



Puolustusvoimien tutkimuslaitos

Julkaisu 1

Ympäristönsuojelu ja –johtaminen puolustushallinnossa

Anna Immonen



Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen julkaisuja 1

YMPÄRISTÖNSUOJELU JA –JOHTAMINEN
PUOLUSTUSHALLINNOSSA

Anna Immonen



PUOLUSTUSVOIMIEN TUTKIMUSLAITOS
FINNISH DEFENCE RESEARCH AGENCY

YLÖJÄRVI 2015

Kannen kuva: Anna Immonen

ISBN 978-951-25-2686-4 (painettu)

ISBN 978-951-25-2687-1 (PDF)

ISSN 2342-3129 (painettu)

ISSN 2342-3137 (PDF)

Puolustusvoimien tutkimuslaitos
Finnish Defence Research Agency

Juvenes Print
Tampere 2015

Esipuhe

Ympäristönsuojelun arvostus on noussut erityisesti viime vuosikymmeninä niin paljon, että sitä voidaan monilta osin pitää nykyajan yhteiskunnassa jo eräänlaisena itseisarvona. Tavallisten ihmisten ympäristötietoisuus on lisääntynyt ja yrityksiltä osataan vaatia ympäristöystävällistä toimintaa, minkä laiminlyönti voi aiheuttaa melkoisen kolauksen imagolle. Niinpä myös puolustusvoimille on muodostunut ympäristönsuojelun velvoitteita. Väistämättä jonkinlaisia ympäristövaikutuksia aiheuttavan sotilaallisen toiminnan sovittaminen ympäristölainsäädännön ja viranomaisten vaatimuksiin vaatii melkoista tasapainoilua. Puolustushallinto näyttää kuitenkin menestyvän haastavassa puolustusvoimien ympäristöasioiden hoitamisen tehtävässään hyvin, ehkä jopa yleisestä mielipiteestä poiketen.

Tämä tutkimus on laadittu Puolustusvoimien tutkimuslaitokselle, jossa työskentelin tutkimuksen merkeissä vuonna 2014 osana räjähdde- ja suojelutekniikkaosastoa. Työlle on myönnetty asianmukainen lupa Pääesikunnasta. Tutkimus on toteutettu toimeksiantajaorganisaation näkökulmasta ja tarkoitettu erityisesti sen käyttöön, mistä johtuen tutkimuksen luonne on kartoittava. Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen rooli puolustushallinnon ympäristönsuojelun organisaatiossa näyttää melko syrjäiseltä, vaikka se tosiasiallisesti voidaan nähdä hyvinkin merkittävänä räjähdysaineanalytiikan erityisosaajana. Tutkimuksen tarkoituksena on palvella myös koko puolustushallintoa niin hyvin kuin mahdollista, mistä johtuen aineistoa on pyritty kokoamaan laajasti kansainvälisistä tutkimuksista.

Tahtoisin kiittää Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen päässä tutkimuksen ohjaajana toiminutta räjähdde- ja suojelutekniikkaosaston tutkimusalojohtaja Martti Hagforsia, sekä Helsingin yliopiston maantieteen osastolta ohjaajaani Olli Ruthia. Suuri kiitos myös räjähdde- ja suojelutekniikkaosaston tutkija Anne-Mari Salomäelle tuesta ja mukanaolosta suurimmassa osassa haastatteluja, sekä osaston johtaja Markku Mesilaaksolle avusta ja näkemyksestä. Lisäksi kiitän lämpimästi koko Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosaston henkilöstöä, jonka tiloissa sain työskennellä koko virkani ajan osana hienoa työyhteisöä. Suuret kiitokset kuuluvat tietysti myös kaikille asiantuntijoille, joita sain haastatella tutkimustani varten ja tutustua heidän työhönsä.

Anna Immonen

*Korkeakouluharjoittelija, Puolustusvoimien tutkimuslaitos, räjähdde- ja suojelutekniikkaosasto
Filosofian maisteri, Helsingin yliopisto, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, maantieteen osasto*

Tiivistelmä

Puolustusvoimien harjoittamasta sotilaallisesta toiminnasta syntyy väistämättä ympäristövaikutuksia, sillä maanpuolustuksen ylläpitäminen vaatii sen harjoittelua käytännössä. Vaikutusten tunteminen ja hallinta on tärkeää, jotta puolustusvoimien toimintaedellytykset säilyisivät. Paineita tähän asettavat tiukentuneet lainsäädännön ja viranomaisten vaatimukset sekä nykyajan ympäristötietoinen yhteiskunta. Tämän tutkimuksen tavoitteena on tarkastella, millaisia ympäristövaikutuksia sotilaallisesta toiminnasta syntyy, millaisia keinoja niiden hallintaan on ja millä tavalla ympäristöasioita hoidetaan puolustushallinnossa, jonka ympäristönsuojelun organisaatio tulee pian uudistumaan. Tutkimus on rajattu koskemaan puolustushaaroista maavoimia, sillä ympäristövaikutuksista suuri osa syntyy toiminnasta ampuma- ja harjoitusalueilla.

Tutkimus toteutettiin kirjallisuus- ja haastattelututkimuksen menetelmillä. Tutkimuksessa tarkasteltiin kansainvälisiä tutkimuksia ja puolustushallinnon omia selvityksiä. Tavoitteena oli etsiä uudenlaisia näkökulmia ja aiempia selvityksiä täydentävää tietoa. Haastattelututkimus toteutettiin puolustushallinnon keskeisten ympäristönsuojelun toimijoiden edustajille puolistrukturoidulla menetelmällä, jossa kaikille sama kysymyssarja toimi haastattelujen pohjana.

Sotilaallisen toiminnan merkittävimiksi ympäristövaikutuksiksi osoittautuivat melu ja värinä, metalli- ja räjähdysainepäästöt, fyysiset vaikutukset maaperään ja kasvillisuuteen, ilmaan syntyvät päästöt, vesistövaikutukset, eläinten käyttäytymiseen ja populaatioihin kohdistuvat vaikutukset, vaikutukset lajeihin ja elinympäristöihin sekä luonnonsuojeluun liittyvät seikat. Vaikutuksiin oli olemassa erilaisia hallintakeinoja, joihin liittyi myös monia kehitystarpeita erityisesti raskaiden aseiden meluun, värinään ja päästöihin liittyen. Puolustushallinnon ympäristöasioita hoitaa ympäristöasiantuntijoiden verkosto, jonka edustajia on puolustusvoimien lisäksi Puolustusministeriössä ja Puolustushallinnon rakennuslaitoksessa. Yhteistyötä tehdään myös ulkopuolisten kumppanien kanssa. Tämän lisäksi suhteet ympäröivään yhteiskuntaan näyttivät vaikuttavan toimintaan merkittävästi. Ympäristönsuojelun organisaatiomuutoksen odotettiin vastaavan tiettyihin kehitystarpeisiin, jotka liittyivät erityisesti organisaatorakenteeseen ja erikoistumiseen.

Tutkimustuloksista erityisen merkityksellisenä voitiin pitää sotilaallisen toiminnan positiivisia vaikutuksia lajeihin ja elinympäristöihin. Lisätutkimuksen tarvetta taas oli tunnistettavissa useampiin ympäristövaikutuksiin ja hallintakeinoihin liittyen. Ympäristöjohtamisessa tulevan organisaatiomuutoksen merkitys korostui, ja tulokset tarjosivat näkemystä sen onnistumisen kannalta tärkeiksi koettuihin seikkoihin. Tämän tutkimuksen tulokset tarjoavat taustatietoa uudistuksen onnistumista ja jatkokehitystarpeita myöhemmin arvioitaessa.

Asiasanat: ympäristövaikutukset, vaikutusten hallinta, ympäristöjohtaminen

Sisällys

Esipuhe	3
Tiivistelmä	4
1 Johdanto	6
2 Tutkimuksen tausta	8
2.1 Ympäristönsuojelu suhteessa puolustusvoimien tehtäviin	8
2.2 Käsitteet ja teoriat	10
3 Aineisto ja menetelmät	12
4 Tulokset	14
4.1 Sotilaallisen toiminnan ympäristövaikutukset	14
4.1.1 Melu ja värinä	15
4.1.2 Metall- ja räjähdysainepäästöt	16
4.1.3 Fyysiset vaikutukset maaperään ja kasvillisuuteen	20
4.1.4 Päästöt ilmaan	24
4.1.5 Vesistövaikutukset	24
4.1.6 Vaikutukset eläinten käyttäytymiseen ja populaatioihin	25
4.1.7 Vaikutukset lajeihin ja elinympäristöihin	27
4.1.8 Luonnonsuojelu	29
4.2 Ympäristönsuojelu puolustushallinnossa	31
4.2.1 Ympäristönsuojelun tila	31
4.2.2 Ympäristövaikutusten hallinta	32
4.3 Ympäristöjohtaminen puolustushallinnossa	40
4.3.1 Ympäristönsuojelun verkosto ja sen toiminta	40
4.3.2 Yhteiskuntasuhteet	45
4.3.3 Organisaatiomuutos	48
5 Tulosten tarkastelu	51
6 Johtopäätökset	60
7 Lähteet	62
8 Liitteet	81

1 Johdanto

Ympäristönsuojelua ei yleisen mielipiteen mukaan välttämättä yhdistetä ensimmäisenä puolustusvoimien toimintaan. Ympäristönsuojelun merkityksen kasvaessa nykyajan yhteiskunnassa se ei kuitenkaan jää kehityksen ulkopuolelle. Puolustusvoimien rooli on haasteellinen, sillä sen toiminta on välttämätöntä uskottavan maanpuolustuksen ylläpitämisen kannalta, mutta aiheuttaa väistämättä myös monenlaisia ympäristövaikutuksia. Toiminnalla on suuri alueellinen ulottuvuus, sillä se sijoittuu eri puolille Suomea ja näin myös ympäristövaikutusten voidaan olettaa koskevan koko maata. Vaikutusten hallinta onkin olennaista toiminnan kestävyuden ja yhteiskunnallisen hyväksyttävyyden kannalta, jotka edelleen vaikuttavat puolustusvoimien toiminnan turvaamiseen.

Puolustusvoimien toiminnasta syntyvät ympäristövaikutukset voidaan jakaa sotilaallisesta toiminnasta, logistiikasta ja materiaalinhallinnasta sekä kiinteistöjen käytöstä ja alueiden hallinnasta syntyviin vaikutuksiin [1]. Tässä tutkimuksessa keskitytään sotilaallisen toiminnan ympäristövaikutuksiin, joista suurin osa muodostuu ampuma- ja harjoitustoiminnasta. Puolustushaaroista maavoimat on keskeinen käyttäjä puolustusvoimien ampuma- ja harjoitusalueilla, mistä syystä meri- ja ilmavoimat rajautuvat tämän työn ulkopuolelle. Sotilaallisesta toiminnasta puhuttaessa tarkoitetaan tutkimuksessa siis maavoimien toimintaa.

Tutkimuksessa tarkastellaan sotilaallisen toiminnan ympäristövaikutuksista laadittuja kansainvälisiä tutkimusartikkeleja, puolustusvoimien julkaisuja sekä puolustushallinnon ympäristöasiantuntijoille toteutettuja haastatteluja, joiden perusteella vaikutukset voidaan jakaa kahdeksaan kokonaisuuteen. Puolustushallinnon näkökulmasta melu ja tärinä kuuluvat merkityksellisimpien vaikutusten joukkoon, kuten myös metalli- ja räjähdysainepäästöt. Fyysisiä vaikutuksia maaperään ja kasvillisuuteen on tarkasteltu tutkimuksissa laajasti. Ilmaan syntyvät päästöt ja vesistövaikutukset on tiedostettu, vaikkakin niistä on olemassa melko vähän tietoa. Eläinten käyttäytymiseen ja populaatioihin sekä lajeihin ja elinympäristöihin kohdistuvia vaikutuksia käsitellään monissa tutkimuksissa, mutta erityisesti luontoarvojen merkitys on kattavasti tunnistettu myös puolustushallinnossa. Luonnonsuojelusta ja puolustusvoimien toiminnasta taas on löydettävissä monia yhtymäkohtia.

Puolustusvoimilla on lainsäädäntöön perustuvia ympäristönsuojelun velvollisuuksia, jotka edellyttävät sitä esimerkiksi olemaan selvillä toimintansa aiheuttamista ympäristövaikutuksista ja pyrkimään niiden vähentämiseen. Puolustusvoimilla onkin käytössään erilaisia keinoja toimintansa aiheuttamien merkittävimpien ympäristövaikutusten hallintaan, vaikka kaikkiin ei ratkaisua vielä olekaan. Tutkimuksessa tarkastellaan myös kansainvälisessä tutkimuksessa käsiteltyjä vaikutusten hallintakeinoja.

Puolustusvoimat kuuluu laajempaan puolustushallinnon kokonaisuuteen, johon kuuluvat myös Puolustusministeriö ja Puolustushallinnon rakennuslaitos. Kaikista niistä löytyy ympäristönsuojelun toimijoita, jotka puolustusvoimien itsensä lisäksi hallinnoivat sen ympäristöasioita. Tutkimuksessa puhutaan puolustushallinnosta ympäristönsuojelun ja –johtamisen suuria kokonaisuuksia tarkasteltaessa, ja puolustusvoimista käsiteltäessä itse ympäristövaikutuksia aiheuttavaa toimijaa. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää puolustushallinnon ympäristönsuojelun organisaation rakennetta ja toimintaa. Työssä tarkastellaan myös yhteiskuntasuhteita sekä vuosien 2014 ja 2015 vaihteessa tapahtuvaa ympäristönsuojelun organisaatiomuutosta.

Työn tavoitteena on selvittää sekä kansainvälisestä että puolustushallinnon näkökulmasta, millaisia ympäristövaikutuksia sotilaallisesta toiminnasta syntyy ja millaisia hallintakeinoja niille on. Tavoitteena on myös tarkastella puolustushallinnon ympäristönsuojelun tilaa ja ympäristöjohtamista tuleva organisaatiomuutos huomioiden. Tutkimuskysymykset ovat:

1. Millaisia ympäristövaikutuksia sotilaallisesta toiminnasta syntyy kansainvälisestä ja puolustushallinnon näkökulmasta?
2. Millaisia keinoja sotilaallisen toiminnan ympäristövaikutusten hallintaan on?
3. Miten puolustushallinnon ympäristönsuojelun organisaatio toimii?
4. Miten ympäristönsuojelun organisaatiomuutos vastaa tutkimuksessa esiin tulleisiin kehitystarpeisiin?

Tutkimuksen tarkoituksena on yhdistellä kansainvälistä tutkimustietoa puolustushallinnolla itsellään olevaan tietoon ja näin saada ne täydentämään toisiaan. Pyrkimyksenä on myös mahdollisesti tuoda esille uusia näkökohtia ja toiminnan kehittämismahdollisuuksia etenkin ympäristövaikutuksiin ja niiden hallintakeinoihin liittyen. Ympäristöjohtamisen tarkastelu sijoittui ajankohtaan, jossa organisaatiomuutoksen odotettiin vastaavan eräisiin tunnistettuihin kehitystarpeisiin. Tutkimuksessa keskitytäänkin tarkastelemaan uudistukseen kohdistuvia odotuksia ja sen onnistumiseen mahdollisesti vaikuttavia näkökohtia. Organisaatiomuutoksen onnistumista itsessään on mahdollista arvioida vasta sen tapahduttua.

Tutkimuksen toimeksiantaja on Puolustusvoimien tutkimuslaitos, joka kuuluu puolustushallinnon ympäristönsuojelun verkostoon sivummalle jäävänä toimijana. Tutkimus pyrkiikin tuottamaan tietoa kyseisestä lähtökohdasta erityisesti toimeksiantajalle. Tavoitteena on kuitenkin tuoda mahdollisimman paljon hyötyä ja mahdollisia uusia näkökulmia myös koko puolustushallinnolle.

2 Tutkimuksen tausta

2.1 Ympäristönsuojelu suhteessa puolustusvoimien tehtäviin

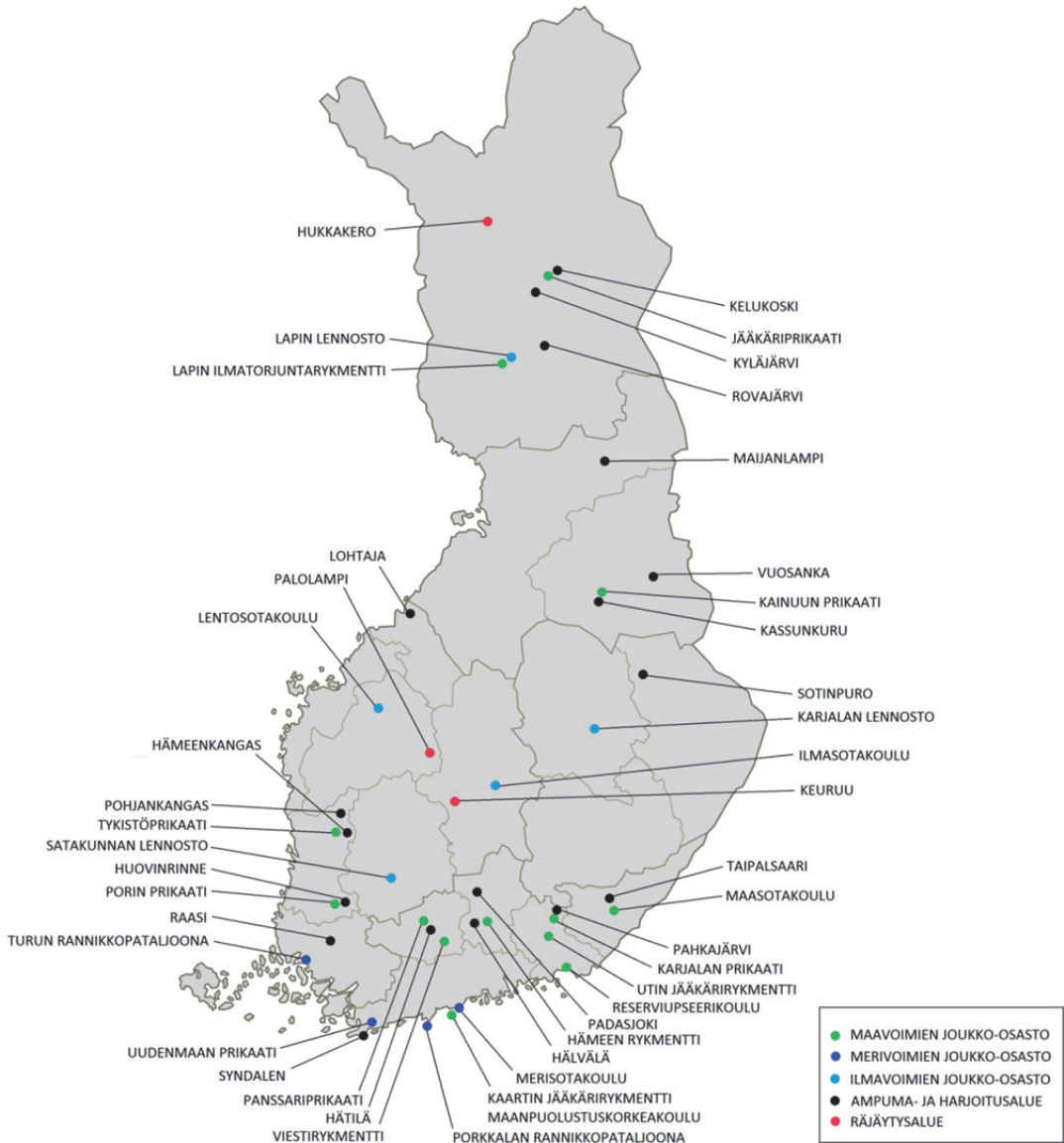
Puolustusvoimien lakisääteiset ydintehtävät ovat koko Suomen sotilaallinen puolustaminen, muiden viranomaisten tukeminen ja osallistuminen kansainväliseen sotilaalliseen kriisihallintaan [2]. Suomen alueellisen koskemattomuuden turvaaminen vaatii voimakeinoihin varautumista, mikä käytännössä tarkoittaa pienikaliiperisten ja raskaiden aseiden sekä räjähteiden käyttämistä [3]. Niiden käytön harjoittelu tapahtuu puolustusvoimien aktiivikäytössä olevilla 48 ampumaradalla sekä 68 ampuma- ja harjoitusalueella [1, 3]. Merkittävimpiä alueita ovat esimerkiksi Rovajärvi, Lohtaja, Pohjankangas, Säskylä, Pahkajärvi, Taipalsaari, Vuosanka, Hätilä, Santahamina, Hälvälä, Sotinpuro, Kyläjärvi, Kassunkuru, Raasi, Upinniemi ja Syndalen (kuva 1) [4].

Ympäristönsuojelu on tukitoiminto, joka kuitenkin liittyy kiinteästi puolustusvoimien ydintehtäviin. Ympäristönsuojelulla tarkoitetaan puolustusvoimissa sen toiminnan seurauksena syntyvien haittojen, päästöjen, materiaalin kulutuksen ja muiden ympäristölle riskejä aiheuttavien, sitä kuormittavien tai ympäröivälle yhteiskunnalle haittaa aiheuttavien tapahtumien ehkäisemiseksi ja rajoittamiseksi suunniteltua osaprosessia. Ympäristönsuojelu ymmärretään laajana kokonaisuutena, joka sisältää myös välillisesti ympäristönsuojeluun vaikuttavat toimenpiteet, kuten ympäristökasvatuksen, luonnonsuojelun ja ympäristöjohtamisen, jotka välittömästi tai välillisesti edesauttavat puolustusvoimien ydintehtävien toteuttamismahdollisuuksien säilymistä. Ympäristönsuojelu on osa ympäristöturvallisuutta, joka puolestaan muodostaa osan kokonaisturvallisuudesta [2].

Puolustushallinnon kestävä kehityksen ohjelmassa puolustusvoimat edellytetään soveltamaan laajasti vaikutusten arviointia kaikessa päätöksenteossaan [5]. Niinpä ympäristönsuojelun näkökulmasta erilaisia päätöksiä tehtäessä on arvioitava, millaisia vaikutuksia ympäristöön suunnitelmalla tai toimenpiteellä on. Puolustusvoimien tavoitteena onkin sisällyttää ympäristönäkökohdat osaksi päätöksentekoa [2].

Puolustusvoimien toiminnan ympäristönäkökohtia säätelevät monet lait, joista tavallisin lienee ympäristönsuojelulaki. Sen mukaan ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavaan toimintaan on oltava lupa, johon velvolliset kohteet luetaan ympäristönsuojeluasetuksessa. Tällaisia ovat esimerkiksi ulkoampumaradat, kun taas ampuma- ja harjoitusalueita ei ole suoraan määritelty luvanvaraisiksi [3]. Puolustusvoimat huomioidaan laissa mahdollistamalla poikkeuksia valtakunnan turvallisuuden, huoltovarmuuden tai puolustusvoimien toiminnan erityisluonteen

johdosta [3, 4]. Puolustusvoimien on toiminnanharjoittajana oltava kuitenkin riittävästi selvillä toimintansa ympäristövaikutuksista ja –riskeistä sekä haitallisten vaikutusten vähentämismahdollisuuksista [3].



Kuva 1: Puolustushaarojen joukko-osastot, tärkeimmät ampuma- ja harjoitusalueet sekä osa räjäytysalueista 2014 [6, 7, 8, tekijän muokkaama].

Puolustusvoimien toimintaan vaikuttavat myös monet muut lait, kuten naapurussuhde-, jäte-, luonnonsuojelu- sekä maankäyttö- ja rakennuslaki [4]. Kansallisen lainsäädännön lisäksi esimerkiksi EU:n Natura 2000 –verkostoon liittyvät säädökset on huomioitava [3]. Natura 2000 on suojeluverkosto, jonka

kohteet ovat EU-valtioissa sijaitsevia, lailla ja määräyksillä suojeltuja ekologisesti tärkeitä alueita. Niiden tarkoituksena on suojella luonnon monimuotoisuutta, luontotyyppejä ja lajeja [9]. Moni Natura-kohde sijaitsee puolustusvoimien alueella tai niiden läheisyydessä. Niihin kohdistuvat vaikutukset on kuitenkin huomioitu jo kohteita valittaessa [3]. Suojelun ja sotilaskäytön yhteensovittamisessa on monesti onnistuttu sekä muissa valtioissa että Suomessa [10].

2.2 Käsitteet ja teoriat

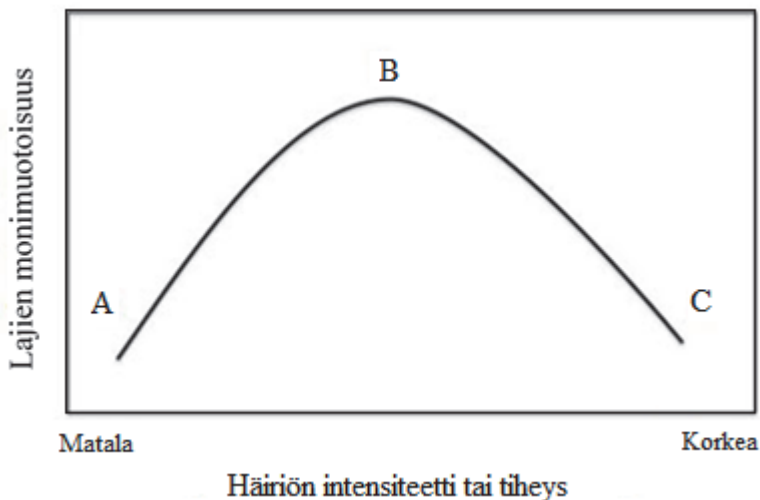
Ympäristön käsite pitää sisällään ilman, veden, maan, kasvit ja eläimet sekä arkeologiset ja historialliset resurssit [11]. Tutkimuksessa erityisesti esille nouseva käsite on biologinen monimuotoisuus eli biodiversiteetti, mikä tarkoittaa vaihtelevuutta tai muuntelua elävien organismien kesken, mukaan lukien muun muassa maa-, meri- ja muut vesiekosysteemit ja ekologiset kokonaisuudet, joihin ne kuuluvat. Siihen kuuluu myös monimuotoisuus lajien ja ekosysteemien sisällä sekä lajien välillä [12]. Ekosysteemi tarkoittaa eliöyhteisön ja sen elottoman ympäristön muodostamaa kokonaisuutta tietyssä paikassa [13].

Häiriöt ovat tärkeässä asemassa sotilaallisten ympäristövaikutusten suhteen. Häiriö voidaan määritellä yksinkertaisesti prosessiksi, joka poistaa biomassaa eli elollisia olentoja yhdyskunnasta [14]. Se voidaan määritellä myös miksi tahansa erilliseksi tapahtumaksi, joka häiritsee ekosysteemiä, yhdyskuntaa tai populaation rakennetta ja muuttaa luonnonvaroja, kasvualustan saatavuutta tai fyysistä ympäristöä [15]. Häiriön perusosat ovat taso ja intensiteetti, jotka määrittelevät ympäristöön kohdistuvan välittömän vaikutuksen [16]. Taso tarkoittaa kaikkien häiriötapahtumien koon summaa tietyllä alueella aikayksikköä kohden [17]. Intensiteetti taas tarkoittaa yleensä paikallisen häiriön aiheuttaman vahingon laajuutta [16].

Luonto itse voi tuottaa häiriöitä, kuten metsäpaloja, jotka toimivat tärkeinä ekosysteemin muovaajina ja rakentajina [18, 19]. Ne vapauttavat resursseja ja luovat elinympäristön heterogeenisyyttä, mikä ylläpitää tai jopa lisää lajien monimuotoisuutta [18, 19, 20]. Häiriöitä voivat kuitenkin tuottaa myös ihmiset, jolloin ne voivat liiallisuuksiin mennessään aiheuttaa vahinkoa ympäristölle [21]. Sotilaallinen toiminta voidaan luokitella erääksi ihmisperäiseksi eli antropogeeniseksi häiriöksi.

Ihmisten tuottamat häiriöt voivat olla myös hyödyksi luonnolle. Keskitiheiden häiriöiden hypoteesi (intermediate disturbance hypothesis) on teoria, jonka mukaan monimuotoisuus on suurinta alueilla, joita häiritään silloin tällöin (kuva 2) [18, 19]. Häiriön seurauksena jotkin lajit häviävät ja toisia voi saapua niiden tilalle. Vaikutus kohdistuu lähinnä kasvillisuuteen, sillä eläimistö mukautuu siinä tapahtuviin muutoksiin [13]. Jos häiriöt toistuvat usein, lajien monimuotoisuus on oletettavasti

alhainen, koska vain nopeasti levittäytyvät ja itävät pioneerilajit onnistuvat asuttamaan alueen ennen uutta häiriötä (kuva 2, C). Jos taas häiriöt toistuvat harvoin, lajien monimuotoisuus on oletettavasti alhainen, koska kilpailussa dominoivat lajit ehtivät syrjäyttää heikommät (kuva 2, A) [13, 22]. Niinpä häiriöiden toistuessa keskitiheästi on pioneerilajien ja hyvien kilpailijoiden mahdollista esiintyä alueella samanaikaisesti (kuva 2, B) [13, 22, 23].



Kuva 2: Keskitiheidien häiriöiden hypoteesi: häiriön intensiteetti tai esiintymistiheys suhteessa lajien monimuotoisuuteen [22, tekijän muokkaama].

Teoria perustuu siihen, että häiriön tapahtuessa paikallinen kasvillisuuden sukkessio käynnistyy uudelleen, eivätkä sukkession loppuvaiheen lajit ehdi korvata alkuvaiheen lajeja ennen uutta häiriötä [13, 24, 25]. Sukkessio tarkoittaa jollakin alueella tapahtuvaa pidempiaikaista ja jatkuvaa prosessia, jossa lajien populaatiot asuttavat aluetta ja häviävät sieltä [13]. Monet harvinaiset kasvilajit ja niistä riippuvaiset eläinlajit kuuluvat sukkession alkuvaiheen lajistoon, joten häiriöiden, esimerkiksi sotilaallisen toiminnan, voidaan joissain tapauksissa olettaa ylläpitävän niille edullisia elinympäristöjä. Keskitiheidien häiriöiden hypoteesin on kuitenkin havaittu toimivan vain osittain, joten sen rajoittunut ennustuskyky on huomioitava [23, 26].

Monimuotoisuuden on myös arvioitu maksimoituvan paikoissa, joissa esiintyy monia tyypiltään, toistumistiheydeltään, intensiteetiltään, kooltaan, muodoltaan, kestoajaltaan tai spatiaaliselta (alueelliselta) ja ajalliselta laajuudeltaan erilaisia häiriöitä. Niistä syntyy suuremmassa mittakaavassa vaihtelevia olosuhteita, joissa monenlaisten lajien on mahdollista esiintyä samanaikaisesti häiriöiden ja sukkession eri vaiheiden muodostamassa elinympäristöjen mosaiikissa. Ilmiötä kutsutaan tutkimuksessa heterogeeniseksi häiriöregiimiksi [27].

3 Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksen aineiston perusta on kerätty kirjallisuustutkimuksen kautta. Lähdekirjallisuus koostuu pääosin kansainvälisistä tutkimusartikkeleista, jotka on julkaistu arvostetuissa, arviointiprosesseja käyttävissä tieteellisissä sarjoissa. Osa aineistosta koostuu puolustushallinnon julkisiksi luokitelluista julkaisuista.

Tutkimusartikkelit haettiin pääosin ISI Web of Science ja Google Scholar – hakukoneilla Internetistä. Uusia artikkeleita etsittiin käymällä artikkelien lähdeluettelot läpi, etsimällä sieltä löytyneet tutkimuksen kannalta relevantit artikkelit ja käymällä edelleen niiden lähdeluettelot läpi, kunnes uusia artikkeleita ei enää löytynyt. Artikkelit ja julkaisut luettiin läpi ja niistä poimittiin relevantit asiat, jotka kirjoitettiin muistiinpanoiksi. Mukaan poimittiin tarvittaessa myös aiheeseen liittyviä hyvälaatuisia kuvia ja taulukoita. Muistiinpanoista eriteltiin ympäristövaikutusten aihekokonaisuudet, joita muodostui yhteensä kahdeksan. Muistiinpanot jaoteltiin näiden kokonaisuuksien mukaan ja kirjoitettiin valmiiksi tekstiksi, jossa yhdisteltiin aiheesta riippuen tutkimusartikkelien, julkaisujen ja haastattelujen aineistoa.

Toinen tärkeä aineistonkeruumenetelmä oli haastattelututkimus. Haastateltaviksi valittiin henkilö jokaisen puolustushallinnon ympäristönsuojelun organisaatioon kuuluvan keskeisen toimijan sisältä. Tutkimuksen rajauksen perusteella meri- ja ilmavoimien esikuntien ympäristövastaavia ei sisällytetty haastatteluihin. Maavoimien joukko-osastoista valittiin vain Tykistörikaati ja Kainuun Prikaati, sillä kaikkien joukko-osastojen edustajien haastattelemine olisi laajentanut työtä liikaa. Kyseiset joukko-osastot valittiin pääasiassa niiden vastuulla olevien merkittävien ampuma- ja harjoitusalueiden ja erilaisten sijaintien perusteella.

Haastateltaviksi valittujen toimijoiden sisältä oli tavallisimmin tunnistettavissa yksi ympäristövastaava, joka valittiin haastateltavaksi. Eräissä tapauksissa useammista asiantuntijoista valittiin yksi tai haastateltiin useampaa. Haastattelujen järjestämisestä suurimman osan teki toimeksiantaja Puolustusvoimien tutkimuslaitokselta. Haastateltavat tavattiin pääasiassa heidän työpaikoillaan. Haastatteluihin osallistui myös Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen edustaja.

Haastattelut toteutettiin puolistrukturoidulla haastattelumenetelmällä, joka on lomakehaastattelun ja strukturoimattoman eli vapaasti keskustellen etenevän haastattelun välimuoto. Puolistrukturoiduissa haastatteluissa kysymykset ovat tavallisesti kaikille samat [28]. Haastateltaville lähetettiinkin etukäteen lista kysymyksistä (liite 1), jonka tarkoituksena oli tarjota mahdollisuus valmistautua tapaamiseen. Itse haastattelutilanteessa kysymykset käytiin läpi vapaan keskustelun muodossa. Vastaukset kirjoitettiin samaan aikaan ylös tietokoneella.

Haastatteluissa laaditut muistiinpanot eriteltiin tapaamisen jälkeen aihekokonaisuuksiksi, joita syntyi yhteensä viisi erilaista. Tämän jälkeen ne kirjoitettiin valmiiksi tekstiksi, jossa yhdisteltiin aiheesta riippuen puolustushallinnon julkaisuja ja haastatteluissa esiin tulleita asioita.

Haastateltavina olivat:

- Puolustusministeriö, yhdyskunta- ja ympäristöyksikkö: erityisasiantuntija Matias Warsta
- Pääesikunta, logistiikkaosasto: ympäristöylitarkastaja Terhi Svanström
- Puolustushallinnon rakennuslaitos, ympäristöpalvelut: toimialajohtaja Sara Kajander
- Puolustushallinnon rakennuslaitos, ympäristöpalvelut: johtava asiantuntija Kari Koponen
- Puolustusvoimien tutkimuslaitos, esikunta: laatupäällikkö Kirsi Sundell
- Maavoimien esikunta, huolto-osasto: maavoimien johtava ympäristöpäällikkö Liisa Routaharju
- Maavoimien esikunta, huolto-osasto: meluasiantuntija Asko Parri
- Maavoimien Materiaalilaitoksen esikunta, huolto-osasto: sektorijohtaja Tytti Martikainen
- Räjähdekeskus, hallinto-osasto: työsuojelupäällikkö/ympäristövastaava Pekka Vasikkaniemi
- Pohjois-Suomen huoltorykmentti, esikunta: ympäristöasiantuntija Sami Sääksjärvi
- Länsi-Suomen huoltorykmentti, esikunta: ympäristöasiantuntija Katja Harle
- Itä-Suomen huoltorykmentti, esikunta: ympäristöasiantuntija Anna Kralik
- Tykistörikaati, esikunta: ympäristösihteeri Terhi Helkala
- Kainuun prikaati, esikunta: kiinteistö- ja ympäristövastaava Pekka Marjamaa

4 Tulokset

4.1 Sotilaallisen toiminnan ympäristövaikutukset

Sotilaallisesta toiminnasta syntyy väistämättä ympäristövaikutuksia, koska sitä on harjoiteltava käytännössä. Puolustusvoimien tehtävät edellyttävät harjoittelua mahdollisimman realistisissa olosuhteissa, joten esimerkiksi kovapanosammunnat ja räjäytykset ovat välttämättömiä sotilaallisen suorituskyvyn luomiseksi ja ylläpitämiseksi [2, 29, 30]. Ammunnoista pääsee lyijyä maahan ja kuuluu ääntä, eikä raskailla aseilla ampumista opita kirjasta lukemalla [31, 32].

Toiminnasta syntyvät vaikutukset voivat olla ajallisesti erilaisia: esimerkiksi melu on väliaikainen häiriö, kun taas haitta-aineiden kertyminen voi ilmetä hitaasti. Vaikutukset voivat olla toiminnasta välittömästi seuraavia, esimerkiksi kasvillisuuden häviämistä tai melupäästöjä, tai näiden suorien vaikutusten välillisiä ilmentymiä, kuten elinympäristöjen muuttumista. Välilliset vaikutukset ovat usein välittömiä vakavampia, minkä lisäksi ne eivät välttämättä ole heti havaittavissa ja usein myös vaikeasti ennustettavissa. Yksittäiset vaikutukset voivat lisäksi aiheuttaa yhdessä kertaantuvia vaikutuksia, vaikka erillisinä niiden vaikutus olisikin vähäinen. Yhteisvaikutuksia voi myös syntyä eri toimintojen aiheuttamista vaikutuksista tietyllä alueella [2].

Sotilaallinen toiminta aiheuttaa melua ja tärinää, metalli- ja räjähdysainepäästöjä, fyysisiä vaikutuksia maaperään ja kasvillisuuteen, ilmaan syntyviä päästöjä, vesistövaikutuksia, eläinten käyttäytymiseen ja populaatioihin kohdistuvia vaikutuksia sekä vaikutuksia lajeihin ja elinympäristöihin. Sotilaallinen toiminta liittyy monilta osin myös luonnonsuojeluun.

Sotilaallisen toiminnan ympäristövaikutuksista on laadittu paljon kansainvälistä tutkimusta, suurin osa Yhdysvalloissa. Tutkimukset painottuvat erityisesti metallipäästöihin, fyysisiin maaperä- ja kasvillisuusvaikutuksiin, eläinten käyttäytymiseen ja populaatioihin sekä lajeihin ja elinympäristöihin liittyviin kokonaisuuksiin.

Puolustushallinnossa ympäristövaikutuksista keskitytään niihin, jotka uhkaavat eniten puolustusvoimien toiminnan turvaamista [2]. Tällaisia ovat erityisesti melu ja tärinä sekä vaikutukset maaperään, pohjaveteen ja luontoon [33]. Näistä erityisesti melu sekä maaperä- ja pohjavesivaikutukset toistuivat lähes kaikissa haastatteluissa näkemyksinä merkittävimmistä vaikutuksista [32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42].

4.1.1 Melu ja tärinä

Melu on ääntä, jonka ihmiset kokevat epämiellyttäväksi tai joka jollain muulla tapaa on haitallista ihmisten terveydelle tai hyvinvoinnille [2, 3, 43]. Se on ympäristösaaste, jonka tiedetään vaikuttavan myös eläimiin ja välillisesti luontoon [29]. Ihmisiin kohdistuvien vaikutusten johdosta melu voidaan lukea ympäristöterveyden alaan kuuluvaksi, mutta johtuen sen merkittävydestä puolustusvoimien toiminnassa sitä käsitellään myös tässä. Melun merkityksestä kertoo, että sille on puolustushallinnon nykyorganisaatiossa osoitettu erikseen oma asiantuntija muista ympäristövaikutuksista poiketen [38]. Melu eroaa muista vaikutuksista siinä, ettei se yleensä aiheuta fyysisiä, ajallisesti säilyvää pilaantumista. Sen sijaan melun ihmisille ja eläimille aiheuttamat terveysvaikutukset voivat olla pitkäaikaisia tai pysyviä [2].

Sotilaallisen toiminnan meluvaikutukset syntyvät pääosin toiminnasta ampumal alueilla. Ampumamelu jaetaan suupamauksen, lentoäänen ja iskemän aiheuttamiin ääniin [2, 29, 44]. Suupamaus tarkoittaa aseiden piipusta purkautuvien palokaasujen aiheuttaman paineaallon synnyttämää ääntä, iskemä-ääni puolestaan syntyy ammuksen iskeytyessä kiinteään materiaaliin tai aineeseen [29]. Aseen kaliiperi vaikuttaa melun laatuun [2]. Raskaiden aseiden ammunnoista syntyvä melu on tyypillisesti pienikaliiperisia aseita matalataajuisempaa, jolloin melu voi kantautua laajalle alueelle, eikä esimerkiksi kasvillisuus vaimenna sitä kovin tehokkaasti [2, 29, 45]. Ampuma- ja räjäytysmelu on impulssimaista eli lyhytkestoista, mikä koetaan yleensä jatkuvaa melua häiritsevämmäksi [2, 3].

Impulssimaisuuden lisäksi melun häiritsevyydessä lähtökohtana on, että äänitasoltaan kovempi melu on häiritsevämpää, jatkuva melu häiritsee ajallisesti rajoittuneempaa enemmän ja yöaikainen melu päiväaikaista enemmän [2]. Puolustusvoimien toiminnasta aiheutuvalla melulla altistuu 6500–8000 ihmistä, mikä on suhteellisen pieni määrä verrattuna yhteensä noin 800 000–1 000 000 suomalaiseseen, joiden asuinympäristössä melu ylittää päiväsaikaan ohjearvot eli säädetyt melutason arvot, joita ei normaalisti pidä ylittää [1, 29, 43]. Käytännössä kaikkien puolustusvoimien ampuma-alueiden meluvaikutusten piirissä sijaitsee kuitenkin jonkin verran vakituista ja loma-asutusta [29].

Meluvaikutusten osalta puolustusvoimien alueista korostuvat selvästi sellaiset, joiden läheisyydessä sijaitsee asutusta. Ammuntojen ja räjäytysten melusta aiheutuu usein valituksia [31, 41]. Esimerkiksi Santahaminan merkitys nähdään alueen kokoa suurempana yhteiskunnan paineista ja meluvaikutusten piirissä elävästä suuresta asukasmäärästä johtuen [34, 36, 37, 38, 39]. Myös Vuosangan, Lohtajan ja Pohjankankaan ampuma- ja harjoitusalueiden lähiympäristön asukkaat ovat tehneet meluvalituksia [38].

Melun lisäksi tärinä on merkittävä vaikutus erityisesti raskaiden aseiden ammuntoihin ja räjäytyksiin käytettävillä alueilla. Ammunnasta tai räjähdyksestä syntyvä, ilmassa etenevä paineaalto voi aiheuttaa tärinää rakennuksissa monien kilometrien päässä ampuma-alueesta [29, 45]. Monien ampuma-alueiden lähiympäristön asukkaat ovat aktivoituneet melu- ja tärinävaikutusten suhteen, mistä johtuen niitä on selvitetty paljon esimerkiksi Tykistöprikaatissa Pohjan- ja Hämeenkaan raskasaseamunnoissa [31]. Lisäksi Räjähdekeskuksessa räjäytystoiminnan melu ja tärinä ovat luonnollisesti merkittäviä vaikutuksia [41].

4.1.2 Metalli- ja räjähdysainepäästöt

Ammunnoista ja räjäytyksistä syntyy maaperään ja pohjaveteen kohdistuvia vaikutuksia, jotka muodostuvat pääasiassa ampumaratojen ja –alueiden metallipäästöistä sekä raskaiden aseiden ammunnoista ja räjäytyksistä syntyvistä räjähdysainepäästöistä. Metallipäästöjä tarkastellaan tässä tutkimuksessa niiden metallien osalta, jotka voivat olla ihmisille tai ympäristölle myrkyllisiä tai aiheuttaa pilaantumista, mukailen Duffusin [46] raskasmetallien määritelmää. Itse raskasmetallin termiä ei tässä tutkimuksessa käytetä sen määrittelyyn liittyen erilaisten tulkintojen ja niihin liittyen mahdollisten epäselvyyksien vuoksi.

Räjähdysaineet kuuluvat energeettisten materiaalien suurempaan ryhmään, jotka ovat hajotessaan paljon energiaa hapettumisprosessin kautta vapauttavia materiaaleja. Niitä käytetään räjähteissä, jolloin energia vapautuu äkillisesti, ja polttoaineina esimerkiksi raketeissa, jolloin energia vapautuu kontrolloidummin [47, 48].

Räjähdysaineet ovat lisäksi osa räjähtävien aineiden kokonaisuutta, joka voidaan jakaa myös ruuteihin ja pyroteknisiin aineisiin. Ruuti on yleisnimitys aineille tai seoksille, joita käytetään työntövoimana lentävissä ammuksissa, kuten luodeissa, kranaateissa, ohjuksissa tai raketeissa. Ne kuuluvat deflagroituviin eli humahtaviin aineisiin. Pyroteknisiä aineita puolestaan käytetään aikaansaamaan lämpö-, valo-, savu-, viive- ja ääniefektejä. Varsinaisia räjähdysaineita ovat detonoivat eli räjähtävät aineet [6].

Metallit

Metallipäästöistä suurin osa syntyy pienikaliiperisten aseiden ampumaradoilla. Puolustusvoimien käyttämien rynnäkkökiväärien ja tavallisimpien pistoolien luodit koostuvat lyijystä (71–74 %), kuparista (23 %), antimonista (1–4 %) ja sinkistä (3 %) [2]. Kyseiset metallit myös muodostavat pääosan haitta-ainekuormasta, jossa merkittävin aine on ammusten päämateriaali, lyijy [2, 44, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57]. Muita ammuksissa käytettäviä metalleja ovat rauta, mangaani, alumiini, nikkeli, kromi, barium, arseeni ja kadmium [3, 50, 56, 58].

Juuri lyijy on suurista päästömäärästään johtuen tunnistettu haasteelliseksi, sillä se on ihmisille, eläimille ja kasveille myrkyllinen, luontoon kertyvä metalli [2, 3]. Ampumaradoille voi kertyä hyvinkin suuria lyijymääriä [3, 59, 60]. Monien Suomen ampumaratojen on todettu olevan saastuneita erityisesti lyijystä ja antimonista [52, 58]. Saastekuorma riippuu radan iästä, toiminnan ja ammusten tyypistä sekä ammuttujen laukausten määrästä [44, 58]. Puolustusvoimien ampumaradoilla ja -alueilla ammuttiin vuonna 2012 noin 20 miljoonaa rynnäkkökiväärin laukausta, mikä tarkoittaa yli 100 000 kg lyijykuormitusta vuodessa. Samana vuonna ammuttiin lisäksi noin 1,5 miljoonaa laukausta lyijyttömiä alumiiniluoteja sekä noin 25 000 laukausta raskaita ampumatarvikkeita [1].

Kivääriammunnoissa luodit kertyvät ampumaradan taustavalleihin, jotka ovat usein luonnonmateriaalia, kuten hiekkaa [49, 51, 58]. Kun luodit iskeytyvät valliin, hankaus aiheuttaa lyijyn ja muiden metallien vapautumisen ympäristöön [61]. Pidemmällä aikavälillä ammuksset voivat hajota rapautumalla [58]. Näin metallit pääsevät kulkeutumaan maaperään. Ampumaradoilla pilaantuminen on yleensä keskittynyt taustavallien iskemäkohtiin ja niiden läheisyyteen [3]. Myös raskaiden aseiden ammunnoista ja räjäytyksistä voi seurata metallipäästöjä ammusromun, kuten kranaatinkuorten sirpaleiden muodossa [29]. Päästöt koostuvat pääosin raudasta, mangaanista ja kuparista, ja keskittyvät maalialueille [3, 29].

Räjähdysaineet

Sotilaallisesta toiminnasta aiheutuvat räjähdysainepäästöt syntyvät pääasiassa raskaiden aseiden ja räjähteiden käytöstä. Raskaan aseiden ammus koostuu kuoresta, räjähdysainetäytteestä, räjäyttimestä, johtorenkaasta, välikappaleesta ja sytyttimestä [29]. Sotilasräjähteissä yleisimmin käytetty räjähdysaine on trinitrotolueeni (TNT), jota käytetään muun muassa kranaateissa ja miinoissa [6, 29, 62]. TNT:tä tehokkaampi räjähdysaine on heksogeeni (Royal Demolition eXplosive, RDX), jota käytetään muun muassa nalleissa, räjäyttimissä sekä kranaattien ja ontelopanosten täytteenä [6]. Erityisesti kranaattien täytteenä käytetään yhä yleisemmin myös heksotolia, joka on TNT:n ja RDX:n seos (40/60 %). Räjähteissä voidaan käyttää lisäksi oktogeeniä (High Melting eXplosive, HMX) [6, 29]. HMX tosin on kustannuksiltaan kalliimpaa.

Räjähdysaineen mahdollinen pääsy maahan määräytyy pitkälti räjähdystapahtuman kautta. Räjähdysten tapahtuessa suunnitellusti päästöt ovat vähäisiä, koska räjähdysaineet palavat lähes täydellisesti [1, 3, 6, 29]. Kyseistä tapahtumaa voi nimittää myös korkean kertaluvun räjähdykseksi tai HO- eli high order –detonaatioksi. Jos ammus puolestaan räjähtää vaillinaisesti (matalan kertaluvun räjähdys tai LO- eli low order –detonaatio) esimerkiksi rakenteellisen vian vuoksi, voi räjähdysainetta päästä maahan, koska aine ei pala kunnolla tai ammus jää suutariksi [1, 6, 29, 63]. Suutareista räjähdysainetta voi päästä maahan myös

myöhemmässä vaiheessa esimerkiksi toisen ammuksen vaikutuksesta, raivauksen yhteydessä tai ajan mittaan puhki ruostumalla [6, 29].

Huomattavimman räjähdysainepäästörisikin aiheuttavat juuri räjähtämättömät tai osittain räjähtäneet ammuksot [1, 6, 30]. Yksi rikkoutunut, räjähtämätön ammus voi arvion mukaan johtaa yhdessä paikassa suurempaan saastumiseen kuin 100 000 korkean kertaluvun räjähdystä koko maalialueella [30]. Lisäksi useampi haastateltava piti räjähdysainepäästöjä merkittävänä ympäristövaikutuksena [37, 40, 65].

Räjähdysainepäästöjä voi syntyä raskaiden aseiden ammunnoissa sekä tuliasema-että maalialueilla [29]. Päästöt ovat todennäköisesti paikallisia, sillä niiden pitoisuuksien on havaittu laskevan syvyyden ja etäisyyden kasvaessa räjähdyspaikasta [6, 64]. Räjähdysaineet hajoavat maahan päästessään melko nopeasti auringonvalon vaikutuksesta, mutta toisaalta moni niiden hajoamistuote tiedetään myrkylliseksi [2, 29]. Maaperässä räjähdysaineista syntyy yleensä dinitroyhdisteitä (DNT) ja pelkistyy aminodinitroyhdisteitä (ADNT).

Kulkeutuminen ja kertyminen

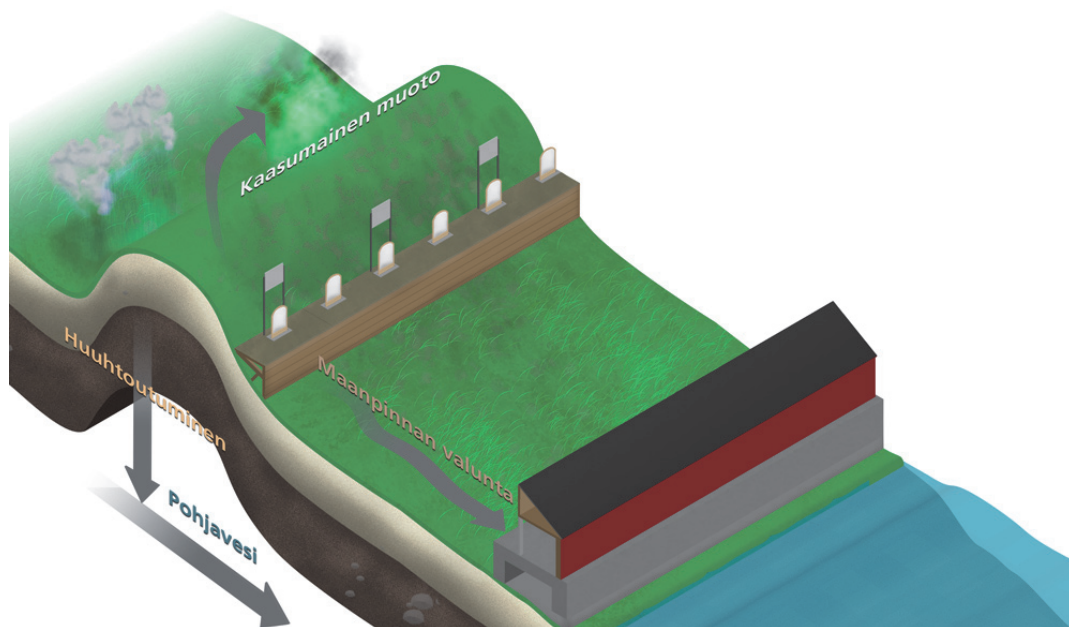
Metallit ja räjähdysaineet voivat aiheuttaa merkittäviä haittavaikutuksia, jos ne materiaaleista irrottuaan pääsevät kulkeutumaan maanpinnasta syvemmälle maaperään ja pohjaveteen asti [3]. Pilaantuneen pohjaveden käyttö juomavetenä aiheuttaa huomattavan terveysriskin [53]. Aineiden liikkuvuuteen vaikuttaa suurelta osin niiden reagointi maaperän ominaisuuksien kanssa. Pohjaveteen kulkeutumista määrittää lisäksi pohjaveden taso [44, 49, 58, 64].

Metallit huuhtoutuvat tavallisimmin maahan suodattuvaan sadeveteen liuenneina alaspäin maaperässä, jossa ne voivat pohjaveden tason saavuttaessaan kulkeutua sen virtausten mukana (kuva 3) [54, 58]. Aineet voivat myös kulkeutua pintavalunnan mukana tai kaasumaisessa muodossa, jollaiseksi esimerkiksi arseeni ja antimoni voivat muuntua (kuva 3) [6, 58].

Metallien kulkeutumiseen maaperässä vaikuttavat muun muassa maan kosteus, lämpötila, maalaji, alhainen pH ja humuspitoisuus [1, 2, 52, 55, 56, 66, 67]. Happamuuden ja hiekkaisuuden on todettu edistävän lyijyn muuttumista liikkuvampaan muotoon [52, 58, 59]. Toisaalta arseeni ja antimoni on havaittu lyijykin liikkuvammiksi ja myös myrkyllisemmiksi [56, 58, 68].

Metallit liukenevat yleensä melko pieninä määrinä, joten laajempaa leviämistä tapahtuu harvoin [1, 44]. Kohonneet metallipitoisuudet keskittyvät yleensä pintamaan ylimpään 0,5 metriin [44]. Esimerkiksi lyijy, kupari ja antimoni sitoutuvat tyypillisesti maan orgaaniseen pintakerrokseen [2, 66, 69]. Suomalaisilla ampumaradoilla lyijysaastuminen on suurimmalta osin rajautunut maan

humuskerrokseen, ja vain vähäisten määrien on todettu siirtyneen alemmas mineraalimaahan [49, 66]. Puolustusvoimien ampumaratojen taustavalleissa lyijyä on havaittu noin metrin syvyydeltä iskemäkohdasta alaspäin [2].



Kuva 3: Ampumaradan metallipäästöjen kulkeutumisprosessit [54, Tony Westerlundin muokkaama].

Räjähdyksaineiden tiedetään säilyvän maaperässä ja pohjavedessä pitkään, ja kulkeutuvan etenkin vettä läpäisevillä hiekkaisilla mailla [2]. Yksi tärkeimmistä räjähdysaineiden kulkeutumiseen vaikuttavista prosesseista on yhdisteiden kiinnittyminen ja irtoaminen ympäröivästä materiaalista eli sorptio ja desorptio [6]. TNT, RDX ja HMX ovat melko huonosti kulkeutuvia, koska ne tavallisesti kiinnittyvät maapartikkeleihin ja absorboituvat maaperän orgaaniseen ainekseen [29, 64]. Nopean hajoamisen lisäksi niiden vesiliukoisuus on alhainen [29]. Moni muu energieettinen yhdiste kuitenkin on hyvin vesiliukoinen ja tällöin myös riski pohjavedelle [30, 64, 70, 71].

Jos maakerros pohjaveden päällä on ohut, on haitta-aineilla lyhyempi matka päästä sinne maaperässä kulkeutuessaan [49, 61]. Pääosin lyijystä syntyneitä vaikutuksia on havaittu matalissa pohjavesissä, mutta tiedossa ei ole, että ainakaan puolustusvoimien pienaseiden ammuntojen haitta-ainepäästöt olisivat pilanneet pohjaveden käyttökelttomaksi [44]. Lyijyn ja muiden metallien siirtymistä matalaan pohjaveteen suurina annoksina ei pidetä kovin todennäköisenä, ja olisi arvioiden mukaan mahdollista vain, jos maaperän humuskerros puuttuisi kokonaan [49, 66]. Riski on kuitenkin huomionarvoinen, sillä puolustusvoimien

ampumaradoista noin neljännes ja merkittävistä ampuma- ja harjoitusalueista yhdeksän kappaletta sijoittuu pohjavesialueille [1].

Maaperään ja pohjaveteen päästessään metallit voivat aiheuttaa välillisesti elolliseen ympäristöön kohdistuvia vaikutuksia, jotka muodostavat moniulotteisen verkoston saasteen, maaperän ominaisuuksien sekä maanalaisten ja –päällisten organismien välillä. Jos aineet aiheuttavat muutoksia maan alla, se vaikuttaa maanpäälliseen eliöstöön, mitä kautta vaikutukset voivat pahimmillaan ulottua koko ekosysteemin laajuiseksi [6, 60]. Erityisesti lyijy voi häiritä ja vähentää maaperän eliöstöä ja kertyä saaliseläimistä saalistajiin [58, 60, 72]. Toisaalta eräiden organismien on havaittu myös kehittyneen vastustuskykyisiksi lyijylle [60].

Metalleja voi kertyä kasveihin veden mukana, jota ne ottavat maasta juurillaan [56, 68]. Metallien kertyminen voi häiritä kasvien kasvua ja olla välillisesti riski niitä ravintonaan hyödyntäville eläimille ja ihmisille [53, 60, 73]. Ampumarata-alueilla kasvavista kasveista on havaittu kohonneita lyijy-, antimoni-, kupari- ja nikkelpitoisuuksia [3, 53, 67]. Lisäksi ampuma-alueilla kasvavissa sienissä ja marjoissa on havaittu kohonneita lyijypitoisuuksia [74].

Toisaalta monissa tutkimuksissa kasveihin ei havaittu huomattavasti kertyvän metalleja niiden suurista määristä tai liikkuvuudesta huolimatta [53, 56, 74, 75]. Kasvillisuuden havaittiin voivan melko hyvin voimakkaastikin lyijystä saastuneilla alueilla [60]. Myös massaräjätysalueella kasvillisuudesta ja marjoista havaittujen kohonneiden metallipitoisuuksien todettiin johtuvan metallisen pölyn laskeumasta eikä kertymisestä [76].

Eläimistöön maaperän metallit voivat vaikuttaa ravintoketjuun päästessään. Lyijy on myrkyllistä eläimille ja erityinen riski niille, jotka altistuvat pilaantuneelle maalle etsiessään ravintoa esimerkiksi ampumaratojen läheltä [77, 78, 79]. Muun muassa kastematoja syövät eläimet, kuten linnut ja kontiaiset, kuuluvat riskiryhmään [80]. Eläimet voivat myös syödä luoteja luullen niitä marjoiksi tai siemeniksi, tai tarkoituksella lyijysuolojen maun vuoksi [78]. Ravintoketjussa kulkeutuessaan metallit voivat heikentää koko ekosysteemin toimintaa, vaikkakin kokonaisvaikutus voi olla myös yllättävän vähäinen verrattuna sen osiin kohdistuviin muutoksiin [53, 60].

4.1.3 Fyysiset vaikutukset maaperään ja kasvillisuuteen

Sotilaalliseen toimintaan kuuluvat olennaisesti sotilasjoukkojen liikkuminen ja raskaan kaluston käyttö, jolla tässä tarkoitetaan panssarivaunuja ja pyörällisiä ajoneuvoja. Niistä voi kuitenkin seurata maaperään ja kasvillisuuteen kohdistuvia fyysisiä vaikutuksia, joista suurin osa liittyy maaston kulumiseen, maan tiivistymiseen ja erilaisiin muutoksiin kasvipeitteessä [81]. Puolustusvoimien käytössä on hyvin raskasta ajoneuvokalustoa, joka voi liikkueessaan tiivistää

maaperää [2]. Lisäksi pyörät ja telat voivat kuluttaa maanpintaa tuhoten samalla kasvillisuutta [82]. Kyseiset vaikutukset huomioitiin myös useammassa haastattelussa [31, 37, 39].

Sotilasjoukkojen liikkuminen aiheuttaa kalustoon verrattuna lievempiä vaikutuksia, mutta siitäkin voi seurata maaston kulumista ja maaperän tiivistymistä. Harjoitteluun liittyvä ampumatoiminta, leirytyminen ja maan kaivaminen esimerkiksi poteroita varten voivat aiheuttaa huomattavia, vaikkakin yleensä paikallisia vaikutuksia [82]. Lisäksi erilaisten ammusten räjäyttämisen ja niistä syntyvät maastopalot aiheuttavat kasvillisuuden kulumista [63, 83].

Kasvillisuuden häviäminen ja maanpinnan kuluminen lisää eroosion mahdollisuutta ja muuttaa uusiutuvan kasvillisuuden rakennetta [81]. Toisaalta jatkuva kulutus voi myös ylläpitää erityislaatuista elinympäristöjä, jotka muuten häviäisivät umpeenkasvun myötä [40, 84]. Maan tiivistyminen muun muassa lisää pintavaluntaa ja heikentää maaperän laatua, mikä edelleen voi heikentää kasvillisuuden toipumismahdollisuuksia huonojen kasvuolosuhteiden vuoksi.

Maaston kuluminen

Sotilaallinen toiminta voi aiheuttaa paikoin voimakastakin maaston kulumista pääosin raskaan kaluston liikkumisen sekä sotilasjoukkojen tallauksen ja oheistoiminnan seurauksena. Kuluminen ilmenee toiminnan tyypistä ja intensiteetistä riippuen yleensä ensin kasvillisuuspeitteen litistymisenä, harvenemisenä ja pahimmillaan häviämisenä, maanpinnan paljastumisena ja muokkaantumisenä sekä erilaisina ajoneuvojen muodostamina urina (kuva 4) [82].



Kuva 4: Ajoneuvon muodostama ura Syndalenin dyneillä [82].

Raskas kalusto aiheuttaa melko väistämättä kulumista, sillä sen tehtävät vaativat usein kykyä kulkea maasto-olosuhteissa [85]. Ajotyylin on tutkimuksissa havaittu olevan tärkeässä roolissa vaikutusten syntymisen suhteen. Kun ajoneuvo liikkuu suoraan tai tekee loivan käännöksen alhaisella nopeudella, kasvillisuus yleensä litistyy eikä irtoa maasta [86, 87]. Tiukasti suuremmalla nopeudella kääntyessään se voi kuitenkin rikkoa ja paljastaa maanpintaa ja tällöin irrottaa myös kasvillisuutta [86, 87, 88, 89]. Käytännössä äkillisiä käännöksiä ei suurilla nopeuksilla voi kuitenkaan juuri tehdä vaarantamatta ajoneuvon vakautta [86]. Panssarivaunujen telat voivat aiheuttaa erityisen voimakasta kulumista, sillä yhden vaunun käännöksen on arvioitu tuottavan yhtä paljon vaikutuksia kuin kahdeksan suoraa yliajtoa [89, 90].

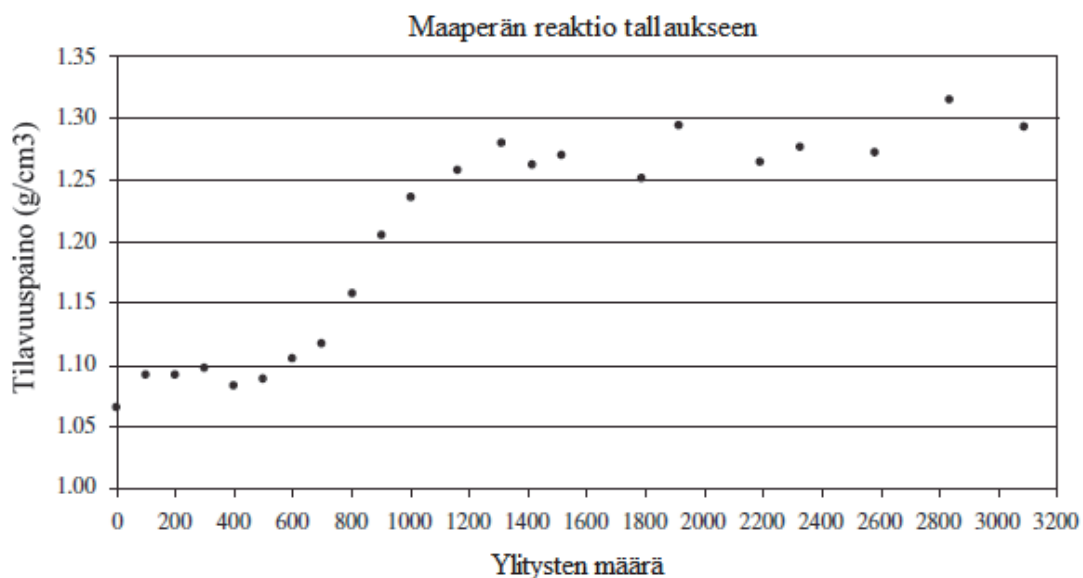
Raskas kalusto voi aiheuttaa merkittävää tuhoa vahingoittamalla ja murskaamalla kasveja jo yhden yliajon seurauksena [11, 27, 90, 91, 92, 93]. Yliajtojen on todettu myös vähentävän karikekerrosta ja kasvillisuuden pohjakerrosta [92, 94]. Karike ja pohjakerros suojaavat maanpintaa kulutukselta, joten niiden häviäminen ja maan paljastuminen altistaa maaperänkin rasitukselle [90, 92, 95, 96, 97, 98, 99, 100]. Myös sotilasjoukkojen toistuvan tallauksen, leiriytymisen sekä asemien ja ojien kaivamisen on havaittu vähentävän kasvipeitettä ja lisäävän paljasta maata [83, 95, 98]. Pehmeällä alustalla, kuten maastossa tai heikkokuntoisilla teillä, voi pyöristä tai teloista syntyä näkyviä uria (kuva 4) [101]. Maan korkean kosteuspitoisuuden on havaittu voimistavan uurtamista ja kasvillisuusvaikutuksia [11, 88, 91, 100, 102, 103].

Myös kasveilla itsellään voi olla sietokykyä, eli häiriöstä toipumisen ja tuottavaan tilaan palautumisen kykyä parantavia ominaisuuksia [104]. Tällaisiksi on tutkimuksissa havaittu muun muassa kasvin pieni koko, maanpintaa myötäilevä kasvutapa ja maavarret [105, 106, 107]. Lisäksi alun perin suhteellisen vahingoittumattomat ja runsaslukuiset kasvit on havaittu kestäviksi [106, 107].

Maan tiivistyminen

Maaston kulumisen lisäksi maaperä voi tiivistyä raskaan kaluston ja sotilasjoukkojen toiminnan seurauksena [2, 27, 92, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114]. Maanpintaan kohdistuva paine aiheuttaa maaperän rakenneosien hajoamista tai yhdistymistä isommiksi yksiköiksi, minkä seurauksena maan huokoisuus vähenee eli maa tiivistyy [113, 115, 116, 117]. Tiivistyminen aiheuttaa tyypillisesti maan tilavuuspainon nousua, raekokojen kasvamista, maan kovettumista ja veden suotautumisen heikentymistä [89, 92, 95, 96, 110, 113, 115, 116, 117, 118, 119, 120]. Tiivistymisen seurauksena maanpinnan valunta voi lisääntyä ja johtaa pahimmillaan tulvimiseen ja pohjaveden uusiutumisen heikentymiseen [96, 110, 115, 121]. Lisäksi kasvien kasvuolosuhteet huononevat maan kuohkeuden ja veden saatavuuden vähentyessä [2, 89, 117, 122]. Myös eroosio voi lisääntyä [89, 110, 115, 123, 124].

Sotilaallisen toiminnan vaikutusta erityisesti maaperän tilavuuspainoon on tutkittu melko paljon. Tilavuuspaino tarkoittaa luonnontilaisen maamassan painon ja tilavuuden suhdetta [125]. Se on erilainen eri maalajeilla, minkä lisäksi siihen vaikuttaa esimerkiksi maan kosteus [98, 125]. Tilavuuspaino kasvaa maan tiivistyessä, koska silloin maan kokonaistilavuus pienenee [125]. Yhdysvaltalais tutkimuksissa raskaan kaluston ja sotilasjoukkojen liikkumisalueilta sekä leiriytymispaikoilta on havaittu selvästi kohonneita tilavuuspainoja [93, 95, 98]. Eräässä sotilasjoukon tallauksen vaikutuksia tarkastelleessa tutkimuksessa maan tilavuuspainossa havaittiin nousu 700 ja stabiloituminen noin 1300 jalkaisin tehdyn ylityksen kohdalla, jolloin tilavuuspaino jäi 1,30 g/cm³ tuntumaan eikä enää merkittävästi muuttunut (kuva 5) [98]. Nousun selittäjäksi arvioitiin kasvillisuuden häviämistä tutkitulta reitiltä, jolloin kasvit ja karikke eivät enää suojanneet maanpintaa [95, 98]. Stabiloitumisen taas arveltiin viittaavan siihen, ettei maan tiivistyminen olosuhteista riippuen välttämättä etene enää jonkin asteen saavutettuaan [92, 95].



Kuva 5: Maan tilavuuspainon muutos suhteessa sotilaiden jalkaisin tehtyihin ylityksiin Yhdysvalloissa [98, tekijän muokkaama].

Maan tiivistymisen alttius ja lopullinen taso riippuvat sotilaallisen toiminnan aiheuttaman paineen ja toistuvuuden lisäksi maaperän rakenteesta ja kosteusolosuhteista [109, 111, 112, 118, 122, 123, 126]. Tiivistymisen mahdollisuus kasvaa maaperän kosteuspitoisuuden lisääntyessä [2, 118, 122, 123]. Saviset maat tiivistyvät hiekkaisia maita helpommin, mutta pystyvät toisaalta toipumaan rasituksesta paremmin, sillä kastuessaan ja kuivuessaan sekä jäätyessään ja sulaessaan maa laajentuu ja kutistuu, minkä vaikutuksesta sen rakenne löyhenee

[11, 118, 122]. Maan lopullinen toipuminen vaihtelee tiivistyneen maakerroksen syvyyden mukaan, eikä voimakkaasti tiivistynyt maa välttämättä koskaan toivu täysin ilman kunnostusta [117].

4.1.4 Päästöt ilmaan

Ilmaan syntyviä päästöjä muodostuu jonkin verran ammunnoissa [6, 58]. Lisäksi puolustusvoimien maa-ajoneuvojen päästöt on tiedostettu, sillä niihin käytetään vuosittain 12 miljoonaa litraa polttoainetta [1, 2, 37]. Huomiota niihin on kuitenkin ryhdytty kiinnittämään vasta viime aikoina, koska päästöt eivät ole silmillä nähtävissä [37]. Nimenomaan sotilaallisesta toiminnasta ilmaan syntyvistä päästöistä ei näy olevan juuri lainkaan tutkimustietoa.

4.1.5 Vesistövaikutukset

Sotilaallisen toiminnan aiheuttamat vesistövaikutukset ovat pääosin luonteeltaan epäsuoria. Vesistöt ovat kiinteässä yhteydessä valuma-alueisiinsa, joista niihin saapuu valumavesiä ja niiden mukana muun muassa ravinteita ja kiinteää ainesta [127]. Niinpä vesistöissä ilmenevät muutokset ovat usein seurausta valuma-alueeseen kohdistuneesta häiriöstä. Valuma-alueella tarkoitetaan maaston muotojen perusteella rajattua aluetta, jolle tuleva ja pintavedeksi jäävä sade kerääntyy lopulta yhteen virtaan ja poistuu alueelta [13].

Sotilaallinen toiminta kuluttaa ja tiivistää maata sekä hävittää kasvillisuutta, mistä voi seurata eroosion kiihtymistä. Kulutuksen ja eroosion seurauksena irronnut maa-aines pääsee helpommin kulkeutumaan valumavesien mukana etenkin, jos sitä sitovaa kasvillisuutta ei enää ole. Koko prosessin tulos voi ilmetä vesistöissä maa-aineksen kuormituksen lisääntymisenä [2, 94, 127]. Tämä voi edelleen aiheuttaa vaikutuksia vesistöjen eliöissä ja ekosysteemeissä haittaamalla esimerkiksi kala- ja hyönteislajien munien ja toukkien selviytymistä vedessä tai heikentämällä uhanalaisten lajien elinolosuhteita [127, 128, 129].

Vesistöjen kannalta haasteellista on sotilaallisen toiminnan aiheuttamien häiriöiden toistuminen, minkä vuoksi maaperä ja kasvillisuus eivät pääse stabiloitumaan ja vaikutukset voivat pitkittyä. Erityisesti raskas kalusto voi maaperä- ja kasvillisuusvaikutustensa kautta aiheuttaa lisääntynyttä kuormitusta vesistöihin [112, 130]. Ajoneuvojen muodostamiin uriin voi myös ajan myötä muodostua puroja, jotka voivat lisätä kuormitusta kasvaessaan. Lisäksi ajoneuvoilla tehdyt virtavesien ylitukset voivat irrottaa liikkeelle suuria määriä kiinteää ainesta [128].

4.1.6 Vaikutukset eläinten käyttäytymiseen ja populaatioihin

Luonnonvaraiset eläimet voivat kokea sotilaallisen toiminnan häiriötekijänä. Yleisimmin eläimiä häiritsevät ampuma- ja lentomelu sekä harjoitustoiminnan kautta lisääntynyt ihmisten läsnäolo alueella. Häiriöt voivat vaikuttaa eläinten käyttäytymiseen erilaisten reaktioiden kautta, jotka määrittelee suurelta osin itse häiriön tyyppi. Esimerkiksi äkillinen melu voi säikäyttää eläimiä ja maastoharjoitus voi pakottaa ne siirtymään väliaikaisesti pois elinalueiltaan. Vaikutuksia ei kuitenkaan voi yleistää kaikkiin eläimiin, sillä jotkin niistä voivat olla muita sietokykyisempiä häiriöille [131].

Käyttäytymisen muutoksista voi edelleen seurata muutoksia eläinten populaatiotasolla. Populaatio tarkoittaa tietyllä paikalla tietyssä aikana elävien yksilöiden joukkoa [13]. Häiriöstä seuraava stressi voi esimerkiksi heikentää eläinyksilöitä ja pakeneminen lisätä energiankulutusta, mikä voi aiheuttaa muutoksia populaation kokoonpanoon [132, 133, 134, 135, 136]. Vaikutusketjut eivät kuitenkaan ole usein yksiselitteisiä [137].

Eläinten reagointi

Häiriön kohdatessaan eläimet reagoivat usein säikähtämällä, jolloin pakokeinona linnut tavallisesti lehahtavat lentoon ja maalla liikkuvat eläimet säntäävät juoksuun [134, 138, 139, 140]. Säikähdysreaktio mahdollistaa eläimen nopean reagoimisen mahdolliseen vaaraan ja kestää yleensä vain vähän aikaa [131, 134, 140, 141]. Äkillisen pakoreaktion seurauksena nisäkkäät voivat kuitenkin loukkaantua tai jopa kuolla esimerkiksi juostessaan epätasaisessa maastossa, jäällä tai laumassa [134]. Häiriön on myös havaittu joissain tapauksissa muuttavan eläimen käyttäytymistä myös pidemmäksi aikaa altistuksen jälkeen [131].

Säikähdysreaktion saa yleisimmin aikaan yllättävä, kova ja totutusta poikkeava ääni, joka on tyypillinen esimerkiksi hävittäjille, ammunnoille ja räjäytyksille [131, 134, 139, 142, 143]. Eläinten on vaikea tottua tällaisiin ääniin ja ne voivat säikähtää niitä huolimatta siitä, että ne olisivat muuten sotilaalliseen toimintaan tottuneet [134, 142]. Hiljaisempien ja ennakkovaroituksen sisältävien häiriöiden, kuten etäältä lähestyvän helikopterin, on havaittu aiheuttavan paljon lievempiä reaktioita [134, 143, 144].

Häiriön sijoittumisella on havaittu olevan joskus äänityyppiäkin suurempi merkitys. Esimerkiksi erään pöllölajin havaittiin tutkimuksessa reagoivan paljon voimakkaammin moottorisahan kuin helikopterin ääneen, vaikka sahat olivat hiljaisempia. Pöllöjen todettiin kokevan maahan sijoittuvan melulähteen ilmassa liikkuvaa uhkaavampana [144]. Toisessa tutkimuksessa erään kotkalajin edustajat eivät pelästyneet edes tykistön ammuntoja yhtä paljon kuin läheltä kulkevaa

moottoroimaton veneliikennettä [139]. Myös muissa tutkimuksissa nimenomaan kaukaisempien ja vähemmän näkyvien häiriöiden on havaittu häiritsevän eläimiä vähemmän [139, 142, 145]. Häiriön läheisyyden aiheuttaman reaktion on arvioitu johtuvan siitä, että monet eläimet yhdistävät tapahtuman maalla liikkuviin ihmisiin ja muihin saalistajiin [133, 141].

Eläinten on mahdollista tottua suurimpaan osaan ihmistoiminnan aiheuttamista häiriöistä [146]. Monet eläimet ovatkin sopeutuneet sotilaalliseen toimintaan havaittuaan sen itselleen vaarattomaksi, mistä on seurannut, etteivät ne enää reagoi siihen yhtä alttiisti [131, 136, 139, 141, 143, 144, 147, 148, 149, 150]. Toiminnan säännöllisyys, pitkäaikaisuus ja yleisyys näyttää edesauttavan tottumista [139, 148]. Tutkimuksissa on eläinten käyttäytymisen on havaittu myös palaavan melko nopeasti normaaliksi, vaikka kyseessä olisikin epäsäännöllinen, tottumisen kannalta haasteellinen häiriö [145, 151].

Eläimen kokemuksella on todettu olevan merkittävä vaikutus sen reaktioon. Häiriöön tottuneiden, useimmiten aikuisiksi kasvaneiden eläinten on havaittu reagoivan häiriöön maltillisemmin vähemmän kokeneisiin, nuorempiin yksilöihin verrattuna [139, 147, 150]. Lisäksi ihmisten läsnäoloon tottuminen näyttää kasvattavan eläinten sietokykyä myös sotilaallisen toiminnan suhteen. Näin on todettu tapahtuvan esimerkiksi kaupunkiympäristön varpuslinnuilla [136].

Populaatiovaikutukset

Sotilaallinen toiminta tai siitä mahdollisesti seuraavat muutokset eläinten käyttäytymisessä voivat aiheuttaa välillisiä vaikutuksia populaatioon. Häiriöt voivat heikentää eläinten lisääntymiskykyä, häiritä pesintää tai haitata jälkeläisistä huolehtimista [133, 135, 152]. Lintujen pesinnän on todettu eräissä tapauksissa häiriintyneen tai epäonnistuneen, mutta lähinnä yksittäistapauksina [151, 152]. Muulloin sotilaallisen toiminnan ei ole tutkimuksissa todettu merkittävästi vaikuttaneen eläinten lisääntymisen onnistumiseen [136, 138, 140, 144, 145, 148, 151, 152]. Eräissä tutkimuksissa sen havaittiin olevan pikemminkin hyödyksi varpuslinnuille, sillä melu karkotti alueelta pois varikset, jotka muuten olisivat uhanneet niiden pesiä [136].

Eläimet voivat myös muuttaa pois elinalueiltaan tai laajentaa niitä häiriön seurauksena [132, 133, 135]. Niiden ei kuitenkaan ole havaittu siirtyvän pysyvästi uusille alueille, vaikkakin esimerkiksi hirvien on todettu tarvitsevan jonkin aikaa tavalliselle elinalueelleen palaamiseen [133]. Erään karhulajin havaittiin tutkimuksessa välttelevän kaikkein meluisimpia ampuma-alueita, mutta hiljaisemmillä alueilla sen ei juurikaan huomattu häiriintyvän melusta elinalueellaan liikkeessaan [150].

Sotilaallinen toiminta voi häiritä eläinten ravinnon etsimistä, mutta tutkimusten perusteella vaikutus ei näytä huomattavan vakavalta [131, 143, 144, 153]. Eläinten on kuitenkin havaittu häiriintyvän helpommin ravintoa etsiessään ja päättävän toimintansa ennenaikaisesti [139, 141]. Lisäksi petolintujen on todettu häiriintyvän sotilaallisesta toiminnasta enemmän huonoina saalisvuosina, kun taas hyvinä vuosina ne saalistivat toiminnasta piittaamatta [143].

4.1.7 Vaikutukset lajeihin ja elinympäristöihin

Sotilaallinen toiminta vaikuttaa lajeihin ja elinympäristöihin toimimalla häiriönä, joka kohdistuu elinympäristöihin aiheuttaen niihin muutoksia, joihin lajit reagoivat. Häiriö voi vaikuttaa ympäristöön negatiivisesti, mikäli se on elinympäristön sietokykyyn nähden liian voimakas. Usein sotilaallisen toiminnan aiheuttama kulutus kuitenkin luo ja ylläpitää erityisiä elinympäristöjä, joista monet uhanalaiset lajit hyötyvät. Sotilasalueita on ympäri maailmaa tunnistettu korkean biodiversiteetin ylläpitäjiksi ja monien uhanalaisten lajien harvoiksi suojapaikoiksi [10, 27, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164]. Lajit ja elinympäristöt hyötyvät lisäksi sotilasalueille tyypillisesti sulkeutuneisuudesta, joka pitää ulkopuolisen toiminnan poissa alueelta.

Sotilaallinen toiminta häiriönä

Sotilaallinen toiminta vaikuttaa elinympäristöihin yleensä muuttamalla kasvillisuuden rakennetta, millä puolestaan on vaikutuksia kasveja ravintonaan käyttävien eläinlajien ja edelleen niiden saalistajien selviytymiseen [143, 165, 166, 167]. Monet kasvit ovat tottuneet sukcession loppuvaiheen elinympäristöön, mistä johtuen ne voivat häiriön seurauksena hävitä paikalta, kuten myös niitä hyödyntävät eläimet [162]. Häiriö voi myös olla intensiteetiltään liian voimakas ja aiheuttaa elinympäristön liiallista kulumista, jolloin ympäristön laatu ja lajit voivat kärsiä [27, 129, 135, 168, 169, 170].

Joskus tietynlaisen toistuvan häiriön muokkaama alue toimii kuitenkin elinympäristönä, josta monet uhanalaiset lajit ovat riippuvaisia [10, 27, 114, 162, 169, 171, 172, 173, 177]. Erityisen merkittävä positiivinen vaikutus näyttää olevan sotilaallisen toiminnan kyky luoda ja ylläpitää sukcession alkuvaiheen ja erilaisten vaihettumisvyöhykkeiden elinympäristöjä toistuvan, sopivalla tasolla olevan kulutuksen kautta [2, 27, 163, 174]. Kulutusta aiheuttaa pääasiassa ammusten räjäyttäminen, siitä syntyvät pienet tulipalot sekä raskaan kaluston ja sotilasjoukkojen liikkuminen [29, 82, 175, 176]. Puolustusvoimissa tiettyjä alueita pidetään myös tarkoituksella avoimina turvallisuussyistä [2].

Sotilaallisen toiminnan luomat erityiset elinympäristöt koostuvat pääasiassa kulutuksen vaikutuksesta avoimina pysyvistä alueista, joihin muodostuu paljasta

maanpintaa ja hietikkoja sekä niin sanottuja paahdeympäristöjä [1, 2, 82]. Kyseiset olosuhteet ovat harvinaisia kosteassa ilmastossa, sillä sukkession myötä ne kasvavat yleensä nopeasti umpeen [10, 162]. Puolustusvoimien ampuma- ja harjoitusalueilta on tavattu monia avoimista kasvupaikoista riippuvaisia, uhanalaisia kasvilajeja. Niitä hyödyttävät avoimien alueiden lisäksi muun muassa poterot ja kranaattikuopat [176]. Kasvien esiintyminen vaikuttaa välillisesti myös niitä ravintonaan käyttäviin hyönteisiin, ja puolustusvoimien alueilta onkin tavattu monia harvinaisia kovakuoriais-, lude-, pistiäis- ja hämähäkkilajeja [82, 156]. Tutkimuksissa eläinten on myös havaittu hyötyvän esimerkiksi kranaattikuoppiin kerääntyneestä sadevedestä [114, 177].



Kuva 6: Intensiteetiltään eritasoisia häiriöitä kokeneita ympäristöjä Yhdysvaltain armeijan harjoitusalueella. A = lievä häiriö, B = keskitasoinen häiriö, C = voimakas häiriö [182].

Sotilaallinen toiminta keskittyy taktisesti parhaiden alueiden käyttöön, mistä johtuen harjoitusalueita käytetään epätasaisesti [83, 178]. Saman alueen sisällä voi sijaita intensiteetiltään ja tyypiltään erilaisten häiriöiden muokkaamia osasia, jotka voivat vaihdella olosuhteiltaan hyvinkin paljon: osaan voi kohdistua harjoitustoiminnan intensiivisiä vaikutuksia, kun taas osa voi olla suhteellisen

häiriötöntä (kuva 6) [10, 163]. Erilaisista olosuhteista voi alueellisessa mittakaavassa muodostua heterogeeninen elinympäristöjen mosaiikki, jossa suuri määrä sukkessiovaiheeltaan ja elinympäristön vaatimuksiltaan erilaisia lajeja voi esiintyä samanaikaisesti [27, 158, 179, 180, 181]. Juuri saman alueen sisällä esiintyvää elinympäristöjen kirjoa pidetään merkittävän biodiversiteetin ylläpitäjänä [158, 164, 179].

Sotilaallinen toiminta monimuotoisuuden ylläpitäjänä

Merkittävä syy globaaliin elinympäristöjen heikentymiseen on ihmistoiminta esimerkiksi maatalouden, kaupungistumisen ja teollisuuden muodossa. Sotilasalueilla ympäristö on kuitenkin säilynyt näiden vaikutusten ulottumattomissa, sillä ne ovat tyypillisesti suljettuja ulkopuoliselta toiminnalta ja sitä kautta rajautuneet kokonaan tai osittain yhteiskunnan käyttöpaineiden ulkopuolelle [1, 2, 10, 29, 82, 129, 180, 183, 184, 185]. Rajoitukset perustuvat tavallisesti turvallisuus- ja maanpuolustuksellisiin syihin, mutta samalla ne tulevat eräänlaisena sivutuotteena edesauttaneeksi herkkien ja monipuolisten elinympäristöjen ja lajien säilymistä alueella [2, 10, 29, 150, 172].

Esimerkiksi ampuma-alueiden ympärille turvallisuussyistä perustetut suojavyöhykkeet edustavat tyypillisesti luonnontilaisina säilyneitä alueita, jotka rajoitetusta koostaan huolimatta voivat toimia tärkeinä elinympäristöinä [27, 155, 186]. Esimerkiksi Pohjois- ja Etelä-Korean rajalla kulkevan demilitarisoidun vyöhykkeen on havaittu toimivan merkittävän biodiversiteetin ylläpitäjänä, tärkeänä muuttolintujen levähdyspaikkana ja monien uhanalaisten lajien elinympäristönä [187, 188].

Sulkeutuneisuus mahdollistaa luonnonprosessien tapahtumisen laajassa mittakaavassa lähes kokonaan ilman ihmisen häirintää [10]. Puolustusvoimien alueilla metsänhoito on järjestetty toiminnan kannalta edullisella tavalla, jolloin metsien on annettu kehittyä näkö-, melu- ja pölysuojaksi. Samalla niistä on kehittynyt varsin harvalukuisina muualla Suomessa esiintyviä vanhoja metsiä, jotka ovat tärkeitä elinympäristöjä monille uhanalaisille lajeille [29, 82]. Ilman tehometsätaloutta niissä pääsee syntymään myös hyödyllistä lahoppuuta. Puolustusvoimissa on säilytetty myös kosteikkoja palontorjuntasyistä, mutta samalla niitä elinympäristönään käyttäviä lajeja hyödyttäen [29]. Etuna lajeille ja elinympäristöille on lisäksi puolustusvoimien käytössä olevien alueiden laajuus ja yhtenäisinä säilyminen [2].

4.1.8 Luonnonsuojelu

Puolustusvoimien käytössä olevista alueista jokainen on kehittynyt omanlaisekseen ympäristöksi muun muassa sijainnin, topografian ja käyttöhistorian myötä.

Sotilaallisen toiminnan luomista ja ylläpitämistä erityisistä elinympäristöistä moni on Suomen mittakaavassa harvinainen [82]. Puolustusvoimien käytössä olevien alueiden kokonaispinta-alasta yli 20 % koostuu suojelukohteista, joihin kuuluu Natura 2000 –verkoston kohteita, harjujen- ja rantojensuojelualueita sekä muita kansallisesti suojeltuja luonnon- ja kulttuuriympäristön kohteita [1, 82].

Puolustusvoimien alueista luonnonsuojelullisesti merkittävimpien joukkoon kuuluu esimerkiksi Kokkolassa sijaitseva Lohtajan Vattajanniemi, joka kuuluu Natura 2000 –verkostoon sekä harjujen- ja rantojensuojeluohjelmaan. Se on Euroopan laajin ja kattavin borealisen metsävyöhykkeen dyyniluontotyyppien esiintymisalue, jossa puolustusvoimien toiminnan on todettu toisaalta aiheuttavan dyynien kulumista, mutta olevan hyödyllistä muun muassa alueen sulkeutuneisuuden, dyynien aktiivisina pitämisen ja metsittymisen estämisen kannalta [82].

Natura-verkostoon ja harjijensuojeluohjelmaan kuuluvalla Säkylänharjulla esiintyy monia uhanalaisia, paahdeympäristössä viihtyviä kasvi- ja hyönteislajeja, joista muutama esiintyy lähes ainoastaan kyseisellä alueella [82]. Lajien säilyminen johtuu arvioiden mukaan alueiden avoimuudesta, rakentamattomuudesta, sopivasta käyttöpaineesta ja sulkeutuneisuudesta [82, 176].

Syndalenin ampuma- ja harjoitusalue Hankoniemellä koostuu dyyni-, suo-, metsä-, järvi- ja merialueista, ja kuuluu sekä Natura-verkostoon että harjujen- ja rantojensuojeluohjelmaan. Ampumatoiminnan ja siitä syntyvien maastopalojen on todettu ylläpitävän hietikoita, jotka ovat elinehto monille harvinaisille hyönteislajeille ja hämähäkeille [82].

Santahaminassa Helsingin edustalla sijaitsee useita harjoitustoiminnan avoimena pitämiä hietikkoalueita, minkä lisäksi saari on tärkeä hyönteis-, lepakko-, kasvillisuus- ja lintualue. Sinne on myös kehittynyt paljon vanhaa metsää. Niin ikään Helsingin saaristossa sijaitsevilla Vallisaarella ja Kuninkaansaarella esiintyy monipuolista hyönteis- ja lintulajistoa sekä linnoitusniittyjä, joita kuitenkin uhkaa umpeenkasvu kulutuksen vähentymisen myötä [82].

Puolustusvoimat osallistuu monien Natura-alueiden hoitoon. Esimerkiksi osa Repoveden kansallispuistosta Kymenlaaksossa kuuluu Karjalan Prikaatin harjoitusalueen suojavyöhykkeeseen. Prikaati on vastuussa kyseisen alueen kunnostustoimenpiteistä, kuten lahoppuun tuottamisesta, jotka on integroitu alueella käytävään sissisotakoulutukseen. Myös Kainuun Prikaati on osallistunut Natura-soiden kunnostukseen Pohjois-Savossa, missä lahoppuräjäytykset toteutettiin osana pioneerien räjähdokoulutusta. Osallistuminen luonnonsuojeluun näyttää usein tuovan hyötyä kummallekin osapuolelle, sillä esimerkiksi räjäytyksiin ei sotilaille välttämättä muuten olisi käytännön harjoittelumahdollisuuksia [10].

Turvallisuusympäristön muutos kylmän sodan jälkeen on johtanut maailmalla asevoimien uudelleenjärjestäytymisiin ja sotilasalueiden sulkemisiin. Sotilaallisen toiminnan aiheuttaman kulutuksen loppumisen ja suljettujen alueiden avaamisen on kuitenkin havaittu johtaneen monissa tapauksissa luontoarvojen häviämiseen [10]. Myös puolustusvoimissa on tapahtunut uudistuksia, joiden yhteydessä joistakin kohteista on luovuttu. Todennäköisesti myös puolustusvoimien alueilla luontoarvot ovat vaarassa kadota, mikäli sotilaallinen toiminta joskus päättyy [2].

4.2 Ympäristönsuojelu puolustushallinnossa

Ympäristönsuojelua puolustushallinnossa voidaan kuvailla jatkuvana tasapainoiluna. Toisaalta puolustusvoimien lakisäätteiset tehtävät edellyttävät ympäristölle tiettyjä riskejä aiheuttavaa toimintaa, toisaalta ympäristövaikutukset on pyrittävä rajoittamaan mahdollisimman vähäisiksi [2]. Puolustusvoimilla on myös lain määräämiä ympäristönsuojelun velvoitteita, joista moni liittyy toiminnanharjoittajan rooliin. Uskottavaa maanpuolustusta ja alueellisen koskemattomuuden turvaamista voidaan lisäksi jo sellaisenaan pitää ympäristönsuojeluna.

Puolustusvoimien ympäristönsuojelun tärkein tehtävä on harjoitusmahdollisuuksien säilyttäminen, joten ympäristövaikutuksista keskitytään ensisijaisesti niihin, jotka ovat sille vaaraksi [2, 42]. Vaikutusten hallintaan pyritään teknisillä ja toimintaan perustuvilla keinoilla, minkä lisäksi tutkimus ja menetelmäkehitys ovat tärkeässä asemassa.

4.2.1 Ympäristönsuojelun tila

Puolustusvoimilla on toiminnanharjoittajana lakiin perustuvia ympäristönsuojelun velvollisuuksia. Ympäristönsuojelun suunnitelman mukaan puolustusvoimien ympäristöarvoihin kuuluvat muun muassa lainsäädännön noudattaminen, tietoisuus toimintojen ympäristövaikutuksista, ympäristöhaittojen ennaltaehkäisy ja minimointi sekä jatkuva toiminnan parantaminen. Poikkeuksia pyritään tekemään mahdollisimman vähän ja valitsemaan turvallisuustilanteesta riippuen vähiten ympäristöä kuormittava, toteutettavissa oleva vaihtoehto. Ympäristönsuojelun tasoon vaikutetaan organisaation vastuullisella toiminnalla, laadukkaalla suunnittelulla ja selkeillä toimintamalleilla [2].

Haastateltavien näkemyksen mukaan puolustusvoimat suoriutuu lakisäätteisistä velvollisuuksistaan pääasiassa hyvin [32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 65, 189]. Puolustusvoimien arvioidaan olevan vastuullinen, ympäristöasioiden kannalta valveutunut toimija [31, 32, 37, 40, 189]. Suoriutumisen arvioidaan olevan vähintään yhtä hyvää tai jopa parempaa kuin monilla muilla toiminnanharjoittajilla, sekä parempaa kuin yleisesti kuvitellaan [31, 33, 39, 65].

Ympäristöasiat ovat olleet esillä puolustushallinnossa jopa 1970–1980 –luvulta asti [42]. Ala on kuitenkin vielä suhteellisen nuori, sillä se lähti kunnolla käyntiin 2000–luvulla ympäristönsuojelulain tullessa voimaan [37]. Asenneilmapiirin ja ympäristötietoisuuden arvioidaan kehittyneen viimeisen 20 vuoden aikana valtavasti [42, 65]. Lisäksi resurssit ovat lisääntyneet huomattavasti: alkujaan ympäristönsuojelulla ei ollut valtakunnallista rahoitusta, mutta nykyisin siihen käytetään vuosittain hyvinkin suuria rahamääriä [37].

Ympäristönsuojelun arvioidaan myös kehittyneen vanhojen ympäristöongelmien, kuten pilaantuneiden maiden selvittelystä suurelta osin nykyisen toiminnan vaikutusten tarkkailuun [34]. Alkuvaiheessa huomio keskittyi lähinnä merkittävimpiin vaikutuksiin tai selkeimmin ympäristölupia vaativiin kohteisiin [41]. Nykyisin puolustushallinnossa tehdään omaehtoista ympäristövaikutusten selvitystyötä, vaikeivät viranomaiset sellaista vaatisikaan [2, 34, 37]. Samoin ympäristönsuojelutoimia saatetaan toteuttaa, vaikei täyttä varmuutta haitasta olisikaan [2].

Haastateltavien mukaan puolustusvoimat on monissa tapauksissa ollut hyvin aktiivinen ympäristönsuojelun suhteen. Esimerkiksi kaikille ampumaradoille on päätetty hakea ympäristöluvat ja muokata ne tiukentuneiden ympäristölupaehtoien mukaisiksi, vaikei kyseisiä toimia edellyttäisikään [37, 42]. Tarkoituksena on valmistautua ympäristönsuojelun mahdolliseen vaatimustason nousuun [42]. Puolustushallinnossa myös seurataan ympäristöalan lainsäädännön kehitystä ja siihen liittyviä olemassaolevia ratkaisuja, mikä on eräs kanava ympäristönsuojelun prioriteettien muodostamiseen [37].

4.2.2 Ympäristövaikutusten hallinta

Monia sotilaallisesta toiminnasta syntyviä ympäristövaikutuksia ei voi poistaa, mutta niitä on mahdollista ratkaista tai lieventää erilaisin keinoin [32]. Vaikutusten hallinta perustuu niiden tarkkailuun sekä siihen liittyvään tutkimukseen ja menetelmäkehitykseen, minkä lisäksi konkreettisiin toimenpiteisiin on käytössä erilaisia teknisiä ja toiminnallisia ratkaisukeinoja. Yleisesti ottaen suunnitelmat ja näkemys vaikutusten hallinnasta ovat puolustushallinnossa arvion mukaan hyvällä tasolla, tosin käytännön toteuttamismahdollisuudet määräytyvät pitkälti resurssien kautta [35]. Yleisesti ottaen olemassa ei arvioida olevan juurikaan vaikutuksia, joille puolustushallinto ei pystyisi tekemään mitään [34].

Haastateltavien mukaan ympäristövaikutuksia aiheuttavaan toimintaan pystytään vaikuttamaan melko hyvin koulutuksella ja ohjeistuksella [2, 31, 37, 40]. Erityisesti käytännön tasolla toimivien ihmisten koulutus nähdään tärkeäksi tiedon jalkautumisen ja ympäristöasioiden sisäistämisen kannalta [32]. Koulutus lisää ympäristötietoisuutta, mikä puolestaan parantaa vastuullisuutta [31].

Puolustusvoimissa nähdään hyvät mahdollisuudet ympäristöasioiden huomiointiin jo sitä kautta, että suurella osalla henkilöstöstä on luontoon liittyviä harrastuksia, joiden kautta muodostunut luontosuhde voi edistää kiinnostusta ja vakavaa suhtautumista myös ympäristönsuojeluun [36].

Puolustusvoimien ympäristövaikutusten hallintakeinoihin kuuluu olennaisesti vuorovaikutus muun yhteiskunnan kanssa. Yhteistyö ja kommunikointi viranomaisten ja muiden intressitahojen kanssa on tärkeä tapa sekä kartoittaa omaa tilannetta ja tarpeita että tuoda oleellisia asioita muiden tietoon [35, 37]. Eräissä tapauksissa esimerkiksi vedenottohanke on voitu käynnistää puolustusvoimien käyttämällä alueella selvittämättä pohjaveteen mahdollisesti päässeitä haitta-aineita ja vedenoton vaikutusta niiden liikkeellelähetykseen, koska ulkopuolisella toimijalla ei ollut asiasta tietoa eikä rutiininomaista menettelyä Puolustusvoimien kuulemiseksi asiassa [39]. Ulkopuolisten tietoisena pitäminen nähdäänkin merkityksellisenä [2, 37].

Tärkeisiin vaikutusten hallintakeinoihin kuuluu myös edunvalvonta esimerkiksi maankäytön suunnitteluun ja kaavoitukseen osallistumalla [37, 38]. Puolustusvoimat on historiallisesti sijoittanut harjoitustoimintaansa muun yhteiskunnan kannalta vähäarvoisille alueille, jotka ovat usein olleet myös strategisesti edullisia, mutta ajan myötä asutus ja maankäytön paine alueella on saattanut lisääntyä [2]. Niinpä estämällä asutuksen leviämistä tulevaisuudessa liian lähelle ampuma-alueita voidaan asukkaisiin kohdistuvia vaikutuksia vähentää [40].

Ympäristövaikutusten hallintaa varten tarvitaan tietoa ympäristön tilasta, mitä saadaan ympäristötarkkailujen avulla. Puolustusvoimien alueilla tehdään säännöllisiä tarkkailuja, joista tietoa on saatu kattavasti [34]. Tarkkailut ja vaikutusten hallinta toteutetaan erilaisilla menetelmillä, joita pyritään kehittämään aina vain paremmiksi. Puolustusvoimien ampumaradoille on esimerkiksi toteutettu BAT (best available technique, paras käyttökelpoinen tekniikka) –selvitys, jossa ratojen ympäristönsuojelun tasoa pyritään nostamaan kustannustasoltaan sopivilla menetelmillä [29, 32, 33, 36, 37, 39, 42]. Hankkeen on tarkoitus laajentua kattamaan myös ampuma- ja harjoitusalueet [2, 32, 33]. Menetelmäkehityksen haasteena on, ettei puolustusvoimien lisäksi lähes kukaan muu Suomessa ei harjoita samankaltaista toimintaa, joten ratkaisujen etsiminen ja kehittäminen on puolustushallinnon vastuulla [33, 34]. Tärkeässä osassa ovatkin yhteistyö muiden valtioiden puolustusorganisaatioiden kanssa ja ratkaisukeinojen kehityksen seuraaminen [35, 36, 42].

Melun ja värinän hallinta

Melu on sotilaallisen toiminnan merkittävä ympäristövaikutus, joten sen hallinta on tärkeää puolustusvoimien harjoitusmahdollisuuksien turvaamisen kannalta [2]. Meluongelmia on vaikea poistaa, koska melun aiheuttaja ja sille altistuvat, eli puolustusvoimat ja lähiympäristön asukkaat, ovat kumpikin kiinteä osa

yhteiskunnan perusrakenteita [43]. Melun poistamisen vaikeudesta huolimatta sitä on kuitenkin mahdollista hillitä erilaisin keinoin, jotka kohdistuvat pääosin melupäästöön, melun leviämiseen ja altistuvien suojaamiseen [3, 43].

Melunhallintaan on olemassa monia teknisiä ratkaisuja [3]. Melupäästöä voidaan suoraan vähentää esimerkiksi aseisiin ja ammuksiin liittyvillä menetelmillä, kuten äänenvaimentimilla ja kaliiperia pienentämällä [3, 44]. Kyseiset menetelmät ovat kustannustehokkaita, mutta rajoitettuja muun muassa puolustusvoimien koulutustarpeista johtuen [44]. Puolustusvoimien tavoitteena on kuitenkin vähemmän melua aiheuttavien ampumatarvikkeiden kehityksen seuraaminen ja tarvittaessa myös niiden käyttöönnotto [2].

Ampumaradoilla melun leviämistä voidaan vähentää rakenteiden avulla [31, 32, 38]. Käyttömahdollisuuksia on esimerkiksi melua arsorboiville katoksille, valleille ja seinämille [3, 36, 44]. Melusteiden, eli äänen etenemistä estävien rakenteiden ongelmana ovat monesti kuitenkin kustannukset [29, 44]. Ampumaradan suuntaaminen voi vähentää melua, mikäli se huomioidaan jo radan suunnitteluvaiheessa [3, 36, 44]. Myös infrastruktuuria ja ympäristöä, kuten metsää, voi joissain tapauksissa hyödyntää meluntorjunnassa [2].

Raskaiden asejärjestelmien ammunnoista ja räjäytyksistä syntyvän melun ja tärinän torjunta on lähtökohtaisesti kivääricaliiperisia aseita haastavampaa, sillä niiden ääni voi edetä vaimentumatta hyvin pitkiä etäisyyksiä [29]. Teknistä ratkaisua niiden aiheuttamalle melulle ei tällä hetkellä ole [34, 38]. Periaatteessa äänen etenemistä on mahdollista estää tai rajoittaa kotelorakentein, äänenvaimentimin ja melustein, mutta käytännössä keinot toimivat vain osittain. Raskaiden aseiden ja räjähteiden tärkein meluntorjuntakeino onkin riittävä suojaetäisyys tuli- ja maaliasemien sekä melulle altistuvien kohteiden välillä [29].

Rajoitetuista teknisistä ratkaisuista johtuen melunhallinta perustuu suurelta osin toiminnallisiin keinoihin, kuten ammuntojen aikarajoituksiin [29, 31, 33, 36, 37, 38]. Pelkkä aikataulutus voi usein riittää ratkaisuksi vähäisempään tai harvoin toistuvaan meluhaittaan [44]. Melun häiritsevyyttä voi vähentää myös tiedottamisen ja kommunikoinnin keinoin [2, 29, 36, 37, 38, 44]. Puolustusvoimissa pyritään lisäksi rajoittamaan kovapanosammuntoja suorituskyvyn edellyttämään määrään ja lisäämään simulaattoriharjoittelua, mikä on onnistunut esimerkiksi raskaiden aseiden kohdalla [2, 29].

Melun määrä riippuu paikasta, määrästä ja säästä: esimerkiksi sateisella ja harmaalla kelillä ääni vaimenee. Räjähdekeskuksessa melun hillintäkeinoksi on pohdittu räjäytysten suorittamista äänen kulkeutumista vähentävällä säällä [41]. Melun kannalta toiminnan jakaminen laajemmalle alueelle on periaatteessa myös toimiva keino, mutta huonompi ammunnoista syntyvien maaperä- ja pohjavesivaikutusten kannalta [37, 42]. Toiminnan lopettamista tai siirtämistä

muualle voidaan joissain tapauksissa pitää yksinkertaisimpana ratkaisuna meluongelmaan, mutta sen arvioidaan johtavan vain samojen vaikutusten paikanvaihtoon, sillä äänettämiä ammuksia tai räjähteitä ei ole käytössä [190]. Ääritapauksissa ongelmaksi muodostunut meluhaitta voidaan ratkaista vasta, kun ampumatoiminta lopetetaan kokonaan [38].

Tärkeässä osassa puolustusvoimien ampumatoiminnan melunhallinnassa on melualueiden määrittäminen [2]. Melualue tarkoittaa aluetta, jossa melutaso ohjearvot ylittyvät. Ampumamelualueen laajuus riippuu muun muassa ampumalajeista ja ratojen sijoittamisesta, ympäristöolosuhteista ja rakenteista [3, 29]. Puolustusvoimien kaikille merkittävillä ampuma- ja harjoitusalueille sekä ampumaradoille on tehty meluselvitykset, määritetty melualueet ja laskettu altistuvien määrä [1, 38, 40, 190]. Lisäksi puolustusvoimat on ryhtynyt ennakoiden muokkaamaan kaikkia ampumaratojaan tiukentuneiden ympäristölupien mukaisiksi, jotta vaatimustason mahdollisesti noustessa tulevaisuudessa ei toimiin olisi tarvetta ryhtyä heti uudestaan [42].

Melun haitallisten vaikutusten estäminen tai vähentäminen perustuu tavallisesti ohje- tai suositusarvojen alittamiseen. Melutasolle on olemassa ohjearvot yleisesti sekä erikseen ampumaradoille, mutta raskaille aseille ja räjäytyksille niitä ei ole muuten kuin puolustusvoimien omien suositusarvojen muodossa [2, 29, 38]. Suositusarvojen virallisiksi muuttamista kuitenkin pyritään edistämään [2, 38]. Melun suositusarvot ovat sovellettavissa myös tärinälle, koska siitä aiheutuvia vaurioita ei arvioida syntyvän melutason jäädessä 100 desibelin alle [29].

Metalli- ja räjähdysainepäästöjen hallinta

Metalli- ja räjähdysainepäästöt ovat toinen sotilaallisesta toiminnasta syntyvä merkittävä ympäristövaikutus. Metallipäästöjen kontrollointiin on melunhallinnan lailla olemassa ampumaratojen teknisiä ratkaisuja, joita ovat esimerkiksi taustavallien vuoraus ja kattaminen, vesien hallinta- ja käsittelyjärjestelmät sekä ammusten keräysjärjestelmät [2, 44, 52, 191]. Vuorauksia suositaan eniten, sillä ne eivät muuta ratojen teknisiä ominaisuuksia tai käyttöä ja ovat kustannustehokkaampia [44]. Tärkeään asemaan on noussut myös pintavesien suojeleminen, mitä voidaan edistää ampumaratojen ja räjäytyspaikkojen sade- ja valumavesien ohjaamisella [1, 2, 29, 41, 42].

Melun lailla myös metallipäästöjen vähentämisestä on tutkittu käytettävien materiaalien näkökulmasta. Ammusten materiaaleille on kehitelty erilaisia vaihtoehtoja, mutta moniin niistä liittyy kuitenkin ongelmia, joita ovat esimerkiksi turvallisuusriskit, aseiden kulumisen ja kustannukset [44, 52]. Uudet materiaalit voivat myös aiheuttaa uudenlaisia ympäristöongelmia [52, 192, 193].

Puolustusvoimat on onnistunut vähentämään raskaiden aseiden kovapanosammuntoja ja haitta-ainepäästöjä huomattavasti ottamalla käyttöön vähemmän päästöjä tuottavia ammuksia ja toteuttamalla suuren osan ammutakoulutuksesta simulaattoriharjoituksina [29]. Yksinkertainen keino ammuksista syntyviin päästöihin on myös niiden käyttäminen, jota nykyisin rajoitetaan säästösyistä. Tällöin ne eivät aiheuttaisi ympäristövaikutuspiikkiä tullessaan yhtä aikaa hävitettäväksi Räjähdekeskukselle [41].

Metalli- ja räjähdysainepäästöjä voidaan hallita myös ampuma-alueen käyttöön liittyvillä toimenpiteillä. Yksinkertaisimpia keinoja on ammusjätteen kerääminen, kuten puolustusvoimien raskaiden aseiden ammunnoissa menetellään [1]. Myös osin tai kokonaan räjähtämättömien ammusten poistoa ja raivaamista sekä maahan päässeiden räjähdysainekimpaleiden keräämistä pidetään tärkeänä [6]. Keräämisen lisäksi merkityksellinen keino on toiminnan tarkkailu, mikä tarkoittaa pääasiassa raskaiden aseiden käytön aiheuttamien päästöjen ja niiden vaikutusten havainnointia [29]. Etenkin suurten ammusten räjähtämisen seuraamista pidetään tärkeänä, koska ne voivat aiheuttaa merkittävän pistekuormituksen [6].

Yleisesti ottaen ratkaisukeinona voi olla myös ampumatoiminnan keskittäminen alueille, joissa sen vaikutukset jäävät mahdollisimman vähäisiksi [29]. Monet puolustusvoimien toiminnoista on aikoinaan sijoitettu pohjavesialueille, jotka korostuvat riskialueina myös haastateltavien näkökulmasta [31, 32, 33, 39, 65]. Puolustusvoimat kuitenkin rajoittaa toimintaansa alueilla ja riskitoimintoja pyritään välttämään [2, 32, 40]. Ympäristönsuojelullinen haastavuus on ollut todennäköisesti ainakin osatekijänä puolustusvoimaudistuksen tietyissä alueluovutuksissa, kuten Reilan ampuma- ja harjoitusalueen kohdalla. Ratkaisuna ei kuitenkaan voitane pitää haastavasta kohteesta luopumista ja uuden perustamista tilalle, sillä tämä tarvitsisi vahvat argumentit etenkin, kun toiminnan päästöt ja melu tulisivat todennäköisesti vaikuttamaan alueen asukkaisiin [42].

Ampumatoiminta on yksi yleisimmistä maaperän pilaantumista aiheuttavista puolustusvoimien toiminnoista [2]. Lain mukaan maaperän pilaantumista toiminnallaan aiheuttanut taho on velvollinen puhdistamaan sen. Puolustusvoimien toiminnan loputtua jollakin alueella on ympäristön tila selvitettävä ja aloitettava mahdolliset puhdistustoimet, jotka ovat usein laajoja ja kalliita [29, 52]. Puolustusvoimissa käytetään vuosittain noin miljoona euroa pilaantuneiden maiden selvityksiin, tutkimuksiin ja kunnostuksiin [1, 190]. Puolustusvoimien tavoitteena on olla selvillä parasta tekniikkaa edustavista ja kustannustehokkaista kunnostusvaihtoehdoista [2]. Kaikkia kohteita ei välttämättä kuitenkaan pystytä kunnostamaan esimerkiksi laajuudesta tai kustannuksista johtuen [36].

Suomessa tavallisimpia pilaantuneen maan kunnostuskeinoja ovat maaperän kaivaminen, mahdollinen käsittely ja kaatopaikkasijoittaminen [52]. Esimerkiksi kivääriampumaratojen pilaantuneet kohdat on suhteellisen helppo puhdistaa, koska

ammukset kerääntyvät taustavalleihin, saastunut alue on rajattu ja hiekkainen maa on helposti käsiteltävää [52, 58]. Kaivaminen aiheuttaa kuitenkin kustannusten lisäksi esteettisiä haittoja ja luonnollisen eliöstön häviämistä. Muita tutkittuja keinoja ovat esimerkiksi maan peseminen ja erottelu, ammusten haravointi ja puhdistus kasvien avulla, mutta mitään niistä ei ole todettu Suomen olosuhteisiin sopiviksi [52].

Pohjankankaan ampuma-alueen pohjavedestä havaittiin ensi kerran räjähdysainejäämiä vuonna 2009 laboratorioanalytiikan tarkentumisen myötä. Lisäksi vuonna 2012 löydettiin pieniä räjähdysainepitoisuuksia Rovajärven ampuma-alueelta maalialueiden läheisistä lähdevesistä. Pitoisuudet eivät aiheuta merkittävää ympäristö- tai terveysriskiä, mutta seurauksena puolustusvoimien tärkeimmille ampuma- ja harjoitusalueille ryhdyttiin laatimaan pinta- ja pohjavesitarkkailuohjelmia [1]. Nykyisin räjähdysaineista tehdään selvityksiä ja seurantaa maaperässä ja erityisesti pohjavedessä [31, 39].

Tarkkailumenetelmien kehittämistä pidetään keskeisenä, ja sitä onkin toteutettu puolustushallinnossa viime vuosina paljon [34, 42]. Räjähdeiden pitoisuuksien määrittäminen on osoittautunut haasteelliseksi, sillä vaullinaisessa räjähdyksessä räjähdysaine leviää ympäristöön erillisinä paakkuina eikä tasaisesti [2, 42]. Niiden tutkimisessa onkin siirrytty 50 paikasta näytteen ottavaan moniosanäytteenottoon. Puolustusvoimien tutkimuslaitoksessa on puolestaan kehitetty analyysimenetelmiä, joiden myötä pienten räjähdysainejäämien ja niiden muuntumistuotteiden määrittäminen on tullut ylipäätään mahdolliseksi [42].

Haasteena on, ettei energeettisille materiaaleille tai niiden hajoamistuotteille ole olemassa kansallisia tai kansainvälisiä ohjearvoja maaperän, pintaveden tai pohjaveden pilaantumisen arviointiin [2, 6, 34]. Niinpä kohdetta ei voida automaattisesti määrittellä pilaantuneeksi tai pilaantumattomaksi, vaikka räjähdysainepitoisuuksia havaittaisiinkin [6, 39]. Turvallisia pitoisuustasoja pyritäänkin selvittämään puolustushallinnossa. Kansainvälisessä tutkimuksessa erilaisia arvoja on kehitelty, mutta ne eivät todennäköisesti ole sellaisenaan sovellettavissa Suomeen erilaisten ympäristöolojen vuoksi [2, 34]. Räjähdyksaineiden viitearvoiksi on määritelty 1–2 mikrogramman luokkia, mutta tieto on vaullinaista ja arvot sisältävät huomattavia varmuuskertoimia ollen todella alhaisia [42]. Jokaiseen kohteeseen on lisäksi tehtävä arvio erikseen, sillä ohjearvot eivät ole yleispäteviä. Niiden kehittämisen arvellaan kuitenkin poistavan tarpeen selitellä pienimpiäkin pitoisuuksia ja vähentävän terveysriskistä riippumatta ihmisille syntyviä ikäviä mielikuvia räjähdysainepitoisesta juomavedestä [36].

Fyysisten vaikutusten hallinta

Sotilaallinen harjoitustoiminta pyritään toteuttamaan mahdollisimman realistisissa olosuhteissa. Niinpä toiminnan aiheuttamien fyysisten maaperä- ja

kasvillisuusvaikutusten hallinta on tärkeää realististen olosuhteiden ja harjoitusalueiden kestävästä käytöstä [96, 111, 178, 194, 195, 196]. Ympäristön tilan heikentyminen voi vaikuttaa harjoittelun laadun kärsimisen lisäksi suoraan sotilaiden turvallisuuteen [83, 96].

Fyysisten vaikutusten hallinta perustuu toiminnallisiin keinoihin. Toimintaa on mahdollista suunnitella ja toteuttaa ottamalla huomioon kulutusherkkien alueiden olosuhteet [2]. Harjoitustoimintaa voi esimerkiksi keskittää alueille, jotka kestävät paremmin kulutusta tai joilla se on jopa suotavaa [82]. Sotilasjoukkojen liikkumista voidaan ohjata tietyille reiteille ja vähentää leiriytymisen vaikutuksia ohjeistuksella ja leiripaikkoja kierrättämällä [92, 95]. Myös raskasta kalustoa voidaan ohjata liikkumaan olemassa olevia teitä ja uria pitkin [95, 195]. Kaluston vaikutuksia voidaan hillitä vähentämällä nopeutta ja etenkin äkillisiä käännoiksi sekä huomioimalla ajotoiminnan intensiteetti ja maaperän kosteusolosuhteet [86, 118, 197].

Kasvillisuus toimii tärkeänä suojana sotilasjoukoille ja kalustolle, joten erityisesti sen häviämisen estäminen ja palautumisen edistäminen on olennaista [100, 179, 195]. Kasvillisuuden olisi saatava tarpeeksi aikaa palautua harjoitusten jälkeen [11]. Toipumisaika riippuu toiminnan tyypistä ja intensiteetistä sekä kasvillisuuden ominaisuuksista. Pahasti vaurioituneita alueita voidaan myös kunnostaa istuttamalla ja kylvämällä kasveja [92, 95, 105, 111].

Maaperän tiivistymistä on mahdollista rajoittaa vakioimalla suorituspaikkoja [2]. Tiivistynyttä maaperää voidaan lisäksi kunnostaa esimerkiksi ilmastamalla, muokkaamalla ja eroosion estämiseen tarkoitetuilla rakenteilla [92, 95]. Maan toipumista edistää myös kasvillisuuden palautuminen [118].

Ilmapäästöjen hallinta

Ilmaan syntyvien päästöjen hallintakeinot kohdistuvat lähinnä ajoneuvoihin. Sotilaalliseen toimintaan liittyvän energiankulutuksen säästömahdollisuuksia rajoittavat puolustusvoimien velvoitteet ja kaluston erityispiirteet [5]. Ajoneuvojen polttoaineenkulutusta ja pakokaasupäästöjä pyritään kuitenkin vähentämään, jolloin hiilidioksidipäästöjen hillitsemisen lisäksi on mahdollisuus myös kustannussäästöihin sekä kaluston toimintasäteen ja joukkojen tehokkuuden lisäämiseen [2]. Puolustusvoimissa ollaan siirtymässä esimerkiksi bensiinistä dieselin käyttöön ja tulevaisuudessa mahdollisesti biopolttoaineisiin [36]. Puolustusvoimissa on myös laadittu energia- ja ilmasto-ohjelma, joka sisältää toimenpiteitä ilmapäästöjen vähentämiseksi. Ohjelma julkaistaneen vuonna 2015.

Vesistövaikutusten hallinta

Vesistövaikutukset ovat useimmiten välillisiä vaikutuksia, joten niiden hallintakeinot kohdistuvat itse vaikutuksia aiheuttavaan toimintaan. Puolustusvoimien toimintaan liittyen voidaan sellaisiksi luokitella esimerkiksi vesienhallintajärjestelmät ampumaradoilla ja –alueilla sekä räjäytyspaikoilla. Mikäli raskaan kaluston ylitykset virtavesissä muodostuvat ongelmaksi vesistöihin syntyvän kiinteän aineen kuormituksen vuoksi, voi niiden vaikutuksia lieventää ylityspaikkoja rakentamalla [128].

Eläinten käyttäytymiseen ja populaatioihin kohdistuvien vaikutusten hallinta

Sotilaallisen toiminnan eläimille aiheuttamien haitallisten reaktioiden vähentäminen on tärkeää populaatioihin heijastuvien negatiivisten vaikutusten välttämiseksi. Meluisan toiminnan säätely tai ohjaaminen muualle on tutkimusten mukaan eräs keino vähentää eläinten säikähähdysreaktioita. Tutkimuksissa on havaittu erilaisia kynnsarvoja, jotka ylittäessään melu voimisti tarkasteltujen lintulajien reaktioita erityisen paljon [131, 148]. Arvot näyttävät kuitenkin olevan lajista riippuvaisia.

Sotilaallisen toiminnan häiriöille altistuvien eläinpopulaatioiden ympärille on tutkimuksissa hahmoteltu myös erilaisia suojavyöhykkeitä, joiden tarkoituksena on vähentää melun tasoa ja yllättävyyttä erityisesti lisääntymisaikana ja tottumattomien yksilöiden suojaamiseksi [131, 139, 143]. Vyöhykkeiden koko kuitenkin riippuu sotilaallisen toiminnan tyypistä, alueen olosuhteista ja itse eläinlajista [142, 144, 145]. Yleisemmin toimintaa on pohdittu rajoitettavaksi esimerkiksi pöllöjen aktiivisen yöajan ja petolintujen huonojen saalisvuosien aikana [143, 144]. Toimintaa voidaan myös siirtää niihin osiin harjoitusalueita, joissa eläimiin kohdistuu vähiten vaikutuksia [143].

Lajeihin ja elinympäristöihin kohdistuvien vaikutusten hallinta

Sotilaallista toimintaa on tärkeää säädellä niin, ettei se vaikuta haitallisesti lajeihin ja elinympäristöihin [11]. Tämä on tärkeää myös itse harjoitustoiminnalle realististen olosuhteiden säilyttämisen kannalta [154, 184]. Puolustusvoimien tavoitteena on kehittää alueidensa käyttöä niin, että ne tukevat alueelle ominaisen lajiston säilymisedellytyksiä, mutta mahdollistavat samalla harjoitustoiminnan toteuttamisen. Merkittävien elinympäristöjen huomiointi voidaan varmistaa esimerkiksi merkitsemällä ne ampuma- ja harjoitusalueiden johtosääntöihin ja sotaharjoitusten karttoihin, sekä asettamalla toiminnalle tarpeellisia rajoituksia [2].

Mikäli sotilaallinen toiminta päättyy joltakin alueelta, voivat luonnon saamat hyödyt virkistyskäytön, rakentamisen ja muun kehityksen poissaolosta olla vaarassa hävitä [36, 159, 164]. Jos taas avoimia ympäristöjä ylläpitävät häiriöt

loppuvat tai muuttuvat, uhkaa alueita umpeenkasvu. Tämä on toisaalta etu tietyille lajeille, mutta todennäköisesti uhka monille uhanalaisille lajeille [10, 27, 82, 181, 198, 199]. Paikallisten häiriöiden loppumisesta voi suuremmassa mittakaavassa seurata elinympäristömosaiikin homogeenisoitumista ja sitä kautta biodiversiteetin vähenemistä [164].

Puolustusvoimien alueilla monet lajit ovat säilyneet nimenomaan sotilaallisen toiminnan vaikutuksesta, minkä vuoksi voidaan pitää toivottavana, että nykyisenlainen toiminta myös jatkuu [82, 176]. Esimerkiksi Lohtajalla puolustusvoimien toimintaa voidaan vastustaa sillä perusteella, että kyseessä on luonnonarvoiltaan arvokas ympäristö, vaikka sotilaallinen toiminta on hyödyksi kyseisten olosuhteiden ylläpidolle [36, 82]. Myös monet puolustusvoimien saarikohteet ovat luonnonoloiltaan niin rikkaita, että niiden avaaminen siviilitoiminnalle todennäköisesti vaarantaa luontoarvojen säilymistä [36].

Luonnonsuojeluun liittyvät hallintakeinot

Luontoarvojen säilyttämisen lähtökohtana on niiden tunteminen. Puolustusvoimissa toteutetaan systemaattista arvojen inventointia yhteistyössä Metsähallituksen kanssa. Tavoitteena on selvittää keskeiset luontoarvot, seurata niiden säilymistä ja arvioida, miten puolustusvoimien toiminta voi niihin vaikuttaa. Lisäksi luontoarvojen säilymistä harjoitusalueilla suunnitellaan hallittavaksi hoitosuunnitelmien avulla [2]. Luonnonsuojeluun liittyvää hoitotoimintaa on lisäksi mahdollista toteuttaa niin, että se tukee samalla sotilaallista koulutusta. Esimerkiksi lahoppua voi lisätä tarkoituksenmukaisilla räjäytyksillä tai kohdistaa maastopaloja ammuksia suunnittelemaan [2].

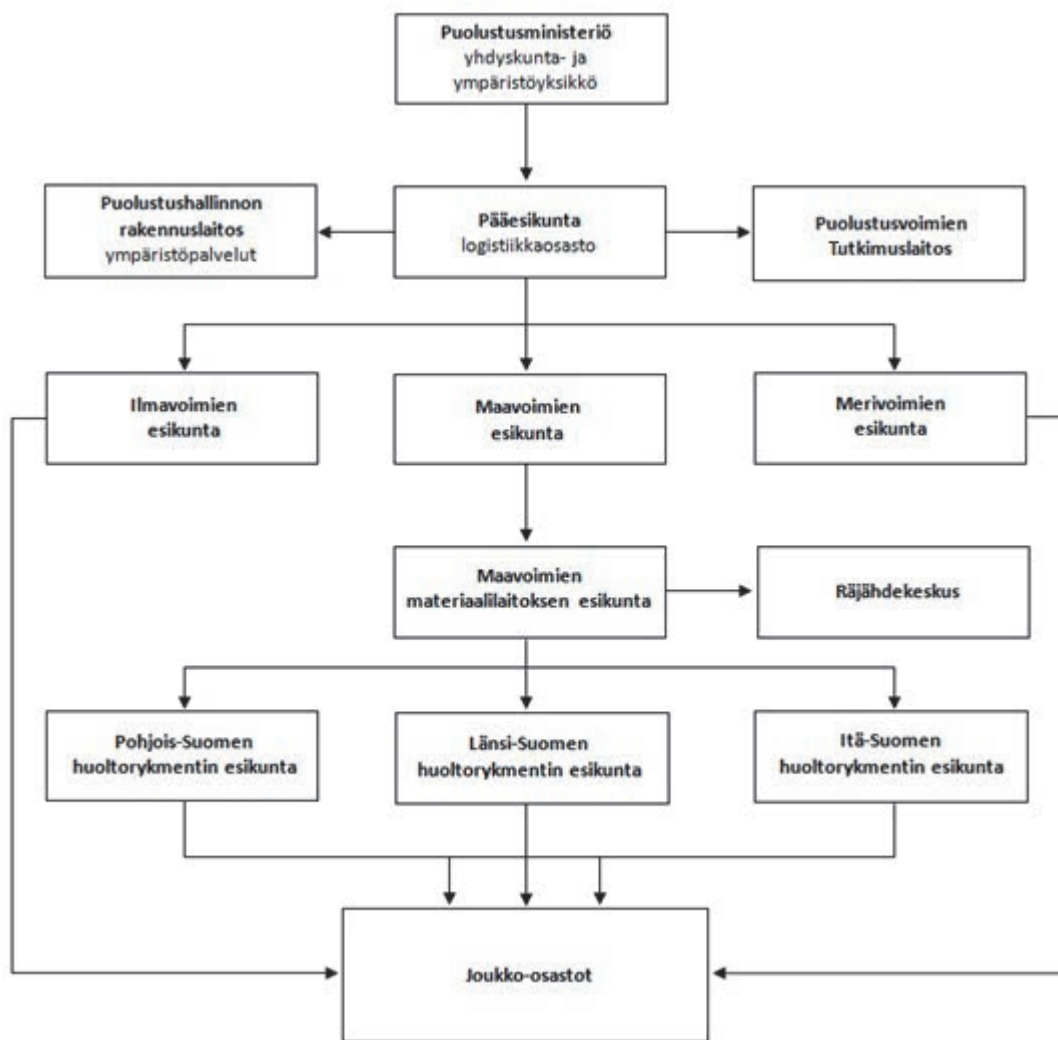
4.3 Ympäristöjohtaminen puolustushallinnossa

Puolustushallinnon ympäristöjohtamisen verkosto koostuu moniportaisesta organisaatiosta, johon kuuluu lisäksi useampia ulkopuolisia yhteistyökumppaneita ja viranomaistahoja. Ympäristönsuojelussa erityisesti suhteet muuhun yhteiskuntaan ovat merkittävässä asemassa, koska niiden kautta edistetään puolustusvoimien toiminnasta väistämättä aiheutuvien ympäristövaikutusten hyväksyntää. Ympäristönsuojelun organisaatio tulee muuttumaan vuosien 2014 ja 2015 vaihteessa. Muutoksen tavoitteena on vastata ympäristöjohtamiseen liittyviin kehitystarpeisiin, joita on tunnistettu puolustushallinnossa toteutetun prosessitarkastuksen sekä tutkimuksessa toteutettujen haastattelujen avulla.

4.3.1 Ympäristönsuojelun verkosto ja sen toiminta

Puolustushallinnon ympäristönsuojelussa toimijoita ovat Puolustusministeriö, Puolustushallinnon rakennuslaitos ja puolustusvoimat. Puolustusministeriö vastaa

ympäristönsuojelun strategisesta tasosta ja rakennuslaitos tuottaa ja hankkii puolustusvoimille alan palveluja. Puolustusvoimat on toiminnanharjoittaja, joka vastaa toiminnallisista ympäristönsuojelun järjestelyistä.



Kuva 7: Puolustushallinnon ympäristönsuojelun verkosto ennen vuotta 2015 [200, tekijän muokkaama].

Puolustusvoimien sisällä on ympäristönsuojelun asiantuntijoita eri organisaatiotasolla (kuva 7). Ympäristönsuojelu määritellään osaksi huoltoa, mistä johtuen asiantuntijat sijoittuvat usein logistiikan kokoonpanoihin [29]. Itse toiminta tapahtuu monilta osin sotilas- eli linjaorganisaation mukaan, eli asiat kulkevat taso kerrallaan ylös- tai alaspäin. Pienellä ympäristötoimialalla yhteydenpito kuitenkin toimii myös tasojen yli [32]. Seuraavassa esitellään ympäristönsuojelun verkoston

toimijat, joista puhuttaessa viitataan niiden sisällä ympäristöasioita hoitaviin tahoihin.

Puolustusministeriö

Puolustusministeriö (PLM) ja sen yhdyskunta- ja ympäristöyksikkö on puolustushallinnon ympäristönsuojelun verkoston ylimmän tason toimija. Ministeriö on osa valtioneuvostoa, jossa se sekä ajaa maanpuolustuksen asioita että vastaa valtionhallinnon kokonaiskehittämisestä. Ympäristöasioissa ministeriön vastuulla on miettiä, miten asiakokonaisuudet koskevat sen omaa alaa. Ympäristönsuojelun lainsäädäntöä kehitettäessä puolustusministeriö neuvottelee usein ympäristöministeriön kanssa esimerkiksi puolustusvoimia koskeviin poikkeuksiin liittyen. Etujen toteutumista valvotaan myös EU-säädösten osalta. Lisäksi Puolustusministeriö koordinoi kansainvälistä yhteistyötä ja kriisinhallintaan liittyvää ympäristöohjeistusta [42].

Puolustusministeriö käsittelee ympäristöasioita suurina kokonaisuuksina, jotka noudattelevat usein valtionhallinnon linjauksia, kuten ilmastopolitiikkaa [33, 34, 39, 42]. Ministeriöstä osoitetaan ympäristönsuojelun tehtäviä puolustusvoimille, jossa Pääesikunta jalkauttaa ne käytännön toimenpiteinä organisaatiossa alaspäin [32, 33].

Pääesikunta

Pääesikunta ja sen logistiikkaosasto (PELOGOS) on ympäristötoimialan ylin asiantuntija ja vetäjä, joka vastaa koko puolustusvoimien ympäristötoimesta [39, 65]. Pääesikunta jalkauttaa Puolustusministeriöltä saamiaan ympäristönsuojelun linjauksina konkreettisten tehtävien ja resurssien muodossa organisaatiossa alaspäin [32, 37, 39, 40, 41, 42, 65]. Lisäksi se vastaa alaisistaan laitoksista, joihin kuuluu esimerkiksi Puolustusvoimien tutkimuslaitos.

Pääesikunta pitää linjaorganisaation mukaisesti yhteyttä puolustushaarojen ympäristöpäälliköihin, mutta myös muihin ympäristöasiantuntijoihin aina huoltorykmenttien tasalle asti [34, 39]. Joukko-osastojen ympäristövastaavien tasalle yhteydenpito ei päivittäisessä työssä yleensä ole ollut tarpeen [39]. Pääesikunta tekee myös yhteistyötä Puolustushallinnon rakennuslaitoksen kanssa ja huolehtii esimerkiksi harjoitusalueiden ympäristöselvitysten kustannuksista [31, 32].

Puolustushallinnon rakennuslaitos

Puolustushallinnon rakennuslaitoksen (PHRAKL) ympäristöpalvelut tarjoaa alan asiantuntijapalveluita puolustusvoimien käyttöön. Laitos tekee laajaa yhteistyötä puolustushallinnon ympäristönsuojelun toimijoiden kanssa ja osallistuu myös

toiminnan suunnitteluun yhteistyössä Pääesikunnan ja Puolustusministeriön kanssa [36].

Rakennuslaitos hoitaa pääasiassa ympäristötarkkailuohjelmia ja niihin liittyviä toimenpiteitä muun muassa pilaantuneisiin maihin ja niiden kunnostuksiin liittyen [31, 33, 34, 36]. Asiantuntijoita ei riitä kaikkiin tarpeisiin, mistä johtuen rakennuslaitos käyttää palvelujen tuottamiseen myös puitesopimuskumppaneina toimivia ympäristökonsulttiyrityksiä. Konsultit voivat esimerkiksi ottaa näytteitä tai suunnitella ja valvoa pilaantuneiden maiden kunnostusta. Rakennuslaitos ohjaa toimintaa, tekee tuloksista analyysit ja arviot sekä osallistuu raporttien, suositusten ja toimenpide-esitysten laatimiseen [35].

Puolustusvoimien tutkimuslaitos

Puolustusvoimien tutkimuslaitos (PVTUTKL) kuuluu Pääesikunnan alaisuuteen. Sen työnä on tehdä ympäristötutkimusta, mikä koostuu lähinnä näytteiden analysoinnista [65]. Tutkimuslaitoksella on ainoana Suomessa mahdollisuus tehdä räjähdysaineanalyysijä, joiden tarve lisääntyykin koko ajan [35, 40]. Tutkimuslaitos tekee lähinnä osoitettuja töitä, eikä nykytilanteessa välttämättä muuten osallistu ympäristöasioihin kovin paljon joitakin ympäristötarkkailuja lukuun ottamatta [65].

Maavoimien Esikunta

Maavoimien Esikunta (MAAVE) on maavoimien ylin toimija ympäristönsuojelun verkostossa. Siellä toimii johtavan ympäristöpäällikön lisäksi kaikkien puolustushaarojen käytössä oleva meluasiantuntija. Maavoimien Esikunta saa Pääesikunnalta ympäristönsuojelun tehtäviä, jotka se jakaa eteenpäin joukko-osastoille ja Maavoimien Materiaalilaitokselle [33]. Maavoimien Esikunta määrittelee toimintaa pitkälti koulutuksen näkökulmasta, mistä johtuen se on paljon tekemisissä joukko-osastojen ja myös niitä ohjaavien huoltorykmenttien kanssa, vaikka rykmenttien virallinen johto-organisaatio onkin Maavoimien Materiaalilaitos [34].

Maavoimien Esikunta raportoi linjaorganisaation mukaisesti alhaalta ylöspäin tulevia toiminta- ja tilannekuvatietoja Pääesikunnalle [32]. Esikunta hoitaa lisäksi ympäristöasioiden sotilaslakimiehen avulla joukko-osastojen ympäristölupaprosesseihin liittyviä asioita, kuten valituksia [33].

Maavoimien Materiaalilaitos

Maavoimien Materiaalilaitos (MAAVMATL) vastaa muun muassa sotavarusteisiin liittyvistä ympäristöasioista. Materiaalilaitosta johtaa Maavoimien Esikunta, josta sille tulevat myös ympäristönsuojelun tehtävät [33, 37]. Näitä se jakaa edelleen

alaisuudessaan oleville huoltorykmenteille [37]. Huoltorykmenttien kanssa yhteistyö on joissain tapauksissa kuitenkin paljon vähäisempää Maavoimien Esikuntaan verrattuna huolimatta virallisesta johtosuhteesta [34]. Materiaalilaitoksen alaisuudessa toimivan Räjähdekeskuksen kanssa yhteistyö on tiiviimpää [37, 41]. Muita tärkeitä ympäristötoimialan yhteistyökumppaneita ovat myös Puolustushallinnon rakennuslaitos ja Puolustusvoimien tutkimuslaitos, joilta materiaalilaitos ostaa palveluja ja analyysijä [37].

Räjähdekeskus

Räjähdekeskusta (RÄJK) ohjaa Maavoimien Materiaalilaitos. Keskukselle kuuluvat nimenomaan räjähteiden erikoisalaan liittyvät asiat. Räjähdekeskus tekee yhteistyötä Puolustushallinnon rakennuslaitoksen kanssa erityisesti pilaantuneiden maiden osalta, minkä lisäksi se tekee räjäytyspaikkojen seurantaan Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen kanssa [41].

Huoltorykmentit

Pohjois-, Länsi- ja Itä-Suomen huoltorykmentit (PSHR, LSHR, ISHR) kuuluvat virallisesti Maavoimien Materiaalilaitoksen alle. Ne tukevat vastuualueelleen kuuluvia joukko-osastoja niiden ympäristöasioihin, kuten lupien hakuun ja lausuntoihin liittyen [40]. Joukko-osastojen määrä on kuitenkin jakautunut epätasaisesti, sillä esimerkiksi Länsi-Suomen huoltorykmentillä niitä on nykytilanteessa hyvin paljon [34]. Huoltorykmenttien tärkeä yhteistyökumppani on Puolustushallinnon rakennuslaitos, minkä lisäksi ne keskustelevat paljon myös keskenään [32, 34, 40].

Joukko-osastot

Ympäristönsuojelun organisaatiossa alimmalla tasolla ovat joukko-osastot, joissa toimii osa- tai päätoimisia ympäristövastaavia. Joukko-osastot vastaavat myös vastuullaan olevien ampuma- ja harjoitusalueiden ympäristönsuojelun järjestelyistä [29]. Ne käyttävät huoltorykmenttien tukea ja myös Puolustushallinnon rakennuslaitoksen palveluita [29, 31, 33, 189].

Vaikka ympäristönsuojelun tehtävät tulevat joukko-osastoille pääosin ylhäältä organisaatiosta, voi niiden tekemän käytännön työn kautta nousta esille ympäristönsuojeluun liittyviä asioita, jotka ylemmille tahoille ilmoitettaessa voivat osaltaan vaikuttaa puolustushallinnossa tärkeiksi määriteltyihin ympäristönäkökohtiin [33, 38, 39]. Ylempää organisaatiosta voidaan myös tiedustella käytännön työtä tekevien havaintoja [36]. Joukko-osastojen tehtävänä on myös itse määritellä itse omat merkittävät ympäristövaikutuksensa ja painopistealueensa [33].

Ulkopuoliset yhteistyökumppanit

Puolustushallinto tekee ympäristöalan yhteistyötä monien organisaation ulkopuolisten toimijoiden kanssa. Pääasiallisiin yhteistyökumppaneihin kuuluvat Metsähallitus ja Senaatti-kiinteistöt, jotka omistavat puolustusvoimien käyttämiä alueita ja rakennuksia [31, 37, 40, 41, 42]. Puolustusvoimilla on alueiden käyttäjänä kuitenkin vastuu toiminnastaan johtuvista ympäristövaikutuksista [37]. Yhteistyötä Metsähallituksen ja Senaatin voidaan tehdä myös esimerkiksi ampumaratatekniikkaan tai pilaantuneisiin maihin liittyvissä asioissa [40]. Metsähallituksella on maanomistajuuden lisäksi merkittävä rooli luontoselvitysten tekemisessä. Strategisina kumppaneina toimii ympäristöasioihin liittyen myös yrityksiä, kuten Millog Oy [37]. Myös ympäristökonsulttiyritysten voidaan Puolustushallinnon rakennuslaitoksen puitesopimuskumppaneina nähdä kuuluvan tähän ryhmään.

Toinen tärkeä yhteistyötaho ovat viranomaiset eli aluehallintovirastot (AVI), elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset (ELY) sekä kunnat [31, 32, 34, 40, 42, 65]. Aluehallintoviranomaiset myöntävät tarvittavat ympäristöluvut ja ELY-keskukset valvovat niiden toteutumista [33, 34, 37, 40]. Käytännössä ympäristölupien ehdot sanelevat suuren osan ympäristönsuojelun prioriteeteista, joita puolustushallinnossa noudatetaan [32, 37, 40]. Haasteina viranomaisten suhteen nähdään niiden suuri määrä ja itsenäisyys, mistä johtuen eri osissa maata on samasta asiasta voitu antaa erilaisia päätöksiä [37]. Tarvetta nähdäänkin jonkinlaiselle valtakunnalliselle, puolustusvoimien asioihin erikoistuneelle viranomaistaholle [37, 65].

Kunnat eivät luvuta tai valvo puolustusvoimien toimintaa, mutta niille esimerkiksi tiedotetaan ympäristöasioista, pyydetään lausuntoja ympäristölupiin ja kutsutaan mukaan valvontatarkastuksiin [34, 37, 42]. Lisäksi kuntien terveystoimikunnat hoitavat ympäristöterveyteen liittyviä asioita, kuten mahdollisia pohjaveden pilaantumistapauksia [34].

4.3.2 Yhteiskuntasuhteet

Puolustusvoimien lakisääteisten tehtävien edellyttämä harjoitustoiminta aiheuttaa hyvin järjestettynäkin jonkinlaisia ympäristövaikutuksia [2]. Ympäristötietoisessa nyky-yhteiskunnassa vaikutuksia ei käytännössä voi sivuuttaa ja niihin liittyvät imagoiseikat voivat olla hyvinkin merkityksellisiä. Niinpä hyvät suhteet ympäröivään yhteiskuntaan ja erityisesti lähiympäristön asukkaisiin ovat tärkeitä puolustusvoimien toimintamahdollisuuksien turvaamiselle. Uskottavan ympäristönsuojelun kautta puolustusvoimat voi lisäksi vahvistaa itsestään positiivista julkisuuskuvaa, joka edistää kansalaisten hyväksyntää väistämättä syntyville vaikutuksille [2]. Tiedottamalla ympäristöasioistaan puolustusvoimat

lisää tavallisten ihmisten tietoisuutta alaan liittyvästä toiminnastaan sekä vähentää vääristä tai puutteellisesta tiedosta mahdollisesti seuraavia ristiriitoja muun yhteiskunnan kanssa.

Suhteet kansalaisiin

Hyvät suhteet ympäröivän yhteiskunnan ja puolustusvoimien kohteiden lähiympäristön asukkaiden kanssa näyttävät olevan hyvin tärkeässä asemassa [42, 189]. Haasteita on kuitenkin syntynyt joissain tapauksissa, kun asutus on päässyt leviämään liian lähelle puolustusvoimien alueita. Myös valveutuneisuuden lisääntyminen ja sietokynnyksen alentuminen on voinut johtaa kansalaisten aktivoitumiseen [2]. Viime aikoina puolustusvoimien kohteiden lähiympäristön asukkaiden huolenaiheiksi ovat haastateltavien mukaan nousseet sotilaallisen toiminnan ympäristövaikutuksista erityisesti melu ja tärinä sekä maaperä-, pohjavesi- ja luontovaikutukset [31, 32, 33, 35, 37, 38].

Kansalaiset pyrkivät vaikuttamaan puolustusvoimien toimintaan nykyisin pääasiassa viranomaisille kohdistuvien vireillepanojen ja valitusten kautta, joihin ympäristölupaprosessi antaa oikeuden [37, 38, 190]. Asutuksen määrä ei automaattisesti ole yhteydessä valitusten määrään, sillä joissain kohteissa muutamakin asukkaat voivat olla hyvin aktiivisia ja saada näkyvyyttä ajamalleen asialle [36, 42]. Niinpä vaikka eri alueilla toimittaisiin samalla tavalla, voivat niistä jotkin korostua haastavamman yhteisön vaikutuksesta [33, 40]. Esimerkiksi meluvalitukset kohdistuvat pitkälti samoihin, tiettyihin alueisiin, joista on valitettu aiemminkin [38].

Aloitteet ovat usein sidoksissa kokemuksiin ja asenteisiin [33]. Monet ihmiset voivat suhtautua puolustusvoimiin ja sotilaallisesta toiminnasta syntyviin meluvaikutuksiin hyvinkin ymmärtäväisesti, eikä monenkaan pitkäaikaisesti puolustusvoimien kohteiden läheisyydessä asuneista ihmisistä arvioida kuuluvan niihin, jotka toiminnasta valittavat [36, 37]. Ristiriitoja voi aiheuttaa esimerkiksi asukkaiden vaihtuminen, sillä tulokkaat eivät välttämättä ole ennalta tottuneet meluun [37]. Yhteistyö ja kommunikointi lähiympäristön asukkaiden kanssa on havaittu tärkeäksi keinoksi edistää hyviä suhteita. Erityisesti asukkaiden aktiivinen huomiointi on tuottanut hyviä tuloksia [36, 189]. Avoimuuden ja asioiden selvittämisen seurauksena valitukset ja huolet ovat usein vähentyneet [36, 41].

Usein ympäristöön kytkeytyvissä kitkatilanteissa on myös kyse erilaisista taloudellisista intresseistä [2]. Moniin puolustusvoimien alueisiin, kuten Santahaminaan, Syndaleniin ja Lohtajaan, kohdistuu yhteiskunnan paineita, sillä ne ovat sijaintinsa ja ympäristöolojensa vuoksi houkuttelevia kohteita virkistys- ja asuinalueiksi [2, 4, 36, 37]. Niinpä alueita halutaan toisaalta siviilikäyttöön ympäristön herkkyyttä eräänä argumenttina käyttäen, mutta ilman puolustusvoimien toimintaa eivät alueen erityislaatuiset luontoarvot todennäköisesti säilyisi nykyisessä muodossaan [2, 36].

Puolustushallinnossa kansalaisten valitukset huomioidaan, niihin liittyviä asioita selvitetään ja ideat pyritään huomioimaan [29, 31, 32, 34, 41, 42]. Aktiivisuus voidaan nähdä positiivisena, sillä se osoittaa ihmisten kiinnostusta ympäristöasioihin ja halua vaikuttaa niihin [36]. Tämän seurauksena myös puolustusvoimien on tarkasteltava kriittisesti toimintatapojaan [190]. Aloitteiden kautta arvellaan kuitenkin tulevan harvemmin esiin asioita, jotka eivät olisi jo jollain tapaa puolustushallinnon tiedossa [35, 39, 40, 42]. Puolustushallinnossa onkin pitäydytty vain itse tarpeellisiksi nähdyt toimenpiteet [38, 42]. Tavallisemmin aloitteet voivat vaikuttaa siihen, että mahdollisiin toimiin ryhdytään aiottua nopeammin [31, 41].

Ympäristöviestintä

Puolustusvoimien toiminnasta tiedottaminen on havaittu tärkeäksi keinoksi lisätä ihmisten tietoisuutta aiheesta ja samalla edistää hyviä suhteita ympäröivään yhteiskuntaan. Ulkopuolisten epätietoisuus toiminnasta saattaa aiheuttaa väärinkäsityksiä tai epäluuloa luomalla mielikuvan siitä, ettei asioista haluta kertoa [2, 10]. Niinpä avointa ympäristöasioista tiedottamista pidetään merkityksellisenä [2].

Puolustushallinnon muulle yhteiskunnalle suunnatusta ympäristöviestinnästä vastaa pääasiassa se taho, jonka toimintaan asia liittyy [32, 35]. Viestintää tehdään siis kaikilla organisaatiotasolla erityisesti tavallisiin, yleensä imagoa koskeviin ympäristöasioihin liittyen [35, 42]. Tiedotuksen vastuut on määritelty selkeästi säännöissä [31, 41]. Ympäristöviestinnässä yksittäiset asiantuntijat eivät anna omin päin lausuntoja julkisuuteen, vaan asia hoidetaan keskitetysti tiedotusorganisaatiossa, jonka kautta ympäristöasioista tiedottaminen hoidetaan yhdenmukaisen prosessin kautta [31, 32, 33, 189]. Asiantuntijat kuitenkin tukevat prosessia, sillä tiedotuspuolelta voi ympäristöalan tuntemus puuttua [31, 34, 38, 42]. Asiantuntijat voivat esimerkiksi laatia asiasta viestin, jonka viestinnän ammattilaiset tarkistavat ja organisoivat tiedottamisen [42].

Ympäristöviestinnän periaatteena on, että se pyritään toteuttamaan relevantilla organisaatiotasolla [42]. Ympäristövahingon tai muun vakavamman asian sattuessa viestintä hoidetaan pitkälti samoin kuin normaalitilanteessa, eli keskitetysti tiedotusorganisaation kautta [31, 32, 35, 40]. Yleensä viestinnän hoitaa taho, jonka toiminnasta vahinko on päässyt syntymään [33, 41]. Kuitenkin merkitykseltään suuremmissa asioissa viestintävastuu voi siirtyä ylemmille tahoille organisaatiossa, jolloin tiedottajana toimii usein Pääesikunta [33, 34, 39]. Tällainen asia voi olla esimerkiksi räjähdysainehavainto pohjavedestä [32, 34, 41]. Ympäristöviestinnässä korostuvat asiasisällön yhdenmukaisuus ja tiedotuksen nopeus tapahtuman jälkeen [36].

Haastateltavat näkivät ympäristöviestinnän tilan hieman eri tavoin. Osittain se vaikuttaa toimivalta nyky muodossaan [32, 42]. Toisaalta siinä nähdään myös tarvetta kehittämiseksi [34, 36, 39]. Maavoimien Esikunnassa onkin tekeillä ympäristöviestinnän ohje tilannetta parantamaan [31, 32, 33, 34, 37, 39]. Yleisesti ottaen ympäristöviestinnälle nähdään kehitysmahdollisuuksia esimerkiksi lisäämällä puolustusvoimien ympäristöasioista tiedottamista muun tavallisen tiedottamisen yhteydessä [33, 40]. Ympäristöviestinnän kehittämisessä haasteellista on, että sen onnistumisen tulokset eivät välttämättä ole selkeästi nähtävissä, sillä negatiiviset asiat tulevat esille positiivisiin verrattuna usein paljon näkyvämmiin [42].

4.3.3 Organisaatiomuutos

Puolustushallinnon ympäristönsuojelun organisaatio tulee kokemaan muutoksen vuosien 2014 ja 2015 vaihteessa. Tällöin Pääesikunnan alaisuuteen perustetaan Puolustusvoimien logistiikkalaitos, johon keskittyy suurin osa ympäristönsuojelun asiantuntijoista. Laitoksen tehtävänä on hallinnoida kaikkien puolustushaarojen ympäristönsuojelutoimintaa [42, 65]. Laitoksen käyttöön tulee lisäksi ympäristöasioihin perehtynyt sotilaslakimies [37, 39]. Logistiikkalaitoksen alle tullaan perustamaan kolme alueellisesti jaettua logistiikkarykmenttiä, joihin siirtyvät asiantuntijat vastaavat vastualueen joukko-osastojen ympäristöasioista [39, 42]. Myös logistiikkarykmentit palvelevat kaikkia puolustushaaroja [39].

Yleisesti ottaen ympäristönsuojelun painoarvon oletetaan lisääntyvän alalle osoitetun sektorin perustamisen kautta [35]. Uudistukseen liittyy myös muita odotuksia, joita haastattelututkimuksessa ilmeni. Seuraavassa tarkastellaan ympäristönsuojelun prosessitarkastuksen [200] selvittämiä kehitystarpeita, ympäristönsuojelun pitkän aikavälin suunnitelman [2] asettamia eräitä tavoitteita sekä haastatteluissa esille tulleita ajatuksia suhteessa tulevaan uudistukseen. Näitä ovat erityisesti organisaatorakenteeseen ja erikoistumiseen liittyvät kokonaisuudet.

Organisaatorakenteen kehittäminen

Nykyinen ympäristönsuojelun organisaatorakenne on varsin moniportainen [2]. Prosessitarkastuksen ja haastattelujen perusteella tämän koetaankin aiheuttavan työlästä asioiden eteenpäin siirtelyä ja hankaloittavan toimintaa [32, 37, 200]. Kehitystarpeeksi tunnistettiin organisaation yksinkertaistaminen ja asiantuntemuksen keskittäminen, mikä tulee toteutumaan odotettuna muutoksena uudistuksessa [2, 34, 35, 30, 200]. Yhden kootun toimijan muodostaminen selkeyttää yhteistyötä [35, 39]. Keskitetty organisaatio pystyy todennäköisesti myös paremmin seuraamaan monimutkaistuvaa lainsäädäntöä, suunnittelemaan toimintaa ja kehittämään käytönseurantaa [200].

Yhteydenpito pienellä ympäristötoimialalla sujuu arvioiden mukaan nykyiselläänkin hyvin [37, 41]. Linjaorganisaatiota noudatettaessa haasteita voi kuitenkin tulla, sillä moniportaisessa verkostossa tieto voi kulkea hitaasti ja kankeasti [200]. Asian odotetaan muuttuvan uudistuksen myötä parempaan suuntaan, sillä keskitetyssä organisaatiossa johtaminen ja toimialaohjaus toimivat oletettavasti paremmin [34, 42].

Prosessitarkastuksessa todettiin epäselvyyksiä vastuiden määrittelyssä puolustushallinnon sisällä. Erityisesti Puolustushallinnon rakennuslaitoksen roolille havaittiin selkeyttämisen tarve [200]. Vastuiden määrittely ja selkeyttäminen mainittiin myös muutamissa haastatteluissa [31, 40]. Moni haastateltava olisi mahdollisesti korjannut rakennuslaitoksen ja puolustusvoimien ympäristöasiantuntijoiden osittain päällekkäisiä tehtäviä keskittämällä toimintaa vielä enemmän, eli käytännössä yhdistämällä Puolustushallinnon rakennuslaitoksen ja Puolustusvoimien logistiikkalaitoksen asiantuntijat yhteen kokonaisuuteen [33, 34, 40, 42]. Niin pitkälle ei uudistuksessa kuitenkaan tulla menemään [42]. Keskittämisessä koetaan tärkeäksi huomioida vaara asiantuntemuksen liiallisesta alueellisesta keskittymisestä ja eriytymisestä käytännön toiminnasta [36, 200].

Prosessitarkastuksessa havaittiin ympäristölupahakemusten olevan hyvin työläitä joukko-osastoille, minkä perusteella koettiin tärkeäksi pohtia, kannattiko kyseinen tehtävä säilyttää ennallaan [200]. Uudistuksessa toiminnanharjoittajan rooli siirtyy logistiikkalaitokselle, joka ryhtyy hoitamaan ympäristölupa-asioita [33, 34]. Laitos tulee hoitamaan myös suurimman osan viranomaisten kanssa tehtävästä yhteistyöstä [189]. Tällöin joukko-osastojen tehtäväksi jäisi ympäristölupamääräysten noudattaminen ja muun ohjeistuksen mukaan toimiminen, jolloin ne voivat todennäköisesti keskittyä tehokkaammin ydintehtäväänsä eli joukkojen kouluttamiseen [37, 42].

Uudistuksen tarkoitus on selkeyttää asiantuntijaverkostoa, joka voi nykymuodossaan näyttäytyä joukko-osastoille vaikeaselkoisena [200]. Toisaalta joukko-osastojen näkökulmasta asiantuntemus voi näyttää siirtyvän kauemmas ja etääntyvän arkielämästä. Tällöin logistiikkalaitokselle ja –rykmenteille voi muodostua haasteeksi antaa tarvittava tuki riittävän nopeasti, jotta joukko-osastot eivät ryhtyisi avun puutteessa tekemään omia, hätäkohtia ratkaisuja. Tärkeäksi nähdään myös, että joukko-osastot huomioivat riittävästi itselleen vielä jäävät ympäristönsuojelun velvollisuudet, sillä esimerkiksi tavallinen yhteydenpito viranomaisiin ja toiminnan kehittäminen eivät kokonaisuudessaan tule siirtymään logistiikkalaitoksen vastuulle [40].

Toiminnanharjoittajan roolista nousi tutkimuksessa esille erilaisia näkemyksiä. Prosessitarkastuksessa joukko-osastot saattoivat nähdä toiminnanharjoittajan roolinsa erikoisena [200]. Uudistuksessa se siirtyy logistiikkalaitokselle. Toisaalta toiminnanharjoittajuuden voidaan nähdä kuuluvan sille, joka vaikutukset aiheuttaa,

eli juuri joukko-osastolle [33]. Niissä on myös syntynyt muutosvastarintaa roolin poistumisen vuoksi huolimatta siitä, että niiden osaaminen ja resurssit lupien hoitamiseen vaihtelevat [37].

Organisaatiomuutoksen toimimisen kannalta tiedonkulkua pidetään erittäin tärkeänä [36]. Erityisesti rakennuslaitoksen ja puolustusvoimien sekä joukko-osastojen ja logistiikkalaitoksen välinen riittävä kommunikointi nähdään merkityksellisenä [35, 36, 40]. Lisäksi Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen suunnalta toivottiin lisää tiedottamista ympäristöasioista [65]. Yhtenäiset käytännöt ja tiedonhallinta nähdään myös selkeinä kehityskohteina, joihin uudistuksen odotetaan vastaavan [32, 33, 35, 40].

Erikoistumisen edistäminen

Nykyisen ympäristönsuojelun organisaation haasteena voidaan nähdä asiantuntemuksen pirstaloituminen [33, 35, 39]. Hajanaisesta organisaatorakenteesta johtuen monet ympäristöasiantuntijat ovat niin sanottuja yleisasiantuntijoita [200]. Asiantuntijoiden on vastaisuudessa tarkoitus erikoistua puolustusvoimien toiminnan kannalta keskeisiin ympäristönsuojelun osa-alueisiin [2]. Haastateltavat pitivät erikoistumisen toteutumista uudistuksessa merkityksellisenä [32, 33, 34, 36, 37, 39, 42]. Erikoistumisella pyritään yhtenäistämään toimintamalleja, säästämään kustannuksissa, varmistamaan edunvalvonnan onnistuminen ja kehittämään ympäristönsuojelun tasoa [2, 200].

Erikoistumisen haasteena nähdään toisaalta sen edellyttämä melko pitkä syventymisjakso [200]. Asiantuntijat voivat myös olla vaarassa eriytyä toiminnastaan, mikä on myös keskittämisen vaarana [42]. Uhkana on myös asiantuntijan jääminen yksin oman erikoisosaamisalueensa kanssa, minkä arvioidaan pahimmillaan johtavan entistä voimakkaampaan pirstaloitumiseen [200].

5 Tulosten tarkastelu

Merkittävimpien sotilaallisesta toiminnasta syntyvien ympäristövaikutusten suhteen on tunnistettavissa monia samankaltaisia painopistealueita kansainvälisen tutkimuksen ja puolustushallinnon näkökulman kesken. Puolustushallinto keskittyy ympäristövaikutuksista niihin, jotka ovat merkityksellisimpiä puolustusvoimien toiminnan turvaamisen kannalta sekä niihin, joissa ympäristöviranomainen on edellyttänyt toimenpiteitä. Niinpä painotuksissa löytyy myös olennaisia eroja. Tutkimustiedon käsittelyn tavoitteena on ensisijaisesti tuoda uudenlaista tai täydentävää näkökulmaa sotilaallisen toiminnan ympäristövaikutusten tarkasteluun.

Sotilaallisen toiminnan ympäristövaikutukset syntyvät puolustusvoimissa pääosin ampuma- ja harjoitustoiminnasta, mistä johtuen melu ja tärinä ovat niistä merkittävimpien joukossa. Vaikka kyse on enemmän ympäristöterveyden näkökulmasta, ei melu- ja tärinävaikutuksia voi suoraan sivuuttaa, sillä ne näyttäytyvät muulle yhteiskunnalle ympäristövaikutuksista todennäköisesti konkreettisimpina. Kansainvälisen tutkimustiedon etsimistä aiheesta ei katsottu tarpeelliseksi, sillä puolustushallinnolta oli saatavilla kattavia, tutkimusalueen ja rajauksen kannalta relevantteja selvityksiä. Melu- ja tärinävaikutusten haasteellisuutta lisää, että valmiuden luonnin ja ylläpidon kannalta oleellisesta ampumatoiminnasta niitä syntyy lähes väistämättä. Puolustushallinnossa huomio näyttää nykyisin keskittyvän erityisesti raskaiden aseiden ammunnoista syntyviin vaikutuksiin.

Toisena merkittävänä ympäristövaikutuksena ampumatoiminta aiheuttaa metalli- ja räjähdysainepäästöjä. Ammuksista maaperään päässeet haitta-aineet voivat jo sellaisenaan aiheuttaa riskejä ympäristölle, mutta erityisesti pohjaveteen kulkeutuessaan ne muodostavat vakavan uhan myös ihmisten terveydelle [3, 53]. Metallipäästöistä suurin osa syntyy pienikaliiperisten aseiden ammuksista ampumaradoilla [2]. Ampumaratojen päästöistä erityisesti lyijyä ja sen kulkeutumista on tarkasteltu kansainvälisessä tutkimuksessa laajasti. Puolustusvoimien toiminnassa laukausten ja sitä kautta myös haitta-aineiden määrät ovat suuria, mistä johtuen metallipäästöt ovat merkittävässä asemassa [1]. Puolustusvoimien ampumaratojen päästöjen aiheuttamaa akuuttia pilaantumista ei kuitenkaan vaikuta juuri tapahtuneen [44]. Puolustushallinnossa suurempi huomio näyttää siirtyvän ampuma- ja harjoitusalueilla syntyviin päästöihin.

Raskaiden aseiden ammunnoista ja räjähdyksistä syntyvät räjähdysainepäästöt ovat puolustushallinnossa ajankohtainen ja tärkeä aihe, jonka tutkimustarve näyttää koko ajan kasvavan [35, 37, 40, 65]. Moni ampuma-alue sijaitsee pohjavesialueella, joten huoli on ilmeinen [1]. Lisäksi päästöt syntyvät esimerkiksi ampumaratoihin verrattuna paljon laajemmalla alueella. Kansainvälistä tutkimusta aiheesta löytyy melko vähän, mikä todennäköisesti johtuu alan marginaalisuudesta.

Räjähdysainepäästöille ja erityisesti niiden ohjearvoille on havaittavissa selkeä lisätutkimuksen tarve.

Fyysisiä vaikutuksia maaperään ja kasvillisuuteen käsitellään laajasti kansainvälisessä tutkimuksessa erityisesti panssarivaunujen ja pyörällisten sotilasajoneuvojen osalta. Telat ja pyörät muodostavat uria ja kuluttavat maanpintaa suojaavaa kasvillisuuspeitettä, mistä seuraa myös itse maaperän kulumista ja eroosion kiihtymistä [11, 27, 82, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101]. Kulutuksen on havaittu voimistuvan muun muassa maan korkean kosteuspitoisuuden, suuren ajonopeuden ja käännösten vaikutuksesta [11, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 100, 102, 103]. Raskas kalusto ja sotilasjoukkojen liikkuminen voivat myös tiivistää maata, jolloin esimerkiksi veden suotautuminen heikentyy ja huonontaa olosuhteita kasvillisuuden kannalta, jonka palautuminen on olennaista myös maaperän toipumisen kannalta [2, 27, 89, 92, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 117, 122]. Kulutuksen ja tiivistymisen yhteisvaikutuksen voidaan spekuloida aiheuttavan välillisesti myös kiinteän aineen kuormitusta, sillä tiivistymisen myötä veden valunta maan pinnalla lisääntyy ja tällöin vesi voi tehokkaammin kuljettaa kulutuksen irrottamaa maa-ainesta vesistöihin asti.

Fyysiset vaikutukset riippuvat suurelta osin maaperän ominaisuuksista, joten tutkimustuloksia ei voitane sellaisenaan yleistää Suomen olosuhteisiin. Tutkimukset on laadittu lähes yksinomaan Yhdysvalloissa, joka eroaa Suomesta tiettävästi sekä harjoitusalueidensa ominaisuuksien että toimintansa intensiteetin kautta. Puolustushallinnossa maaston kuluminen ja maan tiivistyminen joukkojen ja kaluston liikkumisen seurauksena on tiedostettu, mutta ne eivät näytä kuuluvan merkittävimpien haasteiden joukkoon.

Sotilaallisesta toiminnasta ilmaan syntyvistä päästöistä näyttää olevan hyvin vähän tietoa niin tutkimuksen kuin puolustushallinnon näkökulmasta, vaikka kummastakin niistä löytyy muutamia mainintoja. Tiedon vähäisyys saattaa johtua siitä, etteivät kaasumaiset päästöt ole aistinvaraisesti havaittavissa samalla tavalla kuin esimerkiksi melu tai panssarivaunujen urat. Puolustusvoimien maa-ajoneuvot käyttävät vuosittain 12 miljoonaa litraa polttoainetta, joten päästöjen ei voitane olettaa olevan erityisen vähäisiä [37]. Lisätutkimuksen tarve aiheesta näyttää selkeältä.

Sotilaallisen toiminnan vesistövaikutuksista näyttää niin ikään olevan melko vähän tutkimustietoa. Tutkimus keskittyy lähinnä kiinteän aineen kuormitukseen ja puolustushallinnon näkökulma ampumaratojen pintavesivaluntaan [1, 2, 28, 41, 42, 94, 127]. Vaikutukset eivät välttämättä ole suuria esimerkiksi kuormituksen tai vaikutusten piiriin ulottuvien vesistöjen vähäisyydestä johtuen. Vesistövaikutuksia on kuitenkin melko haastavaa selvittää, sillä niiden alkuperää ei aina pystytä täsmällisesti osoittamaan. Todennäköisesti nimenomaan puolustusvoimien

toiminnasta syntyvät vaikutukset ovat kuitenkin melko rajoittuneita verrattuna muihin vesistövaikutuksia aiheuttaviin toimintoihin, kuten maatalouteen.

Kansainvälinen tutkimus keskittyy yhtenä selkeänä aihekokonaisuutena eläinten käyttäytymiseen ja populaatioihin kohdistuviin vaikutuksiin, kun taas puolustushallinnossa ne eivät näytä olevan lähes ollenkaan esillä. Tämä saattaa johtua siitä, etteivät luonnonvaraisten eläinten reaktiot välttämättä ole helposti havaittavissa, sillä ne pysyttelevät usein etäällä ihmisistä. Lisäksi tutkimus on haastavaa menetelmien ja resurssien kannalta, sillä se toteutetaan usein tarkkailemalla eläimiä pitkäaikaisesti. Tutkimustulosten yleistettävyys ei todennäköisesti ole hyvä, sillä tutkimus näyttää keskittyvän melko pieniin kokonaisuuksiin, minkä lisäksi se on riippuvainen lajista ja paikallisista olosuhteista [131]. Luultavasti haasteista johtuen tulokset eivät olekaan monissa seikoissa yksimielisiä.

Yleisesti ottaen eläinten on havaittu pitkälti tottuvan esimerkiksi ammuntojen ja ilma-alusten meluun, mikä tosin riippuu yllättävyydestä, toistuvuudesta ja melulähteen etäisyydestä [131, 134, 136, 139, 141, 142, 143, 144, 145, 147, 148, 150]. Tottumisen myötä eläimet eivät muuttaneet käyttäytymistään kovin paljon tai pitkäksi aikaa, joten käyttäytymisen häiriintymisestä mahdollisesti seuraavilta negatiivisilta populaatiovaikutuksilta näytettiin välttyvän. Sotilaallisen toiminnan mahdollisia vaikutuksia eläinten käyttäytymiseen ja populaatioihin voidaan kuitenkin pitää tärkeänä tutkimusaiheena, mikäli kohteina on esimerkiksi uhanalaisia tai riistanhoidon kannalta merkityksellisiä lajeja.

Lajeihin ja elinympäristöihin kohdistuvat vaikutukset ovat selkeä painopistealue kansainvälisessä tutkimuksessa. Myös puolustushallinnossa ne ovat tärkeässä asemassa nimenomaan positiivisten vaikutusten kautta. Sopivasti tapahtuvat häiriöt voivat muokata alueelle erityisiä, kulutuksesta riippuvaisia elinympäristöjä, jotka ovat tärkeitä monille uhanalaisille lajeille [10, 27, 114, 162, 169, 171, 172, 173, 177]. Puolustusvoimien alueilta on havaittu esimerkiksi ammuntojen ja joukkojen liikkumisen ylläpitämistä avoimista hietikoista riippuvaisia uhanalaisia lajeja [176]. Harjoitusalueita käytetään epätasaisesti esimerkiksi taktisista syistä, joten osaan alueesta voi kohdistua voimakastakin kulutusta samalla kun osa voi olla suhteellisen häiriötöntä [83, 178]. Seurauksena alueille voikin suuremmassa mittakaavassa muodostua heterogeenisiä elinympäristöjä, joissa sukcession eri vaiheisiin sijoittuvat lajit voivat esiintyä yhtäaikaisesti ja muodostaa alueelle merkittävää biodiversiteettiä [27, 158, 179, 180, 181].

Vaikka sotilaallinen toiminta aiheuttaa paikoin liiallistakin kulumista, sen positiivisia vaikutuksia tukee keskitehden häiriöiden hypoteesi, jonka mukaan lajien monimuotoisuus on suurimmillaan sopivasti häirityillä alueilla [18, 19]. Vaikka teoriaa ei ole todettu yleispäteväksi, näyttää selvältä, että sotilaallinen toiminta hyödyttää monia lajeja elinympäristöihin kohdistuvien vaikutusten kautta.

Lisäksi näkemys heterogeenisestä häiriöregiimistä tukee tutkimustietoa siitä, että sotilasalueille voi erilaisten häiriöiden vaikutuksesta syntyä runsasta biodiversiteettiä ylläpitäviä heterogeenisiä elinympäristöjä [27]. Häiriöiden lisäksi sulkeutuneisuus toimii usein etuna luonnolle, sillä se rajaa siviiliyhteiskunnan toiminnot alueen ulkopuolelle ja sitä kautta edesauttaa erityisesti herkkien ympäristöjen säilymistä ja luonnonprosessien häiriötöntä etenemistä [1, 2, 10, 29, 82, 129, 180, 183, 184, 185].

Puolustusvoimien toiminta kytkeytyy luonnonsuojeluun monin tavoin, sillä sen alueilla sijaitsee monia kansallisia suojelualueita ja Natura 2000 –kohteita [1, 82]. Monien suojelukohteiden luontoarvot ovat todennäköisesti syntyneet ja pysyneet yllä sotilaallisen toiminnan vaikutuksesta. Osa kohteista tarvitsee ylläpitoa, mihin puolustusvoimat on monissa tapauksissa osallistunut esimerkiksi integroimalla hoitotoimet sotilaskoulutukseen [10]. Luonnonsuojelu näyttääkin puolustushallinnon kannalta hyvin merkitykselliseltä. Kansainvälisessä tutkimuksessa sotilaallisen toiminnan luonnonsuojelunäkökulmaa käsitellään lähinnä käytöstä poistettujen sotilasalueiden suojeluarvon kannalta. Mikäli sotilaallinen toiminta loppuu, alueen luontoarvot ovat vaarassa hävitä niitä ylläpitäneen kulutuksen lakatessa ja muun yhteiskunnan toiminnan mahdollisesti päästessä alueelle [10]. Asia on ajankohtainen myös puolustusvoimien kannalta, sillä esimerkiksi Santahaminaan kohdistuu paineita saaren muuttamiseksi asuinkäyttöön [201]. Lisäksi uudistusten yhteydessä on luovuttu alueista, vaikka luontoarvoiltaan erityisen merkittäviä kohteita ei niiden joukossa ilmeisesti ole.

Luonnonsuojeluun liittyy myös arvokysymyksiä, sillä voidaan pohtia, miksi nimenomaan sotilaallisesta toiminnasta syntyviä olosuhteita pidetään arvokkaampia kuin niitä olosuhteita, joita alueelle syntyy toiminnan mahdollisen lakkaamisen myötä. Tutkimuksissa ja puolustushallinnon selvityksissä on todettu, että monet uhanalaiset lajit ovat riippuvaisia sotilaallisen toiminnan luomista ja ylläpitämistä elinympäristöistä, joita ei välttämättä esiinny muualla lähes lainkaan [10, 27, 82, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164]. Puolustusvoimien alueet ovat joidenkin uhanalaisten lajien lähes ainoita esiintymisalueita koko Suomessa [82]. Koska uhanalaisten lajien säilymistä pidetään toivottavana, voidaan niitä hyödyttävien olosuhteiden säilymistä pitää toivottavana. Tarvetta lisätutkimukseen on kuitenkin tunnistettavissa siitä, millä tavalla sotilaallisen toiminnan lakkaaminen luontoarvoihin vaikuttaa.

Sotilaallisen toiminnan ympäristövaikutusten hallinta on tärkeää, jotta toiminta olisi kestävä ja vaikutukset voitaisiin minimoida [2]. Siihen on myös lakisääteisiä velvollisuuksia. Puolustushallinnossa eräiden vaikutusten hallintaan on käytössä teknisiä ratkaisuja. Kaikkiin niitä ei kuitenkaan ole olemassa tai käytettävissä, jolloin voidaan käyttää toimintaan perustuvia keinoja. Koko hallintaprosessi perustuu ympäristövaikutusten tuntemiseen ja niiden tarkkailuun. Tutkimus ja

menetelmäkehitys on tärkeää toiminnan kehittämisen kannalta kokonaisuudessaan, ja siinä tärkeänä työkaluna toimii kansainvälinen yhteistyö.

Melu- ja värinävaikutukset ovat melko väistämättömiä ja pysyviä, sillä niiden torjuntakeinot ovat rajallisia ja esimerkiksi raskaiden aseiden melulle ja värinälle ei ratkaisuja näytä vielä olevan [34, 38, 43]. Melupäästöjä voidaan hillitä aseisiin ja ammuksiin liittyvillä valinnoilla, mutta ne eivät aina ole realistisia puolustusvoimien koulutustarpeista johtuen [3, 44]. Vaikutusten hillintä onkin pitkälti riippuvaista melun leviämisen estämisestä, mikä perustuu yleensä teknisiin ratkaisuihin eli rakenteisiin, sekä toimintaan liittyen ammuntojen ajoittamiseen, suuntaamiseen ja suojaetäisyyksiin [29, 31, 32, 33, 36, 37, 38]. Rajoitetuista ratkaisuista johtuen vuorovaikutus lähialueen asukkaiden kanssa on tärkeä hallintakeino, sillä melu on sotilaallisen toiminnan ympäristövaikutuksista luultavasti konkreettisin kansalaisten näkökulmasta [2, 29, 36, 37, 38, 44].

Metalli- ja räjähdysainepäästöjä syntyy niin ikään väistämättä, sillä kovapanosammunnat ovat olennainen osa valmiuden ylläpitämistä [2, 29, 30]. Ammuksissa käytettäviä metalleja voi periaatteessa korvata vaihtoehtoisilla materiaaleilla, mutta ominaisuuksiltaan hyviä vaihtoehtoja ei tutkimuksissa ole löydetty [44, 52, 192, 193]. Vaikutusten hallinta perustuukin pitkälti teknisiin ratkaisuihin, kuten ampumaratojen taustavallien vuorauksiin, vedenhallintaan ja ammusten keräämiseen [2, 44, 52, 191]. Ampuma- ja harjoitusalueilla menetelmät ovat haasteellisempia alueiden suuremman koon vuoksi, mutta esimerkiksi raskaiden aseiden päästöjä on onnistuttu vähentämään ympäristöystävällisemmillä ammuksilla ja simulaattoriharjoituksilla [29]. Tärkeä keino on myös toiminnan seuranta, jolloin esimerkiksi vaillinaisista räjähdyksistä mahdollisesti seuraavia päästöjä pystyttäisiin välttämään [6, 29]. Ammunnat ovat yksi tärkeimmistä maan pilaantumista aiheuttavista toiminnoista ja kunnostukseen kuluu paljon resursseja, joten haitta-ainepäästöjen hallinta on siltäkin kannalta tärkeää [1, 2, 190]. Kunnostukseen on kehitelty vaihtoehtoisia, mahdollisesti vähemmän resursseja vaativia menetelmiä, mutta mitään niistä ei ole vielä todettu Suomen olosuhteisiin sopivaksi [52].

Maaperään ja kasvillisuuteen kohdistuvien fyysisten vaikutusten osalta hallintakeinot painottuvat toiminnallisiin ratkaisuihin. Toimintaa voi ohjata pois kulutusherkiltä alueilta sellaisille, jotka sitä paremmin kestävät tai joissa se on jopa suotavaa [82]. Tutkimuksissa ehdotetaan joukkojen ja kalustojen ohjaamista tietyille reiteille, mitä puolustusvoimat nykyisin tekeekin herkillä alueilla toimiessaan [2, 92, 95, 195]. Myös maan tiivistymistä voidaan välttää vakioimalla suorituspaikkoja [2]. Ajoneuvojen aiheuttamaa kulutusta voi tutkimusten mukaan säädellä ajotavan ja maan kosteusolosuhteiden mukaan, mikä todennäköisesti tarkoittaisi kuljettajien kouluttamista [86, 118, 197].

Ilmaan syntyvien päästöjen hallintakeinot perustuvat saatavilla olevan tiedon mukaan polttoaineratkaisuihin, mikä nykytilanteessa tarkoittaa siirtymistä bensiinistä dieseliin ja tulevaisuudessa mahdollisesti biopolttoaineisiin [36]. Pelkästään ajamisen rajoittaminen päästöjen hillitsemiseksi ei todennäköisesti toimisi, sillä harjoittelu on välttämätöntä valmiuden ylläpitämiseksi.

Merkittävämpien vesistövaikutuksien puuttuessa ei niihin myöskään ole kehitetty erityisiä hallintakeinoja puolustushallinnossa eikä kansainvälisessä tutkimuksessa. Puolustusvoimien ampumaratojen pintavesivalunnan hallinta on kuitenkin suunnitteilla [2, 44]. Mikäli kiinteän aineen kuormituksesta vesistöihin tulisi ongelma, ratkaisut painottuisivat todennäköisesti toimintaan perustuviin keinoihin samaan tapaan kuin fyysisten maaperä- ja kasvillisuusvaikutusten hallinnassa.

Eläinten käyttäytymiseen ja populaatioihin kohdistuvat vaikutukset eivät näytä olevan puolustushallinnossa kovin paljon esillä, mutta kansainvälisessä tutkimuksessa niiden hallintaan tarkoitettuja keinoja on jonkin verran esitetty. Tutkimuksissa Suomenkin olosuhteisiin verrattavissa olevilla luonnonvaraisilla eläimillä, kuten kotkilla, pöllöillä, pikkulinnuilla, hirvillä ja karhuilla ei havaittu nimenomaan sotilaallisesta toiminnasta johtuvaa negatiivista käyttäytymisreaktiota, jolla voisi olla kauaskantoisempia vaikutuksia eläinten populaatioihin. Mikäli eläinten kuitenkin havaittaisiin huomattavasti häiriintyvän toiminnasta, on vaikutuksia mahdollista hillitä säätelemällä ja sijoittamalla meluisaa toimintaa sekä mahdollisesti perustamalla suojavajöhykkeitä eläinpopulaatioiden ympärille [131, 139, 143, 144]. Monien eläinten on havaittu totuvan säännöllisesti tapahtuvaan sotilaalliseen toimintaan ja palaavan takaisin elinalueelleen maastoharjoitusten päätyttyä, mikä luultavasti tapahtuisi myös Suomen olosuhteissa [131, 136, 139, 141, 143, 144, 145, 147, 148, 149, 150, 151].

Sotilaallinen toiminta on monissa tapauksissa hyödyllistä tietyille lajeille ja elinympäristöille, mutta on tärkeää varmistaa, etteivät vaikutukset ole liian intensiivisiä ympäristön kestävykseen nähden [11]. Puolustusvoimissa tämä huomioidaan esimerkiksi rajoittamalla toimintaa herkkien luontokohteiden läheisyydessä [2]. Hallintakeinot tulevat kyseeseen myös toiminnan mahdollisesti loppuessa, mutta tällöin ne siirtyvät todennäköisesti kyseisen alueen uuden haltijan vastuulle.

Puolustusvoimien osallistumista luonnonsuojeluun voitaneen pitää hyvänä esimerkkinä aktiivisesta otteesta ympäristöasioihin. Suojelualueiden hoitotoimien yhdistäminen sotilaskoulutukseen tuo hyötyä kummallekin osapuolelle [10]. Puolustusvoimilla ei näytä olevan juurikaan ongelmia toimintansa ja suojelusäädösten yhteensovittamisessa. Tärkeänä keinona nykyisen hyvältä vaikuttavan tilanteen ylläpitämisessä voidaan pitää riittävää edunvalvontaa, jotta suojelusäädökset eivät liaksi rajoittaisi puolustusvoimien toimintaa, mikäli sen ei ole todettu aiheuttavan kohteelle haittaa.

Puolustushallinnon ympäristönsuojelun organisaatio on toimijoiden verkosto, jonka vastuulla on puolustusvoimien toimintaan liittyvien ympäristöasioiden hallinta. Organisaation ylin toimija on Puolustusministeriö, joka seuraa valtionhallinnon ympäristöpolitiikkaa ja antaa niiden perusteella suuria ympäristöalan linjauksia Pääesikunnalle [32, 33, 34, 39, 42]. Pääesikunta vastaa alaisistaan laitoksista, kuten Puolustusvoimien tutkimuslaitoksesta, ja jalkauttaa ympäristölinjaukset konkreettisina tehtävinä organisaatiossa alaspäin [32, 33, 37, 39, 40, 41, 42, 65]. Pääesikunnan alla toimivat puolustushaarojen esikunnat, joista Maavoimien Esikunnan alaisuudessa toimii Maavoimien Materiaalilaitos. Materiaalilaitoksen alla toimii Räjähdekeskus sekä kolme huoltorykmenttiä, jotka ohjaavat vastuualueensa joukko-osastoja ja niiden ympäristövastaavia [40]. Organisaatioon kuuluu lisäksi ympäristöpalveluita tarjoava Puolustushallinnon rakennuslaitos, joka tekee yhteistyötä lähes koko puolustushallinnon kanssa. Ympäristöalan yhteistyötä tehdään myös ulkopuolisten kumppanien kanssa, joista tärkeimmät ovat Metsähallitus, Senaatti-kiinteistöt, viranomaiset ja erilaiset ympäristöalan yritykset [31, 32, 34, 37, 40, 41, 42, 65].

Yhteiskuntasuhteet ovat avainasemassa puolustushallinnon ympäristönsuojelun suhteen, sillä kansalaisten hyväksyntä puolustusvoimien toiminnasta väistämättä syntyville ympäristövaikutuksille on toiminnan turvaamisen kannalta olennainen tekijä [2]. Niinpä hyvät suhteet erityisesti lähiympäristön asukkaisiin nähdään tärkeiksi, kuten myös avoimuus ja asukkaiden aktiivinen huomiointi esimerkiksi tiedottamisen muodossa [2, 36, 42, 189]. Puolustushallinnossa nähdään tarve myös ennestään lisätä ympäristöasioistaan tiedottamista ihmisten tietoisuuden lisäämiseksi, sekä tuoda enemmän esille sotilaallisesta toiminnasta syntyviä positiivisia ympäristövaikutuksia [32, 33, 37, 40].

Puolustushallinnon ympäristönsuojelun organisaatio tulee muuttumaan vuosien 2014 ja 2015 vaihteessa, jolloin suurin osa ympäristöasiantuntijoista keskitetään logistiikkalaitokseen ja –rykmentteihin. Muutoksen odotetaan vastaavan moniin kehitystarpeisiin, joita on tunnistettu puolustushallinnon omissa selvityksissä sekä tätä työtä varten toteutetuissa haastatteluissa. Keskeiseltä vaikuttava uudistus on organisaatorakenteen kehittäminen, jolloin monimutkaisena koetusta organisaatiosta karsitaan ylimääräisiä tasoja pois [2, 34, 35, 30, 200]. Haastateltavista moni olisi vienyt keskittämistä mahdollisesti vielä pidemmälle ottamalla mukaan myös Puolustushallinnon rakennuslaitoksen [33, 34, 40, 42]. Keskittämisen suhteen näyttää olevan tärkeää huomioida, ettei osaaminen eriydy liikaa käytännön toiminnasta eikä keskity alueellisesti liikaa [36, 200]. Joukko-osastojen rooli näyttää erityisesti korostuvan, sillä uhkana on asiantuntemuksen siirtyminen kauemmas niiden ulottuvilta [40]. Joukko-osastojen riittävän tukemisen varmistaminen näyttääkin tärkeältä, jotta ympäristönsuojelu toimisi sujuvasti kaikilla tulevan organisaation tasoilla.

Uudistuksessa asiantuntemusta tehostetaan ulottamalla se kaikkien puolustushaarojen käyttöön ja mahdollistamalla erikoistumisen puolustusvoimien toiminnan kannalta keskeisiin ympäristönäkökohtiin [2, 39, 42, 65]. Yleisasantuntijuuden poistuminen ja päällekkäisten tehtävien karsiminen säästää myös resursseja, jotka viime kädessä määräävät, mitä ympäristönsuojelun alalla voidaan käytännössä tehdä [2, 35, 200]. Puolustusvoimien aktiivisen ympäristöalan roolin voidaan nähdä hyötyvän organisaation ja asiantuntemuksen kehityksestä, sillä onnistuessaan uudistus todennäköisesti vapauttaa resursseja ja syvällistä osaamista tehokkaammin, jolloin toimialaa voidaan edelleen kehittää.

Uudistus voi tuoda myös mahdollisuuden integroida Puolustusvoimien tutkimuslaitos ympäristönsuojelun verkostoon nykyistä toimivammalla tavalla esimerkiksi tiedotuksen keinoin. Myös räjähdysaineanalyysien lisääntyvään tarpeeseen voisi olla mahdollista vastata keskitetyimmän organisaation voimin.

Tutkimuksen tulosten merkitys vaihtelee aihekokonaisuudesta riippuen. Puolustusvoimien toiminnan kannalta merkityksellisempiin ympäristövaikutuksiin, meluun ja tärinään sekä metalli- ja räjähdysainepäästöihin, tutkimus ei tuo kovin paljon uutta näkökulmaa. Kyseisten vaikutusten ja erityisesti niiden hallintakeinojen tarkastelu näyttää perustuvan pitkälti tekniseen näkökulmaan, mikä ei kuulu tämän tutkimuksen alaan. Tutkimus kuitenkin valottaa ympäristövaikutuksia, jotka eivät näytä olevan puolustushallinnon suurimman huomion kohteena. Näitä ovat fyysiset maaperä- ja kasvillisuusvaikutukset, ilmaan syntyvät päästöt, vesistövaikutukset sekä eläinten käyttäytymiseen ja populaatioihin kohdistuvat vaikutukset. Mikäli näistä jonkin merkitys mahdollisesti tulevaisuudessa kasvaa, tutkimus tarjoaa aiheesta tietoa ja ratkaisumahdollisuuksia, jotka on koottu laadukkaasta kansainvälisestä tutkimuksesta.

Ympäristövaikutuksista merkityksellisimpien tutkimustulosten voidaan nähdä muodostuvan sotilaallisen toiminnan positiivisista vaikutuksista lajeihin ja elinympäristöihin. Sotilaallisen toiminnan kyky luoda ja ylläpitää kulutuksen kautta tietynlaisia, arvokkaina pidettyjä elinympäristöjä, joista monet uhanalaisiksi luokitellut lajit hyötyvät, on todistettu monissa kansainvälisissä tutkimuksissa. Myös puolustushallinnossa on tehty useita selvityksiä, joissa todetaan esimerkiksi ammuntojen ja joukkojen liikkumisen luovan erityisiä elinympäristöjä, joita ei juurikaan tavata muualla Suomessa. Tutkimusten mukaan sotilasalueilla esiintyy tavallisesti myös hyvin merkittävää biodiversiteettiä, minkä mahdollistavat epätasaisesti käytetyille harjoitusalueille syntyvät heterogeeniset elinympäristöt. Keskitiheiden häiriöiden hypoteesi tukee tätä näkemystä. Merkittävän asiasta tekee, että puolustusvoimien toimintaa ei yleisen mielipiteen mukaan ehkä pidetä ympäristölle erityisen edullisena ja sen vastustajat saattavat myös käyttää ympäristön herkkyyttä argumenttina. Luontoarvojen kannalta tärkeitä puolustusvoimien alueita näytetään lisäksi haviteltavan joissain tapauksissa siviilikäyttöön. Tieteelliset teoriat ja tutkimukset sekä puolustushallinnon

selvitykset kuitenkin näyttävät osoittavan, että sotilaallisen toiminnan jatkuminen ennallaan on toivottavaa nykyisten luontoarvojen säilymisen kannalta.

Ympäristöjohtamisen verkoston kartoittava kuvailu on laadittu toimeksiantajana toimivan Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen näkökulmasta. Tutkimuslaitokselle ympäristönsuojelun verkoston toiminnan selvittämistä voidaankin pitää hyödyllisenä, vaikkei se koko puolustushallinnolle paljon uutta tietoa toisikaan. Tutkimus kuitenkin tarjoaa näkökohtia organisaatiouudistukseen liittyen tuomalla esiin prosessitarkastuksessa, ympäristönsuojelun suunnitelmassa ja toteutetuissa haastatteluissa esiin tulleita kehitystarpeita. Ne tarjoavat näkemystä siitä, mitä asioita koetaan tarpeelliseksi huomioida uudistuksen käynnistyessä, jotta se onnistuisi mahdollisimman hyvin. Uudistuksen onnistumista voidaan arvioida vasta sen tapahduttua, mikä onkin selkeä jatkotutkimuskohde. Silloin tätä tutkimusta on mahdollista käyttää vertailukohteena.

Tuloksissa on toisaalta tunnistettavissa myös epävarmuutta tietyiltä osin. Ympäristövaikutusten tarkastelussa ei kansainvälistä tutkimusta ole välttämättä tarkasteltu riittävässä määrin, sillä esimerkiksi meluun ja ärinään sitä ei ole sisällytetty. Uhkana voi olla liian kapea näkökulma, vaikka kyseinen osa onkin jätetty tarkoituksella pois.

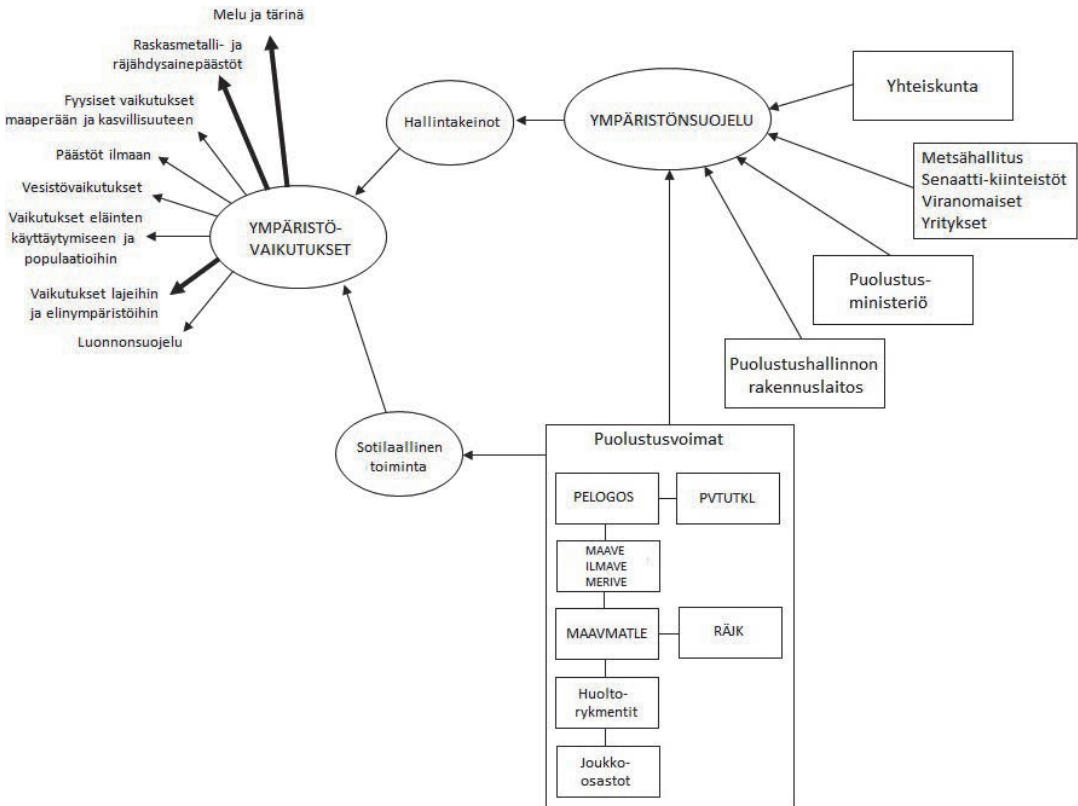
Kansainvälistä tutkimusta ja puolustushallinnon näkökulmaa vertailtaessa on ympäristöolojen erilaisuus jouduttu ottamaan huomioon, sillä tarkastellut tutkimusartikkelit on laadittu pääosin Yhdysvalloissa. Haasteena onkin, ettei tutkimustuloksia suoraan verrata Suomen olosuhteisiin. Tutkimuksessa tämä on kuitenkin pyritty huomioimaan mahdollisimman hyvin.

Vaikutusten hallintakeinojen tarkastelua ei mahdollisesti ole toteutettu tarpeeksi syvällisesti. Siihen voidaan kuitenkin katsoa tarvittavan tekniikkaan painottuvaa näkökulmaa, jota tämä tutkimus ei edusta. Niinpä hallintakeinojen laajempi analyysi olisi todennäköisesti ylittänyt tutkimuksen rajaukset ja sitä kautta myös laajentanut sitä epäolennaisesti.

Epävarmuutta on tunnistettavissa osittain myös haastattelujen purkamisen suhteen. Inhimillisen virheen mahdollisuus on aina olemassa, vaikka tutkimus onkin pyritty tekemään mahdollisimman huolellisesti irrottamatta haastateltavien kommentteja asiayhteydestään. Tutkimus on myös laajuutensa vuoksi vaarassa käsitellä asioita pintapuolisesti, mutta tähän on pyritty vastaamaan yhdistelemällä ja analysoimalla asioita syvällisemmin, sekä keskittymällä tiettyihin merkittäviin tutkimustuloksiin.

6 Johtopäätökset

Sotilaallisesta toiminnasta syntyvistä ympäristövaikutuksista suurin osa on peräisin ampuma- ja harjoitustoiminnasta. Merkittävimpiä vaikutuksia ovat melu ja tärinä, metalli- ja räjähdysainepäästöt, fyysiset vaikutukset maaperään ja kasvillisuuteen, päästöt ilmaan, vesistövaikutukset, vaikutukset eläinten käyttäytymiseen ja populaatioihin, vaikutukset lajeihin ja elinympäristöihin sekä luonnonsuojeluun liittyvät seikat (kuva 8). Puolustusvoimien toiminnan turvaamisen kannalta tärkeimmät näistä ovat melu ja tärinä, metalli- ja räjähdysainepäästöt sekä luontovaikutukset.



Kuva 8: Yhteenvetokuva – ympäristönsuojelu ja –johtaminen puolustushallinnossa.

Ympäristövaikutusten suhteen merkittävimmän tutkimustuloksen voidaan katsoa olevan sotilaallisen toiminnan positiiviset vaikutukset tiettyihin lajeihin ja elinympäristöihin. Sekä keskitiheidän häiriöiden teoria, kansainväliset tutkimustulokset että puolustushallinnon selvitykset tukevat näkemystä siitä, että sotilaallisen toiminnan kulutus voi luoda ja ylläpitää tietynlaisia elinympäristöjä, jotka ovat muualla harvinaisia ja joista monet uhanalaisiksi luokitellut lajit ovat riippuvaisia. Suuremmissa mittakaavassa sotilasalueille voi syntyä heterogeenisiä

elinympäristöjä, jotka ylläpitävät merkittävää biodiversiteettiä. Tutkimustulos on merkittävä, sillä puolustusvoimien toimintaa ei yleisen mielipiteen mukaan ehkä pidetä ympäristölle hyödyllisenä. Ympäristön herkkyyttä voidaan myös käyttää argumenttina puolustusvoimia vastaan, minkä lisäksi eräitä luontoarvojen kannalta merkittäviä puolustusvoimien alueita havitellaan siviilikäyttöön. Tulosten perusteella näyttää kuitenkin siltä, että nykyisten luontoarvojen säilymisen kannalta sotilaallisen toiminnan olisi hyvä jatkua alueilla edelleen.

Puolustusvoimilla on toiminnanharjoittajana lakisääteisiä velvollisuuksia ympäristönsuojelun suhteen. Sillä onkin käytössään erilaisia keinoja, joilla sotilaallisesta toiminnasta syntyviä ympäristövaikutuksia pyritään hallitsemaan. Teknisiä ratkaisuja on olemassa esimerkiksi ampumaratojen melun ja päästöjen hallintaan, mutta kovin usein niitä ei ole saatavilla. Toimintaan perustuvat keinot, kuten ajoittaminen, rajoittaminen ja tarkkailu, ovat useammin käytettävissä olevia ratkaisuja. Vaikutusten hallinta perustuu ympäristötarkkailuun, jota puolustushallinnossa toteutetaan etenkin maaperän ja pohjaveden osalta. Hallintakeinoihin liittyy kiinteästi tutkimus ja menetelmäkehitys, jossa kansainvälisestä yhteistyöstä on usein apua.

Puolustusvoimien toimintaan liittyviä ympäristöasioita hoitaa puolustushallinnon ympäristönsuojelun organisaatio, johon kuuluvat puolustusvoimien lisäksi Puolustusministeriö ja Puolustushallinnon rakennuslaitos (kuva 8). Ministeriö osoittaa ympäristöalan suuret linjaukset Pääesikunnalle, joka jalkauttaa ne konkreettisina tehtävinä organisaatiossa alaspäin aina joukko-osastojen ympäristövastaaville asti. Puolustushallinnon rakennuslaitos osallistuu ympäristönsuojeluun tarjoamalla ympäristöpalveluita. Puolustushallinnolla on lisäksi organisaation ulkopuolisia yhteistyökumppaneita, joista tärkeimmät ovat Metsähallitus, Senaatti-kiinteistöt, viranomaiset ja eräät yritykset. Yhteiskuntasuhteet ovat erityisen tärkeässä asemassa, sillä hyvät suhteet kansalaisiin edistää hyväksyntää ympäristövaikutuksille, joita sotilaallisesta toiminnasta väistämättä syntyy.

Ympäristönsuojelun organisaatio tulee vuosien 2014 ja 2015 vaihteessa kokemaan muutoksen, jonka on tarkoitus parantaa toimintaa yksinkertaistamalla organisaatorakennetta ja mahdollistamalla asiantuntijoiden erikoistumisen puolustusvoimien toiminnan kannalta merkityksellisiin ympäristönäkökohtiin. Puolustushallinnossa toteutettujen selvitysten ja ympäristöasiantuntijoiden haastatteluissa esiin tulleiden ajatusten tarkastelun ja vertailun perusteella tutkimus tarjoaa näkemystä siitä, mitä seikkoja uudistusta käynnistettäessä olisi syytä huomioida, jotta se toteutuisi mahdollisimman tarkoituksenmukaisesti. Samalla tutkimus toimii vertailukohteena mahdolliselle uudistuksen onnistumista tarkastelevalle jatkotutkimukselle.

7 Lähteet

- [1] Ympäristöraportti 2010–2012 (2013). *Puolustushallinnon rakennuslaitos*. 42 s.
- [2] Warsta, M. (toim) (2011). *Kohti vastuullisempaa ja kestävämpää puolustusta – Puolustusvoimien ympäristönsuojelun suunnitelma vuosille 2012–2025*. 58 s. Pääesikunnan logistiikkaosasto, Helsinki.
- [3] Heikkonen, M., K. Tulkki, S.-L. Paikkala, O. Rahnasto, J. Okko, H. Uusitalo, H. Kärkinen, J. Aho, L. Kilkku, R. Saari, R. Jaloniemi, A. Parri & R. Pääkkönen (2006). *Puolustusvoimien ampumatoiminta maankäytön suunnittelussa ja ympäristölupamenettelyssä – ampumaratatyöryhmän mietintö*. 93 s. Suomen ympäristö 38/2006.
- [4] Warsta, M. (2012). *Ympäristölainsäädäntö ja puolustusvoimien koulutusedellytykset – raskaiden aseiden ammuntojen ja räjäytysten melu-, värinä- ja maaperävaikutusten hallinta*. 191 s. Selvitys ympäristö- ja puolustusministeriön työryhmälle.
- [5] Kivipelto, A., S. Heikkilä, M. Piispanen, J. Tuloisela, A. Sallinen, T. Ylitalo, M. Branders, E. Svanberg, M. Warsta, K. Seppänen, A. Jokela, T. Pasanen, P. Aalto & T. Mäkelä (2010). *Puolustushallinnon kestävä kehityksen ohjelma*. 22 s. Puolustusministeriö.
- [6] Pihkala, R. (2011). *Sotilasräjähteiden vaikutukset puolustusvoimien ampuma- ja harjoitusalueiden maaperään ja pohjaveteen*. 120 s. Diplomityö, Aalto-yliopisto.
- [7] Puolustusvoimat.fi: Maavoimat: Joukko-osastot. 18.6.2014.
<<http://www.puolustusvoimat.fi/fi/maavoimat/joukko-osastot>>
- [8] Wikimedia Commons: Finland region map. 18.6.2014.
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/af/Finland_Regions_Map.svg>
- [9] Pyy, O., T. Haavisto, K. Niskala & M. Silvola (2013). *Pilaantuneet maa-alueet Suomessa*. 57 s. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 27/2013.
- [10] Gazenbeek, A. (2005). *LIFE, Natura 2000 and the military*. 80 s. Euroopan komissio, Luxemburg.

- [11] Environmental guidelines for the military sector (1996). *Ruotsin ja Yhdysvaltain asevoimien yhteisprojekti*. 53 s.
- [12] Convention on biological diversity (1992). *Yhdistyneet kansakunnat*. 28 s.
- [13] Hanski, I., J. Lindström, J. Niemelä, H. Pietiäinen & E. Ranta (2003). *Ekologia*. 2. pain. 580 s. WSOY, Porvoo.
- [14] Grime, J.P. (1977). Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance ecological and evolutionary theory. *The American Naturalist*, vol. 111, pp. 1169–1194
- [15] White, P.S. & S.T.A. Pickett (1985). Natural disturbance and patch dynamics: an introduction. Teoksessa Pickett, S.T.A. & P.S. White (toim). *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*, pp. 3–13. Academic Press Inc., Lontoo.
- [16] Moloney, K.A. & S.A. Levin (1996). The effects of disturbance architecture on landscape-level population dynamics. *Ecology*, vol. 77, pp. 375–394
- [17] Miller, T.E. (1982). Community diversity and interactions between the size and frequency of disturbance. *The American Naturalist*, vol. 120, pp. 533–536
- [18] Connell, J.H. (1978). Diversity in tropical rainforests and coral reefs. *Science*, vol. 199, pp. 1302–1310
- [19] Huston, M.A. (1979). A general hypothesis of species diversity. *The American Naturalist*, vol. 113, pp. 81–101
- [20] Collins, S.L. (1992). Fire frequency and community heterogeneity in tallgrass prairie vegetation. *Ecology*, vol. 73, pp. 2001–2006
- [21] Thrush, S.F., J.E. Hewitt, P.K. Dayton, G. Coco, A.M. Lohrer, A. Norkko, J. Norkko & M. Chiantore (2009). Forecasting the limits of resilience: integrating empirical research with theory. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 276, pp. 3209–3217
- [22] Hughes, A.R. (2010). Disturbance and diversity: an ecological chicken and egg problem. *Nature Education Knowledge*, vol. 3, pp. 48
- [23] Svensson, J.R., M. Lindgarth & H. Pavia (2009). Equal rates of disturbance cause different patterns of diversity. *Ecology*, vol. 90, pp. 496–505

- [24] Chesson, P. & N. Huntly (1997). The roles of harsh and fluctuating conditions in the dynamics of ecological communities. *The American Naturalist*, vol. 150, pp. 519–553
- [25] Ellner, S.P. & G. Fussmann (2003). Effects of successional dynamics on metapopulation persistence. *Ecology*, vol. 84, pp. 882–889
- [26] Mackey, R.L. & D.J. Currie (2001). The diversity-disturbance relationship: is it generally strong and peaked? *Ecology*, vol. 82, pp. 3479–3492
- [27] Warren, S.D., S.W. Holbrook, D.A. Dale, N.L. Whelan, M. Elyn, W. Grimm & A. Jentsch (2007). Biodiversity and the heterogeneous disturbance regime on military training lands. *Restoration Ecology*, vol. 15, pp. 606–612
- [28] Hirsjärvi, S. & H. Hurme (2004). *Tutkimushaastattelu: teemahaastattelun teoria ja käytäntö*. 213 s. Yliopistopaino, Helsinki.
- [29] Hurmeranta, J., M. Warsta, S. Heikkilä, J. Junnila, A. Saarinen, J. Lehti, O. Ohrankämmen, O. Pyy, E. Werdi & K. Koponen (2012). *Puolustusvoimien raskaiden aseiden ampuma-alueet – ympäristöhaittoja ja erityissäätelyä selvittäneen työryhmän raportti*. 101 s. Ympäristöministeriö.
- [30] Walsh, M.R., M.E. Walsh, C.A. Ramsey, S. Thiboutot & G. Ampleman (2013). Quantifying energetics contamination for live-fire training on military ranges. Teoksessa Warsta, M. (toim). *European conference of defence and the environment 2013 – conference proceedings*, pp. 57–65. Puolustusministeriö, Helsinki.
- [31] Helkala, T. (2014). Ympäristösihteeri, Tykistörikaati. Haastattelu Kankaanpäässä 24.4.2014.
- [32] Kralik, A. (2014). Ympäristöasiantuntija, Itä-Suomen huoltorykmentti. Haastattelu Kouvolassa 20.5.2014.
- [33] Routaharju, L. (2014). Maavoimien johtava ympäristöpäällikkö, Maavoimien Esikunta. Haastattelu Mikkelissä 30.4.2014.
- [34] Harle, K. (2014). Ympäristöasiantuntija, Länsi-Suomen huoltorykmentti. Haastattelu Hämeenlinnassa 13.5.2014.
- [35] Kajander, S. (2014). Toimialajohtaja, Puolustushallinnon rakennuslaitoksen ympäristöpalvelut. Haastattelu Helsingissä 16.6.2014.

- [36] Koponen, K. (2014). Johtava asiantuntija, Puolustushallinnon rakennuslaitoksen ympäristöpalvelut. Haastattelu Tuusulassa 7.8.2014.
- [37] Martikainen, T. (2014). Sektorijohtaja, Maavoimien Materiaalilaitoksen esikunta. Haastattelu Tampereella 17.4.2014.
- [38] Parri, A. (2014). Meluasiantuntija, Maavoimien Esikunta. Haastattelu Mikkelissä 20.5.2014.
- [39] Svanström, T. (2014). Ympäristöylitarkastaja, Pääesikunnan logistiikkaosasto. Haastattelu Helsingissä 25.4.2014.
- [40] Sääksjärvi, S. (2014). Ympäristöasiantuntija, Pohjois-Suomen huoltorykmentti. Haastattelu Kajaanissa 22.7.2014.
- [41] Vasikkaniemi, P. (2014). Työsuojelupäällikkö / ympäristövastaava, Räjähdekeskus. Haastattelu Ähtärissä 29.4.2014.
- [42] Warsta, M. (2014). Erityisasiantuntija, Puolustusministeriön yhdyskunta- ja ympäristöyksikkö. Haastattelu Helsingissä 9.6.2014.
- [43] Saarinen, A. (2013). Heavy weapons shooting range noise in Finland. Teoksessa Warsta, M. (toim). *European conference of defence and the environment 2013 – conference proceedings*, pp. 147–150. Puolustusministeriö, Helsinki.
- [44] Kajander, S. (2013). Best available techniques for small arms ranges. Teoksessa Warsta, M. (toim). *European conference of defence and the environment 2013 – conference proceedings*, pp. 29–35. Puolustusministeriö, Helsinki.
- [45] Markula, T. & T. Lahti (2013). Vibration and noise from heavy weapons and explosions. Teoksessa Warsta, M. (toim). *European conference of defence and the environment 2013 – conference proceedings*, pp. 157–162. Puolustusministeriö, Helsinki.
- [46] Duffus, J.H. (2002). “Heavy metals” – a meaningless term? *Pure and Applied Chemistry*, vol. 74, pp. 793–807
- [47] Badgular, D.M., M.B. Talawar, S.N. Asthana & P.P. Mahulikar (2008). Advances in science and technology of modern energetic materials: an overview. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 151, pp. 289–305

- [48] Mehrkesh, A. & A.T. Karunanithi (2013). Energetic ionic materials: how green are they? A comparative life cycle assessment study. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, vol. 1, pp. 448–455
- [49] Nyman, S. & P. Kurkela (1993). *Ampuma-alueen liukenevat metallit*. 30 s. Turun ja Porin sotilasläänin esikunta, ympäristövalvonta.
- [50] Lin, Z., B. Comet, U. Qvarfort & R. Herbert (1995). The chemical and mineralogical behaviour of Pb in shooting range soils from central Sweden. *Environmental Pollution*, vol. 89, pp. 303–309
- [51] Astrup, T., J.K. Boddum & T.H. Christensen (1999). Lead distribution and mobility in a soil embankment used as a bullet stop at a shooting range. *Journal of Soil Contamination*, vol. 8, pp. 653–665
- [52] Sorvari, J., R. Antikainen & O. Pyy (2006). Environmental contamination at Finnish shooting ranges – the scope of the problem and management options. *Science of the Total Environment*, vol. 366, pp. 21–31
- [53] Robinson, B.H., S. Bischofberger, A. Stoll, D. Schroer, G. Furrer, S. Roulier, A. Gruenwald, W. Attinger & R. Schulin (2008). Plant uptake of trace elements on a Swiss military shooting range: uptake pathways and land management implications. *Environmental Pollution*, vol. 153, pp. 668–676
- [54] Clausen, J. & N. Korte (2009). The distribution of metals in soils and pore water at three U.S. military training facilities. *Soil and Sediment Contamination*, vol. 18, pp. 546–563
- [55] Heier, L.S., I.B. Lien, A.E. Strømseng, M. Ljønes, B.O. Rosseland, K-E. Tollefsen & B. Salbu (2009). Speciation of lead, copper, zinc and antimony in water draining a shooting range – time dependant metal accumulation and biomarker responses in brown trout (*Salmo trutta* L.). *Science of the Total Environment*, vol. 407, pp. 4047–4055
- [56] Evangelou, M.W.H., K. Hockmann, R. Pokharel, A. Jakob & R. Schulin (2012). Accumulation of Sb, Pb, Cu, Zn and Cd by various plants species on two different relocated military shooting range soils. *Journal of Environmental Management*, vol. 108, pp. 102–107
- [57] Siebielec, G. & R.L. Chaney (2012). Testing amendments for remediation of military range contaminated soil. *Journal of Environmental Management*, vol. 108, pp. 8–13

- [58] Sorvari, J. (2007). Environmental risks at Finnish shooting ranges – a case study. *Human and Ecological Risk Assessment*, vol. 13, pp. 1111–1146
- [59] Murray, K., A. Bazzi, C. Carter, A. Ehlert, A. Harris, M. Kopec, J. Richardson & H. Sokol (1997). Distribution and mobility of lead in soils at an outdoor shooting range. *Journal of Soil Contamination*, vol. 6, pp. 79–93
- [60] Rantalainen, M-L., M. Torkkeli, R. Strömmer & H. Setälä (2006). Lead contamination of an old shooting range affecting the local ecosystem – a case study with a holistic approach. *Science of the Total Environment*, vol. 369, pp. 99–108
- [61] Hardison, D.W. Jr., L.Q. Ma, T. Luongo & W.G. Harris (2004). Lead contamination in shooting range soils from abrasion of lead bullets and subsequent weathering. *Science of the Total Environment*, vol. 328, pp. 175–183
- [62] Lewis, T.A., D.A. Newcombe & R.L. Crawford (2004). Bioremediation of soils contaminated with explosives. *Journal of Environmental Management*, vol. 70, pp. 291–307
- [63] Jenkins, T.F., A.D. Hewitt, C.L. Grant, S. Thiboutot, G. Ampleman, M.E. Walsh, T.A. Ranney, C.A. Ramsey, A.J. Palazzo & J.C. Pennington (2006). Identity and distribution of energetic compounds at army live-fire training ranges. *Chemosphere*, vol. 63, pp. 1280–1290
- [64] Clausen, J., J. Robb, D. Curry & N. Korte (2004). A case study of contaminants on military ranges: camp Edwards, Massachusetts, USA. *Environmental Pollution*, vol. 129, pp. 13–21
- [65] Sundell, K. (2014). Laatu­päällikkö, Puolustusvoimien tutkimuslaitos. Haastattelu Ylöjärvellä 5.5.2014.
- [66] Turpeinen, R., J. Salminen & T. Kairesalo (2000). Mobility and bioavailability of lead in contaminated boreal forest soil. *Environmental Science & Technology*, vol. 34, pp. 5152–5156
- [67] Labare, M.P., M.A. Butkus, D. Riegner, N. Schommer & J. Atkinson (2004). Evaluation of lead movement from the abiotic to biotic at a small-arms firing range. *Environmental Geology*, vol. 46, pp. 750–754
- [68] Johnson, C.A., H. Moench, P. Wersin, P. Kugler & C. Wenger (2005). Solubility of antimony and other elements in samples taken from shooting ranges. *Journal of Environmental Quality*, vol. 34, pp. 248–254

- [69] Bindler, R., M-J. Brännvall & I. Renberg (1999). Natural lead concentrations in pristine boreal forest soils and past pollution trends: a reference for critical load models. *Environmental Science & Technology*, vol. 33, pp. 3362–3367
- [70] Racine, C.H., M.E. Walsh, B.D. Roebuck, C.M. Collins, D. Calkins, L. Reitsma, P. Buchli & G. Goldfarb (1992). White phosphorus poisoning of waterfowl in an Alaskan salt marsh. *Journal of Wildlife Diseases*, vol. 28, pp. 669–673
- [71] Walsh, M.E., C.M. Collins & C.H. Racine (1996). Persistence of white phosphorus particles in salt marsh sediments. *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol. 15, pp. 846–855
- [72] Spurgeon, D.J., S.P. Hopkin & D.T. Jones (1994). Effects of cadmium, copper, lead and zinc on growth, reproduction and survival of the earthworm *Eisenia fetida* (savigny): assessing the environmental impact of point-source metal contamination in terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, vol. 84, pp. 123–130
- [73] Patra, M., N. Bhowmik, B. Bandopadhyay & A. Sharma (2004). Comparison of mercury, lead and arsenic with respect to genotoxic effects on plant systems and the development of genetic tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, vol. 52, pp. 199–223
- [74] Manninen, S. & N. Tanskanen (1993). Transfer of lead from shotgun pellets to humus and three plant species in a Finnish shooting range. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 24, pp. 410–414
- [75] Rooney, C.P., R.G. McLaren & R.J. Cresswell (1999). Distribution and phytoavailability of lead in a soil contaminated with lead shot. *Water, Air, and Soil Pollution*, vol. 116, pp. 535–548
- [76] Hagfors, M. (2013). Destruction of old expired and spoiled munition in Finland – environmental effects of open surface mass detonations. Teoksessa Warsta, M. (toim). *European conference of defence and the environment 2013 – conference proceedings*, pp. 119–128. Puolustusministeriö, Helsinki.
- [77] Vyas, N.B., J.W. Spann, G.H. Heinz, W.N. Beyer, J.A. Jaquette & J.M. Mengelkoch (2000). Lead poisoning of passerines at a trap and skeet range. *Environmental Pollution*, vol. 107, pp. 159–166

- [78] Lewis, L.A., R.J. Poppenga, W.R. Davidson, J.R. Fischer & K.A. Morgan (2001). Lead toxicosis and trace element levels in wild birds and mammals at a firearms training facility. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 41, pp. 208–214
- [79] Bannon, D.I., P.J. Parsons, J.A. Centeno, S. Lal, H. Xu, A.B. Rosencrance, W.E. Dennis & M.S. Johnson (2011). Lead and copper in pigeons (*Columbia livia*) exposed to small arms-range soil. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 60, pp. 351–360
- [80] Bennett, J.R., C.A. Kaufman, I. Koch, J. Sova & K.J. Reimer (2007). Ecological risk assessment of lead contamination at rifle and pistol ranges using techniques to account for site characteristics. *Science of the Total Environment*, vol. 374, pp. 91–101
- [81] DeBusk, W.F., B.L. Skulnick, J.P. Prenger & K.R. Reddy (2005). Response of soil organic carbon dynamics to disturbance from military training. *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 60, pp. 163–171
- [82] Luhtio, H. (toim) (2011). *Puolustusvoimat ja biodiversiteetti*. 27 s. Puolustushallinnon rakennuslaitos.
- [83] Warren, S.D. & B.K. Herl (2005). Use of military training doctrine to predict patterns of maneuver disturbance on the landscape. II. Validation. *Journal of Terramechanics*, vol. 42, pp. 373–381
- [84] Hirst, R.A., R.F. Pywell, P.D. Putwain & R.H. Marrs (2000). Ecological impacts of military vehicles on chalk grassland. *Aspects of Applied Biology*, vol. 58, pp. 293–298
- [85] Anderson, A.B., A.J. Palazzo, P.D. Ayers, J.S. Fehmi, S. Shoop & P. Sullivan (2005). Assessing the impacts of military vehicle traffic on natural areas. Introduction to the special issue and review of the relevant military vehicle impact literature. *Journal of Terramechanics*, vol. 42, pp. 143–158
- [86] Foster, J.R., P.D. Ayers, A.M. Lombardi-Przybylowicz & K. Simmons (2006). Initial effects of light armored vehicle use on grassland vegetation at Fort Lewis, Washington. *Journal of Environmental Management*, vol. 81, pp. 315–322
- [87] Li, Q., P.D. Ayers & A.B. Anderson (2007). Prediction of impacts of wheeled vehicles on terrain. *Journal of Terramechanics*, vol. 44, pp. 205–215

- [88] Ayers, P.D. (1994). Environmental effects from tracked vehicle operations. *Journal of Terramechanics*, vol. 31, pp. 173–183
- [89] Milchunas, D.G., K.A. Schulz & R.B. Shaw (1999). Plant community responses to disturbance by mechanized military maneuvers. *Journal of Environmental Quality*, vol. 28, pp. 1533–1547
- [90] Grantham, W.P., E.F. Redente, C.F. Bagley & M.W. Paschke (2001). Tracked vehicle impacts to vegetation structure and soil erodibility. *Journal of Range Management*, vol. 54, pp. 711–716
- [91] Yorks, T.P., N.E. West, R.J. Mueller & S.D. Warren (1997). Toleration of traffic by vegetation: life form conclusions and summary extracts from a comprehensive data base. *Environmental Management*, vol. 21, pp. 121–131
- [92] Whitecotton, R.C.A., M.B. David, R.G. Darmody & D.L. Price (2000). Impact of foot traffic from military training on soil and vegetation properties. *Environmental Management*, vol. 26, pp. 697–706
- [93] Althoff, P.S. & S.J. Thien (2005). Impact of M1A1 main battle tank disturbance on soil quality, invertebrates, and vegetation characteristics. *Journal of Terramechanics*, vol. 42, pp. 159–176
- [94] Shaw, R.B. & V.E. Diersing (1990). Tracked vehicle impacts on vegetation at the Piñon Canyon maneuver site, Colorado. *Journal of Environmental Quality*, vol. 19, pp. 234–243
- [95] Trumbull, V.L., P.C. Dubois, R.J. Brozka & R. Guyette (1994). Military camping impacts on vegetation and soils of the Ozark plateau. *Journal of Environmental Management*, vol. 40, pp. 329–339
- [96] Fuchs, E.H., M.K. Wood, T.L. Jones & B. Racher (2003). Impacts of tracked vehicles on sediment from a desert soil. *Journal of Range Management*, vol. 56, pp. 342–352
- [97] Haugen, L.B., P.D. Ayers & A.B. Anderson (2003). Vehicle movement patterns and vegetative impacts during military training exercises. *Journal of Terramechanics*, vol. 40, pp. 83–95
- [98] McDonald, K.W. & A. Glen (2007). Modeling military trampling effects on glacial soils in the humid continental climate of southern New York. *Journal of Environmental Management*, vol. 84, pp. 377–383

- [99] Wang, G., G. Gertner, A.B. Anderson, H. Howard, D. Gebhart, D. Althoff, T. Davis & P. Woodford (2007). Spatial variability and temporal dynamics analysis of soil erosion due to military land use activities: uncertainty and implications for land management. *Land Degradation & Development*, vol. 18, pp. 519–542
- [100] Althoff, P.S., M.B. Kirkham, T.C. Todd, S.J. Thien & P.S. Gipson (2009). Influence of Abrams M1A1 main battle tank disturbance on tallgrass prairie plant community structure. *Rangeland Ecology & Management*, vol. 62, pp. 480–490
- [101] Jones, R., D. Horner, P. Sullivan & R. Ahlvin (2005). A methodology for quantitatively assessing vehicular rutting on terrains. *Journal of Terramechanics*, vol. 42, pp. 245–257
- [102] Shoop, S., R. Affleck, C. Collins, G. Larsen, L. Barna & P. Sullivan (2005). Maneuver analysis methodology to predict vehicle impacts on training lands. *Journal of Terramechanics*, vol. 42, pp. 281–303
- [103] Dickson, T.L., B.J. Wilsey, R.R. Busby & D.L. Gebhart (2008). Grassland plant composition alters vehicular disturbance effects in Kansas, USA. *Environmental Management*, vol. 41, pp. 676–684
- [104] Doe, W.W. III, R.B. Shaw, R.G. Bailey, D.S. Jones & T.E. Macia (1999). Locations and environments of U.S. army training and testing lands: an ecoregional framework for assessment. *Federal Facilities Environmental Journal*, vol. 10, pp. 9–26
- [105] Dale, V.H., S.C. Beyeler & B. Jackson (2002). Understory vegetation indicators of anthropogenic disturbance in longleaf pine forests at Fort Benning, Georgia, USA. *Ecological Indicators*, vol. 1, pp. 155–170
- [106] Hansen, D.J. & W.K. Ostler (2005). Assessment technique for evaluating military vehicular impacts to vegetation in the Mojave desert. *Journal of Terramechanics*, vol. 42, pp. 193–205
- [107] Palazzo, A.J., K.B. Jensen, B.L. Waldron & T.J. Cary (2005). Effects of tank tracking on range grasses. *Journal of Terramechanics*, vol. 42, pp. 177–191
- [108] Milchunas, D.G., K.A. Schulz & R.B. Shaw (2000). Plant community structure in relation to long-term disturbance by mechanized military maneuvers in a semiarid region. *Environmental Management*, vol. 25, pp. 525–539

- [109] Halvorson, J.J., D.K. McCool, L.G. King & L.W. Gatto (2001). Soil compaction and over-winter changes to tracked-vehicle ruts, Yakima training center, Washington. *Journal of Terramechanics*, vol. 38, pp. 133–151
- [110] Kade, A. & S.D. Warren (2002). Soil and plant recovery after historic military disturbances in the Sonoran desert, USA. *Arid Land Research and Management*, vol. 16, pp. 231–243
- [111] Garten, C.T. Jr., T.L. Ashwood & V.H. Dale (2003). Effect of military training on indicators of soil quality at Fort Benning, Georgia. *Ecological Indicators*, vol. 3, pp. 171–179
- [112] Dale, V., D.L. Druckenbrod, L. Baskaran, M. Aldridge, M. Berry, C. Garten, L. Olsen, R. Efroymson & R. Washington-Allen (2005). Vehicle impacts on the environment at different spatial scales: observations in west central Georgia, USA. *Journal of Terramechanics*, vol. 42, pp. 383–402
- [113] Perkins, D.B., N.W. Haws, J.W. Jawitz, B.S. Das & P.S.C. Rao (2007). Soil hydraulic properties as ecological indicators in forested watersheds impacted by mechanized military training. *Ecological Indicators*, vol. 7, pp. 589–597
- [114] Warren, S.D. & R. Büttner (2008). Relationship of endangered amphibians to landscape disturbance. *The Journal of Wildlife Management*, vol. 72, pp. 738–744
- [115] Jim, C.Y. (1993). Soil compaction as a constraint to tree growth in tropical and subtropical urban habitats. *Environmental Conservation*, vol. 20, pp. 35–49
- [116] Horn, R., H. Domzal, A. Slowinskajurkiewicz & C. van Ouwerkerk (1995). Soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and the environment. *Soil and Tillage Research*, vol. 35, pp. 23–36
- [117] Kozłowski, T.T. (1999). Soil compaction and growth of woody plants. *Scandinavian Journal of Forest Research*, vol. 14, pp. 596–619
- [118] Thurow, T.L., S.D. Warren & D.H. Carlson (1995). Tracked vehicle traffic effects on the hydrologic characteristics of central Texas rangeland. *Transactions of the ASAE*, vol. 36, pp. 1645–1650

- [119] Douglas, J.T., A.J. Koppi & C.E. Crawford (1998). Structural improvement in a grassland soil after changes to wheel-traffic systems to avoid soil compaction. *Soil Use and Management*, vol. 14, pp. 14–18
- [120] Althoff, D.P., P.S. Althoff, N.D. Lambrecht, P.S. Gipson, J.S. Pontius & P.B. Woodford (2007). Soil properties and perceived disturbance of grasslands subjected to mechanized military training: evaluation of an index. *Land Degradation & Development*, vol. 18, pp. 269–288
- [121] Hamza, M.A. & W.K. Anderson (2005). Soil compaction in cropping systems. A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and Tillage Research*, vol. 82, pp. 121–145
- [122] Unger, P.W. & T.C. Kaspar (1994). Soil compaction and root growth: a review. *Agronomy Journal*, vol. 86, pp. 759–766
- [123] Belnap, J. & S.D. Warren (2002). Patton’s tracks in the Mojave desert, USA: an ecological legacy. *Arid Land Research and Management*, vol. 16, pp. 245–258
- [124] Silveira, M.L., N.B. Comerford, K.R. Reddy, J. Prenger & W.F. DeBusk (2009). Soil properties as indicators of disturbance in forest ecosystems of Georgia, USA. *Ecological Indicators*, vol. 9, pp. 740–747
- [125] Ronkainen, N. (2012). *Suomen maalaajien ominaisuuksia*. 57 s. Suomen ympäristö 2/2012.
- [126] Assouline, S., J. Tavares & D. Tessier (1997). Effect of compaction to soil physical and hydraulic properties: experimental results and modeling. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 61, pp. 390–398
- [127] Maloney, K.O., P.J. Mulholland & J.W. Feminella (2005). Influence of catchment-scale military land use on stream physical and organic matter variables in small southeastern plains catchments (USA). *Environmental Management*, vol. 35, pp. 677–691
- [128] Sample, L.J., J. Steichen & J.R. Kelley Jr. (1998). Water quality impacts from low water fords on military training lands. *Journal of the American Water Resources Association*, vol. 34, pp. 939–949
- [129] Quist, M.C., P.A. Fay, C.S. Guy, A.K. Knapp & B.N. Rubenstein (2003). Military training effects on terrestrial and aquatic communities on a grassland military installation. *Ecological Applications*, vol. 13, pp. 432–442

- [130] Diersing, V.E., R.B. Shaw & D.J. Tazik (1992). US Army land condition-trend analysis (LCTA) program. *Environmental Management*, vol. 16, pp. 405–441
- [131] Goudie, R.I. & I.L. Jones (2004). Dose-response relationships of harlequin duck behaviour to noise from low-level military jet over-flights in central Labrador. *Environmental Conservation*, vol. 31, pp. 289–298
- [132] Andersen, D.E., O.J. Rongstad & W.R. Mytton (1990). Home-range changes in raptors exposed to increased human activity levels in southeastern Colorado. *Wildlife Society Bulletin*, vol. 18, pp. 134–142.
- [133] Andersen, R., J.D.C. Linnell & R. Langvatn (1996). Short term behavioural and physiological response of moose *alces alces* to military disturbance in Norway. *Biological Conservation*, vol. 77, pp. 169–176.
- [134] Harrington, F.H. & A.M. Veitch (1991). Short-term impacts of low-level jet fighter training on caribou in Labrador. *Arctic*, vol. 44, pp. 318–327.
- [135] Stephenson, T.R., M.R. Vaughan & D.E. Andersen (1996). Mule deer movements in response to military activity in southeast Colorado. *Journal of Wildlife Management*, vol. 60, pp. 777–787.
- [136] Barron, D.G., J.D. Brawn, L.K. Butler, L.M. Romero & P.J. Weatherhead (2012). Effects of military activity on breeding birds. *The Journal of Wildlife Management*, vol. 76, pp. 911–918.
- [137] Dinkines, W.C., R.L. Lochmiller, W.S. Bartush, C.A. DeYoung, C.W. Qualls Jr. & R.W. Fulton (1992). Cause-specific mortality of white-tailed deer as influenced by military training activities in southwestern Oklahoma. *Journal of Wildlife Diseases*, vol. 28, pp. 391–399.
- [138] Ellis, D.H., C.H. Ellis & D.P. Mindell (1991). Raptor responses to low-level jet aircraft and sonic booms. *Environmental Pollution*, vol. 74, pp. 53–83
- [139] Stalmaster, M.V. & J.L. Kaiser (1997). Flushing responses of wintering bald eagles to military activity. *The Journal of Wildlife Management*, vol. 61, pp. 1307–1313
- [140] Krausman, P.R., M.C. Wallace, C.L. Hayes & D.W. DeYoung (1998). Effects of jet aircraft on mountain sheep. *Journal of Wildlife Management*, vol. 62, pp. 1246–1254

- [141] Lawler, J.P., A.J. Magoun, C.T. Seaton, C.L. Gardner, R.D. Boertje, J.M.V. Hoef & P.A. Del Vecchio (2005). Short-term impacts of military overflights on caribou during calving season. *The Journal of Wildlife Management*, vol. 69, pp. 1133–1146
- [142] Grubb, T.G. & R.M. King (1991). Assessing human disturbance of breeding bald eagles with classification tree models. *The Journal of Wildlife Management*, vol. 55, pp. 500–511
- [143] Schueck, L.S., J.M. Marzluff & K. Steenhof (2001). Influence of military activities on raptor abundance and behavior. *The Condor*, vol. 103, pp. 606–615
- [144] Delaney, D.K., T.G. Grubb, P. Beier, L.L. Pater & M.H. Reiser (1999). Effects of helicopter noise on Mexican spotted owls. *The Journal of Wildlife Management*, vol. 63, pp. 60–76
- [145] Delaney, D.K., L.L. Pater, L.D. Carlile, E.W. Spadgenske, T.A. Beaty & R.H. Melton (2011). Response of red-cockaded woodpeckers to military training operations. *Wildlife Monographs*, vol. 177, pp. 1–38
- [146] Whittaker, D. & R.L. Knight (1998). Understanding wildlife responses to humans. *Wildlife Society Bulletin*, vol. 26, pp. 312–317
- [147] Weisenberger, M.E., P.R. Krausman, M.C. Wallace, D.W. DeYoung & O.E. Maughan (1996). Effects of simulated jet aircraft noise on heart rate and behavior of desert ungulates. *Journal of Wildlife Management*, vol. 60, pp. 52–61
- [148] Brown, B.T., G.S. Mills, C. Powels, W.A. Russell, G.D. Therres & J.J. Pottie (1999). The influence of weapons-testing noise on bald eagle behavior. *Journal of Raptor Research*, vol. 33, pp. 227–232
- [149] Krausman, P.R., L.K. Harris, C.L. Blasch, K.K.G. Koenen & J. Francine (2004). Effects of military operations on behavior and hearing of endangered Sonoran pronghorn. *Wildlife Monographs*, vol. 157, pp. 1–41
- [150] Telesco, D.J. & F.T. Van Manen (2006). Do black bears respond to military weapons training? *The Journal of Wildlife Management*, vol. 70, pp. 222–230
- [151] Doresky, J., K. Morgan, L. Ragsdale, H. Townsend, M. Barron & M. West (2001). Effects of military activity on reproductive success of red-cockaded woodpeckers. *Journal of Field Ornithology*, vol. 72, pp. 305–311

- [152] Lehman, R.N., K. Steenhof, M.N. Kochert & L.B. Carpenter (1999). Effects of military training activities on shrub-steppe raptors in southwestern Idaho, USA. *Environmental Management*, vol. 23, pp. 409–417
- [153] Montopoli, G.J. & D.A. Anderson (1991). A logistic model for the cumulative effects of human intervention on bald eagle habitat. *The Journal of Wildlife Management*, vol. 55, pp. 290–293
- [154] Goodman, S.W. (1996). Ecosystem management at the Department of Defense. *Ecological Applications*, vol. 6, pp. 706–707
- [155] McKee, M. & R.P. Berrens (2001). Balancing army and endangered species concerns: green vs. green. *Environmental Management*, vol. 27, pp. 123–133
- [156] Smith, M.A., M.G. Turner & D.H. Rusch (2002). The effect of military training activity on eastern lupine and the Karner blue butterfly at Fort McCoy, Wisconsin, USA. *Environmental Management*, vol. 29, pp. 102–115
- [157] Tazik, D.J. & C.O. Martin (2002). Threatened and endangered species on U.S. Department of Defense lands in the arid west, USA. *Arid Land Research and Management*, vol. 16, pp. 259–276
- [158] Althoff, D.P., J.W. Rivers, J.S. Pontius, P.S. Gipson & P.B. Woodford (2005). A comprehensive approach to identifying monitoring priorities of small landbirds on military installations. *Environmental Management*, vol. 34, pp. 887–902
- [159] Boice, L.P. (2006). Defense and conservation: compatible missions. *Endangered Species Bulletin*, vol. 31, pp. 4–7
- [160] Machlis, G.E. & T. Hanson (2008). Warfare ecology. *BioScience*, vol. 58, pp. 729–736
- [161] Stein, B.A., C. Scott & N. Benton (2008). Federal lands and endangered species: the role of military and other federal lands in sustaining biodiversity. *BioScience*, vol. 58, pp. 339–347
- [162] Warren, S.D. & R. Büttner (2008). Active military training areas as refugia for disturbance-dependent endangered insects. *Journal of Insect Conservation*, vol. 12, pp. 671–676

- [163] Rivers, J.W., P.S. Gipson, D.P. Althoff & J.S. Pontius (2010). Long-term community dynamics of small landbirds with and without exposure to extensive disturbance from military training activities. *Environmental Management*, vol. 45, pp. 203–216
- [164] Cizek, O., P. Vrba, J. Benes, Z. Hrazsky, J. Koptik, T. Kucera, P. Marhoul, J. Zamecnik & M. Konvicka (2013). Conservation potential of abandoned military areas matches that of established reserves: plants and butterflies in the Czech Republic. *PLOS ONE*, vol. 8, pp. 1–9
- [165] Knick, S.T. & D.L. Dyer (1997). Distribution of black-tailed jackrabbit habitat determined by GIS in southwestern Idaho. *The Journal of Wildlife Management*, vol. 61, pp. 75–85
- [166] Van Horne, B., G.S. Olson, R.L. Schooley, J.G. Corn & K.P. Burnham (1997). Effects of drought and prolonged winter on Townsend’s ground squirrel demography in shrubsteppe habitats. *Ecological Monographs*, vol. 67, pp. 295–315
- [167] Van Horne, B. & P.B. Sharpe (1998). Effects of tracking by armored vehicles on Townsend’s ground squirrels in the Orchard training area, Idaho, USA. *Environmental Management*, vol. 22, pp. 617–623
- [168] Leis, S.A., D.M. Leslie Jr., D.M. Engle & J.S. Fehmi (2008). Small mammals as indicators of short-term and long-term disturbance in mixed prairie. *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 137, pp. 75–84
- [169] Graham, J.H., A.J. Krzysik, D.A. Kovacic, J.J. Duda, D.C. Freeman, J.M. Emlen, J.C. Zak, W.R. Long, M.P. Wallace, C. Chamberlin-Graham, J.P. Nutter & H.E. Balbach (2009). Species richness, equitability, and abundance of ants in disturbed landscapes. *Ecological Indicators*, vol. 9, pp. 866–877
- [170] Silveira, M.L., N.B. Comerford, K.R. Reddy, J. Prenger & W.F. DeBusk (2010). Influence of military land uses on soil carbon dynamics in forest ecosystems of Georgia, USA. *Ecological Indicators*, vol. 10, pp. 905–909
- [171] Walker, B., A. Kinzig & J. Langridge (1999). Plant attribute diversity, resilience, and ecosystem function: the nature and significance of dominant and minor species. *Ecosystems*, vol. 2, pp. 95–113
- [172] Vanderpoorten, A., A. Sotiaux & P. Engels (2005). A GIS-based survey for the conservation of bryophytes at the landscape scale. *Biological Conservation*, vol. 121, pp. 189–194

- [173] Riksen, M., R. Ketner-Oostra, C. van Turnhout, M. Nijssen, D. Goossens, P.D. Jungerius & W. Spaan (2006). Will we lose the last active inland drift sands of western Europe? The origin and development of the inland drift-sand ecotype in the Netherlands. *Landscape Ecology*, vol. 21, pp. 431–447
- [174] Guretzky, J.A., A.B. Anderson & J.S. Fehmi (2006). Grazing and military vehicle effects on grassland soils and vegetation. *Great Plains Research*, vol. 16, pp. 51–61
- [175] Wanner, M. & W.E.R. Xylander (2003). Transient fires useful for habitat-management do not affect soil microfauna (testate amoebae) – a study on an active military training area in eastern Germany. *Ecological Engineering*, vol. 20, pp. 113–119
- [176] Ojala, T. (2008). *Ampuma- ja harjoitusalueen vallihanke, Porin Prikaati, Säkyliä – selvitys luontoarvoista*. 10 s. Puolustushallinnon rakennuslaitos.
- [177] Krausman, P.R., L.K. Harris, S.K. Haas, K.K.G. Koenen, P. Devers, D. Bunting & M. Barb (2005). Sonoran pronghorn habitat use on landscapes disturbed by military activities. *Wildlife Society Bulletin*, vol. 33, pp. 16–23
- [178] Herl, B.K., W.W. Doe III & D.S. Jones (2005). Use of military training doctrine to predict patterns of maneuver disturbance on the landscape. I. Theory and methodology. *Journal of Terramechanics*, vol. 42, pp. 353–371
- [179] Greene, T.A. & T.J. Nichols (1996). Effects of long-term military training traffic on forest vegetation in central Minnesota. *Northern Journal of Applied Forestry*, vol. 13, pp. 157–163
- [180] Jentsch, A., S. Friedrich, T. Steinlein, W. Beyschlag & W. Nezadal (2009). Assessing conservation action for substitution of missing dynamics on former military training areas in Central Europe. *Restoration Ecology*, vol. 17, pp. 107–116
- [181] Gaertner, M., W. Konold & D.M. Richardson (2010). Successional changes on a former tank range in eastern Germany: does increase of the native grass species *Molinia caerulea* cause decline of less competitive *Drosera* species? *Journal for Nature Conservation*, vol. 18, pp. 63–74
- [182] Graham, J.H., H.H. Hughie, S. Jones, K. Wrinn, A.J. Krzysik, J.J. Duda, D.C. Freeman, J.M. Emlen, J.C. Zak, D.A. Kovacic, C. Chamberlin-Graham & H. Balbach (2004). Habitat disturbance and the diversity and abundance of ants (Formicidae) in the southeastern Fall-Line Sandhills. *Journal of Insect Science*, vol. 4, pp. 1–15

- [183] Coulson, M. (1995). The geography of defence – developing themes of study. *GeoJournal*, vol. 36, pp. 371–382
- [184] Cohn, J.P. (1996). New defenders of wildlife. *BioScience*, vol. 46, pp. 11–14
- [185] Havlick, D.G. (2011). Disarming nature: converting military lands to wildlife refuges. *The Geographical Review*, vol. 101, pp. 183–200
- [186] Coates, P., T. Cole, M. Dudley & C. Pearson (2011). Defending nation, defending nature? Militarized landscapes and military environmentalism in Britain, France, and the United States. *Environmental History*, vol. 16, pp. 456–491
- [187] Higuchi, H., K. Ozaki, G. Fujita, J. Minton, M. Ueta, M. Soma & N. Mita (1996). Satellite tracking of white-naped crane migration and the importance of the Korean demilitarized zone. *Conservation Biology*, vol. 10, pp. 806–812
- [188] Kim, K.C. (1997). Preserving biodiversity in Korea's demilitarized zone. *Science*, vol. 278, pp. 242–243
- [189] Marjamaa, P. (2014). Kiinteistö- ja ympäristövastaava, Kainuun Prikaati. Haastattelu Kajaanissa 22.7.2014.
- [190] Routaharju, L. (2009). *Ympäristönsuojelun toimintamalli maavoimien kehitettävälle ampuma- ja harjoitusalueille*. 145 s. Opinnäytetyö, Mikkelin ammattikorkeakoulu.
- [191] Ampleman, G., S. Thiboutot, E. Diaz, S. Brochu, R. Martel & M. Walsh (2013). New range design and mitigation methods for sustainable training. Teoksessa Warsta, M. (toim). *European conference of defence and the environment 2013 – conference proceedings*, pp. 91–103. Puolustusministeriö, Helsinki.
- [192] Jayasinghe, R., L.J.S. Tsuji, W.A. Gough, J.D. Karagatzides, D. Perera & E. Nieboer (2004). Determining the background levels of bismuth in tissues of wild game birds: a first step in addressing the environmental consequences of using bismuth shotshells. *Environmental Pollution*, vol. 132, pp. 13–20
- [193] Pyatt, F.B. & A.J. Pyatt (2004). The bioaccumulation of tungsten and copper by organisms inhabiting metalliferous areas in North Queensland,

Australia: an evaluation of potential health implications. *Journal of Environmental Health Research*, vol. 3, pp. 13–18

- [194] Hirst, R.A., R.F. Pywell & P.D. Putwain (2000). Assessing habitat disturbance using an historical perspective: the case of Salisbury Plain military training area. *Journal of Environmental Management*, vol. 60, pp. 181–193
- [195] Prosser, C.W., K.K. Sedivec & W.T. Barker (2000). Tracked vehicle effects on vegetation and soil characteristics. *Journal of Range Management*, vol. 53, pp. 666–670
- [196] Anderson, A.B., G. Wang, S. Fang, G.Z. Gertner, B. Güneralp & D. Jones (2005). Assessing and predicting changes in vegetation cover associated with military land use activities using field monitoring data at Fort Hood, Texas. *Journal of Terramechanics*, vol. 42, pp. 207–229
- [197] Watts, S.E. (1998). Short-term influence of tank tracks on vegetation and microphytic crusts in shrubsteppe habitat. *Environmental Management*, vol. 22, pp. 611–616
- [198] Burton, L. & T. Williams (2001). This bird has flown: the uncertain fate of wildlife on closed military bases. *Natural Resources Journal*, vol. 41, pp. 885–917
- [199] Reif, J., P. Marhoul, O. Čížek & M. Konvička (2011). Abandoned military training sites are an overlooked refuge for at-risk open habitat bird species. *Biodiversity and Conservation*, vol. 20, pp. 3645–3662
- [200] Warsta, M. (2010). *Puolustusvoimien ympäristönsuojelun prosessitarkastus 2010 – uuden johtamisjärjestelmän toimivuus ympäristönsuojelun asiantuntijaverkostossa*. 42 s. Pääesikunnan logistiikkaosasto, Helsinki.
- [201] Helsingin Sanomat: Santahamina halutaan asuinkäyttöön. 30.9.2011. <<http://www.hs.fi/kaupunki/a1305546214737>>

8 Liitteet

Liite 1. Haastattelujen pohjana käytetty kysymyslista.

Haastattelukysymyksiä puolustushallinnon ympäristöalan toimijoille

Ympäristönsuojelu

1. Millaisia ovat merkittävimmät puolustusvoimien toiminnan aiheuttamat ympäristövaikutukset?
 - Millaisten ympäristöasioiden parissa pääosin työskentelette omissa organisaatiossanne?
2. Onko vaikutusten välillä alueellisia eroja? Ovatko esim. jotkin alueet erityisen merkityksellisiä tai nousevia puolustushallinnon ympäristönsuojelun alalla?
3. Miten vaikutuksia voisi ratkaista/lieventää?
 - Ovatko nykyiset keinot tarpeeksi tehokkaita, mitä pitäisi mahdollisesti kehittää?
 - Mitä ratkaisuja voisi olla oman organisaationne ja toisaalta koko puolustushallinnon näkökulmasta?
4. Miten puolustusvoimat mielestänne suoriutuu toiminnanharjoittajan velvollisuuksistaan ympäristönsuojelun kannalta?

Ympäristöjohtaminen

1. Piirtäkää kaaviokuva, joka kuvaa oman organisaationne roolia puolustushallinnon ympäristöjohtamisen verkostossa ja suhteitanne muihin puolustushallinnon ympäristöalan toimijoihin.
 - Oletteko tekemisissä vain puolustushallinnon, vai myös ulkopuolisten toimijoiden kanssa? Ketä nämä mahdolliset ulkopuoliset ovat?
2. Millaisia puolustushallinnon ympäristöalan toimijoiden väliset (johto)suhteet ovat? Onko teillä esimerkiksi tiettyjä työn ohjaavia tahoja tai alaisia?
 - Mikä suhteissa toimii hyvin?
 - Mitä suhteissa voisi mielestänne kehittää?
3. Kuka puolustushallinnossa määrittelee, mitkä ympäristöasiat ovat tärkeitä ja joiden suhteen ryhdytään toimiin?
 - Tuleeko aloite tärkeästä, huomioitavasta ympäristöasiasta esim. medialta, kansalaisilta, ympäristöaktiiveilta, puolustusministeriöltä?
4. Kuka/ketkä puolustushallinnossa vastaavat ympäristöviestinnästä muulle yhteiskunnalle?
 - Jos esimerkiksi puolustusvoimissa yllättäen tapahtuisi ympäristöön liittyvä kriisi, miten siitä tiedotetaan ja kuka viestinnästä on vastuussa?
5. Millaisina näette mahdollisuudet ympäristöjärjestelmän käyttöönottoon ja toteuttamiseen, mitä suunnitellaan ainakin puolustusvoimille ja puolustushallinnon rakennuslaitokselle?
 - Mikä voisi jo nykyisellään toimia, millaisia olisivat haasteet?

Puolustusvoimien tutkimuslaitos

Ylöjärven toimipiste

Esikunta, Asetekniikkaosasto, Räjähde- ja suojelutekniikkaosasto
PL 5, 34111 Lakiala

Riihimäen toimipiste

Doktriiniosasto, Informaatiotekniikkaosasto, Tutkimussuunnitteluosasto
PL 10, 11311 Riihimäki

Tuusulan toimipiste

Toimintakykyosasto
PL 5, 04401 Järvenpää

Puh. 0299 800

puolustusvoimat.fi/tutkimuslaitos

ISBN 978-951-25-2686-4 (painettu)

ISBN 978-951-25-2687-1 (PDF)

ISSN 2342-3129 (painettu)

ISSN 2342-3137 (PDF)

