



Eläintautiriskien ekonomiaa

Jarkko K. Niemi



MTT:n selvityksiä 12
39 s.

Eläintautiriskien ekonomiaa

Jarkko K. Niemi

ISBN 951-729-696-7 (Painettu)
ISBN 951-729-697-5 (Verkkajulkaisu)
ISSN 1458-509X (Painettu)
ISSN 1458-5103 (Verkkajulkaisu)

www.mtt.fi/mtts

Copyright

MTT

Jarkko K. Niemi

Julkaisija ja kustantaja

MTT Taloustutkimus, Luutnantintie 13, 00410 Helsinki

www.mtt.fi/mttl

Jakelu ja myynti

MTT Taloustutkimus, Luutnantintie 13, 00410 Helsinki

Puhelin (09) 504 471, telekopio (09) 563 1164

sähköposti julkaisut@mtt.fi

Julkaisuvuosi

2002

Painopaikka

Data Com Finland Oy

Eläntautiriskien ekonomiaa

Jarkko K. Niemi

MTT Taloustutkimus, Luutnantintie 13, 00410 Helsinki, jarkko.niemi@mtt.fi

Tiivistelmä

Eläntautipurkaukset ja niiden esiintymiseen liittyvä riski aiheuttavat kotieläintuottajille kustannuksia. Siten Suomen eläntautitilanne vaikuttaa kotimaisen elintarviketuotannon kilpailukykyyn. Lisäksi viimeaikaiset eläntautikriisit ovat lisänneet kuluttajien mielenkiintoa eläinten terveyteen. Samalla on lisääntynyt taloudellisen tiedon tarve eläntautiriskien hallinnasta. Tämän raportin tavoitteena onkin luoda katsaus eläinten terveystaloustieteessä käytettyyn teoreettiseen taustaan ja niihin tutkimusmenetelmiin, jotka soveltuvat eläntautien talousriskien tutkimiseen Suomessa.

Eläntaudit voidaan jakaa yleisyytensä perusteella endeemisiin ja eksoottisiin eläintauteihin. Endeemiset taudit nostavat maatalouden tuotantokustannuksia, joten tehokkaasti toimivilla markkinoilla ne voivat heikentää kuluttajien hyvinvointia. Myös eksoottiset eläntaudit voivat korottaa tuotantokustannuksia. Niiden merkittävin taloudellinen vaikutus liittyy kuitenkin yleensä taudin aiheuttamaan kysyntä- tai tarjontashokkiin, joka voi vaikuttaa positiivisesti tai negatiivisesti sekä tuottajien että kuluttajien hyvinvointiin. Eläntautiriskien hallintaan liittyykin moraalisia ongelmia, sillä kaikilla ryhmittymillä ei välttämättä ole taloudellista kannustinta tautiriskin torjumiseksi.

Stokastinen simulointi soveltuu eläntautiriskien mallintamiseen, sillä taudin vaikutukset voivat vaihdella huomattavasti. Eläntautien vaikutukset ilmenevät tilatasolla, minkä vuoksi tautiriskien hallintaa on tärkeää analysoida sekä tapauskohtaisesti että toimialan kannalta. Lisäksi eläntautiriskien hallinnassa taudin leviämisestä ajan kuluessa saatava tieto voi olla arvokasta, mikä kannustaa dynaamiseen mallintamiseen.

Eläntautiriskien hallinnassa päätökset on usein tehtävä ennen kuin tauti on levinnyt tilalle. Riskin hallinnan tueksi tarvitaankin päätöksentekosääntöjä, jotka sopeutuvat tautitilanteen muuttumiseen. Lisäinformaation merkityksen huomioivia tutkimusmenetelmiä, kuten dynaamista ohjelmointia on käytetty endeemisten eläntautien aiheuttamien riskien tutkimiseen, mutta eksoottisten eläntautien kohdalla tällaiset sovellukset tekevät vasta tuloaan.

Asiasanat: eläntaudit, riskienhallinta, taloudellisuus, taloudelliset mallit, dynaamisuus, optimointi

Economics of animal health and animal disease related risks

Jarkko K. Niemi

MTT Economic Research, Agrifood Research Finland, Luutnantintie 13, FIN-00410 Helsinki, Finland,
jarkko.niemi@mtt.fi

Abstract

Animal health economics is a rather new but increasingly important area of agricultural economics. This report describes most common methods and underlying economic theory that are used to study animal health related economics problems. Furthermore, the paper aims at developing background for a model that can be used to model economics of contagious animal diseases in Finland.

Animal health disorders often cause losses for producers, consumers and society. Direct losses due to an animal disease are borne by factors such as decreased production efficiency, measures applied to cure the animal or eradicate the disease, or lost value of animal. On the other hand, indirect losses can be borne by market failures when restrictions on international trade are forced or risk management procedures are applied. Consequently, animal diseases may have both negative and positive economic effects on interest group in question. This raises moral hazard, since all the individuals may not have incentives to apply risk management measures properly

Contagious animal diseases involve a great deal of variation due to random behaviour of disease agents. Therefore, is stochastic and dynamic simulation a flexible approach for modelling contagious animal diseases. The method involves solving the problem numerically with method such as Monte Carlo Markov Chain simulation. Furthermore, animals, herds or fractions of them may be divided into classes corresponding their disease status and making the model empirically tractable. The model results ‘what if’-scenarios under certain constant disease control policy.

Risk management decisions for an animal disease are often made in advance when no information is available on future development of the disease. Economists would be able to define decision rules for risk managers such that both present and future decisions are optimal. Hence, the rules would adjust to current disease situation and would observe the value of additional information in decision making. Recently, some effort have been made to include such rules not only into endemic but also into exotic animal disease models.

Index words: animal diseases, risk management, cost-effectiveness, economic models, dynamics, optimisation

Sisällysluettelo

1	Johdanto	8
2	Eläintautiriskin ja sen hallinnan taloudellinen merkitys	10
2.1	Eläntaudit tilan tuotantoprosessissa	10
2.2	Tautitilanteen taloudellinen merkitys kuluttajalle ja tuottajalle	12
2.3	Eläntautien hyvinvointianalyysi	13
2.4	Panos-tuotos -matriisi	16
2.5	Eläintautiriskin havaitseminen	16
2.6	Epävarmuuden huomiointi päätöksenteossa	17
2.7	Eläintautiriskien hallinnasta	19
2.7.1	Esiintymistodennäköisyyden hallinta	19
2.7.2	Vakuutus	20
3	Tutkimusmenetelmät eläntautien taloustutkimuksessa	22
3.1	Mallintaminen eläntautien taloustutkimuksessa	22
3.2	Kustannusten ja hyötyjen määrittäminen	24
3.3	Markovin ketjut	25
3.4	Dynaaminen ohjelmointi	28
3.5	Hierarkkinen Markovin prosessi	29
3.6	Monte Carlo-simulointi	29
3.7	Asiantuntijamenetelmät	30
3.7.1	Syvähaastattelumenetelmistä	31
3.7.2	Conjoint-analyysi	31
3.7.3	ELI-menetelmä	32
4	Yhteenveto	33
	Kirjallisuus	36

Katsauksessa käytettyjä käsitteitä

OIE:n A-lista	Kansainvälisen eläintautijärjestön (OIE) lista niistä tarttuvista eläintaukeista, jotka voivat levitä hyvin nopeasti jopa maan rajojen yli ja joilla on mittavia sosiaalis-taloudellisia tai yleiseen terveyteen liittyviä seurauksia. A-listan taudeilla on merkittävä vaikutus eläinten tai eläinperäisten tuotteiden kansainväliseen kauppaan.
Disseminaatioaste	Mittari, joka kuvaa taudin leviämiskykyä muihin karjoihin. Disseminaatioaste kertoo, kuinka suuri osuus sairastuneista karjoista tartuttaa viruksen toiseen karjaan.
Eläinten terveystaloustiede (Animal Health Economics)	Maatalousekonomian osa-alue, joka tarkastelee eläinten terveyden ja sen muutosten taloudellisia vaikutuksia. Eläintautien ja niiden hallinnan talous on eläinten terveystaloustieteen keskeinen osa-alue.
Eläintauti	Ne infektion aiheuttamat vaikutukset (oireet), jotka heikentävät eläimen hyvinvointia.
Endeeminen eläintauti	Eläintauti, jota esiintyy jatkuvasti tietyssä eläinpopulaatiossa tai tietyllä maantieteellisellä alueella.
Eksoottinen eläintauti	Eläintauti, jota ei esiinny Suomessa lukuunottamatta satunnaisia ja harvoin esiintyviä taudinpurkauksia. Tässä katsauksessa eksoottisilla eläintaudella tarkoitetaan OIE:n A-listalla esiintyviä tauteja.
Hätärokotus (emergency vaccination)	Rokotuskampanja, jossa sairastunut eläin tai karja ja sen lähellä olevat eläimet/karjat rokotetaan tautia vastaan. Kampanjan tavoitteena on estää taudin leviäminen laajemmalle. Yleensä rokotetut eläimet hävitetään taudin leviämisen loputtua.
Infektio	Taudinaiheuttajan (parasiitin) esiintyminen isännässään (eläimessä). Infektion seurauksena eläin voi sairastua tautiin.

Office international des Epizooties (OIE)

Kansainvälinen eläinterveysjärjestö, jonka tehtävänä on mm. maailmanlaajuisesti turvata eläinterveystilanteen läpinäkyvyys, kerätä, analysoida ja tuottaa eläinlääkinnällistä tieteellistä tietoa, tuottaa asiantuntijoita, edistää kansainvälistä solidariteettia eläintautien hallinnassa sekä taata kansainvälisen kaupan sanitaarinen turvallisuus eläimiä ja eläinperäisiä tuotteita koskevien sanitaaristen sääntöjen avulla.

Prevalenssi

Tautitapausten tai tautipurkausten kokonaismäärä herässä populaatiossa tietyssä hetkenä ja tietyllä alueella.

Riski

Tässä katsauksessa riski käsitetään tietyn epäsuotuisan tapahtuman esiintymistodennäköisyyden ja sen odotettavissa olevan seurauksen yhteisvaikutuksena.

Stamping out-strategia

Stamping out-strategialla tarkoitetaan sitä, että tartunnan saaneet eläimet ja eläimet, joiden epäillään saaneen tartunnan, hävitetään tavoitteena eläintaudin hävittäminen tietyltä alueelta.

Valmiussuunnitelma

Viranomaisten ennakoon laatima toimintasuunnitelma tilanteesta, jossa Suomeen on levinnyt sellainen eläintauti, jonka leviämistä halutaan vastustaa. Suomessa valmiussuunnitelmat koskevat sikaruttoa (sika), suu- ja sorkkatautia (naudat, lampaat, vuohet ja siat) ja newcastlen tautia (siipikarja). Valmiussuunnitelmat perustuvat EU:n direktiivin asettamiin vaatimuksiin näiden tautien vastustamisesta.

Zoonoosi

Tauti, jonka aiheuttaja leviää ihmisten ja selkärankaisten eläinten välillä.

SPS-sopimus

Maailman kauppajärjestön (WTO) jäsenmaiden sopimus säännöistä sille, miten jäsenmaat voivat kansainvälisessä kaupassa turvata ihmisten, eläinten ja kasvien terveyden. Sopimus antaa jäsenmaille oikeuden asettaa omia sääntöjä, jotka ovat tieteellisesti perusteltavissa ja oikeudenmukaisia.

1 Johdanto¹

Eläintautipurkaukset ja niiden esiintymiseen liittyvä riski aiheuttavat kotieläintuottajille kustannuksia. Usein eläinterveyttä parantavien ohjelmien tavoitteena onkin parantaa kotieläintuotannon tehokkuutta ja alentaa yksikkötuotantokustannusta. Tilatasolla viime vuosikymmenten muutokset maatalouden kannattavuudessa ja tilakoon kasvu ovat kuitenkin vaikuttaneet todennäköisesti siten, että eläintautien vaikutus maataloustuottajan tuloihin on lisääntynyt. Lisäksi kuluttajia kiinnostaa eläinten kohtelu ja terveys (vrt. Latvala 2001) sekä elintarvikkeiden turvallisuus (Peltola ym. 2001). Tästä on saatu viitteitä myös viimeaikaisten eläintautikriisien myötä. Siten eläinten tautitilanne Suomessa voi vaikuttaa kotimaisten elintarvikkeiden kulutukseen ja suomalaisen elintarviketalouden kilpailukykyyn.

Kansainvälistä kauppaa rajoittavien määräysten lieventäminen viime vuosikymmeninä on antanut entistä laajemmat mahdollisuudet eläinten ja niistä saatavien elintarvikkeiden liikkumiselle. Samalla ovat kuitenkin lisääntyneet myös infektion leviämisen mahdollistavat kanavat ja mahdollisten tautiepidemioiden merkitys elintarvikeketjussa. Eläinten ja kasvien terveysvaatimusten merkitys kansainvälisen kaupan rajoittamiskeinona onkin monissa maissa korostunut, kun yhteisistä pelisäännöistä on sovittu mm. Maailman kauppajärjestön (WTO) SPS-sopimuksessa. Näiden sopimusten perusteella erittäin herkästi leviävät eläntaudit antavat tuojamaille mahdollisuuden rajoittaa eläinperäisten tuotteiden tuontia tautialueelta (OIE 2001, WTO 2001). Tällä voi olla merkitystä siihen, kuinka paljon yksittäisen tilan toimenpiteet vaikuttavat muiden maatilojen tuloihin ja toimintaan (ns. ulkoisvaikutukset). Eläintautien huolellinen ja koordinoitu hallinta ja sen taloudellinen tehokkuus onkin yksittäisen maataloustuottajan kannalta entistä tärkeämpää. Taloudelliset kannustimet tautiriskin hallintaan kuitenkin vaihtelevat tilakohtaisesti, joten tautiriskien hallinnan tehostamiseen liittyy epäsymmetristä tietoa ja moraalisia ongelmia.

Eläntaudin aiheuttamien taloudellisten tappioiden suuruuteen vaikuttavat keskeisesti taudin tyyppi, tarkasteltava eläinlaji ja tarkasteltava talouden taso. Eläintaudeille on ominaista se, että eläntaudin leviäminen ja sen aiheuttamat seuraukset ovat yksilöllisiä ja että niihin liittyy runsaasti epävarmuutta. Eläintautien aiheuttamia tappioita tarkasteltaessa voidaan kuitenkin erottaa kaksi tautiryhmää: endeemiset ja eksoottiset eläntaudit. Endeemiset eläntaudit ovat tietylle alueella ominaisia ja niitä esiintyy jatkuvasti alueen eläinpopulaatiossa (Suomessa esim. porsasyskä). Sen sijaan eksoottisia eläintauteja ei esiinny alueen eläinpopulaatiossa lukuun ottamatta satunnaisia epidemioita (Suomessa esim. suu- ja sorkkatauti). Eksoottisten

¹ Tämä kirjallisuuskatsaus on laadittu maa- ja metsätalousministeriön rahoittaman esitutkimuksen ”Eläintautien talous Suomessa” yhteydessä. Kirjoittaja kiittää Kansainvälisen vaihdon keskus CIMO:a taloudellisesta tuesta, professori Kyösti Pietolaa MTT taloustutkimuksesta rakentavista kommentteista ja aihealueen ideoinnista sekä professori Riitta Maijalaa, ELT Eero Rautiaista ja ELL Heidi Rosengrenia Eläinlääkintä- ja elintarviketutkimuslaitoksesta käsikirjoituksen kommentoinnista. Lisäksi erityiskiitokset Wageningenin maatalousyliopiston Farm Management Groupin tutkijoille opastuksesta eläintautien taloustutkimuksessa käytettyihin tutkimusmenetelmiin.

eläntautien ennalta ehkäisyyn saatetaan kuitenkin panostaa runsaasti, sillä yksittäisen tautitapauksen tai epidemian aiheuttamat taloudelliset menetykset voivat olla katastrofaalisia tarunnan saaneille tiloille ja koko elinkeinolle, ja usein myös suuremmat kuin yksittäisen endeemisen tautitapauksen aiheuttamat menetykset. Tässä katsauksessa käsitellään endeemisiä ja eksoottisia eläintauteja, mutta pääpaino on jälkimmäisessä tautiryhmässä.

Talousnäkökohtien huomioiminen epidemiologisen tiedon ohella tarjoaa siis entistä laajemman näkökulman päätettäessä eläintaudin ennalta ehkäisystä ja hallinnasta. Eläinten terveystaloustieteessä on haettu vastausta pääasiassa kolmeen eri aihepiiriin liittyvään ongelmaan. Näistä ensimmäisessä mitataan eläntautien aiheuttamia taloudellisia tappioita, toisessa optimoidaan päätöksentekoa tilanteissa, joissa yksittäinen eläin, karja tai eläinpopulaatio on saanut taudin ja kolmannessa lasketaan eläntautien ennaltaehkäisyn ja eläntautiriskien hallinnan kustannuksia ja hyötyjä. Menetelmällisesti eksoottisiin ja endeemisiin eläintauteihin keskittynyt tutkimus eroavat jonkin verran toisistaan. Eksoottisten eläntautien taloudellinen analyysi on keskittynyt toimialan tasolle ja hyödyntää determinististä tai stokastista mallintamista, sillä empiiristä aineistoa on usein niukasti ja taudin seuraukset ovat voimakkaita. Eläntautien vaikutukset (esimerkiksi vaikutus eläinten hyvinvointiin ja tuotannolliset ongelmat) ilmenevät kuitenkin tilatasolla, minkä vuoksi tautiriskien hallintaa on tärkeää analysoida sekä tilan että toimialan kannalta. Lisäksi eläntautiriskien hallinnassa taudin leviämisestä saatava tieto voi olla arvokasta, mikä kannustaa dynaamiseen mallintamiseen.

Tämän raportin tavoitteena on selvittää, miten eläintaudin taloudellisia vaikutuksia voidaan analysoida ja mitä taloudellisia näkökohtia eläntautien hallintaan liittyy. Raportissa kuvata pääpiirteissään keskeisimmät tutkimusmenetelmät, joita on käytetty analysoitaessa eläintauteihin liittyviä talousnäkökohtia. Tarkasteltavat menetelmät ja perusteoria ovat taloustieteissä tunnettuja, mutta eläinten terveystaloustieteeseen niitä on sovellettu vasta viime vuosina. Lisäksi tavoitteena on arvioida näiden menetelmien soveltuvuutta eläntautien talousnäkökohtiin liittyvien ongelmien arviointiin ja tutkimiseen suomalaisissa olosuhteissa.

Katsauksen alussa esitellään eläinten terveystaloustieteessä yleisimmin mainitut taloustieteen periaatteet. Tässä yhteydessä käsitellään myös epävarmuuden huomiointia päätöksenteossa ja tarkastellaan joitain tutkimustuloksia. Seuraavaksi tarkastellaan eläntautien taloustutkimuksessa käytettyjä tutkimusmenetelmiä ja lopuksi keskustellaan niiden käyttömahdollisuuksista Suomessa. Katsauksessa käytetään runsaasti hollantilaista kirjallisuutta, sillä Hollanti on johtavia maita eläinten terveystaloustieteeseen liittyvässä tutkimuksessa.

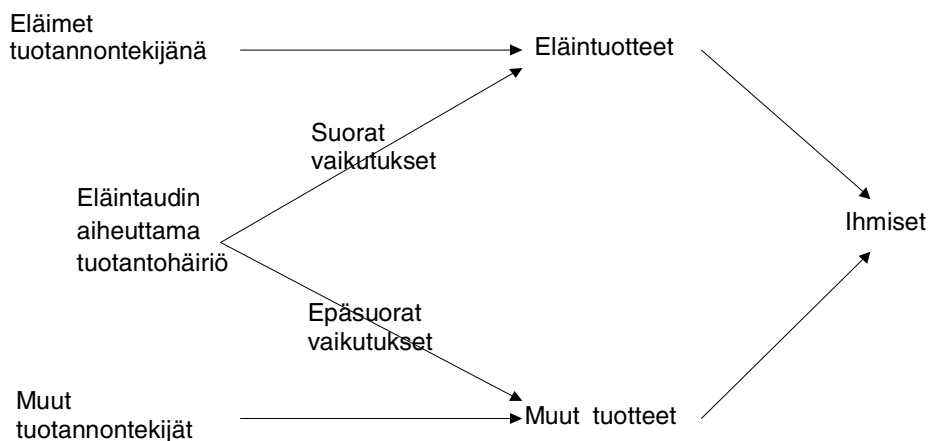
2 Eläintautiriskin ja sen hallinnan taloudellinen merkitys

2.1 Eläntaudit tilan tuotantoprosessissa

McInerneyn (1987) mukaan eläntaudit ovat epätoivottuja siksi, että tautien torjuntaan liittyy taloudellista toimintaa ja niiden aiheuttamat tappiot ovat ainakin osittain vältettävissä. Eläintaudin vaikutus maatalan tuotantoprosessiin voi olla joko suora (esimerkiksi tuotos laskee) tai välillinen (esimerkiksi rehuntuotantotarve lisääntyy) (Kuva 1). Jotkut eläntaudit vaikuttavat myös maatalan ulkopuolisiin tuotantoprosesseihin (Dijkhuizen ym. 1997a). Kun kyseessä on parasiitin, bakteerin tai viruksen aiheuttama tauti, taudinaiheuttaja kilpailee isäntänsä kanssa ravinteista. Taudinaiheuttaja vaikuttaa eläimen fysiologisiin prosesseihin ja voi heikentää eläimen tuottavuutta mm. lisäämällä rehun kulutusta, heikentämällä rehun sulavuutta tai alentamalla tuotantoa rehunkulutuksen säilyessä entisellä tasolla (Morris 1997). Lisäksi jotkut taudinaiheuttajat voivat tarttua ihmisiin aiheuttaen niillä taudin (zoonoosin).

Eläintautien aiheuttamista taloudellisista menetyksiä tärkeimpiä ovat tuotannon tehokkuuden heikkeneminen, eläimen teurasarvon aleneminen, tuotannontekijöiden käyttämättä jääminen tai menettäminen sekä tulomahdollisuuksien menetys (Dijkhuizen ym. 1997b). Etenkin eksoottisilla eläintaukeilla voi olla myös voimakkaita ulkoisvaikutuksia. Esimerkiksi suu- ja sorkkataudin saastuttaman materiaalin ja eläinten tuhoamisen lisäksi tautitila ja siellä olevat ihmiset voidaan asettaa karanteeniin, eläinkuljetukset tautialueella voidaan kieltää, ajoneuvot ja tarvikkeet desinfioida ja tuotteiden käytölle voidaan asettaa rajoituksia eläintautilain nojalla.

Talousteorian mukaan eläintautien hallintaan käytetään taloudellisesti optimaalinen määrä tuotantopanosta silloin, kun rajakustannus ja rajatuotto ovat yhtä suuret (equimarginal principle). Tällöin yksi eläintautien torjuntaan käytetty lisäeuro tuo yhden euron lisätulon. Koska eläinlääkintäpanoksen käytön lisäämisellä ei saada lisää voittoa vähenevän rajatuoton vallitessa, yrittäjän saama voitto maksimoituu. Tämä päätöskriteeri ei kuitenkaan huomioi riskin



Kuva 1. Eläntaudit tilan tuotantoprosessissa (Mc Inerney 1987).

aiheuttamaa kustannusta, vaan se suosii runsaasti epävarmuutta sisältäviä vaihtoehtoja. Tällä voi olla merkitystä etenkin eläintautiriskejä tutkittaessa.

Optimaalinen panostus eläintautien torjuntaan vaihtelee tila- ja tautikohtaisesti, sillä eläintaudin aiheuttamiin kustannuksiin vaikuttavat mm. tilan tuotantosuunta, karjan koko, ruokinta ja tuotantorakennusten kunto. Eläintautien merkitys vaihtelee tuotantosuunnittain mm. siksi, että joissain tuotantosuunnissa maataloustuottajan palkan ja pääomalle saatavan korvauksen osuus tuotosta on alhainen ja lääkintäkustannus on suhteellisesti mitaten suuri. Tällöin jo muutaman prosentin muutos eläinten terveydenhoitokustannuksissa voi vaikuttaa huomattavasti maataloustuottajan tuloihin. Lisäksi eläintaudin vastustamisesta saatava hyöty voi kohdistua samanaikaisesti useaan tautiin.

MTT taloustutkimuksen kannattavuuskirjanpitoon vuonna 1998 osallistuneilla kotieläintiloilla eläinten lääkintäkulut (mk/tila) olivat sikatalouteen erikoistuneilla tiloilla korkeammat kuin muissa tuotantosuunnissa (Taulukko 1). Sen sijaan eläinlääkärikulut olivat suurimmat maitotiloilla. Eläintä kohti laskettuna molemmat kulut olivat selvästi suurimmat maitotiloilla. Sikatiloilla lähes neljännes tuottajista lääkitsi eläimiään alle 186 eurolla ja neljänneksellä tiloista eläinlääkemenot olivat yli 1 303 euroa. Myös eläintä kohti laskettuna eläinten terveydenhoitomenot vaihtelivat eniten juuri sikatiloilla. Eläinten lääkintä- ja hoitokulu ei kuitenkaan kerro kaikkea tilan tautitilanteesta, sillä eläimiä voidaan lääkittää sekä sairautta hoidettaessa että sitä ennalta ehkäistäessä. Lisäksi tuotantosuuntien sisällä on tilakohtaisia eroja mm. eläinrakenteessa.

Eläintaudin aiheuttamilla kustannuksilla on myös ajallinen ulottuvuus, sillä taudin ennaltaehkäisystä saadaan hyöty pitkällä aikavälillä (Ebel ym. 1992). Tuotantofunktioita tarkasteltaessa huomataan, että taloudellisesti optimaalinen tuotanto sijaitsee samassa pisteessä, jossa rajatulo ja tuotettua yksikköä kohti laskettu keskimääräinen tulo ovat yhtä suuret. Esimerkiksi eläinten taloudellista pitoikää määritettäessä rajatulo alittaa tietyssä pisteessä keskimääräisen tulon. Jos eläin korvataan ennen taloudellisen pitoiän päättymistä vastaavalla nuorella

Taulukko 1. Alustavat keskiarvot eläinlääke- ja eläinlääkärikuluista kannattavuuskirjanpitoon osallistuneilla maito, lihakarja ja sikatiloilla sekä tilakohtaisten kulujen alhaisin ja korkein neljännes vuonna 1998.

Tuotantosuunta	maito	lihakarja	sika
Otoskoko	336	32	112
Lääkintäkulut €/tila	364	84	855
25 %	146	41	186
75 %	501	153	1303
€/eläin*	18	3	5
Eläinlääkärikulut €/tila	475	99	349
25 %	278	25	142
75 %	682	140	576
€/eläin*	24	3	3

*maitotiloilla €/lypsylehmä, lihakarjatiloiilla €/yli 1, nauta ja sikatiloilla €/yli 3 kk sika.

eläimellä, menetetään taudin vuoksi (vakavuudesta riippuen) tulomahdollisuuksia (eläimen korvaamisen vaihtoehtoiskustannus). Jos taas eläintä pidetään optimiin asti, saadaan lisäkorvausta (retention pay-off) verrattuna tilanteeseen, jossa eläin korvattaisiin heti vastaavalla uudella eläimellä. Esimerkiksi Jalvinghin (1993) mukaan maitotiloilla on emakkosikaloita paremmat mahdollisuudet vaikuttaa tuloihinsa taktisilla eläinten uudistuspäätöksillä. Tämä johtuu tuotantosuuntien välisistä eroista tuotannon toistuvuudessa (poikimisväli eri pituinen kuin porsimisväli) ja maidon kausihinnoittelusta. Poikimisajankohdan valinnalla onkin maidontuotannossa huomattava taloudellinen merkitys (Heikkilä 1999).

2.2 Tautitilanteen taloudellinen merkitys kuluttajalle ja tuottajalle

Pitkällä aikavälillä kysyntä ja tarjonta määräävät sen, kuinka paljon varoja taudin ehkäisemiseen tai hallintaan keskimäärin käytetään, sillä Suomessa esiintyvien eläintautien määrä ja laatu vaikuttavat maatalouden tuotantokustannuksiin. Yksittäinen maataloustuottaja voi hallita monien tilalla esiintyvien endeemisten tautien määrää ja siten vaikuttaa tilan tuotantokustannuksiin. Karjan tautitilanteesta riippuen tuottajalle voi kuitenkin aiheutua taudin lisääntymisestä enemmän tai vähemmän kustannuksia kuin mitä markkinahintoihin sisältyvä tautimarginaali sisältää korvausta taudin hoidosta (Dijkhuizen ym. 1997a, Ebel ym. 1992). Suurilla markkinoilla taudin yleisyyden ja kotieläintuottajien keskimääräisten tulojen välillä ei kuitenkaan ole yhteyttä tai se on erittäin heikko (Dijkhuizen ym. 1997a).

Tehokkaasti toimivilla markkinoilla eläintaudin hoitamisesta aiheutuvat kustannukset nostavat kuluttajahintoja. Jos eläintaudin esiintymisestä aiheutuva haitta on pienempi kuin taudin hävittämisestä aiheutuva kustannus, ei maataloustuottajalla ole kannustinta hävittää tautia tilalta. Jos taudin saneeraamisella voidaan alentaa tuotantokustannuksia, sen olemassaolosta kärsivät kuluttajat. Endeemisen taudin saneeraamisesta ja tuotantokustannusten laskusta hyötyvätkin kilpailullisilla markkinoilla eniten kuluttajat (Berentsen ym. 1990, Ebel ym. 1992). Taloudellisen näkökulman lisäksi eläintauteihin liittyy emotionaalisia ja eettisiä näkökohtia, jotka on huomioitava päätöksenteossa.

Eksoottisesta eläintautiepidemiasta kärsivät yleensä eniten maataloustuottajat ja maataloustuotteita jalostava teollisuus, sillä se aiheuttaa tarjontashokin ja joskus myös kysyntäshokin (Berentsen ym. 1990). Maataloustuottajien toimintaedellytykset onkin turvattu vakuutuksella niiden herkästi leviävien tautien esiintymisen varalta, joiden hävittämisestä aiheutuvat kulut korvataan valtion varoista. Vakuutusturvan rahoitus, hallinnon lisääntyneet toimintakulut ja taudin hävittämiseksi tehtyjen lakisääteisten toimenpiteiden korvaaminen aiheuttavat kuitenkin kustannuksia yhteiskunnalle ja välillisesti edelleen veronmaksajille. Lisäksi epidemia voi aiheuttaa epäsuoria kustannuksia tai tulomenetyksiä elintarvikeketjuun ja välillisesti muille sektoreille, kuten turismille ja kuljetuselinkeinolle (Berentsen ym. 1990, Mahul & Golin 1999). Tuotantoprosessin viiveistä johtuen eläintaudin hävittäminen voi ”kompensoida” osan menetyksistä tai aiheuttaa lisäkustannuksia (vtr. porsaiden hetkellinen liika-

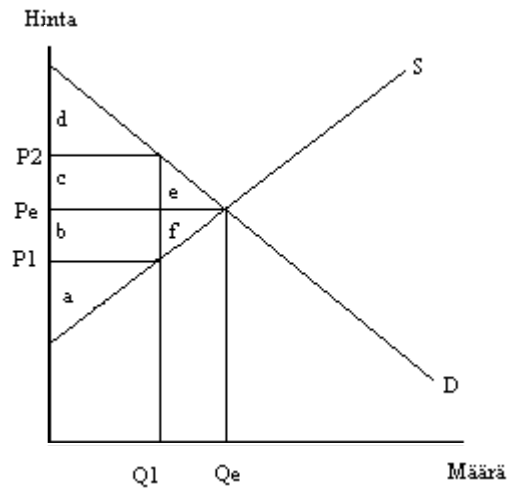
kysyntä tai tuotantopanosten kysynnän heikentyminen, kun klassinen sikarutto on hävitetty alueelta) (Meuwissen ym. 1999).

Kansainvälisen eläintautijärjestön OIE:n A-listan tautien (joukko erittäin herkästi leviäviä tauteja) esiintyminen eläinperäisiä tuotteita vievän maan alueella voi johtaa muiden maiden asettamiin tuontirajoituksiin. Yksittäisen maatilan tautitilanne ja sen suojautuminen eläintautia vastaan voi siten aiheuttaa ulkoisvaikutuksia muille maataloille. Ulkomaisten tutkimusten mukaan valtaosa eksoottisten eläintautien kustannuksista aiheutuukin eläinperäisten tuotteiden ulkomaankaupan rajoittamisesta ja sitä seuraavasta lyhyen aikavälin ylitarjonnasta (mm. Berentsen ym. 1990, Garner & Lack 1995, Mahul & Durand 2000). Kysyntäshokista kärsivät myös ne tuottajat, joiden karjassa ei esiinny tautia. Jos tauti on endeeminen tai se ei johda rajoituksiin, shokin vaikutus voi olla päinvastainen, mikä saattaa hyödyttää taudista vapaita tiloja (Buijtsels & Burrell 1997, Mangen 2002). Eläintaudin ulkoisvaikutukset voivat siis olla positiivisia tai negatiivisia. OIE:n säännöstö mahdollistaa myös viejämään regionalisoinnin, eli tautialueen eristämisen ja maan muiden alueiden julistamisen taudista vapaaksi tietyillä reunaehdoilla (OIE 2001).

2.3 Eläintautien hyvinvointianalyysi

Eläintaudista kärsivien ja siitä hyötyvien ryhmien kokonaishyötyä sekä markkinatasapainon muutoksia voidaan analysoida komparatiivisen statistiikan keinoin (ks. esim. Ebel ym. 1992). Yrittäjien maksimoidessa voittoa kilpailullisilla markkinoilla, tarjontakäyrä muodostuu rajakustannuskäyrän nousevasta osasta. Tuottajan ylijäämä, joka on korvausta kiinteille tuotantopanoksille, saadaan vähentämällä voitosta muuttuvat kustannukset. Kuluttajan ylijäämä puolestaan ilmaisee sen, kuinka paljon markkinahintaa enemmän kuluttaja olisi valmis maksamaan esimerkiksi tasapainotilanteessa kulutettavasta määrästä. Tuottajan ylijäämä saadaan graafisesti tasapainohinnan ja P_e ja tarjontakäyrän S väliin jäävänä alueena ja kuluttajan ylijäämä tasapainohinnan ja kysyntäkäyrän D väliin jäävänä alueena (Kuva 2). Nämä hyvinvointivaikutukset voidaan mallintaa tasapainomalleilla (Apland & Jonasson 1992) ja yhteiskunnan kokonaishyvinvoinnin muutos saadaan laskemalla yhteen eri ryhmien ylijäämän muutos taudin vuoksi. Normatiivisen yhteenlaskun ongelmana on kuitenkin kustannusten ja hyötyjen arvottaminen.

Markkinoiden ollessa tasapainotilanteessa hyödykettä kulutetaan määrä Q_e hinnalla P_e (kuva 2). Kuluttajan ylijäämä muodostuu alueesta $c + d + e$ ja tuottajan ylijäämä alueesta $a + b + f$. Kun sairaita eläimiä hävitetään eläintaudin vuoksi, markkinoilta poistetaan lihaa, joka olisi muuten päätynyt myyntiin. Mikäli tarjontaa rajoitetaan, siirrytään tilanteeseen, jossa kulutetaan määrä Q_l hinnalla P_l . Tällöin kuluttajien hyvinvointi vähentyy alueen d suuruiseksi ja tuottajien hyvinvointi lisääntyy alueella $c - f$. Yhteiskunnan kokonaishyvinvointi kuitenkin vähenee ($e + f$, ns. deadweight loss). Lisäksi on huomioitava hävitettyjen eläinten arvo ja hävittämiseen liittyvät muut kulut.

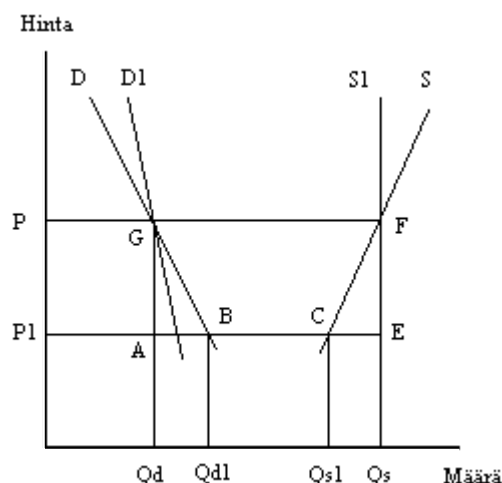


Kuva 2. Kuluttajan ja tuottajan ylijäämä.

Markkinashokki voi aiheutua myös sellaisen tarttuvan eläintaudin tulosta Suomeen, joka vaikuttaa haitallisesta kuluttajan terveyteen. Kuluttajalle voidaan ajatella aiheutuvan lisäkustannuksia esimerkiksi siitä, että hän kuluttaa sianlihaa, joka voi sisältää terveydelle haitallista tekijää. Tällöin kysyntäshokki muuttaa tarkastelua edellä mainitusta, sillä se siirtää kysyntäkäyrää D alaspäin, eli samalla hinnalla ollaan valmiita kuluttamaan alhaisempi määrä lihaa. Uudessa tasapainotilanteessa kuluttajan ylijäämä muodostuu alueesta uuden kysyntäkäyrän ja tasapainohinnan P_1 välissä. Vastaavasti tuottajan ylijäämä vähenee alueella $b + f$. Kysyntäshokin suuruus riippuneen paljolti siitä, miten ja mitä informaatiota kuluttajille välitetään. Esimerkiksi Mangen ja Burrell (2001) totesivat, ettei vuosien 1997-1998 klassinen sikaruttoepidemia vaikuttanut merkitsevästi sianlihan kysyntään Alankomaissa.

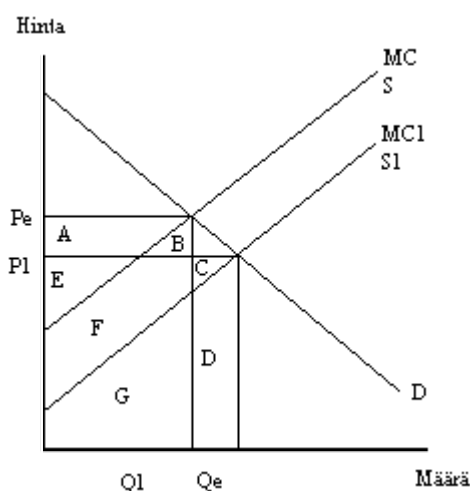
Eksoottisen eläintaudin aiheuttamien kaupan rajoitusten vuoksi markkinoille voi ilmaantua ylitarjontaa, jolloin tuotteen hinta laskee ja kysytty määrä nousee. Jos markkinahinta laskee riittävän paljon, voidaan ylitarjontaa siirtää ajallisesti varastoimalla. Lisäksi tautiepidemian aikana voidaan suorittaa myös interventio, jolloin minimihinta määräytyy interventiohinnan mukaan (Berentsen ym. 1990).

Kuvassa 3 S kuvaa tarjontakäyrää ja D kysyntäkäyrää maassa, joka vie runsaasti elintarvikkeita. Ennen epidemiaa vallitsevalla hintatasolla P tuottajat tarjoavat määrän Q_s ja kuluttajat kuluttavat määrän Q_d . Erotus $Q_s - Q_d$ viedään ulkomaille. Kun eksoottinen eläntauti rajoittaa vientiä, hinta laskee P :stä P_1 :een. Tuottajien ylijäämä vähenee pisteiden $PFCP_1$ rajaamalla alueella ja kuluttajan ylijäämä kasvaa pisteiden $PGBP_1$ rajaamalla alueella. Lyhyellä aikavälillä valtaosa kotieläintuotannon tuotantokustannuksista on kiinteitä ja tarjontakäyrä on jyrkkä, hetkellisesti jopa pystysuora (S_1). Myös kuluttajan ylijäämän muutos riippuu siitä, kuinka joustavaa kysyntä on.



Kuva 3. Markkinatilanteen muutos eksoottisen eläintaudin vuoksi maassa, josta viedään elintarvikkeita (Dijkhuizen ym. 1997c).

Endeemisen taudin saneeraus vaikuttaa maataloustuottajien tuloihin, sillä se siirtää rajakustannuskäyrää alaspäin ($MC \Rightarrow MC_1$) kuvassa 4. Rajakustannuskäyrä muodostaa tarjontakäyrän ennen (S) ja jälkeen (S_1) taudin saneeraamisen. Saneerauksen vuoksi aiemmin sairaana olleiden karjojen tuotantokustannukset laskevat (alue BF). Lisäksi kustannusten lasku kannustaa yrittäjiä lisäämään tuotantoa, mikä aiheuttaa uusia kustannuksia (alue D). Muutosten yhteisvaikutuksena tuottajien ylijäämän muutos on alue $FC - A$. Tuotannon lisäämisellä saatava lisähyöty (alue C) on sitä suurempi mitä joustavampaa tarjonta on (Ebel ym. 1992). Tehokkailla markkinoilla kustannusten lasku lisää kuluttajan ylijäämää. Eksoottisen eläintaudin kohdalla tarjontakäyrän siirtyminen voi aiheutua esimerkiksi siitä, että taudin hävittämisen vuoksi lisääntynyt hygienia vaikuttaa tuotantokustannuksiin siirtäen tarjontakäyrää ($S_1 \rightarrow S$).



Kuva 4. Tuottajan ylijäämän muutos rajakustannuskäyrän siirtyessä (Ebel ym. 1992).

2.4 Panos-tuotos -matriisi

Komparatiivisen статистиikan ohella eläintautiepidemian vaikutuksien tarkasteluun on käytetty panos-tuotos -matriisia. Sen avulla voidaan kuvata talouden vuorovaikutuksia eri sektoreiden välillä ja laskea eläintaudin aiheuttamien menetysten suuruutta (Mahul & Durand 2000, Garner & Lack 1995), jos tuotteen kulutus kotimarkkinoilla on vakio ja kotimarkkinoiden kysyntä muuttuu vain viennin muuttuessa. Tämä oletus voidaan hyväksyä lyhyellä aikavälillä esimerkiksi suu- ja sorkkataudilla tai klassisella sikarutolla, joka ei tartu ihmisiin poikkeustapauksia lukuunottamatta. Siten epidemia aiheuttaa shokin tarjonnassa kysynnän muutosten jäädessä vähäisiksi (vrt. Mangen & Burrell 2001).

Kokonaistarjonnan ja -kysynnän tasapaino kullakin talouden sektorilla voidaan esittää tuotteen I , kokonaistarjonnan X_i , tuotteen I , loppukysynnän F_i ja tuotos-panos -kertoimen a_{ij} funktiona:

$$(1) \quad X_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j + F_i \quad i = 1, \dots, n.$$

Tuotteiden $i=1, \dots, n$ kokonaistarjonnat X_i voidaan yhdistää matriisiksi:

$$(2) \quad X = AX + F \Rightarrow X = (I - A)^{-1} F,$$

jossa X on tuotosvektori, A on panos-tuotos-kerrointen matriisi, F on loppukysyntää kuvaava vektori ja I on yksikkömatriisi. Kerroinmatriisi $(I - A)^{-1}$ määrittää kokonaismuutokset loppukysyntään vaikuttavissa sektorikohtaisissa tuotoksissa. Loppukysyntä F muodostuu kotimaisesta kysynnästä D sekä viennin EX ja tuonnin IM erotuksesta (Mahul & Durand 2000).

Panos-tuotos -matriisissa panosten välillä ei ole korvautuvuutta ja tuotteen i tuotos on sama kuin sen kiinteä osuus tuotantopanoksista (panos-tuotos -kerroin). Lisäksi tarkastelussa oletetaan, että sektorin tuotanto määräytyy kysynnän perusteella, jolloin loppukysynnän muutokseen vaikuttaa vain kotimainen tuotanto. Lähestymistavan merkittävin rajoite onkin oletus kiinteistä hinnoista, joilla markkinatasapaino toteutuu vain määrän sopeutuessa (esim. Mahul & Durand 2000).

2.5 Eläintautiriskin havaitseminen

Riskin käsitteeseen liittyy se, että lopputuloksen toteutumista ja sen aiheuttamien seurausten laajuutta ei voida ennustaa varmasti (OIE 2001, Vaughan & Vaughan 1999, Hardaker ym. 1997). Taloustieteissä riski voidaan määritellä tarkemmin niiksi tapahtuman R seurauksiksi, jotka vähentävät päätöksentekijän hyvinvointia (joskus käytetään myös käsitettä downside risk) ja joiden esiintymiseen liittyy epävarmuutta (Robinson & Barry 1987, Vaughan & Vaughan 1999, Hardaker ym. 1997). Vahinkoriskejä tarkasteltaessa kiinnostuksen kohteena

ovatkin juuri ne tapaukset, joissa epäsuotuisia tapahtumia esiintyy enemmän kuin suotuisia tapahtumia. Ilmiö liittyy luonnon monimuotoisuuteen (biologinen vaihtelu) ja ajankulun peruuttamattomuuteen, sillä aika tuo lisäinformaatiota, joka voi vaikuttaa tautiriskejä koskeviin odotuksiin. Lisäksi eläintaudin aiheuttama shokki voi olla pysyvä, jolloin sitä on vaikea korjata tai lähtötasolle voi olla vaikea päästä. Esimerkiksi lihan hinnanvaihtelu voi lisääntyä eläintautiepidemian aikana ja sen jälkeen (van Asseldonk ym. 2000).

Riskistä kärsivien tahojen hyötyfunktiot ovat yksilöllisiä, joten siedettävä riskitaso riippuu riskin ottajasta. Esimerkiksi elintarviketuonnista aiheutuva tautiriski koskettaa koko elintarvikeketjua, mutta siitä saatava hyöty kohdistuu harvoille tahoille. Siten yhteiskunnan on tuontimääräyksiä laatiessaan arvioitava, miten arvokkaita hyödyt ja haitat ovat koko yhteiskunnan kannalta. Lisäksi hyväksyttävän eläintautiriskin suuruus vaihtelee taudin mukaan. Esimerkiksi suu- ja sorkkataudin maahantulon todennäköisyys halutaan pitää alhaisena, sillä viruksen läpäistessä rajasuojan seuraukset voivat olla katastrofaaliset koko elinkeinolle. Monilla muilla taudeilla hyväksyttävä taudin todennäköisyys voi olla korkeampi, koska taudin aiheuttamat seuraukset ovat vähäisemmät (Wilson & Banks 1993, Wharton 1992).

Riskiä ja siihen liittyvää epävarmuutta voidaan mitata keskihajonnalla ja herkkyyssanalyysin keinoin (Vaughan & Vaughan 1999). Eläintautiriski ei kuitenkaan ole välttämättä normaali-jakautunut. Tarkempi käsitys riskistä saadaankin tarkastelemalla mahdollisia lopputuloksia ja niiden esiintymistodennäköisyyttä tiheysfunktioista (probability density function, PDF). Funktio esittää kaikkien mahdollisten lopputulosten jakauman suhteessa niiden esiintymistodennäköisyyteen. Leveä ja matala käyrä ilmaisee suurta epävarmuutta, sillä odotusarvon hajonta ja ääriarvojen toteutumisen todennäköisyys ovat suuria. Tapahtumaan liittyvä vaihtelu voidaan esittää myös kertymäfunktioilla (CDF, cumulative distribution function). Kertymäfunktion avulla voidaan analysoida taudin vastustustoimien stokastista tehokkuutta ja siten tautipolitiikan taloudellisuutta (mm. Dijkhuizen ym. 1994, Hardaker ym. 1997).

2.6 Epävarmuuden huomiointi päätöksenteossa

Epävarmuuden huomiointi tuo deterministiseen päätöksentekoon uuden ulottuvuuden, sillä tuoton vaihtelu aiheuttaa kustannuksia. Riskiä sisältävän kohteen tuotto voidaan jakaa riskittömään osaan (certainty equivalent) eli tuottoon, joka olisi saatavissa riskittömästä sijoituksesta, ja riskipreemioon, joka on korvausta otetulle riskille. Riskipreemion suuruus riippuu päätöksentekijän riskiasenteesta ja on riskineutraalissa tilanteessa nolla (Robinson & Barry 1987). Jos kahdella eri sijoituskohteella on sama certainty equivalent, riskineutraali päätöksentekijä on indifferentti valitsemaan kumman tahansa sijoituskohteen (Hardaker ym. 1997). Eläintautiriskien hallinnassa voidaan käyttää myös ns. safety first -periaatetta. Tällöin pyritään minimoimaan eläintaudin Suomeen tulemisen todennäköisyys, ja valintaongelmaksi muodostuu halutun eläintautitason saavuttaminen minimikustannuksin (Robinson & Barry 1987).

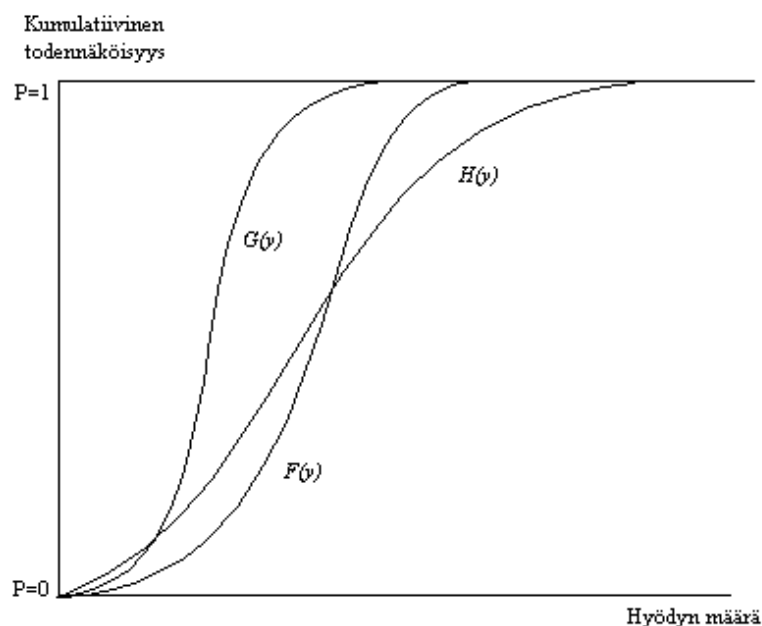
Odotettu hyöty (expected utility) saadaan painottamalla hyötyodotuksia niihin liittyvällä todennäköisyysjakaumalla. Päätöksentekijä maksimoi hyötyä valitsemalla vaihtoehdon, jonka hyödyn odotusarvo on korkein. Jos päätöksentekijä ei huomioi riskiä kustannuksena, hän on riskineutraali. Lopputulokseen liittyvä epävarmuus voi kuitenkin vaikuttaa siten, että odotusarvoltaan saman hyödyn tuottavat vaihtoehdot ovat päätöksentekijälle eriarvoisia. Kun päätöksentekijä valitsee mieluummin vähän epävarmuutta sisältävän vaihtoehdon kuin runsaasti epävarmuutta sisältävän vaihtoehdon, hänen sanotaan karttavan riskiä (risk averse). Riskiä karttavan henkilön hyötyfunktio on konkaavi eli riskin aiheuttama kustannus kasvaa nopeammin kuin sen tuottama hyöty (Robinson & Barry 1987, Hardaker ym. 1997).

Riskipäätökseen liittyvää epävarmuutta voidaan analysoida odotusarvon varianssilla (expected value-variance, EV). EV-tehokas joukko minimoi tietyllä tuottotasolla päätökseen liittyvän varianssin. Jos esimerkiksi vaihtoehto A:n odotettu tuotto on vähintään yhtä suuri kuin vaihtoehto B:n odotettu tuotto ja A:n varianssi on pienempi kuin B:n varianssi (tai yhtä suuri varianssi, jos A:n tuotto on suurempi kuin B:n), päätöksentekijä preferoi vaihtoehtoa A eli se kuuluu EV-tehokkaaseen joukkoon. Tämä valintakriteeri voidaan johtaa hyödyn maksimointiongelmasta. Sen riittävä ehto on, että päätöksentekijän hyötyfunktio on kvadraattinen tai että päätöksen seuraukset ovat jakautuneet normaalisti (Robinson & Barry 1987).

Kolmas eläintautien riskianalyysissä käytetty kriteeri on stokastinen dominanssi, joka voidaan havaita jakaumafunktiosta (esim. Saatkamp 1996). Ensimmäisen asteen stokastisessa dominanssissa (first-order stochastic dominance) päätöksentekijä preferoi suurempaa hyötyä pienempään hyötyyn. Jos vaihtoehtoon $F(y)$ liittyvä valinta tuottaa aina vähintään yhtä suuren hyödyn ja jossain pisteessä suuremman hyödyn kuin vaihtoehtoon $G(y)$ liittyvä valinta, päätöksentekijä valitsee $F(y)$:n eli $F(y)$ dominoi $G(y)$:tä. Tämä ilmenee jakaumafunktion kuvaajassa siten, että dominoivan vaihtoehdon $F(y)$ kuvaaja sijaitsee "enemmän oikealla" kuin $G(y)$ (Kuva 5). Tarkastelua voidaan syventää toisen asteen stokastisella dominanssilla, jolloin päätöksentekijä karttaa riskiä. Jos tarjolla on esimerkiksi kaksi vaihtoehtoa, jotka ovat normaalisti jakautuneet ja joilla on sama odotusarvo, valitaan se vaihtoehto, jonka varianssi (tai keskiahajonta) on pienempi ($F(y)$ dominoi $H(y)$:tä) (Hardaker ym. 1997, Robinson & Barry 1987).

Jos päätösvaihtoehtojen kustannukset vaihtelevat runsaasti, voidaan tilannetta tarkastella myös optiona vaihtaa tuotantotasoa. Näin voidaan arvioida esimerkiksi taudin leviämisestä saatavan tiedon arvoa (vaihtoehtoiskustannus taudin leviämiselle). Koska option haltijalla on oikeus saada investoinnilleen tietty korvaus, sillä voidaan pienentää haltijan tuottovaihtelua. Option kannattaa investoida, jos optioinvestoinnin tuotot ylittävät pääomakustannuksen ja option yhteenlasketun arvon (Merton 1998).

Päätöksen vaihtoehtoiskustannuksen arvottamiseen käytettävä optio riippuu tarkasteltavasta ongelmasta. Koska hetkellä t valittu toimenpide ei välttämättä ole taloudellisesti kannattavin toimenpide hetkellä $t+1$, päätös voi riippua valintatilanteesta (Mahul & Golin 1999, Houben



Kuva 5. Ensimmäisen ja toisen asteen stokastinen dominanssi.

1995). Eläintaudin hallintatoimenpiteen lykkääminen onkin kannattavaa, jos lykkäämisellä saavutettava lisätieto taudin leviämisestä on arvokkaampi kuin odottamisesta aiheutuva ajallisuuskustannus (kvasioptio eli reaalioptio) (Mahul & Golin 1999). Tämä johtuu mm. siitä, että tiedon lisääntyessä voidaan tarkemmin määritellä valitun toimenpiteen seuraukset. Lisäksi ennen option hankintaa syntyneet kustannukset ovat uponneita kustannuksia, jotka eivät vaikuta päätökseen. Option etuna onkin se, että riskienhallintaa koskevat päätökset voidaan tehdä ennen kuin tauti on saapunut Suomeen luottaen siihen, että ne ovat järkeviä.

2.7 Eläintautiriskien hallinnasta

2.7.1 Esiintymistodennäköisyyden hallinta

Eläintauteihin liittyvää päätöksentekoa voidaan tukea tuottamalla tietoa eläintauteihin liittyvistä riskeistä. OIE:n (2001) mukaan eläintautien tuontiriskinarviointiprosessi muodostuu neljästä prosessia kuvaavasta askeleesta. Leviämisen arviointi (release assessment) arvioi patogeenin ilmaantumistodennäköisyyttä populaatiossa, altistuksen arviointi (exposure assessment) arvioi todennäköisyyttä sille, että populaatio altistuu tietystä lähteestä tulevalle patogeenille ja seurausten arviointi (consequence assessment) arvioi patogeenista aiheutuvien taloudellisten tai biologisten seurausten laajuutta. Yhdistämällä kolme ensimmäistä askelta saadaan riskiestimaatti eli tietoa eläintaudin odotettavissa olevista seurauksista sekä seurausten vaihteluvälistä tautiin liittyvien tuotteiden tuontia harjoittavan maan alueella. Koska hyvä riskinarviointi on joustava, voitaneen samoja periaatteita soveltaa myös maan sisäiseen tautiriskin arviointiin. Tietoja voidaan hyödyntää pyrittäessä hyväksyttävälle riskitasolle ja perusteltaessa riskinhallintaan liittyviä toimintatapoja (OIE 2001).

Tilakoon kasvu ja markkinoiden vapautuminen on lisännyt eläinten liikkuvuutta ja eläintauteihin liittyviä riskikontakteja eli kanavia, joilla taudinaiheuttajat kulkeutuvat tiloille. Eräs keino ennaltaehkäistä eläintautia on estää taudinaiheuttajan kulkeutuminen tilalle. Jo pienellä hygienian parantamisella, kuten vierailijoiden suojavaatteilla ja puhtaalla vyöhykkeellä on mahdollista vähentää eläintauteihin liittyvää taloudellista ja biologista riskiä. Jos tautia esiintyy yleisesti tilan ympäristössä ja tautivapaudella saadaan suurta taloudellista etua (esim. korkeampi tuottajahinta), saattavat kustannuksiltaan suuretkin toimenpiteet, kuten laidunten eristäminen aidalla ulkomaailmasta olla tilakohtaisesti kannattavia (van Schaik 2000).

Eksoottisista eläintauodeista aiheutuvien taloudellisten menetysten suuruuteen vaikuttaa merkittävästi se, kuinka pitkään tauti leviää ilman että sen olemassaolosta tiedetään. Ajanjaksoa, jolloin eläin on saanut tartunnan mutta yhtään tautitapausta ei ole vielä todettu eikä tautia vastusteta aktiivisesti, kutsutaan korkean riskin periodiksi (high risk period, HRP) (mm. Horst ym. 1998 Garner & Lack 1995). Korkean riskin periodin aikana taudinaiheuttaja voi levitä melko helposti laajalle alueelle. Eksoottisista eläintauodeista aiheutuvan taloudellisen riskin suuruuteen vaikuttaakin keskeisesti se, mihin toimiin ja kuinka nopeasti taudin hävittämiseksi ryhdytään.

Tehokas eläinten tunnistus- ja seurantajärjestelmä auttaa riskieläinten jäljittämisessä ja tautiepidemian hallinnassa, sillä riskienhallinnan tehostaminen voi pienentää sekä taudin aiheuttamia menetyksiä että niiden vaihteluväliä. Seurantajärjestelmän kannattavuus riippuu mm. järjestelmän ylläpitokustannuksista ja tautitapausten esiintymistiheydestä (Saatkamp 1996). Ulkomaisten tutkimusten mukaan runsaasti panostusta vaativien toimenpiteiden kannattavuus riippuu ympäristön tautitilanteesta, karjaa uhkaavien tautien vaarallisuudesta ja oman karjan tautitilanteesta sekä toimien vaikutuksesta tartunnan todennäköisyyteen. Lisäksi tila- ja eläintiheydellä on suuri vaikutus siihen, mikä on taloudellisin toimintatapa tautiriskin hallinnassa (esim. Garner & Lack 1995, Mahul & Durand 2000, Ebel ym. 1992). Alhaisen eläintiheyden alueella eläintaudin aiheuttamiin suoriin kustannuksiin voidaan ilmeisesti vaikuttaa vähemmän kuin korkean eläintiheyden alueella (Garner & Lack 1995, Mahul & Durand 2000, Berentsen ym. 1990).

2.7.2 Vakuutus

Maatilan toiminnan jatkuminen katastrofaalisen vahingon sattuessa voidaan turvata vakuuttamalla. Vahinkoriskien vakuuttaminen vähentää eläintauodeista aiheutuvaa tuottovaihtelua kotieläintiloilla. Lisäksi vakuutusehdoilla ja vakuutusmaksuja erilaistamalla maataloustuottajia voidaan kannustaa toimenpiteisiin, jotka pienentävät eläintautiriskiä. Vakuutuksen hyöty perustuu suurten numerojen lakiin, sillä yksittäisten tuottajien riskin yhdistäminen pienentää kokonaisriskiä ja siihen, että huonoina aikoina tulovirta on arvokkaampi kuin saman suuruinen tulovirta hyvinä aikoina. Vakuutuksen ostaja siirtää vahinkoriskin vakuutusyhtiölle.

Vakuutusyhtiö puolestaan minimoi vakuutuksen aiheuttamia kustannuksia hankkimalla mahdollisimman paljon asiakkaita (edellyttäen että vahinkotapahtumat eivät korreloi keskenään). Korvaukseksi ottamastaan riskistä vakuutusyhtiö perii vakuutusmaksua, jonka tuotolla korvataan vahingon kärsineille aiheutuneet menetykset ja vakuutusyhtiön riskipreemio (esim. Vaughan & Vaughan 1999, Robinson & Barry 1987).

Yleisimpien endeemisten eläintautien taloudelliset seuraukset eivät ole katastrofaalisia ja niiden esiintymistiheys on suuri. Tämän vuoksi endeemisen eläintaudin vakuutus ei ole maataloustuottajalle houkutteleva. Sen sijaan herkästi leviävien eläintautien aiheuttamat suorat kustannukset korvataan Suomessa valtion varoista. Suomessa on myös kattava salmonellaryhmävakuutus, jossa meijeri tms. maksaa vakuutusmaksun ja perii sen edelleen tuottajilta. Salmonellaryhmävakuutus korvaa ne salmonellan vuoksi tehdyistä toimenpiteistä aiheutuneet kulut, jotka eläinlääkäri on määrännyt suoritettavaksi. Yksittäisen maataloustuottajan kannalta eläintautien vakuuttamisen ”ongelma” on, että vakuutus ei yleensä korvaa sairauden aiheuttamia menetyksiä ellei eläin kuole. Vakuutukset eivät myöskään korvaa alentuneen tuotoksen vuoksi menetettyjä tuloja.

Vakuutuksen toiminnan kannalta tärkeitä tekijöitä ovat käänteinen valinta (adverse selection, haitallinen valikoituminen) ja moraalikato (moral hazard). Nämä tekijät liittyvät maatalousyrittäjän ja yhteiskunnan käyttäytymiseen sekä siihen, kuinka aktiivisesti eläintauteja torjutaan. Moraalikatoa esiintyy, jos vakuutuksen ostajalla ei ole riittävää kannustinta vähentää eläintautiriskiä ja vahingon esiintymistodennäköisyys kasvaa vakuutuksen ostajan toiminnan vuoksi. Vakuutetun maataloustuottajan varovaisuus taudin vastustamisessa saattaa esimerkiksi vähentyä. Moraalikato voi olla sekä tahallista (moral hazard) että tahatonta (morale hazard). Se vaikeuttaa vakuutuksen saamista ja korottaa vakuutusmaksuja. Käänteistä valintaa puolestaan esiintyy, kun suuren tautiriskin omaava maataloustuottaja hankkii vakuutuksen. Epäsymmetrisen informaation vuoksi vakuutuksen antaja ei välttämättä tiedä, että vakuutetulla on suurempi todennäköisyys saada eläintauti tilalleen, mikä nostaa muiden vakuutettujen vakuutusmaksuja. Vaikka vakuutuksen ottaja toimiikin itselleen edullisesti, hänen valintansa haittaavat muita vakuutettuja (Vaughan & Vaughan 1999).

Haitallista valikoitumista voidaan hallita erilaistamalla vakuutusmaksuja tilan tautiriskin mukaan. Riskitekijöiden mittaamisessa voidaan hyödyntää esimerkiksi eläinten hyvinvointiindeksiä tai eläinten seuranta- ja tunnistusjärjestelmiä (Saatkamp 1996). Riskiä vähentävien toimenpiteiden määrään ja laatuun perustuva differaatio (vrt. autovakuutuksen bonukset) on tautiriskien hallinnassa toimivampi keino kuin vakuutusmaksujen erilaistaminen esim. tilan sijainnin mukaan. Moraalikatoa puolestaan voidaan vähentää mm. käyttämällä vakuutetun omavastuuta ja lisäämällä vakuutus sopimusehtoihin pykälää ’due diligence’. Esimerkiksi suuri kuolleisuus ennen sairastumista voi viitata huonoon eläinten tarkkailuun ja voi alentaa korvausvastuuta (Meuwissen 1999).

Eräs keino vähentää moraalikatoa on viljelijöiden keskinäinen kontrolli, jolloin vahingonkärtsijöitä ovat kaikki maataloustuottajat. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi vaatimalla ”hyvää tuotantotapaa”. Samalla myös niitä tuottajia, jotka eivät tarvitse vakuutusturvaa, kannustetaan minimoimaan tautiriskiä (Stevens 1993, Howe & Whittaker 1997 ref. Meuwissen 1999). Esimerkiksi maataloustukiehtojen hyvää tuotantotapaa koskeva pykälä alentaa riskiä julkisella interventiolla. Samalla vähennetään epäsymmetrisen informaation (asymmetric information) merkitystä, koska tuotantotapa on osittain standardisoitu. Meuwissenin (1999) mukaan eksoottisen eläintautiepidemian hillitsemisestä ja kustannusten jakamisesta kannattaa sopia etukäteen, jolloin toimintaohjeet osapuolten taloudellinen ja moraalinen vastuu vahingoista ovat selvillä silloin, kun toimia tarvitaan. Ennakkoon sopimisen etuna on myös se, että samalla voidaan sopia riskinhallintatoimenpiteistä, jotka aiheuttavat runsaasti kustannuksia tai ovat moraalisesti kiistellyjä (Meuwissen 1999).

3 Tutkimusmenetelmät eläintautien taloustutkimuksessa

3.1 Mallintaminen eläintautien taloustutkimuksessa

Eläintautien talousvaikutusten tutkimisessa on käytetty useita taloustieteissä yleisesti hyväksyttyjä taloustieteen tutkimusmenetelmiä (Taulukko 2). Staattiset menetelmät, kuten kateanalyysi ja lineaarinen ohjelmointi, soveltuvat mm. menetysten laskemiseen toteutuneesta aiheistosta. Dynaamiset menetelmät huomioivat ajankulumisen tuoman lisäinformaation, joten niitä käytetään taloudellisimman toimintatavan selvittämiseen. Lisäksi eläintauteihin liittyvä epävarmuus usein huomioidaan stokastisella mallintamisella.

Mallien avulla pyritään kuvaamaan todellisuutta siten, että voidaan ymmärtää eläintaudin taloudelliset seuraukset. Eläintautia mallinnettaessa erotetaan yleensä taudin (tarkemmin infektion) leviäminen tarkastellulle alueelle (esim. maa tai karja) ja leviäminen alueen sisällä. Tauti voi levitä tietylle alueelle, jos alueella on tartunnalle alttiita eläimiä ja kanava, joka kuljettaa taudinaiheuttajan alueelle. Ensimmäistä endogeenisen alueen populaatiossa

Taulukko 2. Eläintautien taloustutkimuksessa käytettyjen tutkimusmenetelmien ominaisuuksia aikatekijän, satunnaiskomponentin ja algoritmin mukaan jaoteltuna.

	Staattinen	Dynaaminen	Deterministinen	Stokastinen		Optimointi	Simulointi
				Todennäköisyysjakauma	Satunnaismuuttuja		
Kateanalyysi	X		X				X
Osittaisbudjetointi	X		X				X
Kustannus-hyötyanalyysi		X	X				
Päätösanalyysi	X			X			X
Lineaarinen ohjelmointi	X		X			X	
Dynaaminen ohjelmointi		X		X		X	
Markovin ketjuilla simulointi		X		X			X
Monte Carlo-simulointi		X			X		X

Lähde: Dijkhuizen ym. 1997.

havaittua taudinpurkausta sanotaan primaari purkaukseksi (primary outbreak). Edelleen taudinaiheuttaja voi levittää sitä kuljettavan kanavan avulla tartunnalle alttiisiin eläimiin endogeenisen maailman sisällä aiheuttaen sekundaarisia tautipurkauksia (secondary outbreaks). Siten esimerkiksi kotieläintilan huono hygienia voi lisätä sitä ympäröivien tilojen riskiä saada eläintauti (Horst ym. 1996).

Empiirisestä aineistosta voidaan estimoida malli, jolla selitetään eläintautia ja siihen liittyviä taloudellisia ilmiöitä (esim. van Schaik ym. 1998, Mangan & Burrell 2001, Buijters & Burrell 1997). Monet eläintaudin mallintamisessa tarvittavat muuttujat ovat kuitenkin vaikeasti mitattavissa, sillä infektioiden leviämiseen vaikuttavat taudinaiheuttajien ohella mm. ilmasto ja viljelijän toiminta (Buijters ym. 1997). Eläintaukeille on myös ominaista, että taloudelliset vaikutukset ja niiden vaihteluväli voivat olla suuria. Tämän vuoksi dynaaminen ja stokastinen malli on joustava työkalu eläintautien mallintamiseen (Berentsen ym. 1990, Jalvingh ym. 1999, Mahul & Durand 2000).

Myös ns. diffuusiomalleissa on potentiaalia eläintautien aiheuttamien tappioiden mallintamiseen niissä tapauksissa, joissa tauti on aiheuttanut mittavia tappioita Euroopan tasolla, mutta ei ole levinnyt Suomeen. Diffuusiomalleja on käytetty mm. selitettäessä uuden informaation vaikutusta osakkeen kurssiin ja hinnoiteltaessa optioita. Diffuusiomalli sisältää stokastisen prosessin, joka määrää hetkellisesti muutoksen suunnan ja suuruuden. Taustalla on ajatus siitä, että markkinoilla tapahtuva shokki on pysyvä ja se leviää myös taudin saaneiden yksiköiden ulkopuolelle. Lopulta shokin aiheuttama arbitraasi (esim. tuotteen hintaero kahdella eri markkinalla) katoaa ja kehitys seuraa trendiä, ellei uutta shokkia ilmaannu (Campbell ym. 1997).

Yleisesti käytettyjä diffuusiomalleja ovat mm. Wienerin prosessi (Brownian motion) ja Poisson-prosessi. Eläintautiepidemiaan sovellettuna Wienerin stokastisen prosessin sisältävä malli voidaan esittää esimerkiksi seuraavasti:

$$(3) \quad p_t = p_{t-1} + dz_t$$

jossa p_t on lihan hinta hetkellä t , p_{t-1} on lihan hinta edellisellä hetkellä $t-1$ ja dz_t on Wienerin prosessi. Hetkellä t vallitseva hinta määräytyy edellisellä hetkellä $t-1$ vallinneen hinnan ja sitä näiden kahden ajankohdan välillä muuttaneen stokastisen prosessin perusteella (Wienerin prosessi) (Campbell ym. 1997).

Esimerkiksi osakkeenomistaja voi muuttaa portfolioaan, kun hän saa jostain osakkeesta hyviä tai huonoja ”uutisia”. Uusi informaatio aiheuttaa hyppäyksen osakkeen hinnassa, mutta tapahtuman jälkeen hinnan muutokselle on jälleen tietty todennäköisyys. Eläintautiepidemioiden kohdalla voitaneen erottaa samanlainen prosessi. Eläintaudin leviäminen EU:n alueelle tuo markkinoille uutta informaatiota siitä, että taudin torjunta on epäonnistunut. Tämä voi vaikuttaa lihan kysyntään ja tarjontaan myös Suomessa. Kuluttajat saattavat välttää joitain

elintarvikkeita ja tuottajat saattavat parantaa eläinhygieniää, mikä nostaa tuotantokustannuksia ja vaikuttaa lihan markkinahintaan. Lihan kysynnän tai tarjonnan muutokset tautialueella voivat vaikuttaa sitä lähialueiden markkinatilanteeseen. Myös taudin saneeraaminen tuo markkinoille informaatiota ja voi vaikuttaa markkinoihin päinvastoin kuin edellä on kerrottiin.

3.2 Kustannusten ja hyötyjen määrittäminen

Katelaskenta ja osittaisbudjetointi ovat nopeita ja yksinkertaisia menetelmiä, kun halutaan laskea eläinterveyteen vaikuttavan toimenpiteen arvo. Osittaisbudjetointia (partial budgeting) käytetään arvioitaessa muutosta, joka tapahtuu tilan tai tilan tuotantosuunnan sisällä, ja joka vaikuttaa tilan tai tuotantosuunnan tuloihin ja menoihin (ks. esim. van Schaik 2000). Osittaisbudjetointi on käyttökelpoinen, kun vertaillaan eläinterveydenhoitoon liittyvän toimenpiteen ja sen aiheuttamien pienten muutosten taloudellisuutta. Menetelmässä lasketaan tilan tai tuotantosuunnan tulojen ja menojen muutos neljässä osassa: saadut lisätulot, säästetyt kustannukset, menetetyt tulot ja ylimääräiset kustannukset. Toimenpide kannattaa toteuttaa, mikäli kahden ensimmäisen kohdan summa on suurempi kuin kahden jälkimmäisen kohdan summa.

Kustannus-hyötylaskenta on toinen yleisesti käytetty menetelmä resurssien tehokkaan allokaation määrittämiseen. Se laskee usealle ajanjaksolle ulottuvan toimenpiteen kannattavuuden. Koska kustannukset ja hyödyt syntyvät eri ajanjaksoilla ja rahalla on aikapreferenssi, tulevaisuuden kustannukset ja hyödyt on muunnettava vertailukelpoisiksi diskonttaamalla niiden yhteenlaskettu nykyarvo (NPV):

$$(4) \quad NPV = \sum_{t=1}^t \frac{R_t - C_t}{(1+r)^t},$$

jossa R_t on tulojen arvo hetkellä t ja C_t kustannusten arvo hetkellä t ja r on korkokanta. Korkokannan valinnalla on merkitystä etenkin silloin, kun kustannukset ja hyödyt syntyvät selvästi eri hetkillä (Boardman ym. 2001).

Kustannus-hyötyanalyysissä suoritettava toimenpide valitaan halutun valintakriteerin perusteella. Kokonaisnykyarvo (net present value, NPV) ilmaisee toimenpiteen kustannusten ja hyötyjen nykyarvon erotuksen, mutta se ei kerro kustannusten ja hyötyjen suhteellisesta suuruudesta. Hyöty-kustannus -suhde puolestaan mittaa hyötyjen suuruutta suhteessa kustannuksiin (B-C ratio), mutta ei anna kerro niiden absoluuttisesta suuruudesta. Kolmas valintakriteeri eli sisäinen korkokanta (internal rate of return, IRR) ilmaisee sen korkokannan, jolla diskontatut kustannukset ja hyödyt olisivat tarkasteltavalla ajanjaksolla saman suuruiset. Sisäisen korkokannan etuna on, että korkokantaa ei tarvitse valita. Joissain tilanteissa valintakriteerit antavat toisistaan poikkeavia tuloksia (Boardman ym. 2001). Kriteerien eduista ja haitoista keskustellaan mm. rahoitusalan oppikirjoissa. Käyttökelpoisimpana kriteerinä voitaneen kuitenkin pitää nykyarvo-kriteeriä (NPV).

Eläintautiriskien kyseessä ollessa on tärkeää huomioida myös kustannuksiin ja hyötyihin liittyvä epävarmuus sekä informaation merkitys (esim. Expected value variance). Myös piste-estimaatteja käytettäessä hyödyn maksimoiva valinta voi perustua erilaisiin riskiasenteisiin. Valinta voi perustua esimerkiksi siihen, että valitaan parhaimman rahallisen odotusarvon (Expected monetary value) tuottava vaihtoehto vertaamalla kuhunkin toimenpiteeseen liittyvää alhaisinta (minimax) tai korkeinta tuottomahdollisuutta (maximax) (Hardaker ym. 1997, Boardman ym. 2001).

3.3 Markovin ketjut

Eksoottisten eläintautien simulointi Markovin ketjuun perustuvalla ns. tila-siirtymä-mallilla on vakiintunut lähestymistapa tutkittaessa näiden tautien taloudellisia vaikutuksia (state-transition model, joka on yleensä ns. SIR-malli, toteutettavissa myös MCMC-simuloinnilla) (mm. Berentsen ym. 1990, Mahul & Golin 1999). Markovin ketjua käytetään kuvattaessa systeemin tai prosessin kehittymistä toistuvissa kokeissa tai ajan edetessä. Se esittää järjestelmässä tai prosessissa tapahtuvia muutoksia eri tilanteiden välillä. Markovin ketju muodostuu prosessin tilannemuuttujista (state) ja prosessissa tapahtuvista muutoksista, siirtymistä (transition). Tilat ovat prosessin nykytilanteen määrällisiä tai laadullisia kuvauksia ja sisältävät kaiken informaation, jota tarvitaan päätettäessä prosessin tulevasta kehityksestä (Berentsen ym. 1990, Ljungqvist & Sargent 2000). Eläintautia simuloitaessa tilannemuuttujalla tarkoitetaan yleensä eläimen terveydentilaa ja siirtymisellä terveydentilassa tapahtuvaa muutosta.

Prosessin jakautuminen eri tilanteisiin tietyllä hetkellä voidaan johtaa edellisellä hetkellä vallinneesta tilannemuuttujien jakaumasta ja kuhunkin tilannemuuttujaan liittyneistä siirtymätodennäköisyyksistä. Mikäli nykyinen tilannemuuttuja on $S_n = i$, on olemassa tietty todennäköisyys (p_{ij}) sille, että seuraavaksi siirrytään tilanteeseen $S_{n+1} = j$. Todennäköisyys sille, että prosessi siirtyy tilanteesta i tilanteeseen j riippuu vain ja ainoastaan kyseisellä hetkellä vallitsevasta prosessin tilanteesta. Tätä kutsutaan Markovin ominaisuudeksi (Markovian property) (Ljungqvist & Sargent 2000).

Taudin leviäminen karjassa voidaan esittää yksinkertaisella Markovin ketjulla (Jalvingh ym. 1997). Esimerkiksi hetkellä t tartunnalle herkeät eläimet sairastuvat tautiin hetkellä $t+1$ todennäköisyydellä 0,4. Hetkellä $t+1$ sairaana olevat eläimet voivat tulla immuuneiksi taudille hetkellä $t+2$ todennäköisyydellä 0,8 tai kuolla tautiin hetkellä $t+2$ todennäköisyydellä 0,2. Siten tämä kuvitteellinen Markovin ketju muodostuu neljästä tilannemuuttujasta: terve eläin, sairas eläin, sairauden jälkeen immuuni eläin ja sairauten kuollut eläin.

SIR-mallissa (susceptible-infectious-removed) taudin kehittyminen kuvataan karjan tai eläimen terveydentilassa tapahtuvien muutosten avulla. Jokainen eläin voi saavuttaa erilaisia terveydentiloja; herkkä (susceptible, karja voi sairastua tautiin), tartunnan saanut (infectious), immuuni (immune) tai poistettu (removed). Useimmiten mallia sovelletaan usein OIE:n

A-listan eläintauteihin tilanteissa, jolloin sairastuneet eläimet hävitetään vaikka ne vapautuisivatkin tartunnasta. Periaate toimii kuitenkin kaikilla eläintaudeilla. Koska A-listan taudeista vapaissa maissa ei käytännössä ole luonnollista immuniteettia, jatkoanalyysin kannalta ei ole juurikaan merkitystä, vapautuuko eläin tartunnasta vai ei (Berentsen ym. 1990, Mahul & Golin 1999). Tarkasteltavien terveydentilojen määrä riippuu tutkimuksen tavoitteista mallin ja taudinaiheuttajan käyttäytymisestä olevan tiedon määrästä (Mahul & Durand 2000, Buijts ym. 1997). Kun eläimen tautitilanne muuttuu, se siirtyy toiseen terveydentilaan. Esimerkiksi eksoottisen eläintautitartunnan saanut eläin voidaan hävittää (Taulukko 3). Tällöin terve eläin siirtyy ensin herkästä tartunnan saaneeksi ja sen jälkeen tartunnan saaneesta poistetuksi eläimeksi. Jos tuotantorakennukseen tuodaan uusia eläimiä, prosessi siirtyy jälleen tilanteeseen herkkä. Muussa tapauksessa prosessi pysyy tilanteessa poistettu. Esimerkissä myös karja, johon virus on voinut tarttua esimerkiksi eläinkuljetuksen yhteydessä, voidaan hävittää ilman tautiin viittaavia oireita.

Markovin ketju on ajassa homogeeninen, jos jokaiselle tilaparille i ja j pätee, että siirtymätodennäköisyys p_{ij} on vakio yli ajan eli stationaarinen. (Stokey & Lucas 1989, Ljungqvist & Sargent 2000). Tartuntataudeille on kuitenkin yleistä, että ne ovat ”kommunikoivia” tauteja eli että sairastumisen todennäköisyys riippuu taudin yleisyydestä ja eläimen terveydentilasta (Mahul & Golin 1999). Todennäköisyys karjan sairastumiselle tautiin esitetään yleensä funktiona siitä, mikä oli sairastuneiden karjojen osuus kaikista karjoista edellisellä jaksolla. Tällöin stationaarisuus-oletus ei enää päde, sillä siirtymätodennäköisyys riippuu eläinpopulaation terveydentilasta (mm. Berentsen ym. 1990, Stokey & Lucas 1989).

Todennäköisyys (p_{ij}) sille, siirtyykö eläin terveydentilasta i tilaan j ajanjaksolla t voidaan esittää edellisellä ajanjaksolla tartunnan saaneiden karjojen prevalenssin $fi_{(t-1)}$ (disease prevalence rate, sairaiden karjojen osuus kaikista karjoista) ja disseminaatioasteen (dissemination rate, dr_{t-1}) funktiona (Miller 1979):

Taulukko 3. Esimerkki siirtymämatriisista eläintautia simuloivassa mallissa.

	Mihin: Herkkä	Tartunnan saanut	Immuuni	Poistettu
Mistä:				
Herkkä	Taudin tarttuminen karjaan mahdollista	Eläin saa tartunnan	Rokote tehoaa	Kontaktikarja teurastettu
Tartunnan saanut	-	-	-	Sairastunut karja teurastettu
Immuuni	-	-	Edelleen immuuni	Rokotettu karja teurastettu
Poistettu	Tilalle tuodaan terveitä eläimiä	-	-	Tilalle ei vielä tuoda eläimiä

- siirtyminen tähän tilaan ei ole mahdollista tai sillä ei ole merkitystä.

$$(5) \quad p_{ij} = 1 - e^{-dr(t-1) \times fi(t-1)}.$$

Disseminaatioaste mittaa taudin leviämiskykyä muihin karjoihin. Se on keskiarvo siitä, kuinka suuri osuus tartunnan saaneista karjoista tartuttaa viruksen toiseen karjaan tietyllä ajanjaksolla (riippumatta siitä, mikä on näiden karjojen tautitilanne). Koko epidemian disseminaatioaste hetkellä t voidaan ilmaista alkuperäisen tautitilanteen, taudin leviämisenopeuden ja ajan funktiona. Se, saako karja tartunnan, voi riippua myös taudinaiheuttajaa vastaanottavan karjan terveydentilasta. Disseminaatioasteen suuruuteen vaikuttavat mm. karjatiheys, eläinkuljetusten määrä, tilan tuotantosuunta ja maataloustuottajien huolellisuus (Miller 1979). Disseminaatioaste on herkkä mittari, jonka pienikin muutos voi aiheuttaa suuria muutoksia taudin leviämisessä ja taloudellisissa seurauksissa. Se antaa kuitenkin käytännöllistä tietoa taudin leviämisestä ja auttaa päätöksentekoa epidemian hallitsemiseksi tarpeellisista toimenpiteistä (Mahul & Golin 1999).

Taudin simulointi Markovin prosessilla voidaan merkitä myös matemaattisesti (Mahul & Golin 1999). Eläimet voidaan jakaa terveydentilansa perusteella herkkiin (S_t , jossa alaindeksi t ilmaisee tarkasteluajankohdan), infektoituneisiin (I_t) ja poistettuihin (rokotuksen vuoksi immuunit (M_t) ja hävitettyihin (D_t)). Kussakin terveydentilassa olevien eläinten määrä voidaan esittää osuutena kaikista eläimistä siten, että $S_t + I_t + M_t + D_t = I$. Tietty osuus ($\lambda_{ij}(t)$) eläimistä siirtyy ajanjaksolla t tilasta i tilaan j . Taudin aiheuttamien taloudellisten menetysten kannalta tärkein parametri on kuitenkin se, millä todennäköisyydellä $p_{SI} = dr \cdot I$ terve eläin sairastuu siirryttäessä ajanjaksolta t ajanjaksolle $t+1$ eli siirtyy tilasta S_t tilaan I_{t+1} .

Eläintautien hallintaan liittyy se, että viranomaisten ja maataloustuottajien toimenpiteet vaikuttavat eläinten terveydentilaan. Viranomaiset voivat aloittaa rokottamisen tautia vastaan ($v_t=1$) ajanjaksolla t tai olla rokottamatta ($v_t=0$). Jos rokote tehoaa karjaan, se siirtyy tilanteesta S tilanteeseen M todennäköisyydellä p_{SM} , jossa ensimmäinen alaindeksi S viittaa alkuperäiseen terveydentilaan ja jälkimmäinen alaindeksi M viittaa lopulliseen terveydentilaan. Eksoottisilla eläintaudeilla rokottamisesta voi aiheutua kustannuksia, joita voidaan pitää uponneina kustannuksina. Rokotuksen aloittamisen lykkääminen voi aiheuttaa ylimääräisiä kuluja, mutta tuoda myös taloudellista etua. Edellä kuvattu eläindynamiikka tilanteiden herkkä, infektoitunut ja immuuni välillä voidaan esittää deterministisesti (Mahul ja Golin 1999):

$$(6) \quad \begin{aligned} S_{t+1} &= (1-\lambda_{SD})S_t - (1-v_{t+1})p_{SI}S_t - v_{t+1}(1-\lambda_{SD})S_t \\ I_{t+1} &= (1-\lambda_{ID})I_t + (1-v_{t+1})p_{SI}S_t \\ M_{t+1} &= (1-\lambda_{MD})M_t + v_{t+1}(1-\lambda_{SD})S_t \end{aligned}$$

Herkkien eläinten määrän muutos riippuu tartunnan saaneiden eläinten määrästä ajanjaksolla $t+1$, rokotuksen vuoksi immuuneiksi tulleiden eläinten määrästä ja hävitettyjen karjojen määrästä. Eläinpopulaation prevalenssi (I_t) muuttuu, sillä ajan kuluessa uusia eläimiä saa tartunnan ja tartunnan saaneita eläimiä hävitetään. Jos tartunnan saaneiden eläinten tuhoami-

nen on tehokasta, λ_{ID} saa arvon yksi. Jos tautia vastaan rokotetaan ajanjaksolla t , herkkien karjojen määrä $S_t = 0$ kaikille $t \geq t$. Siten immuunien eläinten määrä on aluksi $(1 - \lambda_{SD}) S_t$ ja muuttuu myöhemmin vauhdilla $(1 - \lambda_{MD})$ (Mahul & Golin 1999).

3.4 Dynaaminen ohjelmointi

Dynaamista ohjelmointia on sovellettu eläintautien tutkimuksessa lähinnä optimoitaessa eläinten terveydenhuoltoon ja hedelmällisyyteen liittyviä toimenpiteitä tilatasolla. Esimerkiksi Jalvingh (1993) käytti dynaamista todennäköisyyksiä hyödyntävää ohjelmointia optimoidessaan eläinten uudistuspäätöksiä maito- ja sikatiloilla. Jalvinghin (1993) mukaan stokastinen dynaaminen ohjelmointi osoittautui erittäin käyttökelpoiseksi simuloitaessa karjadynamiikkaa sekä sika- että maitotiloilla. Lisäksi herkkyysanalyysi oli helppo suorittaa satunnaiskomponenttien ansiosta.

Dynaaminen ohjelmointi sopii tilanteisiin, joissa tarkastellaan päätösten sarjaa, sillä menetelmä käyttää hyväkseen päätösten toistuvuutta ja ajan kuluessa saatavaa lisäinformaatiota. Dynaaminen ohjelmointi perustuu Markovin ketjuun ja Bellmanin periaatteeseen: ”Optimaalisella toiminnalla on sellainen ominaisuus, että riippumatta alkuperäisestä tilanteesta ja päätöksestä, tulevaisuuden päätösten on muodostettava optimaalinen toimintatapa ensimmäisestä päätöksestä ja tilasta alkaen.” Dynaamisessa ohjelmoinnissa optimaalinen toiminta selvitetään kulkemalla prosessi lopusta alkuun päin ja etsimällä ”lyhin tie” alku- ja loppupisteen välille (Huirne ym. 1997, Stokey & Lucas 1989).

Kun optimointia jatketaan riittävän pitkään, tuotantoprosessi konvergoituu ns. vakaaseen tilaan, eli tulokset eivät enää muutu vaikka iterointeja jatkettaisiin. Vakaa tila kuvaa pitkän aikavälin tilannetta ja mahdollistaa johtopäätösten teon erilaisista strategioista. Lyhyen aikavälin tulokset havaitaan seuraamalla tuotantoprosessia läpi ajan kohti vakaata tilaa (Jalvingh 1993). Tulosten staattinen vertailu ei kuitenkaan riitä esimerkiksi eläimen uudistuksen ja hoidon optimointiin tarkasti, sillä myös uuteen toimintatapaan siirtyminen voi vaikuttaa muutoksen taloudellisuuteen (Ebel ym. 1992, Jalvingh 1993).

Dynaamisessa ohjelmoinnissa optimaalinen toiminta maksimoi tai minimoi tavoitefunktion arvon. Tavoitefunktiossa voidaan maksimoida esimerkiksi odotettavissa olevaa diskontattua tuloa koko suunnittelukaudelta (discounting criterion) tai ajanjaksoa kohti laskettua keskimääräistä tuloa (average criterion). Tavoitefunktiossa voidaan iteroida sekä funktion arvoa (value function iteration) että toimintatapaa (esim. poikimaväli, policy function iteration), joka maksimoi funktion arvon. Arvoa iteroitaessa tavoitefunktion arvon maksimoiva toimintatapa määräytyy jaksoissa Bellmannin yhtälöiden mukaan. Esimerkiksi 20 vuoden suunnittelujaksolla dynaamisen ohjelmoinnin taustalla on oletus, että toiminta lopetetaan 20 vuoden kuluttua. Toimintatapaa iteroitaessa valitaan ensin toimintatapa, ja lasketaan tavoitefunktion arvo, jos kyseistä toimintatapaa noudatetaan aina. Seuraavaksi valitaan uusi toimintatapa, joka ratkaisee seuraavalle ajanjaksolle ulottuvan maksimointiongelman. Näitä askeleita toistetaan kunnes optimaalinen toimintatapa on konvergoitunut (Ljungqvist & Sargent 2000).

3.5 Hierarkinen Markovin prosessi

Joissain tapauksissa optimointimalli voi muodostua laajaksi, mutta pääosa siirtymämatriisin elementeistä on käytännössä mahdottomia toteuttaa. Jos todennäköisyydellä nolla tapahtuvat siirtymät ovat ajan suhteen hierarkisia, ne voidaan ohittaa suorittamalla optimointi hierarkisella Markovin prosessilla (HMP). Lopputulokseen tämä ei vaikuta. Täydellinen hierarkinen Markovin prosessi on yleinen Markovin päätösprosessi, joka iteroi sekä arvon että toimintatavan. Hierarkisessa Markovin prosessissa malliin voidaan sisällyttää runsaasti mm. eläimen terveyteen liittyviä yksityiskohtia (Kristensen 1988). Esimerkiksi Houbenin (1995) mukaan lehmän iän, tuotoksen, hedelmällisyyden ja mastitis-tilanteen samanaikainen huomiointi paransi tuloksia 63 prosentissa karjan uudistuspäätöksiä.

Hierarkinen Markovin päätösprosessi on jaettu yhteen pääprosessiin ja useisiin alaprosesseihin. Jokainen pääprosessin tilanne esittää erillistä Markovin päätösprosessia, jolla on rajallinen määrä tasoja (stage, esim. eläimen ikä). Alaprosessien lukumäärä on sama kuin tilanteiden määrä pääprosessissa (esim. syys- tai kevätpoikiva lehmä). Pääprosessin tilannemuutokset voivat olla eläimen ominaisuuksia, jotka eivät muutu ajan kuluessa (esim. syntymäaika). Välitön odotettavissa oleva tulo pääprosessin kullakin tasolla lasketaan alaprosessin tuloista ja tason kesto pääprosessissa on vastaavan alaprosessin kesto (Kristensen 1988).

HMP:n optimointimenettely alkaa sillä, että valitaan satunnainen toimintatapa (esimerkiksi poikimaväli 12 kk). Tämän jälkeen lasketaan kyseisellä toimintatavalla odotettavissa oleva kokonaistulo ja tuotos jäljellä olevan prosessin jokaisessa alaprosessissa. Kun odotettavissa olevaa kokonaistuloa ja tuotosta painotetaan vielä alaprosessin alkuperäisellä jakaumalla, saadaan selville odotettavissa oleva tulo ja tuotos pääprosessin kullekin tilalle. Tätä tietoa ja matriisilaskentaa käyttämällä voidaan laskea tilan arvo pääprosessissa ja valitulla toiminnalla saatu hyöty. Lopuksi voidaan valita optimaalinen toimintatapa. Prosessia toistetaan kunnes se on konvergoitunut (Houben 1995).

Eläinten terveystaloutieteessä hierarkista Markovin prosessia ovat soveltaneet ainakin Houben (1995) ja Mourits ym. (1998). Houbenin (1995) tutkimuksen innovatiivinen yksityiskohta oli, että siinä kokeiltiin hybridiä geneettiseen algoritmiin perustuvaa päätöksentekojärjestelmää. Lähestymistapa huomioi tarkasti karjan biologiset rajoitteet ja eläinten vuorovaihtuksen yksittäisen eläimen terveyteen.

3.6 Monte Carlo-simulointi

Toinen yleisesti käytetty lähestymistapa eksoottisen eläintautiepidemian leviämisen ja taloudellisten vaikutusten mallintamiseen on stokastinen simulointi, jossa käytetään satunnaislementtejä (Monte Carlo-simulointi tai MCMC-menetelmä) (mm. Ebel ym. 1992, Garner & Lack 1995, Jalvingh ym. 1993, Jalvingh ym. 1998, Meuwissen 1999, Saatkamp 1996). Lähestymistapa eroaa aikaisemmin kuvatusista tila-siirtymä-mallista, vaikka molemmissa voidaan käyttää samoja elementtejä. Tila-siirtymä-mallissa siirtymän todennäköisyys ilmoi-

tetaan todennäköisyysjakauman odotusarvona, mutta MCMC-simuloinnissa se määräytyy todennäköisyysjakaumasta arvotun satunnaisluvun perusteella.

Esimerkiksi Jalvingh ym. (1998) simuloivat suu- ja sorkkataudin leviämisen Hollannissa soveltaen Uudessa-Seelannissa kehitettyä Interspread-mallia. Mallissa tarkastellaan kuutta eläinlajia ja se simuloi suu- ja sorkkatautiviruksen leviämisen tietyllä alueella päivän tarkkuudella. Malli antaa tietoa mm. sairastuneiden karjojen lukumäärästä, tautiepidemian kestosta ja rajoitusten kohteeksi joutuneiden tilojen määrästä. Näitä tietoja tarvitaan analysoitaessa taudin taloudellisia vaikutuksia. Lähtökohtana on tilakohtainen aineisto, joka sisältää mm. jokaisen tilan sijainnin ja siellä olevien eläinten lukumäärän. Interspreadissa tauti leviää tilalta toiselle kontaktien välityksellä (eläimet, ihmiset, aineet, kulkuneuvot), paikallisena leviämisenä ja ilman välityksellä. Jokaiselle tautia levittävälle tekijälle arvotaan todennäköisyys, jolla tauti leviää karjan ulkopuolelle. Kun ensimmäinen tautitapaus on diagnosoitu, viranomaiset määräävät taudin saneeraamiseen tähtäävistä toimenpiteistä, kuten sairaiden eläinten hävittämisestä. Taudin hallinta- ja leviämismekanismit sisältävät epävarmuustekijöitä, jotka huomioidaan generoimalla satunnaislukuja.

Saatkampin (1996) mukaan Monte Carlo-simulointia voidaan suositella, jos sen avulla saadaan luotettavaa ja jatkoanalyysin kannalta käyttökelpoista informaatiota esimerkiksi tautiriskin jakaumasta ja keskihajonnasta. Tämä helpottaa tilastollista testaamista, riski- ja herkkyysanalyysia (Jalvingh ym. 1997, Saatkamp 1996). Jakauman tiheysfunktioita voidaan käyttää myös analysoitaessa toimintavaihtoehtoja stokastisen dominanssin keinoin (Saatkamp 1996). Vaikka satunnaiselementtien käyttö voi vaikuttaa tuloksiin, eivät ne välttämättä vaikuta johtopäätöksiin (vrt. Mahul ja Durand 2000).

Eläintautien taloustutkimuksessa on käytetty pääasiassa diskreettiä jakaumaa, sillä esimerkiksi Poisson-jakauma antaa tulokseksi kokonaisia eläimiä. Satunnaismuuttujan vuoksi Monte Carlo-simuloinnin tulokset voivat vaihdella huomattavasti eri ajojen välillä, joten simulointeja on toistettava samalla aineistolla kunnes tulokset ovat riittävän vakaita. Analysoitaessa stokastista dominanssia jakauman ”häntien” koko voi vaikuttaa optimaalisten toimenpiteiden valintaan. Hännän epäsäännöllisyydet esimerkiksi vähäisten simulointikierrosten vuoksi voivat siten antaa epäluotettavia tuloksia (Saatkamp 1996).

3.7 Asiantuntijamenetelmät

Asiantuntijatietoa eläintaudeista on hyödynnetty, kun empiiristä aineistoa on ollut saatavilla rajoitetusti tai kun mallia on validoitu. Subjektiivinen tieto kuitenkin ilmaisee vain vastaajan näkemyksen asiasta, mikä ei välttämättä vastaa todellisuutta (Horst ym. 1996). Tämän vuoksi herkkyysanalyysi on tärkeä käytettäessä subjektiivista tietoa. Numeerisissa kysymyksissä selvitetäänkin yleensä kolmipiste-estimaatti. Tässä luvussa käsitellään lyhyesti muutamia asiantuntijamenetelmiä.

3.7.1 Syvähaastattelumenetelmistä

Syvähaastatteluilla saadaan laadullista tietoa tutkimusongelmasta. Delphi-menetelmällä voidaan hyödyntää keskusteluun osallistuvan ryhmän tiedot ja minimoida useimmat ryhmätyöskentelyyn liittyvät haitat esimerkiksi selvitetessä eläintautiin liittyviä riskitekijöitä (mm. van der Fels-Klerx ym. 2000, Horst ym. 1998). Kun ensimmäisen kyselyn tulokset on analysoitu, asiantuntijoille annetaan palautetta vastauksista. Kyselykierroksia toistetaan, kunnes asiantuntijoiden kesken on saavutettu riittävä yksimielisyys. Delphi-menetelmän tärkeä ominaisuus onkin se, että vastaajat voivat tarkentaa omaa kantaansa kyselykierrosten edetessä (Hardaker ym. 1997).

Asiantuntijatieto voi perustua myös dokumentoituun tietoon. Enting (1999) hyödynsi dokumentointia kehittäessään integroitua tietojärjestelmää, jota eläinterveydenhuollon ammattilaiset voivat käyttää apuna neuvoessaan tuottajia karjan terveyteen liittyvissä kysymyksissä. Tutkimus toteutettiin analysoimalla Hollannin eläinterveyspalvelun asiantuntijoiden (Dutch Animal Health Service) sikatiloille tekemiä vierailuja. Asiantuntijoiden käsitysten kartoitus perustui CommonCADS-tekniikkaan. Se sisältää kolme osaa: 1) käsitteet ja tosiasiat dokumentoidaan hierarkisesti, 2) hierarkiaan dokumentoidusta tiedosta poikkeavat tapaukset dokumentoidaan ja 3) poikkeavien tapausten kohdalla tehdyt ratkaisut dokumentoidaan. Järjestelmän tietopohja koostui asiantuntijoiden tilavierailuilla tekemistä raporteista.

Huirne (1990) käytti asiantuntijoita kehittäessään tietokonepohjaista mallia päätöksenteon tueksi sikatiloilla. Asiantuntijoiden tietämys kartoitettiin kahden neuvontajärjestön asiantuntijoiden syvähaastatteluilla. Haastattelussa käytettiin sekä havainnoivaa että intuitiivista menetelmää. Havainnoinnissa asiantuntijoita seurattiin heidän ratkaistessaan todellisen maatilan ongelmia, jolloin saatiin tietoa ongelman ratkaisuun tarvittavan asiantuntemuksen sisällöstä ja rakenteesta. Protokolla-analyysia seurasi tarkentava vaihe, jossa asiantuntijat kommentoivat haastattelua. Tämän jälkeen selvitettiin tilantason ongelmanratkaisumenetelmiä kirjallisuuden ja asiantuntijakeskustelujen avulla. Kun tieto oli riittävän konkreettista, se muunnettiin tuotantosäännöiksi ja tallennettiin tietojärjestelmään. Eläintautien taloustutkimuksessa Huirnen (1990) ja Entingin (1999) menetelmät soveltuvat esimerkiksi valmiussuunnitelmien toimivuuden ja kustannustehokkuuden arviointiin tai eläinterveydenhuollon toimintaohjeiden laatimiseen.

3.7.2 Conjoint-analyysi

Conjoint-analyysilla (conjoint analysis) voidaan mitata kuluttajien preferenssien, kvalitatiivisten tai muuten vaikeasti mitattavien tekijöiden suhteellista tärkeyttä päätöksenteossa (Aaker ym. 1998). Menetelmän perusoletuksena on, että tuote tai tapahtuma muodostuu ominaisuuksista (attribuuteista). Eläinten terveystaloustieteessä attribuutit voivat liittyä niihin riskitekijöihin (esim. tilan johtaminen, riskiasenne tms.), jotka vaikuttavat taudin leviämiseen (Horst ym. 1998, van der Fels-Klerx ym. 2000, van Schaik ym. 1998). Tuotteen tai tapahtuman

kokonaisarvo vastaajalle saadaan yhdistämällä ominaisuuksien määrä ja laatu (Aaker ym. 1998). Yhdistämisessä käytettävistä preferenssimalleista joustavin on osa-arvomalli. Siinä tuotteen preferoituvuuden määrä esitetään ominaisuuksien funktiona ja jokaisella ominaisuudella on tietty painoarvo (Green & Srinivasan 1979).

Conjoint-analyysissa vastaajia pyydetään asettamaan järjestykseen profiilit, joissa esitellään tiettyjä ominaisuuksia tai niiden yhdistelmiä sisältävää tuotetta tai tapahtumaa. Kun profiilit on järjestetty, attribuuttien suhteellinen tärkeys voidaan estimoida esimerkiksi regressio-analyysillä. Siten menetelmä mittaa esitettyjen ominaisuuksien tärkeyden suhteessa muihin esitettyihin ominaisuuksiin. Menetelmän etuna on, että vastausten paikkansa pitävyys voidaan tarkastaa (Green & Srinivasan 1979). Conjoint-analyysi suoritetaan joko full profile -kyselynä tai parittaisena vertailuna eli ns. trade-off -kyselynä. Full profile -menettelyssä vastaajalle esitetään tuoteprofiileja, jotka hän asettaa tärkeysjärjestykseen. Trade-off -kyselyssä järjestykseen asetetaan samalla kertaa esitettävät yksittäiset ominaisuudet (Aaker ym. 1998). Full profile -menettelyssä vastaustilanne on siten realistisempi (Green & Srinivasan 1979, Aaker ym. 1998).

Eläintaudin riskitekijöitä tutkittaessa voidaan käyttää portaaton riskipisteytystä (Horst ym. 1998, van der Fels-Klerx 2000):

$$(7) \quad \text{Riskipisteet} = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i,$$

jossa *riskipisteet* on asiantuntijan käsitys tautiriskin määrästä asteikolla 0-100, β_0 on vakio, β_i ovat riskitekijöihin $i=1, \dots, n$ (attribuutteihin) liittyviä kertoimia eli osariskipisteitä (part-worth score) ja x_i ovat riskimuuttujia ($x_i=1$ = riskitekijä esiintyy, $x_i=0$ = riskitekijää ei esiinny). Riskitekijän suhteellinen tärkeys voidaan arvioida regressiokertoimien perusteella normalisoimalla riskitekijät siten, että ne summautuvat kokonaisriskiksi (100 %) (Horst ym. 1998).

3.7.3 ELI-menetelmä

Edellä mainittujen menetelmien tavoitteena on selvittää vastaajien preferenssejä, mutta niissä ei huomioida vastauksiin liittyvää epävarmuutta. Eräs tapa ilmaista epävarmuutta on subjektiiviseen todennäköisyysjakaumaan (subjective probability distribution, SPD) perustuva arviointi. Todennäköisyysjakauman moodi ilmaisee vastaajan odotusarvon ja vastauksen hajonta ilmaisee vastaukseen liittyvän epävarmuuden. Eräs eläinten terveystaloutieteessä käytetty menetelmä subjektiivisen todennäköisyysjakauman määrittämiseen on van Lenthén (1993) kehittämä ELI-menetelmä (mm. Horst ym. 1996, van der Fels-Klerx ym. 2000).

ELI on graafisesti avustava menetelmä, jossa vastaajan arvioita tarkennetaan ja niiden luotettavuutta arvioidaan ohjelman sisään rakennetun pisteytysäännön avulla (scoring rule). Pisteytysäännöillä verrataan asiantuntijoiden vastauksia oikeisiin vastauksiin, joten ne so-

veltuvat vastaajan tietojen tason arviointiin silloin, kun oikea vastaus tiedetään. ELI selvittää kolmipiste-estimaatin esitettyyn kysymykseen siten, että vastaaja antaa ensin odotusarvon. Tämän jälkeen vastaaja arvioi odotusarvoon liittyvää vaihtelua määrittämällä vastauksen ylimmän mahdollisen ja alimman mahdollisen arvon.

4 Yhteenveto

Tässä raportissa tarkasteltiin eläinten terveystaloustieteessä käytettyjä tutkimusmenetelmiä ja tutkimusten talousteoreettista taustaa. Tavoitteena oli löytää eläintautien talousriskien ja niiden hallitsemisen tutkimiseen Suomessa sopiva menetelmä. Eläintaudit voidaan jakaa taudin yleisyyden perusteella karkeasti kahteen ryhmään. Endeemisiä eläintauteja esiintyy yleisesti ja ne nostavat maatalouden tuotantokustannuksia. Siten endeemisen eläintaudin esiintyminen kilpailullisilla markkinoilla vaikuttaa kuluttajien hyvinvointiin lisäksi yksittäiset kotieläintuottajat voivat saada taloudellista hyötyä tilansa eläintautitilanteeseen vaikuttamalla. Eksoottisia eläintauteja puolestaan esiintyy harvoin ja yksittäisen epidemian taloudelliset vaikutukset voivat olla katastrofaalisia sekä yksittäisen tilan että koko elintarvikeketjun kannalta. Vaarallisimpien eläintautien hävittämisestä aiheutuvat kulut korvataankin valtion varoista ja niiden vastustamisesta on määrätty lailla. Eksoottisiin eläintauteihin liittyy usein voimakas kysyntä- tai tarjontashokki, joten sen taloudellinen vaikutus riippuu eläintaudin vaikutuksesta kuluttajien käyttäytymiseen ja eläinperäisten tuotteiden kansainväliseen kauppaan. Esimerkiksi niin sanotut A-listan eläintaudit voivat estää elintarvikkeiden viennin taudista vapaisiin maihin ja aiheuttaa siten vakavia markkinahäiriöitä varsinkin niillä tuotteilla, joita viedään runsaasti.

Eläintautien talousriski, eli taudin esiintymisen todennäköisyys ja sen seuraukset aiheuttavat kustannuksia, joihin voidaan vaikuttaa tehostamalla riskinhallintaa. Eläintautiriskin hallintaan soveltuvat keinot vaihtelevat taudin mukaan, vaikka sama riskinhallintatoimenpide voi-kin vaikuttaa monen taudin riskiin. Riskienhallinnalla voidaan esimerkiksi vaikuttaa taudin leviämismahdollisuuksiin ennen tai jälkeen infektion. Tautiriskin tehokkaat hallintakeinot vaihtelevat kuitenkin tilakohtaisesti, joten on tärkeää analysoida tautiriskejä tapauskohtaisesti.

Epidemiologisen epävarmuuden ohella eläintauteja koskevaan päätöksentekoon liittyy epävarmuutta yhteiskunnan käyttäytymisestä. Tämä ilmenee mm. maataloustuotteiden kysynnän, tarjonnan ja hintojen muutoksina, kun tautia esiintyy alueella. Jo muissa maissa havaitut eläintautiepidemiat ovat vaikuttaneet maataloustuotteiden markkinoihin Suomessa vähintäänkin siten, että terveysmääräykset ovat muuttuneet. Lisäksi riskienhallintaan liittyy moraalisia ongelmia, sillä tilakohtaisista eroista johtuen kaikilla kotieläinsektorin toimijoilla ei välttämättä ole taloudellista kannustinta tautiriskin pienentämiseen. Markkinavaikutusten selvittämisessä voidaan hyödyntää esimerkiksi ekonometrisia malleja, jolla voidaan tutkia tuottajan optimaalista sopeutumista tautitilanteeseen ja kuluttajan reaktioita tautishokkiin.

Eläntaudin leviämisestä saatava tieto voi olla päätöksentekijälle arvokasta, sillä riskien hallintapäätökset on usein tehtävä ennen kuin tauti on levinnyt tilalle. Riskin hallinnan tueksi tarvitaankin päätöksentekosääntöjä, jotka sopeutuvat tautitilanteen muuttumiseen ja huomioivat päätöksentekoon liittyvän epävarmuuden. Vaikka eksoottisen eläntaudin leviämisen todennäköisyys Suomeen onkin alhainen, ei sitä voida jättää huomioimatta, sillä taudin aiheuttamat seuraukset saattavat vaarantaa elintarviketuotannon tulevaisuuden (vtr. Wharton 1992). Kirjallisuudessa on näyttöä siitä, että pienellä todennäköisyydellä toteutuvilta ja mit-taviakin tappioita aiheuttavilta riskeiltä ei suojauduta riittävästi. Monet eksoottisten eläin-tautien aiheuttamat riskit kuuluvat tähän ryhmään. Lisäksi tautishokkeja tutkimalla saatavaa tietoa tuottajan ja kuluttajan kannustimista toimia tietyllä tavalla voidaan hyödyntää analy-soitaessa muita kotieläintuotannon shokkeja.

Toistaiseksi lisäinformaation huomiointi eläinten terveystaloustieteessä on ollut vähäistä ja keskittynyt lähinnä eläinten uudistuspäätöksiin tai mastiitin hallintaan maitotiloilla. Viime aikoina on kuitenkin tavoiteltu entistä dynaamisempia malleja. Dynaamisuuden ja tilakoh-taisen havainnoinnin lisäämisellä saavutetaan päätöksenteon kannalta merkittäviä etuja, mutta esimerkiksi täysimittaisen dynaamisen ohjelmointirutiinin liittäminen MCMC-malliin tuo mukanaan mallin vakauteen liittyviä ongelmia (mm. curse of dimensionality).

Tautisimulointimalleista yleisiä lienee ns. SIR-malli, jossa eläinpopulaatio esitetään eri ter-veydentiloissa olevina alapopulaatioina ja taudin leviäminen ketjutetaan ajan suhteen hyö-dyntäen Markovin ketjua. Siirtyminen terveydentilasta toiseen riippuu mm. eläimen sairas-tumisen todennäköisyydestä ja taudin havaitsemisen todennäköisyydestä. Siten esimerkiksi sairastuneiden eläinten määrä saadaan kertomalla tartuntariskin omaavien eläinten määrä sairastumisen todennäköisyydellä. Lisäksi sairastuneiden eläinten määrän kehitystä voidaan seurata ketjuttamalla tilannemuuttujat yli ajan, jolloin lopulta saavutetaan ns. vakaa tila.

Eläntaudin aiheuttama shokki voi olla pysyvä tai vaikeasti korjattavissa. Lisäinformaatiota tautiriskin arviointiin saadaan lisäämällä siirtymätodennäköisyyksien stokastisuutta Monte Carlo-simuloinnilla. Sen etuna on tulosten todennäköisyysjakauma, joka helpottaa päätök-senteon analyysia epävarmuuden vallitessa. Esimerkiksi Jalvingh ym. (1998) simuloivat suu- ja sorkkataudin leviämistä Hollannissa stokastisella spatiaalisella mallilla, jonka lähtö-kohtana oli tilakohtainen aineisto. Se sisälsi mm. jokaisen maatilan sijainnin ja siellä olevien eläinten lukumäärän. Mallin parametreina oli mm. tietoa tautia levittävien kanavien määres-tä ja laadusta sekä siitä, kuinka laajalle ne voivat kuljettaa taudinaiheuttajaa. Suomessa vas-taavia tietoja on tallennettu maaseutuelinkeinorekisteriin. NykYTEknologialla mallin tark-kuutta voidaan parantaa lisäämällä siihen digitaalinen kartta ja yksityiskohtaista tilatietoa. Näin taudin hallinta voidaan määritellä luonnollisten olosuhteiden mukaan ja tapauskohtai-set olosuhteet ovat entistä paremmin huomioitavissa.

Eläintautiriskien hallinta tulisi järjestää niin, että päätökset ovat taloudellisesti järkeviä. Tautitilanteesta tulevaisuudessa saatava lisäinformaatio voi vaikuttaa huomattavastikin taloudellisesti parhaan toimenpiteen valintaan, mutta päätökset on tehtävä nykyisen tiedon perusteella. Optimaalisten päätöksentekosääntöjen tulisikin soveltua kulloinkin vallitsevaan tilanteeseen, sillä optimaalinen toimintatapa voi vaihdella ajan kuluessa. Myös optioiden avulla voidaan arvottaa epävarmuutta sisältävän päätöksen taloudellista merkitystä kotieläintuottajalle. Samalla voidaan tarkastella sitä, kuinka paljon eläintautien ennaltaehkäisyyn on järkevää panostaa tai mikä on lisäinformaation antama hyöty tautiriskien hallinnassa yksittäisellä tilalla tai elintarvikeketjussa.

Kirjallisuus

- Aaker, D.A., Kumar, V. & Day, G.S. 1998. Marketing research. New York: John Wiley & Sons. 6th ed. 776 p. ISBN 0471363405.
- Ansell, J. & Wharton, F. (eds.). 1992. Risk: Analysis, assessment and management. West Sussex Wiley & Sons Ltd. 220 p. ISBN 0-471-93464-X.
- Apland, J. & Jonasson, L. 1992. Conceptual Background and structure of SAMS: Swedish Agricultural Sector Model. Rapport 45. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences. 32 p.
- van Asseldonk, A.P.M., Kuiper, W.E. & Huirne, R.B.M. 2000. Classical swine fever and price volatility. In: Salman, M.D., Morley, P.S. & Rush-Gallie, R. (eds.). Proceedings of the 9th symposium of the International Society for Veterinary Epidemiology and Economics, Beckenridge, USA. p. 88-90.
- Boardman, A.E., Greenberg, D.H., Vining, A.R. & Weimer, D.L. 2001. Cost-benefit analysis: Concepts and practice. New Jersey: Prentice-Hall. 526 p. ISBN 0-13-087178-8.
- Berentsen, P.B.M., Dijkhuizen, A.A. & Oskam, A.J. 1990. Foot-and-mouth disease and export: an economic evaluation of preventive and control strategies for the Netherlands. Wageningen Economic Studies 20. Wageningen: Wageningen Agricultural University. 89 p.
- Buijters, J.A.A.M. 1997. Computer simulation to support policy-making in Aujeszky's disease control. PhD thesis. Wageningen: Wageningen Agricultural University. 187 p. ISBN 90-5485-652-1.
- Buijters, J.A.A.M. & Burrell, A.M. 1997. The trade argument for eradicating Aujeszky's disease: effects of export restrictions on the Netherlands pig industry. In: Buijters, J.A.A.M. Computer simulation to support policy-making in Aujeszky's disease control. PhD thesis. Wageningen: Wageningen Agricultural University. p. 87-121. ISBN 90-5485-652-1.
- Buijters, J.A.A.M, Huirne, R.B.M, Dijkhuizen, A.A., Renkema, J.A. & Noordhuizen, J.P.T.M. 1997. Basic framework for the economic evaluation of animal health control programs. Office International des Epizooties Scientific and Technical Review 15:775-795.
- Campbell, J.Y., Lo, A.W. & MacKinlay, A.C. 1997. The econometrics of financial markets. New Jersey: Princeton University Press. 611 p. ISBN 0-691-04301-9.
- Dijkhuizen, A.A., Hardaker, J.B. & Huirne, R.B.M. 1994. Risk attitude and decision making in contagious disease control. Preventive Veterinary Medicine 18: 203-212.
- Dijkhuizen, A.A., Huirne, R.B.M. & Morris, R.S. 1997a. Economic decision making in animal health management. In: Dijkhuizen, A.A. & Morris, R.S. Animal health economics: principles and applications. Sydney: Post Graduate Foundation in Veterinary Science. p. 13-24. ISBN 0-646-31481-5.
- Dijkhuizen, A.A., Huirne, R.B.M., Jalvingh, A.W. & Stelwahgen, J. 1997b. Economic impact of common health and fertility problems. In: Dijkhuizen, A.A. & Morris, R.S. Animal health economics: principles and applications. Sydney: Post Graduate Foundation in Veterinary Science. p. 41-58. ISBN 0-646-31481-5.
- Dijkhuizen, A.A., Jalvingh, A.W., Berentsen, P.M.B. & Oskam, A.J. 1997c. Modelling economics of risky decision making in highly contagious disease control. In: Dijkhuizen, A.A. & Morris, R.S. Animal health economics: principles and applications. Sydney: Post Graduate Foundation in Veterinary Science. p. 159-170. ISBN 0-646-31481-5.
- Ebel, E.D., Hornbaker, R.H. & Nelson, C.H. 1992. Welfare effects of the national pseudorabies eradication program. American Journal of Agricultural Economics 74: 638-645.
- Enting, J. 1999. Zovex, a knowledge-based system to analyse factors associated with pig-health disorders. PhD thesis. Utrecht: University of Utrecht, Faculty of Veterinary Medicine, the Netherlands. 129 p. ISBN 90-393-1630-9.

- van der Fels-Klerx, H.J., Horst, H.S. & Dijkhuizen, A.A. 2000. Risk factors for bovine respiratory disease in dairy youngstock in the Netherlands: the perception of experts. *Livestock Production Science* 66: 35-46.
- Garner, M.G. & Lack, M.B. 1995. An evaluation of alternative control strategies for foot-and-mouth disease in Australia: a regional approach. *Preventive Veterinary Medicine* 23: 9-32.
- Green, P.E. & Srinivasan, V. 1979. Conjoint analysis in consumer research: issues and outlook. *The Journal of Consumer Research* 5: 103-123.
- Heikkilä, A-M. 1999. Poikimavälin pituuden taloudelliset vaikutukset. MTTL tutkimuksia 236. Helsinki: Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos. 54 s.
- van Lenthe, J. 1993. ELI: the use of proper scoring rules for eliciting subjective probability distributions. Leiden: DSWO Press, Leiden University, the Netherlands. 140 p.
- Hardaker, J.B., Huirne, R.B.M. & Anderson, J.R. 1997. Coping with risk in agriculture. New York: CAB international. 274 p. ISBN 0-85199-119-X.
- Horst, S., Dijkhuizen, A.A. & Huirne, R.B.M. 1996. Outline for an integrated modelling approach concerning risks and economic consequences of contagious animal diseases. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 44: 89 – 102.
- Horst, H.S., Dijkhuizen, A.A., Huirne, R.B.M. & De Leeuw, P.W. 1998. Introduction of contagious animal disease into the Netherlands: elicitation of expert opinions. *Livestock production Science* 53: 253-264.
- Houben, E.P.H. 1995. Economic optimization of decisions with respect to dairy cow health management. PhD thesis. Wageningen: Wageningen Agricultural University. 144 p. ISBN 90-5485-381-6.
- Huirne, R.B.M. 1990. Computerized management support for swine breeding farms. PhD thesis. Wageningen: Wageningen Agricultural University. 165 p.
- Huirne, R.B.M., Dijkhuizen, A.A., van Beek, P. & Renkema, J.A. 1997. Dynamic programming to optimize treatment and replacement decisions. In: Dijkhuizen, A.A. & Morris, R.S. *Animal health economics: principles and applications*. Sydney: Post Graduate Foundation in Veterinary Science. p. 85-98. ISBN 0-646-31481-5.
- Jalvingh, W.A. 1993. Dynamic livestock modelling for on-farm decision support. PhD thesis. Wageningen: Wageningen Agricultural University. 164 p. ISBN 90-5485-165-1.
- Jalvingh, A.W., Nielen, M., Maurice, H., Stegeman, A.J., Elbers, A.R.W & Jalvingh, A.W., Dijkhuizen, A.A. & van Arendonk, J.A.M. 1997. Markov chain simulation to evaluate user defined management strategies. In: Dijkhuizen, A.A. & Morris, R.S. *Animal health economics: principles and applications*. Sydney: Post Graduate Foundation in Veterinary Science. p. 99-113. ISBN 0-646-31481-5.
- Jalvingh, A.W., Nielen, M., Maurice, H., Stegeman, A.J., Elbers, A.R.W & Dijkhuizen, A.A., Dijkhuizen, A.A. 1999. Spatial and stochastic simulation to evaluate the impact of events and control measures on the 1997-1998 classical swine fever epidemics in the Netherlands: I. Description of simulation model. *Preventive Veterinary Medicine* 42: 271-295.
- Jalvingh, A.W., Vonk Noordegraaf, A., Nielen, M., Maurice, H. & Dijkhuizen, A.A. 1998. Epidemiological and economic evaluation of disease control strategies using stochastic and spatial simulation: general framework and two applications In: Thrusfield, M.V. & Goodall, E.A. (eds.). *Proceedings of Society for Veterinary Epidemiology and Preventive Medicine annual conference*, Ennis, Ireland, 25-27 March 1998. p. 86-99.

- Latvala, T. 2001. Kuluttajien informaatiotarpeet elintarvikkeiden turvallisuus- ja laatuominaisuuksista: tapaustutkimus naudanlihasta. Julkaisussa: Kola, J. (toim.). Elintarviketuotannon turvallisuuden ja etiikan ekonomiaa. Taloustieteen laitoksen selvityksiä 13. Helsinki: Helsingin yliopisto. s. 27-68. ISBN 952-10-0095-3.
- Ljungqvist, L. & Sargent, T.J. 2000. Recursive macroeconomic theory. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology. 701 p. ISBN 0262194511.
- Kristensen, A.R. 1988. Hierarchic Markov processes and their applications in replacement models. *European Journal of Operational Research* 35: 207-215.
- Mahul, O. & Golin, A. 1999. Irreversible decision making in contagious animal disease control under uncertainty: an illustration using FMD in Brittany. *Preventive Veterinary Medicine* 26: 39-58.
- Mahul, O. & Durand, B. 2000. Simulated economic consequences of foot-and-mouth disease epidemics and their public control in France. *Preventive Veterinary Medicine* 47: 23-38.
- Mangen, M.-J.J. 2002. Economic welfare analysis of simulated control strategies for Classical swine fever epidemics. Ph. D. thesis. Wageningen: Wageningen agricultural university. 186 p. ISBN 9058086216.
- Mangen, M.-J. & Burrell, A. 2001. Decomposing preference shifts for meat and fish in the Netherlands. *Journal of Agricultural Economics*, 52: 16-28.
- McInerney, J.P. 1987. An economist's approach to estimating disease losses. In: Howe, K.S. & McInerney, J.P. (eds.). *Disease in farm livestock: economics and policy. Proceedings of a symposium in the community programme for coordination of agricultural research, 1 to 3 July 1987, Exeter. Report EUR 11285 EN. Luxembourg: Commission of the European Communities.* p. 36-60.
- Merton, R.C. 1998. Continuous-time finance. New Jersey: Princeton university press. 732 p. ISBN 0-631-18508-9.
- Miller, W.M. 1979. A state-transition model of epidemic foot-and-mouth disease. In: McCauley, E.H., Aulaji, N.A., New, J.C. jr, Sundquist, W.B. & Miller, W.M. *A study of the potential economic impact of foot-and-mouth disease in the United States. Technical report no. 7.* pp 113-131 St.Paul: University of Minnesota.
- Meuwissen, M.P.M. 1999. Insurance as a risk management tool for European agriculture. PhD thesis. Wageningen: Wageningen Agricultural University. 117 p. ISBN 9058081710.
- Meuwissen, M.P.M., Horst, H.S., Huirne, R.B.M. & Dijkhuizen, A.A. 1999. A model to estimate the financial consequences of classical swine fever epidemics: principles and outcomes. *Preventive Veterinary Medicine* 42: 249-270.
- Mourits, M.C.M., Huirne, R.B.M., Dijkhuizen, A.A., Kristensen, A.R. & Galligan, D.T. 1999. Economic optimization of dairy heifer management decisions. *Agricultural Systems* 61: 17-31.
- Morris, R.S. 1997. How economically important is animal disease and why? In: Dijkhuizen, A.A. & Morris, R.S. *Animal health economics: principles and applications.* Sydney: Post Graduate Foundation in Veterinary Science. p. 1-12. ISBN 0-646-31481-5.
- Peltola, J., Aakkula, J., Majjala, R. & Siikamäki, J. 2001. Valuation of economic benefits from the Finnish salmonella control program. *Selvityksiä* 30/2001. Helsinki: MTT taloustutkimus. p. 1-22.
- OIE. 2001. International animal health code 2001. Viitattu 27.9.2001. Saatavissa Internetissä: http://www.oie.int/eng/normes/mcode/a_summry.htm.
- Robinson, L.J. & Barry, P.J. 1987. The competitive firm's response to risk. New York: MacMillan publishing company. 324 p.

- Saatkamp, H.W. 1996. Simulation studies on the potential role of national identification and recording systems in the control of classical swine fever. *Mansholt Studies 2*. Leiden: Backhuys Publishers. 120 p.
- van Schaik, G. 2000. Risk and economics of disease introduction into dairy farms. PhD thesis. Wageningen: Wageningen Agricultural University. 179 p.
- van Schaik, G., Dijkhuizen, A.A., Huirne, R.B.M. & Benedictus, G. 1998. Adaptive conjoint analysis to determine perceived risk factors of farmers, veterinarians and AI technicians for introduction of BHV1 to dairy farms. *Preventive Veterinary Medicine* 36: 101-112.
- Stokey, N.L. & Lucas, R.E. with the collaboration of Prescott, E.C. 1989. Recursive methods in economic dynamics. Cambridge: Harvard University Press. 588 p. ISBN 0-974-75096-9.
- Vaughan, E.J. & Vaughan, T.M. 1999. Fundamentals of risk and insurance. New York: John Wiley & Sons. 8th ed. 704 p. ISBN 0-471-29988-X.
- Stevens, J.B. 1993. The economics of collective choice. Boulder, USA: Westview Press. 389 s. ISBN 0-8133-1567-0.
- WTO 2001. The WTO agreement on the application of sanitary and phytosanitary measures (SPS Agreement). Viitattu 26.9.2001. Saatavissa Internetissä: http://www.wto.org/english/tratop_e/sps_e/spsagr_e.htm.
- Wharton, J. 1992. Risk management: basic concepts and general principles. In: Ansell, J. & Wharton, F. (eds.). Risk: analysis, assessment and management. West Sussex: Wiley & Sons Ltd. p. 1-14. ISBN 0-471-93464-X.
- Wilson, D.W. & Banks, D.J.D. 1993. The application of risk assessment in animal quarantine in Australia. *Revue Scientifique et Technique Office International des Epizooties* 12: 1121-1133.

MTT:n selvityksiä -sarjan Talous-teeman julkaisuja

- No 7 Kröger, L. 2002. Osallistuva suunnittelu maatalouden ympäristöpolitiikassa – Viljelijöiden näkemyksiä osallistumisesta, vaikuttamismahdollisuuksista ja ympäristönhoidosta. 65 s., 1 liite.
- No 10 Tillgrén, S. & Kupiainen, T. 2002. Letuista samppanjaan – Mansikankuluttaja elämäntyyli tutkimuksen näkökulmassa. 98 s., 5 liitettä.
- No 12 Niemi, J.K. 2002. Eläintautiriskien ekonomiaa. 39 s.

