

Esa Uotila

Hyönteistuhot metsätaloudessa – taustaa tuhojen taloudelliselle analyysille

Uotila, E. 1994. Hyönteistuhot metsätaloudessa – taustaa tuhojen taloudelliselle analyysille. *Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja* 1994(1): 69–78.

Metsähyönteisten aiheuttamien tuhojen taloudellista merkitystä ei Pohjoismaissa ole juurikaan tutkittu. Vaikka metsänomistajille tuhojen taloudellinen merkitys voi olla suuri, ei metsien hyönteistuholla ole puuhuollon kannalta ollut merkitystä Suomessa.

Artikkelissa käsitellään tuhojen merkitystä ja taloudellisten vahinkojen korvausta metsänomistajille Suomessa. Tuhojen taloudellista analyysiä, torjunnan kannattavuutta sekä tuhojen torjuntaan vaikuttavia sosio-ekonomisia tekijöitä esitellään pääasiassa pohjoisamerikkalaisten tutkimusten perusteella. Lopuksi esitellään integroidun tuhoaiheuttajien hallinnan periaatteita ja toteutusta havumetsävyöhykkeellä metsätaloudellisesta näkökulmasta.

Asiasanat: metsätalous, hyönteistuhot, taloustieteet.

Kirjoittajan yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, metsien käytön tutkimusosasto, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki.

Hyväksytty 30.9.1994

1 Johdanto

Metsäekosysteemi on monitasoinen yhteisö, jossa puusto normaalioloissa kestää elinvoimaisena ympäristön aiheuttaman stressin. Kun ekosysteemin tasapaino järkkyy, se hakee uuden tasapainotilan. Onko uuden ja vanhan tasapainotilan ero tuho, riippuu paljon siitä, kuka vertailun tekee. Tuhona voidaan pitää muutosta huonompaan, jos arvioijan näkökulmasta jotain tärkeää on lopulli-

sesti menetetty. Vertailuja tehdään muun muassa seuraavista näkökulmista:

- 1) Ekologia (tutkitaan metsäekosysteemin vuorovaikutuksia)
- 2) Metsien monikäyttö (tutkitaan metsien virkistyskäyttöä ja esteettisiä arvoja)
- 3) Puuntuotos (tutkitaan metsien kykyä tuottaa puutavaraa)
- 4) Metsätaloustiede (tutkitaan metsiä yksityis- tai kansantalouden osana).

Ekologisesta näkökulmasta ihmisten tarpeet eivät ole ratkaisevia muutosta arvioitaessa. Tällöin ei periaatteessa mikään luonnon vuosituhantiseen kiertokulkuun kuuluva tapahtuma ole tuho vaan häiriö. Hyönteiset, sienet ja metsäpalot ovat kautta aikojen tappaneet puita ja tehneet samalla tilaa uudelle kasvulle. Metsien monikäytön näkulmasta tuhoja arvioidaan ”jokamiehen” silmin. Tällöin tuhoksi voidaan käsittää kaikki metsien virkistyskäyttöä ja maisemia huonontavat tekijät metsien hakkuut ja muu käsittely mukaan lukien. Puun tuotoksen ja metsätaloustieteen näkökulma vastaa metsätalouden perinteistä käsitystä metsätuhosta. Siinä tuho mitataan viimekädessä metsänomistajan kokemina taloudellisina tappioina.

Taloustmetsissä tuhoja aiheuttavat pääasiassa sienet, hyönteiset, nisäkkäät (jyrsijät ja hirvieläimet), sääolot (kuivuus/märkyys, kylmyys, myrskyt, lumi), metsäpalot ja ihmisen toiminnasta aiheutuvat tekijät (esim. saasteet, puuston tekninen vaurioituminen). Kasvupaikan fysiologiset tekijät, ravinne- ja hivenainesuhteet sekä kilpailu ja puuston ikä voivat edesauttaa tuhojen syntyä. Vakavat tuhot ovat usein monen tekijän summa. Tuhot kohdistuvat yhteyttävään latvukseen sekä siementuotantoon, rungossa nilaan tai puuaineeseen sekä juuristoon. Puuston kehityskaareissa tuhoja voi tapahtua kaikissa vaiheissa: siemenissä, taimitarhoilla, taimikoissa, pystypuustossa ja valmiissa puutavarassa. Tuhojen voimakkuus vaihtelee lievestä kasvutappioista ja puutavaran laadun huononemisesta laajoihin puustokuolemiin ja puutavaran tuhoutumiseen. Tuhot voivat tapahtua yhtäkkisesti tai kumuloitua useiden vuosien aikana.

Artikkelissa tehdään katsaus hyönteistuhojen merkitykseen Suomen taloustmetsissä, tuhojen taloudelliseen analyysiin lähinnä pohjoisamerikkalaisen tutkimusten perusteella sekä tuhojen torjunnan pääperiaatteisiin erällä havumetsävyöhykkeen alueilla.

2 Hyönteistuhot ja niiden korvaus Suomessa

Suomessa metsähyönteisten aiheuttamat tuhot rajoittuvat yleensä kasvutappioihin, puutavaran ar-

von alenemiseen ja yksittäisten puiden kuolemiin. Paikallisia metsänomistajille taloudellisesti merkittäviä hyönteistuhota aiheuttavat pääasiassa kaarna-kuoriaiset (ytimennänertäjät ja kirjanpainaja), määntypistiäiset ja taimikoissa tukkimiehentäi.

Valtakunnan metsien VIII inventoinnin mukaan hyönteistuhota esiintyy Etelä-Suomessa 0,6 prosentilla metsien pinta-alasta, kun vastaavasti sienituhota esiintyy lähes 14 prosentilla (Yli-Kojola 1994). Metsälautakuntien TASO-järjestelmän kuviotiedoista hyönteistuhota oli merkitty vain 0,1 ja Metsähallituksen hoitoalueiden metsätaloussuunnitelmissa 0,1–1,1 prosentille pinta-alasta (Lipponen, Väkevä, Blauberg ym. 1993, Lipponen, Väkevä, Laamanen ym. 1993). Euroopassa kokonaisuutena hyönteistuhot ovat yleisin tuholaji (Forest condition in Europe 1992).

Tiihosen (1970) mukaan ruskomääntypistiäistuhojen taloudelliset tappiot olivat neljässä tuhoja kärsineessä kunnassa viiden vuoden aikana suuruusluokaltaan 60 miljoonaa markkaa kevään 1994 kantohintojen mukaan arvioituna (400 000 m³, kantohinta keskimäärin 150 mk/m³). Tappiot on todennäköisesti selvästi yliarvioitu. Tuho olisi samaa suuruusluokkaa kuin 2 000 hehtaarin päätehakkuu-ikäisen mäntymetsän täydellinen tuhoutuminen.

Kansantalouden ja puuhuollon kannalta hyönteistuhot ovat Suomessa merkityksettämiä, koska tuhot ovat pieniä ja metsien hakkuumahdollisuudet ovat selvästi suuremmat kuin puutavaran käytön lähitulevaisuudessa ennustetaan olevan. Sen sijaan paikallisesti ja yksittäisille metsänomistajille suppeallekin alueelle rajoittuneet tuhot voivat aiheuttaa huomattavia taloudellisia tappioita.

Metsän tuottoon perustuvassa pinta-alaverotuksessa metsätuho voidaan ottaa huomioon verotusta alentavana tekijänä, jos puuntuotos on tuhon takia määrältään tai arvoltaan olennaisesti alentunut. Tällöin ei ole kysymys tuhon korvaamisesta vaan siitä, että tuhon takia saamatta jäävää tuottoa ei veroteta. Puuntuotoksen katsotaan olennaisesti alentuneen, jos puustosta vähintään 30 prosenttia on tuhoutunut. Kertaluonteisen tuhon jälkeen tuhoalueelle voidaan myöntää verovapaus Etelä-Suomessa 5–20 ja Pohjois-Suomessa 10–25 vuodeksi. Jos tuho on metsämaan sijaintiin liittyvä kasvupaikan pysyvä tekijä, se otetaan huomioon veroluokituksessa metsämaan veroluokkaa alentavana tekijänä (Maa-

tilatalouden verotuksen käsikirja 1990). Myyntiverotuksessa tuhot pienentävät suoraan puunmyyntituloja, joten erillistä korjausmenettelyä ei tältä osin tarvita. Korvauksia metsätuhosta voi saada valtion metsänparannusvaroista tuhoalueen uudistamiseen, metsävakuutuksesta tai vahingonkorvausmenettelyn kautta. Hirvi- ja peuravahingot korvataan valtion varoista.

Yksityisluontoisten metsien pinta-alasta noin 30 prosenttia on vakuutettu kattavasti. Vuosittain vakuutuksen perusteella korvataan noin 3 500 vahinkoa, joista valtaosa on myrskyvahinkoja. Hyönteis- ja sienitautivahinkojen korvausehdot ovat tiukat. Taimikoissa (pituus alle 7 m) korvataan keinollisen metsittämisen kustannukset, kun vähintään puolen hehtaarin alue jäisi muuten vajaatuotoiseksi. Varttuneissa metsiköissä sienituhoja ei korvata lainkaan ja hyönteistuhot vain, jos alue on vähintään hehtaarin suuruinen ja tuhon takia alue joudutaan keinollisesti uudistamaan (Tapion taskukirja 1991).

Metsänomistajalla on mahdollisuus saada vahingonkorvausta puutavaran omistajalta tai maanomistajalta heinäkuussa 1991 voimaan tulleen lain hyönteis- ja sienituhon torjunnasta (8.2.1991/263-HE 110/90) perusteella. Jos puutavaran välivaras-toinnissa, tuhoa aiheuttavien hyönteisten lisääntymiseen kelpaavan hukkapuun käsittelyssä tai tuhon vahingoittamien puiden käsittelyssä ei ole noudatettu lakia ja tämän seurauksena toisen metsänomistajan jonkin metsikön kasvu on pienentynyt 30 prosenttia tai 20 prosenttia metsikön muodostavista puista on kuollut, voi lain velvoitteita laiminlyönyt joutua korvaamaan vahingon. Jos havupuun pysyvistä varastoinnista aiheutuu merkittävästi vahinkoa toisen metsälle, on varastossa olevan puutavaran omistaja velvollinen korvaamaan vahingon. Laki koskee sen voimaantulon jälkeen perustettuja varastopaikkoja tai varastopaikkoja, joiden luonne tai laajuus on olennaisesti muuttunut lain voimaantulon jälkeen.

3 Tuhojen torjunta ja taloudellinen analyysi

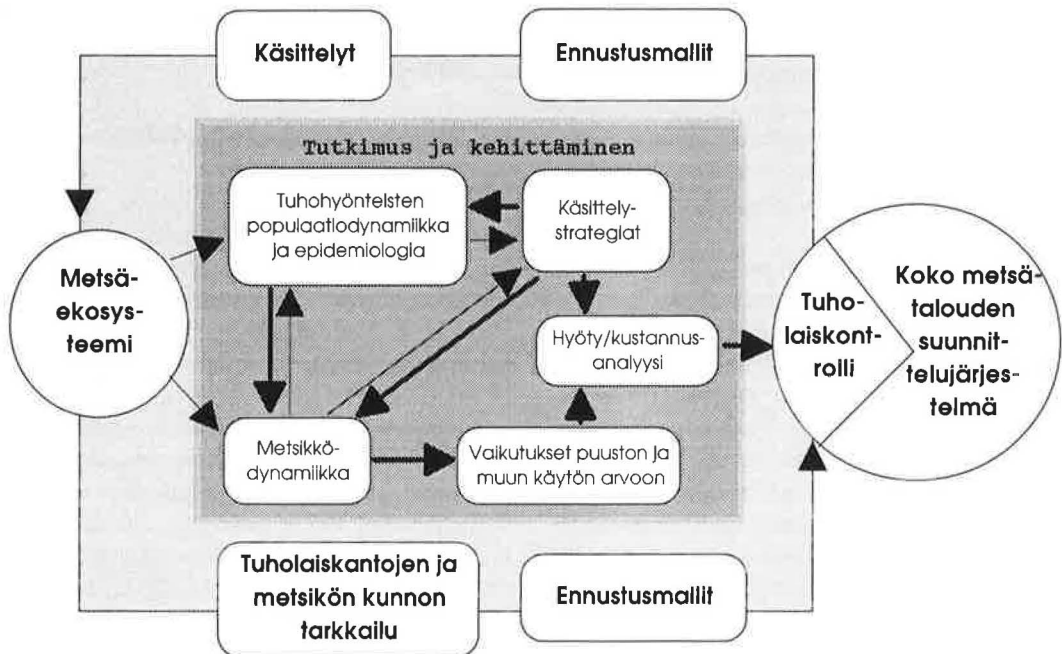
3.1 Integroitu tuhoniheuttajien hallinta – tuhojen torjunnan perusstrategia

Integroitu tuhoniheuttajien hallinta (IPM, Integrated Pest Management) on lähtöisin maataloudesta. Metsätaloudessa sitä alettiin soveltaa vuosisadan vaihteessa. Yhdysvallat on ollut keskeinen IPM:n kehittäjä ja tutkija. National Academy of Sciences of the U.S.A:n mukaan IPM on ekologinen lähestymistapa tuholaisten torjuntaan, jossa kaikki käytävissä olevat keinot on koottu samaan ohjelmaan niin, että tuholaispopulaatioita voidaan kontrolloida siten, että taloudelliset vahingot vältetään ja kielteiset sivuvaikutukset minimoidaan (Principles of plant... 1969). Glassin (1975) mukaan IPM on ympäristöön ja tuholaisten populaatiodynamiikkaan liittyvä hallintajärjestelmä, joka käyttää kaikkia sopivia tekniikoita ja menetelmiä niin yhteensopivasti kuin mahdollista ja pitää populaatiot taloudellisia vahinkoja aiheuttavan tason alapuolella. Molemmat määritelmät korostavat ympäristön huomioon ottamista, eri keinojen yhteiskäyttöä ja taloudellisten vahinkojen välttämistä. Metsätaloudessa IPM:n kehitys on ollut hitaampaa kuin maataloudessa, koska metsä on huomattavasti monimutkaisempi ekosysteemi kuin pelto. Lisäksi esimerkiksi monikäytöllä on metsätaloudessa huomattavasti suurempi merkitys kuin maataloudessa. Metsätaloudessa maatalouden tuholaistorjuntamenetelmiä voidaan käyttää lähinnä vain taimitarhoilla ja joulu-kuusiviljelmillä.

Tuholaisten torjunnan osatekijöitä metsätaloudessa ovat käsitelleet mm. Waters ja Stark (1980), Waters ym. (1985). Heidän mukaansa tuholaisten torjunta perustuu seuraaviin osatekijöihin:

- tuholaisten populaatiodynamiikka
- metsikön dynamiikka
- tuhon vaikutukset puustoon ja metsän muuhun käyttöön
- käsittelyvaihtoehdot
- päätöksentekoaanalyysi.

Metsäekosysteemi ja metsätalouden suunnittelu on ympäristö, jossa tuholaisten torjuntaan liittyvät pää-



Kuva 1. Kaavio IPM-systeemistä (Waters ja Cowling 1976 mukaan). Uloin kehä kuvaa käytännön tasoa, jossa varsinainen torjunta ja siihen liittyvä päätöksenteko tehdään. Tutkimuksen ja kehittämisen tehtävä on auttaa käytännön päätöksentekoa mm. parantamalla päätöksiin vaikuttavien tekijöiden tuntemusta.

tökset tehdään. Lähtökohta on metsäekosysteemisä sekä tuholaisten ja puuston vuorovaikutuksessa, joten tuholaisten populaatiodynamiikkaan ja metsikön dynamiikkaan liittyvä tutkimus luo perustan koko toiminnalle. Näiden tutkimusten perusteella arvioidaan mahdolliset käsittelyvaihtoehdot ja niiden tehokkuus (kuva 1).

Taloudelliset analyysit astuvat kuvaan selvittäessä tuhosta aiheutuvia taloudellisia tappioita sekä käsittelyvaihtoehtojen kustannuksia ja muita mahdollisia vaikutuksia. Nämä tekijät vaikuttavat suoraan päätöksenteossa käytettävään hyöty-kustannus-analyysiin tai johonkin muuhun päätöksenteossa käytettävään menetelmään. Samoja taloudellisen analyysin menetelmiä voidaan käyttää erilaisen tuhojen torjunnan kannattavuuden arvioinnissa.

3.2 Tuhojen ja torjunnan taloudellinen analyysi

Tuhon taloudellisen suuruuden arviointi on peri-

aatteessa yksinkertaista: selvitetään metsikön arvo ilman tuhoa ja tuhon jälkeen. Tuhoutuneen taimikon arvo voidaan määrittää uudistamiskustannusten ja taimikon iän perusteella. Päätehakkuikeisen metsikön tuhon suuruus voidaan laskea puutavara- lautujen määrien muutosten ja niiden hintojen sekä mahdollisten laadun heikkenemisen ja muuttuneiden korjuukustannusten perusteella. Kasvatusikäisessä metsikössä tuho voi vaikuttaa lisäksi hakkuiden ajankohtiin, joten puustolle aiheutuneen tuhon suuruus selviää vasta kiertoajan lopussa. Tuho voi eräissä tapauksissa vaikuttaa myös uudistamiskustannuksiin ja seuraavan kiertoajan tuloihin. Etenkin sekametsiköissä tuho voi osin korvautua terveiden puiden kasvun lisäyksellä (esim. Williams ja Shea 1982, Liebhold ym. 1986 ja Rawat ym. 1987).

Nykyaikaiset simulointiin perustuvat puuston kasvumallit ovat hyvä perusta tuhoja kärsineen puuston terveen vertailukohtaan arvioinnille (Waters ja Stark 1980). Niiden perusteella pystytään arvioimaan tuhon aiheuttamat puutavaralajimenetykset. Tuhon taloudellinen suuruus realisoituu vasta puu-

ta myytäessä. Tuhon todellisia vaikutuksia puukauppojen ajankohtiin, myyntimääriin ja -hintoihin on käytännössä mahdoton määrittää, joten tuhon suuruuden arviointi perustuu käytännössä arviointihetken tietoihin puumääristä ja pidemmän ajanjakson keskiarvohinnoista.

Pohjois-Amerikassa metsätuhojen taloudellisella analyysillä on keskeinen tehtävä tuhojen torjunnan kannattavuuden arvioinnissa. ”Taloudellinen kynnyks” (economic threshold) on ollut pitkään peruskäsite tuhojen torjunnan kannattavuuden arvioinnissa (esim. Stern 1973). ”Taloudellinen kynnyks” on tilanne, jossa tuhohyönteispopulaatio on kasvanut tasolle, jossa sen aiheuttamat taloudelliset tappiot ovat yhtä suuret kuin sen torjunnan kustannukset. Tuholaiosten torjuntaan liittyvää päätöksenteon ekonomiaa ovat käsitelleet laajemmin mm. Mumford ja Norton (1984).

Nykyään tuhojen torjunnan kannattavuutta arvioidaan ottamalla huomioon myös muut kuin pelkästään taloudelliset tekijät, esimerkiksi kustannus-hyöty -analyysillä. Tuhojen torjunta on kannattavaa, kun sillä saavutetut taloudelliset ja mahdolliset muut hyödyt ovat suuremmat kuin torjunnan kustannukset ja mahdolliset haittavaikutukset. Torjunnan rahamääräisten kustannusten arviointi on suhteellisen helppoa, sen sijaan mahdollisten hyötyjen ja haittavaikutusten suuruuden saaminen vertailukelpoisiksi rahassa mitattavien tekijöiden kanssa on ongelmallista. Myös torjumatta jätetyn tuhon suuruuden sekä torjunnan tehon arviointi tuottaa vaikeuksia. Tuhojen torjunnalla aikaansaatu taloudellinen hyöty realisoituu vasta hakkuissa vuosien kuluessa toisin kuin välittömästi maksettavat torjunnan kustannukset, mikä osaltaan vaikeuttaa taloudellisen kannattavuuden arviointia. Torjuntavaihtoehtoja vertailtaessa valitaan yleensä hyötyjen ja kustannusten erotuksen maksimoiva vaihtoehto, mutta toisinaan ympäristöön ja yleiseen mielipiteeseen liittyvät tekijät ratkaisevat toteutettavan vaihtoehdon (esim. Alfaro 1991). Tuhojen vaikutuksia metsien käyttöön ja arvoon sekä tuhojen torjunnan päätöksentekoa ovat laajemmin käsitelleet mm. Leuchner ja Breck (1985a, 1985b).

3.3 Tuhojen taloudellisen analyysin tapaustutkimuksia

Yhdysvalloissa pääasiassa tammien lehdillä elävän lehtinunnan (*Lymantria dispar*) tuhojen taloudellisista vaikutuksista on julkaistu useita raportteja. McCayn ja Whiten (1973) mukaan välittömät puiden kuolemista johtuvat tappiot ovat kuitupuuleimikossa 11 ja tukkipuuleimikossa 28 prosenttia leimikoiden arvosta, kun yksittäisestä tuhosta johtuvat kiertoajan kuluessa koituvat tappiot laskettiin diskonttaamalla tuhosta aiheutuva tappio nykyhetkeen (aika = aika tuhosta päätehakkuuseen). Näin laskettu summa on sama kuin mitä tuhon torjuntaan kannattaa samalla korkovaatimuksella käyttää, kun oletetaan, että torjunta tehoaa 100 prosenttisesti. McCayn ja Whiten mukaan torjunnan vaihtoehtoja vertailtaessa tulee ottaa huomioon itse torjuntaan liittyvät tekijät, ympäristötekijät, sosio-ekonomiset tekijät sekä hallinnolliset tekijät.

Talerico ym. (1978) esittelevät lehtinunnatuhoihin perustuvassa esimerkissään päätöspuuta tuhojen torjunnan kannattavuuden analyysimenetelmänä. Menetelmällä voidaan tehdä hyöty-kustannusvertailu ratkaisematta tuhon suuruuteen ilman torjuntaa ja torjunnan kanssa liittyvää epävarmuutta. Päätöspuussa vaihtoehtojen vertailussa käytetään apuna aikaisempaan kokemukseen perustuvien todennäköisyysarvioita.

Herrick (1981) minimoi lehtinunnatuhojen torjunnan kustannusten ja tappioiden summan Four-Quadrant -mallilla. Mallin komponentit olivat tuhofunktio, kustannusfunktio ja tuhon voimakkuusfunktio. Tuhoaineistoon perustuvassa ratkaisussa suurimmat nettosäästöt saavutetaan, jos 51 prosentilla tuhoalueen pinta-alasta tehdään torjunta. Esimerkkilaskelmissa tuhon lieveneminen pienensi käsiteltävää pinta-alaa suhteessa enemmän kuin tuhon paheneminen suurensi.

Ganchner ja Herrick (1982) esittävät kolmeen muuttujaan perustuvan robust-regressiomallin lehtinunnan aiheuttaman puuston arvon alenemisen ennustamiseen.

Gansner ja Herrick (1987) käyttävät sisäistä korkokantaa arvioitaessa lehtinunnatuhojen torjunnan kannattavuutta. Tuhoalueen keskimääräinen sisäinen korko kolmen vuoden jaksolla oli 0,6 ja vain lievästi vaurioituneilla puilla 3,4 prosenttia. Lievästi vaurioita kärsineiden puiden tilan oletetaan

kuvaavan tilannetta alueella, jos torjunta olisi tehty. Edellisen perusteella lasketaan, että seitsemän vuoden aikana torjunnalla voidaan säästää viidesosa puuston alkuperäisestä arvosta. Gottschalk (1990) on esittänyt yhteenvedon lehtinunnatuhojen taloudellisesta tutkimuksesta Yhdysvalloissa.

Stoakley (1977) käsittelee havununnan (*Panolis flammea*) tuhoja contortamännyn istutusalueella. Hehtaarikohtaisia tuhoja ja tuhojen torjunnan kannattavuutta arvioidaan eri tuho-oletuksilla (puusto kuoleminen tai kasvutappiot ja) ja tuhon torjunnan onnistumisoletuksilla.

Williams ja Shea (1982) esittävät tietokonesimulaatioon perustuvan tuholaihallintajärjestelmän kuusensilmumadolle (*Choristoneura fumiferana*). Mallin pääkomponentit ovat kuusensilmumadon ja sen parasiittien populaatiodynamiikan mallit, tuhofunktiot metsien tuotoille tai arvoille, tuhojen torjunnan tehokkuuden estimaatit ja taloudellinen viitekehys eri torjuntavaihtoehtojen hyöty-kustannusanalyysille. Mallilla simuloitiin mm. erilaisten tuohyönteistiheyksien vaikutuksia torjunnan kannattavuuteen.

Liebold ym. (1986) tarkastelevat nilurin (*Dendroctonus brevicomis*) aiheuttamien ponderosamännyn (*Ponderosa pine*) kuolemien taloudellisia vaikutuksia. Puuston kasvuun, kahteen kuolleisuusmalliin ja pelastushakkuiden tuottoihin perustuvan matemaattisen mallin avulla tehtiin laskelmia mm. päättehakkuuajankohdan, korkokannan ja kuolleisuuden keskittymisen (eli olivatko kuolleet puut jakautuneet tasaisesti vai sijatsevatko ne ryhmissä) vaikutuksista taloudelliseen tulokseen. Suurimmat tappiot syntyivät, kun käytettiin pääasiassa vallitsevan kerroksen puita ”tappavaa” kuolleisuusmallia, matalaa laskentakorkokantaa (3 %), aika tuhosta päätehakkuuseen oli pitkä ja puukuolemat olivat keskittyneet ryhmiin.

Rawat ym. (1986) esittävät mallin banksinmännyn silmumadon (*Choristoneura pinus*) banksinmännylle (*Pinus divaricata*) aiheuttamien tuhojen torjunnan optimointiin. Malli perustuu tuholaispopulaation kasvufunktioon, tuholaisatorjunnan onnistumisfunktioon, puuston tuhofunktioon, torjunnan kustannusfunktioon ja puuntuotantofunktioon. Esimerkkilaskelmien perusteella pääteltiin mm. että taloudellisesti on kannattavampaa siirtää tuhojen torjuntaa kuin tehdä se heti tuhojen alkaessa. Tu-

hojen torjunnan havaittiin lyhentävän kiertoaikaa, koska torjunnassa sitoutuu lisää pääomia puustoon. Laskelmat tehtiin tasaikäiselle männikölle ja oletuksena oli mm. yksi torjuntakerta kiertoaajalla.

Austarå ym. (1987) esittävät hehtaarikohtaisia tuloksia mäntypistiäistuhon taloudellisista vaikutuksista. Yhdeksän vuoden aikana kasvu aleni kolmanneksen, mistä seurasi kiertoaajan piteneminen kolmella vuodella. Korkoprosentilla 2 tästä seuraa 90-vuotiaassa metsikössä 3 560 ja vastaavasti 40-vuotiaassa 1 320 Norjan kruunun tappiot hehtaarille.

Edgen ja Hicks (1987) käsittelevät mittarimatojen aiheuttamien kolmena peräkkäisenä vuotena satuneiden tuhojen taloudellisia vaikutuksia. Tuhojen suuruudeksi he arvioivat 346 miljoonaa Yhdysvaltain dollaria.

Steinguer (1991) vertailee nettohyötyjen maksimointia kustannusten ja tappioiden minimointiin tuhojen torjunnan päätöksenteossa. Hän arvostelee kustannusten minimointia, koska sillä saadaan selville vain kustannustehokkuus, mutta ei välttämättä taloudellista tehokkuutta. Nettohyötyjä maksimoitaessa negatiiviset hyödyt ovat signaali torjunnan kannattamattomuudesta.

3.4 Yhteiskunnan sosio-ekonominen kehitys ja tuhojen torjunta

Metsätaloudessa suhtautuminen kemialliseen tuholaisien torjuntaan on muuttunut nopeasti tiedon lisääntymisen ja yhteiskunnan kehityksen myötä. Metcalfin (1980) mukaan nykyaikaisen tuohyönteistorjunnan vaiheet jakautuvat kolmeen aikakautteen. Ensimmäinen aikakausi (1946–1962) oli Optimismin aikakausi. Silloin uskottiin, että tuholaismyrkyillä, etenkin DDT:llä, voidaan aikaansaada ”lopullinen ratkaisu” metsien tuholaisongelmaan. Tuon ajan tuholaisien torjunnan kannattavuutta käsittelevät tutkimukset keskittyivät ensisijassa etsimään tehokkainta seossuhdetta ja edullisinta tapaa levittää DDT:tä tuholaisien vaivaamaan metsään. Toinen aikakausi (1962–1976) on Epäilyn aikakausi. Tällöin nousivat hyönteismyrkkujen sivuvaikutukset esiin, mikä johti lopulta laajavaikutteisten myrkkujen välttämiseen metsien tuholaisien torjunnassa. Kolmas aikakausi (1976–) on Metcalfin mukaan

IPM:n aikakausi, jota leimaa pyrkimys hyönteisten kontrolloimiseen ilman myrkkäjä eli feromoniansoilla, taudeilla, pedoilla, loisilla ym. biologisen torjunnan keinoilla.

Dahlsten ja Dreistadt (1991) jatkavat Metcalfin aloittamaa aikakausisarjaa Kestävyyden aikakaudella, jota kuvastaa huoli kestävän tuotannon ja elämän jatkuvuudesta planeetalla. Nyt meneillään olevaa aikakautta voidaan kutsua myös Ympäristö-aikakaudeksi, jota kuvaa erilaisten aktivistien ja kansalaisjärjestöjen tyytymättömyys asiantuntijoiden ja instituutioiden ympäristöä koskeviin päätöksiin. Aikakaudelle on luonteenomaista myös luonnonsuojelulainsäädännön lisääntyminen, mikä takia Dahlsten ja Dreistadt pelkäävät seuraavan aikauden olevan Asianajajien aikakausi.

Edellä esitetyt aikakaudet perustuvat tilanteeseen Yhdysvalloissa. Aikakaudet ovat seurausta sosiologisesta ja poliittisesta ympäristöstä, ja ne ovat todennäköisesti löydettävissä kaikista kehittyneistä maista ja tulevat kehityksen mukana vastaan myös vähemmän kehittyneissä maissa. Kehittyneissä maissa on käytännössä luovuttu laajaspektristen myrkkäjen käytöstä tuholaisten torjunnassa. Käytössä olevia torjuntakeinoja ovat ennalta ehkäisy ja tuholaisten luontaisten vihollisten ja tautien sekä käyttäytymistä ja kasvua säätelevien hormonien käyttö.

3.5 Tuhojen torjunta eräillä havumetsävyöhykkeen alueilla

Suomi ja muut Pohjoismaat

Suomessa hyönteistuhojen torjunnan lähtökohta on hyvään metsien hoitoon ja tuholaisten lisääntymismahdollisuuksien rajoittamiseen perustuva ennalta ehkäisy (esim. Metsänterveysopas 1988, Hannehus ym. 1989, Tapion taskukirja 1991).

Puutavaran tuonnin valvonnalla estetään vierasperäisten tuholaisten maihinnousu. Kaarnakuoriaistuhojen (*Tomicus* spp. ja *Ips typhographus*) käytännössä ainoa torjuntakeino on pitää niiden lisääntymiseen sopivan puutavaran määrä mahdollisimman pienenä ja huolehtia puuston elinvoimaisuudesta. Tämä asettaa omat vaatimuksensa puutavaran varastoinnille, hakkuiden ajoitukselle ja tuu-

lenkaatopuiden korjuulle. Ruskomäntypistiäistä (*Neodiprion sertifer*) on torjuttu onnistuneesti sen luontaisella taudinaiheuttajalla monisärmiöviruksella ja tukkimiehintäitä istutustaimien torjunta-ainekäsittelyllä.

Norjassa kirjanpainajan torjunnassa feromoniansoilla on ollut keskeinen tehtävä (Bakke 1991). Vuosina 1979–1981 sijoitettiin maastoon yhteensä 1 720 000 feromoniansaa, joilla saatiin arviolta 9,5 miljardia kirjanpainajaa. Ansojen ohella tuhohen leviämistä torjuttiin hakkuilla. Torjunnan kokonaiskustannukset olivat 90 miljoonaa Norjan kruunua. Jatkossa tuhoja pyritään vähentämään lisäämällä yli-ikäisten kuusikoiden hakkuita ja kieltämällä kuorellisen puutavaran varastointi metsässä kesä- ja heinäkuussa.

Tanskassa on jouduttu torjumaan havununnan (*Lymantria monacha*) tuhoja (Jensen 1991). Tuhoja torjuttiin 1970-luvun alussa kemiallisilla torjunta-aineilla, mutta kielteisten ympäristövaikutusten takia niiden käytöstä on luovuttu. Havununnan biologisen torjunnan kokeilut samaan aikaan eivät tuottaneet toivottua tulosta. Ympäristökijät huomioon ottaen parhaisiin tuloksiin on päästy toukkiin kasvuun säätelevän keinotekoisien kasvuhormonien avulla. Havununnan integroitu torjunta perustuu naarasperhosten esiintymistiheyden perusteella tehtäville torjuntapäätöksille.

Suomessa Saarenmaa (1992) on käsitellyt integroitua tuhonaiheuttajien hallintaa päätöksentekoa tukevien tietojärjestelmien kannalta.

Saksa

Saksassa metsätuhojen torjunta perustuu ensisijassa metsähygieniaan (Bombosch 1991). Torjunnan peruselementit ovat puulajivalinta kasvupaikan mukaan, luontaisen uudistamisen suosiminen, puulajisekoitukset, eri-ikäisyys, puun elinvoimaa ja laatua edistävät toimenpiteet ja harvennushakkuut. Lisäksi huomiota kiinnitetään puutavaran varastointiin.

Pohjois-Amerikka

Yhdysvalloissa tuholaistorjunta on perustunut liian lyhyellä varoitusaikalla tehtyyn kriisinhallintaan,

eräänlaiseen palokunta-ajatteluun. Tuhojen hallinnassa tulisi omaksua "Look-ahead"-ajattelutapa ja integroida IPM muuhun metsätalouden suunnitteluun (Waters ja Stark 1980).

Pohjois-Amerikassa esiintyi 1970-luvun alussa laajoja metsätuhoja, joiden aiheuttajina olivat mm. lehtinunna (*Lymantria dispar*), douglaskuusen tupsutoukkakehrääjä (*Orgyia pseudotsuga*), kuusen silmukääriäinen (*Choristoneura fumiferana*) ja nilurien sukuun kuuluvat kaarnakuoriaiset (*Dendroctonus* spp.). Tuhojen seurauksena tutkimuksen rahoitusta lisättiin ja tutkimus- ja kehitysohjelmilla pyrittiin luomaan tehokas metsiensuojelujärjestelmä. Lisärahoitus poiki runsaasti tutkimusraportteja, mutta tavoitteita ei kuitenkaan saavutettu. Knaeuerin (1991) mukaan syitä epäonnistumiseen olivat mm. liian suuret odotukset, metsien suojelun kokonaisnäkömyksen puute, käytännön sovellutusten jääminen puolitiehen, yksittäisten tutkimusten keskittyminen yhteen tuholaiseen ja metsien suojeluun kiinteästi liittyvän metsien hoidon jättäminen huomiotta.

Coulson ym. (1989) mukaan tutkimusohjelmat olivat onnistuneita tutkimusseikkailuja, jotka edesauttoivat IPM:n kehitystä ja lisäsivät dramaattisesti tietämystä hyönteisistä. Sen sijaan tutkimusten vaikutukset käytännön tasolla jäivät vähäisiksi. Koska merkittävä osa tiedoista jäi käyttämättä päätöksenteossa ja ongelmien ratkaisussa, siirtyi painotus tuhojen hallinnassa tutkimus- ja kehitystyöstä tiedon käytön parantamiseen eli mm. tietokonepohjaisten asiantuntijajärjestelmien luomiseen.

Kanadan Brittiläisessä Kolumbiassa tuhojen torjunta perustuu vuosittain tehtäviin tuhoarviointeihin. Yksitoista metsänvartijaa kiertää alueen metsiä toukokuusta lokakuuhun ja kerää tietoja tuhotilanteesta mm. maasto- ja ilmahavainnoilla, tuohyönteisten munien laskennalla ja feromoniansoilla (McLean 1994).

Laajat istutustaimikot

Uudessa-Seelannissa ja Australiassa havupuutavaran hankinta perustuu paljolti vierasta alkuperää oleviin istutusmetsiin. Laajat samanikäiset samaa puulajia olevat metsiköt ovat luonnonmetsiä herkempiä hyönteistuhoilta. Metsiin tehtyjen inves-

tointien turvaamisen takia tuhojen torjunta istutusmetsissä on taloudellisesti perustellumpaa kuin lähes luonnontilaisissa metsissä. Tuhoja torjutaan mm. ennalta ehkäisevällä metsänhoidolla, biologisella torjunnalla sekä hakkuilla (Haugen 1990). Tuhoja aiheuttavat pääasiassa muilta mantereilta ihmisen mukana kulkeutuneet "tuontituholaiset". Tilanne Skotlannissa on paljolti samanlainen kuin Australiassa ja Uudessa-Seelannissa (Stoakley 1977, Evans ym. 1991, Watt ym. 1991).

4 Loppupäätelmät

Vaikka sekä metsähyönteisten että metsien taloustieteellisellä tutkimuksella on Suomessa pitkät perinteet, ei hyönteistuhojen varsinaisia taloudellisia vaikutuksia ole juurikaan tutkittu. Myös vaikutuksiltaan hyönteistuhoihin rinnastettavien sienituhojen taloudellisen merkityksen tutkimus on ollut vähäistä. Muissakin Pohjoismaissa tuhojen taloudellinen analyysi on jäänyt vähälle. Tuhojen taloudellisia merkityksiä on lähinnä arvailtu (esim. Eidmann ja Klingström 1976, Metsänterveysopas 1988).

Osasy hyönteistuhojen taloudellisen tutkimuksen vähäisyyteen Pohjoismaissa lienee, että niissä on vältytty todella pahoilta hyönteistuhoilta talousmetsissä. Viimeksi laajoja tuhoja on esiintynyt Norjan ja Ruotsin eteläosissa 1970-luvun loppupuolella, joissa myrskyn ja suotuisten sääolosuhteiden seurauksena kirjanpainajat (*Ips typhographus*) lisääntyivät voimakkaasti ja aiheuttivat laajoja tuhoja vanhoissa kuusimetsissä.

Suomessa valtaosa hyönteistuhouista on lieviä kasvutappioita. Metsien yleiskunnosta huolehtiminen ja paikalliset torjuntatoimenpiteet ovat riittäneet pitämään kotoiset tuholaiset kurissa. Pohjoinen ilmasto on omiaan ehkäisemään esimerkiksi Keski-Euroopassa laajoja tuhoja aiheuttavien havununnan (*Lymantria monacha*) ja kuusenkudospistiäisen (*Cephalcia abietis*) joukkoesiintymiset.

Vaikka hyönteistuhouista ei Suomessa olekaan ollut samanlaista vaivaa kuin Pohjois-Amerikassa ja Keski-Euroopassa, on tuhojen taloudelliseen analyysiin kiinnitettävä enemmän huomiota. Jo ny-

kyisten tuhojen oikeudenmukainen korvauskäsitteily edellyttää parempaa tietoa niiden taloudellisista vaikutuksista. Tulevaisuudessa muun muassa puuston ikääntyminen ja ympärivuotinen puunkorjuu sekä mahdollisesti ilmaston lämpeneminen lisäävät tuhoriskiä.

Suomi ja Skandinavia ovat tuhohyönteisten ja metsätalouden harjoittamisen kannalta oma alueensa. Muualla tehdyt tutkimukset auttavat lähinnä sopivimpien tutkimusmenetelmien löytymistä ja kehittämistä. Suomessa metsätuhojen valtakunnallinen seuranta on lähtenyt käyntiin ja ensimmäiset taloudelliseen analyysiin soveltuvat ytimennävertäjä- ja mäntypistiäistuhoina-aineistojen mittaukset saadaan loppuun 1994. Ne luovat perusedellytykset hyönteistuhojen taloudelliselle analyysille.

Kirjallisuus

- Alfaro, R. 1991. Damage assesment and integrated pest management of forest defoliators. *Forest Ecology and Management* 39(1-4): 275-282. ISSN 0378-1127.
- Austarå, Ø., Orlund, A., Svendsrud, A. & Veidahl, A. 1987. Growth loss and economic consequences following two years defoliation of *Pinus sylvestris* by pine sawfly *Neodiprion sertifer* in West Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1987(2):111-119. ISSN 0282-7581
- Bakke, A. 1991. Socioeconomic aspects of an integrated pest management program in Norway. *Forest Ecology and Management* 39(1-4): 299-304. ISSN 0378-1127.
- Bombosch, S. 1991. On the development of IPM in Germany. *Forest Ecology and Management* 39(1-4): 15-18. ISSN 0378-1127.
- Coulson, R., Saunders, M., Loh, D., Oliveira, F., Drummond, D., Barry, P. & Swain, K. 1989. Knowledge system environment for integrated pest management in forest landscapes: The southern pine beetle (Coleoptera: Scolytidae). *Bulletin of the entomological society of America* 34: 26-32.
- Dahlsten, D. & Dreistadt, S. 1991. Forest pest management sociopolitics. *Forest Ecology and Management* 39(1-4): 289-298. ISSN 0378-1127.
- Eidmann, H. & Klingström, A. 1976. Skadegörare i skogen. Borås 1976. 288 s. ISBN 91-36-00269-0.
- Etgen, R. & Hicks, R., Jr. 1987. Impact of looper defoliation: a case study in West Virginia. *Northern Journal of Applied Forestry* 4(4): 201-204.
- Evans, H., Stoakley, J., Leather, S. & Watt, A. 1991. Development of an integrated approach to control of pine beauty moth in Scotland. *Forest Ecology and Management* 39(1-4): 19-28. ISSN 0378-1127.
- Forest condition in Europe. 1992. United Nations Economic Commission for Europe. Report 1992.
- Gansner, D. & Herrick, O. 1982. Predicting the rate of change in timber value for forest stands infested with gypsy moth. Northeastern Forest Experiment Station, USDA Forest Service, Research Note NE-RN-311. 3 s.
- & Herrick, O. 1987. Estimating the benefits of gypsy moth control on timberland. Northeastern Forest Experiment Station, USDA Forest Service, Research Note NE-RN-337. 3 s.
- Glass, E. 1975. Integrated pest management: rational, potential, needs and implementation. *Entomological Society of America, Spec. Publ.* 752. 141 s.
- Gottschalk, K. 1990. Economic evaluation of gypsy moth damage in the United States of America. *Proc. IUFRO, Montreal, Canada. XIX World Congress, August 5-11, 1990. Division 4:235-246.*
- Hannelius, S., Leikola, M. & Tuimala, A. 1991. Metsäkirja. s. 288-299. ISBN 951-0-14677-3.
- Haugen, D. & Underdown, M. 1990. *Sirex noctilio* control program in response to the 1987 Green Triangle outbreak. *Australian Forestry* 53(1): 33-40.
- Herrick, O. 1981. Forest pest management economics - application to the gypsy moth. *Forest Science* 1981(1): 128-138.
- Jensen, T. 1991. Integrated pest management of the nun moth *Lymantria monacha* (Lepidoptera, Lymantriidea), in Denmark. *Forest Ecology and Management* 39(1-4): 29-46. ISSN 0378-1127.
- Knauer, K. 1991. Government policy and integrated pest management. *Forest Ecology and Management* 39(1-4): 305-308. ISSN 0378-1127.
- Laki hyönteis- ja sienituhojen torjunnasta. 8.2.1991/263 HE 110/90.
- Leuschner, W. & Berck, P. 1985a. Impact on forest uses and values. *Julkaisussa: Waters, W., Stark, R. & Wood, D. (toim.). Integrated pest management in pine bark beetle ecosystems. Wiley Interscience, New York. s. 106-120. ISBN 471-05328-7.*
- & Berck, P. 1985b. Decision analysis. *Julkaisussa: Waters, W., Stark, R. & Wood, D. (toim.). Integrated pest management in pine bark beetle ecosystems. Wiley Interscience, New York. s. 177-189. ISBN 471-05328-7.*
- Liebold, A., Berck, P., Williams, N., & Wood, D. 1986. Estimating and valuing western pine beetle impacts.

- Forest Science 32(2): 325–338.
- Lipponen, K., Väkevää, J., Blauberg, K., Koskimäki, A., Ranta, R. & Kinnunen, S. 1993. Metsätuhot metsälautakuntien alueella 1992. Metsäntutkimuslaitos, tietohallintoyksikkö. Moniste.
- , Väkevää, J., Laamanen, R., Leskinen, J., Minkkinen, I., Kandelin, T., Kemppe, E. & Siira, J. 1993. Metsätuhot metsähallituksen hoitoalueissa v. 1991. Metsäntutkimuslaitos, tietohallintoyksikkö. Moniste.
- Maatilatalouden verotuksen käsikirja 1990. Verohallituksen julkaisu 527. ISBN 951-861-999-9.
- McCay, R. & White, W. 1973. Economic analysis of the gypsy moth problem in the northeast. I Applied to commercial forest stands. Northeastern Forest Experiment Station, USDA Forest Service, Research Paper NE-RP-275. 9 s.
- McLean, J. 1994. IPM in the forests of British Columbia, Canada. Forest Ecology and Management 65: 3–9. ISSN 0378-1127.
- Metcalf, R. 1980. Changing role of insecticides in crop protection. Annual Review of Entomology 22: 219–256.
- Metsänterveysopas. 1988. Vaasa 1988. 167 s. ISBN 951-9176-34-9.
- Mumford, J. & Norton, G. 1984. Economics of decision making in pest management. Annual Review of Entomology 29: 157–174. ISBN 0-8243-0129-3.
- Principles of plant and animal pest control. 1969. Vol. 3: Insect-pest management and control. National Academy of Sciences of the U.S.A. 508 s.
- Rawat, J., Belli, K., Smith, S. & Nautiyal, J.C. 1987. Pest and timber management model: jack pine budworm and jack pine. Canadian Journal of Agricultural Economics 35(2): 441–461.
- Saarenmaa, H. 1992. Integrated pest management in forest and information technology. Journal of Applied Entomology 114: 321–332. ISSN 0931-2048.
- Stern, V. 1973. Economic thresholds. Annual Review of Entomology 18: 259–280. ISBN 0-8234-0118-8.
- Steiguer, J. de. 1991. Comparison of economic criteria for optimal forest damage control. USDA, Southeastern Forest Experiment Station, Research Note SE-362. 3 s.
- Stoakley, J. 1977. A severe outbreak of the pine beauty moth on lodgepole pine in Sutherland. Scottish Forestry 31(2): 113–125.
- Talerico, R., Newton, C. & Valentine, H. 1978. Pest-control decisions by decision-tree analysis. Journal of Forestry 1978(1):16–19.
- Tapion taskukirja. 1991. Metsäkeskus Tapion julkaisu. 21. uudistettu painos. s. 100–106. ISBN 952-90-2711-7.
- Tiihonen, P. 1971. Ruskean mäntypistiäisen (N. sertifer Geofor.) tuhojen vaikutuksesta männiköiden kasvuun Etelä-Pohjanmaalla, Pohjois-Satakunnassa ja Länsi-Uudellamaalla vuosina 1960–1967. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 71(3).
- Waters, W. & Cowling, E. 1976. Integrated forest pest management: A silvicultural necessity. Julkaisussa: Apple, J. & Smith, R. (toim.). Integrated pest management. Plenum Press, New York.
- & Stark, R. 1980. Forest pest management: Concept and reality. Annual Review of Entomology 25: 479–509. ISBN 0-8243-0125-0.
- , Stark, R. & Wood, D. (toim.). 1985. Integrated pest management in pine bark beetle ecosystems. Wiley Interscience, New York. s. 121–139. ISBN 0 471-05328-7.
- Watt, A., Leather, S. & Evans, H. 1991. Outbreaks of the pine beauty moth on pine in Scotland: Influence of host plant species and site factors. Forest Ecology and Management 39(1–4): 211–222. ISSN 0378-1127.
- Williams, C. Jr. & Shea, P. 1982. Computer simulation for integrated pest management of spruce budworms. USDA, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Research Paper PSW-159. 11 s.
- Yli-Kojola, H. 1994. Tuhojen esiintyminen Etelä-Suomen metsissä VMI:n tulosten mukaan. Julkaisussa: Mälkönen, E. & Elomaa, S. (toim.). Metsien elinvoimaisuus. Metsäntutkimuspäivä Vantaalla 1993. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 492: 17–22.

46 viitettä