSN 1401-1204.
- Eriksson, L.O., Sallnäs, O. and Ståhl, G., 2007. Forest Certification and Swedish Wood Supply. Forest policy and Economics vol 9 nr 5 452– 463
- Europeiska unionens officiella tidning 23.2. 2006 och 14.12. 2006 delgivet med nr K(2006) 345 och nr K(2006) 6433.
- Evans, H. F., D.G. McNamara, H. Braasch, J. Chadoeuf och C. Magnusson. 1996. Pest risk analysis (PRA) for territories of European territories of European Union (as PRA areas) on *Bursaphelenchus xylophilus* and its vectors in the genus *Monochantamus*. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 26: 199 – 249.
- Finnish Food Safety Authority Evira, Plant Protection, Helsinki 2007. : Contingency Plans, Pine Wood Nematode.
- Gullberg, T. Analyser av drivningssystem vid gallring och röjning inom privatskogsbruket. SLU, Inst för Skogsteknik. Garpenberg. Rapport 191. ISSN 0348-4203.
- Halik, S. och D.R. Bergdahl. 1990. Development of *Bursaphelenchus xylophilus* population in wood chips with different moisture contents. Journal of Nematology 22: 113 – 118.
- Halik, S. och D.R. Bergdahl. 1992. Survival and infectivity of *Bursaphelenchus xylophilus* wood chips – soil mixtures. Journal of Nematology 24: 495 – 503.
- Halik, S. och D.R. Bergdahl. 1993. Persistence of *Bursaphelenchus xylophilus* in living *Pinus sylvestris*. Phytopathology 83: 242.
- Halik, S. och D.R. Bergdahl .1994. Longterm survival of *Bursaphelenchus xylophilus* in living *Pinus sylvestris* in an established plantation. European J. of Forest Pathology 24: 357 – 363.
- Kärhä, K. 2006. Whole-tree harvesting in young stands in Finland. Forestry Studies 45, 118-134.
- Ligné, D. 2004. New technical and alternative silvicultural approaches to pre-commercial thinning. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvestria 331.

- Maehara, N. 2007. Reduction of *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Parasitaphelenchidae) population by inoculating *Trichoderma* spp. Into pine wilt-killed trees. Biological Control (Corrected proof).
- Mota, M., H. Braasch, M.A. Bravo, A.C. Penas, W. Burgermeister, K. Metge och E. Sousa. 1999. First report on *Bursaphelenchus xylophilus* in Portugal and Europe. Nematology 1: 727 – 734.
- Nurminen, T., Korpunen, H. & Utrotningsitalo, J. 2006. Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system. Silva Fennica 40(2).
- Näslund, M. 1947. Funktioner och tabeller för kubering av stående träd : tall, gran och björk i södra Sverige samt i hela landet. Meddelanden från Statens skogsforskningsinstitut, Vol. 36 No. 3. Stockholm.
- Ollas, R. 1980. Nya utbytesfunktioner för träd och bestånd. Ekonomi Nr 5. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Stockholm.
- PROLUNP, 2006. Action plans for eradicating the pinewood nematode. Ministerion da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. (Portugal).
- Sallnäs, O., 1990. A matrix growth model of the Swedish forest. Studia Forestalia Suecica. No. 183. SLU, Uppsala.
- Sallnäs, O. and Eriksson, L.O., 1989. Management variation and price expectations in an intertemporal forest sector model. Natural Resource Modeling 3 385-398.
- Schroeder, M. och Magnusson, C. 1989. Tallvednematoden – ett hot mot svensk skog? Skogsfakta Biologi och skogsskötsel nr. 64. SLU.
- Skogsstatistisk årsbok, 2007. Skogsstyrelsen.
- SLA 1988. Förslag till produktionsnormer för sortimentshuggning och motormanuell fällning. SLA Skog – Distrikt mellan, Augusti 1988.
- Warren, J., och M.J. Linit. 1993. Effects of *Monochamus carolinensis* on the life history of the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. Journal of Nematology 25: 703 – 709.
- Westerberg, D. 1997. Bränning – metoder och kostnader 1996/97. SkogForsk Resultat nr 19. Uppsala.
- Wiffle, J., W. och G. W. Peterson eds. 1986. Diseases of Trees of the Great Plains. USDA Forest Service General Technical Report RM – 129.
- Wingfield, M. J. 1987. Fungi associated with pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, and cerambycid beetles in Wisconsin. Mycologia 79: 325 – 328.