

EESTI MAAÜLIKOOL

Metsandus- ja maaehitusinstituut



Euroopa Liit
Euroopa
Regionaalarengu Fond



Eesti
tuleviku heaks

MAJANDUSLIK ANALÜÜS – OHTLIKE TAIMEKAHJUSTAJATE
POOLT TEKITATUD KAHJUDE HINDAMINE

Maaeluministeeriumi projekti nr RITA2/020 (2014-
2020.4.02.16-0025) lõpparuanne

Tartu
2017

Sisukord

Sissejuhatus	4
1. Kirjanduse ülevaade	6
1.1. Siklaste (<i>Cerambycidae</i>) bioloogia, ökoloogia ja levik	6
1.1.1. Puidusikud (<i>Monochamus</i>)	9
1.1.1.1. Männi-puidusikk	9
1.1.1.2. Kuuse-puidusikk	10
1.1.1.3. Suur-puidusikk	11
1.1.2. Aasia siku bioloogia, ökoloogia ja levik	11
1.2. Männi-laguuss	14
1.2.1. Männi-laguussi süstemaatika ja identifitseerimine	14
1.2.2. Männi-laguussi levik, bioloogia, ökoloogia	15
1.3. Aasia siku ja männi-laguussi tõrjeabinõud	18
2. Kriteeriumid kahjustajate majandusanalüüside läbiviimiseks	20
2.1. Õiguslikud alused	20
2.2. Majanduslikud mõjud taimetervise regulatsioonis	21
2.3. Kahjustajate tekitatud kahjude analüüsi skeem	22
2.4. Kulude arvestamiseks vajaminevad sisendid	26
3. Näidiskahjustajate potentsiaalse kahju hindamise meetodikad	28
3.1. Levinumad hindamismetoodikad loodusliku vara hindamiseks	28
3.1.1. Turupõhine hindamine	29
3.1.2. Turuväline hindamine	30
3.2. Näidiskahjustajate poolt tekitatud majandusliku kahju hindamiseks kasutatavad meetodikad	33
3.3. Metsade pikaajalise keskmise tootlikkuse leidmine	43
4. Era- ja riigisektorile majandusliku kahju hindamine linnade lõikes	52
4.1. Haapsalu	52
4.2. Jõgeva	54
4.3. Kohtla-Järve	55
4.4. Kunda	57
4.5. Kuressaare	59
4.6. Kärdla	61
4.7. Paide	63
4.8. Paldiski	65
4.9. Põlva	67
4.10. Pärnu	69
4.11. Rakvere	71
4.12. Rapla	73
4.13. Tallinn	75
4.14. Tartu	77

4.15. Valga -----	79
4.16. Viljandi-----	81
4.17. Võru -----	83
4.18. Kokkuvõtlik kulude analüüs -----	85
5. Kokkuvõtvad järeldused ja kahjustajate tõrjeprogramm.....	93
Kasutatud kirjandus-----	97
Lisad -----	106
Lisa 1. Metsamajanduslike tegevuste keskmised ühikuhinnad (KM-ta) -----	106
Lisa 2. Tagavara ja vormiarvu arvutamise valemite parameetrite väärtused (Metsa korraldamise juhend, 1999) -----	107
Lisa 3. Kõrguskõvera valemi konstandid-----	107
Lisa 4. Puu koore osakaalu arvutamise valemi konstandid-----	107
Lisa 5. Kahjustatud puude osakaalu arvutamise valemi konstandid-----	108
Lisa 6. Puittaimestikuga alade esinemine 3 km tsooniga -----	109
Lisa 7. Puittaimestikuga alade esinemine 1 km tsooniga -----	111
Lisa 8. Puittaimestikuga alade esinemine 300 m tsooniga-----	113
Lisa 9. Puittaimestikuga alade esinemine 100 m tsooniga-----	115
Lisa 10. Uuritavate alade kaardid puhvertsoonide ja puittaimestikuga aladega -----	117
Lisa 11. Kahjude (kahjud koos saamatajäävate tuludega) sõltuvus linnast ja tsooni raadiusest.....	127

SISSEJUHATUS

Riigid kaitsevad oma territooriume potentsiaalselt majanduslikku kahju põhjustavate taimekahjustajate eest, kehtestades taimetervisenõuded. Ohtliku taimekahjustajana käsitletakse nii Eestis esinevat kui ka introductseeritud liiki, mille leviku üle teostatakse järelevalvet ja mille suhtes on tõrjeabinõude rakendamine kohustuslik. Ohtlike taimekahjustajate tuvastamisel hinnatakse tõrje vajalikkust ning määratletakse asjakohased ametlikud tõrjeabinõud kahjustaja leviku ja kohanemise takistamiseks.

Uuring "Ohtlike taimekahjustajate tekitatud kahjude hindamine" on esimene reaalne katse rajada taimetervise valdkonnas esile tulevate kriiside lahendamisele reaalne, majandusnäitajatele ning -loogikatele ning kalkulatsioonidele tuginev alus. Kui seni on ohtlike taimekahjustajate puhangute mahasurumine aset leidnud ilma olulise lisaeelarveta, siis tänaseks on jõutud arusaamisele, et kõikide meetmete rakendamine ei ole ressursside nappuses praktiliselt teostatav. Seega on puudu süsteem, mis võimaldaks seniseid otsuseid ja käitumist kriisiolukorras põhjendatult muuta. Käesolev uurimus seadiski üheks eesmärgiks muuhulgas hinnata kehtestavate piirangute proportsionaalsust saavutatavate tulemuste suhtes. Seetõttu loodi kahjustaja tõrjeprogrammi rakendamise skeem, mis võimaldab tagasisidestada juhtimisele vajalikku informatsiooni, et vajadusel tegevusmeetmeid ja -strateegiaid õigeaegselt korrigeerida ning sellega tagada taimetervise seisundi paranemine.

Uuringu põhieesmärk oli kahe suurt majanduslikku ja keskkonnakahju põhjustava kahjustaja – aasia siku (*Anoplophora glabripennis*) ja männi-laguussi (*Bursaphelenchus xylophilus*) näitel hinnata, invasiivsete taimekahjustajate võimalikku tekitatavat majanduslikku kahju nii riigile, eraettevõttele kui ka keskkonnale. Samuti koostati uuringu käigus metoodika näidiskahjustajate potentsiaalse majandusliku kahju suuruse rahalise väärtuse hindamiseks, võttes aluseks kahjustajate peremeestaimede (leht- ja okaspuude) rahalise väärtuse. Näidiskahjustajate majandusliku kahju ja tõrjeabinõude maksumuse hindamise metoodika võttis arvesse nii metsa seda väärtust, mille määrab turg (puit, metsamaa), kui ka seda avaliku hüve hinda (nt pargid), millel otsene turg puudub. Viimaste puhul leiti, millised oleksid vajadusel rakendatavad ja sobivaimad keskkonnaökonomika hindamismeetodid.

Lisaks anti töös põhjalik, teaduskirjandusel baseeruv ülevaade mõlema kahjuri bioloogiast, ökoloogiast ja levikust ning võimalikest tõrjeabinõudest, samuti kirjeldati ohtlike taimekahjustajate identifitseerimise võimalusi ja nende molekulaarsest diagnostikat.

Uuring valmis Maaeluministeeriumi uurimisprojekti nr RITA2/020 (2014-2020.4.02.16-0025) toel.

Projekti „Majanduslik analüüs – ohtlike taimekahjustajate poolt tekitatud kahjude hindamine“ põhitäitjad olid:

dotsent Ivar Sibul, PhD (projekti juht) (Metsandus- ja maaehitusinstituut, Eesti Maaülikool)

dotsent Rein Drenkhan, PhD (Metsandus- ja maaehitusinstituut, Eesti Maaülikool)

teadur Eha Kruus, PhD (Põllumajandus- ja keskkonnainstituut, Eesti Maaülikool)

analüütik Mati Mõtte, MSc (Majandus- ja sotsiaalinstituut, Eesti Maaülikool)

professor Marika Mänd, PhD (Põllumajandus- ja keskkonnainstituut, Eesti Maaülikool)

teadur Allar Padari, MSc (Metsandus- ja maaehitusinstituut, Eesti Maaülikool)

spetsialist-analüütik Jaana Prants, MSc (Majandus- ja sotsiaalinstituut, Eesti Maaülikool)

teadur Ants-Hannes Viira, PhD (Majandus- ja sotsiaalinstituut, Eesti Maaülikool)

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Siklaste (Cerambycidae) bioloogia, ökoloogia ja levik

Mardikaliste (Coleoptera) seltsis siklaste (Cerambycidae) sugukonnas on kirjeldatud üle 20 000 liigi (Ciesla 2011), millest Eestis on kindlaks tehtud 97 siklase liiki (Süda ja Miländer 1998). Kuigi erinevate liikide esinemissagedus meil on aga väga erinev, on Eesti siklaste liigirikkamaks leiukohaks Järvselja Ida-Eestis (Süda 1993), kust on leitud kokku 57 liiki. Leiandmete põhjal on rohkesti siklasi ka Lääne- ja Edela-Eestis (Süda ja Miländer 1998).

Eestis esinevatest siklastest eluneb meil neid enam hõredates segametsades, puisniitudel ja raiesmikel. Massiliselt esineb siklasi männikutes – metsasihtidel, lagendikel, metsateede ja kraavide ääres, kus õitel toituvad suvel meie tavalisemad liigid: *Strangalia melanura*, *Leptura rubra* jt. Lehtpuudel leidub Eestis rohkem liike kui okaspuudel ja enamik neist on haruldased. Puhtailmetes puistutes näeme siklasi harva. Siklaste arvukuse puhul on tähtis toitumisvõimaluste olemasolu – metsas, kus on palju risu, tuulemurdu, poolsurnud puid, koorimata jämeümarmetsamaterjali jne., on siklaste liigiline ja absoluutne arv suur. Puhtas metsas, kus surnud puud koristatud ja palgid kooritud, on siklasi vähe. Ka avamaastikul on siklasi napilt. Mõnda liiki võib kohata ka linnas – nende tõugud või nukud veetakse asulatesse enamasti koos küttepuidude või ehitusmaterjalidega. Puithoonetes võib kohata majasikku (*Hylotrupes bajulus*) või sinisikku (*Callidium violaceum*) (Miländer 1978, Saarman ja Veibri 2006).

Siklased on suured või keskmise suurusega, saledad ning erksavärvilised mardikad, kelle jäigalt kaardus tundlad on peened ja pikad, ning võivad olla putuka kehast kuni viis korda pikemad. Eestis esinevate liikide keha pikkus on 3–45 mm (Merivee ja Remm 1973, Süda 1994). Mardikad toituvad elus või surnud taimede kudedest ning eelistavad üht või mõnda kindlat puuliiki või -perekonda. Enamik Eesti siklastest on okas- või lehtpuude-põõsaste oligofaagid, kes elavad vastavalt kas mitmel okas- või lehtpuu- ja põõsaliigil (Miländer 1978). Kuigi mõnede liikide vastsed kahjustavad elusaid puid (*Saperda* spp., *Tetropium* spp.) ning mõningad kahjustavad metsamaterjali ja rikuvad puitehitisi (*Hylotrupes bajus*, *Monochamus* spp., *Callidium violaceum*), ei ole nende arvukus ülemäära kõrge ja kahjustus väga suur (Maavara jt 1961, Miländer 1978). Siklaste hulgas

leidub ka palju kõdupuidus elavaid haruldasi liike (Süda ja Miländer 1998, Voolma ja Õunap 2000).

Siklaste valmikuid võib kohata puutüvedel või õistaimede õitel või lehtedel. Viljastatud emasputukad otsivad munemiseks vastavale liigile omased taimed. Munetakse tavaliselt otse puukoorele või selles olevatesse pragudesse ja aukudesse. Mõned liigid (*Saperda* spp., *Pogonocherus* spp. jt) närivad koorde selleks madalad lohukesed või poolringjad vaod. Siklaste munad on piklikovaalse kujuga, pikkus 0,5 kuni 5 mm, valged või hele- kuni sidrunkollased. Munade arv on erinevatel liikidel erinev ja võib ületada saja. Munade inkubatsiooniperiood kestab 8–20 päeva (Miländer 1978). Jalutu, valge või kollaka kehaga lapikute tõukude peakapsel on tume ning kehast tugevamini kitiniseerunud ning osaliselt rindmiku sisse surutud (Miländer 1978, Süda ja Miländer 1998, Ciesla 2011). Vastsete ülalõuad on suured ja otse ette suunatud. Jalad on tavaliselt nõrgalt arenenud, vastsed roomavad eriliste mõhnade abil, mis asuvad kesk- ja tagarindmikul ning seitsmel esimesel tagakehalülil (peal ja all). Nende mõhnade abil saavad vastsed liikuda käikudes ka tagurpidi (Miländer 1978).

Siklase vastsed elavad tugevasti nõrgestatud, kuivavate, kuivanud (surnud) või erinevas kõdunemisastmes okas- ja lehtpuude tüvede ja okste koore all või puidus, kus nad rajavad lühemaid või pikemaid käike (Maavara jt 1961, Miländer 1978, Wagner 2002, Charles jt 2014), mis takistavad elus puudel vee ja toitainete transporti ja põhjustavad puude kiire hääbumise. Kaevendatud tõugu-käikude tulemusena muutuvad kahjustatud puud vastuvõtlikuks ka sekundaarsetele kahjuritele ja seenhaigustele ning tekib tuulemurru oht. Mõned siklased (*Monochamus* spp. jt) võivad olla ka patogeenide (*Ceratocystis* spp., *Ophiostoma* spp.) ja nematoodide (*Bursaphelenchus* spp.) edasiandjad (Evans jt 1996). Samuti vähendavad sikukäigud saematerjali kvaliteeti (Süda 1994, Saarman ja Veibri 2006).

Vastsete eluiga, mille jooksul ta mitu korda kestub, võib olla väga erinev. Kuivõrd puit on suhteliselt toitainevaene toidusubstraat, siis vältab mitmete liikide vastsestaadium puidus mitmeid aastaid. Enamikul liikidel on see 1–3 aastat. Suurtel liikidel on vastse eluiga pikem. Tähtis on ka puidu niiskus: mida kuivem on puit, seda kauem kestab elu vastsena (Miländer 1978, Ciesla 2011). Täiskasvanud vastne rajab peaaegu alati nukuhälli, mis kujutab endast puidukiududega vooderdatud laiendit käigu lõpus, kus ta ka nukkub. Nukustaadium on lühike – harva üle 30–40 päeva. Talvituvad tavaliselt siklaste vastsed, harvem nukud ja täiskasvanud mardikad. Mardikad väljuvad nukudest enamikel liikidel kevadel või suvel, mõnel liigil aga sügisel. Viimasel juhul jääb mardikas tavaliselt nukuhälli talvituma (Miländer 1978).

Siklaste valmikud on rõhuvas enamikus päevase eluviisiga. Nad on aktiivsed kuumadel keskpäevatundidel. Osa liike viibib siis õitel, kus nad toituvad ja paarituvad, teised aga puutüvedel, lehtedel või teistel toidutaimedel. Üksikute liikide valmikud (*Monochamus* spp.) teevad küpsussööma okaspuude võrades, toitudes seal võraokste ja võrsete koorest. Suuremal osal Eestis esinevatest liikidest toimub lendlus juuni lõpus ja juuli algul. Valmikute eluiga ulatub mittetalvituvatel liikidel enamasti paari kuuni, talvituvatel liikidel on see aga märksa pikem (Miländer 1978).

Kuivõrd mõnede siklaste vastsed jäävad puitu ka pärast puu langetamist, siis on võimalik neid putukaid ehitus- ja küttepuidu, kaubaaluste ning pakkematerjaliga transportida pikkade vahemaade taha, mille tulemusena on siklased asustanud uusi elupaiku (Ciesla 2011).

Eesti metsadele ja looduskeskkonnale kujutavad olulist ohtu peamiselt kauba pakendamiseks kasutatud puitmaterjaliga levivad Aasiast pärit ohtlikud metsakahjurid – hiina sikk (*Anoplophora chinensis* Forster) ja aasia sikk (*A. glabripennis* Motschulsky) (Aasia sikk..., Voolma 2016). Mõlema liigi valmikud on kuni 35 mm pikkused mustad, valgete laikudega mardikad, kes asustavad igas vanuses erinevaid lehtpuid, sh haabasid, pappeid, pajuksid, remmelgaid, jalakaid, kaski, pärni-, ploomi- ja õunapuid. Hiina sikk pärineb Hiinast, Koreast ja Jaapanist. Putukat esineb ka Taiwanil, Filipiinidel, Vietnamis, Indoneesias ja Malaisias. Aasia sikk on pärit Hiinast ja Koreast, teda esineb ka Jaapanis ning Taiwanil. Hiinas on ta tõsiseks kahjuriks papliistandikes. Mõlemaid invasiivseid kahjureid on inimese kaasabil levinud Aasiast Põhja-Ameerikasse ja Euroopasse. Aasia ja hiina sikku on Euroopas leitud Aasiast sisse toodud puidust pakkematerjalidest ja dekoratiivpuit-taimede istikutest. Kui aasia siku levik rahvusvahelise kaubanduse vahendusel tehti esmalt kindlaks 1992. aastal USA-s (Haack jt 2010) siis Euroopas tuvastati aasia sikk looduses esmakordselt 2001. aastal Austrias Braunaus (Sage 2001, Tomiczek jt 2002). Järgnevatel aastatel on mõlemaid invasiivseid liike leitud juba ka mitmete teiste Euroopa riikide loodusest: Itaaliast, Prantsusmaalt, Suurbritanniast, Saksamaalt, Šveitsist, Hollandist jm (Hölling 2015, CABI 2017a, CABI 2017b). Hiina siku esmaleid on teada ka Leedust Klaipedast (Maspero jt 2007, Herald jt 2009, Data Sheets...). Aasia siku kahjustuskolle on leitud 2014. aastal Türgist ning 2015. aastal esmaleid ka Soome loodusest (EPPO 2015). Esmakordselt Eestis avastati aasia siku vastsed 2015. aasta aprillis Põllumajandusameti taimekaitseteenistuse poolt Hiinast Eestisse imporditud kivimite puitpakendist (Aasia sikk..., Hiinast toodi...). Alates 2009. aastast läbiviidud seirete käigus ei ole aasia ega hiina sikku seni siiski veel Eesti loodusest leitud.

Kaudselt on ohtlikud ka Eestis esinevad puidusikud (*Monochamus* spp.), kes on potentsiaalsed puidunematoodide (*Bursaphelenchus* spp.) siirutajad (Evans jt 1996).

1.1.1. Puidusikud (*Monochamus*)

Puidusikud on väga pikkade tundlate ja silindrilise tumeda kehaga okaspuude puitu kahjustavad suured siklased. Isasmardikate tundlad on sageli kehast kuni kaks korda pikemad, emastel on aga need umbes kehapikkused. Toidutaimedeks ja haudepuudeks on kõik männiliste sugukonda (Pinaceae) kuuluvate perekondade liigid. Mardikate lendlus toimub juunist augustini (Maavara jt 1961). Mardikad võivad lennata kuni 3,3 km kaugusele, kuid enamasti piirduvad nad lühemate vahemaadega, liikudes kuni paarsada meetri kaugusel oleva sobiva toidutaimeni (EPPO, CABI 1997). Haue rajatakse värsketele koorimata palkidele, latvadele ja jämedamatele okstele, värsketele tuulemurru- või nõrgestatud puudele (Maavara jt 1961). Tõugud elavad okaspuupuidus ning on äratuntavad kitsa paralleelkülgse eesselja ja ovaalsete hingamisavade järgi (Merivee ja Remm 1973). Koorunud noormardikad pole viljastusvõimelised. Küpsussööm ja emasmardikate munemisaegne ja -järgne taastumissööm toimub lähedal asuvate okaspuude võrades, kus näritakse noorte võrsete koort (Miländer 1978).

Perekonda kuulub umbes 140 liiki, kellest 6 esineb Euroopas. Perekonna esindajad on levinud kogu põhja-poolkeral (EPPO, CABI, 1997). Eestis on levinud kolm liiki – männi-puidusikk (*M. galloprovincialis* (Olivier)), kuuse-puidusikk (*M. sutor* (Linnaeus)) ja suur-puidusikk (*M. urusovi* (Fischer von Waldheim)) (Merivee ja Remm 1973, Süda ja Miländer 1998).

Kuigi puidusikud on peamiselt sekundaarsed metsakahjurid ning metsamaterjali kahjustajad, võivad nad hulgisigimise korral kujuneda ohtlikeks metsakahjuriteks, eriti männinoorendikes (Maavara jt 1961, Parmas 1973). Puidusikkude olulisem mõju metsale on aga nende võime edasi kanda ohtlike puidunematoode (*Bursaphelenchus* spp.) (Evans jt 1996).

1.1.1.1. Männi-puidusikk

Männi-puidusikk (*Monochamus galloprovincialis*) on 18–25 mm pikkune tumedate kitiinsete kehakatetega silinderjalt jässaka kehaga siklane. Mardika kattetiibadel esineb mõnikord ebamääraseid kollakaid või valkjaid tähne. Tundlad on isasel üle kahe korra, emasel umbes poolteist korda kehast pikemad. Eesrindmiku külgedel oga. Kilbike on kollase karvastikuga, mida poole pikkuseni jagab kaheks tume paljas keskjoon (Maavara jt 1961, Merivee ja Remm 1973).

Lendlus toimub kesksuvel (juunist kuni augusti II pooleni) (Miländer 1978). Mardikate küpsussööm leiab aset männivõrades, kus näritakse noorte võrsete koort. Kahjustatud võrsed võivad seetõttu söömakohalt tuule käes murduda. Tugev kahjustus kujuneb ohtlikuks noorendikele. Sõjajärgseil aastail esines männi-puidusiku valmikute tugev kahjustus Virumaal Vaivara metskonna männinoorendikes (Maavara jt 1961, Parmas 1973).

Haue rajatakse värsketele koorimata männipalkidele, latvadele ja jämedatele okstele, värsketele tuulemurrule ning eelmise talve lumemurrule, samuti tulest rikutud või muidu nõrgestatud ja haigetele puudele (Maavara jt 1961).

Männi-puidusikk muneb tüve õhemakoorelisele ladva- ja keskosale muneti abil koorde saetud pilusse. Umbes 8–15 päeva möödudes väljuvad munadest tõugud, kes toituvad kuu aja vältel niines ning tungivad siis puidu maltsaossa. Vastsed toituvad algul närides maltsapuidu perifeerses kihis suuri korrapäratuid laiike ning tungivad siis ovaalse 7×4 mm suuruse ava kaudu puitu. Lamapuul suundub käik puidus otse või kaarjalt südamiku suunas ning pöördub siis järsult tagasi väljapoole. Kasvavas puus kulgeb osa käigust otse alt üles. Vahetevahel väljub tõuk käigust, tulles ajutiselt koore alla niint sööma. Seejuures lükkab ta näripuru käigust välja koore alla (Maavara jt 1961, Ciesla 2011).

Tõuk on jalgadeta, valge, täiskasvanult kuni 30 mm pikkune, väikese sissesopistunud peaga, pruuni eesseljakilbiga ja kolmekiirelise pärakuavaga (Maavara jt 1961, Merivee ja Remm 1973). Käigu lõpuossa teeb tõuk umbes 1 cm sügavusel puu pinnakihi laiendatud koopa – nukuhälli, milles ta nukkub järgmise suve algul. Noormardikas närib väljumiseks ümmarguse 5–7 mm läbimõõduga avause. Putuka põlvkond on üheaastane, mõnikord ka kaheaastane (Maavara jt 1961).

Männi-puidusikk on Eestis väga tavaline ja küllaltki arvukas. Eriti aktiivselt asustab ta raiesmikel väljavedamata jäänud okaspuu metsamaterjali. Kauaks koorimata ja ümbertöötamata jäänud männipalkidel võib ta põhjustada olulist tehnilist kahju (Maavara jt 1961, Saarman ja Veibri 2006). Arvukamalt esineb teda metsatulekahjude järel. Metsamaterjalide õigeaegne väljavedu metsast või nende koorimine hoiavad kahjustuse kontrolli all.

1.1.1.2. Kuuse-puidusikk

Kuuse-puidusikk (*M. sutor*) on männi-puidusikuga väliskujult üsna sarnane, umbes 16–22 mm pikkune mardikas (Maavara jt 1961, Merivee ja Remm 1973). Keha on sale, silinderjas, must ja läikiv, kattetiivad väga harva kollaste tähnikestega. Kilbikese karvastik on tumeda sileda keskjoonega täielikult pikuti pooleks jagatud (Merivee ja Remm 1973).

Kuuse-puidusiku ökoloogia on suuresti sarnane männi-puidusikuga, kuid ta esineb peamiselt kuusel, harva männil. Eelistab harvikuis ja raiesmikel päikesepaistelistes kohtades lebavaid kuusetüvesid. Kui üraskid pole tüve koorealust kesksuveks täielikult hõivanud, asustab kuuse-puidusikk selle suve teisel poolel. Kõige meelsamini asustab ta palkide tüveosi. Kuuse-puidusikk võib, sarnaselt männi-puidusikuga, asustada ka haigeid ja tulest rikutud jalalseisvaid puid. Põlvkond on üheaastane (Maavara jt 1961). Kuigi liik on levinud üle kogu Eesti, esineb teda meil männi-puidusikuga võrreldes veidi harvemini (Süda ja Miländer 1998).

1.1.1.3. Suur-puidusikk

Suur-puidusikk (*M. urusovi*) on välimuselt eelmistega sarnane, kuid suurem, keha pikkus (25–35 mm). Tumedad kattetiivad enamasti selgete kollaste karvalaikudega. Heledal kilbikesel puudub tume keskjoon (Maavara jt 1961, Merivee ja Remm 1973, Miländer 1978).

Putukas asustab, sarnaselt eelmistega, kuuse ülestöötatud metsamaterjali (palke, küttepuid) ning tuule- või lumemurdu. Elupaigana eelistab ta sealjuures harvikuid ja raiesmikke. Kasvavatel puudel leidub teda harvem, kuid siiski võib teda kohata nõrgestatud puudel. Põlvkond on kaheaastane (Maavara jt 1961). Levinud üle Eesti, kuid meil suhteliselt harvaesinev (Süda ja Miländer 1998).

1.1.2. Aasia siku bioloogia, ökoloogia ja levik

Aasia sikk (*Anoplophora glabripennis*) (Motschulsky) (Coleoptera: Cerambycidae) on üks raskemini kontrollitavatest putukaliikidest, kes on maailma invasiivsete liikide andmebaasis klassifitseeritud saja kõige ohtlikuma võõrliigi nimistus (CABI 2017a). Ta kuulub nende organismide sekka, kelle leviku piiramiseks, avastamiseks ja tõrje korraldamiseks on kehtestatud Euroopa Liidu õigusaktid (EU 2015, Data Sheets...), mille raames viiakse kõigis liikmesriikides läbi iga-aastaseid seireid (Data Sheets..., CABI 2017a).

Aasia sikk on pärit Ida-Aasiast. Tema levik on saanud alguse Ida-Hiinast ja Koreast (Williams jt 2004). Kuni 1980-ndate aastateni oli putuka arvukus tagasihoidlik ning ulatuslikke metsakahjustusi ta ei põhjustanud. Aasia siku hulgisigimise puhangute põhjuseks 1980. aastatel sai Hiina valitsuse algatatud suur metsakultiveerimisplaan, mille käigus rajati üle riigi hulgaliselt paplite ja haabade monokultuure. Mõningad hübriidpaplid osutusid aga aasia sikule ideaalseks toidutaimeks ja sigimispaigaks (Haack jt 2010, Voolma 2016), mistõttu umbes 40% Hiina papliistandikest ehk 2,3 miljonit hektarit on selle putuka poolt kahjustatud (Smith jt 2004, Global invasive...). Lisaks

paplikultuuridele soodustas putuka laialdast levikut Hiinas 1960. aastatel teeäärsete papli-remmelga alleede ja põldudevaheliste tuulekaitseribade rajamine ning ulatuslikum lehtpuude kasutamine asulate haljastuses (CABI 2017a). Kui aasia siku iga-aastane levik Hiina papliistandikes on aeglane, piirdudes keskmiselt 300 meetriga aastas (üksikud mardikad võivad mõningatel andmetel läbida ka pikemaid vahemaid, aastas 0,92 kuni 2,6 km) (Smith jt 2004), siis globaalne kaubandus on viinud putuka oma looduslikust areaalist kiiresti tuhandete kilomeetrite kaugusele (Nowak jt 2001, Kappel jt 2017). Inimese kaasabil Aasiast Põhja-Ameerikasse ja Euroopasse levides on putukas uutes oludes leidnud sobivad toitumis- ja sigimistingimused, mistõttu on ta ohtralt paljudes hakanud ohustama kohalikku ökosüsteemi (Haack jt 2006, Haack 2010).

Aasia siku esmaleiud väljaspool looduslikku levilat olid 1996. aastal New Yorgis, 1998. aastal Chicagos ja 2002. aastal New Jerseys ning 2003. aastal jõudis putukas ka Kanadasse (Haack jt 2010). Tänapäevaks on aasia sikk leitud seitsmest USA osariigist (CABI 2017a) ning kümnekonna aasta jooksul on putukas tekitanud juba ulatuslikke kahjustusi sealsetele metsa- ja pargipuudele. Euroopast avastati kahjur 2001. aastal Austrias (Sage 2001, Tomiczek jt 2002) ning praeguseks on putukat leitud juba kokku üheksast riigist (CABI 2017a).

Aasia sikk on musta põhivärvusega suhteliselt suur (kehapikkus 20–35 mm ja laius 7–12 mm) mardikas, kusjuures emasputukad on tavaliselt kogukamad kui isasputukad. Lääkivatel kattetiibadel esineb ligi 20 iseloomulikku korrapäratut väiksemat ja suuremat valget tähni. Musta-valgelülilised tundlad on emasputukatel umbes keha pikkused ning isasputukatel kaks korda pikemad. Aasia siku vastsed on kreemikasvalged, pruuni peakapsliga, täiskasvanult kuni 50 mm pikkused jalutud tõugud. Nukk on umbes 30–33 mm pikk ja 10 mm lai ning valkja värvusega, kuid muutub nukustaadiumi jooksul järjest tumedamaks, värvudes lõpuks tumepruuniks (Li ja Wu 1993).

Kui välimuselt meenutab aasia sikk natuke meil leiduvaid puidusikke (*Monochamus*), siis eluviisilt sarnaneb ta meie haavasikkudega (*Saperda*), kelle vastsed elavad samuti kasvavate lehtpuude tüvedes (Miländer 1978, Merivee ja Remm 1973, Süda ja Miländer 1998, Voolma 2016). Seega on aasia siku määramine valmikute olemasolul suhteliselt lihtne. Liigi määramine tavapärasel viisil võib osutuda keeruliseks kui on kasutada muna-, vastse- või nukustaadiumis putukad. Sellisel korral on võimalik rakendada molekulaarseid määramise võimalusi. Molekulaarseid määranguid aasia siku kiireks kontrolliks saab kasutada ka putuka käikudest pärineva näripuru ja ekskrementide analüüsil (Kethidi jt 2003).

Aasia siku arengutsükkel kestab kodumaal Hiinas olenevalt ilmastikust üks (Lõuna-Hiinas) kuni kaks aastat (Põhja-Hiinas) (Charles jt 2014). Tavaliselt areneb üks põlvkond 12–18 kuuga. Kahjur

on võimeline talvituma puidus muna-, vastse- ja nukustaadiumis. Mardikate lendlus toimub maist oktoobrini, kõige intensiivsemalt südasuvel juunis–juulis. Munad munetakse ühekaupa elusate puude tüve ja okste koorde näritud munemislehtritesse. Kokku võib üks emasmardikas muneda 30–60(180) piklikku (5–7 mm) muna. Munadest kooruvad 8–12 päeva järel tõugud, kes kaevendavad algul koore all floeemi- ja kambiumikihi, hiljem puidus. Tõugud nukkuvad enda kaevendatud käigus olevas nukuhällis, mis asub koore lähedal. Nukustaadium kestab kaks-kolm nädalat. Koorunud mardikad veedavad veel ühe kuni kaks nädalat nukuhällis, mille järel näritakse koorde 6–18 mm läbimõõduga ümmargune väljumisava, mis paikneb tüvel munemiskohast tavaliselt ülevalpool (Lingafelter ja Hoebeke 2002, CABI 2017a). Tavaliselt jäävad mardikad samale puule, kus nad olid koorunud, või lendavad naaberpuudele ning toituvad seejärel lehtedel, leherootsuldel või võrsete koorel. Valmikute eluiga on umbes 30 päeva (Voolma 2016).

Aasia sikk võib asustada nii terveid kui ka nõrgestatud puid, sageli areneb ühel puul mitu põlvkonda, kuni puu hukkub. Tõugud suudavad arengu lõpetada ka surnud puidus ja puitmaterjalis, isegi õhukeses, vaid 1,5 cm paksuses lauas või prussis (Voolma 2016). Oma kodumaal võib aasia sikk asustada üle saja erineva liigi puittaimi (Global invasive..., Gaag ja Loomans 2014). Põhja-Ameerikas on aasia sikk asustanud umbes 30 lehtpuuliiki (CABI 2017a). Aasia siku eelistatud toidupuud on mitmesugused paplite (*Populus*) ja pajude-remmelgate (*Salix*) liigid ja hübriidid, samuti ka jalakad (*Ulmus* spp.), harilik robiinia (*Robinia pseudoacacia*), harilik tulbipuu (*Liriodendron tulipifera*), roosid-kibuvitsad (*Rosa* spp.), valge mooruspuu (*Morus alba*), saared (*Fraxinus* spp.), harilik hobukastan (*Aesculus hippocastanum*), plaatanid (*Platanus* spp.), ploomi- (*Prunus* spp.), pirni- (*Pyrus* spp.) ja õunapuud (*Malus* spp.), kased (*Betula* spp.), lepad (*Alnus* spp.) ja teised lehtpuud (Sawyer 2003, Haack jt 2006, CABI 2017a). Sarnaselt USA-ga on ka Euroopas aasia siku sagedasemaks toidupuuks vahtrad (*Acer* spp.), kased, pajud, hobukastan ja paplid, kuid Euroopas on ta asustanud ka pööki (*Fagus* spp.), pärna (*Tilia* spp.), valgepööki (*Carpinus* spp.) ja pihlakat (*Sorbus* spp.) (Wermelinger jt 2015). Pole teada, et aasia sikk oleks asustanud okaspuid või tamme (*Quercus* spp.).

Välised kahjustustunnused on putuka poolt koosseis näritud munemislohkudest ja kooreni ulatuvatest vastsekäikudest eralduv mahlavoolus ning mardika väljumisavad ja nendest välja surutud näripuru. Koorevigastuste tõttu immitsev mahl meelstab ligi ka teisi putukaid. Kahjustus põhjustab lehtede kolletumist ja varisemist ning okste ja tüvede murdumist (Cavey 1998, Charles jt 2014).

1.2. Männi-laguuss

1.1.3. Männi-laguussi süstemaatika ja identifitseerimine

Männi-laguuss ehk männinematood (*Bursaphelenchus xylophilus*) (Steiner and Buhrer) Nickle (Nematoda: Aphelenchoididae) kuulub koos umbes 90 morfoloogiliselt üsna sarnase liigiga perekonda *Bursaphelenchus* Fuchs (Ryss jt 2005, Hunt 2008, Braasch jt 2009). Perekond on jagatud 13 tüpoloogilisse gruppi: *abietinus*, *africanus*, *cocophilus*, *eggersi*, *eremus*, *fungivorus*, *hofmanni*, *keveni*, *leoni*, *okinawaensis*, *sexdentati*, *sinensis*, *xylophilus* ning lisaks üks määratlemata grupp (Braasch 2004, Braasch jt 2009). Seega on perekonna liikide hulk märkimisväärne ning liikide täpne määramine nõuab väga heal tasemel asjatundjat, kuid olenemata headest spetsialistidest on ikkagi liikide määramine väga ajakulukas. Kasvõi juba seetõttu, et perekonna kahe olulisima liigi *B. xylophilus* ja *B. mucronatus* morfoloogilised tunnused on sedavõrd sarnased, mis teeb nende määramise väga keerukaks ja ebatäpseks (Li jt 2009, Chen jt 2011). *B. mucronatus* on registreeritud kõigis Ida-Euroopa ja Balti riikides, sealhulgas Eesti looduses (EPPO 2005, Stanelis 2005, Filipiak 2011), mistõttu nende liikide täpne eristamine on äärmiselt tähtis.

Perekonna liikide identifitseerimiseks kõige sobivam, kiirem ja usaldusväärsem viis on molekulaarne diagnostika (Dwinell ja Nickle 1989, Cram ja Hanson 2004). DNA-põhiselt on võimalik patogeeni tuvastada suhteliselt väikesest puiduproovidest (Ye & Giblin-Davis, 2013).

Männi-laguussi määramiseks on välja töötatud rida erinevaid liigi tuvastamise DNA-põhiseid võimalusi: PCR-RFLP (Braasch jt 1999, Burgermeister jt 2005, 2009); RAPD (Braasch jt 1995); konventsionaalse PCR-i liigispetsiifilised ITS praimerid (Matsunaga ja Togashi 2004; Jiang jt 2005, Zhuo jt 2011); liigispetsiifilised *real-time* PCR praimerid (Cao jt 2005; Francois jt 2007, Kang jt 2009; Leal jt 2007, 2013, Takeuchi & Futai 2009; Huang jt 2010) ning uuema põlvkonna sekveneerimine (Darby jt 2013).

Vastavates laborites on kõik nimetatud meetodikad kasutatavad ning need aitavad patogeeni täpselt tuvastada. Konventsionaalne PCR on tundlik, kuid enam ajamahukas võrreldes *real-time* PCR-ga. *Real-time* PCR-i hinnatakse aga tundlikumaks võrrelduna konventsionaalse PCR-ga (Ye & Giblin-Davis 2013). Kuid igas laboris tuleb olenemata meetodikast eelnevalt teha vastavate parimerite ja PCR segude sobivuse test koos positiivse kontrolliga. Eelnevalt pakutud konventsionaalne ja *real-time* PCR tuvastavad vaid konkreetseid liike ehk neid liike mille jaoks on praimerid välja töötatud. Uuema põlvkonna sekveneerimine (ingl. k. *new generation sequencing*) võimaldab tuvastada kogu nematoodi liikide mitmekesisust mingis bioloogilises proovis, sh määrata ka männi-laguussi esinemist. Viimase meetodi suurim miinus on kõrge hind, väga suur töömaht ning

spetsiifiline andmetöötlus. Kusjuures uuema põlvkonna sekveneermise juures ei ole oluline niivõrd tehnoloogia kui õigete praimerite kasutamine. Valede praimerite kasutamisel jäävad osad liigid tuvastamata (Cross jt 2017).

Nematoodi liikide tuvastamisel on testitud mitmeid erinevaid geene ja nende vahelisi regioone. Erinevate analüüside tulemusel on ikkagi leitud, et parim nematoodide määramiseks on ITS regioon ning vastavalt ITS1 regiooni osale on disainitud männi-laguussi *real-time* PCR praimer, mis sobiks kasutada patogeeni kiireks tuvastamiseks ka meil. Seega, parimad ITS1 põhised praimerid kiireks männi-laguussi määramiseks oleksid: BxITSF (GATGGCGGTTTCGATTTCGCG), BxITSP (FAM AACTCAACAACAGCACGTAGA MGBNFQ), BxITSR (TGGCTGGTCTCATCTGTCGG) (Ye ja Giblin-Davis 2013). Kui iseloomustada nimetatud praimerite tundlikkust siis praimer võimaldas nematoodi tuvastada ka siis kui üks nematoodi valmik esines 1000 ml puhvris, millest eraldati DNA (Ye ja Giblin-Davis 2013). Lisaks on Ye ja Giblin-Davis (2013) poolt välja töötatud ka mitmed universaalsed nematoodide määramise praimerid, so võimalus tuvastada ka teisi nematoodi liike.

1.2.2. Männi-laguussi levik, bioloogia, ökoloogia

Männi-laguuss on väike, valmikuna alla 1 mm pikkune, läbipaistev nematood. Vastasel esineb neli arengujärku. Laboratooriumi tingimustes toimub areng +15°C juures 12 päevaga, +20°C juures 6 päevaga, +30°C juures 3 päevaga. Munemist alustab 4. päeval pärast valmikuks moondumist, muna koorub +25°C juures 26–32 tunniga. Temperatuuri alampiir männi-laguussi arenguks on +9,5°C. Nematood areneb looduses valmikuks ca 5 päevaga, muneb 28 päeva jooksul, umbes 80 muna päevas. Piiramatult soodsatel tingimustel võib üks emane 15 päevaga anda 260 000 järglast (EPPO, CABI 1997, Cram ja Hanson 2004). Nematoodid toituvad taimekudedest (vaigukäigu epiteelrakkudest) ja puidu sinetust tekitavate seente (*Ceratocystis* spp., *Ophiostoma* spp.) hüüfidest.

Põhiliselt on männi-laguussi leitud männi perekonna (*Pinus* spp.) paljudelt liikidelt. Kuid ka teiste okaspuuperekondade liigid (*Larix* spp., *Abies* spp., *Picea* spp., *Pseudotsuga* spp., *Chamaecyparis* spp., *Cedrus* spp.) võivad olla selle nematoodi peremeestaimedeks. Viimati nimetatud peremeestaimede puhul nematood küll esineb puidus, kuid ei tekita seal olulist kahju ning tavaliselt ei surma puud. Ka võivad nematoodid elada peaaegu kõigi okaspuude surnud puidus, va elupuu (*Thuja* spp) ja jugapuu (*Taxus* spp). Nii surnud puit kui ka kõik okaspuud omavad tähtsust männi-laguussi levimisel (Cram ja Hanson 2004).

Männi-laguussi päritolumaaks peetakse Põhja-Ameerikat. Liik leiti esmakordselt pikaokkaliselt männilt (*Pinus palustris*) Louisiana osariigist USA-st 1934. aastal ning kirjeldati kui *Aphelenchoides xylophilus* (Steiner ja Buhner 1934). Põhja-Ameerikast levis kahjur 20. sajandi alguses Jaapanisse, kust ta on edasi liikunud juba teistesse Aasia riikidesse (Hiina, Korea, Taiwan) (Furuno 1982, Yang 2004). Jaapanis on nematood kahjustanud enam kalmumändi (*P. densiflora*) ja Thunbergi mänd (*P. thunbergii*) (Vieira ja Mota 2008). Taivani saarel lisaks kalmumännile ka endeemset männiliiki – *P. luchuensis*. 1999. aastal leiti männinematood esmakordselt ka Euroopast Portugalist merimännilt (*P. pinaster*) (Suzuki 2004) ning aastast 2008 on teada juba kolm leidu Hispaaniast. Kahjur on levinud ka Kanadasse ning Mehhikosse (Cram ja Hanson 2004). Vaatamata rangetele seire- ja tõrjemeetmetele on kahjuri arvukus ja levikuala aasta-aastalt laienevad (Naves jt 2007).

Pärismaise liigina männi-laguuss otsest kahju USA-s ei põhjusta, kuna Ameerika pärismaised okaspuuliigid on kahjuri suhtes resistentsed, männinematood ründab peamiselt introductseeritud männiliike, sealhulgas Austria musta mändi (*P. nigra* ssp. *austriaca*) ja harilikku mändi (*P. sylvestris*). Samas pole aga kõik Põhja-Ameerika männiliigid männi-laguussile ühesuguse resistentsusega ning ka mõned Aasia männiliigid on osutunud selle nematoodi osas vastupidavateks. Kõrge vastupidavusvõimega männiliigid männinematoodi suhtes on: tõrvikumänd (*P. taeda*), Elliotti mänd (*P. elliotii*), pikaokkaline mänd, pigimänd (*P. rigida*), taivani mänd (*P. taiwanensis*) jt. Kahjustaja suhtes kõige tundlikumad Põhja-Ameerika, Euroopa ja Aasia männiliigid on aga: Bunge mänd (*P. bungeana*), läänemänd (*P. monticola*), jaapani mänd (*P. parviflora*), valkjas mänd (*P. strobiformis*), kalmumänd, merimänd, harilik mänd, kollane mänd (*P. ponderosa*), *P. pseudostrobus*, honduurase mänd (*P. oocarpa*), monterey mänd ehk kiirjas mänd (*P. radiata*), *P. greggii*, *P. rudis* jt. (Dwinell ja Nickle 1989).

Männi-laguuss liigub aktiivselt küll puidus ning on suuteline tihedalt laotud okaspuumaterjali virnas liikuma ühest notist teise, kuid puude vahel liikumiseks vajab ta siiski vektorputukat (EPPO, CABI 1997). Nematoodi areng ja levik on tihedalt seotud puidusikkude (*Monochamus* spp.) arenguga. Põhilisteks nematoodi edasikandjateks on Jaapanis *Monochamus alternatus* ja USA-s *M. carolinensis* (Furuno 1982, CABI 2016). Eesti oludes võivad männi-laguussi võimalikeks siirujateks olla männi-puidusikk, kuuse-puidusikk ja suur-puidusikk. Lisaks puidusikkudele on männi-laguusse leitud ka hundlastest (Buprestidae) ja kärsaklastest (Curculionidae) (Cram ja Hanson 2004).

Munadest koorunud siklaste vastsed tungivad puukoore alla ja puitu, kus nad toituvad. Oma vastsearengu lõppfaasis teevad tõugud nukuhälli, kus nukkuvad järgmise aasta kevadel. Nematoodidega nakatunud puidus koonduvad männi-laguussi III järgu vastsed siku nukuhälli ümber, kuid ei

tungi koheselt nukkustaadiumis olevasse putukasse. See juhtub siku valmiku koorumisel, kui männi-laguussi IV vastsejärgu vastsed sisenevad putuka kehasse, eriti hingamis-avadesse, kust levivad üle kogu tema keha, kuid kontsentreeruvad suuremal arvul siiski trahheesüsteemis. Kui nüüd noor mardikas väljub haudepuust ning siirdub küpsussöömale lähedalasuvate okaspuude võraokstele, lahkuvad ka nematoodid putuka kehast ja satuvad tervetesse puudesse. Pärast toitumist okstel munevad siklaste emasmardikad munad lähedal olevatesse nõrgenenud või hävinud puudele, kusjuures selle käigus siirutavad putukad nematoode ka haudepuudesse. Soodsatel tingimustel ja sobivas toidutaimes paljunevad nematoodid kiiresti ja levivad üle kogu puu. Surnud või surevate puude puidus võib olla kuni kümneid miljoneid nematoode. Nematoodidega nakatunud puul lakkab vaigu teke. Kolme nädala möödudes pärast nakatumist ilmnevad puul esimesed kuivamise tunnused ning 30–40 päeva pärast nematoodi suhtes mitteresistente peremeespuid kuivab (EPPO, CABI 1997).

Milline on männi-laguussi oht Põhja-Euroopa metsadele? Suure tõenäosusega põhjapoolsetel aladel, kus keskmine suvine ööpäevane õhutemperatuur jääb alla $+20^{\circ}\text{C}$, männi-laguuss elavatele puudele ohtu ei kujuta. Tõenäoliselt suudab küll *B. xylophilus* Põhja-Euroopa metsades paljuneda, kuna suuremas osas Euroopast valitsevad keskkonnatingimused, mis sarnanevad väga liigi praeguse levilal olevate tingimustega, sealhulgas loodusliku areaaliga, kus mändide suremus ei avaldu ja nematoodid toituvad vaid saprofaagina (Evans jt 2010). Samuti on võimalik, et kohalikud puidusikud toimivad selle nematoodi vektorina ning aitavad kaasa mändide epideemilisele tõvestamisele. Kuigi Põhja-Euroopa temperatuurid ei soosi haiguse arengut, võivad selle avaldumist soodustada muud faktorid (Magnusson 1988), näiteks peremeestaime vastuvõtlikkus.

Suured metsakahjustused, mille on põhjustanud männi-laguuss Portugalis ja Hispaanias, on sundinud Põhja-Euroopa riike välja arendama väga ranged reeglid selle võõrliigi kontrollil. Väljatöötatud plaanid näevad aga ette kulukaid tegevusi. Seetõttu on oluline testida olemasolevate teadmiste baasil, kas vastavad tõrjemeetmed tagavad ka tegelikult nematoodi leviku tõkestamise aladel, kus senini pole seda veel esinenud. Põhjamaade teadlased kasutasid probleemi selgitamiseks modelleerimist (Økland jt 2010).

Simulatsioonimudeli koostamisel võeti arvesse realistlikud parameetrid, mis baseerusid empiirilistel andmetel ja eksperimentidel. Vektoriks võeti Skandinaaviamaades ja ka Eestis laialt levinud kuuse-puidusikk. Katseliselt esitleti, et see putukas on võimeline männi-laguussi edasi kandma. Eri liiki puidusikkude siirutajatena toimimise hindamisel kasutati Kernel-meetodil baseeruvat märgistamise-tagasipüügi meetodit. Läbiviidud katsed näitasid siiski, et puidusikkude liik olulist mõju männi-laguussi leviku kiirusele ei omanud.

Hilinenud diagnoosimine on ilmselt üks peamisi põhjusi, miks ei suudeta nakatumist kontrolli alla saada. Sageli esineb algse nematoodiga nakatumise ja nende populatsioonide leidmise vahel ajanihe. Avastamise hilinemist on märgitud olulise faktorina ka teistes nii teoreetilistes kui ka empiirilistes uuringutes (Shigesada ja Kawasaki 1997, Liebhold ja Tobin 2006). Võib arvata, et ajanihe männi-laguussi võimalikul sisenemisel Põhja-Euroopa metsadesse on isegi pikem, kuna põhjapoolsetel aladel nematoodiga nakatunud puudel jäävad välised haigussümptomid avaldumata (Økland jt 2010). Mudelist selgus ka, et männi-laguussi avastamise edukus sõltub ka aasta jooksul kogutud ja analüüsitud proovide hulgast. Arvesse võttes seire sagedust ja proovide hulka, siis simulatsiooni tulemuste alusel on ajanihe Põhja-Euroopas algsest nakatumisest nematoodiga kuni selle avastamiseni keskmiselt 14 aastat (Økland jt 2010).

1.3. Aasia siku ja männi-laguussi tõrjeabinõud

Aasia siku leviku tõkestamiseks on seni rakendatud mitmeid meetmeid, mille hulgas tuleb eristada ennetavad meetmeid ning leviva putuka tõrjemeetmeid. Kuivõrd aasia sikk levib peamiselt lehtpuidust pakkematerjali, kaubakonteinerite, küttepuude ja muu puiduga, siis on olulisimaks kahjuri tõkestamise meetmeks pakkematerjali kontroll, mis on saanud Aasiast või piirkonnast, kus on leitud aasia siku tegevusjälgi. Kõik Hiinast pärit importtoodete puidust pakkematerjalid peavad omama sertifikaati, et puitu on eelnevalt kuumtöödeldud või fumigeeritud metüülbromiidiga. Kuumtöötlus toimib, kui puidu sisekihis saavutatakse 30 minutiks temperatuur +56°C (Poland jt 1998). Siinkohal märgime ekspertarvamusena, et Eestisse saanud kauba pakkematerjali kuumtöötlemine kohapeal ei ole mõeldav ennetava meetmena, kuna see nõuaks tolli territooriumil täielikku kauba ümberladustamist. Ennetava meetmena on kasutusel kohustuslikus korras iga-aastased vaatlused, selgitamiseks liigi levikut.

Põhiline tõrjeabinõu on asustatud ja asustuskahtlusega puude raie ja eemaldamine (põletamine, hakkpuiduks tegemine). Liigi leiukohast või kahjustatud puudest 100 meetri raadiuses on ette nähtud langetada kõik kahjurile sobilikud haude- ja toidupuud (EU 2015).

Aasia siku tõrjeprogramm Põhja-Ameerikas on siinkohal kõige olulisemaks näiteks. Alates 2008. aastast on USA-s tõrjetööde käigus raiutud umbes 34 000 kahjustatud ja kahjustusohlikku puud, kontrollitud on üle viie miljoni puu. New Yorgis ja Chicagos on proovitud kõik aasia siku poolt kahjustatud puud eemaldada ja hävitada ning need jõupingutused on maksnud miljoneid dollareid aastas (Haack jt 2006). USA-s hinnatakse kahjuri potentsiaalseks kogukahjuks linna- ja pargipuudele 669 miljardit dollarit (Nowak jt 2001).

Alternatiivina puude raiele raskendatakse nii Ameerika Ühendriikides kui ka Hiinas keemilist tõrjet, viies puutüvedesse või puud ümbritsevasse mulda süsteemseid putukamürke (Polant jt 1998, USDA-APHIS 2006, Russell jt 2010). Teine Hiinas levinud tõrjemeetod on kahjustatud puude fumigeerimine alumiiniumfosfiidipreparaadiga. Selleks sisestatakse vastsekäikudesse fumigant ning preparaadi niiskusega kokkupuutel tekkinud mürgine gaas hävitab käikudes olevad putukad (Liu 1999). Paraku on keemiline tõrje osutunud väheefektiivseks ning keskkondasaastavaks (Charles jt 2014).

Kogu maailmas uuritakse ka biotõrje võimalusi, sh entomopatogeensete nematoodide ning parasitoidide tarvitust (Voolma 2016). Ökoloogilistest abinõudest aitab aasia siku levikut pidurdada segapuistute kasvatamine, hoiduda tuleks sikkude ligitõmbavate liikidega (eriti hübriidpaplitega) puhtpuistute rajamisest (Charles jt 2014).

Männi-laguussi vältimiseks on samuti kaks tegevussuunda: esinemise kontroll ja järelvalve ning leviku korral tõrje. Mõlemad tegevused on aja- ja ressursimahukad, kuid järelvalve on kohustuslik. Tõrjeabinõudest ainus kindel viis kahjurist ja siirutajast vabanemiseks on puidu kuumtöötlemine nii, et ka puidu sisemiste osade temperatuur saavutaks $+56^{\circ}\text{C}$ vähemalt 30 minuti jooksul. Putuksiirutajast vabanemiseks peab aga puit olema hakitud peenemaks kui 2,5 cm, kuid see ei hävita männi-laguussi. Kuid vaatamata rangetele seire- ja tõrjemeetmetele pole Euroopas kahjuri levikut suudetud seni peatada (Naves jt 2007).

Kirjanduse alusel on männi-laguussi tõrjemeetmetena simulatsioonimudelil arvesse võetud, et kahjustatud puu ümbert raiutakse kõik männi-laguussi asustamiseks sobivad puud kuni 3 km raadiuses ning raiel saadud raiejäätmel ja puit töödeldakse termiliselt või peenestatakse. Lisaks kehtestatakse ümber kahjustatud ala 17 km laiune puhvervöönd seire teostamiseks (Økland jt. 2010).

Mudeli tulemused näitasid, et nematoodi levik varieerub tugevasti nii ajas kui ka ruumis. Madala infektsioonitaseme puhul jääb kahjustus suure tõenäosusega märkamata. Algul aeglaselt kasvav nakatunud puude arvukus hakkab peagi eksponentsiaalselt tõusma. Mudeli kohaselt on tõenäoline, et esmase avastamisega kaasneb juba mitmete puudude nakatumine. Kuigi 3 km raadiuses puude raiumine ja hävitamine tagab enamiku nakatanud puude likvideerimise, ometi jäävad üksikud nematoodidega nakatunud puud siiski märkamata. Need on uue nakatuskolde alguseks.

2. Kriteeriumid kahjustajate majandusanalüüside läbiviimiseks

2.1. Õiguslikud alused

Tänapäeval on taimetervise alased tegevused reguleeritud rahvusvahelisel tasandil suhteliselt väheste õigusaktidega. Olulisemad neist on Maailma Kaubandusorganisatsiooni (WTO) Sanitaar- ja fütosanitaarmedetmete rakendamise leping e SPS leping (Riigikogu, 1999), ÜRO Toidu- ja Põllumajandusorganisatsiooni (FAO) Rahvusvaheline taimekaitsekonventsioon e IPPC (Riigikogu, 2000) ning ÜRO Keskkonnaprogrammi (UNEP) Bioloogilise mitmekesisuse konventsioon e CBD (Riigikogu, 1994). Alates 1993. aastast on IPPC sekretariaadi poolt koordineeritult välja antud mitmeid rahvusvahelisi fütosanitaarmedetmete standardeid – ISPM-e. Samuti on esile kerkinud piirkondlike taimekaitseorganisatsioonide (RPPO-de) standardiseeriv roll ning Euroopa Liidu liikmesriikide tegevusi koordineeriv Euroopa Komisjon.

Euroopa Liidu liikmesriigid on seotud mitmete omavaheliste lepingutega. Taimetervise direktiivis (Nõukogu direktiiv 77/93/EMÜ) lepiti kokku 1976 a. Selle alusel jõustati liikmesriikides mitmed ühised võtmepõhimõtted, nagu läbipaistvus, ühine ohtlike taimekahjustajate nimekiri ja õigus rakendada vajadusel erakorralisi tõrjemeetmeid. Aja jooksul kasvanud keerukuse ja lisandunud muudatuste kuhjumise tõttu anti 2000. aastal välja uus konsolideeritud õigusakt, Nõukogu direktiiv 2000/29/EÜ. Teatavate kahjustajate sissetoomise ja leviku piiramiseks ettenähtud regulatsioonid ehk nn tõrjeabinõude rakendamise määrused (nt. Komisjoni rakendusotsus 2012/535, 26. september 2012, erakorraliste meetmete võtmise kohta *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner et Buhner) Nickle et al. (männi nematood) leviku takistamiseks liidus; Art. 4) võivad keskkonnaõnnetuse puhuks näha ette tegevusplaanide koostamist (*contingency plans*, eestikeelses tõlkes nimetatud ka 'situatsiooniplaaniks'), mille kohustusliku komponendina nähakse ette riskianalüüsi. (Komisjoni rakendusotsus (EL) 2015/893, 9. juuni 2015, *Anoplophora glabripennis*'e (Motschulsky) liitu sissetoomise ja seal leviku vastu võetavate meetmete kohta sellist analüüsi otsesõnu ette ei näe, vaid kehtestab aruandluskohustuse, mille ühe osana peab esitatud olema otsuse põhjendus.)

Eestis jõustab taimetervise nõuded ja taimetervise kaitse korralduse taimekaitseseadus (Riigikogu, 2004), ning selle alusel välja antud kogum õigusakte. Ajalooliselt on välja kujunenud, et taimekahjustajate ebasoovitavaid tagajärgi ökosüsteemidele, elupaikadele või teistele liikidele mõõdetakse majanduslikes kategooriates. Seni, kuni ebasoovitavad tagajärjed ei ole realiseerunud, on tegemist kahjustaja riskiga (Joonis 2.1), mida on selgitatud järgnevas peatükis.

2.2. Majanduslikud mõjud taimetervise regulatsioonides

Rahvusvahelised fütosanitaarsed terminid (FAO 2007) sisaldavad viiteid majanduslikule mõjule järgnevalt:

- 1) Kaalutlust eeldavad terminid:
 - „majanduslikult oluline kahju“ (ohustatud ala definitsioonis ISPM nr 5);
 - „majanduslikult vastuvõetamatu mõju“ (paljundusmaterjalil ohtliku kahjustaja definitsioonis ISPM nr 5);
 - „potentsiaalne majanduslik tähtsus“ (ohtliku kahjustaja definitsioonis ISPM nr 5).
- 2) Tõendamist eeldavad terminid:
 - „põhjustavad majanduslikke kahjusid“ (IPPC artikkel VII.3 [1997]);
 - „kaubanduslikud ja mittekaubanduslikud tagajärjed“ (ISPM nr 11);
 - „otsene ja kaudne majanduslik mõju“ (ISPM nr 11 ja ISPM nr 16);
 - „majanduslikud tagajärjed ja võimalikud majanduslikud tagajärjed“ (ISPM nr 11);
 - „majanduslikud tõendusmaterjalid“ (kahjustaja riskianalüüsi definitsioonis, ISPM nr 5);
 - „majandusliku mõju piiramiseks“ (fütosanitaarse nõude ja fütosanitaarse meetme definitsioonis ISPM nr 5).

Kahjustaja risk (joonis 2.1) avaldub järgmises valemis:

$$\text{Kahjustaja risk} = (\text{Sisenemise ja leviku tõenäosus}) \times (\text{tagajärgede tõsidus})$$

$$\text{kusjuures tagajärgede tõsidus} = (\text{majanduslik mõju}) + (\text{keskkonnamõju}) + (\text{sotsiaalne mõju})$$

SISENEMISE JA LEVIKU TÕENÄOSUS	Kõrge	Risk ebaoluline	Väga madal risk	Madal risk	Mõõdukas risk	Kõrge risk	Äärmuslik risk	Fütosanitaarmedetete tase
	Mõõdukas	Risk ebaoluline	Väga madal risk	Madal risk	Mõõdukas risk	Kõrge risk	Äärmuslik risk	
	Madal	Risk ebaoluline	Risk ebaoluline	Väga madal risk	Madal risk	Mõõdukas risk	Kõrge risk	
	Väga madal	Risk ebaoluline	Risk ebaoluline	Risk ebaoluline	Väga madal risk	Madal risk	Mõõdukas risk	
	Äärmiselt madal	Risk ebaoluline	Risk ebaoluline	Risk ebaoluline	Risk ebaoluline	Väga madal risk	Madal risk	
	Ebaoluline	Risk ebaoluline	Risk ebaoluline	Risk ebaoluline	Risk ebaoluline	Risk ebaoluline	Väga madal risk	
		Puudub	Väga madal	Madal	Mõõdukas	Kõrge	Äärmuslik	
SISENEMISE JA LEVIKU TAGAJÄRJED								

Joonis 2.1. Kahjustajate riski maatriks.

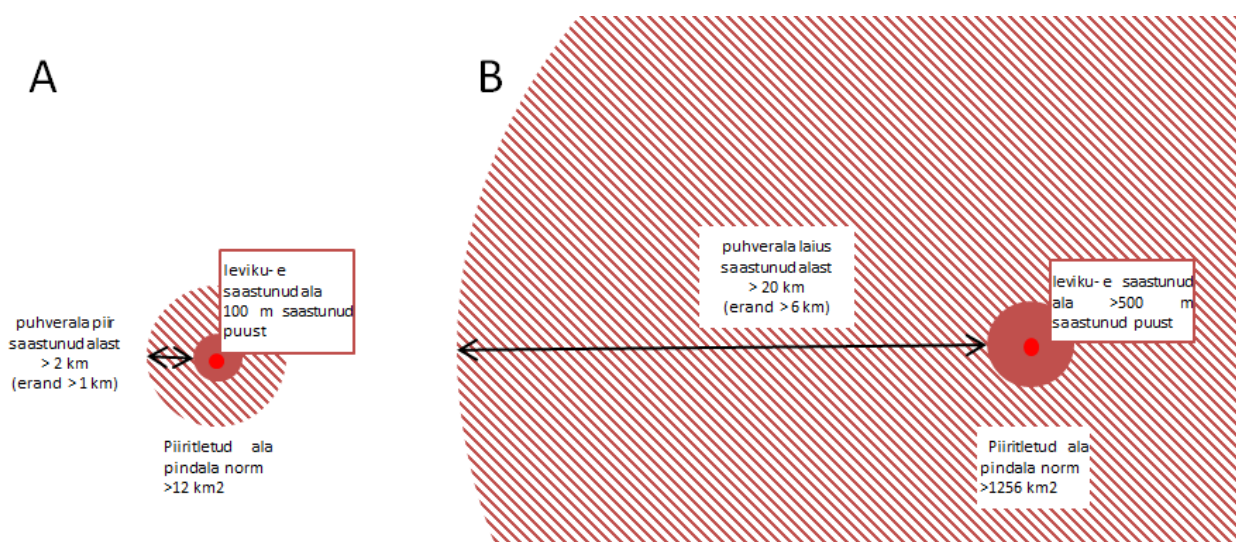
Kui kahjustaja sisenemine ja levik toob tõenäoliselt kaasa väga tõsiseid majanduslikke, keskkonna- või sotsiaalseid tagajärgi, on kahjustaja risk vastuvõetamatu, mistõttu õigustatud on rangete fütosanitaarsete meetmete kehtestamine. Reaalses olukorras on vastutava ametkonna otsustada,

kas risk on vastuvõetav või vastuvõetamatu. Igal riigil on oma strateegilised huvid ja seetõttu võivad rõhuasetused teataval määral piirkonniti ja valdkonniti erineda. Vastuvõetamatuse hindamise pädevus on ministeeriumil, *de jure* valdkonna ministril. Printsibid aga peavad olema läbipaistvad ja seetõttu kirjeldatakse need sageli kasutades paralleeltermineid.

2.3. Kahjustajate tekitatud kahjude analüüsi skeem

1. **Kahjustaja mõjuanalüüsile** annab teadusliku aluse kahjustajate riskianalüüs (edaspidi: PRA) (vt ISPM 2 - PRA üldpõhimõtted (FAO, 1995) ja ISPM 11 - Karantiinsete PRA (FAO, 2004)). Kahjustaja vahetus leiukohas kogutakse infot kahjustaja mõju kohta sj. kahjustaja päritolu, praegune/potentsiaalne levik, ilmastiku- ja mullastiku tingimused; kahjustatud peremeestaimed, kahjustuse aste (kahjustatud lehepinna suhtarv) ja kahjustuse tase (kahjustuse esinemissagedus taimikus), saastunud ala suurus, potentsiaalne majanduslik mõju, kahjustaja tuvastamise viis, hiljutine kaubavahetus, kahjustaja levikuteed; kahjustaja ajalugu piirkonnas; kahjustaja levikuvõimalused alal (levikupotentsiaal); Inimeste, kaupade, varustuse, veokite liikumine alal (eeldatav kahjustaja levimiskiirus); rakendatavad kasvatustehnoloogiad; kahjustatud taimede seisund (nt. müügipiirang); kohalikud võimalused hävitamise läbiviimiseks.

Näidiskahjustaja *A. glabripennis*'e puhul on piiritletud alade nõuded kehtestatud EU/2015/893, *B. xylophilus*'e piiritletud alade nõuded on kehtestatud EU/2012/532. Mõlema näidiskahjustaja leviku puhul ettenähtud piiritletud alade skeemid on esitatud joonisel 2.2.



Joonis 2.2. Piiritletud alade skeemid (A) *Anoplophora glabripennis*'e (EU/2015/893) ja (B) *Bursaphelenchus xylophilus*'e (EU/2012/535) leviku vastu võetavate tõrjeabinõude rakendamiseks.

Oluline on tähelepanna, et kehtestatud rakendusotuse EU/2015/893 III Lisa p 1 alusel koosnevad piiritletud alad Aasia siku puhul kahes alajaotuses: a) saastunud vöönd, kus kõnealuse organismi esinemine on kinnitust leidnud ning mis hõlmab kõiki taimi, millel on leitud nimetatud organismi põhjustatud sümptomeid; ning b) saastunud vööndi piirist väljapoole jääv vähemalt 2 km raadiusega puhervöönd.

Sama rakendusotsuse III Lisa p 2 alusel märgitakse, et piiritletud ala suhtes erandid, kus tegemist on üksikleiu või üksnes sissetoodud taimede, puidu või pakkematerjali leiuga, mille suhtes rakendatakse igakülgsed tõrjeabinõusid. Ühtlasi ei pea kehtestama piiritletud ala, kui sissetoodud organismi leiukohast pärast ühte elutsükli ja peale selle vee ühte aastat, kaasa arvatud seire vähemalt nelja järjestikuse aasta jooksul vähemalt 1 km raadiuses saastunud taimedest või puidust või kohast, on negatiivne.

III Lisa p 3 alusel on nimetatud EL sisesed tõrjemeetmed, mis on järgmised:

- Saastunud taimede kohene langetamine ja nende juurte täielik eemaldamine (tingimusel, et levik on allpool juurekaela).
- Langetamine 100 m raadisuses saastunud taimest ehk saastunud vööndis (joonis 2.2, A) ja kõikide taimede kontrollimine. Kui ei kavatseda langetada kõiki taimi, siis rakendatakse samaväärseid meetmeid, mis takistavad nimetatud organismi võimalikku edasist levikut nendelt taimedelt.
- Rakendatakse meetmeid, millega takistatakse saastunud materjali välja viimist piiritletud alalt.
- Määratletud taimede asendamine muude taimedega, kui see on asjakohane;
- Intensiivne seire nimetatud organismi esinemise tuvastamiseks peremeestaimedel, pöörates erilist tähelepanu puhervööndile (2 km). Ühtlasi tagatakse kontrollproovide teostamine.

Rakendusotsuse EU/2012/535 alusel, mis reguleerib männi-laguussi tõrjet, märgitakse samuti piiritletud alade kehtestamist. Piiritletud ala jaguneb samuti kaheks vööndiks – saastunud vöönd (500 m, nimetatakse ka eraldusvööndiks iga vastuvõtliku taime suhtes) ja puhervöönd 20 km (joonis 2.2, B). Eraldusvööndit võib vähendada 100 m võrra ja puhervööndit võib vähendada 14 km (6 kilomeetrini), kui on tagatud tõhusad tõrjemeetmed.

Tõrjemeetmed tuuakse välja I lisa punktides 2-10 järgmised olulised meetmed:

- Saastunud vööndis (eraldusvööndis) kõikide vastuvõtlike taimede langetamine ja hävitamine, sh tuleb jälgida langetusskeemi.
- Puitu või koort veetakse järelevalve all ja välistatakse tundlike taimede nakatamine.
- Intensiivne seire läbiviimine piiritletud alal, ühtlasi kontrollproovide teostamine.

EL poolt tehtud rakendusotused on mõnevõrra erinevad kirjanduses esitatud mudlitest ja lisaks peab arvestama, et iga leiu puhul võib olla konkreetse piiritletud ala kehtestamine erisustega.

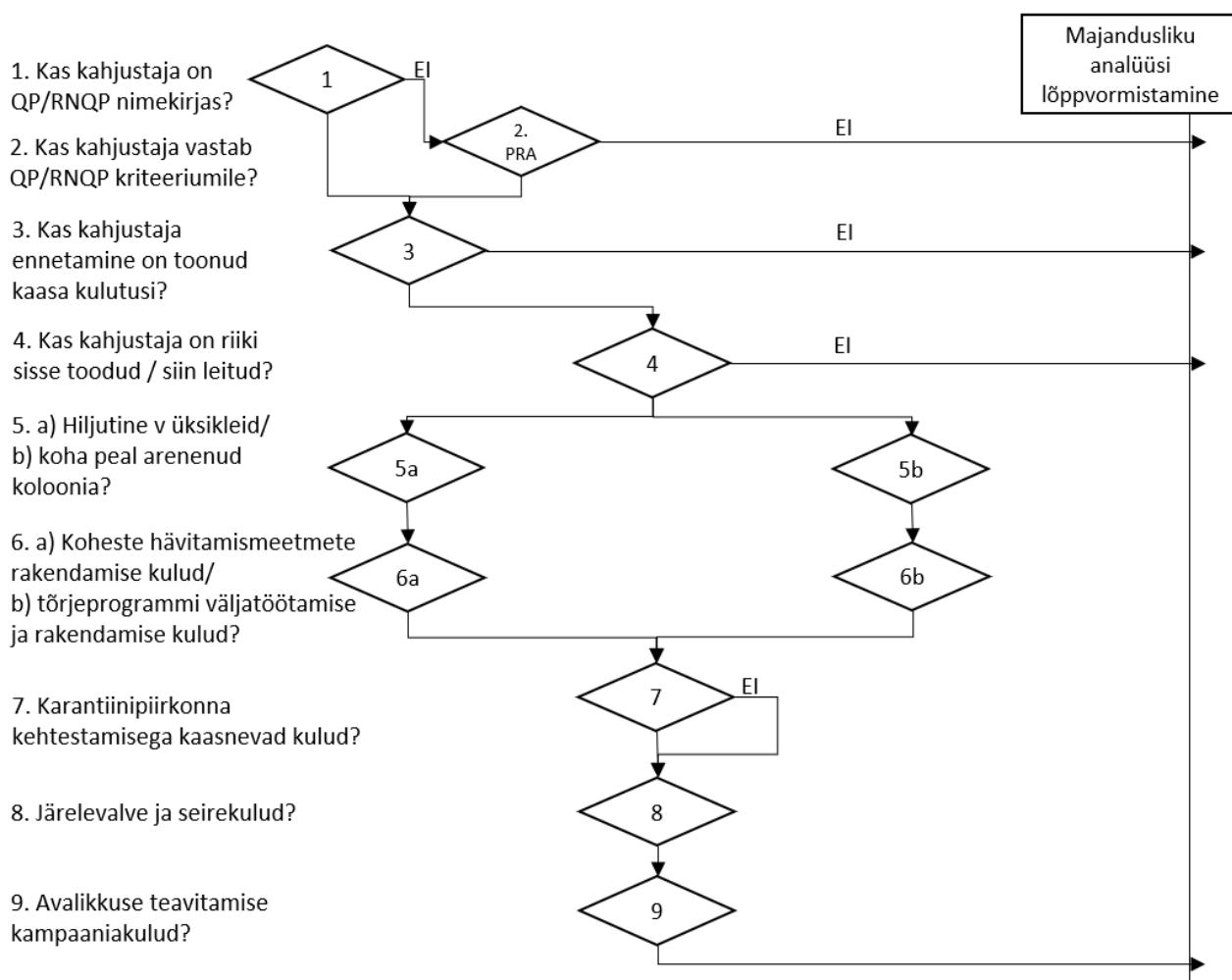
2. Tõrjeprogrammi teostatavuse hindamiseks (ISPM 09 P.2.3) tuleb kaaluda olemasolevaid võimalusi kahjustajate hävitamiseks ning tasuvusanalüüsi (tõrjeabinõude kulude ja tulude suhet – vt. ISPM 09 p. 2.4.2). Omandada on vaja informatsiooni kahjustaja bioloogiast, sh paljunemiskiiirus ja viljakus, potentsiaalsete peremeestaimede ringist; võimalike likvideerimisstrateegiade kohta on vaja välja selgitada rahalised kulud ja muude vajalike ressursside kulu, tehniliste vahendite kättesaadavus, logistilised ja kasutuspiirangud; lisaks vaja teostada mõjuanalüüs majandussektoreile ja keskkonnale: kui tõrjeabinõusid ei rakendata ning iga määratletud alternatiivse tõrjeabinõu kohta.

Kahjustajate tõrjeprogrammi või hävitisaktsiooni läbiviimise planeerimise käigus (nt. joonis 5.1), koostatakse tasuvusanalüüs, millega kontrollitakse, kas kulutused tõrjeabinõude rakendamisele jäävad väiksemaks kui sellest johtuvate hüvede väärtus. Erandiks on olukord, kus poliitilisi kaalutlusi leitakse olevat tähtsamad kui teaduslike printsiipide järgimine; sel juhul ei ole võimalik mingeid juhtnööre jagada. Osadel juhtudel on kulusid keeruline rahalisse vääringusse arvestada, nt. keskkonna- ja sotsiaalsed kahjud. Samuti puudub Eestis regulaarne programm, mille käigus regulaarselt hinnatakse (ja ümberhinnatakse) erinevate taimekahjustajate põhjustatud saagikadusid. Kahjude hindamise meetodikaid on täpsemalt käsitletud peatükis 3. Võimaldamaks probleemi kvaliteetset lahendust on asjakohane analüüs tellida ekspertidelt; kriisiolukorra kiireks lahendamiseks võib eksperte kutsuda tõrjeprogrammi või hävitisprotseduuri kontrolliva komisjoni koosseisu. Ka siis, kui erakorralised asjaolud tingivad meetmete viivitamatut rakendamist teistes oludes avaldunud mõõteandmete ekstrapoleerimise teel teadmispõhise arvamusega, peab riiklik taimekaitseteenistus peamised kaalutlused vormistama kirjalikult, vähemalt kiire riskianalüüsina (*Fast-track PRA*). Kahjude arvestamisel summeeritakse kõik potentsiaalsed või avaldunud kulutused. Kahjude analüüsi skeem on esitatud joonisel 2.3, millele järgneb täpsem majandusliku kahju välja arvutamise meetodi valik ja arvutamine (peatükk 3)

3. Piirangute proportsionaalsus saavutatavate tulemuste suhtes on rahvusvahelise õiguse printsiip, mis mängib olulist rolli inimeste põhiõiguste kaitsel. Taimetervise regulatsioonides seda

Juba WTO Üldise tolli- ja kaubanduskokkulepe (GATT) Artikkel XX näeb ette kolmetasandilist vajaduse hindamist (WTO, 2018), käsitledes kolme proportsionaalsuse põhimõtte elementi:

- 1) Kas meede sobib eesmärgi saavutamiseks?
- 2) Kas meede on vajalik või on valikus ka asjaosaliste õigusi vähem piiravaid meetmeid, mille rakendamine viib samuti sama eesmärgini?
- 3) Kas meede on tasuvusanalüüsil osutunud mõistlikuks, kui kaalutakse mõjurite kompleksi, mis otsustavalt määravad ära meetme rakendamisel tehtud kulutuste osatähtsuse asjako-
hase õigusnormi jõustamise, avaliku huvi rahuldamise või kõnealuse õigusnormiga kaits-
tud väärtuste kogumi säilitamise ning õigusnormi rakendamisega sisse- ja väljaveole kaas-
nevate mõjude tasakaalustamise suhtes.



Joonis 2.3. Kahjustajate tekitatud kahjude analüüsi skeem.

SPS lepingu artikli 5.6 alusel on kohaldatud alternatiivsete sanitaarsete ja fütosanitaarmeetmete leidmiseks kolmeetapilist testi, mille käigus kontrollitakse konkreetse meetme:

- 1) mõistlikku kättesaadavust, arvestades tehnilisi ja majanduslikke kaalutlusi,
- 2) suutlikkust saavutada lepinguosalise jaoks asjakohast sanitaarse- ja fütosanitaarse kaitstuse määra ning
- 3) oluliselt väiksemat tõkestavust kaubandustavade suhtes võrreldes esimese meetmega.

2.4. Kulude arvestamiseks vajaminevad sisendid

Tasuvusanalüüsi kvaliteet sõltub otseselt andmete kättesaadavusest ja kvaliteedist. Ühtlasi sõltub see ka kahjustaja leiu ulatusest, mille alusel võimalikku kahju ja meetmete valikut on püütud teostada. Kulude arvestamine sõltub seega valitud stsenaariumitest. Kahjuks esineb kulude arvestamisel ja hindamises ka määramatust ja muutuseid. Näiteks, kui tõrje meede osutub ebaefektiivseks või halvasti teostatuks, siis tekivad täiendavad kulutused ja uued valikud. Kriitiline on lähtuda konkreetset kultuuri ja/või kaubavoogu või muud ohustatud ressursi puudutavast informatsioonist. Tavaliselt lisatakse kalkulatsioonidesse:

- 1) taimekaitseorganisatsiooni personalikulud, sh osa juhtimiskuludest;
- 2) sõidu- ja lähetuskulud;
- 3) pestitsiidide ja soetatud erivahendite maksumus;
- 4) hävitamisprotsessi kulud ja jäätmete utiliseerimiskulud;
- 5) alltöövõtjate lepingulised kulud;
- 6) informatsiooni soetamise ja vahendamise kulud, sh sidekulud;
- 7) tõrjemeetmete (või hävitatud omandi) riigieelarvest hüvitamise maksumus.

Informatsiooni hangitakse vastavalt vajadusele väljavõttena erinevatest avalikest või infopäringuna kinnistest allikatest. Andmeallikate mitteammendav loend on esitatud tabelis 2.1. Näidiskahjustajate analüüsi lähteandmed on kirjeldatud ptk 3.2.

Vahetus leiukohas teostatavale ülevaatusle on vaja kaasata lisaks huvitatud osapooltele ka erapooletuid kolmandaid osapooli, kes valdavad asjakohast taustainfot. Näiteks metsakahjustajate puhul on mõistlik kahjustuskollet hindama kaasata metsaksaator vm takseerimispädevusega spetsialist. Linnahaljastuse küsimustes peaks pöörduma kohaliku omavalitsuse keskkonnaspetsialisti ja professionaalse arboristi poole.

Riikliku järelevalvega seonduvad hinnangulised kulutused on leitavad, suheldes vastava ametkonnaga. Erasektori kulud tuleb välja selgitada saastunud kauba/maatüki vms omaniku või valdajaga läbiviidud intervjuu ja/või järelevalvetoimingute käigus.

Sobilikumate tõrjeabinõude määratlemiseks tuuakse välja paralleelselt iga variandi eeldatavad hüved ja puudused, sh. eelistatuim(ad) variant (variandid) ning kriteeriumid, mis kinnitavad hävitamise edukust. Kahjustajavabaduse (*Pest Freedom*) vahetu majanduslik eelis on hõlpsasti kvantifitseeritav, kui arvata kokku kogutoodang ja sääst pestitsiidide kasutamisevajaduse puudumisest.

Kriteeriume, mis määratleks, kustmaalt on põhjendatud kulutused liiga kallid, pole olemas. Eesmärgistatud vajadusel on võimalik kahjustajavabaduse poole pööelda ka pärismaiste kahjuriliikide

korral. Kahjustaja levikuala kiire laienemise korral on vaja tõrjemeetmete teostatavuse analüüsi regulaarselt uuendada ja vajadusel rakendada tõhusamaid meetmeid või kaasata suuremat hulka abijõude. Siiski, näiteks hoolimata ahvatlevast väljavaatest vabaneda tõrjekulutustest ning vaata-mata arvukatele katsetele pole kusagil omandatud positiivseid kogemusi hästikohastunud invasiiv-sete selgroogsete kahjurite hävitamisest (Bomford ja O'Brien 1995).

Hävitamiseetmete edukus on võrreldes (pool-) looduslike levilatega tõenäoliselt suurem inim-tekkelistes elupaikades, nt. kasvuhoonetes, kusjuures bakterid ja viirused osutusid hõlpsamini tõr-jutavaks, seenpatogeenid kõige raskemini ja taimed ning selgrootud vahepealse raskusastmega (Pluess jt 2012). Kahjustaja hävitamise edukust suurendab tõrjekampaania alustamine enne, kui saastunud ala suurus ületab kriitilise piiri, hävitamiseetmetega alustamine esimese nelja aasta jooksul, elustaimede vm levikuteede sisseveo võtmine erilise tähelepanu alla ja fütosanitaarsete meetmete rakendamine (Pluess jt 2012).

Epidemioloogiliselt võib olla põhjendatud määratleda puhang, kui saastunuks osutub 15–20% vas-tuvõtlikest peremeestaimedest esmasleiu piirkonnas. Puhangu korral on nakkuskoormus sedavõrd suur, et tõenäoliselt see lähiajal iseeneslikult ei hääbu (Kruus, E. avaldamata andmed).

Tabel 2.1. Andmeallikad

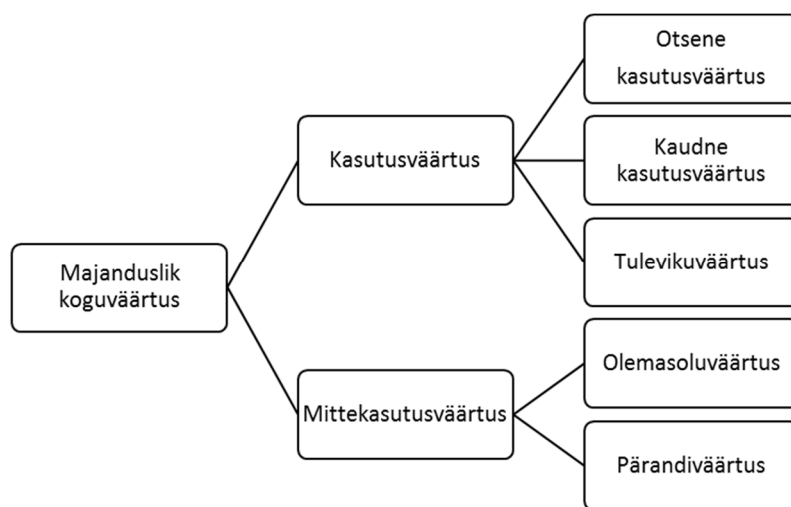
Allikas	Andmed	Haldaja
Taimetervise register	Taimetervise kontrollile kuuluvate materjalide käitle-jad, sh. taimede paljundusmaterjali tootjad	PMA
Põllumassiivide re-gister	Põllumassiivid, millele on taotletud pindalatoetusi neljal viimasel aastal.	PRIA
Metsaregister	Metsade takseerandmed koos kaardikihiga	Keskkonnaagentuur
Keskkonnaregister	Kaitstavad loodusobjektid, loodusvarad	Keskkonnaagentuur
Põhikaart	Puittaimestikuga alade ja soode ning haljasalade kaar-dikiht	Maa-amet
Õigusakt	Raiekulu	
	Metsauuenduskulud	RMK
Hinnastatistika	Puiduhinnad	RMK
Maksu- ja Tolli-amet	Tollijärelevalve all hävitatud, tagasisaadetud või üm-bertöödeldud kauba maksumus	EMTA
Teenuste hinnakiri	Taimetervise laboratooriumi teenuste hinnad	PMK
Ekspertiisilepingud	Ekspertiisi kaasamise tasu	MEM

3. Näidiskahjustajate potentsiaalse kahju hindamise metoodikad

3.1. Levinumad hindamismetoodikad loodusliku vara hindamiseks

Ökosüsteemi hüvede ja nende rahalise väärtuse mõõtmiseks kasutatavate erinevate meetodite ja hüvede maksumuse arvutamise viiside põhjaliku ülevaate on koostanud SA Säästva Eesti Instituut. Seega on käesolev alapeatükk väljavõte „Ökosüsteemiteenused. Ülevaade looduse pakutavatest hüvedest ja nende rahalisest väärtusest“ trükisest.

Kogu loodusliku vara majanduslikuks väärtuseks loetakse erinevate väärtuskategooriate summat. Ökosüsteemiteenuste majanduslik koguväärtus (*total economic value, TEV*) keskendub majanduslikele tulemusnäitajatele, mida saab mõõta rahalises vääringus. *TEV* - raamistikus koosneb ökosüsteemiteenuse kui hüve koguväärtus kahest erinevast väärtuskategooriast: kasutusväärtus (*use value*) ja mittekasutusväärtus (*non-use value*). Väärtuste jaotumise skeem on toodud Joonisel 3.1.

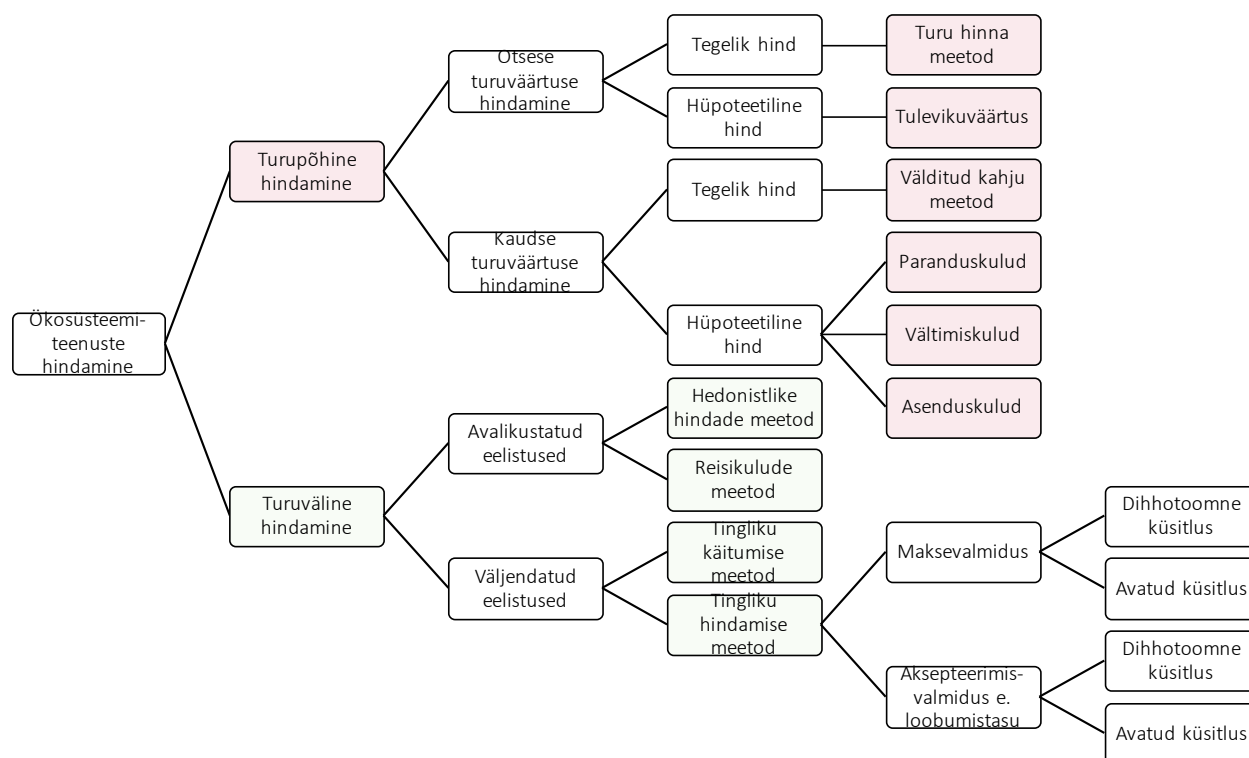


Joonis 3.1. Majandusliku koguväärtuse jagunemine

Kasutusväärtus on hüve otsetarbimise või kasutamise mõõdik. Kasutusväärtused võivad olla otsesed kasutusväärtused (*direct use values*) nagu looduslike ressursside kasutamine või vaba aja veetmine (matkamine). Kaudsed kasutusväärtused (*indirect use values*) on väärtused, mis toetavad majanduslikku tegevust. Näiteks vähendab metsa kaitsmine erosiooniohtu, mis omakorda tagab viljakate muldade olemasolu põlluharimiseks. Tulevikuväärtused (*option use values*) jätavad võimaluse tuua kasu ning tarbida ökosüsteemiteenuse otseseid ja kaudseid väärtusi ka tulevikus.

Mittekasutusväärtused pole turupõhiste hindadega seotud. Mittekasutusväärtuste hulka kuuluvad olemasoluväärtus (*existence value*) ja pärandiväärtus (*bequest value*). Olemasoluväärtus on hüve või rahulolu, mille inimesed saavad teadmisesest, et mingi objekt on olemas ning eksisteerib Maal koos inimesega. Pärandiväärtus väljendub inimeste soovis, et teatud asjad (liigid, funktsioonid, ökosüsteemid vm) säiliks ka tulevastele põlvetele.

Teatud juhtudel on ökosüsteemiteenustele olemas reaalne kaubaturg, mida need läbivad, ning selistel teenustel on ka reaalne hind (näiteks puidu hind). Seevastu mõnel juhul on turg küll olemas, kuid hind on hüpoteetiline. Kolmandal juhul võib väärtuse leidmise aluseks olla nii hüpoteetiline turg kui hind (näiteks küsitluste käigus selgitatakse välja summa, mida inimesed on nõus maksuma pargi säilimise eest). Joonisel 3.2 on toodud ökosüsteemiteenuste hindamismetoodikad vastavalt sellele, kas tegu on turumajandust läbiva ökosüsteemiteenusega või mitte.



Joonis 3.2. Ökosüsteemiteenuste hindamise metoodikate jagunemine

3.1.1. Turupõhine hindamine

Turupõhise hindamise puhul võetakse aluseks olemasolevad kaubaturud ning kaupade rahalised väärtused tuletatakse turu sisenditest või väljunditest. Kui hüvele on leitav kasutusväärtus (*use value*), siis saab nende puhul kasutada turupõhist hindamist. Turumajanduslikult olulistele ökosüsteemiteenustele saab hinda määrata nii otseselt (turuhinna meetod), kui ka kaudselt tuletades (hüpoteetiline hind ehk tulevikuväärtuse hindamise meetod).

Turuhinna meetod

Saab kasutada siis, kui näitajad, millega ökosüsteemiteenust toota ning selle väärtust ühiskonnale mõõta, omavad reaalselt turuhinda.

Näitajad – metsamaterjal, põllukultuurid, kiudmaterjalid, maavarad.

Vastab põhiküsimusele – kui palju maksab ökosüsteemiteenus turuhindades?

Piirangud – osade kaupade ja hüvedega kaubeldakse turul piiratud mahu, mistõttu turuhinna määramine raskendatud. Meetodi kasutamisel jäävad tähelepanuta kõik turuvälised väärtused.

Statistilise analüüsi keerukuse aste – lihtne.

Tulevikuväärtuse meetod

Kui hind ei kujune tavapärasel turusituatsioonis, antakse hüvele väärtus kaudselt. Arvutatud maksumus on ökosüsteemiteenuse väärtuseks.

Näitajad – turuväliseid ökosüsteemiteenuste finantsiline vara, millega saab turul kaubelda. Näiteks maksmine ökosüsteemiteenuste eest (*Payments for Ecosystem Services - PES*).

Vastab põhiküsimusele – Kui palju maksab säilitatud ökosüsteemiteenus tulevikus?

Piirangud – mahukad algandmed, mis tihti pole saadaval. Arvutusmeetodit peetakse liiga spekulatiivseteks.

Statistilise analüüsi keerukuse aste – keerukas.

Välditud kahju meetod

Hüvele antakse väärtus kaudselt. Ökosüsteemiteenuste väärtuseks leitakse hind, mis on võrdne kahju hinnaga, mida teenus ära hoiab.

Näitajad – majanduslik kahju, mille on põhjustanud kahjustajad.

Vastab põhiküsimusele – Kui suured kulud hoiti ära tänu ökosüsteemiteenuse toimimisele?

Piirangud – mahukad algandmed, mis tihti pole saadaval. Arvutusmeetodit peetakse liiga spekulatiivseteks.

Statistilise analüüsi keerukuse aste – lihtne.

Paranduskulude meetod

Arvutatakse hüpoteetiline maksumus, mis läheb ökosüsteemi hoidmiseks sellisena, et see pakuks majandusliku väärtusega ökosüsteemiteenust endisel viisil edasi. Arvutatud maksumus on ökosüsteemiteenuse väärtuseks.

Näitajad – teenuse mahu ja kvaliteedi taastamise maksumus.

Vastab põhiküsimusele – Kui palju maksab ökosüsteemiteenuse taastamine?

Piirangud – mahukad algandmed, mida tihti pole saadaval. Arvutusmeetodit peetakse liiga spekulatiivseteks.

Statistilise analüüsi keerukuse aste – lihtne.

Vältimiskulude meetod

Arvutatakse hüpoteetiline maksumus, mis läheb ökosüsteemi hoidmiseks sellisena, et see pakuks majandusliku väärtusega ökosüsteemiteenust endisel viisil edasi. Arvutatud maksumus on ökosüsteemiteenuse väärtuseks.

Näitajad – tegevuste maksumus, mis hoiab tulevikus ära või oleks hoidnud ära ökosüsteemi teenuste vähenemise või kadumisega kaasnevad negatiivsed mõjud.

Vastab põhiküsimusele – Kui suured kulud hoiti ära tänu ökosüsteemiteenuse toimimisele?

Piirangud – mahukad algandmed, mida tihti pole saadaval. Arvutusmeetodit peetakse liiga spekulatiivseteks.

Statistilise analüüsi keerukuse aste – keerukas.

Asenduskulude meetod

Arvutatakse hüpoteetiline maksumus, mis läheb ökosüsteemi hoidmiseks sellisena, et see pakuks majandusliku väärtusega ökosüsteemiteenust endisel viisil edasi. Arvutatud maksumus on ökosüsteemiteenuse väärtuseks.

Näitajad – ökosüsteemiteenusega samaväärse alternatiivi maksumus.

Vastab põhiküsimusele – milliste meetoditega saab inimene ökosüsteemiteenusele samaväärset teenust pakkuda?

Piirangud – mahukad algandmed, mida tihti pole saadaval. Arvutusmeetodit peetakse liiga spekulatiivseteks.

Statistilise analüüsi keerukuse aste – lihtne.

3.1.2. Turuväline hindamine

Sageli pole ökosüsteemiteenused seotud kaubandusturuga, mistõttu ei saa neile otseselt ega kaudselt tegelikke ega hüpoteetilisi turuhindu määrata. Kui hüvedele puudub turg, siis kasutatakse nende hindamiseks turuväliseid meetodeid. Hind tuletatakse avalikustatud või väljendatud eelistustest ning sel viisil võib leida näiteks majandusliku väärtuse.

Avalikustatud eelistused põhinevad kaudsetel arvutustel, kus hüpoteetilise hinna arvutamisel arvestatakse muutusi inimeste käitumises ja sellega seotud teenuste maksumust päristurgudel. Need hõlmavad mittekasutusväärtusi ja kasutusväärtusi.

Hedonistlike hindade meetod (*hedonic price method*)

Meetodit kasutatakse keskkonnakvaliteedi, keskkonnaväärtusega toodete ja keskkonna meeldivuse (kultuuriliste ja esteetiliste väärtuste) hindamiseks. Eelduseks on see, et inimesed on valmis maksma rohkem kõrgema keskkonnakvaliteediga seotud teenuse eest.

Näitajad – meetodiga kõrvutatakse võrreldavate kriteeriumitega objektide (näiteks majad) hindasid kõrge ja madala keskkonnanäitaja või ökosüsteemiteenuse ulatusega piirkondades. Näiteks sõltub elamute hind sageli piirkonna rohelusest, kaugusest rohealadest, aknavaatest, piirkonna õhukvaliteedist või müratasemest.

Vastab põhiküsimusele – Kui palju makstakse kaubale juurde ökosüsteemiteenusest tuleneva lisaväärtuse eest?

Piirangud – ülejäänud kriteeriumites peavad võrreldavad objektid sarnanema.

Statistilise analüüsi keerukuse aste – väga keerukas.

Reisikulude meetod (*travel cost method*)

Saab mõõta hüve väärtust, kus inimeste nõusolek maksta ökosüsteemiteenuse eest väljendub vabatahtlikes reisikuludes (rahaline ja ajakulu), mis kulub soovitud sihtkohta jõudmiseks. Reisikulude meetodit kasutatakse pigem ökosüsteemi kultuuriliste teenuste, nagu puhkeväärtuse, hindamiseks.

Näitajad – viiakse läbi küsitlus, et väljaselgitada, mis põhjustel sihtkohta külastati, palju kulutati sellele raha ning kust ja kui tihti sihtkohta reisitakse. Uuringut korrates saab hinnata, kuidas muutuvad ajas inimeste eelistused ja sihtpaiga majanduslik väärtus.

Vastab põhiküsimusele – kui palju makstakse ala külastamise ja ajaveetmise eest?

Statistilise analüüsi keerukuse aste – keerukas.

Tingliku hindamise meetod (*contingent valuation*)

Meetod võimaldab mõõta nii kasutus- kui mittekasutusväärtusi, kuid on enim kasutusel just mit-tekasutusväärtuste, nagu olemasoluväärtuse mõõtmise puhul. Tingliku hindamise puhul kasutatakse laialdaselt kahte meetodikat, maksevalmiduse (*willingness to pay*, WTP) ja aktsepteerimisvalmiduse ehk loobumistasu (*willingness to accept*, WTA) meetod. Ökosüsteemiteenuste hind määratakse küsitluse käigus. Väärtuste andmine hüpoteetilistel stsenaariumitel.

Näitajad – määratakse kulud kindla ökosüsteemiteenuse säilimise, saamise või kahjustumise vältimise eest. Määratakse kindlaks rahalist kompensatsiooni suurus, mida küsitletavad sooviks saada selleks, et nad aktsepteeriks keskkonnakvaliteedi langust ja teatud ökosüsteemiteenuste kadumist.

Vastab põhiküsimusele – kui palju ollakse valmis maksma ökosüsteemiteenuse eest?

Piirangud – meetodid ei ole oma vastuolulisuse tõttu poliitikakujundajate seas kuigi hinnatud. Samuti on tingliku hindamise küsitlust küllaltki kulukas läbi viia.

Impersonaalsest küsitlusest saadud tulemusi saab interpreteerida mitmeti (tõlgendamise probleem).

Statistilise analüüsi keerukuse aste – keerukas.

Tingliku käitumise meetod (*contingent behaviour*)

Meetod on sarnane tingliku hindamise meetodile. Küsitakse vastaja käitumiskavatsust kahe erineva situatsiooni või stsenaariumi korral. Ökosüsteemiteenuste hind määratakse küsitluse käigus. Väärtuste andmine hüpoteetilistel stsenaariumitel.

Näitajad – määratakse kindlaks ökosüsteemi teenuse hind ja stsenaariumid.

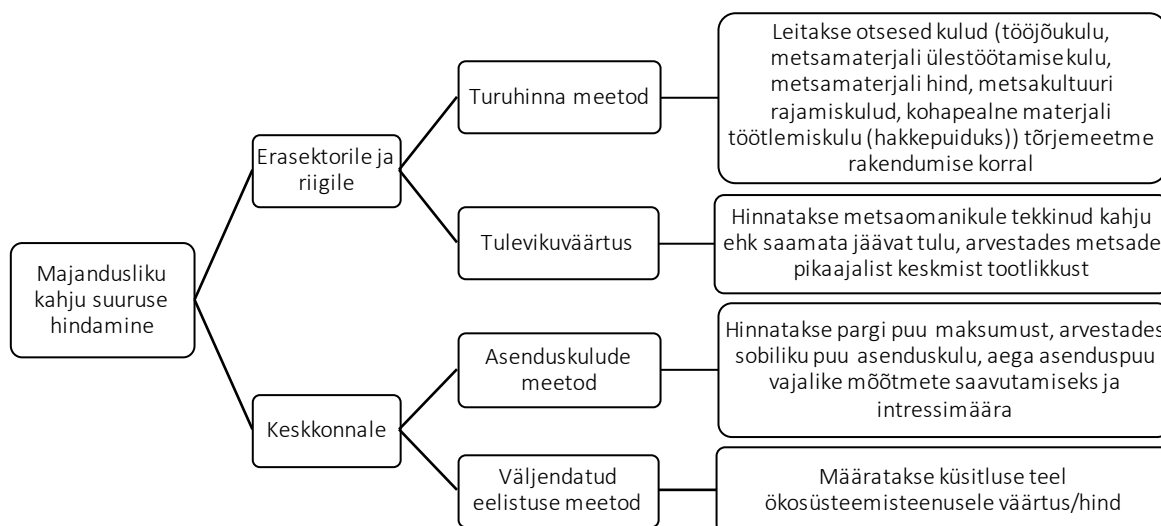
Vastab põhiküsimusele – missuguseid ökosüsteemiteenuseid ja missuguse maksumusega eelistatakse valiku korral?

Statistilise analüüsi keerukuse aste – väga keerukas.

Ökosüsteemid pakuvad enamasti mitmeid hüvesid, mistõttu tuleb neid hinnata erinevate meetodide abil. Metoodika valik sõltub olemasolevast ressursidest, ajast ning vajalikust tulemuste täpsusest. Metoodika valik võib sõltuda nii olemasolevatest andmetest kui varasematest referentsandmetest, mille põhjal saab teha valiku näiteks tingliku hindamise, reisikulude meetodi või hedonistlike hindade meetodi vahel. Iga ökosüsteemiteenuse väärtuse leidmiseks tuleb kasutada erinevate metoodikate kombinatsioone, kuid tähelepanu tuleb pöörata sellele, et väärtusi ja hindasid ei dubleeritaks.

3.2. Näidiskahjustajate poolt tekitatud majandusliku kahju hindamiseks kasutatavad metoodikad

Käesolevas aruandes hinnati potentsiaalset majanduslikku kahju stsenaariumite alusel, kuna reaalne kahjustajate näide veel täna puudub. Selleks, et hinnata näidiskahjustajate potentsiaalset majandusliku kahju suurust ja tõrjeabinõu maksumust, kombineeriti erinevaid hindamismeetodeid. Era- ja riigisektorile potentsiaalse kahju hindamiseks kasutati otsese kasutusväärtuse kahju hindamist turuhinna meetodil ja tulevikuväärtuse hindamise meetodit ning keskkonnale tekkinud kahju hindamiseks soovitati kasutada mittekasutusväärtuse hindamist liitasenduskulude meetodil (näiteks avalike parkide, linnahaljastuses tekkiv kahju) või sobivat väljendatud eelistuse meetodit (näiteks roheala eelkõige uusasumite kinnisvara piirkonnas). (Joonis 3.3)



Joonis 3.3. Nädiskahjustajate majandusliku kahju maksumuse hindamise meetodid sektorite lõikes

Nädiskahjustajate tõttu era- ja riigisektorile tekkivat potentsiaalset majanduslikku kahju hinnati turuhinna meetodil ning analüüsi käigus hinnati eelkõige metsamajanduslike tööde ja teenuste maksumust. Tulevikuväärtuse meetodil hinnati tõrjemeetme rakendumisel metsaomanikule saamata jäävat tulu metsade pikaajalise keskmise tootlikkuse põhjal. (Joonis 3.3) Väärtuste leidmiseks kasutati turupõhist hindamist, kuna üldjuhul on kasutada ainult kvantitatiivsed andmed, mis omavad reaalselt turuhinda ning ei nõua täiendavat tööd (nagu turuvälise hindamise läbiviimisel küsitluse korraldamine).

Täpsem metsamajanduslike tööde ja teenuste ühikuhindade arvutamiseks vajalike andmete ja nende allikate ülevaade on toodud Tabelis 3.1. Lage- ja harvendusraie kompleksteenuse hind leiti likviidse metsamaterjali ülestöötamise kulude arvutamise juhendi järgi (määrus nr 242). Kuna metsapinna mineraliseerimise, metsataimede istutamise ning kultuuri hooldamise ühikuhinnad olid leitavad vaid 2015. aasta lõikes (Metsamajanduslike tööde ühikuhindade arvutamise meetodika 2015), arvutati 2016. aasta seisuga ühikuhinnad korrutades need läbi 2016. aasta tarbijahinnaindeksiga (Statistikaameti andmetel oli tarbijahinnaindeksi muutus 2016.a. võrreldes 2015.a. 0,1 %). Istikute puhul võeti aluseks 2016. aasta hinnad. Metsakultuuri rajamise ühikuhinna leidmisel arvestati sellega, et osa saastunud võõndisse jäävast maast jäetakse looduslikule uuendusele. Seega arvestati metsakultuuri rajamise kulu analüüsis nende metsaaladega, mille kasvukohatüübiks ei olnud SN (sinika), KR (karusambla), SS (siirdesoo), MD (madal soo), RB (raba), LU (lubikaloo), OS (osja), TR (tarna), SJ (sõnajala) või AN (angervaksa), sest nendes kasvukohatüüpides uueneb mets reeglina looduslikult (Metsa majandamise eeskiri 2006).

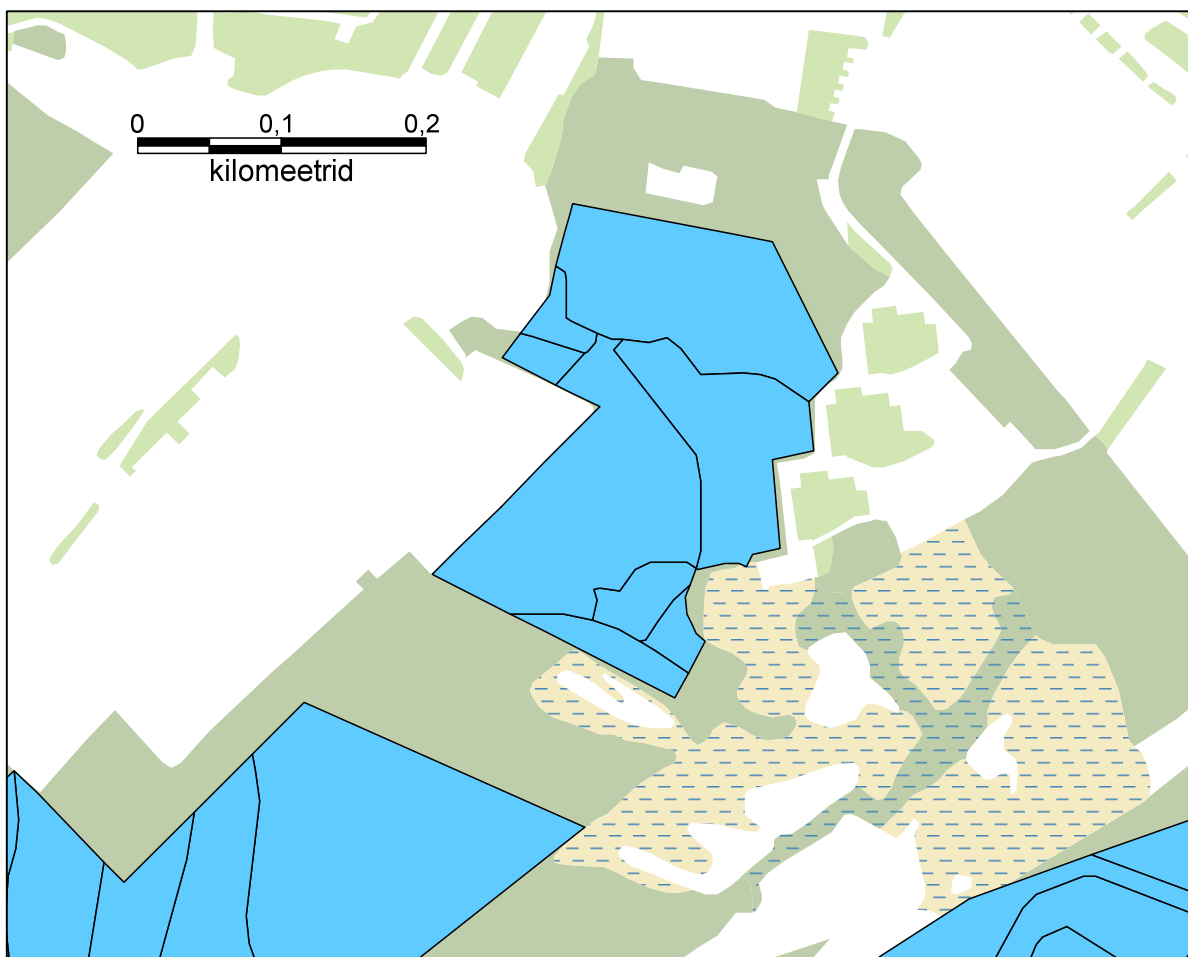
Tabel 3.1. Metsamajanduslike tööde ja teenuste ühikuhindade arvutamiseks vajalikud andmed ja nende allikad

Analüüsiks vajalikud andmed	Ühik	Andmeallikad
Maapinna mineraliseerimine	eur/ha	sekundaarandmed (uuringud, Statistikaamet)
Metsataimede istutamine	eur/tk	
Kultuuri hooldamine	eur/ha	
Harvendusraie kompleksteenuse	eur/m ³	sekundaarandmed (andmebaas, õigusakt)
Lageraie kompleksteenuse	eur/m ³	
Raiemaht	m ³ /ha	
Kultuuride rajamise algtihedus	arv/ha	sekundaarandmed (õigusakt, RMK hinnakiri, 2016 a)
Hariliku männi hind	eur/ha	
Hariliku kuuse hind	eur/ha	
Arukase hind	eur/ha	

Metsamajanduslike tööde ja teenuste ühikuhinnad on toodud Lisa 1 ning nende ühikuhindade põhjal arvutati linnade lõikes järgmised näitajad:

- > keskmine raiekulu eur/m³;
- > kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha;
- > kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur;
- > metsakultuuride rajamise kulu, eur.

Projektis kasutati metsade hindamiseks kahte allikat: Eesti põhikaart (Maa-amet) ja Metsaregister (Keskkonnaagentuur). Kahte allikat oli vaja selleks, et kõik metsad ei ole Metsaregistris esindatud. Esmalt leiti kahe allika andmete järgi puittaimestikuga alad, mis Metsaregistris puudusid. Järgnevalt leiti Metsaregistri andmete järgi koristuskulud ning tulud hakkpuidu müügist ning ka saamata jäävad tulud. Lõpuks ekstrapoleeriti pindala järgi erinevad kulu- ja tuluhinnad ka aladele, mille kohta metsaandmed puuduvad. Haljasalade kohta saadi pindalad Eesti põhikaardilt. Illustreeriv näidis kaardikihtidest on esitatud joonisel 3.4.

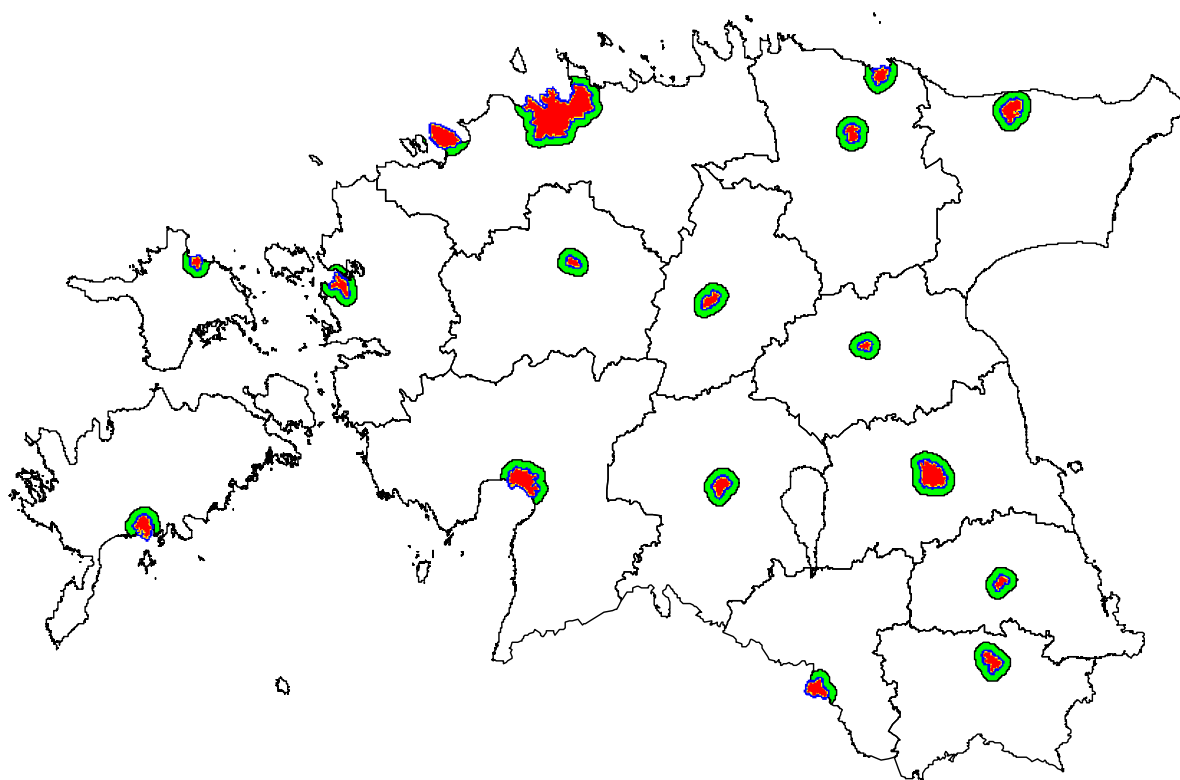


Joonis 3.4. Analüüsis kasutatud kaardikihid. Sinine musta äärisega – Metsaregister, tumeroheline – põhikaardi mets (andmed metsaregistrist puuduvad), tumeroheline sinise kriipsjoonega – põhikaardi metsaga märgala (soo) (andmed metsaregistrist puuduvad), kollane sinise kriipsjoonega – põhikaardi metsata soo (ei arvestatud antud projektis), heleroheline – põhikaardi haljasala. (Keskkonnaagentuur, Maa-amet)

Metsaregistris on aktuaalsed andmed RMK hallatava metsa kohta, kuid erametsade kohtade võivad olla andmed vananenud. Metsaregistrisse on kantud metsamajanduskava teostamise hetkel olnud metsade andmed. Mõned erametsade takseerandmed on üle 10 aasta vanad. Peale metsamajanduskava kinnitamist tehtud raiete kohta informatsioon puudub. Kuna teostatud raiete kohta info puudub, siis antud analüüsis ei kasutata ka metsaandmete „kasvatamist“. Seega peaks puuduvad raiete andmed ja metsade kasv peale majanduskava tegemist üksteist kompenseerima ning keskmiselt on andmed kasutatavad. Lisaks ei sisalda Metsaregister kõikide erametsade andmeid. Põhjuseks on see, et kõik omanikud ei soovi (või ei oska) omandis olevaid metsi majandada. Kui aga erametsaomanik metsamajandustööd ei teosta, siis metsamajanduskava tegemine ei ole vajalik.

Käesolevas analüüsis on välja toodud erinevate raadiustega (100 m, 300 m, 1 km, 3 km) saastunud vööndi hinnangulised raie kulud-tulud ning saamata jäävad tulud. Kuigi EL rakendusotsustes on

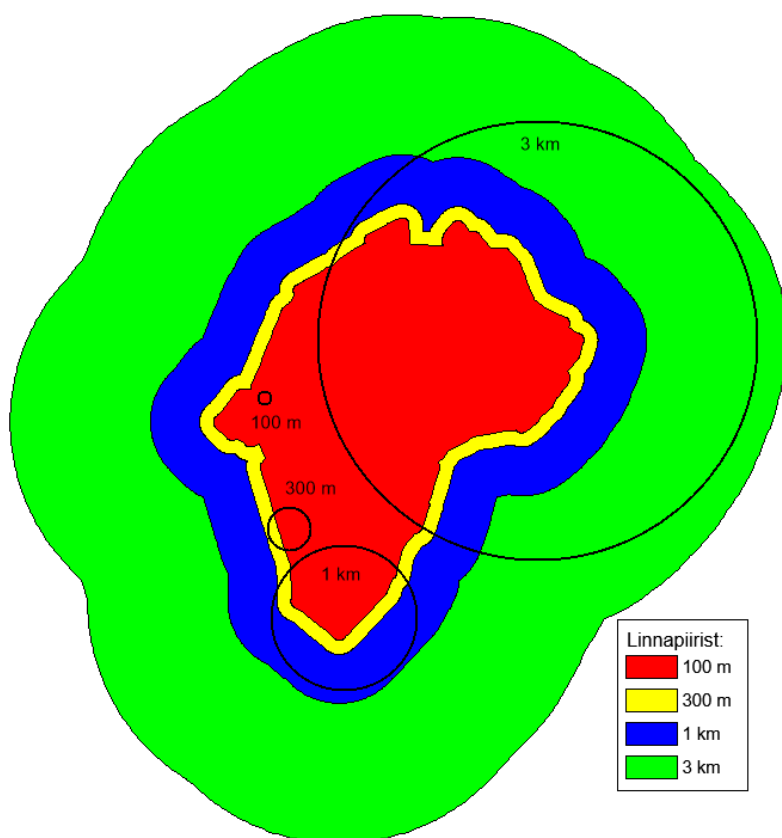
aasia siku leiu korral raie tõrjemeetmena nõutud 100 m raadiuses koldest, siis otustati stsenaariumina arvutada kulud ka 300 m raadiuse korral, kuna praktikas võib konkreetse leiu asukoht tingida suuremamõõtmelise saastunud vööndi piiritlemise. Männi-laguussi tõrje puhul viidi läbi raiemahu ja tulenevate kulude arvutus 1 km ja 3 km saastunud vööndi põhjal. Analüüsi kaasati 17 linna (Haapsalu, Jõgeva, Kohtla-Järve, Kunda, Kuressaare, Kärdla, Paide, Paldiski, Põlva, Pärnu, Rakvere, Rapla, Tallinn, Tartu, Valga, Viljandi ja Võru), mis koos saastunud vöönditega on kujutatud joonisel 3.5. Nimetatud linnad valiti valimisse seetõttu, et tegemist on võimalike riskipiirkondadega. Samuti oli töö lähteülesandeks ja eesmärgiks hinnata võimalikku kahju kogu riigi territooriumil. Suurendatud näidis saastunud vöönditest on esitatud Viljandi kohta joonisel 3.6. Arvutused tehti igas piirkonnas kogu maa-ala kohta ning need näitavad piirkonna keskmist kahju. Tegelik kahju sõltub siiski konkreetsest asukohast, kus on vaja ettevaatusabinõud kasutusele võtta. Tulemused arvutati nn keskmise hektari kohta, et saaks hõlpsasti arvutada hinnangulist kahju suurus korrutades hektari kulud pindalaga.



Joonis 3.5. Analüüsi kaasatud linnad koos saastunud vöönditega (saastunud vööndi suurendatud näidis Viljandi linna kohta on joonisel 3.6)

Saamata jäävad tulud arvutati vastava kasvukohatüübi ja boniteediklassi keskmise aastase tootlikkuse järgi. Tuludest lahutati maha raie- ja uuenduskulud ning liideti puhastulud, mis saadakse hakkpuidu müügist. Viimased arvutati metsade hetketagavarade järgi. Joonisel 3.6 on toodud näi-

tena neli erinevat suurust ringikujulist ala. Vastav ala võib tekkida ükskõik millisesse kohta. Saastunud vööndi tegelik asukoht sõltub liigi leidmiskohast. Joonistel 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 ja lisas 10 esitatud skeemidel on toodud tõenäolisemad ohualad. Vöönd on joonistel kujutatud aladest väiksem ja asukoht sõltub saasteallika leidmiskohast. Vööndis rakendatakse vastavad meetmed liigi hävitamiseks. Kõik arvutused on tehtud küll kogu ala kohta (linn pluss puhverala ümber linna), kuid käesolevas aruandes on tulemused esitatud vastava raadiusega tsooni pindala kohta. Nii on kõik arvutustulemused esitatud 100 meetrise raadiusega alal puhul 3,14 ha kohta, 300 m raadiuse puhul 28,3 ha kohta, 1000 m raadiuse puhul 314,1 ha kohta ning 3000 m raadiuse puhul 2827,4 ha kohta. Kõik tulemused näitavad keskmist potentsiaalset kahju ning tegelik kahju sõltub saastunud ala asukohast.



Joonis 3.6. Võimalike saastunud vööndide kasutamine Viljandi näitel

Saamata jäävate tulude arvutamise aluseks on metsade keskmised sortimentide tootlikkused aasta kohta. Metsa on invasiivse liigi leidmise hetkeni kasvatatud teatud aeg. Peale kahjustuse likvideerimist on vaja seda metsa uuesti kasvatama hakata ning uuendusraie aeg lükkub metsa likvideerimishetke vanuse võrra edasi. Maa tootlikkuse arvutamiseks kasutatakse peatükis 1.3 kasutatud meetodikat, kus on kasutatud raieringi pikkusena metsade küpsusvanuseid. Puude küpsusvanus

(hinnaküpsus) on oluline näitaja hindamaks puidu realiseerimisel saadavat võimalikult suurt keskmist brutotulu (Kaimre 2000). Antud projektis kasutati puistu küpsusvanusena metsaseaduses toodud küpsusvanuseid.

Tabel 3.2. Metsaomanikule saamata jäänud tulu hindamiseks vajalikud andmed ja nende allikad

Analüüsiks vajalikud andmed	Ühik	Andmeallikad
Raiemaht	m ³	sekundaarandmed (andmebaas)
Raiemaht	ha	
Metsamaterjali hinnastatistika vahelaohinna alusel	eur/m ³	sekundaarandmed (RMK hinnainfo, 2016. a)
Hakkepuidu hind	eur/m ³	

Kuivõrd saastunud vööndis raiutud metsamaterjal kuulub, kas kohapeal hävitamiseks või töötlemiseks, oleks üks võimalus kohapeal metsamaterjali hakkepuiduks töötlemine. Seega arvutati analüüsiks vajalike andmete põhjal muuhulgas linnade ja raietüübi lõikes hakkepuidust saadav tulu, eur/m³ (Tabel 3.2). Raiemahtu (m³) lage- ja valikraie puhul analüüsiti vastavalt eesmärgile sortimentide ja enamuspuuliigi lõikes.

Majandusliku kahju suuruse ja tõrjeabinõu maksumuse hindamise aluseks võeti 17 Eesti linna: Haapsalu, Jõgeva, Kohtla-Järve, Kunda, Kuressaare, Kärkla, Paide, Paldiski, Põlva, Pärnu, Rakvere, Rapla, Tallinn, Tartu, Valga, Viljandi ja Võru. Hinnang era- ja riigisektori metsamaale teostatakse nelja peamiselt kaubeldava puuliigi (mänd, kuusk, kask, haab) ja kahe muu puuliigi grupi (teised okaspuud, teised lehtpuud) ja nelja sortimendi (palk, peenpalk, paberpuut, küttepuut) jaotuse alusel.

Juhul kui rakendatakse tõrjeabinõu, milleks on metsa raie, siis olenevalt enamuspuuliigist ja metsa arenguklassist¹ (A, S, N, L, K, V või Y) raiutakse osaliselt või täielikult saastunud vöödisse jäävad puud. Järgnevalt on välja toodud tõrjemeetme rakendamisel olenevalt kahjustajast (*Anoplophora glabripennis* või *Bursaphelenchus xylophilus*) tsoonide (3 km, 1 km, 300 m ja 100 m) lõikes metsa raie loogika.

1 või 3 km saastunud vööndi arvestus on aluseks võetud siis, kui kahjustajaks on männi-laguuss ning:

- > lehtpuude osakaal on üle 50% ning metsa arenguklass on A, S, N, L või K;
- > lehtpuude osakaal on üle 50% ning metsa arenguklass on V või Y;
- > okaspuude osakaal on 50% või rohkem.

¹ A – lage ala, S – selgusetu ala, N – noorendik, L – latimets, K – keskealine mets, V – valmiv mets, Y – küps mets. (Arenguklassid ja küpsusvanused. Keskkonnaministri 16. jaanuari 2009. a määruse nr 2. „Metsa korraldamise juhend“. Lisa 3)

Lisaks jaguneb raie omakorda lageraieks ja valikraieks. 1 või 3 km saastunud vööndi lageraie teostatakse siis, kui:

- > lehtpuude osakaal on üle 50% ning metsa arenguklass on V või Y;
- > okaspuude osakaal on 50% või rohkem.

Valikraie teostatakse juhul, kui:

- > lehtpuude osakaal on üle 50% ning metsa arenguklass on A, S, N, L või K.

100 või 300 m saastunud vöönd on arvestuse aluseks võetud siis, kui kahjustajaks on aasia puidusikk ning:

- > okaspuude osakaal on 50% või enam ning metsa arenguklass on A, S, N, L või K;
- > okaspuude osakaal on 50% või enam ning metsa arenguklass on V või Y;
- > lehtpuude osakaal on üle 50%.

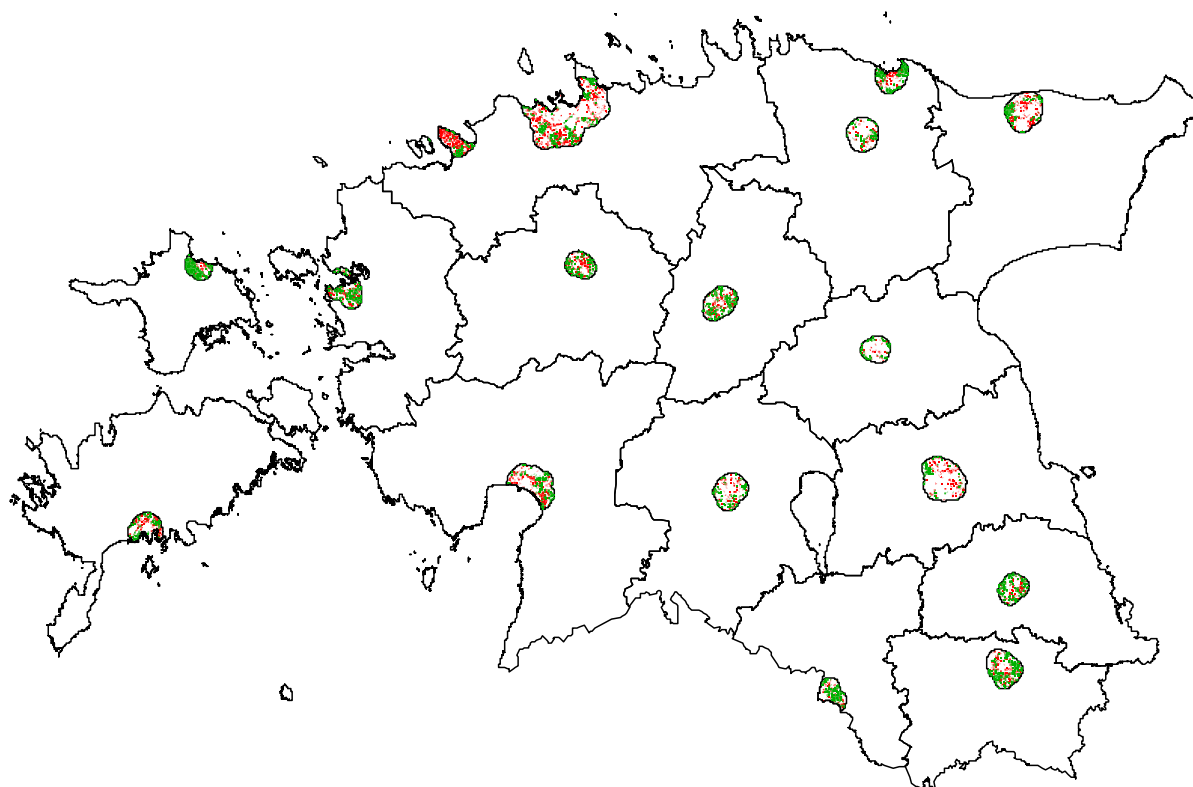
Lisaks jaguneb raie omakorda lageraieks ja valikraieks. 100 või 300 m saastunud vööndi lageraie teostatakse siis, kui:

- > okaspuude osakaal on 50% või enam ning metsa arenguklass on V või Y;
- > lehtpuude osakaal on üle 50%.

Valikraie teostatakse juhul, kui:

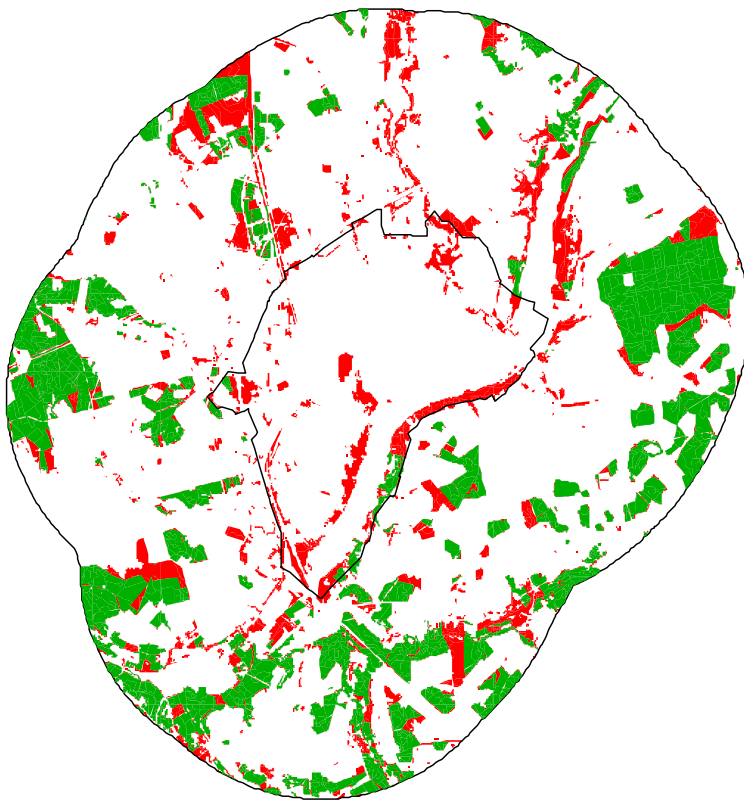
- > okaspuude osakaal on 50% või enam ning metsa arenguklass on A, S, N, L või K.

Eelpool kirjeldatud metoodikat on lihtne kasutada metsaregistris olevate andmete puhul, kus on vajalikud tunnused on kirjeldatud. Samas on kõikidel uuritavatel aladel ka metsamaid, mille kohta metsaregistris andmed puuduvad. Joonisel 3.7 on esitatud andmed kõikide alade kohta ning suuremalt on toodud näidis Viljandi näitel joonisel 3.8. Linnade kaupa on esitatud joonised lisas 10, kus on joonistel kujutatud nii saastunud vööndite piirid kui puittaimestikuga alad. Puittaimestikuga alad on omakorda kujutatud kolme erineva värviga – metsaregistris olevad alad, metsaregistrist puuduvad metsad ning haljasalad.



Joonis 3.7. Metsaalade esinemine uuringualadel (roheline – metsaregistris andmed olemas, punane – andmed puuduvad metsaregisatrist)

Metsaregistrist puuduvate andmetega metsadele ekstrapoleeriti metsaregistri andmed. Ekstrapoleerimine teostati alade (linnade) kaupa. Antud projektis eeldati seega, et metsaregistris olevad ja metsaregistrist puuduvad metsad on sarnased.



Joonis 3.8. Metsaalade esinemine Viljandis ja 3 km saastunud vööndiga alal selle ümber (roheline – metsaregistris andmed olemas, punane – andmed puuduvad metsaregisatrist)

Haljasalade puhul arvutati kahju keskkonnale, millel otsene turg küll puudub, asenduskulude meetodil. Kuigi levinum keskkonnahüve hindamise meetodiks on näiteks maksevalmiduse meetod, valiti liitasenduskulude meetod seetõttu, et maksevalmiduse meetodit on keerulisem rakendada ning andmeid tõlgendada reaalse kahjustuse/sündmuse puudumise tõttu.

Suure tõenäosusega ei ole puud võimalik asendada mõõtmelt või kvaliteedilt samaväärsega. Kui hukkunud puu asendada väiksemaga, siis võib kuluda palju aastaid, kuni uus taim saavutab väljavahetatud puuga samad mõõtmed. Selleks, et hinnata pargi ja linnahaljastuse puude rahalist väärtust, tuleb kindlaks määrata kolm tegurit (Tuul 2009, Sibul 2014):

- > kohalikus puukoolis olemasoleva suurima sobiliku puu asenduskulud;
- > vajalik aeg aastateks, mis kulub uuel puul hävinud puu mõõtmete saavutamiseks;
- > intressidest saadav tulu, kui investeerida asenduskuludeks läinud rahasumma ajavahemikus, mille vältel uus puu saavutab vajalikud mõõtmed.

Arvestades eelnevat kasutati puu väärtuse arvutamiseks valemit (Tuul 2009, Sibul 2014):

$$PV = 4,2 g$$

kus,

PV – puu väärtus;

g – puu ristlõikepindala, €/cm².

Haljasaladel kasvavate puude arvu ja dimensioone ei ole teada. Seega arvutati haljasaladele summaarne kahju puude väärtuste summa kaudu. Haljasaladel kasvavate puude keskmiseks kõrguseks võeti 20 m ning puude esinemise keskmiseks täiuseks 20%. Seega haljasalade keskmiseks ristlõikepindalaks saadi 6 m²/ha ehk 60 000 cm²/ha. Korrutades saadud numbri 4,2 €/cm², saadakse haljasaladele tekkivaks kuluks 252 000 €/ha.

3.3. Metsade pikaajalise keskmise tootlikkuse leidmine

Metsade pikaajalise toodangu leidmiseks koostati igale boniteediklassile ja igale kasvukohatüübile keskmised metsade aastased toodangud hektari kohta. Kasvu simuleerimiseks kasutati Eestis seni ainukest kasvuridasid hindavat mudelit. Andres Kiviste on modelleerinud diameetri ja kõrguse kasvuread Eesti metsade takseerandmete alusel ja avaldanud need mitmetes artiklites (Kiviste 1997, 1999 ja 2006). Väikeste puude kasvamise kohta ei ole häid kasvumudeleid ja seega raieringi ei alustatud punktist 0 aastat, 0 m kõrguselt. Seega tekitati metsapõlve modelleerimiseks usaldusväärne algus ehk nn algpunkt, kuhu arvutati vanus, diameeter, kõrgus ja tagavara. Nende algpunktis olevate tunnuste arvutamine on alljärgnev:

Loodi noore metsa algandmed iga OHOR-i (köduhorisondi tuseduse 10 erinevat väärtust) (Kiviste, 1997, 1999), iga boniteediklassi (6 klassi: Ia, I, II, III, IV ja V ehk H₁₀₀ vastavalt 33,5 m, 29,5 m, 25,5 m, 21,5 m, 17,5 m ja 13,5 m) ja iga puuliigi (8 enamesinevat puuliiki: harilik mänd, harilik kuusk, arukask, harilik haab, sanglepp, hall-lepp, harilik tamm ja harilik saar) kohta. Algul leiti iga, 480 kombinatsiooni kohta kõrgus ja diameeter 50 aasta vanuses (vastavalt H₅₀ ja D₅₀). Kõrgus ja diameeter 50 aasta vanuses metsas oli mudeli sisenditeks, mille järgi omakorda arvutati ülejäänud tunnused. Tunnuse H₅₀ arvutamiseks kasutati Andres Kiviste (Kiviste 1997, 1999, 2006) loodud Eesti puistute kõrguse diferentsmudelit:

$$\beta H = BH_{1PL} - 493 \cdot \ln(OHOR + 1),$$

$$dH = \frac{\beta H}{50^{bH^2}},$$

$$rH = \sqrt{(H_{100} - dH)^2 + \frac{4 \cdot \beta H \cdot H_{100}}{100^{bH^2}}},$$

$$H_{50} = \frac{H_{100} + dH + rH}{2 + \frac{4 \cdot \beta H \cdot 50^{-bH^2}}{H_{100} - dH + rH}},$$

- kus H_{50} – kõrgus 50 aasta vanuses, m;
 H_{100} – kõrgus 100 aasta vanuses, m;
 $\beta H, dH, rH$ – abisuurused;
 $BH_{1PL}, bH2$ – puuliigist sõltuvad konstandid;
 $OHOR$ – metsakasvukohatüübist sõltuv kõduhorisondi түsedus, cm.

Tunnuse D_{50} arvutamiseks kasutati Andres Kiviste (1997) loodud empiirilist valemit:

$$D_{50} = D_{50PL} + 0,712 \cdot H_{50} - 0,235 \cdot \ln(OHOR + 1),$$

- kus D_{50} – diameeter 50 aasta vanuses, cm;
 D_{50PL} – puuliigist sõltuv konstant;
 H_{50} – kõrgus 50 aasta vanuses, m;
 $OHOR$ – kasvukohatüübist sõltuv kõduhorisondi түsedus, cm.

Järgnevalt arvutati tunnuste H_{50} ja D_{50} järgi nn algandmed. Algandmeteks leiti metsade seis, kus metsa keskmine diameeter oli veidi alla 8 cm (järgmisel aastal ületas 8 cm piiri). Selleks kasutati Andres Kiviste (1997, 1999, 2006) loodud eesti puistute diameetri diferentsmudelit:

$$\beta D = BD_{1PL} - 306 \cdot \ln(OHOR + 1),$$

$$dD = \frac{\beta D}{50^{bD^2}},$$

$$rD = \sqrt{(D_{50} - dD)^2 + \frac{4 \cdot \beta D \cdot D_{50}}{50^{bD^2}}},$$

,

- kus D_A – puistu keskmine diameeter vanuses A, cm;
 D_{50} – puistu keskmine diameeter 50 aasta vanuses, cm;
 $\beta D, dD, rD$ – abisuurused;
 A – puistu vanus, a;
 $BD_{1PL}, bD2$ – puuliigist sõltuvad konstandid;

Iga 480 andmekombinatsiooni korral teostati ülaltoodud mudeliga tsükkel alates vanusest 49 a allapoole. Algandmetena salvestati vanus ja puistu keskmine diameeter, kui puistu keskmine diameeter muutus väiksemaks, kui 8 cm. Teades nüüd alpuistute tunnuseid H_{50} ning vanus (A), arvutati ka puistu keskmine kõrgus vanuses A . Selleks kasutati Andres Kiviste (1997, 2006) loodud eesti puistute keskmise kõrguse arvutamise valemit, kui on teda suurus H_{50} :

$$H = \frac{H_{50} + \frac{\beta H}{50^{bH^2}}}{1 + \frac{\beta H}{H_{50}} \cdot A^{-bH^2}},$$

kus H – puistu keskmine kõrgus vanuses A , m;

H_{50} – puistu keskmine kõrgus 50 aasta vanuses, m;

A – puistu vanus, a;

βH – abisuurus, leitud eespool kirjeldatud valemiga;

bH^2 – puuliigist sõltuv konstant.

Kui noorele metsale on nüüd leitud suurused H_{50} , D_{50} , keskmine diameeter D ning keskmine kõrgus H , jääb veel arvutada puistu hektaritagavara M (tm/ha), ristlõikepindalade summa hektari kohta G (m²/ha) ning puude arv hektaril N (tk/ha). Puistu tagavara arvutamiseks kasutati standardtabeli valemit (Metsa korraldamise juhend 1999), kusjuures puistu täiuseks võeti 0,8, mis vastab Eesti noorendike keskmisele täiusele:

$$M = 0,8 \cdot (a_1 + a_2 \cdot H + a_3 \cdot H^2),$$

kus M – puistu tagavara, tm/ha;

H – puistu keskmine kõrgus, m;

a_1, a_2, a_3 – puuliigist sõltuvad konstandid (lisa 2).

Puistu ristlõikepindala arvutati tagavara kaudu:

$$G = \frac{M}{H \cdot F},$$

kus G – puistu ristlõikepindala, m²/ha;

M – puistu tagavara (eelmine valem), tm/ha;

H – puistu keskmine kõrgus, m;

F – puistu vormiarv (järgmine valem).

Puistu vormiarvu arvutamiseks kasutati metsa korraldamise juhendis (1999) toodud vormiarvu valemit:

$$F = b_1 + \frac{b_2}{H} + b_3 \cdot \sqrt{H} + b_4 \cdot \ln(H),$$

kus F – puistu vormiarv;

H – puistu keskmine kõrgus, m;

b_1, b_2, b_3, b_4 – puuliigist sõltuvad konstandid (lisa 2).

Puude arv hektarile leiti puistu ristlõikepindala ja keskmise diameetri kaudu:

$$N = \frac{40000 \cdot G}{\pi \cdot D^2},$$

kus N – puude arv hektaril;

G – puistu ristlõikepindala, m²/ha;

D – puistu keskmine diameeter.

Eelnevalt leitud algandmete alusel hakati simuleerima metsade kasvamist. Esmalt arvutati tagavara juurdekasv, milleks kasutati Metsa korraldamise juhendi (2009) lisa 12 esitatud mudelit

Kõrguse juurdekasvu arvutamisel kasutati Andres Kiviste (Kiviste 1997; 1999; 2006) loodud keskmise kõrguse arvutamise diferentsmudeleid:

$$rH = \sqrt{(H - dH)^2 + \frac{4 \cdot \beta H \cdot H}{A^{bH^2}}},$$

$$H_{uus} = \frac{H + dH + rH}{2 + \frac{4 \cdot \beta H \cdot (A + 1)^{-bH^2}}{H - dH + rH}},$$

kus H_{uus} – kasvatatud keskmine kõrgus, m;

H – keskmine kõrgus, m;

dH – abisuurus (eespool kirjeldatud valem);

βH – abisuurus (eespool kirjeldatud valem);

rH – abisuurused;

bH^2 – puuliigist sõltuvad konstandid;

A – puistu vanus, a.

Järgnevalt vähendatakse puude arvu loodusliku väljalangemise tõttu 0,3 % võrra (Kaitstavat loodusobjekti ... 2004). Seejärel arvutati puistu ristlõikepindala kasutades Metsa korraldamise juhendi lisades esitatud tagavara ja täiuse arvutamise valemeid ning uut kasvatatud puistu tagavara.

Kui ristlõikepindala G ja uus puude arv N on arvutaud, leiti ka puistu uus diameeter D alljärgneva valemiga:

$$D = \sqrt{\frac{40000 \cdot G}{\pi \cdot N}}$$

Andmete kasvatamise käigus liideti vanusele 1. Andmeid kasvatati mudelite abil ühe aasta kaupa lageraie eani.

Metsa andmete kasvatamise käigus kontrolliti iga aasta puhul, kas mets on saavutanud tiheduse, mille puhul harvendusraiete normatiivide järgi peaks planeerima harvendusraie. Selle jaoks kasutati Henn Korjuse (1999) mudeleid:

$$L_{re} = c_1 + c_2 \cdot D + c_3 \cdot H_{100},$$

$$L_{rj} = c_4 + c_5 \cdot D + c_6 \cdot H_{100},$$

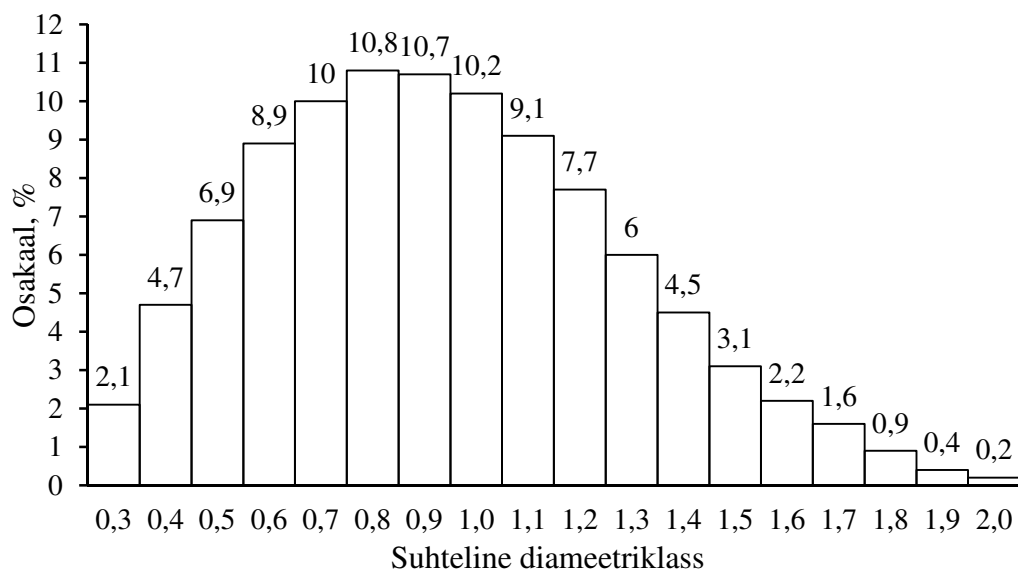
kus L_{re} – puistu hõreduse norm enne harvendusraiet, cm;

L_{rj} – puistu hõreduse norm peale harvendusraiet, cm.

Kuna tegelikus elus on väga raske organiseerida töid ja kavandada harvendusraieid just õigel ajal, siis antud arvutustes sai raieelset hõreduse normi vähendatud 5 % võrra (suurus L_{re} korrutati 0,95-ga).

Arvutati sortimentide kogused, kui puistus oli määratud harvendusraie või mets sai küpseks. Sortimenteerimisel on kasutatud mitmeid mudeleid, mille kasutamine on toodud alljärgnevalt:

- 1) jaotati puud diameetriklassidesse, joonisel 3.9 kujutatud diameetrijaoitusega (Padari, 1999), kus suhteline diameetriklass on arvutatud diameetriklassi ja puistu keskmiste diameetrite suhtena (d/D);



Joonis 3.9. Diameetrite jaotamine suhtelistesse diameetriklassidesse

- 2) leiti igale diameetriklassile kõrgus, milleks kasutati kõrguskõverat. Kõvera valemikuju saadi Prodan'i (1965) kirjutisest ja mida on analüüsitud Allar Padari (1993) diplomitöös, kuid neis kirjutistes oli parameetri b väärtuseks 1 ($b=1$):

$$h = H \cdot \left(\frac{d \cdot (D + b)}{D \cdot (d + b)} \right)^c,$$

kus h – puu kõrgus, m;

H – puistu keskmine kõrgus, m;

D – puistu keskmine diameeter, cm;

d – puu diameeter, cm;

b, c – valemi parameetrid (lisa 3).

Valemile vajalikud parameetrid b ja c arvutati Artur Nilsoni ja Allar Padari (1999, 2004) koostöös ja on toodud lisa 3.

- 3) leiti diameetrite ja kõrguste järgi sortimentide väljatulekud. Sortimenteerimisel kasutati läti teadlase Ozolinš-i (2002; Нормативы...) poolt koostatud tüvemoodustaja valemit, mis on kasutusel Eestis kasvava metsa mahtude arvutamisel:

$$d_l = d \cdot \frac{\left(1 + \left(\frac{l}{h}\right)^2 - 0.01\right) \cdot (p \cdot (h - h_0) + q \cdot (d - d_0)) \cdot \left(a_0 + \left(a_1 + \left(a_2 + \left(a_3 + \left(a_4 + \left(a_5 + a_6 \cdot \frac{l}{h}\right) \cdot \frac{l}{h}\right) \cdot \frac{l}{h}\right) \cdot \frac{l}{h}\right) \cdot \frac{l}{h}\right) \cdot \frac{l}{h}\right)}{\left(1 + \left(\frac{l_3}{h}\right)^2 - 0.01\right) \cdot (p \cdot (h - h_0) + q \cdot (d - d_0)) \cdot \left(a_0 + \left(a_1 + \left(a_2 + \left(a_3 + \left(a_4 + \left(a_5 + a_6 \cdot \frac{l_3}{h}\right) \cdot \frac{l_3}{h}\right) \cdot \frac{l_3}{h}\right) \cdot \frac{l_3}{h}\right) \cdot \frac{l_3}{h}\right) \cdot \frac{l_3}{h}\right)},$$

kus d_l – tüve diameeter kõrgusel l , cm;

d – puu rinnasdiameeter, cm;

l – soovitatav kõrgus tüvel, m (kõrgus, kuhu arvutatakse diameeter);

h – tüve (puu) kõrgus, m;

$a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, h_0, d_0, p, q$ – valemi parameetrid.

Sortimentide pikkuseks valiti palkide puhul 3,1 m ning paberi- ja küttepuude puhul 3 m. Sortimentidesse jagamine toimus noti peenema otsa diameetri järgi, mis leiti ülaltoodud tüvemoodustaja valemi abil. Kuna ülaltoodud tüvemoodustaja annab diameetreid koos koorega, siis oli vaja maha lahutada koore paksus. Koore paksuse arvutamiseks kasutati koore mahu valemit:

$$koor = \frac{a_1 \cdot \left(\frac{d + a_2}{d + a_2 + 1}\right)^{a_3}}{100},$$

kus $koor$ – koore osakaal puu tüvest;

d – puu diameeter, cm;

a_1, a_2, a_3 – valemi parameetrid (lisa 4).

Ülaltoodud tüvemoodustajaga leitud diameetreid vähendati koore arvelt koore osakaalu kasutades järgmiselt:

$$d_{k-ta} = \frac{d_{k-ga}}{\sqrt{1 + koor}},$$

kus d_{k-ta} – tüve kooreta diameeter suvalisel kõrgusel, cm;

d_{k-ga} – tüve koorega diameeter suvalisel kõrgusel, cm;

$koor$ – tüve koore osakaal, mis arvutati eelmise valemiga.

Peenema otsa minimaalse kooreta diameetri järgi jagati saadud sortimendid kas palkide, peenepalkide, paberipuude või küttepuude mahu hulka. Sortimentide mahud arvutati ülaltoodud tüvemoodustaja pöördekha valemi abil (Ozolinš, 2002; Нормативы...):

$$v = \frac{\pi}{40000} \cdot \int_{l=h_1}^{h_2} (d_l)^2 dl,$$

kus v – tüvemaht tm;

l – kaugus juurekaelast, m;

h_1 – tüveosa (sortimendi) alguse kaugus juurekaelast m;

h_2 – tüveosa (sortimendi) lõpu kaugus juurekaelast m;

d_l – puu diameeter kõrgusel l (tüvemoodustaja valem).

Toodud pöördkeha ehk integraali valem on matemaatiliselt lahti kirjutatud kasutatud magistri-töös (Padari, 2004).

leitud sortimentide koguseid korrigeeriti kahjustuste ja rikete arvelt. Selleks leiti kahjustatud ja rikunud puude protsent, mille suurus sõltus puuliigist ja vanusest:

$$K = \left(\frac{A}{A+1} \right)^{\left(\left(\frac{b}{A} \right)^c \right)},$$

kus K – kahjustatud puude osakaal;

A – puistu vanus, aasta;

b, c – valemi parameetrid (lisa 5).

Kahjustatud puude tarbepuude sortimentidest 50% muudeti küttepuiduks. Ülejäänud 50% muu- deti palkide fraktsioonist paberipuudeks mändide, tammede ja saarte puhul 50%, kuuskede puhul 75%, ülejäänud puuliikide puhul 100%. Tammede, saarte ja leppade puhul ei ole paberipuu frakt- siooni, seega nende puhul muudeti kõik paberipuud küttepuiduks.

Peale selle arvestati sortimentide määramisel ka kõverust, mis mändide, kuuskede, tammede ja saarte puhul oli 5%, haabade puhul 10%, kaskede ja sangleppade puhul 25% ning halli lepa puhul 50%. Kõveruse osakaalu võrra vähendati palkide osakaalu ja suurendati okaspuude, kase ja haava puhul paberipuidu ning teiste puuliikide puhul küttepuidu osakaalu.

Leitud sortimentidest palkide, peenpalkide ja paberipuude mahud arvutati kooreta järgmise vale- miga:

$$v_{k-ta} = \frac{v_{k-ga}}{1 + koor},$$

kus v_{k-ta} – tüveosa (sortimendi) kooreta maht, cm;

v_{k-ga} – tüveosa (sortimendi) koorega maht, cm;

$koor$ – tüve koore osakaal.

Küttepuude mahud jäeti koos koorega.

Järgnevalt liideti kokku eespool kirjeldatud arvutusmeetoditega leitud harvendus- ja lageraiete sortimentide väljatulekud. Saadud suurused jagati läbi raieringi pikkusega ning tulemuseks oli erinevate boniteetide, kasvukohatüüpide ja puuliikide kohta sortimentide keskmised väljatulekud hektari kohta aastas.

Järgmisena leiti metsaregistri andmete järgi iga kasvukohatüübi, boniteedi ja enamuspuuliigi kohta keskmine liigiline koosseis ning esinemise sagedus. Sellega saadi igale boniteediklassile keskmised aastased toodangud sortimentidena puuliikide kaupa.

Teades nüüd metsade toodangut hektari kohta igas boniteediklassis ja kasvukohatüübis on võimalik suvalisele metsaosale arvutada keskmised aastased toodangud. Arvutamiseks on vaja ette anda vaid boniteediklass, kasvukohatüüp ning pindala.

Korrutades saadud sortimentide kogused läbi sortimentide puidu vahelao ühikuhindadega, saadi vastava ala keskmine sissetulek aastas. Samuti arvutati keskmiste raie- ja kokkuveokulude järgi raiekulud ning metsauuenduskulud. Raiekulude arvutamiseks kasutatid järgmist valemit:

$$Kulu = \left(7,67 + \frac{1}{v + 0,1} + 0,0038 \cdot 400 \right) * K ,$$

kus $Kulu$ – raiekulu, €/m³;

v – keskmine tüvemaht (kui $v < 0,05$, siis 0,05 ja kui $v > 0,45$, siis 0,45), m³;

K – koefitsient: harvendusraie puhul 1,25, lageraie puhul 1,1.

Kõikide raiete tulude ja kulude summa jagatakse raieringi pikkusega, ning saadud tulemus esitatakse aasta kohta, ehk siis tulemuseks on keskmiselt aastas saadav kasum igale boniteediklassi ja kasvukohatüübi kombinatsioonile.

4. Era- ja riigisektorile majandusliku kahju hindamine linnade lõikes

4.1. Haapsalu

Tabel 4.1 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendusel männi-laguussi vastu 3 km ja 1 km saastunud vöönd Haapsalu linna näitel. Tabelisse saadud numbrid hõlmavad vaid metsaregistris olevaid metsamaid, põõsastikke ja soid. Arvutustest selgus, et nii lage- kui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga va lageraie ja lehtpuu enamusliigi puhul. Kahju oleks veelgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need lehtpuu metsa valikraiel majandamisel märkimisväärselt hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks lehtpuu metsa valikraiena majandamisel majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.1)

Tabel 4.1. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendusel männi-laguussi kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Haapsalu näitel

Näitajad	3 km saastunud vöönd			1 km saastunud vöönd		
	lageraie		valikraie	lageraie		valikraie
	enamuspuuliik		enamus-puuliik	enamuspuuliik		enamus-puuliik
	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu
Raiemaht, m3	124 906	235 220	5 525	41 705	115 730	2 001
Raiemaht, ha	714	1 212	903	258	541	257
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	2 722 367	10 681 65	224 943	948 143	5 279 845	81 739
Hakkepuidust saadav tulu, eur	3 078 129	5 875 404	128 481	1 036 329	2 903 573	46 518
Raiemaht, m3/ha	175	194	6	161	214	7
Keskmine raiekulu, eur/m3	12	12	18	12	12	18
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	2 253	2 453	87	2 057	2 681	146
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	1 608 473	2 974 970	79 440	531 373	1 449 481	37 673
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	561 381	953 670 (KU ²) - 1 280 256 (MA ³)	0	100 747	355 266 (KU) - 450 106 (MA)	0

² KU – metsakultuuri rajamise kulude arvestamisel on aluseks võetud kuuse istikute ühikuhind.

³ MA – metsakultuuri rajamise kulude arvestamisel on aluseks võetud männi istikute ühikuhind.

Kulud kokku, eur	2 169 855	3 928 641 (KU) - 4 183 227 (MA)	79 440	632 120	1 804 748 (KU) - 1 899 588 (MA)	37 673
------------------	-----------	------------------------------------	--------	---------	------------------------------------	--------

Tabel 4.2 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendamisel aasia-puidusiku vastu 300 ja 100 meetri saastunud vööndiga Haapsalu linna näitel. Arvutustest selgus, et nii lage- kui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga ja 100 m tsoonis lageraie ja lehtpuu enamusliigi puhul ning okaspuu metsa valikraie puhul. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need 100 m saastunud vööndis okaspuu metsa valikraiel märkimisväärselt hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde raiemahult saamata jääva tulu, oleks 300 m okaspuu metsa lageraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.2)

300 ja 100 m saastunud vööndi lageraie puhul oleksid kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud väiksemad võrreldes hakkepuidust saadava tuluga. Samas kui nendele kuludele juurde arvata raiemahult saamata jääv tulu ning oletatav hakkepuidu teenuse kulu, ületaksid kulud ja kahju saadava tulu. (Tabel 4.2)

Tabel 4.2. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendamisel aasia-puidusiku kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Haapsalu näitel

Näitajad	300 m saastunud vöönd			100 m saastunud vöönd		
	Lageraie		valikraie	lageraie		valikraie
	enamuspuuliik		enamuspuuliik	enamuspuuliik		enamuspuuliik
	lehtpuu	okaspuu	okaspuu	lehtpuu	okaspuu	okaspuu
Raiemaht, m3	17 307	46 306	1 955	13 775	40 322	1 902
Raiemaht, ha	155	191	176	102	168	144
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	506 638	2 428 072	59 917	334 426	2 123 374	47 516
Hakkepuidust saadav tulu, eur	488 219	483 276	55 160	388 601	1 137 490	53 661
Raiemaht, m3/ha	111	89	11	135	240	13
Keskmine raiekulu, eur/m3	13	10	15	13	10	14
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	1 529	983	169	1 800	2 622	197
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	236 418	187 704	29 862	182 775	439 779	28 469
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	10 746	136 624 (KU) - 175 106 (MA)	0	29 211	126 792 (KU) - 160 640 (MA)	0
Kulud kokku, eur	247 164	644 138 (KU) - 682 620 (MA)	29 862	211 987	566 572 (KU) - 600 420 (MA)	28 469

4.2. Jõgeva

Tabel 4.3 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendumisel männi-laguussi vastu 3 km ja 1 km saastunud vööndiga Jõgeva linna näitel. Arvutustest selgus, et nii lageraie kui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need lehtpuu metsa valikraiel märkimisväärselt hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks lehtpuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.3)

Tabel 4.3. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendumisel männi-laguussi kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Jõgeva näitel

Näitajad	3 km saastunud vöönd			1 km saastunud vöönd		
	lageraie		valikraie	lageraie		valikraie
	enamuspuuliik		enamus-puuliik	enamuspuuliik		enamus-puuliik
	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu
Raiemaht, m ³	50 832	77 859	3 824	2 566	3 634	101
Raiemaht, ha	286	412	386	18	17	21
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	1 257 965	3 157 986	141 522	57 124	151 267	4 351
Hakkepuidust saadav tulu, eur	1 246 477	1 920 572	86 413	60 667	91 325	2 477
Raiemaht, m ³ /ha	178	189	10	142	220	4
Keskmine raiekulu, eur/m ³	13	13	19	15	13	20
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	2 432	2 528	188	2 142	2 946	98
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	694 715	1 041 160	72 906	38 748	48 727	2 074
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	224 677	323 876 (KU) - 410 336 (MA)	0	11 269	13 007 (KU) - 16 480 (MA)	0
Kulud kokku, eur	919 393	1 365 036 (KU) - 1 451 496 (MA)	72 906	50 017	61 735 (KU) - 65 207 (MA)	2 074

Tabel 4.4 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendumisel aasia-puidusiku vastu 300 ja 100 meetri saastunud vööndiga Jõgeva linna näitel. Arvutustest selgus, et lageraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga va 300 m tsoonis lehtpuu metsa lageraie puhul. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata

jääva tulu, oleks 300 m okaspuu metsa lageraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.4)

300 ja 100 m saastunud vööndi lageraie puhul oleksid kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud väiksemad võrreldes hakkepuidust saadava tuluga. Samas kui nendele kuludele juurde arvata raiemahult saamata jääv tulu ning oletatav hakkepuidu teenuse kulu, ületaksid kulud ja kahju saadava tulu.

Tabel 4.4. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendumisel aasia-puidusiku kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Jõgeva näitel

Näitajad	300 m saastunud vöönd		100 m saastunud vöönd	
	lageraie		lageraie	
	enamuspuuliik		enamuspuuliik	
	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	okaspuu
Raiemaht, m ³	244	220	92	103
Raiemaht, ha	7	3	1	0
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	5 869	23 243	2 397	5 190
Hakkepuidust saadav tulu, eur	6 879	6 209	2 586	2 919
Raiemaht, m ³ /ha	36	78	89	232
Keskmise raiekulu, eur/m ³	17	15	18	10
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	621	1 138	1 557	2 431
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	4 240	3 201	1 611	1 083
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	13 678	11 440 (KU) - 14 494 (MA)	570	350 (KU) - 444 (MA)
Kulud kokku, eur	17 919	14 641 (KU) - 17 695 (MA)	2 181	1 433 (KU) - 1 527 (MA)

4.3. Kohtla-Järve

Tabel 4.5 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendumisel männi-laguussi vastu 3 km ja 1 km saastunud vööndiga Kohtla-Järve linna näitel. Arvutustest selgus, et nii lage- kui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga ja 3 km saastunud vööndi lageraie ja lehtpuu enamusliigi puhul. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu. Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need märkimisväärselt hakkepuidust saadava tulu. (Tabel 4.5)

Tabel 4.5. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendumisel männi-laguussi kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Kohtla-Järve näitel

Näitajad	3 km saastunud vöönd		1 km saastunud vöönd	
	lageraie	valikraie	lageraie	valikraie

	enamuspuuliik		enamus- puuliik	enamuspuuliik		enamus- puuliik
	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu
Raiemaht, m3	91 087	123 928	3 581	20 971	12 856	822
Raiemaht, ha	521	721	995	145	83	166
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	2 154 555	5 195 869	140 324	521 091	512 727	33 484
Hakkepuidust saadav tulu, eur	2 231 465	3 055 584	81 876	511 826	318 534	19 328
Raiemaht, m3/ha	175	172	3	145	155	5
Keskmine raiekulu, eur/m3	13	13	19	14	13	19
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	2 410	2 284	68	2 070	2 062	96
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	1 254 830	1 647 367	68 578	299 581	170 709	16 005
Metsakultuuri rajamise ku- lud, eur	409 563	567 288 (KU) - 718 728 (MA)	0	56 467	51 592 (KU) - 65 365 (MA)	0
Kulud kokku, eur	1 664 393	2 214 655 (KU) - 2 366 096 (MA)	68 578	356 049	222 302 (KU) - 236 075 (MA)	16 005

Tabel 4.6 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendamisel aasia-puidusiku vastu 300 ja 100 meetri saastunud vööndiga Kohtla-Järve linna näitel. Arvutustest selgus, et nii lage- kui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu madalam võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga va 300 m tsoonis lehtpuu metsa lageraie puhul.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 300 m okaspuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.6)

300 ja 100 m saastunud vööndi lehtpuu metsa lageraie ning puhul oleksid kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud väiksemad võrreldes hakkepuidust saadava tuluga. Samas kui nendele kuludele juurde arvata raiemahult saamata jääv tulu ning oletatav hakkepuidu teenuse kulu, ületaksid kulud ja kahju saadava tulu. (Tabel 4.6)

Tabel 4.6. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendamisel aasia-puidusiku kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Kohtla-Järve näitel

Näitajad	300 m saastunud vöönd			100 m saastu- nud vöönd
	lageraie		valikraie	lageraie
	enamuspuuliik		enamuspuuliik	enamuspuuliik
	lehtpuu	okaspuu	okaspuu	lehtpuu
Raiemaht, m3	5 602	288	1	3 200
Raiemaht, ha	62	3	3	29
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	148 595	26 610	28	70 352
Hakkepuidust saadav tulu, eur	158 033	8 119	41	90 259
Raiemaht, m3/ha	90	99	0	109

Keskmine raiekulu, eur/m ³	15	11	19	15
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	1 355	1 124	8	1 650
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	84 493	6 640	27	48 614
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	11 865	842 (KU) - 1 067 (MA)	0	2 362
Kulud kokku, eur	96 358	7 482 (KU) - 7 707 (MA)	27	50 977

4.4. Kunda

Tabel 4.7 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendusel männi-laguussi vastu 3 km ja 1 km saastunud vööndiga Kunda linna näitel. Arvutustest selgus, et nii lagekui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga va lehtpuu metsa lageraie puhul. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need lehtpuu metsa valikraiel märkimisväärselt hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 3 km saastunud vööndi lehtpuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.7)

Tabel 4.7. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendusel männi-laguussi kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Kunda näitel

Näitajad	3 km saastunud vöönd			1 km saastunud vöönd		
	lageraie		valikraie	lageraie		valikraie
	enamuspuuliik		enamus-puuliik	enamuspuuliik		enamus-puuliik
	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu
Raiemaht, m ³	91 878	224 745	3 461	21 697	38 138	728
Raiemaht, ha	503	1 110	815	142	199	132
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	2 075 181	9 837 672	140 029	505 940	1 614 156	29 081
Hakkepuidust saadav tulu, eur	2 253 614	5 625 819	80 059	536 678	957 803	16 572
Raiemaht, m ³ /ha	183	202	4	153	192	5
Keskmine raiekulu, eur/m ³	12	12	18	12	12	19
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	2 336	2 474	77	1 972	2 418	106
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	1 175 465	2 746 318	63 259	280 342	480 722	14 061

Metsakultuuri rajamise kulud, eur	395 690	873 068 (KU) - 1 106 138 (MA)	0	77 267	151 724 (KU) - 1 92 228 (MA)	0
Kulud kokku, eur	1 571 155	3 619 387 (KU) - 3 852 457 (MA)	63 259	357 609	632 447 (KU) - 672 951 (MA)	14 061

Tabel 4.8 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendamisel aasia-puidusiku vastu 300 ja 100 meetri saastunud võõndiga Kunda linna näitel. Arvutustest selgus, et nii lage- kui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga ja 300 m tsoonis lehtpuu metsa valikraie puhul. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need 300 m saastunud võõndis lehtpuu metsa valikraiel märkimisväärselt hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 300 m lehtpuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.8)

300 ja 100 m saastunud võõndi lageraie puhul oleksid kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud väiksemad võrreldes hakkepuidust saadava tuluga. Samas kui nendele kuludele juurde arvata raiemahult saamata jääv tulu ning oletatav hakkepuidu teenuse kulu, ületaksid kulud ja kahju saadava tulu. (Tabel 4.8)

Tabel 4.8. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendamisel aasia-puidusiku kahjustaja vastu saastunud võõndide lõikes Kunda näitel

Näitajad	300 m saastunud võõnd				100 m saastunud võõnd		
	lageraie		valikraie		lageraie		valikraie
	enamuspuuliik		enamuspuuliik		enamuspuuliik		enamuspuuliik
	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	okaspuu	okaspuu
Raiemaht, m3	5 929	3 473	2,5	158	2 880	1 537	32
Raiemaht, ha	54	29	13	13	21	6,4	2,6
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	187 849	336 539	66	4 759	68 254	67 251	679
Hakkepuidust saadav tulu, eur	167 266	97 972	69	4 448	81 256	43 358	894
Raiemaht, m3/ha	110	119	0,2	12	135	240	12
Keskmine raiekulu, eur/m3	14	10	21	16	14	11	18
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	1 541	1 297	4	198	1 895	2 726	219

Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	83 102	37 783	52	2 662	40 523	17 429	578
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	11 025	8 558 (KU) – 10 842 (MA)	0	0	11 778	5 029 (KU) – 6 372 (MA)	0
Kulud kokku, eur	94 127	46 341 (KU) – 48 626 (MA)	52	2 662	52 301	22 459 (KU) – 23 802 (MA)	578

4.5. Kuressaare

Tabel 4.9 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendumisel männi-laguussi vastu 3 km ja 1 km saastunud vööndiga Kuressaare linna näitel. Arvutustest selgus, et nii lage- kui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga ja lehtpuu metsa lageraie puhul. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need 3 km saastunud vööndi lehtpuu metsa valikraiel märkimisväärselt hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 3 km saastunud vööndi lehtpuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.9)

Tabel 4.9. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendumisel männi-laguussi kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Kuressaare näitel

Näitajad	3 km saastunud vöönd			1 km saastunud vöönd		
	lageraie		valikraie	lageraie		valikraie
	enamuspuuliik		enamuspuuliik	enamuspuuliik		enamuspuuliik
	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu
Raiemaht, m3	58 664	96 213	1 378	11 506	18 207	304
Raiemaht, ha	428	634	690	93	127	54
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	1 223 256	4 014 258	54 322	214 907	722 188	11 868
Hakkepuidust saadav tulu, eur	1 435 941	2 348 487	32 055	275 435	434 688	6 907
Raiemaht, m3/ha	137	152	2	124	143	5
Keskmine raiekulu, eur/m3	13	13	17	13	14	18
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	1 779	2 068	34	1 706	2 011	103
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	762 679	1 311 021	23 968	158 298	255 223	5 601

Metsakultuuri rajamise kulud, eur	337 077	498 647 (KU) - 631 763 (MA)	0	53 425	73 601 (KU) - 93 249 (MA)	0
Kulud kokku, eur	1 099 756	1 809 668 (KU) - 1 942 784 (MA)	23 968	211 724	328 824 (KU) - 348 473 (MA)	5 601

Tabel 4.10 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendamisel aasia-puidusiku vastu 300 ja 100 meetri saastunud vööndiga Kuressaare linna näitel. Arvutustest selgus, et nii lage- kui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga va 300 ja 100 m tsoonis lehtpuu metsa lageraie puhul ning 100 m saastunud vööndis okaspuu metsa valikraie puhul. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need 300 m saastunud vööndis okaspuu metsa valikraiel märkimisväärselt hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 300 m okaspuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.10)

300 m saastunud vööndi lehtpuu metsa lageraie ning 100 m saastunud vööndi lagepeaie puhul oleksid kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud väiksemad võrreldes hakkepuidust saadava tuluga. Samas kui nendele kuludele juurde arvata raiemahult saamata jääv tulu ning oletatav hakkepuidu teenuse kulu, ületaksid kulud ja kahju saadava tulu. (Tabel 4.10)

Tabel 4.10. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendamisel aasia-puidusiku kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Kuressaare näitel

Näitajad	300 m saastunud vöönd			100 m saastunud vöönd		
	lageraie		valikraie	lageraie		valikraie
	enamuspuuliik		enamuspuuliik	enamuspuuliik		enamuspuuliik
	lehtpuu	okaspuu	okaspuu	lehtpuu	okaspuu	okaspuu
Raiemaht, m3	3 404	35	511	1 458	62	430
Raiemaht, ha	35	0,54	65	16	0,44	54
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	72 246	3 521	15 031	30 624	2 884	10 943
Hakkepuidust saadav tulu, eur	96 026	988	14 422	41 129	1 737	12 133
Raiemaht, m3/ha	96	65	7	89	139	8
Keskmine raiekulu, eur/m3	15	12	16	15	12	15
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	1 489	780	126	1 421	1 676	126
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	52 642	423	8 190	23 254	744	6 783

Metsakultuuri rajamise kulud, eur	12 165	9 503 (KU) - 12 040 (MA)	0	8 076	349 (KU) - 442 (MA)	0
Kulud kokku, eur	64 808	9 926 (KU) - 12 463 (MA)	8 190	31 330	1 093 (KU) - 1 186 (MA)	6 783

4.6. Kärkla

Tabel 4.11 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendusel männi-laguussi vastu 3 km ja 1 km saastunud vööndiga Kärkla linna näitel. Arvutustest selgus, et nii lagekui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga va 1 km saastunud vööndis lehtpuu metsa lageraie puhul. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Tabel 4.11. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendusel männi-laguussi kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Kärkla näitel

Näitajad	3 km saastunud vöönd			1 km saastunud vöönd		
	lageraie		valikraie	lageraie		valikraie
	enamuspuuliik		enamuspuuliik	enamuspuuliik		enamuspuuliik
	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu
Raiemaht, m3	76 368	265 871	5 116	8 650	86 505	458
Raiemaht, ha	497	1 605	649	60	446	66
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	1 885 463	10 543 290	184 006	205 702	3 691 941	14 825
Hakkepuidust saadav tulu, eur	1 854 742	6 440 553	112 557	209 391	2 138 725	9 006
Raiemaht, m3/ha	154	166	7	144	194	6
Keskmine raiekulu, eur/m3	13	13	18	13	12	19
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	2 062	2 204	145	1 963	2 469	133
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	1 025 127	3 537 910	94 765	117 619	1 102 582	8 863
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	391 058	1 262 320 (KU) - 1 599 303 (MA)	0	21 569	246 142 (KU) - 311 850 (MA)	0
Kulud kokku, eur	1 416 186	4 800 231 (KU) - 5 137 213 (MA)	94 765	139 188	1 348 724 (KU) - 1 414 432 (MA)	8 863

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need lehtpuu metsa valikraiel märkimisväärselt hakkepuidust saadava

tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 3 km saastunud vööndi lehtpuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.11)

Tab 4.12 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendumisel aasia-puidusiku vastu 300 ja 100 meetri saastunud vööndiga Kärkla linna näitel. Arvutustest selgus, et nii lage- kui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga ja okaspuu metsa valikraie puhul ning 100 m saastunud vööndis lehtpuu metsa valikraie puhul. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need 100 m saastunud vööndis okaspuu metsa valikraiel märkimisväärselt hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde raiemahult saamata jääva tulu, oleks 300 m okaspuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.12)

300 ja 100 m saastunud vööndi okaspuu metsa lageraie ning 100 m saastunud vööndi lehtpuu metsa lageraie puhul oleksid kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud väiksemad võrreldes hakkepuidust saadava tuluga. Samas kui nendele kuludele juurde arvata raiemahult saamata jääv tulu ning oletatav hakkepuidu teenuse kulu, ületaksid kulud ja kahju saadava tulu. (Tabel 4.12)

Tab 4.12. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendumisel aasia-puidusiku kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Kärkla näitel

Näitajad	300 m saastunud vöönd			100 m saastunud vöönd		
	lageraie		valikraie	lageraie		valikraie
	enamuspuuliik		enamus-puuliik	enamuspuuliik		enamus-puuliik
	lehtpuu	okaspuu	okaspuu	lehtpuu	okaspuu	okaspuu
Raiemaht, m ³	614	5 962	453	286	2 255	144
Raiemaht, ha	10	63	53	4	12	13
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	18 201	584 747	11 282	6 286	114 831	3 169
Hakkepuidust saadav tulu, eur	17 326	168 186	12 787	8 064	63 621	4 069
Raiemaht, m ³ /ha	64	95	8	66	192	10
Keskmine raiekulu, eur/m ³	15	12	14	16	12	14
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	1 018	1 143	125	1 085	2 395	160
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	9 804	72 080	6 627	4 710	28 197	2 126

Metsakultuuri rajamise kulud, eur	12 557	9 510 (KU) - 12 049 (MA)	0	2 866	8 025 (KU) - 10 168 (MA)	0
Kulud kokku, eur	22 362	81 591 (KU) - 84 130 (MA)	6 627	7 576	36 223 (KU) - 38 365 (MA)	2 126

4.7. Paide

Tabel 4.13 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendumisel männi-laguussi vastu 3 km ja 1 km saastunud vööndiga Paide linna näitel. Arvutustest selgus, et nii lageraie kui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga va 1 km saastunud vööndis lehtpuu metsa lageraie puhul. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need lehtpuu metsa valikraiel hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 3 km saastunud vööndi lehtpuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.13)

Tabel 4.13. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendumisel männi-laguussi kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Paide näitel

Näitajad	3 km saastunud vöönd			1 km saastunud vöönd		
	lageraie		valikraie	lageraie		valikraie
	enamuspuuliik		enamus-puuliik	enamuspuuliik		enamus-puuliik
	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu
Raiemaht, m3	93 253	209 814	9 201	32 275	56 871	4 432
Raiemaht, ha	539	1 281	1 231	215	338	328
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	2 321 576	8 444 350	332 787	758 954	2 342 679	163 433
Hakkepuidust saadav tulu, eur	2 284 694	5 139 237	207 718	792 503	1 407 057	101 728
Raiemaht, m3/ha	173	164	7	150	168	13
Keskmine raiekulu, eur/m3	13	13	18	13	13	18
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	2 339	2 208	138	2 030	2 274	252
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	1 261 730	2 829 488	170 964	435 569	769 136	82 837

Metsakultuuri rajamise kulud, eur	424 272	1 007 701 (KU) - 1 276 712 (MA)	0	85 427	233 247 (KU) - 295 513 (MA)	0
Kulud kokku, eur	1 686 003	3 837 190 (KU) - 4 106 200 (MA)	170 964	520 997	1 002 383 (KU) - 1 064 650 (MA)	82 837

Tabel 4.14 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendamisel aasia-puidusiku vastu 300 ja 100 meetri saastunud vööndiga Paide linna näitel. Arvutustest selgus, et nii lage- kui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga va 100 m saastunud vööndis lehtpuu metsa lageraie ja nii leht- kui ka okaspuu metsa valikraie puhul. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need 300 m lehtpuu metsa valikraie ja 100 m saastunud vööndis okas- kui ka lehtpuu metsa valikraiel märkimisväärselt hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleksid nii 300 kui ka 100 m lehtpuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.14)

300 ja 100 m saastunud vööndi lageraie ja 300 m saastunud vööndi okaspuu metsa lageraie puhul oleksid kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud väiksemad võrreldes hakkepuidust saadava tuluga. Samas kui nendele kuludele juurde arvata raiemahult saamata jääv tulu ning oletatav hakkepuidu teenuse kulu, ületaksid kulud ja kahju saadava tulu. (Tabel 4.14)

Tabel 4.14. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendamisel aasia-puidusiku kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Paide näitel

Näitajad	300 m saastunud vöönd				100 m saastunud vöönd			
	lageraie		valikraie		lageraie		valikraie	
	enamuspuuliik		enamuspuuliik		enamuspuuliik		enamuspuuliik	
	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	okaspuu
Raiemaht, m3	15 986	4 291	20	1 266	9 452	3 273	24	743
Raiemaht, ha	192	51	21	73	113	22,45	18	34
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	452 465	365 615	605	45 153	228 786	153 950	601	18 525
Hakkepuidust saadav tulu, eur	450 957	121 046	563	35 720	266 648	92 332	669	20 959
Raiemaht, m3/ha	83	84	1,0	17	83	146	1	22
Keskmine raie-kulu, eur/m3	14	12	22	15	14	12	22	15

Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	1 205	1 047	21	267	1 219	1 780	29	342
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	231 942	53 535	449	19 478	138 117	39 979	528	11 617
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	11 413	9 814 (KU) - 12 434 (MA)	0	0	52 115	17 663 (KU) - 22 378 (MA)	0	0
Kulud kokku, eur	243 355	63 350,40 (KU) - 65 970 (MA)	449	19 478	190 232	57 643 (KU) - 62 358 (MA)	528	11 617

4.8. Paldiski

Tabel 4.15 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendumisel männi-laguussi vastu 3 km ja 1 km saastunud vööndiga Paide linna näitel. Arvutustest selgus, et nii lagekui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga ja lehtpuu metsa lageraie puhul. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need lehtpuu metsa valikraiel hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 3 kui ka 1 km saastunud vööndi lehtpuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.15)

Tabel 4.15. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendumisel männi-laguussi kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Paldiski näitel

Näitajad	3 km saastunud vöönd			1 km saastunud vöönd		
	lageraie		valikraie	lageraie		valikraie
	enamuspuuliik		enamuspuuliik	enamuspuuliik		enamuspuuliik
	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu
Raiemaht, m3	76 867	66 034	2 299	31 015	18 569	763
Raiemaht, ha	483	351	387	198	113	101
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	1 664 266	2 726 066	94 669	637 352	751 519	32 993
Hakkepuidust saadav tulu, eur	1 882 951	1 634 528	54 798	762 969	458 323	18 627
Raiemaht, m3/ha	159	188	5	156	164	7

Keskmine raiekulu, eur/m ³	13	13	17	13	13	17
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	2 170	2 482	102	2 067	2 132	131
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	1 047 588	871 620	39 610	410 158	241 830	13 342
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	379 759	276 144 (KU) - 349 863 (MA)	0	83 914	83 552 (KU) - 105 856 (MA)	0
Kulud kokku, eur	1 427 348	1 147 765 (KU) - 1 221 483 (MA)	39 610	494 072	325 382 (KU) - 347 686 (MA)	13 342

Tabel 4.16 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendamisel aasia-puidusiku vastu 300 ja 100 meetri saastunud vööndiga Paldiski linna näitel. Arvutustest selgus, et nii lage- kui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga va 300 ja 100 m saastunud vööndis lehtpuu metsa raie ja 100 m saastunud vööndis okaspuu metsa valikraie puhul. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need 300 ja 100 m saastunud vööndis metsa valikraiel märkimisväärselt hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleksid nii 300 kui ka 100 m lehtpuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.16)

Tabel 3.16. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendamisel aasia-puidusiku kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Paldiski näitel

Näitajad	300 m saastunud vöönd				100 m saastunud vöönd			
	lageraie		valikraie		lageraie		valikraie	
	enamuspuuliik		enamuspuuliik		enamuspuuliik		enamuspuuliik	
	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	okaspuu
Raiemaht, m ³	17 691	1 055	70	475	17 105	2 235	73	545
Raiemaht, ha	178	19	25	55	159	18,85	25	47
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	451 796	111 086	1 429	15 347	376 825	108 310	1 429	14 096
Hakkepuidust saadav tulu, eur	499 076	29 772	1 973	13 395	482 530	63 060	2 047	15 387
Raiemaht, m ³ /ha	99	55	2	8	108	119	2	12
Keskmine raiekulu, eur/m ³	14	12	22	14	14	12	22	14

Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	1 402	673	62	127	1 539	1 474	64	171
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	249 906	12 973	1 541	7 071	244 260	27 793	1 599	8 113
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	11 112	9 669 (KU) - 12 251 (MA)	0	0	91 606	14 828 (KU) - 18 787 (MA)	0	0
Kulud kokku, eur	261 018	22 643 (KU) - 25 224 (MA)	1 541	7 071	335 866	42 622 (KU) - 46 580 (MA)	1 599	8 113

300 ja 100 m saastunud vööndis metsa lageraie puhul oleksid kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud väiksemad võrreldes hakkepuidust saadava tuluga. Samas kui nendele kuludele juurde arvata raiemahult saamata jääv tulu ning oletatav hakkepuidu teenuse kulu, ületaksid kulud ja kahju saadava tulu. (Tabel 4.16)

4.9. Põlva

Tabel 4.17 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendusel männi-laguussi vastu 3 km ja 1 km saastunud vööndiga Põlva linna näitel. Arvutustest selgus, et nii lageraie kui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need veelgi enam hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 3 kui ka 1 km saastunud vööndi lehtpuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.17)

Tabel 4.17. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendusel männi-laguussi kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Põlva näitel

Näitajad	3 km saastunud vöönd			1 km saastunud vöönd		
	lageraie		valikraie	lageraie		valikraie
	enamuspuuliik		enamuspuuliik	enamuspuuliik		enamuspuuliik
	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu
Raiemaht, m ³	70 451	337 678	4 834	17 350	49 901	1 048
Raiemaht, ha	287	1 453	625	79	232	63
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	2 148 616	15 162 858	176 938	528 033	2 192 018	43 884

Hakkepuidust saadav tulu, eur	1 769 248	8 416 953	105 701	435 732	1 228 513	24 687
Raiemaht, m3/ha	246	232	7	220	215	17
Keskmine raiekulu, eur/m3	11	12	18	12	12	19
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	2 927	2 844	145	2 682	2 595	317
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	839 419	4 131 308	91 183	211 126	601 288	20 124
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	225 524	1 142 689 (KU) - 1 447 736 (MA)	0	58 959	138 578 (KU) - 175 573 (MA)	0
Kulud kokku, eur	1 064 943	5 273 998 (KU) - 5 579 044 (MA)	91 183	270 085	739 866 (KU) - 776 861 (MA)	20 124

Tabel 4.18 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendamisel aasia-puidusiku vastu 300 ja 100 meetri saastunud vööndiga Põlva linna näitel. Arvutustest selgus, et metsa lage- kui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need 300 ja 100 m saastunud vööndis metsa valikraiel märkimisväärselt hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 300 m lehtpuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.18)

300 ja 100 m saastunud vööndis metsa lageraie puhul oleksid kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud väiksemad võrreldes hakkepuidust saadava tuluga. Samas kui nendele kuludele juurde arvata raiemahult saamata jääv tulu ning oletatav hakkepuidu teenuse kulu, ületaksid kulud ja kahju saadava tulu. (Tabel 4.18)

Tabel 4.18. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendamisel aasia-puidusiku kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Põlva näitel

Näitajad	300 m saastunud vöönd				100 m saastunud vöönd			
	lageraie		valikraie		lageraie		valikraie	
	enamuspuuliik		enamuspuuliik		enamuspuuliik		enamuspuuliik	
	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	okaspuu
Raiemaht, m3	4 641	3 921	2,9	450	4 042	2 992	5,0	333

Raiemaht, ha	45	37	7	26	25	10	2	12
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	206 346	501 353	175	17 820	124 189	154 994	175	9 551
Hakkepuidust saadav tulu, eur	130 912	110 599	82	12 705	114 038	84 403	141	9 397
Raiemaht, m3/ha	104	106	0,4	18	164	288	2	28
Keskmine raiekulu, eur/m3	13	10	22	14	13	10	22	13
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	1 385	1 124	8	249	2 149	3 052	49	384
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	62 070	41 481	66	6 415	53 034	31 767	113	4 557
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	10 521	8 323 (KU) - 10 544 (MA)	0	0	17 505	8 186 (KU) - 10 371 (MA)	0	0
Kulud kokku, eur	72 592	49 804 (KU) - 52 025 (MA)	66	6 415	70 539	39 953 (KU) - 42 139 (MA)	113	4 557

4.10. Pärnu

Tabel 4.19 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendusel männi-laguussi vastu 3 km ja 1 km saastunud vööndiga Pärnu linna näitel. Arvutustest selgus, et nii lagekui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga va 1 km saastunud vööndis lehtpuu metsa lageraie puhul. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need valikraie puhul veelgi enam hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 3 kui ka 1 km saastunud vööndi lehtpuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.19)

Tabel 4.19. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendusel männi-laguussi kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Pärnu näitel

Näitajad	3 km saastunud vöönd			1 km saastunud vöönd		
	lageraie		valikraie	lageraie		valikraie
	enamuspuuliik		enamuspuuliik	enamuspuuliik		enamuspuuliik
	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu

Raiemaht, m3	61 298	270 082	4 094	16 072	158 228	1 069
Raiemaht, ha	307	1 344	1 880	101	735	142
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	1 523 057	12 016 115	167 940	386 106	7 192 660	41 155
Hakkepuidust saadav tulu, eur	1 518 321	6 749 402	94 237	395 320	3 978 199	23 412
Raiemaht, m3/ha	200	201	2	159	215	7
Keskmine raiekulu, eur/m3	12	12	17	13	13	19
Kahjustuste likvideermise kulu, eur/ha	2 585	2 566	38	2 145	2 828	148
Kahjustuste likvideermise kulu kokku, eur	793 889	3 449 236	72 145	217 553	2 078 016	21 102
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	241 568	1 057 079 (KU) - 1 339 271 (MA)	0	52 762	491 166 (KU) - 622 286 (MA)	0
Kulud kokku, eur	1 035 458	4 506 315 (KU) - 4 788 508 (MA)	72 145	270 315	2 569 183 (KU) - 2 700 303 (MA)	21 102

Tabel 4.20 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendamisel aasia-puidusiku vastu 300 ja 100 meetri saastunud vööndiga Pärnu linna näitel. Arvutustest selgus, et metsa lage- kui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga va 300 ja 100 m saastunud vööndis lehtpuu metsa valikraie ja 100 m saastunud vööndis lehtpuu metsa lageraie puhul. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Tabel 4.20. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendamisel aasia-puidusiku kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Pärnu näitel

Näitajad	300 m saastunud vöönd				100 m saastunud vöönd		
	lageraie		valikraie		lageraie		valikraie
	enamuspuuliik		enamuspuuliik		enamuspuuliik		enamuspuuliik
	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	okaspuu	okaspuu
Raiemaht, m3	7 319	19 495	2,4	642	4 190	30 414	286
Raiemaht, ha	73	204	10	116	31	137	47
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	232 342	2 396 854	55	20 558	105 048	1 551 657	7 007
Hakkepuidust saadav tulu, eur	206 463	549 956	66	18 099	118 189	857 985	8 065
Raiemaht, m3/ha	100	96	0,2	5	136	223	6

Keskmine raie- kulu, eur/m ³	13	11	22	16	13	11	16
Kahjustuste lik- videerimise kulu, eur/ha	1 377	1 123	5	93	1 859	2 602	100
Kahjustuste lik- videerimise kulu kokku, eur	100 641	229 187	53	10 781	57 440	355 604	4 756
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	10 817	9 247 (KU)- 11 716 (MA)	0	0	11 216	84 101 (KU) - 106 552 (MA)	0
Kulud kokku, eur	111 458	23 8435 (KU) – 24 0904 (MA)	53	10 781	68 657	439 705 (KU) - 462 156 (MA)	4 756

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need 300 ja 100 m saastunud vööndis metsa valikraiel märkimisväärselt hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 300 m lehtpuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.20)

300 ja 100 m saastunud vööndis metsa lageraie puhul oleksid kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud väiksemad võrreldes hakkepuidust saadava tuluga. Samas kui nendele kuludele juurde arvata raiemahult saamata jääv tulu ning oletatav hakkepuidu teenuse kulu, ületaksid kulud ja kahju saadava tulu. (Tabel 4.20)

4.11. Rakvere

Tabel 4.21 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendumisel männi-laguussi vastu 3 km ja 1 km puhvertsooniga Rakvere linna näitel. Arvutustest selgus, et nii lage- kui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga ja lehtpuu metsa lageraie puhul. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need lehtpuu metsa valikraie puhul veelgi enam hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 3 km saastunud vööndi lehtpuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.21)

Tabel 4.22 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendumisel aasia-puidusiku vastu 300 ja 100 meetri saastunud vööndiga Rakvere linna näitel. Arvutustest selgus, et metsa lage- kui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks

hakkepuidust saadava tuluga va 300 ja 100 m saastunud vööndis lehtpuu metsa lageraie ja 100 m saastunud vööndis okaspuu metsa valikraie puhul. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need 300 ja 100 m saastunud vööndis metsa valikraiel märkimisväärselt hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 100 m okaspuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.22)

Tabel 4.21. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendumisel männi-laguussi kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Rakvere näitel

Näitajad	3 km saastunud vöönd			1 km saastunud vöönd		
	lageraie		valikraie	lageraie		valikraie
	enamuspuuliik		enamus-puuliik	enamuspuuliik		enamus-puuliik
	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu
Raiemaht, m3	35 505	125 727	3 452	8 183	43 330	1 495
Raiemaht, ha	204	588	347	54	162	79
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	871 683	5 360 567	150 276	166 296	1 931 577	69 342
Hakkepuidust saadav tulu, eur	873 349	3 142 318	84 572	200 305	1 094 436	37 553
Raiemaht, m3/ha	174	214	9	153	267	19
Keskmine raiekulu, eur/m3	13	11	16	13	11	17
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	2 275	2 558	168	2 068	3 079	334
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	463 982	1 503 695	58 420	110 764	499 105	26 259
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	160 435	462 352 (KU) - 585 779 (MA)	0	35 207	127 505 (KU) - 161 544 (MA)	0
Kulud kokku, eur	624 418	1 966 048 (KU) - 2 089 475 (MA)	58 420	145 971	626 611 (KU) - 66 0649 (MA)	26 259

Tabel 4.22. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendumisel aasia-puidusiku kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Rakvere näitel

Näitajad	300 m saastunud vöönd		100 m saastunud vöönd	
	lageraie		lageraie	
	enamuspuuliik	enamus-puuliik	enamuspuuliik	enamus-puuliik

	lehtpuu	okaspuu	okaspuu	lehtpuu	okaspuu	okaspuu
Raiemaht, m ³	4 460	3 838	412	4 588	9 081	451
Raiemaht, ha	45	36	62	37	36	59
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	115 607	461 106	12 542	100 713	448 582	10 625
Hakkepuidust saadav tulu, eur	125 827	108 261	11 626	129 441	256 185	12 735
Raiemaht, m ³ /ha	98	105	6	124	256	7
Keskmine raiekulu, eur/m ³	13	11	12	12	10	12
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	1 289	1 234	86	1 608	2 785	98
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	58 418	45 041	5 325	59 509	98 973	5 825
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	10 302	9 232 (KU) - 11 697 (MA)	0	28 182	27 946 (KU) - 35 407 (MA)	0
Kulud kokku, eur	68 721	54 273 (KU) - 56 738 (MA)	5 325	87 692	126 920 (KU) - 134 381 (MA)	5 825

300 ja 100 m saastunud vööndis metsa lageraie puhul oleksid kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud väiksemad võrreldes hakkepuidust saadava tuluga. Samas kui nendele kuludele juurde arvata raiemahult saamata jääv tulu ning oletatav hakkepuidu teenuse kulu, ületaksid kulud ja kahju saadava tulu. (Tabel 4.22)

4.12. Rapla

Tabel 4.23 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendumisel männi-laguussi vastu 3 km ja 1 km saastunud vööndiga Rapla linna näitel. Arvutustest selgus, et nii lageraie kui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need lehtpuu metsa valikraie puhul veelgi enam hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 3 km saastunud vööndi lehtpuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.23)

Tabel 4.23. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendumisel männi-laguussi kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Rapla näitel

Näitajad	3 km saastunud vöönd		1 km saastunud vöönd	
	lageraie	valikraie	lageraie	valikraie

	enamuspuuliik		enamus- puuliik	enamuspuuliik		enamus- puuliik
	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu
Raiemaht, m3	88 366	131 748	9 435	12 709	12 641	850
Raiemaht, ha	529	815	749	75	79	70
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	2 296 413	5 236 355	340 635	332 195	512 435	29 704
Hakkepuidust saadav tulu, eur	2 156 877	3 246 415	208 971	306 592	314 697	18 273
Raiemaht, m3/ha	167	162	12,6	169	159	12
Keskmine raiekulu, eur/m3	13	13	18	14	12	18
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	2 303	2 153	235	2 454	2 034	222
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	1 219 129	1 753 986	176 190	184 550	161 684	15 569
Metsakultuuri rajamise ku- lud, eur	416 408	640 834 (KU) - 811 908 (MA)	0	37 590	46 411 (KU) - 58 801 (MA)	0
Kulud kokku, eur	1 635 538	2 394 820 (KU) - 2 565 894 (MA)	176 190	222 140	208 095 (KU) - 220 485 (MA)	15 569

Tabel 4.24 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendamisel aasia-puidusiku vastu 300 ja 100 meetri saastunud vööndiga Rapla linna näitel. Arvutustest selgus, et metsa lage- kui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga ja 100 m saastunud vööndis lehtpuu metsa valikraie puhul. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need 300 ja 100 m saastunud vööndis metsa valikraiel hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 300 m okaspuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.24)

300 ja 100 m saastunud vööndis metsa lageraie puhul oleksid kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud väiksemad võrreldes hakkepuidust saadava tuluga. Samas kui nendele kuldadele juurde arvata raiemahult saamata jääv tulu ning oletatav hakkepuidu teenuse kulu, ületaksid kulud ja kahju saadava tulu. (Tabel 4.24)

Tabel 4.24. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendamisel aasia-puidusiku kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Rapla näitel

Näitajad	300 m saastunud vöönd		100 m saastunud vöönd	
	lageraie	valikraie	lageraie	valikraie

	enamuspuuliik		enamus- puuliik	enamuspuuliik		enamus- puuliik
	lehtpuu	okaspuu	okaspuu	lehtpuu	okaspuu	okaspuu
Raiemaht, m3	2 058	743	102	1 443	219	79
Raiemaht, ha	21	9	10	10	1	4
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	80 283	71 831	3 238	45 698	10 296	2 078
Hakkepuidust saadav tulu, eur	58 049	20 962	2 879	40 709	6 172	2 239
Raiemaht, m3/ha	99	82	10	140	169	17
Keskmine raiekulu, eur/m3	14	11	14	14	11	14
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	1 409	903	146	2 041	1 922	250
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	29 337	8 195	1 445	20 978	2 491	1 137
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	11 215	8 676 (KU) - 10 992 (MA)	0	6 356	10 19 (KU) - 1 291 (MA)	0
Kulud kokku, eur	40 552	16 871 (KU) - 19 187 (MA)	1 445	27 334	3 510 (KU) - 3 782 (MA)	1 137

4.13. Tallinn

Tabel 4.25 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendusel männi-laguussi vastu 3 km ja 1 km saastunud vööndiga Tallinna linna näitel. Arvutustest selgus, et nii lagekui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga va lehtpuu metsa valikraie puhul. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need lehtpuu metsa valikraie puhul veelgi enam hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 3 km saastunud vööndi lehtpuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.25)

Tabel 4.25. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendusel männi-laguussi kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Tallinna näitel

Näitajad	3 km saastunud vöönd			1 km saastunud vöönd		
	lageraie		valikraie	lageraie		valikraie
	enamuspuuliik		enamus- puuliik	enamuspuuliik		enamus- puuliik
	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu

Raiemaht, m3	94 430	469 265	11 036	50 125	280 838	6 291
Raiemaht, ha	574	2 834	1 172	390	1 666	394
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	2 117 043	19 754 178	455 402	1 135 480	12 080 047	261 080
Hakkepuidust saadav tulu, eur	2 315 684	11 534 739	261 788	1 238 309	6 916 447	149 855
Raiemaht, m3/ha	165	166	9,4	129	169	16
Keskmine raiekulu, eur/m3	13	12	17	13	12	18
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	2 180	2 134	166	1 702	2 186	287
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	1 251 165	6 047 104	195 234	663 089	3 642 522	113 334
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	451 308	2 229 013 (KU) - 2 824 058 (MA)	0	226 293	1 158 460 (KU) - 1 467 717 (MA)	0
Kulud kokku, eur	1 702 473	8 276 117 (KU) - 8 871 163 (MA)	195 234	889 383	4 800 983 (KU) - 5 110 240 (MA)	113 334

Tabel 4.26 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendamisel aasia-puidusiku vastu 300 ja 100 meetri saastunud vööndiga Tallinna linna näitel. Arvutustest selgus, et metsa lage- kui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga ja 300 saastunud vööndis lehtpuu metsa valikraie ja 100 m saastunud vööndis metsa valikraie puhul. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need 300 saastunud vööndis lehtpuu metsa valikraiel ja 100 m saastunud vööndis metsa valikraiel hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 300 m okaspuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.26)

300 ja 100 m saastunud vööndis metsa lageraie puhul oleksid kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud väiksemad võrreldes hakkepuidust saadava tuluga. Samas kui nendele kuludele juurde arvata raiemahult saamata jääv tulu ning oletatav hakkepuidu teenuse kulu, ületaksid kulud ja kahju saadava tulu. (Tabel 4.26)

Tabel 4.26. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendamisel aasia-puidusiku kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Tallinna näitel

Näitajad	300 m saastunud vöönd		100 m saastunud vöönd	
	lageraie	valikraie	lageraie	valikraie
	enamuspuuliik	enamuspuuliik	enamuspuuliik	enamuspuuliik

	lehtpuu	okaspuu	leht- puu	okas- puu	lehtpuu	okaspuu	leht- puu	okas- puu
Raiemaht, m3	38 083	37 660	120	6 170	38 356	83 780	140	6 248
Raiemaht, ha	407	501	130	682	332	468	100	563
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	1 141 267	4 602 793	3 360	190 122	944 262	4 320 287	3 223	157 480
Hakkepuidust saadav tulu, eur	1 074 327	1 062 387	3 391	174 055	1 082 011	2 363 439	3 954	176 266
Raiemaht, m3/ha	94	75	0,9	9	116	179	1	11
Keskmine raie- kulu, eur/m3	13	11	20	15	13	11	20	15
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	1 284	868	18	137	1 557	2 061	27	166
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	523 215	435 166	2 415	93 909	516 723	964 932	2 811	94 054
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	10 807	9 089 (KU) - 11 516 (MA)	0	0	182 936	334 272 (KU) - 423 507 (MA)	0	0
Kulud kokku, eur	534 023	444 256 (KU) - 446 682 (MA)	2 415	93 909	699 659	1 299 205 (KU) - 1 388 440 (MA)	2 811	94 054

4.14. Tartu

Tabel 4.27 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendumisel männi-lagussi vastu 3 km ja 1 km saastunud vööndiga Tartu linna näitel. Arvutustest selgus, et nii lagekui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga va 3 ja 1 km lehtpuu metsa lageraie puhul. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need lehtpuu metsa valikraie puhul veelgi enam hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 3 km saastunud vööndi lehtpuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.27)

Tabel 4.28 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendamisel aasia-puidusiku vastu 300 ja 100 meetri saastunud vööndiga Tartu linna näitel. Arvutustest selgus, et metsa lage- kui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga va 100 m saastunud vööndis lehtpuu metsa lageraie ja lehtpuu- kui ka okaspuu metsa valikraie puhul. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need 300 saastunud vööndis metsa valikraiel ja 100 m saastunud vööndis lehtpuu metsa valikraiel ning leht- ja okaspuu metsa valikraile hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 300 ja 100 m lehtpuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.28)

Tabel 4.27. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendamisel männi-laguussi kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Tartu näitel

Näitajad	3 km saastunud vöönd			1 km saastunud vöönd		
	lageraie		valikraie	lageraie		valikraie
	enamuspuuliik		enamuspuuliik	enamuspuuliik		enamuspuuliik
	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu
Raiemaht, m3	56 244	108 871	2 408	8 272	41 440	450
Raiemaht, ha	262	556	850	50	174	147
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	1 379 465	4 482 858	86 806	197 000	1 881 955	18 442
Hakkepuidust saadav tulu, eur	1 396 776	2 672 926	52 240	202 616	1 045 800	10 509
Raiemaht, m3/ha	214	196	2	164	238	3
Keskmine raiekulu, eur/m3	12	12	18	12	12	19
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	2 765	2 448	52	2 122	2 976	58
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	725 516	1 361 445	45 023	107 094	519 215	8 596
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	206 356	437 439 (KU) - 554 216 (MA)	0	33 342	126 067 (KU) - 159 722 (MA)	0
Kulud kokku, eur	931 873	1 798 884 (KU) - 1 915 661 (MA)	45 023	140 436	645 283 (KU) - 678 937 (MA)	8 596

Tabel 4.28. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendamisel aasia-puidusiku kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Tartu näitel

Näitajad	300 m saastunud vöönd	100 m saastunud vöönd
----------	-----------------------	-----------------------

	lageraie		valikraie		lageraie		valikraie	
	enamuspuuliik		enamuspuuliik		enamuspuuliik		enamuspuuliik	
	leht-puu	okaspuu	leht-puu	okas-puu	leht-puu	okaspuu	leht-puu	okas-puu
Raiemaht, m3	1 640	932	3	219	1 308	492	2	62
Raiemaht, ha	36	11	17	9	31	2	13	2
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	56 495	130 197	106	6 221	29 758	19 811	45	1 575
Hakkepuidust saadav tulu, eur	46 252	26 296	94	6 169	36 910	13 884	59	1 758
Raiemaht, m3/ha	45	82	0,1	23	42	209	0,2	29
Keskmise raiekulu, eur/m3	13	10	20	15	14	10	22	12
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	619	881	3	353	617	2 237	3	353
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	22 338	10 019	68	3 322	19 385	5 266	46	758
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	10 717	8 455 (KU) - 10 712 (MA)	0	0	21 420	1 851 (KU) - 2 346 (MA)	0	0
Kulud kokku, eur	33 056	18 474 (KU) - 20 731 (MA)	68	3 322	40 806	7 118 (KU) - 7 613 (MA)	46	758

300 m saastunud vööndis lageraie ja 100 m saastunud vööndis okaspuu metsa lageraie puhul oleksid kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud väiksemad võrreldes hakkepuidust saadava tuluga. Samas kui nendele kuludele juurde arvata raiemahult saamata jääv tulu ning oletatav hakkepuidu teenuse kulu, ületaksid kulud ja kahju saadava tulu. (Tabel 4.28)

4.15. Valga

Tabel 4.29 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendumisel männi-laguussi vastu 3 km ja 1 km saastunud vööndiga Valga linna näitel. Arvutustest selgus, et nii lageraie kui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need lehtpuu metsa valikraie puhul veelgi enam hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 3 km saastunud vööndi lehtpuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.29)

Tabel 4.29. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendumisel männi-laguussi kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Valga näitel

Näitajad	3 km saastunud vöönd			1 km saastunud vöönd		
	lageraie		valikraie	lageraie		valikraie
	enamuspuuliik		enamus- puuliik	enamuspuuliik		enamus- puuliik
	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu
Raiemaht, m3	52 023	250 537	4 499	21 214	134 606	1 476
Raiemaht, ha	241	1 246	592	139	614	145
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	1 361 446	10 693 897	145 843	542 504	5 872 625	50 451
Hakkepuidust saadav tulu, eur	1 281 746	6 183 258	92 265	524 212	3 350 278	31 442
Raiemaht, m3/ha	216	201	7	153	219	10
Keskmine raiekulu, eur/m3	13	13	19	13	13	20
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	2 869	2 648	149	2 138	2 874	211
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	691 199	3 299 398	88 312	296 719	1 764 433	30 617
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	189 502	980 136 (KU) - 1 241 788 (MA)	0	97 664	423 350 (KU) - 536 366 (MA)	0
Kulud kokku, eur	880 701	4 279 534 (KU) - 4 541 186 (MA)	88 312	394 384	2 187 784 (KU) - 2 300 799 (MA)	30 617

Tabel 4.30 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendumisel aasia-puidusiku vastu 300 ja 100 meetri saastunud vööndiga Valga linna näitel. Arvutustest selgus, et metsa lage- kui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga ja 300 m saastunud vööndis lehtpuu metsa valikraie ja 100 m saastunud vööndis lehtpuu metsa lageraie ja lehtpuu- kui ka okaspuu metsa valikraie puhul. Kahju oleks veelgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need 300 saastunud vööndis lehtpuu metsa valikraiel ja 100 m saastunud vööndis leht- ja okaspuu metsa valikraile hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 300 ja 100 m lehtpuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.30)

Tabel 4.30. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendumisel aasia-puidusiku kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Valga näitel

Näitajad	300 m saastunud vöönd				100 m saastunud vöönd			
	lageraie		valikraie		lageraie		valikraie	
	enamuspuuliik		enamuspuuliik		enamuspuuliik		enamuspuuliik	
	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	okaspuu
Raiemaht, m3	10 986	27 852	2	1 735	12 285	57 926	2	1 608
Raiemaht, ha	121	257	56	151	102	235	47	106
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	402 787	3 240 451	54	50 105	337 015	2 910 554	54	37 941
Hakkepuidust saadav tulu, eur	309 905	785 716	73	48 950	346 559	1 634 096	74	45 358
Raiemaht, m3/ha	91	108	0,05	11	120	246	0,1	15
Keskmine raiekulu, eur/m3	14	11	22	16	14	11	22	15
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	1 297	1 239	1	185	1 693	2 794	1	229
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	156 998	319 176	58	27 976	173 245	656 986	59	24 350
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	11 242	9 014 (KU) - 11 421 (MA)	0	0	76 152	183 250 (KU) - 232 170 (MA)	0	0
Kulud kokku, eur	168 240	328 191 (KU) - 330 597 (MA)	58	27 976	249 397	840 237 (KU) - 889 157 (MA)	59	24 350

300 m saastunud vööndis lageraie ja okaspuu metsa valikraie ning 100 m saastunud vööndis metsa lageraie puhul oleksid kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud väiksemad võrreldes hakkepuidust saadava tuluga. Samas kui nendele kuludele juurde arvata raiemahult saamata jääv tulu ning oletatav hakkepuidu teenuse kulu, ületaksid kulud ja kahju saadava tulu. (Tabel 4.30)

4.16. Viljandi

Tabel 4.31 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendumisel männi-laguussi vastu 3 km ja 1 km saastunud vööndiga Viljandi linna näitel. Arvutustest selgus, et nii lagekui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga va 3 ja 1 km saastunud vööndis lehtpuu metsa lageraiel. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need lehtpuu metsa valikraie puhul veelgi enam hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 3 km saastunud vööndi lehtpuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.31)

Tabel 4.31. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendumisel männi-laguussi kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Viljandi näitel

Näitajad	3 km saastunud vöönd			1 km saastunud vöönd		
	lageraie		valikraie	lageraie		valikraie
	enamuspuuliik		enamus-puuliik	enamuspuuliik		enamus-puuliik
	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu
Raiemaht, m3	89 848	84 029	4 239	12 947	11 786	547
Raiemaht, ha	477	437	656	76	51	75
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	2 047 076	3 358 793	154 535	262 973	493 671	22 833
Hakkepuidust saadav tulu, eur	2 199 471	2 071 350	93 100	315 609	295 140	13 209
Raiemaht, m3/ha	188	192	6	170	233	7
Keskmine raiekulu, eur/m3	13	12	19	13	12	19
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	2 520	2 470	124	2 233	2 885	143
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	1 201 349	1 078 791	81 487	170 569	145 786	10 668
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	374 984	343 536 (KU) - 435 244 (MA)	0	47 803	38 801 (KU) - 49 159 (MA)	0
Kulud kokku, eur	1 576 334	1 422 327 (KU) - 1 514 036 (MA)	81 487	218 372	184 587 (KU) - 194 945 (MA)	10 668

Tabel 4.32 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendumisel aasia-puidusiku vastu 300 ja 100 meetri saastunud vööndiga Viljandi linna näitel. Arvutustest selgus, et metsa lage- kui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga va 300 ja 100 m saastunud vööndis lehtpuu metsa lageraie ja 100 m saastunud vööndis okaspuu metsa valikraie puhul. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need 300 saastunud vööndis okaspuu metsa lage- ja valikraiel ja 100 m

saastunud vööndis okaspuu metsa valikraile hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 300 m okaspuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.32)

300 m saastunud vööndis lehtpuu metsa lageraie ja 100 m saastunud vööndis lehtpuu metsa lageraie puhul oleksid kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud väiksemad võrreldes hakkepuidust saadava tuluga. Samas kui nendele kuludele juurde arvata raiemahult saamata jääv tulu ning oletatav hakkepuidu teenuse kulu, ületaksid kulud ja kahju saadava tulu. (Tabel 4.32)

Tabel 4.32. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendumisel aasia-puidusiku kahjustaja vastu saastunud vööndis lõikes Viljandi näitel

Näitajad	300 m saastunud vöönd			100 m saastunud vöönd	
	lageraie		valikraie	lageraie	valikraie
	enamuspuuliik		enamus-puuliik	enamus-puuliik	enamus-puuliik
	lehtpuu	okaspuu	okaspuu	lehtpuu	okaspuu
Raiemaht, m ³	4 284	175	65	2 841	15
Raiemaht, ha	39	1	2	25	1
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	100 847	13 794	2 445	60 820	403
Hakkepuidust saadav tulu, eur	120 849	4 939	1 822	80 152	410
Raiemaht, m ³ /ha	110	131	23	112	7
Keskmine raiekulu, eur/m ³	14	10	13	14	14
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	1 579	1 396	317	1 601	107
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	61 648	1 867	901	40 735	205
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	11 320	8 390 (KU) - 10 630 (MA)	0	12 416	0
Kulud kokku, eur	72 969	10 257 (KU) - 12 497 (MA)	901	53 152	205

4.17. Võru

Tabel 4.33 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendumisel männi-laguussi vastu 3 km ja 1 km saastunud vööndiga Võru linna näitel. Arvutustest selgus, et nii lagekui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need veelgi enam hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 3 km saastunud vööndi lehtpuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.33)

Tabel 4.34 kajastab majandusliku kahju ja võimalikku kasu tõrjemeetme rakendumisel aasia-puidusiku vastu 300 ja 100 meetri saastunud vööndiga Võru linna näitel. Arvutustest selgus, et metsa lage- kui ka valikraie puhul oleks raiemahult saamata jääv tulu kõrgem võrreldes näiteks hakkepuidust saadava tuluga va 100 m saastunud vööndis lehtpuu metsa lageraie ja 100 m saastunud vööndis lehtpuu metsa lage- ja valikraie puhul. Kahju oleks enamgi suurem, kui lisada hakkepuidu teenuse kulu.

Lisades oletatavale hakkepuidu teenuse kulule juurde kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud, ületaksid need 300 ja 100 m saastunud vööndis valikraiel hakkepuidust saadava tulu. Lisades juurde ka raiemahult saamata jääva tulu, oleks 300 m okaspuu metsa valikraie tegevus majanduslikult kõige kahjumlikum. (Tabel 4.34)

Tabel 4.33. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendumisel männi-laguussi kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Võru näitel

Näitajad	3 km saastunud vöönd			1 km saastunud vöönd		
	lageraie		valikraie	lageraie		valikraie
	enamuspuuliik		enamuspuuliik	enamuspuuliik		enamuspuuliik
	lehtpuu	Okaspuu	lehtpuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu
Raiemaht, m3	86 879	425 187	7 277	15 676	142 433	1 753
Raiemaht, ha	420	1 962	875	120	643	146
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	2 360 845	19 080 556	251 821	403 064	6 578 335	60 043
Hakkepuidust saadav tulu, eur	2 159 234	10 630 768	153 395	387 866	3 586 503	35 953
Raiemaht, m3/ha	207	217	8	130	221	12
Keskmine raiekulu, eur/m3	12	12	19	13	12	20
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	2 671	2 758	160	1 820	2 861	242
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	1 122 782	5 411 108	140 780	218 981	1 841 265	35 463
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	330 589	1 543 007 (KU) - 1 954 921 (MA)	0	82 516	487 932 (KU) - 618 188 (MA)	0

Kulud kokku, eur		6 954 116 (KU) - 1 453 371	7 366 029 (MA)	140 780	301 497	2 329 198 (KU) - 2 459 453 (MA)	35 463
------------------	--	-------------------------------	----------------	---------	---------	------------------------------------	--------

Tabel 4.34. Majanduslik kahju ja kasu tõrjemeetme rakendumisel aasia-puidusiku kahjustaja vastu saastunud vööndite lõikes Võru näitel

Näitajad	300 m saastunud vöönd				100 m saastunud vöönd			
	lageraie		valikraie		lageraie		valikraie	
	enamuspuuliik		enamuspuuliik		enamuspuuliik		enamuspuuliik	
	lehtpuu	Okaspuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	okaspuu	lehtpuu	okaspuu
Raiemaht, m3	3 724	11 287	10	627	1 292	11 646	9	148
Raiemaht, ha	42	122	9	50	10	46	1	9
Raiemahult saamata jääv tulu, eur	126 114	1 602 754	330	23 088	34 002	622 464	248	4 653
Hakkepuidust saadav tulu, eur	105 067	318 401	301	17 696	36 451	328 524	252	4 167
Raiemaht, m3/ha	14	12	20	16	125	253	7	15
Keskmine raiekulu, eur/m3	14	11	19	16	14	11	14	16
Kahjustuste likvideerimise kulu, eur/ha	1 282	1 068	23	202	1 787	2 837	97	239
Kahjustuste likvideerimise kulu kokku, eur	53 351	130 591	208	10 130	1 787	2 837	97	239
Metsakultuuri rajamise kulud, eur	11 268	9 101 (KU) - 11 531 (MA)	0	0	7 127	35 398 (KU) - 44 848 (MA)	0	0
Kulud kokku, eur	64 619	139 693 (KU) - 142 123 (MA)	208	10 130	8 915	38 236 (KU) - 47 685 (MA)	97	239

300 ja 100 m saastunud vööndis lageraie puhul oleksid kahjustuste likvideerimise ja metsakultuuri rajamise kulud väiksemad võrreldes hakkepuidust saadava tuluga. Samas kui nendele kuludele juurde arvata raiemahult saamata jääv tulu ning oletatav hakkepuidu teenuse kulu, ületaksid kulud ja kahju saadava tulu. (Tabel 4.34)

4.18. Kokkuvõtlik kulude analüüs

Kokkuvõtlik kahjude analüüs 3 km saastunud vööndiga alade kohta on esitatud tabelis 4.35. Samad tulemused 1 km saastunud vööndiga alade kohta on toodud tabelis 4.36, 300 m saastunud vööndiga alade kohta tabelis 4.37 ning 100 m saastunud vööndiga alade kohta tabelis 4.38.

Kahjude summad sõltuvad peamiselt sellest, kui palju on alal metsi ning kui palju on alal haljasalaid. Kui piirkonnas on enamik alasid põllumajanduslikud või lagesood või ehitiste alused, siis on kahjusummad väiksemad ja vastupidi.

Metsamaade, kuhu kuuluvad metsad, puittaimestikuga kaetud sood-rabad ja põõsastikud, pindala- ja protsentuaalne jagunemine on toodud lisades 6 kuni 9. Samuti on lisades 6 kuni 9 esitatud muude puittaimestikuga alade esinemised nagu pargid, suured viljapuu-marjaaiad ja taimlad ning muud haljasalad.

Keskmised kahjud männi-laguussi 3 km saastunud vööndi puhul linnade lõikes on:

Haapsalu – 18 850 tuhat €;

Jõgeva – 14 082 tuhat €;

Kohtla-Järve – 14 193 tuhat €;

Kunda – 13 218 tuhat €;

Kuressaare – 17 921 tuhat €;

Kärdla – 15 644 tuhat €;

Paide – 12 154 tuhat €;

Paldiski – 13 187 tuhat €;

Põlva – 13 465 tuhat €;

Pärnu – 20 911 tuhat €;

Rakvere – 16 912 tuhat €;

Rapla – 11 815 tuhat €;

Tallinn – 42 616 tuhat €;

Tartu – 6 671 tuhat €;

Valga – 18 626 tuhat €;

Viljandi – 19 732 tuhat €;

Võru – 13 908 tuhat €.

Sama 1 km saastunud vööndi puhul on kahjud:

Haapsalu – 4 638 tuhat €;

Jõgeva – 3 483 tuhat €;
Kohtla-Järve – 2834 tuhat €;
Kunda – 2 666 tuhat €;
Kuressaare – 3 993 tuhat €;
Kärdla – 2 602 tuhat €;
Paide – 2 772 tuhat €;
Paldiski – 1 587 tuhat €;
Põlva – 4 077 tuhat €;
Pärnu – 3 638 tuhat €;
Rakvere – 4 078 tuhat €;
Rapla – 3 071 tuhat €;
Tallinn – 7 102 tuhat €;
Tartu – 5 236 tuhat €;
Valga – 4 212 tuhat €;
Viljandi – 5 010 tuhat €;
Võru – 2 764 tuhat €.

Keskmesed kahjud linnade lõikes aasia siku 300 m saastunud vööndi puhul on:

Haapsalu – 497 tuhat €;
Jõgeva – 670 tuhat €;
Kohtla-Järve – 391 tuhat €;
Kunda – 250 tuhat €;
Kuressaare – 390 tuhat €;
Kärdla – 303 tuhat €;
Paide – 446 tuhat €;
Paldiski – 152 tuhat €;
Põlva – 690 tuhat €;

Pärnu – 435 tuhat €;
Rakvere – 603 tuhat €;
Rapla – 521 tuhat €;
Tallinn – 746 tuhat €;
Tartu – 639 tuhat €;
Valga – 501 tuhat €;
Viljandi – 665 tuhat €;
Võru – 357 tuhat €.

Sama 100 m saastunud vööndi puhul on kahjud linnade lõikes:

Haapsalu – 57,7 tuhat €;
Jõgeva – 106,1 tuhat €;
Kohtla-Järve – 51,4 tuhat €;
Kunda – 44,4 tuhat €;
Kuressaare – 48,5 tuhat €;
Kärdla – 34,3 tuhat €;
Paide – 62,1 tuhat €;
Paldiski – 17,4 tuhat €;
Põlva – 99,4 tuhat €;
Pärnu – 53,5 tuhat €;
Rakvere – 75,0 tuhat €;
Rapla – 76,7 tuhat €;
Tallinn – 87,4 tuhat €;
Tartu – 77,2 tuhat €;
Valga – 59,3 tuhat €;
Viljandi – 87,8 tuhat €;
Võru – 43,8 tuhat €.

Tabel 4.35. Kahjude arvutamistulemused 3 km raadiusega saastunud vööndi puhul

Linn	Metsamaa				Haljasalad		
	Saamata- jääv tulu metsamaal, €/ha	Osa- kaal, %	Saamata- jääv tulu alal, €/ha	Saamatajääv tulu 3 km raadiusega ringis, €	Osakaal, %	Kahjud alale, €/ha	Kahjud 3 km raa- diusega ringis, €
Haapsalu	5404	54.05	2921	8258959	1.49	3746	10591466
Jõgeva	3821	24.25	927	2620353	1.61	4054	11461877
Kohtla-Järve	2995	34.02	1019	2880598	1.59	4001	11312052
Kunda	4485	49.29	2211	6250550	0.98	2464	6967060
Kuressaare	5320	42.63	2268	6412363	1.62	4070	11508684
Kärdla	5836	71.82	4192	11852373	0.53	1341	3792025
Paide	2432	48.65	1183	3345817	1.24	3115	8808214
Paldiski	5002	60.75	3038	8590963	0.65	1625	4595975
Põlva	1857	45.37	843	2382933	1.56	3919	11081617
Pärnu	2090	44.03	920	2602145	2.57	6475	18308716
Rakvere	1434	20.20	290	819127	2.26	5692	16092596
Rapla	1818	48.62	884	2498966	1.31	3295	9316083
Tallinn	1325	28.47	377	1066269	5.83	14695	41549305
Tartu	1825	17.82	325	919505	0.81	2034	5751973
Valga	2214	46.29	1025	2898074	2.21	5562	15726102
Viljandi	2076	25.50	529	1496728	2.56	6449	18234963
Võru	5698	44.59	2541	7183162	0.94	2379	6725328

Tabel 4.36. Kahjude arvutamistulemused 1 km raadiusega saastunud vööndi puhul

Linn	Metsamaa				Haljasalad		
	Saamatajääv tulu metsa- maal, €/ha	Osa- kaal, %	Saamata- jääv tulu alal, €/ha	Saamatajääv tulu 1 km raadiusega ringis, €	Osakaal, %	Kahjud alale, €/ha	Kahjud 1 km raa- diusega ringis, €
Haapsalu	5412	57.67	3121	980477	4.62	11643	3657654
Jõgeva	3877	7.57	293	92167	4.28	10795	3391272
Kohtla-Järve	2777	23.93	665	208783	3.32	8355	2624835
Kunda	5621	40.26	2263	710981	2.47	6224	1955201
Kuressaare	4497	27.80	1250	392748	3.79	9549	2999964
Kärdla	7457	56.87	4241	1332387	1.60	4041	1269470
Paide	1781	47.94	854	268188	3.16	7970	2503958

Paldiski	4823	56.89	2744	862102	0.92	2306	724554
Põlva	6563	32.70	2146	674235	4.30	10831	3402747
Pärnu	4997	41.65	2081	653838	3.77	9498	2983900
Rakvere	8139	17.03	1386	435526	4.60	11595	3642705
Rapla	5381	31.74	1708	536600	3.20	8067	2534340
Tallinn	4866	25.92	1261	396295	8.47	21345	6705661
Tartu	5854	12.79	749	235321	6.32	15917	5000387
Valga	7039	40.95	2882	905559	4.18	10525	3306668
Viljandi	4667	16.24	758	238046	6.03	15190	4772137
Võru	7626	40.61	3096	972793	2.26	5701	1791121

Tabel 4.37. Kahjude arvutamistulemused 300 m raadiusega saastunud vööndi puhul

Linn	Metsamaa				Haljasalad		
	Saamata-jääv tulu metsamaal, €/ha	Osa-kaal, %	Saamata-jääv tulu alal, €/ha	Saamatajääv tulu 300 m raadiusega ringis, €	Osa-kaal, %	Kahjud alale, €/ha	Kahjud 300 m raadiusega ringis, €
Haapsalu	7151	49.71	3554	100501	5.57	14027	396603
Jõgeva	7714	7.07	545	15415	9.19	23151	654582
Kohtla-Järve	3121	20.36	635	17965	5.23	13177	372571
Kunda	5639	33.92	1913	54080	4.15	10458	295699
Kuressaare	3775	18.14	685	19359	5.21	13119	370918
Kärdla	9030	39.86	3599	101758	2.83	7119	201293
Paide	1312	44.11	579	16367	6.03	15195	429622
Paldiski	4900	56.83	2785	78735	1.03	2585	73081
Põlva	7950	26.24	2086	58974	8.86	22319	631063
Pärnu	6376	30.28	1931	54595	5.34	13469	380824
Rakvere	11180	14.37	1607	45427	7.83	19737	558052
Rapla	7455	24.84	1852	52355	6.58	16570	468493
Tallinn	6233	23.06	1437	40633	9.91	24962	705796
Tartu	4450	9.87	439	12417	8.79	22159	626526
Valga	8591	37.34	3208	90700	5.75	14501	410016
Viljandi	4048	12.95	524	14827	9.12	22980	649741
Võru	10792	29.26	3157	89267	3.75	9453	267284

Tabel 4.38. Kahjude arvutamistulemused 100 m raadiusega saastunud vööndi puhul

Linn	Metsamaa	Haljasalad
------	----------	------------

	Saamata- jääv tulu metsa- maal, €/ha	Osa- kaal, %	Saamata- jääv tulu alal, €/ha	Saamatajääv tulu 100 m raadiusega ringis, €	Osa- kaal, %	Kahjud alale, €/ha	Kahjud 100 m raa- diusega ringis, €
Haapsalu	7553	44.84	3387	10639	5.95	14982	47067
Jõgeva	6368	5.58	355	1116	13.26	33418	104985
Kohtla-Järve	2544	20.68	526	1653	6.28	15836	49749
Kunda	4660	31.45	1466	4604	5.02	12652	39749
Kuressaare	3774	14.79	558	1754	5.90	14874	46729
Kärdla	7072	25.90	1831	5753	3.60	9078	28519
Paide	853	41.14	351	1102	7.71	19418	61004
Paldiski	5076	56.44	2865	9001	1.06	2672	8393
Põlva	6669	21.95	1464	4599	11.98	30191	94847
Pärnu	6533	24.57	1605	5042	6.13	15440	48507
Rakvere	11185	15.05	1683	5288	8.81	22193	69720
Rapla	5941	21.08	1252	3934	9.19	23158	72754
Tallinn	6612	21.52	1423	4469	10.47	26395	82923
Tartu	1536	9.61	148	464	9.69	24422	76725
Valga	8283	35.71	2958	9293	6.32	15922	50020
Viljandi	3066	12.86	394	1238	10.93	27552	86558
Võru	10333	23.84	2463	7738	4.55	11473	36044

Sarnast kahjude (kahjud + saamatajäävad tulud) analüüsi saab teostada ükskõik millise raadiusega tsooni kohta. Selleks teostati regressioonanalüüs järgmise valemikujuga:

$$K = a_1 * r + a_2 * r^2,$$

kus K – kahjud pluss saamatajäävad tulud, 1000 €;

r – tsooni raadius, m;

a_1, a_2 – valemi kordajad (konstandid).

Valemi parameetrid ja kahjude arvutustulemused 500 m raadiusega tsooni kohta on esitatud tabelis 4.39. Linnade kaupa on seosed raadiuse ja kulude vahel esitatud graafikutena lisas 11. Vastavalt linnale on võimalik prognoositav kahju suurus välja arvutada, kui sisestada valemisse raadius ehk nimetatud valemiga saame kahju suuruse arvutada ükskõik, millise raadiuse korral vahemikus 0 kuni 3000 m.

Tabel 4.39. Kahjude ja tsooni raadiuse suhet kirjeldava valemi parameetrid ja prognoositav kahju 500 m tsooni korral

Linn	a_1	a_2	R^2	Kahjud (500 m), 1000 €
Haapsalu	3.3807	0.0009704	0.998	1933
Jõgeva	2.7146	0.0006609	0.999	1523
Kohtla-Järve	1.7239	0.0010034	0.999	1113
Kunda	1.5796	0.0009436	0.999	1026
Kuressaare	2.6440	0.0011122	0.998	1600
Kärdla	1.1641	0.0013510	1.000	920
Paide	1.9732	0.0006937	0.999	1160
Paldiski	0.1648	0.0014104	1.000	435
Põlva	3.5644	0.0003100	0.998	1860
Pärnu	1.7837	0.0017301	1.000	1324
Rakvere	3.0136	0.0008765	0.999	1726
Rapla	2.4420	0.0005001	0.999	1346
Tallinn	3.1639	0.0036830	1.000	2503
Tartu	2.5196	–	0.747	1260
Valga	2.8664	0.0011164	0.998	1712
Viljandi	3.7984	0.0009291	0.998	2131
Võru	1.6499	0.0009965	0.999	1074

5. Kokkuvõtvad järeldused ja kahjustajate tõrjeprogramm

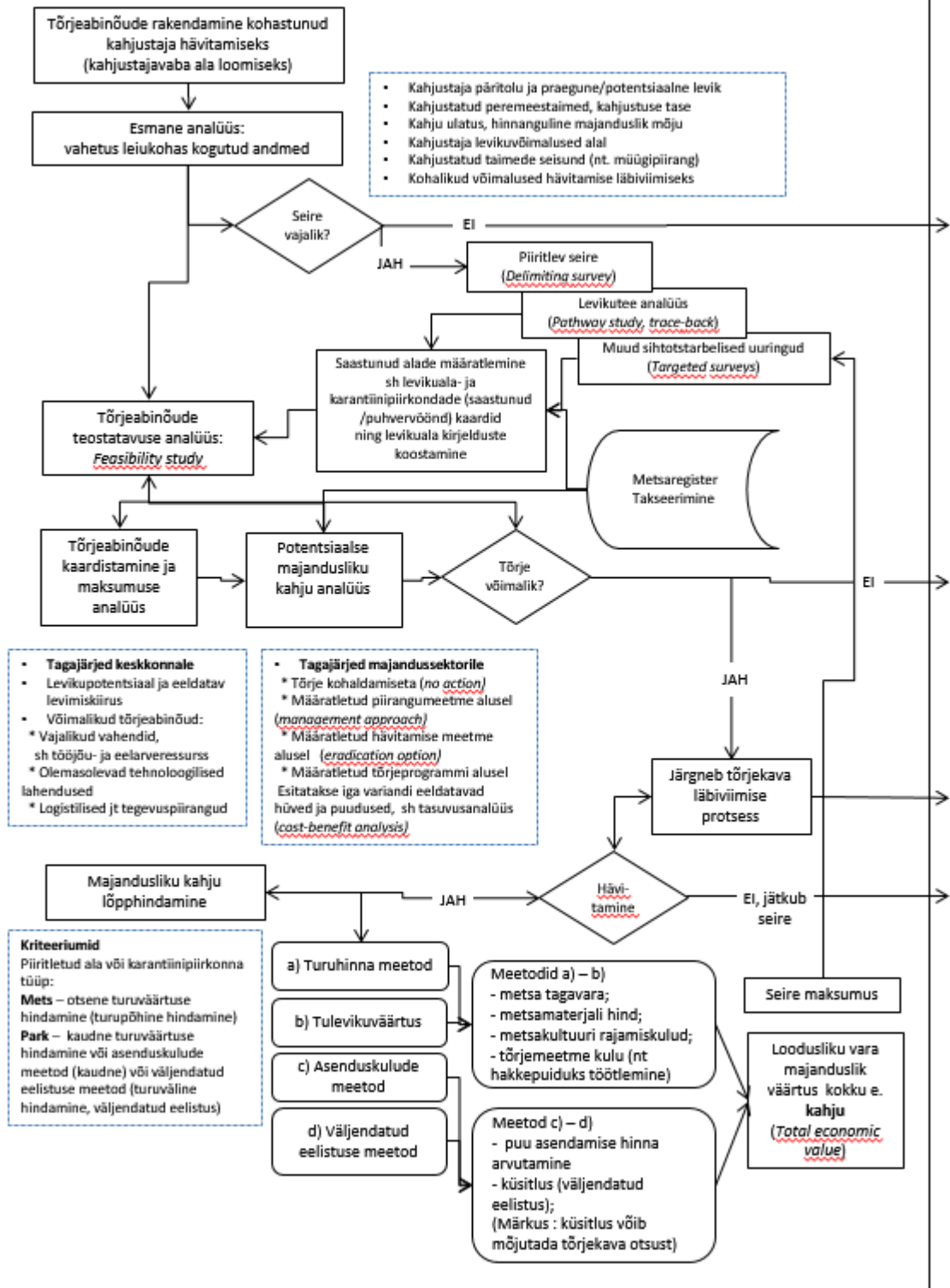
Uuringu põhieesmärk oli kahe suurt majanduslikku ja keskkonnakahju põhjustava kahjustaja – aasia siku (*Anoplophora glabripennis*) ja männi-laguussi (*Bursaphelenchus xylophilus*) näitel hinnata nende taimekahjustajate poolt tekitatavat majanduslikku kahju Eesti majandusele ja looduskeskkonnale. Arvestades kahjustajate bioloogiat, määratleti võimalikud ohualad ning tehti kindlaks piirkonnad, kus kahjustajate esinemine võib kaasa tuua majanduslikult olulise kahju. Samuti koostati uuringu käigus metoodika näidiskahjustajate potentsiaalse majandusliku kahju suuruse ja tõrje-abinõude maksumuse väljaselgitamiseks ning kahjustuste rahalise väärtuse leidmiseks. Töös formuleeriti uuringu aluseks olnud andmebaasid, infoallikad ja registrid, samuti modelleerimise ja arvutuste baasiks olevad analüüsimeetodid ja statistikatarkvarad.

Uuringu tulemusena valmis ka näidiskahjurite võimalike kahjude analüüsimise skeem (joonis 5.1), kus on esitatud kriteeriumid ja sisendid kahjustajate tõrje, seire ja kahjude analüüsi läbiviimiseks. Selleks, et hinnata näidiskahjustajate potentsiaalset majandusliku kahju suurust ja tõrjeabinõu maksumust, on reaalses olukorras vajalik leida sobivaim analüüsi meetod või erinevaid meetodeid kombineerida. Käesoleva analüüsi käigus tehtud arvutused era- ja riigisektorile potentsiaalse kahju hindamiseks on näidiseks otsese kasutusväärtuse kahju hindamise kohta turuhinna meetodil ja samuti tulevikuväärtuse hindamise meetodil. Keskkonnale tekkinud kahju hindamiseks soovitame kasutada mittekasutusväärtuse hindamist liitasenduskulude meetodil (näiteks avalike parkide, linnahaljastuses tekkiv kahju) või sobivat väljendatud eelistuse meetodit (näiteks roheala, eelkõige uusasumite kinnisvara piirkonnas).

Juhime tähelepanu, et piiritlev seire ei ole alternatiiv tõrjeabinõumeele (lage- ja valikraie). Võrreldes lageraiet hüpoteetiliste alternatiivsete tõrjemeetmetega, mida võib rakendada ebasoovitavalt kõrge sotsiaalse- või keskkonnamõju tõttu, leiti, et puude langetamine, eemaldamine ja hävitamine on piiranguna proportsionaalne kolmel põhjusel:

- 1) sobib *B. xylophilus*'e ja *A. glabripennis*'e leviku tõkestamiseks;
- 2) meede on vajalik, ja asjakohaseid, samaväärselt efektiivseid ja usaldusväärseid alternatiive ei eksisteeri;
- 3) meede on mõistlik, sest aitab minimeerida Komisjoni rakendusotsuste 26. septembrist 2012 nr 2012/535/EL ja 9. juunist 2015 nr (EL) 2015/893 rakendamisel tehtavaid kulusi nende õigusaktide jõustamisel, avaliku huvi rahuldamisel ja sisse- ning väljaveole kaasnevate reguleerivate õigusnormide ja rahvusvaheliste fütosanitaarmedetete suhtes.

Kahjustaja tekitatava kahju analüüsimine



Joonis 5.1. Metsakahjustaja tekitatava majandusliku kahju analüüsimise skeem

Majandusnäitajate analüüsil avaldusid järgmised tähelepanekud:

- Lageraie tõrjemeetme rakendusel oli 3 km saastunud vööndisaastunud vööndis kahjustuste likvideerimise kulu kõrgeim Võrus (6,5 mln eurot) ja madalaim Jõgeval (1,7 mln eurot). 1 km saastunud vööndisaastunud vööndis oli kahjustuste likvideerimise kulu kõrgeim Tallinnas (4,3 mln eurot) ja madalaim Jõgeval (89,0 tuhat eurot). 300 m saastunud vööndisaastunud vööndis oli kahjustuste likvideerimise kulu kõrgeim Tallinnas (974,8 tuhat eurot) ja madalaim Jõgeval (7,5 tuhat eurot). 100 m saastunud vööndisaastunud vööndis oli kahjustuste likvideerimise kulu kõrgeim Tallinnas (1,5 mln eurot) ja madalaim Jõgeval (3,2 tuhat eurot).
- Valikraie tõrjemeetme rakendusel oli 3 km saastunud vööndisaastunud vööndis kahjustuste likvideerimise kulu kõrgeim Tallinnas (195,2 tuhat eurot) ning madalaim Kuressaares (23,9 tuhat eurot). 1 km saastunud vööndisaastunud vööndis oli kahjustuste likvideerimise kulu kõrgeim Tallinnas (113,3 tuhat eurot) ja madalaim Jõgeval (2,0 tuhat eurot). 300 m saastunud vööndisaastunud vööndis oli kahjustuste likvideerimise kulu kõrgeim Tallinnas (128,5 tuhat eurot) ja madalaim Kohtla-Järvel (72 eurot). 100 m saastunud vööndisaastunud vööndis oli kahjustuste likvideerimise kulu kõrgeim Tallinnas (130,6 tuhat eurot) ja madalaim Viljandis (488 eurot).
- Uue metsakultuuri rajamise kulud olid mõlema kahjuri korral tsoonide lõikes valikraie tõrjemeetme rakendusel 0 eurot, kuna valikraiel eeldati, et mets uueneb looduslikult. Lageraie tõrjemeetme rakendusel olid 3 km saastunud vööndisaastunud vööndis uue metsakultuuri rajamise kulud kõrgeimad nii leht- kui ka okaspuu liikide puhul Tallinnas ning madalaimad lehtpuu liigiti Rakveres ja okaspuu liikide korral Paldiskis. 1 km saastunud vööndisaastunud vööndis olid uue metsakultuuri rajamise kulud lageraie tõrjemeetme rakendusel kõrgeimad nii leht- kui ka okaspuu liikide korral Tallinnas ning madalaimad Jõgeval. 300 m saastunud vööndisaastunud vööndis olid uue metsakultuuri rajamise kulud lageraie tõrjemeetme rakendusel kõrgeimad nii leht- kui ka okaspuu liikide korral Tallinnas ning madalaimad lehtpuu liikide puhul Jõgeval ja okaspuu liikide korral Kuressaares. 100 m saastunud vööndisaastunud vööndis olid uue metsakultuuri rajamise kulud lageraie tõrjemeetme rakendusel kõrgeimad nii leht- kui ka okaspuu liikide korral Tallinnas ning madalaimad lehtpuu liikide puhul Jõgeval ja okaspuu liikide korral Kuressaares.

Seega võib öelda, et olenemata tõrjemeetmest (kas lageraie või valikraie) või kahjustaja tüübist, olid nii kahjustuste likvideerimise kulud kui ka uue metsakultuuri rajamise kulud valdavalt kõrgemad Tallinna linnas.

- Aasia sikk *Anoplophora glabripennis*. Hiina sikk *Anoplophora chinensis*. Ohtlik taimekahjustaja. Põllumajandusaamet, Saku, 2016. www.pma.agri.ee/index.php?id=104&sub=133&sub2=205&sub3=425 [Vaadatud 10.05.2017].
- Aastaraamat METS 2014. 2016. Keskkonnaagentuur (koost.). Tallinn. 225 lk.
- Arenguklassid ja küpsusvanused. Keskkonnaministri 16. jaanuari 2009. a määruse nr 2. „Metsa korraldamise juhend“. Lisa 3
- Bogich, T.L., Liebhold, A.M., Shea, K. 2008. To sample or eradicate? A cost minimization model for monitoring and managing an invasive species. – *Journal of Applied Ecology*, 45(4), 1134–1142.
- Bomford, M. O'Brien, P. 1995. Eradication or control of vertebrate pests? *Wildlife Society Bulletin* 23(2), 249–255.
- Braasch, H. 2004. Morphology of *Bursaphelenchus xylophilus* compared with other *Bursaphelenchus* species. In: Mota, M. & Vieira, P. (Eds). The pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. Nematology Monographs and Perspectives, Vol. 1. Leiden, The Netherlands, Brill, pp. 127–143.
- Braasch, H., Burgermeister, W., Pastrok, K.H. 1995. Differentiation of three *Bursaphelenchus* species by means of RAPD PCR. – *Nachr Dtsch Pflanzenschutzdienst*, 47, 310–314.
- Braasch, H., Metge, K., Burgermeister, W. 1999. *Bursaphelenchus* species (Nematoda, Parasitaphelenchidae) found in coniferous trees in Germany and their ITS-RFLP patterns. – *Nachr Dtsch Pflanzenschutzdienst*, 51, 312–320.
- Braasch, H., Burgermeister, W., Gu, J. 2009. Revised intra-generic grouping of *Bursaphelenchus* Fuchs, 1937 (Nematoda: Aphelenchoididae). – *Journal of Nematode Morphology and Systematics*, 12, 65–88.
- Burgermeister, W., Braasch, H., Metge, K., Gu, J., Schröder, T., jt. 2009. ITS-RFLP analysis, an efficient tool for identification of *Bursaphelenchus* species. – *Nematology*, 11, 649–668.
- Burgermeister, W., Metge, K., Braasch, H., Buchbach, E. 2005. ITS RFLP patterns for differentiation of 26 *Bursaphelenchus* species (Nematoda: Parasitaphelenchidae) and observations on their distribution. – *Russian Journal of Nematology*, 13, 29–42.
- CABI 2017a. *Anoplophora glabripennis* (Asian longhorned beetle). Datasheet. Invasive Species Compendium. www.cabi.org/isc/datasheet/5557 [Vaadatud 10.03.2017]
- CABI 2017b. *Anoplophora chinensis* (black and white citrus longhorn). Datasheet. Invasive Species Compendium. www.cabi.org/isc/datasheet/5556 [Vaadatud 10.03.2017]

- CABI 2016. *Bursaphelenchus xylophilus* (pine wilt nematode). In: Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. www.cabi.org/isc [Vaadatud 25.12.2017]
- Cao, A.X., Liu, X.Z., Zhu, S.F., Lu, B.S. 2005. Detection of the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, using a real-time polymerase chain reaction assay. – *Phytopathology*, 95, 566–571.
- Charles, J.G., Nef, L., Allego, G., Collins, C.M., Delplanque, A., Gimenez, R., Höglund, S., Jiafu, H., Larsson, S., Lou, Y., Parra, P., Singh, A.P., Volney, W.J.A., Augustin, S. 2014. Insect and other pest of poplars and willows. In: Isebrands, J.G., Richardson, J. (Eds.), *Poplars and Willows: Trees for Society and the Environment*. CABI and FAO, Rome, pp. 459–526. www.fao.org/3/a-i2670e/i2670e09.pdf [Vaadatud 20.08.2017]
- Cao, A.X., Liu, X.Z., Zhu, S.F., Lu, B.S. 2005. Detection of the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, using a real-time polymerase chain reaction assay. – *Phytopathology*, 95, 566–571.
- Chen, F.M., Negi, S., Ye, J.R. 2011. A SCAR molecular marker to distinguish *Bursaphelenchus mucronatus* from the pinewood nematode, *B. xylophilus*. – *Forest Pathology*, 41, 376–381.
- Ciesla, W.M. 2011. *Forest entomology*. Wiley-Blackwell. 399 pp.
- Cross, H. jt 2017. Fungal diversity and seasonal succession in ash leaves infected by the invasive ascomycete *Hymenoscyphus fraxineus*. – *New Phytologist*, 213, 1405–1417.
- Cram, M., Hanson, J. 2004. How to identify and manage pine wilt disease and treat wood products infested by the pinewood nematodes. United States Department Agriculture, Prepared by Forest Service, Northeastern. Area State & Private. Forestry. 7 pp.
- Darby, B.J., Todd, T.C., Herman, M.A. 2013. High-throughput amplicon sequencing of rRNA genes requires a copy number correction to accurately reflect the effects of management practices on soil nematode community structure. – *Molecular Ecology*, 22, 5456–5471.
- Data Sheets on Quarantine Pests: *Anoplophora malasiaca* and *Anoplophora chinensis*. EPPO quarantine pest. Prepared by CABI and EPPO for the EU under Contract 90/399003. www.eppo.int/QUARANTINE/data_sheets/insects/ANOLCN_ds.pdf [Vaadatud 20.08.2017]
- Dwinell, L.D., Nickle, W.R. 1989. An overview of the pine wood nematode Ban in North America. General Technical Report SE-55. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 13 p.
- Energialgud.ee [Vaadatud 25.12.2017]
- EPPO 2017 <https://gd.eppo.int/taxon/BURSMU/distribution> [Vaadatud 25.11.2017]
- EPPO 2015. First report of *Anoplophora glabripennis* in Finland. – EPPO Reporting Service, 10, 184. <https://gd.eppo.int/reporting/article-5131> [Vaadatud 15.09.2017]
- EPPO 2005. Forest pests on the territories of the former USSR. European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO), Paris, France, 234 pp.

- EPPO, CABI, 1997. *Bursaphelenchus xylophilus*. Data Sheets on Quarantine Pests. Quarantine Pests for Europe. 2nd edition. Edited by Smith Imet al. CABI, Wallingford, UK, 1425 pp
- EU 2015. Komisjoni rakendusotsus (EL) 2015/893, 9. juuni 2015, *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) liitu sissetoomise ja seal leviku vastu võetavate meetmete kohta. – Euroopa Liidu Teataja, L 146, 16–28.
- Evans, H., Kulinich, O., Magnusson, C., Robinet, C., Schroeder, T. 2010. Pest Risk Analysis for *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhrer) Nickle. 63 pp. <http://www.eppo.int>. [Vaadatud 25.12.2017]
- Evans, H.F., McNamara, D.G., Braasch, H., Chadoeuf, J., Magnusson, C. 1996. Pest Risk Analysis (PRA) for the territories of the European Union (as PRA area) on *Bursaphelenchus xylophilus* and its vectors in the genus *Monochamus*. – Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 26, 199–249.
- FAO, 1995. ISPM No. 2. Guidelines for pest risk analysis. International Standards for Phytosanitary Measures. Secretariat of the International Plant Protection Convention. 12 pp.
- FAO, 2004. ISPM No. 11. Pest risk analysis for quarantine pests, including analysis of environmental risks and living modified organisms. Secretariat of the International Plant Protection Convention. 26 pp.
- FAO, 2007. ISPM No. 5. Glossary of phytosanitary terms. International Standards for Phytosanitary Measures. Secretariat of the International Plant Protection Convention. 23 pp.
- Filipiak, A. 2011. Morphological and molecular variation of Polish isolates of the nematode *Bursaphelenchus mucronatus*. – Progress in Plant Protection, 51(3), 1109–1113.
- Francois, C., Castagnone, C., Boonham, N., Tomlinson, J., Lawson, R., jt 2007. Satellite DNA as a target for TaqMan real-time PCR detection of the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. – Molecular Plant Pathology, 8, 803–809.
- Furuno, T. 1982. Studies on the insect damage upon the pine-species imported in Japan : (No.7) On the withering of the pines by the pine wilt. – Bulletin of Kyoto University Forests, 54, 16–30.
- van der Gaag, D.-J., Loomans, A.J.M. 2014. Host plants of *Anoplophora glabripennis*, a review. – EPPO Bulletin, 44, 518–528.
- Global invasive species database. 2017. *Anoplophora glabripennis*. www.iucngisd.org/gisd/speciesname/Anoplophora+glabripennis [Vaadatud 20.08.2017].
- Haack, R.A., Hérard, F., Sun, J., Turgeon, J.J. 2010. Managing invasive populatoins of Asian longhorned beetle and citrus longhorned beetle: a worldwide perspective. – Annual Review of Entomology, 55, 521–546.
- Haack, R.A., Bauer, L.S., Gao, R.-T., McCarthy, J.J., Miller, D.L., Petrice, T.R., Poland, T.M. 2006. *Anoplophora glabripennis* within-tree distribution, seasonal development, and host suitability in China and Chicago. – Great Lakes Entomologist, 39, 169–183.

- Hartman, J.R., Pirone, Thomas, P., Sall, M.A. 2000. Pirone's Tree Maintenance. Oxford University Press. 556 pp.
- Herald, F., Maspero, M., Ramualde, N., Jucker, C., Colombo, M., Ciampitti, M., Cavagna, B. 2009. *Anoplophora glabripennis* – Eradication programme in Italy. www.eppo.int/ [Vaadatud 10.03.2017].
- Hiinast toodi Eestisse ohtlik taimekahjustaja aasia sikk. 2015. – Maaleht, 21. aprill 2015.
- Huang, L., Ye, J.R., Wu, X.Q., Xu, X.L., Sheng, J.M., jt 2010. Detection of the pine wood nematode using a real-time PCR assay to target the DNA topoisomerase I gene. – European Journal of Plant Pathology, 127, 89–98.
- Hunt, D.J. 2008. A checklist of the Aphelenchoidea (Nematoda: Tylenchina). – Journal of Nematode Morphology and Systematics, 10, 99–135.
- Hölling, D. 2015. Der Asiatische Laubholzbockkäfer in Europa. www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/invasive/wsl_alb_europa/index_D [Vaadatud 20.08.2017]
- Jiang, L.Q., Zheng, J.W., Waeyenberge, L., Subbotin, S.A., Moens, M. 2005. Duplex PCR based identification of *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhrer, 1934) Nickle, 1970. – Russian Journal of Nematology, 13, 115–121.
- Kahjustatud metsa taastamise ja metsatulekahju ennetamise investeeringutoetuse saamise nõuded, toetuse taotlemise ja taotluse menetlemise täpsem kord. RT I, 11.07.2012, 6.
- Kaitstavat loodusobjekti sisaldava kinnisasja riigi poolt omandamise ja ettepanekute menetlemise kord ning kriteeriumid, mille alusel loetakse ala kaitsekord kinnisasja sihtotstarbelist kasutamist oluliselt piiravaks, ning kinnisasja väärtuse määramise kord ja alused. 2004. Vabariigi Valitsuse määrus nr. 242. Vastu võetud 08.07.2004.
- Kaimre, P. 2000. Metsanduse ökonoomika. Eesti Põllumajandusülikool, Tartu, lk 41.
- Kang, J.S., Moon, S.I., Lee, S.G., Shin, S.C., Lee, S.H. 2009. Rapid and accurate prediction of the frequencies of *Bursaphelenchus xylophilus* and *B. mucronatus* in mixed nematode samples using real-time species-specific PCR. – Nematology, 11, 289–299.
- Kappel, A.P., Trotter, R.T., Keena, M.A., Rogan, J., Williams, C.A. 2017. Mapping of the Asian longhorned beetle's time to maturity and risk to invasion at contiguous United States extent. – Biological Invasions, 19(7), 1999–2013.
- Kethidi, D.R., Roden, D.B., Ladd, T.R., Krell, P.J., Retnakaran, A., Feng, Q. 2003. Development of SCAR markers for the DNA-based detection of the Asian long-horned beetle, *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky). – Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 52, 193–204.
- Kiviste, A. 1997. Eesti Riigimetsa puistute kõrguse, diameetri ja tagavara vanuseridade diferentsmudel 1984.–1993.a. metsakorralduse takseerikirjelduste andmeil. EPMÜ teadustööde kogumik nr. 189. Tartu, lk. 63–75.
- Kiviste, A. 1999. Eesti puistute kasvumudelitest. EPMÜ Metsandusteaduskonna toimetised nr. 32. Pidev metsakorraldus. Tartu, lk. 28–36.

- Kiviste, A., Kiviste, K. 2006. Difference equations of stand height, diameter, and volume depending on stand age and site factors for Estonian state forest. In: Second International Conference on Forest Measurements and Quantitative Methods and Management & The 2004 Southern Mensurationists Meeting; Proceedings of the conference held on 15–18 June 2004, Hot Springs, Arkansas USA. Warnell School of Forestry and Natural Resources, University of Georgia, Athens, GA, 30602. 284–296.
- Korjus, H. 1999. Hooldusraiete mudelitest. EPMÜ Metsandusteaduskonna toimetised nr. 32. Pidev metsakorraldus. Tartu, lk. 44–49.
- Kurkela, T. 1994. Metsän taudit – metsäpatologian perusteet. Otatieto Oy. 324 s.
- Leal, I., Green, M., Allen, E., Humble, L., Rott, M. 2007. Application of a real-time PCR method for the detection of pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, in wood samples from lodgepole pine. – Nematology, 9, 351–362.
- Leal, I., Foord, B., Allen, E., Champion, C., Rott, M., jt 2013. Development of two reverse transcription-PCR methods to detect living pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, in wood. – Forest Pathology, 43, 104–114.
- Li, H., Trinh, P.Q., Waeyenberge, L., Moens, M. 2009. Characterisation of *Bursaphelenchus* spp. isolated from packaging wood imported at Nanjing, China. – Nematology, 11, 375–408.
- Li, W., Wu, C. 1993. Integrated management of longhorn beetles damaging poplar trees. Forest Press, Beijing, China. 290 pp.
- Liebhold, A.M., Tobin, P.C. 2006. Growth of newly established alien populations: Comparison of North American gypsy moth colonies with invasion theory. – Population Ecology, 48(4), 253–262.
- Lieu, K.O.V. 1945. The study of wood borers in China. I. Biology and control of the citrus-root-cerambycids, *Melanauster chinensis*, Forster (Coleoptera). – The Florida Entomologist, 27, 61–101.
- Lingafelter, S.W., Hoebeke, E.R. 2002. Revision of the Genus *Anoplophora* (Coleoptera: Cerambycidae). Entomological Society of Washington, Washington, DC, USA. 236 pp.
- Linit, M.J. 1988. Nematode-vector relationships in the pine wilt disease system. The Society of Nematologists. – Journal of Nematology, 20(2), 227–235.
- Liu, Z.F., Fan, J., Zhang, K. 1999. The experiments of prevention and control of *Anoplophora glabripennis* in *Salix matsudana* with insecticide. – Journal of Hubei Agricultural University 19, 313–314.
- Maavara, V., Merihein, A., Parmas, H., Parmasto, E. 1961. Metsakaitse. Tallinn: Eesti Riiklik Kirjastus. 711 lk.
- Magnusson, C. 1988. Potential for establishment of *Bursaphelenchus xylophilus* and the pine wilt disease under Nordic conditions. – Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 16(3), 465–471.
- Maspero, M., Cavalieri, G., D'Angelo, G., Juncker, C., Valentini, M., Colombo, M., Herard, F., Lopez, J., Ramualde, N., Ciampitti, M., Caremi, G., Cavagna, B. 2007. *Anoplophora chinensis* – Eradication programme in Lombardia (Italy). www.eppo.int/ [Vaadatud 10.03.2017].

- Matsunaga, K., Togashi, K. 2004. A simple method for discriminating *Bursaphelenchus xylophilus* and *B. mucronatus* by species-specific polymerase chain reaction primer pairs. – *Nematology*, 6, 273–277.
- Mattson, W., Lawrence, R., Haack, R., Herms, D., Charles, P. 1988. Defensive strategies of woody plants against different insect-feeding guilds in relation to plant ecological strategies and intimacy of association with insects. In: Mattson, W., Levieux, J., Bernard-Dagan, J. (eds) Mechanism of woody plant defenses against insects, search for pattern. Springer, Berlin, p 416.
- Miländer, G. 1978. Eesti siklaste (Cerambycidae) määraja. Abiks loodusevaatlejale nr 74. Eesti NSV Teaduste Akadeemia, Eesti Looduseuurijate Selts, Tartu, 64 lk.
- Merivee, E., Remm, H. 1973. Mardikate määraja. Tallinn, Valgus. 308 lk.
- Metsa korraldamise juhend. 1999. Keskkonnaministri määrus nr. 25. Kinnitatud 17.03.1999.
- Metsa korraldamise juhend. 2009. Keskkonnaministri määrus nr. 2. Kinnitatud 16.01.2009.
- Metsa majandamise eeskiri. 2006. Keskkonnaministri määrus nr, 88. Vastu võetud 27.12.2006.
- Metsamajanduslike tööde ühikuhindade arvutamise metoodika, 2015.
- Naves, P.M., Camacho, S., De Sousa, E., Quartau, J.A. 2007. Transmission of the pine wood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* through oviposition activity of *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera : Cerambycidae). – *Entomologica Fennica*, 18(4), 193–198.
- Neumann, J. 1961. Kerfe des Waldes: Taschenbildbuch der beachtenswertesten Käfer, Schmetterlinge und sonstigen Kerfe des mitteleuropäischen Waldes, ihrer Entwicklungsstufen und Frassbilder mit Textteil über Bau und Leben. Radebeul und Berlin. 284 pp.
- Nowak, D.J., Pasek, J.E., Sequeira, R.A., Crane, D.E., Mastro, V.C. 2001. Potential effect of *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) on urban trees in the United States. – *Journal Economic Entomology*, 94(1), 116–122.
- Ozolinš, R. 2002. Forest stand assortment structure analysis using mathematical modelling. *Metsanduslikud Uurimused* 37, 33–42.
- Padari, A. 1993. Hiiumaa männikute takseertunnuste sõltuvusest mere kaugusest. Eesti Põllumajandusülikool. Metsandusinstituut. Diplomitöö. 126 lk.
- Padari, A. 1999. Kasvava metsa hindamisest. Sortimendid ja rikked. EPMÜ Metsandusteaduskonna toimetised nr. 32. Pidev metsakorraldus. Tartu, lk. 37–43.
- Padari, A. 2004. Metsahindamisprogramm „Raiewin”. Eesti Põllumajandusülikool, Metsandusteaduskond. Magistritöö. 96 lk.
- Prodan, M. 1965. Holzmesslehre. Frankfurt am Main Sauerlander's Verlag. 644 pp.
- Parmas, H. 1973. Metsakaitsest Kagu-Eesti metsamajandite alguspäevil. – *Metsamajandus*, 1, 68–80.
- Pei, M.H, McCracken, A.R. 2005. Rust Diseases Willow and Poplar. CABI Publishing. 280 pp.

- Phillips, D.H., Burdekin, D.A. (eds) 1992. Diseases of forest and ornamental trees. London, Macmillan. 581 pp.
- Pluess, T., Jarošík, V., Pyšek, P., Cannon, R., Pergl, J. Breukers, A. Bacher, S. (2012) Which factors affect the success or failure of eradication campaigns against alien species? PLoS One. 2012; 7(10): e48157
- Poland, T. M., R. A. Haack, T. R. Petrice. 1998. Chicago joins New York in battle with the Asian longhorned beetle. – Newsletter of the Michigan Entomological Society, 4, 15–17.
- Poplars and willows in wood production and land use. 1980. – FAO Forestry and Forest Products Studies, 12, 330 pp.
- Isebrands, J.G., Richardson, J. (eds) 2014. Poplars and willows: trees for society and the environment. FAO, CABI. 634 pp.
- Økland, B., Skarpaas, O., Schroeder, M., Magnusson, C., Lindelöw, A., Thunes, K. 2010. Is Eradication of the pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*) likely? An evaluation of current contingency plans. – Risk Analysis 30 (9), 1424–1439.
- Riigikogu, 1994. Bioloogilise mitmekesisuse konventsioon. Välisleping. RT II 1994, 13, 41
- Riigikogu, 1999. Sanitaar- ja fütosanitaarmedetmete rakendamise leping. Välisleping. RT II 1999, 22, 123.
- Riigikogu, 2000. Rahvusvaheline taimekaitsekonventsioon. Välisleping. RT II 2000, 27, 167
- Riigikogu, 2004. Taimekaitse seadus. Seadus. RT I 2004, 32, 226.
- Russell, C. W., Ugine, T.A., Hajek, A.E. 2010. Interactions between Imidacloprid and *Metarhizium brunneum* on adult Asian longhorned beetles (*Anoplophora glabripennis* (Motschulsky)) (Coleoptera: Cerambycidae). – Journal of Invertebrate Pathology, 105, 305–311.
- Ryss, A., Vieira, P., Mota, M., Kulinich, O. 2005. A synopsis of the genus *Bursaphelenchus* Fuchs, 1937 (Aphelenchida: Parasitaphelenchidae) with keys to species. – Nematology, 7, 393–458.
- Saarman, E., Veibri, U. 2006. Puiduteadus. Tartu. 560 lk.
- Sage, W. 2001. Erstes Auftreten des asiatischen Bockkäfer *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) in Mitteleuropa. – Mitteilungen der Zoologischen Gesellschaft Braunau, 8, 81–88.
- Sall, M., Uustal, M., Peterson, K. 2012. Ökosüsteemiteenused. Ülevaade looduse pakutavatest hüvedest ja nende rahalisest väärtusest. Säästva Eesti Instituudi väljaanne nr 18, Tallinn, 62 lk.
- Sawyer, A.J. 2003. Annotated categorization of ALB host trees. USDA-APHIS-PPQ, Otis Plant Protection Laboratory. www.uvm.edu/albeetle/hosts.htm [Vaadatud 05.01.2017]
- Shigesada, N., Kawasaki, K. 1997. Biological Invasions: Theory and Practice. New York: Oxford University Press.

- Sibul, I. 2014. Puude väärtuse hindamine. (Publitseerimata esitlusmaterjal), Eesti Maaülikool, Tartu. 22 lk.
- Siitonen, J. 2001. Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. – *Ecological Bulletins*, 49, 11–41.
- Smith, M.T., Tobin, P.C., Bancroft, J. Li, G., Gao, R. 2004. Dispersal and spatiotemporal dynamics of Asian longhorned beetle (Coleoptera: Cerambycidae) in China. – *Environmental Entomology*, 33, 435–442.
- Steiner, G.; Burher, E.M. 1934. *Aphelenchoides xylophilus*, n. sp, a nematode associated with blue stain and other fungi in timber. – *Journal of Agriculture Research*, 48, 949–951.
- Stanelis, A. 2005. The occurrence of *Bursaphelenchus mucronatus* Mamya & Enda, 1979 in Lithuania. – *Acta Zoologica Lituanica*, 15(1), 62–63.
- Statistikaamet. Tarbijahinnaindeks. [Vaadatud 05.12.2017]
- Suzuki, K. 2004. Pine wilt disease – a threat to pine forests in Europe. In: Mota, M. & Vieira, P. (Eds). The pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. – *Nematology Monographs and Perspectives*, vol.1. Leiden, The Netherlands, Brill, pp. 25–30.
- Süda, I. 1993. Järvselja siklaste (Cerambycidae) faunast – Kasesalu, H. (toim.). Eesti Looduseuurijate Seltsi aastaraamat, 74. Järvselja ürgmetsa loodusest. Tallinn, lk. 49–60.
- Süda, I. 1994. Siklased (Coleoptera, Cerambycidae) ja nende majanduslik tähtsus Eestis. Magistritöö. Tartu, 121 lk.
- Süda, I., Miländer, G. 1998. Eesti putukate levikuatlas, 1. Siklased. Tartu. 88 lk.
- Zahradník, J., Chvála, M. 1999. Insekten. Handbuch und Führer der Insekten Europas. Bechtermünz Verlag. 512 pp.
- Zhuo, K., Cui, R.Q., Liao, J.L. 2011. A multiplex one-step PCR method for the simultaneous identification of *Bursaphelenchus xylophilus*, *B. mucronatus* and *B. doui* - three species within the *xylophilus* group. – *Forest Pathology*, 41, 66–69.
- Takeuchi, Y., Futai, K. 2009. Diagnosis and quantification of the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhner), in wood of *Pinus thunbergii* with real-time PCR. – *Nematological Research*, 39, 9–16.
- Tomiczek, C., Krehan, H., Menschhorn, P. 2002. Dangerous Asiatic longicorn beetle found in Austria: new danger for our trees? – *Allgemeine Forst Zeitschrift fur Waldwirtschaft und Umweltvorsorge*, 57, 52–54.
- Tuul, K. 2009. Linnahaljastus. Avalike alade kujundamise ja ehitamise käsiraamat. Atlex, Tartu, 142 lk.
- USDA-APHIS (USDA Animal Plant Health Inspection Service). 2006. The Asian longhorned beetle cooperative eradication program. ALB Newsletter 1 www.aphis.usda.gov/plant_health/plant_pest_info/asian_lhb/alb_pdfs/newsletters/alb_newsletter_9_06.pdf [Vaadatud 05.01.2017]
- Wagner, M.R. 2002. Mechanisms and deployment of resistance in trees to insects. Kluwer Academic Publishers. 343 pp.

- Wang, Q. (Ed.) 2017. Cerambycidae of the world: biology and pest management. CRC Press. 628 pp.
- Wermelinger, B., Forster, B., Hölling, D., Plüss, T., Raemy, O., Klay, A. 2015. Invasive Laubholz-Bockkäfer aus Asien. 2. Auflage. – Merkblatt für die Praxis (WSL), 50, 16 s.
- Williams, D.W., Lee H.-P., Kim I.-K. 2004. Distribution and abundance of *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) in natural *Acer* stands in South Korea. – Environmental Entomology, 33, 540–545.
- Watson, L., Dallwitz, M.J. 2003. British insects: the families of Coleoptera. Version: 25th July 2012. //delta-intkey.com [Vaadatud 15.03.2017].
- WTO, 2018. GATT 1994 – Article XX (Jurisprudence). The WTO Analytical Index: Guide to WTO Law and Practice is an article-by-article guide to the interpretation and application of the WTO agreements by WTO bodies. <https://www.wto.org>.
- Vabariigi Valitsuse 8. juuli 2004. a määrus nr 242 „Kaitstavat loodusobjekti sisaldava kinnisasja riigi poolt omandamise ja ettepanekute menetlemise kord ning kriteeriumid, mille alusel loetakse ala kaitsekord kinnisasja sihtotstarbelist kasutamist oluliselt piiravaks, ning kinnisasja väärtuse määramise kord ja alused“ lisa 6.
- Vieira, P.R., Mota, M.M. (Eds) 2008. Pine wilt disease: A worldwide threat to forest ecosystems. Germany, Springer, 405 pp.
- Voolma, K. 2016. Aasia sikk – uus oht meie pargi- ja metsapuudele. – Eesti Loodus, 9, 54–59.
- Yang, B.J. 2004. The history, dispersal and potential threat of pine wood nematode in China. In: Mota, M. & Vieira, P. (Eds). The pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. – Nematology Monographs and Perspectives, vol. 1. Leiden, The Netherlands, Brill, pp. 21–24.
- Ye, W., Giblin-Davis, R.M. 2013. Molecular characterization and development of real-time PCR assay for pine-wood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Parasitaphelenchidae). – PLoS ONE, 8(11), e78804.
- Yoshimura, A., Kawasaki, K., Takasu, F., Togashi, K., Futai, K., Shigesada, N. 1999. Modeling the spread of pine wilt disease caused by nematodes with pine sawyers as vector. – Ecology, 80(5), 1691–1702.
- Нормативы для таксаций леса Латвийской ССР. Рига 1988.

Lisa 1. Metsamajanduslike tegevuste keskmised ühikuhinnad (KM-ta)

Kuluartikkel	Ühik	Hind 2015. aastal	Arvestuslik ⁴ hind 2016. aastal	Hind 2016. aastal
Maapinna mineraliseerimine	eur/ha	132,5	132,63	-
Metsataimede istutamine	eur/tk	0,16	0,16	-
Kultuuri hooldamine	eur/ha	143,88	144,02	-
Harvendusraie kompleksteenuse	eur/m ³	16,31	16,33	-
Lageraie kompleksteenuse	eur/m ³	12,34	12,35	-
Hariliku männi hind (kuni 10 tuh tk)	eur/tk	-	-	0,10
Hariliku männi hind (10-50 tuh tk)	eur/tk	-	-	0,09
Hariliku männi hind (üle 50 tuh tk)	eur/tk	-	-	0,08
Hariliku kuuse hind (kuni 10 tuh tk)	eur/tk	-	-	0,22
Hariliku kuuse hind (10-50 tuh tk)	eur/tk	-	-	0,2
Hariliku kuuse hind (üle 50 tuh tk)	eur/tk	-	-	0,18
Arukase hind (kuni 10 tuh tk)	eur/tk	-	-	0,22
Arukase hind (10-50 tuh tk)	eur/tk	-	-	0,2
Arukase hind (üle 50 tuh tk)	eur/tk	-	-	0,18
Hariliku männi hind	eur/ha	-	-	240
Hariliku kuuse hind	eur/ha	-	-	270
Arukase hind	eur/ha	-	-	270

⁴ Tarbijahinnaindeksi muutus 2016.a. võrreldes 2015.a. oli 0,1 % (Statistikaamet)

Lisa 2. Tagavara ja vormiarvu arvutamise valemite parameetrite väärtused (Metsa korraldamise juhend, 1999)

Puuliik	Valemite 11 ja 13 konstandid						
	a_1	a_2	a_3	b_1	b_2	b_3	b_4
Mänd	-15,945	14,779	0,076	-0,0309	2,5936	-0,0617	0,2107
Kuusk	-6,042	9,010	0,355	0,3495	1,5653	0	0,0172
Kask	-1,821	5,472	0,304	0,4193	0,8180	0	0
Haab, sanglepp, hall-lepp	-1,738	6,294	0,382	0,8813	-0,5950	0,0437	-0,1969
Tamm, saar	-5,754	7,578	0,305	0,5993	0,9350	0,0286	-0,1006

Lisa 3. Kõrguskõvera valemi konstandid

Puuliik	Valemi konstandid	
	b	c
Mänd	1,1	9,9241
Kuusk	1,3	10,858
Kask, hall lepp	8,0	1,4625
Haab, Sanglepp	4,3	2,4979
Tamm, Saar	1,6	8,2934

Lisa 4. Puu koore osakaalu arvutamise valemi konstandid

Puuliik	Valemi konstandid		
	a_1	a_2	a_3
Mänd	6,0	10	-17,5
Kuusk	8,0	2	-4,9
Kask	11,1	3	-4,9
Haab, Tamm, Saar	12,0	2	-3,2
Sanglepp, hall lepp	10,8	2	-4

Lisa 5. Kahjustatud puude osakaalu arvutamise valemi konstandid

Puuliik	Valemi konstandid	
	b	c
Mänd	9 000 000	0,5
Kuusk	1 300 000	0,5
Kask	700	2,0
Haab	145	3,5
Sanglepp	250	3,0
Hall lepp	60	6,0
Tamm, Saar	10 000 000	0,5

Lisa 6. Puittaimestikuga alade esinemine 3 km tsooniga

Linn	Kogupindala	Metsaregistri andmed, ha							Metsaregistrist puuduvad andmed, ha				Ühik
		tootlik metsamaa	vähetootlik metsamaa	park	põõsastik	soo	taimla	viljapuu- marjaaed	Mets	põõsas- tik	Puittaimesti- kuga soo	haljasala	
Haapsalu	7448.650	2814.484			3.390	10.924			1099.573	57.539	39.924	110.724	ha
	55.53	37.79	0.00	0.00	0.05	0.15	0.00	0.00	14.76	0.77	0.54	1.49	%
Jõgeva	6076.154	1066.940			0.341	5.972			377.854	16.253	6.291	97.744	ha
	25.86	17.56	0.00	0.00	0.01	0.10	0.00	0.00	6.22	0.27	0.10	1.61	%
Kohtla- Järve	11259.342	2070.509			10.390			0.178	1702.453	45.983	0.873	178.579	ha
	35.61	18.39	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	15.12	0.41	0.01	1.59	%
Kunda	6371.117	2199.362	5.609		53.477	5.440	0.816	0.171	704.931	170.814	0.429	61.310	ha
	50.26	34.52	0.09	0.00	0.84	0.09	0.01	0.00	11.06	2.68	0.01	0.96	%
Kuressaare	6888.846	1282.014			116.508	127.475			1230.991	175.688	4.058	111.270	ha
	44.25	18.61	0.00	0.00	1.69	1.85	0.00	0.00	17.87	2.55	0.06	1.62	%
Kärdla	4318.896	2521.292				122.951			408.001	49.789	0.001	22.985	ha
	72.36	58.38	0.00	0.00	0.00	2.85	0.00	0.00	9.45	1.15	0.00	0.53	%
Põlva	6963.768	2227.092	74.015		25.311				697.842	5.005	130.541	108.306	ha
	46.93	31.98	1.06	0.00	0.36	0.00	0.00	0.00	10.02	0.07	1.87	1.56	%
Paide	8531.346	2581.770	137.719			186.780		0.394	1127.773	42.959	73.419	105.072	ha
	49.89	30.26	1.61	0.00	0.00	2.19	0.00	0.00	13.22	0.50	0.86	1.23	%

Paldiski	5596.743	1072.372			18.861				2232.998	54.438	21.221	36.101	ha
	61.39	19.16	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	39.90	0.97	0.38	0.65	%
Pärnu	11638.225	2007.499			20.829	1378.890	24.163		1541.924	139.251	36.112	274.892	ha
	46.60	17.25	0.00	0.00	0.18	11.85	0.21	0.00	13.25	1.20	0.31	2.36	%
Rakvere	8530.987	1061.337		0.889		20.111			600.001	40.293	1.579	191.789	ha
	22.46	12.44	0.00	0.01	0.00	0.24	0.00	0.00	7.03	0.47	0.02	2.25	%
Rapla	6358.738	2038.083	18.423	0.306		21.854			925.833	53.409	33.961	82.834	ha
	49.93	32.05	0.29	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	14.56	0.84	0.53	1.30	%
Tallinn	32499.208	4212.281	33.650		48.937	128.195			4319.749	326.309	183.588	1895.150	ha
	34.30	12.96	0.10	0.00	0.15	0.39	0.00	0.00	13.29	1.00	0.56	5.83	%
Tartu	15128.759	1298.908	12.899	0.645	53.573	45.216	28.247		1173.071	111.062	1.586	93.240	ha
	18.63	8.59	0.09	0.00	0.35	0.30	0.19	0.00	7.75	0.73	0.01	0.62	%
Võru	9899.601	3119.410	0.157	0.202	5.841	2.722			1173.071	111.062	1.586	93.240	ha
	45.53	31.51	0.00	0.00	0.06	0.03	0.00	0.00	11.85	1.12	0.02	0.94	%
Valga	5538.808	2032.438			5.212	1.183			447.914	67.298	9.678	122.249	ha
	48.49	36.69	0.00	0.00	0.09	0.02	0.00	0.00	8.09	1.22	0.17	2.21	%
Viljandi	9329.658	1546.239			3.570	0.142	13.332		810.579	18.011	0.220	225.437	ha
	28.06	16.57		0.00	0.04	0.00	0.14	0.00	8.69	0.19	0.00	2.42	%

Lisa 7. Puittaimestikuga alade esinemine 1 km tsooniga

Linn	Kogupindala	Metsaregistri andmed, ha							Metsaregistrist puuduvad andmed, ha				Ühik
		tootlik metsamaa	vähetootlik metsamaa	park	põõsastik	soo	taimla	viljapuu- marjaaed	Mets	põõsas- tik	Puittaimesti- kuga soo	haljasala	
Haapsalu	2500.482	1056.558	0.000	0.000	1.097	9.636	15.225	0.000	357.617	10.781	6.340	100.300	ha
	62.29	42.25	0.00	0.00	0.04	0.39	0.61	0.00	14.30	0.43	0.25	4.01	%
Jõgeva	1707.476	56.061	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	65.241	7.914	0.000	73.142	ha
	11.85	3.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.82	0.46	0.00	4.28	%
Kohtla- Järve	4774.576	399.555	0.000	0.000	1.218	0.000	0.000	0.000	713.925	27.745	0.223	158.302	ha
	27.25	8.37	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	14.95	0.58	0.00	3.32	%
Kunda	2320.947	459.546	0.000	0.000	12.350	0.000	0.816	0.000	411.898	50.264	0.402	56.504	ha
	42.73	19.80	0.00	0.00	0.53	0.00	0.04	0.00	17.75	2.17	0.02	2.43	%
Kuressaare	2778.835	246.073	0.000	0.000	24.042	41.327	0.000	0.000	359.029	99.882	2.187	105.300	ha
	31.59	8.86	0.00	0.00	0.87	1.49	0.00	0.00	12.92	3.59	0.08	3.79	%
Kärdla	1433.417	572.724	0.000	0.000	0.000	2.496	0.000	0.000	205.271	34.734	0.000	22.985	ha
	58.48	39.96	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	14.32	2.42	0.00	1.60	%
Paide	2962.215	866.802	12.248	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	488.770	35.634	16.616	93.690	ha
	51.10	29.26	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.50	1.20	0.56	3.16	%
Paldiski	3944.563	402.774	0.000	0.000	3.709	0.000	0.000	0.000	1784.512	33.488	19.775	36.101	ha

	57.81	10.21	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	45.24	0.85	0.50	0.92	%
Põlva	2118.923	372.585	0.858	0.000	0.000	6.396	0.000	0.000	254.805	2.757	55.478	91.074	ha
	37.00	17.58	0.04	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	12.03	0.13	2.62	4.30	%
Pärnu	5984.345	966.566	0.000	0.000	1.918	496.830	0.267	0.000	921.081	81.690	24.559	225.287	ha
	45.42	16.15	0.00	0.00	0.03	8.30	0.00	0.00	15.39	1.37	0.41	3.76	%
Rakvere	3051.839	276.611	0.000	0.889	0.000	0.000	0.000	0.000	213.932	28.421	0.832	139.533	ha
	21.63	9.06	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	7.01	0.93	0.03	4.57	%
Rapla	1815.312	221.865	3.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	326.946	22.148	2.229	58.112	ha
	34.94	12.22	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.01	1.22	0.12	3.20	%
Tallinn	21184.366	2369.724	11.840	0.000	44.600	79.624	0.000	0.000	2777.667	163.082	45.110	1794.348	ha
	34.39	11.19	0.06	0.00	0.21	0.38	0.00	0.00	13.11	0.77	0.21	8.47	%
Tartu	7237.466	325.756	0.000	0.645	46.631	0.000	28.247	0.000	428.857	124.499	0.262	428.238	ha
	19.11	4.50	0.00	0.01	0.64	0.00	0.39	0.00	5.93	1.72	0.00	5.92	%
Valga	2756.175	897.521	0.000	0.000	0.743	0.547	0.000	0.000	172.206	57.670	0.000	115.119	ha
	45.13	32.56	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	6.25	2.09	0.00	4.18	%
Viljandi	3500.087	202.728	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	355.984	9.573	0.000	210.980	ha
	22.26	5.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.17	0.27	0.00	6.03	%
Võru	3739.966	910.583	0.000	0.202	2.183	2.511	0.000	0.000	533.847	69.560	0.000	84.412	ha
	42.87	24.35	0.00	0.01	0.06	0.07	0.00	0.00	14.27	1.86	0.00	2.26	%

Lisa 8. Puittaimestikuga alade esinemine 300 m tsooniga

Linn	Kogupindala	Metsaregistri andmed, ha							Metsaregistrist puuduvad andmed, ha				Ühik
		tootlik metsamaa	vähetootlik metsamaa	park	põõsastik	soo	taimla	viljapuu- marjaaed	Mets	põõsas- tik	Puittaimesti- kuga soo	haljasala	
Haapsalu	1494.955	538.766	0.000	0.000	0.000	9.391	10.447	0.000	185.079	5.382	4.468	72.766	ha
	55.27	36.04	0.00	0.00	0.00	0.63	0.70	0.00	12.38	0.36	0.30	4.87	%
Jõgeva	744.567	9.635	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	40.858	2.129	0.000	68.403	ha
	16.25	1.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.49	0.29	0.00	9.19	%
Kohtla- Järve	2968.925	72.965	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	509.839	21.461	0.223	155.244	ha
	25.59	2.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.17	0.72	0.01	5.23	%
Kunda	1359.490	106.112	0.000	0.000	3.146	0.000	0.000	0.000	326.273	25.569	0.000	56.420	ha
	38.07	7.81	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	24.00	1.88	0.00	4.15	%
Kuressaare	1887.808	101.284	0.000	0.000	0.017	10.610	0.000	0.000	148.541	81.921	0.000	98.275	ha
	23.34	5.37	0.00	0.00	0.00	0.56	0.00	0.00	7.87	4.34	0.00	5.21	%
Kärdla	744.997	131.533	0.000	0.000	0.000	0.704	0.000	0.000	142.652	22.032	0.000	21.047	ha
	42.68	17.66	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	19.15	2.96	0.00	2.83	%
Paide	1553.683	331.392	0.719	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	316.878	31.849	4.430	93.682	ha
	50.14	21.33	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.40	2.05	0.29	6.03	%
Paldiski	3519.711	267.312	0.000	0.000	3.709	0.000	0.000	0.000	1680.843	28.740	19.775	36.101	ha
	57.86	7.59	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	47.76	0.82	0.56	1.03	%
Põlva	982.696	114.365	0.000	0.000	0.000	6.230	0.000	0.000	130.761	2.119	4.343	87.036	ha
	35.09	11.64	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	13.31	0.22	0.44	8.86	%

Pärnu	4152.671	402.105	0.000	0.000	0.000	127.489	0.000	0.000	636.135	67.224	24.559	221.952	ha
	35.63	9.68	0.00	0.00	0.00	3.07	0.00	0.00	15.32	1.62	0.59	5.34	%
Rakvere	1642.893	152.675	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	70.706	12.707	0.000	128.674	ha
	22.20	9.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	0.77	0.00	7.83	%
Rapla	815.288	37.454	3.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	152.425	7.369	2.229	53.607	ha
	31.41	4.59	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.70	0.90	0.27	6.58	%
Tallinn	17331.568	1655.433	1.440	0.000	43.059	14.131	0.000	0.000	2190.887	66.110	25.104	1716.817	ha
	32.96	9.55	0.01	0.00	0.25	0.08	0.00	0.00	12.64	0.38	0.14	9.91	%
Tartu	4900.554	67.975	0.000	0.645	6.146	0.000	28.247	0.000	320.496	88.770	0.262	402.023	ha
	18.66	1.39	0.00	0.01	0.13	0.00	0.58	0.00	6.54	1.81	0.01	8.20	%
Valga	1980.412	584.775	0.000	0.000	0.743	0.224	0.000	0.000	99.378	54.371	0.000	113.963	ha
	43.09	29.53	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	5.02	2.75	0.00	5.75	%
Viljandi	2029.762	44.386	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	215.628	2.911	0.000	185.094	ha
	22.07	2.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.62	0.14	0.00	9.12	%
Võru	2090.326	221.927	0.000	0.202	0.622	2.467	0.000	0.000	330.922	55.587	0.000	78.212	ha
	33.01	10.62	0.00	0.01	0.03	0.12	0.00	0.00	15.83	2.66	0.00	3.74	%

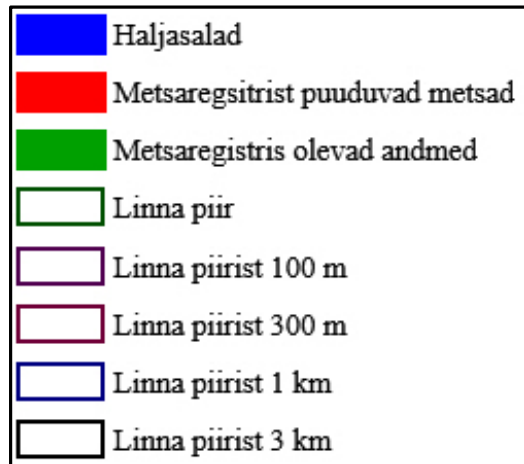
Lisa 9. Puittaimestikuga alade esinemine 100 m tsooniga

Linn	Kogupindala	Metsaregistri andmed, ha							Metsaregistrist puuduvad andmed, ha				Ühik
		tootlik metsamaa	vähetootlik metsamaa	park	põõsastik	soo	taimla	viljapuu- marjaaed	Mets	põõsas- tik	Puittaimesti- kuga soo	haljasala	
Haapsalu	1235.839	419.542	0.000	0.000	0.000	5.091	1.705	0.000	120.565	4.666	4.288	71.768	ha
	50.79	33.95	0.00	0.00	0.00	0.41	0.14	0.00	9.76	0.38	0.35	5.81	%
Jõgeva	507.925	1.480	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	25.633	1.230	0.000	67.356	ha
	18.84	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.05	0.24	0.00	13.26	%
Kohtla- Järve	2427.540	30.916	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	451.551	19.214	0.223	152.547	ha
	26.96	1.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.60	0.79	0.01	6.28	%
Kunda	1123.720	32.906	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	302.501	17.951	0.000	56.420	ha
	36.47	2.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.92	1.60	0.00	5.02	%
Kuressaare	1662.246	71.178	0.000	0.000	0.000	5.437	0.000	0.000	94.321	74.980	0.000	98.115	ha
	20.70	4.28	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	5.67	4.51	0.00	5.90	%
Kärdla	552.918	34.299	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	99.633	9.247	0.000	19.918	ha
	29.50	6.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.02	1.67	0.00	3.60	%
Paide	1193.512	181.770	0.065	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	276.024	29.709	3.406	91.967	ha
	48.84	15.23	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.13	2.49	0.29	7.71	%
Paldiski	3405.227	239.278	0.000	0.000	3.709	0.000	0.000	0.000	1630.467	28.740	19.775	36.101	ha
	57.50	7.03	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	47.88	0.84	0.58	1.06	%
Põlva	694.860	48.438	0.000	0.000	0.000	2.170	0.000	0.000	96.934	1.853	3.111	83.247	ha
	33.93	6.97	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	13.95	0.27	0.45	11.98	%

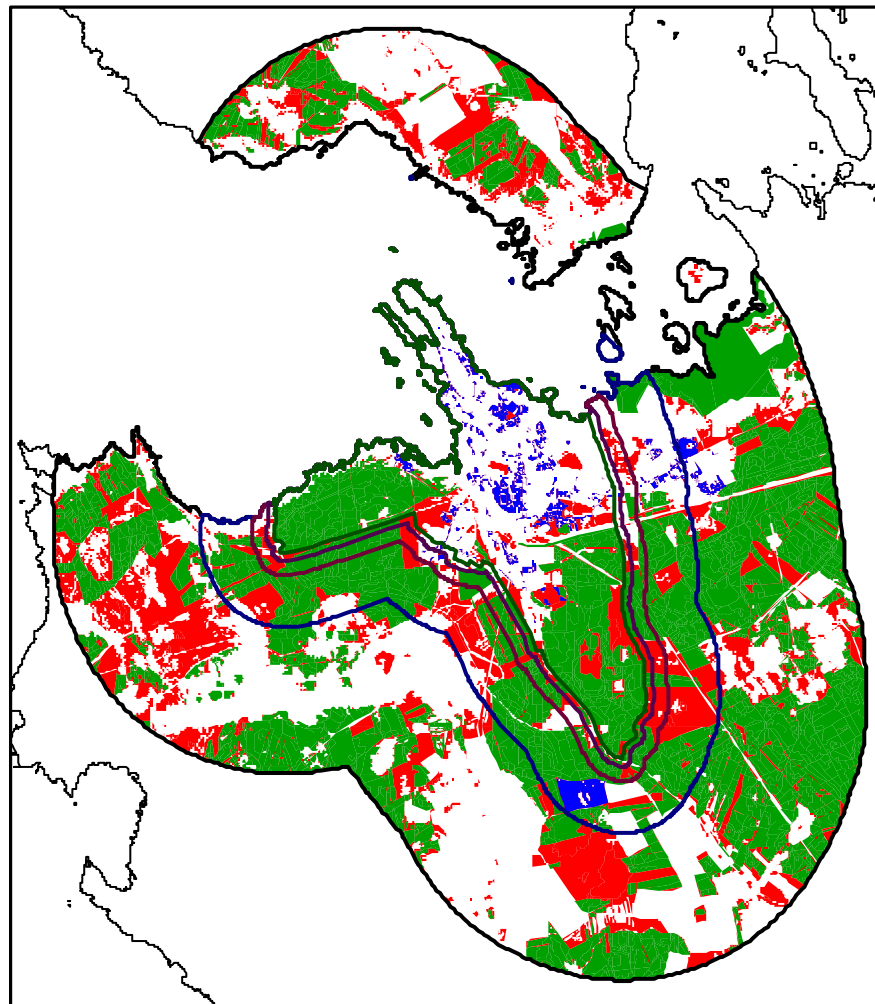
Pärnu	3594.952	216.312	0.000	0.000	0.000	40.617	0.000	0.000	538.349	63.287	24.558	220.268	ha
	30.69	6.02	0.00	0.00	0.00	1.13	0.00	0.00	14.98	1.76	0.68	6.13	%
Rakvere	1263.520	140.362	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	42.222	7.571	0.000	111.273	ha
	23.86	11.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.34	0.60	0.00	8.81	%
Rapla	579.905	14.184	1.931	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	98.684	5.195	2.229	53.292	ha
	30.27	2.45	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.02	0.90	0.38	9.19	%
Tallinn	16208.991	1401.194	1.440	0.000	43.059	13.638	0.000	0.000	1957.371	54.180	16.594	1697.771	ha
	31.99	8.64	0.01	0.00	0.27	0.08	0.00	0.00	12.08	0.33	0.10	10.47	%
Tartu	4231.448	45.797	0.000	0.645	3.240	0.000	28.247	0.000	288.002	69.404	0.262	381.193	ha
	19.30	1.08	0.00	0.02	0.08	0.00	0.67	0.00	6.81	1.64	0.01	9.01	%
Valga	1770.963	489.995	0.000	0.000	0.743	0.119	0.000	0.000	88.336	53.279	0.000	111.894	ha
	42.03	27.67	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	4.99	3.01	0.00	6.32	%
Viljandi	1651.450	28.462	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	181.376	2.478	0.000	180.560	ha
	23.79	1.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.98	0.15	0.00	10.93	%
Võru	1638.263	66.960	0.000	0.202	0.320	0.376	0.000	0.000	272.664	50.193	0.000	74.385	ha
	28.39	4.09	0.00	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	16.64	3.06	0.00	4.54	%

Lisa 10. Uuritavate alade kaardid saastunud vööndite ja puittaimestikuga aladega

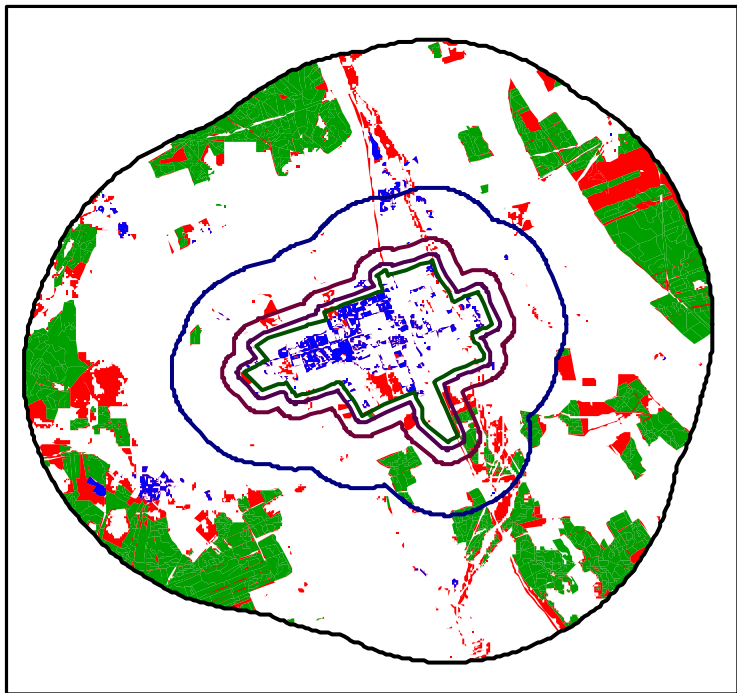
Legend



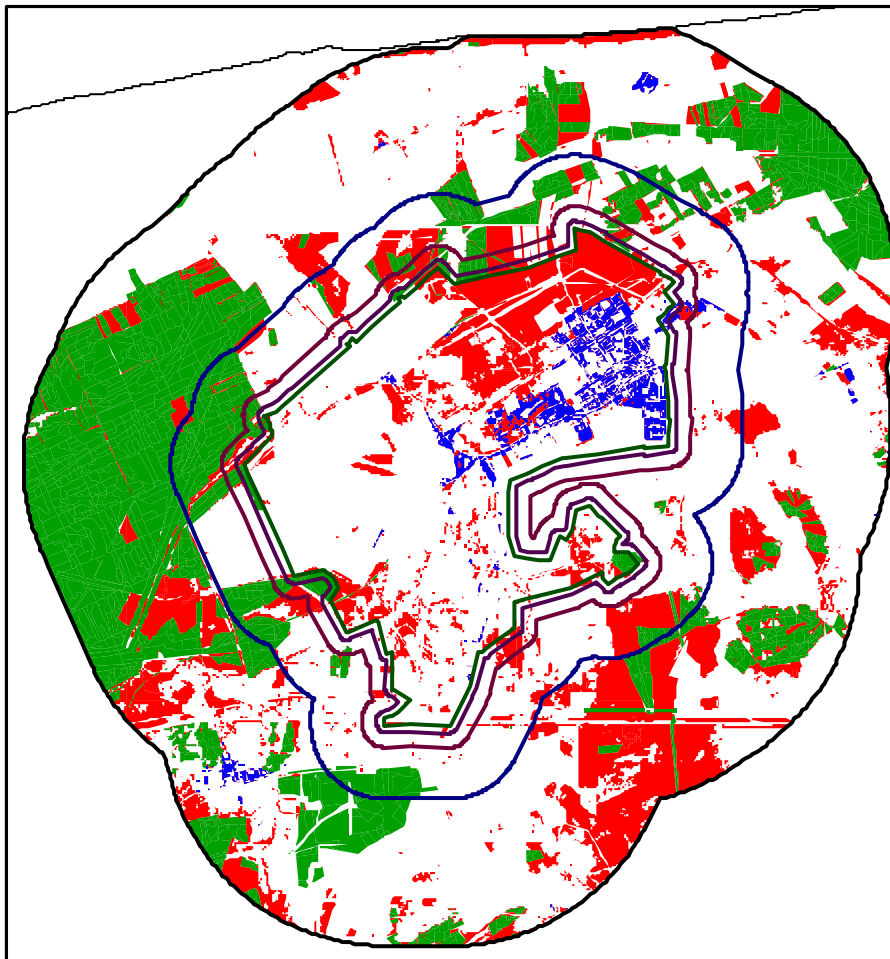
Haapsalu



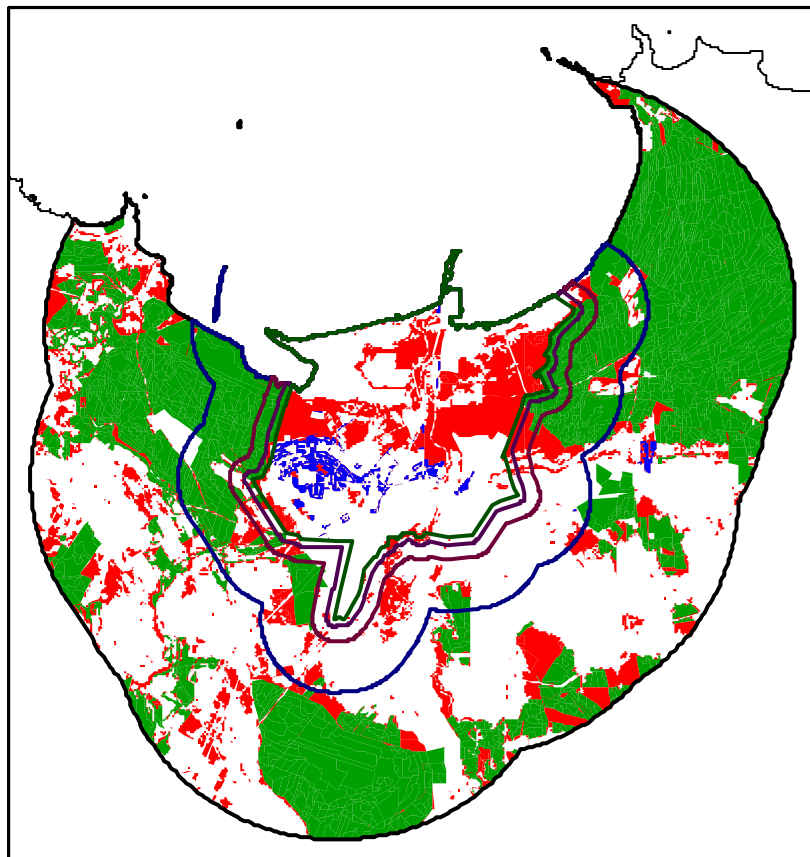
Jõgeva



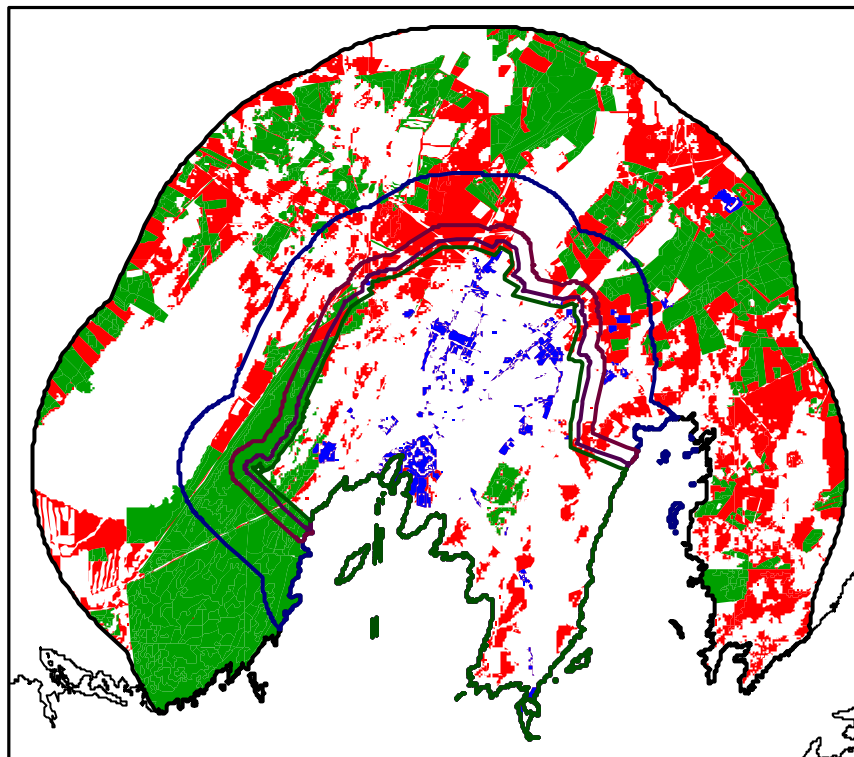
Kohtla-Järve



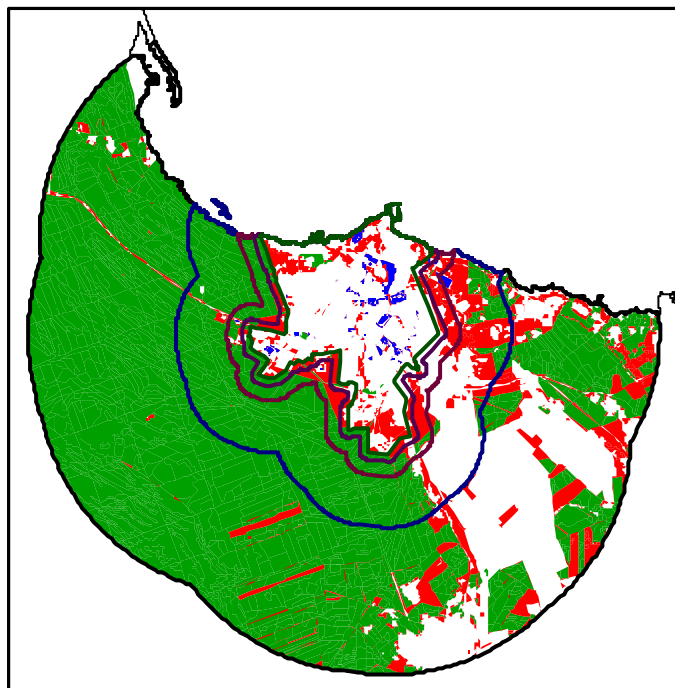
Kunda



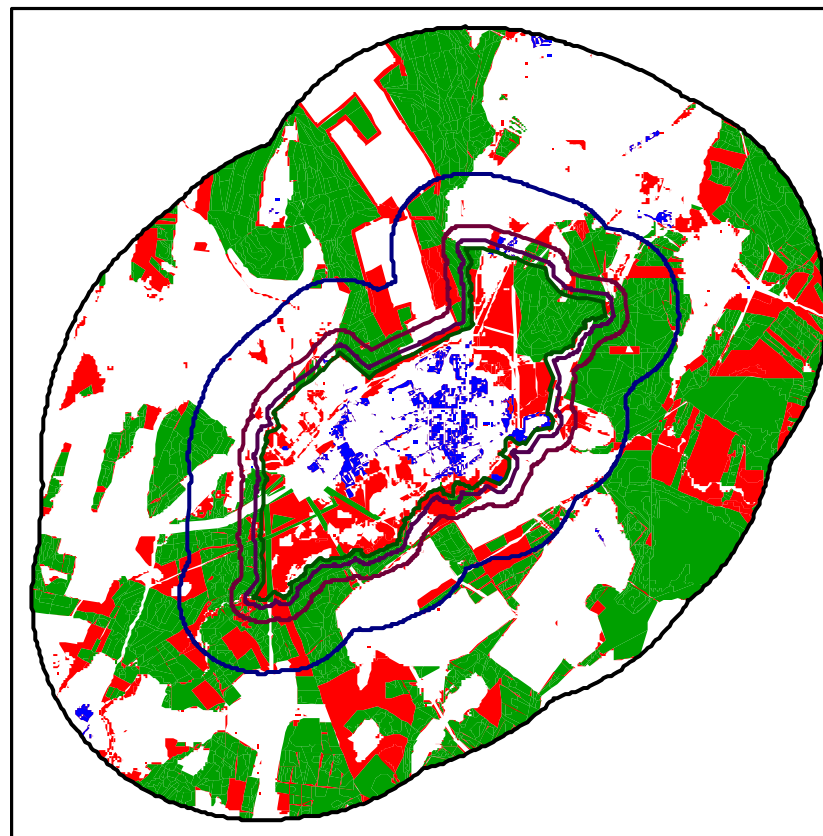
Kuressaare



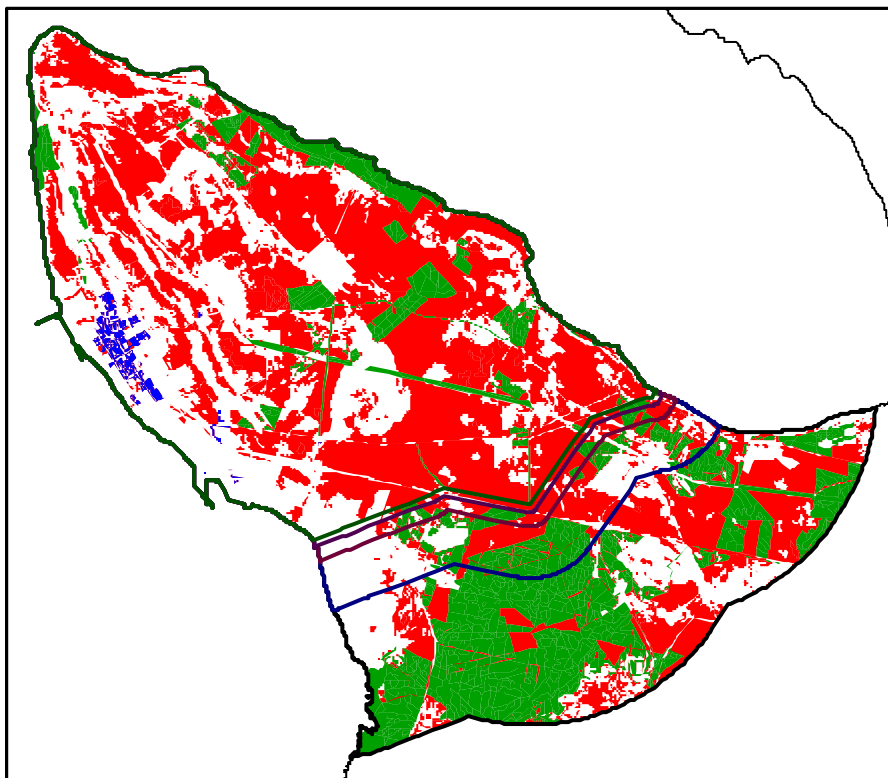
Kärdla



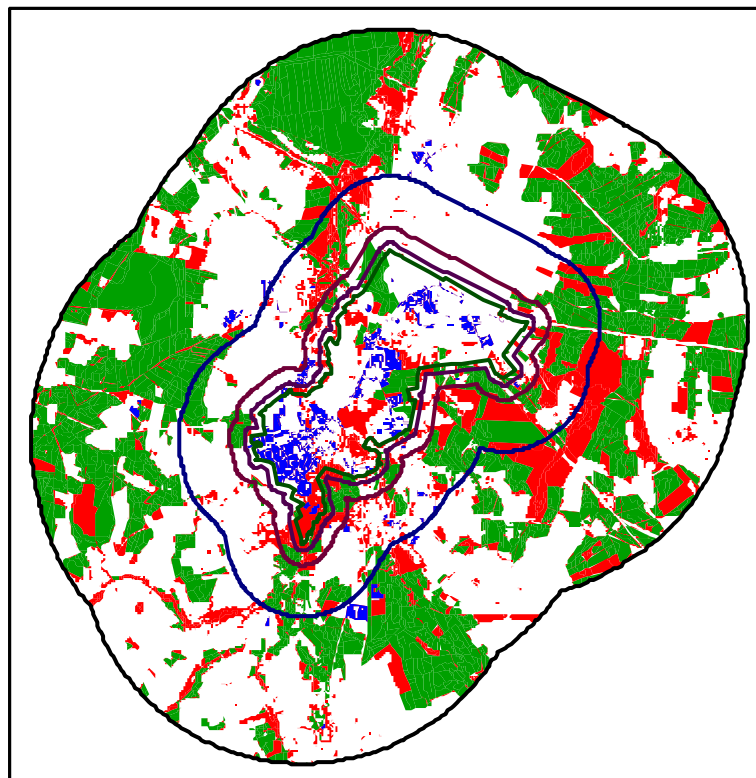
Paide



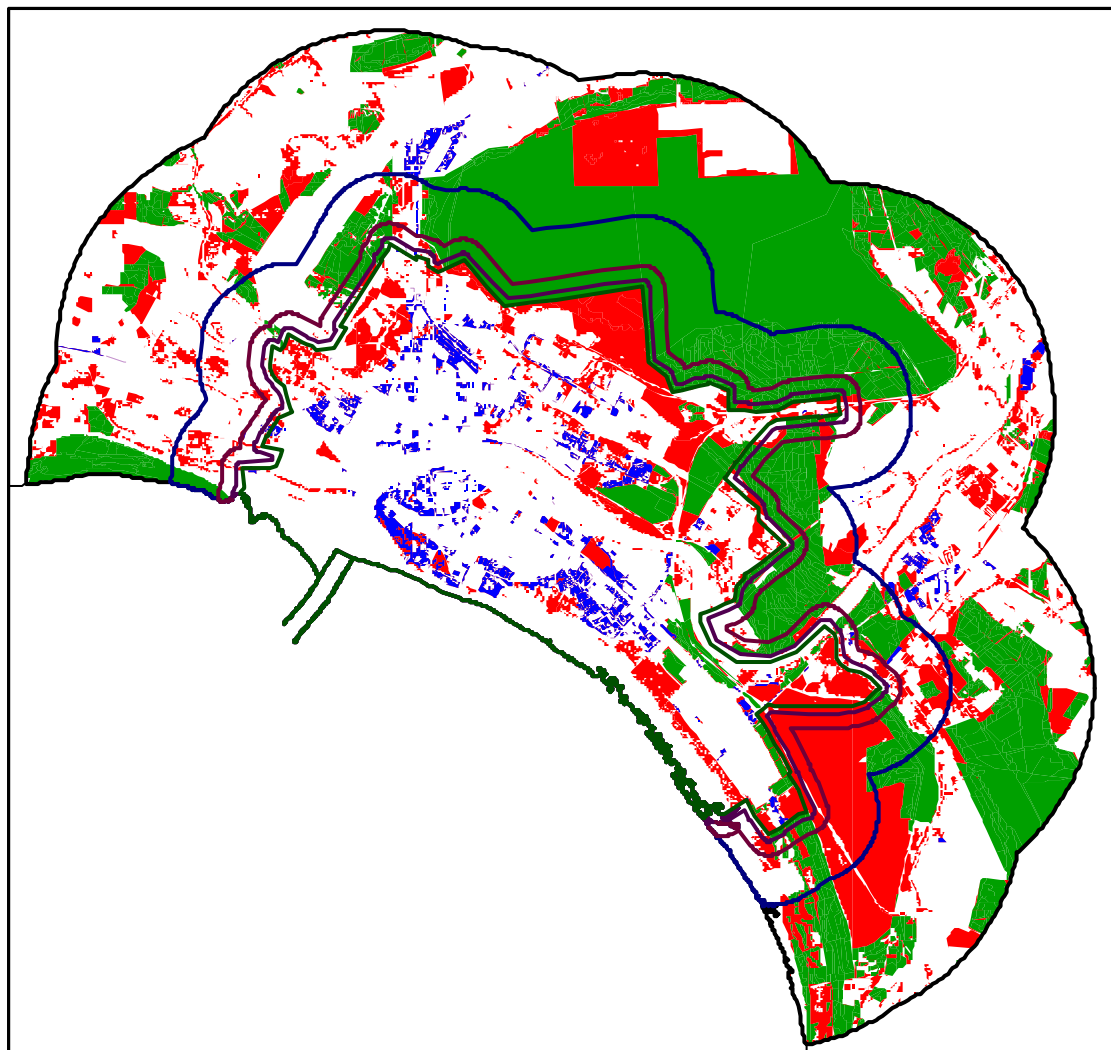
Paldiski



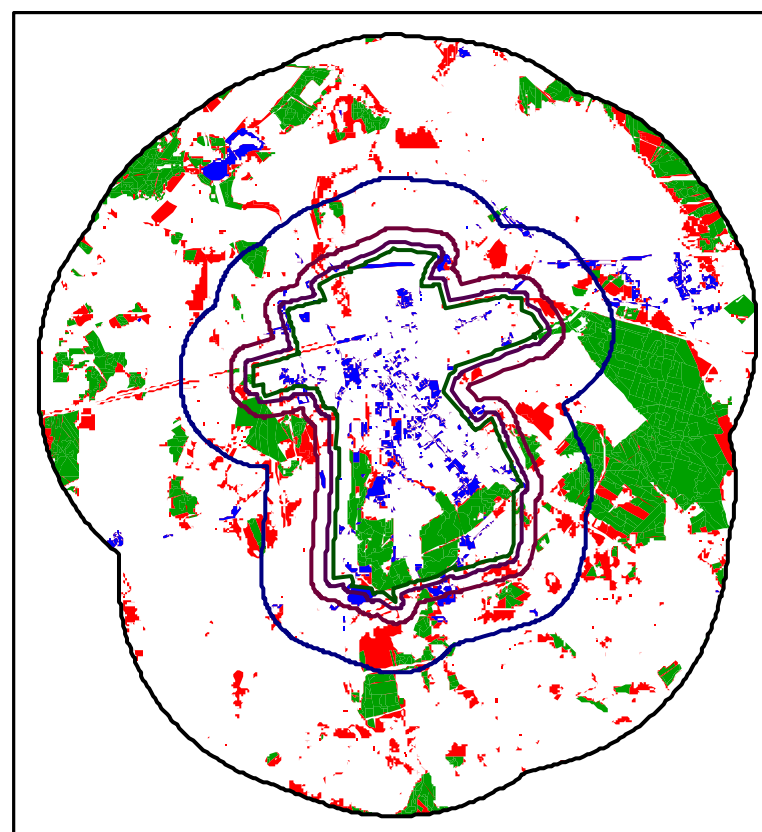
Põlva



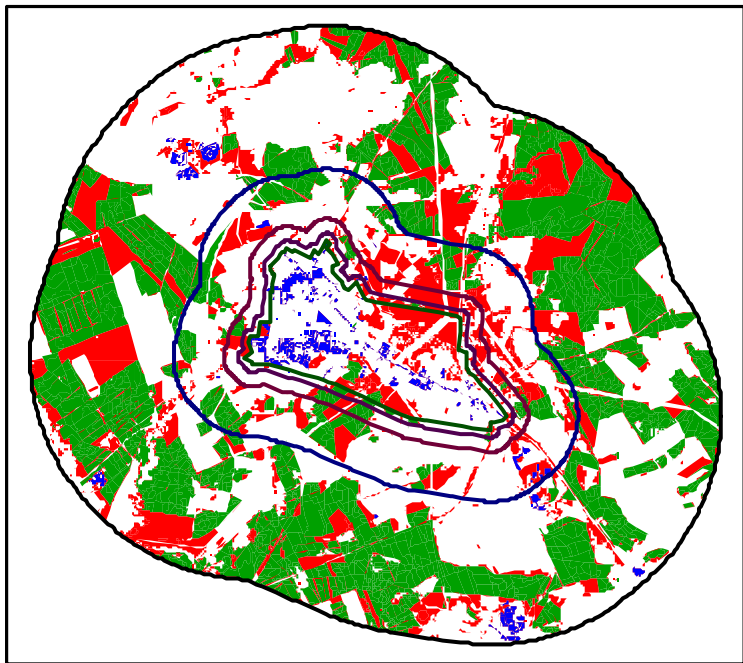
Pärnu

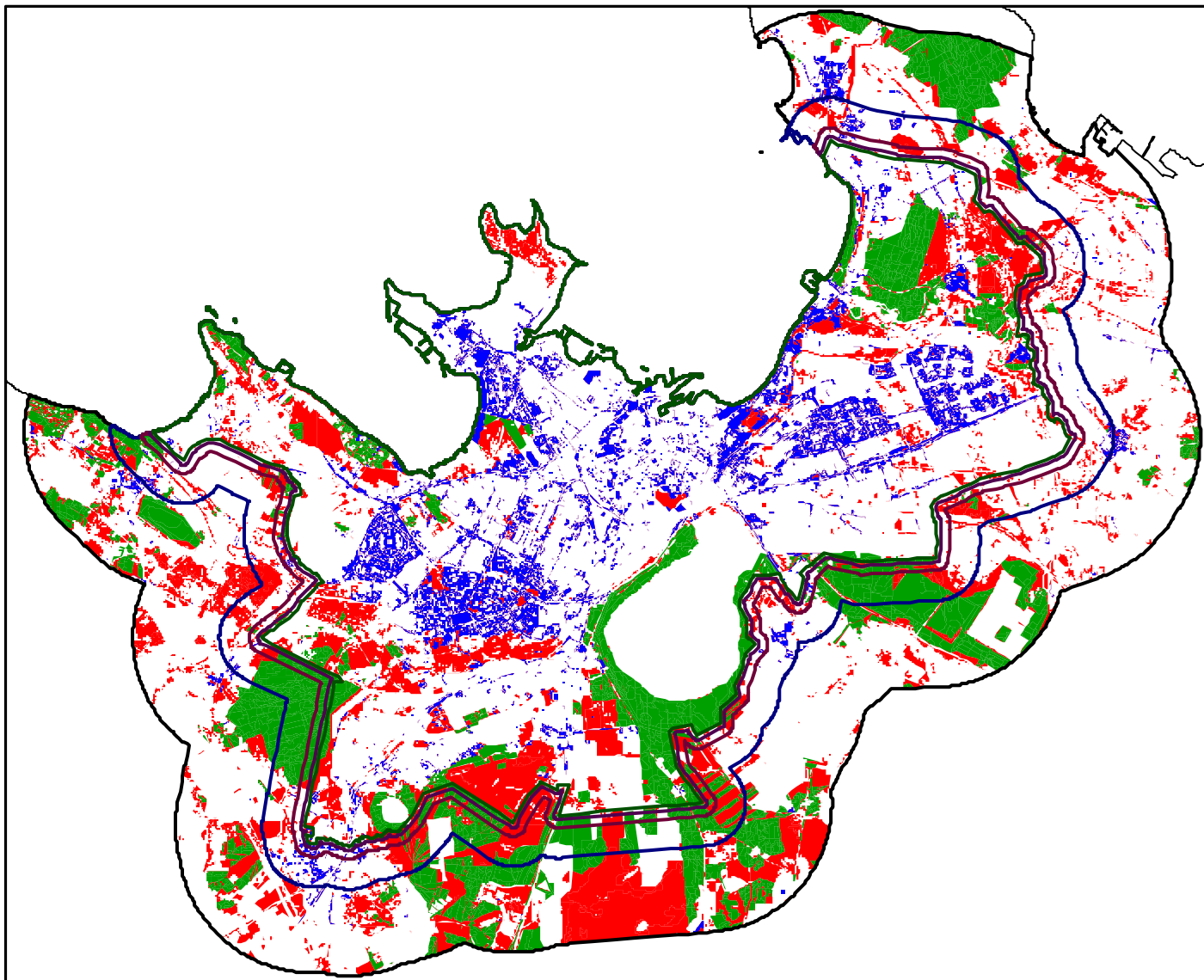


Rakvere

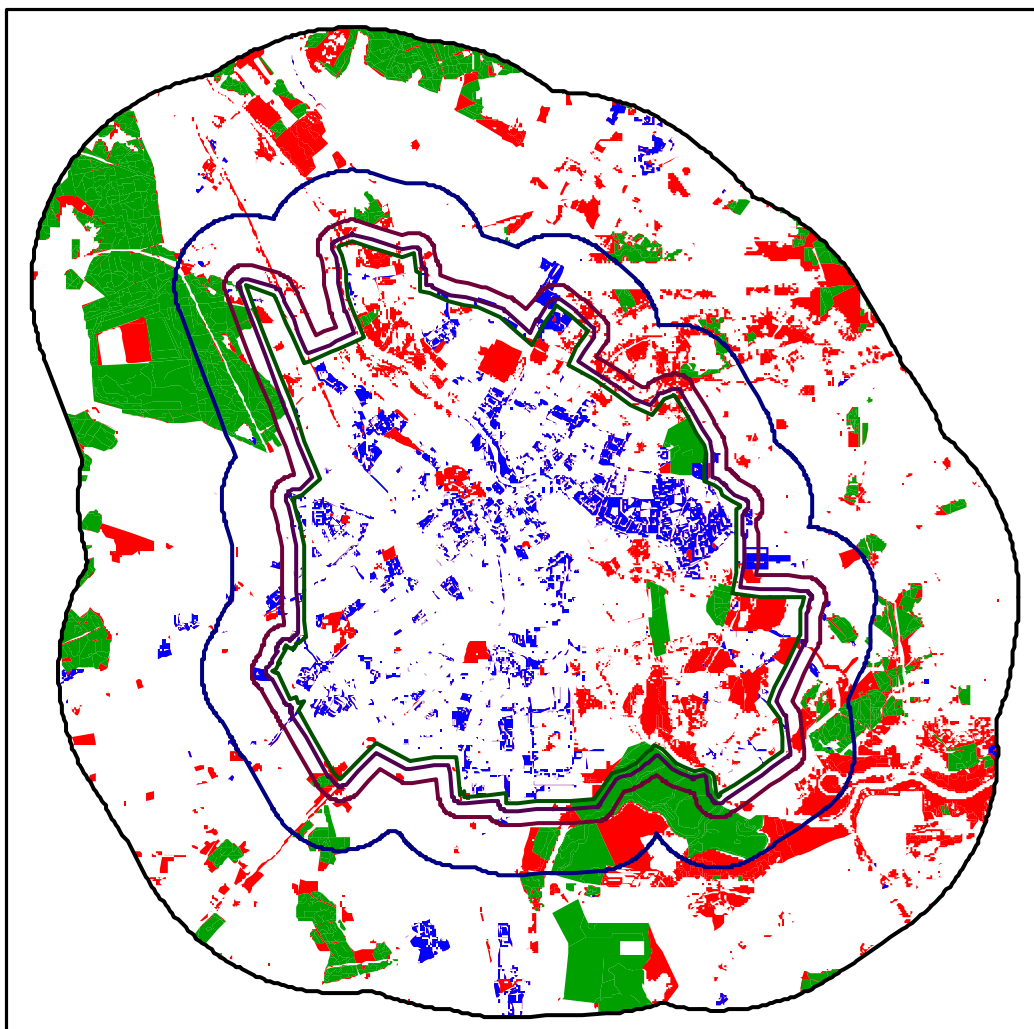


Rapla

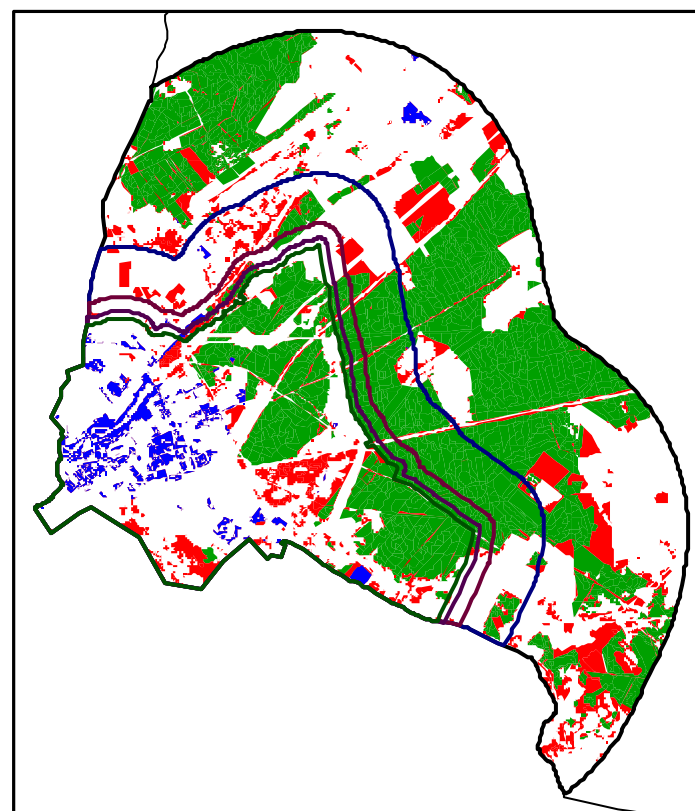




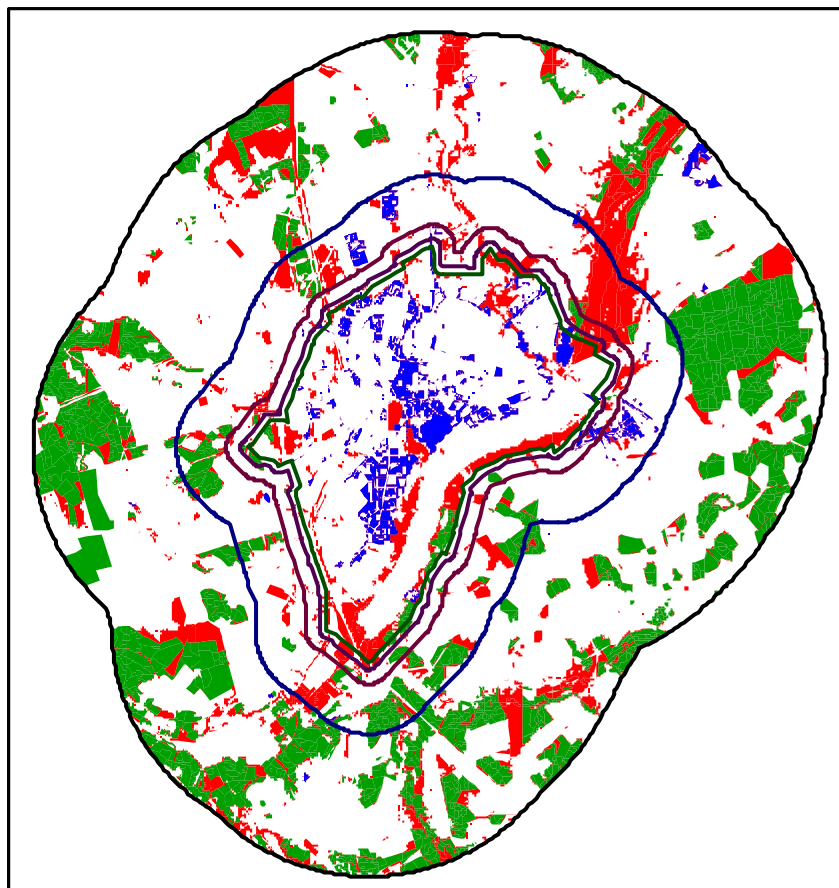
Tartu



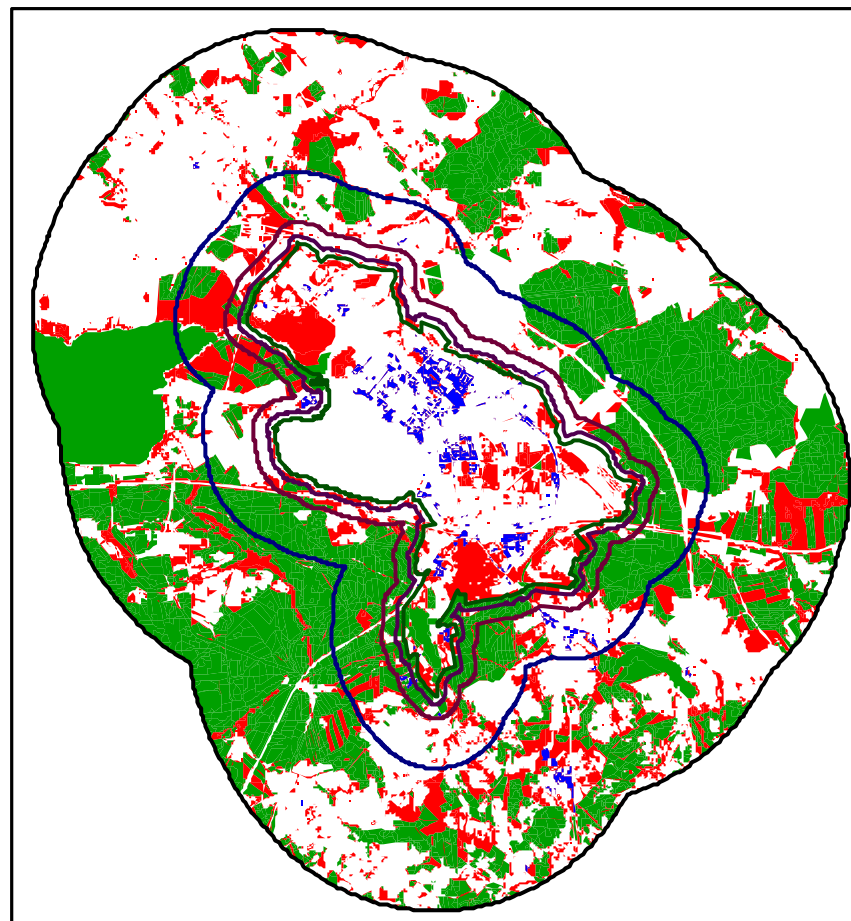
Valga



Viljandi



Võru



Lisa 11. Kahjude (kahjud koos saamatajäävate tuludega) sõltuvus linnast ja tsooni raadiusest

